

目 录

第三版前言

说明

第一章 阳 离 子

第一节.....2	第五节.....689
铅(Pb)2	钾(K)689
银(Ag)33	钠(Na)720
汞(Hg)78	铵(NH ₄)761
第二节91	(附 NH ₃ 和 NH ₃ ·NI ₃ 的反应)
汞(Hg), 二价汞化合物.....91777
铜(Cu)116	第六节.....789
砷(As)145	钨(W)789
镉(Cd)197	钼(Mo)806
锑(Sb)217	钒(V)827
铋(Bi)254	钛(Ti)850
锡(Sn)276	铀(U)866
第三节... ..311	铊(Tl)885
铝(Al)311	钯(Pd)907
铬(Cr)371	硒(Se)916
锌(Zn)408	碲(Te)946
锰(Mn)438	铍(Be)965
铁(Fe)472	金(Au)979
钴(Co)518	铂(Pt)997
镍(Ni)553	锆(Zr)1018
第四节.....576	钍(Th)1038
镁(Mg)576	铈(Ce)1056
钡(Ba)604	锂(Li)1082
锶(Sr)628	钪(Sc)1102
钙(Ca)639	铷(Rb)1109
(附 碳化钙[CaC ₂]的反应)	铯(Cs)1117
.....682	镧(La)1135

钇(Y)	1154	铌(Nb)	1246
钌(Ru)	1164	钽(Ta)	1256
铑(Rh)	1173	钕(Nd)	1262
锇(Os)	1177	铼(Re)	1280
铱(Ir)	1184	碲(Te)	1285
铟(In)	1197	镨(Pr)	1288
锗(Ge)	1204	钐(Sm)	1294
铪(Hf)	1222	铽(Tb)	1304
钆(Gd)	1232	铥(Tm)	1305
铕(Eu)	1236	镱(Yb)	1307
镝(Dy)	1237	镭(Ra)	1312
镓(Ga)	1238	钫(Fr)	1313
铪(Hf)	1245	钷(Pm)	1317

第二章 阴 离 子

第一节	1320	第三节	1454
碳酸根离子(CO_3^{2-})	1320	硼酸根离子(BO_3^{3-})	1454
碳酸氢根离子(HCO_3^-)	1325	(附 四硼酸根离子 $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$)	1454
(附 碳、一氧化碳、二氧化碳和脲等的反应)	1326	硫离子(S^{2-})	1473
草酸根离子($\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$)	1344	氰亚铁酸根离子 $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$	1500
酒石酸根离子($\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6^{2-}$)	1348	氰铁酸根离子 $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$	1508
氟离子(F^-)	1352	第四节	1513
亚硫酸根离子(SO_3^{2-})	1363	硫代硫酸根离子($\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$)	1513
(附 焦亚硫酸及磺酸根离子的反应)	1372	氯离子(Cl^-)	1522
亚砷酸根离子(AsO_3^{3-})	1374	硫氰酸根离子(SCN^-)	1539
(附 偏亚砷酸根离子 AsO_2^-)	1374	氰离子(CN^-)	1547
砷酸根离子(AsO_4^{3-})	1386	(一、附 氰 $[\text{CN}]_2$ 的有关反应)	1557
磷酸根离子(PO_4^{3-})	1401	(二、附 卤化氰 $[\text{CNX}]$ 、氨基氰 $[\text{CN}\cdot\text{NH}_2]$ 的有关反应)	1560
(附 磷离子及其相关化合物的反应)	1412	溴离子(Br^-)	1563
第二节	1439	(附 溴 $[\text{Br}_2]$ 和溴化物的反应)	1564
硫酸根离子(SO_4^{2-})	1439	碘离子(I^-)	1579
铬酸根离子(CrO_4^{2-})	1447	(附 碘 $[\text{I}_2]$ 和负一价碘的化合物反应)	1579
(附 重铬酸根离子 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$)	1447	第五节	1595

亚硝酸根离子(NO_2^-)	1595	价碘的化合物反应)	1674
硝酸根离子(NO_3^-)	1604	次氯酸根离子(OCl^-)	1678
(附 氮、一氧化氮和二氧化氮等的反应)	1616	硅酸根离子(SiO_3^{2-} 或 SiO_4^{4-}) ...	1684
氯酸根离子(ClO_3^-)	1627	(附 硅及其化合物的反应)	1685
乙酸根离子(CH_3COO^-)	1635	氟硅酸根离子($[\text{SiF}_6]^{2-}$)	1706
第六节 !	1638	高氯酸根离子(ClO_4^-)	1709
亚磷酸根离子(HPO_3^{2-})	1639	氰酸根离子(OCN^-)	1714
次磷酸根离子(H_2PO_2^-)	1644	过(二)硫酸根离子($\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$)	1716
偏磷酸根离子(PO_3^-)	1647	连二亚硫酸根离子($\text{S}_2\text{O}_4^{2-}$)	1721
焦磷酸根离子($\text{P}_2\text{O}_4^{4-}$)	1650	(附 连二硫酸、连三硫酸、连四硫酸及连五硫酸根离子的反应)	1723
(附 连二磷酸根离子的反应)	1652	柠檬酸根离子($\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_3^{3-}$)	1726
高锰酸根离子(MnO_4^-)	1654	水杨酸根离子($\text{C}_7\text{H}_5\text{O}_3^-$)	1728
溴酸根离子(BrO_3^-)	1659	苯甲酸根离子($\text{C}_7\text{H}_5\text{O}_2^-$)	1730
碘酸根离子(IO_3^-)	1664	甲酸根离子(HCO_2^-)	1732
(附 正三价以上的碘的化合物反应)	1664	丁二酸根离子($\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4^{2-}$)	1735
次碘酸根离子(OI^-)	1674	过氧化氢(H_2O_2)	1737
(附 一氯化碘 $[\text{ICl}]$ 和正一		(附 臭氧的反应)	1743

第三章 主要常见试剂

第一节 肼(联氨)(H_2NNH_2)	1747	第五节 氯仿(CHCl_3)	1776
第二节 羟胺(胥)(NH_2OH) ...	1757	(附 碘仿 $[\text{CHI}_3]$ 的反应)	1779
第三节 甲醇(CH_3OH)	1760	第六节 四氯化碳(CCl_4)	1780
第四节 乙醇($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)	1765	第七节 二硫化碳(CS_2)	1784
附录 (各种常用试剂的配制)	1795		

第一章

阳 离 子

第 一 节

在本节中的阳离子，它的氯化物均不溶或难溶于水和稀酸中。在含有这些阳离子的溶液中，一旦加入氯离子（例如盐酸或可溶性氯化物等），则它们均由溶液中沉淀析出。通常当氯离子加入含有一切阳离子的溶液中时，则只有本节中所述的阳离子才被沉淀析出。

属于本节中的阳离子有：

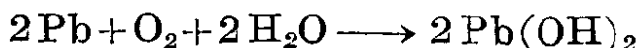
铅 Pb^{2+} 、银 Ag^+ 、亚汞 Hg_2^{2+}

铅 Pb

铅在自然界中以各种形态的化合物存在。最重要的铅矿石为方铅矿(PbS)。

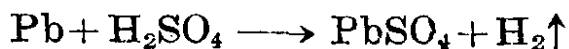
铅是淡青白色的重金属，密度 11.34 克/厘米³，质极软易于切开，在 327.3°C 时熔化，在空气中迅速氧化而在其表面形成一层氧化铅，使铅不致进一步氧化。在电动序中，铅恰位于氢的前面。

水本身与铅不起作用，但有空气存在时，铅逐渐被水分解而生成氢氧化铅：



但与硬水接触时，铅被盖上一层不溶性盐（主要是硫酸铅及碱式碳酸铅）的保护薄膜，因而防止了水的继续作用和 $\text{Pb}(\text{OH})_2$ 的形成。

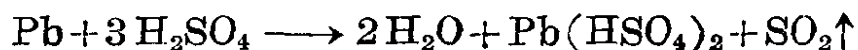
铅可以被所有的酸侵蚀而形成盐，但多数铅盐均难溶于水；铅一旦与酸接触后，在表面上即形成一层盐膜而妨碍其继续与酸作用。铅可根据下列的方程式与稀硫酸立刻发生作用：



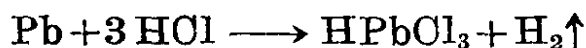
但硫酸铅不溶于稀硫酸，故反应立即停止。这一层保护性的硫酸铅能溶解于热的浓硫酸而形成可溶性的硫酸氢铅：



故热的浓硫酸能作用于新暴露的铅表面：

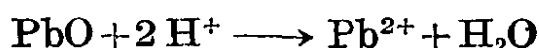
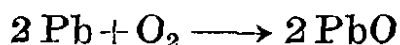


铅和盐酸作用的情况与硫酸所发生的情况十分相似。在铅表面形成的氯化铅保护薄层，可溶解于热的浓盐酸，而形成 HPbCl_3 。因此铅亦溶解于浓盐酸：



铅能溶解于稀硝酸，但并不溶解于浓硝酸，故在配制铅溶液时，应该用稀硝酸。

有机酸，特别是乙酸，在氧存在时亦可溶解铅：



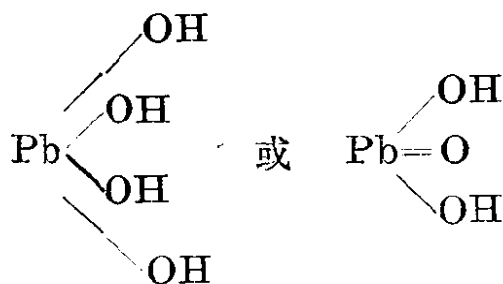
铅有下列几种氧化物： Pb_2O 、 PbO 、 Pb_2O_3 、 Pb_3O_4 、 PbO_2 。

在上述氧化物中，密陀僧(PbO)可算是碱酐，且由此可以衍生许多二价铅盐。

PbO 微溶于水，呈碱性反应，易溶于稀硝酸。

Pb_2O 在空气中加热甚易氧化为 PbO 。

PbO_2 是一种两性氧化物，主要呈酸的性质，或可认为是原高铅酸(H_4PbO_4)或偏高铅酸(H_2PbO_3)的酸酐。



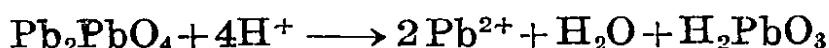
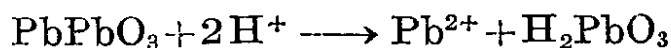
(原高铅酸) (偏高铅酸)

偏高铅酸是由氢氧化铅在碱性溶液中用次氯酸盐、氯、溴、过氧化氢或过二硫酸钾($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$)氧化而得：

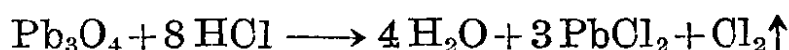
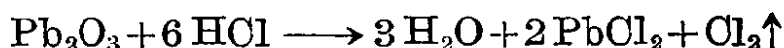
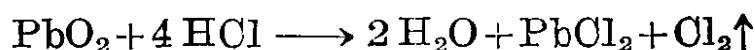


其他二个铅的氧化物 Pb_2O_3 和 Pb_3O_4 ，或可认为高铅酸的盐；例如 Pb_2O_3 可称作为偏高铅酸铅，而 Pb_3O_4 则可称作为原高铅酸铅。

Pb_2O_3 和 Pb_3O_4 具有盐类的化学性质；例如与硝酸处理时即有棕色偏高铅酸和硝酸铅形成，这种情况与硝酸作用于碳酸铅的情况相似。

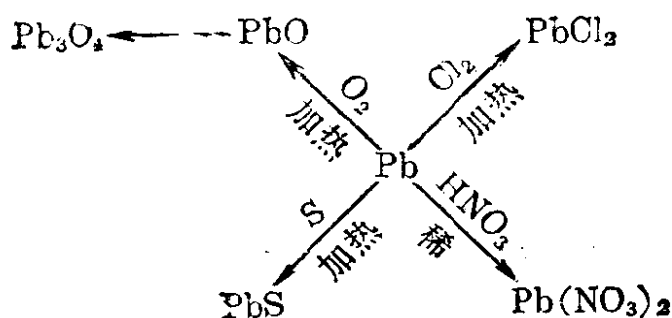


这些盐样的氧化物均完全与锰的氧化物相似；当它们用盐酸处理时，即有氯产生，同时开始时所释出的高铅酸，具有类似过氧化物的性质：

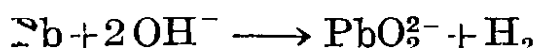


大多数铅盐均难溶或不溶于水；但均溶解于稀硝酸（熔化的铬酸铅例外，它很难溶解于稀硝酸）。

铅的主要化学反应提要：



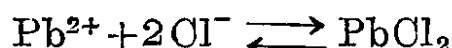
在浓碱溶液中，铅可形成二价的铅酸盐：



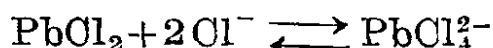
铅离子的反应

【1】 氯离子

在不太稀的铅盐溶液中，遇盐酸或氯离子，则产生一种白色氯化铅的沉淀。



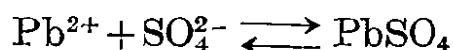
这个沉淀难溶于冷水,但尚溶解于热水(当冷却时则又析出呈针状形)。倘遇有氯化钠或盐酸中的低浓度的氯离子存在时,将减低氯化铅的溶解度;但在高浓度时则将增加其溶解度。这是该化合物形成络离子而变为更易溶解的缘故。



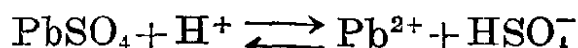
将上述溶液稀释后,反应即行逆向,而 PbCl_2 又复沉淀。

【2】 硫酸根离子

硫酸或可溶性硫酸盐的硫酸根离子遇铅盐溶液即生成白色细微的硫酸铅结晶沉淀。

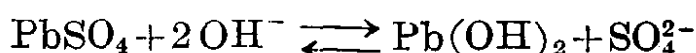


硫酸铅难溶于水,不溶于稀硫酸及含醇的溶液中,能溶解于热而稀的硝酸及盐酸中,且甚易溶解于热的浓硫酸(形成 HSO_4^{-} 离子)。

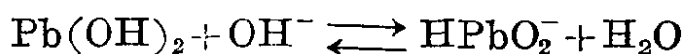


当溶液被稀释,则反应逆向,而又有 PbSO_4 重新沉淀析出。

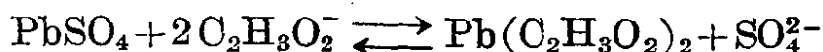
铅可认为是一种两性物质,它的大多数化合物均通过形成铅酸根离子而溶解于碱金属的氢氧化物溶液中。硫酸铅甚易被碱分解:



当另以碱加入溶液时,氢氧化铅即进至溶液中:

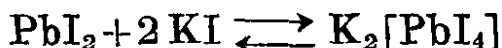


硫酸铅的沉淀亦溶解于乙酸铵溶液(形成极微离解的乙酸铅分子)。



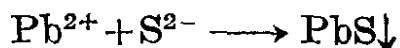
【3】 碘化钾

碘化钾溶液遇铅盐即有黄色碘化铅沉淀形成。其沉淀能中度溶解于沸水而形成无色溶液,当此溶液放冷时则有金黄色片状物析出。它亦溶解于过量的碘化钾溶液中而形成络盐;当溶液被稀释时,即分解而析出碘化铅。

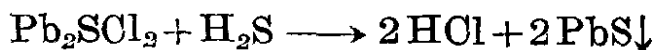
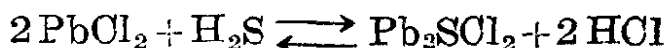


【4】 硫离子

在中性及微酸性($\text{pH}=4$)的铅盐溶液中加入 S^{2-} 离子后, 即有黑色硫化铅沉淀析出。



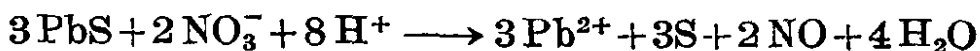
当有盐酸存在时, 则沉淀在开始时常为红色, 这是由于形成二氯硫化二铅(Pb_2SCl_2)之故。但如将溶液稀释并通入过量的硫化氢后, 则红色物立即分解而形成黑色硫化铅。



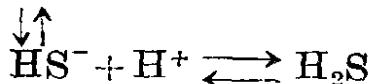
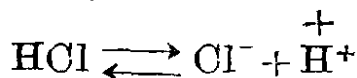
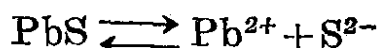
在碱性溶液中:



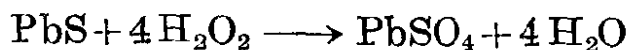
硫化铅不溶于水、稀盐酸、碱金属的氢氧化物及硫化物中, 极微溶于碱金属的多硫化物溶液中, 易溶解于热稀硝酸(通过 S^{2-} 离子的氧化)其反应式为:



浓盐酸亦能溶解硫化铅, 因氢离子的作用可使 S^{2-} 离子转变为弱离解的 H_2S 。

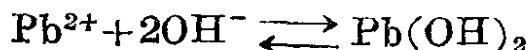


硫化铅与过氧化氢作用后即变为白色硫酸铅。

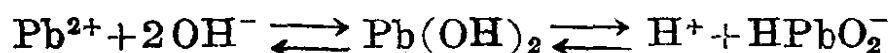


【5】 OH^- 离子

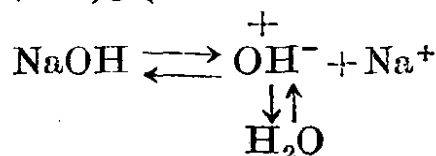
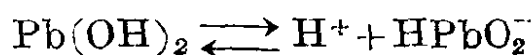
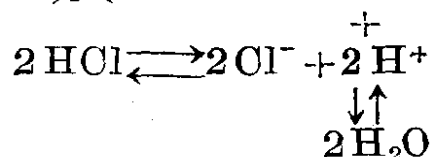
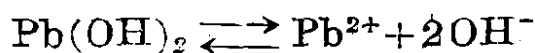
可溶性的铅盐溶液遇高浓度的 OH^- 离子即产生一种白色胶状氢氧化铅沉淀。



氢氧化铅系两性物质, 故可像酸或碱一样能在溶液中电离:

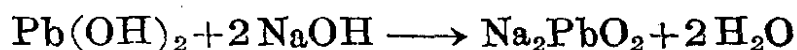


因为它具有两性, 故可与酸和碱相互作用:



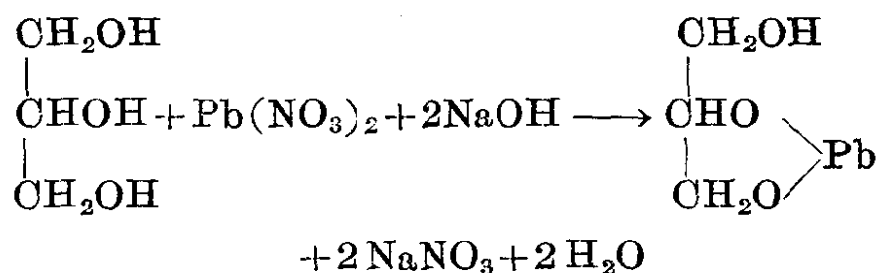
在第二个反应中, 只有当反应被强制走向右边时才能达到平衡; 因而有极低浓度的铅离子遗留在溶液中。这种情况说明, 几乎所有不溶性的铅盐均能溶解于碱金属的氢氧化物, 同时铅离子浓度则被降低至该化合物饱和溶液的“溶度积”常数之下。

氢氧化铅溶解于过量的氢氧化钠而形成铅酸钠。

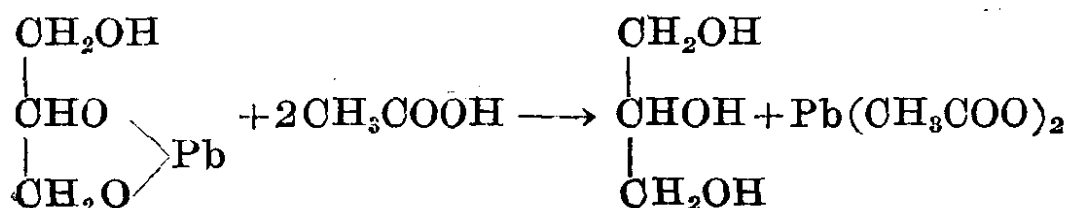


过氧化氢或过二硫酸盐的溶液能使铅酸盐溶液沉淀出棕色二氧化铅。

Pb^{2+} 离子在碱性环境中与甘油生成可溶于水的化合物, 叫做甘油铅。

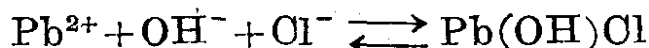


当溶液为酸性时, 甘油铅则分解为甘油和相应酸的铅盐:



【6】 氢氧化铵

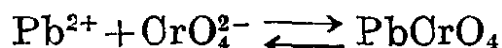
可溶性铅盐溶液遇氢氧化铵，即生成组成不一致的碱式盐沉淀。



这些沉淀均不溶于过量的试剂中。这是由于氢氧化铵中的 OH^- 离子浓度低，不足以使铅离子转变至铅酸根离子的缘故。

【7】 铬酸根离子

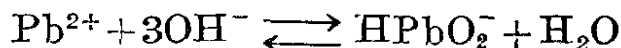
在中性或微酸性铅盐溶液中遇铬酸根离子，即生成黄色细微的铬酸铅沉淀。



遇重铬酸根离子亦能产生相同的沉淀，这是由于重铬酸根离子与铬酸根离子间存在有如下的平衡：

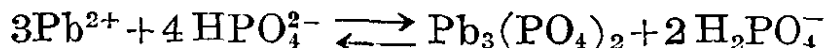


铬酸铅和重铬酸铅的“溶度积”常数，彼此有明显的区别（即使在重铬酸盐溶液中伴有相当小量的铬酸根离子）。通常铬酸根离子的“溶度积”首先超过常数，因而发生沉淀。沉淀溶解于强酸，这种情况从上述平衡反应中可以看出。在氢离子浓度高的情况下，促使反应向左，结果使溶液中的 CrO_4^{2-} 离子减少。这个变换是在沉淀的溶液中进行。在相似的情况下，可以得到一个结论，即沉淀不溶解于乙酸及其他弱酸。沉淀亦易溶解于碱金属的氢氧化合物中（但不溶于氢氧化铵），而使铅离子转变至铅酸根离子。



【8】 磷酸氢二钠

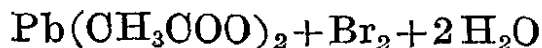
在铅盐溶液中遇磷酸氢二钠，即生成白色磷酸铅沉淀：



此沉淀溶解于硝酸和碱金属的氢氧化物中。

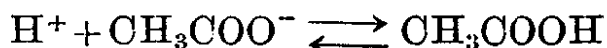
【9】 氯、溴、过氧化氢及次氯酸钠

氯、溴、过氧化氢及次氯酸钠遇可溶性的铅盐（被保持于近乎中性者），即生成棕色二氧化铅的沉淀。

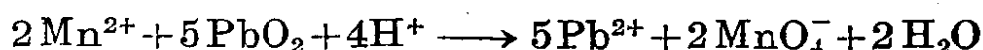




这个溶液有非常容易变酸的倾向。一般可用乙酸钠消除它的 H^+ 而使反应完成。

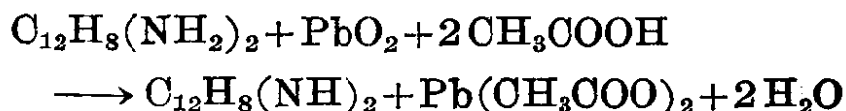


二氧化铅不溶解于氧化酸或碱中,但溶解于还原酸、酸和还原剂如亚硫酸钠中。二氧化铅系一很好的氧化剂,它能氧化锰离子至高锰酸根离子(在硝酸存在下)。

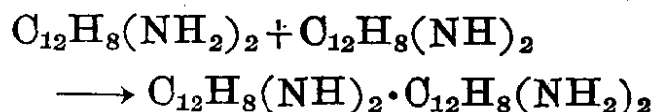


【10】 联苯胺

联苯胺(Benzidine) $[\text{C}_{12}\text{H}_8(\text{NH}_2)_2]$ 在乙酸溶液中,可被二氧化铅氧化至蓝色醌式(meriquinoid)化合物。



而所生成的联苯亚胺 $[\text{C}_{12}\text{H}_8(\text{NH})_2]$ 即与第二个联苯胺的分子形成蓝色化合物:



这个化合物的染色强度是非常高的,故这个反应对于铅来讲乃是极灵敏的反应。不过锰、铋、钴、镍、铊、银等离子及其他氧化剂往往亦能发生类似作用,但在碱性溶液中,则只有铊发生干扰。

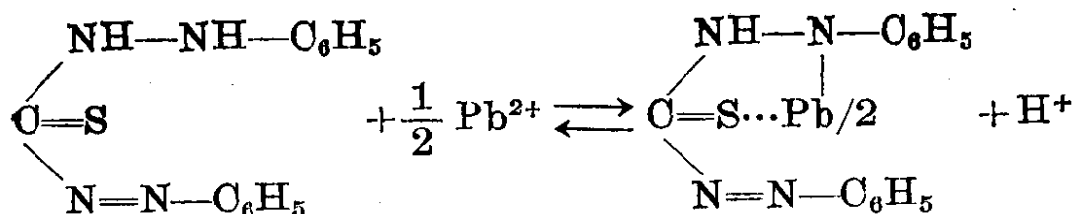
双二甲氨基代二苯基甲烷[Tetramethyl-diamino-diphenyl methane, $(\text{CH}_3)_2\text{N} \cdot \text{C}_6\text{H}_4 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{C}_6\text{H}_4 \cdot \text{N}(\text{CH}_3)_2$]可以代替联苯胺,在碱性溶液中亦可得蓝色产物,结果同样灵敏,但铁及大量的铜有干扰作用。

灵敏度: 1 微克 Pb。极限浓度: 1:50,000。

试 剂: 0.05% 联苯胺在 10% 乙酸中。

【11】 双硫腙(Dithizone)

双硫腙遇铅离子于中性、氨、碱性或碱金属的氰化物溶液,生成暗红色络合物:



重金属(Ag、Hg、Cu、Cd、Sb、Ni、Zn 等)干扰这个反应, 但当有大量碱金属的氰化物存在时, 可以除去这些干扰。对于 Zn 则需要过量的氢氧化钾才发生作用。

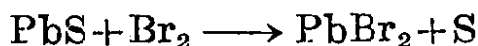
这个反应十分灵敏, 但并不是最好。

灵敏度: 0.1 微克 Pb。极限浓度: 1:1, 250, 000。

试 剂: 2~5 毫克在 100 毫升氯仿或四氯化碳中 (不能保持很久)。

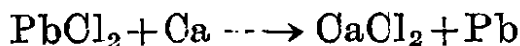
【12】 Br₂

硫化铅在溴蒸气和空气中加热后, 即有溴化铅和硫生成。



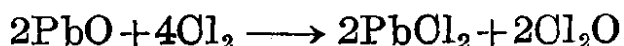
【13】 Ca

氯化铅易与金属钙反应, 生成氯化钙和金属铅。

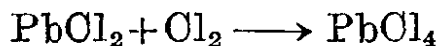


【14】 Cl₂

(1) 将一氧化铅和氯气共加热后, 即有氯化铅生成。

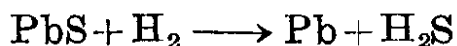


(2) 将氯气通入 4°C 的氯化铅的浓盐酸溶液中后, 即形成四氯化铅。

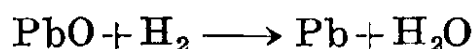


【15】 H₂

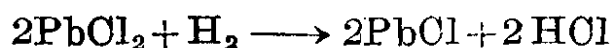
(1) 硫化铅遇氢即被还原为金属铅。



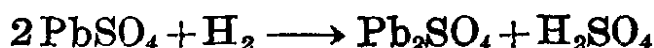
(2) 一氧化铅在 185°C 以上与氢作用时, 即被还原为金属铅。



(3) 氢电极在氯化铅溶液中, 将 Pb²⁺ 还原为 Pb⁺。



(4) 氢电极在硫酸铅溶液中, 将铅还原为一价离子。



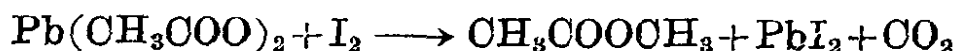
[16] Hg

当二份铅和一份汞经加热熔化后, 即形成 Pb_2Hg_3 化合物, 多余的铅可用乙酸予以除去。

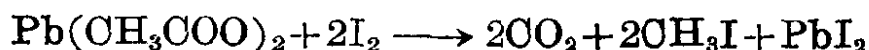


[17] I₂

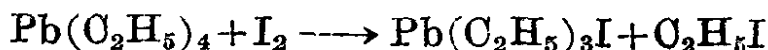
(1) 在乙酸的参加下, 乙酸铅与碘作用时, 生成乙酸甲酯、碘化铅及二氧化碳。



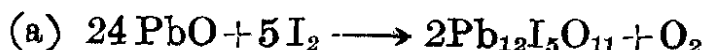
(2) 乙酸铅与过量的碘作用时, 即有二氧化碳、碘甲烷及碘化铅生成。



(3) 在1% 四乙铅的苯溶液中加入微过量的碘溶液(0.05 摩/升)后, 予以剧烈振摇 2 或 3 分钟, 则有一个乙基团被碘原子所置换。

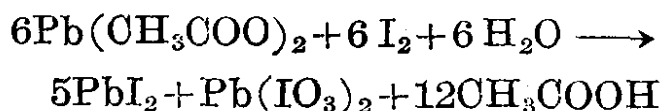


(4) 当一氧化铅与碘和纯氧共加热后, 即生成如下组成的化合物(a); 如以空气替代纯氧, 则反应按(b)式进行。



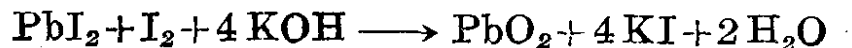
[18] I₂ + H₂O

当乙酸铅与碘和水加热时, 结果有碘化铅、碘酸铅及乙酸形成。



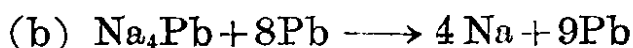
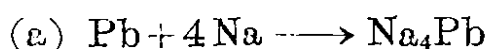
[19] I₂ + KOH

当碘化铅在碱性溶液中与碘反应后, 即有二氧化铅生成。



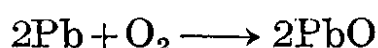
[20] Na

当金属铅导入金属钠的液氨溶液中, 即有高铅化钠 (Na_4Pb) 沉淀生成(a), 如有过量铅存在时, 则有(b)反应发生。

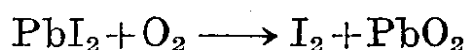


【21】 O_2

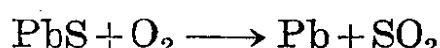
(1) 置于管中的纯铅粉, 在充满氧气下加热反应, 即被氧化为一氧化铅。



(2) 当碘化铅于氧气存在下加热后, 即有碘蒸气释出, 同时也有二氧化铅生成。

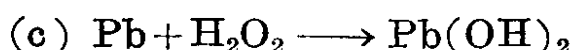
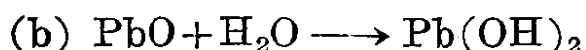
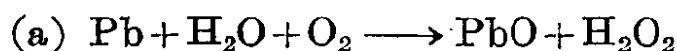


(3) 硫化铅在细心控制的温度下焙烧后, 即有金属铅生成, 并有二氧化硫气体逸出。



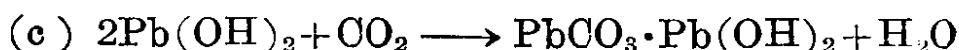
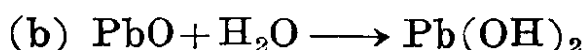
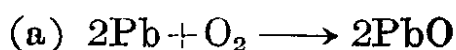
【22】 $\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$

当铅与水和空气接触时, 因被腐蚀而生成中间产物过氧化氢, 后者进一步与铅反应, 即有氢氧化铅形成。



【23】 $\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$

铅的腐蚀条件是: 水中的溶解氧将铅转化成一氧化铅, 后者与水反应后形成的氢氧化铅再与二氧化碳作用, 即有碱式碳酸铅生成。



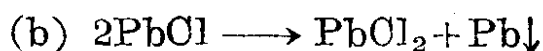
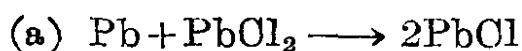
【24】 $\text{O}_2 + \text{NaOH}$

氢氧化钠和氧与硫化铅作用时, 即有铅酸钠和硫酸钠形成。

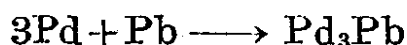


[25] Pb

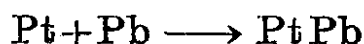
将热的二氯化铅溶液加入铅粉中, 经混和、冷却后, 即有金属铅沉出。

**[26] Pd**

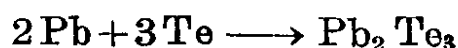
当1份粒状铅与大于1份的金属钯加热熔化后, 即有 Pd_3Pb 化合物生成。

**[27] Pt**

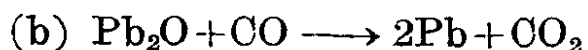
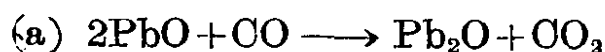
当铂粉溶解于熔化的铅中后, 即形成由 PtPb 组成的合金。

**[28] Te**

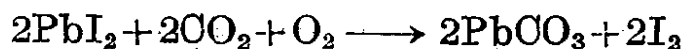
当铅与碲结合, 即有碲化铅形成。

**[29] CO**

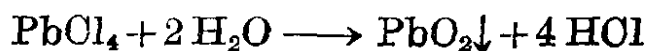
当一氧化铅在高温下被一氧化碳还原后, 即生成铅和二氧化碳。

**[30] $\text{CO}_2 + \text{O}_2$**

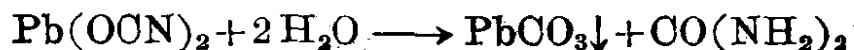
当碘化铅溶液与空气接触后, 可分解为碳酸铅和碘。

**[31] H_2O**

(1) 当数滴四氯化铅溶液加至大量的水中后, 即有棕色沉淀二氧化铅生成。

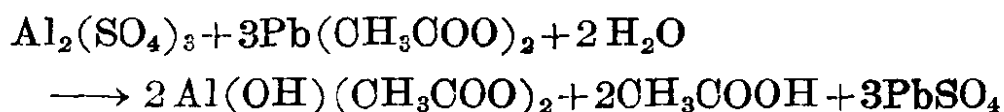


(2) 氰酸铅与水放置相当时间后, 即分解为碳酸铅沉淀和尿素。如果应用沸水, 则反应很快完成。

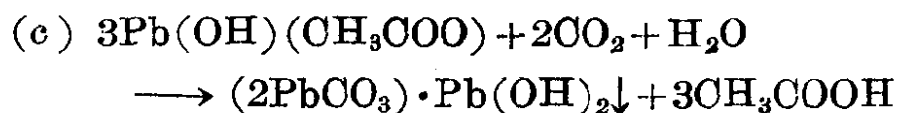
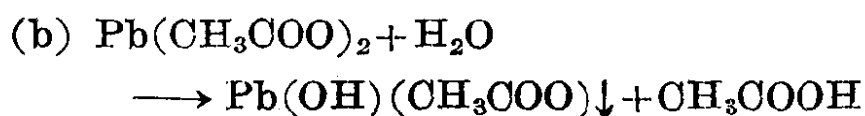
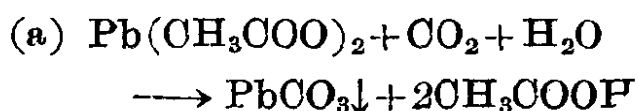


【32】 $\text{H}_2\text{O} + \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

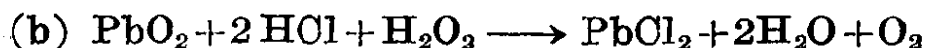
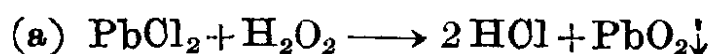
硫酸铝和乙酸铅作用时,即形成碱式乙酸铝、乙酸及硫酸铅。

**【33】 $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$**

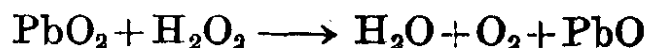
将适当稀的乙酸铅溶液加热至接近沸点时,即有碱式碳酸铅形成。倘溶液浓度较高,则将有碳酸铅形成。

**【34】 H_2O_2**

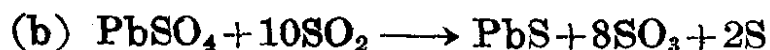
(1) 过氧化氢的分解速度将因铅离子的存在而受到抑制。



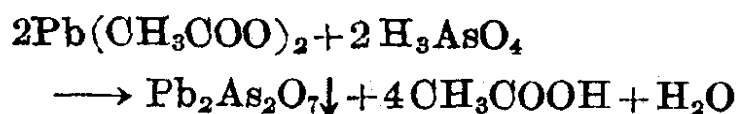
(2) 通常分析含量高的铅的氧化物时,可根据下列反应实行之。

**【35】 SO_2**

当二氧化硫与加热的一氧化铅反应,即有硫化铅和硫酸铅形成,与此同时,亦有极少量的硫和三氧化硫生成。

**【36】 H_3AsO_4**

乙酸铅与砷酸溶液作用时,即形成焦砷酸铅(纯粹)而析出。

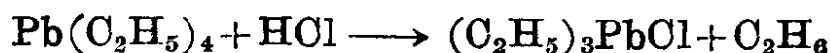
**【37】 HBr**

当硝酸铅与氢溴酸溶液作用时, 即有溴化铅沉淀形成。

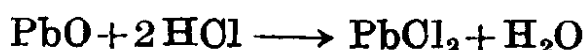


【38】 HCl

(1) 当四乙铅与盐酸的水溶液作用时, 即有氯化三乙铅形成。

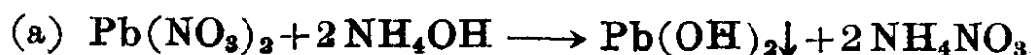


(2) 在平常温度下, 一氧化铅可被氯化氢完全转变为氯化铅。



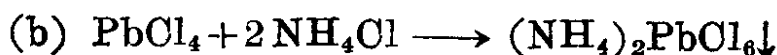
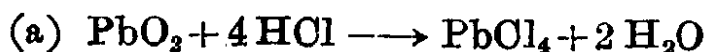
【39】 HCl + NH₄OH

铅盐溶液遇氨后, 即有氢氧化铅沉淀形成。氢氧化铁亦可在同样的情况下生成而沉淀出来。这种沉淀物均溶于热的盐酸溶液中。



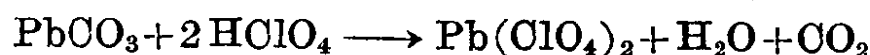
【40】 HCl + NH₄Cl

当二氧化铅与稀盐酸在 0°C 作用时, 即形成四氯化铅。当四氯化铅与氯化铵的饱和溶液作用时, 则有氯偏高铅酸铵形成。

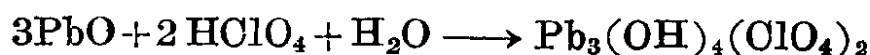


【41】 HClO₄

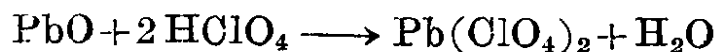
(1) 碳酸铅溶于高氯酸后, 即有高氯酸铅形成。



(2) 以一氧化铅溶于高氯酸的热溶液中制成饱和溶液时, 即有碱式高氯酸铅形成。

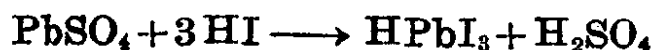


(3) 将一氧化铅和高氯酸共加热时, 即有高氯酸铅形成。



【42】 HI

(1) 硫酸铅溶解于冷的浓氢碘酸(由于形成络合物之故)后, 将视铅的浓度如何而有淡黄色至黑金黄色的溶液生成。

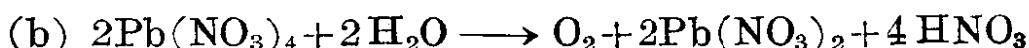
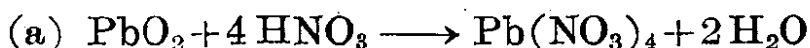


(2) 硫酸铅遇热的氢碘酸后, 即被分解而有下列反应生成。

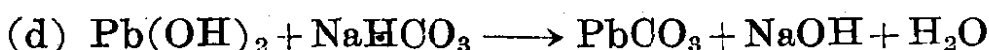
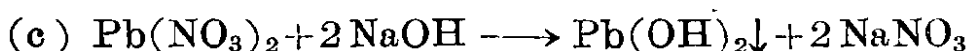
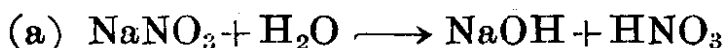


【43】 HNO_3

(1) 当二氧化铅与热硝酸作用时, 将有硝酸铅 $[\text{Pb}(\text{NO}_3)_2]$ 形成; $\text{Pb}(\text{NO}_3)_4$ 乃为反应的中间产物。

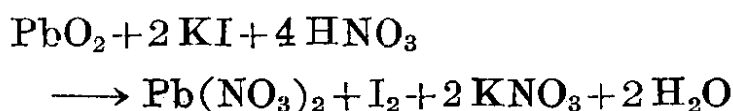


(2) 制造白铅的碳酸铅可用下列方法制取: 先用硝酸钠经电解(由铅、铜作电极)后生成硝酸和氢氧化钠(a), 其生成的硝酸将铅溶解为硝酸铅(b), 后者继续与氢氧化钠作用, 生成氢氧化铅沉淀(c), 氢氧化铅再与碳酸氢钠反应, 即可制取碳酸铅(d)。



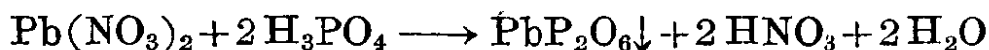
【44】 $\text{HNO}_3 + \text{KI}$

当二氧化铅与碘化钾作用时(在硝酸参加下), 将有硝酸铅和碘形成。



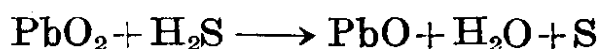
【45】 H_3PO_4

将硝酸铅溶液加至过量的磷酸溶液中, 然后在砂浴上加热至 400°C , 则有小型针状偏磷酸铅生成。



【46】 H_2S

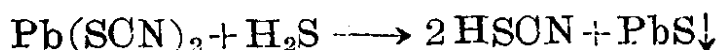
(1) 当二氧化铅用硫化氢处理时, 则有一氧化铅、水和游离硫形成。



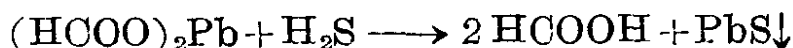
(2) 将硫化氢通入氯化铅的酸性溶液时, 即有硫化铅沉淀析出。倘溶液的酸性过强, 则铅的沉淀将不完全。



(3) 当硫化氢通入搅拌的硫氰酸铅水溶液中时, 即有硫化铅和硫氰酸形成。

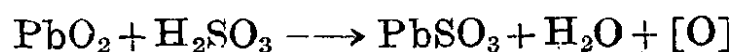


(4) 当甲酸铅与硫化氢反应后, 即生成甲酸和硫化铅沉淀。



[47] H_2SO_3

亚硫酸与二氧化铅作用时, 即有亚硫酸铅形成。此外还有水及新生氧同时生成。



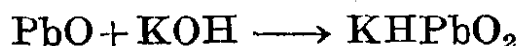
[48] $\text{Ba}(\text{OH})_2$

硫酸铅与氢氧化钡溶液煮沸时, 即有碱式铅盐形成。



[49] KOH

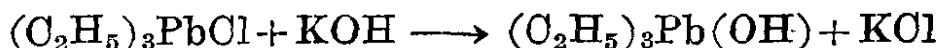
(1) 当一氧化铅溶解于浓度小于1摩/升的氢氧化钾溶液中时, 即有铅酸氢钾(KHPbO_2)形成。



(2) 二氧化铅与100克氢氧化钾溶于30克水的溶液中作用时, 即有六氢氧化铅二钾 $[\text{K}_2\text{Pb}(\text{OH})_6]$ 结晶形成。

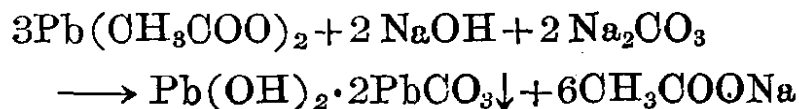


(3) 当氯化三乙基铅与氢氧化钾的浓溶液共加热后, 即有羟(基)三乙基铅形成。



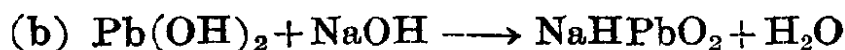
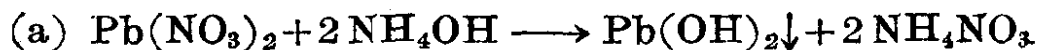
[50] $\text{NaOH} + \text{Na}_2\text{CO}_3$

将氢氧化钠和碳酸钠的溶液(1:1)加至乙酸铅溶液(1/64~1摩/升)中, 即有沉淀生成, 但沉淀的物理形态常因沉淀时的温度以及溶液的浓度而有不同, 不过这种沉淀常有相同的化学组成, 即所谓“白铅”。

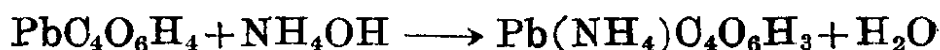


[51] NaOH + NH₄OH

将氢氧化铵加至硝酸铅溶液中即有氢氧化铅形成。氢氧化钠能使已沉淀的氢氧化铅部分转变为铅酸氢钠。

**[52] NH₄OH**

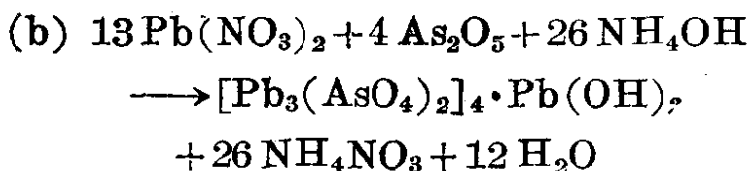
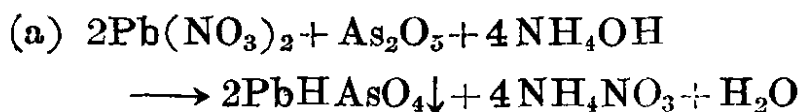
(1) 酒石酸铅被氢氧化铵中和时，即在溶液中有一络合物形成。



(2) 氢氧化铵溶液(1/3 摩/升)与氯化铅作用时，经数小时后(在冷时)即有下列反应生成。

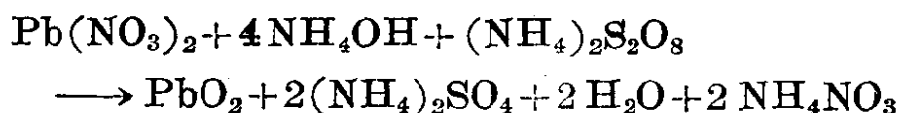
**[53] NH₄OH + As₂O₅**

硝酸铅溶液与含有氢氧化铵的砷酸混合时，常有下列反应生成。

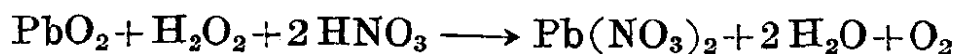
**[54] NH₄OH + (NH₄)₂S₂O₈**

在没有氯化物、硫酸盐、锰及大量的铁存在下，可应用容量法测定铅：

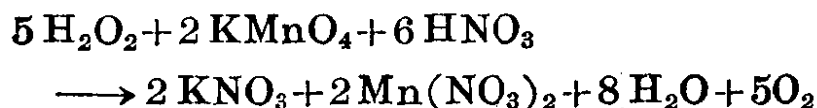
(1) 应用过二硫酸铵在碱性溶液中使铅变为过氧化物。



(2) 应用 H₂O₂ 和 HNO₃ 将上述的过氧化物变为硝酸盐。

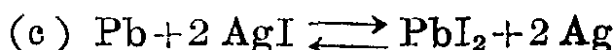
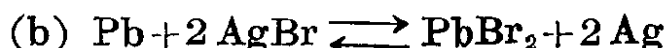
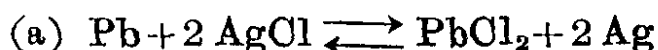


(3) 将最后所得的溶液用酸化的 H₂O₂ 和 KMnO₄ 溶液滴定。



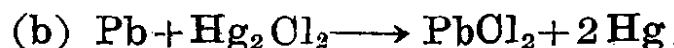
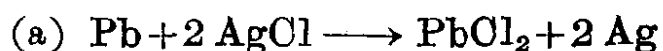
【55】 AgCl、AgBr、AgI

铅的卤化银在 800°C 熔化状态下，已测得有下列的化学平衡存在。



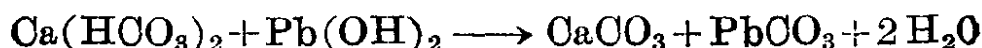
【56】 AgCl、Hg₂Cl₂

金属铅能将氯化银或氯化亚汞还原为相应的金属。



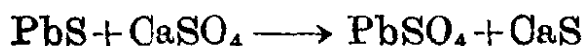
【57】 Ca(HCO₃)₂

氢氧化铅与碳酸氢钙在普通情况下作用时，即有碳酸钙、碳酸铅和水形成。



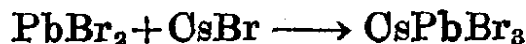
【58】 CaSO₄ + 加热

方铅矿与石膏经混合并加热至 400°C 后，即有硫酸铅和硫化钙生成。

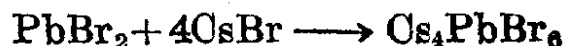


【59】 CsBr

(1) 当溴化铅与溴化铯的稀溶液反应后，即有溴铅酸铯结晶形成。



(2) 溴化铅在高温下溶解于溴化铯的浓溶液后，经冷却，即有白色结晶溴铅酸铯生成。



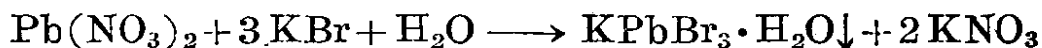
【60】 CsI

当碘化铅与碘化铯反应后，即有黄色结晶碘铅酸铯形成。



[61] KBr

(1) 当硝酸铅的饱和溶液逐滴加至溴化钾中, 然后将溶液静置, 则有水合溴化铅钾的结晶形成。



(2) 将溴化铅溶解于热的溴化钾的浓溶液中, 经冷却后, 即有白色结晶溴铅酸钾生成。



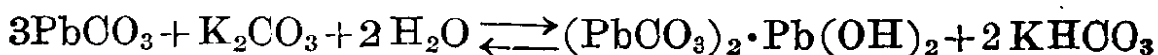
[62] KCl、KBr、KI

将氯化钾溶液(0.05 摩/升)加至氢氧化铅中, 则有碱式氯化铅形成。溴化钾及碘化钾亦有相同的反应。



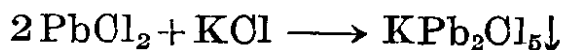
[63] $\text{K}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

碳酸铅与碱金属的碳酸盐作用后, 即有“白铅”形成。

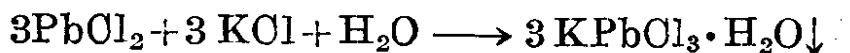


[64] KCl

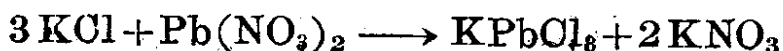
(1) 氯化铅与氯化钾的稀溶液作用时, 即有白色 KPb_2Cl_5 结晶形成。



(2) 当氯化铅溶解于热而浓的氯化钾溶液中后, 予以冷却, 结果有下列白色结晶形成。

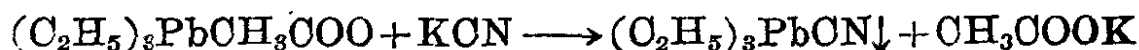


(3) 当冷硝酸铅的饱和溶液逐滴加至冷氯化钾的饱和溶液中后, 即予加热至沸, 则有氯化铅钾形成:



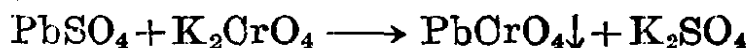
[65] KCN

当过量的氰化钾加至乙酸三乙基铅的饱和水溶液中后, 即有大块的白色絮状沉淀氰化三乙基铅生成。



【66】 K_2CrO_4

(1) 当应用启氏(J. R. Chittick)方法从发酵粉中测定铅时, 通常将检品的溶液加热至近乎沸点温度, 并加硫酸钙(作为冲淡剂和载体)和铬酸钾溶液, 这样铅即由溶液中沉出。

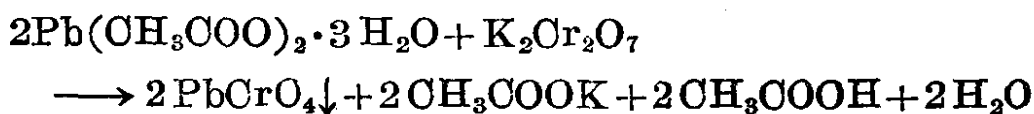


(2) 应用电位滴定法可将 Pb^{2+} 滴定为铬酸盐, 倘加适量的醇则可使沉淀更为完全。

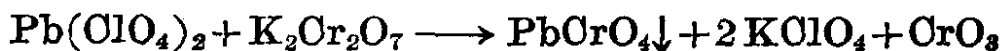


【67】 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

(1) 乙酸铅结晶当与重铬酸钾研磨时, 即作用而生成铬酸铅。

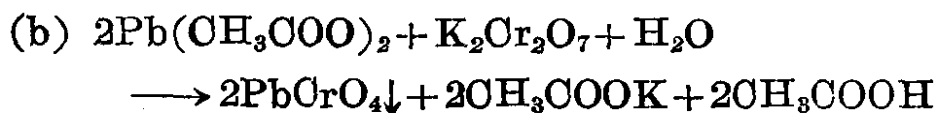
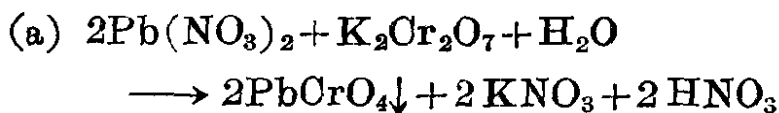


(2) 当高氯酸铅与重铬酸钾作用时, 即有铬酸铅形成。



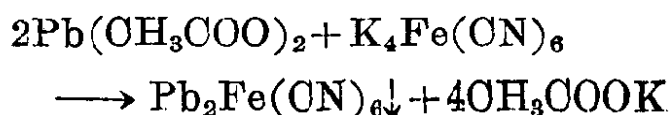
(3) 弗氏(A. H. Fiske)在制造铬酸铅时, 是将硝酸铅和重铬酸钾的溶液混合即得(a)。

戴氏(J. R. Davies)在制造铬酸铅时, 是利用重铬酸钾和乙酸铅相互作用而制得。为了防止碱式铬酸铅的形成, 常以乙酸参加反应(b)。



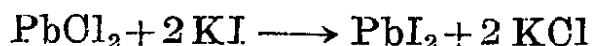
【68】 $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$

当乙酸铅的中性溶液与过量的亚铁氰化钾作用时, 即有亚铁氰化铅形成。

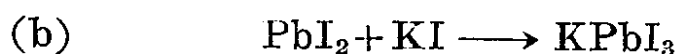
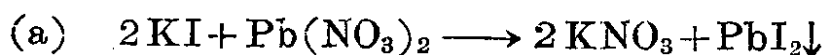


【69】 KI

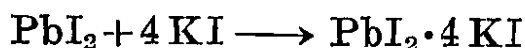
(1) 氯化铅与碘化钾(均为完全干燥者)共研磨时, 即迅速发生反应。



(2) 当硝酸铅溶液加至微浓的碘化钾溶液中时, 则首先形成红色碘化铅沉淀, 后者由于转变为复盐而即行变成白色。

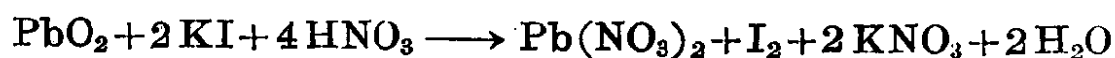


(3) 当碘化铅和过量的碘化钾反应后, 即有下列复盐形成。



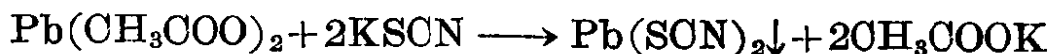
【70】 KI + HNO₃

当二氧化铅与碘化钾(在硝酸存在下)作用时, 即有硝酸铅和碘形成。

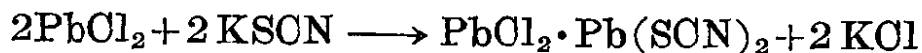


【71】 KSCN

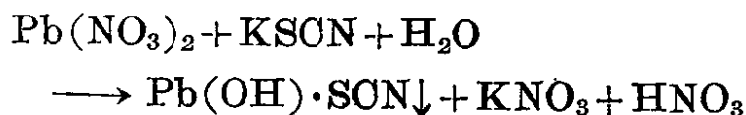
(1) 当硫氰酸钾与乙酸铅作用时, 即有黄色硫氰酸铅沉淀形成。



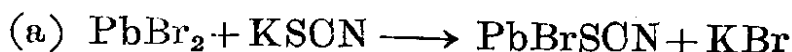
(2) 氯化铅与硫氰酸钾的浓溶液作用时, 即有氯化铅-硫氰酸铅结晶形成。其他铅的卤化物亦有相似的反应。

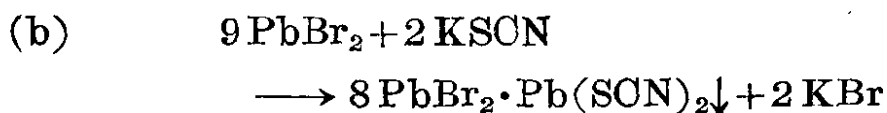


(3) 在吡啶的参加下, 硝酸铅与硫氰酸钾作用时, 即有白色沉淀形成。



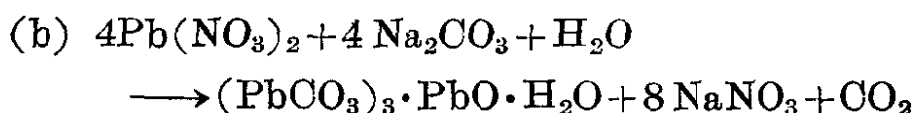
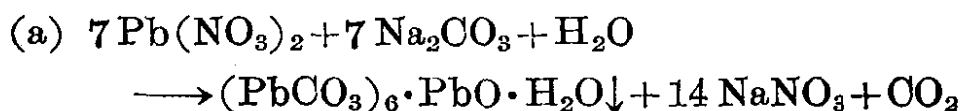
(4) 在溴化铅与硫氰酸钾组成的溶液中, 加入盐酸后, 即有下列二种结晶化合物沉淀生成。



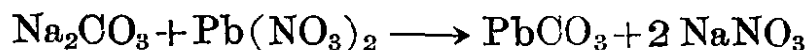


【72】 Na_2CO_3

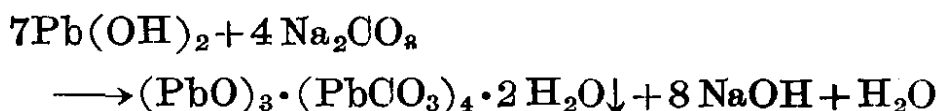
(1) 硝酸铅溶液与碳酸钠的浓溶液作用时，即有碱式碳酸铅沉淀；如溶液较稀，则形成中性化合物。



(2) 硝酸铅和碳酸钠的溶液混合时，即有碳酸铅形成。

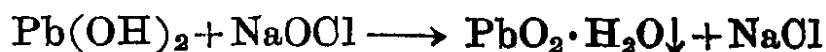


(3) 氢氧化铅与碳酸钠的稀溶液作用时，即有碱式碳酸铅形成。



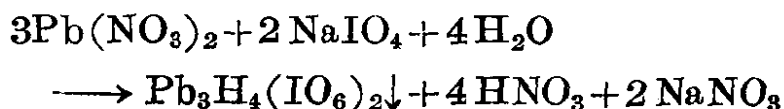
【73】 NaOCl

当氢氧化铅混悬液与次氯酸钠共加热时，则有二氧化铅棕色沉淀生成。



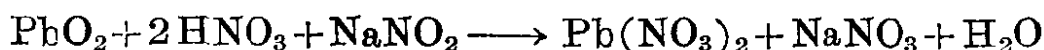
【74】 NaIO_4

当硝酸铅[在硝酸(0.8 摩/升)中]与高碘酸钠作用时，即有下列产物生成。



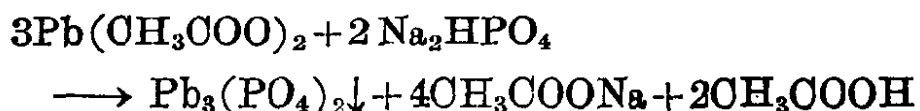
【75】 NaNO_2

在硝酸参加下，二氧化铅可被亚硝酸钠还原。

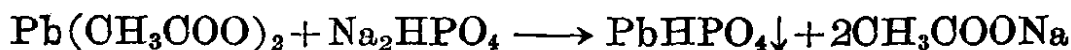


【76】 Na_2HPO_4

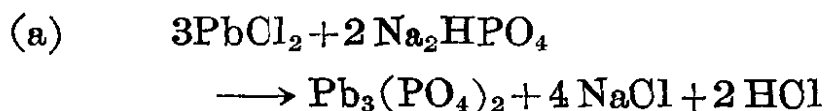
(1) 当以微酸性乙酸铅加至磷酸氢二钠的沸溶液中，即有磷酸铅形成。



(2) 当以微酸性乙酸铅加至磷酸氢二钠的冷溶液中, 即有磷酸氢铅形成。

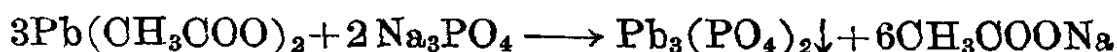


(3) 磷酸氢二钠与铅盐在室温下作用时, 其第一个产物为磷酸铅(a); 当反应达平衡状态时, 则有磷酸氢铅形成(b)。



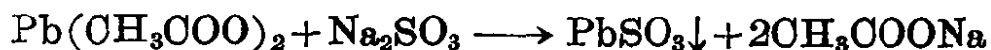
[77] Na_3PO_4

在乙酸铅的饱和溶液中加入足量的磷酸钠后, 则有磷酸铅沉淀形成。

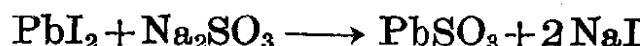


[78] Na_2SO_3

(1) 当乙酸铅的稀溶液加至亚硫酸钠的稀溶液中后, 二者相互作用而生成亚硫酸铅。

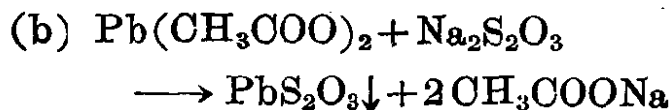
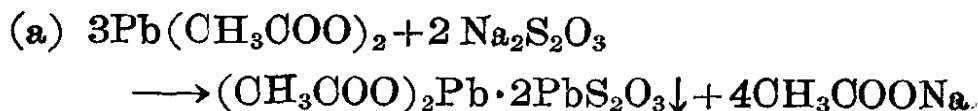


(2) 当过量的亚硫酸钠(2摩)与碘化铅之间发生复分解反应后, 即有亚硫酸铅(100%)和碘化钠形成。

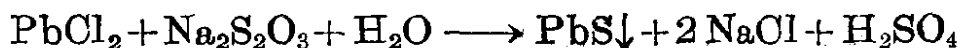


[79] $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

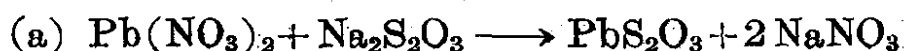
(1) 以相当量的硫代硫酸钠和乙酸铅相互作用时, 则在浓度尚高的溶液中, 即有复盐乙酸铅-硫代硫酸铅沉淀析出。在稀的溶液中, 倘硫代硫酸钠过量时, 则沉淀物主要为简单的盐即硫代硫酸铅, 但仍有小量的乙酸铅留下。



(2) 当氯化铅的热溶液与硫代硫酸钠溶液作用时, 即有硫化铅形成。



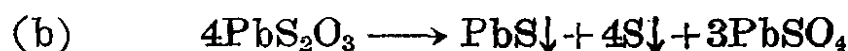
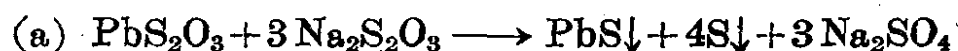
(3) 硝酸铅的中性溶液与硫代硫酸钠作用时, 即有淡黄白色沉淀形成, 此沉淀常假定为硫代硫酸铅; 溶液的颜色往往变至红色且最后变为黑色, 并有硫化铅不完全地被沉出。



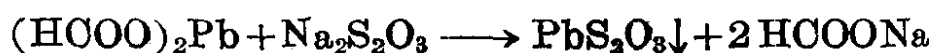
(4) 二氧化铅在普通情况下与硫代硫酸钠作用时, 即有连二硫酸钠、氧化钠及氧化铅形成。



(5) 硫代硫酸铅在过量的硫代硫酸钠存在下, 二者即迅速发生反应而有硫化铅和硫的灰色至黑色的混合物沉淀析出。倘单独将硫代硫酸铅溶液煮沸, 则亦有相似的反应徐徐发生。



(6) 热的甲酸铅饱和溶液经硫代硫酸钠处理后, 再予急速冷却, 即有硫代硫酸铅沉淀形成。



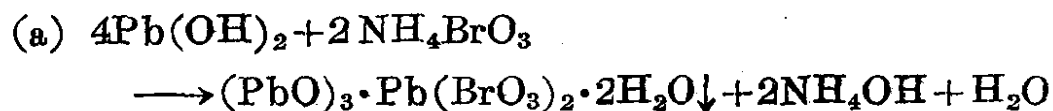
[80] NH_4Br

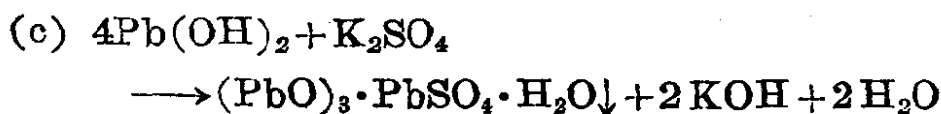
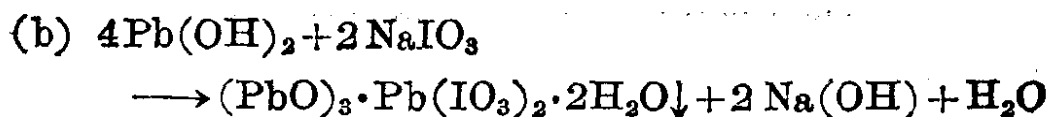
当溴化铅溶解于溴化铵的浓溶液中后, 即有溴化铅铵(铵铅的组成比为 2:1)生成(a)。如溶解于溴化铵的稀溶液中, 则有另一组成比(铅与铵为 2:1)的溴化铅铵生成。



[81] NH_4BrO_3 、 NaIO_3 、 K_2SO_4

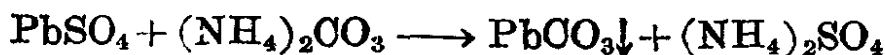
当氢氧化铅与溴酸铵溶液(0.066 摩/升)作用时, 即有碱式溴酸铅形成。当与碘酸钠和硫酸钾作用时, 亦有同样形式的反应发生。





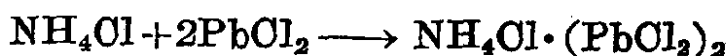
【82】 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$

硫酸铅与碳酸铵溶液作用时,即被转变为碳酸铅。



【83】 NH_4Cl

氯化铵与氯化铅溶液混合时,即有复盐形成。

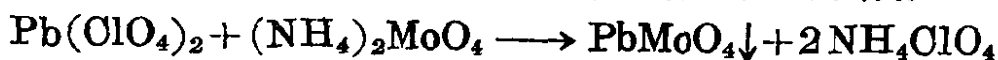


【84】 $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$

(1) 钼酸铵与铅盐的稀溶液作用时,即有钼酸铅沉淀形成;如有三价铁存在,将干扰反应的进行,但二价铁则无妨。

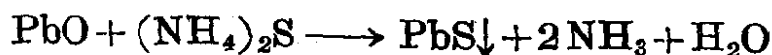


(2) 当高氯酸铅与钼酸铵作用时,即有钼酸铅形成。

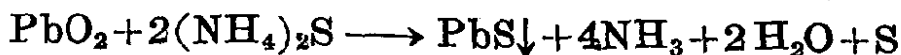


【85】 $(\text{NH}_4)_2\text{S}$

(1) 一氧化铅与硫化铵徐徐作用时,即有硫化铅形成。

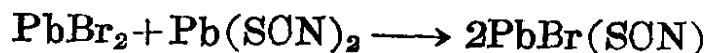


(2) 二氧化铅与硫化铵作用时,即有硫化铅、氨、水和硫形成。



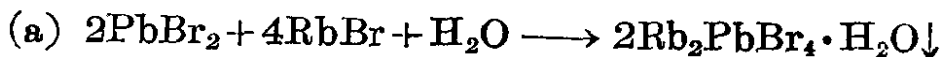
【86】 $\text{Pb}(\text{SCN})_2$

当溴化铅与硫氰酸铅作用后,即有溴化硫氰酸铅结晶生成



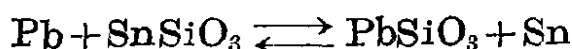
【87】 RbBr

当溴化铅溶解于溴化铷的浓溶液中后,即有铷铅组成比为2:1的溴化铅铷结晶沉出(a),如溴化铷改为稀溶液,则生成物的铷铅组成比为1:2(b)。

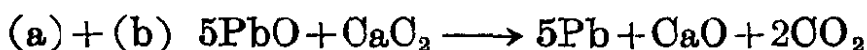
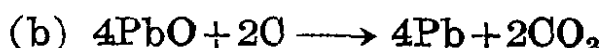
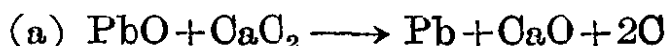


[88] SnSiO_3

实验证明, 铅与硅酸锡间的化学平衡符合质量作用定律。

**[89] CaC_2**

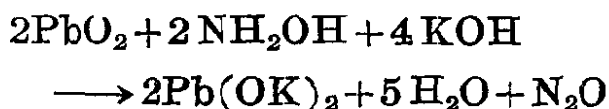
当碳化钙与一氧化铅(或氯化铅)的混合物经点火后, 即发生爆炸反应, 反应按如下二步进行。

**[90] NH_3**

当四氯化铅的氯仿溶液经干燥的氨气处理后, 即有白色沉淀形成。

**[91] NH_2OH**

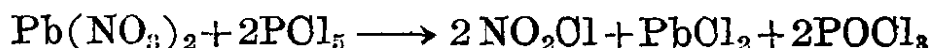
铅的较高氧化物遇羟胺后即徐徐分解, 当有氢氧化钾存在时则可不必加热。

**[92] PCl_5**

(1) 当四乙铅和五氯化磷混合于二硫化碳中后, 再用石油醚处理, 则有氯化三乙铅形成。



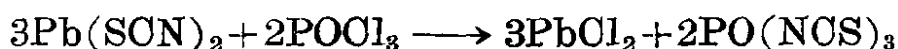
(2) 当五氯化磷的蒸气通入干燥的硝酸铅上, 即有硝酰氯(NO_2Cl)形成。这个反应必须在氮的大气流下进行。

**[93] POCl_3**

(1) 当三氯氧化磷的蒸气通入硝酸铅中, 即有硝酰氯形成。这个反应必须在氮的大气流下进行。

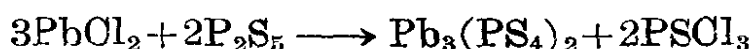


(2) 当三氯化磷和硫氰酸铅的溶液共煮沸时, 即有氯化铅和异硫氰酸磷酰形成。



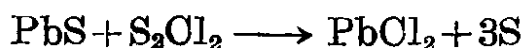
[94] P_2S_5

当氯化铅与五硫化二磷共加热后, 即有硫代磷酸铅形成。



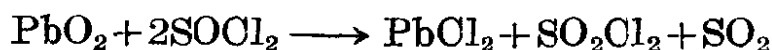
[95] S_2Cl_2

当硫化铅和一氯化硫置于封闭管中加热至 250°C 后, 即有下列反应发生。



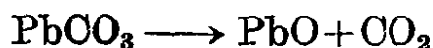
[96] SOCl_2

当二氧化铅与过量的亚硫酰(二)氯在密闭管中于 150°C 加热时, 即有氯化铅和磺酰氯(SO_2Cl_2)形成。

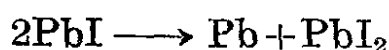


[97] 加热

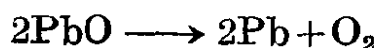
(1) 碳酸铅置于铂坩埚中, 在 165°C 下干燥, 再加热至红热, 继而在硫酸存在下冷却后, 即有一氧化铅形成。



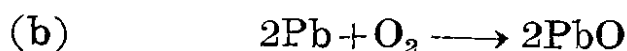
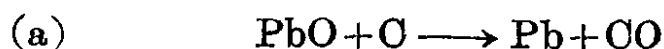
(2) 当一碘化铅加热后, 即分解为碘化铅和金属铅。



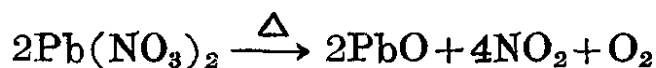
(3) 当一氧化铅在真空中加热至 750°C 后, 即分解为铅和氧气。



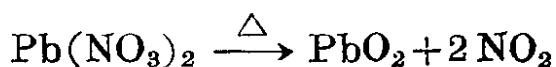
(4) 关于铅金合金中金的分析, 可采用下列方法: 将一氧化铅与碳加热后即得到铅, 后者能溶解金而形成铅-金混合物。接着, 再用烤钵(灰皿)提炼, 以除去铅。所用的助熔剂为碳酸钾和硼砂。



(5) 硝酸铅加热时即有二氧化氮和一氧化铅生成。

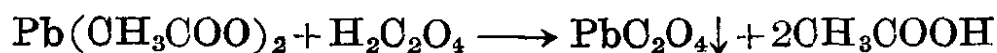


(6) 当硝酸铅灼烧时, 即有纯粹的二氧化铅生成。

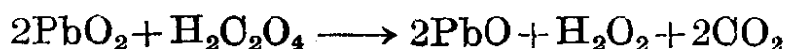


[98] $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$

(1) 乙酸铅溶液中加入草酸后, 即有草酸铅沉淀析出。

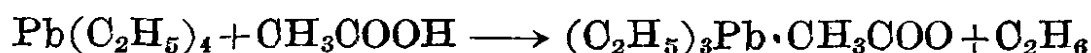


(2) 在通常情况下, 二氧化铅与草酸作用后, 即有一氧化铅、过氧化氢及二氧化碳形成。

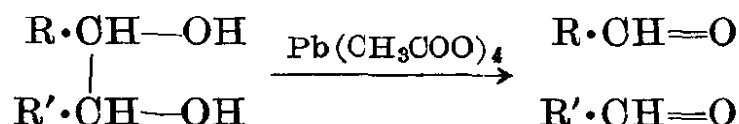


[99] $\text{HC}_2\text{H}_3\text{O}_2$

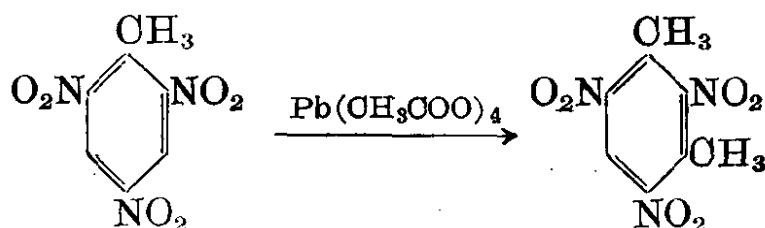
(1) 当四乙铅与乙酸在 90°C 水浴上加热(同时加有若干硅胶片), 则有乙酸三乙铅形成。



(2) Pb_3O_4 在热乙酸中反应(PbO_2 不反应)后, 当溶液冷却时, 即有白色针状四乙酸铅晶体析出, 它是唯一稳定的四价铅含氧酸盐, 常作氧化剂, 例如:

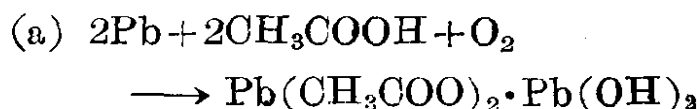


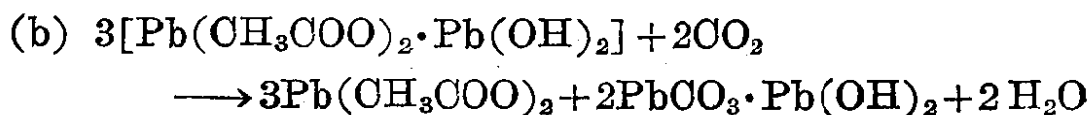
也可作为甲基化剂, 例如:



[100] $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CO}_2 + \text{O}_2$

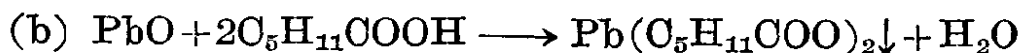
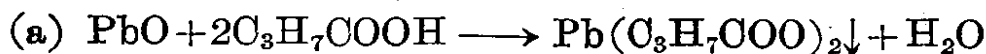
当铅与乙酸、二氧化碳和氧气作用后, 即有白色碱式碳酸铅形成。





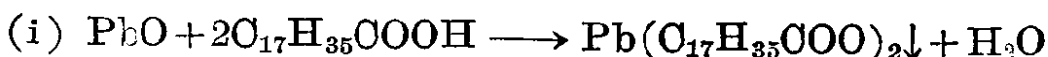
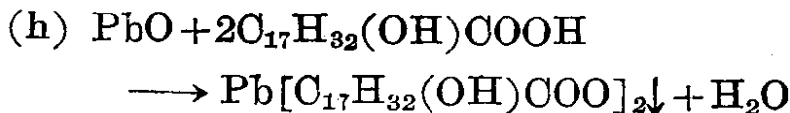
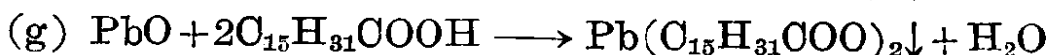
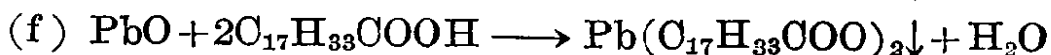
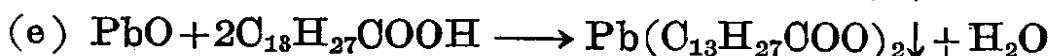
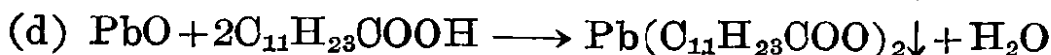
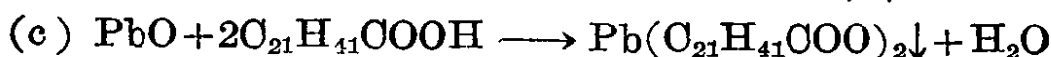
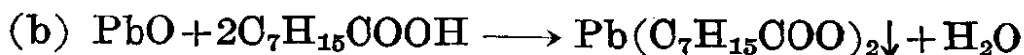
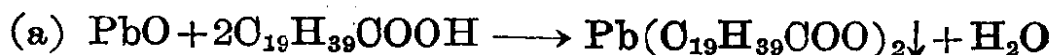
【101】 C_3H_7COOH

将一氧化铅和丁酸的乙醚溶液混合后放置半小时，即有丁酸铅沉淀形成(a)。如用己酸，则放置过夜亦可发生同样反应(b)。



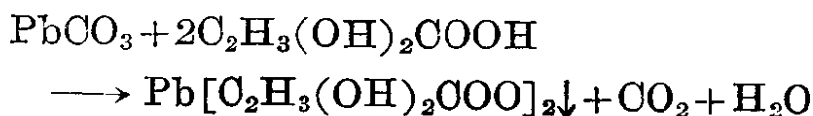
【102】 $CH_3(CH_2)_{18}COOH$ 等羧酸

将一氧化铅和花生酸的乙醚溶液混合，振摇后，即有花生酸铅沉淀形成(a)。辛酸、芥酸、月桂酸、肉豆蔻酸、油酸、棕榈酸、蓖麻醇酸，硬脂酸亦可发生同样反应，生成相应的有机酸盐(c)~(i)。



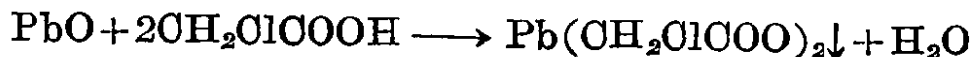
【103】 $CH_2OHCHOHCOOH$

将甘油酸(2, 3-二羟基丙酸)与碳酸铅于61~65°C下加热2~3小时，经冷却后，即有白色沉淀甘油酸铅生成。



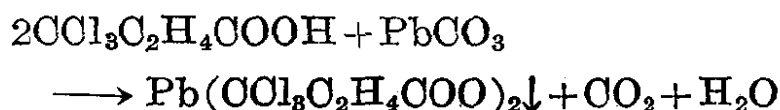
【104】 $CH_2ClCOOH$

当以1摩一氧化铅和2摩一氯乙酸的水溶液混合(或按此比例混合)加热后，即有一氯乙酸铅结晶生成。

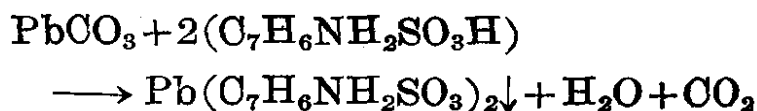


[105] $\text{CCl}_3\text{C}_2\text{H}_4\text{COOH}$

将碳酸铅饱和的三氯丁酸的乙醚溶液过滤后,再用碳酸铅处理至溶液呈中性,蒸去乙醚后,即有三氯丁酸铅沉出。碳酸钙亦可发生同样反应。

**[106] $\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_3(\text{NH}_2)\text{SO}_3\text{H}$**

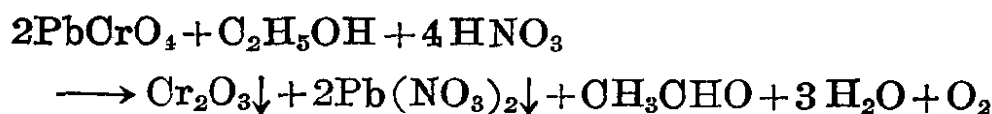
将过量的碳酸铅加至热的 5-氨基-2-甲(基)苯磺酸水溶液中,经混和、过滤、浓缩后,即伴有 1 分子水的 5-氨基-2-甲(基)苯磺酸铅沉出。氢氧化钡亦可发生同样反应,但生成的结晶盐则伴有 2.5 分子水。

**[107] $\text{C}_6\text{HBr}_4\text{SO}_3\text{H}$**

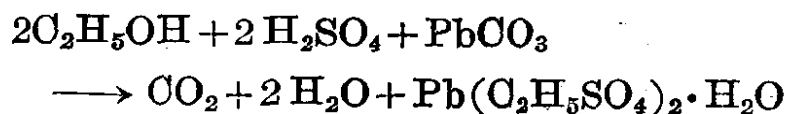
用碳酸铅中和热的 2, 3, 4, 6-四溴苯磺酸水溶液,经过滤、浓缩、冷却后,即伴有 1.5 分子水的结晶 2, 3, 4, 6-四溴苯磺酸铅形成。

**[108] $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{HNO}_3$**

将铬酸铅溶解于乙醇中(在 90°C),并用硝酸处理,则最后的溶液由于三氧化二铬的生成而变绿色,同时亦有硝酸铅沉淀形成。

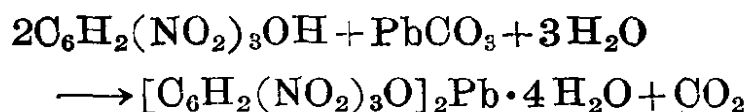
**[109] $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{H}_2\text{SO}_4$**

将浓硫酸徐徐加至乙醇中,并用冰冷却,然后将此与碳酸铅粉末混合,结果有结晶性乙基硫酸铅的片状物形成。

**[110] $\text{C}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_3\text{OH}$**

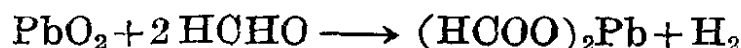
当苦味酸(三硝基苯酚)水溶液经碳酸铅处理后,即有黄色针

状物四水合苦味酸铅沉出, 此水合物易受温度影响, 80°C 时转化为一水合物, 而 150°C 时, 即成为无水盐。



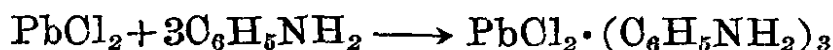
[111] HCHO

当二氧化铅与甲醛在中性溶液中反应后, 即有甲酸铅形成。

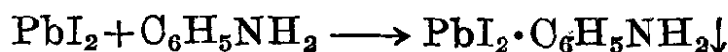


[112] C₆H₅NH₂

(1) 将氯化铅与苯胺混合, 在水浴上加热 1 小时后过滤, 从滤液中可得三苯胺-氯化铅结晶。

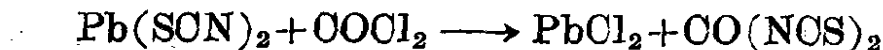


(2) 通过升温制得碘化铅的苯胺饱和溶液, 经冷却后, 即有亮黄色针状沉淀生成。



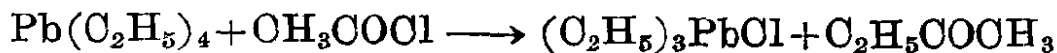
[113] COCl₂

碳酰氯(溶解在甲苯中)与硫氰酸铅作用时, 即有异硫氰酸羰形成。



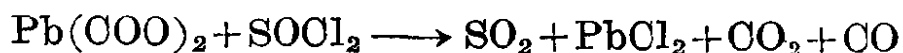
[114] CH₃COCl

当四乙铅与乙酰氯在室温下相互作用时, 即有氯化三乙铅形成。

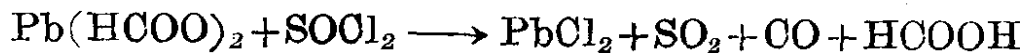


[115] SOCl₂

(1) 当缓慢的氮气流将挥发的亚硫酸(二)氯气体通至 60°C 下加热的草酸铅后, 即按下式发生定量反应。

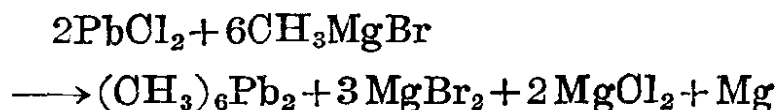


(2) 亚硫酸(二)氯与甲酸铅在 60°C 下反应后, 即有氯化铅、二氧化硫、一氧化碳和甲酸生成。



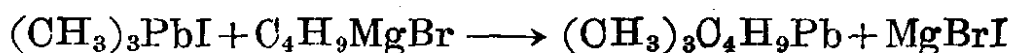
[116] CH₃MgBr

溴化甲基镁的乙醚溶液与氯化铅反应后，即形成乳白色的六甲基二铅结晶，其熔点 $37\sim 38^{\circ}\text{C}$ ；得率为 61%。



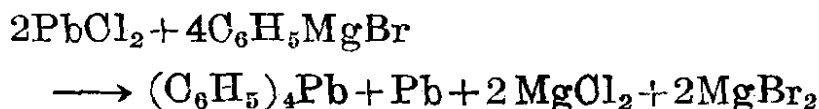
【117】 $\text{C}_4\text{H}_9\text{MgBr}$

当溴化丁基镁的乙醚溶液与碘化三甲基铅混合回流 1 小时后，放置过夜，即有沸点为 59°C （在压力 1.733 千帕时）的三甲基丁基铅生成。本反应的得率为 50%。



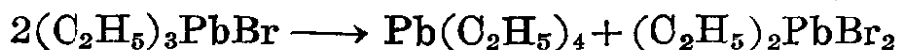
【118】 $\text{C}_6\text{H}_5\text{MgBr}$

将氯化铅粉末加至溴化苯基镁的无水苯溶液中，边搅拌，边回流 8 小时后，即有四苯基铅生成。



【119】 加热

当三乙基铅盐 $[(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{PbBr}]$ 在水中经加热后，即有四乙(基)铅生成。



银 Ag

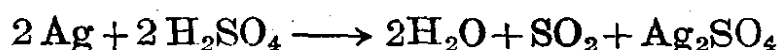
银在自然界中分布的情况较铜少得多；它在地壳中的含量共占 $2 \times 10^{-5}\%$ 。有些地方，银呈天然状态存在，但大部分的银都是从银的化合物中采得。最重要的银矿是辉银矿 (Ag_2S)，其次是角银矿 (AgCl)。几乎在所有的铜矿，特别是铅矿中，银往往成为同晶的杂质而存在。

纯银是很软而富有延展性的金属，密度 10.5 克/厘米³，在 960.8°C 时熔化。

银是最不活泼的金属之一，在电动序中位于末后位置。它在空气中无论常温或加热都不被氧化。常见银制物品变黑，这是因

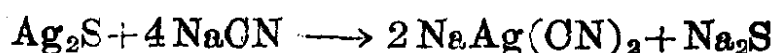
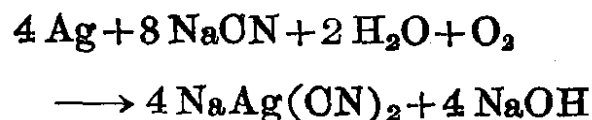
为受到空气中所含硫化氢的影响。在与含硫化物的食物(如蛋类)接触后,也会生成黑色的硫化银。

银溶解于硝酸,不溶于稀盐酸和稀硫酸,但在沸硫酸中能迅速溶解,而放出二氧化硫。

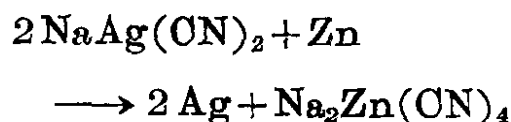


利用银在浓硫酸中的溶解度,常用来从金和铂(在合金中)中分离出银来。

无论银以金属还是化合物形式存在于矿物中,都可用氰化钠溶液从粉碎的矿石中把它提取出来:



$\text{NaAg}(\text{CN})_2$ 与锌作用即可得到金属银。



银有二种氧化物, Ag_2O 、 Ag_2O_2 。其中 Ag_2O 是一个碱酐,且只组成一类盐。 Ag_2O_2 中的银,分别为 $\text{Ag}(\text{I})$ 及 $\text{Ag}(\text{III})$ 。

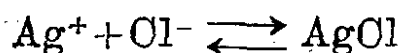
Ag_2O 是淡棕黑色粉末,加热至 300°C ,即被完全分解为金属银和氧。

近年来,具有半导体性质的 AgGaO_2 、 AgScO_2 、 AgInO_2 及 AgTlO_2 等已被合成。

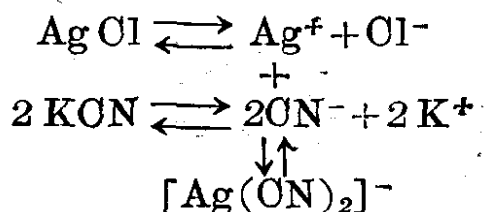
大多数银盐是无色,但下列几种是有颜色的:溴化银(灰黄色)、碘化银(黄色)、硫化银(黑色)、磷酸银(黄)、亚砷酸银(黄)、砷酸银(棕)、铁氰化银(橙)、铬酸银(淡红棕色)。这些盐类大多不溶于水,且曝于光均变黑色。硝酸银、氯酸银、高氯酸银、氟化银、亚硝酸银、硫酸银、乙酸银均溶于热水中。

银的主要化学反应提要:

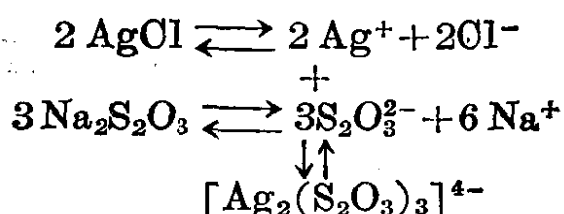
时,则又有沉淀发生。



氯化银亦易溶解于氰化钾溶液中:



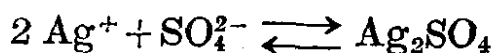
硫代硫酸钠极易溶解氯化银而形成络离子:



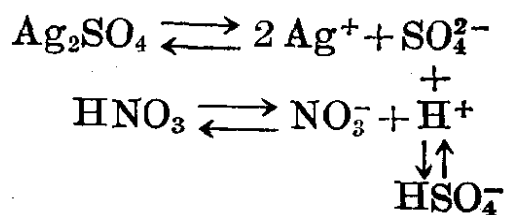
上面后二个络离子较 $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ 离子稳定;那就是,当平衡被建立时,银离子的浓度较在 $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ 平衡时少得多。这个事实说明,许多银化合物所以不溶于氢氧化铵而溶解于氰化物或硫代硫酸盐的溶液中的道理。一个化合物进至溶液中时,无论何时它的离子“浓度积”都低于它的“溶度积”常数值。根据上述后二个反应,银离子浓度具有如此低的平衡值,致使大多数银化合物的饱和溶液中之银离子浓度减低至该化合物的溶度积不再获得满意的程度,因此该化合物即被溶解。

【2】 硫酸根离子

硫酸根离子与中等浓度的银盐溶液,生成硫酸银的白色结晶沉淀。



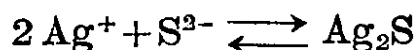
这个沉淀稍溶解于水,易溶于硝酸、氢氧化铵、氰化钾、硫代硫酸钠溶液中,它在硝酸中的溶解是由于下列这个反应:



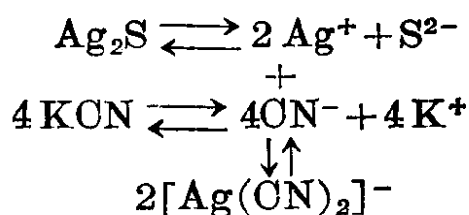
此沉淀可溶解于其他试剂而形成络离子。

【3】 硫离子

S^{2-} 离子在酸性、中性或碱性的银盐溶液中生成黑色絮凝状的硫化银沉淀。



这个沉淀不溶于水、碱金属及铵的氢氧化物和硫化物、稀的氰化钾溶液及稀的非氧化酸中,能溶解于氰化钾的浓溶液。

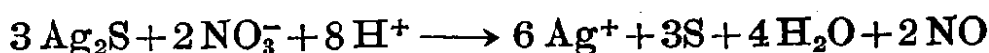


在硫化银饱和溶液中的银离子浓度很低,但却需要十分高浓度的 CN^- 离子才能使上面垂直的反应向下进行,并依靠这种力量用尽溶液中的银离子而使硫化银溶解。

硫化银甚易溶解于稀硝酸,即通过硫离子(S^{2-})氧化为元素硫:



其完全的反应式:

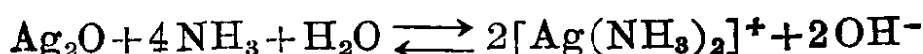


【4】 OH^- 离子

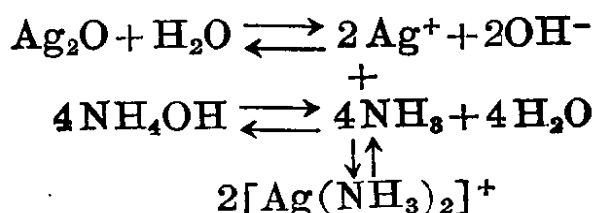
OH^- 离子与银盐溶液生成棕色氧化银沉淀,通常这个反应包括二个反应:



这个沉淀不溶于过量的氢氧化钠(钾)溶液中,但易溶于硝酸及氢氧化铵中。它在氢氧化铵中系生成下列反应而溶解:



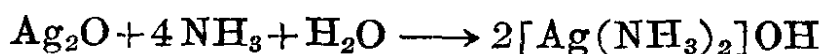
或



这个络合的氢氧化氨合银(Silver ammine hydroxide)是一个强碱。这和银被放置在周期表中第一族的位置是很有趣的。由于银是重金属，因此，可以联想到银在这方面将与其他重金属相似，它的氢氧化物是一个弱碱。

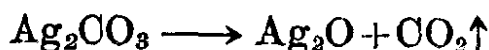
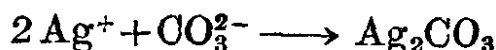
【5】 氢氧化铵

低浓度的氢氧化铵溶液当徐徐加至中性银盐溶液中，开始即有白色沉淀生成，后者立即变为棕色氧化银沉淀。当有过量的氢氧化铵存在时，沉淀即行溶解，其结果形成 $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ 络离子。



【6】 碳酸钠

碳酸钠遇银盐生成白色碳酸银沉淀，此沉淀在煮沸时即变为黄色，并分解成氧化银，同时有二氧化碳放出。

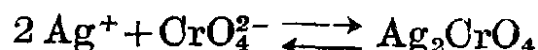


【7】 碳酸铵

碳酸铵与银盐作用时，亦有上述相同之沉淀生成，但它溶解于过量的碳酸铵溶液中。

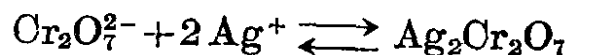
【8】 铬酸根离子

铬酸根离子与银盐的中性溶液生成棕红色的铬酸银沉淀。



此沉淀甚易溶解于硝酸及氢氧化铵。

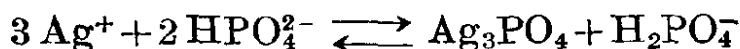
重铬酸钾在银盐溶液中生成淡红棕色的沉淀。



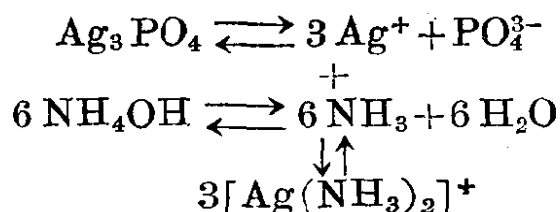
这个反应同铅的相似反应比较时是很有趣的，在这里所得到的是重铬酸根，但铅则不然，却不能得到重铬酸铅，而是通过重铬酸根离子轻微水解后得到铬酸铅。对于银而言，铬酸银和重铬酸银的溶度积均近乎相等，但重铬酸银的溶度积首先被超出，因而有重铬酸银沉淀。在这个溶液中，由水解所产生的铬酸根离子的浓度并不太高，故往往不能形成铬酸银的沉淀。

【9】 磷酸钠

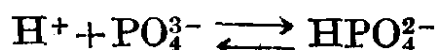
磷酸钠与银盐的中性溶液生成磷酸银黄色沉淀。



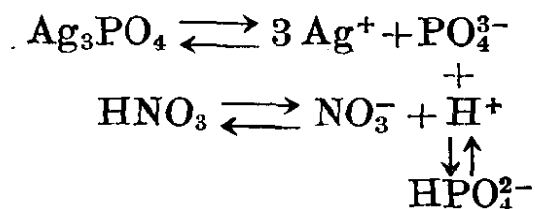
此沉淀甚易溶解于氢氧化铵中。



磷酸银溶解于硝酸,这是由于抑制了磷酸的电离作用所致。通常每当阴离子和 H^+ 离子相接触时,它们必将彼此连接,直至该酸的电离常数被满足时为止。磷酸的叔氢之电离常数是极小的,无论何时,当磷酸根离子与 H^+ 离子相接触时,它们将有相当大的数量被转变为二代磷酸根离子:



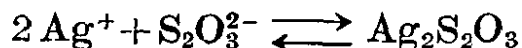
这样将扰乱平衡:



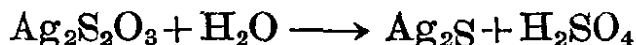
于是磷酸银溶解。一般言之，上述的反应即可说明弱酸的盐溶液与强酸之间的作用机理。

【10】 硫代硫酸根离子

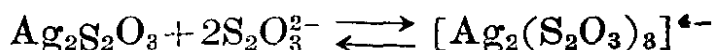
硫代硫酸根离子与银盐溶液生成白色絮凝状的硫代硫酸银沉淀。



此沉淀不甚稳定，遇水立即分解。在分解时常伴有非常鲜明的颜色变化，即由白色至黄色以至棕色，最后为黑色。其中间产物的组成则尚未明了；但其最后的产物是黑色硫化银。



硫代硫酸银溶解于过量的试剂,并形成 $[\text{Ag}_2(\text{S}_2\text{O}_3)_3]^{4-}$ 的络离子。

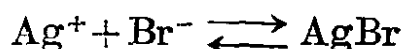


在此处倘有少量的酸存在则 Ag_2S 又复沉淀。

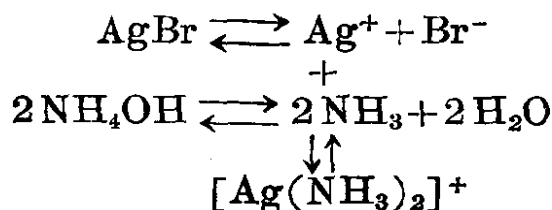


【11】 溴离子

溴离子与银盐溶液生成乳酪色凝乳状的溴化银沉淀。



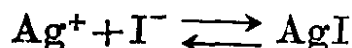
此沉淀不溶于水和稀酸，很难溶于氢氧化铵；它的溶度积为 1×10^{-13} 远小于氯化银的溶度积 (1×10^{-10})，这就可以解释在氢氧化铵中溶解度减低的道理。在饱和溴化银溶液中的银离子浓度小于氯化银饱和溶液中的银离子浓度，故需要相应大的氨浓度才能使其溶解。



溴化银溶解于氰化钾及硫代硫酸钠溶液中，形成相对稳定的络离子 $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$ 和 $[\text{Ag}_2(\text{S}_2\text{O}_3)_3]^{4-}$ 。

【12】 碘离子

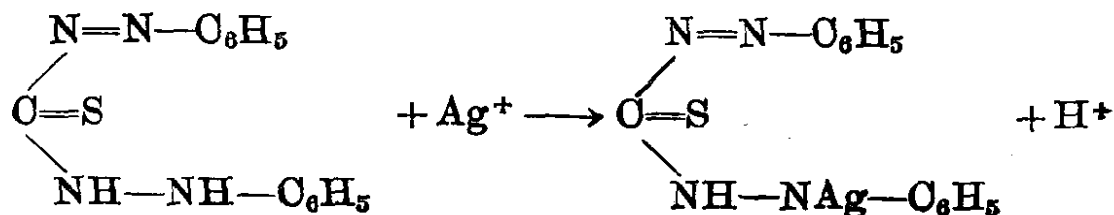
碘离子与银盐溶液生成黄色凝乳状的碘化银沉淀。



此沉淀不溶于水，亦不溶于稀酸及氢氧化铵，但易溶于氰化钾及硫代硫酸钠的溶液中。

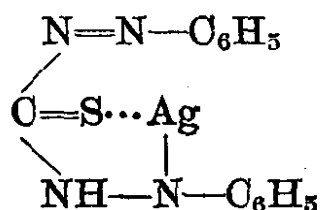
【13】 双硫腙(Dithizone)

双硫腙与银盐的中性或氨性溶液生成紫色沉淀。假定把双硫腙的四氯化碳溶液加至银盐的氨性溶液中，并将溶液振摇，结果在水和四氯化碳层之间生成淡红紫色层的固体沉淀。这个反应可以想象为试剂中的氢离子被银离子替代所致：



假定可能有铅存在,则最好在溶液中另加酒石酸钾钠,借以结合铅离子而呈不离解的酒石酸铅或呈络离子的形式。

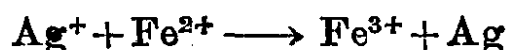
像上面所想象的反应,实在是较所列的方程式远为复杂得多,除金属真正将氢简单置换外,在银和硫原子之间亦想象有配价键的存在。这样乃形成一个五个原子环化合物。



这种形式的化合物往往是十分稳定的。

【14】 亚铁盐

亚铁盐遇银盐的沸溶液,生成灰色金属银:

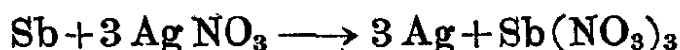


通常同时有碱式铁盐沉淀出来,特别是在很稀的溶液中。

亚铁盐加至银盐的氨性酒石酸盐溶液中亦有灰色沉淀形成,这种沉淀或为 Ag_4O , 或是很细的银和若干有机物的混合物。

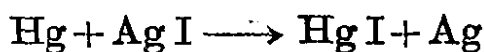
【15】 锑

将锑加至硝酸银溶液中即有银析出,同时亦有硝酸锑形成。



【16】 汞

(1) 将汞和碘化银在 70°C 加热时,即有碘化亚汞和银形成。

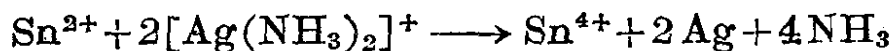


(2) 氯化二氨合银 $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}]$ 与汞作用后,即形成下列之反应产物。



【17】 氯化亚锡

氯化亚锡遇银盐于氨性溶液中,有金属银沉出。

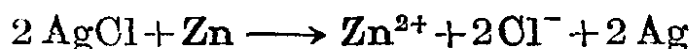


本反应所以在氨性溶液中进行,主要是用以除去铋和汞,否则它们会妨碍反应。因此先以银盐溶液用过量的氨水混合处理,如

有沉淀, 应予完全滤去, 然后再与氯化亚锡溶液作用, 即可完成上述的反应。

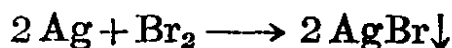
[18] 锌

锌(在电动序中较银为高)在中性银盐溶液中可将银沉出。同样, 当不溶解的氯化银被稀硫酸包住时, 如果有锌的小片与氯化银接触, 则氯化银被还原为金属银:

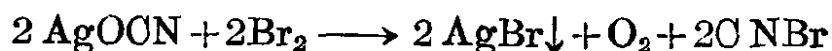


[19] Br_2

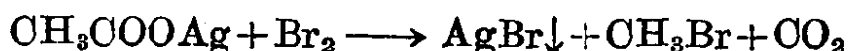
(1) 溴与银作用时, 即形成溴化银。



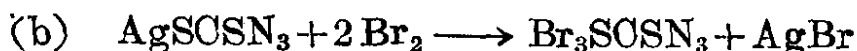
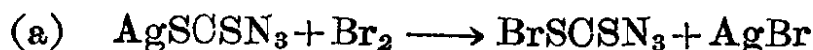
(2) 当氰酸银用溴处理后, 即有溴化银和溴化氰形成, 同时有氧放出。



(3) 乙酸银用溴处理后, 即生成二氧化碳、溴化银及溴甲烷。

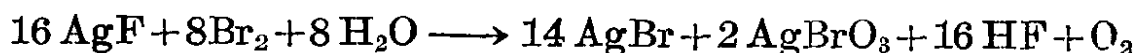


(4) 溴和迭氮(基)二硫代碳酸银(AgSCSN_3)在醚溶液中作用时, 常发生如下的变化。

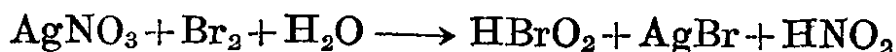


[20] $\text{Br}_2 + \text{H}_2\text{O}$

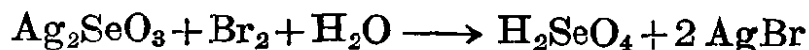
(1) 溴与氟化银的热水溶液作用时, 即有溴化银、溴酸银、氟化氢及氧生成。



(2) 将过量的溴水加至硝酸银溶液中后, 即有亚溴酸形成。



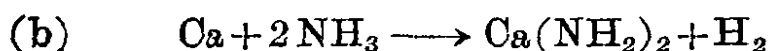
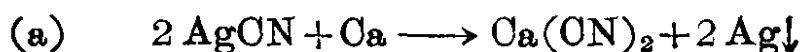
(3) 将溴加至亚硒酸银的混悬液中后, 即有硒酸形成。



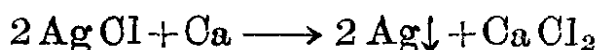
[21] Ca

(1) 当过量的钙加至氰化银之氨溶液中, 则有微细的银沉淀析出, 见反应(a)。在这里, 银作为一个良好的触媒而使过量的钙

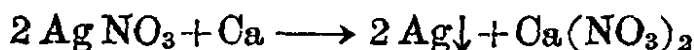
转变为氨基(化)钙[Ca(NH₂)₂], 见反应(b)。



(2) 当熔化的氯化银(熔点 460°C)与金属钙作用时, 即有银析出。铜、锡、铁和铝等亦有相同的置换反应。

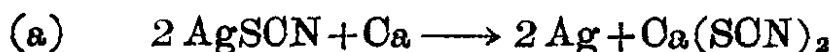


(3) 熔化的硝酸银(熔点 218°C)能迅速地与钙作用而析出金属银。镁、镉、铅和锌亦有相似之反应。在若干情况下往往有四氧化二氮放出。金、铝、铁和硅并不与硝酸银发生作用。



【22】 Ca + NH₃

在液氨中, 过量的钙能完全地使硫氰酸银还原为银、硫化钙和氰化钙。



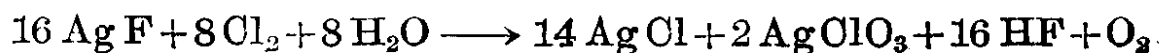
【23】 Cl₂

当氧化银和氯作用时, 即有氯化银和氧形成。



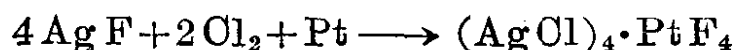
【24】 Cl₂ + H₂O

当氯导至氟化银的热溶液中后, 即有氯化银、氯酸银、氟化氢和氧形成。

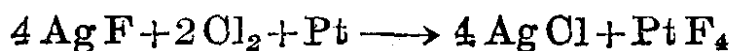


【25】 Cl₂ + Pt

(1) 当氟化银在 16°C 与氯和铂作用时, 即完全分解而形成 (AgCl)₄·PtF₄。

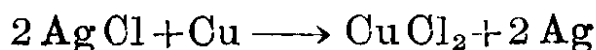


(2) 在铂的器皿中, 氟化银在红热时, 可被氯分解而形成氯化银和氟化铂。碘、溴亦有相似的反应发生。

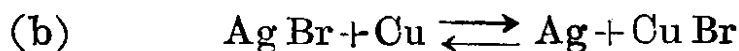
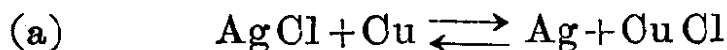


【26】 Cu

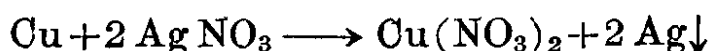
(1) 铜能还原氯化银为金属银和氯化铜。



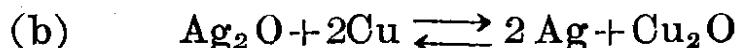
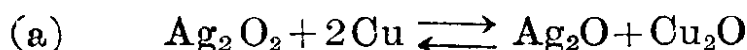
(2) 卤化银和铜在 1000°C 熔化状态下, 将发生置换反应。



(3) 金属铜在硝酸银溶液中作用时, 其所置换出银的量乃与硝酸银在溶液中之浓度成比例。

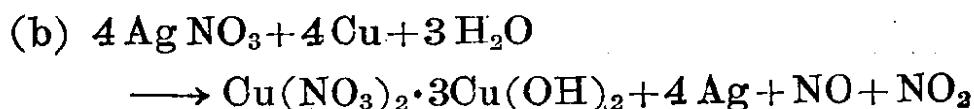
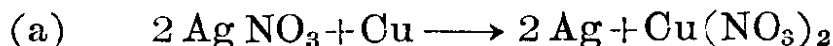


(4) 在银蓄电池中, 氢氧化钾常为电解质。反应(a)供给0.93伏; 反应(b)供给0.65~0.7伏。



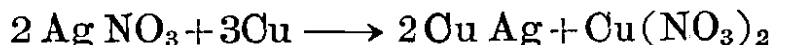
【27】 $\text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

当铜放在硝酸银溶液中时, 则有二个反应发生, 一个在 0°C 和 -5°C ; 另一则在 100°C , 但在 0°C 以下即停止。



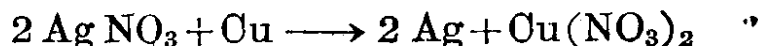
【28】 $\text{Cu} + \text{电解}$

当硝酸银与铜阳极电解时, 则铜-银合金即沉积在阴极上。



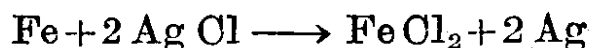
【29】 $\text{Cu} + \text{加热}$

硝酸银与铜在 90°C 作用时, 银即被沉淀出来。



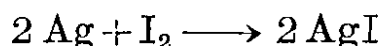
【30】 Fe

铁能还原氯化银为金属银和氯化亚铁。

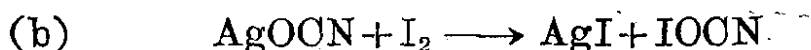
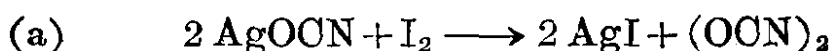


【31】 I_2

(1) 碘蒸气通至金属银上后, 即有碘化银形成。



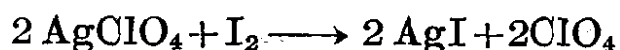
(2) 溶解于氰酸银-四氯化碳或二硫化碳溶液中的碘,在汞密封之搅拌器中搅拌,即徐徐消失。



(3) 用碘处理乙酸银后,即有碘化银、二氧化碳和乙酸甲酯形成。



(4) 当碘加至无水高氯酸银之醚溶液中后,即有四氧化氯形成。



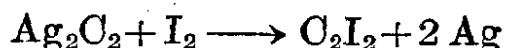
(5) 当碘作用于硝酸银溶液时,则有碘化银和碘酸银形成。



(6) 当叠氮(基)二硫代碳酸银(AgSCSN_3)混悬于氯仿后,与碘相互作用时,即发生下列之反应。

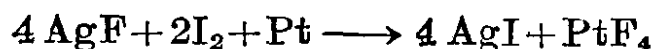


(7) 当乙炔银与碘在醚溶液中作用时,即有二碘乙炔形成。



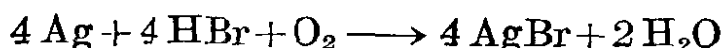
[32] $\text{I}_2 + \text{Pt}$

当碘与置于铂器皿中的氟化银加热至近红热时,即形成碘化银和四氟化铂。



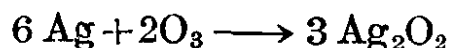
[33] $\text{O}_2 + \text{HBr}$

在酸性溶液[氢溴酸(0.05摩/升)]中,溴化银-银电极的电位,可受氧的扰乱。



[34] O_3

(1) 臭氧可将银氧化为过氧化银。

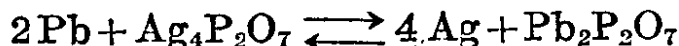


(2) 银被臭氧氧化成黑色时,生成物可能是氧化银。



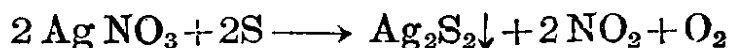
【35】 Pb

铅与焦磷酸银在 1000°C 和 1200°C 加热, 即有下列平衡存在。

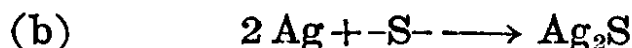


【36】 S

(1) 溶解在苯甲腈中的硝酸银与溶解在二硫化碳中的硫作用时, 即有棕色二硫化二银生成。



(2) 为了检测脂肪或油中的硫或硫化物, 通常可用刚擦亮的银箔与油共加热至 210°C 约 10 分钟, 如有硫或硫化物存在, 银即失去光泽, 本法可用于检定少量的硫。



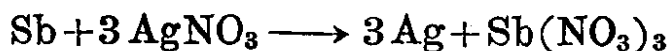
【37】 S、H₂S

将银和硫共加热至红热, 即产生硫化银。同样, 将银和硫化氢共加热至红热, 亦形成硫化银, 至于过量的硫或硫化氢可应用干燥的二氧化碳气流予以除去。



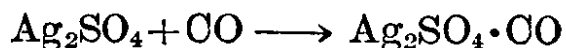
【38】 Sb

将锑加入硝酸银溶液中, 即有银和硝酸亚锑形成。



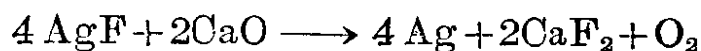
【39】 CO

硫酸银与一氧化碳在浓硫酸中反应, 即有下列化学物生成。



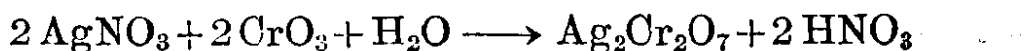
【40】 CaO

氟化银溶液可被石灰定量地分解为氟化钙、银和氧。



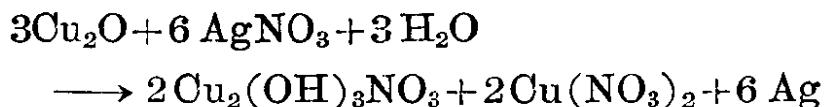
【41】 CrO₃

当硝酸银和三氧化铬作用时, 即有重铬酸银形成。



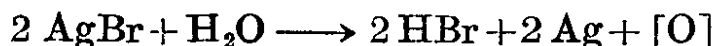
[42] $\text{Cu}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$

硝酸银与氧化亚铜及水共加热时,即有下列产物形成。

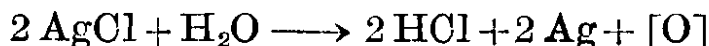


[43] H_2O

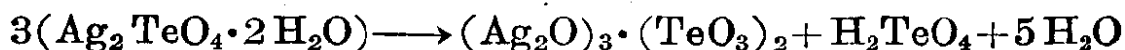
(1) 溴化银(在日光的参加下)及少量的硝酸与水作用时,即有银、溴化氢和新生态氧形成。



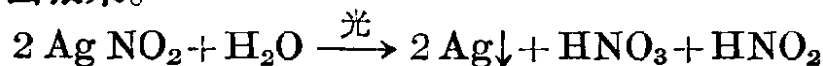
(2) 氯化银(在日光的参加下)与水作用时,即生成盐酸、金属银和新生态氧。



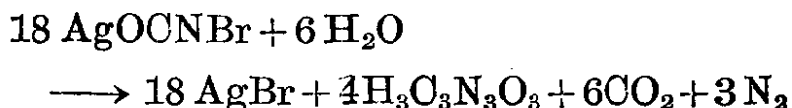
(3) 沸水能分解碲酸银为 $(\text{Ag}_2\text{O})_3 \cdot (\text{TeO}_3)_2$ 和碲酸。



(4) 亚硝酸银在过量的硝酸钠溶液中,倘放置时与光接触,则自动沉淀出银来。

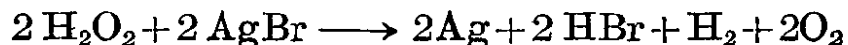


(5) 当溴氰酸银与水水解时,即有下列产物形成。

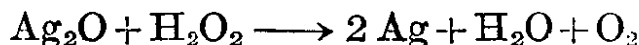


[44] H_2O_2

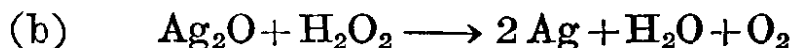
(1) 溴化银与过氧化氢作用时,即形成游离银、氢溴酸、游离氢和氧。



(2) 氧化银能分解过氧化氢而形成金属银、水和氧。

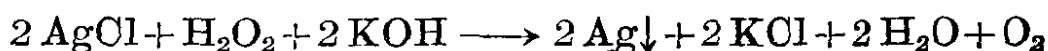


(3) 细碎的银甚易溶解于过氧化氢的酸溶液中,其反应按二步进行。

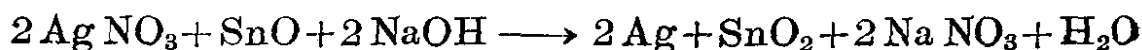


[45] $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{KOH}$

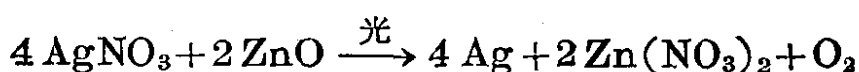
倘过氧化氢加至混悬于氢氧化钾溶液的氯化银中后, 即有金属银生成。

**[46] $\text{SnO} + \text{NaOH}$**

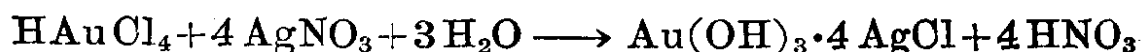
在碱溶液中, 硝酸银与氧化亚锡反应, 即有金属银生成。

**[47] ZnO**

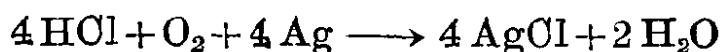
氧化锌在硝酸银溶液中, 常作为光解作用的感光媒。

**[48] HAuCl_4**

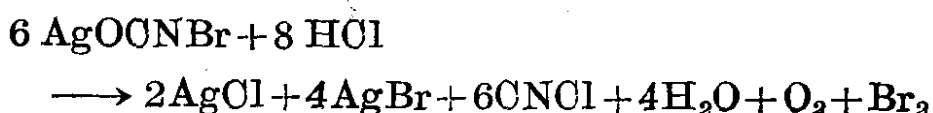
氯金酸与硝酸银作用时, 即有棕色碱式化合物生成。

**[49] HCl**

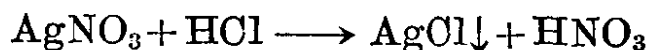
(1) 氯化氢与空气的混合物能使银迅速地包上一层紫色氯化银。



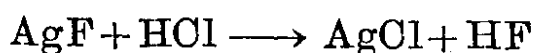
(2) 当干燥的氯化氢通至溴氰酸银上时, 即有下列反应产物生成。



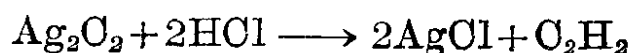
(3) 通常当硝酸银加至盐酸中时, 能得到氯化银和硝酸。



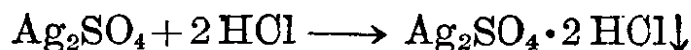
(4) 干燥的氯化氢可以分解熔化的氟化银, 结果生成氯化银和氟化氢。



(5) 当乙炔银用盐酸处理时, 即有乙炔形成。

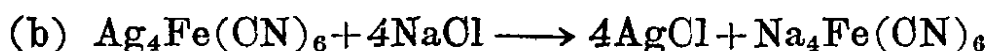
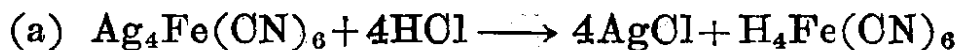


(6) 硫酸银与氯化氢作用时, 即有下列化合物形成。



【50】 HCl、NaCl

当氰亚铁酸银与氯化物作用时，即有氰亚铁酸盐和氯化银形成。



【51】 HCl + O₂

在酸性溶液中，氯化银-银电极之电位，常被存在之氧而扰乱。



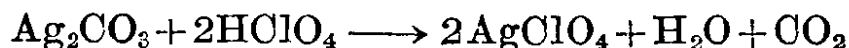
【52】 HClO₃

银与沸的氯酸作用时，即有氯酸银和氯化银形成。



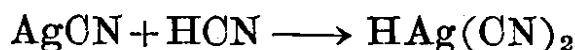
【53】 HClO₄

当碳酸银与适量的高氯酸处理而使之溶解后，即有高氯酸银形成。

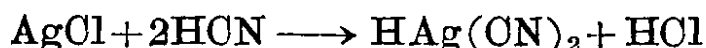


【54】 HCN

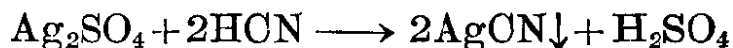
(1) 氰化银溶解于氢氰酸的水溶液中后，即有下列产物生成。



(2) 氢氰酸水溶液能溶解氯化银。

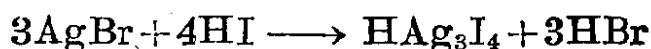


(3) 当硫酸银溶液与稀氢氰酸很好地混合后，则银被沉淀为氰化银。



【55】 HI

溴化银能大量地溶解于冷的浓氢碘酸中，这是由于形成络合物之故。



【56】 HIO₃

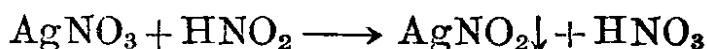
当银与沸的碘酸溶液作用时(在稀硫酸参加下)，则有碘酸银

和碘化银生成。



【57】 HNO_2

将亚硝酸加至硝酸银的稀溶液中时，立即有亚硝酸银沉淀出来。当所用之硝酸银溶液为饱和溶液时，则无反应发生。

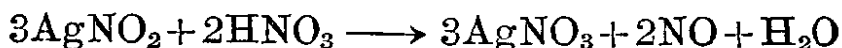


【58】 HNO_3

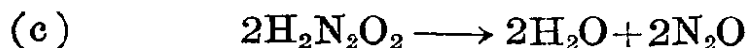
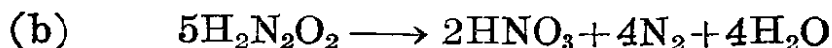
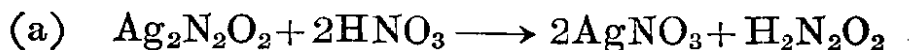
(1) 以过量的金属银加至硝酸中，并用二氧化碳将反应中所生成之气体驱走，则有硝酸银的大型结晶析出。



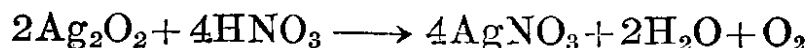
(2) 过量的硝酸加至亚硝酸银中后，亚硝酸银即溶解，并有氧化氮、硝酸银和水形成。



(3) 连二次硝酸银与无机酸作用时，立即分解而形成连二次硝酸。汞的化合物亦能发生相似之反应。反应(b)和(c)系同时进行。

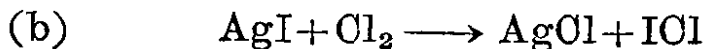
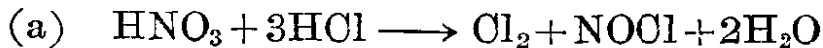


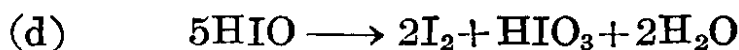
(4) 过氧化银溶解于浓硝酸溶液后，即有棕色反应发生。在浓酸中，这种颜色可保持相当长的时间。但当有水存在时，则很易分解为硝酸银、水和氧。



【59】 $\text{HNO}_3 + \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$

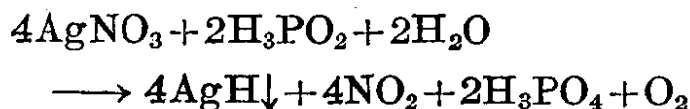
在处理碘化银-氧化银的残渣时，通常氧化银在开始用稀硝酸抽提时即被除去，碘化银则保留不变，而其溶解的银则在氨性溶液中可用连二亚硫酸钠还原而沉淀析出(其情况和在氯化氨合银例中相似)。这种回收过程的反应，可以下列方程式来表示。





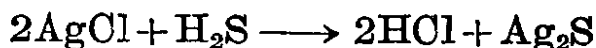
【60】 H_3PO_2

当硝酸银的稀溶液用过量次磷酸的稀溶液处理时，即有氢化银沉淀生成。

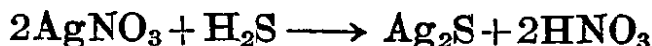


【61】 H_2S

(1) 当氯化银与液体硫化氢作用时，即有硫化银生成。

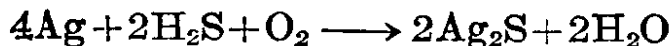


(2) 当硫化氢加至硝酸银溶液时，即有硫化银形成。



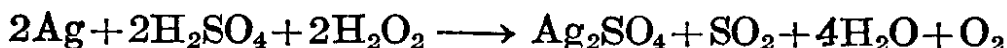
【62】 $\text{H}_2\text{S} + \text{O}_2$

在常温常压下，硫化氢和银发生反应时，需要氧参加。

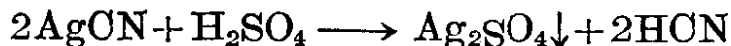


【63】 H_2SO_4

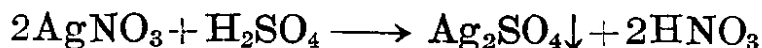
(1) 当有氧化剂如硫酸高铁或过氧化氢存在时，则热而浓的硫酸能迅速使银溶解，结果有硫酸银形成。当温度在 265°C 左右时，反应开始迅速进行；如升高至 270°C 时，则有二氧化硫自由逸出。



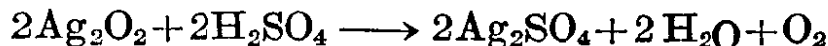
(2) 当氰化银与硫酸共加热数小时后，即有硫酸银沉淀出来，同时有氢氰酸气体放出。



(3) 当硝酸银用硫酸处理时，即有硫酸银沉淀析出。



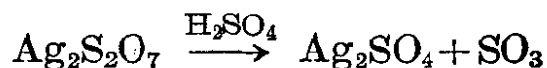
(4) 过氧化银溶解于浓硫酸后，即有棕色液体形成。在浓酸中其颜色可保留相当时期。当有水存在时，则甚易分解而有硫酸银、水和氧形成。



(5) 硫酸银可溶解于热的浓硫酸中, 并结晶为 $\text{AgH}_3(\text{SO}_4)_2$

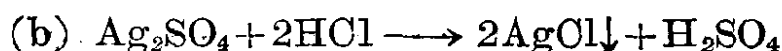
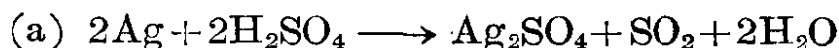


(6) 在发烟硫酸的存在下, 焦硫酸银即分解为硫酸银和三氧化硫。



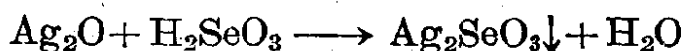
[64] $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{HCl}$

当银溶解于硫酸中, 即放出二氧化硫, 与此同时, 将其生成的硫酸银在氯化氢气流中加热, 则有氯化银形成。



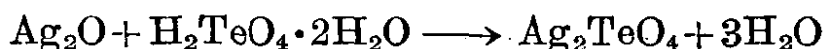
[65] H_2SeO_3

当氧化银与亚硒酸溶液反应, 即生成亚硒酸银和水。



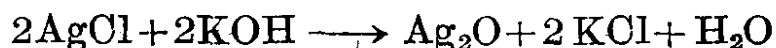
[66] $\text{H}_2\text{TeO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

当氧化银经碲酸溶液处理后, 即有碲酸银形成。



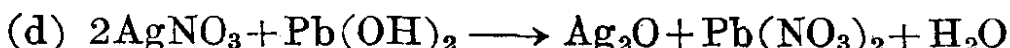
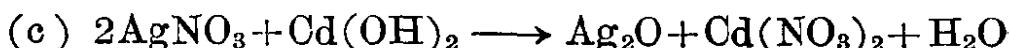
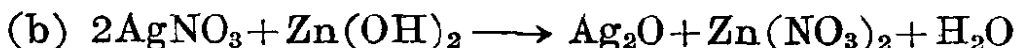
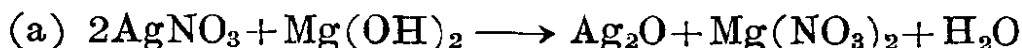
[67] KOH

氯化银与氢氧化钾作用时, 生成氯化钾、氧化银和水。



[68] $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 、 $\text{Zn}(\text{OH})_2$ 、 $\text{Cd}(\text{OH})_2$ 、 $\text{Pb}(\text{OH})_2$

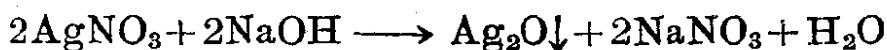
当新鲜沉淀的氢氧化镁与硝酸银溶液润湿后, 即有氧化银析出, 并呈黄棕色反应。锌、镉和铅的氢氧化物亦有相似之反应发生, 但铅则呈紫棕色反应。



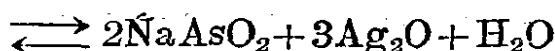
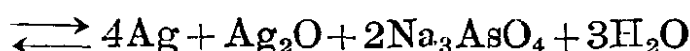
[69] NaOH

(1) 氢氧化钠溶液与 2% 明胶溶液混合后, 再徐徐加入稀硝酸银溶液, 并予经常搅拌, 则得水溶胶体氧化银。这个反应必须避

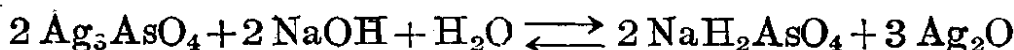
光进行。



(2) 冷的氢氧化钠溶液(1.5 摩/升左右)对亚砷酸银没有溶解作用,其较高的浓度似有微量之溶解作用。在 50°C 时,亚砷酸银乃徐徐溶解于氢氧化钠溶液(0.5 摩/升)中(a)。当在冷时,亚砷酸银则能溶解于氢氧化钠溶液(4~6 摩/升)中(b)。



(3) 砷酸银可溶解于氢氧化钠溶液(0.5~1.5 摩/升)中。



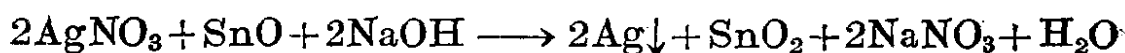
[70] $\text{NaOH} + \text{SnCl}_2$

硝酸银与氯化亚锡于碱性溶液中作用时,即有金属银生成。氯化银亦有相同之反应生成。



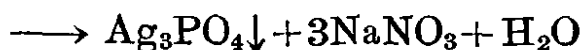
[71] $\text{NaOH} + \text{SnO}$

硝酸银与氧化亚锡于碱性溶液中作用时,即有金属银生成。



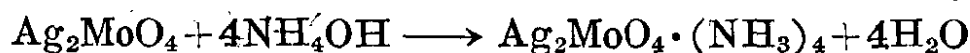
[72] $\text{NaOH} + \text{Na}_2\text{HPO}_4$

当硝酸银、磷酸氢二钠和氢氧化钠的溶液在作用时,将根据下列反应式进行。

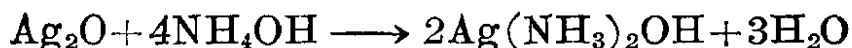


[73] NH_4OH

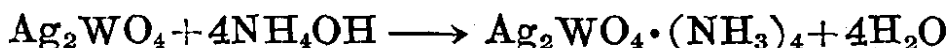
(1) 钼酸银溶解于氢氧化铵后,将其溶液蒸发,即得四氨合钼酸银。



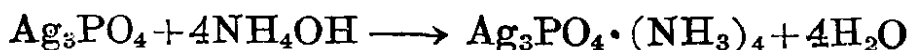
(2) 氧化银能溶解于氨水。



(3) 钨酸银溶解于氢氧化铵后, 将其溶液蒸发, 则有斜方柱状结晶形成。

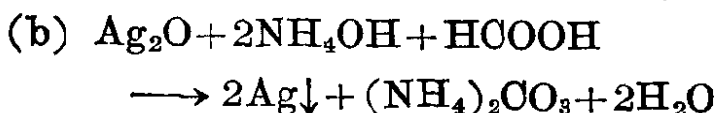
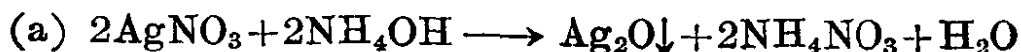


(4) 磷酸银溶解于氢氧化铵后, 将其溶液在氨气下, 于氢氧化钾上蒸发之, 则有无色至微黄色结晶形成。



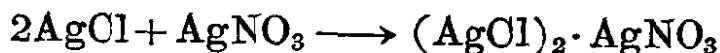
【74】 $\text{NH}_4\text{OH} + \text{HCOOH}$

氢氧化铵加至硝酸银溶液中, 直至沉淀的氧化银又复溶解为止, 然后将此清净的溶液加热至沸, 并再加入甲酸, 则有金属银沉淀析出。



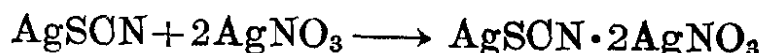
【75】 AgCl

热而浓的硝酸银溶液溶解氯化银后, 即有复盐形成。



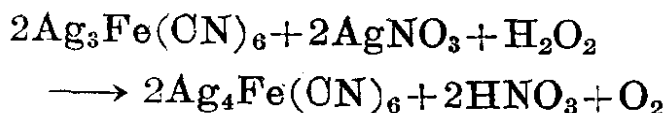
【76】 AgNO_3

硫氰酸银可溶解于热的硝酸银浓溶液中, 但冷却时, 则有下列产物形成。



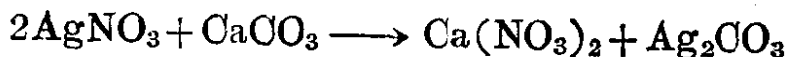
【77】 $\text{AgNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$

在硝酸银的参加下, 氰铁酸银在室温时可被过氧化氢还原为氰亚铁酸银。



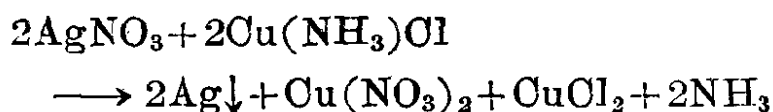
【78】 CaCO_3

硝酸银和碳酸钙作用时, 发生复分解反应(即使有光存在时)。



【79】 $\text{Cu}(\text{NH}_3)\text{Cl}$

将氨性氯化亚铜溶液加入氨性硝酸银溶液中，即有无定形的纯银沉出。



[80] CuS

硫化铜与硝酸银溶液作用时，即有硫化银形成。



[81] Cu₂S

(1) 硝酸银与硫化亚铜作用时，即有硫化银和银生成。

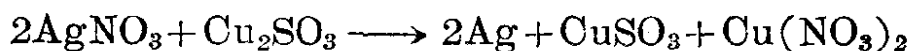


(2) 硫化亚铜与硫酸银作用时，即有硫化银和银生成。



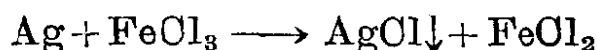
[82] Cu₂SO₃

当以氨性亚硫酸亚铜溶液还原氨性硝酸银溶液时，有纯银生成。

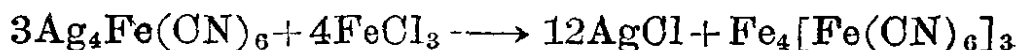


[83] FeCl₃

(1) 当银片用氯化铁的水溶液处理后，即有氯化亚铁形成，同时有氯化银之薄层沉积在银片上。



(2) 氰亚铁酸银与氯化铁作用时，即有氯化银和普鲁士蓝(亚铁氰化铁)形成。



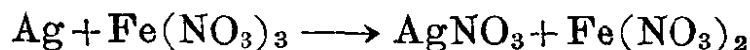
[84] FeF₃·3H₂O + H₂O

当 AgF 加至 FeF₃·3H₂O 的溶液中，即生成稳定的络合物。



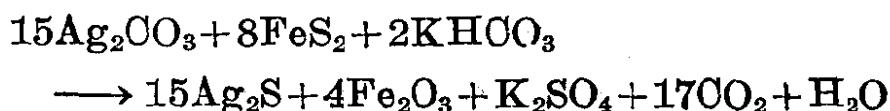
[85] Fe(NO₃)₃

当金属银加至硝酸铁中，即有硝酸亚铁形成。



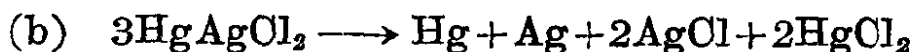
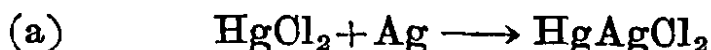
[86] FeS₂ + KHCO₃

当二硫化铁与碳酸银和重碳酸钾在 180°C 加热 22 小时后, 即有硫化银和氧化铁形成。

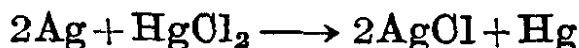


【87】 HgCl_2

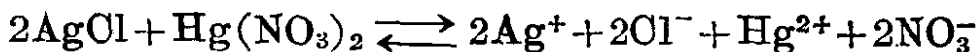
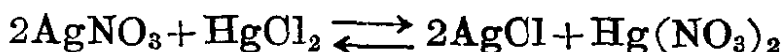
(1) 当微细的银粉与过量的氯化汞在冷时作用数周后, 即有复盐形成。这种复盐可被浓的氯化铵溶液分解, 其反应如(b)。



(2) 当含有过量固体氯化汞的溶液与银在水浴上加热时, 即有金属汞析出。



(3) 用熔化的硝酸银作氯化汞之冰点测定时, 其过程可用下列复分解反应表明。



【88】 $\text{Hg}(\text{CN})_2$

(1) 当氰化汞溶液在水浴上与银共加热时, 则有金属汞析出。

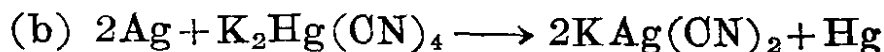
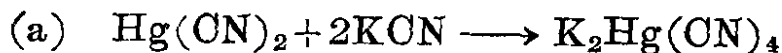


(2) 10% 硝酸银溶液与氰化汞饱和溶液作用时, 即有白色加成物结晶形成。



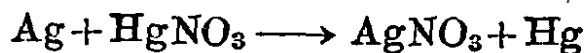
【89】 $\text{Hg}(\text{CN})_2 + \text{KCN}$

当氰化钾溶液和氰化汞溶液加至金属银中予以加热后, 即有金属汞形成。



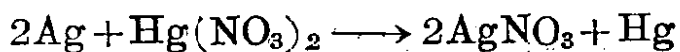
【90】 HgNO_3

当冷的饱和硝酸亚汞溶液与银共加热时, 即有汞沉淀出来。



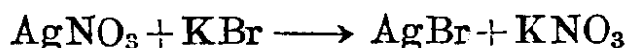
【91】 $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$

金属银与硝酸汞溶液作用时, 即有汞沉淀出来。



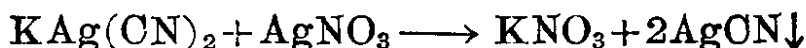
【92】 KBr

溴化钾与硝酸银作用时, 即生成溴化银; 硝酸钾亦同时形成。



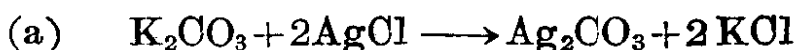
【93】 $\text{KAg}(\text{CN})_2$

在含有氰银酸钾的溶液中加入硝酸银后(没有氢氧化铵或碳酸铵存在), 即有氰化银沉淀出来。



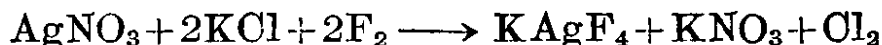
【94】 K_2CO_3

氯化银与碳酸钾共加热后, 其所形成之任何碳酸银将分解为氧化银, 氧化银又分解为银, 因此这亦是纯化银的方法之一。



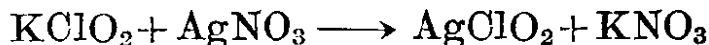
【95】 $\text{KCl} + \text{F}_2$

硝酸银、氯化钾与氟一起加热时, 可制得三价银的化合物。



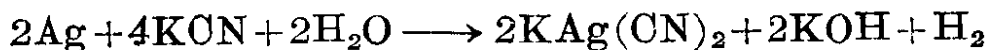
【96】 KClO_2

亚氯酸钾溶液用硝酸银溶液处理后, 则有含亚氯酸银和氧化银的沉淀形成。如用水洗涤沉淀, 则亚氯酸银将由混合洗涤时结晶出来。



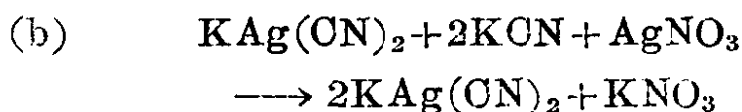
【97】 KCN

(1) 当用银板为电极, 氰化钾溶液作为电解质时, 则有复盐氰银酸钾形成。



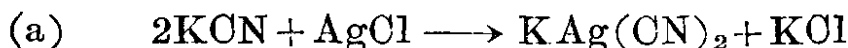
(2) 假定以过量之氰化钾溶液(0.1 摩/升)加至中性银盐溶液中, 然后再加氢氧化铵和碘化钾, 这样当应用硝酸银溶液(0.1

摩/升)滴定时,则有碘化银的浑浊溶液发生。

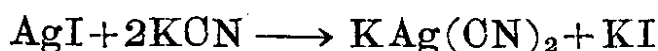


(3) 氯化银溶解于氰化钾水溶液后, 即有氰银酸钾和氯化钾形成。过量的氯化银应予避免(a)。

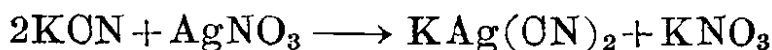
过量的氯化银将分解氰银酸钾而形成氰化银和氯化钾。由实验证明其存在之平衡反应如(b)。



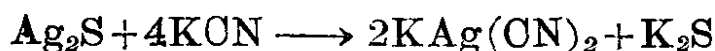
(4) 氰化钾水溶液溶解碘化银时, 其反应如下。



(5) 当氰化钾溶液和硝酸银溶液共作用时, 即有氰银酸钾生成。

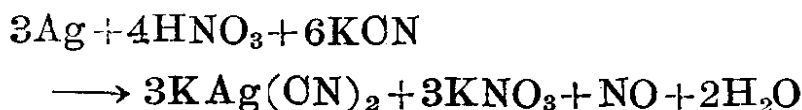


(6) 硫化银与氰化钾作用时, 即有氰银酸钾形成。这个反应在 0.05% 硫化银溶液中其效率达 38%。倘加入 3% 石灰时, 则其效率将增加至 58%。如果加入浓的氢氧化钾溶液, 则其效率将达 97%。如加入小量之密陀僧则其效率与氢氧化钾相同。



[98] KCN + HNO₃

当纯银的硝酸溶液与纯化的氰化钾作用时, 即有氰银酸钾生成。



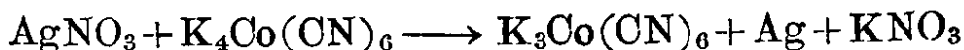
[99] KCN + O₂ + H₂O

金属银与氰化钾水溶液(在与空气接触下)作用时, 即有氢氧化钾和不溶解之氰化银形成。氰化银溶解于过量之氰化钾, 并生成氰银酸钾复盐。



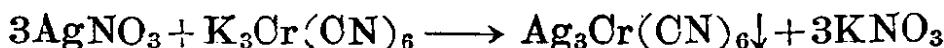
【100】 $K_4Co(CN)_6$

氰钴酸钾可被硝酸银溶液氧化。



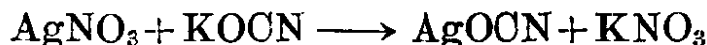
【101】 $K_3Cr(CN)_6$

当4%硝酸银溶液与2%氰铬酸钾溶液作用时, 即有橙黄色氰铬酸银沉淀形成。



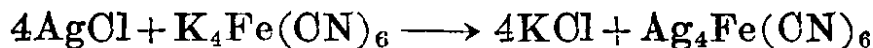
【102】 $KOCN$

当硝酸银用氰酸钾处理时, 即有氰酸银形成。



【103】 $K_4Fe(CN)_6$

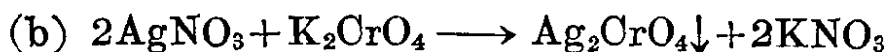
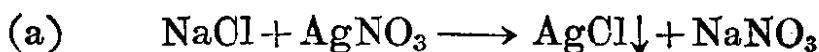
氯化银可被亚铁氰化钾(氰亚铁酸钾)转变为氰亚铁酸银, 但溴化银和碘化银在同样情况下则仍保持不变。



【104】 K_2CrO_4

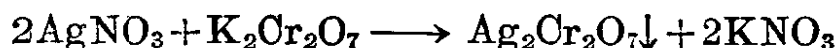
当测定脂肪和油类的肥皂与盐酸作用后所生成的氯化钠时, 一般都以铬酸钾作为指示剂。

当溶液中的氯离子均被除去时, 则硝酸银将与铬酸根离子作用而形成红色铬酸银。



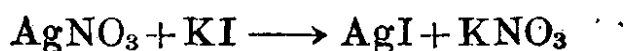
【105】 $K_2Cr_2O_7$

硝酸银和重铬酸钾在明胶溶液中作用时, 即有重铬酸银沉淀产生。



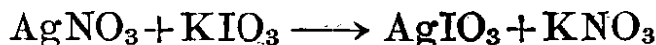
【106】 KI

硝酸银的稀溶液与二次结晶的碘化钾溶液混合时, 即有碘化银生成。



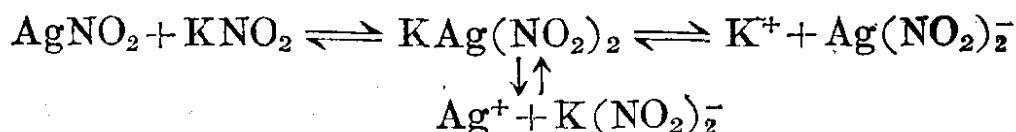
[107] KIO₃

硝酸银作用于碘酸钾时, 即有碘酸银形成。



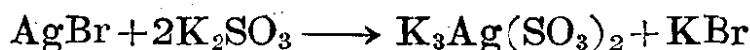
[108] KNO₂

亚硝酸盐能强烈地维持大部分的银呈复分子或络阴离子状态, 可能建立下列的平衡。

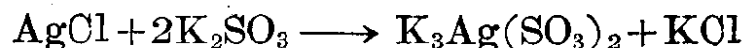


[109] K₂SO₃

(1) 溴化银能溶解于亚硫酸钾的水溶液中。

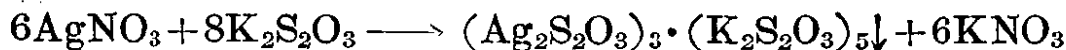


(2) 氯化银亦能被亚硫酸钾的水溶液溶解。



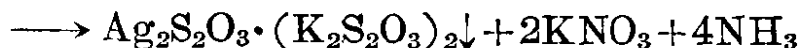
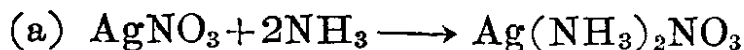
[110] K₂S₂O₃(K₂CO₃)

当含有 1 份硝酸银和 2 份硫代硫酸钾之溶液与小量碳酸钾加热 8 分钟后, 即有长而白的角柱结晶形成。

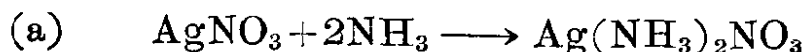


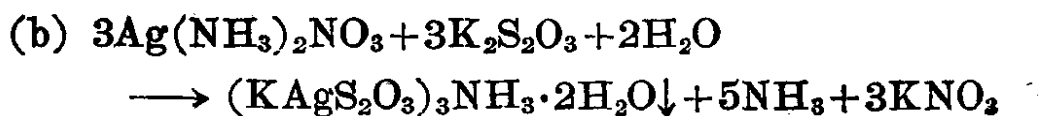
[111] K₂S₂O₃ + NH₃

(1) 2 克硝酸银溶解于小量的水后, 再加入足量的氨, 至其所生成之沉淀溶解为止。另加入 4 克硫代硫酸钾的浓溶液, 则短时间后, 即有白色角柱结晶形成。



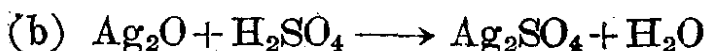
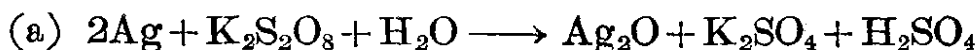
(2) 6.8 克硝酸银溶解于小量的水后, 再加入浓氨至所生成的沉淀溶解为止。然后再加入 8 克硫代硫酸钾的浓溶液, 结果有结晶形成。



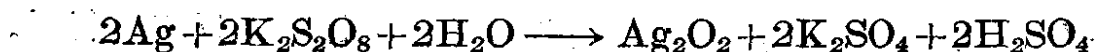


[112] $K_2S_2O_8$

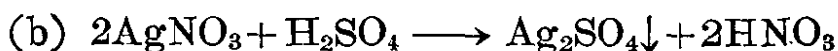
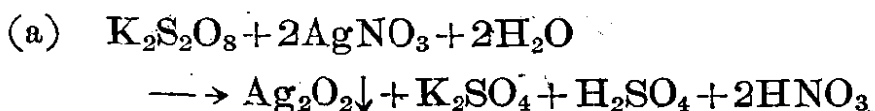
(1) 过二硫酸钾溶液溶解金属银时，即有氧化银和硫酸银形成。



(2) 过二硫酸钾溶液溶解金属银时，即有过氧化银(黑色固体)形成。

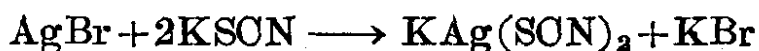


(3) 过二硫酸钾溶液与硝酸银作用时，即有过氧化银形成，后者常沾污有硫酸银。

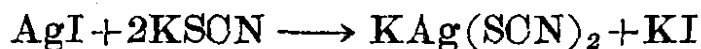


[113] $KSCN$

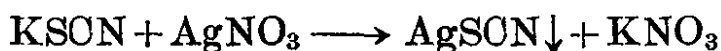
(1) 溴化银溶解于过量的硫氰酸钾水溶液时，即有下列反应产物生成。



(2) 碘化银溶解于过量之硫氰酸钾水溶液时，即有下列反应产物形成。

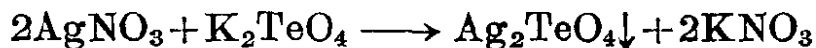


(3) 硝酸银水溶液加至硫氰酸钾水溶液中后，即有硫氰酸银沉淀形成。



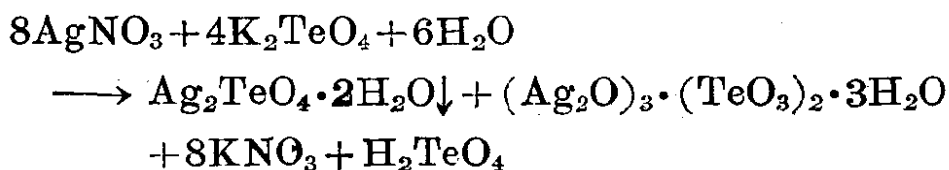
[114] K_2TeO_4

(1) 当硝酸银的浓溶液加至碲酸钾溶液中，即有深黄色碲酸银沉淀形成。



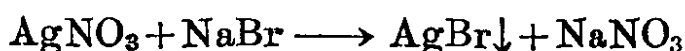
(2) 将适当浓度的硝酸银溶液和碲酸钾溶液，在足以保证生

成结晶产物的条件下进行反应后, 即有黄色的 $\text{Ag}_2\text{TeO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 和红色的 $(\text{Ag}_2\text{O})_3 \cdot (\text{TeO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 的二种结晶物形成。

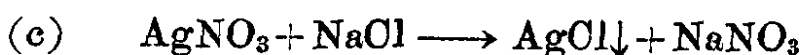
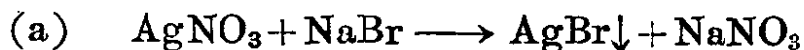


【115】 NaBr

(1) 当溴化钠的碱性溶液与硝酸银作用时, 生成溴化银沉淀。

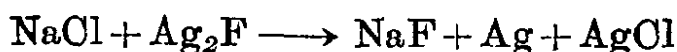


(2) 溴化钠溶液与 2% 明胶溶液混合后, 再徐徐加入稀硝酸银溶液, 并予经常搅拌, 则得水溶胶体之溴化银。在反应进行时, 当注意防止接触光线。氯化钠、碘化钠亦有相同的反应发生。



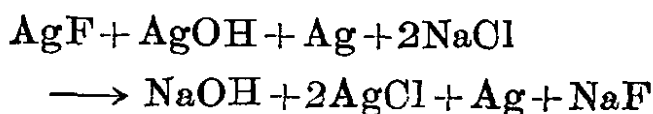
【116】 NaCl

在普通之实验情况下, 氟化二银可与氯化钠产生下述反应。



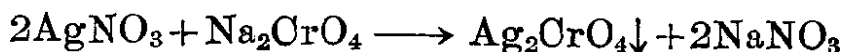
【117】 $\text{NaCl} + \text{AgF} + \text{AgOH}$

银、氟化银和氢氧化银的混合物与氯化钠作用时, 其反应情况如下:



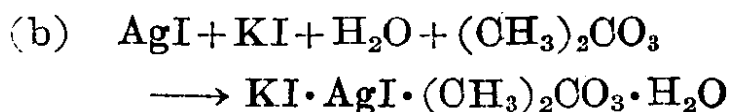
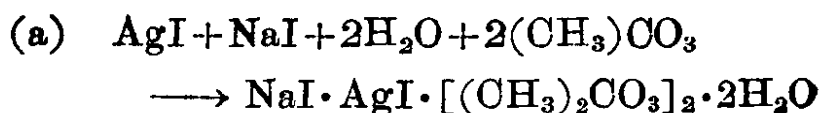
【118】 Na_2CrO_4

铬酸钠溶液与 2% 明胶溶液混合后, 徐徐加入硝酸银的稀溶液并予以经常搅拌, 则得水溶胶体之铬酸银。



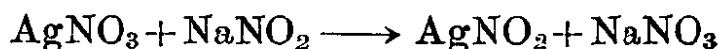
【119】 $\text{NaI}, \text{KI} + \text{H}_2\text{O} + (\text{CH}_3)_2\text{CO}_3$

当碘化钠和碘化银溶解于热的碳酸二甲酯中, 并加入水, 则有水合碳酸二甲酯的复盐生成。冷却时, 即有结晶沉出。以同样的方法可以制得相应的钾盐。



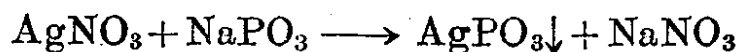
[120] NaNO_2

硝酸银与亚硝酸钠作用时, 即有亚硝酸银生成。



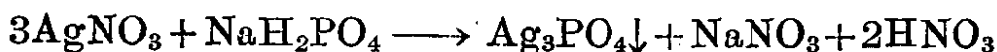
[121] NaPO_3

硝酸银与偏磷酸钠溶液作用时, 其反应如下:



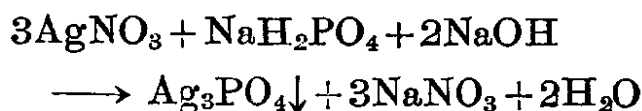
[122] NaH_2PO_4

硝酸银溶液徐徐倒至磷酸二氢钠溶液后, 即有纯粹的磷酸银沉淀生成。



[123] $\text{NaH}_2\text{PO}_4 + \text{NaOH}$

当过量的硝酸银加至磷酸(事前已用氢氧化钠滴定至 pH 值为 8.8)中后, 即有磷酸银沉淀出来, 而其磷酸中留存的氢则可用氢氧化钠滴定之(用甲基红为指示剂)。



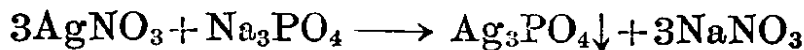
[124] Na_2HPO_4

当硝酸银溶液和磷酸氢二钠溶液混合后, 即有磷酸银沉淀析出, 同时还有硝酸钠和硝酸留在溶液中。



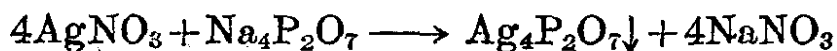
[125] Na_3PO_4

磷酸钠溶液与 2% 明胶溶液混合后, 再徐徐加入硝酸银之稀溶液, 并予经常搅拌, 则有水溶胶体的磷酸银生成。在反应进行时, 当注意避免与光接近。



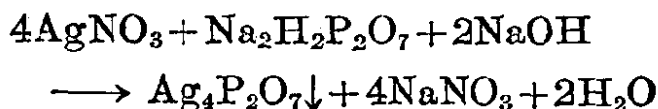
[126] $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$

硝酸银与焦磷酸钠溶液作用时,可发生下列之反应。



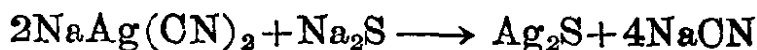
【127】 $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7 + \text{NaOH}$

当过量的硝酸银加至焦磷酸(事前已用氢氧化钠滴定至 pH 值为 8.8)中后,即有焦磷酸银沉淀出来,而其焦磷酸中留存的氢则可用氢氧化钠滴定之(用甲基红为指示剂)。



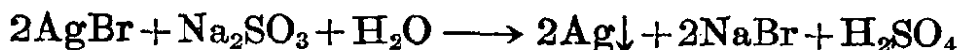
【128】 Na_2S

硫化钠与银的氰化钠溶液作用时,即有黑色硫化银沉淀生成。

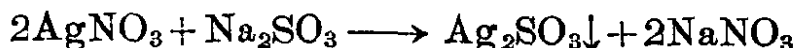


【129】 Na_2SO_3

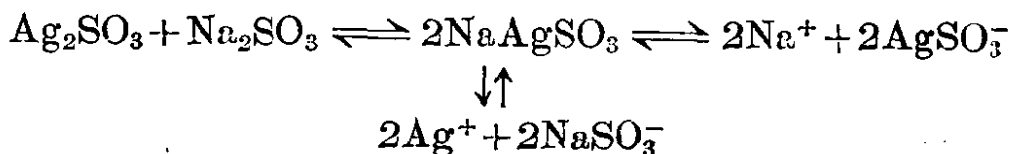
(1) 当亚硫酸钠加至无氧存在下之溴化银的混悬水溶液中时,即有无硫化物存在的银沉淀出来。这个反应是自动催化。



(2) 当硝酸银溶液加至亚硫酸钠溶液中时,则有白色亚硫酸银沉淀生成。

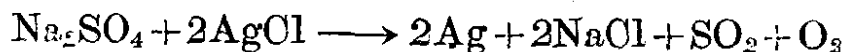


(3) 亚硫酸盐能强烈地保持大部分的银呈复分子或络阴离子状态,其下列之平衡可被建立。



【130】 Na_2SO_4

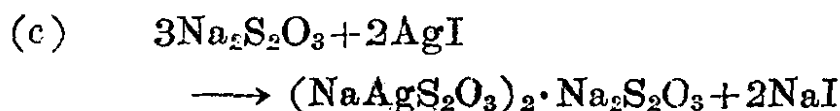
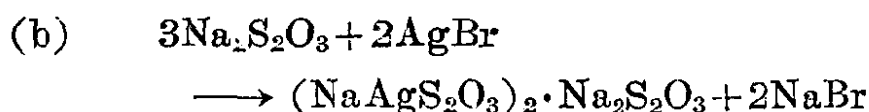
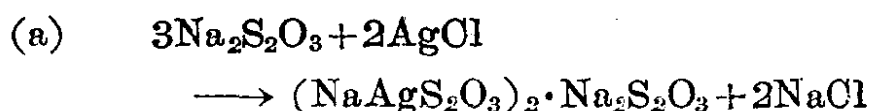
在加热之情况下,氯化银可被硫酸钠还原为金属银,同时有氯化钠、氧和二氧化硫形成。



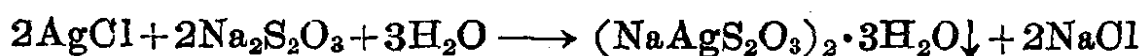
【131】 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

(1) 硫代硫酸钠的水溶液能定量地与氯化银作用(氯化银避免应用过量),即形成复盐 $(\text{NaAgS}_2\text{O}_3)_2 \cdot \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(a)$ 。溴化

银的反应(b)及碘化银的反应(c)均相似。

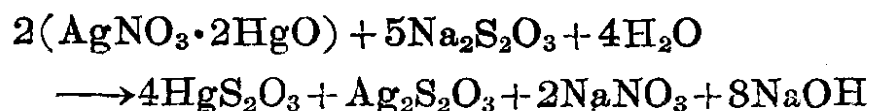


(2) 小量氯化银加至硫代硫酸钠的浓溶液中, 经若干时间后, 即有结晶形成。



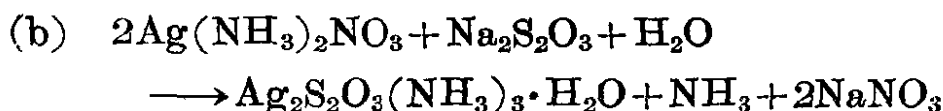
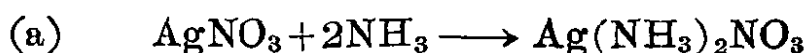
[132] $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O}$

当复盐硝酸银-氧化汞、硫代硫酸钠和水共加热时, 即有下列反应产物形成。



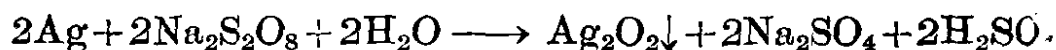
[133] $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{NH}_3$

1 摩硫代硫酸钠和 4~6 摩硝酸银溶解于氨后, 即有结晶形成。



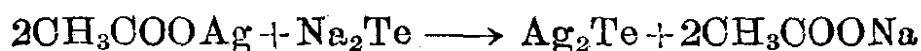
[134] $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$

20% 过二硫酸钠溶液能迅速地氧化金属银而形成过氧化银。



[135] Na_2Te

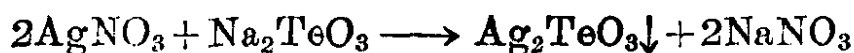
在乙酸存在下, 碲化钠溶液与乙酸银反应, 即有碲化银沉淀形成。



[136] Na_2TeO_3

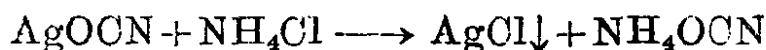
当亚碲酸钠溶液与硝酸银溶液反应时, 即有淡柠檬黄色沉淀

亚碲酸银形成。

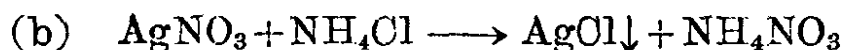
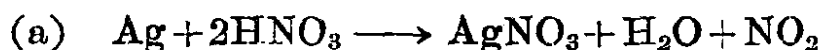


【137】 NH_4Cl

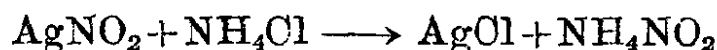
(1) 氰酸银和氯化铵作用时,即发生复分解反应,即形成氰酸铵。



(2) 在硝酸银溶液中加入氯化铵后,即有氯化银形成。



(3) 亚硝酸银与其等量之氯化铵(溶解在约五倍于其重量之水中)共研磨时,则有亚硝酸铵和氯化银生成。



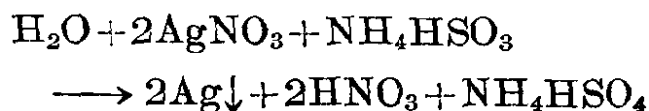
【138】 NH_4IO_3

溴化银在氨性溶液中可被碘酸铵(在 100°C)转化为碘化银。



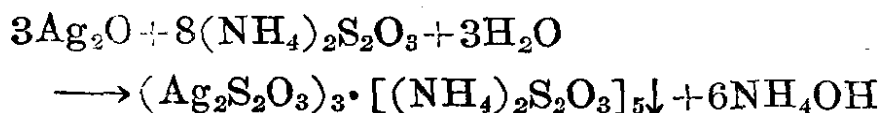
【139】 NH_4HSO_3

当以过量之亚硫酸氢铵溶液加至硝酸银中后,加热至 80°C ,则有银沉淀出来。



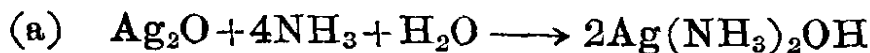
【140】 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_3$

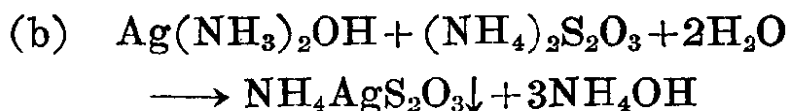
小量的氧化银在冷时加至含有9克硫代硫酸铵的浓溶液中后,冷却时即有柱状结晶形成。



【141】 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{NH}_3$

在4克氧化银溶液(在浓氨溶液中)中加入5克硫代硫酸铵浓溶液后,再加入乙醇,经数小时,即有柱状结晶形成。



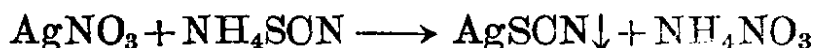


[142] NH_4SCN

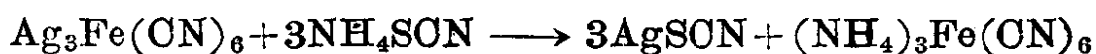
(1) 硫氰酸铵能分解氰化银而形成硫氰酸银。



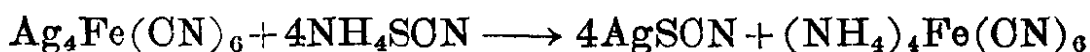
(2) 硫氰酸铵加至硝酸银溶液中时, 即有硫氰酸银沉淀形成。



(3) 当硫氰酸铵加至氰铁酸银后, 即有硫氰酸银和氰铁酸铵生成。



(4) 当硫氰酸铵加至氰亚铁酸银后, 即有硫氰酸银和氰亚铁酸铵生成。



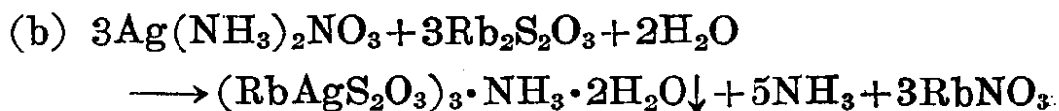
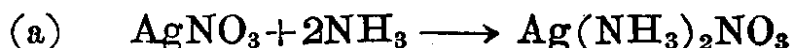
[143] $\text{Rb}_2\text{S}_2\text{O}_3$

将硫代硫酸铷的浓溶液加至硝酸银溶液中后, 再加入浓氨, 至所生成之沉淀溶解为止。冷却后, 即有白色角柱结晶形成。



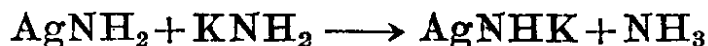
[144] $\text{Rb}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{NH}_3$

当硫代硫酸铷的浓溶液逐滴加入硝酸银的氨性溶液中, 即有结晶性沉淀形成。

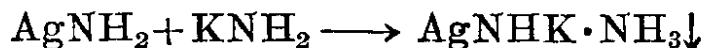


[145] KNH_2

(1) 当氨基(化)银和氨基(化)钾溶液反应时, 即生成复盐。

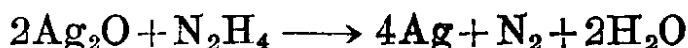


(2) 氨基(化)银和氨基(化)钾的液氨溶液反应, 即生成下列的沉淀物。该沉淀可溶于过量的沉淀剂中。

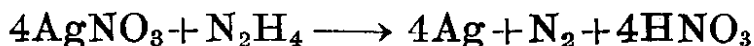


[146] N_2H_4

(1) 氧化银与肼作用后, 有金属银生成。

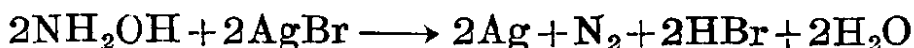


(2) 肼能还原银离子。



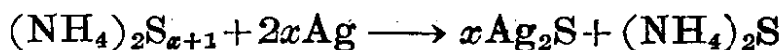
【147】 NH_2OH

溴化银与羟胺作用时, 即有下列产物形成。



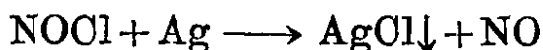
【148】 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_x$

粉状金属银与溶解于多硫化铵中的硫反应后, 即形成硫化铵和硫化银。



【149】 NOCl

亚硝酰氯在 $400\sim 500^\circ\text{C}$ 可被粉状银定量分解。



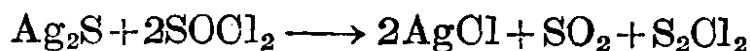
【150】 SiH_4

硅甲烷与硝酸银作用时, 即有黑色沉淀生成, 这可能混有硫化银的缘故。



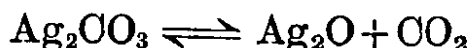
【151】 SOCl_2

将硫化银和亚硫酸(二)氯置于封闭管中, 在 200°C 加热七天后, 即有氯化银、一氯化硫和二氧化硫生成。

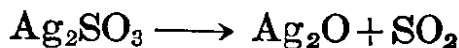


【152】 加热

(1) 碳酸银在 53.33 千帕和温度 190°C 下, 即达到热分解平衡。

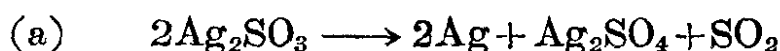


(2) 将纯净干燥的亚硫酸银于沸腾的四氯化碳浴中加热 (76°C), 即有二氧化硫放出。

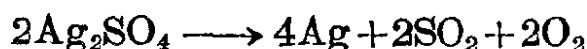


(3) 当有水存在时, 将亚硫酸银加热至 110°C , 则反应按(a)

式进行,并有二氧化硫放出。若温度升至 132°C, 则反应按(b)继续进行。

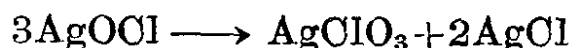


(4) 硫酸银加热至 1000°C, 即有金属银分解出来,



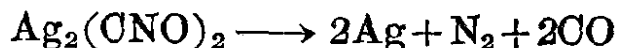
【153】 分解

次氯酸银很不稳定, 易分解成氯酸银和氯化银。



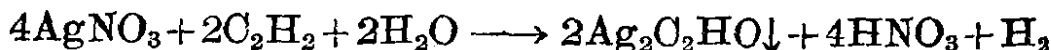
【154】 撞击

雷酸银经冲击爆炸后, 即形成银、氮气和一氧化碳气体。



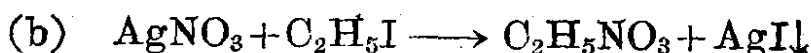
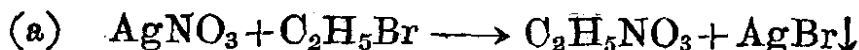
【155】 C_2H_2

硝酸银的氨溶液与乙炔作用, 即生成 $\text{Ag}_2\text{C}_2\text{HO}$ 沉淀。



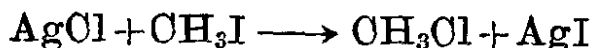
【156】 $\text{C}_2\text{H}_5\text{Br}$ 、 $\text{C}_2\text{H}_5\text{I}$

硝酸银的无水乙醇溶液与溴乙烷反应, 即有溴化银沉出。碘乙烷亦有同样反应发生。

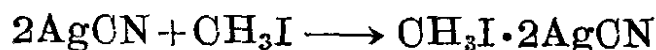


【157】 CH_3I

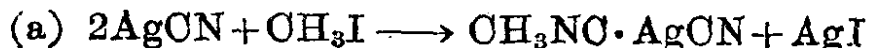
(1) 当甲基碘与氯化银反应, 即生成甲基氯和碘化银。

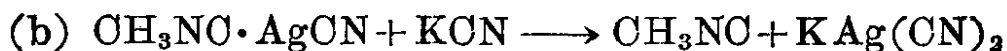


(2) 甲基碘与氰化银在室温下缓慢反应, 即形成其加成物结晶。

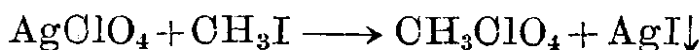


(3) 当氰化银和甲基碘于封闭管中 100°C 下加热, 先形成碘化银和另一加成物 ($\text{CH}_3\text{NO} \cdot \text{AgCN}$), 后者与氰化钾溶液作用, 即分解出甲肼 (CH_3NO)。



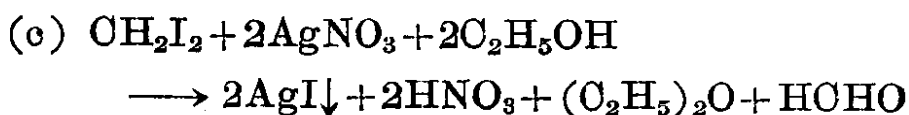
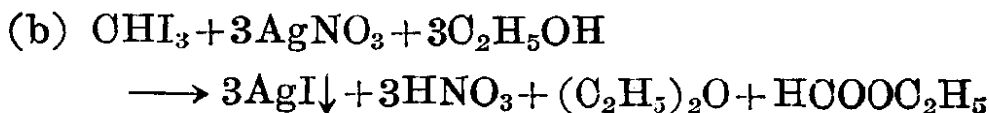
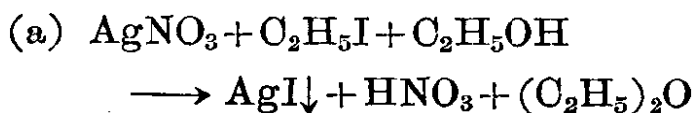


(4) 高氯酸银与甲基碘的苯溶液在常温下反应, 即生成高氯酸甲酯和碘化银。反应中所用的溶剂苯可以乙酸、丙酮、乙醇、乙酸乙酯、含水二噁烷或含水乙醇代替之。当以固体高氯酸银与甲基氯进行反应时, 则其生成物易于爆炸。



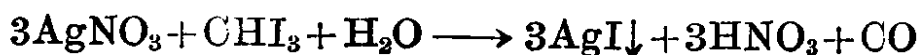
[158] $\text{C}_2\text{H}_5\text{I}$ 、 CH_2I_2 、 CHI_3 + $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$

硝酸银的乙醇溶液与碘乙烷作用, 即形成碘化银沉淀, 并释放出硝酸。碘仿或二碘甲烷亦可发生同样反应。

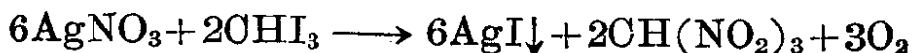


[159] CHI_3

(1) 当硝酸银溶液在常温下加至碘仿后, 在 1.5 小时内即有下列反应发生。

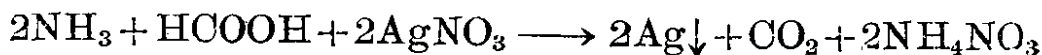


(2) 碘仿先经少量硝酸处理后, 加入稍过量的硝酸银溶液, 并予微热 10 分钟, 再强热, 促使碘仿分解, 则有碘化银沉出。该沉淀物可在 100°C 下进行干燥。



[160] $\text{HCOOH} + \text{NH}_3$

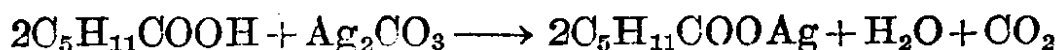
当硝酸银溶液与氨和甲酸作用时, 即有银沉淀出来。



[161] $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{CHCOOH}$

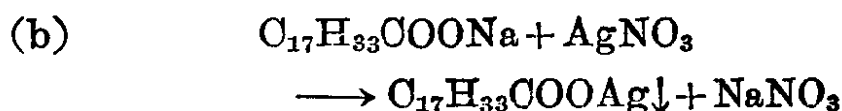
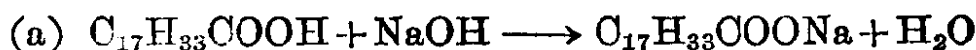
二乙基乙酸经碳酸银饱和后, 溶液随即过滤并于干燥器中浓缩, 则有二乙基乙酸银结晶沉出。当碳酸钡、碳酸钙、碳酸铅、碳酸锌、碳酸铜、碳酸亚汞、碳酸汞或碳酸亚铁取代碳酸银时, 亦有相似

反应发生。



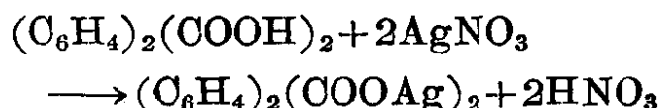
【162】 $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$

油酸的乙醇溶液,用氢氧化钠中和后,蒸去乙醇,再在 60°C 下,边搅拌边缓慢加入硝酸银,其生成的油酸银在 90°C 下可溶于油酸中,或可用三乙醇胺乳化。



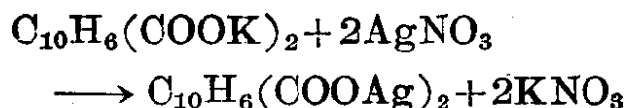
【163】 $(\text{C}_6\text{H}_4)_2(\text{COOH})_2$

将硝酸银溶液加至联苯二羧酸的水溶液中,即有沉淀形成,该沉淀是联苯二羧酸银。



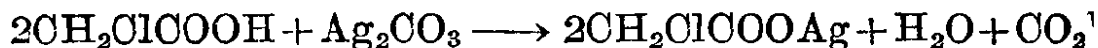
【164】 $\text{C}_{10}\text{H}_6(\text{COOH})_2$

当萘二甲酸的钾盐水溶液与硝酸银水溶液经混合后,放置足够长的时间,即有银盐沉出。



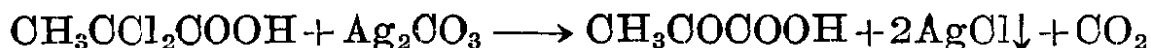
【165】 CH_2ClCOOH

当碳酸银与一氯乙酸水溶液发生反应时,即有一氯乙酸银生成。



【166】 $\text{CH}_3\text{CCl}_2\text{COOH}$

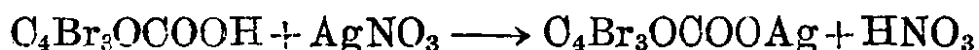
α -二氯丙酸(1摩)和碳酸银(1摩)置于装有空气冷凝器的烧瓶中共加热反应,即有丙酮酸和氯化银沉淀生成。



【167】 $\text{C}_4\text{Br}_3\text{CCOOH}$

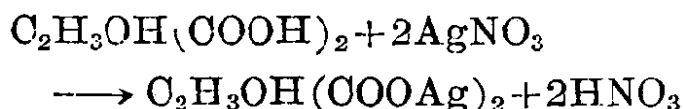
3, 4, 5-三溴- α -糠酸水溶液(冷的)经硝酸银溶液处理后,即有沉淀生成。过滤,固体物经水洗和干燥,即得 3, 4, 5-三溴- α -

糠酸银。当碳酸钠或碳酸钾取代硝酸银时,则亦有类似反应发生。



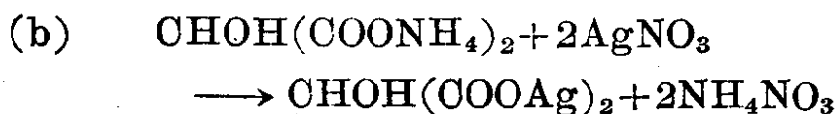
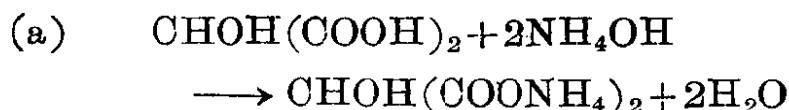
[168] $\text{C}_2\text{H}_3\text{OH}(\text{COOH})_2$

苹果酸(羟基丁二酸)溶液经氢氧化铵中和后,再加硝酸银溶液,即有苹果酸银生成。



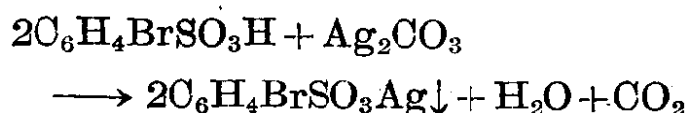
[169] $\text{CHOH}(\text{COOH})_2$

丙醇二酸的水溶液先用氢氧化铵中和,再加入硝酸银,即有沉淀形成,过滤,将固体物溶解于热水中,再过滤,滤液放置冷却,即有丙醇二酸银析出。当氯化钡、氯化钙、硫酸镁、硫酸铜、硫酸镍、硝酸钴或硝酸汞取代硝酸银时,亦有类似反应发生。



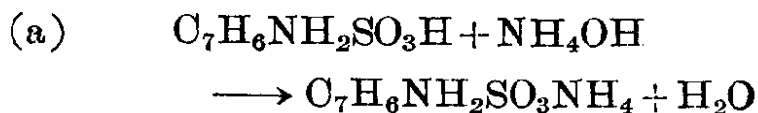
[170] $\text{C}_6\text{H}_4\text{BrSO}_3\text{H}$

将碳酸银溶液加至对-溴苯磺酸溶液中,溶液随即过滤和浓缩,即有对-溴苯磺酸银结晶形成。



[171] $\text{C}_7\text{H}_6\text{NH}_2\text{SO}_3\text{H}$

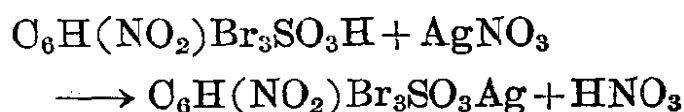
4-氨基-3-甲苯磺酸水溶液经氢氧化铵中和后,在暗处再加入硝酸银水溶液,即形成4-氨基-3-甲苯磺酸银沉淀。



[172] $\text{C}_6\text{H}(\text{NO}_2)\text{Br}_3\text{SO}_3\text{H}$

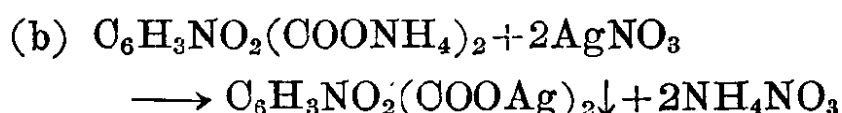
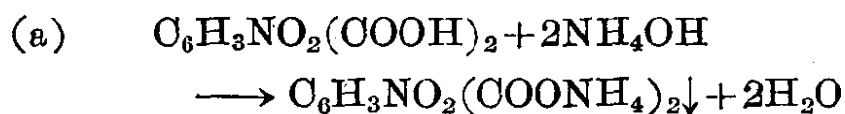
5-硝基-3, 4, 6-三溴苯磺酸的浓溶液与硝酸银溶液反应时,

即有沉淀形成。过滤, 固体物再在水中进行二次重结晶, 即有一水合 5-硝基-3, 4, 6-三溴苯磺酸银沉出。



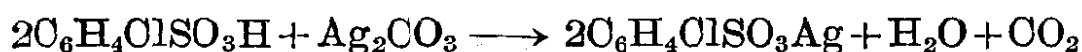
[173] $\text{C}_6\text{H}_3\text{NO}_2(\text{COOH})_2$

β -硝基苯二甲酸经氢氧化铵中和后, 再加入硝酸银水溶液, 即有银盐沉淀形成, 将该溶液加热至沉淀溶解, 过滤, 冷却。则有 β -硝基苯二甲酸银沉出。



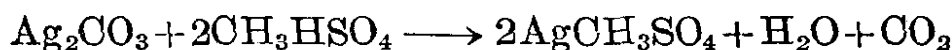
[174] $\text{C}_6\text{H}_4\text{ClSO}_3\text{H}$

当间-氯苯磺酸在暗处与碳酸银反应后, 溶液随即过滤和浓缩, 即形成间-氯苯磺酸银结晶。



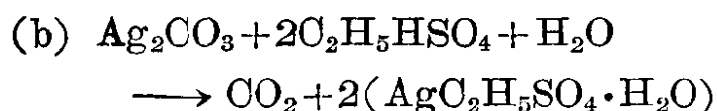
[175] CH_3HSO_4

碳酸银与甲基(代)硫酸反应, 即形成无水甲基硫酸银, 但本反应必须于暗处进行。



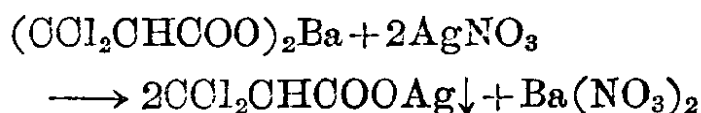
[176] $\text{C}_2\text{H}_5\text{HSO}_4$

当氧化银或碳酸银与乙基(代)硫酸反应, 即生成鳞状闪光结晶物一水合乙基硫酸银。



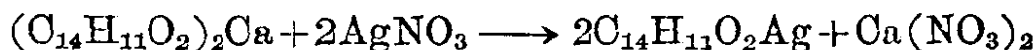
[177] $(\text{CCl}_2\text{CHCOO})_2\text{Ba}$

β -二氯丙烯酸钡溶液经硝酸银溶液处理后, 直至沉淀生成, 过滤。固体物再置于很稀的乙醇溶液中重结晶, 即形成 β -二氯丙烯酸银结晶物。



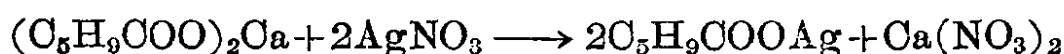
【178】 $[(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{CHCOO}]_2\text{Ca}$

二苯基乙酸钙的水溶液经硝酸银溶液处理后，即形成二苯基乙酸银沉淀。



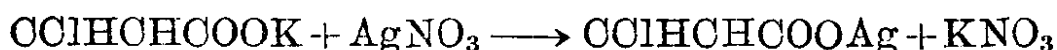
【179】 $(\text{C}_5\text{H}_9\text{COO})_2\text{Ca}$

2-甲基惕各酸钙的水溶液经硝酸银处理后，即有沉淀形成，再加热至沉淀完全溶解，放冷，即有 2-甲基惕各酸银沉出。



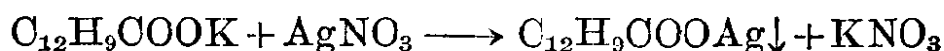
【180】 CClHCHCOOK

β -氯丙烯酸钾水溶液与硝酸银溶液反应后，即有沉淀生成，过滤，固体物再在稀的乙醇中重结晶，即得 β -氯丙烯酸银结晶。



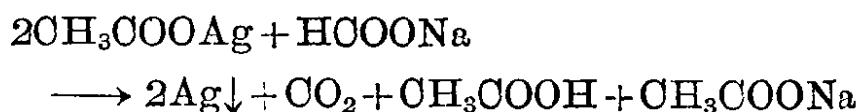
【181】 $\text{C}_6\text{H}_5\text{C}_6\text{H}_4\text{COOK}$

苯基苯甲酸钾水溶液经硝酸银溶液处理后，即有沉淀生成，过滤，将固体物溶解于热水中，再过滤，滤液放置冷却，即得苯基苯甲酸银的无水结晶。

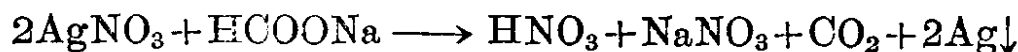


【182】 HCOONa

(1) 乙酸银可被甲酸钠还原为金属银。

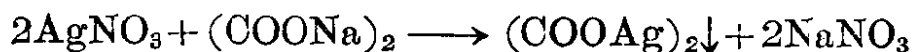


(2) 硝酸银与甲酸钠在水溶液中作用时，即发生下列之反应。



【183】 $(\text{COONa})_2$

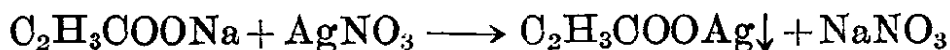
草酸钠与硝酸银作用时，即有草酸银生成。



【184】 $\text{CH}_2=\text{CHCOONa}$

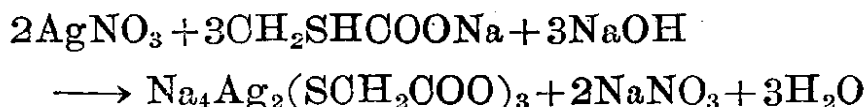
当浓的丙烯酸钠水溶液经硝酸银溶液处理后，即有沉淀形成，

过滤, 固体物再经水洗、真空干燥、即得丙烯酸银。



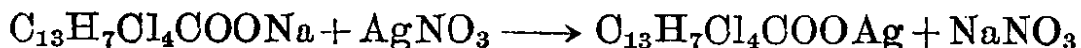
【185】 $\text{CH}_2\text{SHCOONa} + \text{NaOH}$

当硝酸银与巯基乙酸钠的强碱溶液反应后, 再于真空蒸发并加无水乙醇, 则有黄色结晶形成。



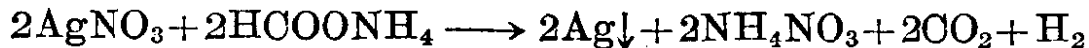
【186】 $\text{C}_{13}\text{H}_7\text{Cl}_4\text{COONa}$

1-苄基-3, 4, 5, 6-四氯苯甲酸钠水溶液经硝酸银溶液处理后, 即有沉淀形成, 过滤, 固体物经水洗和干燥, 即得 1-苄基-3, 4, 5, 6-四氯苯甲酸银。



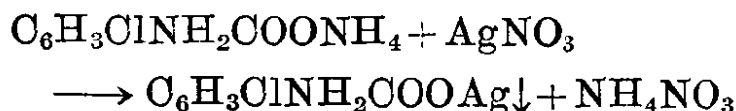
【187】 HCOONH_4

当硝酸银和甲酸铵的沸溶液共混合后, 即有微细的银沉淀出来。



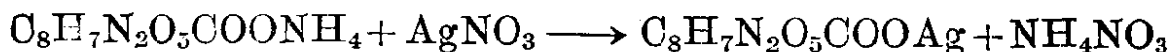
【188】 $\text{C}_6\text{H}_3\text{ClNH}_2\text{COONH}_4$

3-氯-5-氨基苯甲酸铵溶解于水, 再用硝酸银水溶液处理, 即有沉淀形成。此沉淀物即是 3-氯-5-氨基苯甲酸银。



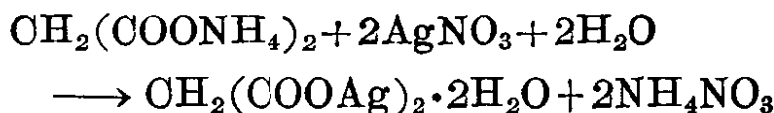
【189】 $\text{C}_8\text{H}_7\text{N}_2\text{O}_5\text{COONH}_4$

3, 5-二硝基-4-羟基苯丙酸铵的水溶液与硝酸银溶液反应后, 即有沉淀形成, 过滤, 固体物再经热水重结晶, 则有 3, 5-二硝基-4-羟基苯丙酸银结晶物生成。乙酸铜亦可发生相似的反应。



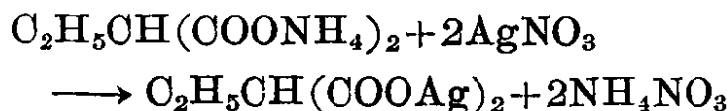
【190】 $\text{CH}_2(\text{COONH}_4)_2$

当丙二酸铵的水溶液加至硝酸银(或硫酸银)溶液中, 即有二水合丙二酸银沉出。



【191】 $\text{C}_2\text{H}_5\text{CH}(\text{COONH}_4)_2$

当乙基丙二酸铵的水溶液与硝酸银溶液反应，即形成乙基丙二酸银沉淀。



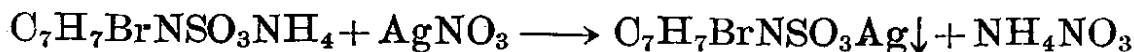
【192】 $(\text{NH}_4)_2\text{C}_5\text{H}_6\text{O}_5$

当硝酸银与甲基苹果酸铵的冷水溶液相互进行反应时，即有白色结晶甲基苹果酸银沉出。



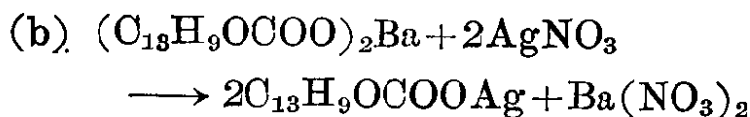
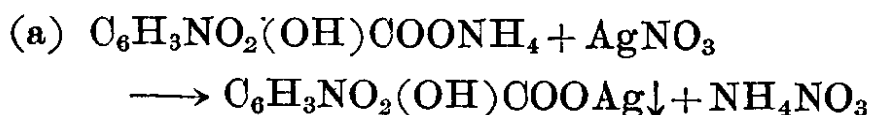
【193】 $\text{C}_7\text{H}_7\text{BrNSO}_3\text{NH}_4$

硝酸银溶液加入置于暗处的 4-氨基-6-溴-3-甲苯磺酸铵水溶液中，即有 4-氨基-6-溴-3-甲苯磺酸银沉淀形成。



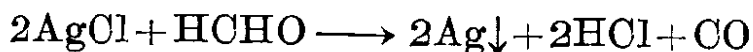
【194】 $\text{C}_6\text{H}_3\text{NO}_2(\text{OH})\text{COONH}_4$ 、 $(\text{C}_{13}\text{H}_9\text{OCOO})_2\text{Ba}$

当 3-硝基水杨酸铵的水溶液用硝酸银溶液处理后，即有沉淀形成，过滤，固体物经干燥后，即得 3-硝基水杨酸银(a)。间苯甲酰基苯甲酸钡亦可发生相似反应(b)。



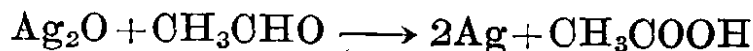
【195】 HCHO

在碱性溶液中，氯化银可被甲醛还原为金属银。



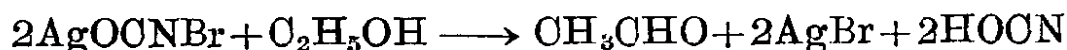
【196】 CH_3CHO

乙醛能还原氧化银，其反应如下：



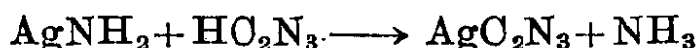
【197】 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$

当溴化氰酸银(AgOONBr)与无水乙醇加热反应时, 即有乙醛、溴化银和氰酸形成。



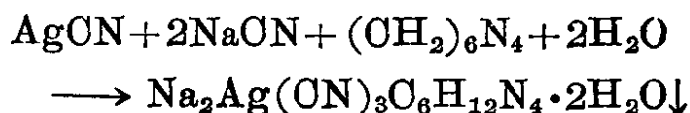
【198】 HC_2N_3

当氨基(化)银与二氰胺反应, 即生成氨。



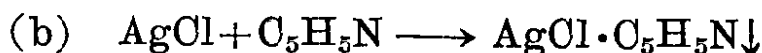
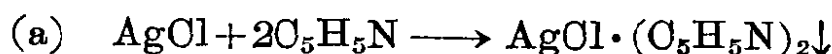
【199】 $(\text{CH}_2)_6\text{N}_4 + \text{NaCN}$

将 15 克新鲜制备的氰化银沉淀和煮沸溶解的 30 克六亚甲基四胺加至 200 毫升的氰化钠(400 克/升)溶液中, 经冷却后, 即有针状沉淀形成。



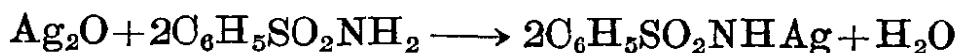
【200】 $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$

将氯化银的吡啶溶液冷却后, 即形成由氯化银和吡啶组成的二种不同的结晶物。在温度 $-56 \sim -22^\circ\text{C}$ 形成的是(a)物, 而在 $-1 \sim 20^\circ\text{C}$ 形成的是(b)物。



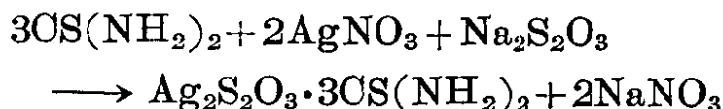
【201】 $\text{C}_6\text{H}_5\text{SO}_2\text{NH}_2$

氧化银与苯磺酰胺置于液氨中反应, 即有苯磺酰胺基银形成。



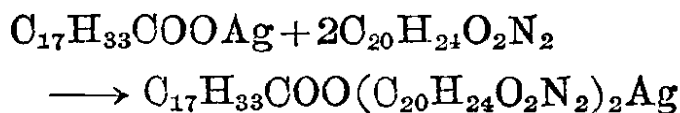
【202】 $\text{CS}(\text{NH}_2)_2 + \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

当硝酸银在溶液中与硫脲和硫代硫酸钠作用时, 即有下列反应产物生成。



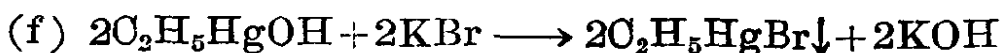
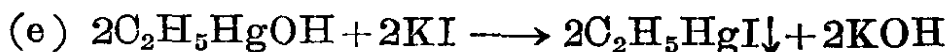
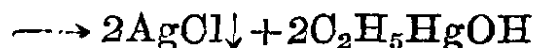
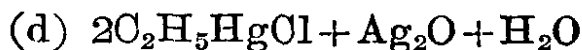
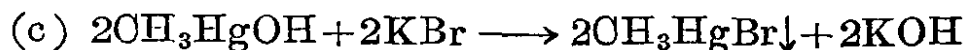
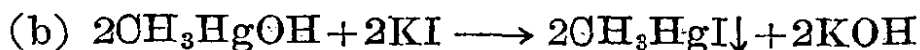
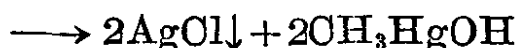
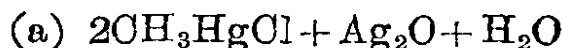
【203】 $\text{C}_{20}\text{H}_{24}\text{O}_2\text{N}_2$

将 2 克油酸银和 4 克奎宁置于 50 毫升甲醇中回流, 即有奎宁油酸银形成, 后者微溶于油酸, 但不溶于油酸乙酯或水中。



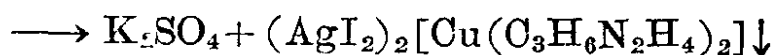
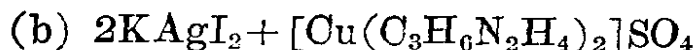
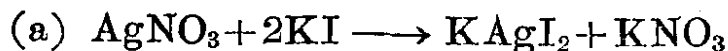
【204】 CH_3HgCl 、 $\text{C}_2\text{H}_5\text{HgCl}$ + KI 、 KBr

将氯化甲基汞与氧化银煮沸后, 过滤, 在滤液中加入碘化钾, 即有碘化甲基汞形成。如以溴化钾取代碘化钾, 则可制得溴化甲基汞。用同样方法可从氯化乙基汞制得碘化乙基汞或溴化乙基汞。



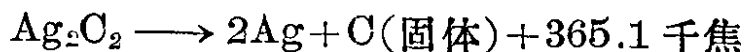
【205】 $[\text{Cu}(\text{C}_3\text{H}_6\text{N}_2\text{H}_4)_2]\text{SO}_4 + \text{KI}$

硝酸银先与碘化钾反应生成复盐, 后者继续与硫酸丙邻二胺铜作用, 即有紫色结晶沉出。



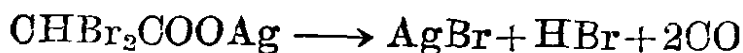
【206】 加热

在 $170 \sim 200^\circ\text{C}$ 时, 乙炔银即爆炸分解, 并发生如下反应。



【207】 分解

二溴乙酸银(干燥物或其溶液)经微热后, 即生成溴化银。



汞 Hg

汞在自然界中比较少, 间或有天然状态的汞分布于岩石中, 但

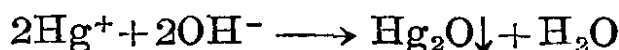
主要是以硫化汞的形态存在。

汞为在常温下唯一的液态金属，它在 -38.87°C 凝固， 356.58°C 沸腾，密度 13.59 克/厘米^3 。

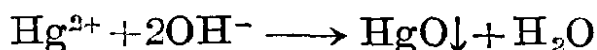
汞具有溶解许多金属的能力，一部分构成液态合金，一部分构成固态合金，总称汞齐。

在常温下，汞在空气中不被氧化，若将汞继续加热，直至接近沸点，它与空气中的氧结合而生成红色氧化汞(HgO)，若更强烈加热，则氧化汞又重行分解为汞和氧。此外还有别种汞的氧化物——黑色的氧化亚汞(Hg_2O)。这样，汞就可能有二价和一价，因而生成相当的两种盐类。两价汞的盐类称为氧化汞盐类，而一价汞的盐类则称为氧化亚汞盐类。

汞没有氢氧化物，这是它的特点之一，在一般可能生成氢氧化物的情况下，都只能生成无水氧化物，例如以碱作用于氧化亚汞盐的溶液中，则得到黑褐色的氧化亚汞沉淀：

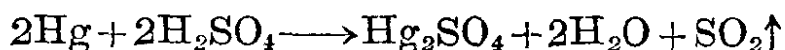
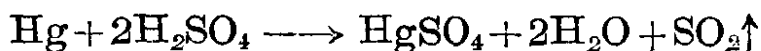


同样，氧化汞盐溶液中被碱所沉淀的并非氢氧化汞而是氧化汞：



所生成的沉淀为黄色，但加热时即转变为红色的氧化汞。

汞在进行反应时，较难失去其本身的电子。它不溶于盐酸和稀硫酸，但溶解于热而浓的硫酸并放出 SO_2 ，至于在反应中形成硫酸亚汞还是硫酸汞，则常视汞或酸何者为过量而定。



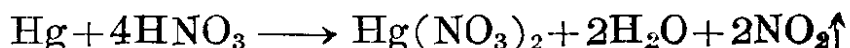
氢溴酸很难作用于汞，但氢碘酸很易溶解它，并有氢放出：



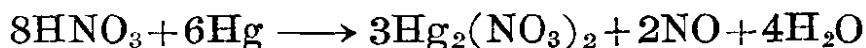
从电动序中汞的位置看来汞不能被氢离子(除 Hg^{2+} 离子浓度确实十分低外)所氧化。这就是汞为什么不能溶解于稀盐酸或稀硫酸的原因。从上面反应式中看到，似乎汞被氢碘酸所氧化，其实氢碘酸中之氢所以能使汞氧化的道理，乃是因为 $\text{H}_2[\text{HgI}_4]$ 简直不离解至 Hg^{2+} 离子之故。

汞甚易溶解于硝酸。

假使汞用热而过量的浓硝酸处理, 则有硝酸汞形成:

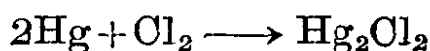


如果以冷硝酸作用于过量的汞(在冷时)则可得到硝酸亚汞:

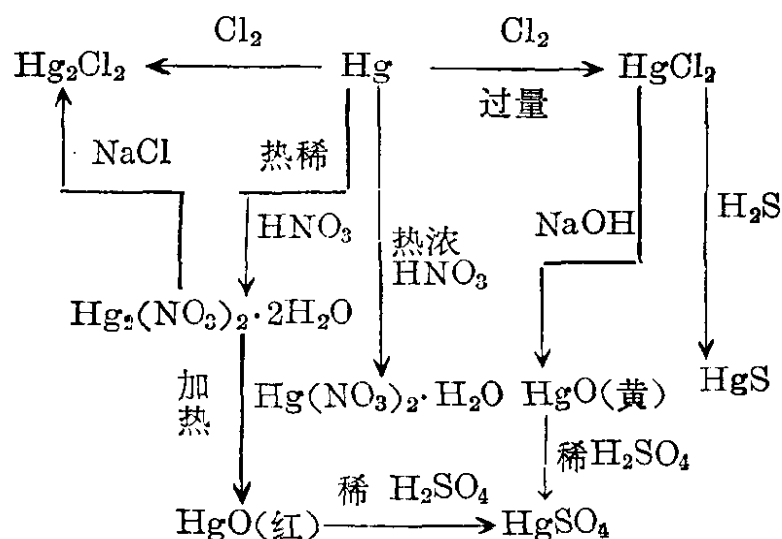


硝酸汞溶解于水。倘在稀溶液中, 没有游离酸存在, 则易水解而生成白色碱式盐 $\text{HgO} \cdot \text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ 沉淀。若与大量水加热, 则碱式盐亦分解, 结果获得氧化汞。

汞亦可被氯侵蚀, 而形成甘汞(氯化亚汞):

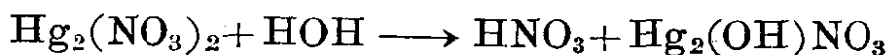


汞的主要化学反应提要:



亚汞化合物

亚汞盐均含有二价亚汞团 Hg_2^{2+} , 且都或多或少被改变为汞盐, 并从其分子中分出一个汞原子。亚汞化合物中只有少数盐, 如硝酸亚汞等易溶于水, 其他均为微溶的一价汞盐。亚汞离子不形成络合物。硝酸亚汞溶于水后即水解成碱式盐:



氯化亚汞不溶于水和盐酸, 但溶解于硝酸和王水。

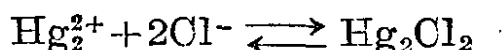
在实验上证明亚汞离子含有二个原子, 它的结构式可能为

-Hg-Hg-或 Hg_2^{2+} 。在该结构式中均有一个正常的化合价相互连在一起,且每一个原子有一个化合价,它常借此化合价而形成化合物。但由于 Hg_2^{2+} 有形成共价键的强烈倾向,故其大多数化合物,如硫化物、卤化物等,都表现为共价性,电离度都很低。在很多反应中,亚汞离子易分解为汞离子和金属汞原子。

亚汞离子的反应

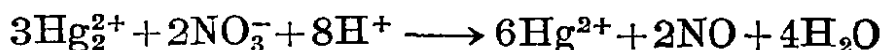
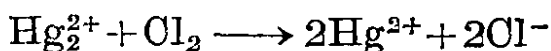
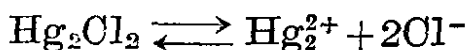
【1】 氯离子

氯离子遇亚汞盐溶液生成白色凝乳状或有时呈高度结晶的氯化亚汞沉淀。

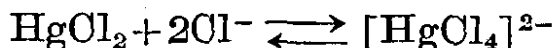
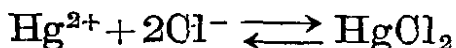


这个沉淀不溶于水及冷稀硝酸,它微溶于浓盐酸而形成 $[\text{Hg}_2\text{Cl}_4]^{2-}$ 的络离子。

此沉淀甚易溶解于氯水、热硝酸及王水,并形成不变的汞化合物。



在上述二个反应中,其释放或形成的氯离子与汞离子作用将形成极微离解之氯化汞分子。在王水中,反应将继续进行,因为有足够的氯离子与所有汞离子发生作用并转变为 $[\text{HgCl}_4]^{2-}$ 络离子。



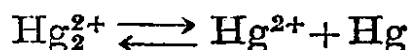
在最后二个反应中,汞离子浓度维持至极低的数值。如果将其氧化产物之一除去,则可增加溶液的氧化势而使反应进行的速度远较在单独的硝酸中进行为快。

氢氧化铵能分解氯化亚汞,而使转变成氯化氨基汞(Mercuric aminochloride)及金属汞。

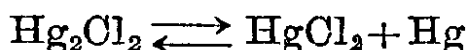


其残渣因极微细汞的关系而呈黑色。这种颜色的大变化(系将氢氧化铵加入 Hg_2Cl_2 中后发生者)乃为含有亚汞离子存在的极好标志。

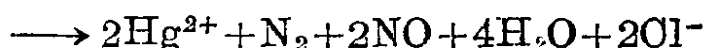
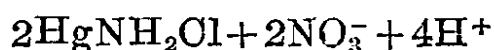
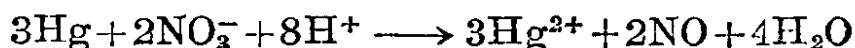
上述的反应系表示亚汞离子包括有氧化和还原的作用存在:



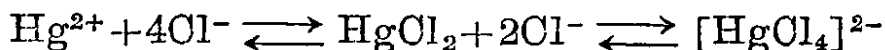
这个反应似乎是一般亚汞化合物的特性, 它们依靠自动氧化和还原的作用, 非常容易变化至相应的汞化合物及金属汞, 即使是光线, 亦能分解 Hg_2Cl_2 为 HgCl_2 和金属汞。



黑色残渣可溶解于热硝酸及王水。因为残渣是一个混合物, 故其溶液将包括金属汞和氯化氨基汞的反应。

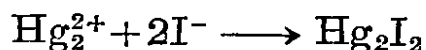


如果用王水, 则有同样的氧化反应发生, 于是过量的氯离子与汞离子作用, 并使它们转变至络离子:

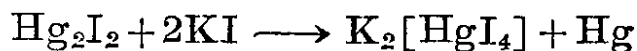


【2】 碘化钾

碘化钾与亚汞盐生成淡绿色 Hg_2I_2 沉淀。



此沉淀遇过量的试剂, 形成 $\text{K}_2[\text{HgI}_4]$ 和黑色细微的汞。



【3】 硫离子

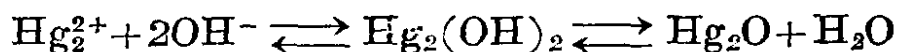
在亚汞盐溶液中遇 S^{2-} 离子生成黑色沉淀, 这个沉淀含有硫化汞和汞。在这里可能有硫化亚汞之中间产物形成(这个反应与汞盐的反应不同)。



这个沉淀不溶解于水、硝酸、碱金属的氢氧化物及硫化铵, 但溶解于王水和碱金属的多硫化物。

【4】 OH^- 离子

亚汞盐溶液遇 OH^- 离子, 即生成氧化亚汞的黑色沉淀。

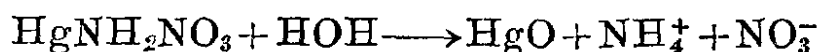


这个沉淀不溶于水及过量碱金属的氢氧化合物, 但溶解于硝酸。它很易分解为氧化汞及金属汞。

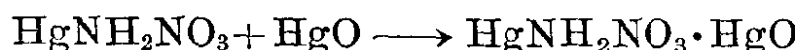
【5】³ 氢氧化铵

硝酸亚汞溶液遇氢氧化铵后, 即生成一种沉淀, 这个沉淀系碱式氨基汞盐(Basic amino mercuric salt)及金属汞的混合物。其第一个反应是氨对硝酸亚汞的作用。

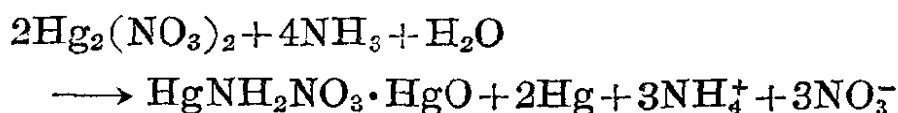
$2\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2 + 4\text{NH}_3 \longrightarrow 2\text{HgNH}_2\text{NO}_3 + 2\text{NH}_4^+ + 2\text{NO}_3^- + 2\text{Hg}$
于是硝酸氨基汞被水解:



氧化汞与第二个硝酸氨基汞的分子连结在一起:

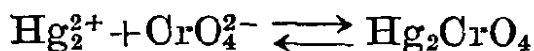


这个化合物的结构式可能是: $\text{O} \begin{array}{c} \text{Hg} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{Hg} \end{array} \text{NH}_2\text{NO}_3$ 。其完全的反应是:



【6】 铬酸根离子

铬酸根离子与亚汞盐溶液作用, 生成红色铬酸亚汞的沉淀。此沉淀不溶于水、碱金属的氢氧化物及稀硝酸。



此沉淀可被热分解, 并有铬绿(Chromic oxide, Cr_2O_3)之残渣生成(不溶于酸及水)。

【7】 亚锡离子

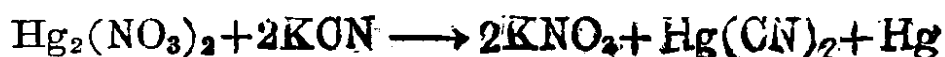
亚锡离子与亚汞盐溶液作用, 可生成一种淡灰色金属汞沉淀。



即 $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2 + \text{SnCl}_2 + 2\text{HCl} \longrightarrow 2\text{Hg} + \text{SnCl}_4 + 2\text{HNO}_3$

【8】 氰化钾

氰化钾与亚汞盐作用时, 同时生成金属汞沉淀及氰化汞。



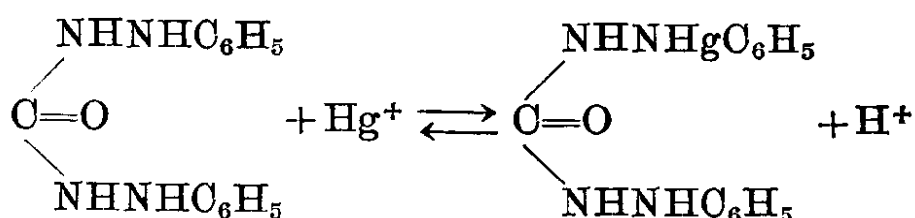
【9】 亚硝酸钾

亚硝酸钾溶液遇亚汞盐即有黑灰色(或黑色)的沉淀(汞)析出(与汞盐不同)。

【10】 二苯卡巴肼(Diphenylcarbazide)

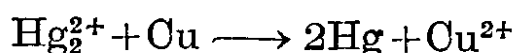
二苯卡巴肼与亚汞盐溶液作用, 生成蓝色或蓝紫色的沉淀或溶液(视亚汞离子的含量多少而定)。在反应进行时, 溶液宜恰呈微酸性。

关于这种蓝色化合物的组成迄今尚未确切明白, 可能是一个由二苯卡巴肼和亚汞离子相形成的络合物:



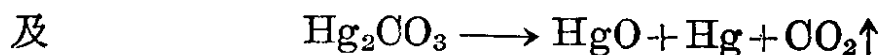
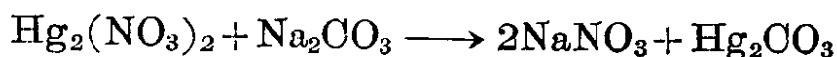
【11】 金属铜

在电动序中汞以上的金属能使亚汞盐溶液沉淀出汞。取亚汞盐溶液一滴, 滴在金属铜上, 即产生灰色斑点; 后者倘予摩擦即变为银色。



【12】 碱金属的碳酸盐

碱金属的碳酸盐遇亚汞盐溶液, 初生成黄色碳酸亚汞沉淀, 沉淀迅速变为灰黑色。这是由于形成氧化汞及金属汞所致, 同时并有 CO_2 放出:



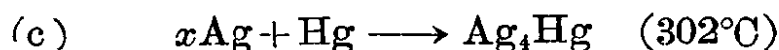
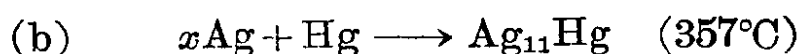
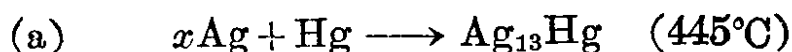
【13】 硫代乙酸铵和硫代硫酸钠

硫代乙酸铵和硫代硫酸钠加至酸性亚汞盐溶液时, 即有硫化物沉淀形成, 这个沉淀含有黑色硫化汞和细微的汞以及硫。

【14】 Ag

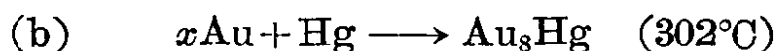
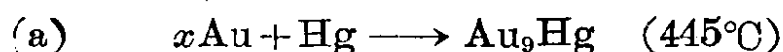
当银与汞在下列温度下相互作用后, 有相应组成的银汞齐生

成。



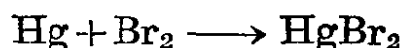
【15】 Au

当金与汞在下列温度下相互作用后, 即有下列组成的金汞齐生成。



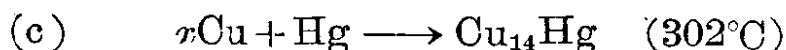
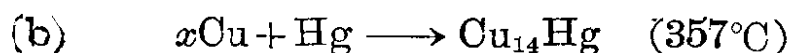
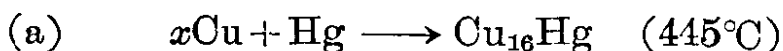
【16】 Br₂

将溴覆盖于汞上, 并放置任其反应后, 即有溴化汞形成。



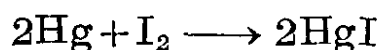
【17】 Cu

当铜与汞在下列温度下相互作用后, 即有下列组成的铜汞齐形成。



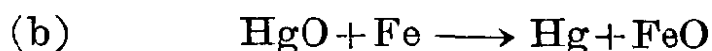
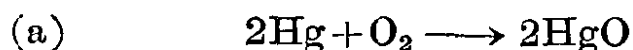
【18】 I₂

当汞与化学计算量的碘置于封闭管中于 250°C 共加热后, 在管子底部先形成红色碘化亚汞结晶。如结晶被冷却至 70°C 以下, 则变成黄色。



【19】 O₂ + Fe

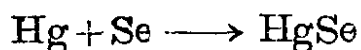
汞在氧气存在下, 经加热后, 即被氧化为氧化汞(a), 后者与金属铁共加热后, 又被还原为汞(b)。



【20】 Se

当等摩的汞与硒在压力下于 550~600°C 共加热后, 即生成硒

化汞。



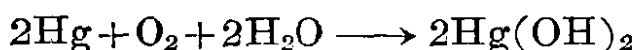
【21】 Te

当金属汞和碲经混合并不断搅动后, 即有碲化汞生成。



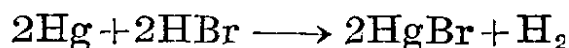
【22】 $\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$

汞与水和溶解氧相互作用后, 即生成氢氧化汞(即溶液中有氢氧根离子存在)。电解池中发生的反应亦属此例。



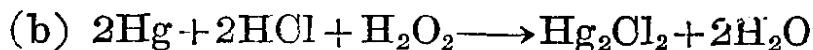
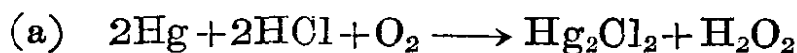
【23】 HBr

当溴化氢气体在低温和真空状态与金属汞相互作用时, 其反应速度进行很慢, 但当有氧气存在时(甚至在黑暗处), 则反应进行很快。



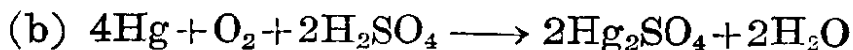
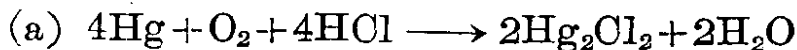
【24】 $\text{HCl} + \text{O}_2$

汞、稀盐酸和氧相互作用时, 即有过氧化氢和氯化亚汞形成。



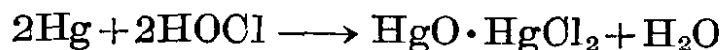
【25】 $\text{HCl}, \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{O}_2$

当稀盐酸或硫酸与汞一起振摇 4~5 分钟后, 由于空气中氧的参与反应, 即有少量的氯化亚汞或硫酸亚汞生成。本反应尽管进行很慢, 但在数天后, 仍有相对较大的量的亚汞盐形成。



【26】 HOCl

溶液中的次氯酸, 可在常温下与汞一起振摇反应而被除去。



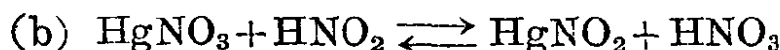
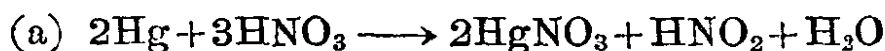
【27】 HI

汞能迅速溶解于液体氢碘酸中而形成碘化亚汞、碘化汞及氢的混合物。

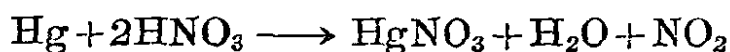


[28] HNO₃

(1) 金属汞与硝酸在一定范围内反应时, 常按(a)式进行, 但接着便有(b)式的平衡存在。

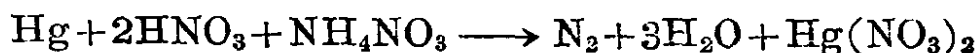


(2) 当汞与浓硝酸反应后, 即形成硝酸亚汞, 同时释出二氧化氮。



[29] HNO₃ + NH₄NO₃

当汞在硝酸铵存在下, 与硝酸反应后, 即有硝酸汞形成, 同时释出大量氮气。

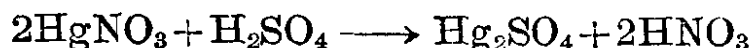


[30] H₂SO₄

(1) 当汞与硫酸作用时, 即有硫酸亚汞形成; 在反应过程中首先有氧化亚汞形成, 同时亦有水和二氧化硫生成。



(2) 把硝酸亚汞溶液加至热而稀的硫酸(由一份浓硫酸和三份水所配合而成)中时, 则有硫酸亚汞形成。

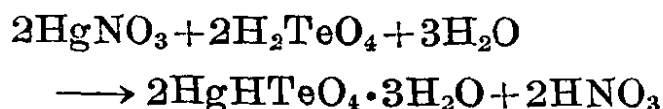


(3) 当过量的汞与浓硫酸反应后, 即有白色结晶硫酸亚汞沉出。



[31] H₂TeO₄

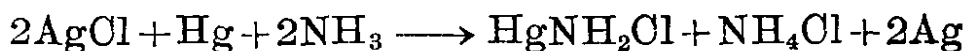
当硝酸亚汞与碲酸作用后, 即有下列结晶盐形成。



[32] AgCl + NH₃

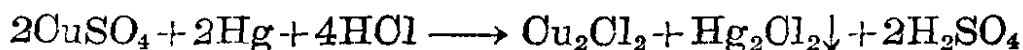
当汞、氯化银和氨作用后, 即形成氯化氨基汞、氯化铵和金属

银。



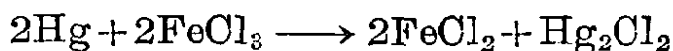
【33】 CuSO_4

硫酸铜溶液与汞和盐酸振摇时,即被还原为氯化亚铜。



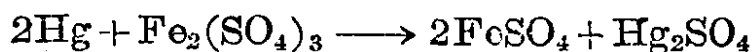
【34】 FeCl_3

在盐酸参加下,汞能还原氯化铁的水溶液。



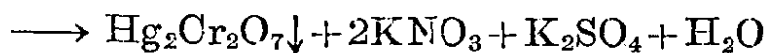
【35】 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$

汞能还原硫酸铁溶液(在作用时不论有无游离的硫酸存在)。



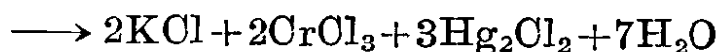
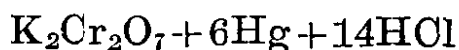
【36】 K_2CrO_4

Hg^+ 离子可以在微酸化的水和醇溶液中进行电位滴定。



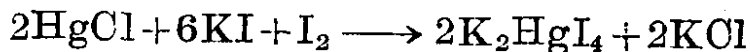
【37】 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{HCl}$

当汞与盐酸和重铬酸钾作用时,即形成氯化钾、氯化铬、氯化亚汞及水。



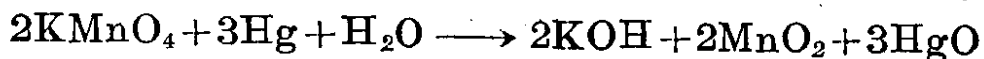
【38】 $\text{KI} + \text{I}_2$

当碘化钾溶液和碘溶液(0.05 摩/升)加至氯化亚汞中时,即有下列反应生成。过量的碘可用硫代硫酸钠滴定。



【39】 KMnO_4

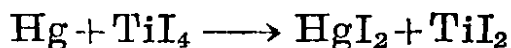
汞与高锰酸钾作用时,即生成氢氧化钾、二氧化锰和氧化汞。



【40】 TiI_4

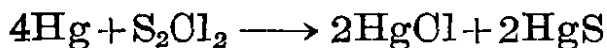
将汞和四碘化钛置于小舟并插入管中,在缓慢升温中不断通入干燥氢气,则反应产物乃为二碘化钛和碘化汞。在本反应中必

须避免湿气和氧气的存在。

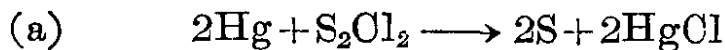


【41】 S_2Cl_2

(1) 当汞与一氯化硫经激烈反应后, 即生成氯化亚汞和硫化汞。



(2) 当汞与一氯化硫在冷的条件下反应(反应并不强烈)后, 即有硫形成, 与此同时, 按照不同的反应物配比, 可生成氯化亚汞(a)或氯化汞(b)。

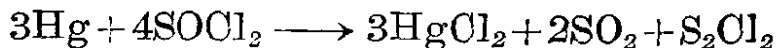


【42】 SOCl_2

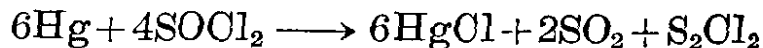
(1) 当过量的亚硫酰(二)氯与汞置于封闭管中, 在 150°C 下加热后, 即有氯化汞、磺酰氯和一氯化硫形成。



(2) 当汞与有限的亚硫酰(二)氯置于封闭管中, 在 150°C 下加热后, 即有氯化汞、一氯化硫和二氧化硫形成。

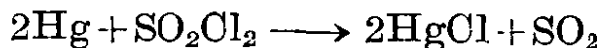


(3) 当亚硫酰(二)氯与过量的汞于 150°C 加热后, 即有氯化亚汞、一氯化硫和二氧化硫形成。

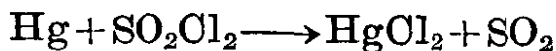


【43】 SO_2Cl_2

(1) 当过量的汞与磺酰氯共加热后, 即有氯化亚汞和二氧化硫形成。

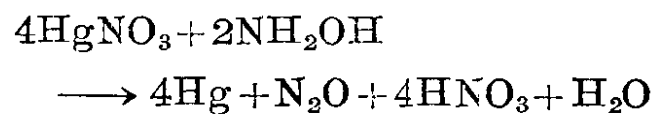


(2) 当汞与磺酰氯于 $160 \sim 180^\circ\text{C}$ 加热后, 即有氯化汞和二氧化硫生成。



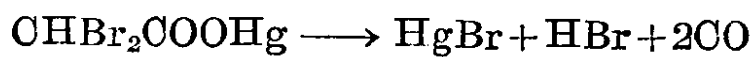
【44】 NH_2OH

羟胺溶液在冷的情况下, 能分解亚汞盐, 结果有游离汞形成。



【45】 加热

二溴乙酸亚汞对热不稳定, 与水共沸腾后, 即形成溴化亚汞。



第 二 节

在本节中所述阳离子的氯化物均溶解于水, 但它的硫化物均不溶于水及盐酸(0.3 摩/升)中。在含有所有金属离子(第一节中所述的阳离子除外)的盐酸(0.3 摩/升)溶液中加入硫离子时, 本节所述的阳离子均可形成硫化物而沉淀析出。

属于本节中的阳离子有:

汞 Hg^{2+} 、铅 Pb^{2+} 、铜 Cu^{2+} 、砷 As^{3+} 、
镉 Cd^{2+} 、锑 Sb^{3+} 、铋 Bi^{3+} 、锡 Sn^{2+}

铅离子所以亦属于本节中者, 是因为氯化铅在水和稀酸中尚有相当的溶解度, 因此在第一节中未能完全沉淀的铅离子, 由于受到硫离子的影响而被完全沉淀为硫化铅而析出(硫化铅的溶解度远较氯化铅为小)。关于铅离子的反应, 前节已详述, 故本节从略。

汞 Hg

二价汞化合物

汞盐大多是无色。碘化汞为红或黄色。硫化汞为黑或红色。

汞的卤化物与碱金属的氯化物或过量的卤素氢化物可形成稳定的络合物, 因此汞的溶解度乃有极显著的增加, 且当溶液蒸发时, 卤化汞的挥发倾向将为之减少。

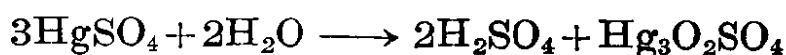
氯化汞溶解于水。当水中含有盐酸时, 则氯化汞的溶解度就比在纯水中大得多; 产生这种因盐酸的浓度增加而溶解度亦增加的现象, 主要是由于形成 $\text{H}_2[\text{HgCl}_4]$ 络酸的缘故。碱金属的氯化

物亦可帮助溶解氯化汞而形成这种络酸的盐。氯化汞亦易溶于醇和醚(与水比较)。

氯化汞的盐酸溶液当被蒸发至干燥时,常有少量的汞损失,特别当其残渣加热至成脱水硅石状。

溴化汞难溶于水,但易溶于醇,且亦溶解于醚。当它含有相当量的氢溴酸溶液被煮沸而不完全蒸发至干燥时,则亦有少量的 HgBr_2 挥发出来。

汞化合物往往容易遭受水解而形成不溶解的碱式盐。例如硫酸汞,当与大量的水稀释时即被分解(特别在加温时)为黄色不溶解的碱式盐。



氢离子可以防止这种水解。

硝酸汞亦易水解为或多或少不溶解的碱式盐(根据溶液的稀释度而定)。



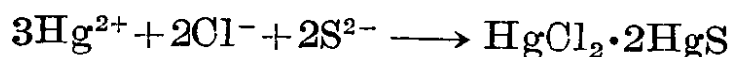
碘化汞很难溶解于水,可溶于醇。

可溶性的汞化物均是毒物。

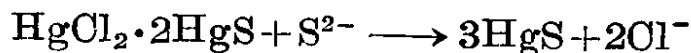
汞离子的反应

【1】 硫离子

在中性或酸性汞盐溶液中加入 S^{2-} 离子,即首先形成一个白色沉淀,这个沉淀可认为是由二分子硫化汞和一个简单的汞盐所组成的复合物($\text{HgCl}_2 \cdot 2\text{HgS}$)。



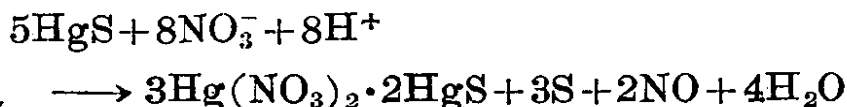
倘再继续用 S^{2-} 离子处理,则上述的白色化合物即转变为黄色,以后又变为棕色,最后变为黑色,因为这时它已转变为硫化物。



此沉淀不溶于水、稀酸、碱金属的氢氧化合物、氢氧化铵及硫

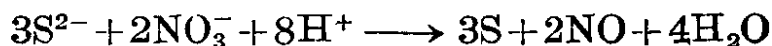
化铵,但能溶解于王水及(强)碱性硫化物溶液。

将硫化汞同稀硝酸长时间煮沸后,则硝酸将被浓缩而足以作用于沉淀,并使之转变为一白色化合物。浓硝酸亦有相同的作用。



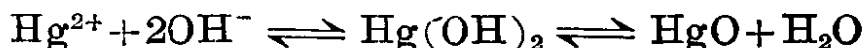
虽然硫化汞并不溶解于稀硝酸,在浓硝酸中亦需经长期煮沸后才被溶解,但它甚易溶解于王水。

银和铅的硫化物均易溶解于稀硝酸中,这二个化合物的溶解,乃由于硝酸根离子对 S^{2-} 离子之氧化作用所致:



【2】 OH^- 离子

OH^- 离子与汞盐溶液生成一种黄色氧化汞的沉淀。



此沉淀不溶解于过量的碱金属氢氧化物溶液中,但甚易溶解于稀酸中。

这种氢氧化物分解成氧化物的反应,乃是贵金属的氢氧化物之特性。无疑,在溶液中当有微量的氢氧化物存在时,则往往有不溶解的氧化物被混悬于水中。

当小量的 OH^- 离子被加至大量的 Hg^{2+} 离子溶液中,则常有不定组成的碱式盐形成。

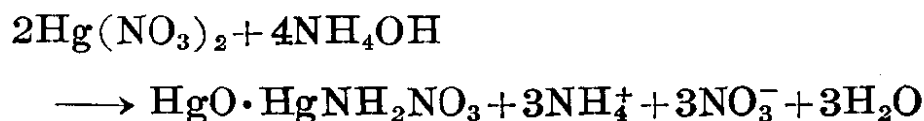


【3】 氢氧化铵

在氯化汞溶液中遇氢氧化铵即生成白色氯化氨基汞的沉淀。



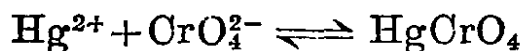
在硝酸汞溶液中遇氢氧化铵亦有相似的化合物形成,但有部分被水解。



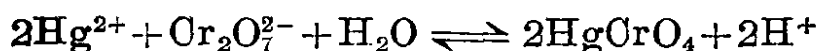
此沉淀溶解于过量的氨水和氯化铵中。

【4】 铬酸根离子

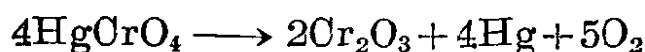
汞盐溶液遇铬酸根离子即生成黄色铬酸汞的沉淀。



硝酸汞溶液遇重铬酸根离子，即生成黄色铬酸汞的沉淀。氯化汞由于它的轻微的离解作用，故不能被重铬酸根离子所沉淀。下面为与硝酸汞的作用反应式：

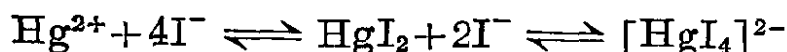


铬酸汞可被热分解：



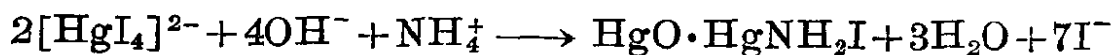
【5】 碘离子

汞盐溶液遇碘离子生成红色碘化汞的沉淀：



此沉淀溶解于过量的碘化钾而形成 $[\text{HgI}_4]^{2-}$ 络离子。 $[\text{HgI}_4]^{2-}$ 离子仅有极微的电离作用，致碱金属的氢氧化物不能与之作用而产生氧化汞的沉淀。

碱性溶液含有极稳定之络离子 $[\text{HgI}_4]^{2-}$ 者，即所谓奈氏(Nessler's)试剂，后者对于铵离子有极敏感的反应。

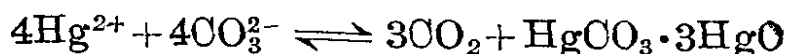


上述 $\text{HgO} \cdot \text{HgNH}_2\text{I}$ 溶解于过量的奈氏试剂中。关于这种微量氨的灵敏试验，乃是由于该化合物[米朗碱(Millon's base), $\text{HgO} \cdot \text{HgNH}_2\text{OH}$]的碘化物有极大的染色力所致。

硝酸汞与氢氧化铵作用后，即形成黑色沉淀 $\text{HgO} \cdot \text{HgNH}_2 \cdot \text{NO}_3$ ，此沉淀就是米朗碱的硝酸盐。

【6】 碳酸根离子

汞盐溶液遇碳酸根离子，即生成淡红棕色碱式碳酸盐的沉淀(在冷时)。



将溶液煮沸即完全水解，而有氧化汞的沉淀生成。



重碳酸盐遇硝酸汞及硫酸汞，即有碱式碳酸汞的沉淀生成，但

与氯化汞则无此作用,这是由于氯化汞仅有极微的电离作用所致。根据重碳酸盐不能沉淀氯化汞溶液的情况,即可得到一个在重碳酸盐溶液中测定有无碳酸盐的方法。如果试验结果为阴性,则表示没有碳酸根离子存在。

【7】 亚锡离子

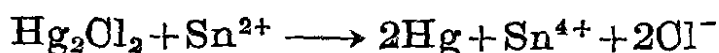
亚锡离子首先将汞离子还原至亚汞离子:



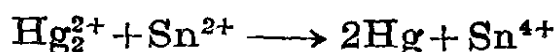
在溶液中倘有氯离子存在,则立即有 Hg_2Cl_2 的沉淀发生。



倘有过量的亚锡离子被加至溶液中,则有金属汞被析出,结果白色沉淀转变成灰黑色沉淀:

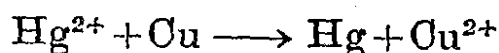


或



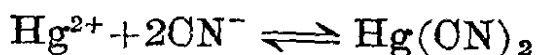
【8】 金属铜

在电动序中汞以上的金属,遇汞的盐类可以置换出汞来。

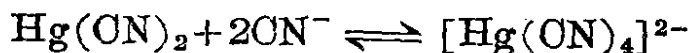


【9】 CN^- 离子

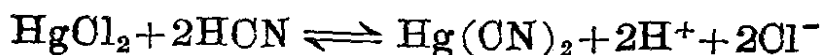
在汞盐(氯化物除外)之浓溶液中遇 CN^- 离子即生成氰化汞的沉淀。



此沉淀溶解于大量水中。这是唯一能溶解于水的重金属氰化物。此沉淀甚易溶解于氰化钾而形成稳定的 $[\text{Hg}(\text{CN})_4]^{2-}$ 离子。



氰化汞是非常微弱的电离物,因此稀硫酸不能把它分解而释出 HCN 。由于氰化汞的电离作用相当微弱,因而 HCN 可使氯化汞分解并释放出 HCl 。

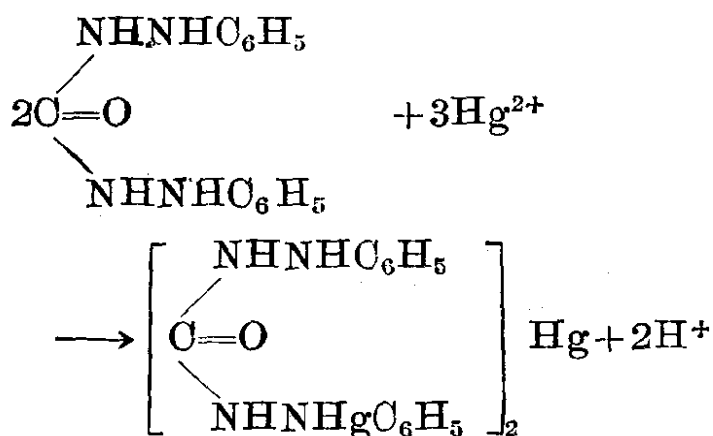


碱金属的碳酸盐和氢氧化物在氰化汞溶液中不能产生沉淀。

【10】 二苯卡巴肼

二苯卡巴肼(Diphenylcarbazide)在中性或微酸性的汞盐溶

液中生成蓝色或淡蓝紫色的沉淀。这个化合物的组成迄今尚不清楚，但很可能是汞离子与二苯卡巴肼形成的络合物。它的可能组成是：

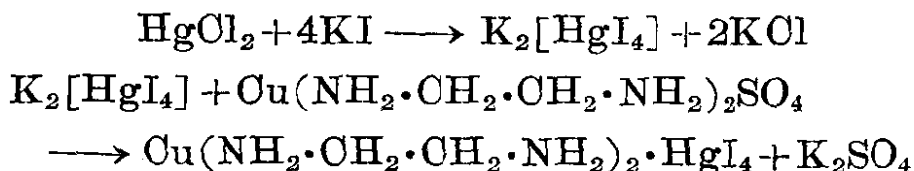


这个反应的灵敏性随溶液中酸含量的增大而降低。

本反应对氯化汞的作用并不如此灵敏，因为氯化汞是微弱电离的盐。

【11】 乙二胺(Ethylenediamine)

当汞盐在中性或弱氨性溶液中与过量的 2% 碘化钾溶液作用后，再加硫酸乙二胺铜后，即有黑蓝-紫色的沉淀 $\text{Cu}(\text{NH}_2 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{NH}_2)_2 \cdot \text{HgI}_4$ 形成。

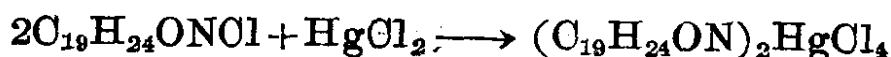


这个反应是很灵敏反应之一，但镉离子亦能形成相似的络合物 $\text{Cu}(\text{NH}_2 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{NH}_2)_2 \cdot \text{CdI}_4$ ，因而妨碍汞盐的检定。

试剂：硫酸铜溶液用 5~6 倍其容量的乙二胺的水溶液处理至呈黑蓝紫色（由于 $[\text{Cu}(\text{NH}_2 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{NH}_2)_2]^{2+}$ 的缘故）为止。倘加过量的乙二胺水溶液，亦并不增加其颜色的深度，且对试剂并无影响。

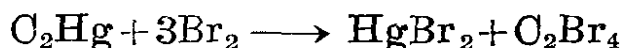
【12】 盐酸桂酰麻黄碱(Cinnamylephedrinehydrochloride)

氯化汞之饱和溶液及盐酸桂酰麻黄碱溶液混合时，即有白色沉淀形成，后者常带有油滴。



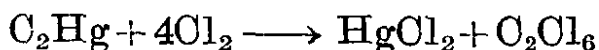
[13] Br₂

将过量溴水经加温后,与乙炔汞反应,即形成不溶于水的白色结晶物四溴乙烯。



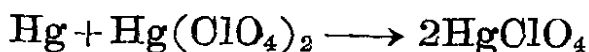
[14] Cl₂

当含氯的氯仿溶液与乙炔汞作用后,在生成氯化汞的同时,很可能还有六氯乙烷形成。



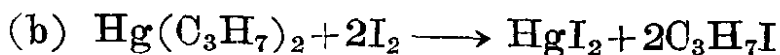
[15] Hg

当高氯酸汞与游离汞剧烈振摇数分钟,结果有高氯酸亚汞生成。



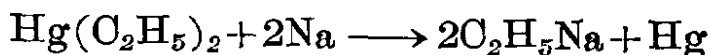
[16] I₂

碘与二丙基汞反应,按其比例不同,可生成丙基碘和碘化丙基汞(a)或碘化汞(b)。



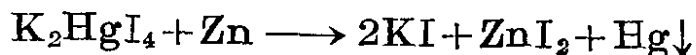
[17] Na

过量的钠在减压下与二乙基汞反应时,即形成乙基钠和汞。

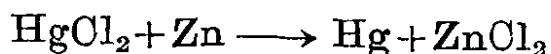


[18] Zn

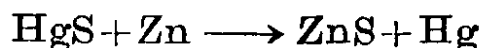
(1) 将碘化钾汞溶解于稀盐酸中,然后加入粒状的锌(在长颈烧瓶中进行之),用力振摇烧瓶,待所形成的汞合金摇碎后,再另加适量的锌,并将烧瓶移至蒸汽浴上加热,直至溶液变为澄清时为止,则有金属汞生成。



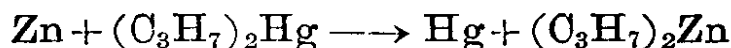
(2) 氯化汞与锌反应后,即有汞和氯化锌形成。



(3) 当锌粉在水存在下与朱砂(一硫化汞)共加热后,汞即被还原出来。释出的汞与锌发生汞齐化作用。

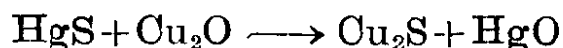


(4) 将锌与二丙基汞加热至 120°C 后, 即形成汞与二丙基锌。



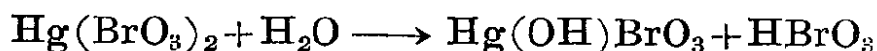
【19】 Cu_2O

当硫化汞与氧化亚铜和水共加热后, 即发生复分解反应, 生成物为氧化汞和硫化亚铜。



【20】 H_2O

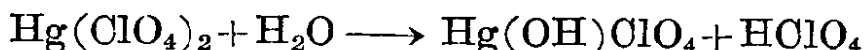
(1) 在相当浓的高氯酸溶液中, 溴酸汞(由溴酸钠和高氯酸汞在相当浓的高氯酸(2~3 摩/升)溶液中制取)即可水解为溴酸羟基汞。



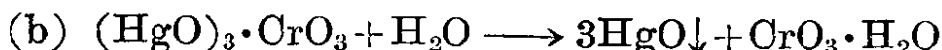
(2) 当氯化汞的水溶液暴露于空气时, 氯化汞即徐徐转变为氯化亚汞。



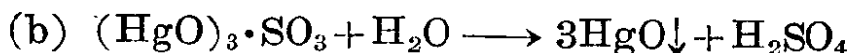
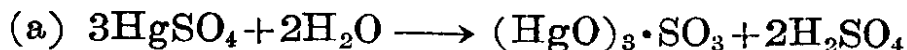
(3) 高氯酸汞与水作用时, 可能形成高氯酸羟基汞。



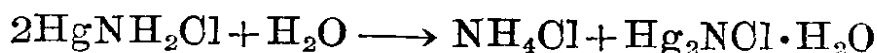
(4) 当铬酸汞与水在 50°C 时共振摇数日, 即有碱式铬酸汞形成, 而最后则形成氧化汞。



(5) 将硫酸汞与水在 25°C 时共振摇数日, 首先乃有碱式硫酸汞形成, 后者又水解为氧化汞。



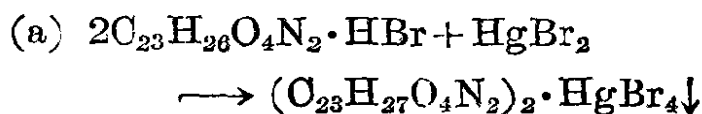
(6) 氯化氨基汞在普通情况下与水作用, 即有氯化铵和 $\text{Hg}_2\text{NCl} \cdot \text{H}_2\text{O}$ 的沉淀形成。



【21】 HBr + 番木鳖碱(Brucine)

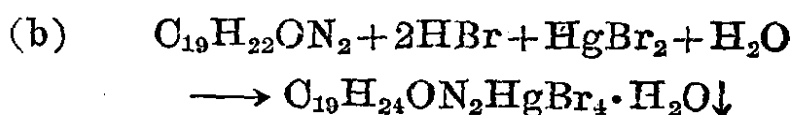
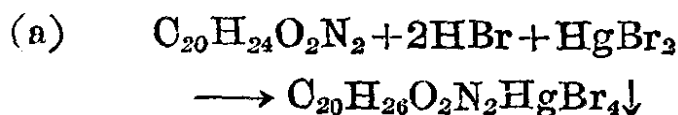
当溴化汞的稀溶液加至含有过量溴化钾的番木鳖碱的稀酸溶

液中时, 即有沉淀生成(熔点为 233°C)。金雀花碱(Sparteine) 亦有相似的生成物生成(熔点为 278°C)。



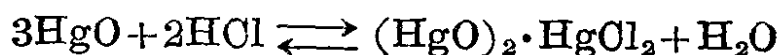
[22] HBr + 奎宁(Quinine)

当溴化汞的稀溶液加至含有过量溴化钾的奎宁稀酸溶液中时, 即有奎宁的络合物沉淀析出(熔点 257°C)。辛可宁碱(Cinchonine)亦相似地形成一个水合络合物, 但当温度达至 130°C 时, 即失去其所含的结晶水, 而温度达 246°C 时, 则开始融化。

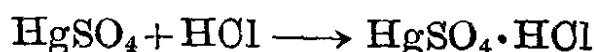


[23] HCl

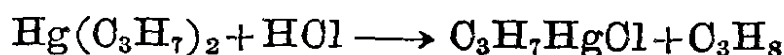
(1) 以过量的氧化汞加至盐酸 (0.15 摩/升) 溶液中时, 即有碱式氯化汞生成。



(2) 硫酸汞与盐酸作用时, 倘予徐徐加热, 则将有白色化合物形成。

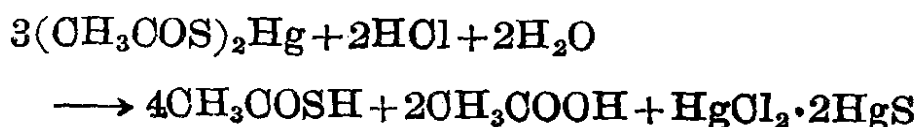


(3) 当二丙基汞与盐酸的混合物于沸腾下相互作用后, 即有氯化丙基汞和丙烷生成。



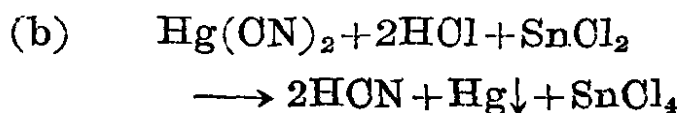
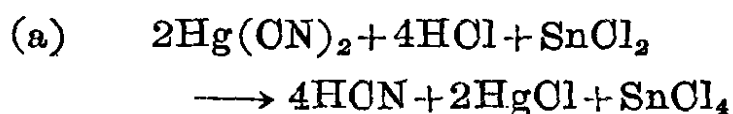
[24] HCl + H₂O

当硫代乙酸汞与热的稀盐酸水溶液作用后, 即有硫代乙酸、乙酸和硫化汞与氯化汞的复盐生成。



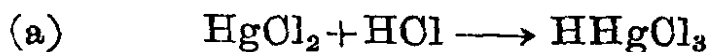
[25] $\text{HCl} + \text{SnCl}_2$

氰化汞在溶液中时，可被盐酸和氯化亚锡还原为氯化亚汞和金属汞。



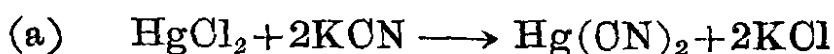
[26] $\text{HCl}, \text{NH}_4\text{Cl}$

过量的盐酸加至氯化汞溶液中时，即有络合物生成。氯化汞与氯化铵亦有相似的反应发生。



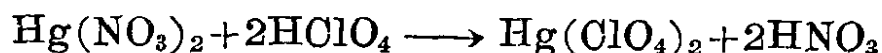
[27] HCl, KCN

在中性溶液中测定汞含量时，可加过量的标准氰化钾溶液(a)；并以标准的盐酸重新滴定回来(b)。



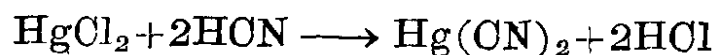
[28] HClO_4

当已衡量的硝酸汞与过量的70%高氯酸作用时，即有高氯酸汞形成。



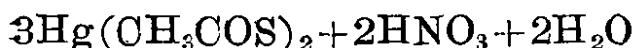
[29] HCN

汞盐与HCN作用时，即形成不离解的 $\text{Hg}(\text{CN})_2$ 和游离酸，后者可以滴定。通常用二甲基黄(Dimethyl yellow)为适宜的指示剂，因为它对HCN是并不十分灵敏。

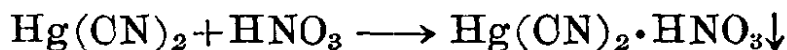


[30] HNO_3

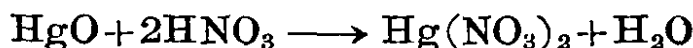
(1) 硫代乙酸汞与冷而浓的硝酸和水作用时，即生成乙酸、硫代乙酸和硫化汞-硝酸汞之复盐。



(2) 氰化汞的热溶液与 68% 硝酸作用后, 待至冷却时, 即有络合物沉积出来。

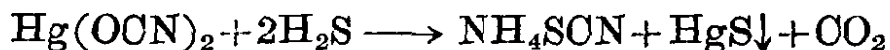


(3) 氧化汞溶解于稀硝酸后, 即有硝酸汞形成。

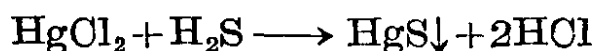


【31】 H_2S

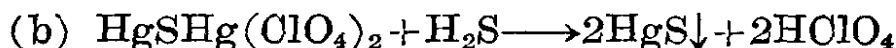
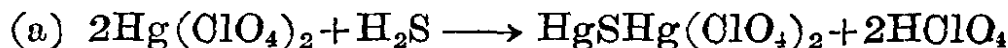
(1) 在普通情况下, 氰酸汞与硫化氢作用时, 即有硫氰酸铵、硫化汞及二氧化碳形成。



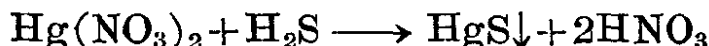
(2) 当氯化汞与液体硫化氢在室温下作用时, 即有黑色硫化汞形成。



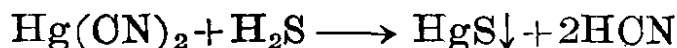
(3) 当硫化氢加至高氯酸汞溶液中时, 即有可溶性的产物形成(a)。倘在这个反应中有过量的硫化氢存在时, 则有硫化汞沉淀析出(b)。



(4) 硝酸汞溶液遇硫化氢后即有硫化汞沉淀形成。

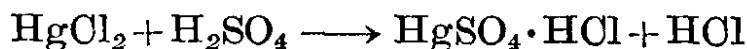


(5) 氰化汞在溶液中与硫化氢或碱金属的硫化物作用时, 生成硫化汞和氢氰酸或碱金属的氰化物。

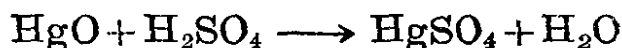


【32】 H_2SO_4

(1) 当氯化汞与硫酸(含有一分子水)共蒸发时, 即有白色化合物形成。

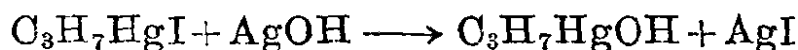


(2) 当氧化汞溶解于水和硫酸的混合液时, 即有硫酸汞的酸性溶液形成。



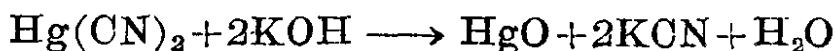
[33] AgOH

当潮湿的氧化银与碘化丙基汞作用后，即有碘化银和氢氧化丙基汞形成。

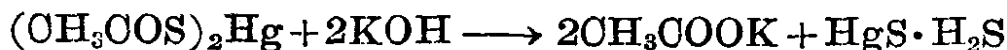


[34] KOH

(1) 很细的氰化汞粒与浓的氢氧化钾溶液作用后，即有氧化汞形成。

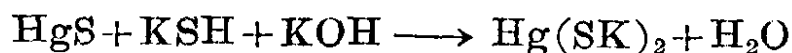


(2) 当硫代乙酸汞与温热的氢氧化钾作用后，即生成乙酸钾以及由硫化汞和硫化氢组成的复盐。



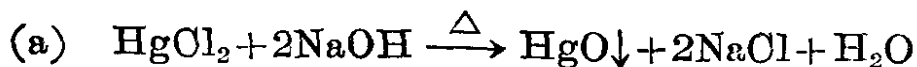
[35] KOH + KSH

不溶性的硫化汞与氢硫化钾和氢氧化钾作用时，即被转变为可溶性的 $\text{Hg}(\text{SK})_2$ 。



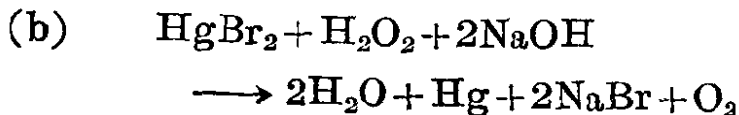
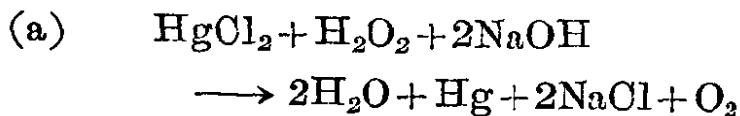
[36] NaOH + 热

以重结晶的氯化汞水溶液加至过量的氢氧化钠溶液中，然后予以煮沸，即有氧化汞沉淀析出，后者经过滤后，予以洗涤及灼烧，结果有金属汞形成。所生成的金属汞用硝酸洗涤，并在压力 1519.88 千帕左右的情况下蒸馏 5 次，即可获得纯粹的汞。



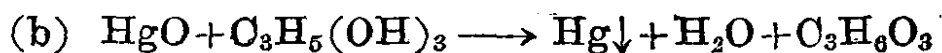
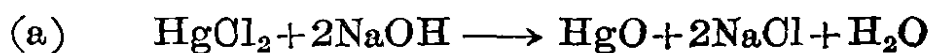
[37] NaOH + H₂O₂

氯化汞与溴化汞相似，在过氧化氢的存在下，可被氢氧化钠分解。

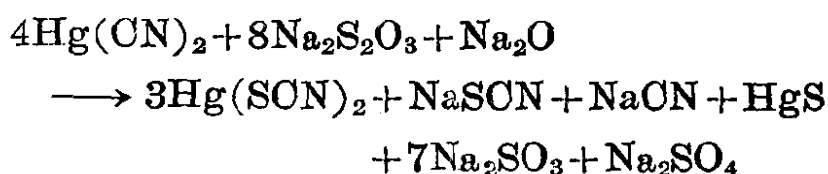


[38] $\text{NaOH} + \text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$

氯化汞与氢氧化钠作用时，即有氧化汞形成。氧化汞遇甘油后，即被还原为金属汞并有甘油醛形成。

**[39] $\text{NaOH} + \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$**

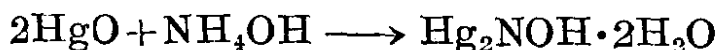
将 1/100 摩氰化汞溶解于 100 毫升水后，加至 2/100 摩硫代硫酸钠和 15% 氢氧化钠溶液 (30 毫升) 中，则有下列反应产物生成。

**[40] NH_4OH**

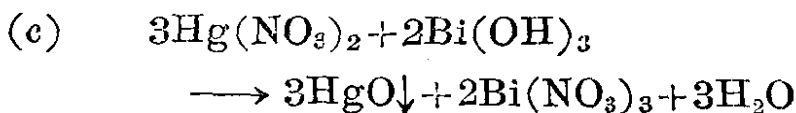
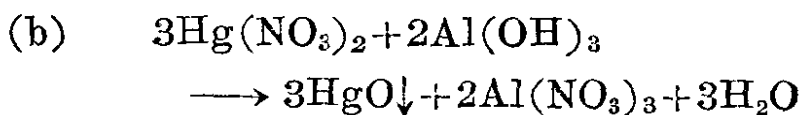
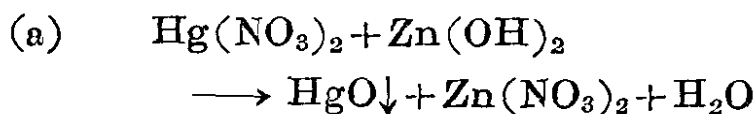
(1) 在普通情况下，氯化汞与氢氧化铵作用时，即产生 NHg_2OI 的沉淀。



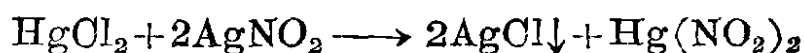
(2) 黄色氧化汞与氢氧化铵作用时，即生成下列反应产物。

**[41] $\text{Zn}(\text{OH})_2$**

当氢氧化锌与硝酸汞溶液接触而受潮时即变黄色，这是由于氧化汞被析出的缘故。铝和铋的氢氧化物亦有相似的反应。

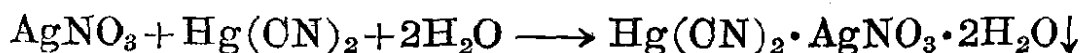
**[42] AgNO_2**

亚硝酸银溶液和相当量的氯化汞作用后，其生成的沉淀倘予滤去，则可得清净的亚硝酸汞溶液。

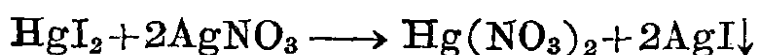


[43] AgNO_3

(1) 将硝酸银的浓溶液加至氰化汞溶液中, 即有复盐的沉淀形成。

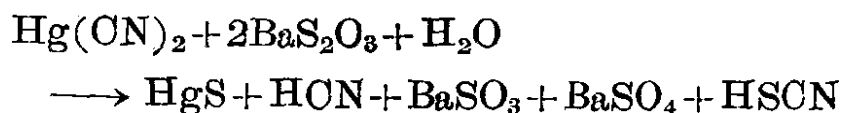


(2) 将碘化汞加入硝酸银的酸性溶液中后, 前者即转变为硝酸汞。



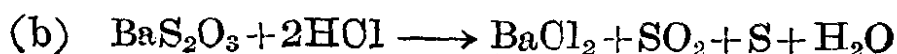
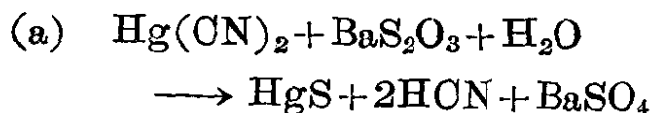
[44] BaS_2O_3

以 2/100 摩硫代硫酸钡的糊(系与水制成糊状物)加至含有 1/100 摩氰化汞的水溶液(50 毫升)中, 即有下列反应产物生成。



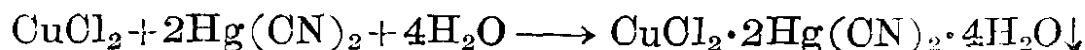
[45] BaS_2O_3 、 HCl

1/100 摩氰化汞和 1/100 摩硫代硫酸钡的混合物与 6 克氯化氢作用时, 即有硫化汞生成。



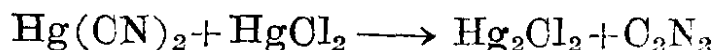
[46] CuCl_2

将 10 克氰化汞加入含有 24 克氯化铜的 100 毫升水中, 加水至 300 毫升。在水浴上蒸发至约 100 毫升, 放置, 任其结晶, 即有白色细晶沉出, 其组成如下列方程式所示。



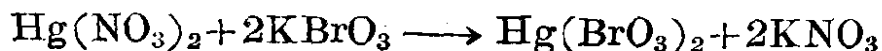
[47] HgCl_2

在氯化汞存在下加热氰化汞时, 即有氰生成。



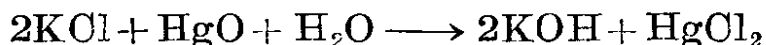
[48] KBrO_3

在硝酸的参加下, 硝酸汞与溴酸钾作用时, 即有溴酸汞生成。



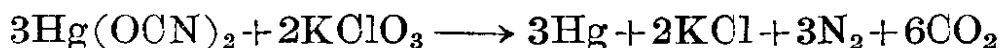
[49] KCl

当卤素盐的饱和溶液与氧化汞在室温时予以搅动一个短时间,则有下列的反应发生。



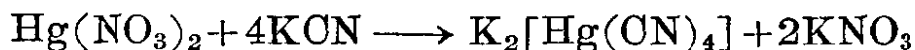
[50] KClO₃

氰酸汞在氯酸钾存在下,即分解而生成汞、氮、氯化钾及二氧化碳。



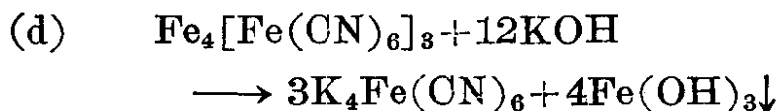
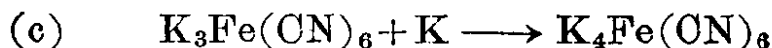
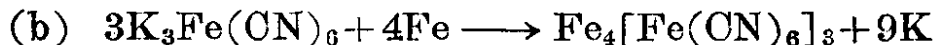
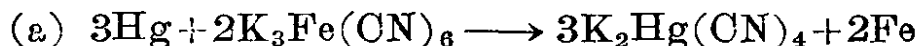
[51] KCN

当氰化钾加至硝酸汞溶液时,即有下列反应生成。



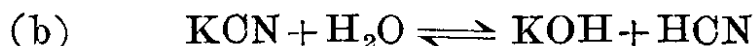
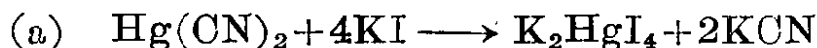
[52] K₃Fe(CN)₆ + KOH

将铁氰化钾加入汞中(在氢氧化钾存在下),并予以混合振摇,经放置后,即有氢氧化铁沉出。

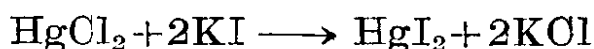


[53] KI

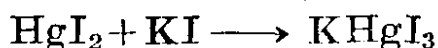
(1) 氰化汞可用碘化钾处理计算得出。虽然氰化汞是极微离解,但这个反应还是定量的。



(2) 碘化钾与氯化汞(二者均充分干燥)在乳钵中研磨时,即发生下列之反应。

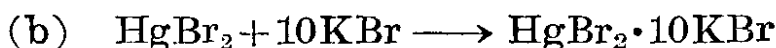


(3) 当碘化汞和碘化钾溶解于有机溶剂(如醇、酮类等)中时,即有络合物形成。



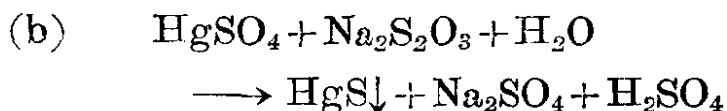
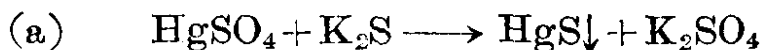
【54】 KI、KBr

碘化钾加至碘化汞溶液中时，即有络合物形成。在同样情况下亦有溴化汞的络合物形成。



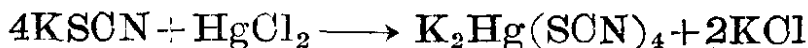
【55】 K₂S、Na₂S₂O₃

硫化钾与硫酸汞溶液作用后，即有硫化汞沉出。硫代硫酸钠代替硫化钾亦能发生同样反应。

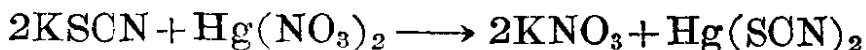


【56】 KSCN

(1) 当 KSCN 与 HgCl₂ 溶液作用时，即有下列产物生成。

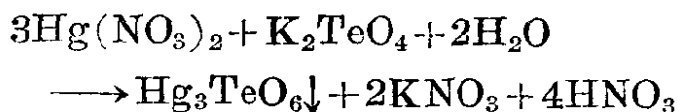


(2) 在定量测定硝酸汞时，一般以硝酸酸化的硫氰酸钾溶液滴定之，并用硫酸铁铵为指示剂，其反应如下：



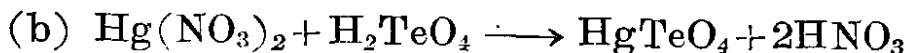
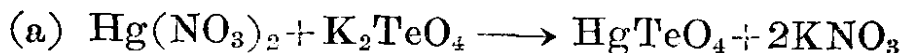
【57】 K₂TeO₄

在热的碲酸钾稀溶液中，加入过量的硝酸汞溶液后，即有黄棕色颗粒状沉淀原碲酸汞生成。



【58】 K₂TeO₄、H₂TeO₄

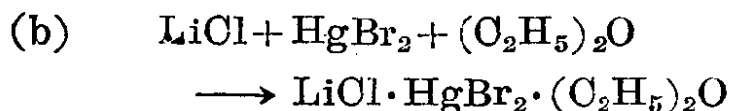
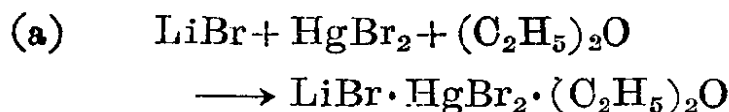
当硝酸汞与碲酸钾或碲酸的浓溶液于 0°C 下混合后，即有白色絮状沉淀碲酸汞形成。



【59】 LiBr、LiCl + (C₂H₅)₂O

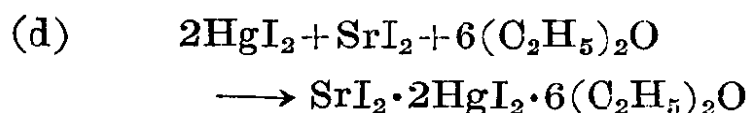
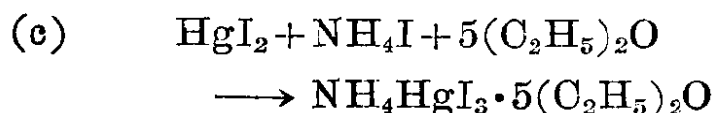
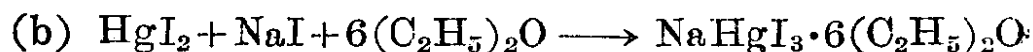
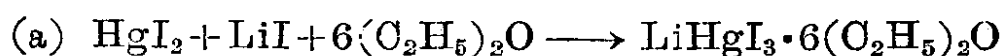
溴化锂和溴化汞与干乙醚混合并反应后，即形成加成物(a)，

氯化锂和溴化汞亦有相似的反应(b)。



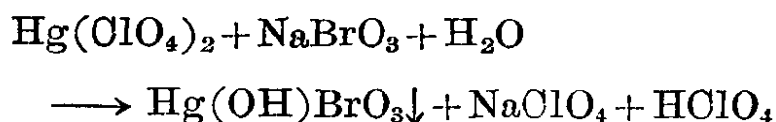
[60] LiI、NaI、NH₄I、SrI₂

当碘化汞与碘化锂于干乙醚中振摇后,即形成一液体加成物。碘化钠、碘化铵、和碘化锶亦有同样的反应发生。



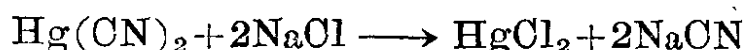
[61] NaBrO₃

将高氯酸汞(由硝酸汞和高氯酸反应制得)溶解于少量的水中,在不停地搅拌下加至半饱和的溴酸钠中性热溶液中,即得到溴酸羟汞沉淀。



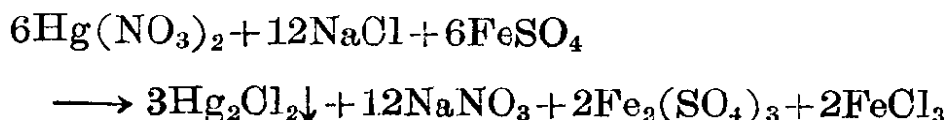
[62] NaCl

在普通情况下氰化汞与氯化钠作用时,即有氯化汞和氰化钠形成。



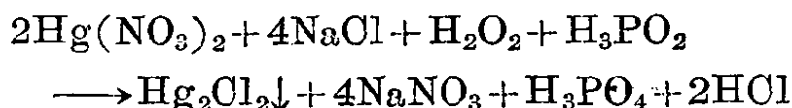
[63] NaCl + FeSO₄

当氯化钠与硝酸汞作用后,所生成的氯化汞遇硫酸亚铁时,即被还原为氯化亚汞。



[64] $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_3\text{PO}_2$

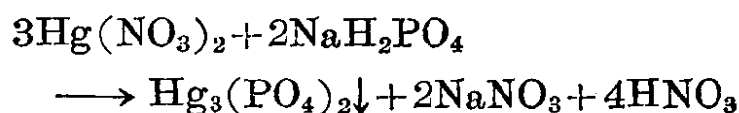
硝酸汞遇氯化钠即被转变为氯化汞, 后者一旦遇次磷酸和过氧化氢, 则将转变为亚汞状态。

**[65] $\text{NaNO}_2 + \text{NaBrO}_3$**

在硝酸和亚硝酸钠的参加下, 硝酸汞可还原溴酸盐为溴化物。

**[66] NaH_2PO_4**

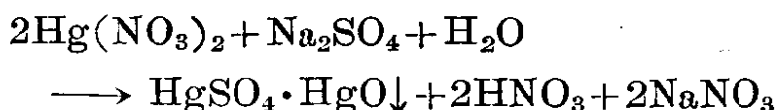
当磷酸二氢钠的水溶液加至硝酸汞中时, 即有磷酸汞的白色结晶沉淀形成。

**[67] Na_2SO_3**

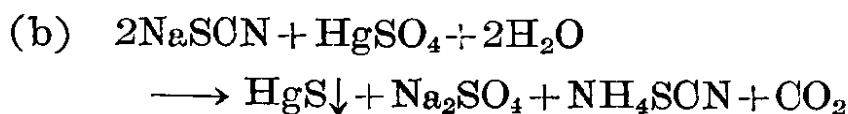
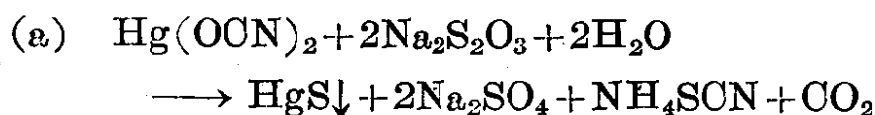
当氯化汞的稀溶液加至亚硫酸钠稀溶液时并无沉淀形成。倘有乙醇加入, 则有白色亚硫酸汞钠沉淀形成。

**[68] Na_2SO_4**

硝酸汞加至硫酸钠溶液中后, 立即有黄色沉淀生成。

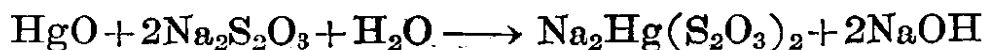
**[69] $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$**

(1) 当氰酸汞与硫代硫酸钠溶液作用时, 即有黑色沉淀形成, 同时还有二氧化碳释出。硫氰酸钠与硫酸汞作用时亦起同样的反应。



(2) 当氧化汞与中度过量的硫代硫酸钠溶液作用时, 则前者

在冷时将完全溶解，并形成硫代硫酸汞钠，且此时有氢氧化钠生成。因此欲测定氧化汞的含量时，可利用这个反应滴定其所释出的碱的浓度。



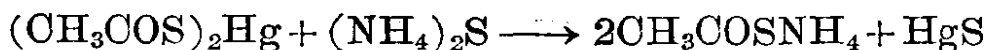
【70】 NH_4Br

在常温下，混悬于水的氧化汞与溴化铵作用时，即有溴化汞、水及氨形成。



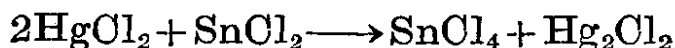
【71】 $(\text{NH}_4)_2\text{S}$

当硫化铵与硫代乙酸汞作用后，即按下列方程式发生复分解反应。



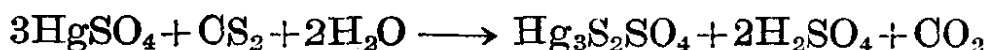
【72】 SnCl_2

氯化汞与氯化亚锡作用时，即有氯化锡和氯化亚汞生成。



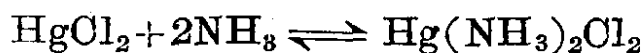
【73】 $\text{CS}_2 + \text{H}_2\text{O}$

当硫酸汞、二硫化碳和水在水浴上加热半小时后，任其冷却，即有硫酸二硫化三汞生成。



【74】 NH_3

(1) 氯化汞与气体氨反应生成“易熔白色沉淀”。



(2) 氯化汞与氨水反应生成氯化氨基汞白色沉淀。

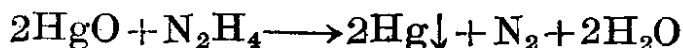


(3) 高氯酸汞与氨反应生成四氨合汞络合物。



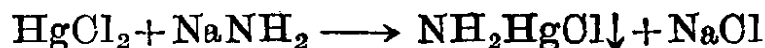
【75】 N_2H_4

氧化汞与肼作用后，即有金属汞、氮和水形成。



【76】 NaNH_2

(1) 当氨基(化)钠与过量的氯化汞作用后, 即有氯化氨基汞生成。



(2) 当过量的氨基(化)钠与液氨中的氯化汞反应后, 即有一些棕色的氮化汞形成。



【77】 S_2Cl_2

硫化汞与一氯化硫能发生缓慢的反应, 反应按下列方程式进行。



【78】 SOCl_2

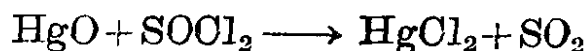
(1) 将氧化汞与大量过量的亚硫酰(二)氯置于封闭管中, 在 160°C 下加热后, 即有氯化汞、磺酰氯和一氯化硫生成。



(2) 当黄色氧化汞与亚硫酰(二)氯剧烈反应时, 有大量热放出, 并生成汞的氯化物的混合物。



(3) 将有限量的亚硫酰(二)氯与氧化汞置于封闭管中, 在 160°C 下加热后, 即有氯化汞和二氧化硫生成。

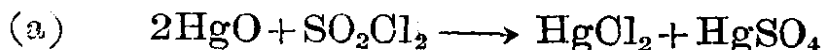


(4) 将硫化汞与亚硫酰(二)氯置于封闭管中, 在 150°C 下加热后, 即有氯化汞、二氧化硫和一氯化硫生成。



【79】 SO_2Cl_2

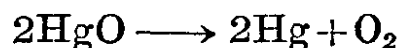
将黄色氧化汞与磺酰氯置于封闭管中, 在 150°C 下加热反应后, 其反应产物随氧化物和试剂的用量比例不同而有异: (a) 氧化汞过量, (b) 磺酰氯过量。





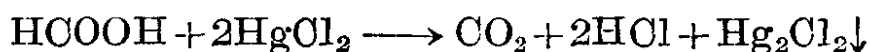
【80】 加热

氧化汞在 370~400°C 下加热时, 即分解为汞和氧气。

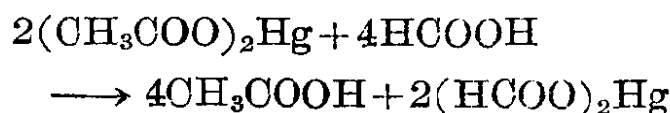


【81】 HCOOH

(1) 氯化汞与甲酸作用时, 即有氯化亚汞、二氧化碳及盐酸生成。

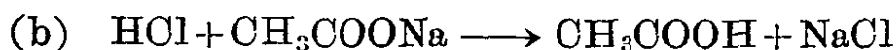


(2) 乙酸汞在室温下与甲酸反应, 在 15 小时内即有片状的甲酸汞沉出。若将溶液加热至气体快速释出时, 则反应明显加快; 但加热停止且经冷却后, 则又会立即生成沉淀。乙酸、甲醇或甲醛亦可发生类似反应。



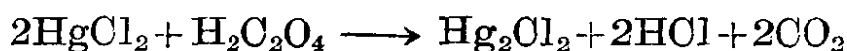
【82】 HCOOH + CH₃COONa

甲酸或甲酸钠可被氯化汞氧化。氢离子能阻止这个反应的进行, 因而常用乙酸钠除去。过量的氯离子亦能妨碍这个反应。



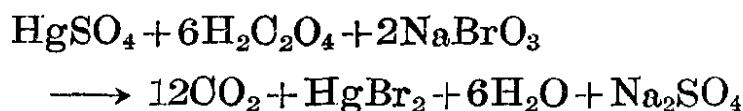
【83】 H₂C₂O₄

氯化汞的水溶液当直接暴露于日光时, 遇草酸后, 即被迅速还原为氯化亚汞。这个反应亦可被少量高锰酸钾溶液所催化。



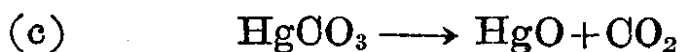
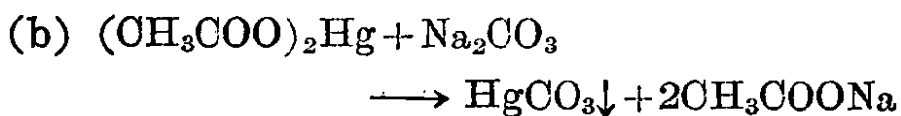
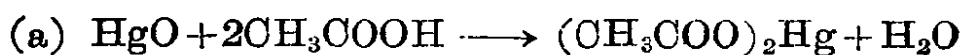
【84】 H₂C₂O₄ + NaBrO₃

在硫酸存在下, 草酸和硫酸汞可将溴酸盐还原为溴化物。



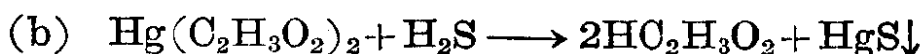
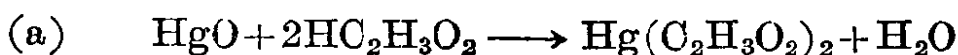
【85】 CH₃COOH + Na₂CO₃

在纯化氧化汞时, 可将其先与乙酸作用, 然后再与碳酸钠反应, 生成碳酸汞沉淀, 后者再经加热, 即得纯净的氧化汞。



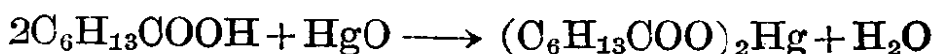
【86】 $\text{HC}_2\text{H}_3\text{O}_2, \text{H}_2\text{S}$

氧化汞软膏在分析其含汞量时,通常将软膏溶解于苯(13份)、冰乙酸(2份)和乙醇(5份)之混合液中,然后将其溶解后所得之澄清液,通入硫化氢之快速气流,约10分钟后即停止。



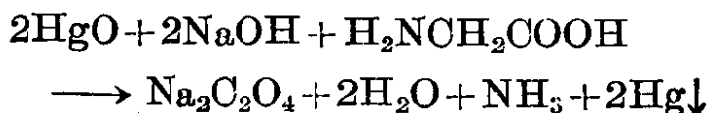
【87】 $\text{C}_6\text{H}_{13}\text{COOH}$

当黄色氧化汞与正己酸溶液一起振摇,经几天后形成己酸汞白色沉淀。



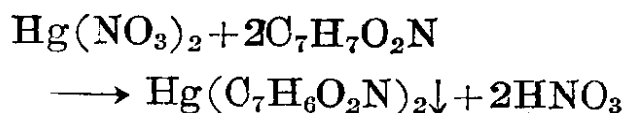
【88】 $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{COOH}$

当氧化汞与氨基乙酸的碱性溶液于90°C下反应后,即有汞沉出。同时有草酸钠(得率30%)生成。



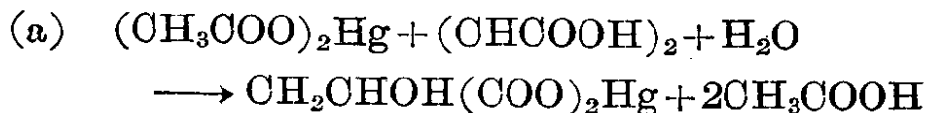
【89】 $\text{C}_7\text{H}_7\text{O}_2\text{N}$

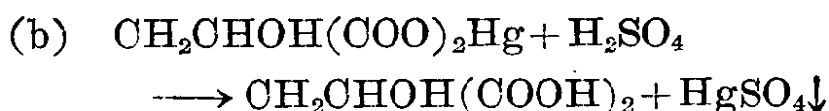
当硝酸汞与邻氨基苯甲酸(Anthranilic acid)作用时,即有结晶性沉淀生成。其反应如下:



【90】 $(\text{CHCOOH})_2$

当马来酸(丁烯二酸)与乙酸汞按下列方程式反应后,先形成中间产物羟基丁二酸汞,后者再与硫酸作用,则有羟基丁二酸和硫酸汞生成。





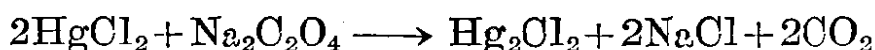
[91] HCOONa

当氯化汞和甲酸钠溶液混合后,在水浴上加热数小时,氯化汞即被还原。



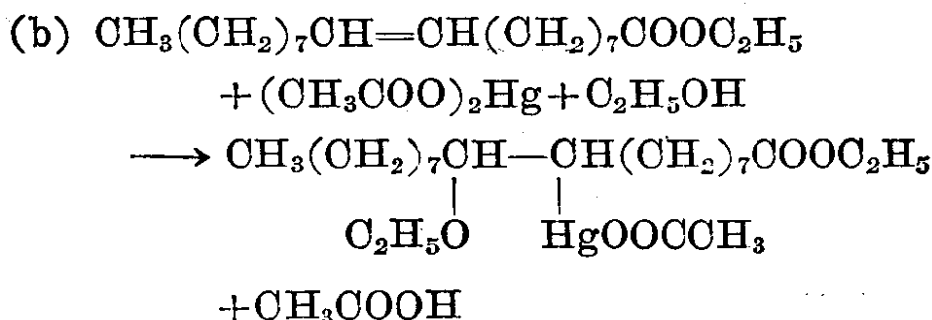
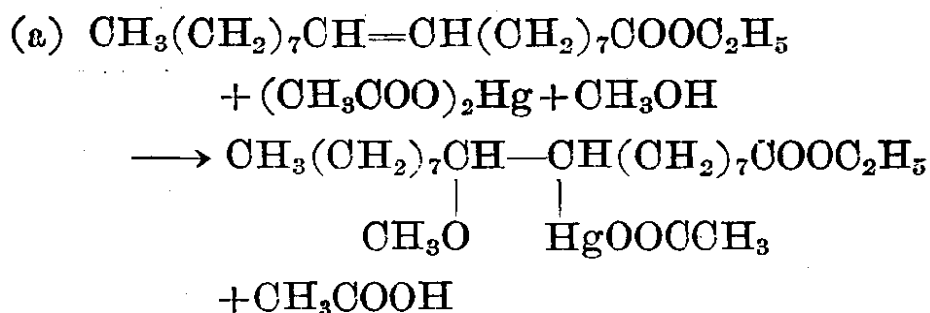
[92] Na₂C₂O₄

草酸盐可被氯化汞氧化。



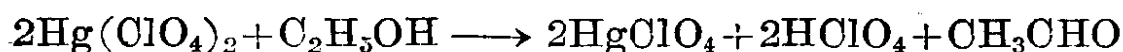
[93] C₁₇H₃₃COOC₂H₅ + CH₃OH、C₂H₅OH

将油酸乙酯(500克)、甲醇(500克)和乙酸汞(543克)混合后,于水浴上回流约3~4小时,直至溶液呈均匀状态,生成物经水稀释,分出重油,即得9-乙酸汞基-10-甲氧基硬脂酸乙酯(a)。如用乙醇代替甲醇,则亦可生成相应的化合物9-乙酸汞基-10-乙氧基硬脂酸乙酯(b)



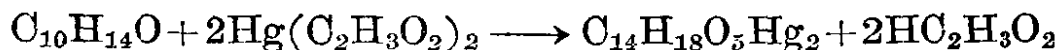
[94] C₂H₅OH

当乙醇与高氯酸汞一起煮沸,即有高氯酸亚汞、高氯酸和乙醛形成。



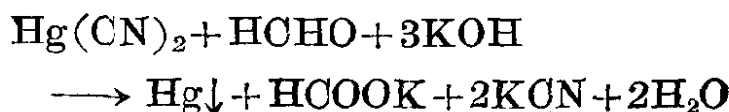
【95】 香芹酚(Carvacrol)

将乙酸汞和香芹酚之混合物溶解于加有冰乙酸之醇中, 然后在水浴上回流 $2\frac{1}{2}$ 小时。冷却后即有白色结晶二乙酰汞香芹酚形成。

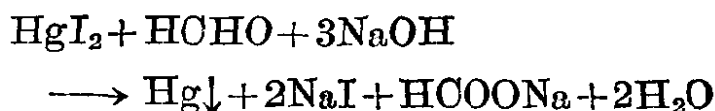


【96】 HCHO

(1) 当甲醛加至氰化汞的碱性溶液时, 即有定量的汞还原为金属汞。

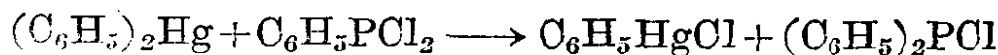


(2) 当碘化汞的碱性溶液(用氢氧化钠使之呈碱性)与甲醛在明胶的存在下作用时, 即有金属汞沉淀析出, 同时溶液呈棕色。



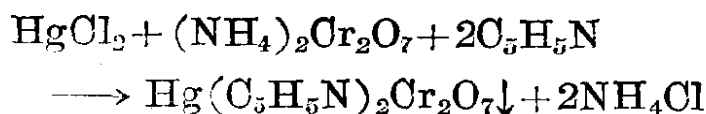
【97】 $\text{C}_6\text{H}_5\text{PCl}_2$

将干燥的二苯汞(35克)与苯基二氯化磷(30克)于 $220\sim 230^\circ\text{C}$ 下加热回流1小时后, 用苯萃取生成物, 后者再经蒸馏, 即得苯基氯化汞和二苯基一氯化磷。



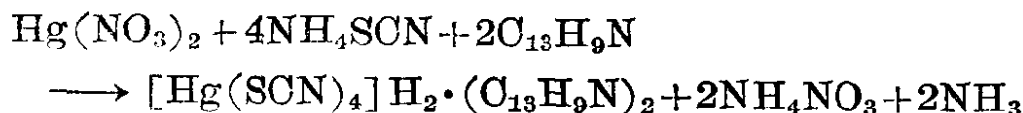
【98】 $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$ 、 $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

氯化汞与重铬酸铵及吡啶作用后, 即有黄色沉淀形成。



【99】 $\text{C}_{13}\text{H}_9\text{N}$ 、 NH_4SCN

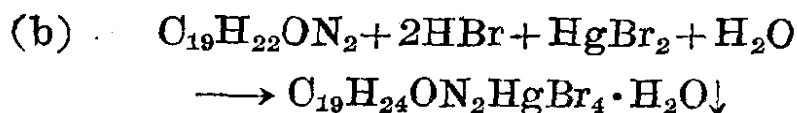
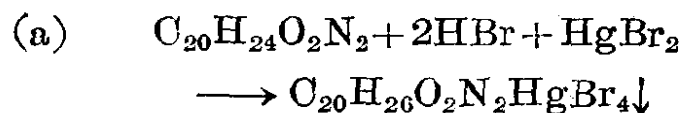
硝酸汞与硫氰酸铵及夹氮葱(Acridine, 又称吖啶)作用时, 即有特殊的结晶形成。



【100】 $\text{C}_{20}\text{H}_{24}\text{O}_2\text{N}_2$ 、 $\text{C}_{19}\text{H}_{22}\text{ON}_2$ + HBr

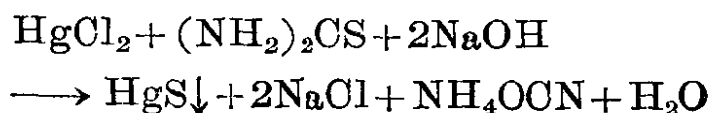
将溴化汞的稀溶液加至奎宁的稀酸性溶液中(含有过量的溴

化钾)后, 即有奎宁络合物(熔点 257°C) 沉出(a)。辛可宁($C_{19}H_{22}ON_2$)亦可形成相似的水合络合物沉淀(b), 后者在 130°C 失水, 246°C 熔化。



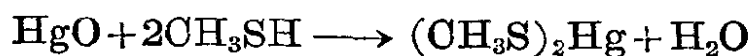
【101】 $(NH_2)_2CS$

当硫脲溶液加至徐徐煮沸的氯化汞溶液中(后者已用氢氧化钠使之呈微碱性者)时, 即有硫化汞沉淀析出, 沉淀可用水, 醇、二硫化碳洗涤而纯化之。



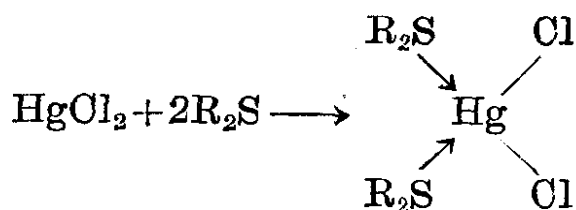
【102】 CH_3SH

当氧化汞与甲硫醇反应后, 即有甲硫醇汞形成。



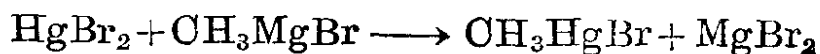
【103】 R_2S (硫醚)

$Hg(II)$ 是一个软酸与硫或磷之间能形成较强的化学键, 故 $HgCl_2$ 可与 R_2S 形成如下的加成物:



【104】 CH_3MgBr

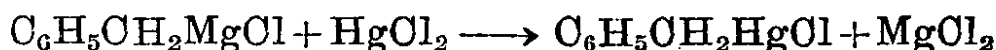
溴化汞与格氏试剂(CH_3MgBr)在乙醚中反应, 生成烷基汞卤化物。



有机汞化合物对空气和水都稳定, 由于它与其他金属反应仍很活泼, 常用来合成一些金属有机化合物。

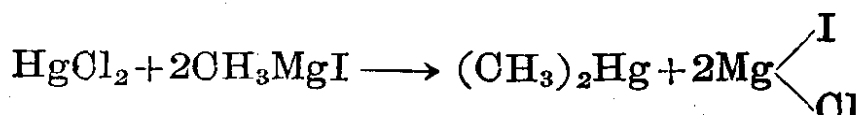
[105] $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{MgCl}$

氯化苄基镁与氯化汞反应后,即生成氯化苄基汞(熔点 107°C),本反应得率为 74%。



[106] CH_3MgI

当固体氯化汞加至格氏试剂(CH_3MgI)中,即有二甲基汞形成。



铜 Cu

铜在自然界中有天然铜,但主要是以化合物状态而存在,最重要的铜矿是黄铜矿 CuFeS_2 、辉铜矿 Cu_2S 、赤铜矿 Cu_2O 及孔雀石 $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\cdot\text{CO}_3$ 等。在地壳中铜的总含量比较少,不超过 0.01%。

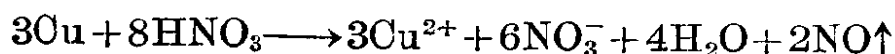
纯铜是浅玫瑰色有延展性及坚韧性的金属,易于压成薄片。密度 8.9 克/厘米³,熔点 1083°C 。铜非常容易导电及传热。在干燥空气中,铜几乎不变化,因为它表面上生成一层极薄的氧化物,此氧化物即能很好地防止铜被继续氧化;但如有水蒸汽及二氧化碳存在时,则铜的表面便盖有一层绿色的碱式碳酸铜 $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ 。铜在空气中加热则变为黑色的氧化铜,氧化铜在较高的温度时便分解,同时失去氧而变为氧化亚铜 Cu_2O 。

铜与氧、硫、卤素以及其他某些元素虽然可以直接化合,但它是一种不活泼的金属。

在电动序中,铜在氢的后面,故铜不能从酸中置换氢,因此单独的盐酸和单独的稀硫酸不能与铜作用,但有氧存在时,铜则溶解并生成对应之盐。



铜很易溶解于硝酸及热浓硫酸中。





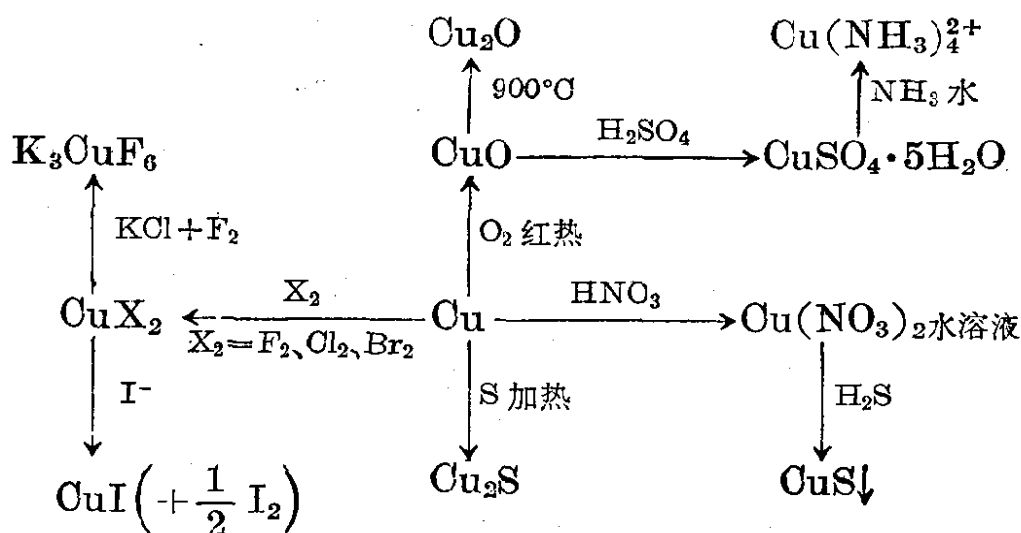
在溶液中 Cu^+ 离子是不稳定的, 它歧化为 Cu^{2+} 和 Cu , 因此 Cu^+ 只有在形成络离子如 $\text{Cu}(\text{CN})_4^{3-}$ 和 CuCl_2^- 时, 或以不溶的化合物, 如 CuCl 、 CuI 和 Cu_2S 的形式存在, 才是稳定的。

铜生成二类化合物, 即氧化亚铜 Cu_2O 和氧化铜 CuO 二种氧化物的对应衍生物。在第一类铜化合物中的铜是一价, 在第二类中则为二价。

二价铜的化合物中, 铜盐的水溶液呈蓝色或绿色, 但在无水状态时则为白色或黄色。

铜的氯化物、硝酸盐、硫酸盐和乙酸盐均溶解于水; 其余大多数铜盐则不溶于水, 但却迅速溶解于酸。

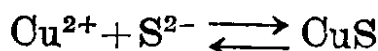
铜的主要化学反应提要:



铜离子的反应

【1】 硫离子

S^{2-} 离子在铜盐的中性或酸性溶液中生成黑色硫化铜沉淀。



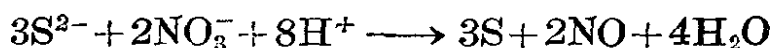
硫化铜有形成胶性溶液的倾向(能透过滤纸), 但溶液中如有某些电解质存在即可阻止之。当硫化铜(在潮湿状态)暴露于空气中, 则有氧化为可溶性硫酸盐的趋向, 这可以将沉淀用酸化的硫化

氨水洗涤防止之。

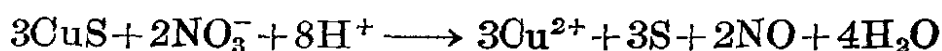
这个沉淀不溶于水、稀的非氧化酸、沸稀硫酸(与镉不同)及碱金属的氢氧化物和硫化物,仅微溶于多硫化铵及碱金属的多硫化物的溶液中。它甚易溶于热稀硝酸,并通过氧化而使 S^{2-} 离子氧化至游离硫。这或可想象通过下列反应而发生:



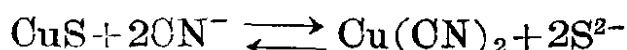
于是 S^{2-} 被硝酸根离子氧化:



其完全的反应是:



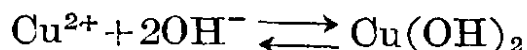
硫化铜溶解于氰化钾,因其形成络离子之故。



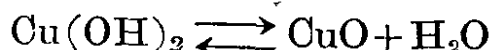
由铜离子所形成的氰化亚铜离子是最稳定的络离子;这个平衡溶液是任何铜盐含有最低铜离子浓度的溶液。因此所有高价铜化合物均能被过量的氰离子所溶解,同时高价铜离子即转变为络离子。硫化铜可溶解于氰化钾溶液中,由于在这个溶液中,亚铜离子的浓度,较在饱和的硫化亚铜溶液中所含有者为低。因此当硫化氢通入该溶液时,并没有硫化亚铜沉淀析出。这个反应在分离高价铜离子和镉离子时,是很重要的。

[2] OH^- 离子

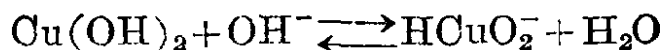
OH^- 离子遇冷的铜盐溶液生成蓝色氢氧化铜的沉淀。



当溶液被煮沸时,则蓝色沉淀即分解而有黑色氧化铜生成。



氢氧化铜甚易溶解于稀酸及过量的热而浓的碱金属氢氧化物溶液中。至于其后一反应,因为氢氧化铜是两性物,结果有铜酸盐形成。



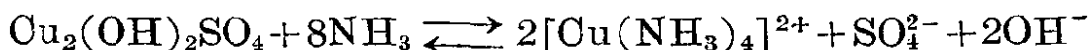
在第一个反应中,倘有酒石酸或柠檬酸存在于溶液中,则铜盐可不受苛性碱作用,致无氢氧化铜沉淀,但溶液则呈深蓝色。假定这个碱性溶液同某些还原剂,如羟胺(NH_2OH)、肼($\text{H}_2\text{N}-\text{NH}_2$)、葡萄糖及乙醛(CH_3CHO)作用时,则于热溶液中将有黄色氢氧化亚铜沉淀,后者在煮沸时即转变为红色氧化亚铜(Cu_2O)。铜盐的碱性溶液含有酒石酸者,常称为斐令(Fehling's)溶液,它含有 $\text{Na}_2(\text{OOC}\cdot\text{CHO})_2\text{Cu}$ 络盐。

【3】 氢氧化铵

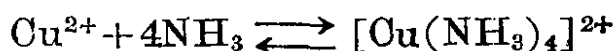
氢氧化铵在高价铜盐溶液中生成蓝色的碱式铜盐沉淀。



此沉淀甚易溶解于过量的氨水,并形成深蓝色溶液。

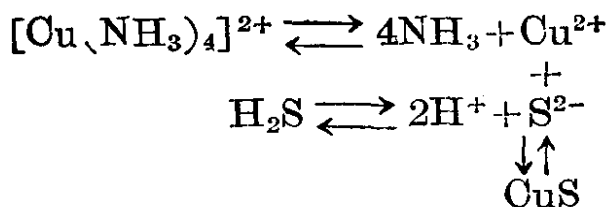


当氢氧化铵加入含有高浓度铵离子或是酸性的铜盐溶液中,则铵离子(已经存在者或因中和其酸而生成的铵离子)将抑制氢氧化铵的电离至不超出碱式铜盐的溶度积常数为止。因而铜盐将不再沉淀,结果形成络离子且溶液变为蓝色。

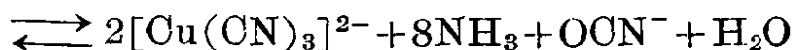
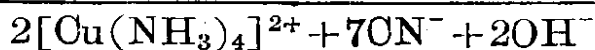
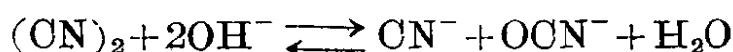
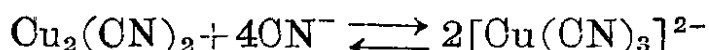
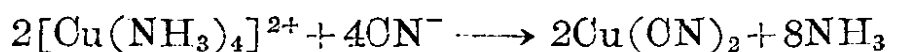


这个离子的染色力很大,故其蓝色的显现,乃可作为高价铜离子存在的良好试验。镍离子与氨形成络离子,但其蓝色却并不如铜离子显著。

$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 离子是中度稳定的离子,但它能离解而足被 S^{2-} 离子所分解,致有硫化铜沉淀析出。



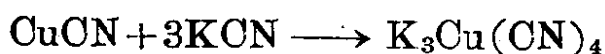
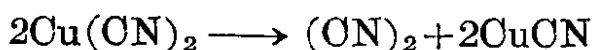
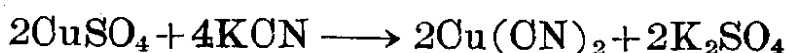
$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 离子亦可被 CN^- 离子所分解,而铜离子则转变为氰亚铜酸根离子。



当这个反应完全时,则溶液将变为无色。

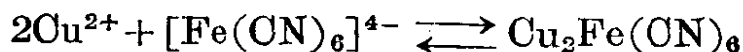
【4】 氰化钾溶液

氰化钾溶液与铜盐生成黄色氰化铜沉淀 $[\text{Cu}(\text{CN})_2]$,后者迅速分解为氰化亚铜(CuCN)和 $(\text{CN})_2$ 。氰化亚铜溶解于过量的氰化钾而形成无色络盐溶液,即氰亚铜酸钾 $[\text{K}_3\text{Cu}(\text{CN})_4]$,在这个无色溶液中铜离子浓度是低得不能够与硫化氢发生沉淀(与镉不同)。

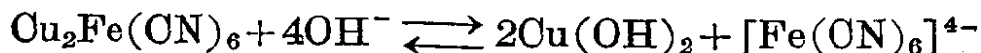


【5】 氰亚铁酸根离子

氰亚铁酸根离子(Ferrocyanide ion)在铜盐的中性或酸性溶液中,生成铜色氰亚铁酸铜的沉淀。



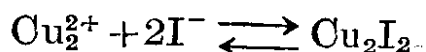
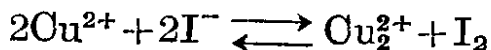
这个沉淀不溶于水及稀酸,但溶于氢氧化铵而形成蓝色 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 离子。它亦能被碱金属的氢氧化物所分解。



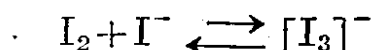
当溶液中铜离子的量并不大到足以形成氰亚铁酸铜(Cupric ferrocyanide)沉淀时,则胶状氰亚铁酸铜的颗粒将使溶液呈玫瑰色。这是组成铜离子最敏感的试验。

【6】 碘离子

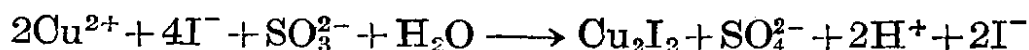
碘离子遇铜盐溶液生成白色碘化亚铜和游离碘的混合物。



碘可溶解于过量的碘离子(I^-)中而形成棕色溶液。

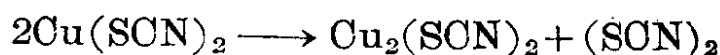
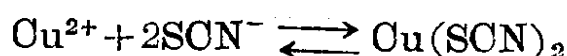


这个溶液如用亚硫酸处理,即得白色碘化亚铜,但无游离碘。

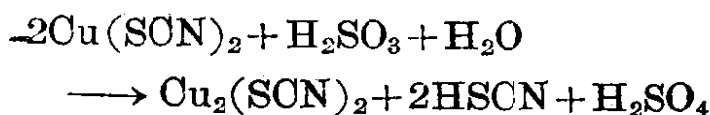


【7】 硫氰酸根离子

硫氰酸根离子与铜离子作用时,其所发生的反应与碘化物及氰化物相似,即作用为还原剂而使铜离子转变为亚铜离子,于是亚铜离子即沉淀为白色硫氰酸亚铜。在开始时,先形成硫氰酸铜,后者自发分解。



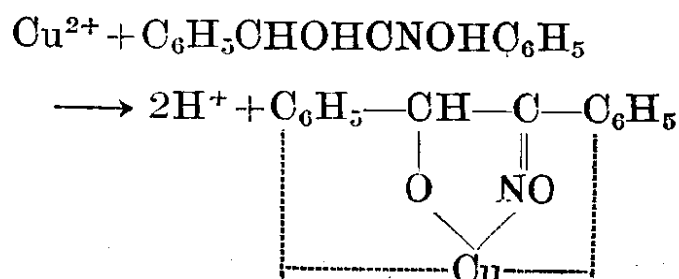
当与亚硫酸作用时,即立即发生还原反应。



硫氰酸亚铜不溶于水和稀盐酸及稀硫酸中。

【8】 试铜灵

试铜灵(Cupron; α -benzoinoxime)在铜盐的中性或氨性溶液中生成黄绿色沉淀

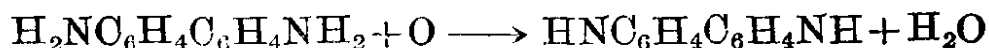
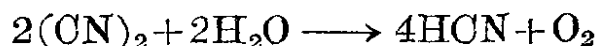
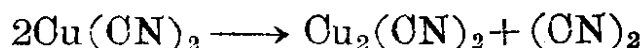
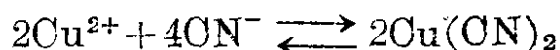


这个沉淀容积庞大,且不溶于氢氧化铵,因其分子中铜的配位价已告满足,不能再与氨分子络合。因此,倘溶液被稀释至 $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ 离子的蓝色不能再见到时,仍可利用这个方法检验铜。高浓度的铵盐将妨碍沉淀的形成,故当注意避免。

【9】 联苯胺

联苯胺(Benzidine)在碘化物、氰化物或硫氰酸盐存在下,可被铜离子氧化为蓝色醌式化合物,同时铜离子被还原为亚铜离子,

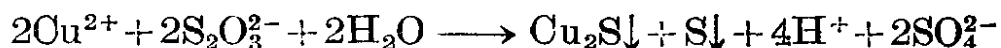
其反应式如下:



这个亚胺(Imine)与另一个联苯胺分子作用,生成蓝色附加物 $\text{H}_2\text{NC}_6\text{H}_4\text{C}_6\text{H}_4\text{NH}_2 \cdot \text{HNC}_6\text{H}_4\text{C}_6\text{H}_4\text{NH}$ 。

【10】 硫代硫酸钠

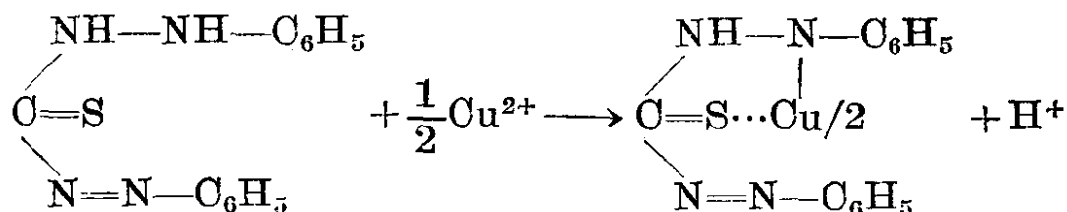
硫代硫酸钠在中性或酸性的铜盐溶液中,由于生成络盐,结果溶液的颜色消失。如将所得的溶液加热至沸,则生成深棕色的硫化亚铜和硫的混合物沉淀。



Cu^{2+} 离子在酸性环境中与 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 作用时并不生成硫化物沉淀,故可应用这个反应将 Cu^{2+} 离子与 Cd^{2+} 离子分离。

【11】 双硫腙

双硫腙与铜盐在中性或氨性溶液或在含有铵盐的溶液中,生成淡黄棕色的沉淀。

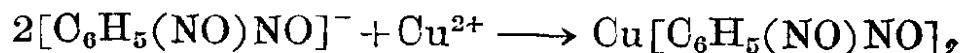


这个反应倘无贵金属和汞存在时,往往可以测定到 0.1 微克的铜,因为铜较其他金属离子与双硫腙的作用有较大的倾向。

取试液一滴(中性或微氨性溶液)与一滴(1~2 毫克双硫腙/100 毫升四氯化碳)溶液共剧烈振摇,倘有 0.03 微克以上之铜存在时,则绿色试剂将变为淡黄棕色。

【12】 试铜铁灵 Cupferron (Ammonium salt of nitrosophenylhydroxylamine)

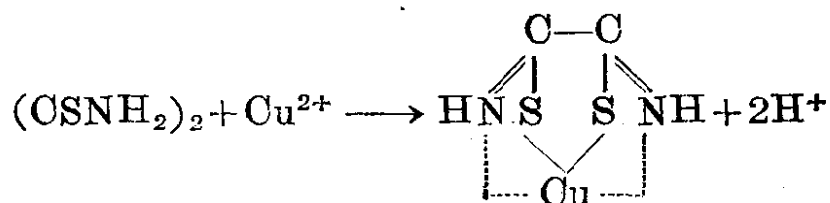
试铜铁灵加至酸性铜盐溶液中即有下列的沉淀生成:



此沉淀溶解于氨水而成蓝色溶液。

【13】 二硫代乙二酰胺

二硫代乙二酰胺[Rubeanic acid, $(\text{CSNH}_2)_2$]与氨性或弱酸性的铜盐溶液作用,生成下列的黑色沉淀:

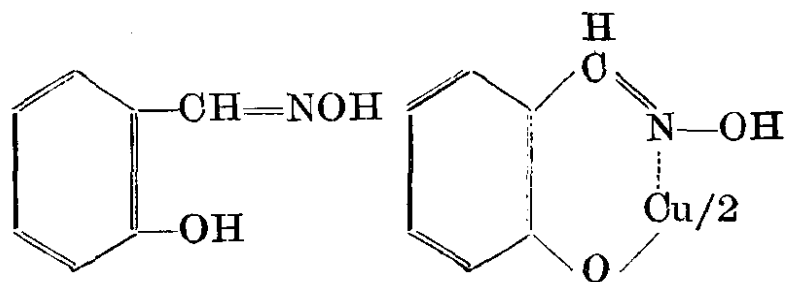


当有氰化钾溶液存在时,即不发生沉淀。

铜和镍都与二硫代乙二酰胺生成棕色或蓝色沉淀,但铜的试验甚为灵敏,往往可以在镍和钴的同时存在下,仍可进行铜的检定。

【14】 水杨醛肟

水杨醛肟(Salicylaldoxime)在乙酸溶液中与铜离子产生灰绿黄色沉淀,后者系一内络合物,亦称为螯合物(Chelate compound)。通常以五个或六个原子结成的环,最为安定。本试验非常灵敏(0.5微克),且为铜所专有。其他金属仅在中性或弱碱性溶液内,才与水杨醛肟产生沉淀。

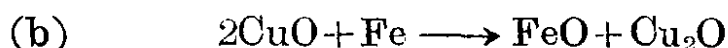
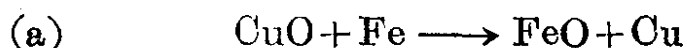


水杨醛肟

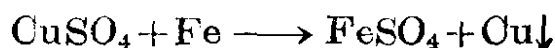
水杨醛肟化铜

【15】 Fe

(1) 当氧化铜与铁共热时,即有氧化亚铁形成。

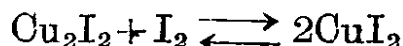


(2) 当金属铁放入硫酸铜溶液中时,铁乃置换铜,致有金属铜沉淀出来。

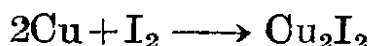


【16】 I₂

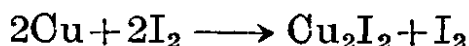
(1) 碘化亚铜和碘作用时,生成下列的可逆反应。



(2) 金属铜与碘的盐酸溶液反应,即生成碘化亚铜。

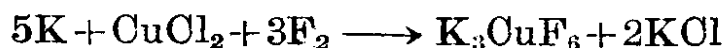


(3) 经微热的铜与碘作用后,即生成碘化亚铜和碘。



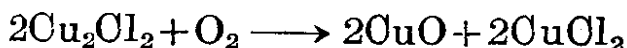
【17】 K + F₂

三价铜化合物较不多见,可由氯化铜与钾及氟一起加热反应而得。

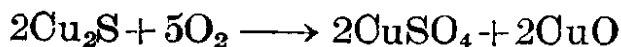


【18】 O₂

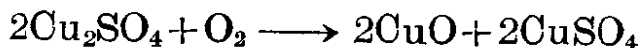
(1) 氯化亚铜可被空气中的氧,氧化为氧化铜和氯化铜。



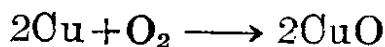
(2) 硫化亚铜在空气中加热时,即有硫酸铜和氧化铜生成。



(3) 干燥的硫酸亚铜在室温时,于干燥的空气中,可徐徐发生氧化。在 200°C 时硫酸亚铜与一个原子氧结合,而转变为淡棕黑色的氧化铜和硫酸铜的混合物。

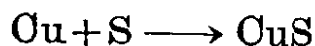


(4) 将氧气流通至红热的铜,即有氧化铜生成。

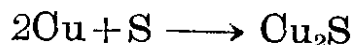


【19】 S

(1) 铜丝圈或铜粉与硫的二硫化碳溶液反应,即形成硫化铜。

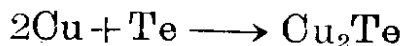


(2) 铜与硫共熔化,即形成硫化亚铜。



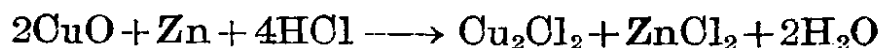
【20】 Te

当铜与碲结合,即形成碲化亚铜。



[21] Zn + HCl

将 14.2 份氧化铜和 7 份锌粉的混合物(小量)加至浓盐酸中, 即有氯化亚铜形成。



[22] BaO₂

当氧化亚铜和过氧化钡共混合加热时, 即有黑色氧化铜形成。



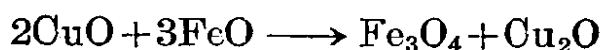
[23] Cu₂O

氧化亚铜与硫化亚铜作用后, 即有金属铜形成。



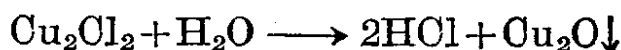
[24] FeO

氧化铜与氧化亚铁在高温下作用时, 即发生下列的反应。

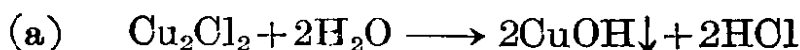


[25] H₂O

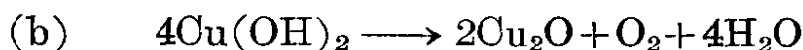
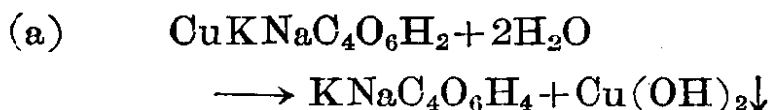
(1) 当新鲜沉淀的氯化亚铜用水洗涤时, 则在溶液中有氯化氢形成, 并有氧化亚铜沉淀析出。



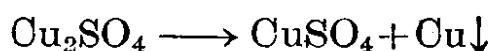
(2) 氯化亚铜遇水即分解为氢氧化亚铜和盐酸, 或分解为氯化铜和金属铜。



(3) 当斐令溶液中和时所形成的络合物水解后, 即有胶性氢氧化铜生成; 后者倘与还原糖作用后, 将还原为氧化亚铜。



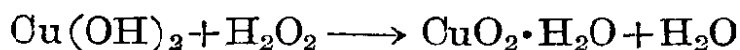
(4) 硫酸亚铜在水中, 即分解为硫酸铜和金属铜。



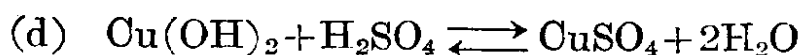
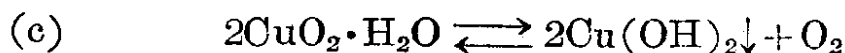
[26] H₂O₂

(1) 当分散得很好的氢氧化铜在 0°C 被 (15~30)% 过氧化氢

氧化时, 即有棕色过氧化铜形成(假定溶液呈中性反应)。

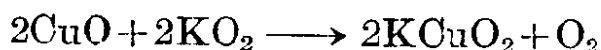


(2) 过氧化氢的分解速度将因若干铜离子的存在而大大加快:



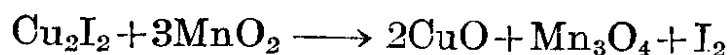
【27】 KO_2

氧化铜与过二氧化钾一起加热作用, 即有下列反应产物生成。



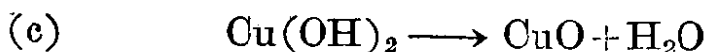
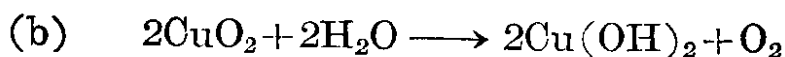
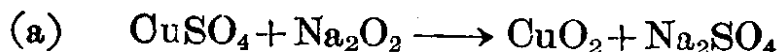
【28】 MnO_2

当碘化亚铜与二氧化锰共加热时, 即有下列反应产物生成。



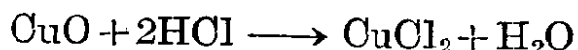
【29】 Na_2O_2

过氧化铜在碱性溶液中很不稳定。当硫酸铜被过氧化钠氧化时, 其所生成的过氧化铜将分解而形成氧化铜。

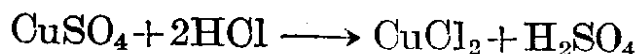


【30】 HCl

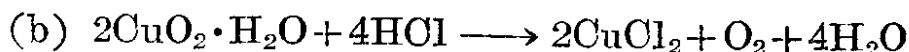
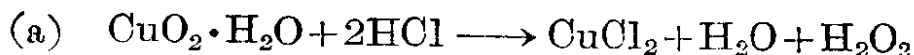
(1) 当氧化铜溶解于盐酸时, 即有氯化铜和水形成。



(2) 当干燥的氯化氢气体与硫酸铜作用时(在 450°C), 则有定量的硫酸被置换出来。

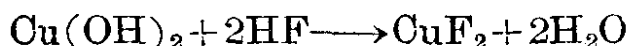


(3) 当过氧化铜的一水合物与稀盐酸作用时, 即有氯化铜、过氧化氢、水及小量的氧生成。



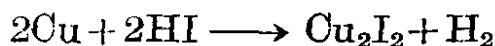
[31] HF

当氢氧化铜溶解于氢氟酸时, 即有氟化铜形成。



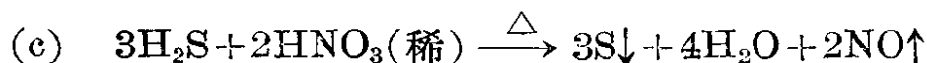
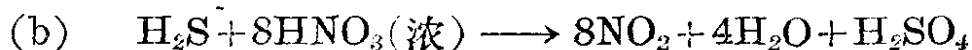
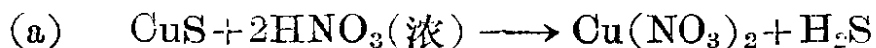
[32] HI

在封闭管内, 金属铜能徐徐溶解于液体氢碘酸中, 即生成碘化亚铜。

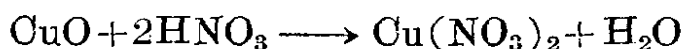


[33] HNO₃

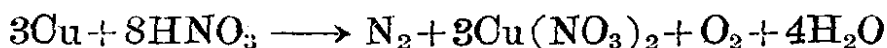
(1) 当硫化铜溶解于硝酸时, 即有硝酸铜和硫化氢形成。而所形成的硫化氢则被硝酸氧化为硫酸, 同时还有二氧化氮和水生成。



(2) 当氧化铜溶解于硝酸时, 即有硝酸铜和水形成。



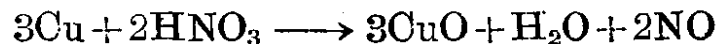
(3) 铜与硝酸在浓的硝酸铜溶液中反应, 即有很纯的氮气形成。



(4) 金属铜经稀硝酸处理后, 即有硝酸铜形成。

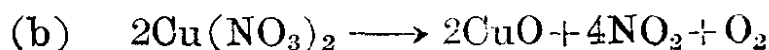


(5) 在高温下, 铜被硝酸氧化后, 即生成氧化铜。



[34] HNO₃ + H₂

为了制备纯铜, 可先将铜溶解于硝酸, 经加热后, 即生成氧化铜, 后者再以氢气还原, 即得纯铜。

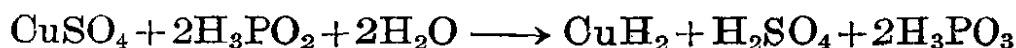


【35】 H_3PO_2

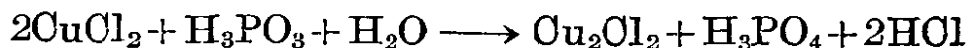
(1) 氯化铜遇次磷酸即被还原为氯化亚铜。



(2) 当硫酸铜与次磷酸作用时, 即有 CuH_2 形成。

**【36】 H_3PO_3**

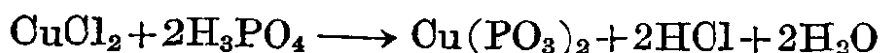
(1) 氯化铜遇亚磷酸即被还原至氯化亚铜。



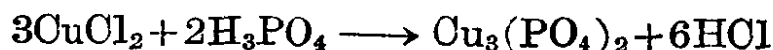
(2) 亚磷酸能还原硫酸铜为金属铜。

**【37】 H_3PO_4**

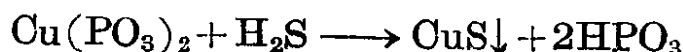
(1) 当氯化铜与磷酸在砂浴上加热至 400°C 时, 即有偏磷酸铜形成。



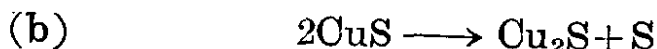
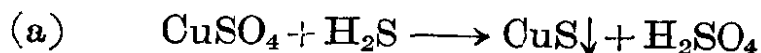
(2) 当氯化铜与微过量的浓磷酸在蒸汽浴上作用时, 即有磷酸铜形成。

**【38】 H_2S**

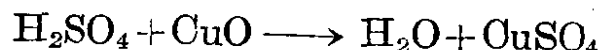
(1) 当偏磷酸铜细粉粒用硫化氢溶液处理 16 小时后, 则有硫化铜和偏磷酸生成。



(2) 在室温情况下硫酸铜与硫化氢作用时, 即有纯粹的硫化铜沉淀析出。倘继续与 H_2S 作用, 或在沉淀时而将溶液煮沸, 则将有 5% 硫化铜被还原至硫化亚铜。

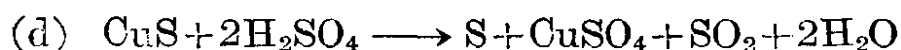
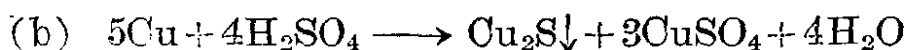
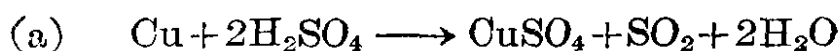
**【39】 H_2SO_4**

(1) 当硫酸与氧化铜作用时, 即有水和硫酸铜形成。

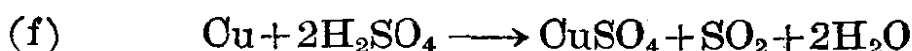
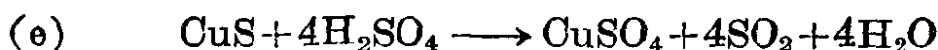
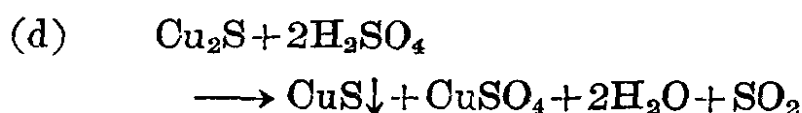
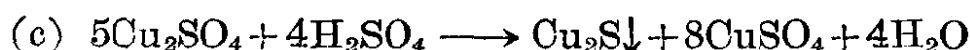
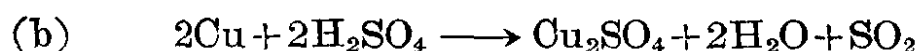
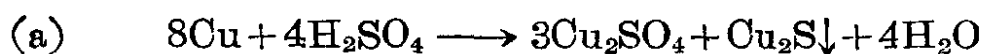


(2) 当铜与浓硫酸(密度 1.843 克/厘米^3)作用时, 可分二步

进行，每步均同时有二个反应发生，第一步为(a)(b)，第二步为(c)(d)。有些反应可在低于 19°C 下进行，但高于 270°C 则不会形成硫化物。

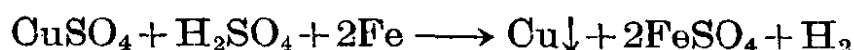


(3) 金属铜与热的浓硫酸反应，可按下列几步进行。其中反应(a)在低温下进行，方程式(f)是多个复杂反应的综合式。



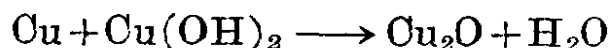
[40] $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Fe}$

当将铁加至酸化的硫酸铜溶液时，即有铜沉淀析出。



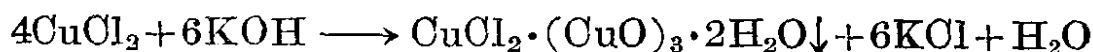
[41] $\text{Cu}(\text{OH})_2$

铜可被氢氧化铜氧化为氧化亚铜。如再加入少量硝酸铵或其它铵盐时，则氧化亚铜即可溶解于氨中。



[42] KOH

(1) 氯化铜溶液(0.1 摩/升)和氢氧化钾溶液(0.2 摩/升)在 85°C 作用时，即有沉淀形成。

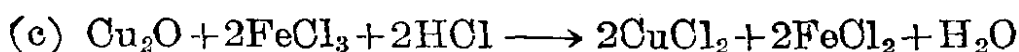
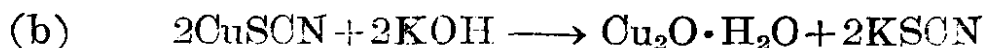
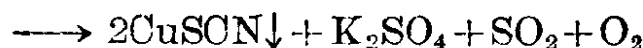


(2) 硫酸铜溶液与氢氧化钾溶液在冷时作用时，即有碱式盐沉淀形成。



【43】 KOH + KSCN

当硫酸铜溶液与硫氰酸钾处理时，即有硫氰酸亚铜沉淀析出。此沉淀倘与氢氧化钾溶液共煮沸时，则其所形成的水合氧化亚铜，在盐酸参加的情况下将还原氯化铁。



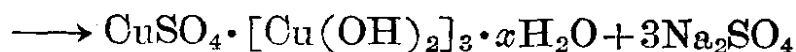
【44】 KOH + (NH₂OH)₂·2HCl

当硫酸铜溶液与盐酸羟胺和氢氧化钾的混合溶液作用时，即有氧化亚铜形成。

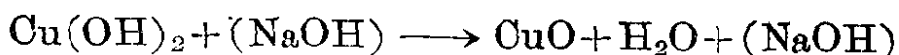


【45】 NaOH

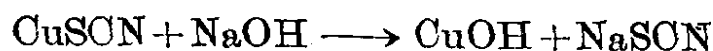
(1) 在相当于1与3之比的情况下，氢氧化钠能使硫酸铜、硝酸铜和氯化铜的溶液沉淀为碱式盐。在低的或很高的pH值的情况下，这些盐的碱性性质并不一致。



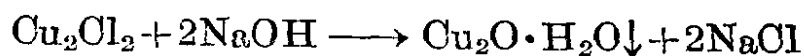
(2) 结晶性氢氧化铜用浓的碱溶液(在室温时)处理时，或与氨水(在25°C)共振摇时，则将转变为氧化铜。



(3) 硫氰酸亚铜遇热的苛性钠溶液后，即分解而形成氢氧化亚铜和硫氰酸钠。

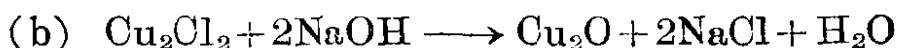
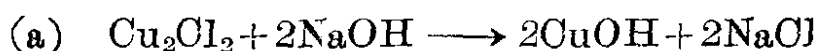


(4) 当氯化亚铜的盐酸溶液加至氢氧化钠的稀溶液中，即有水合氧化亚铜形成。



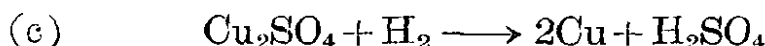
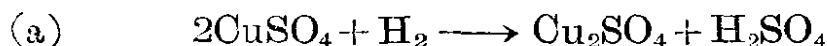
(5) 当氯化亚铜与氢氧化钠的稀溶液作用时，即有橙色氢氧化亚铜形成(在冷时)(a)；当与热的氢氧化钠作用时，则有氧化亚

铜形成(b)。



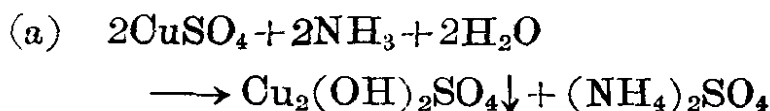
[46] NaOH + H₂

当铜盐被氢气流还原时(在氢氧化钠参加下), 即有金属铜和氧化亚铜沉淀生成。



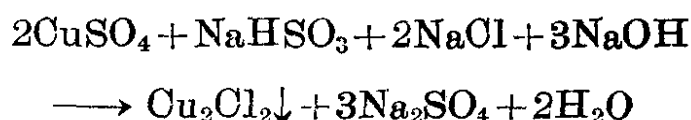
[47] NaOH + NH₃

当氨水加至硫酸铜的沸溶液时, 即有绿色碱式硫酸铜沉淀析出, 后者与氢氧化钠研磨时, 即有氢氧化铜形成。



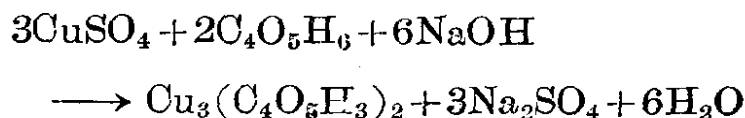
[48] NaOH + NaHSO₃

当亚硫酸氢钠在小量氯化钠参加下, 与硫酸铜作用后, 再以足量的氢氧化钠中和上述反应所释出的硫酸, 结果有白色结晶性氯化亚铜沉淀析出。



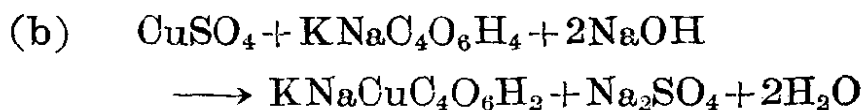
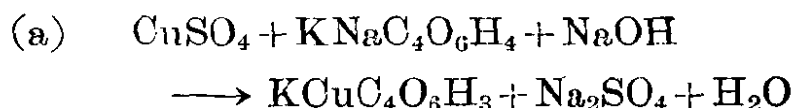
[49] NaOH + C₄O₅H₆

当 2 摩苹果酸和 3 摩硫酸铜的溶液用氢氧化钠中和时, 即有结晶性加成化合物形成。



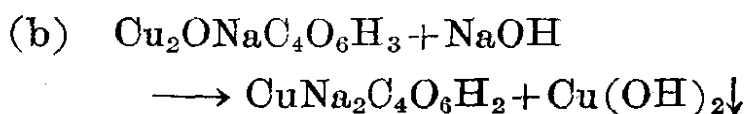
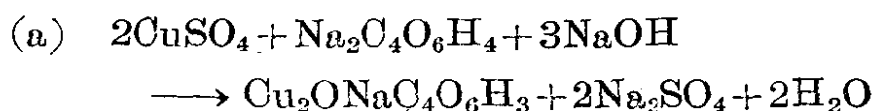
[50] NaOH + KNaC₄O₆H₄

当等摩的硫酸铜和酒石酸钠钾的混合溶液, 被氢氧化钠中和时, 即有两种络合物形成。



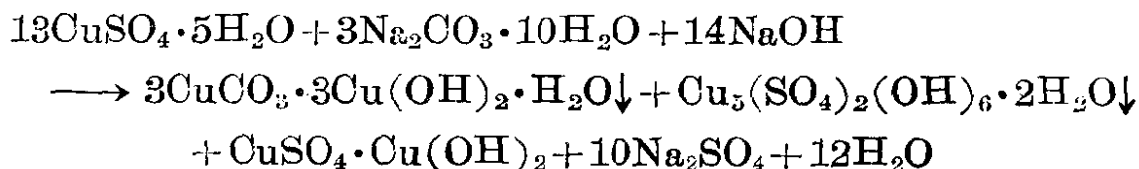
【51】 $\text{NaOH} + \text{Na}_2\text{C}_4\text{O}_6\text{H}_4$

当1摩酒石酸钠和2摩硫酸铜的溶液用氢氧化钠中和时，即有两种络合物形成。



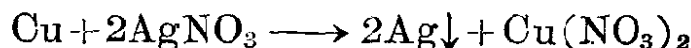
【52】 $\text{NaOH} + \text{Na}_2\text{CO}_3(\text{NaHCO}_3)$

当硫酸铜与碳酸钠溶液混合时(1摩硫酸铜与0.93摩碳酸钠)，则硫酸铜乃完全转变为三种不同的化合物，即不溶性的水合碳酸铜(形成大型沉淀)；不溶性的水合碱式硫酸铜及可溶性的碱式硫酸铜。这些化合物是在步尔根地液(Burgundy mixture)中形成，至于其沉淀的百分组成则与温度等有很大的关系。如果应用碳酸氢钠，则亦有相同的化合物形成。



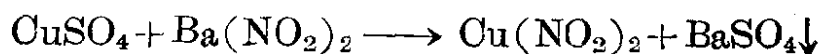
【53】 AgNO_3

当金属铜与硝酸银溶液反应，即有金属银沉出。



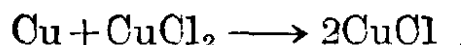
【54】 $\text{Ba}(\text{NO}_2)_2$

当硫酸铜和亚硝酸钡作用时，因发生复分解而有亚硝酸铜生成。



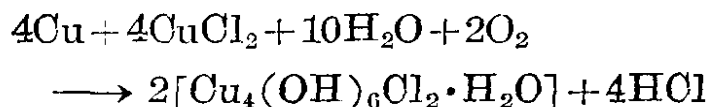
【55】 CuCl_2

铜与过量的氯化铜溶液反应，即形成氯化亚铜。



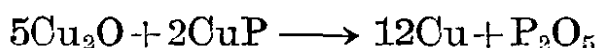
【56】 $\text{CuCl}_2 + \text{O}_2$

在氧的存在下,铜与氯化铜溶液作用,即形成碱式氯化铜。



【57】 CuP

制造红色玻璃的原料磷化铜与氧化亚铜作用时,即有铜生成。



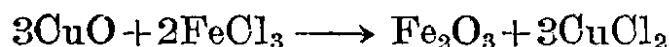
【58】 Cu_2S

当硫化亚铜与氯化铜溶液作用时,即有硫沉出,同时在溶液中还留有氯化亚铜。

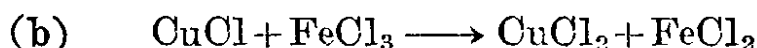
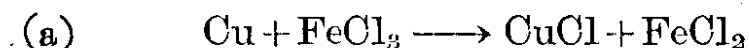


【59】 FeCl_3

(1) 当氧化铜与氯化铁共加热时,即有三氧化二铁和氯化铜形成。



(2) 金属铜与氯化铁溶液作用,先按(a)反应,再按(b)继续反应,生成氯化铜。

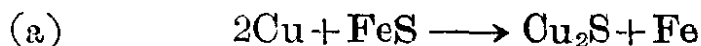


【60】 FeS

(1) 当硫化亚铁与氯化铜溶液作用时,即有硫沉出,同时在溶液中留有氯化亚铜和氯化亚铁。



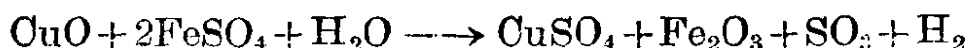
(2) 铜溶解于熔化的硫化亚铁中,即形成硫化亚铜(a)。硫化镍亦可发生类似反应(b)。



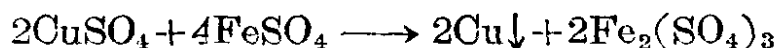
【61】 FeSO_4

(1) 当氧化铜溶解于硫酸亚铁溶液时,即有硫酸铜、氧化铁、

三氧化硫及氢形成。



(2) 当含有硫酸亚铁之酸化的硫酸铜溶液电解时, 铜即沉积在阴极上。

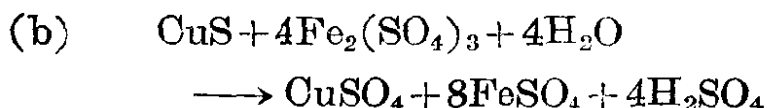
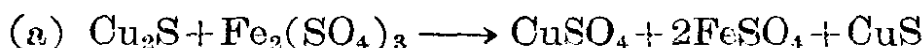


[62] $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$

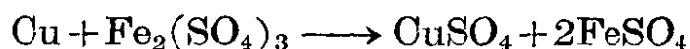
(1) 当硫酸铁溶液溶解氧化铜时, 即有硫酸铜和三氧化二铁形成。



(2) 当从黄铁矿中用硫酸铁溶液(作为沥取剂)提取铜时, 即发生下列的反应。

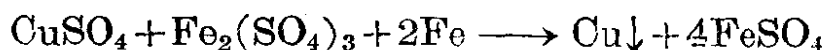


(3) 硫酸铁溶液溶解铜后, 即形成硫酸铜和硫酸亚铁。



[63] $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Fe}$

当铁加至含有硫酸铁之酸化的硫酸铜溶液中时, 即有金属铜沉淀析出。



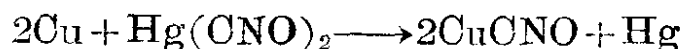
[64] $\text{Hg}(\text{CN})_2$

铜与液氨中的氰化汞作用后, 随着生成氰化铜和氰化亚铜的同时, 又有金属汞会慢慢地析出。



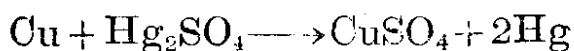
[65] $\text{Hg}(\text{CNO})_2$

在氢气存在下, 当 20 毫升粘性的铜汞齐与雷酸汞于水中长时间振摇, 即有淡灰色雷酸亚铜沉淀析出。



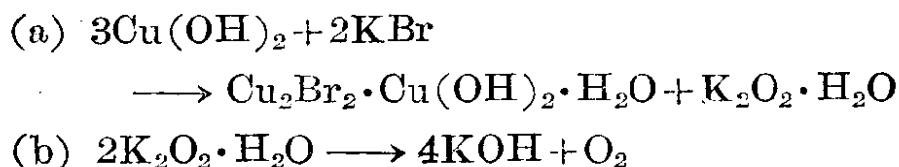
[66] Hg_2SO_4

铜与硫酸亚汞反应后, 即有硫酸铜和汞形成。



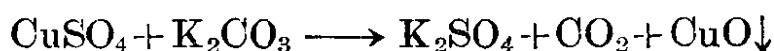
【67】 KBr

当氢氧化铜与溴化钾溶液作用时, 即有氧生成。



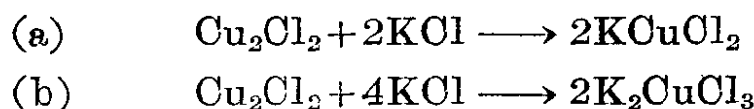
【68】 K₂CO₃

当硫酸铜溶液(含铜量为1克/升)加至稍过量的碳酸钾中, 并煮沸半小时, 即有氧化铜沉淀生成。



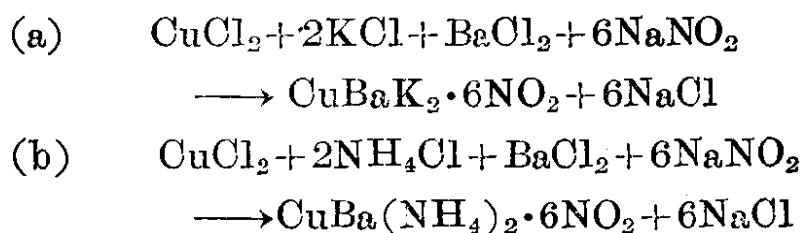
【69】 KCl

氯化亚铜与氯化钾的稀溶液作用时, 即生成氯化钾铜的络盐。



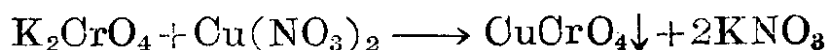
【70】 KCl + BaCl₂ + NaNO₂

当氯化铜和氯化钾共溶解于亚硝酸钠溶液后, 再与氯化钡(在亚硝酸钠溶液中)溶液作用时, 即有绿色结晶生成。倘以氯化铵代替氯化钾时, 亦可得到相同形式的反应。



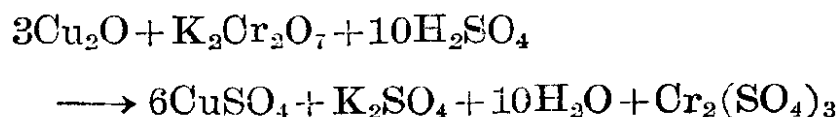
【71】 K₂CrO₄

当硝酸铜溶液与铬酸钾混合时, 即有铬酸铜形成。



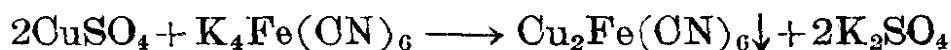
【72】 K₂Cr₂O₇ + H₂SO₄

氧化亚铜在稀硫酸中可被重铬酸钾氧化。

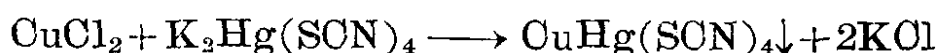


[73] $K_4Fe(CN)_6$

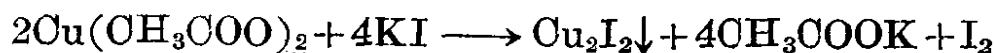
当硫酸铜经硫酸微予酸化后与亚铁氰化钾(氰亚铁酸钾)作用时, 即有氰亚铁酸铜形成。

**[74] $K_2Hg(SCN)_4$**

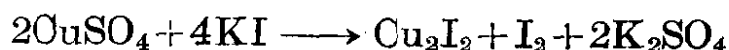
当氯化铜溶液与硫氰酸汞钾溶液作用时, 即有绿色硫氰酸汞铜形成。

**[75] $KI(NaI)$**

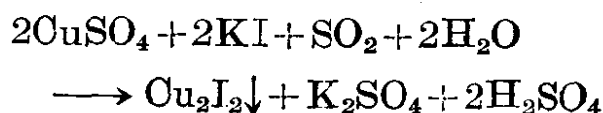
(1) 当乙酸铜与碘化钾作用时, 即有碘化亚铜沉淀析出, 同时有游离碘生成。



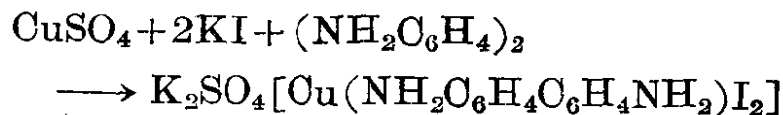
(2) 当硫酸铜和碘化钾作用时, 即有碘化亚铜、碘及硫酸钾生成。碘化钠亦有相同的作用发生。

**[76] $KI + H_2SO_3$**

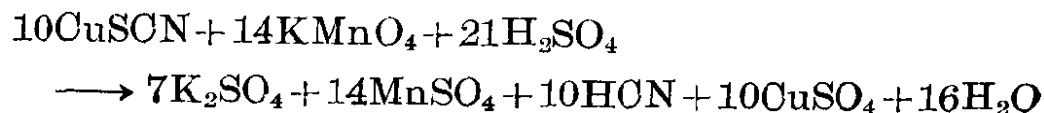
硫酸铜的溶液经用亚硫酸饱和后, 再与碘化物作用, 则立刻有碘化亚铜沉淀形成。

**[77] $KI + (NH_2C_6H_4)_2$**

硫酸铜与碘化钾和 1% 联苯胺的乙醇溶液反应后, 即形成不溶于水的蓝色沉淀。

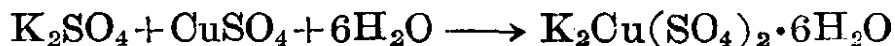
**[78] $KMnO_4 + H_2SO_4$**

硫氰酸亚铜在硫酸的存在下遇高锰酸钾后, 即被氧化为硫酸铜。

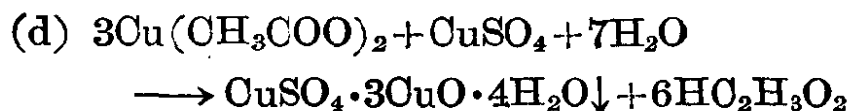
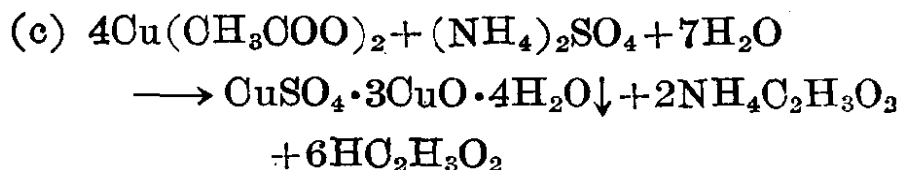
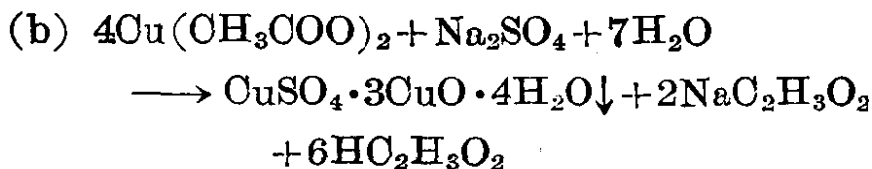
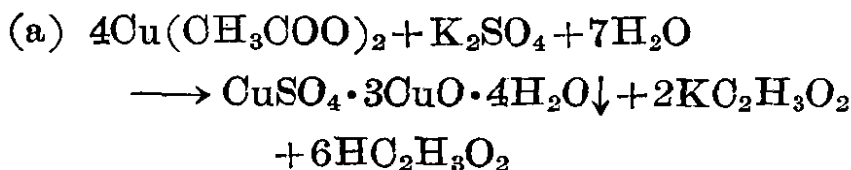


[79] $K_2SO_4 + H_2O$

当等摩的硫酸铜与硫酸钾的溶液经混合后,任其结晶,即有六水合硫酸钾铜形成。

**[80] K_2SO_4 、 Na_2SO_4 、 $(NH_4)_2SO_4$ 、 $CuSO_4$**

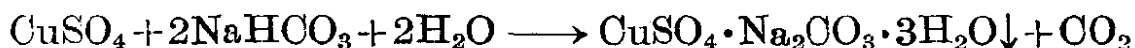
当乙酸铜的热溶液与硫酸钾作用时,即有蓝淡绿色的碱式硫酸铜沉淀形成(不溶于水)。硫酸钠、硫酸铵及硫酸铜亦有相同形式的反应发生。

**[81] $MgCl_2$**

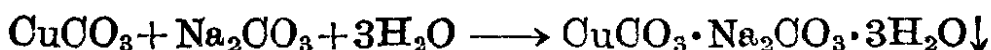
氧化亚铜溶解于氯化镁的热溶液中时,即有氢氧化镁和氯化亚铜生成。

**[82] $NaHCO_3$**

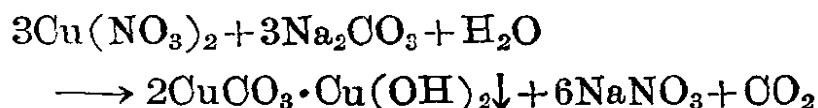
当硫酸铜和碳酸氢钠的浓溶液共混合时,即有蓝色溶液形成,且经 24 小时后即有复盐析出。

**[83] Na_2CO_3**

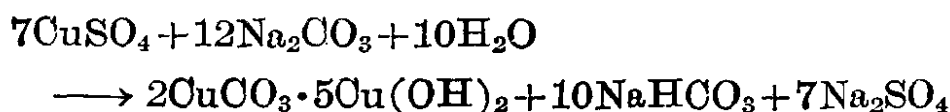
(1) 将碳酸铜溶解于含有碳酸氢钠的碳酸钠溶液中,即有深蓝色溶液形成。将溶液静置,则有淡蓝色的复盐结晶析出。



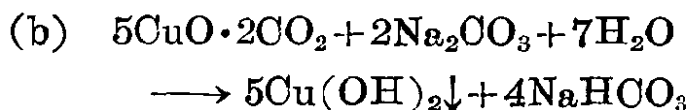
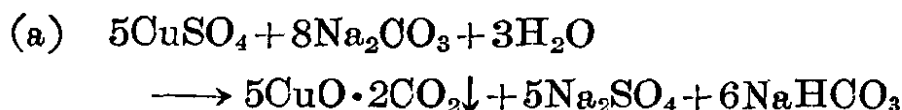
(2) 将冷的硝酸铜饱和溶液倒至碳酸钠的冰冷溶液中, 即有碱式碳酸铜形成。



(3) 当纯粹硫酸铜的饱和溶液用等量的水稀释后, 再用5%碳酸钠和5%重碳酸钠溶液处理后, 即予放置而后过滤, 则有碱式碳酸铜形成。

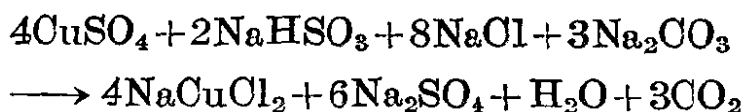


(4) 当硫酸铜和碳酸钠的溶液混合后, 即有庞大的蓝色沉淀析出, 倘沉淀继续与碳酸钠的饱和溶液接触达数日之久, 则将转变为氢氧化铜。



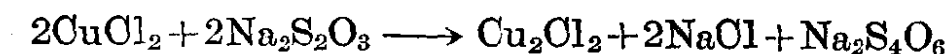
[84] $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{NaHSO}_3$

当亚硫酸氢钠在氯化钠和碳酸钠的参加下与硫酸铜作用时, 即有氯化亚铜钠形成。

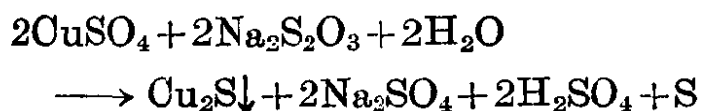


[85] $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

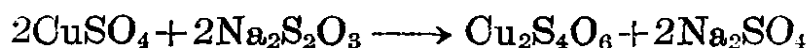
(1) 当中性或弱酸性的氯化铜溶液遇硫代硫酸钠后, 即被还原为亚铜盐。



(2) 当硫代硫酸钠加至铜盐溶液中时, 则根据作用时的温度、加热时间的长短、硫代硫酸钠加入量的多少及铜盐溶液的酸度等, 而有不等量的硫化亚铜和硫化铜形成。通常微酸性的铜盐溶液与过量的硫代硫酸钠共煮沸时, 则将有下列的反应生成。

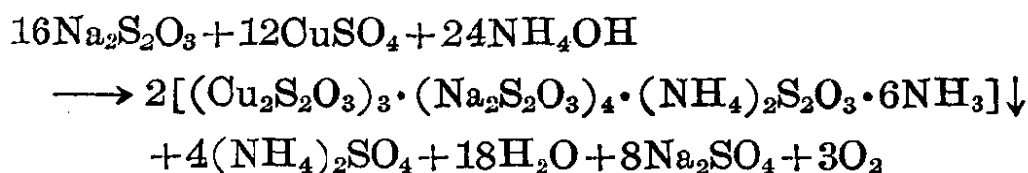


(3) 当铜盐溶液用硫代硫酸钠溶液滴定时, 前者即被还原至亚铜状态。



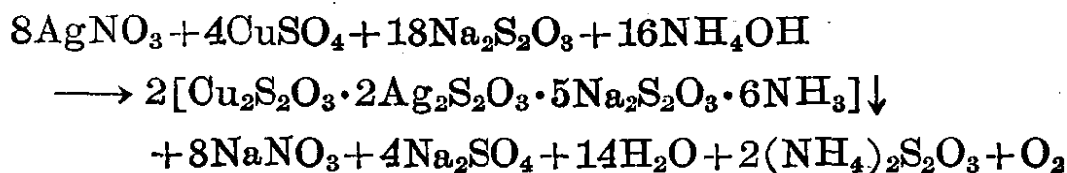
【86】 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{NH}_4\text{OH}$

当硫代硫酸钠的浓溶液加至铜盐的氨性溶液中后, 将其混合液放置一个短时期, 则有下列深蓝色的结晶物析出。



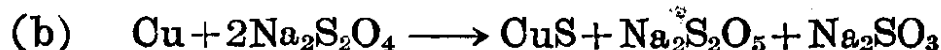
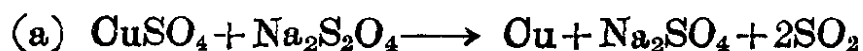
【87】 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{AgNO}_3$

当硫代硫酸钠的氨性溶液加至铜和银盐的混合液中时, 即有下列的结晶物析出。



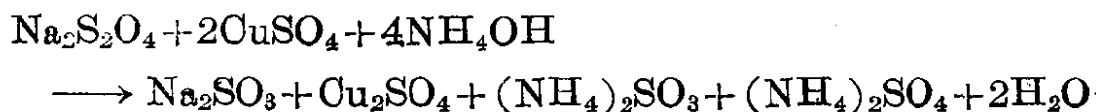
【88】 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$

当硫酸铜的水溶液加至过量的连二亚硫酸钠溶液中时, 即发生颜色变化, 并有红棕色沉淀形成, 同时有气体放出。这个沉淀系铜和硫化铜的混合物。



【89】 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4 + \text{NH}_4\text{OH}$

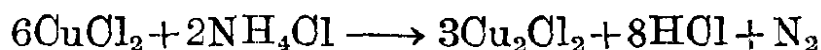
当强氨性硫酸铜溶液与连二亚硫酸钠溶液作用时, 即生成亚硫酸钠、硫酸亚铜、亚硫酸铵及硫酸铵。



【90】 NH_4Cl

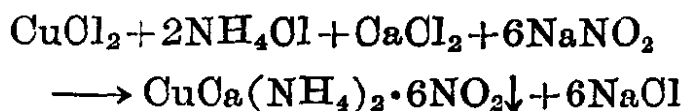
氯化铜与氯化铵共加热时, 则前者乃被后者还原而生成氯化

亚铜。



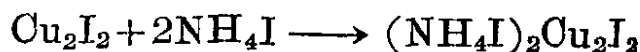
【91】 $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{CaCl}_2 + \text{NaNO}_2$

17 克氯化铜和 10.7 克氯化铵共溶解于极少量的水后，再与 11.1 克氯化钙溶解于 100 毫升亚硝酸钠溶液中的溶液作用时，即有绿色结晶生成。



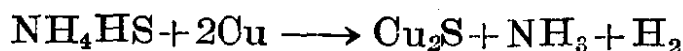
【92】 NH_4I

当碘化亚铜和碘化铵的混合溶液共冷却时，即生成无色结晶物。

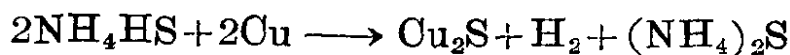


【93】 NH_4HS

(1) 铜丝经氢硫化铵处理后，即形成硫化亚铜、氨和氢气。

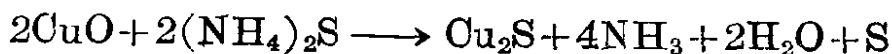


(2) 金属铜与氢硫化铵作用，即形成硫化亚铜、氢和硫化铵。

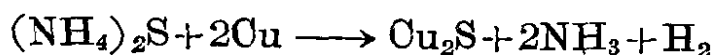


【94】 $(\text{NH}_4)_2\text{S}$

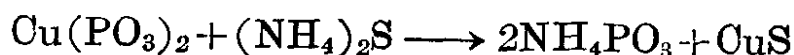
(1) 硫化铵溶液与氧化铜作用时，即有硫化亚铜、氨、水及硫形成。



(2) 铜与硫化铵作用时，即有硫化亚铜、氨及氢形成。

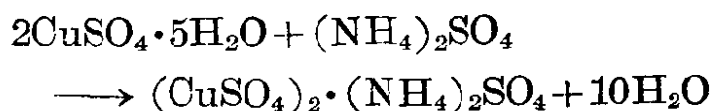


(3) 当偏磷酸铜与硫化铵(在稍过量的氢氧化铵存在下)作用时，即有偏磷酸铵和硫化铜形成。

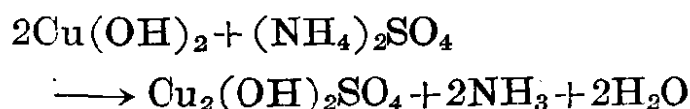


【95】 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

(1) 当硫酸铜与硫酸铵共熔化后，即有可溶性的硫酸铜铵形成。至于过量的硫酸铵则可借徐徐加热而除去之。



(2) 当硫酸铵与氢氧化铜作用时, 即有氨和水及碱式硫酸铜形成。



[96] $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$

当等摩的硫酸铜和硫酸铵的溶液经混合后, 任其结晶, 则有六水合硫酸铵铜形成。



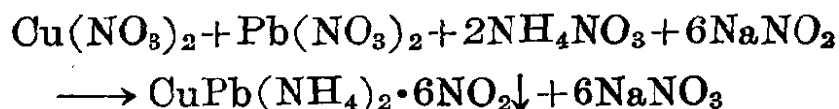
[97] $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{NH}_3$

当氢氧化铜与硫酸铵和氨作用时, 即有水和四氨合硫酸铜形成。



[98] $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{NaNO}_2$

当硝酸铜和硝酸铅的溶液与硝酸铵和亚硝酸钠的溶液作用时, 即有黑色结晶形成。



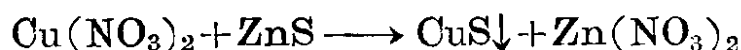
[99] SnCl_2

氯化亚锡可还原硫酸铜而生成橄榄绿色的 Cu_4O 。



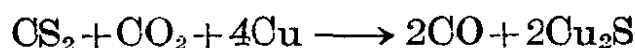
[100] $\text{ZnS}(\text{Na}_2\text{S})$

硝酸铜与硫化锌作用时, 即有固体硫化铜形成。硫化钠亦有相同的反应发生。



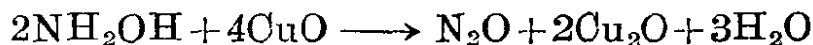
[101] $\text{CS}_2 + \text{CO}_2$

将二氧化碳和二硫化碳的混合气体通入红热的铜, 即有一氧化碳和硫化亚铜生成。

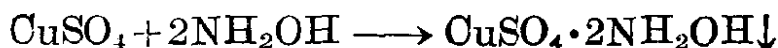


【102】 NH_2OH

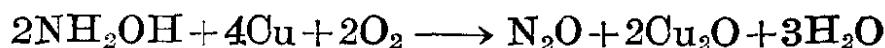
(1) 当羟胺与氧化铜作用时, 即有氧化亚铜、一氧化二氮及水形成。



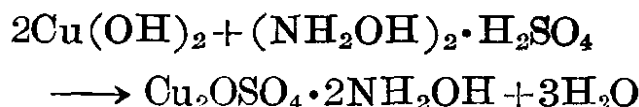
(2) 当硫酸铜的甲醇溶液与微过量的醇性羟胺作用时, 即有深绿色沉淀形成。



(3) 铜与羟胺和氧反应后, 羟胺即被分解而生成一氧化二氮。

**【103】 $(\text{NH}_2\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{SO}_4$**

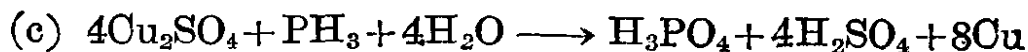
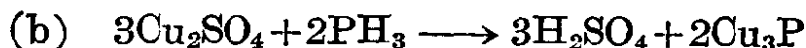
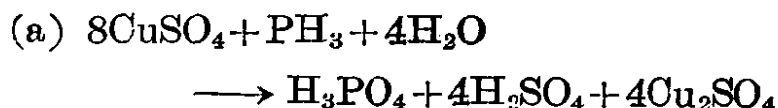
当氢氧化铜溶解于硫酸羟胺时, 即有淡绿色溶液形成。

**【104】 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_x$**

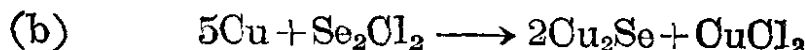
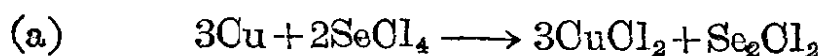
当氧化铜加至黄色硫化铵中后, 即生成硫化亚铜。

**【105】 PH_3**

当磷化氢通入硫酸铜的水溶液时, 即有磷化铜和铜沉淀析出。

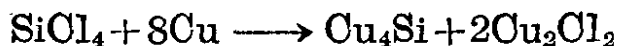
**【106】 SeCl_4**

将四氯化硒与新鲜的还原性铜网在空气隔绝下, 于 105°C 加热数小时, 即生成硒化亚铜(b), 如有过量氯化物存在, 则形成金属硒(c)。



[107] SiCl₄

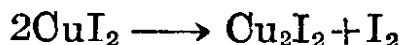
四氯化硅通至 1200°C 加热的铜, 即有硅化亚铜(Cu₄Si)和氯化亚铜生成。

**[108] SOCl₂**

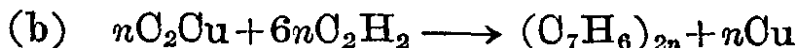
当氯化亚铜与亚硫酰(二)氯置于封闭管内于 200°C 加热反应, 即有氯化铜生成。

**[109] 加热**

当加热碘化铜时, 即有碘化亚铜和碘生成。

**[110] C₂H₂**

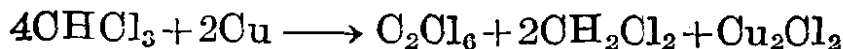
铜与乙炔作用, 即形成乙炔铜, 后者再与大量乙炔反应, 则可有聚炔(C₇H₆)_{2n}生成。

**[111] CHCl₃**

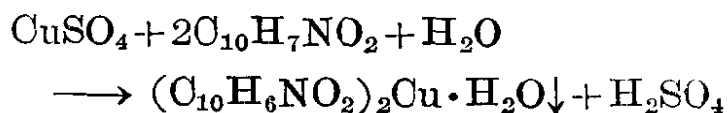
(1) 当无水硫酸铜与氯仿在干燥的二氧化碳气流下于 280~300°C 加热时, 即有无水氯化铜生成。



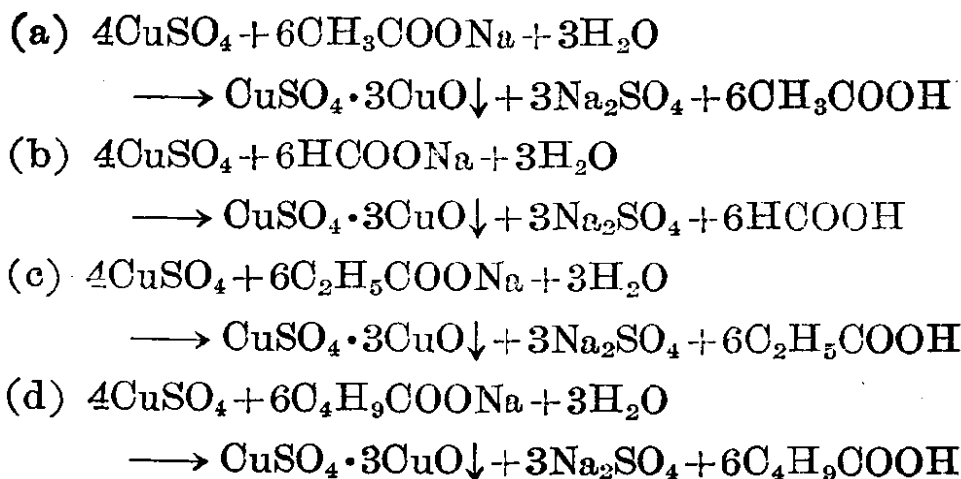
(2) 在湿气条件下, 氯仿与金属铜可发生下列反应。

**[112] C₁₀H₇NO₂**

硫酸铜与奎那啉酸(Quinaldinic acid)溶液作用时, 生成结晶性绿色沉淀。

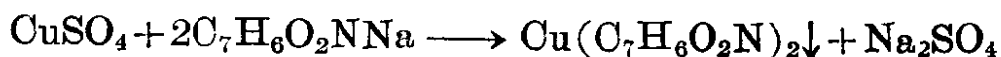
**[113] CH₃COONa、HCOONa、C₂H₅COONa、C₄H₉COONa**

当热的硫酸铜溶液与乙酸钠反应后, 即生成蓝绿色碱式硫酸铜沉淀。与甲酸钠、丙酸钠或戊酸钠亦可发生同样反应。

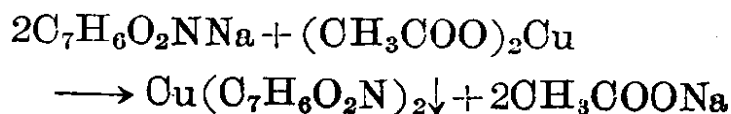


【114】 $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2\text{NNa}$

(1) 硫酸铜溶液与邻氨基苯甲酸(Anthranilic acid)的钠盐作用时, 即有绿色沉淀形成。

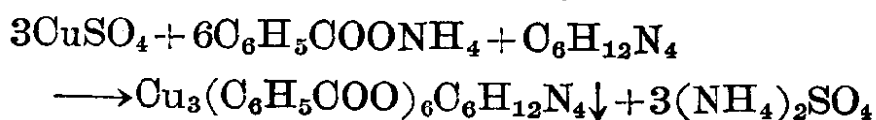


(2) 当乙酸铜水溶液与间氨基苯甲酸钠水溶液反应后, 将其生成的沉淀经过滤和干燥, 即得间氨基苯甲酸铜。



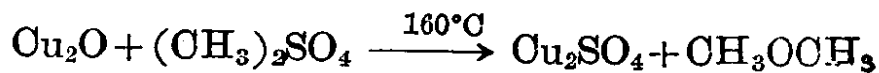
【115】 $\text{C}_6\text{H}_5\text{COONH}_4 + \text{C}_6\text{H}_{12}\text{N}_4$

硫酸铜与苯甲酸铵和(环)六亚甲基四胺(Hexamethylene-tetramine)作用时, 生成蓝色结晶性沉淀。

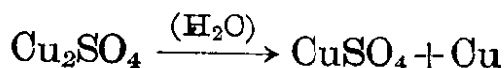


【116】 $(\text{CH}_3)_2\text{SO}_4$

硫酸二甲酯与 Cu(I) 化合物反应, 可生成稳定的一价铜盐:

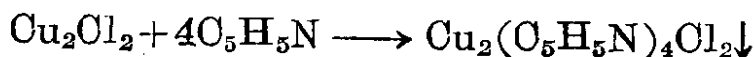


Cu_2SO_4 隔绝水分, 可以稳定存在, 遇水则歧化分解。



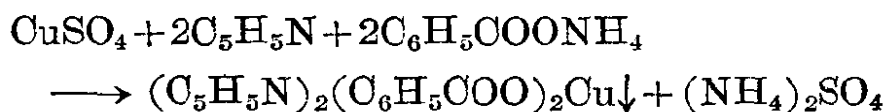
【117】 $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$

当氯化亚铜加至吡啶中时, 即有绿色固体形成。



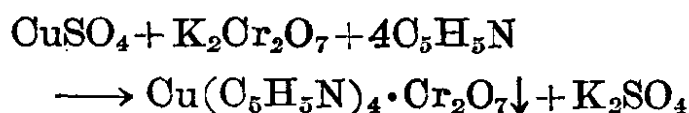
【118】 C_5H_5N 、 $C_6H_5COONH_4$

硫酸铜与苯甲酸铵和吡啶作用时，即生成蓝色结晶性沉淀。



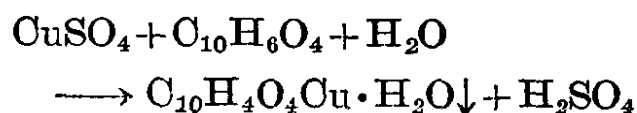
【119】 $C_5H_5N + K_2Cr_2O_7$

硫酸铜、重铬酸钾和吡啶溶液作用时，即有绿色化合物沉淀析出。



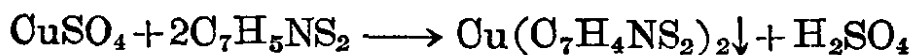
【120】 $C_{10}H_6O_4$

硫酸铜与萘茜染料(Naphthazarine)的醇溶液作用时，即有黑紫色粉末生成。



【121】 $C_7H_5NS_2$

硫酸铜与巯基苯并噻唑(Mercaptobenzothiazol)的醇溶液作用时，即有沉淀生成。



砷 As

砷在自然界中大多存在于金属或硫的化合物中，间或亦以游离状态而存在，地壳中砷的含量约为 $10^{-5}\%$ 。

砷是有金属光泽的暗灰色固体，密度 5.727 克/厘米³，质脆。

砷像磷一样，能生成若干种同素异性体。砷在 800°C 温度以下，主要以黄色立方 α -型而存在，它构成 As_4 四面体分子，在更高温度下能分解为 As_2 ，但不甚完全。除上述黄色晶体砷外，还有黑色无定形的砷。所有砷的同素异性体在加热时，都不经熔融而升华。

在常温下，砷在空气中氧化很慢，但当灼烧时，则燃烧成白色

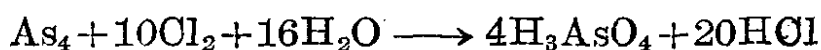
的 As_4O_6 , 并散布特有的蒜味。



As_4O_6 有时也简写为 As_2O_3 。由于 As_4O_6 溶于水形成亚砷酸, 故 As_4O_6 又称为亚砷酐。在高温时, 砷可与很多元素直接化合。

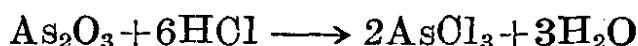
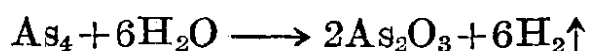
砷的化合价是三价和五价。

砷不溶于水, 但可被干燥的氟、氯及溴所侵蚀而形成三价砷的化合物。在水的存在下, 氯和溴首先氧化砷为亚砷酸, 然后为砷酸。

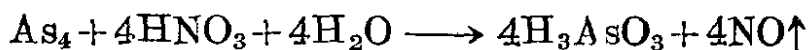


砷与硫的化合物有: As_4S_3 、 As_4S_4 、 As_2S_3 及 As_2S_5 。

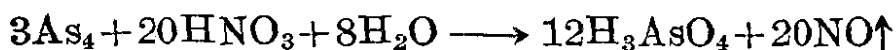
砷在室温时与浓盐酸不发生作用, 但能徐徐被热盐酸氧化为三氧化二砷, 继为三氯化砷。



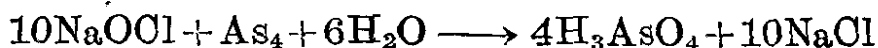
稀硝酸能溶解砷而形成亚砷酸。



浓硝酸和王水能溶解砷而形成砷酸。



次氯酸钠溶液亦能溶解砷。

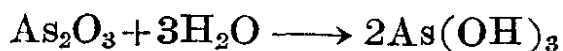


冷稀硫酸与砷不起反应, 但与热的浓硫酸发生反应而生成亚砷酸酐(三氧化二砷)和二氧化硫。



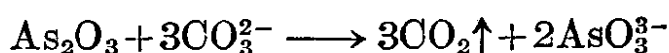
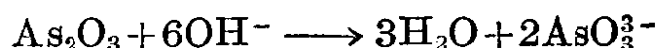
砷与氧生成二种氧化物: 亚砷酸酐 As_2O_3 和砷酸酐 As_2O_5 。

亚砷酸酐在水中溶解时, 即与水化合生成 $\text{As}(\text{OH})_3$ 或 H_3AsO_3 。

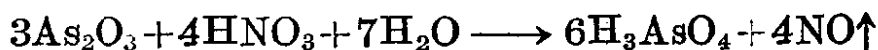


砷之氢氧化物是两性的, 因其酸性较强, 故叫做亚砷酸。

亚砷酸酐易溶于碱类而形成可溶性的亚砷酸盐。



亚砷酸酐与硝酸作用后即被氧化为砷酸。



砷酸酐易溶于水而形成砷酸。



亚砷化合物通常由两性亚砷酸酐衍生而得。亚砷酸酐与强酸作用,生成如 AsCl_3 之盐;与强碱作用,则生成如 NaAsO_2 的盐。

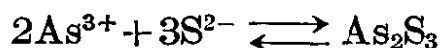
砷化合物可认为由五氧化二砷 As_2O_5 衍生而得。常见的砷酸盐为三元正砷酸之盐类,如 NaH_2AsO_4 、 Na_2HAsO_4 和 Na_3AsO_4 。

碱金属的亚砷酸盐或砷酸盐均溶解于水中,其余均不溶于水,但溶于酸。

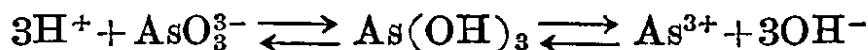
亚砷离子的反应

【1】 硫化氢

在三氯化砷溶液中或亚砷酸盐的酸化溶液中通入硫化氢后,则几乎立刻生成黄色絮凝状沉淀(三硫化二砷)。



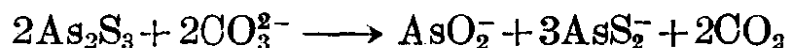
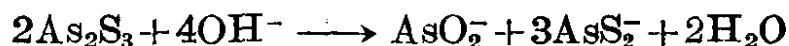
在亚砷酸盐的酸化溶液中,可能有低浓度的亚砷离子存在。这种假定乃基于亚砷酸(H_3AsO_3)为两性之故。它电离时:



假定有高浓度之氢离子存在,则将驱使反应向右,同时在溶液中 As^{3+} 离子的浓度亦随之而增加。

上述的沉淀 As_2S_3 不溶于盐酸(这是与 Sb_2S_3 和 SnS_2 不同,亦即可由此而分离出 As_2S_3),除非该溶液长时煮沸。如果继续煮沸,则 As_2S_3 转变为可溶性的 AsCl_3 ,后者在此过程中将被挥发。

因 As_2S_3 具有酸性,故甚易溶解于碱金属和铵的氢氧化物及碳酸盐溶液中。



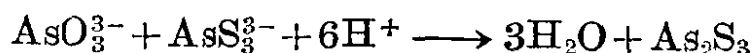
倘有过量的 OH^- 离子存在, 则 As_2S_3 有转变为亚酸根离子之趋向, 而并不成为偏酸(或脱水酸)——偏亚砷酸及偏硫代亚砷酸。其反应如下:



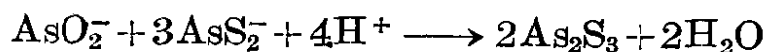
从周期表中氧和硫的位置可知, 硫代亚砷酸(亚砷酸的硫类似物)系较含氧酸为弱之酸, 它很不稳定, 且甚易破坏而成为硫化氢和它的酞 As_2S_3 (假定由硫代亚砷酸盐成为游离酸状态)。



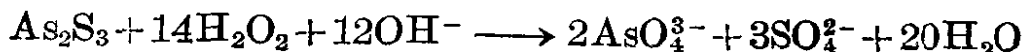
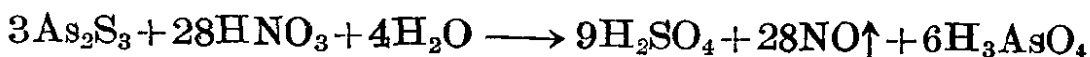
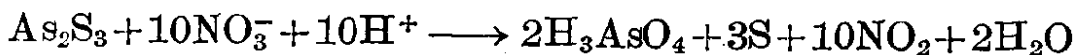
如果以 As_2S_3 溶解于碱中所得的混合物(即亚砷酸根及硫代亚砷酸根之离子混合物)被酸化时, 则有相同之反应发生, 且 As_2S_3 被沉淀析出。



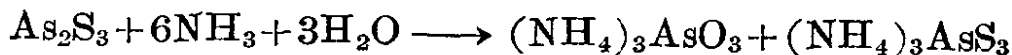
氢离子与偏亚砷酸盐和偏硫代亚砷酸盐作用时, 亦有相同的反应。



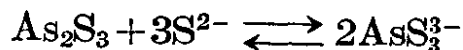
As_2S_3 溶解于王水、浓硝酸及氨性过氧化氢溶液中, 在所有这些反应中均发生氧化作用。



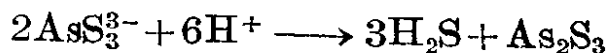
As_2S_3 易溶解于氨和硫化铵中。



As_2S_3 甚易溶解于碱金属的硫化物中。



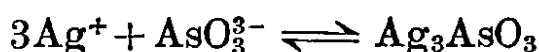
当 AsS_3^{3-} 溶液被酸化时, 有 H_2S 产生, 并生成 As_2S_3 沉淀。



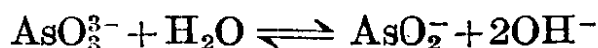
【2】 硝酸银

硝酸银与亚砷酸的中性溶液作用时, 生成亚砷酸银黄色沉淀

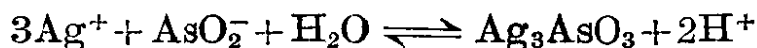
(与砷酸盐不同)。



在亚砷酸盐的中性溶液中, 很可能在偏亚砷酸根离子和(正)亚砷酸根离子间有一个平衡反应:



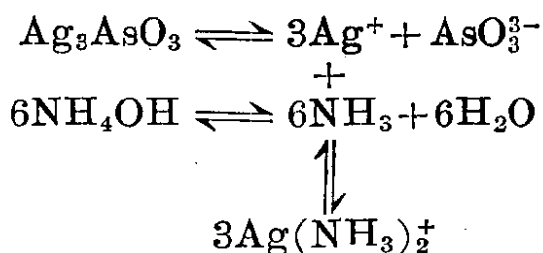
关于偏亚砷酸盐的反应为:



亚砷酸银沉淀甚易溶解于稀硝酸及氢氧化铵中。

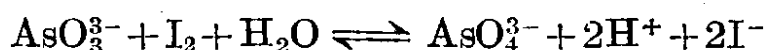


亚砷酸(H_3AsO_3)系一弱酸, 氢离子能抑制它的电离, 因而降低了亚砷酸根离子的浓度, 以致亚砷酸银的溶度积常数值不能再被满足, 所以亚砷酸银即行溶解。此外, 氨在这里亦能发生同样情况, 即将银离子转变为 $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$ 络离子:

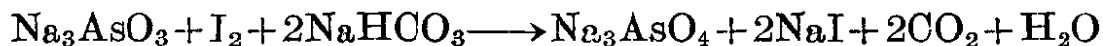


【3】 碘

在中性溶液中, 碘能定量地氧化亚砷酸盐为砷酸盐。



当反应继续进行时, 溶液将非常迅速地变成酸性, 因此, 在这种情况下应尽快地将所形成的氢离子予以保持中和状态。通常一般在溶液中常加入过量的 NaHCO_3 中和之。



在这里不能应用 Na_2CO_3 , 因为它与碘发生另一反应。

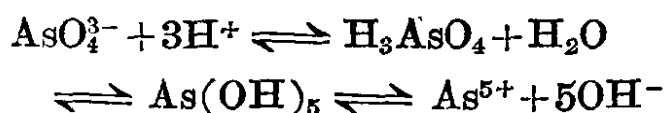


在上述反应中, 如溶液变为酸性, 则反应将立刻变为可逆; 在高浓度的氢离子存在下, 反应将完全向左。由此表示砷酸根离子在中性或碱性溶液中较亚砷酸根离子更为稳定, 而在酸性溶液中则相

反。当将亚砷酸盐溶液酸化后，则可以通过亚砷酸的两性电离作用而得到三价砷离子：



上述反应中，其所加入的 H^+ 离子系促进反应向右进行，因而大大地增加三价砷离子的浓度。如果亚砷酸在 H^+ 离子存在下，而呈现其两性性质时，则砷酸似乎亦可能呈现两性而获得五价砷离子：



在这里可以看到，氢离子浓度能决定 As^{5+} 的浓度；而且因为 As^{5+} 离子与还原剂作用后即被还原为 As^{3+} 离子，故在酸性溶液中三价砷较五价砷为更稳定。

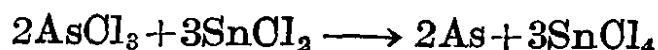
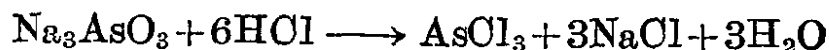
【4】 镁和铵离子

镁和铵离子（常用镁盐合剂溶液，它含有 MgCl_2 、 NH_4Cl 和适量的 NH_3 ）不能与亚砷酸根离子作用而形成沉淀（与砷酸根离子不同）。

硝酸镁试剂（溶液中含有 $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ 、 NH_4NO_3 和适量的 NH_3 ）亦有相似的结果。

【5】 氯化亚锡

浓的氯化亚锡溶液遇亚砷酸盐溶液（在浓盐酸的存在下）即生成沉淀，其沉淀在开始时是棕色，以后为黑色——即金属砷。本试验亦即所谓皮登特洛夫氏试验（Bittendroff's test）。这个反应往往因溶液的加温而加速。

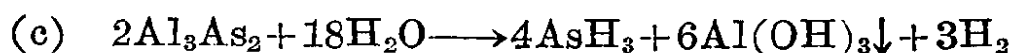
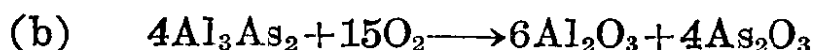
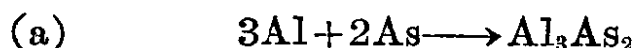


上述反应在稀酸或中性溶液中并不发生，因为在这些情况下，大部分砷是呈亚砷酸根离子形式。亚锡离子在这里并不还原亚砷酸根离子。

【6】 Al

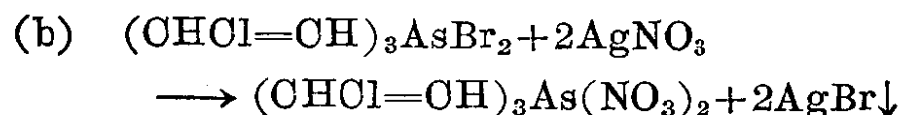
黄砷与铝在 750°C 于减压下反应，即形成类似铁锈样的无定形粉末（ Al_3As_2 ），其组成如（a）所示。后者经分解，即生成黄砷；或

在空气中加热, 则生成三氧化二砷和氧化铝(b)。由于该化合物很活泼, 所以一旦与水气相遇, 即释放出砷化三氢(c)。



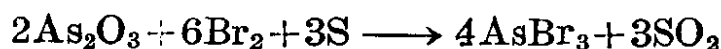
[7] Br₂

当ββ'β''-三(氯乙烯)砷与溴混合于石油醚中, 并经致冷剂小心处理, 即有二溴化ββ'β''-三(氯乙烯)砷形成(a)。后者经加入硝酸银后, 则有定量的溴化银沉淀生成(b)。



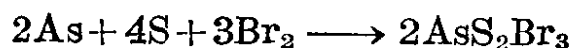
[8] Br₂ + S

当三氧化二砷、溴和硫的混合物共同加热时, 即有三溴化砷形成。



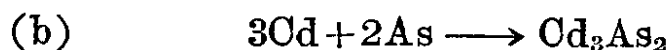
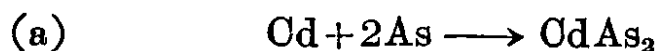
[9] Br₂ + S

将砷、硫与溴混合后冷至 -18°C, 即生成能在 -17°C 熔化的红色化合物, 它的实验式如下所示。



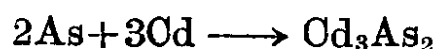
[10] Cd

砷和镉的混合物在氯化锂和氯化钾层覆盖下共熔化, 即生成二种不同的砷化镉。



[11] Cd + 压力

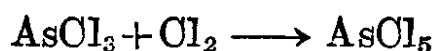
当砷和镉的混合物, 在受压下反应, 即形成砷化镉。



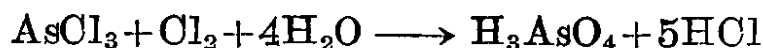
[12] Cl₂

(1) 在非常低的温度下, 三氯化砷与氯作用时, 即有五氯化砷

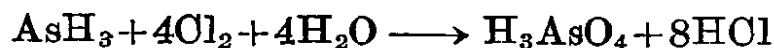
形成。



(2) 当过量的氯与三氯化砷溶液作用时, 氯即氧化三氯化砷为砷酸, 同时有盐酸形成。

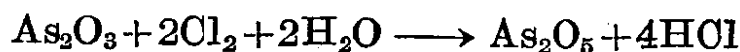


(3) 当砷化三氢与氯的水溶液作用时, 即被氧化为砷酸。

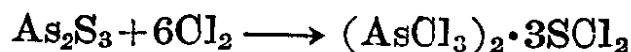


溴也有相同的反应。

(4) 在水的参加下, 三氧化二砷与氯作用时, 即有五氧化二砷和盐酸形成。

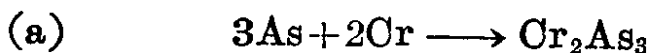


(5) 当氯作用于三硫化二砷时, 即有棕色液体形成。



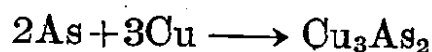
【13】 Cr

将砷粉与铬粉的混合物置于封闭管中, 700°C 加热 30 小时, 即形成三砷化二铬。后者如在氢气中 500°C 下蒸馏, 则有砷化铬生成。



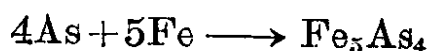
【14】 Cu

铜和砷的混合物, 在受压下反应, 即形成砷化铜。



【15】 Fe

(1) 将砷粉和铁粉以适当比例混合, 经加热后, 即形成复合砷化物。



(2) 当铁粉和砷的混合物, 在氢气流中, 于 700°C 下蒸馏, 即形成砷化铁。如果混合物在封闭管中加热 12 小时, 则生成二砷化铁。



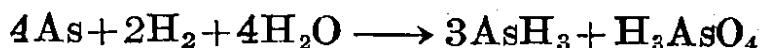


(3) 将极细的铁粉与过量的砷置于封闭管中，并于 700°C 加热 6~8 小时，即得二砷化铁。后者经盐酸处理，并在纯净的氢气流中加热，即可将其由过量的砷中分离出来。如果各以相当量的砷与铁粉在相似的情况下于封闭容器中加热 20 小时，则得砷化铁。

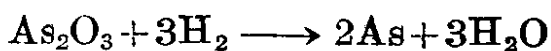


[16] H_2

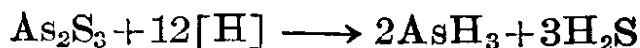
(1) 在压力 18.2 兆帕下的氢气流中，砷与水于 340°C 缓慢反应，结果生成少量砷化三氢和砷酸。



(2) 三氧化二砷与氢在 185°C 以上反应时，即有明显的还原反应发生。



(3) 新鲜沉淀的三硫化二砷遇新生态氢后，即被还原为砷化三氢和硫化氢。

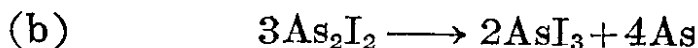
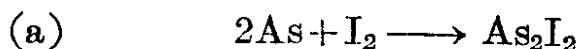


[17] I_2

(1) 在一个弯曲的硬质玻璃管中，部分充填有一份细微的粉状砷和二份碘。管中的空气可用空吸泵抽尽，同时充满干燥的氢气，然后将管封闭，并加热至混合物的沸点温度达 2 小时，结果有二碘化砷形成。

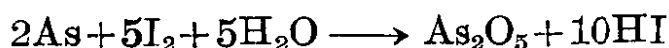


(2) 砷与其二倍量的碘在一个封闭管中于 260°C 加热，然后于二氧化碳气流下，在二硫化碳溶剂中结晶之，即有一碘化砷形成。后者易分解为三碘化砷和砷。

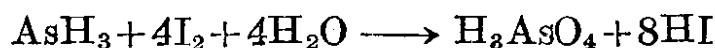


(3) 在苯中细微的砷(系由次磷酸盐还原而得)与碘的水溶液

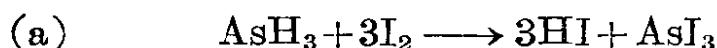
反应时, 砷即被定量地氧化为五氧化二砷。



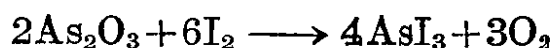
(4) 砷化三氢可完全被碘溶液 (0.05 摩/升) 吸收, 而砷将被氧化为五价砷。



(5) 砷化三氢与干燥的碘作用时, 即有氢碘酸和三碘化砷形成。当砷化三氢过量时, 则有砷和氢碘酸形成。



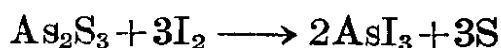
(6) 当三氧化二砷在碘蒸气下加热时, 即有三碘化砷形成。



(7) 当碘、水和三氧化二砷的混合物共煮沸后, 将有氢碘酸和五氧化二砷形成。



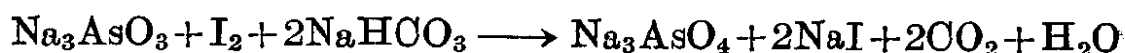
(8) 当碘与三硫化二砷作用时, 即有三碘化砷和游离硫形成。



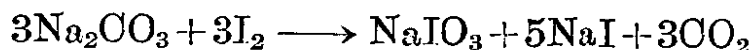
(9) 在中性溶液中, 碘(在碘化钾溶液中)能定量地氧化亚砷酸盐为砷酸盐。



为了使反应完全进行, 常在溶液中加入过量的碳酸氢钠中和 H^+ 。



但在这里不能用碳酸钠, 因为它与碘发生另一反应。

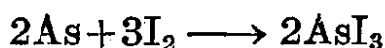


(10) 将相当量的砷和碘置于封闭管中于 230°C 加热 7 小时, 然后在二氧化碳气体中打开试管, 并把反应后的产物溶解于沸腾的混合二甲苯中, 即得到红色薄形棱柱体结晶二碘化砷, 该产物在二氧化碳气体中的熔点为 128°C 。



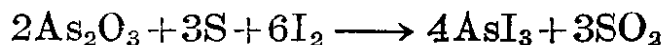
(11) 当砷和碘(摩尔比为 2:3)在二硫化碳中加热时, 即生成

三碘化砷。



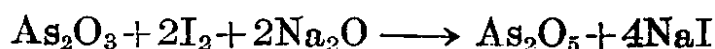
【18】 $\text{I}_2 + \text{S}$

当三氧化二砷、硫和碘的混合物共加热时，即有三碘化砷形成。



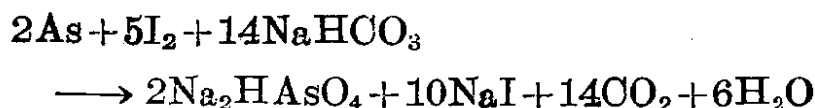
【19】 $\text{I}_2 + \text{Na}_2\text{O}$

三氧化二砷与碘和氧化钠作用后，即有五氧化二砷形成。



【20】 $\text{I}_2 + \text{NaHCO}_3$

在稍为过量的碳酸氢钠参加下，砷可用标准碘溶液(0.005~0.05摩/升)进行定量测定。过量的碘可用标准亚砷酸钠溶液予以回滴定。



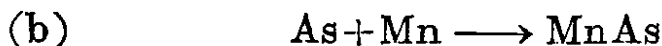
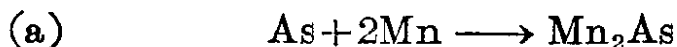
【21】 $\text{I}_2 + \text{H}_2\text{O}$

当以碘溶液(0.05 摩/升)滴定砷时，砷即被氧化为五氧化二砷。



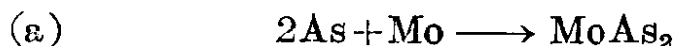
【22】 Mn

当加热砷和锰的混合物时，即形成砷化二锰；若将它们置于封闭管中，在 750°C 加热 10 小时则形成灰黑色粉末砷化锰。



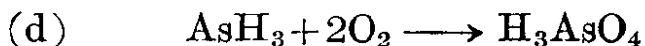
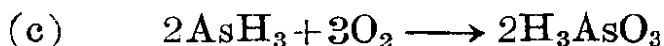
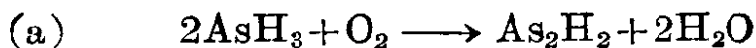
【23】 Mo, W

将 3.72 克砷和 2 克钼的混合物在封闭管中，于 570°C 加热 36 小时，即形成黑色粉末二砷化钼。与钨亦有同样反应发生。

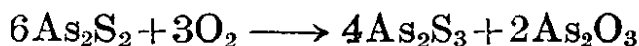


【24】 O_2

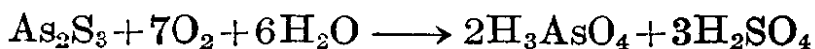
(1) 当砷化三氢被氧化时，砷酸是它的最后产物。



(2) 二硫化二砷在氧气参加下加热后, 则有三硫化二砷和三氧化二砷形成。



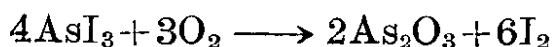
(3) 在压力下, 氧能与三硫化二砷的混悬液 [在 (40~60)% 硝酸中] 作用生成砷酸和硫酸。



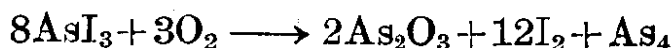
(4) 水溶液中溶解的空气可与三氧化二砷发生氧化反应, 如有少量的醚存在, 则可大大促进该反应的进行。



(5) 三碘化砷在淡蓝色火焰中燃烧后, 即生成三氧化二砷, 并释放出碘。

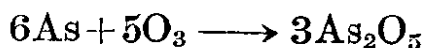


(6) 三碘化砷暴露于空气或在 100°C 加热时, 即缓慢地分解。当加热的温度为 137°C 时, 反应速度稍微增快, 加热至 200°C, 则很快分解为碘, 三氧化二砷和砷。

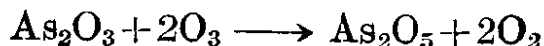


【25】 O_3

(1) 砷可被臭氧氧化为砷酸酐。



(2) 三氧化二砷可被臭氧所氧化。



(3) 臭氧能氧化亚砷酸(或三氧化二砷和水的混合物)为砷酸。



[26] Pb

当铅屑和砷的混合物在受压下反应后, 即有砷化铅生成。



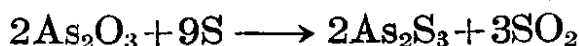
[27] Pt

当铂与过量的砷在封闭管中加热, 即有二砷化铂生成。

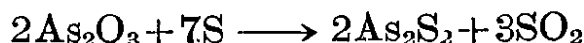


[28] S

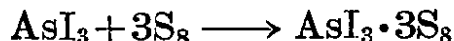
(1) 当三氧化二砷与硫共加热时, 即有三硫化二砷形成, 并有二氧化硫释出。



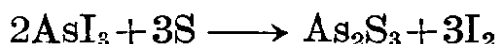
(2) 三氧化二砷在蒸馏器中与硫加热时, 即有二硫化二砷和二氧化硫形成。



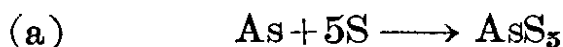
(3) 当硫与三碘化砷在化学计算量的比例下混合于二硫化碳时, 即有加成物形成。



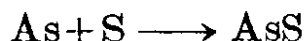
(4) 当三碘化砷与硫加热时, 即有三硫化二砷和碘蒸气形成。



(5) 当过量的硫与砷熔融时, 即有五硫化砷形成, 后者在蒸馏时, 首先生成五硫化二砷, 如再加热, 则五硫化二砷将又分解为三硫化二砷和硫。

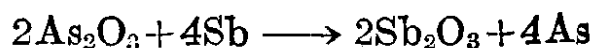


(6) 当硫与过量的砷共熔融时, 即有一硫化砷形成。它是珊瑚一样的红色化合物, 与雄黄不同。



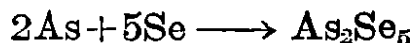
[29] Sb

当细粉状三氧化二砷与锑的混合物加热至 360°C 时, 则锑能取代三氧化二砷中的砷。

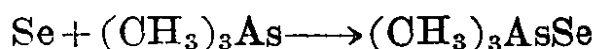


【30】 Se

(1) 将砷和硒共熔化后,即生成红棕色的五硒化二砷。

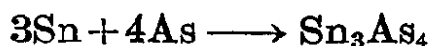


(2) 当细粉状硒加至三甲胂的乙醚溶液中,即形成硒化三甲胂。

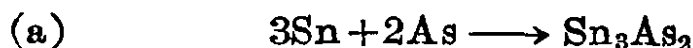


【31】 Sn

(1) 将锡和砷在高压下反应后,即生成下列物质。

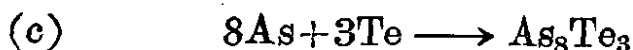
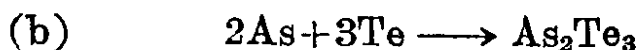
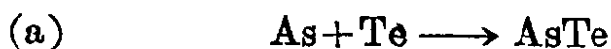


(2) 将砷加入锡中,则锡的熔点升高,由锡-砷的熔点曲线表明:下列反应式(a)和(b)中有二种化合物生成。

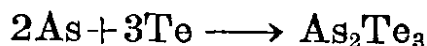


【32】 Te

(1) 砷可与碲元素直接化合,即形成下列砷的碲化物。

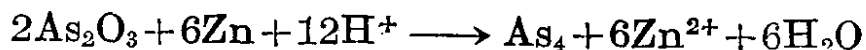


(2) 熔化的碲易与砷反应,并形成三碲化二砷,其熔点为 362°C

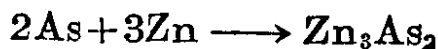


【33】 Zn

(1) 在溶剂(二硫化碳)的参加下,三氧化二砷可被锌屑还原,结果可得到能溶解于二硫化碳的砷。



(2) 当锌屑和粉末砷,在压力 658.4 兆帕下反应,即形成砷化锌。



【34】 Ag_2O

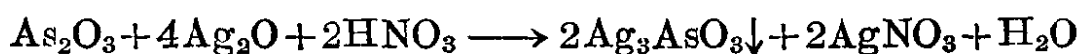
(1) 氨性氧化银溶液能氧化砷化三氢，结果有五氧化二砷和银形成。



(2) 当氨性氧化银溶液被固体氢化砷还原时，即有五氧化二砷和银形成。



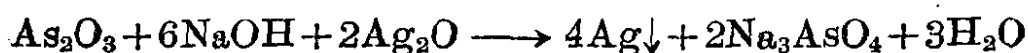
(3) 当氧化银与三氧化二砷的氨溶液作用后，并予加热至 100°C 然后用硝酸中和之，有黄色结晶沉淀(亚砷酸银)形成。



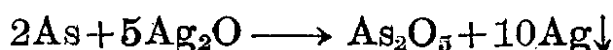
(4) 三氧化二砷与氧化银的氨性溶液共煮沸时，即有金属银析出。



(5) 三氧化二砷的氢氧化钠溶液与氧化银作用时，即有银沉淀出来。



(6) 氧化银的氨性溶液可被砷还原。



【35】 CaO

当三氧化二砷与氧化钙的混合物共加热至 300°C 时，即有亚砷酸钙形成。



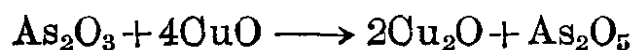
【36】 Cl_2O

砷与氧化二氯反应，即生成五氧化二砷和三氯化砷或三氯氧化砷。



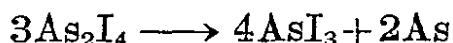
【37】 CuO

三氧化二砷加热至 400°C 时，可被氧化铜氧化为五氧化二砷。

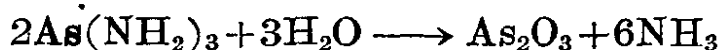


【38】 H_2O

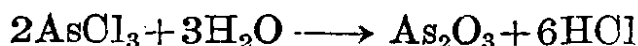
(1) 四碘化二砷在水的参加下, 即分解为三碘化砷和游离砷。



(2) 砷胺遇水即分解, 生成三氧化二砷和氨。



(3) 水能分解三氯化砷, 结果有三氧化二砷形成。

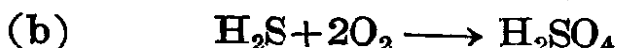


(4) 三氧化二砷与水共煮沸, 即有亚砷酸和砷化三氢等形成。



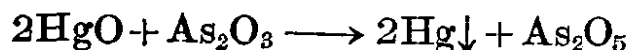
【39】 H_2O 、 O_2

氧在压力下, 能水解三硫化二砷的水混悬液, 结果有三氧化二砷和硫化氢形成。而硫化氢又被氧化为硫酸。

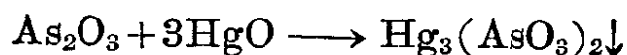


【40】 HgO

(1) 氧化汞和三氧化二砷的碱性溶液共煮沸时, 即有汞沉淀析出。

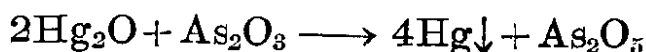


(2) 氧化汞与三氧化二砷的氢氧化钠溶液共加热时, 即有黑色亚砷酸汞形成。

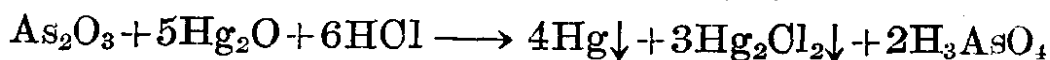


【41】 Hg_2O

(1) 当氧化亚汞和三氧化二砷的碱性溶液共煮沸时, 即有汞沉淀析出。



(2) 当三氧化二砷(溶于氢氧化钠溶液)与氧化亚汞处理后, 再与盐酸共加热, 结果有汞和氯化亚汞的沉淀形成。



【42】 MgO

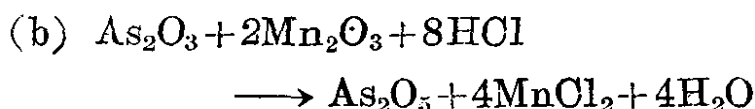
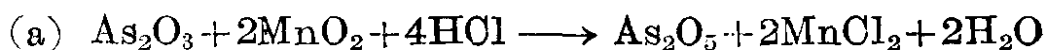
当三氧化二砷与氧化镁混合后加热至 300°C 后, 即有偏亚砷

酸镁形成。



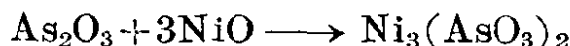
【43】 MnO_2

当三氧化二砷的盐酸溶液与二氧化锰共加温后，即有五氧化二砷形成(a)。与三氧化二锰作用时，亦有相同的氧化反应发生。



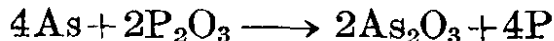
【44】 NiO

当三氧化二砷与氧化镍的混和物加热至 600°C 时，即形成亚砷酸镍。



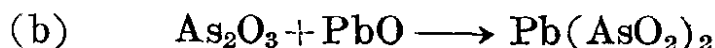
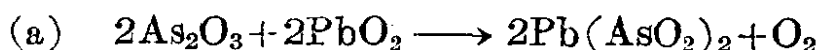
【45】 P_2O_3

当三氧化二磷与过量的砷，在 290°C 加热 6 小时后，即生成三氧化二砷和磷。



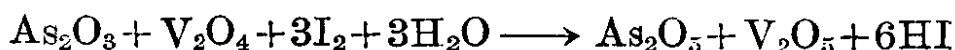
【46】 PbO_2

当三氧化二砷与灼热的二氧化铅接触时，即有偏亚砷酸铅形成，同时有氧释出。与一氧化铅作用时，亦有相同的产物形成。



【47】 $\text{V}_2\text{O}_4 + \text{I}_2$

在四氧化二钒的碱性溶液中，碘能氧化三氧化二砷，并有氢碘酸生成。



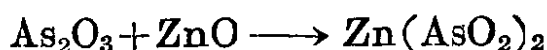
【48】 ZnO

(1) 当三氧化二砷和氧化锌的混合物加热至 420°C 时，即有亚砷酸锌形成。



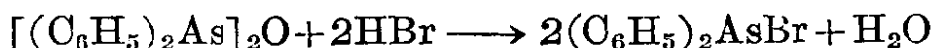
(2) 当三氧化二砷和氧化锌的混合物加热至 250°C 时，即有

偏亚砷酸锌形成。



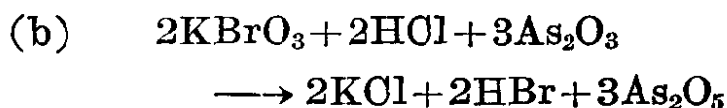
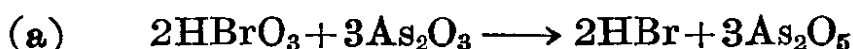
【49】 HBr

氧化(双)二苯胂与氢溴酸在封闭管中, 于 100°C 加热后, 冷却, 则有溴化二苯胂无色结晶生成。



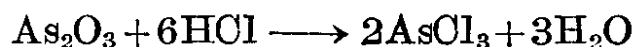
【50】 HBrO₃

溴酸可被三氧化二砷还原至氢溴酸(a), 溴酸钾亦能相似地被还原至溴化物(b)。



【51】 HCl

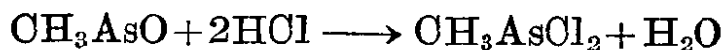
(1) 当三氧化二砷的盐酸溶液在氯化氢气流下蒸馏时, 即有三氯化砷形成。



(2) 异氰酸砷(系将三氰酸磷和三氯化砷在蒸气浴上回流而得)可受盐酸和水的作用, 而发生水解反应。



(3) 将氯化氢气体通至氧化甲胂后, 即生成二氯化甲胂。为防止形成三氯化砷, 应将反应温度控制在 85°C 左右。



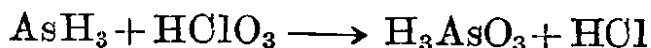
【52】 HOCl

当次氯酸与三氧化二砷作用时, 即有五氧化二砷和盐酸形成。



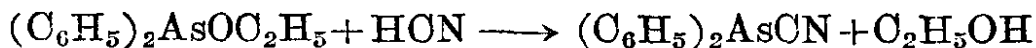
【53】 HClO₃

砷化三氢可被氯酸氧化为亚砷酸。



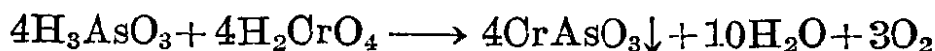
【54】 HCN

将乙氧(基)二苯砷在干燥的氰化氢气流中, 于 140°C 加热 3 小时, 即生成氰化二苯砷和乙醇。



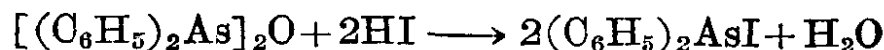
【55】 H_2CrO_4

当浓而热的铬酸溶液加入热的亚砷酸的饱和溶液 ($\text{As}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O}$) 后, 溶液即变为绿色, 随即有黑绿色沉淀析出。



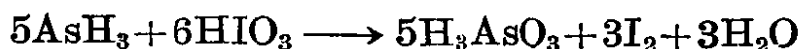
【56】 HI

当氧化(双)二苯砷与氢碘酸在封闭管中, 于 100°C 下加热 2 小时并冷却后, 即有粗制品碘化二苯砷形成。后者可在苯中重结晶, 则得熔点为 45~46°C 的黄色结晶物。



【57】 HIO_3

(1) 当砷化三氢与碘酸作用时, 即有碘和亚砷酸形成。

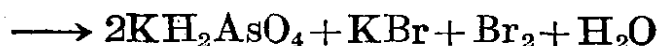
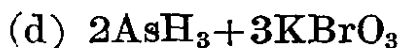
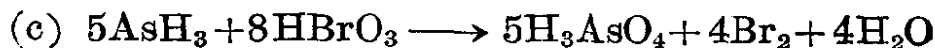
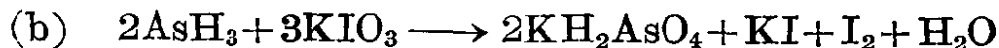
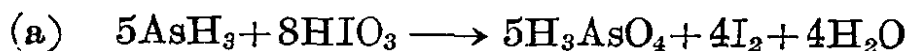


(2) 过量的碘酸能氧化三氧化二砷为砷酸。



【58】 HIO_3 、 KIO_3 、 HBrO_3 、 KBrO_3

砷化三氢可被碘酸氧化至砷酸。与碘酸钾、溴酸和溴酸钾亦有相同形式的反应发生。

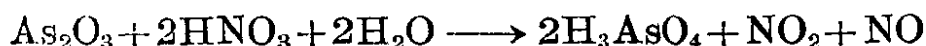


【59】 HNO_3

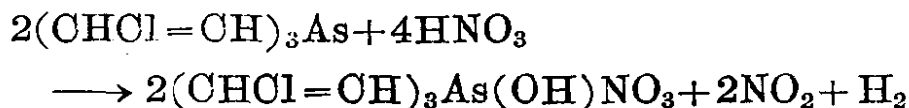
(1) 三氧化二砷可被浓硝酸(密度 1.33 克/厘米³) 氧化为砷酸。



(2) 在水的参加下, 硝酸与三氧化二砷作用后, 即有砷酸形成。

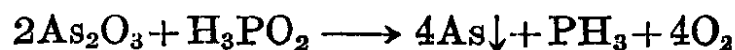


(3) $\beta\beta'\beta''$ -三(氯乙烯)砷与等体积浓硝酸混合, 经加热后, 即形成硝酸羟基 $\beta\beta'\beta''$ -三(氯乙烯)砷的无色结晶块状物。



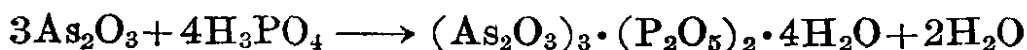
【60】 H_3PO_2

当三氧化二砷的盐酸溶液与过量的次磷酸作用时, 即有棕色细微的砷沉淀析出。



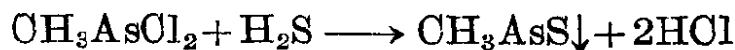
【61】 H_3PO_4

当三氧化二砷溶解于热的浓磷酸后, 即有磷酸砷形成。

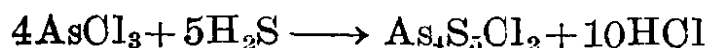


【62】 H_2S

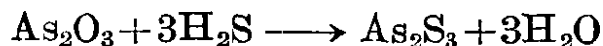
(1) 二氯化甲砷与硫化氢反应后, 即生成硫化甲砷沉淀。



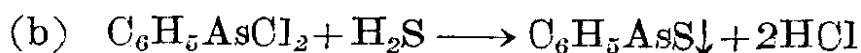
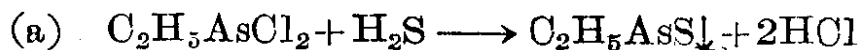
(2) 干燥的硫化氢通入三氯化砷溶液中, 即有二氯五硫化砷形成。



(3) 当三氧化二砷与硫化氢作用时, 即有三硫化二砷和水形成。

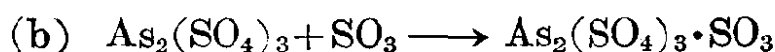
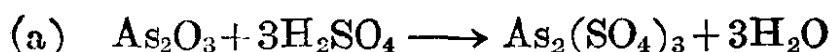


(4) 二氯化乙砷与硫化氢反应后, 生成硫化乙砷沉淀(a)。二氯化苯砷亦可发生类似反应(b)。

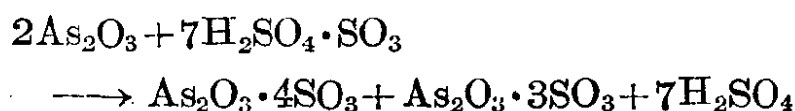


【63】 $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot \text{SO}_3$

(1) 当三氧化二砷与硫酸共蒸发时, 即有硫酸亚砷形成。硫酸亚砷能溶解于发烟硫酸, 生成加成化合物。

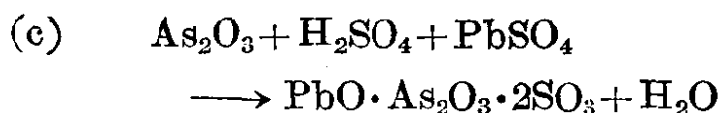
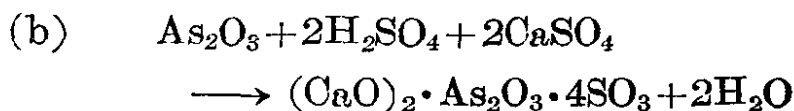
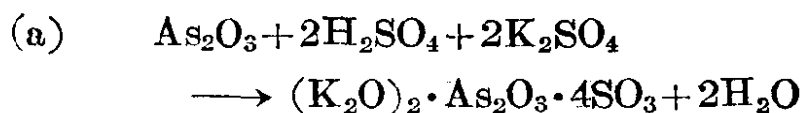


(2) 当三氧化二砷溶解于发烟硫酸时, 结果生成一个复合物(由母液中结晶出来)。



【64】 $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 [\text{CaSO}_4, \text{PbSO}_4]$

三氧化二砷和金属硫酸盐溶解于浓硫酸中, 然后加热以驱去硫酸, 结果有结晶化合物形成。



【65】 $\text{Ba}(\text{OH})_2$

(1) 当氢氧化钡溶液与三氧化二砷的溶液共混合后, 即有水合碱式偏亚砷酸钡形成。

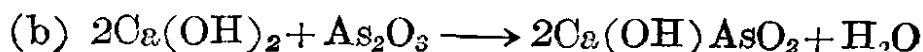
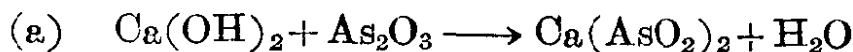


(2) 当氢氧化钡溶液与三氧化二砷溶液(每 100 毫升溶液中含有 0.6 克三氧化二砷)在 25°C 反应时, 将有四水合偏亚砷酸钡形成。



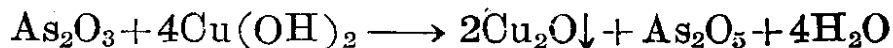
【66】 $\text{Ca}(\text{OH})_2$

当氢氧化钙溶液与三氧化二砷溶液(每 100 毫升水中含有 0.06 克三氧化二砷)在 25°C 共振摇后, 即有偏亚砷酸钙形成(a)。也可能有碱式盐形成(b)。



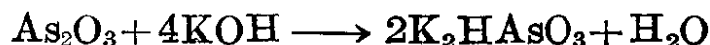
【67】 $\text{Cu}(\text{OH})_2$

当三氧化二砷在氢氧化钠溶液中与氢氧化铜反应后, 结果有氧化亚铜和五氧化二砷形成。

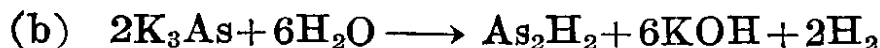


【68】 KOH

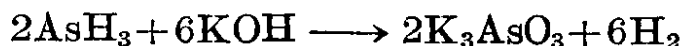
(1) 当 198 克三氧化二砷溶解于 800 毫升氢氧化钾溶液(5 摩/升)中, 结果有亚砷酸氢二钾形成。



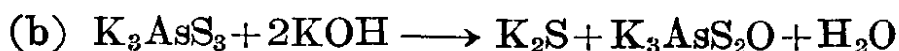
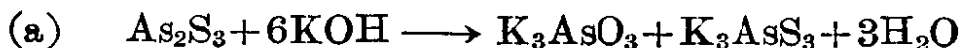
(2) 当砷化三氢与氢氧化钾作用时, 即有固体砷化钾形成(a)。当有水存在时, 砷化钾即分解而形成固体氢化砷(b)。当与氢氧化钠作用时, 亦有相同形式的反应发生。



(3) 当砷化三氢与加热的干燥氢氧化钾作用时, 即有亚砷酸钾形成。



(4) 三硫化二砷溶解于过量的氢氧化钾溶液后, 即有硫化钾和二硫代亚砷酸钾形成。



(5) 取氢氧化钾的水-乙醇溶液加至氯化二苯砷的乙醇溶液中, 并将混合物煮沸 1 小时, 即定量地得到纯的氧化(双)二苯砷, 后者经氯仿萃取及干燥后, 则为无色结晶。

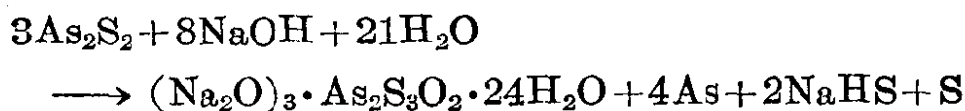


【69】 NaOH

(1) 将三氯化砷溶解在氢氧化钠水溶液后, 即有氯化钠和亚砷酸二氢钠形成。

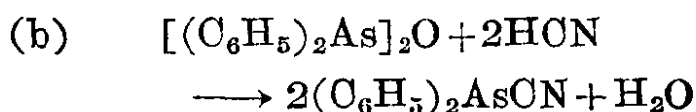
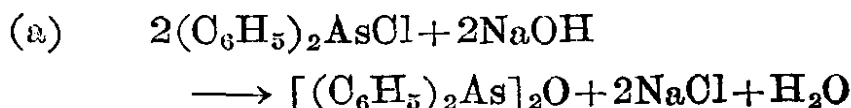


(2) 将粉状雄黄与过量的氢氧化钠溶液作用后, 即有中性盐形成, 同时伴有若干砷。



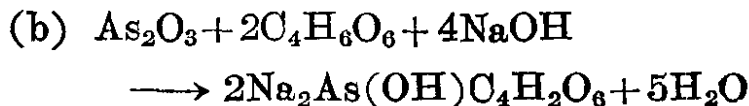
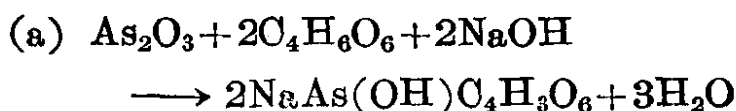
【70】 $\text{NaOH} + \text{HCN}$

氯化二苯胂与氢氧化钠作用，即生成氧化(双)二苯胂(a)，若将氰化氢气体通入熔化的氧化(双)二苯胂后，则形成氰化二苯胂(b)。



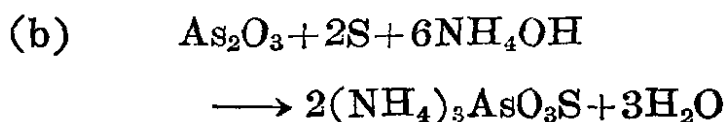
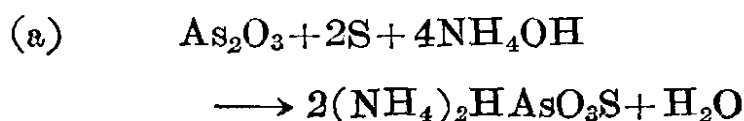
【71】 $\text{NaOH} + \text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6$

三氧化二砷的酒石酸溶液与氢氧化钠作用的中和曲线表明：其反应如下式(a)(b)所示。



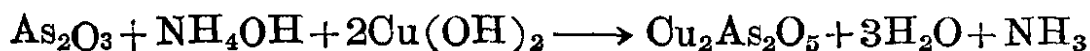
【72】 $\text{NH}_4\text{OH} + \text{S}$

当三氧化二砷和硫的混合物共加热后，将其熔化物与氢氧化铵反应，并加入过量的乙醇，结果有一硫代砷酸氢二铵的结晶或一硫代砷酸铵油状沉淀形成。



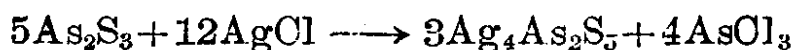
【73】 $\text{NH}_4\text{OH} + \text{Cu}(\text{OH})_2$

当氢氧化铜与三氧化二砷的氢氧化铵溶液共加热后，即有亚砷酸铜析出。

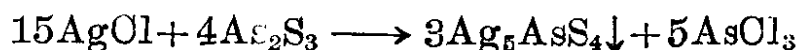


【74】 AgCl

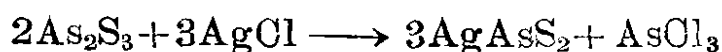
(1) 当三硫化二砷与氯化银共热时，即有焦硫代亚砷酸银形成。



(2) 将氯化银和三硫化二砷的混合物共加热时，即有全硫亚砷酸银形成。

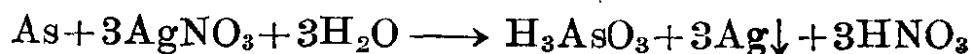


(3) 当三硫化二砷与氯化银在 170°C 加热时，即有偏硫代亚砷酸银形成。

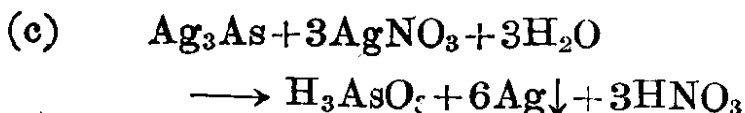
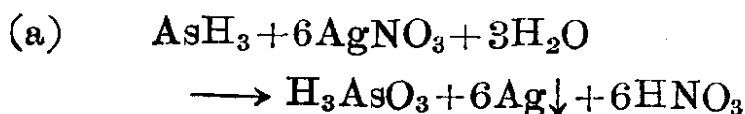


【75】 AgNO₃

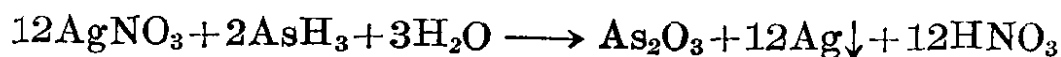
(1) 当砷与硝酸银的中性溶液作用后，即有亚砷酸和银形成。



(2) 砷化三氢可被硝酸银溶液迅速地吸收，但汞、铜、铅、锡和铁的盐溶液则吸收缓慢。

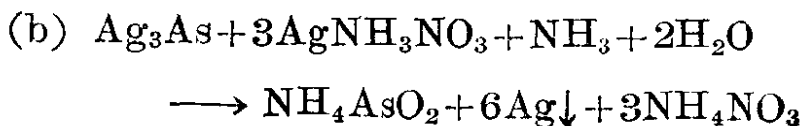
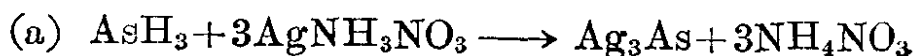


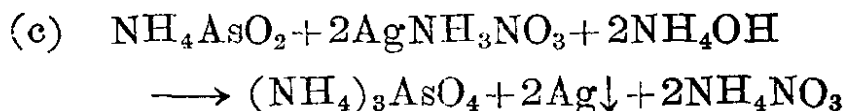
(3) 砷化三氢可被硝酸银、水和稀盐酸定量地吸收，结果有三氧化二砷、银和硝酸形成。



【76】 AgNO₃、NH₃

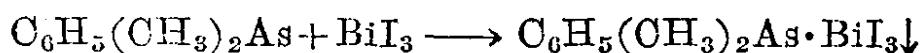
在稀的氨性硝酸银溶液中，砷化三氢将按下列三个情况进行反应。





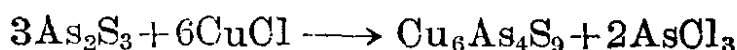
【77】 BiI_3

当三碘化铋与苯基二甲胂按摩尔比混合的乙醇溶液煮沸数分钟后,即得下列反应式所示的朱红色结晶加成产物。

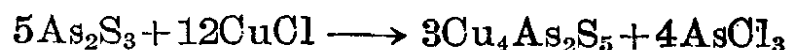


【78】 CuCl

(1) 当三硫化二砷与氯化亚铜共同加热(在 $200 \sim 300^\circ\text{C}$) 后,即有黑色块状物形成。

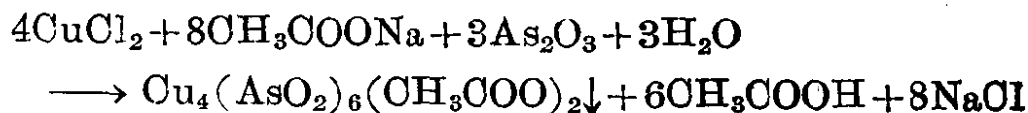


(2) 三硫化二砷与氯化亚铜共加热时,即有砷和硫的铜化合物形成。



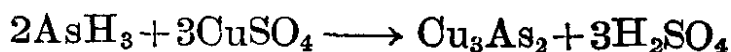
【79】 CuCl_2 、 CH_3COONa

将含有氯化铜、乙酸钠和三氧化二砷的溶液进行蒸发,反应随即开始,结果有巴黎绿的沉淀形成(反应生成的乙酸必须蒸发除去)。



【80】 CuSO_4

(1) 硫酸铜溶液能分解砷化三氢,并形成砷化铜。



(2) 将硫酸铜的水溶液滴至完全没有空气的砷化三氢气体中,即有砷化铜形成。



【81】 FeCl_3

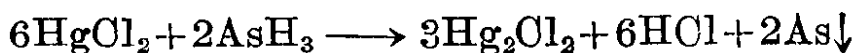
当三硫化二砷与氯化铁溶液反应时,即有五氧化二砷形成。



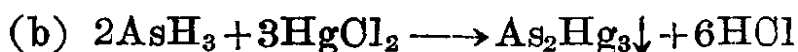
【82】 HgCl_2

(1) 当砷化三氢与氯化汞作用后,即有氯化亚汞、盐酸和砷形

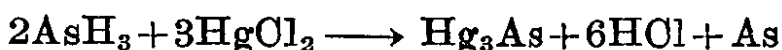
成; 这个反应是在极稀的砷化三氢浓度下进行的。



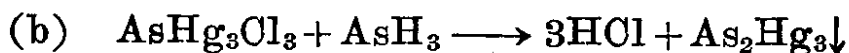
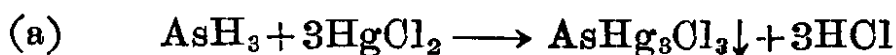
(2) 当砷化三氢与氯化汞溶液作用后, 即有黄色沉淀形成。



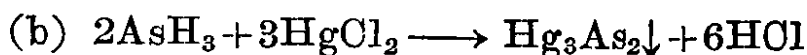
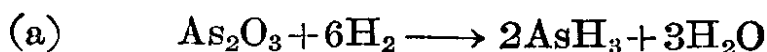
(3) 当氯化汞的水溶液逐滴加至完全没有空气的砷化三氢气体中, 则将有砷化汞形成。



(4) 当砷化三氢与过量的氯化汞溶液剧烈反应后, 即有黄色, 棕色或红色沉淀形成。

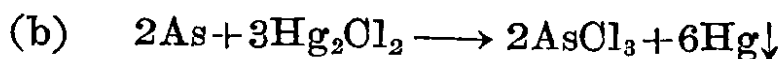
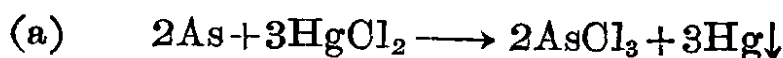


(5) 30 克三氧化二砷置于启普发生器中, 器内备有 2000 毫升 12.5% 盐酸和过量的金属锌。发生的气体通过水以去除痕量盐酸, 接着再通过浓硫酸进行干燥; 最后通入含有 27.1 克氯化汞的 2000 毫升水溶液, 即有黑色的砷化汞沉积下来。



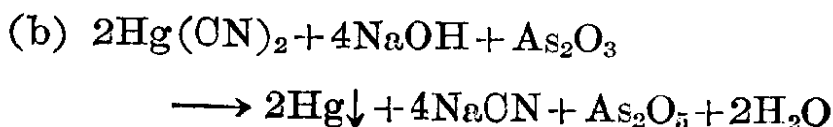
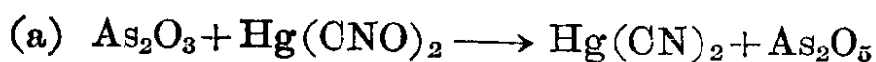
【83】 HgCl_2 、 $[\text{HgCl}]$

砷和氯化汞的混合物共热时, 即有三氯化砷和游离汞形成。当与氯化亚汞反应时, 则亦有相同的反应发生。



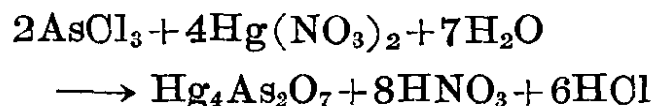
【84】 $\text{Hg}(\text{CNO})_2$

三氧化二砷与雷酸汞在 20% 氢氧化钠溶液参加下相互作用时, 即有汞沉淀析出, 同时砷被氧化。

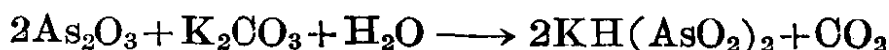


[85] $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$

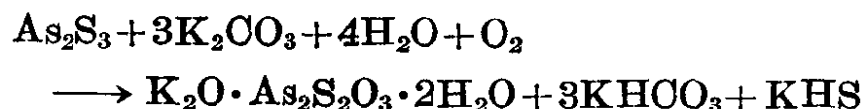
当三氯化砷与硝酸汞混和后, 即有白色焦砷酸亚汞沉淀形成, 后者将变为红紫红色。

**[86] K_2CO_3**

(1) 当三氧化二砷小量地加入碳酸钾的热溶液中时, 即有偏亚砷酸氢钾形成。



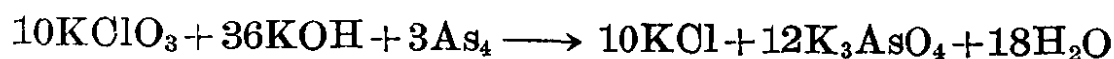
(2) 三硫化二砷与碳酸钾的沸溶液作用时, 即生成水合硫代硫酸砷合氧化钾的结晶。



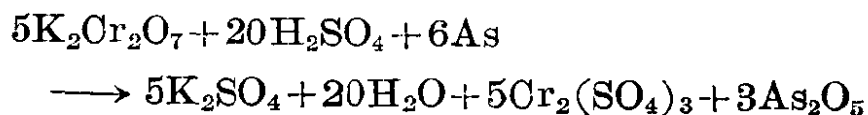
(3) 当三硫化二砷和碳酸钾的混合物共熔融时, 即有五硫化二砷形成。

**[87] $\text{KClO}_3 + \text{KOH}$**

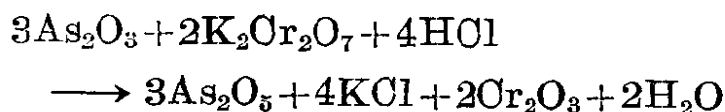
当氯酸钾、氢氧化钾和砷的混合物小心地熔融后, 即有砷酸钾形成。

**[88] $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$**

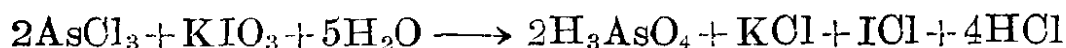
(1) 砷在 60°C 时, 可用重铬酸钾和硫酸氧化而测定之。



(2) 在盐酸的参加下, 重铬酸钾能氧化三氧化二砷, 结果有五氧化二砷形成。

**[89] KIO_3**

(1) 当三氯化砷溶液与碘酸钾溶液滴定时, 即有砷酸形成。



(2) 当中性碘酸钾溶液与砷化三氢作用时, 即有砷酸二氢化钾和游离碘形成。

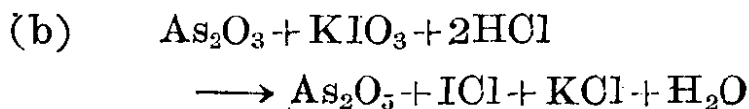
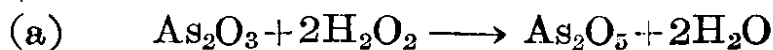


(3) 亚砷化合物与碘酸钾在 20% 盐酸溶液中进行反应时, 即有砷化合物形成。



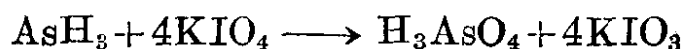
【90】 KIO_3 、 H_2O_2 、 HCl

一种过氧化氢定量法(应用于亚砷酸盐溶液的氧化)是基于下列反应式。



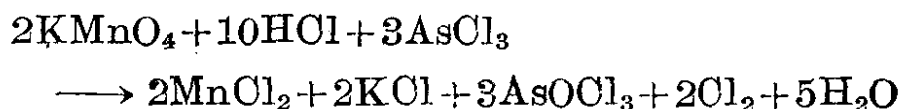
【91】 KIO_4

砷化三氢可被高碘酸钾氧化至砷酸。



【92】 KMnO_4

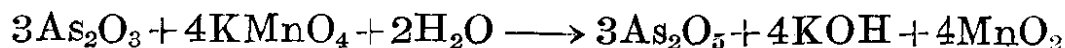
(1) 三氯化砷的酸性溶液可用高锰酸钾溶液滴定, 并有三氯化砷形成。



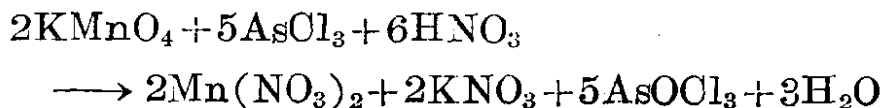
(2) 砷化三氢与高锰酸钾作用后, 即有砷酸氢二钾、三氧化二锰和水形成。



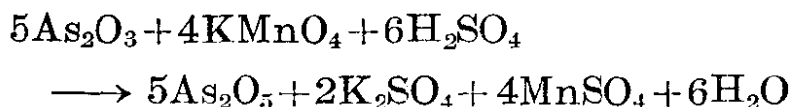
(3) 高锰酸钾在中性或碱性溶液中, 能定量地氧化三氧化二砷。



(4) 高锰酸钾在硝酸溶液中, 能氧化三氯化砷为三氯化砷。

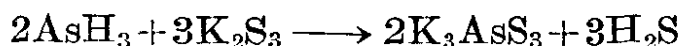


(5) 在硫酸的参加下, 三氧化二砷可被高锰酸钾氧化为五氧化二砷。



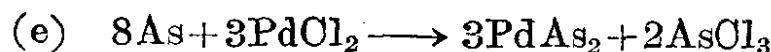
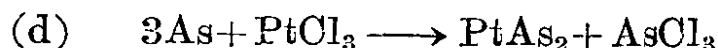
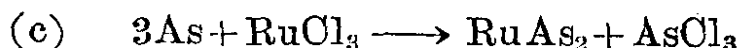
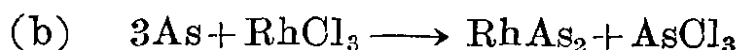
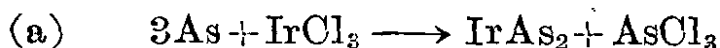
[93] K_2S_3

当砷化三氢与三硫化二钾作用时, 即有硫代亚砷酸钾形成。



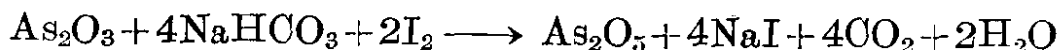
[94] IrCl_3 、 RhCl_3 、 RuCl_3 、 PtCl_3 、 PdCl_2

砷和三氯化铱的混合物, 在氢气流中于 $500\sim 560^\circ\text{C}$ 加热, 即生成二砷化铱。三氯化铑、三氯化钌、三氯化铂、二氯化钯亦有类似反应发生



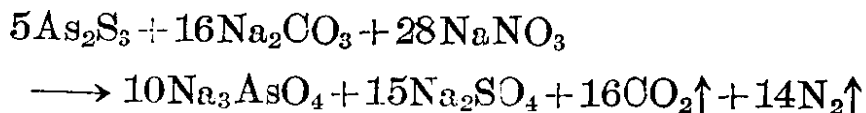
[95] $\text{NaHCO}_3 + \text{I}_2$

三氧化二砷在碳酸氢钠存在下可被碘氧化, 反应如下。

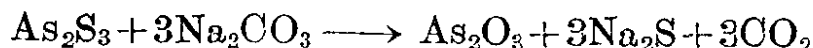


[96] Na_2CO_3

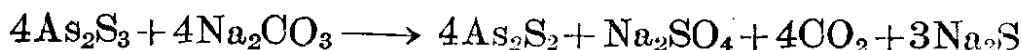
(1) 将三硫化二砷与碳酸钠、硝酸钠一起加热, 则有硫酸钠和砷酸钠形成。



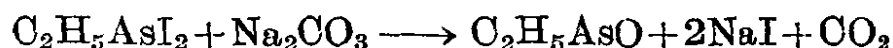
(2) 当三硫化二砷溶解于碳酸钠溶液后, 即有二氧化碳放出, 而在溶液中则留有硫化钠和三氧化二砷。



(3) 在碳酸的参加下, 三硫化二砷与碳酸钠共加热时, 即有二硫化二砷形成。

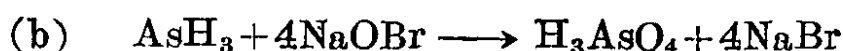
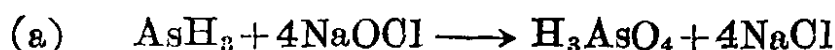


(4) 将溶解于苯的二碘化乙胂与氯化钙和无水碳酸钠制成的混合物共同加热,直至黄色消失为止。蒸去苯后,即有氧化乙胂生成。



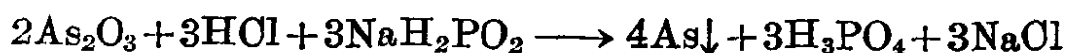
【97】 NaOCl

砷化三氢可被次氯酸钠氧化为砷酸。次溴酸钠亦有相同形式的反应发生。



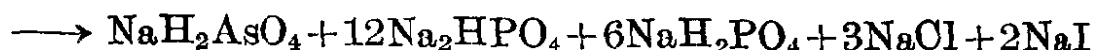
【98】 NaH₂PO₂

当三氧化二砷的盐酸溶液与次磷酸二氢钠作用后,即有无定形砷沉淀析出。



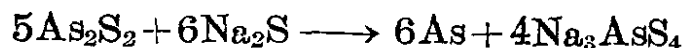
【99】 Na₂HPO₄ + I₂

在砷的分析中,首先用磷酸氢二钠溶液使其水解,然后加入几乎与其相当量的碘。当碘和亚砷酸盐反应后,在淀粉指示剂的存在下,应用亚砷酸(或碘)的稀溶液测定其多余(或不足)的碘。

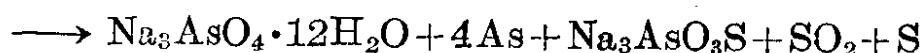


【100】 Na₂S

(1) 当雄黄与硫化钠作用时,即有全硫砷酸钠和砷形成。

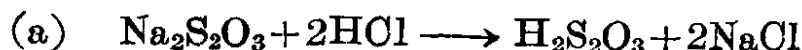


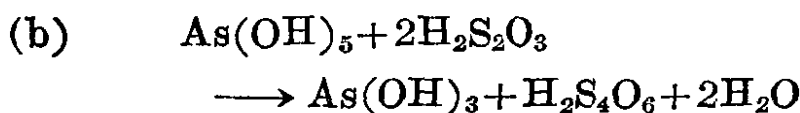
(2) 当硫化钠与三氧化二砷共加热时,即有砷酸钠形成,同时有若干一硫代砷酸钠和砷。



【101】 Na₂S₂O₃

硫代硫酸钠与盐酸溶液作用后,生成硫代硫酸(a),后者能还原五氢氧化砷为亚砷酸,同时,硫代硫酸被氧化为连四硫酸(b)。





【102】 NH_4Br

溴化铵与液氨中的(多)砷化钠作用后, 即有砷形成, 且得率较高, 但无固态的砷氢化合物形成。



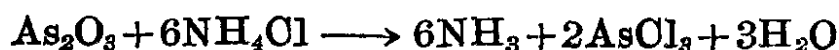
【103】 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$

当碳酸铵与三硫化二砷作用后, 即有全硫亚砷酸铵和亚砷酸铵形成。



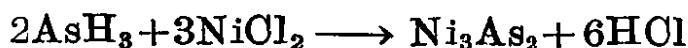
【104】 NH_4Cl

三氧化二砷与氯化铵共加热时, 即有三氯化砷形成, 并有氨放出。



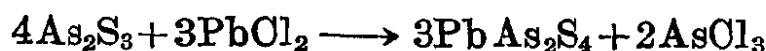
【105】 NiCl_2

当氯化镍的氨性溶液滴至砷化三氢气体(在没有空气存在下)中, 即有砷化镍形成。

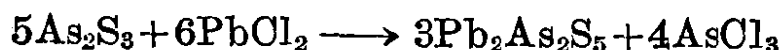


【106】 PbCl_2

(1) 当三硫化二砷和氯化铅的混合物共加热时, 即有淡棕色硫化砷-硫化铅形成。

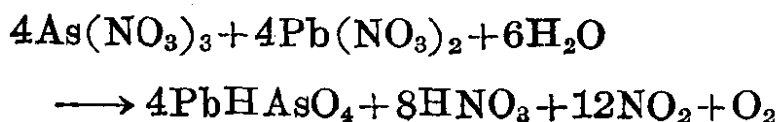


(2) 当三硫化二砷和氯化铅的混合物加热至高温时, 即有下列反应产物生成。



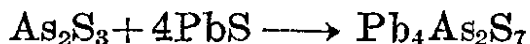
【107】 $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$

硝酸铅与硝酸砷溶液作用时, 即有砷酸氢铅沉淀形成。

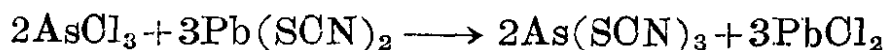


[108] PbS

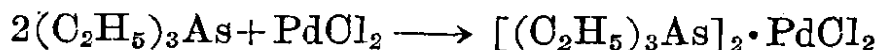
当硫化铅和三硫化二砷的混合物共加热后,即有下列反应产物形成。

**[109] Pb(SCN)₂**

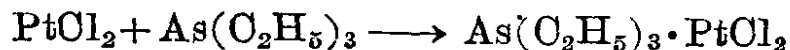
当三氯化砷和硫氰酸铅的混合物在砂浴上徐徐加热后,即有硫氰酸砷形成。

**[110] PdCl₂**

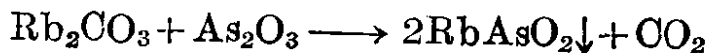
三乙腈与二氯化钯反应,生成如下的化合物。

**[111] PtCl₂**

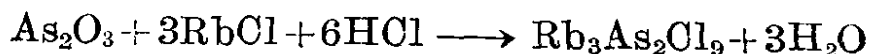
在含有等体积乙醇的浓的二氯化铂溶液中,滴加三乙腈,同时予以强烈搅拌,溶液即出现亮黄色,待冷却后,有黄色结晶析出。结晶在乙醇中可分离出二种不同的化合物。其中一个易溶于水;另一个完全不溶于水,但溶于沸腾的乙醇中。经分析表明:二种化合物属异构体。

**[112] Rb₂CO₃**

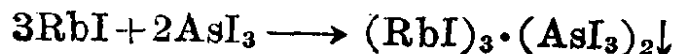
当三氧化二砷的水溶液与碳酸铷作用后,再予真空蒸发,即有白色无定形结晶物偏亚砷酸铷生成。

**[113] RbCl**

当氯化铷的水溶液与溶解于稀盐酸中的三氧化二砷混合后,即形成下列的反应产物。

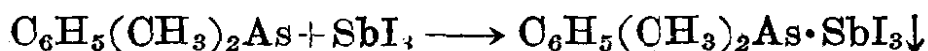
**[114] RbI**

碘化铷的氢碘酸溶液与三碘化砷混合,经煮沸后,即形成深红色沉淀。



【115】 SbI_3

先将三碘化铟溶解于煮沸的苯中，再与摩尔量的苯基二甲肼之苯溶液反应后，即形成下列反应式所示的橙色结晶加成物。

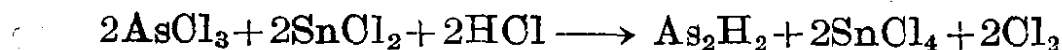


【116】 SnCl_2

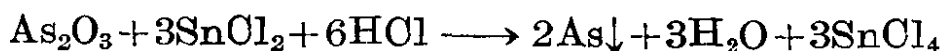
(1) 三氯化砷和氯化亚锡在足够高浓度的盐酸溶液中反应，氯化亚锡被氧化为四氯化锡，同时有砷还原出来。



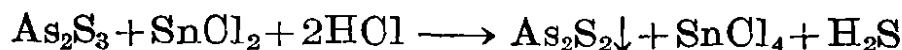
(2) 当大量氯化亚锡溶液(在乙醚中)与三氯化砷的盐酸溶液作用时，即有固体氢化砷(I)形成。



(3) 当三氧化二砷的盐酸溶液与氯化亚锡作用时，即有无定形砷形成。

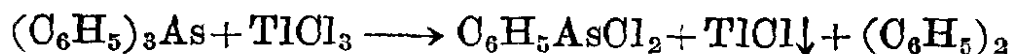


(4) 当氯化亚锡的盐酸溶液在发烟盐酸的参加下，能还原新鲜沉淀的三硫化二砷，结果有二硫化二砷沉淀形成。



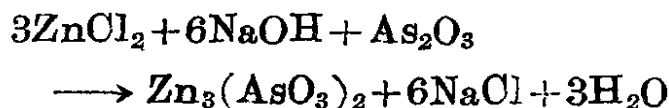
【117】 TlCl_3

三苯肼的干醚溶液与三氯化铊的乙醚溶液混和后，静置过夜，即形成白色无定形的氯化亚铊沉淀，并从母液中可分离出二氯化苯肼。



【118】 ZnCl_2

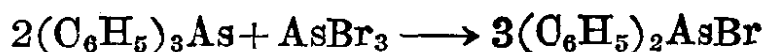
三氧化二砷与氯化锌在中性或碱性溶液中反应时，即有亚砷酸锌形成。



【119】 AsBr_3

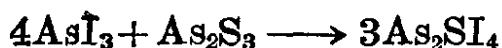
当三苯肼与三溴化砷于 $300 \sim 350^\circ\text{C}$ 加热反应 3 小时后，将生成物进行蒸馏，其 $170 \sim 205^\circ\text{C}$ 的馏份和残渣中的主产物是溴化二

苯肿, 而 170°C 以下的馏份是溴苯和苯。



【120】 As_2S_3

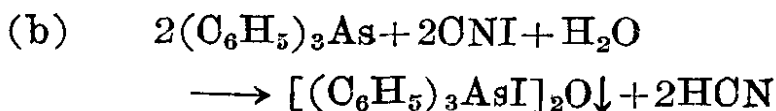
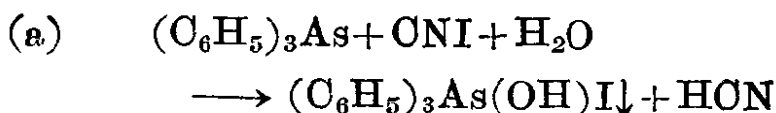
在没有空气的参加下, 当三硫化二砷与过量的三碘化砷共熔融后, 即有结晶性针状物形成。



【121】 CNI

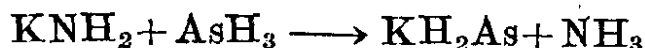
用碘化氰的干醚溶液处理三苯肿, 即有淡黄色油状物形成, 并渐渐固化为沉淀。该物质可能是羧碘化三苯肿(a)或氧化(双)三苯(基)肿碘(b)。

在新制得的上述油状物中, 往往含有痕量的氮, 但放置约 10 天后即消失。



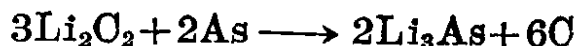
【122】 KNH_2

金属钾溶解于含有几毫克硝酸铁(作为催化剂)的液氨溶液中, 即形成氨基(化)钾, 随后将该溶液于 -78°C 与过量的砷化三氢气体反应后, 生成砷化二氢钾的黄色特征溶液。



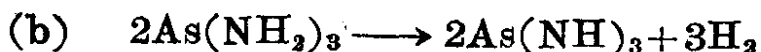
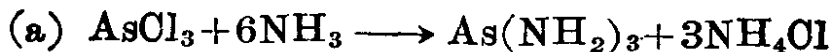
【123】 Li_2C_2

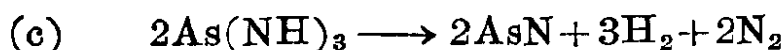
红热的碳化锂在砷蒸气中灼烧, 即生成砷化锂。



【124】 NH_3

(1) 当三氯化砷与液氨在低温下作用时, 即有氯化铵和砷胺形成(a)。后者在较高的温度下即分解为砷亚胺(b), 以及氮化砷(c)。



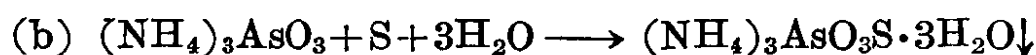
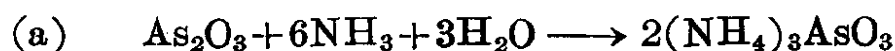


(2) 在氨的大气里挥发三氯化砷, 然后将其生成物放在硫酸上干燥, 即得灰黄色粉末。三碘化砷亦有相似的反应。



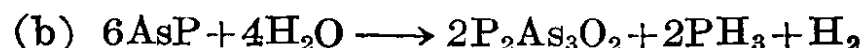
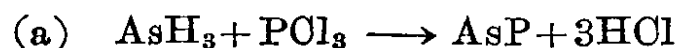
【125】 NH_3 、S

当三氧化二砷和硫与浓氨在一个耐压瓶中于水浴上加热时, 即有白色结晶形成。

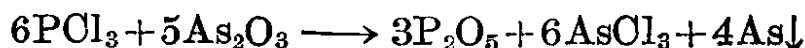


【126】 PCl_3

(1) 将砷化三氢与三氯化磷反应后的生成物与水作用, 即有氧化砷磷形成。



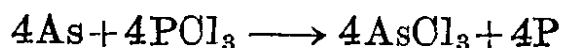
(2) 三氧化二砷与三氯化磷在 $110 \sim 130^\circ\text{C}$ 间反应时, 即有五氧化二磷、三氯化砷和砷形成。



(3) 当砷化三氢导入三氯化磷(低于 20°C)时, 即有砷化磷和氯化氢形成。

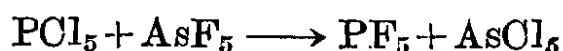


(4) 当三氯化磷和砷的混合物在二氧化碳气流下, 加热至 200°C 达 12 小时, 结果有三氯化砷和磷形成。



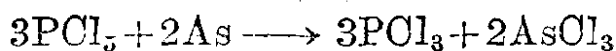
【127】 PCl_5

(1) 当五氯化磷与五氟化砷作用后, 即用五氟化磷形成。后者可在 70°C 下予以蒸馏分离。

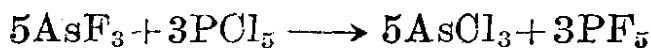


(2) 粉状砷能非常容易地分解五氯化磷。混合物宜予微热。反应是瞬时的, 且又是放热的。反应后的液体含有三氯化磷和三氯

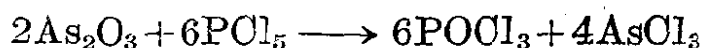
化砷。



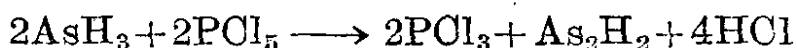
(3) 三氯化砷和五氯化磷在浓硫酸中共加热时, 即有五氯化磷形成。



(4) 当三氧化二砷与五氯化磷作用时, 即有三氯化砷和三氯化磷形成。

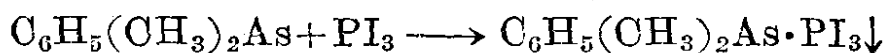


(5) 当砷化三氢与五氯化磷作用时, 即有固体氢化砷形成。



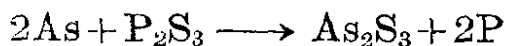
[128] PI_3

当苯基二甲砷(1 摩)加至三碘化磷(1 摩)的二硫化碳溶液中, 即发生放热反应, 并有橙色三棱形加成物定量沉出。



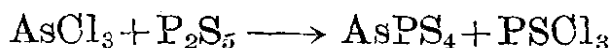
[129] P_2S_3

当三硫化二磷和砷混合后, 在熔化(试)管中于 240°C 加热, 即生成三硫化二砷。



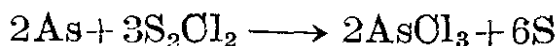
[130] P_2S_5

三氯化砷与五硫化二磷共加热后, 即形成硫代磷酸砷。

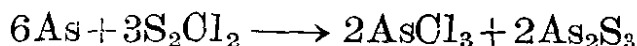


[131] S_2Cl_2

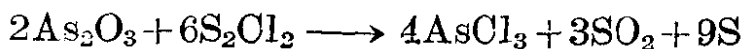
(1) 当粉状砷小量地加至一氯化硫中, 即有黄色液体形成, 后者在 130°C 蒸馏时, 可得到三氯化砷。



(2) 当粉状砷与一氯化硫共加热时, 即有三氯化砷形成。



(3) 三氧化二砷与一氯化硫共加热时, 即有三氯化砷、二氧化硫和硫形成。

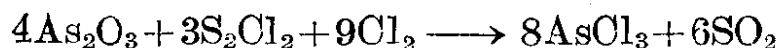


(4) 当三硫化二砷与一氯化硫反应时, 如升高温度, 可使生成物完全液化。



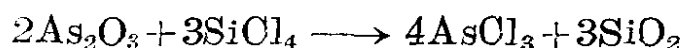
【132】 $\text{S}_2\text{Cl}_2 + \text{Cl}_2$

当氯导入含有一氯化硫和过量三氧化二砷的混合沸溶液中后, 即有三氯化砷形成。



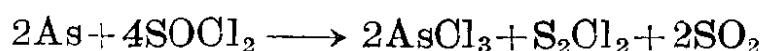
【133】 SiCl_4

将三氧化二砷与四氯化硅置于试管中, 于 $270 \sim 280^\circ\text{C}$ 加热 30 小时左右, 即形成三氯化砷。



【134】 SOCl_2

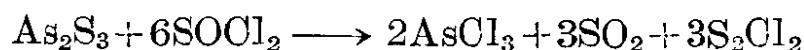
(1) 当砷与亚硫酸(二)氯在封闭管中于 150°C 共加热时, 即有三氯化砷形成。



(2) 三氧化二砷与亚硫酸(二)氯在冷的情况下作用时, 即有三氯化砷形成。

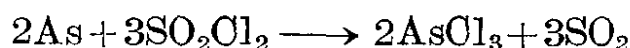


(3) 三硫化二砷与亚硫酸(二)氯在 150°C 加热时, 即有三氯化砷形成。



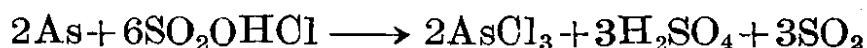
【135】 SO_2Cl_2

当砷与磺酰氯和二氧化碳的混合气在 170°C 共加热时, 即有三氯化砷形成。



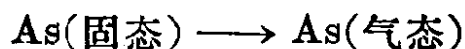
【136】 SO_2OHCl

氯磺酸与砷在加温反应时, 即有二氧化硫释出, 同时有三氯化砷形成。



【137】 加热

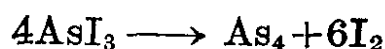
(1) 砷在一般情况下, 加热至约 450°C 时, 即由固态变成气态。



(2) 三碘化砷加热后, 有部分转化为红碘, 并有碘释出。同时还有砷的黄色蒸气挥发出来。

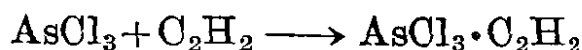


(3) 当三碘化砷在 $150\sim 160^{\circ}\text{C}$ 的氮气流中加热时, 即形成砷和碘。



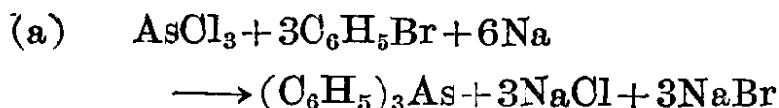
【138】 C_2H_2

三氯化砷与乙炔在三氯化铝存在下反应, 即形成如下式所示的加成产物。



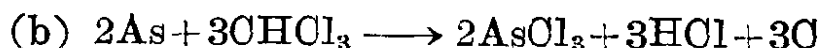
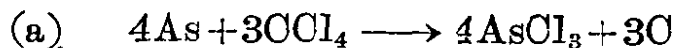
【139】 $\text{C}_6\text{H}_5\text{Br}$ 、 $\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}$

三氯化砷与溴苯组成的乙醚溶液经钠处理后, 即生成三苯砷。用氯苯代替溴苯亦可发生同样反应。



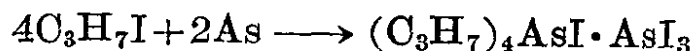
【140】 CCl_4 、 CHCl_3

当无定形砷与四氯化碳在封闭管中加热至 160°C , 即形成三氯化砷; 若与氯仿反应, 则形成三氯化砷、氯化氢和无定形碳。



【141】 $\text{C}_3\text{H}_7\text{I}$

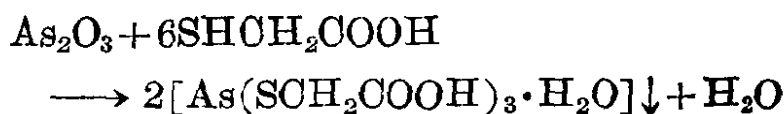
砷与丙基碘反应后, 生成碘化四丙砷和三碘化砷的复盐。



【142】 SHCH_2COOH

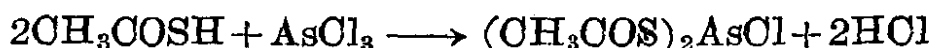
将三氧化二砷加至巯基乙酸中, 混和后予以冷却, 即有无色结

晶形成。

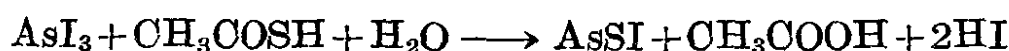


[143] CH₃COSH

(1) 在低温下, 将硫代乙酸滴加至(每次 1 滴)三氯化砷中, 则有氯化(双)硫代乙酸砷和盐酸生成。

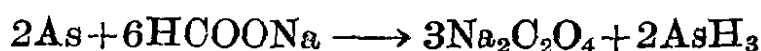


(2) 当干燥的三碘化砷与硫代乙酸和水加热后, 即形成硫代碘化砷、乙酸和氢碘酸。

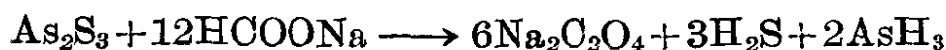


[144] HCOONa

(1) 3 份砷粉和 8 份甲酸钠共加热至 400°C, 即有砷化三氢释出, 同时生成草酸钠。



(2) 当三硫化二砷和甲酸钠的混合物加热至红色, 即有砷化三氢生成。

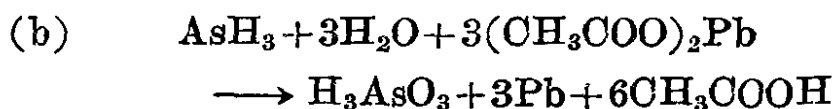
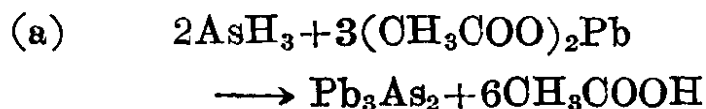


[145] (CH₃COO)₂Pb

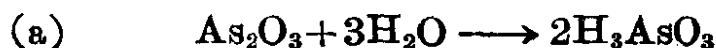
(1) 在完全隔绝空气下, 当中性的乙酸铅溶液滴加至砷化三氢气体中, 即有砷化铅形成。

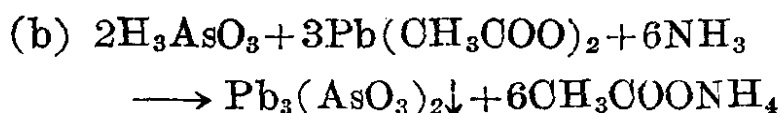


(2) 当砷化三氢与乙酸铅溶液反应后, 即有亚砷酸和铅生成。



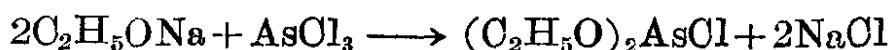
(3) 当三氧化二砷的水溶液加至含有少量游离乙酸的乙酸铅溶液中, 静置过夜, 将生成的少量沉淀滤去, 再向滤液中加入过量氨, 即有亚砷酸铅沉出。



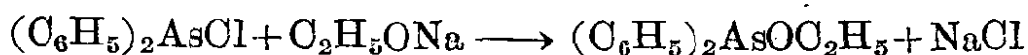


【146】 $\text{C}_2\text{H}_5\text{ONa}$

(1) 将含有 30 克钠的 600 毫升乙醇缓慢地加至 118 克三氯化砷中(整个操作持续 2.5 小时), 然后放置 24 小时, 再予沸腾 1 小时, 除去氯化钠, 即得氯化二乙氧基砷。

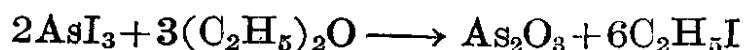


(2) 氯化二苯砷的乙醇溶液与乙醇钠反应, 形成二苯基乙氧基砷和氯化钠。随后在水浴上加热 1 小时, 除去氯化钠和过量乙醇, 即留下粘性油状产物, 后者在室温下会部分固化。



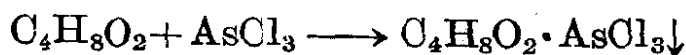
【147】 $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}$

当三碘化砷溶解于乙醚后, 经过数小时, 其黄色即行消退。溶液的吸收光谱, 证实有碘乙烷形成。



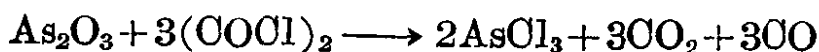
【148】 $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$

取 1.4 克二噁烷与 2.33 克三氯化砷于无水乙醚中进行反应, 同时予以冷却, 形成白色结晶复合物, 即氧鎗化合物。



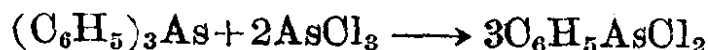
【149】 $(\text{COCl})_2$

当三氧化二砷与微过量的草酰氯作用, 即转变为氯化物。



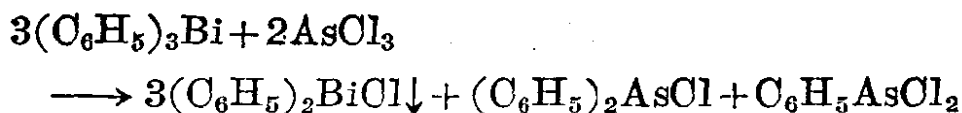
【150】 $(\text{C}_6\text{H}_5)_3\text{As}$

当三苯砷与过量的三氯化砷于 250°C 加热后, 即形成二氯化苯砷。



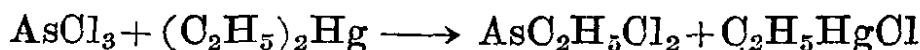
【151】 $(\text{C}_6\text{H}_5)_3\text{Bi}$

将三氯化砷的乙醚溶液缓慢地加至三苯(基)铋的乙醚溶液中, 在形成氯化二苯铋的无色结晶的同时亦有二氯化苯砷和氯化二苯砷的淡黄色油状物生成。



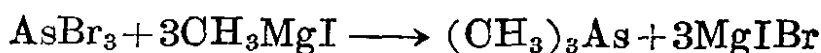
【152】 $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{Hg}$

三氯化砷与二乙汞作用, 即生成二氯化乙肿和氯化乙基汞。



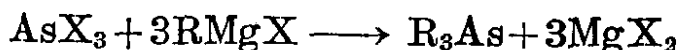
【153】 CH_3MgI

当三溴化砷与碘化甲基镁反应后, 即有三甲肿形成。

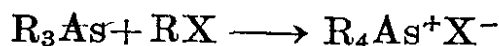


【154】 RMgX (Grignard reagent)

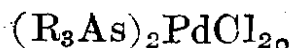
三卤化砷与格氏试剂反应, 生成三烷基砷的无色液体。



R_3As 与卤代烷 RX 反应, 形成四烷基砷盐。

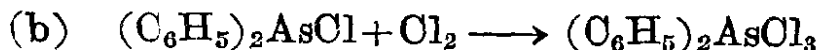
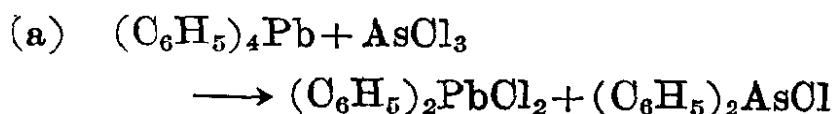


R_3As 是电子对的给予体, 可形成配位化合物, 例如:



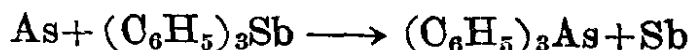
【155】 $(\text{C}_6\text{H}_5)_4\text{Pb}$

将三氯化砷与四苯铅置于甲苯中, 加热回流 1 小时后, 放置 12 小时, 再加热、过滤, 残渣中含有二氯化二苯(基)铅, 而滤液中则含有油状物氯化二苯肿(a), 后者经氯化后, 即形成三氯化二苯肿(b)。

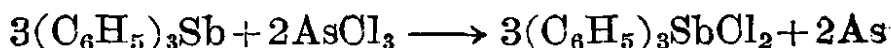


【156】 $(\text{C}_6\text{H}_5)_3\text{Sb}$

(1) 当三苯胂与细粉状砷于 350°C 加热 8 小时后, 即生成三苯肿。

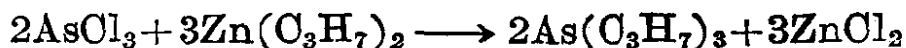


(2) 将三氯化砷与三苯胂的混合物于 80°C 加热 3.5 小时后, 即形成二氯化三苯胂和少量的无机还原产物。当加大三苯胂的用量时, 则有砷被分离出来。



[157] $\text{Zn}(\text{C}_3\text{H}_7)_2$

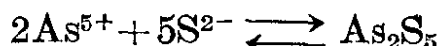
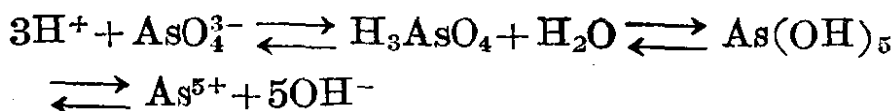
三氯化砷与二丙(基)锌反应后,即形成三丙肿和氯化锌。



砷离子的反应

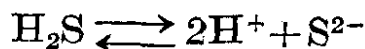
[1] 硫化氢

硫化氢于浓盐酸的存在下遇砷酸盐溶液,即生成黄色絮凝状五硫化二砷沉淀(当作用几秒钟后即可发生)。但这个反应的进行速度远较三硫化二砷沉淀的形成为慢。在此处亦需要很高的氢离子浓度,这是由于氢离子能影响砷酸根电离的缘故。

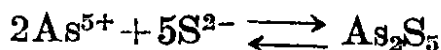


从上面平衡式中看到,如果氢离子浓度愈高,则砷离子的浓度亦愈高,结果沉淀亦愈速。通常当砷酸盐之溶液恰呈酸性时,则在大多数情况下,只有极低的砷离子浓度,结果将使形成 As_2S_5 沉淀之速度变为很慢。

另一方面,如果增加氢离子浓度时,硫离子浓度则有减少的倾向,且亦降低硫化氢在溶液中的溶解度。



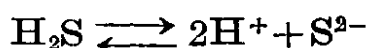
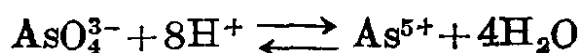
这样也将降低沉淀之速度。但在上述情况下,究竟那一个作用对化学反应的速度影响较大?这里可以根据下述方程式来加以叙述,并作出结论。



通常反应的速度是:

$$v = K_1 [\text{As}^{5+}]^2 [\text{S}^{2-}]^5 \quad (1)$$

形成这些离子的反应:



根据质量作用定律来表示下列平衡(水的浓度可认为是常数):

$$\frac{[\text{As}^{5+}]}{[\text{AsO}_4^{3-}][\text{H}^+]^8} = K_2 \quad (2)$$

及

$$\frac{[\text{H}^+]^2[\text{S}^{2-}]}{[\text{H}_2\text{S}]} = K_3 \quad (3)$$

于是

$$[\text{As}^{5+}] = K_2[\text{AsO}_4^{3-}][\text{H}^+]^8$$

$$[\text{S}^{2-}] = K_3 \frac{[\text{H}_2\text{S}]}{[\text{H}^+]^2}$$

将这些数值代入(1)式:

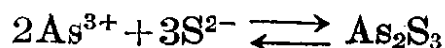
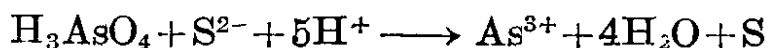
$$\begin{aligned} v &= K_1 [K_2[\text{AsO}_4^{3-}][\text{H}^+]^8]^2 \left[K_3 \cdot \frac{[\text{H}_2\text{S}]}{[\text{H}^+]^2} \right]^5 \\ &= K_1 [K_2^2[\text{AsO}_4^{3-}]^2[\text{H}^+]^{16}] K_3^5 \cdot \frac{[\text{H}_2\text{S}]^5}{[\text{H}^+]^{10}} \\ &= K_1 K_2^2 K_3^5 [\text{AsO}_4^{3-}]^2 [\text{H}^+]^6 [\text{H}_2\text{S}]^5 \end{aligned}$$

现在上式的右边除 $[\text{H}^+]$ 浓度外,余均为常数。 $[\text{AsO}_4^{3-}]$ 浓度系受其开始取用之量所固定;而 $[\text{H}_2\text{S}]$ 则亦因其溶解度之关系而被固定。结果上述的方程式变为:

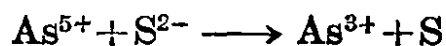
$$v = K_4 [\text{H}^+]^6$$

可见,反应的速度乃取决于氢离子浓度。同时不仅在沉淀速度方面,氢离子浓度为一控制因数,而且其速度将随氢离子的6次方而发生变化。所以当五硫化二砷被沉淀时,必须有高浓度的氢离子参加作用,这一点非常重要。

当硫化氢被通入砷酸盐的热的浓酸性溶液中时,则硫化氢将作用为还原剂,而砷被还原至三价砷,同时又沉淀为 As_2S_3 。

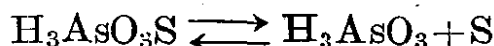
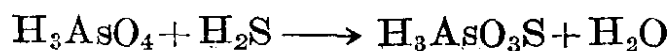


上述的反应可能包括两种反应:(1)砷酸根离子和过量的氢离子相互作用而生成 As^{5+} 离子;(2)砷离子均被硫离子(S^{2-})还原:



其中若干 As^{5+} 离子可能未被还原,而与 S^{2-} 作用形成五硫化物。

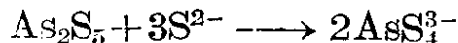
在砷酸盐的稀酸溶液中,硫化氢可被吸收至相当大的程度(较它在水中的溶解度为大),并有若干缓慢的反应进行。溶液经若干时间后才变为黄色,最后为 As_2S_3 沉淀。这可能由于先形成可溶性硫代砷酸盐,然后还原,生成 As_2S_3 沉淀。



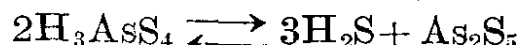
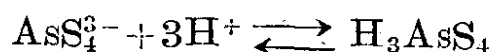
五硫化二砷不溶于浓盐酸,但很容易溶解于碱金属的氢氧化物、碳酸盐,以及碱金属或铵的硫化物、氢氧化物、碳酸盐之中:



或溶解于过量碱金属的氢氧化物中:



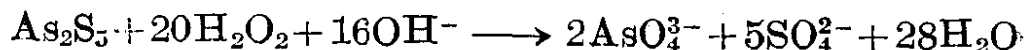
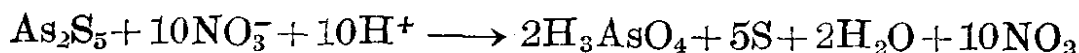
当溶液被酸化时,则全硫砷酸根阴离子与氢离子作用形成游离酸,而游离酸既不稳定,且易分解,致有五硫化二砷沉淀形成。

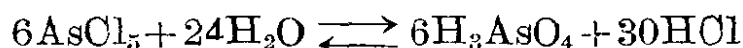
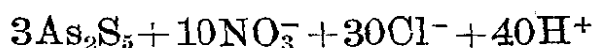
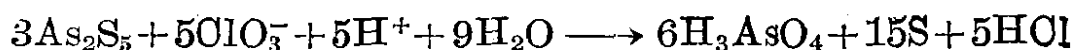


全硫砷酸盐和——硫代砷酸盐的混合物在相同之情况下发生作用时,则五硫化二砷重新沉淀。



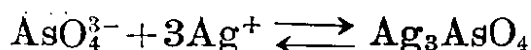
As_2S_5 溶解于浓硝酸、王水、氯酸钾和盐酸的混合液,以及氨性过氧化氢中,而转变为砷酸及硫或硫酸。



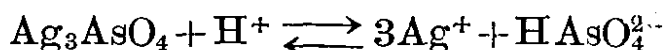


【2】 银离子

在砷酸盐的中性溶液中遇银离子后，即生成褐色砷酸银沉淀（与亚砷酸盐和磷酸盐不同，因后二者形成黄色沉淀）。



上述的沉淀甚易溶解于强酸。

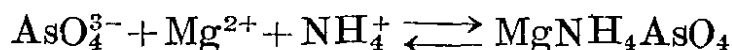


这种容易溶解的现象，乃由于砷酸中第三个氢的电离常数极低之故。但砷酸银不溶于乙酸。

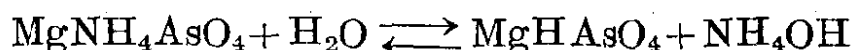
砷酸银溶解于氢氧化铵，形成 $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ 络离子。

【3】 镁和铵离子

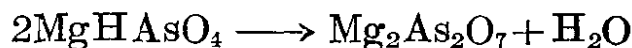
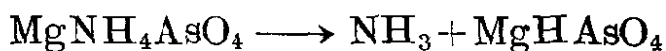
在砷酸盐的中性或氨性溶液中遇镁盐合剂（即溶液中含有 MgCl_2 、 NH_4Cl 和适量的 NH_3 ），经若干时间后，即有砷酸镁铵的白色结晶沉淀生成（与亚砷酸盐不同）。



此沉淀不溶于氢氧化铵，但易溶于酸，甚至乙酸。这种沉淀不能用水洗涤，因为它有相当大的水解作用。



上述的沉淀遇高温后即行分解，且转变为焦砷酸镁。



如果以硝酸银溶液（含有几滴乙酸者）与上述白色沉淀作用时，即有红色砷酸银形成（与磷酸盐不同）。



【4】 碘离子

在高浓度氢离子的溶液中（如浓盐酸溶液中），砷酸根离子可被碘离子定量地还原。

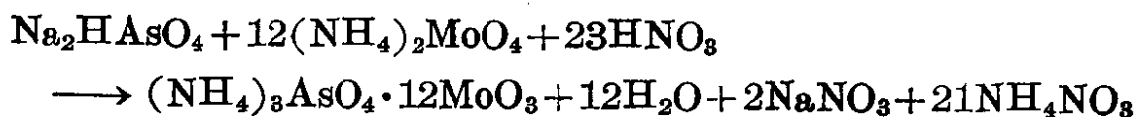


这个反应是一个可逆反应,因亚砷酸根和碘可使反应逆向,但亦可将游离碘除去(加热煮沸驱碘或加硫代硫酸钠除去碘),而使反应走向完全。

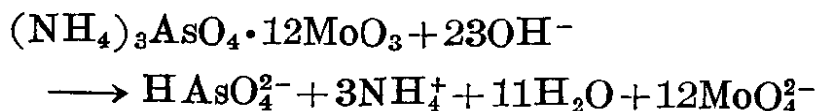
这个反应如无氧化剂存在,则在亚砷酸盐存在下仍可以用来测定砷酸盐。

【5】 钼酸根离子

在砷酸盐的热硝酸溶液中,如果有过量的钼酸根离子加入,则将生成黄色高度结晶性的砷钼酸铵沉淀。



上述沉淀溶解于过量的砷酸盐中;因而必须加入大而过量的钼酸根离子。该沉淀中含 12 个分子的钼酸酐,能溶解于碱金属和铵的氢氧化物中。

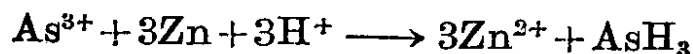


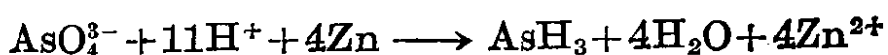
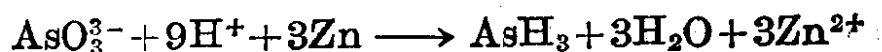
【6】 氯化亚锡、联苯胺

上述砷的检定,亦可在含有少量砷的溶液中进行,使其形成显见的砷钼酸盐沉淀。通常可应用下列方法进行试验:将小量的砷化物用硝酸氧化成砷酸;然后加入过量(大过量)的钼酸铵,并将溶液在水浴上加热 2 分钟。放冷,并用 4 或 5 容量水稀释,并加一滴氯化亚锡溶液,亚锡离子乃还原砷钼酸根离子而产生深蓝色溶液。联苯胺亦能产生相同的还原作用。虽然这二种试剂不能还原单纯的钼酸根离子,但却能使砷钼酸根络离子还原至组成不定之钼的较低级氧化物,后者系蓝色。联苯胺在此处象被二氧化铅氧化时那样而被氧化了。

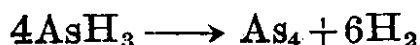
【7】 马许氏(Marsh)试验

马许氏试验可适用于检定所有的砷化物,因这些砷化物在酸性溶液中可被金属锌还原为砷化氢之故。





砷化三氢对热很不安定, 并即分解为元素:



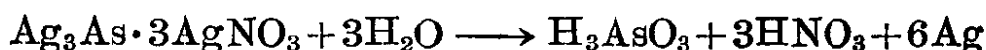
这是砷的最灵敏反应之一。这个试验可依照下列步骤进行: 将若干毫升无砷硫酸及若干无砷金属锌置于特制的接有硬质玻管的烧瓶中。这样生成的氢气即由此管逸出, 直至烧瓶中的氧全被驱走为止(可燃点喷射口的气体, 倘无爆炸声, 则证明喷出气体是纯粹的氢)。然后将玻管在气体火焰上加热。倘在玻管的加热部分上面并无棕色或灰色金属沉积发现, 则可认为试剂中无砷。随后将被检定之物质加至上述烧瓶中, 并将玻管按照上述方法继续在火焰上加热。如有微量的砷存在, 则在刚被加热部分的玻管上出现棕色环状或伴有大量光亮之银镜样的金属砷沉积物。

【8】 古策特氏(Gutzeit)试验

古策特氏试验是利用极浓的硝酸银溶液与砷化三氢作用以检定砷的存在。砷化三氢的产生方法与上述马许氏试验中产生的方法相同。当气体砷化三氢与硝酸银接触后, 即有黄色化合物发生。



倘在黄色化合物中加一滴水, 则黄色立即转变为黑色金属银。



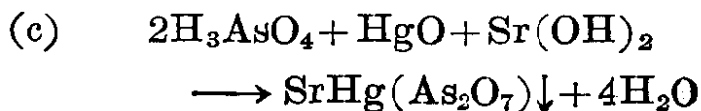
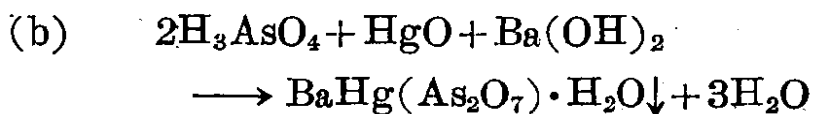
【9】 Se+KOH

将五硒化二砷与硒的氢氧化钾溶液煮沸, 再把它过滤至无水乙醇中, 即有棕色结晶形成。



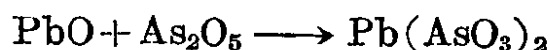
【10】 HgO+Ba(OH)₂、[Sr(OH)₂]

在耐压玻璃试管中, 放置 30 克五氧化二砷并使其溶于 45 毫升的水中; 加入 2.2 克氧化汞和 9.5 克氢氧化钡。封闭试管, 并在 180~200°C 反应 5 小时, 结果有黄色焦砷酸汞钡形成。与氢氧化锶亦有相同形式的反应。



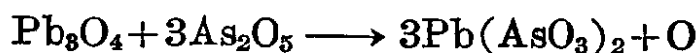
[11] PbO

当氧化铅和固体五氧化二砷混合后, 共同加热至暗红, 即有偏砷酸铅形成。



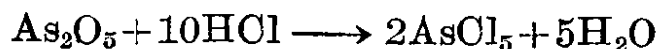
[12] Pb₃O₄

当红铅与固体砷酸在一定比例下, 熔融之, 结果有偏砷酸铅形成。

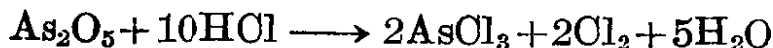


[13] HCl

(1) 过量的盐酸与五氧化二砷作用时, 即有五氯化砷形成。

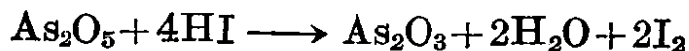


(2) 五氧化二砷与盐酸作用时, 则有三氯化砷、氯和水生成。



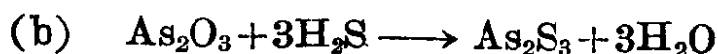
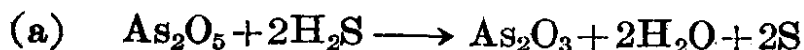
[14] HI

在冷的情况下, 氢碘酸于盐酸的参加下, 可还原五氧化二砷为三氧化二砷; 同时, 有游离碘形成。反应生成的碘可用硫代硫酸钠溶液滴定, 从而方便地测定砷的含量。

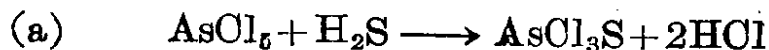


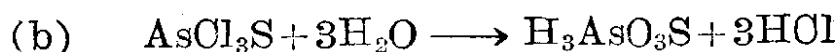
[15] H₂S

(1) 硫化氢与五氧化二砷作用时, 首先将五氧化二砷还原为三氧化二砷, 并有硫析出, 然后再进一步将砷沉淀为三硫化二砷:



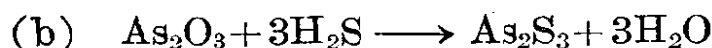
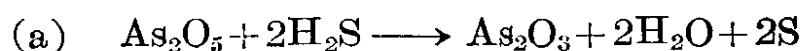
(2) 当五氯化砷与硫化氢作用时, 即有五硫化二砷形成。





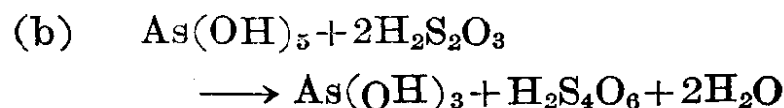
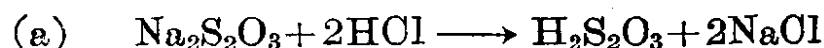
【16】 $\text{H}_2\text{S} + \text{HCl}$

将硫化氢通入曾用盐酸微酸化的五氧化二砷的溶液中，即有下列反应发生，结果生成三硫化二砷和五硫化二砷。



【17】 $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3$

硫代硫酸钠在盐酸溶液中即形成硫代硫酸(a)，后者可还原五氢氧化砷为亚砷酸，同时它本身被氧化为连四硫酸(b)。

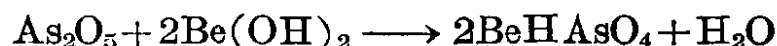


【18】 $\text{Be}(\text{OH})_2$

(1) 当五氧化二砷溶解于小量水之后，再与纯的氢氧化铍处理时，将有砷酸一铍的吸湿性结晶叶状物形成。

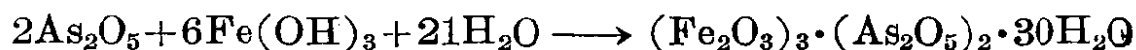


(2) 当五氧化二砷溶解于小量水之后，再与纯的氢氧化铍于 220°C 加热数小时，结果有无定形砷酸氢铍形成。



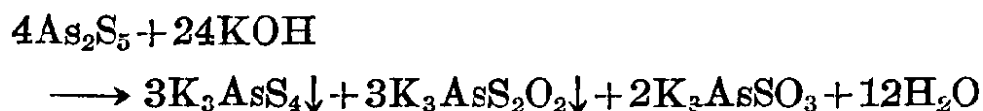
【19】 $\text{Fe}(\text{OH})_3$

将 7 克五氧化二砷和 50 毫升水以及由 3 克氯化铁制成的氢氧化铁，一起放在封闭管中，于 160°C 加热 3 小时，则有白色沉淀物形成。



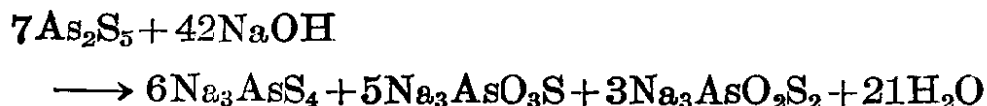
【20】 KOH

五硫化二砷与氢氧化钾溶液作用后，即有全硫砷酸钾、二硫代砷酸钾和一硫代砷酸钾形成。



[21] NaOH

(1) 当五硫化二砷与氢氧化钠溶液处理后，即有一硫代和二硫代砷酸钠以及全硫砷酸钠的混合物形成。

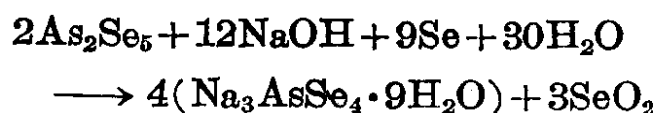


(2) 将五硫化二砷溶解于氢氧化钠溶液后，即有全硫砷酸钠和一硫代砷酸钠形成。



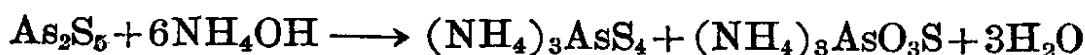
[22] NaOH + Se

当溶解于氢氧化钠中的硒经五硫化二砷处理后，即形成全硒砷酸钠。



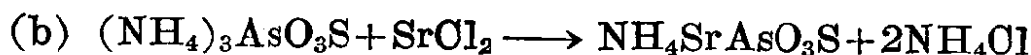
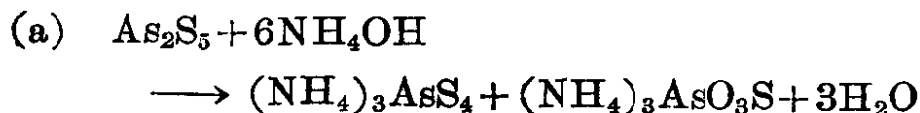
[23] NH₄OH

当五硫化二砷与氢氧化铵作用时，即有全硫砷酸铵和一硫代砷酸铵形成。



[24] NH₄OH + SrCl₂

将五硫化二砷溶解于氢氧化铵的最浓溶液中，加入氯化锶溶液，结果生成一硫代砷酸锶铵的结晶。



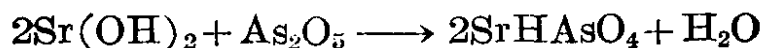
[25] Sr(OH)₂

(1) 当氢氧化锶加至五氧化二砷的溶液中后，即有砷酸二氢锶形成。



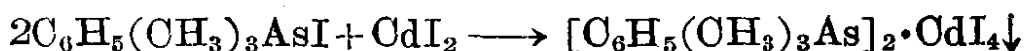
(2) 当固体氢氧化锶加至五氧化二砷的溶液后，再以氢氧化

钠调节至溶液达 pH5.4, 结果有砷酸氢锶形成。



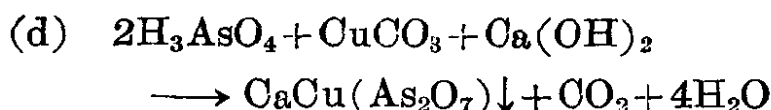
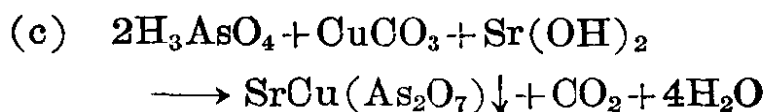
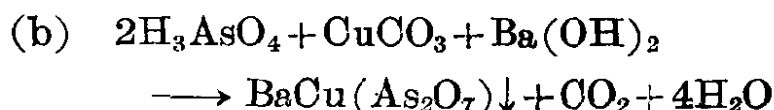
【26】 CdI₂

当碘化镉与碘化苯基三甲胂混合于水中, 即有白色结晶碘化(双)苯基三甲胂镉定量地沉出。



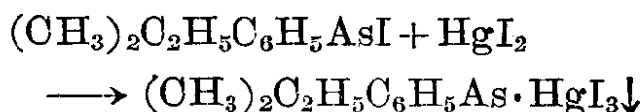
【27】 CuCO₃ + Ca(OH)₂ [Ba(OH)₂, Sr(OH)₂]

30 克五氧化二砷(置于耐压管中)溶解于 30 毫升水中, 加入 1.25 克碳酸铜和 9.5 克氢氧化钡, 将管封闭, 并在 180°C 加热 8 小时, 结果有焦砷酸铜钡的蓝绿色棱晶形成。与氢氧化钙、氢氧化锶亦有相同形式的反应形成。



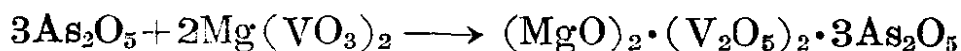
【28】 HgI₂

当碘化汞与碘化二甲基乙基苯胂共溶解于含水丙酮中后, 即有淡黄色三棱形碘化二甲基乙基苯胂汞沉出。



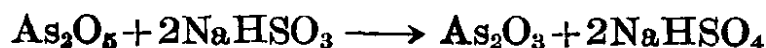
【29】 Mg(VO₃)₂

当偏钒酸镁与五氧化二砷反应后, 即生成砷酸镁钒。



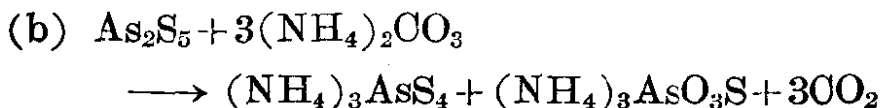
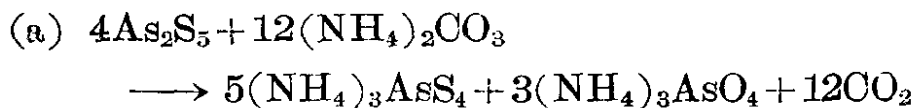
【30】 NaHSO₃

亚硫酸氢钠还原五氧化二砷时, 是与反应时的温度和硫酸的浓度有密切关系。

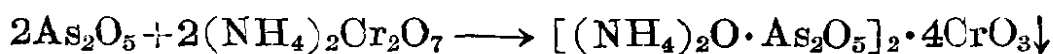


[31] $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$

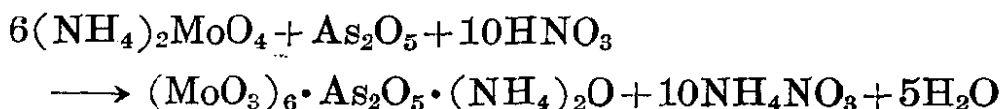
当碳酸铵与五硫化二砷作用后, 即有全硫砷酸铵和砷酸铵或一硫代砷酸铵形成。

**[32] $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$**

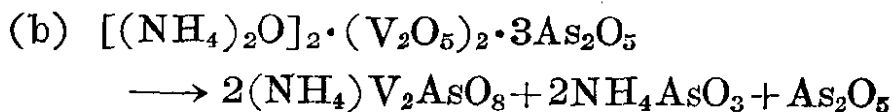
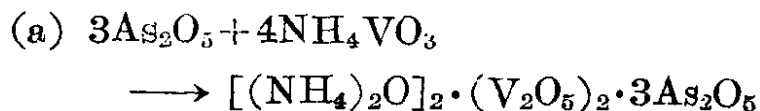
五氧化二砷可与重铬酸铵的浓溶液作用, 生成红色结晶。

**[33] $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$**

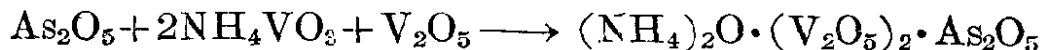
五氧化二砷加至钼酸铵的硝酸溶液中, 在不超过 $50 \sim 60^\circ\text{C}$ 的温度下蒸发, 有黄色钼砷酸铵沉淀生成。

**[34] NH_4VO_3**

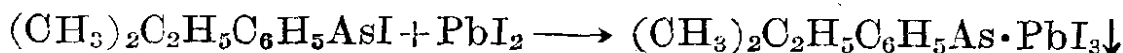
当五氧化二砷与偏钒酸铵作用后, 即有砷酸钒铵形成。这个化合物并不稳定, 而易分解为偏砷酸铵。

**[35] $\text{NH}_4\text{VO}_3 + \text{V}_2\text{O}_5$**

当五氧化二砷与偏钒酸铵和五氧化二钒作用时, 即有复合物形成。

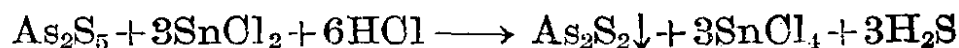
**[36] PbI_2**

当碘化二甲基乙基苯砷与碘化铅共溶解于含水丙酮中, 即有淡黄色三棱形碘化二甲基乙基苯砷铅沉出。

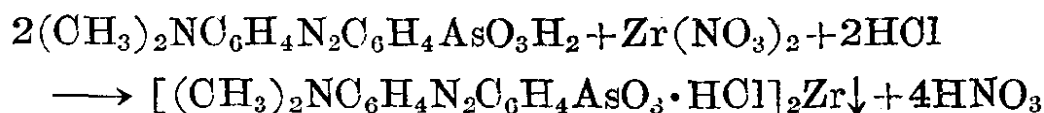


【37】 SnCl_2

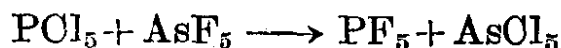
当氯化亚锡的盐酸溶液在发烟盐酸的参加下，能还原新鲜沉淀的五硫化二砷，结果有二硫化二砷形成。

**【38】 $\text{Zr}(\text{NO}_3)_2$**

硝酸锆与对二甲氨基偶氮苯肿酸反应后，即有棕色沉淀形成。

**【39】 PCl_5**

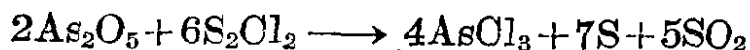
(1) 五氯化磷与五氟化砷作用时，即有五氟化磷形成。当在 70°C 蒸馏时，五氟化磷即被分离出来。



(2) 当五氧化二砷与五氯化磷作用时，即有三氯化砷、三氯氧化磷形成，同时有氯释出。

**【40】 S_2Cl_2**

五氧化二砷与一氯化硫共加热时，即有三氯化砷形成。



镉 Cd

镉因与锌的性质很相似，故在天然化合物中镉经常伴有锌存在。

镉在游离状态时为白色金属，密度 8.642 克/厘米^3 ，在 320.9°C 熔化。在电动序中，镉的位置较锌更右，但仍在氢的前面，故能置换酸中的氢。

镉在空气中加热，即变为棕色氧化镉。

镉溶解于硝酸。稀盐酸和稀硫酸亦能溶解它，但作用很慢，并有氢放出。

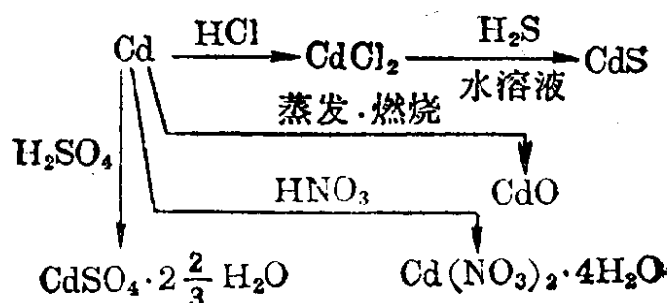
镉有二种氧化物： Cd_2O （黑色）、 CdO （黑棕色）。其中 Cd_2O 没

有镉盐可以衍生出来。通常镉只有一个系统的盐类，在这种盐类中镉是二价。

镉盐大多数为无色，虽然其硫化物为黄色或橙色。通常大多数镉盐均不溶于水，但易溶于无机酸。氯化镉、硝酸镉和硫酸镉均溶解于水。

氢氧化镉与氢氧化锌不同，它不溶于碱，这表示它是碱性化合物，而非两性化合物。

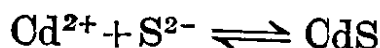
镉的主要化学反应提要：



镉离子的反应

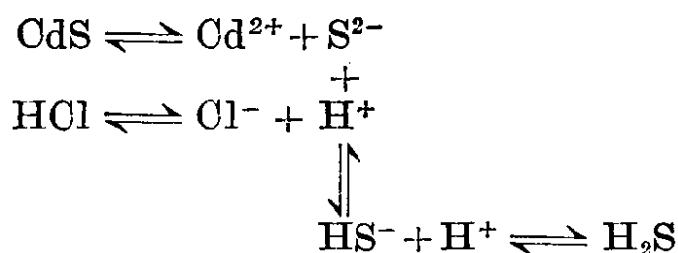
【1】 硫离子

镉盐在氨性、中性及稀酸性溶液中遇 S^{2-} 离子生成黄色硫化镉沉淀。

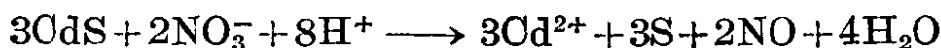


此沉淀的颜色变化与溶液的酸浓度及温度有很大关系，在冷的氨性、中性或弱酸性溶液中，其沉淀的颜色为淡黄色；如果溶液之 H^+ 离子浓度增加，则沉淀的颜色将变深黄色。在氨性溶液中所形成的沉淀非常细小，且很难过滤。

硫化镉是不溶于盐酸（0.3 摩/升）、碱金属的氢氧化物及硫化物、氢氧化铵、硫化铵及氰化钾（与铜不同）等溶液，但能溶解于浓盐酸及热的稀硫酸（与铜不同），其结果形成 H_2S 。



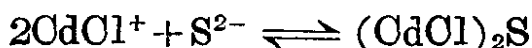
硫化镉亦溶于热的稀硝酸中, 即将 S^{2-} 离子氧化为游离硫:



在酸化过的镉盐溶液中通入硫化氢后所得到的深黄色沉淀, 发现并不是纯粹的硫化镉, 而是一个含有一分子硫化镉和一分子可溶性镉盐的化合物。它的组成为 $\text{CdS} \cdot \text{CdX}_2$ 或 $(\text{CdX})_2\text{S}$ 。关于后者的成份, 可能用盐的电离步骤(类似多碱价酸之电离步骤)说明。根据这个解释, 氯化镉电离为:



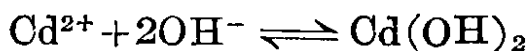
于是可能发生下面的反应:



同样, 硫化氢在氯化汞及氯化铅溶液中, 亦形成相同形式的化合物。

【2】 OH^- 离子

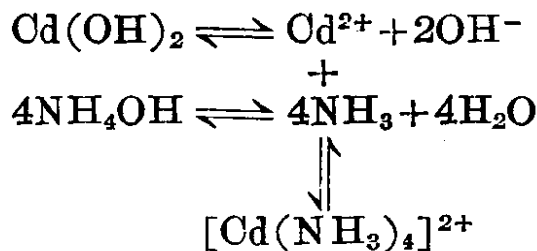
镉盐溶液遇 OH^- 离子, 即生成白色氢氧化镉的无定形沉淀。



这个沉淀不溶解于过量碱金属的氢氧化物, 但易溶于稀酸及氢氧化铵中。

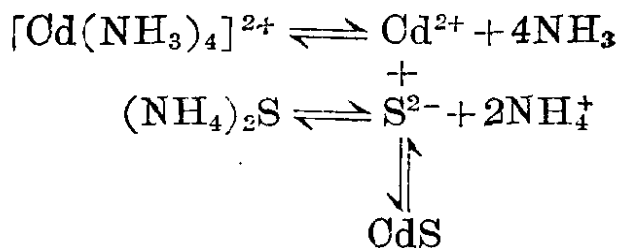
【3】 氢氧化铵

镉盐溶液遇氢氧化铵, 即生成白色无定形的氢氧化镉沉淀。这个沉淀甚易溶解于过量氢氧化铵中, 而形成 $[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 络离子。



络离子 $[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 在两种情况下并不十分稳定: (1) 倘有

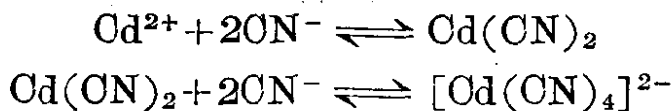
S^{2-} 离子加入溶液中, 则有硫化镉被沉淀出:



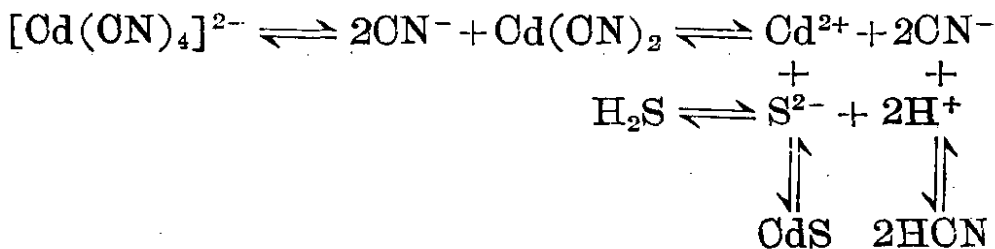
这个反应,表示在溶液中一定有相当量的单独 Cd^{2+} 离子浓度; (2) 只有相当可溶性的镉化物溶解于氢氧化铵中,络离子才稳定,因为在形成这个络离子时,将需要相当量的镉离子浓度。

【4】 CN^- 离子

镉盐溶液遇 CN^- 离子, 即生成白色无定形的氰化镉沉淀。这个沉淀甚易溶解于过量之试剂(CN^-)中。



从定性分析的观点出发, 比较 $[\text{Cd}(\text{CN})_4]^{2-}$ 络离子和 $[\text{Cu}(\text{CN})_3]^{2-}$ 络离子之稳定度乃是非常重要的。从 CdS 的溶度积 3.6×10^{-29} 与 Cu_2S 的溶度积 1×10^{-46} 比较来看, 硫化氢可以使含有 $[\text{Cd}(\text{CN})_4]^{2-}$ 和 $[\text{Cu}(\text{CN})_3]^{2-}$ 络离子的溶液沉淀出 CdS , 但却并不沉淀出微量的 Cu_2S 。



从下面两个常数之数值表明，镉离子浓度乃远远大于亚铜离子的浓度。这一事实可从这两个不稳定常数比较时证明之，这些常数是：

$$\frac{[\text{Cd}^{2+}][\text{CN}^-]^4}{[\text{Cd}(\text{CN})_4^{2-}]} = 1.4 \times 10^{-19}$$

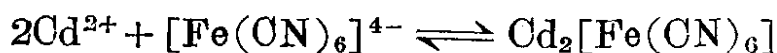
$$\frac{[\text{Cu}^+][\text{CN}^-]^3}{[\text{Cu}(\text{CN})_3^{2-}]} = 5 \times 10^{-28}$$

从这两个不同稳定度的络离子,可以得到分离铜和镉的良好方法。

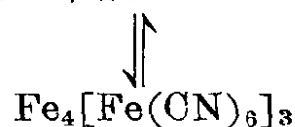
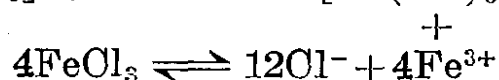
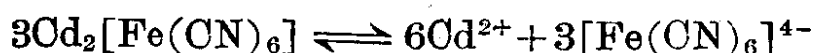
当铜离子已被鉴别后，则将此两个离子(包括镉离子)转变为络离子，然后在该溶液中通入硫化氢而测定镉。

【5】 氰亚铁酸根离子

镉盐溶液遇氰亚铁酸根离子，即生成白色氰亚铁酸镉的胶性沉淀。

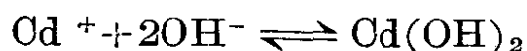
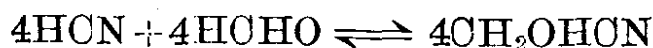
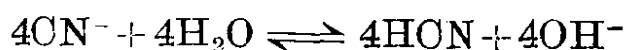


这种沉淀并不象普鲁士蓝那样不溶解；因此假定将一滴氯化铁溶液加入沉淀中，则立即有深蓝色发生。



【6】 试镉灵

将一滴试镉灵(Cadion即*p*-Nitro-diazoamino-azobenzene)加至镉盐溶液中，然后再加足量的碱金属氢氧化物而使沉淀为氢氧化镉，后者将吸附试镉灵染料(由溶液中吸附)而被染成橙红色。如果镉呈氰络合物之形式时，则这个络离子可用下列一系列的反应破坏之。



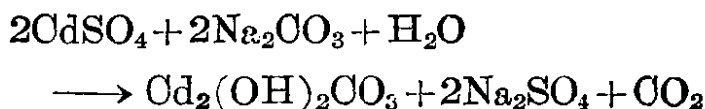
在这里我们利用氰离子的水解，同时运用甲醛与HON的作用而除去HON(HCN出来愈快，则被除去亦快)，这样可使反应走向完全。由于氢氧化镉沉淀能吸附试镉灵，因而被染色。

【7】 硫氰酸铵

硫氰酸铵与镉盐并无沉淀发生(与铜不同)。

【8】 碱金属和铵的碳酸盐

碱金属和铵的碳酸盐遇镉盐，即生成白色碱式碳酸盐沉淀，后者不溶于过量之沉淀剂。



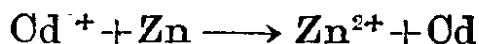
铵盐有防止这种沉淀的作用,但在煮沸时,氨气即被放出而使沉淀反应完全。此沉淀溶解于氰化钾溶液。

【9】 高氯酸钠

高氯酸钠与镉盐溶液生成高氯酸镉 $[\text{Cd}(\text{ClO}_4)_2]$ 的结晶性沉淀(与铜不同)。

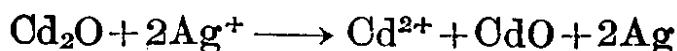
【10】 金属

金属,如铁、锡、锌等不能由镉的酸性溶液中沉淀出镉(与铜不同)。锌在镉的中性溶液中,能迅速沉淀出镉来。



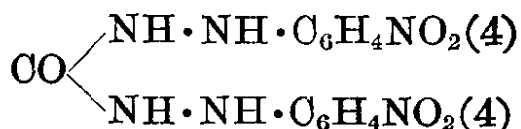
【11】 银盐

一氧化镉(CdO)常含有若干一氧化二镉(Cd_2O)而相互混合在一起,因而一氧化镉具有还原氧化银为金属银的性质,所以它被硝酸银溶液湿润时,将有黑色金属银的沉积物得到。



这个反应非常灵敏。

【12】 二硝基对二苯卡巴肼(dinitro-*p*-diphenylcarbarzide)



氢氧化镉遇本试剂即被染为棕色,后者遇甲醛则迅速变为淡绿蓝色。

将酸性、中性或碱性的试液一滴放在滴试板上,与10%氢氧化钠溶液一滴和10%氰化钾溶液一滴混合,然后再加试剂一滴和40%甲醛二滴。首先有棕色沉淀形成,其后即迅速变为淡绿蓝色。试剂单独在碱性溶液中呈红色,而与甲醛则呈紫色,因此当探索小量镉时,最好用纯水来作一个空白试验,以比较所产生的颜色。

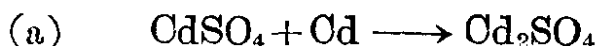
灵敏度: 0.8 微克 Cd。

当有大量铜存在时,则必须各加三滴氰化钾和甲醛的溶液;当有 400 倍其量的 Cu 存在时,其灵敏度为 4 微克。

试剂: 0.1% 试剂在乙醇中。

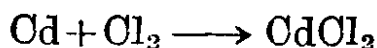
[13] Cd

热的硫酸镉溶液可溶解颗粒状镉,当溶液放冷时,则有镉的结晶析出。



[14] Cl₂

在电极上测量离子速度时,镉与氯化合,形成氯化镉。



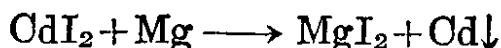
[15] H₂

一氧化镉与氢在 280°C 以上加热时,即产生明显的反应。

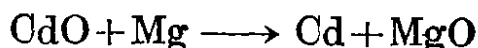


[16] Mg

(1) 当镁加入碘化镉的溶液(在苯胺、氯仿、戊醇、乙酸戊酯和乙酸乙酯中)时,则镁将置换出镉来。汞不能引起置换反应,但锌、铁、铅及铜在某些溶液中,则可产生置换反应。

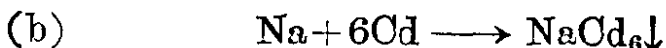
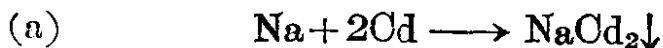


(2) 一氧化镉在氢气流下与镁加热时,即被还原。

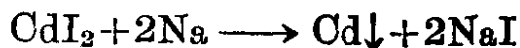


[17] Na

(1) 将固定量的钠置于涂有一层石蜡的铁坩埚中,加入几份镉,然后将此冷的混合物加热至固体的颗粒全部消失为止。结果得到二镉化钠(熔点 384°C)和六镉化钠(熔点 363.5°C)。

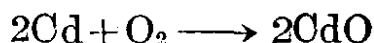


(2) 当饱和碘化镉溶液与小量的钠反应时,即有黑色金属镉沉淀形成。



【18】 O₂

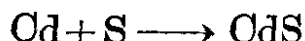
镉在空气中燃烧,生成一氧化镉。

**【19】 P**

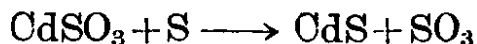
当磷蒸气通至红热的镉上时,即有二种磷化物形成。

**【20】 S**

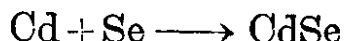
(1) 在熔融温度下,镉将徐徐与硫反应,结果有硫化镉形成。



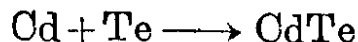
(2) 当亚硫酸镉与硫处理后,即有硫化镉和三氧化硫形成。

**【21】 Se**

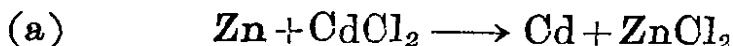
硒和镉共加热时,即有硒化镉形成。

**【22】 Te**

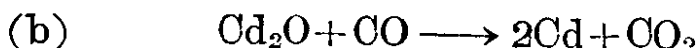
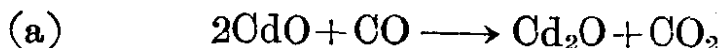
在惰性气氛中,镉和碲可直接化合成碲化镉。

**【23】 Zn**

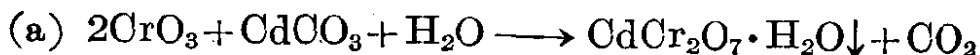
氯化镉与锌在 500°C 和 600°C 共熔融时,即有取代反应发生。

**【24】 CO**

当一氧化碳通入热的一氧化镉时,即有下列反应发生。

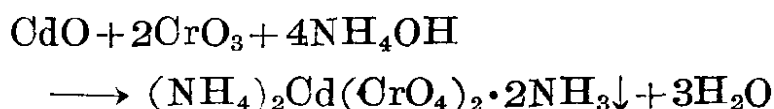
**【25】 CrO₃**

(1) 含有碳酸镉的三氧化铬溶液在真空中蒸发时,即形成桔红色的重铬酸镉立方晶体。碳酸锌亦有类似反应发生。



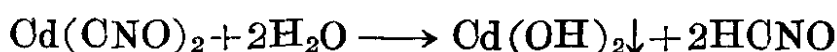


(2) 取 26 克三氧化铬和 13 克一氧化镉共溶解于水, 然后加入浓的氨水, 放置一至二天后, 即有一大块黄色结晶分离出来。

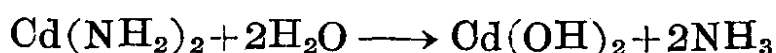


[26] H₂O

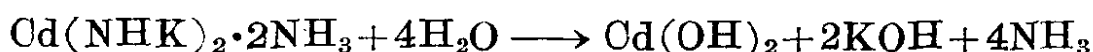
(1) 雷酸镉可水解为氢氧化镉。



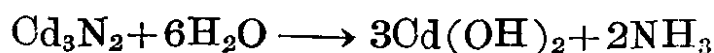
(2) 当二氨基(化)镉在潮湿的空气下(或遇液体)甚易与水作用, 结果生成氢氧化镉。



(3) 二氨合二(亚氨基钾)镉遇水即发生剧烈反应, 结果有氨、氢氧化钾、氢氧化镉形成。

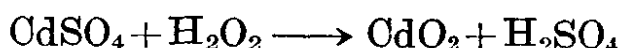


(4) 当氮化镉为橙色时, 如与潮湿的空气接触后, 则将变为白色氢氧化镉。如与水接触, 则氮化镉发生爆炸, 并有金属释出。



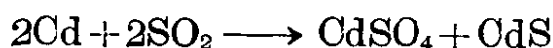
[27] H₂O₂

硫酸镉溶液与过量的过氧化氢作用时, 生成过氧化镉。



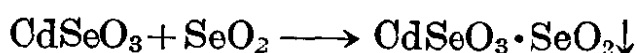
[28] SO₂

当镉在二氧化硫的气流下加热至红热时, 即有硫酸镉和硫化镉形成。



[29] SeO₂

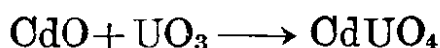
当亚硒酸镉经二氧化硒消化后, 再于 60°C 蒸发, 即分离出一种细长的显微棱柱体二氧化硒合亚硒酸镉。



[30] UO₃

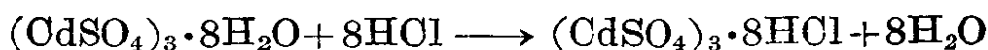
一氧化镉和三氧化铀共加热(温度不超过 670°C) 时, 即有铀

酸镉生成。



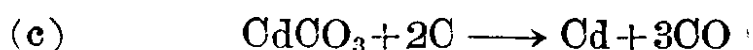
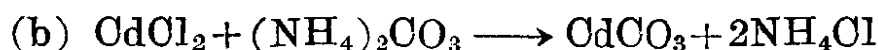
【31】 HCl

当八水合硫酸镉在 200°C 与干燥的氯化氢加热后, 两者即行化合, 且水合物完全被脱水。



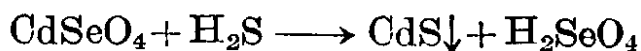
【32】 HCl、 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 、C

为了纯化镉, 将硫化镉溶解于盐酸中, 生成氯化镉和硫化氢。加入碳酸铵后, 则有碳酸镉和氯化铵形成。将碳酸镉与碳加热, 结果生成镉和一氧化碳。

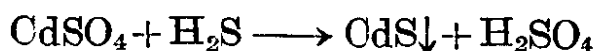


【33】 H_2S

(1) 硒酸镉的混悬液与硫化氢处理时, 即有硫化镉沉淀和硒酸生成。

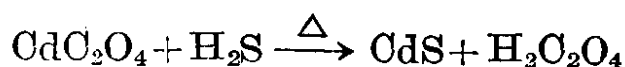


(2) 当硫化氢与硫酸镉溶液反应时, 即有硫化镉沉淀形成。



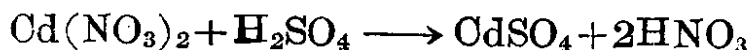
【34】 $\text{H}_2\text{S} + \Delta$

草酸镉在硫化氢气流中加热时, 即转化成硫化镉。



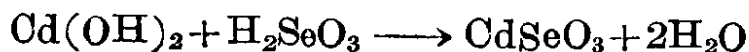
【35】 H_2SO_4

硝酸镉溶液与硫酸作用, 生成下列反应。

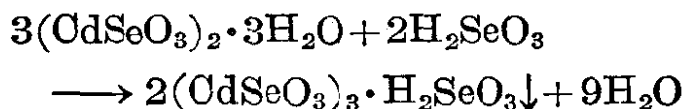


【36】 H_2SeO_3

(1) 氢氧化镉溶解于热的亚硒酸后, 即有无水亚硒酸镉的束状棱晶形成。

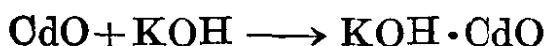


(2) 水合亚硒酸镉溶解于亚硒酸后, 立即有无水 3:1 亚硒酸镉-亚硒酸的结晶性沉淀形成。



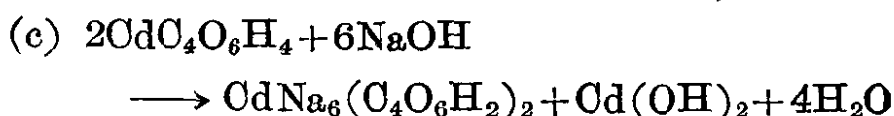
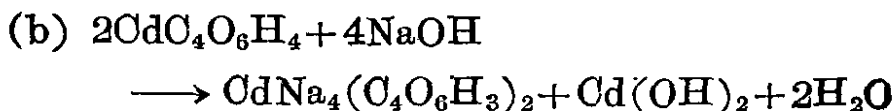
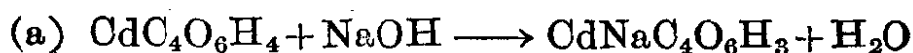
[37] KOH

一氧化镉易溶于熔化的氢氧化钾, 即形成一氧化镉-氢氧化钾的复合物。



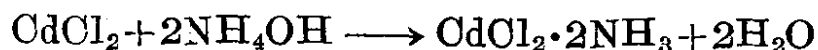
[38] NaOH

当酒石酸镉经氢氧化钠溶液中和后。生成三种络合物。

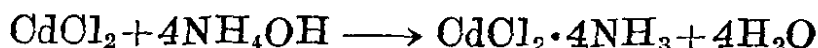


[39] NH₄OH

(1) 氯化镉溶液与氢氧化铵作用时, 生成下列之反应。

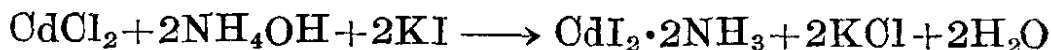


(2) 当过量的氢氧化铵浓溶液加至氯化镉溶液中, 即有下列之生成物形成。



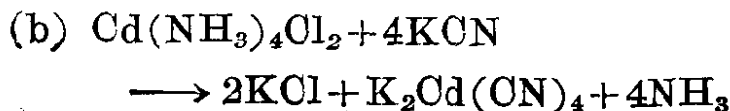
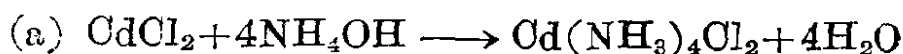
[40] NH₄OH + KI

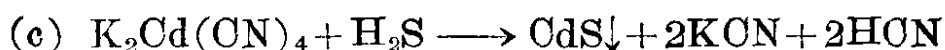
氯化镉的强氨性溶液与碘化钾作用时, 其反应如下:



[41] NH₄OH、HCN、H₂S

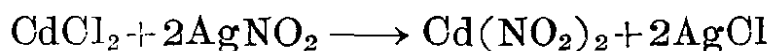
将含镉的样品溶解于小量盐酸中, 并加过量的浓氢氧化铵(a), 在小量氰化钾溶液中搅拌之(b), 再通入硫化氢(c)。





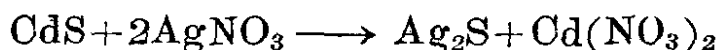
[42] AgNO₂

当氯化镉和亚硝酸银及少量的水共研合后,予以过滤,滤液在浓硫酸上蒸发,即有氯化银生成。



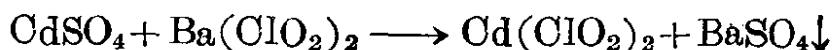
[43] AgNO₃

当硫化镉与硝酸银溶液作用时,即有硫化银沉淀生成。



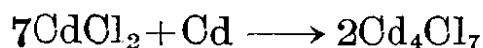
[44] BaClO₂

硫酸镉与亚氯酸钡的溶液(摩/升)混合后,即有硫酸钡沉淀析出,并有亚氯酸镉形成。



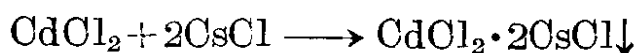
[45] CdCl₂

金属镉与无水氯化镉经真空加热后,形成亮石榴红色的熔融盐。



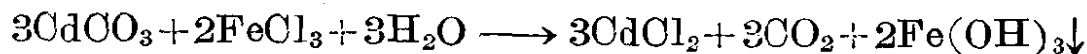
[46] CsCl

当氯化镉和氯化铯的浓盐酸溶液混和后,即有白色沉淀析出。



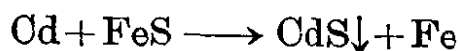
[47] FeCl₃

在冷的情况下,碳酸镉遇铁盐溶液后,能将铁完全沉淀出来,其反应如下。



[48] FeS

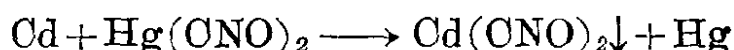
在硫化亚铁溶液中由金属镉组成阳极的电池中,将在阳极上有硫化镉沉淀生成,而在阴极上则有金属铁形成。



[49] Hg(CNO)₂

当镉以 20% 汞齐的形式与 2 克雷酸汞和 30 毫升甲醇在冷的

情况下,共同振摇 25 分钟。接着,在氢气流下把它过滤至乙醚中,最后在真空中干燥之,结果有白色雷酸镉形成。



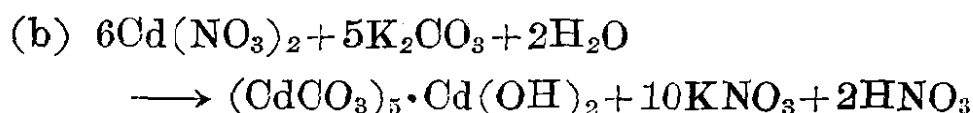
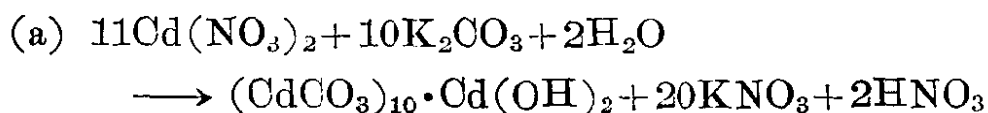
【50】 KCN

镉片常作为电极,氰化钾溶液作为电解质,在反应时有氰化镉钾的复盐形成。



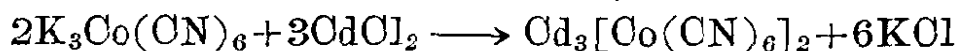
【51】 K_2CO_3

当碳酸钾的稀溶液加至硝酸镉溶液(0.05摩/升)时,则根据浓度的不同而有两种碱式碳酸盐沉淀形成。



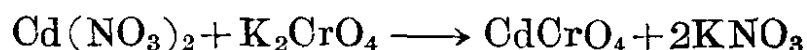
【52】 $\text{K}_3\text{Co}(\text{CN})_6$

相当量的氰高钴酸钾与氯化镉在溶液中反应时,即有下列反应形成。



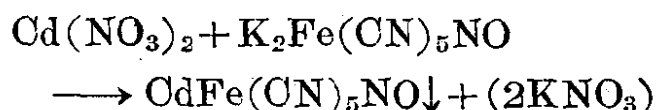
【53】 K_2CrO_4

硝酸镉溶液和铬酸钾溶液混合时,即生成铬酸镉。



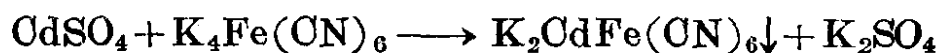
【54】 $\text{K}_2\text{Fe}(\text{CN})_5 \cdot \text{NO}$

将硝酸镉加至亚硝基铁氰化钾的浓溶液中,即有肉色无定形粉末亚硝基铁氰化镉形成。



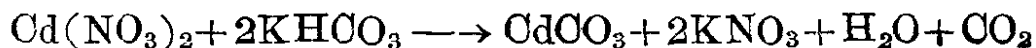
【55】 $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$

当镉盐的微氨性溶液与氰亚铁酸钾处理时,即有氰亚铁酸镉钾形成。

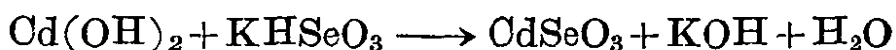


[56] KHC₃O₃

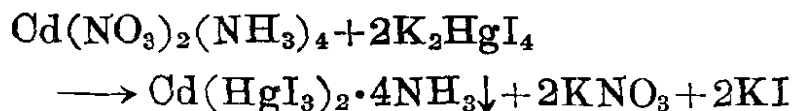
硝酸镉溶液与碳酸氢钾混合时, 即有碳酸镉形成。如与碳酸铵混合, 则有更多的碱式碳酸盐沉淀形成。

**[57] KHSeO₃**

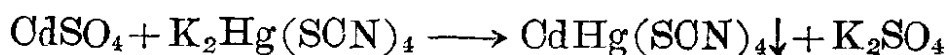
氢氧化镉溶解于亚硒酸氢钾的溶液中(在常温下), 即有无水亚硒酸镉的截断形棱晶形成。

**[58] K₂HgI₄**

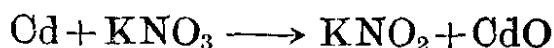
四氨合硝酸镉与 10% 碘化汞钾溶液反应时, 生成黄色结晶性沉淀。

**[59] K₂Hg(SCN)₄**

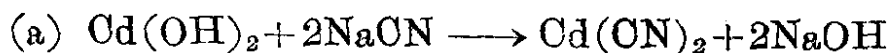
硫酸镉溶液与硫氰酸汞钾溶液作用后, 即有硫氰酸汞镉的白色结晶形成。

**[60] KNO₃**

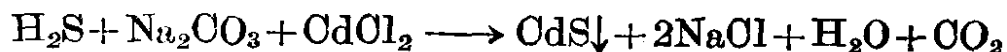
硝酸盐的中性溶液可被镉还原成亚硝酸盐。

**[61] NaCN**

氢氧化镉(或氧化镉)与氰化钠作用, 形成氢氧化钠和氰化镉, 后者溶解于过量的氰化钠而形成氰化镉钠。

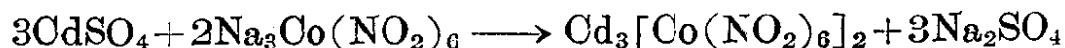
**[62] Na₂CO₃ + H₂S**

氯化镉加至硫化氢溶液中, 并用碳酸钠使溶液呈碱性, 则有硫化镉沉淀析出。

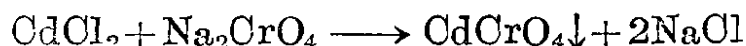


[63] $\text{Na}_3\text{Co}(\text{NO}_2)_6$

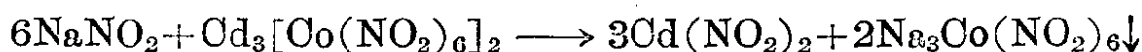
当硫酸镉的饱和溶液与亚硝高钴酸钠混合后,即在 60° 蒸发,结果有亚硝高钴酸镉沉淀形成。

**[64] Na_2CrO_4**

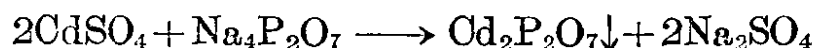
氯化镉在溶液中与铬酸钠作用,生成铬酸镉沉淀。

**[65] NaNO_2**

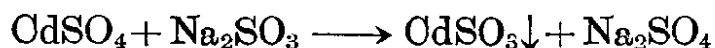
亚硝高钴酸镉与亚硝酸钠溶液作用时,即有亚硝高钴酸钠沉淀形成。

**[66] $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$**

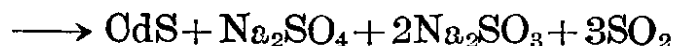
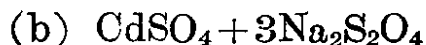
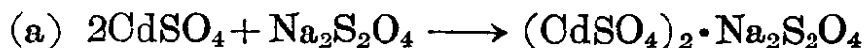
当镉盐溶液与焦磷酸钠溶液混合后,即有白色无定形焦磷酸镉(可能是无水)沉淀形成。

**[67] Na_2SO_3**

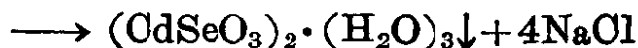
硫酸镉溶液加至亚硫酸钠溶液中,即有亚硫酸镉沉淀形成。

**[68] $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$**

硫酸镉的中性稀水溶液并不与连二亚硫酸钠反应,但以浓的溶液反应时生成一个复盐。硫酸镉的酸性溶液与连二亚硫酸钠作用时,即有连二亚硫酸镉形成,后者又分解为硫化物。

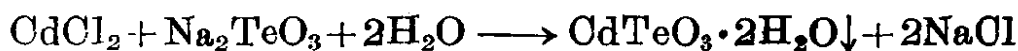
**[69] Na_2SeO_3**

亚硒酸钠与氯化镉溶液作用时,即有无定形白色 2:3 水合亚硒酸镉沉淀形成。



[70] Na_2TeO_3

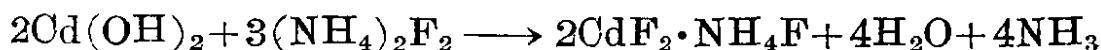
当氯化镉与亚碲酸钠在溶液中反应时, 即有亚碲酸镉沉淀形成。

**[71] NH_4Cl**

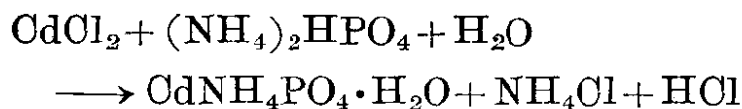
当等摩的氯化镉和氯化铵的溶液共蒸发时, 即有下列生成物形成。

**[72] $(\text{NH}_4)_2\text{F}_2$**

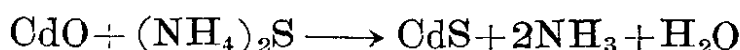
将氢氧化镉溶解于氟化铵的热溶液。然后将其过量的水蒸发, 即有白色结晶物形成。

**[73] $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$**

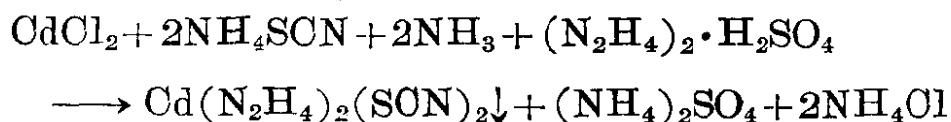
氯化镉溶液和磷酸氢二铵作用时, 生成下列的反应。

**[74] $(\text{NH}_4)_2\text{S}$**

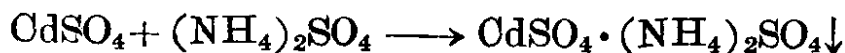
一氧化镉在室温时与硫化铵徐徐发生作用, 但在水浴上则反应较速, 其反应结果生成硫化镉。

**[75] $\text{NH}_4\text{SCN} + \text{NH}_3 + (\text{N}_2\text{H}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{SO}_4$**

当氯化镉溶液与硫氰酸铵的浓溶液和硫酸胍氨性溶液共混合后, 即有白色结晶沉淀形成。

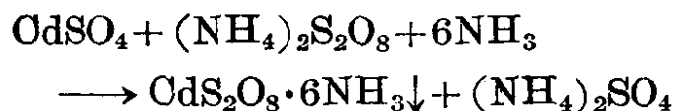
**[76] $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$**

硫酸镉和硫酸铵的溶液按摩尔比混合时, 即有下列反应生成物形成。

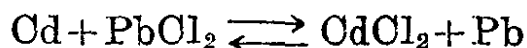


[77] $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$

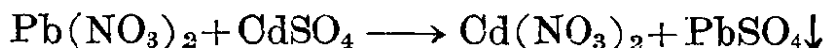
过二硫酸铵的浓溶液加至浓的硫酸镉的液氨溶液后, 即有下列反应形成。

**[78] PbCl_2**

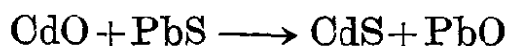
在 1000°C 左右, 金属镉与熔化的氯化铅的平衡反应, 可借电势测定法测定之。

**[79] $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$**

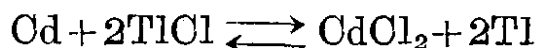
硫酸镉溶液与硝酸铅作用时, 即有硫酸铅沉淀生成。

**[80] PbS**

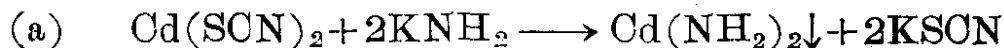
一氧化镉与固体硫化铅在高温时加热, 即生成下列反应。

**[81] TlCl**

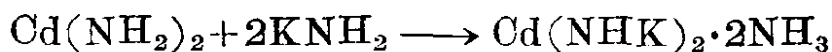
金属镉与熔融的氯化亚铊的平衡反应, 可在 1000°C 左右用电位法测定。

**[82] KNH_2**

(1) 当硫氰酸镉(a)或氰镉酸钾的液氨溶液与适量(不超过1摩)的氨基(化)钾处理后, 即迅速有白色沉淀形成。这个沉淀是二氨基(化)镉, 常沾污有痕量的亚胺或氨化物。

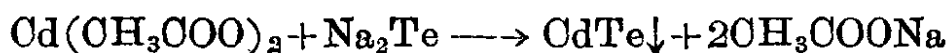


(2) 二氨基(化)镉与氨基(化)钾在液氨中反应时, 即有沉淀形成, 后者溶解于过量的氨基(化)钾。

**[83] Na_2Te**

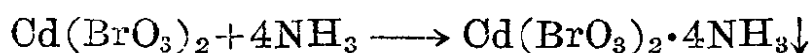
当乙酸镉的乙酸溶液与碲化钠共处理时, 形成一种紫酱色的

沉淀物(碲化镉)。

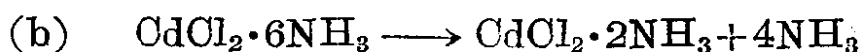
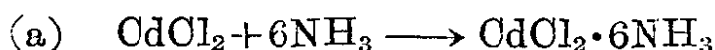


【84】 NH_3

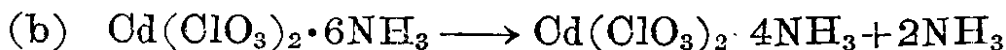
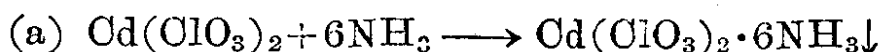
(1) 溴酸镉溶液与氨气处理后, 即有四氨合溴酸镉的结晶形成。



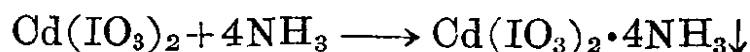
(2) 当干燥的氨气通过干燥的氯化镉上时, 如果该混合物保持在冷的状态下, 则将有 $\text{CdCl}_2 \cdot 6\text{NH}_3$ 化合物形成。当该化合物在 0°C 以上加温时, 则将生成 $\text{CdCl}_2 \cdot 2\text{NH}_3$ 的化合物。



(3) 当氨气通入氯酸镉的浓溶液后, 即有无水结晶(六氨合氯酸镉)形成。如将生成物在 120°C 加热一个时间, 则将有四氨合氯酸镉形成。

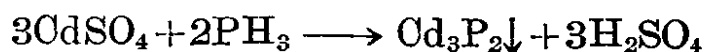


(4) 当氨气通入碘酸镉(在氨中)的溶液后, 即有白色结晶形成。



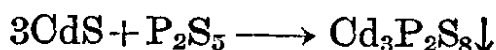
【85】 PH_3

当磷化氢通入硫酸镉的氨性溶液时, 即有下列反应产物生成。



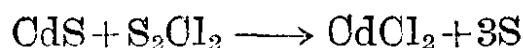
【86】 P_2S_5

当硫化镉与五硫化二磷的混合物共加热后, 即有全硫磷酸镉的白色结晶形成。



【87】 S_2Cl_2

在普通情况下, 硫化镉与一氯化硫反应时, 即有氯化镉和硫形成。



【88】 SOCl_2

(1) 当一氧化镉与亚硫酰(二)氯在封闭管中于 200°C 共加热时, 即有氯化镉形成。

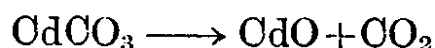


(2) 硫化镉与亚硫酰(二)氯在封闭管中于 $150\sim 180^\circ\text{C}$ 加热反应后, 即有氯化镉形成。

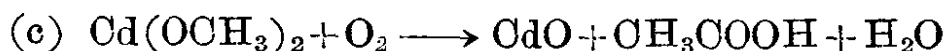
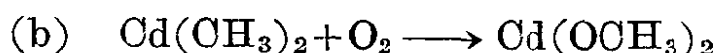
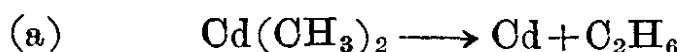


【89】 加热

(1) 碳酸镉加热至 300°C 时, 即分解为一氧化镉, 并有二氧化碳释出。



(2) 当二甲基镉加热时, 即有镉释出, 同时有下列反应发生。



(3) 草酸镉在二氧化碳气流下谨慎加热时, 将有一氧化二镉形成。



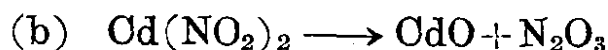
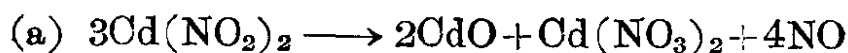
(4) 当灼烧草酸镉时, 则有一氧化镉形成。



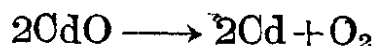
(5) 当六氨合氯酸镉在 120°C 加热, 即有四氨合氯酸镉形成。



(6) 亚硝酸镉加热至 150°C 时, 即分解为一氧化镉。

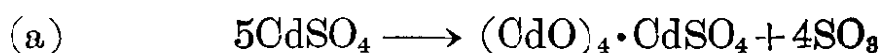


(7) 当一氧化镉在真空中加热至 1000°C 时, 即分解为镉。

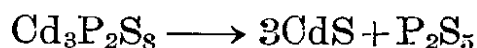


(8) 硫酸镉加热分解时将按二步进行: (a) 低于 850°C , (b) 高

于 850°C 以上。

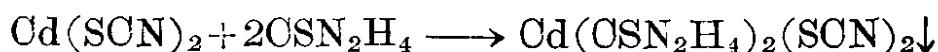


(9) 当全硫磷酸镉加热时, 即有硫化镉形成。

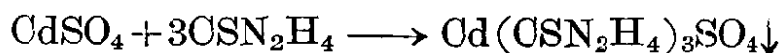


【90】 CSN_2H_4

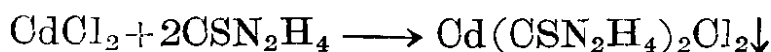
(1) 2 摩硫脲与 1 摩硫氰酸镉的热溶液反应后, 放冷, 即形成淡黄-白色的沉淀。



(2) 当 3 摩硫脲与 1 摩硫酸镉的溶液经加热反应后, 放冷, 即有白色沉淀生成。

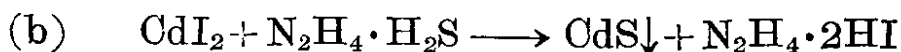
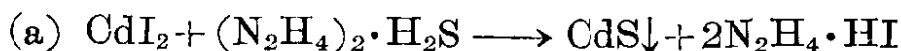


(3) 2 摩硫脲的热溶液和 1 摩氯化镉溶液反应, 冷却后即形成白色针状结晶。



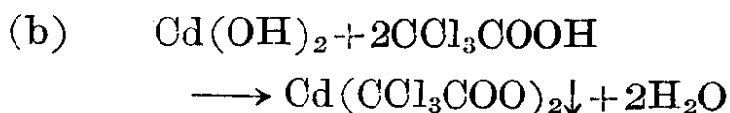
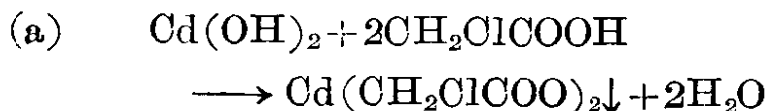
【91】 $(\text{N}_2\text{H}_4) \cdot \text{H}_2\text{S}$

当碘化镉溶解于氢硫化胂时, 即有硫化镉沉淀形成。



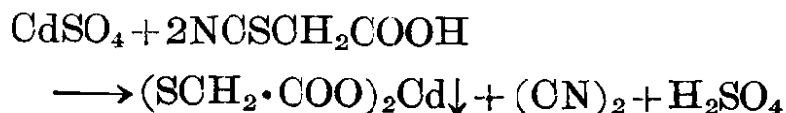
【92】 CH_2ClCOOH , CCl_3COOH

氢氧化镉与一氯乙酸反应后, 生成粘稠性浆状的一氯乙酸镉。同理, 氢氧化镉与三氯乙酸亦有类似反应。



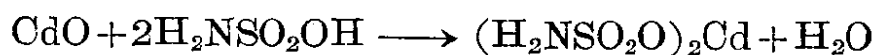
【93】 $\text{NCSCH}_2\text{COOH}$

当硫酸镉与硫氰基乙酸反应时, 即有白色沉淀形成。

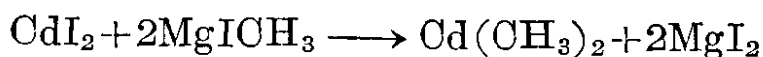


【94】 $\text{H}_2\text{NSO}_2\text{OH}$

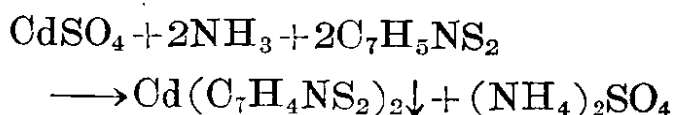
将氨基磺酸溶液加至一氧化镉中,再通入水蒸气 1/2 小时,继在蒸气浴上加热 1 小时,过滤,滤液在蒸气浴上浓缩至小体积,其最后的溶液经多次无水乙醇振摇脱水后,即形成粉状产物(氨基磺酸镉)。

**【95】 MgICH_3**

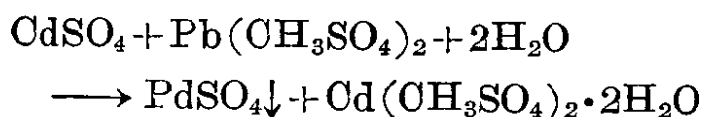
碘化镉与甲基碘化镁在室温于醚的气氛下反应时,即有二甲基镉和碘化镁形成。

**【96】 $\text{C}_7\text{H}_5\text{NS}_2$**

硫酸镉与巯基苯并噻唑(溶解于乙醇),在氨的存在下反应时,即有白色沉淀形成。

**【97】 $\text{Pb}(\text{CH}_3\cdot\text{SO}_4)_2$**

硫酸镉溶液与甲基硫酸铅溶液共混合时,即有硫酸铅沉淀出来,溶液将沉淀滤去后,则滤液中将有二水合甲基硫酸镉的棱柱体形成。



锑 Sb

锑在自然界中通常是与硫化合生成辉锑矿 Sb_2S_3 。在空气中煅烧辉锑矿,得到锑的氧化物,再用碳来还原,即得金属锑。

游离状态之锑为具有金属光泽的银白色固体,密度 6.684 克/厘米³,在 630.74°C 时熔化。锑外表很象金属,但有易脆的性质,除了“金属”锑外,现知它还有其他的同素异性体。

锑溶解于王水,且因此而转变为三氯化锑或五氯化锑。硝酸

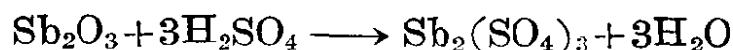
亦能侵蚀锑，而使其变为 Sb_2O_4 ，后者微溶于浓酸，但不溶于稀酸。锑易溶于硝酸和酒石酸的混合物中，且亦易溶于盐酸和溴的混合物中。

锑有三种氧化物： Sb_2O_3 、 Sb_2O_5 、 Sb_2O_4 。它们的性质，将在下面讨论。

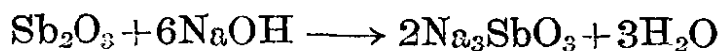
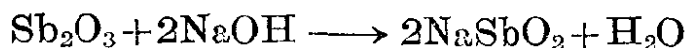
锑的化合物与砷的化合物很相似，但所不同者即锑显示更强的金属性质。

亚锑化合物

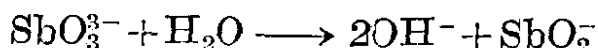
Sb_2O_3 是典型的两性氧化物，甚至有稍强的碱性；尚溶解于强酸（硫酸和盐酸），即生成三价的锑盐。



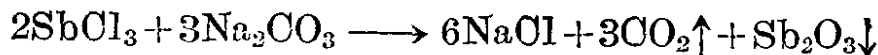
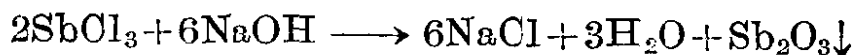
Sb_2O_3 亦溶解于碱而生成亚锑酸 (H_3SbO_3) 或偏亚锑酸 (HSbO_2) 之盐类。



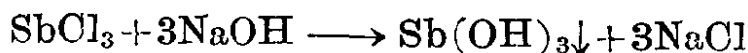
亚锑酸盐在稀释时，即水解为偏亚锑酸盐和碱金属氢氧化物。



SbO_2^- 可被更多的水分解为三氧化二锑和碱金属的氢氧化物；所以当以氢氧化钠或碳酸钠加入三氯化锑之溶液时，几乎可得到定量的 Sb_2O_3 沉淀。



亚锑酸或氢氧化锑 [$\text{Sb}(\text{OH})_3$] 是以碱作用于三价锑盐而得到的白色沉淀。

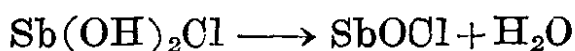


此沉淀既易溶于过量的碱，也易溶于酸。

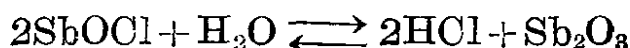
三价锑盐象弱碱的盐类一样，在水溶液中即水解而生成碱式盐。



但这种碱式盐易失去一分子水, 而变成另一种形式的碱式盐。



如果有大量的水存在, 则有若干三氧化二锑形成。

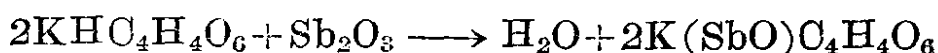


在这种盐中 SbO 原子团好象一价金属, 叫做氧锑基, 所得的盐如 SbOCl , 叫做氯化氧锑。

硝酸氧锑 $[\text{SbO}(\text{NO}_3)]$ 、硫酸氧锑 $[(\text{SbO})_2\text{SO}_4]$ 亦有存在, 所有这些化合物均易水解为酸和氧化物。

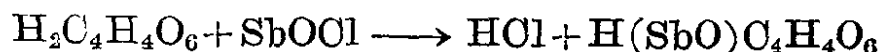
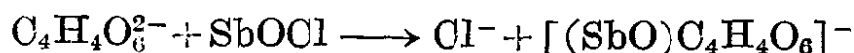
某些有机酸(酒石酸等)的氧锑化合物均非常稳定。

当三氧化二锑与酒石酸氢钾溶液共煮沸时, 则前者即溶解而形成酒石酸氧锑钾。

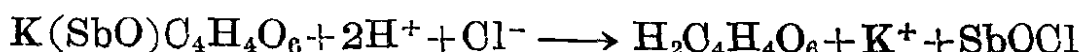


后者较易溶解于水。

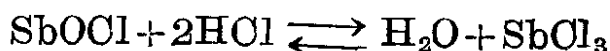
不但 Sb_2O_3 而且所有氧锑化合物均可与酒石酸或酒石酸盐形成络阴离子; 故氯化氧锑溶解于四水(合)酒石酸钾钠或酒石酸中。



当酒石酸氧锑钾的水溶液与盐酸作用时, 即得到白色氯化氧锑沉淀。



此沉淀易溶于更多的盐酸:

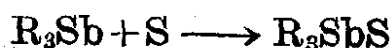


但如加更多的水, 则即被沉出。

硫酸和硝酸遇酒石酸氧锑钾溶液即有亚锑酸沉出; 在其间首先有氧锑化合物形成, 但立即被水分解。



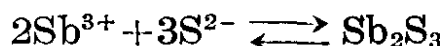
锑的三烷基化合物呈无色液体, 不溶于水, 但能溶于有机溶剂。三烷基锑能与硫、硒、卤素形成加合物:



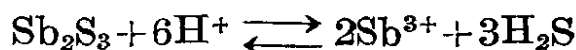
亚锑离子的反应

【1】 硫化氢

亚锑盐的盐酸 (0.3 摩/升) 溶液被通入硫化氢后, 即生成橙色凝絮状硫化亚锑沉淀。



这个沉淀溶解于浓盐酸中。这种性质亦常被利用从硫化亚砷和硫化亚汞中分离和鉴别锑。



硫化亚锑溶解于碱金属的氢氧化物, 假定把它象硫化亚砷那样视为一个酞, 则可有下列反应发生。

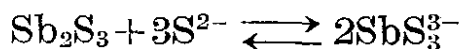


硫化亚锑在很浓的碱溶液中, 则有下列反应发生。

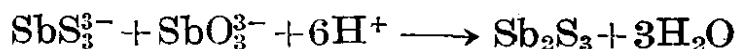
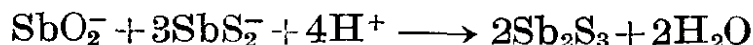


硫化亚锑难溶于氢氧化铵或碳酸铵溶液中。在这方面它与硫化亚砷不同。锑的金属性比砷强, 因而亚锑酸或硫代亚锑酸的酸性并不比相应之砷酸强。因此它需要较高之 OH^- 离子浓度 (即较强的碱) 才能使它的酞变为稳定的盐; 氢氧化铵并不能供给足够之 OH^- 浓度以达到此目的。

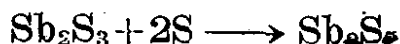
硫化亚锑溶解于碱和铵的硫化物中, 并形成硫代亚锑酸盐。

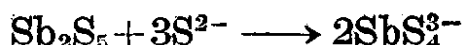


溶液中含有硫代亚锑酸盐, 或硫代偏亚锑酸盐和偏亚锑酸盐, 或亚锑酸盐和硫代亚锑酸盐的混合物时, 倘被酸化后有硫化亚锑形成。



这个硫化物 (Sb_2S_3) 亦溶解于碱金属和铵的多硫化物中。

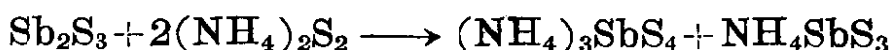




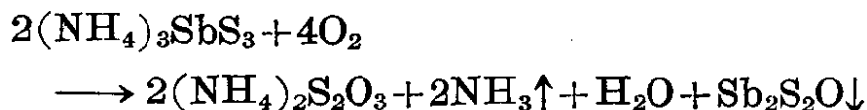
硫化亚锑可被多硫化物氧化至硫化锑，于是它和硫化亚锑同样地可被碱金属的硫化物溶解。硫代锑酸根离子可被 H^+ 离子分解，因而有硫化锑沉出。



硫化亚锑倘与多硫化铵相处，则有硫代锑酸的铵盐生成。



当硫代亚锑酸铵溶液在空气中长时间煮沸后，则有锑的红色氧硫化物沉淀形成。

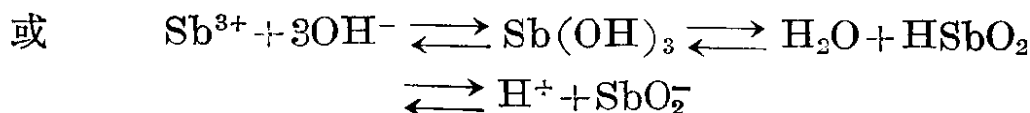


【2】 碱金属的氢氧化物

碱金属的氢氧化物或氨水，与亚锑盐溶液生成白色凝絮状的氢氧化亚锑沉淀。



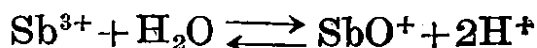
这个沉淀甚易溶解于强酸和强碱。这种性质也可象解释亚砷酸那样解释之，即氢氧化亚锑是两性物。



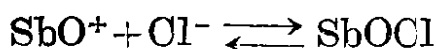
无疑，在氢氧化亚锑的饱和溶液中，所有各种反应均呈平衡状态。当有 H^+ 离子加入时，反应即向左进行，而使沉淀溶解为亚锑离子。倘加碱金属的氢氧化物时，则促使反应向右，结果沉淀溶解而很可能形成亚锑酸根 SbO_3^{3-} 和偏亚锑酸根 SbO_2^- 离子的平衡混合物。氢氧化亚锑仅微溶于氢氧化铵中。

【3】 水

水能水解可溶性的亚锑盐而生成不溶性的碱式锑盐或氧锑盐。

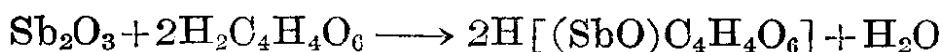
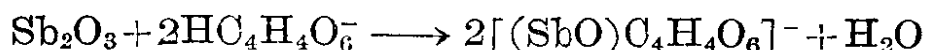
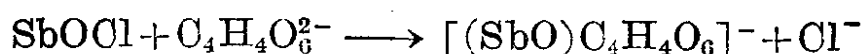


于是氧锑离子 SbO^+ (与氧铋离子 BiO^+ 相似)即同某些阴离子形成不溶解的碱式盐类。



我们可以看到,倘加入强酸(如盐酸),则将倒转水解反应,但溶液稀释后则沉淀又发生。

大多数氧锑盐均不溶于水,但酒石酸氧锑盐乃为例外。在酒石酸根离子或酒石酸的存在下,所有锑盐均变为可溶性,这是由于形成了酒石酸氧锑离子所致(与铋不同)。

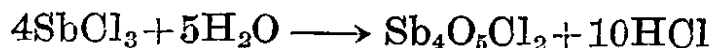


例: (1) 当水加至三氯化锑溶液中, 即可得到不同的氯氧化物, 这要看所加水量及在溶液中所含游离酸量的多少而定。例如:

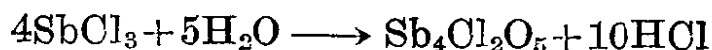
(a) 1 摩三氯化锑与 8 摩水作用时, 即有氯化氧锑形成。



(b) 1 摩三氯化锑与 27 摩水作用时, 即得到下列的氯氧化物。



(2) 冷水(每 1 份三氯化锑用水 4~75 份)能水解三氯化锑为络盐和盐酸。



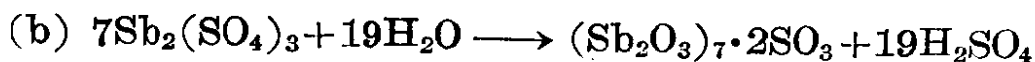
(3) 沸水(稍过量些)能水解三氯化锑为络盐和氯化氢。



(4) 三氯化锑与水作用即生成三氧化二锑和盐酸。

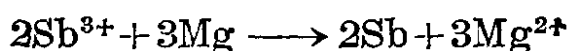


(5) 冷水与硫酸亚锑作用时, 即形成下列的化合物(a), 当用热水时则形成另一化合物(b)。



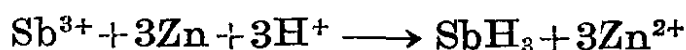
【4】 镁、铁及锡

金属镁、铁及锡可还原亚锑盐并有黑色的元素锑沉淀生成。

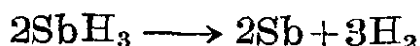


倘以白金片放在亚锑盐溶液中，并以一片镁、锡或锌放在白金片上，则锑将被沉积在白金片上而成黑色斑迹，后者不溶于次溴酸钠但可被硝酸转变为白色。砷亦可沉积为相似的黑色斑迹，但甚易溶解于上述二者之试剂（次溴酸钠及硝酸）。

在亚锑盐的浓酸性溶液中，金属锌可完全将亚锑离子还原至锑化(三)氢。

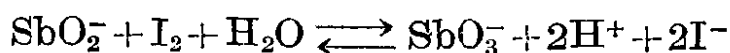


SbH_3 与 AsH_3 很相似，但 SbH_3 不易挥发，易分解成元素。



【5】 碘

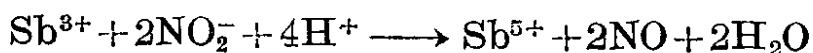
碘加至中性或微碱性亚锑盐溶液中，将使亚锑酸根离子氧化至锑酸根离子，以偏亚锑酸根离子为例：



由亚锑化合物氧化至锑化合物时，通常在碱性或中性溶液中较在酸性溶液容易得多。

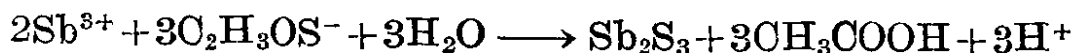
【6】 亚硝酸钠

亚硝酸钠被加至酸化的亚锑盐溶液中后，亚锑盐即被氧化至锑化合物。



【7】 硫代乙酸铵和硫代硫酸钠

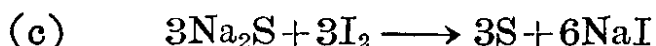
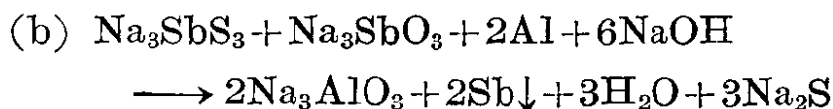
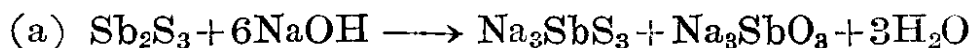
硫代乙酸铵和硫代硫酸钠在酸性亚锑盐溶液中，将发生硫化亚锑沉淀。在适当的情况下，与硫代硫酸钠作用时，可得到 $\text{Sb}_2\text{S}_2\text{O}$ 或 Sb_2S_3 和若干 Sb_2O_3 的混合物。



【8】 $\text{Al} + \text{NaOH} + \text{I}_2$

辉锑矿中的硫可以碱金属硫化物的形式测定之。样品先用热的氢氧化钠溶液提取，提取液用铝还原，有金属锑沉淀析出，而硫

则以硫离子形式留在溶液中。然后将含硫离子的溶液加至定量的过量的标准碘溶液(适当酸化)中, 过量的碘用标准硫代硫酸钠溶液滴定之。



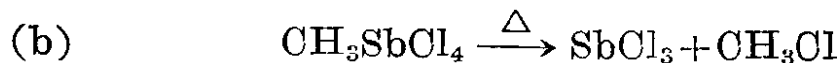
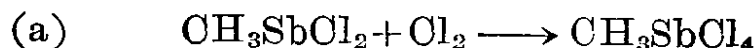
【9】 Br_2

在含有 2 克三间二甲苯腈的 5 毫升氯仿中, 加溴至刚出现颜色为止, 经蒸发后, 即得二溴化三间二甲苯腈。

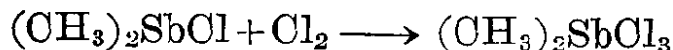


【10】 Cl_2

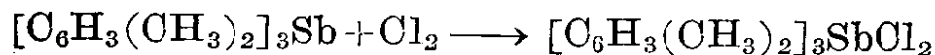
(1) 在二硫化碳中, 二氯化甲腈与氯反应后, 即形成油状的四氯化甲腈。后者经加热后, 生成三氯化锑。



(2) 在制备三氯化二甲锑时, 通常可在以氯饱和(-15°C)的 50 毫升二硫化碳中, 加入 10 克氯化二甲腈, 待氯化反应进行至出现棕色为止, 结果生成白色结晶化合物。经真空干燥, 驱走氯甲烷后, 即留下无色油状液体, 其熔点为 $105\sim 110^\circ\text{C}$ 。



(3) 在三间二甲苯腈的氯仿溶液中, 用氯饱和, 任其自然蒸发, 则有白色颗粒结晶二氯化三间二甲苯腈形成。

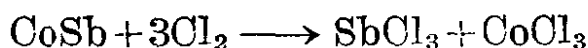


(4) 在含有 0.3 克氯的四氯化碳中, 加入 2 克固体的三 α -萘腈, 用石油醚稀释混合物, 即形成二氯化三 α -萘腈。应用同样方法亦可制取二碘化物。

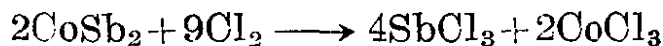


(5) 当锑化钴在氯气流中加热, 即发生强烈的放热反应, 并有

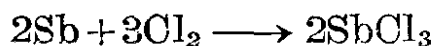
三氯化锑释出。



(6) 当二锑化钴在氯气流中加热, 即发生强烈的放热反应, 并有三氯化锑和三氯化钴形成。

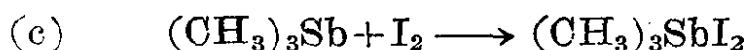
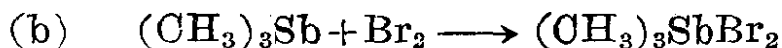
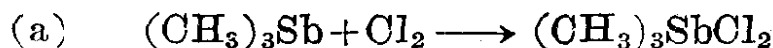


(7) 锑在氯气中燃烧后, 即生成三氯化锑。



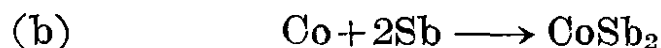
【11】 Cl_2 、 Br_2 、 I_2

将氯、溴、碘的醚溶液加入三甲锑中, 即有相应的二卤化三甲锑形成。它们中二氯化物和二溴化物可从热水中重结晶, 呈无色针状物, 而二碘化物是黄色的, 且有少量溶解。



【12】 Co

(1) 在氢气流中, 钴与锑于 500°C 下共熔后, 即结合成锑化钴(a), 若温度高于 700°C , 则形成二锑化钴(b)。

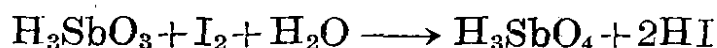


(2) 当三氯化锑与粉末状的钴在 800°C 下反应后, 首先形成锑化钴(a), 后者经更高温度加热后, 即有氯化钴和金属锑生成(b)。



【13】 I_2

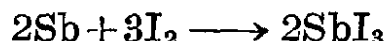
(1) 三价锑可被碘氧化为五价锑。



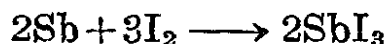
(2) 当有倍半碳酸铵存在时, 应用碱性碘溶液(0.05 摩/升), 可以定量测定锑, 反应式如下。



(3) 过量锑的碘溶液经几小时振摇, 直至碘的颜色消失, 即有三碘化锑生成。



(4) 小心加热锑和碘的混合物, 再经升华, 即有三碘化锑形成。

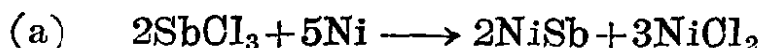


【14】 Ni

(1) 当锑蒸气由载气氢气导入加热至 1300°C 的含镍瓷管中, 再经氢气流快速冷却, 即生成锑化镍。

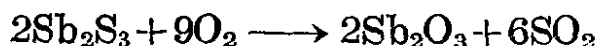


(2) 三氯化锑加入置有粉状镍的瓷管中, 并在 800°C 下加热 3 小时, 洗去生成物中的氯化镍, 即留下锑化镍(a), 该反应如在高于 800°C 进行, 则有金属锑和氯化镍生成(b)。

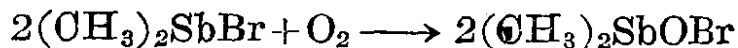


【15】 O_2

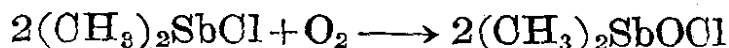
(1) 三硫化二锑在焙烧炉中加热至高温时, 即被转变为三氧化二锑。



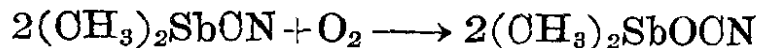
(2) 当溴化二甲腈用石油醚覆盖, 在空气中不时地振摇, 引起缓慢氧化, 生成白色、无定形的溴氧化二甲腈, 它能适量地溶于水, 并与硝酸银反应, 生成溴化银沉淀。



(3) 当氯化二甲腈经徐徐氧化后, 即形成氯氧化二甲腈, 后者为无味、白色的两性化合物, 在热水中能适量溶解。

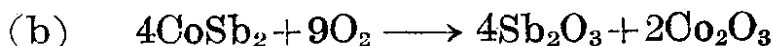
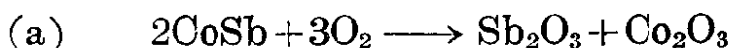


(4) 氰化二甲腈易被空气氧化成白色结晶的氰氧化二甲腈, 后者遇高温即分解。

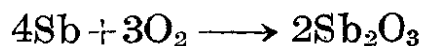


(5) 锑化钴或二锑化钴在氧气中加热燃烧后, 即有三氧化二

锑气体释出。

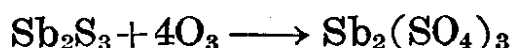


(6) 在干燥或潮湿的氧气中燃烧锑，即形成三氧化二锑。



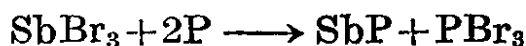
【16】 O_3

臭氧在升高温度的情况下，将使辉锑矿转变为硫酸锑。



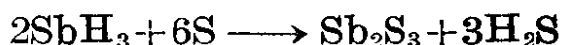
【17】 P

三溴化锑与溶解于二硫化碳中的磷反应后，即形成磷化锑。

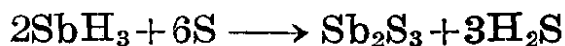


【18】 S

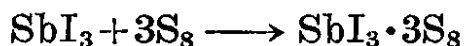
(1) 在正常情况下，锑化(三)氢与硫在日光下反应时，将有三硫化二锑和硫化氢形成。



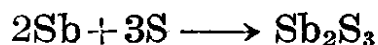
(2) 锑化(三)氢与硫在 100°C 作用时，即有三硫化二锑和硫化氢形成。反应在开始时很慢，但可借日光的作用而加速反应。



(3) 当硫与三碘化锑以化学计算的比例混合于二硫化碳中，则有加合物形成。

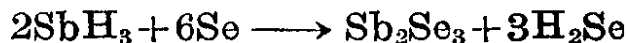


(4) 按正确比例混和的锑和硫，置于封闭管中，并在 450°C 下加热，即形成硫化亚锑，如使用不同比例的反应物，则其生成物将固化为二相。



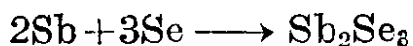
【19】 Se

(1) 在沸水的温度时，元素硒能分解锑化三氢为三硒化二锑和硒化氢。



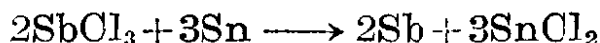
(2) 当元素硒和锑的细粉混和物，经 450°C 左右加热后，即形

成三硒化二锑。



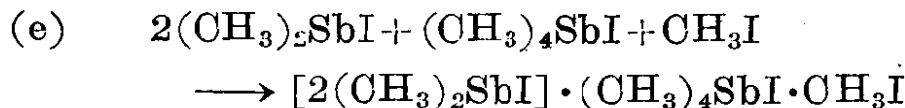
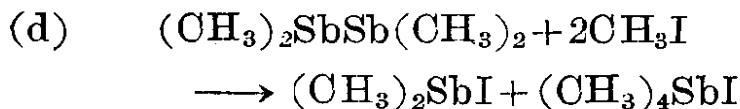
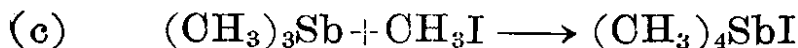
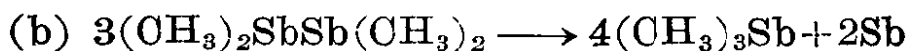
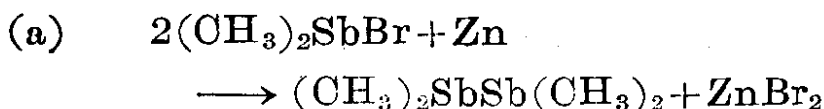
【20】 Sn

锡能将三氯化锑还原为锑。



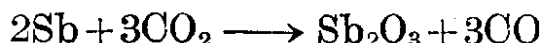
【21】 Zn

当溴化二甲锑与锌在充满有二氧化碳的封闭管中加热后, 即有溴化锌、锑和三甲锑等混合物形成(a)(b)。在这些不易挥发、油状的反应混合产物中再加入碘甲烷后, 即生成碘化二甲锑和碘化四甲锑等化合物(c)(d)(e)。



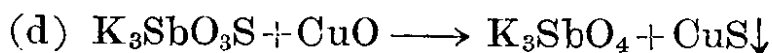
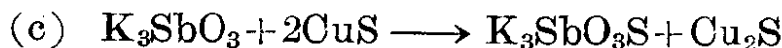
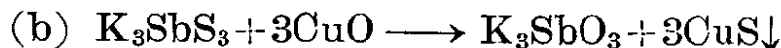
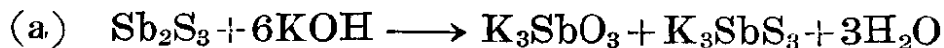
【22】 CO₂

金属锑在 1100°C 与二氧化碳反应后, 即生成三氧化二锑。



【23】 CuO + KOH

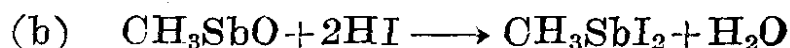
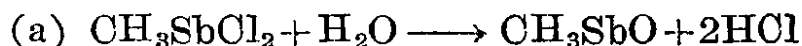
将三硫化二锑混悬在氢氧化钾溶液中后, 与氧化铜加热 30 分钟, 过滤, 滤去硫化铜, 在滤液中的锑酸钾可用乙醇沉淀之。



【24】 H₂O

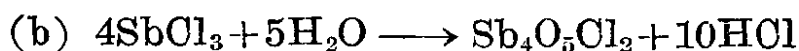
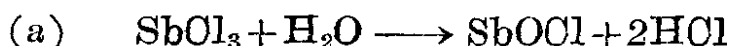
(1) 二氯化甲锑与水搅拌反应, 并用稀碱溶液维持中性, 即可

制备白色的两性化合物氧化甲锑，后者又可被氢碘酸转化成二碘化甲锑。

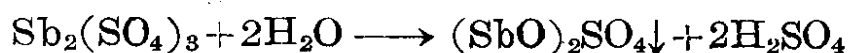


(2) 将不同量的水加至三氯化锑溶液中，即生成相应的锑的氯化物和游离酸。

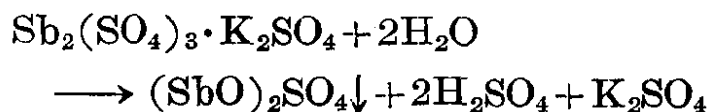
当三氯化锑与水的摩尔比为 1:8 时，即形成一氯化氧锑(a)，若是 8:27 时，则形成二氯化五氧四锑(b)。



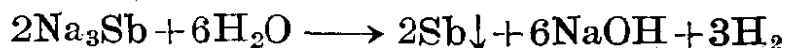
(3) 硫酸亚锑与水接触分解后，再经冷却，即形成硫酸氧锑沉淀。



(4) 硫酸亚锑钾经冷水分解，即生成硫酸氧锑沉淀。

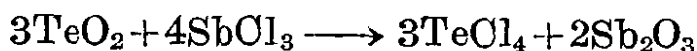


(5) 锑化钠能被水分解，即生成金属锑。



【25】 TeO_2

二氧化碲和三氯化锑反应后，即生成四氯化碲和三氧化二锑

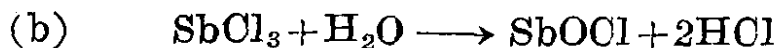
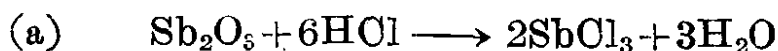


【26】 HCl

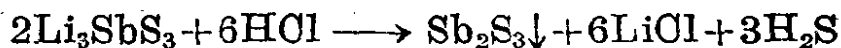
(1) 当四氧化二锑与浓盐酸和碘化钾加热时，即有三氯化锑、氯化钾和游离碘形成。



(2) 当三氧化二锑溶解于盐酸后再与水处理，即有氯化氧锑沉淀生成。

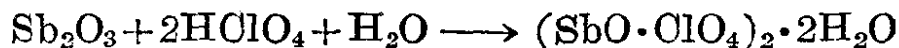


(3) 盐酸与硫代亚锑酸锂溶液作用，即形成三硫化二锑沉淀。



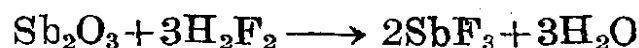
[27] HClO₄

当三氧化二锑溶解于热的 70% 高氯酸后, 即有高氯酸氧锑的小形针状物形成。



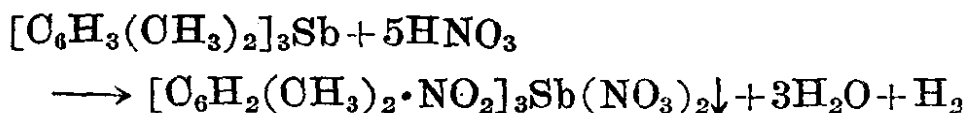
[28] HF

三氧化二锑与氢氟酸作用后即生成三氟化锑, 后者能溶于冷水但不水解。

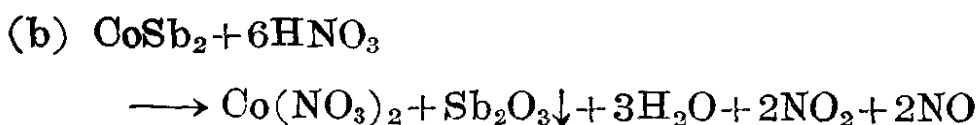
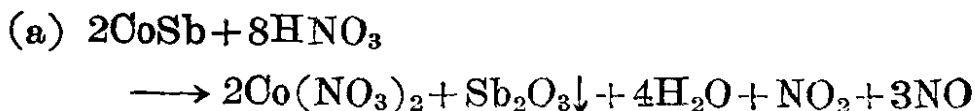


[29] HNO₃

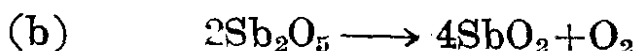
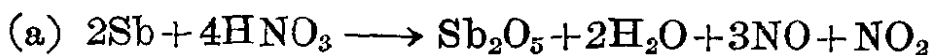
(1) 将三间二甲苯锑慢慢加入硝酸中, 使成溶液。加热后将其倒入水中, 即形成白色絮状沉淀物二硝酸三 5-硝基间二甲苯锑。后者可用乙醇进行多次重结晶而获得该结晶物。



(2) 锑化钴中的钴易被稀或浓的硝酸溶解, 留下三氧化二锑沉淀。当二锑化钴用硝酸处理时, 亦会发生同样反应。

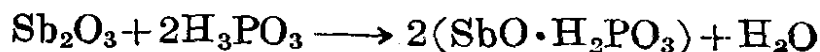


(3) 当金属锑被硝酸氧化后, 再加热至暗红色, 即形成二氧化锑。



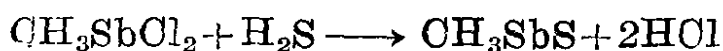
[30] H₃PO₃

当纯粹的亚磷酸溶液加至三氧化二锑中, 即有微小的针状结晶形成。



【31】 H_2S

(1) 当硫化氢作用于二卤化甲腈后, 即形成微溶于苯或二硫化碳的柠檬黄沉淀。由上述任一溶剂中得到的物质均是两性的黄色粉末, 在 70°C 熔化后, 将形成由硫化甲腈组成的树脂状物。

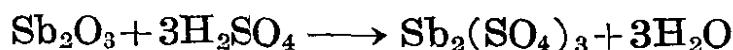


(2) 当三氯化锑与液态硫化氢在常温下反应后, 将溶液蒸发, 即形成柠檬黄结晶。在低温时, 如果干燥的硫化氢作用于干燥的三氯化锑, 亦有同样的化合物生成。

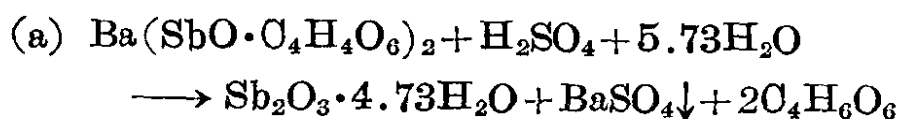


【32】 H_2SO_4

(1) 当三氧化二锑与中等浓度硫酸作用时, 即形成硫酸亚锑。

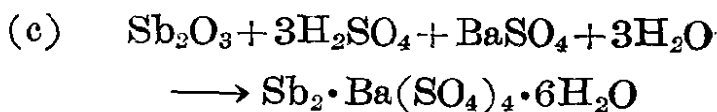
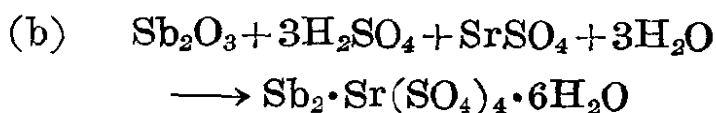
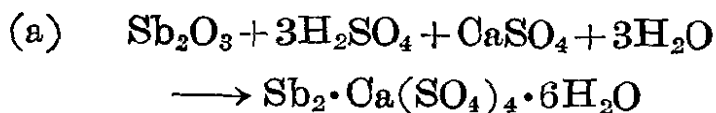


(2) 酒石酸锑钡与含有理论量的硫酸混合后, 即有硫酸钡沉淀形成, 滤液经沸腾后, 生成水合三氧化二锑的白色沉淀(a), 该沉淀物在蒸气炉上加热可失水至恒重(b)。



【33】 $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{CaSO}_4, \text{SrSO}_4, \text{BaSO}_4$

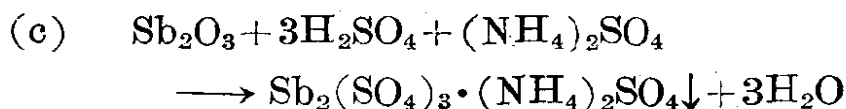
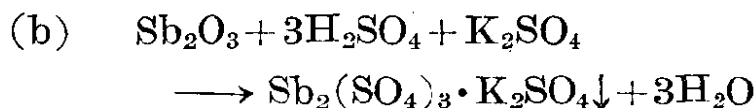
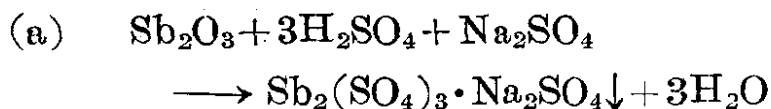
将含有 4 克硫酸钙的浓硫酸加至含有 3 克三氧化二锑的 150 毫升浓硫酸中, 浓缩该混合液, 冷却后, 即有针状物硫酸亚锑钙生成。硫酸锶或硫酸钡亦有相似的反应发生。



【34】 $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4, \text{K}_2\text{SO}_4, (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

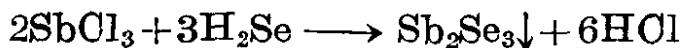
先将含有 10 克三氧化二锑的浓硫酸加热, 再加入 5.5 克硫酸

钠, 冷却后, 即得针状物硫酸亚锑钠。硫酸钾或硫酸铵亦有相似的反应发生。



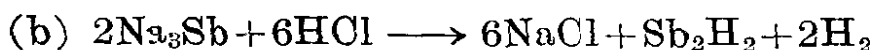
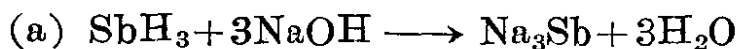
【35】 H_2Se

当三氯化锑滴入纯净的硒化氢饱和溶液中, 即有三硒化二锑的深棕色沉淀生成。

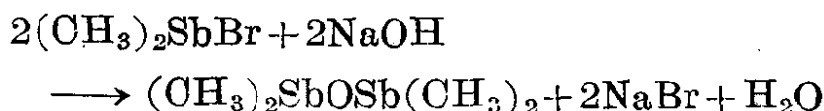


【36】 NaOH

(1) 当锑化(三)氢气体作用于固体氢氧化钠时, 生成淡绿色化合物(Na_3Sb), 后者被水或稀盐酸分解后, 即得固体锑化氢。

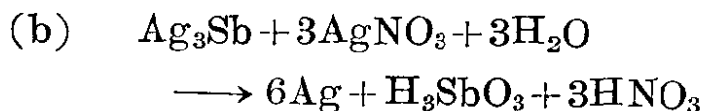
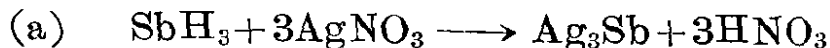


(2) 当溴化二甲锑与氢氧化钠或碳酸钾溶液反应, 即有无色油状的氧化(双)二甲锑形成。该物质在空气中常温下即自燃。

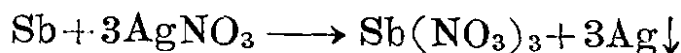


【37】 AgNO_3

(1) 当锑化(三)氢与硝酸银作用后, 即生成金属银和亚锑酸。



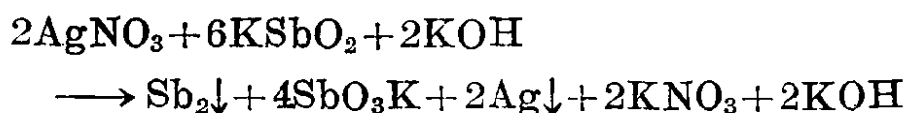
(2) 当锑加入硝酸银溶液中, 即有银沉出。



【38】 $\text{AgNO}_3 + \text{KOH}$

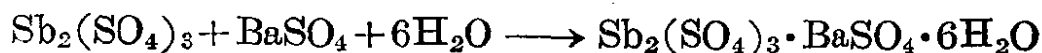
当硝酸银与偏亚锑酸钾在碱性溶液中作用时, 即有金属银生

成。



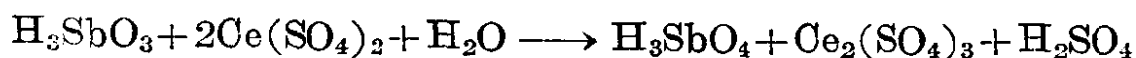
【39】 BaSO₄

当硫酸亚锑溶液经硫酸钡的硫酸溶液处理后，即形成下列复盐。



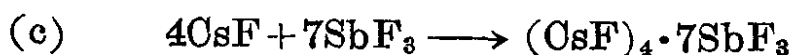
【40】 Ce(SO₄)₂

三价锑可被硫酸铈定量氧化。



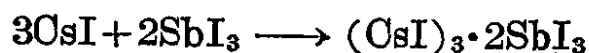
【41】 CsF

在游离氢氟酸中混合有不同比例的氟化铯和三氟化锑溶液时，即形成一系列复盐。



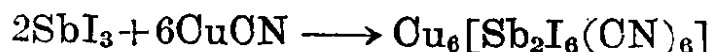
【42】 CsI

当碘化铯和三碘化锑经氢碘酸强烈酸化后，任其结晶，即生成碘化铯亚锑复合物。



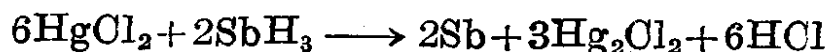
【43】 CuCN

氰化亚铜与三碘化锑在干燥的二甲苯中共同加热时，即有下列反应产物形成。

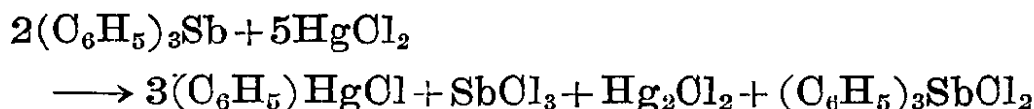


【44】 HgCl₂

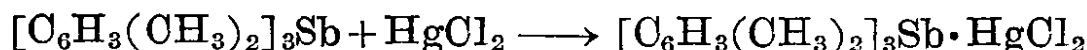
(1) 当锑化(三)氢导入润湿有氯化汞溶液的纸条上时，则有黑棕色的游离锑斑沉积出来。同时，还有氯化亚汞和盐酸形成。



(2) 三苯腈与氯化汞的醇溶液反应后,即生成氯化苯汞、三氯化锑、氯化亚汞和二氯化三苯腈。

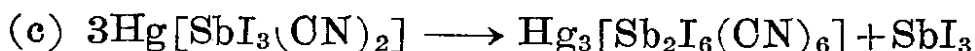


(3) 在氯化汞的无水乙醇中,加入三间二甲苯腈的无水乙醇溶液,并徐徐蒸发混合液,即形成三间二甲苯腈-氯化汞。如再在乙醚中重结晶,则可得细针状的该化合物。

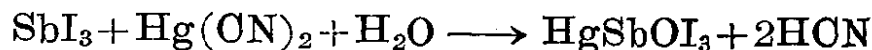


【45】 Hg(CN)₂

(1) 当氰化汞与三碘化锑在干燥的二甲苯中共同加热时,即得到二氰三碘化锑汞,后者以戊醇水溶液处理后,则有三碘氧化锑汞形成。继续加热二氰三碘化锑汞,则生成六氰六碘化二锑三汞。



(2) 当三碘化锑和氰化汞以等摩尔比,加至稀释的戊醇中,于水浴上加温 4~6 小时,有三碘氧化锑汞形成。



【46】 KBr、NaBr、LiBr

将 2.169 克三溴化锑和 0.476 克溴化钾混和,并加入 10 毫升丙酮,随后在蒸气浴上加热,接着,再在浓硫酸上真空干燥,即形成黄色结晶。溴化钠和溴化锂亦可发生相似反应。



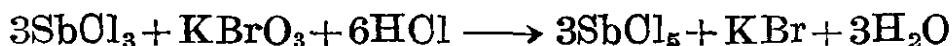
【47】 KBrO₃

三价锑遇溴酸钾于盐酸溶液中(在室温时),即被氧化为五价锑。

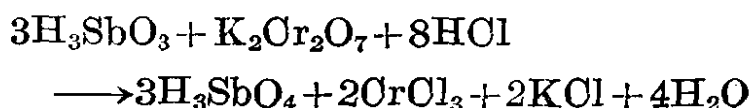


[48] $\text{KBrO}_3 + \text{HCl}$

通常在金属、合金或矿石中精确测定锑时,一般都在盐酸的参加下,用溴酸钾来滴定氯化亚锑。其反应式如下:

**[49] $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$**

三价锑可被重铬酸钾定量地氧化为五价锑(可应用二苯胺为指示剂)。

**[50] KI , KF**

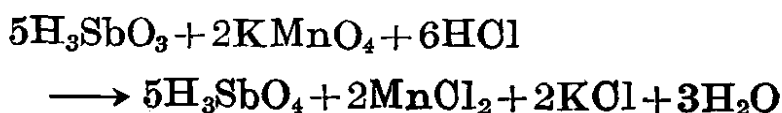
在5毫升丙酮中加入1.084克三溴化锑和0.332克碘化钾,并在蒸气浴上加热,徐徐蒸发,即生成溴碘化锑钾的黄色结晶。氟化钾亦可发生相似反应。

**[51] KMnO_4**

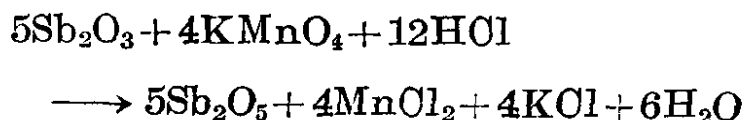
(1) 锑化(三)氢气体能还原高锰酸钾溶液。



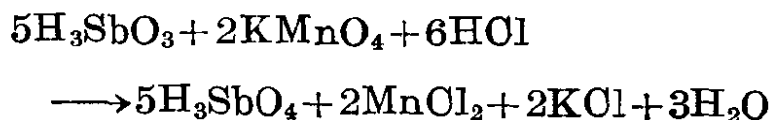
(2) 三价锑经高锰酸钾的盐酸溶液处理后,氧化为五价锑。

**[52] $\text{KMnO}_4 + \text{HCl}$**

(1) 当三氧化二锑与高锰酸钾和盐酸作用后,三氧化二锑即转变为五氧化二锑。

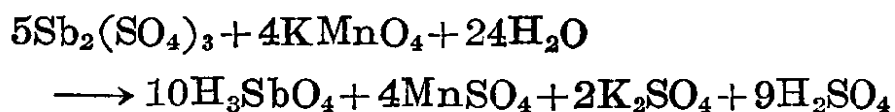


(2) 三价锑在盐酸溶液中可被高锰酸钾氧化为五价锑。

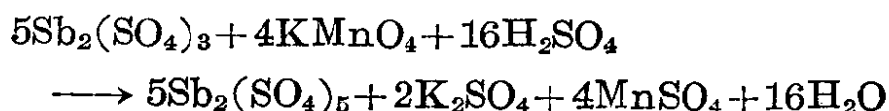


【53】 $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O}$

通常用高锰酸钾标准溶液滴定硫酸亚锑时,其反应式如下:

**【54】 $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$**

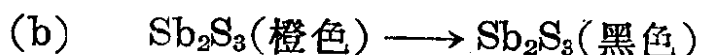
在金属、合金及矿物中精确测定锑时,一般常用高锰酸钾(在硫酸参加下)滴定硫酸亚锑,其反应式如下:

**【55】 KNO_3**

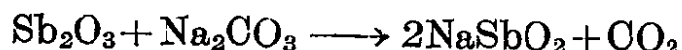
将锑加入熔融的硝酸钾中,并任其燃烧,即形成焦锑酸钾。

**【56】 KHS**

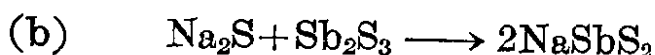
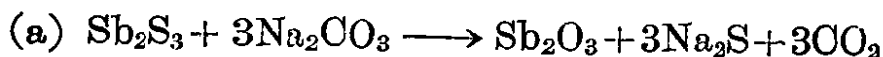
氢硫化钾与三氯化锑反应,生成含有三硫化二锑的黄色物,后者再经加热,即得黑色的三硫化二锑。

**【57】 Na_2CO_3**

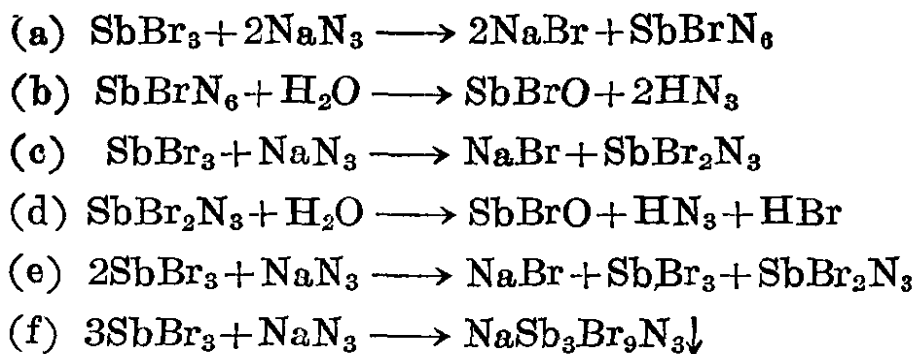
(1) 三氧化二锑与碳酸钠作用时,即有二氧化碳放出并有偏亚锑酸钠生成。



(2) 三硫化二锑与碳酸钠作用时,即放出二氧化碳,留下三氧化二锑和硫化钠。硫化钠与若干三硫化二锑合成硫代偏亚锑酸钠。

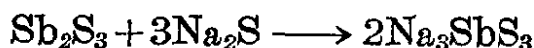
**【58】 NaN_3**

在 20 毫升丙酮中,加入 3.2536 克三溴化锑和 0.195 克叠氮化钠,再加入少量水,混和后,置于真空干燥器中,即有叠氮溴化锑钠的白色结晶生成。



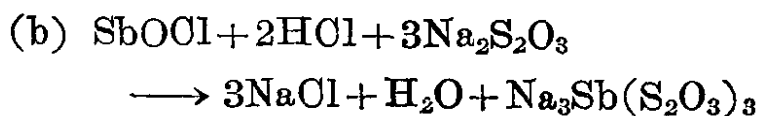
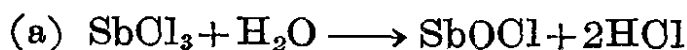
【59】 Na_2S

当三硫化二锑溶解于热的硫化钠浓溶液，即有硫代亚锑酸钠形成。



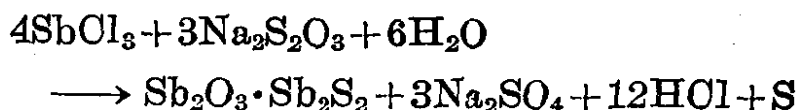
【60】 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{HCl}$

当三氯化锑的水解产物(a)溶解于浓的硫代硫酸钠溶液(有盐酸参加)时，即有硫代硫酸锑三钠形成(b)。



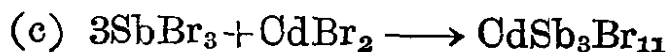
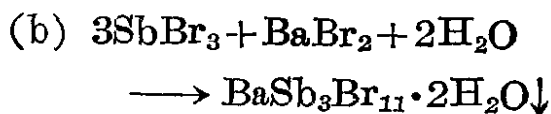
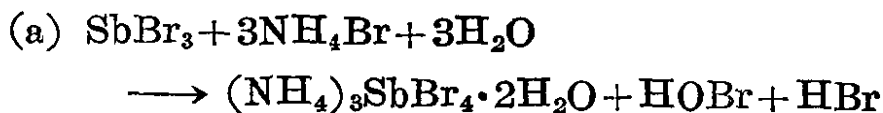
【61】 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O}$

当三氯化锑和硫代硫酸钠溶液混合加热后，即有红色沉淀生成，后者即称谓锑朱砂，它含有硫化锑和氧化锑。



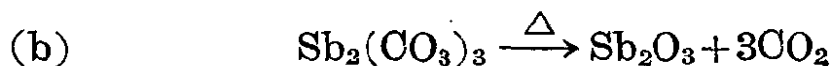
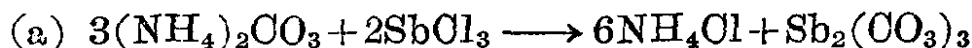
【62】 NH_4Br 、 BaBr_2 、 CdBr_2

在含有几滴水的 10 毫升丙酮中，加入 1.446 克三溴化锑和 0.7836 克溴化铵，经振摇后，置于浓硫酸的真空干燥器中，即形成黄色结晶。溴化钡或溴化镉亦可发生相似反应。



[63] $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$

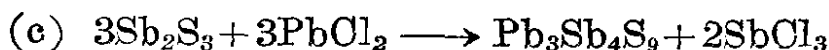
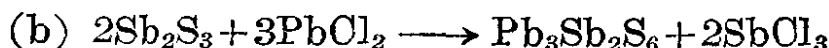
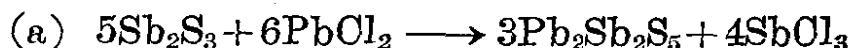
当三氯化锑被碳酸铵沉淀后, 将该沉淀洗涤、干燥并灼烧之, 即得三氧化二锑。

**[64] NH_4I**

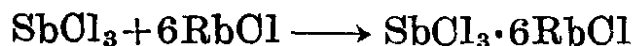
三氧化二锑与碘化铵在 400°C 灼烧时, 即有下列挥发性产物形成。

**[65] PbCl_2**

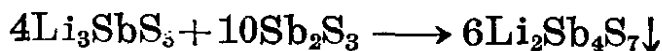
当三硫化二锑与氯化铅在高温反应时, 即可得到灰色物质。

**[66] RbCl**

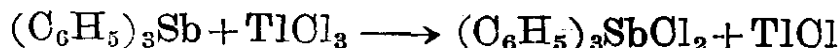
将混和的三氯化锑和氯化铷置于浓盐酸中蒸发, 即留下美丽的结晶氯化铷锑。

**[67] Sb_2S_3**

以三硫化二锑饱和的硫代亚锑酸锂溶液, 经冷却后, 即生成仲硫代亚锑酸锂的红色胶状沉淀。

**[68] TlCl_3**

三苯腈与三氯化铊反应, 即生成二氯化三苯腈和一氯化铊。

**[69] CNBr**

将三甲腈加至小心除去空气的溴化氰石油醚溶液中, 经振摇后, 冷却至 -5°C , 即形成氰溴化三甲腈, 后者不溶于冷的无水有机溶剂中。



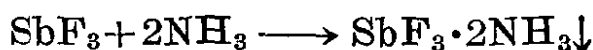
【70】 CoSb

三氯化锑蒸气(特别在高于 1000°C 时)与锑化钴反应,即形成锑和三氯化钴。



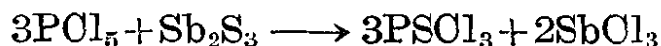
【71】 NH_3

三氟化锑与液氨反应后,即生成黄色粉状物。



【72】 PCl_5

(1) 五氯化磷与三硫化二锑作用时,生成三氯硫化磷和三氯化锑。

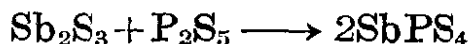


(2) 细粉状的锑和五氯化磷能发生快速的放热反应。

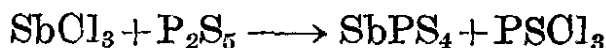


【73】 P_2S_5

(1) 当三硫化二锑和五硫化二磷共加热时,即有硫代磷酸锑形成。

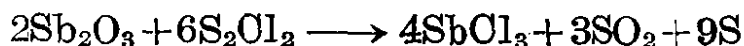


(2) 三氯化锑和五硫化二磷的混和物经加热后,即形成硫代磷酸锑。



【74】 S_2Cl_2

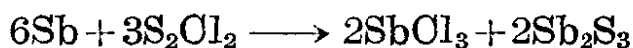
(1) 6克三氧化二锑与8.2克一氯化硫在封闭管中于 120°C 共加热3小时。将管放冷并继续冷却之(不要打开管子)。然后把管打开,加入足量的水,并移至蒸馏瓶中,将混合物蒸馏,则在接受器中有固体三氯化锑形成。



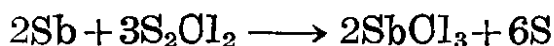
(2) 将辉锑矿溶解于一氯化硫中,反应非常迅速,并有大量的热放出。



(3) 当粉状锑与一氯化硫加热反应后,即形成三氯化锑。

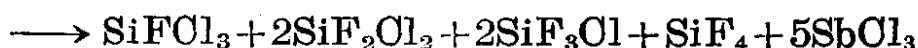
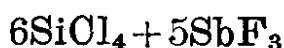


(4) 在冷却下,锑易于与一氯化硫反应,即形成三氯化锑。



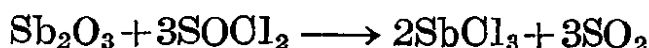
【75】 SiCl_4

以五氯化锑作为催化剂,使三氯化锑与四氯化硅相互作用,即有硅的氯氟化物形成。

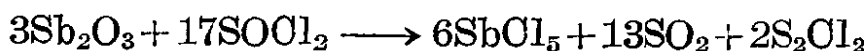


【76】 SOCl_2

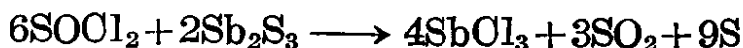
(1) 亚硫酸(二)氯与三氧化二锑在正常温度下反应时,即有三氯化锑形成。



(2) 三氧化二锑与过量的亚硫酸(二)氯在 150°C 加热数小时(在封闭的管中),结果有五氯化锑形成。



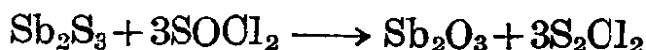
(3) 4.5 克三硫化二锑和 5 克亚硫酸(二)氯共混合于封闭的玻璃管中,然后加热管子;打开玻璃管,再将此反应混合物继续加热,结果有三氯化锑形成。



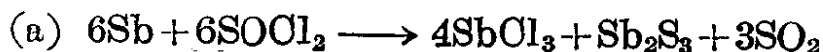
(4) 三硫化二锑与亚硫酸(二)氯在封闭管中于 $150\sim 200^\circ\text{C}$ 加热反应时,结果有三氯化锑形成。

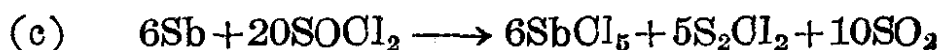


(5) 三硫化二锑可被亚硫酸(二)氯分解为三氧化二锑和一氯化硫。



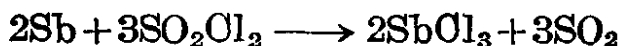
(6) 当过量锑与亚硫酸(二)氯反应时,即生成三氯化锑(a);但当使用过量的亚硫酸(二)氯,并将它们置于封闭管中加热时,则生成五氯化锑(b)、(c)。





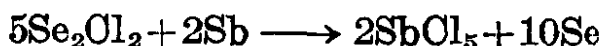
【77】 SO_2Cl_2

锑在磺酰氯和二氧化碳的混合气中,于 $170^\circ C$ 加热时,即形成三氯化锑。

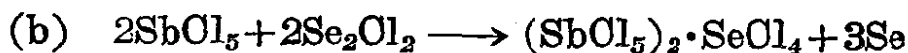


【78】 Se_2Cl_2

(1) 当锑与一氯化硒反应时,即有中间产物五氯化锑生成。



(2) 三氯化锑和一氯化硒的混合物,经加热后,前者即被氧化为五氯化锑,再与过量的一氯化硒反应,则形成复盐。

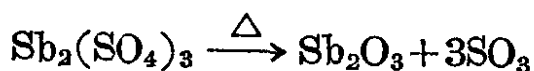


【79】 加热

(1) 在氢气流中,加热(约 $150^\circ C$) 伴有结晶水的硫代亚锑酸锂后,即失去结晶水,而形成单纯的硫代亚锑酸锂。



(2) 硫酸亚锑经强热后,即生成三氧化硫和三氧化二锑。



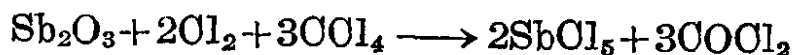
【80】 CCl_4

通常在商业合成致冷剂、溶剂和染料中间体时,是通过以无水三氯化锑中的氟置换卤素原子(常用五氯化锑作为催化剂)的反应完成的。



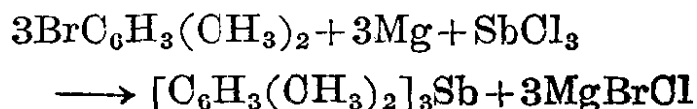
【81】 $CCl_4 + Cl_2$

当含有氯的四氯化碳溶液与三氧化二锑作用,即生成五氯化锑和碳酰氯。

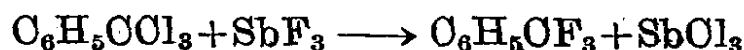


[82] $\text{BrC}_6\text{H}_3(\text{CH}_3)_2$

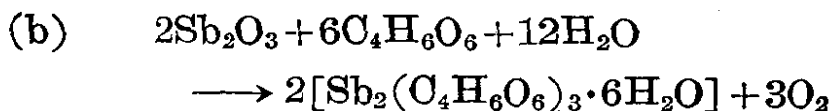
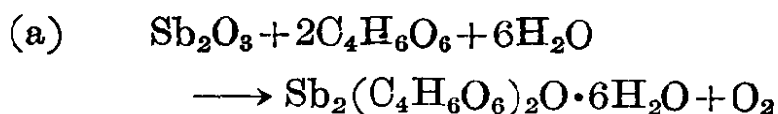
在含有 4-溴间二甲苯和镁的乙醚溶液(格氏试剂)中, 加入三氯化锑后, 将混合溶液煮沸 6 小时, 用水分解, 再以苯萃取生成物三间二甲苯腈。

**[83] $\text{C}_6\text{H}_5\text{CCl}_3$**

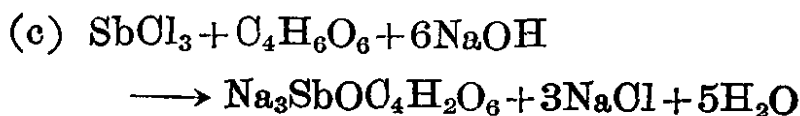
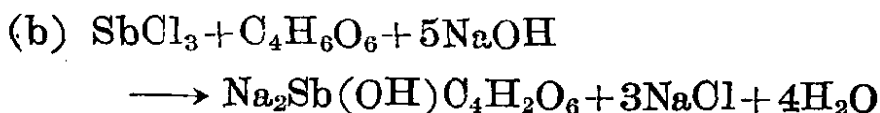
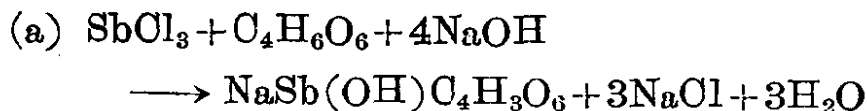
根据三氟化锑与苯基氯仿间的反应, 可以得到将氟引入芳香核的一种方法。此法常用于合成致冷剂、溶剂、染料中间体等化合物中。

**[84] $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6$**

当乙醇加至三氧化二锑的酒石酸水溶液中(酒石酸稍过量), 即形成碱式酒石酸锑(a), 但当酒石酸大量过量时, 则将形成水合酒石酸锑(正盐)(b)。

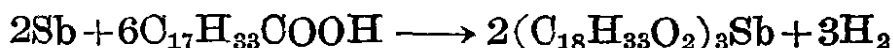
**[85] $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6 + \text{NaOH}$**

三氯化锑和酒石酸溶液与氢氧化钠进行中和反应时, 其中和曲线的三个峰表明有如下相应的复合物形成。

**[86] $\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_2$**

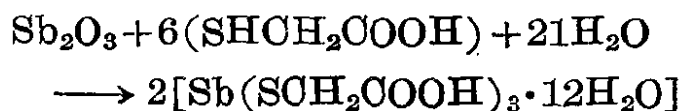
在低于 100°C 时, 锑可被无水油酸腐蚀, 并释放出氢, 但反应

很慢。铅、钠、钾、铊、钙、镁、锰、锌、铜、锡、铁、铋、汞、铌、砷、钨、碲、镍、钴、磷和硫等与油酸有类似反应发生。



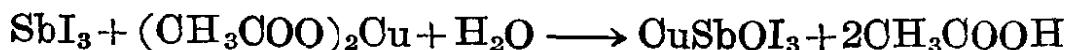
【87】 SHCH_2COOH

当三氧化二锑的巯基乙酸溶液经加热后,再予冷却,即得无水结晶物。



【88】 $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Cu}$

当等摩的三碘化锑和乙酸铜加至含水戊醇中,并于水浴加热4~6小时,即生成三碘氧化锑铜。



【89】 $\text{NaC}_4\text{H}_5\text{O}_6$

三氯化锑溶解于酒石酸钠溶液中,即有吐酒石(酒石酸氧锑钠)生成。



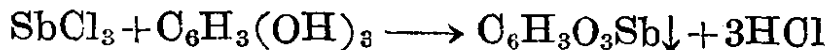
【90】 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$

三氧化二锑在360°C能少量地被乙醇蒸气还原至金属锑,并有水、乙醛形成。在这个温度下,半金属粉并无显著的催化作用。



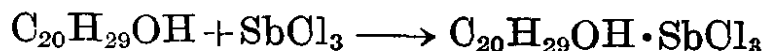
【91】 $\text{C}_6\text{H}_3(\text{OH})_3$

三氯化锑与焦棓酚(1, 2, 3-苯三酚)反应,生成特殊结晶。



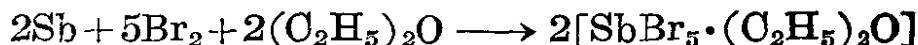
【92】 维生素 A

三氯化锑溶解于40°C的氯仿中,冷却至20°C并倾去上层液,即为三氯化锑试剂。维生素A溶解于氯仿。取0.2毫升维生素A溶液,放在直径1厘米的试管中,随后即迅速加入1.8毫升三氯化锑试剂,则立刻有蓝色呈现。这种颜色的深浅可与含有标准维生素A之试样进行比色,从而确定其含量

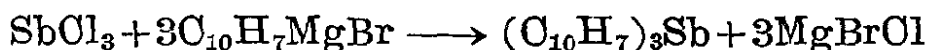


[93] $(C_2H_5)_2O$

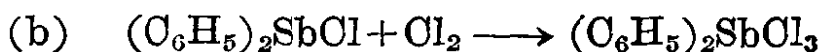
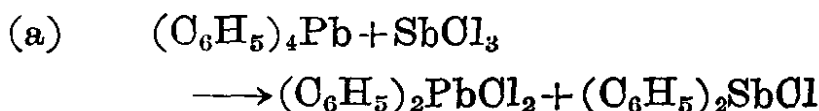
在无水乙醚中,用过量的溴强烈溴化粉末状锑后,即形成五溴化锑-乙醚复合物结晶。

**[94] $C_{10}H_7MgBr$**

在含有1摩三氯化锑的苯溶液中徐徐加入含有3摩 α -萘基溴化镁的乙醚溶液,二者反应后,除去溶剂,残存物经洗涤、过滤,用苯萃取后,即得三 α -萘基锑。

**[95] $(C_6H_5)_4Pb$**

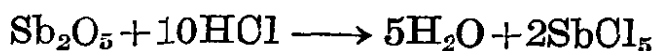
苯中的四苯基铅和三氯化锑经加热回流半小时后,将生成的固体物用甲苯处理,加热和过滤,即得二氯化二苯(基)铅(残留物)和油状的一氯化二苯(基)锑(滤出物)(a),后者再经氯化后,即形成三氯化二苯(基)锑(b)。



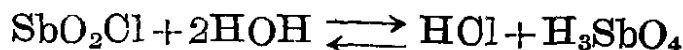
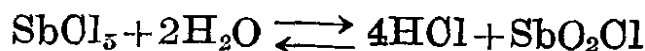
锑 化 合 物

Sb_2O_5 为一酸酐,与它相对应者有三种酸:即锑酸 H_3SbO_4 、偏锑酸 $HSbO_3$ 和焦锑酸 $H_4Sb_2O_7$,这些酸都有它们的盐(因系弱酸之盐,均非常不稳定,易被水水解)。

Sb_2O_5 溶解于浓盐酸而形成五氯化锑。



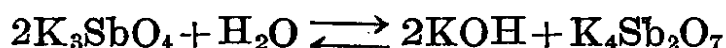
当该溶液用水处理时,则生成白色一氯二氧化锑(SbO_2Cl)沉淀,倘加更多的水,则在加温时,即转变为锑酸。



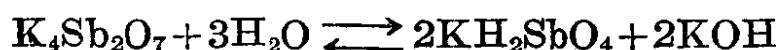
酒石酸能防止 SbO_2Cl 沉淀(同 $SbOCl$)。

如果 Sb_2O_5 与过量的苛性钾熔化时, 则熔化后的产物可能含有锑酸的三金属盐。假使该熔化物溶解于小量的水而任其结晶, 则有潮解性 $\text{K}_4\text{Sb}_2\text{O}_7$ 的结晶形成。

在这里, 首先形成的锑酸盐, 被水分解后生成下列反应:

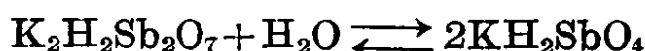


用适量的冷水与 $\text{K}_4\text{Sb}_2\text{O}_7$ 作用后, 这个潮解性盐乃徐徐变为锑酸二氢钾(如用少量的水迅速煮沸, 则反应加快)。

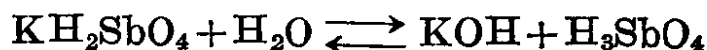


同时即和 3.5 分子水结合, 呈颗粒状的粉末析出, 且很难溶于冷水。当温度为 $40\sim 50^\circ\text{C}$ 时, 则在水中可溶解至相当大的程度(但钠盐则很不溶于水)。

当颗粒状的钾盐与适量的水长期煮沸时, 则因徐徐得水而形成易溶性锑酸的单金属盐。



后者在溶液蒸发时, 将呈胶状团块, 其组成为 $2\text{KH}_2\text{SbO}_4 + \text{H}_2\text{O}$, 但其水溶液倘被长时煮沸后, 则有更多的 KOH 失去, 而形成无定形的锑酸。



所有锑酸盐均被酸所分解, 而有无定形的锑酸析出。

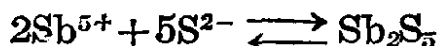
这个胶状单金属盐与钠盐作用时, 即得到无定形沉淀, 且徐徐变为结晶体, 但锑酸二氢钾则立刻呈结晶性沉淀析出。

Sb_2O_4 是一种混合氧化物, 其中一个锑原子为三价, 另一个是五价, 在空气中将 Sb_2O_3 或 Sb_2O_5 加热即可制得。它是锑的三种氧化物中最稳定的一种, 通常将它看作是锑酸之锑盐(SbSbO_4)。

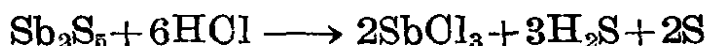
锑离子的反应

【1】 硫化氢

在锑盐的盐酸(0.3 摩/升)溶液中通入硫化氢后, 即生成橙色凝絮状的硫化锑沉淀。



这个沉淀溶解于浓盐酸并形成三氯化锑和硫。

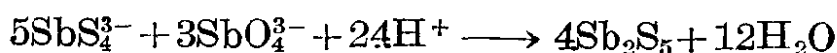


这个沉淀溶解于碱金属和铵的氢氧化物中，而形成锑酸盐和全硫锑酸盐的混合物，或全硫锑酸盐和一硫代锑酸盐的混合物。

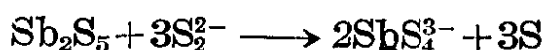
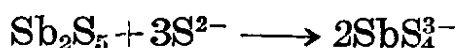


事实上硫化锑能溶解于氢氧化铵，而硫化亚锑则极微溶于氢氧化铵，这说明元素的酸性和碱性性质的变化，是随原子价的变化而改变。一个元素的原子价增加时，它即变为更酸性，故硫化锑必较硫化亚锑更酸性，结果更能溶解于弱碱、氢氧化铵。 Sb_2S_5 不溶于碳酸铵，因为在溶液中 OH^- 离子浓度甚低。

锑酸和全硫锑酸都是很弱的酸，它们的盐类均可被强酸如盐酸所分解；因为其游离酸均不稳定，故它们立刻被破坏而有硫化物沉淀析出。



碱金属和铵的硫化物及多硫化物能溶解硫化锑。



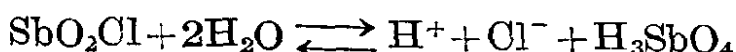
在此处多硫化物之作用恰与正常的硫化物相似，它的额外之硫乃成游离元素沉出。

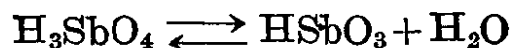
【2】 硫代乙酸铵和硫代硫酸钠

硫代乙酸铵和硫代硫酸钠与锑盐所发生的作用与上述硫化氢相似。

【3】 水

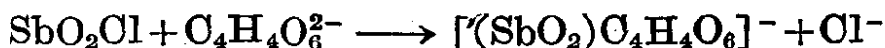
水能水解锑盐而形成相应于锑酰盐型的碱式盐，或在极大的稀释情况下形成锑酸。





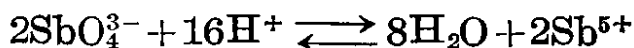
其最后一个化合物可溶解于碱金属的氢氧化物中，并形成锑酸盐和偏锑酸盐。

锑的碱式氯化物亦溶解于酒石酸或酒石酸盐溶液并形成 $[(\text{SbO}_2)\text{O}_4\text{H}_4\text{O}_6]^-$ 离子。

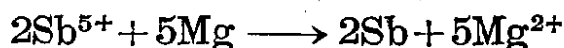


【4】 镁、锡、铁等金属

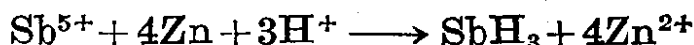
镁、锡、铁及在电动序中氢以上的其他金属，在酸性溶液中能还原锑化合物为金属锑。



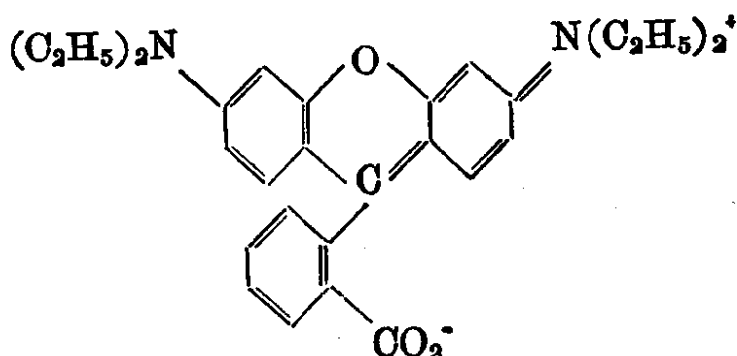
于是：



金属锌能完全还原锑化合物为锑化(三)氢。



【5】 蓝光碱性蕊香红(Rhodamine B)

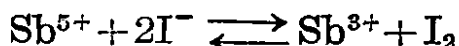


蓝光碱性蕊香红加至 5 价锑盐中，即生成紫色或蓝色反应。这个反应如果根据下列步骤进行，则非常灵敏：取锑盐溶液一滴放在滴液板的凹皿上，再另外加入一滴试剂；如果有锑离子(微量)存在时，则原来之胭脂红溶液即变为紫色。当这个试验被允许放在试管中进行时，则在观察时需要通过一个较厚的液柱，颜色并不显著，且试验亦不如此灵敏。假使在亚锑盐中加入若干稀盐酸和少些亚硝酸钠结晶时，则它因被氧化而可做同样的试验。

三价锑盐对本试剂并不发生反应。

【6】 碘离子

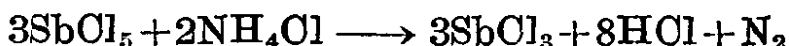
在酸性溶液中, 锑化合物可被碘离子还原并分离出元素碘。



这个反应恰恰与亚锑化合物和游离碘在碱性溶液中所发生的情况完全相反。由此得出一个结论: 三价锑在酸性溶液中是呈稳定状态, 而五价锑则在中性和碱性溶液中呈稳定状态。

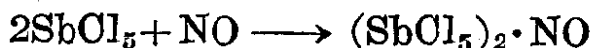
【7】 氯化铵

五氯化锑与氯化铵在 400°C 加热时, 即生成三氯化锑。



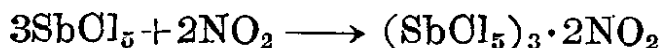
【8】 一氧化氮

五氯化锑在 100°C 时, 与一氧化氮直接于封闭管中加热数小时, 即得下列的化合物:



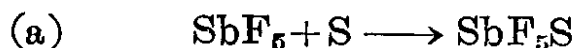
【9】 二氧化氮

五氯化锑与二氧化氮在封闭管中于 100°C 作用时, 即结合为灰黄色结晶。



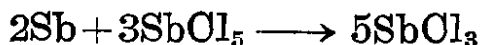
【10】 S

硫溶解于五氯化锑后, 形成深蓝色化合物, 它可被湿气破坏。



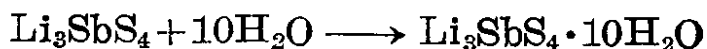
【11】 Sb

五氯化锑可被金属锑完全还原为三氯化锑。



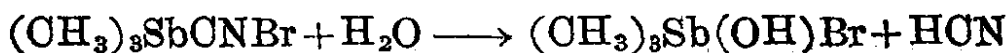
【12】 H_2O

(1) 全硫锑酸锂与水反应, 即生成其十水合物。

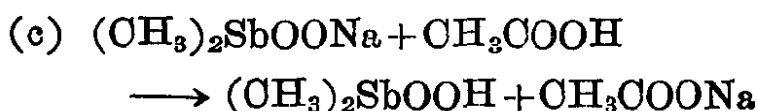
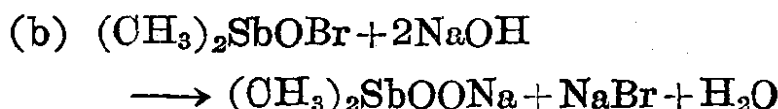
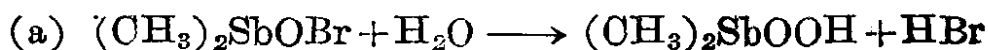


(2) 氰溴化三甲锑易被水解成白色晶体溴羟基三甲锑, 后者溶于冷水中, 且可由乙醇溶液中分离出带有闪光的白色针状物, 该

物质在加热时, 于未熔化前即被破坏。



(3) 将溴氧化二甲腈与水煮沸、冷却, 或与氢氧化钠反应后, 再用乙酸酸化, 即得到两性的二甲腈酸。



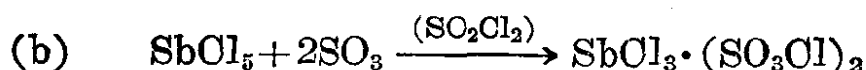
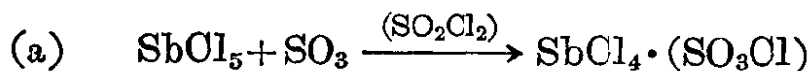
【13】 SO_2

五氧化二锑可被二氧化硫还原。



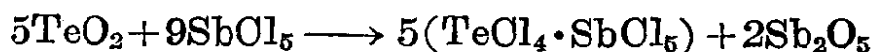
【14】 SO_3

将五氯化锑和三氧化硫溶液于磺酰氯中混合之, 即有白色结晶性产物生成, 其组成为 $\text{SbCl}_4 \cdot (\text{SO}_3\text{Cl})$ 和 $\text{SbCl}_3 \cdot (\text{SO}_3\text{Cl})_2$ 的混合物; 这种情况一般都与反应时所用试剂的比例有关。



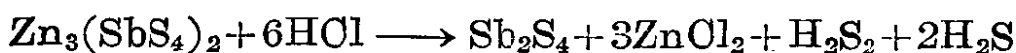
【15】 TeO_2

在冷却下, 五氯化锑和二氧化碲反应, 即形成下列反应式中的化合物。



【16】 HCl

(1) 当硫代锑酸锌与稀盐酸反应后, 即可得到纯净的四硫化二锑。



(2) 偏锑酸钾可被干燥的氯化氢强烈地侵蚀, 同时有热放出。



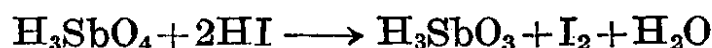
【17】 HF

当胶状的锑酸钾溶解于氢氟酸中，即形成下列很薄的菱形薄片状复盐。



【18】 HI

(1) 在冷的条件下，五价锑可被氢碘酸还原，并释放出碘。

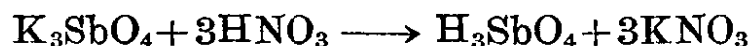


(2) 当氢碘酸与五氯化锑反应，即生成三氯化锑、盐酸和碘。



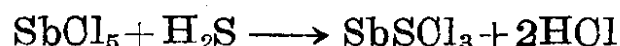
【19】 HNO₃

当锑酸钾与硝酸作用后即形成锑酸。

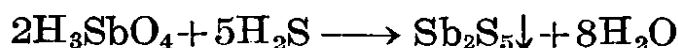


【20】 H₂S

(1) 五氯化锑和液态硫化氢反应，生成三氯硫化锑。



(2) 将硫化氢的水溶液加至锑酸溶液后，即形成五硫化二锑沉淀。

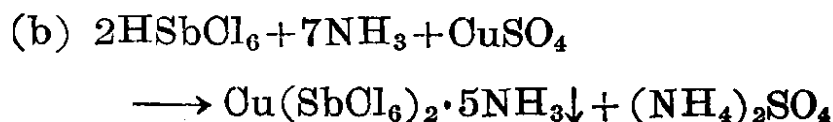
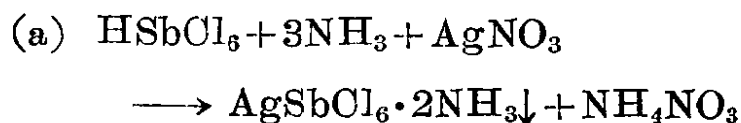


(3) 将硫化氢气体快速通过悬浮于水中的溴氧化二甲腈后，形成亮黄色沉淀三硫化(双)二甲腈，它部分溶于二硫化碳中。熔点为 76~78°C。



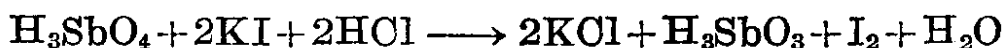
【21】 AgNO₃、CuSO₄ + NH₃

当氨和硝酸银加至新鲜制备的氯偏锑酸溶液中，即有黄色结晶二氨合氯偏锑酸银的复盐生成。硫酸铜亦可发生同样反应。

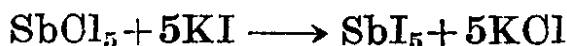


[22] KI

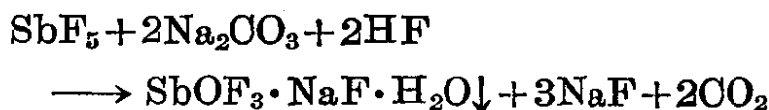
(1) 在盐酸中, 锑酸可氧化碘化钾, 并有游离碘释出。



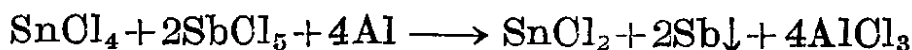
(2) 置于封闭管中的五氯化锑和碘化钾, 经 $120 \sim 140^\circ\text{C}$ 加热后, 即形成五碘化锑。

**[23] $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{HF}$**

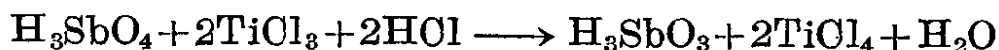
当碳酸钠加至含有过量五氟化锑的氢氟酸溶液中, 即有少量结晶析出。

**[24] $\text{SnCl}_4 + \text{Al}$**

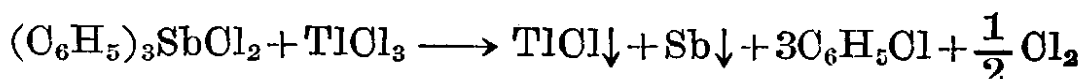
锡的盐酸(1 摩/升)溶液与五氯化锑和铝作用时, 锑即以金属状态完全沉淀出来, 同时四价锡还原为二价锡。

**[25] TiCl_3**

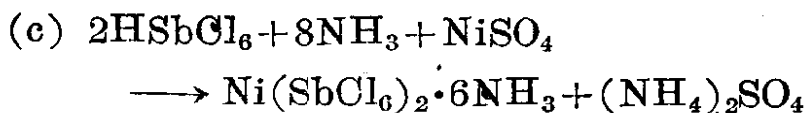
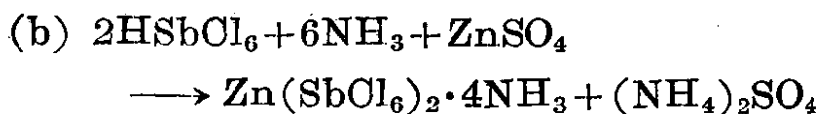
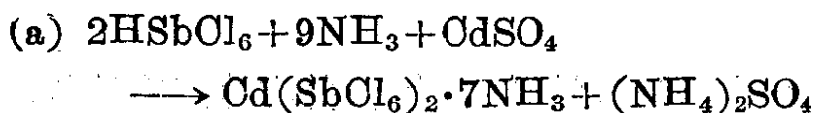
五价锑可被三氯化钛(在盐酸参加下)定量地还原, 其反应的终点由电位决定。

**[26] TiCl_3**

在二甲苯中, 置有 3.5 克二氯化三苯锑和 3 克三氯化钛, 沸腾 2 小时, 静置一周, 滤去氯化亚锑的残留物, 再放置 6 个月, 即得到光亮的薄片状锑。在滤出的残留物中尚留有未变化的二氯化三苯锑。

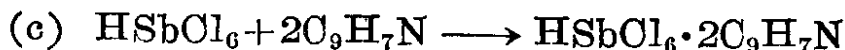
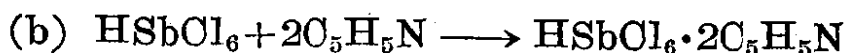
**[27] $\text{NH}_3 + \text{CdSO}_4, \text{ZnSO}_4, \text{NiSO}_4$**

当氨和硫酸镉溶液加至新鲜制备的氯偏锑酸溶液中, 即有黄色结晶七氨合氯偏锑酸镉复盐形成。若改用硫酸锌或硫酸镍, 则亦有同样反应发生。



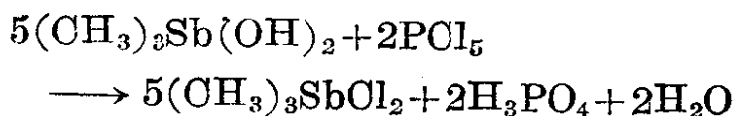
[28] NH_3 、 $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$ 、 $\text{C}_9\text{H}_7\text{N}$

新鲜制备的氯偏锑酸溶液与过量氨反应，即有二氨合氯偏锑酸复盐形成。同样反应亦可用吡啶或喹啉进行之。



[29] PCl_5

二羟基三甲腈与稍过量的五氯化磷在小心加热下反应，即生成无色针状的二氯化三甲腈。



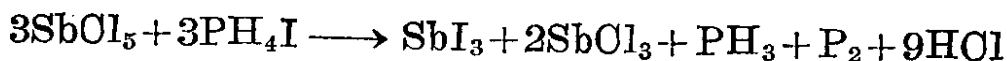
[30] PH_3

五氯化锑与磷化氢作用时，即形成三氯化锑、五氯化磷及氯化氢。



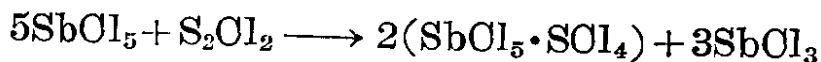
[31] PH_4I

当碘化磷与五氯化锑在封闭管中加热时，即有三氯化锑、三碘化锑、盐酸、磷化氢和磷生成。



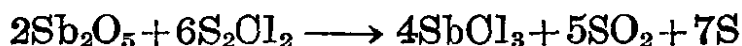
[32] S_2Cl_2

(1) 当五氯化锑与一氯化硫的混合物在干燥器中放置后，即有复盐形成。



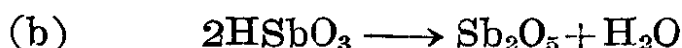
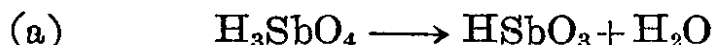
(2) 2克五氧化二锑和4克一氯化硫混合于封闭管中，在

100°C 加热直至形成均匀的混合物。将管取出冷却。最后把管内的物质转移至蒸馏瓶中进行蒸馏。在接受器中可得到固体的三氯化锑结晶。

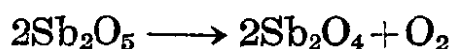


【33】 加热

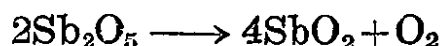
(1) 锑酸在 275°C 加热时, 即形成五氧化二锑。



(2) 当五氧化二锑在 300°C 加热时, 即有两性氧化物形成。



(3) 当五氧化二锑加热至亮红时, 即有二氧化锑形成。



(4) 当氯化氧锑于封闭管中加热后, 即有氯化氧锑与三氧化二锑组成的复合物及三氯化锑生成。



【34】 C_2H_2

当干燥的乙炔气通入五氯化锑时, 即发生放热的加成反应。

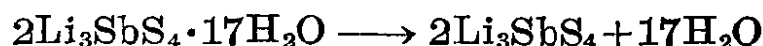


【35】 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$

(1) 五氧化二锑在 360°C 时, 将徐徐被乙醇蒸气还原至金属锑, 同时有水和乙醛形成。在这个温度下, 半金属粉并无显著的催化作用。

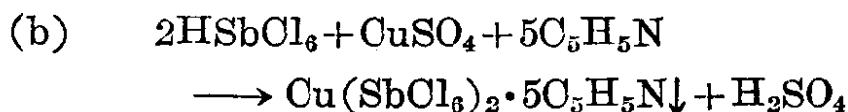
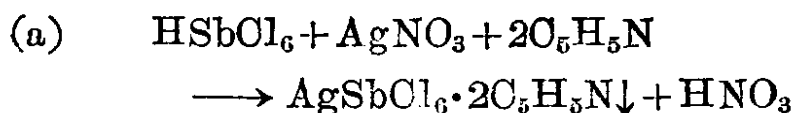


(2) 在 30°C 时, 乙醇能使水合全硫锑酸锂充分脱水, 形成无水全硫锑酸锂。



【36】 $\text{C}_5\text{H}_5\text{N} + \text{AgNO}_3, \text{CuSO}_4$

当氯偏锑酸的 80% 乙醇溶液与加有乙醇、吡啶的浓硝酸银溶液反应后, 即有黄色沉淀的氯偏锑酸银-(二)吡啶复合物生成。与硫酸铜反应时, 亦有相似的反应产物生成。



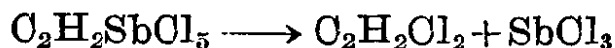
【37】 $\text{C}_2\text{H}_2\text{SbCl}_5$

当乙炔-五氯化锑与五氯化锑加热反应后,即形成四氯乙烷和三氯化锑。

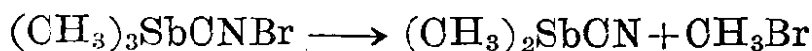


【38】 加热

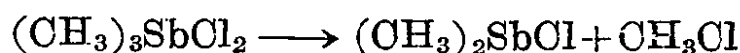
(1) 当乙炔-五氯化锑复合物经加热后,即有二氯乙烯和三氯化锑生成。



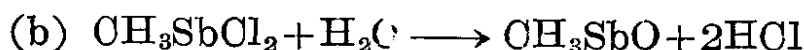
(2) 在压力 1.33 千帕下,于隔绝空气的环境中, 160°C 加热氰溴化三甲锑后,即形成氰化二甲锑,后者可经升华提纯,熔点 $113\sim 114^\circ\text{C}$,不溶于水而溶于乙醚或乙醇中。



(3) 在压力 80.0 千帕下,置于蒸馏瓶中的二氯化三甲锑,于二氧化碳气流中加热,即形成氯甲烷和氯化二甲锑,沸点为 $158\sim 160^\circ\text{C}/100$ 千帕。后者在空气中, 40°C 下能自燃。



(4) 当三氯化二甲锑在压力 80.0 千帕下加热,除去氯甲烷后,即形成二氯化甲锑油状物(a),后者可在 $115\sim 120^\circ\text{C}/8.0$ 千帕蒸馏。当它与水作用时,则成为氧化甲锑(b)。



铋 Bi

铋是砷副族的最后一个元素。它的金属性质已强烈地超过了它的非金属性质,并且可以看作为金属。

铋在自然界中分布不广，在地壳中占 $10^{-7}\%$ 。在自然界中铋既呈游离状态，亦呈化合物状态存在，例如铋赭石(Bi_2O_3)和辉铋矿(Bi_2S_3)等。

铋在游离状态时，为发光的浅粉红色之脆金属，密度 9.8克/厘米^3 ，在 271.3°C 时熔化。

常温时铋在空气中不氧化，但在强热时，即燃烧生成三氧化二铋。

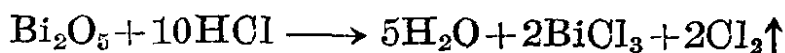
硝酸可作为铋的溶剂。盐酸不能侵蚀铋，而硫酸只有在加温时才溶解铋。

铋有三种形式的氧化物： Bi_2O_3 、 Bi_2O_4 和 Bi_2O_5 。

Bi_2O_3 是碱酐(Bi_2O_3 在某些情况下作用为弱酸)，由此可以衍生许多铋盐。

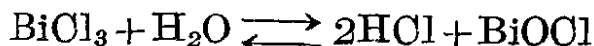
Bi_2O_5 系淡棕色物质，可作用为酸酐而形成酸 HBiO_3 ，后者与偏磷酸相当；不过这种酸的盐难以制成纯品。

Bi_2O_5 在灼烧时，即失去氧而形成黄色的 Bi_2O_3 。它溶解于盐酸而放出氯，并形成三价铋盐。



Bi_2O_4 是棕色粉末，有时用作有效之氧化剂。商品铋酸钠(Sodium bismuthate)是 NaBiO_3 和 Bi_2O_4 的混合剂。

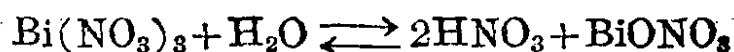
铋盐大多是无色，且均不溶于相当量的水中，这是由于水解为不溶性碱式盐所致；三氯化铋被定量地分解为碱式氯化铋，且常被称为氯化氧铋(Bismuthyl chloride)。



氯化氧铋不溶于酒石酸(与锑不同)。

氯化氧铋易溶于盐酸，则上述的方程式将由右走向左方，因此这个反应是可逆的。至于其反应之方向如何，当视水和盐酸存在量之多少而决定。当在三氯化铋的微酸性溶液中加入水后，则有白色碱式氯化铋立即生成。如果小心地加入盐酸，则沉淀又重新溶解，但如加入较多量的水，则或又复沉淀。所有其他铋化合物与三氯化铋相似。例如硝酸铋与水作用时，首先形成无定形硝酸氧铋

沉淀。



当再加水后,则沉淀变为更碱性而结晶化:

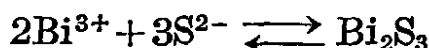


最后的化合物是次硝酸铋,它在医药上应用很广。

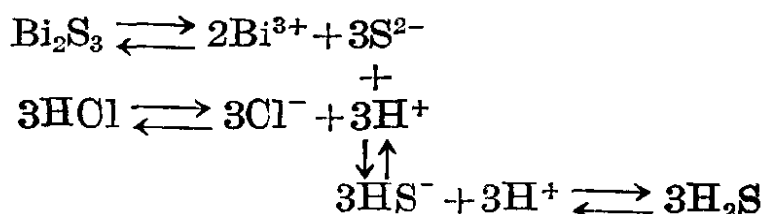
铋离子的反应

【1】 硫离子

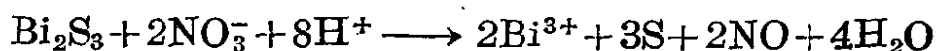
S^{2-} 离子遇铋盐的稀酸溶液,则生成棕黑色的无定形三硫化二铋沉淀。



该沉淀不溶于冷的强酸(0.3摩/升)溶液、碱金属的氢氧化物和硫化物,以及氢氧化铵和硫化铵溶液中。它溶解于沸浓盐酸生成硫化氢,后者将因煮沸逸去:

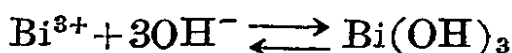


三硫化二铋亦溶解于热稀硝酸(系通过 S^{2-} 离子氧化为游离硫而溶解):

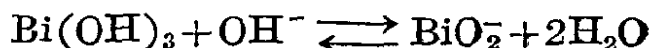


【2】 OH^- 离子

OH^- 离子遇铋盐溶液,生成白色胶性氢氧化铋。



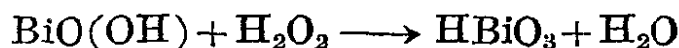
这个沉淀系朦胧白色或半透明体,故在有颜色的溶液中,如果它为量很小,则很难看见。它不溶于过量之碱金属的氢氧化物及氢氧化铵中。在极浓之碱金属的氢氧化物溶液中,则由于它具有微弱的两性作用,而有极微量被溶解:



沉淀甚易溶解于强酸。当沉淀被煮沸时,它转变为灰黄色,这是由于部分脱水所致。

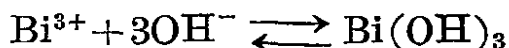


假定过氧化氢加至含有这种白色或淡黄白色沉淀的混悬液中,则有棕色铋酸形成:



【3】 氢氧化铋

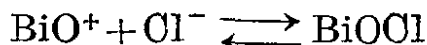
浓的氢氧化铋加至铋盐溶液中生成氢氧化铋:



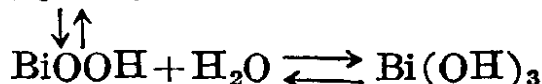
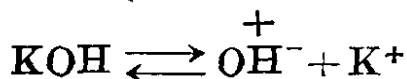
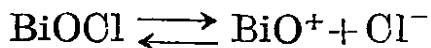
稀的溶液则生成碱式盐,如 BiOCl 沉淀。通常铋离子和 OH^- 离子之连接大概是一步步进行的。



于是氧铋基(Bismuthyl radical)乃与阴离子相接,且由于这些盐类均仅微溶性,故有碱式盐或氧铋盐的沉淀生成。

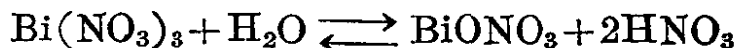
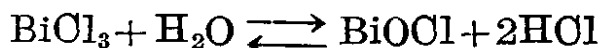
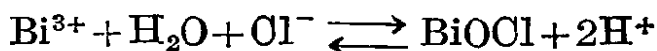


假定这个盐用过量的 OH^- 离子处理,则将转变为氢氧化物。



【4】 水

水能使所有可溶性的铋盐水解。在上述后二个例子中, OH^- 与铋离子反应而形成(正)氢氧化物或碱式盐时,一般常视 OH^- 离子的浓度而决定。在 OH^- 离子浓度低时,则生成碱式盐,因为由水电离而得的 OH^- 离子浓度是极小的,所以水的作用乃必然产生碱式盐:



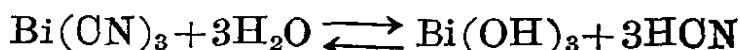
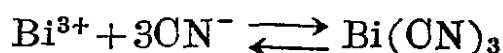
这个碱式盐不溶解于水及低 H^+ 离子浓度的溶液中, 这种碱式盐的沉淀乃促使反应向右, 直至 H^+ 离子浓度增至足以与遗留在溶液中的小量碱式盐达平衡时为止。

$$\frac{[\text{BiOCl}][\text{H}^+]^2}{[\text{Bi}^{3+}][\text{Cl}^-][\text{H}_2\text{O}]} = K$$

根据上述反应可知, 增加 Bi^{3+} 离子浓度(即增加其溶解度)可促进水解作用, 当加入酸后, 则将使沉淀溶解。这些铋的碱式盐溶解于无机酸, 但不溶于酒石酸溶液(与锑不同), 且也不溶于碱金属的氢氧化物溶液中(与锡不同)。

【5】 CN^- 离子

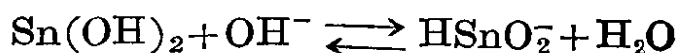
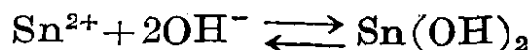
CN^- 离子与铋盐溶液作用, 并不生成单纯的氰化物或络合氰化物, 而是形成氢氧化物。



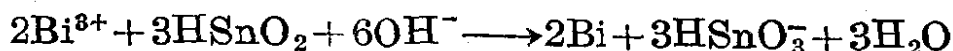
因为铋不能很快地形成络离子, 且它的氢氧化物是一个弱碱, 故其氰化物必然具有较强的水解作用。

【6】 碱金属亚锡酸盐

碱金属之亚锡酸盐是将过量之碱金属的氢氧化物加至小量的氯化亚锡中制成。



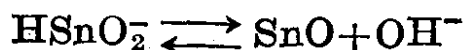
它能还原铋离子为金属铋。



金属铋在沉淀时呈极细微的黑色状态, 这种黑色变化是非常明显, 因此这种颜色变化可作为铋的极灵敏的试验。太大过量之碱金属的氢氧化物在这里不能应用, 且溶液必须保持冷却, 否则 HSnO_2^- 离子可能自动氧化和还原, 而有黑色的金属锡沉出。

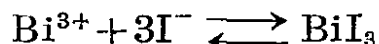


如果碱金属的氢氧化物之量过量极微, 则有黑色氧化亚锡形成:

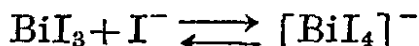


【7】 碘离子

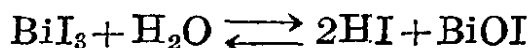
碘离子在铋盐溶液中生成黑色三碘化铋沉淀:



这个黑色沉淀溶解于过量的试剂而形成络离子:

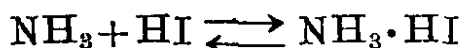


当稀释时络盐即行分解, 首先形成三碘化铋而后生成橙色碘化氧铋沉淀。

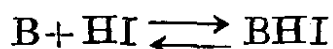


【8】 辛可宁和碘离子的混合物

辛可宁(Cinchonine)和 I^- 离子的混合物在铋盐的微酸性溶液中, 生成三碘化铋和碘化辛可宁分子化合物的橙色沉淀。辛可宁是一种碱, 它和氨相似亦能形成盐, 例如氨与氢碘酸之反应式为:



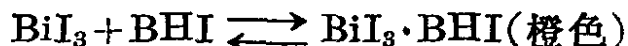
或常写为 NH_4I ; 因此, 其同样性质的碘化辛可宁之化学式亦可写出。在这里为便利起见以“B”代替辛可宁, 则其反应将是:



或以离子表示之:



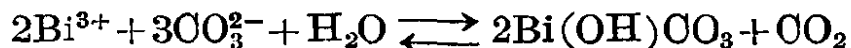
这个盐可与三碘化铋形成加成化合物。



这个沉淀是一个美丽的橙色化合物, 且沉淀体积很大; 因此, 它在溶液中很易被见到, 故可作为测定铋的非常灵敏之试验。

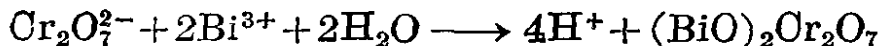
【9】 碳酸根离子

CO_3^{2-} 离子与铋盐溶液生成碱式碳酸盐的白色沉淀, 它的组成随温度和浓度的变化而变化, 有一个化合物是 $\text{Bi}(\text{OH})\text{CO}_3$ 。



【10】 重铬酸钾

过量之重铬酸钾与铋盐溶液相遇, 生成黄色重铬酸氧铋沉淀:



它溶解于无机酸, 不溶于强碱(与铅不同)。重铬酸氧铋较铬

酸铅易溶于酸而少溶于碱类。

【11】 金属锌

金属锌遇铋盐将有金属铋沉出。

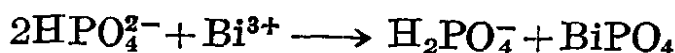


【12】 焦性没食子酸(Pyrogallol) $\text{C}_6\text{H}_3(\text{OH})_3$

以微过量的本试剂的浓溶液(0.5克/5毫升 H_2O)加入铋盐之热溶液中(以稀盐酸或稀硝酸酸化为弱酸性),则生成黄色 $\text{Bi}(\text{C}_6\text{H}_3\text{O}_3)$ 沉淀。这个试验最好先加氨溶液,直至溶液对石蕊呈碱性为止,然后再用稀硝酸使之刚好酸化。这个反应非常灵敏,锑将妨碍这个反应,故事先应予除去。

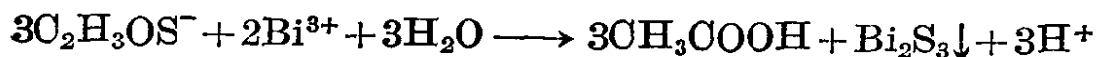
【13】 磷酸钠或砷酸钠

磷酸钠或砷酸钠溶液与铋盐生成 BiPO_4 或 BiAsO_4 的白色结晶沉淀,难溶于稀无机酸(与汞、铅、铜及镉盐不同)。

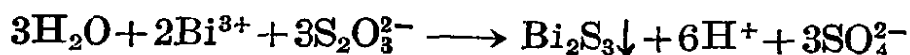


【14】 硫代乙酸铵

硫代乙酸铵在冷时可使铋盐溶液生成部分三硫化二铋沉淀,在煮沸时则完全沉淀。



硫代硫酸钠加至含酸不太多的铋盐溶液中,首先形成黄色,最后为黑色三硫化二铋沉淀。

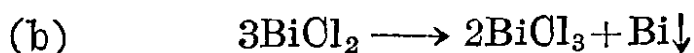
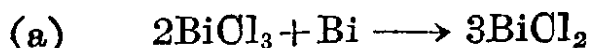


【15】 硫酸

硫酸加至铋盐的酸性溶液中并不发生沉淀。当溶液蒸发至硫酸的烟雾放出时,则生成硫酸氢铋,后者在多数情况下能溶解于水而呈清净的溶液。溶液经放置长时间后,或如有大量的铋存在,则有焦硫酸氧铋 $(\text{BiO})_2\text{S}_2\text{O}_7 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 白色沉淀形成,后者有时在分析步骤中往往被误认为硫酸铅。

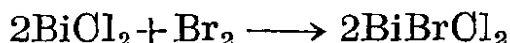
【16】 Bi

将颗粒状铋溶解于热的三氯化铋溶液中,经冷却后,即有铋的结晶由溶液中析出。



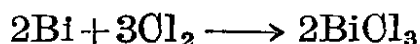
【17】 Br_2

二氯化铋与溴在 $70\sim 90^\circ\text{C}$ 水浴上反复蒸发后, 即生成无色结晶二氯一溴化铋。

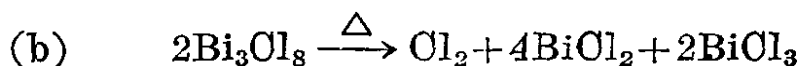
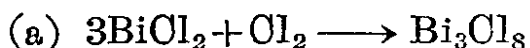


【18】 Cl_2

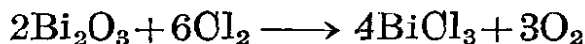
(1) 当氯气通过加热的铋, 即有美丽的三氯化铋晶体生成, 后者在二氧化碳气流中升华。



(2) 当黑色二氯化铋经氯气处理时, 先形成中间产物 Bi_3Cl_8 , 加热后, 它即分解成氯气, 二氯化铋和三氯化铋。

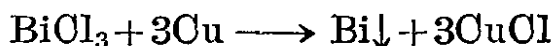


(3) 三氧化二铋经氯气处理后, 即有三氯化铋形成。



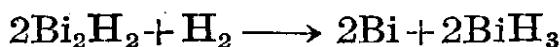
【19】 Cu

金属铜可由三氯化铋溶液中, 将铋还原出来。

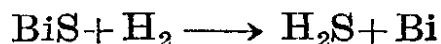


【20】 H_2

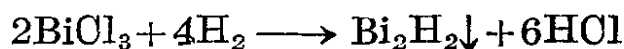
(1) 二氢化二铋在氢气中加热后, 即生成三氢化铋和金属铋。



(2) 一硫化铋可被氢还原而有铋生成。



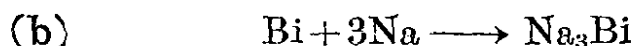
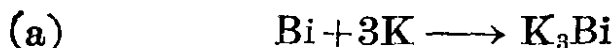
(3) 将三氯化铋溶解于盐酸中, 然后加至锌和酸的混合物中, 此时有氢释出, 结果有灰色 Bi_2H_2 沉淀析出。



【21】 K, Na

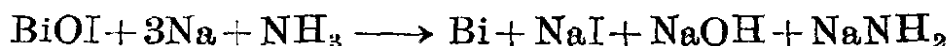
铋与金属钾在沸腾的石蜡层下反应后, 形成如下物质(a), 钠

可发生相似反应(b)。



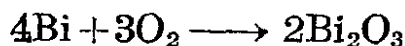
【22】 $\text{Na} + \text{NH}_3$

在室温时，碘化氧铋可被钠的液氨溶液还原为金属铋。钾亦有相同的反应发生。

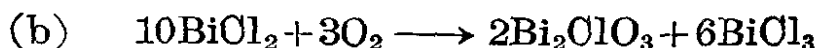


【23】 O_2

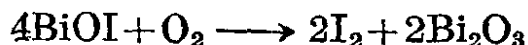
(1) 铋在空气或氧气中加热至红色，即形成黄色的三氧化二铋。



(2) 当黑色二氯化铋在空气中加热时，即形成三氯化铋和铋，此外还生成三氧一氯化二铋。

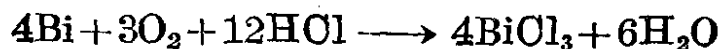


(3) 碘化氧铋在氧气中燃烧，即生成三氧化二铋和碘。



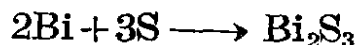
【24】 $\text{O}_2 + \text{HCl}$

铋在氧气或空气存在下，溶解于盐酸后，即有三氯化铋生成。



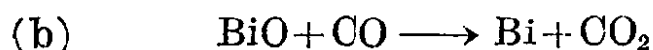
【25】 S

当铋和硫混合于封闭管中加热至 270°C 左右，即发生下列反应。在这个反应中所用的试剂量，即使是按正确的比例进行，但反应仍不会完全。



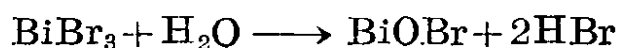
【26】 CO

当三氧化二铋在一氧化碳气流中加热后，其所得的还原产物，部分是一氧化铋，部分是金属铋。

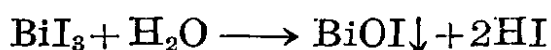


【27】 H_2O

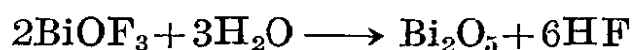
(1) 三溴化铋的水解反应按下式进行。



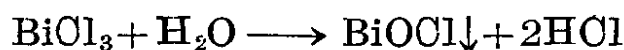
(2) 三碘化铋与冷水作用后，可转化成碘化氧铋，如改用热水，则反应将为之加快。



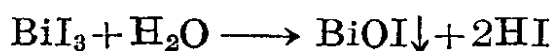
(3) 当三氟氧化铋与大量的水反应后，即有红棕色五氧化二铋形成。



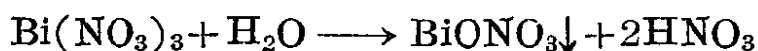
(4) 当水加至三氯化铋的盐酸溶液中，即有氯化氧铋沉淀形成。



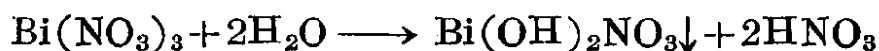
(5) 当三碘化铋的氢碘酸溶液加至 $90 \sim 100^\circ\text{C}$ 的水中，即有红色碘化氧铋形成。



(6) 在微酸性条件下，硝酸铋溶液的水解反应按下式进行。

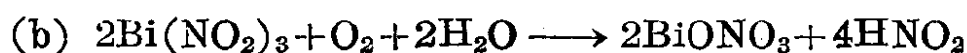


(7) 当硝酸铋的硝酸溶液经水处理后，即有二羟基硝酸铋沉出。



【28】 $\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$

当亚硝酸铋溶液暴露在空气中，即有硝酸氧铋的浮膜呈现于溶液的表面。



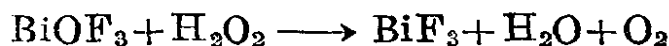
【29】 $\text{H}_2\text{O} + \text{加热}$

硫代乙酸铋的水溶液经加热后，即有下列反应发生。



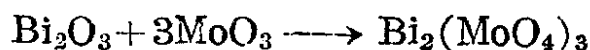
【30】 H_2O_2

三氟氧化铋可被过氧化氢剧烈地分解为三氟化铋。



【31】 MoO_3

当含有铋和钼的三氧化物的混合物(钼的三氧化物宜稍过量些)共熔融时,即有下列反应产物形成。

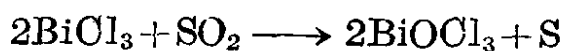


【32】 SO_2

(1) 三氧化二铋可被二氧化硫还原至一氧化铋,并形成碱式硫酸盐。

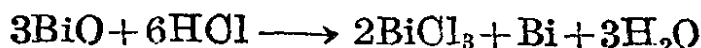


(2) 三氯化铋和二氧化硫在加热下,能缓慢反应,并有下列反应产物生成。

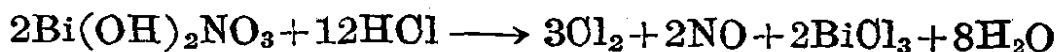


【33】 HCl

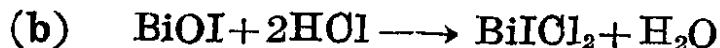
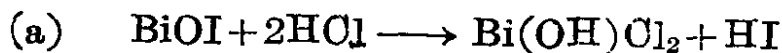
(1) 一氧化铋溶解于盐酸,可生成三氯化铋和金属铋。



(2) 当碱式硝酸铋与盐酸煮沸时,即有氯和一氧化氮形成。



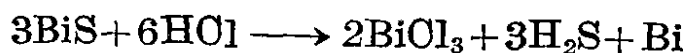
(3) 碘化氧铋在盐酸溶液中用水稀释时,即生成二氯化羟铋的白色沉淀(a)及棕色结晶性物质(b)。



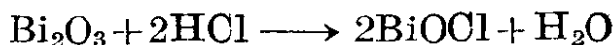
(4) 碘化氧铋与浓盐酸作用时生成下列之反应。



(5) 一硫化铋与盐酸作用时,生成下列之反应。

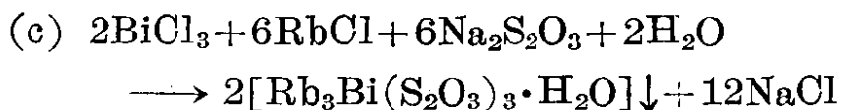
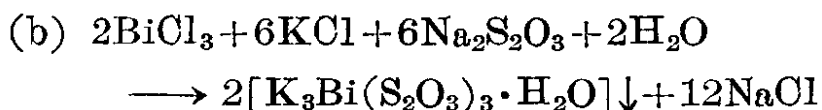
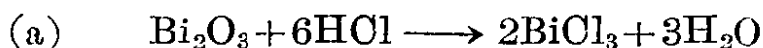


(6) 三氧化二铋与稀盐酸作用时,生成下列之反应。



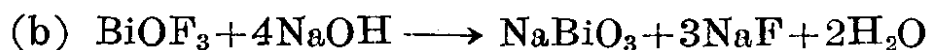
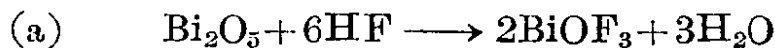
[34] HCl + Na₂S₂O₃ + KCl, RbCl

将 10 克三氧化二铋溶解于 30 毫升盐酸中, 再加入 20 毫升氯化钾(9 克)的水溶液和 50 毫升硫代硫酸钠(30 克)的水溶液, 在 8°C 时, 即有一水合硫代硫酸铋钾结晶形成。氯化铷亦可发生同样反应。



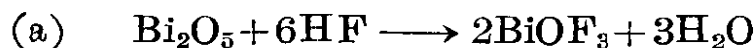
[35] HF, NaOH

将五氧化二铋溶解于氢氟酸中, 并迅速冷却至 0°C, 加入冰冷的氢氧化钠溶液, 即有黄色铋酸钠形成。氢氧化钾亦有相同形式的反应。



[36] HF, KF

在五氧化二铋的氢氟酸溶液中加入氟化钾后, 将溶液蒸发, 即有无色结晶形成。



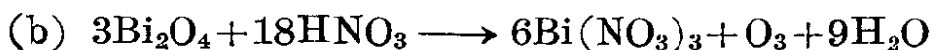
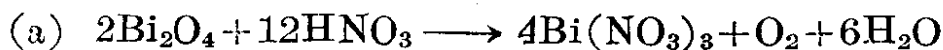
[37] HI

氯化氧铋与浓氢碘酸作用, 即生成下列反应。



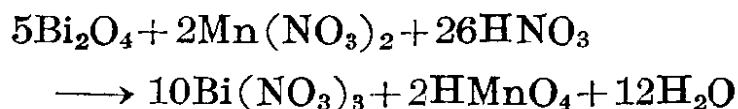
[38] HNO₃

四氧化二铋溶解于热的硝酸溶液后, 即有氧和小量臭氧释出。



【39】 HNO_3 、 $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$

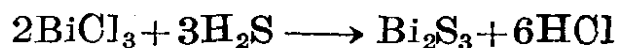
在稀硝酸的参加下,四氧化二铋能迅速氧化锰盐,其反应如下。

**【40】 H_2S**

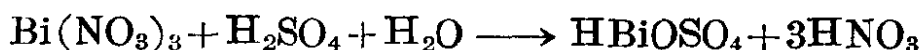
(1) 三氯化铋与液态硫化氢在任何温度下反应时, 即有橙红色固体形成。



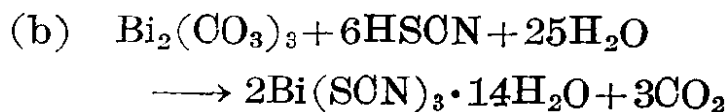
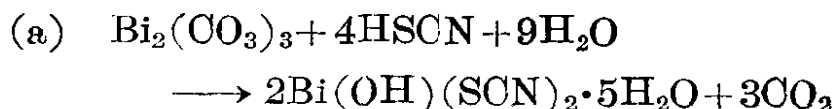
(2) 硫化氢与加热至红热的三氯化铋反应时, 即有下列反应发生。

**【41】 H_2SO_4**

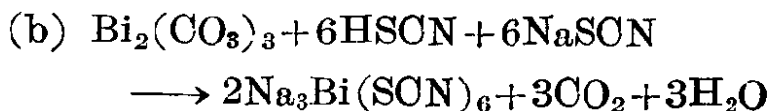
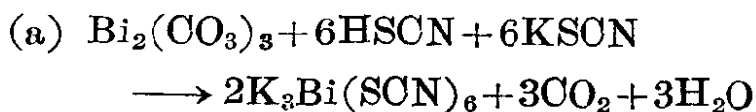
硝酸铋的硝酸溶液与硫酸作用时, 生成下列之反应。

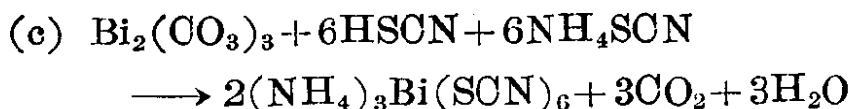
**【42】 HSCN**

碳酸铋加至 10% 硫氰酸溶液中, 即有黄色结晶形成。当 10% 硫氰酸的溶液被碳酸铋饱和后, 再用硫酸进行真空浓缩, 即有针状的硫氰酸铋形成。

**【43】 HSCN 、 KSCN 、 NaSCN 、 NH_4SCN**

在碳酸铋的硫氰酸溶液中加入硫氰酸钾后, 再用硫酸进行浓缩, 即有硫氰酸铋钾的三棱形结晶形成。碳酸铋与硫氰酸钠和硫氰酸铵亦有相同的反应发生。



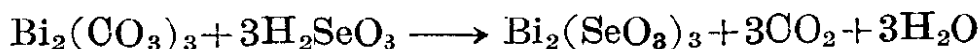


[44] H_2SeO_3

(1) 氢氧化铋与过量的浓的亚硒酸在常温下作用时, 即有无水亚硒酸氢铋的三棱形结晶形成。

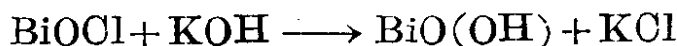


(2) 当碳酸铋溶解于亚硒酸后, 即有细针状样结晶无水亚硒酸铋形成, 同时有二氧化碳释出。

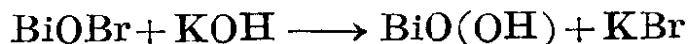


[45] KOH

(1) 氯化氧铋与稀的氢氧化钾溶液作用时, 即有下列反应产物形成。



(2) 溴化氧铋可被氢氧化钾溶液分解成氢氧化氧铋和溴化钾。

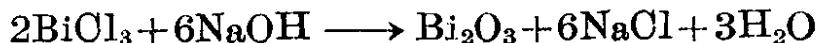


(3) 当三碘化铋与很稀的氢氧化钾溶液反应后, 即有碘化氧铋、三氧化二铋和碘化钾形成。



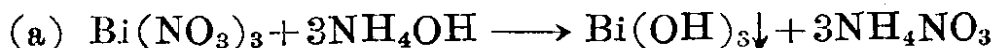
[46] NaOH

当沸腾的三氯化铋溶液与稍过量的氢氧化钠反应后, 即有三氧化二铋沉淀生成。



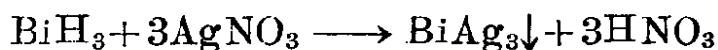
[47] NH_4OH

氢氧化铵与硝酸铋的溶液反应后, 即生成氢氧化铋沉淀, 后者再经加热, 可得纯的三氧化二铋。



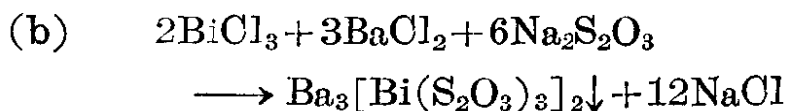
[48] AgNO_3

将三氯化铋通入硝酸银溶液中, 即有下列反应发生。



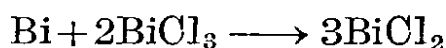
【49】 $\text{BaCl}_2 + \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

将 10 克三氧化二铋溶解于 30 毫升浓盐酸(密度 1.17 克/厘米³)中, 再加入 200 毫升氯化钡(14 克)的水溶液和 150 毫升硫代硫酸钠(30 克)的水溶液后, 即有硫代硫酸铋钡沉淀生成。该物质如置于乙醇中, 即变为黄色沉淀。



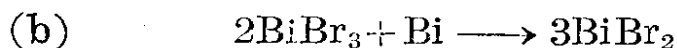
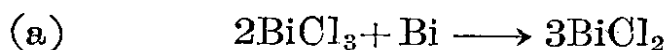
【50】 BiCl_3

铋和三氯化铋按化学量比混合后熔融, 即生成黑色块状物二氯化铋。



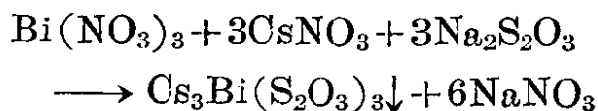
【51】 BiCl_3 、 BiBr_3 、 BiI_3

当三氯化铋与铋共加热后, 即形成二氯化铋(a)。用同样方法可制备二溴化铋和二碘化铋(b)(c)。



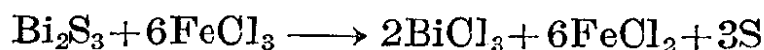
【52】 $\text{CsNO}_3 + \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

将溶解于 5% 硝酸的浓硝酸铋溶液与硝酸铯和硫代硫酸钠溶液反应后, 再加入乙醇, 即有硫代硫酸铯铋无色结晶生成。



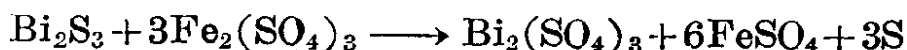
【53】 FeCl_3

三硫化二铋可被氯化铁溶液分解。



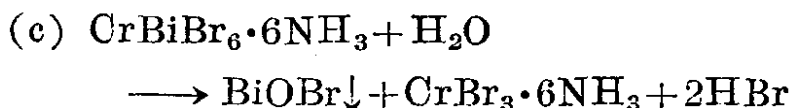
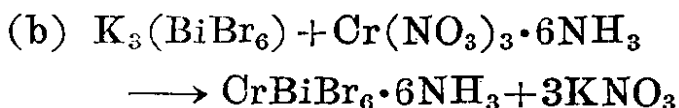
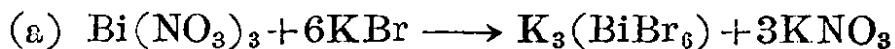
【54】 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$

三硫化二铋可被硫酸铁氧化。

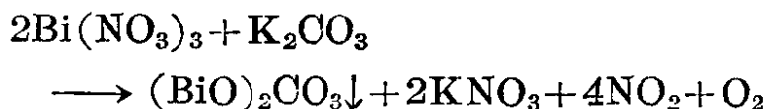


【55】 $\text{KBr} + \text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{NH}_3$

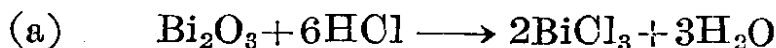
硝酸铋与溴化钾溶液反应后,形成络阴离子,后者再和六氨合硝酸铬作用,即有黄色结晶沉出,后者可水解为溴化氧铋。

**【56】 K_2CO_3**

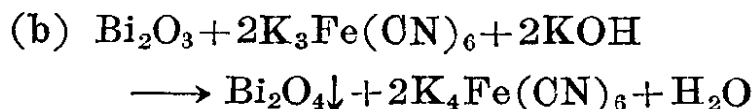
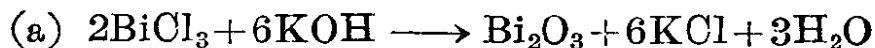
当碳酸钾加至溶解有硝酸铋的甘露糖醇的溶液中,即有碳酸氧铋形成。

**【57】 $\text{KCl} + \text{HCl}$**

当3摩三氧化二铋溶解于盐酸后,再加入2摩氯化钾,则有下列反应产物形成。

**【58】 $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6 + \text{KOH}$**

铋盐如三氯化铋与铁氰化钾的碱性溶液共加热时,即氧化为四氧化二铋。四氧化二铋可与15%硝酸加热至沸,待出现黄色为止,即达到纯化的目的。

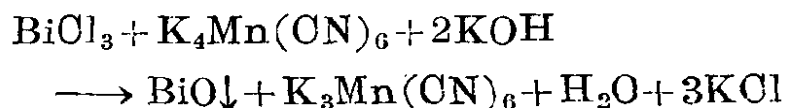
**【59】 KI**

硝酸铋与碘化钾作用时,形成黑色沉淀。用水稀释,并加热至55~80°C,即有红色沉淀形成。

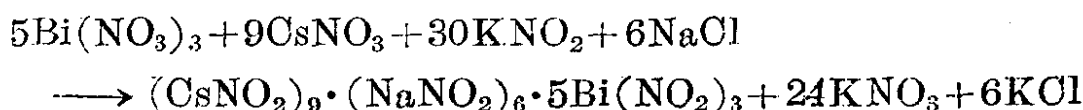


[60] $\text{K}_4\text{Mn}(\text{CN})_6 + \text{KOH}$

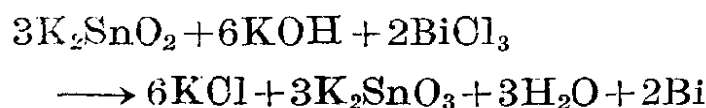
三氯化铋与六氰化锰(四)钾(在氢氧化钾参加下)作用时, 即有黑色沉淀形成。

**[61] $\text{KNO}_2 + \text{CsNO}_3 + \text{NaCl}$**

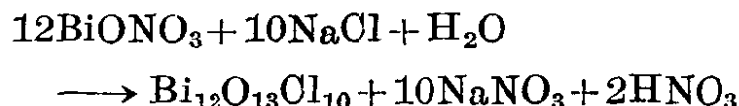
将钠盐(例如 NaCl)加至含有硝酸铯和硝酸铋的亚硝酸钾溶液中, 即有下列化合物生成。

**[62] $\text{K}_2\text{SnO}_2 + \text{KOH}$**

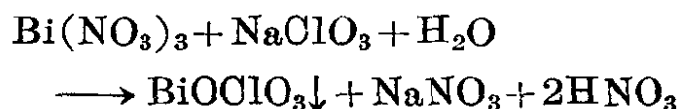
过量的亚锡酸钾的热溶液加至三氯化铋溶液中(在氢氧化钾参加下), 即有下列反应发生。

**[63] $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$**

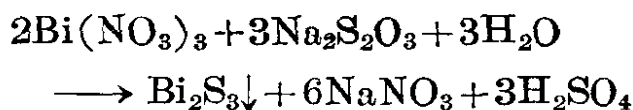
硝酸氧铋与氯化钠溶液煮沸, 形成含氧氯化铋之络合物。

**[64] NaClO_3**

硝酸铋的热的浓溶液与氯酸钠作用后, 将溶液放冷, 即有氯酸氧铋形成。

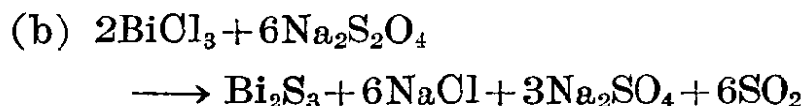
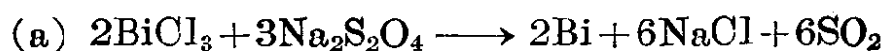
**[65] $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$**

当硫代硫酸钠加至硝酸铋溶液中时, 则有三硫化二铋沉淀出来。

**[66] $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$**

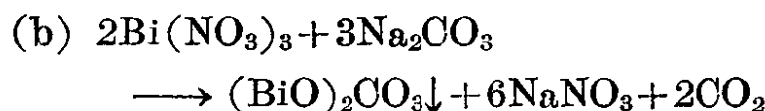
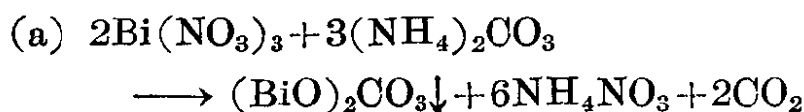
三氯化铋的弱酸性溶液与连二亚硫酸钠反应后, 生成淡红色

物质，后者又将变为黑色。这是金属铋和若干三硫化二铋的混合物。如果连二亚硫酸钠为过量时，则有三硫化二铋沉淀形成。



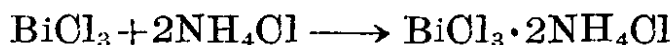
【67】 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 、 Na_2CO_3

碳酸铵或碳酸钠加至硝酸铋的甘露糖醇溶液中，即有下列反应产物形成。



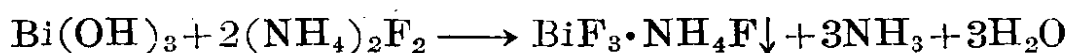
【68】 NH_4Cl

当固体氯化铵加至三氯化铋的盐酸溶液中(在 -10°C 时，用氯气饱和)，即形成由氯化铵与三氯化铋组成的无色复合物结晶。



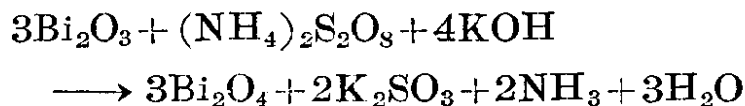
【69】 $(\text{NH}_4)_2\text{F}_2$

氢氧化铋溶解于氟化铵的沸溶液中后，放置 24 小时，即有无色结晶形成。



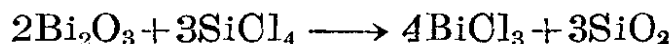
【70】 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 、 KOH 、 NaOH

当三氧化二铋悬浮在氢氧化钾(或钠)溶液中的沸混悬液与过二硫酸钾反应时，即被氧化为四氧化二铋(棕色)。



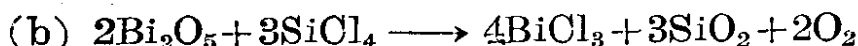
【71】 SiCl_4

(1) 三氧化二铋与四氯化硅在封闭的管中加热至 $370 \sim 380^\circ\text{C}$ 时，即有下列反应产物形成。



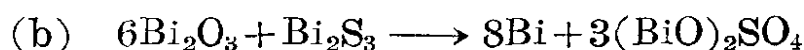
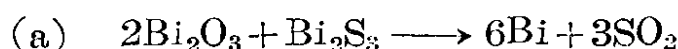
(2) 五氧化二铋与四氯化硅在封闭的管中加热至 $370 \sim$

380°C 时,即有下列反应产物形成。



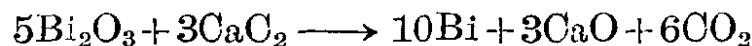
【72】 Bi_2S_3

在二氧化碳气流中,三氧化二铋和三硫化二铋经加热后,前者即被后者还原为金属铋和二氧化硫,且铋的产率是 90%(a),同时还有一定的碱式硫酸铋生成(b)。



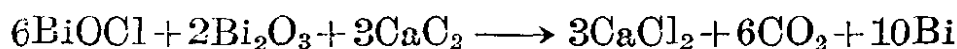
【73】 CaC_2

三氧化二铋与碳化钙共加热后,前者即被还原成金属铋。



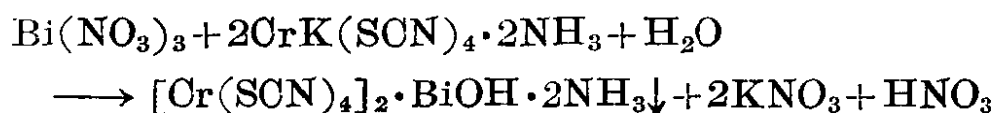
【74】 $\text{CaC}_2 + \text{Bi}_2\text{O}_3$

当氯化氧铋与碳化钙、三氧化二铋共加热后,即有金属铋生成。



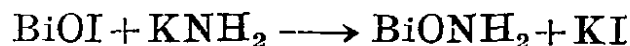
【75】 $\text{CrK}(\text{SCN})_4 \cdot 2\text{NH}_3$

硝酸铋与二氨合硫氰酸钾铬反应后,即生成黄色沉淀。

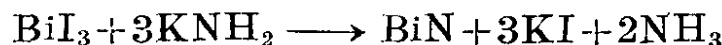


【76】 KNH_2

(1) 在室温(或近室温)时,碘化氧铋与氨基(化)钾在液氨中反应时,生成黑红色固体氨基(化)氧铋(BiONH_2)。



(2) 将三碘化铋溶解于液氨,继再加入氨基(化)钾,结果有氮化铋、碘化钾和氨生成。三溴化铋亦可发生类似反应。



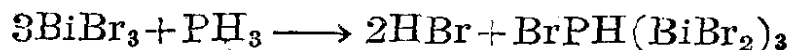
【77】 NH_3

在曲颈甑中微热的三氯化铋与干燥氨气反应后,即形成下列氨合物。



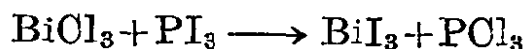
【78】 PH_3

三氯化铋与磷化氢反应后, 即形成溴化氢和含有溴化铋的复合物。



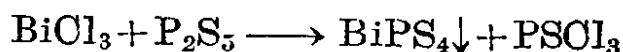
【79】 PI_3

三氯化铋与三碘化磷的反应, 常按下式进行。



【80】 P_2S_5

将三氯化铋与五硫化二磷的混合物加热后, 即有黑色的全硫磷酸铋形成。



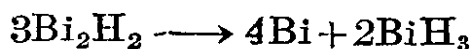
【81】 SOCl_2

三氧化二铋与亚硫酸(二)氯在封闭管中于 $150\sim 200^\circ\text{C}$ 加热时, 即有三氯化铋形成。

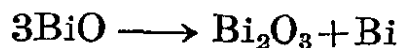


【82】 加热

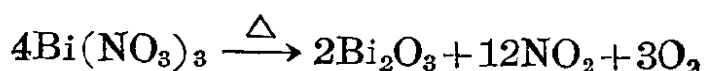
(1) 真空加热二氢化二铋, 即形成金属铋和三氢化铋。



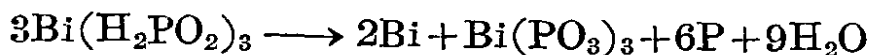
(2) 在二氧化碳气流下加热一氧化铋, 即有三氧化二铋和金属铋形成。



(3) 硝酸铋经加热后, 即转化成三氧化二铋。



(4) 次磷酸铋在高于 100°C 下加热, 即发生下列反应。

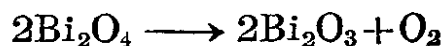


(5) 碘硫化铋经微热后, 即甚易分解, 并有三碘化铋生成, 同

时留下黑色残渣三硫化二铋。

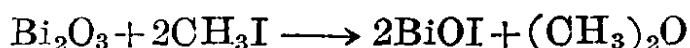


(6) 四氧化二铋(无水或一水合物)在 160°C 加热时, 即分解而释出氧, 同时有三氧化二铋形成。



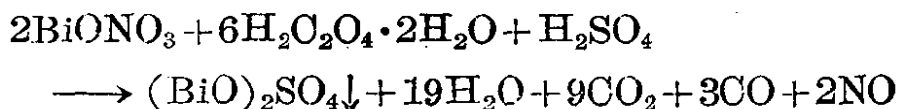
【83】 CH_3I

碘甲烷与三氧化二铋在 260°C 蒸馏时, 即有碘化氧铋生成。



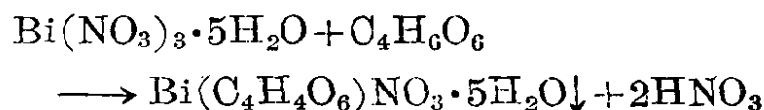
【84】 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$

将硝酸氧铋、草酸和硫酸的混合物加热至 $90\sim 95^\circ\text{C}$ 时, 即有硫酸氧铋形成。



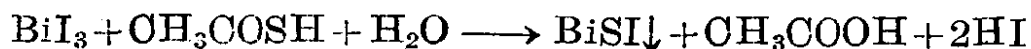
【85】 $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6$

当五水合硝酸铋与酒石酸溶液反应后, 即形成五水合硝酸酒石酸铋的三棱形结晶。



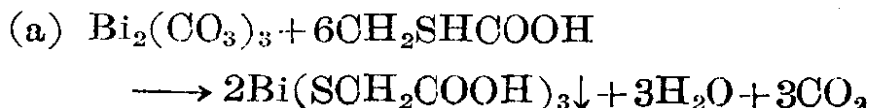
【86】 $\text{CH}_3\text{COSH} + \text{H}_2\text{O}$

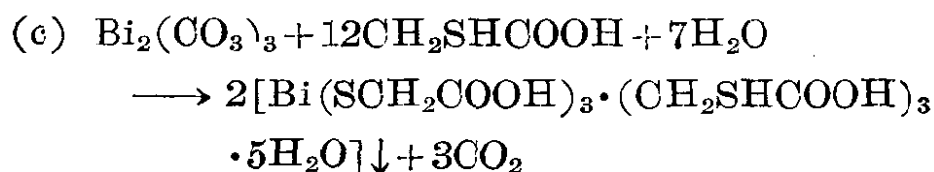
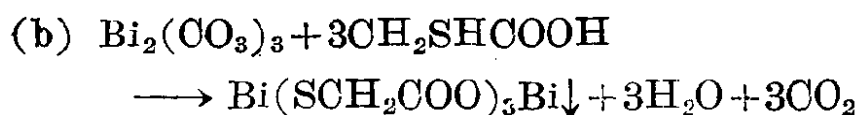
滴加硫代乙酸于三碘化铋上, 同时连续地冷却它, 即有黄色沉淀形成。该沉淀可用冷的乙醇进行洗涤。



【87】 CH_2SHCOOH

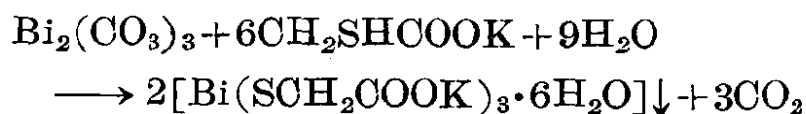
碳酸铋在小心加热下, 溶解于巯基乙酸中, 再经不同的温度处理, 可得不同产物。当上述溶液经冷却并加入乙醇, 即有深黄色结晶铋(三)硫基乙酸生成(a), 如溶液经沸腾后, 即有 $\text{Bi}(\text{SCH}_2\text{COO})_3\text{Bi}$ 沉淀形成(b), 若在中等温度反应, 则生成黄色针状结晶的铋盐复合物(c)。





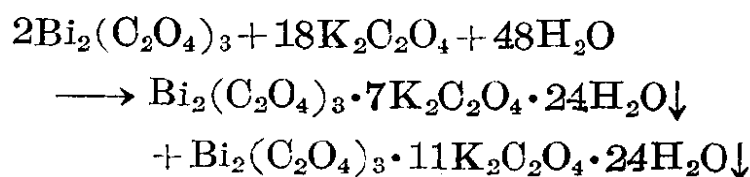
【88】 CH_2SHCOOK

以碳酸铋饱和巯基乙酸钾溶液后, 即形成深黄色的含铋复合物结晶。



【89】 $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$

当草酸铋溶解于浓而热的草酸钾溶液后, 即生成草酸铋钾, 待冷却后, 由后者母液中析出。



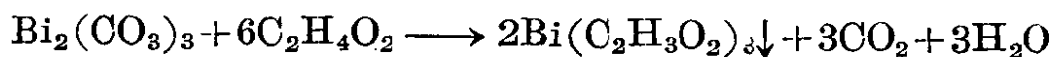
【90】 $\text{CH}_2\text{SHCOONa}$

以氢氧化铋饱和的巯基乙酸钠溶液, 经蒸发后, 即有黄色针状结晶形成。



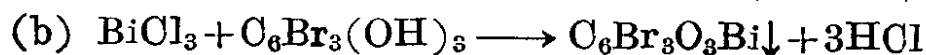
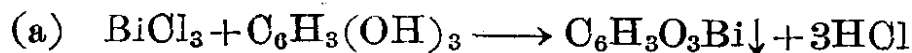
【91】 $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$

将4摩甘露糖醇加至2摩碳酸铋中, 再与300克冰乙酸一起沸腾并回流2小时, 即有白色乙酸铋沉淀形成。

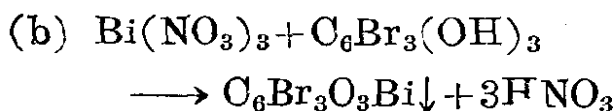
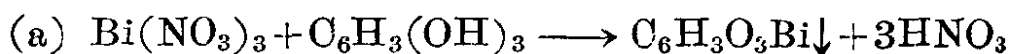


【92】 $\text{C}_6\text{H}_3(\text{OH})_3$ 、 $\text{C}_6\text{Br}_3(\text{OH})_3$

(1) 三氯化铋溶液与1, 2, 3-苯三酚反应, 即形成黄色沉淀(a), 三溴1, 2, 3-苯三酚亦可发生相似反应(b)。

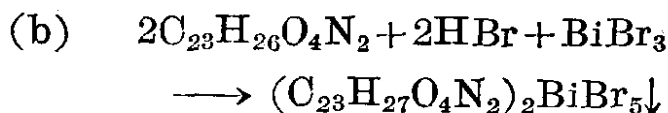
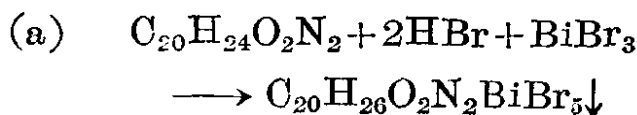


(2) 硝酸铋在硝酸存在下, 与苯三酚反应后, 即形成特有的黄色结晶(a), 三溴苯三酚亦可发生相似反应(b)。



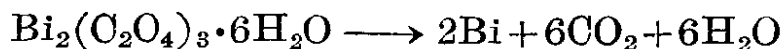
【93】 $\text{C}_{20}\text{H}_{24}\text{O}_2\text{N}_2$ (奎宁) + HBr

将三溴化铋的稀酸溶液加至含有过量溴化钾的奎宁稀酸溶液中, 即产生奎宁复合物沉淀(a), 它于 $210\sim 230^\circ\text{C}$ 熔化。同样与番木鳖碱反应, 能形成相似的复合物(b), 它的熔点为 273°C 。

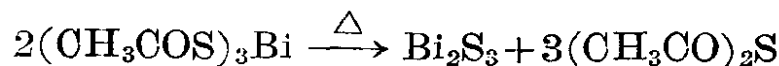


【94】 加热

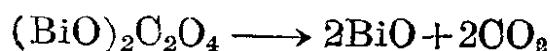
(1) 水合草酸铋在密闭坩埚中加热后, 即有铋被分解出来。



(2) 硫代乙酸铋经加热分解后, 即生成三硫化二铋和乙酰硫。



(3) 草酸氧铋经加热后, 即生成一氧化铋。



锡 Sn

锡在自然界中很少以单质存在, 而常常呈氧化物锡石 SnO_2 的状态存在。

游离状态的锡是银白色柔软之金属, 密度为 7.28 克/厘米^3 , 在 231.9°C 熔化, 具有很显著的晶体构造。

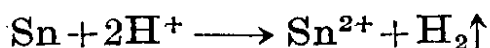
锡除了常见的正方晶系之白锡外, 还有锡的变体, 它是灰色晶状粉末, 密度 5.75 克/厘米^3 。通常一般的锡在 13.2°C 以上时才

稳定; 低于这个温度时, 就可能转变为灰锡。温度愈低变化愈快; 当加热时灰锡又重新转变为白锡。

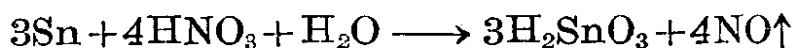
假使将锡加热到 161°C 以上, 则它变为第三种(斜方晶系)变体。这种状态的锡很脆, 容易捣碎成粉末。

常温下, 锡在空气中不被氧化, 但在熔化状态时就渐渐变为二氧化锡。水不同锡发生作用。由于锡与氢的标准电位差很小, 故稀酸与锡作用很慢。

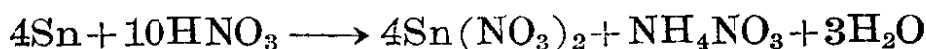
锡易溶解于热的浓盐酸中, 并有氢气放出:



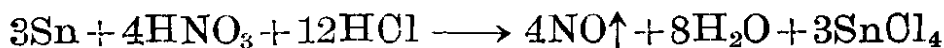
倘有铂存在于溶液中, 则反应非常迅速, 且可在低温下进行。稀盐酸亦可溶解锡但作用很慢。浓硝酸(密度 $1.2\sim 1.3$ 克/厘米³)并不溶解锡, 但能氧化它为白色粉末状之锡酸。



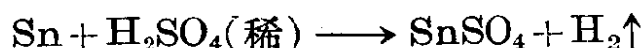
冷的稀硝酸对锡溶解很慢, 且无任何气体发生, 而形成硝酸铵和硝酸亚锡。



王水可溶解锡, 而形成氯化锡。

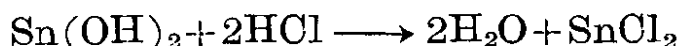


稀硫酸溶解锡很慢, 但在热而浓的硫酸中溶解很快, 形成硫酸锡, 并放出二氧化硫。



锡有二种氧化物: 一氧化锡(SnO)和二氧化锡(SnO_2)。

SnO 系黑色物质, 易氧化成白色的 SnO_2 ; 不溶于水。 SnO 主要是碱性氧化物; 它的对应氢氧化物 $\text{Sn}(\text{OH})_2$ 具有两性, 例如与酸作用时可生成盐, 其中 Sn 是两价阳离子:



与碱作用时生成亚锡酸盐:

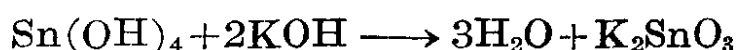
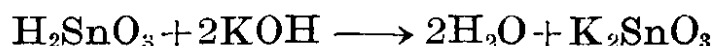


SnO_2 系白色物质, 不溶于水及酸中。它的对应氢氧化物有二

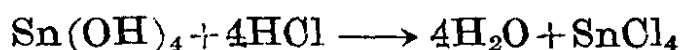
种: $\text{Sn}(\text{OH})_4$ 即正锡酸, 和 H_2SnO_3 [或 $\text{SnO}(\text{OH})_2$] 即锡酸。前一种氢氧化物易失掉一部分水而变为后一种:



虽然这二种氢氧化物都有既可与酸起反应、又可与碱起反应的能力, 但 $\text{Sn}(\text{OH})_4$ 主要呈碱性, H_2SnO_3 主要呈酸性。由下面事实看出, 当它们与碱作用时, 都生成锡酸盐:

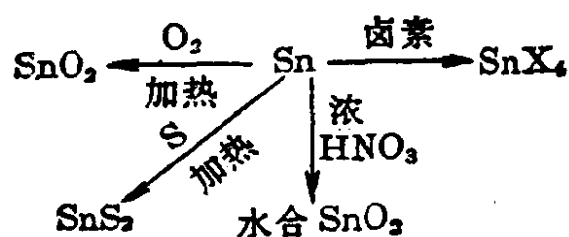


当它们与酸作用时, 则得到对应于正氢氧化物的锡的盐; 但这些盐非常不稳定, 而且甚至不加热也容易再被水分解成酸和锡的氢氧化物。最稳定的是 SnCl_4 :



除上述溶于酸及碱的锡酸, 即所谓 α -锡酸外, 还存在另一些锡酸, 它们是前者的聚合物。锡酸的聚合物就是这些聚合酸中的一种, 其成分为 $[\text{H}_2\text{SnO}_3]_5$ 或 $[(\text{SnO})_5(\text{OH})_{10}]$, 即所谓 β -锡酸。无论是 α -和 β -锡酸本身的性质, 以及它们的化合物的性质都是彼此不同的。

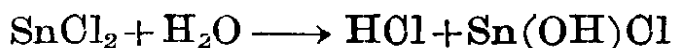
锡的主要化学反应提要:



亚锡化合物

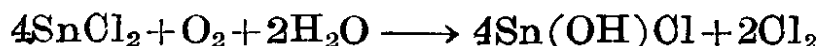
几乎所有亚锡化合物均为无色; 其氧化物为黑色, 而硫化物则为黑棕色。

亚锡盐中最重要者为氯化亚锡。它含有二分子结晶水，商业上常称为“锡盐”。“锡盐”的新鲜结晶在小量水中溶解成清浄的溶液；如果加入多量的水，则溶液变为混浊，这是由于形成碱式盐之故。

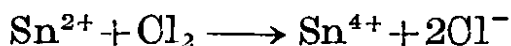


后者易溶于盐酸。

清浄的“锡盐”浓溶液放置于空气中亦将变为混浊，这是由于生成了相同的碱式盐。



反应中所生成的氯并不游离析出，而仍与若干亚锡离子相作用形成锡离子。



假定氯化锡与金属锡处理时，金属锡即进入溶液，而氯化锡则被还原为氯化亚锡。



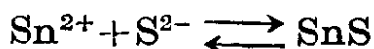
通常如果要使氯化亚锡溶液呈亚锡状态时，必须加入盐酸，防止生成碱式盐，同时还须加入金属锡，以便溶液保持还原状态。

这样的溶液由于锡的徐徐溶解，结果往往变为更浓。为了使氯化亚锡溶液保持于一定浓度，其盐酸溶液必须保持在一个大气压的二氧化碳中，而不与空气相接触，这样可以不要再加入金属锡。

亚锡离子的反应

【1】 硫化氢

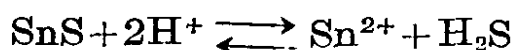
硫化氢与亚锡盐的盐酸(0.3 摩/升)溶液反应，生成一硫化锡的棕色絮凝状沉淀。



这个沉淀不溶解于碱金属和铵的氢氧化物和硫化物，这表示一硫化锡至多具有很弱的酸性性质。因而从这一点来说，如将锡

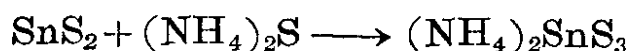
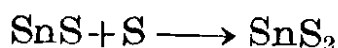
从周期表第四族转移至第二族乃属非常合理。目前在第四族中之地位是仅根据它在较高价的性质而定位，而在第二族中乃根据它的二价化合物的性质而定位。假定亚锡的锡被认为是周期表第二族中之一员，则它的化合物将不会很酸；且与锌之性质稍有相同之处。锌具有酸性，这种酸性足以使锌的氢氧化物溶解于碱金属的氢氧化物，但它的硫化物则不溶于碱金属的氢氧化物和硫化物中。通常处理一个元素（具有几种原子价）的位置时，常把它从其周期表的正常位置，移至其常见化合物所具有原子价数的那一族，这样它在那个族里与其他元素作一般比较时，将会发现它们的离子性质都是十分相似的。

一硫化锡甚易溶于中等浓度的盐酸（与硫化亚砷、硫化汞不同）。



SnS 较铋的硫化物易溶解。

SnS 甚易溶解于碱金属和铵的多硫化物，即通过亚锡氧化为锡（ Sn^{4+} ）的状态而溶解。

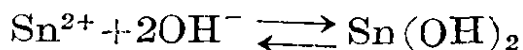


硫代锡酸根离子甚易被酸类所分解：

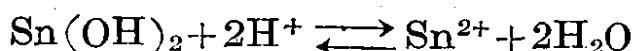


【2】 碱金属的氢氧化物

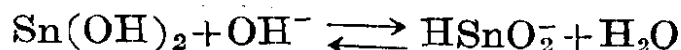
碱金属的氢氧化物与亚锡盐溶液作用时，生成氢氧化亚锡的白色胶性沉淀。



此沉淀甚易溶解于盐酸：



氢氧化亚锡亦甚易溶解于碱金属的氢氧化物，而形成亚锡酸盐。

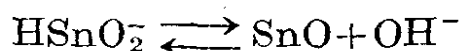


这二个反应乃基于氢氧化亚锡的两性电离所致：



氢氧化亚锡之酸性性质是相当弱的，因而它作为一个酸所产生的第二次电离将是相当困难的。

亚锡酸盐的稀溶液能徐徐分解，但在加热时则分解更快，且有黑色氧化亚锡析出。

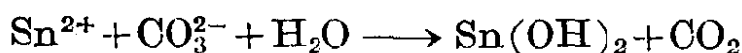
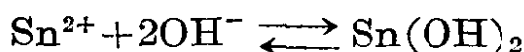


在很浓的亚锡酸盐溶液中，亚锡酸盐本身将产生自动氧化和还原作用，致有金属锡析出。



【3】 氢氧化铵或碳酸铵

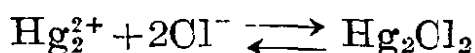
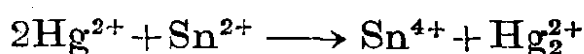
氢氧化铵或碳酸铵在亚锡盐的溶液中，生成氢氧化亚锡白色胶性沉淀，后者并不是绝对不溶于过量之试剂：



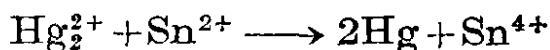
倘有大量的酒石酸(大于在铈的情况下所需要之量)存在，可防止沉淀发生。

【4】 氯化汞

氯化汞与亚锡盐溶液作用时，首先生成氯化亚汞白色结晶性沉淀。



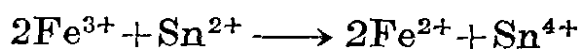
当有过量的亚锡离子存在时，则氯化亚汞被还原成灰色金属汞：



这二个反应对亚锡离子的试验极为满意。

【5】 氯化铁

氯化铁在酸性溶液中被亚锡离子还原，且黄色溶液变为无色。



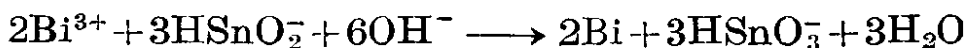
【6】 磷钼酸

磷钼酸($20\text{MoO}_3 \cdot 2\text{H}_3\text{PO}_4 \cdot 48\text{H}_2\text{O}$)加至亚锡盐之酸性溶液

中,即被还原至铋的较低价氧化物,且溶液变为蓝色。

【7】 铋盐

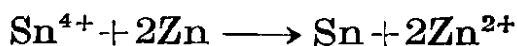
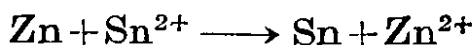
铋盐与亚锡酸盐的碱性溶液作用,生成黑色金属铋沉淀。其亚锡酸根离子被氧化至锡酸根离子。



亚锡酸根离子与亚锡离子比较,前者是一个较强的还原剂,亚锡离子在酸性溶液中不能还原铋离子至金属铋。

【8】 锌金属

金属锌能还原亚锡离子和锡离子至金属锡。



这个反应有时在应用锌-铂偶(Zinc-platinum couple)沉淀锑时亦可发生。在没有锑的情况下,锡或可分离为灰色金属锡的沉淀而沉积在铂薄片上。当锌-铂偶因锌的除去而被破坏时,金属锡乃溶解于酸并放出氢气。至于当有酸存在时,锡所以能沉积在铂片上,是因为锌和铂形成了一个电偶,而铂为阴极,锌为阳极之故。这个反应就是这个盐的电解例子。亚锡离子系阳性电荷,乃被诱至阴极,而沉积为金属锡。这个反应过程的长短与金属接触的时间成比例。当电偶被破坏时,锡乃恢复其正常情况,即走向氢离子并离开铂而溶解。于是它在溶液中存在与否,乃可借氯化汞的加入而得以确定。

【9】 金

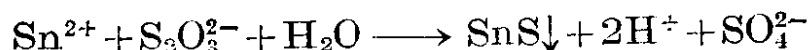
在氯化金的溶液中加入含有微量的氯化亚锡溶液,即有很细的金属金沉淀析出:



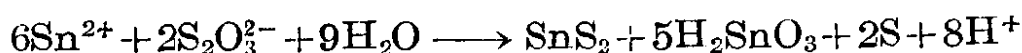
后者遇透射光呈棕色,而遇反射光呈淡蓝绿色。这个反应亦很灵敏。

【10】 硫代硫酸钠

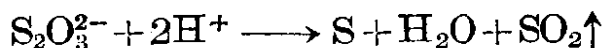
硫代硫酸钠在微酸的亚锡盐溶液中可以徐徐沉淀锡。有时沉淀主要是一硫化锡:



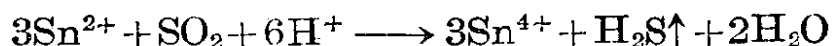
有时沉淀含有二硫化锡及锡酸:



假定溶液的酸性很强,则宜加相当量的硫代硫酸盐:

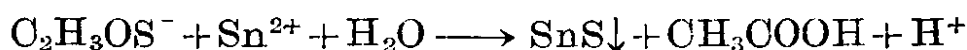


且在某种程度上, SO_2 可与 Sn^{2+} 反应:



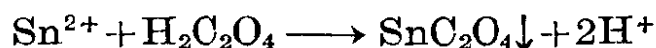
【11】 硫代乙酸铵

硫代乙酸铵遇亚锡盐于热而稀的酸性溶液中,锡将完全沉淀为硫化物:



【12】 草酸

草酸与亚锡盐的中性或弱酸性溶液作用时,生成白色颗粒状的沉淀:



氯化铵能阻止这个反应。在一个亚锡盐的溶液中含有氯化铵和相当量之草酸时,倘遇硫化氢则亦并不发生反应。

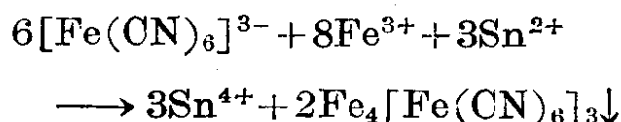
【13】 过氧化氢

过氧化氢加入亚锡盐溶液(曾用碱金属的氢氧化物使之近乎中性)后,在加热时即有白色氢氧化锡沉淀生成。



【14】 铁氰化钾和氯化铁

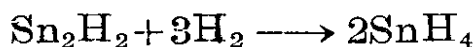
铁氰化钾(氰铁酸钾)和氯化铁加至亚锡盐的酸性溶液中,即有普鲁士蓝沉淀形成。



这个反应很灵敏,但除氯化亚锡(或其他亚锡盐)外,许多还原剂亦能发生同样的反应。氰铁酸根离子在此处被还原为氰亚铁酸根离子,后者与铁离子呈蓝色反应。

[15] H₂

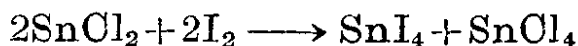
二氯化二锡若在纯氢的气氛中加热，即形成四氢化锡气体。

**[16] I₂**

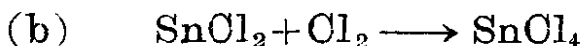
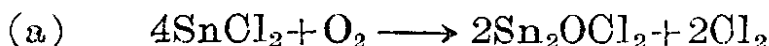
(1) 将一硫化锡与过量的碘溶液(在浓盐酸中)作用，并予加热至几乎达沸腾，则有碘化锡形成。



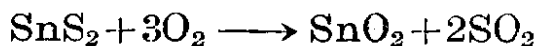
(2) 氯化亚锡溶液和过量的碘反应后，再将溶液浓缩，即生成碘化锡结晶。

**[17] O₂**

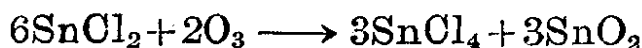
(1) 空气中的氧可使氯化亚锡氧化，生成二氯一氧化二锡和氯化锡。



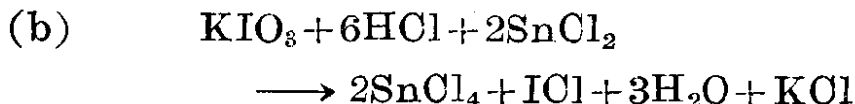
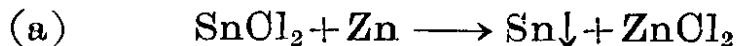
(2) 二硫化锡在空气中焙烧后，即转化为二氧化锡。

**[18] O₃**

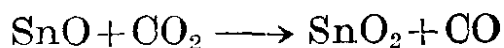
臭氧可将氯化亚锡氧化成氯化锡和二氧化锡。

**[19] Zn**

W. B. D. Penniman 的锡的容量法就是用盐酸提取锡，生成氯化亚锡，再以锌使该溶液中的锡沉淀下来。然后在这混合金属残渣的盐酸溶液(隔绝空气)中，用标准碘酸钾溶液滴定之。

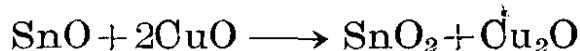
**[20] CO₂**

一氧化锡和二氧化碳在高温下反应时，即有二氧化锡和一氧化碳生成。



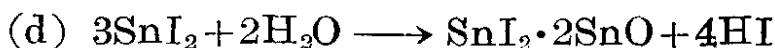
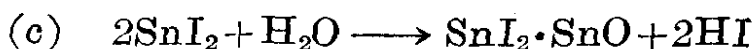
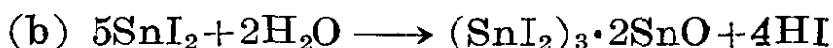
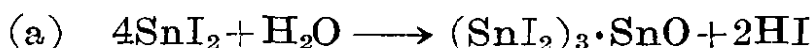
【21】 CuO

一氧化锡与氧化铜作用后可转化为二氧化锡。



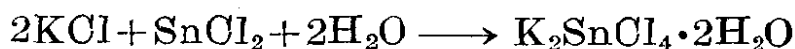
【22】 H₂O

水与碘化亚锡作用后, 即有碘化亚锡和一氧化锡的化合物形成。这个反应当有碘化钾存在时, 则将更易进行。



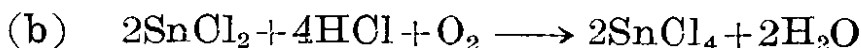
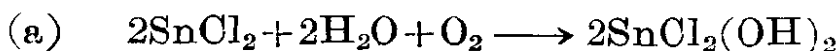
【23】 H₂O + KCl

当氯化钾溶液与氯化亚锡溶液混合后(在这里, 氯化钾的用量可以过量, 或二者反应物各用等量), 经放置一个长时间, 即有氯亚锡酸钾形成。



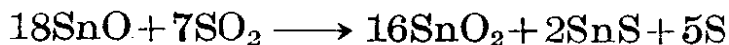
【24】 H₂O + O₂

在氧的参加下, 氯化亚锡在中性或碱性溶液中将水解为碱式氯化锡。在酸性溶液中, 则有氯化锡形成。



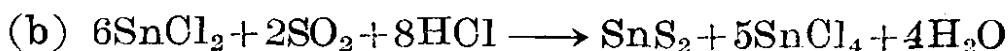
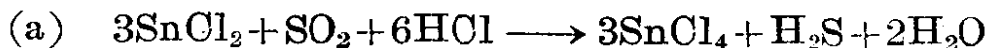
【25】 SO₂

一氧化锡在二氧化硫气氛中加热时, 发生如下反应。



【26】 SO₂ + HCl

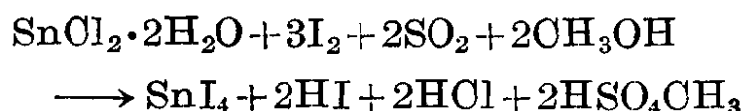
氯化亚锡和二氧化硫的氧化反应, 必须在盐酸的参加下进行。



【27】 SO₂ + I₂ + CH₃OH

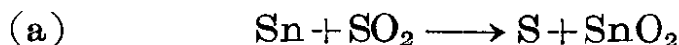
氯化亚锡可被费歇尔(Karl Fischer)试剂的甲醇溶液氧化为

四价锡的化合物。



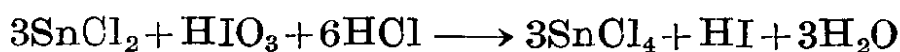
【28】 $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

金属锡与二氧化硫反应后,生成硫和硫化氢,还有二氧化锡。



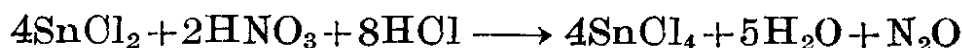
【29】 $\text{HCl} + \text{HIO}_3$

氯化亚锡的盐酸溶液可被碘酸氧化,发生下列反应。



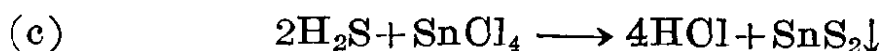
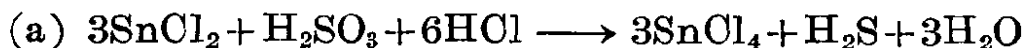
【30】 $\text{HCl} + \text{HNO}_3$

氯化亚锡、盐酸和硝酸的混合物共加热至沸时,即有下列反应发生。



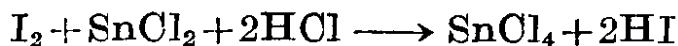
【31】 $\text{HCl} + \text{H}_2\text{SO}_3$

在过量盐酸的参加下,氯化亚锡可被亚硫酸氧化,并有少量游离硫和二硫化锡形成。



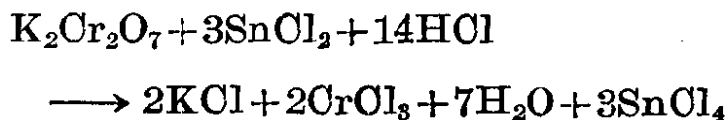
【32】 $\text{HCl} + \text{I}_2$

氯化亚锡与碘在盐酸参加下作用时,即有氯化锡和碘化氢形成。



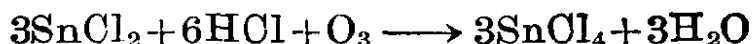
【33】 $\text{HCl} + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

在盐酸参加下,氯化亚锡可被重铬酸钾氧化,生成下列的反应产物。

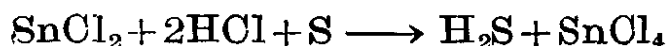


[34] $\text{HCl} + \text{O}_3$

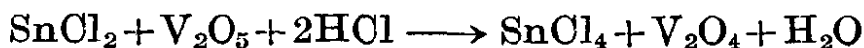
在盐酸参加下, 氯化亚锡可被臭氧氧化, 其反应如下。

**[35] $\text{HCl} + \text{S}$**

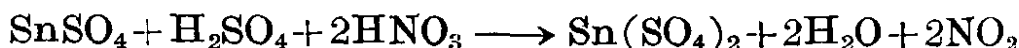
当硫黄华与氯化亚锡在过量的盐酸参加下共加热时, 则有硫化氢释出, 而锡则转变为氯化锡。

**[36] $\text{HCl} + \text{V}_2\text{O}_5$**

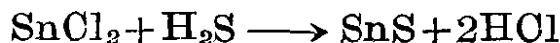
在酸性溶液中(盐酸或硫酸)氯化亚锡能定量地还原五氧化二钒。这个反应最好在常温下进行。

**[37] $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$**

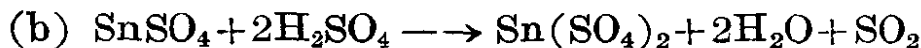
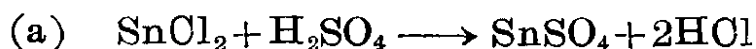
当有硫酸存在时, 硝酸可被硫酸亚锡还原。

**[38] H_2S**

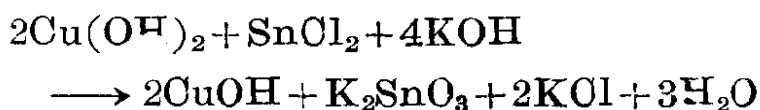
在氯化亚锡溶液中, 通入硫化氢后, 即形成一硫化锡和盐酸。

**[39] H_2SO_4**

含水氯化亚锡的固体和浓硫酸于 $75 \sim 90^\circ\text{C}$ 共加热时, 形成硫酸亚锡并释放出氯化氢; 若在 $130 \sim 200^\circ\text{C}$ 之间共加热, 则生成硫酸锡和二氧化硫。

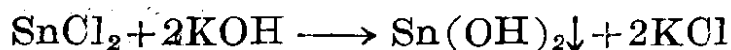
**[40] $\text{Cu}(\text{OH})_2 + \text{KOH}$**

氢氧化铜可被氯化亚锡的冷而稀的溶液(在氢氧化钾溶液中)还原。其反应如下。

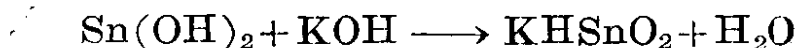
**[41] KOH**

(1) 将氢氧化钾溶液加至氯化亚锡的温热醇溶液中, 直至沉

淀完全为止, 则有氢氧化亚锡形成。

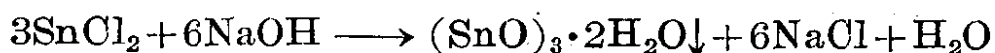


(2) 当氢氧化亚锡溶解于氢氧化钾溶液中后, 即有亚锡酸氢钾形成(不是亚锡酸钾)。



【42】 NaOH

(1) 当氯化亚锡溶液与计算量的氢氧化钠作用时, 即有淡黄色胶凝状沉淀形成。经过滤后, 迅速地在真空干燥器中干燥, 则该沉淀物的组成为 $(\text{SnO})_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 。

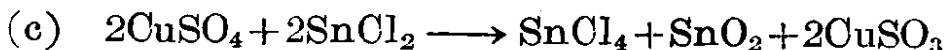
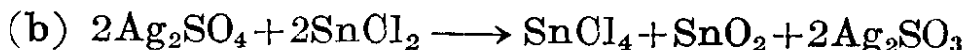
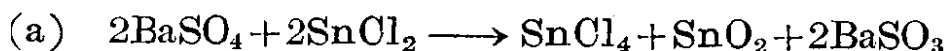


(2) 当氢氧化钠加至硫酸亚锡溶液中(在 100°C), 则可能有碱式硫酸亚锡沉淀形成。



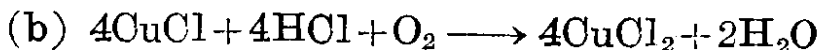
【43】 BaSO₄、Ag₂SO₄、CuSO₄

钡、银和铜的硫酸盐在氮气的气氛中可被无水氯化亚锡还原至相应的亚硫酸盐。



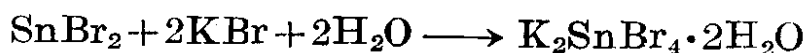
【44】 CuCl₂、HCl、O₂

在酸性溶液中, 氯化亚锡与铜盐相遇时, 发生自动氧化作用, 并形成很美丽的铜盐结晶。



【45】 KBr + H₂O

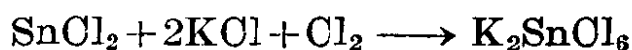
将溴化钾与溴化亚锡按比例混和, 其中溴化钾大大过量时, 即生成溴亚锡酸钾。



【46】 KCl + Cl₂

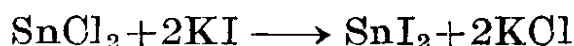
将氯化亚锡加至氯化钾的浓溶液中, 并以氯气通入该溶液, 即

有氯锡酸钾形成。



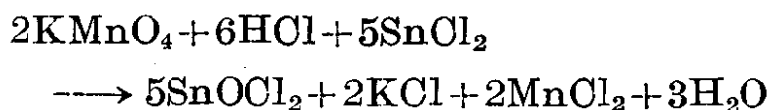
[47] KI

氯化亚锡和碘化钾反应, 形成碘化亚锡和氯化钾。



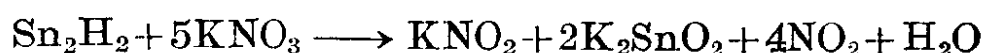
[48] KMnO₄

氯化亚锡溶液可被高锰酸盐的酸性溶液氧化, 其反应后的生成物为碱式氯化锡。



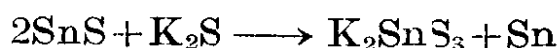
[49] KNO₃

二氢化二锡与熔融的硝酸钾剧烈反应时, 即生成亚硝酸钾、亚锡酸钾和二氧化氮。



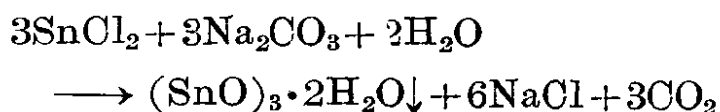
[50] K₂S

一硫化锡可溶解于硫化钾的溶液, 生成下列反应产物。



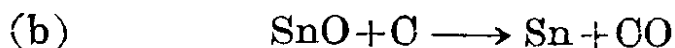
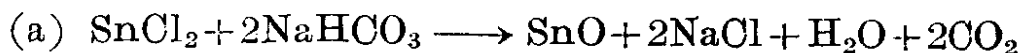
[51] Na₂CO₃

当氯化亚锡的溶液与碳酸钠作用时, 即有沉淀形成。当沉淀在干燥器中干燥至恒重时, 然后分析其组份, 乃为 $(\text{SnO})_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 。



[52] NaHCO₃、C

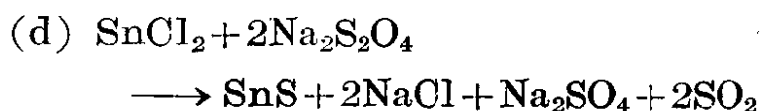
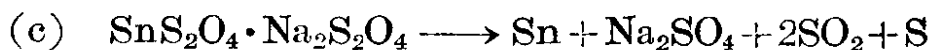
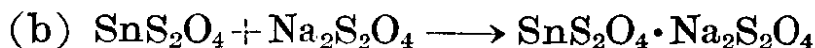
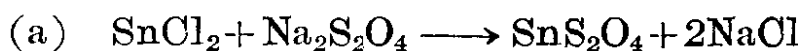
氯化亚锡与碳酸氢钠作用后, 即形成一氧化锡、氯化钠、水及二氧化碳。一氧化锡如再与碳加热, 则有纯的金属锡形成。



[53] Na₂S₂O₄

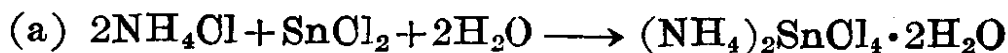
当 10% 连二亚硫酸钠溶液加至氯化亚锡溶液中时, 即有白色连二亚硫酸亚锡沉淀形成。过量的连二亚硫酸钠能溶解上述生成

的沉淀,形成一个复合物,后者又即分解为锡和硫。稀的氯化亚锡溶液与连二亚硫酸钠作用时,即有一硫化锡沉淀形成。



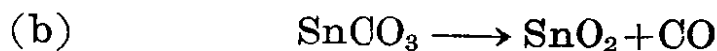
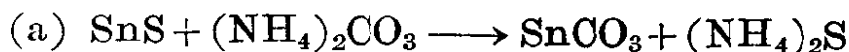
【54】 $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{H}_2\text{O}$

当氯化铵溶液与氯化亚锡溶液混合(每种盐都以相当量的比例参加反应)时,即有氯亚锡酸铵形成。溴化亚锡与溴化铵的溶液亦有相似的反应发生。



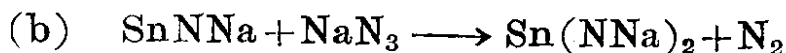
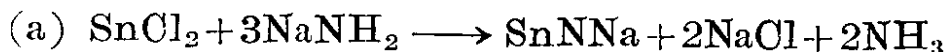
【55】 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$

一硫化锡与碳酸铵加热后,即有二氧化锡形成,其他还有一氧化碳。



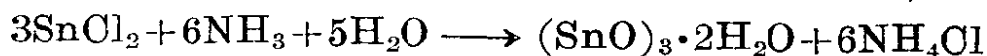
【56】 NaNH_2

在氨气氛下,将氯化亚锡溶解于过量熔融态氨基(化)钠中,即形成黄色熔融物(a),然后徐徐加入叠氮化钠,直至颜色消失。将冷块溶解于稀盐酸中,这时的锡是处于高价态(b)。



【57】 $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$

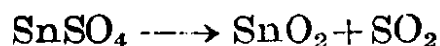
当氯化亚锡溶液与氨水作用时,即有沉淀形成。如果把它放在五氧化二磷上干燥至恒重,然后分析其组分乃为 $(\text{SnO})_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 。



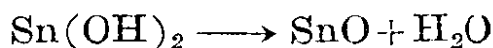
【58】 加热

(1) 固体硫酸亚锡当加热至暗红炽热时,即行分解并有二氧

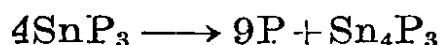
化硫释出。



(2) 当氢氧化亚锡的水混悬液予以煮沸时, 即有黑色结晶粉末一氧化锡形成。



(3) 在 415°C 时, 三磷化锡开始热分解。形成磷和三磷化四锡。



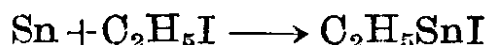
【59】 分解

氯碘化亚锡遇水即分解为碘化亚锡结晶和氯化亚锡溶液。



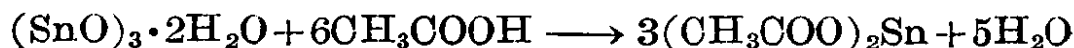
【60】 $\text{C}_2\text{H}_5\text{I}$

锡和碘乙烷反应, 可形成碘化乙基亚锡。



【61】 CH_3COOH

当一氧化锡的含水化合物与稀的乙酸作用时, 即形成乙酸亚锡。



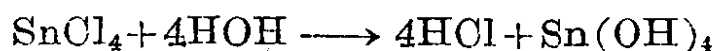
锡 化 合 物

除二硫化锡为黄色外, 其余锡化物均为无色。

简单的锡化合物均或多或少易于为水所水解, 故在水中极少能遇到它们。例如, $\text{Sn}(\text{NO}_3)_4$ 、 $\text{Sn}(\text{SO}_4)_2$ 均在冷时迅速地分解为酸和氢氧化锡。它的卤素化合物比较稳定, 它们只有在相当量的水中煮沸时, 才被分解。

氯化锡是一种无色液体, 在空气中发烟, 在 120°C 时沸腾。加入小量的水后, 即形成单斜晶形的水合物, $\text{SnCl}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{SnCl}_4 + 5\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{SnCl}_4 + 8\text{H}_2\text{O}$ 。如果加多量的水, 则上述的水合物即溶解,

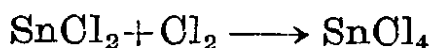
而形成清淨的溶液;但溶液当煮沸时(新鲜制取之稀溶液),则徐徐变为浑浊,这是由于形成体积膨大的氢氧化锡沉淀之故。



如果溶液很稀,则在冷时变为浑浊。这样形成的锡酸并不在冷或煮沸的溶液中定量地沉淀出来,因为有相当数量仍保留为水溶胶的形式。在热溶液中,依靠盐析作用(最好用硝酸铵)可使锡酸完全被沉淀出来。

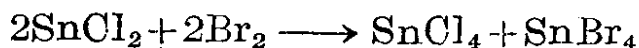
分析用的氯化锡溶液,通常可以将氯化亚锡溶液用氯化或溴化的方法而获得之。

在冷时,将氯加入氯化亚锡溶液中,即生成氯化锡:



由于在稀溶液中氯是无色,故很难知道它何时才被完全氧化,但用溴则甚易确定。

将浓溴水逐滴加入氯化亚锡溶液中,并予以经常搅动,直至氧化完全时,溶液才被溴变色。这个溶液含有氯化锡和溴化锡:

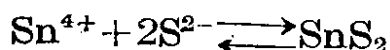


正象四氯化铂与盐酸化合成氯铂酸一样,氯化锡与盐酸作用时,亦形成氯锡酸(H_2SnCl_6),并与碱类形成易溶性的盐类。它亦是美丽的结晶,其中铵盐 $(\text{NH}_4)_2 \cdot \text{SnCl}_6$ 是人工合成的商品,常称为粉红盐(Pink salt)。上面所述的氯化锡(SnCl_4)有时被称为氯化 α -锡(α -Stannic chloride),以示与氯化 β -锡(β -Stannic chloride)区别。

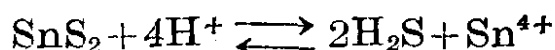
锡离子的反应

【1】 硫化氢

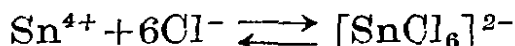
硫化氢与锡盐的盐酸(0.3摩/升)溶液反应,生成黄色絮凝状的二硫化锡沉淀:



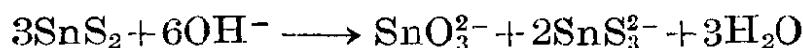
此沉淀甚易溶解于稀盐酸:



这个反应可因氯离子的帮助而继续进行, 因为锡离子同氯离子有发生作用的倾向, 其结果乃形成相对稳定的氯锡酸根络离子。



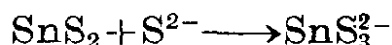
二硫化锡亦易溶解于碱金属的氢氧化物, 而形成锡酸根离子和硫代锡酸根离子的混合物:



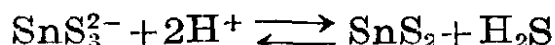
当锡酸根离子和硫代锡酸根离子的混合液被酸化后, 则二硫化锡又重新沉出:



二硫化锡亦易溶于碱金属和铵的硫化物和多硫化物中:



当这个溶液被酸化后, 则有黄色二硫化锡重新沉出:

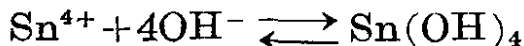


这个硫化物仅极微溶于氢氧化铵而不溶于碳酸铵, 这表示二硫化锡是极微弱的酸性物质。

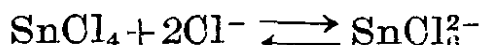
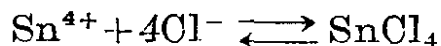
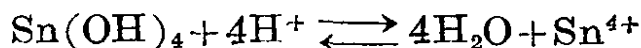
在锡盐溶液中当有草酸存在时, 由于形成稳定的 $[\text{Sn}(\text{C}_2\text{O}_4)_4 \cdot (\text{H}_2\text{O})_2]^{4-}$ 络离子, 故无二硫化锡沉淀析出; 这种情况可以用来分离锑和锡。

【2】 碱金属的氢氧化物

碱金属的氢氧化物与锡盐溶液生成氢氧化锡白色胶性沉淀:



此沉淀甚易溶解于盐酸而形成氯锡酸根离子:

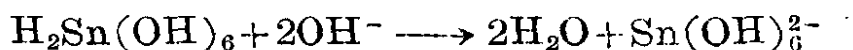


这个反应似乎是单纯的锡离子的特性。为了满足它的六个配位价, 因此它颇有同离子或分子形成络离子的趋向。

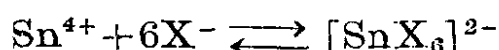
当沉淀在空气中被干燥时, 乃有 $\text{Sn}(\text{OH})_4$ 生成, 但当它与硫

酸共干燥时,则将失去一分子水,而有 H_2SnO_3 生成。

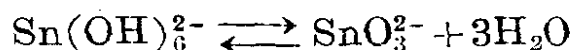
这个沉淀易溶于碱金属的氢氧化物,但徐徐溶解于氢氧化铵中。这些反应之产物似乎不是上述简单酸的盐,而是络酸 $\text{H}_2\text{Sn}(\text{OH})_6$ 的盐。



这个酸, $\text{H}_2\text{Sn}(\text{OH})_6$, 与氯锡酸 H_2SnCl_6 相似, 因而无疑地锡离子颇有形成络离子的倾向。

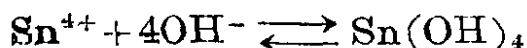


为了各种需要, 可使它成为单纯的锡酸根离子 SnO_3^{2-} , 这可能借 $\text{Sn}(\text{OH})_6^{2-}$ 脱水而形成。



【3】 氢氧化铵

氢氧化铵与锡盐溶液作用, 生成氢氧化锡的白色胶性沉淀。



这个沉淀很难溶解于过量的试剂, 这种性质如同在碱金属的氢氧化物中一样。

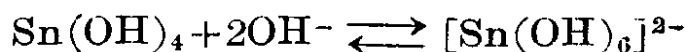
加酒石酸可防止这种沉淀的出现(与 β -锡酸不同)。

【4】 碱金属的碳酸盐

碱金属的碳酸盐与锡盐的溶液生成氢氧化锡:



这个沉淀溶解于过量的试剂而形成锡酸根离子:



【5】 氯化汞

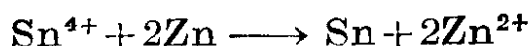
氯化汞溶液与锡盐无沉淀发生(与亚锡化合物不同)。

【6】 金属

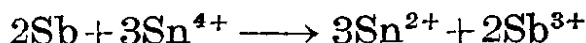
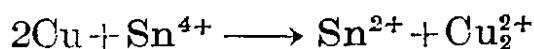
金属如铁和镁, 在盐酸溶液中可还原锡盐至亚锡盐, 但并不能把它完全还原为金属锡:



金属锌能完全还原锡离子至金属锡:



金属铜或锑在沸的锡盐溶液中, 亦有相似的结果:

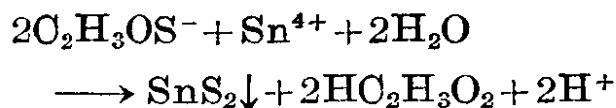


【7】 盐酸、硫酸及碱金属的硫酸盐

盐酸、硫酸及碱金属的硫酸盐与锡盐溶液并无沉淀生成。

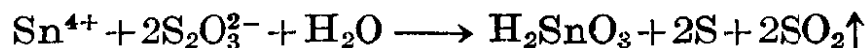
【8】 硫代乙酸铵

硫代乙酸铵与锡盐之热的酸性溶液作用, 生成硫化锡沉淀。



【9】 硫代硫酸钠

将硫代硫酸钠加至锡盐的酸性溶液中, 即有锡酸、二硫化锡和硫的混合沉淀形成。



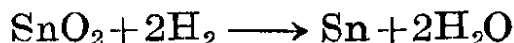
【10】 Br_2

溴化锡与溴既可在水中反应, 亦可在戊醇中反应, 其反应产物为溴锡酸的结晶(伴有八分子水)。



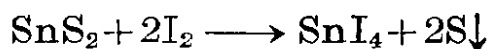
【11】 H_2

当氢通至热的二氧化锡上, 后者即被还原为纯净的金属锡。



【12】 I_2

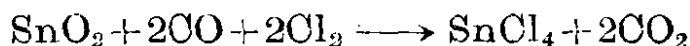
二硫化锡(在浓盐酸中)与过量的碘溶液(0.05 摩/升)处理后, 加热至近乎沸腾, 即有碘化锡形成。



【13】 $\text{CO} + \text{Cl}_2$

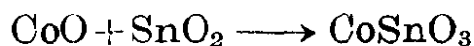
在高温时, 等体积的一氧化碳和氯共与二氧化锡作用时, 即有

氯化锡形成。亦有若干氯化亚锡形成。



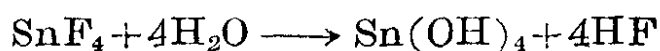
【14】 CoO

当二氧化锡与氧化钴共加热后,即形成锡酸钴。

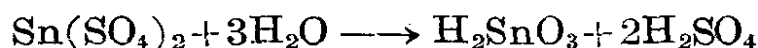


【15】 H₂O

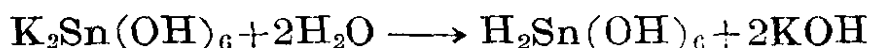
(1) 氟化锡遇水即被分解。



(2) 硫酸锡与水反应后,即有锡酸形成。

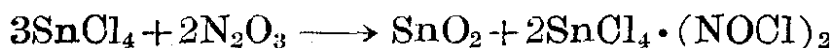


(3) 当六羟基锡酸钾水解时,即有下列反应产物形成。



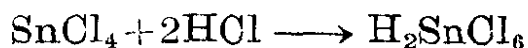
【16】 N₂O₃

氯化锡与三氧化二氮反应后的产物为(二)亚硝酰氯-氯化锡,它可能是升华的。

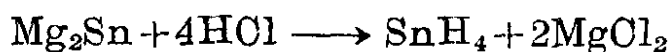


【17】 HCl

(1) 当盐酸与氯化锡溶液作用时,即有氯锡酸形成。

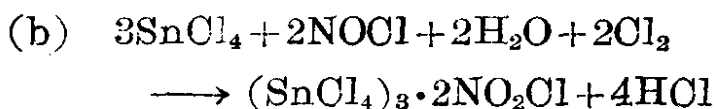
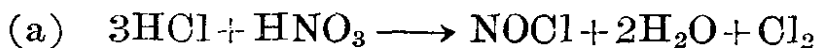


(2) 锡化二镁与盐酸(4摩/升)反应时,即生成气态四氢化锡。



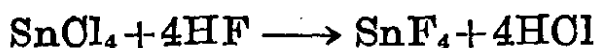
【18】 HCl + HNO₃

当干燥的王水蒸气与氯化锡作用后,即有下列复合物形成。



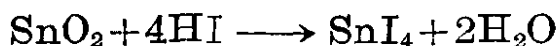
【19】 HF

无水氯化锡在铂器皿中与氢氟酸作用时(严格排除湿气),结果有氟化锡形成。



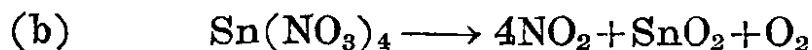
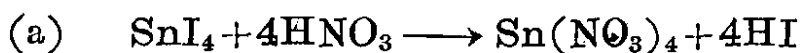
【20】 HI

二氧化锡与浓的氢碘酸共加热后, 即有碘化锡和水形成。



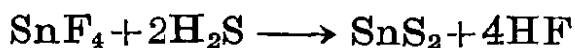
【21】 HNO₃

碘化锡与硝酸作用时, 即有二氧化氮形成; 此外亦有二氧化锡、氢碘酸和氧。

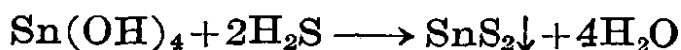


【22】 H₂S

(1) 干燥的氟化锡与液态硫化氢剧烈反应后, 即有二硫化锡形成。



(2) 硫化氢与氢氧化锡作用时, 即有二硫化锡形成。

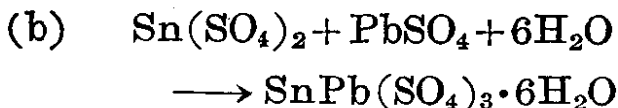
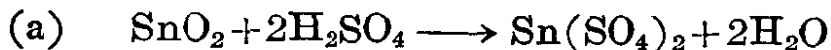


(3) 在硝酸锡溶液中通入硫化氢, 即生成二硫化锡沉淀和硝酸。



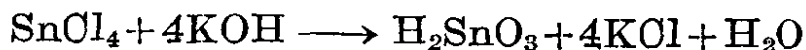
【23】 H₂SO₄、PbSO₄

将二氧化锡溶解于浓硫酸, 然后向该溶液中加入硫酸铅的硫酸溶液。将过量的酸除去后, 即有六水合结晶物形成。如与硫酸银、硫酸钙、硫酸钾及硫酸铷作用时, 亦有相同形式的反应。



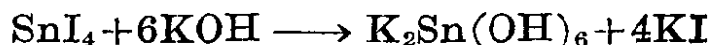
【24】 KOH

(1) 当加有碱的氯化锡溶液进行渗析时, 即有胶态 α-锡酸形成。倘将溶胶加热, 则有胶态 β-锡酸形成。

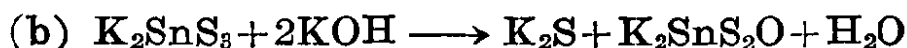
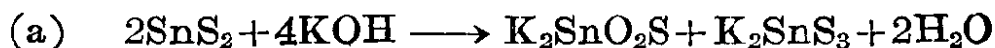


(2) 碘化锡与氢氧化钾的水溶液作用时, 即有如下反应产物

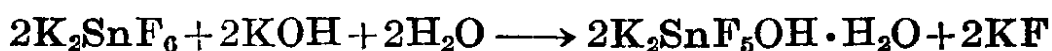
生成。



(3) 当二硫化锡溶解于过量的氢氧化钾溶液中, 即有下列反应产物形成。

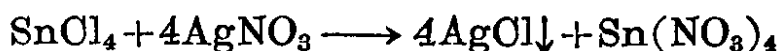


(4) 当氢氧化钾加至氟锡酸钾溶液中后, 即有薄而亮的絮片体形成。



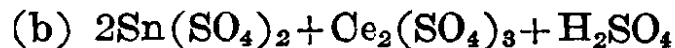
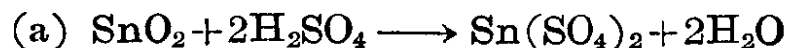
[25] AgNO_3

在以硝酸酸化过的溶液中, 氯化锡可用硝酸银溶液滴定。



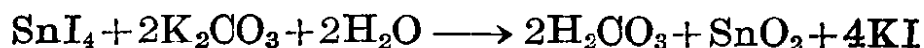
[26] $\text{Ce}_2(\text{SO}_4)_3$

二氧化锡的硫酸溶液与硫酸铈溶液加热 2 小时后, 将过量的酸除去后, 即有微晶形粉状物形成。硫酸镧、硫酸铈、硫酸钍和硫酸铀亦有相同形式的反应发生。



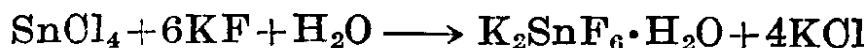
[27] K_2CO_3

碳酸钾在溶液中与碘化锡作用时, 即有碳酸、二氧化锡和碘化钾形成。



[28] KF

氯化锡与氟化钾作用时, 即有氟锡酸钾形成。



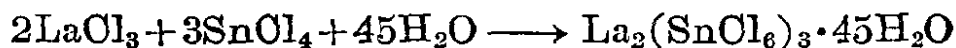
[29] KHSO_4

二氧化锡和硫酸氢钾作用时, 即有硫酸氧化锡形成。

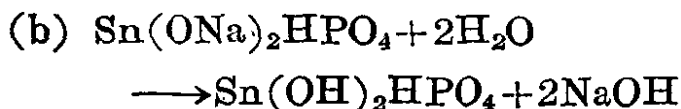
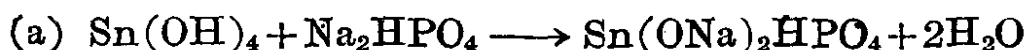


[30] LaCl_3

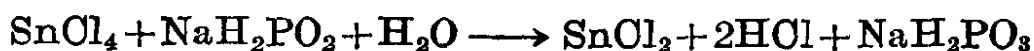
当氯化锡与三氯化镧的溶液混合后,在氢氧化钾上蒸发,即有长而扁平的潮解性无色棱晶(氯锡酸镧)形成。

**[31] Na_2HPO_4**

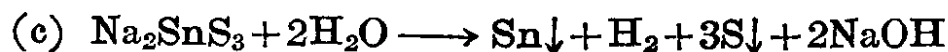
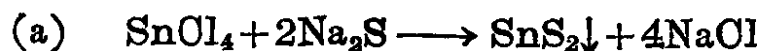
将称取有氢氧化锡的丝纤维纸,一起把它置于 80.56K 的磷酸氢二钠浴上,结果在纸上有不溶性的碱式磷酸锡形成。

**[32] NaH_2PO_2**

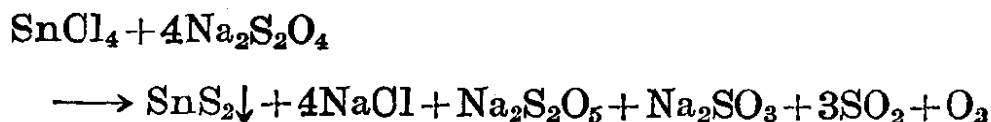
当次磷酸盐加至 1:1 的盐酸溶液中,并有少量氯化汞作为催化剂,则锡将由四价还原至二价状态。

**[33] Na_2S**

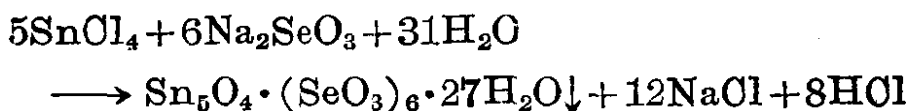
氯化锡与过量的硫化钠作用后,在氢氧化钠的参加下,于反应溶液中进行电解,将可得到纯粹的锡。

**[34] $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$**

当氯化锡的水溶液与连二亚硫酸钠作用时,即有二硫化锡形成。

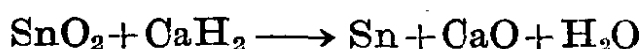
**[35] Na_2SeO_3**

当亚硒酸钠加至氯化锡溶液中,即有白色水合碱式亚硒酸锡沉淀形成。



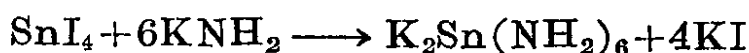
【36】 CaH_2

热的二氧化锡与等量的氢化钙加热至红热并保持 2 小时，即有金属锡生成，部分锡混合留在坩埚的底部。



【37】 KNH_2

碘化锡在液氨中与氨基(化)钾反应，即生成六氨基(化)锡二钾和碘化钾。



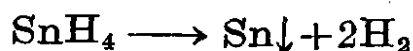
【38】 N_4S_4

将氯化锡溶解于大体积的干燥氯仿中，然后加入热的硫化氮的氯仿溶液，即形成如下式所示的加成化合物。 TiCl_4 、 SbCl_5 、 MoCl_5 和 WCl_6 亦有相似的反应。



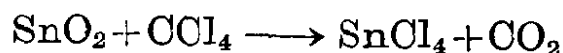
【39】 加热

四氢化锡在氢气流中加热时，即分解成锡和氢。



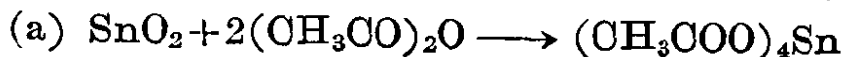
【40】 CCl_4

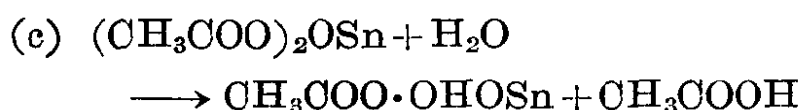
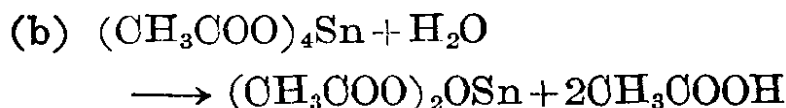
四氯化碳蒸汽通入已加热至嫩红色的二氧化锡上时，则有氯化锡和二氧化碳形成。亦有小量的氯化亚锡形成。



【41】 $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$

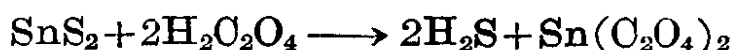
乙酸酐与二氧化锡反应，生成乙酸锡，该化合物甚易水解，第一步水解为乙酸氧化锡，然后再进一步水解为乙酸羟基氧化锡。





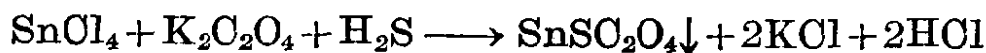
[42] $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$

当新鲜沉淀的二硫化锡与过量的草酸煮沸时, 即有硫化氢释出, 并有可溶性的草酸锡形成。



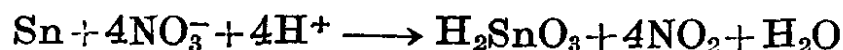
[43] $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4 + \text{H}_2\text{S}$

氯化锡在草酸根离子参加下与硫化氢作用时, 生成一个沉淀物, 其中硫与锡之比为 1:1。

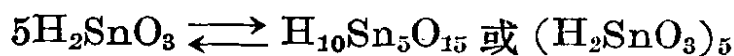


β -锡酸的反应

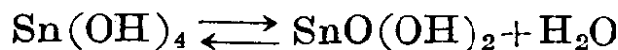
当金属锡被浓硝酸氧化时, 结果生成白色不溶解的残渣。



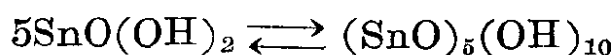
这个反应之产物具有与锡酸相同的实验式(因锡酸是由锡盐与碱金属的氢氧化物所形成之沉淀于硫酸上干燥而得), 但它的性质与锡酸颇有十分不同之处。从许多反应判断, 它是由五个锡酸分子(H_2SnO_3)聚合而成。



从脱了水的锡酸的结构式观之:

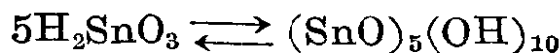


则 β -锡酸的分子式将为:



[1] 加热

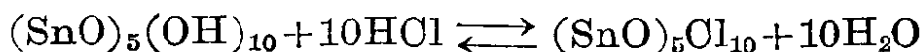
将锡酸持续加热煮沸, 可使之变为相应的 β -锡酸。



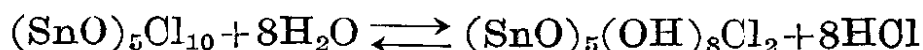
α -锡酸溶解于稀无机酸; β -锡酸则不溶。

【2】 浓盐酸

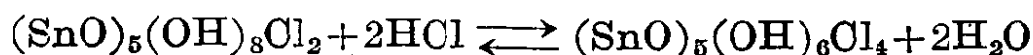
浓盐酸假定与不溶解的 β -锡酸作用一个很短的时间, 则将后者转变为 β -锡酸的氯化物, 这个生成物不溶于浓盐酸, 但通过分解而溶解于水。



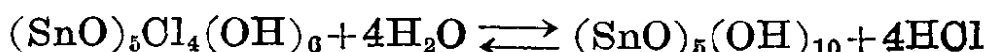
这个氯化物被水水解成为可溶性的化合物:



当这个溶液与更多的盐酸处理后, 则上述的反应将被逆转, 同时将二个氯原子返回其分子上。



如果将这个化合物在水溶液中煮沸, 则整个一连串的反应变为逆向, 而且 β -锡酸重新被沉淀。

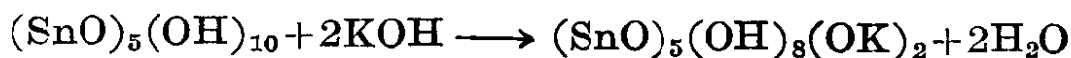


这一系列的反应非常特别, 因为从这些反应中可以看出似乎有一个原子团 $(\text{SnO})_5^{10+}$, 自始至终为一个稳定的单位, 而酸则根据它的浓度仅能或多或少地除去几个 OH 基。从这个论点来看, β -锡酸的反应是可以理解的。如果将浓盐酸继续煮沸 β -锡酸和它的盐, 则很稳定的 $(\text{SnO})_5^{10+}$ 最后亦被破坏而转变为氯化锡。



【3】 碱金属的氢氧化物

碱金属的氢氧化物与 β -锡酸形成碱金属的 β -锡酸盐。



显然在它的分子上有二个 OH 基, 较其他 OH 基更为活泼。如果碱金属的 β -锡酸盐与浓的氢氧化钾溶液煮沸一个长时间, 则其最后亦被破坏而转变为锡酸盐。



【4】 氢氧化铵

即使有酒石酸存在, 氢氧化铵仍能沉淀 β -锡酸 (与氯化 α -锡, 即 SnCl_4 不同)。

α -化合物能迅速地变为 β -化合物, 反之亦然。在常温下, α -

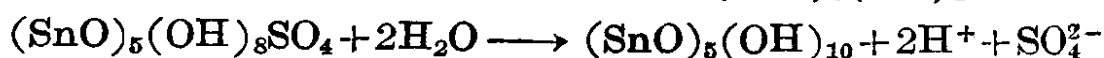
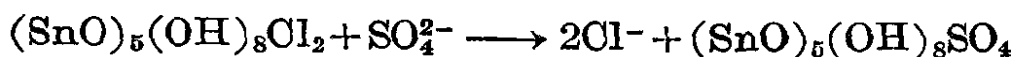
化合物的稀水溶液可徐徐变为 β -化合物,但在煮沸时,则反应更为迅速。例如氯化锡变为 $(\text{SnO})_5\text{Cl}_2(\text{OH})_8$ 。



β -化合物当与浓盐酸或浓苛性钾煮沸时,即变为 α -化合物。

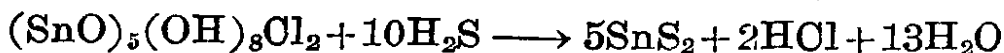
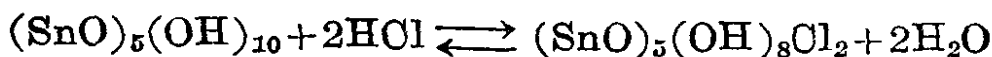
【5】 SO_4^{2-}

β -锡酸的硫酸盐在水中并不稳定。如果有硫酸或一种硫酸盐被加至 $(\text{SnO})_5(\text{OH})_8\text{Cl}_2$ 上,则将发生水解,同时 β -锡酸即被沉出(与氯化 α -锡不同)。



【6】 硫化氢

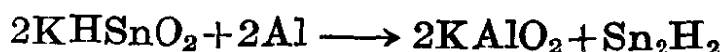
在 β -锡酸的酸化溶液中通入硫化氢后,即非常缓慢地生成二硫化锡沉淀。



通常以生成不溶解之二硫化锡的方法,除去单纯的锡离子,将有助于分裂稳定的 $(\text{SnO})_5^{10+}$ 络离子。

【7】 Al

金属铝加入亚锡酸氢钾的碱性溶液中,即产生下列反应。



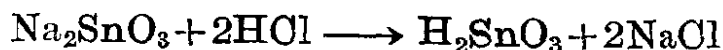
【8】 H_2O

可利用硫代锡酸铵的水解反应,达到从钨中分离出锡的目的。



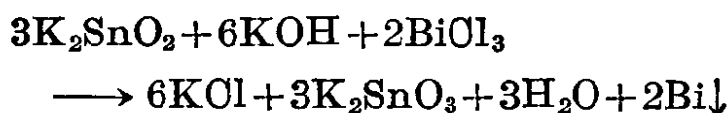
【9】 HCl

锡酸钠与盐酸的混合物经透析后,即形成胶态 α -锡酸。



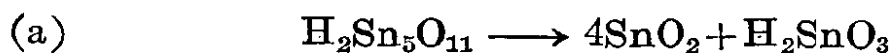
【10】 $\text{BiCl}_3 + \text{KOH}$

将过量的亚锡酸钾加至伴有氢氧化钾的三氯化铋溶液中,即生成锡酸钾、氯化钾、水和铋。



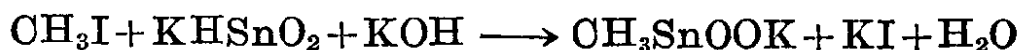
【11】 加热

聚锡酸(Polystannic acid)在水溶液中加热后即分解。



【12】 $\text{CH}_3\text{I} + \text{KOH}$

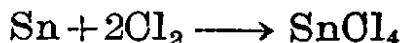
烷基卤与亚锡酸氢钾(或钠),在一定环境下反应时,即形成烷基锡酸的碱金属盐。



附 金属锡和有机锡的反应

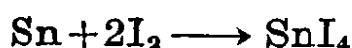
【1】 Cl_2

锡和氯反应(放热反应)形成氯化锡。

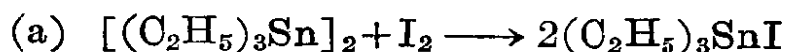


【2】 I_2

(1) 稍过量的粉末状锡和升华碘在纯四氯化碳溶液中加热时,即形成碘化锡。

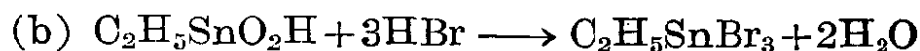


(2) 当碘与六乙基二锡反应时,首先形成碘化三乙基锡(a),然后生成二碘化二乙基锡和碘乙烷(b)。



【3】 K, HBr

烷基锡酸是两性的。乙基锡酸与碱金属作用,即形成盐(a),若溶解于氢溴酸,则生成三溴化乙基锡(b)

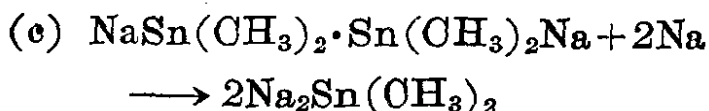
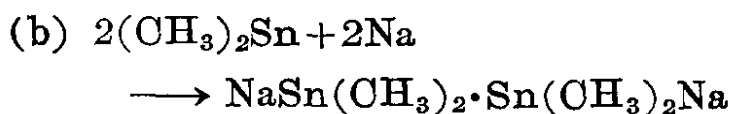
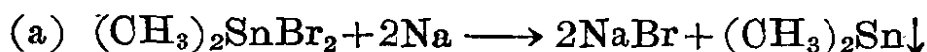


【4】 Na

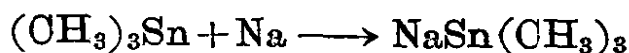
(1) 钠与二甲基锡反应,即形成暗红色的溶液。



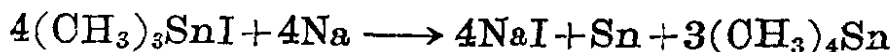
(2) 当金属钠加至二溴化二甲基锡的液氨溶液中时,即形成黄色沉淀(a),该沉淀物不断增加,直至每个溴原子均和钠原子结合为止。若进一步加入钠,则黄色沉淀物与钠结合,形成桔红色的溶液,当每个锡原子均和钠原子结合时,则沉淀物消失,同时溶液变成暗红色(b),如再继续加入钠,即形成二钠盐(c)。



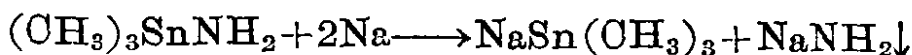
(3) 当三甲基锡与钠的液氨溶液反应时,即形成加成化合物。



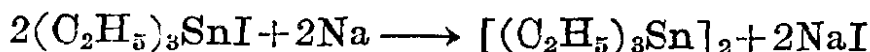
(4) 当碘化三甲基锡与钠共热时,即形成四甲基锡、碘化钠和锡。



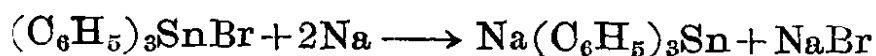
(5) 将钠加至三甲基氨基锡溶液中,即生成氨基(化)钠的细碎沉淀。



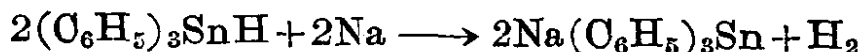
(6) 当碘化三乙基锡与钠在开口容器内共加热至200°C时,即形成六乙基锡和碘化钠。



(7) 当钠与溴化三苯基锡的液氨溶液反应时,即生成三苯基锡钠。



(8) 氢化三苯基锡的液氨溶液与钠反应,亦形成三苯基锡钠。



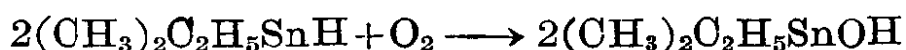
【5】 $\text{Na} + \text{NH}_3$

钠与四甲基锡的液氨溶液之反应是十分快速的，不仅形成沉淀，而且还释放出易燃性气体，其反应如下。

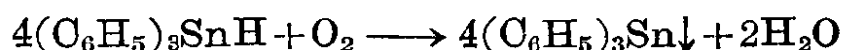


【6】 O_2

(1) 当氢化二甲基乙基锡被空气氧化时，即形成氢氧化二甲基乙基锡。

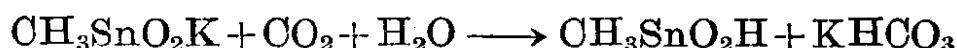


(2) 将氢化三苯基锡溶解于无水乙醇，并通入干燥氧15分钟，即有三苯基锡沉淀形成。



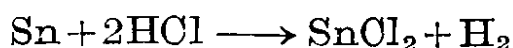
【7】 CO_2

用二氧化碳小心地中和碱金属的甲基锡酸盐，即可释放出甲基锡酸。乙基-、丙基-和异丙基锡酸亦可用同样方法制得。

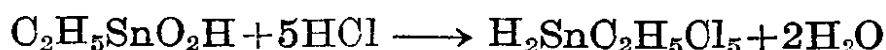


【8】 HCl

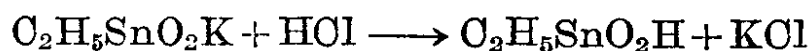
(1) 锡溶解在盐酸后，即形成氯化亚锡和氢。



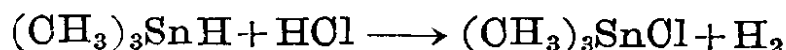
(2) 乙基锡酸与浓盐酸处理后，即产生乙基(五)氯锡酸。



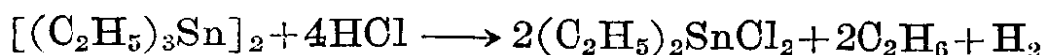
(3) 乙基锡酸钾溶液经酸化后，即得乙基锡酸。



(4) 当氢化三甲基锡与浓盐酸处理时，即生成氯化三甲基锡。

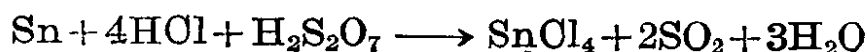


(5) 当六乙基二锡与浓盐酸温热时，即释放出乙烷和氢；残余者乃是二氯化二乙基锡。



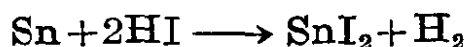
【9】 $\text{HCl} + \text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$

盐酸、焦硫酸与锡反应后的生成物为氯化锡、二氧化硫和水。



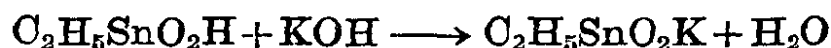
[10] HI

浓的氢碘酸与粉末状的锡作用后,生成碘化亚锡。

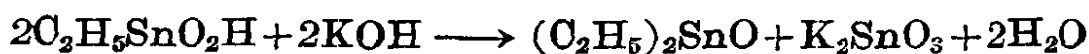


[11] KOH

(1) 乙基锡酸溶解在碱金属的氢氧化物溶液中,即形成盐。



(2) 乙基锡酸与过量的碱金属氢氧化物溶液共煮沸时,即生成氧化二乙基锡。



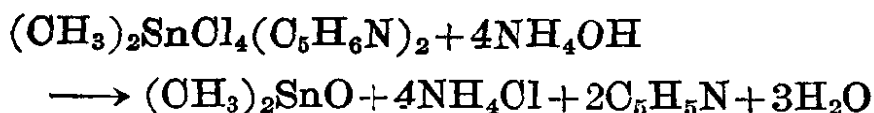
[12] NaOH

将氢氧化钠溶液和乙基锡酸的混和物振摇数小时,然后过滤,最后将过滤液蒸发,即得乙基锡酸钠。

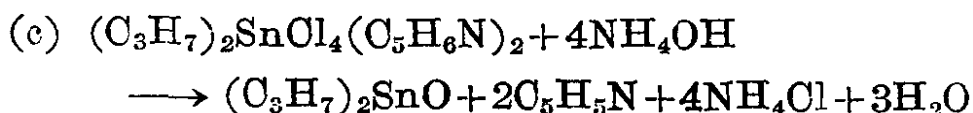
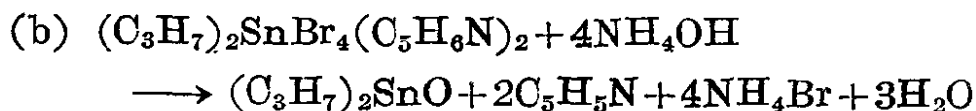
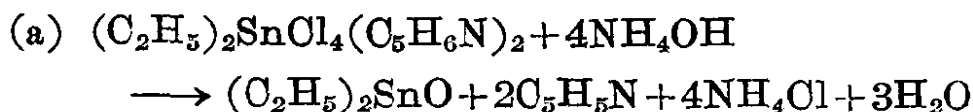


[13] NH₄OH

(1) 二甲基四氯锡酸吡啶鎓的水溶液与氢氧化铵反应后,再予加热时即有氧化二甲基锡沉淀形成。

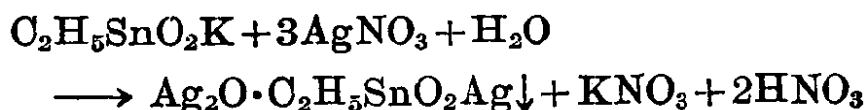


(2) 二乙基四氯锡酸吡啶鎓的水溶液与氢氧化铵反应后,即有氧化二乙基锡的白色沉淀析出(a)。二丙基四溴锡酸吡啶鎓、二丙基四氯锡酸吡啶鎓与氢氧化铵亦有相同的反应发生(b, c)。



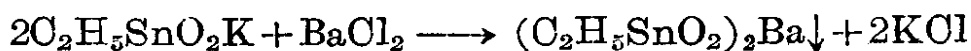
[14] AgNO₃

将硝酸银加至乙基锡酸钾溶液中,即形成一种无定形沉淀物。



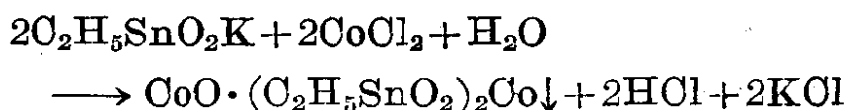
【15】 BaCl_2

氯化钡与乙基锡酸钾的溶液混和后，即形成一种白色沉淀乙基锡酸钡。



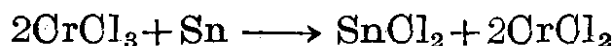
【16】 CoCl_2

当氯化钴溶液加至乙基锡酸钾溶液中，即有一种无定形碱式盐沉淀析出，当使用硝酸钴或硫酸钴时，亦能得到同样的生成物。氯化汞、氯化锰、氯化镍、氯化镉及氯化锌均有类似反应发生。



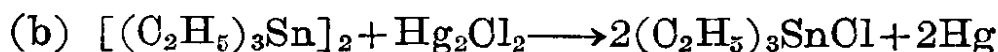
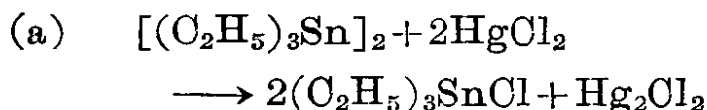
【17】 CrCl_3

氯化铬与锡共加热 12 小时，即形成氯化亚锡和氯化亚铬。



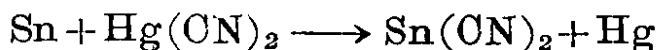
【18】 HgCl_2

将氯化汞的乙醇溶液加至六乙基二锡中，首先形成甘汞，然后是游离汞。



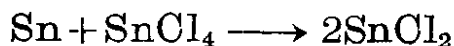
【19】 $\text{Hg}(\text{CN})_2$

锡很易溶解于氰化汞的液氨溶液中，生成含有主要是氰化亚锡的溶液。



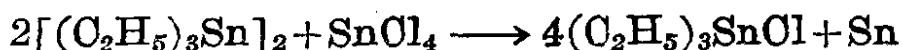
【20】 SnCl_4

(1) 金属锡溶解在氯化锡溶液中后，即生成氯化亚锡，若反应在酸性溶液中进行，则反应将更加速。



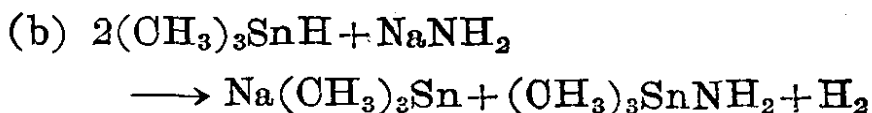
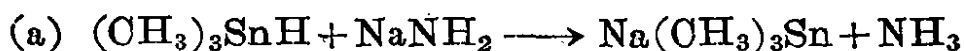
(2) 当 1 摩氯化锡与 2 摩六乙基二锡反应时，即有热释出，最

后将反应混合物加热至 200°C, 即有锡和氯化三乙基锡形成。



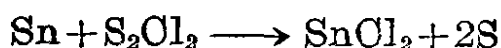
[21] NaNH₂

氢化三甲基锡与氨基(化)钠处理时, 即生成三甲基锡钠。



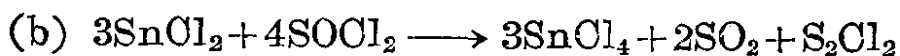
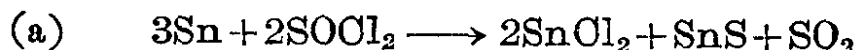
[22] S₂Cl₂

将锡与一氯化硫徐徐加热至温度有较为明显的升高时, 即形成氯化亚锡和硫。



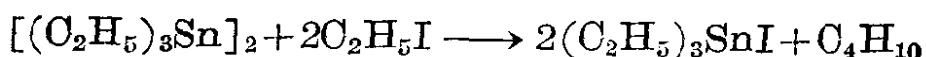
[23] SOCl₂

锡和亚硫酸(二)氯在常温下也能反应生成氯化亚锡; 氯化亚锡如再进一步和亚硫酸(二)氯作用, 则生成氯化锡。



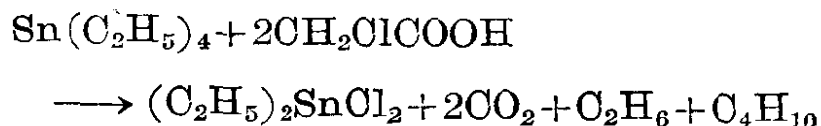
[24] C₂H₅I

当乙基碘与六乙基二锡在封闭管内于 220°C 加热时, 即形成碘化三乙基锡和丁烷。



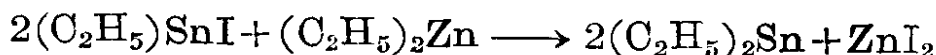
[25] CH₂ClCOOH

当四乙基锡与氯乙酸轻微温热时, 即形成二氯化二乙基锡、二氧化碳、乙烷和丁烷。六乙基二锡与氯乙酸亦有类似反应发生, 但反应较剧烈。



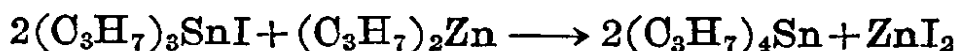
[26] (C₂H₅)₂Zn

碘化乙基亚锡与二乙基锌反应, 即形成二乙基锡和碘化锌。



【27】 $(C_3H_7)_2Zn$

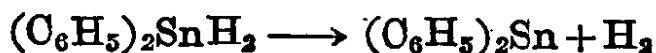
碘化三丙基锡与二丙基锌反应时，形成四丙基锡和碘化锌。

**【28】 C_5H_6NBr**

将三溴化甲基锡溶解于少量乙醇中，然后将该溶液在搅拌下加至含有过量浓氢溴酸的吡啶溶液中，即形成一种熔点为 165~172°C 的黄色结晶物。

**【29】 分解**

当二氢化二苯基锡的液氨溶液中的氨被蒸发时，即形成二苯基锡，并释放出氢。



第 三 节

在本节中的阳离子既不被氯离子沉淀，亦不为硫离子(在 0.3 摩/升氢离子中)所沉淀，但在其盐类的氨性溶液中通入硫化氢后，即有硫化物或氢氧化物沉淀生成。

属于本节中的阳离子有：

铝 Al^{3+} 、 铬 Cr^{3+} 、 锌 Zn^{2+}
锰 Mn^{2+} 、 亚铁 Fe^{2+} 、 铁 Fe^{3+} 、
钴 Co^{2+} 、 镍 Ni^{2+}

铝 Al

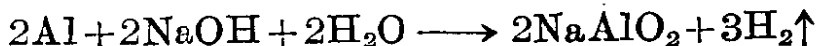
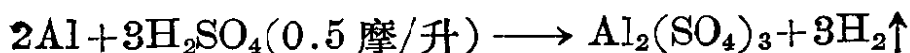
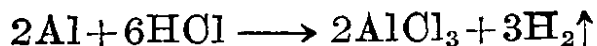
铝是自然界中最普遍的金属之一，约占地壳质量的 7.45%，存在于粘土、长石、云母及很多其他矿物中。最重要的铝矿是刚石 Al_2O_3 、冰晶石 $\text{AlF}_3 \cdot 3\text{NaF}$ 和矾土 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 。

铝是银白色的轻金属，密度 2.702 克/厘米³，熔点 660.37°C。它具有很大的展延性及韧性，容易拉成丝以及展成薄片。

铝在常温下对空气不发生变化，这是由于铝很快地被一层薄而紧密的氧化物所遮盖，因而防止了铝的继续氧化。如果用混汞法将铝的氧化物薄层破坏，就会引起铝的迅速氧化，并有大量热发生。

铝的标准电势为 -1.66 伏，虽然如此，铝却不能从水中把氢置换出来，因为在铝的表面，生成紧密而很难溶解的氢氧化铝层。混汞后的铝则能很强烈地与水作用而释出氢。

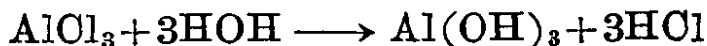
稀盐酸和稀硫酸很容易溶解铝，尤其在加热的情况下。极纯的铝在浓盐酸中溶解很慢，但可以加少量的氯化汞溶液促进。同样，铝亦很容易溶解在碱中释放出 H_2 而生成偏铝酸盐。



相反,冷硝酸不但不能溶解铝,而且还使铝呈“钝态”(由于在金属表面生成一层薄而极紧密的氧化物,使金属不再与酸作用),呈钝态后的铝即不再溶于稀硫酸与稀盐酸。

在强热铝的粉末或薄箔时,则铝着火燃烧并产生眩目的白色火焰,同时生成氧化铝。

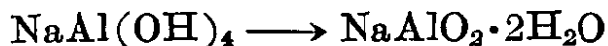
铝盐均为无色,且均溶解于水,并呈酸性反应(这是由于它在水中,有相当量水解之故)。这个情况可根据下述试验来证实,即将氯化铝的水溶液蒸发,结果则得不到氯化铝,而得到不溶解的氧化物或氢氧化物。



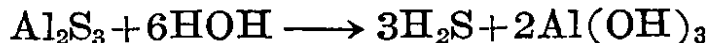
铝只生成一种氧化物 Al_2O_3 , 在其所有化合物中的铝都是三价。常见的铝盐有:



氢氧化铝是两性物;与酸作用,生成含有铝离子水合物 $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$ 的盐。与碱作用,生成含有 $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ 阴离子的盐,称为铝酸盐,例如 $\text{NaAl}(\text{OH})_4$ 。铝酸盐有时亦可看作偏铝酸 HAlO_2 的盐,因为:

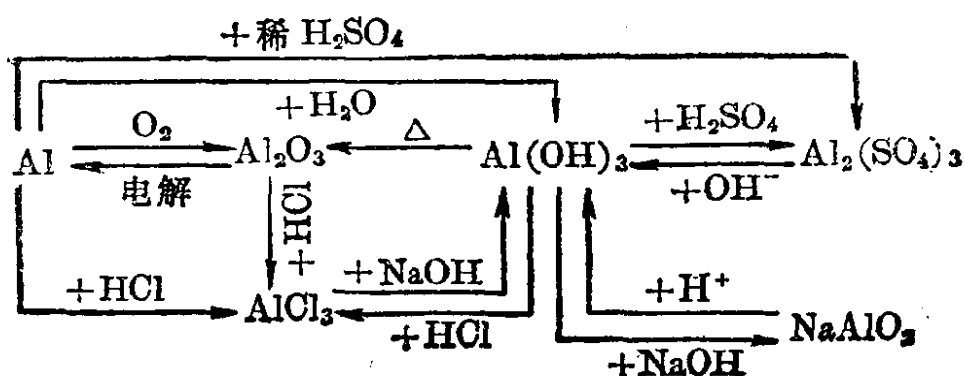


硫化铝是一个灰黄色物质,即使在冷水中,亦发生水解而分解为 H_2S 和 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 。



铝具有特殊的性质,即它能形成矾,这种矾是硫酸铝和钾、铯、铷或铵之硫酸盐的复盐,其一般的分子式为 $\text{MAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, 其中 M 系代表上述的一价金属。相似的盐类如铝被三价铁或铬所置换者,亦称为矾。通常矾结晶很有规则,一般为八面体。普通钾明矾很不易溶解于冷水(与热水比较)。

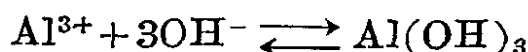
铝的主要化学反应提要:



铝离子的反应

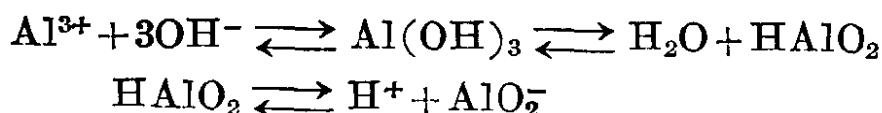
【1】 碱金属的氢氧化物

碱金属的氢氧化物与铝盐溶液生成白色胶性氢氧化铝沉淀:

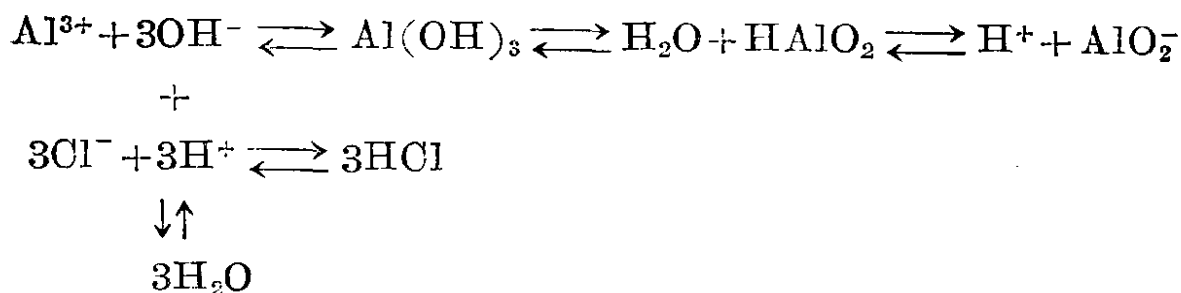


当新鲜沉淀时,氢氧化铝易于溶解在强酸和强碱中,此沉淀在放置一个短时间,或在空气中干燥或用微热干燥后,则将变为更难溶的物质。沉淀经灼烧后(即转变为氧化铝),再与碱或碳酸钠共熔化,即成为最有效的溶解它的方法。

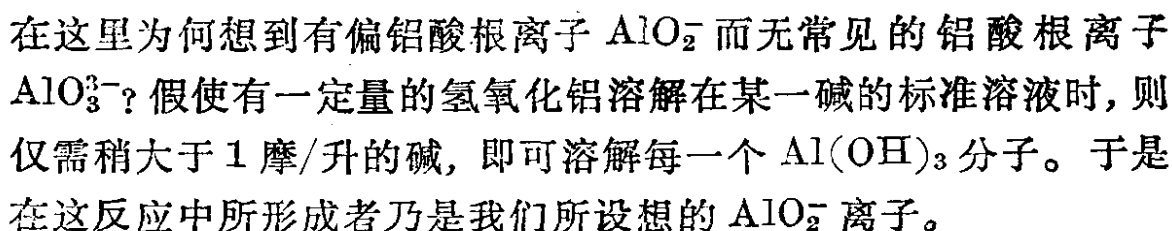
氢氧化铝在酸和碱中的溶解度,可以下列的电离作用来说明。



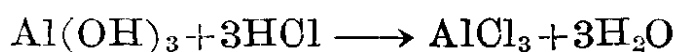
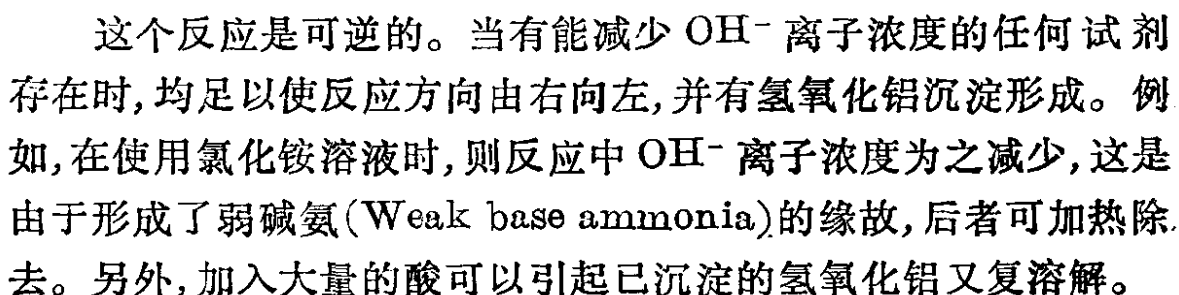
上述的反应式清楚地表示为何氢氧化铝是溶解于酸和碱中。倘以 HCl 加至该溶液中,则反应走向左边,在此处有两个原因:(1)氢离子借同离子效应之作用而抑制酸的电离;(2)通过非共同离子之效应,借 OH^- 离子的除去而增加碱的电离:



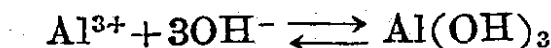
碱的作用,则与上述情况相反,即碱能溶解偏铝酸根离子:


$$\text{H}_3\text{AlO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{H}_2\text{AlO}_3^-$$
$$\begin{aligned} \text{Al(OH)}_3 &\rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{H}_2\text{AlO}_3^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HAlO}_3^{2-} \\ &\rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{AlO}_3^{3-} \end{aligned}$$

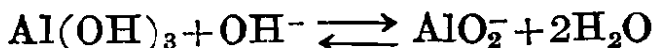
$\text{Al}(\text{OH})_3$ 溶解于过量的氢氧化钠溶液而形成 NaAlO_2 。



氢氧化铵与铝盐溶液作用,可生成白色胶性氢氧化铝沉淀。



这个沉淀微溶于浓的氢氧化铵中，但实际上不溶于加有铵盐的稀溶液中。这很容易从其反应之平衡情况看到：



关于它的平衡表示如下：

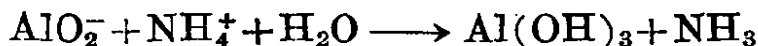
$$\frac{[\text{AlO}_2^-][\text{H}_2\text{O}]^2}{[\text{Al}(\text{OH})_3][\text{OH}^-]} = K$$

因为这是氢氧化铝的饱和溶液，且水过量很多，而氢氧化铝的浓度和水可认为是常数，故上式可简化如下：

$$\frac{[\text{AlO}_2^-]}{[\text{OH}^-]} = K$$

这说明偏铝酸根离子的浓度和 OH^- 离子的浓度之比是一个常数；氢氧化铝的溶解度乃随 OH^- 离子的浓度而变化。这可说明为什么氢氧化铝仅微溶于弱碱性氢氧化铵，以及事实上不溶于伴有铵盐的氢氧化铵中，因为从铵盐得来的铵离子浓度，将因同离子效应之作用而抑制了氢氧化铵的电离。

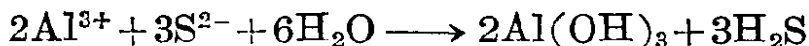
铵盐能分解碱金属的偏铝酸盐，致有氢氧化铝沉淀生成。



将溶液煮沸则可促进其反应，因为这样可将 NH_3 驱走。

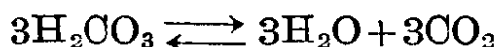
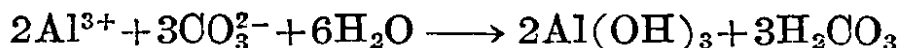
【3】 硫化铵

硫化铵与铝盐溶液作用，可生成白色胶性氢氧化铝沉淀，而不是硫化铝。这是因为氢氧化铝的溶度积较硫化铝的溶度积为小，以致首先有氢氧化铝沉淀析出。



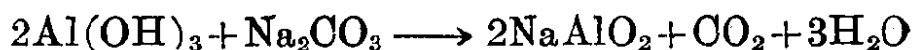
【4】 碱金属的碳酸盐

碱金属的碳酸盐与铝盐溶液可生成胶性氢氧化铝沉淀。



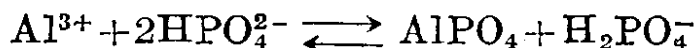
其他弱酸的盐类如氰化物和硫代硫酸盐，与铝盐作用时，亦可发生与硫化物和碳酸盐相似的反应。

胶性氢氧化铝沉淀亦微溶于过量的沉淀剂中:

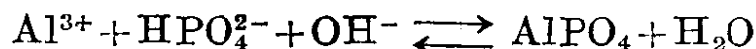


【5】 碱金属的磷酸盐

碱金属的磷酸盐与铝盐溶液生成白色胶性磷酸铝沉淀。

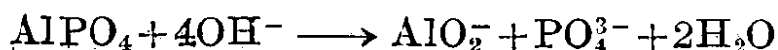


假使溶液用氢氧化铵配制为碱性时:



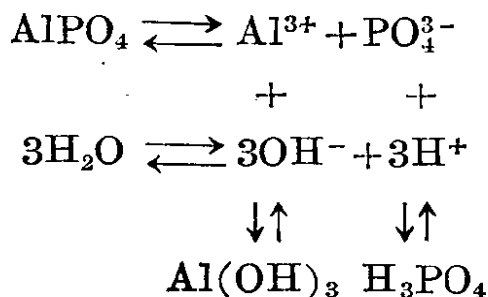
在这里,一般认为有氢氧化铝沉淀形成,但由于磷酸铝的溶度积较氢氧化铝为小,以致首先有磷酸铝沉淀形成。

磷酸铝能溶解于强酸,但不溶解于乙酸。它在乙酸中不溶解,即说明在溶液中磷酸根离子之浓度是非常低的,因此在这种溶液中乃需要高的 H^+ 离子之浓度才使固体溶解。磷酸铝甚易溶解于碱金属的氢氧化物。



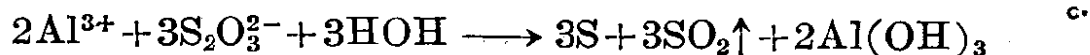
这个反应的发生,是借高浓度的 OH^- 离子将溶液中的 Al^{3+} 离子变为 AlO_2^- 离子之故。

AlPO_4 与一般能被水大量地分解或水解的弱酸和弱碱的盐类不同,它有较强的稳定度。在这种情况下,溶度积乃是其变化的决定因素。不溶解的弱酸盐类,在水溶液中均较稳定,而那些比较具有可溶性者,则有部分被分解。 AlPO_4 的溶解度是如此之小,即小得在溶液中没有足够的 Al^{3+} 离子可与水中的 OH^- 离子作用,以致破坏 AlPO_4 的电离平衡,因此下述反应可能不大:



【6】 硫代硫酸钠

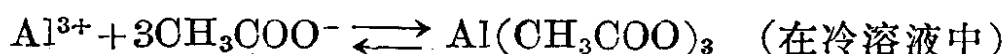
硫代硫酸钠与铝盐溶液共煮沸时,铝即完全沉淀为氢氧化铝



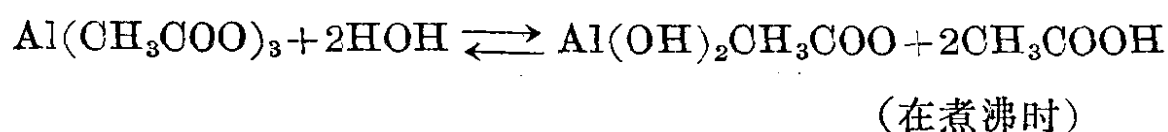
硫代硫酸钠系弱酸盐，它用来中和铝盐水解时生成的 H^+ 离子，结果生成游离 $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ，后者很不稳定而析出 S 和 SO_2 ；平衡反应由于 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 和 S 的沉淀及 SO_2 气体之放出而被破坏。

【7】 碱金属的乙酸盐

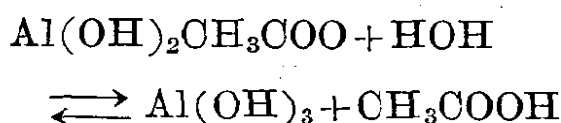
碱金属的乙酸盐与冷的中性铝盐溶液作用时，并无可见之反应发生，但假定溶液被大量稀释并予煮沸时，则将有碱式乙酸铝沉淀形成。



或



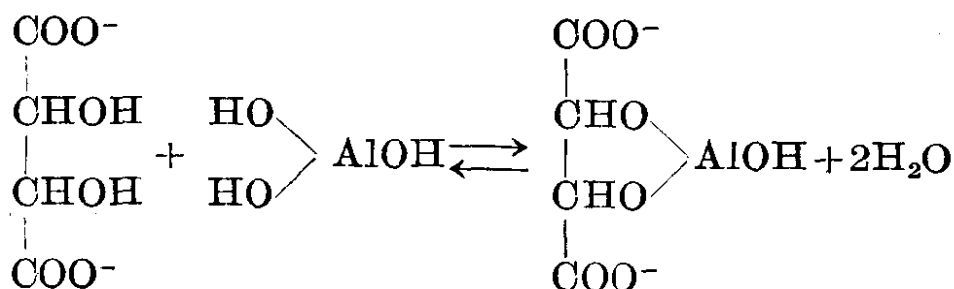
假定这个溶液含有过量的乙酸根离子(借以减低 H^+ 离子浓度)，则在煮沸时，其所发生的水解作用实际上是非常完全的。



当溶液被放冷时，则反应又趋逆向，且有若干氢氧化物或碱式乙酸盐被溶解。

【8】 酒石酸和柠檬酸根离子

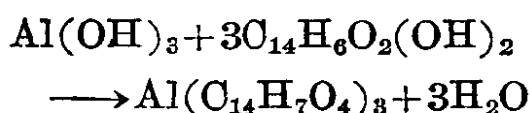
酒石酸根离子，柠檬酸根离子以及其他相似结构的有机物质如蔗糖、甘油及其他一般多羟化合物，能防止所有试剂可从铝盐溶液中沉淀出氢氧化铝的作用。这种防止作用似乎由于其带有仲醇基(CHOH)的关系，因为在仲醇基上的 H 似乎常呈微酸性且能电离。这个基团能在溶液中所形成的氢氧化铝发生作用，并使后者转变为可溶性的络阴离子：



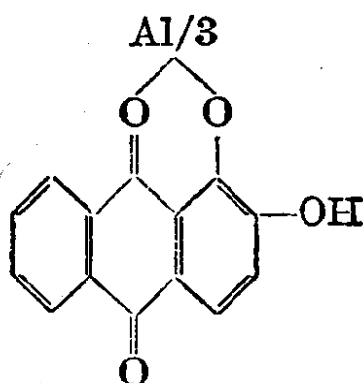
因此在要求沉淀氢氧化铝时，则应事前将存在于溶液中之这类化合物予以破坏。其破坏的方法，即将有机物与浓硝酸共热以期氧化，或将溶液蒸发至干燥状态，并取其残渣用火灼热，直至所有的碳均被烧走为止。在第二个方法中，其残渣与浓硫酸共加热（相当长的时间），或与酸性硫酸钠或碳酸钠共融化之（此法较好），则又重新溶解。

【9】 茜素(Alizarin)的氨溶液

茜素之氨溶液可与铝盐溶液生成红色沉淀或沉淀色料。这个产物极可能是内络化合物。它是由新鲜沉淀的氢氧化铝和茜素作用而成，其分子式为 $\text{Al}(\text{C}_{14}\text{H}_7\text{O}_4)_3$ ：



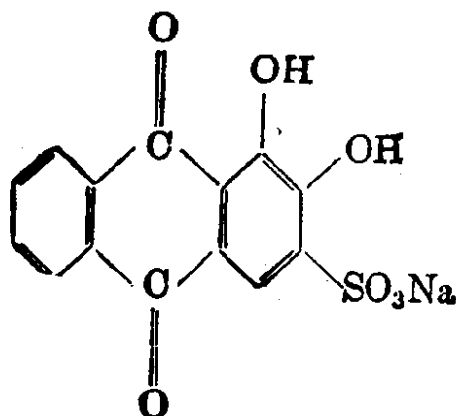
这个反应是发生在氢氧化铝和茜素间的羟基团，而茜素中羟基的氢呈酸性。这个化合物之可能结构式为：



无疑地，这个化合物可视为没有固定组成的吸附络合物，而这种可溶性的试剂与不溶性的氢氧化铝间的反应，却永不能走向完全，而使所有固体氢氧化铝转变至络合物。因此，这个组成是与二者所发生的反应程度有关系。通常当反应一旦产生时，即表示已有一定的化合物形成（灵敏度：0.15 微克 Al；极限浓度：1:333,000）。

铁、铬、铈、钍、钽及锰能干扰这个反应，但可以应用预先用亚铁氰化钾处理之定量分析用滤纸而除去之。因这些离子均被固定在纸的中央，呈不溶性的亚铁氰化物，而铝溶液则在外围扩散成雾状环。

【10】 茜素磺酸钠 (Alizarin-S; Sodium alizarin sulfonate)



本试剂在氨性溶液中生成红色沉淀或颜料，这种色素在稀乙酸中尚稳定。

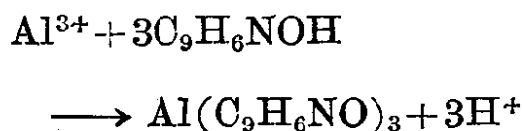
方法：取试液一滴（已用足量 1 摩/升的氢氧化钠溶液处理而得出 AlO_2^- 离子）放在滴试板上，加一滴试剂，然后再加几滴乙酸直至紫色刚刚消失，之后，再加一滴使之过量，则有红色沉淀或颜色呈现（灵敏度：0.7 微克 Al。极限浓度：1:80,000）。

在 NaOH 溶液中必须做一个空白试验。Cu、Bi、Fe、Be、Zr、Ti、Co、Ce、稀土族、Zn、Th、U、Ca、Sr 及 Ba 等盐类均有干扰作用。

试剂：0.1%（水溶液）。

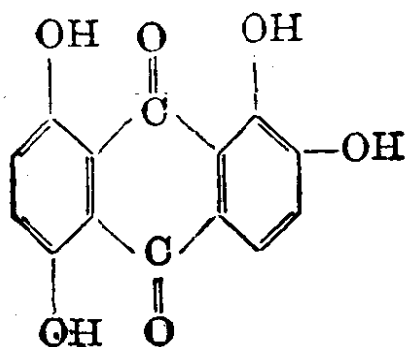
【11】 8-羟基喹啉 [8-Hydroxyquinoline (Oxine)]

8-羟基喹啉与铝盐的乙酸溶液生成羟基喹啉铝沉淀。



$\text{Al}(\text{C}_9\text{H}_6\text{NO})_3$ 是一个内络化合物，它是由于羟基喹啉中的羟基团之氢被相当量的铝置换而成。这个反应，系发生于二个可溶性物质之间，生成一个恒定组成的化合物。

【12】 1, 2, 5, 8-四羟基蒽醌 [Quinalizarin (1, 2, 5, 8-Tetrahydroxyanthraquinone)]

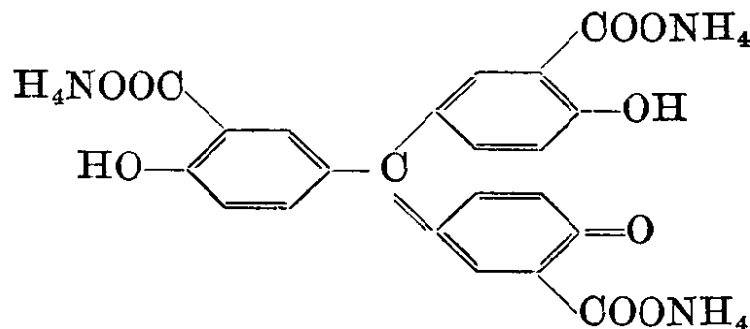


在下述情况下发生红色沉淀或颜色。

取一滴试液放在试剂纸上；将该试剂纸放在浓氨溶液之瓶口上(放一个短时间)，然后再放在冰乙酸上，待至首先形成的蓝色 1, 2, 5, 8-四羟基蒽醌消失为止，而未润湿的试剂纸则恢复至游离 1, 2, 5, 8-四羟基蒽醌的棕色，结果铝呈红紫色或红色斑形成。

试剂纸：将定量分析用的滤纸浸在由 0.01 克 1, 2, 5, 8-四羟基蒽醌溶于 2 毫升的吡啶，并用 20 毫升丙酮稀释而成的溶液中制得。

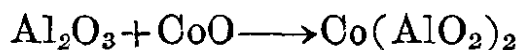
【13】 试铝灵 (Aluminon; Ammonium salt of aurine tricarboxylic acid)



试铝灵与铝盐形成红色内络化合物或沉淀色料。将一滴极稀的试剂溶液加至铝盐溶液中，并以氢氧化铵使溶液呈弱碱性。氢氧化铵沉淀铝为氢氧化铝，后者与铝试剂即形成红色沉淀，这是一个铝的非常灵敏之反应。铁干扰这个反应，应先予除去。铬在乙酸溶液中形成相似的颜色，但加碳酸铵之氨性溶液后即迅速分解。铍亦有如铝所形成的相似颜色，但当有相当量的磷酸盐存在时，可防止这种颜色的形成。

【14】 硝酸钴溶液

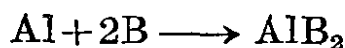
所有铝的固体化合物用极稀的硝酸钴溶液处理并予灼烧, 即呈蓝色反应。这个化合物所显示的颜色, 是由氧化铝和氧化钴的交互作用而成。所有铝化合物当加热时即行分解, 并遗留氧化铝的残渣, 同样, 硝酸钴可分解为氧化钴和五氧化二氮或二氧化氮和氧, 于是二个金属氧化物相互作用而形成蓝色偏铝酸钴。



在操作这个试验时必须注意, 不可应用过量的硝酸钴, 因为稍有过量, 将生成黑色氧化钴, 后者将掩盖偏铝酸钴的蓝色。如果操作正确, 则也是铝的很灵敏之试验。

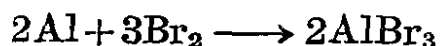
【15】 B

铝和硼在 1000°C 以上共熔后, 即有二硼化铝生成。



【16】 Br_2

将铝粉与溴一起蒸馏, 即有三溴化铝形成。

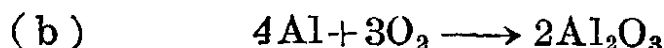


【17】 C

(1) 碳与铝反应即生成碳化铝。此反应在 650°C 时较慢, 但到 1400°C 时进行很快。



(2) 过量的铝粉置于熔融(或加热至 $400\sim 1000^\circ\text{C}$) 的镁和氧化钡中, 在空气存在下, 与碳或石墨反应后, 即生成氧化铝、氮化铝和碳化铝。



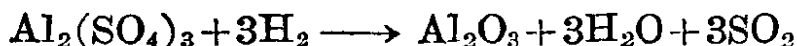
【18】 Fe

当 1 份铁与 3 份铝加热共熔时, 即有铁灰色的稠密状物形成, 该物质可在 2% 盐酸中结晶出来。



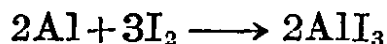
【19】 H₂

当硫酸铝在高温下与氢反应时, 即有氧化铝形成。

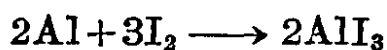


【20】 I₂

(1) 在干燥的二氧化碳气流中, 碘和铝经加热后, 即有碘化铝生成。

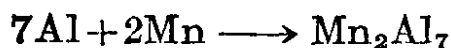


(2) 在溶有碘的二硫化碳溶液中, 加入片状铝, 即有碘化铝生成。



【21】 Mn

当 1 份锰和 6 份铝放在食盐层的覆盖下共熔后, 再用 2% 盐酸处理, 即有白色结晶形成。



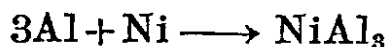
【22】 N₂

在碳酸钠存在下, 将热的铝与氮反应, 即有氮化铝和铝的渣块物形成, 该物质非常坚硬且可与黄玉相匹敌。



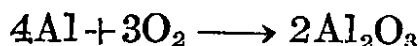
【23】 Ni

将 1 份镍和 6 份铝在食盐层的覆盖下共熔后, 再用 3% 盐酸处理, 即可得到光亮的羽毛样结晶。

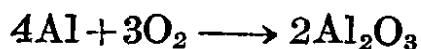


【24】 O₂

(1) 汞齐化良好的铝块用软羽毛强力摩擦, 即有热量放出, 同时在其表面上形成氧化铝。但未经汞齐化的铝, 不发生该反应。

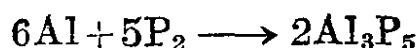


(2) 当金属铝进行阳极反应时, 即有氧化铝形成。

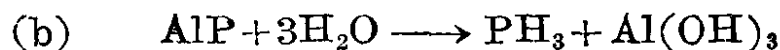


【25】 P

(1) 磷蒸气通过高温的铝, 即有五磷化三铝形成。

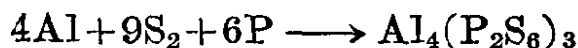


(2) 当铝和红磷的混合物燃烧时, 可得到粗制的磷化铝, 后者如与水反应, 即有磷化氢生成。



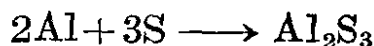
[26] P + S

铝、硫和磷的混合物在试管中加热后, 即有浅棕色的全硫连二磷酸铝结晶形成。



[27] S

(1) 铝和硫共熔融后, 再用镁条灼烧之, 结果有硫化铝形成。

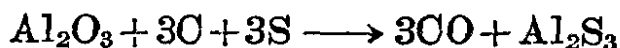


(2) 当氯化铝-二氧化硫的溶液与细微的粉状硫处理后, 即有氯硫化铝析出。



[28] S + C

在粘土制的曲颈甌中, 加入氧化铝和木炭的混合物, 然后加热至白热, 并徐徐加入需要量的硫, 结果有硫化铝形成。



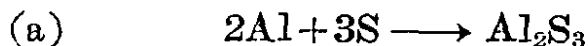
[29] S + Fe₃O₄

当铝、磁铁矿和硫的粉状混合物共灼烧时, 即有下列反应发生。



[30] S + 加热

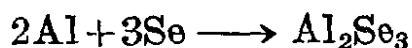
铝和硫经共熔后, 即得到三硫化二铝。后者如被继续加热至 2100°C, 并保持 20 分钟, 则有一硫化铝生成。



[31] Se

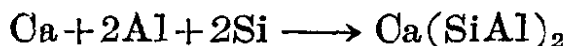
当硒和铝粉的混合物(或其摩尔比为 3:2)经加热后, 即有硒

化铝形成。



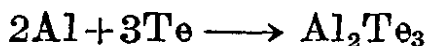
【32】 Si + Ca

当金属钙与硅、铝的混合物经加热反应后，即有铝硅化钙形成。



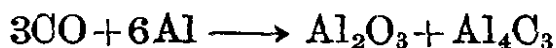
【33】 Te

铝粉与碲的混合物(1:7)经加热后，即有碲化铝形成。

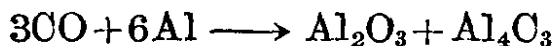


【34】 CO

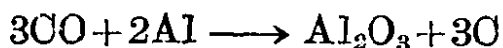
(1) 熔融的金属铝在一氧化碳存在下，再经煮沸，即有氧化铝和碳化铝生成。



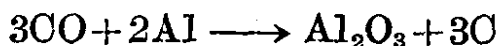
(2) 金属铝在高温下，与一氧化碳作用，即生成氧化铝和碳化铝。



(3) 铝易被一氧化碳完全氧化成为氧化铝，同时一氧化碳被还原为碳。

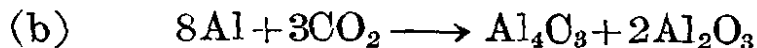
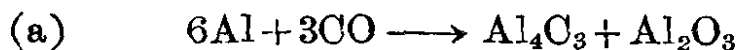


(4) 在1200~1300°C时，铝与一氧化碳可有下列反应发生。



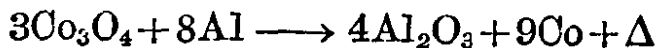
【35】 CO、CO₂

在有微量氯化铝存在下，铝与一氧化碳或二氧化碳反应，生成碳化铝和氧化铝。



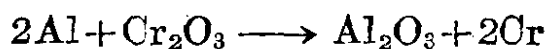
【36】 Co₃O₄

当四氧化三钴与铝粉充分混合并燃烧后，即发生强烈反应，且放出大量热。

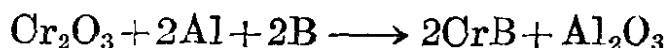


【37】 Cr₂O₃

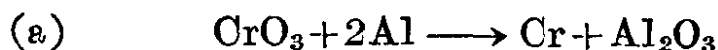
(1) 当按理论量比例混合的铝粉和三氧化二铬, 经燃烧后, 即有金属铬生成。



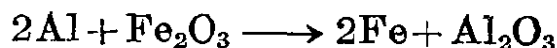
(2) 三氧化二铬与铝的混合物, 与无定形硼共加热至 2000~3000°C, 即有下列反应发生。

**【38】 CrO₃、MgO**

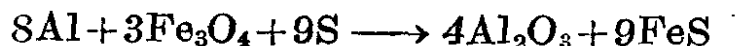
当制备高纯度的铬时, 可通过铬酸酐或三氧化二铬与铝的混合物, 在衬有镁的坩埚中加热反应后完成的。其中反应式(d)则表示金属镁也能用于还原铬的氧化物, 此反应虽能在 1 或 2 分钟进行完全, 但还须取决于反应物间的比例。

**【39】 Fe₂O₃**

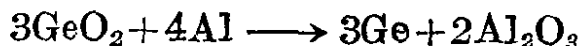
(1) 将粉末状的铝与氧化铁混合后, 一起加热反应, 氧化铁即被还原成熔化的铁。



(2) 四氧化三铁和铝的粉状混合物与硫一起燃烧后, 即发生下列反应。

**【40】 GeO₂**

当二氧化锗和粒状铝的混合物共灼烧之, 即有金属锗形成。

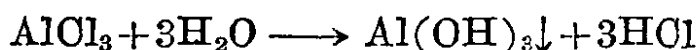
**【41】 H₂O**

(1) 碳化铝与水作用后即有纯甲烷形成, 其他还有氢氧化铝或氧化铝形成。

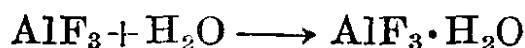




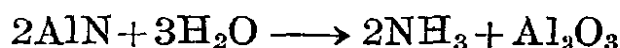
(2) 氯化铝当与水处理时, 即被分解而形成氢氧化铝和盐酸。



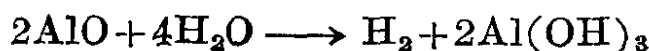
(3) 氟化铝与水蒸气处理后, 即有一水合氟化铝形成。



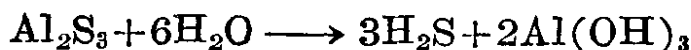
(4) 水与氮化铝作用时, 即有氨和氧化铝形成。



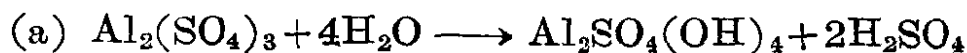
(5) 一氧化铝(由 Al_2O_3 与镁作用而得)与水作用时, 即徐徐有氢放出。



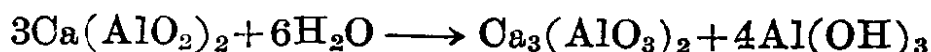
(6) 当水恒定地滴入置有硫化铝的硫化氢发生器中时, 则将有缓慢而恒定的硫化氢(没有酸蒸气)气体生成。当水停止滴入时, 则反应亦将结束。



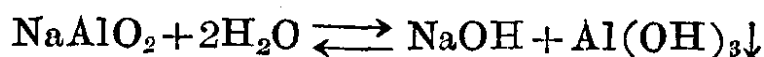
(7) 硫酸铝与水作用时, 首先水解生成碱式硫酸铝, 最后为氢氧化铝。硫酸是其另一个产物; 因此, 溶液将变为酸性。



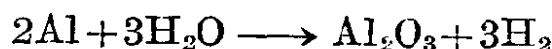
(8) 偏铝酸钙徐徐与水化合, 形成铝酸钙和氢氧化铝。



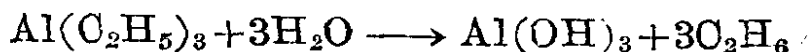
(9) 任何可溶性偏铝酸盐的溶液常呈碱性, 这是由于它水解的关系, 其反应如下。



(10) 在碘化铝、溴化铝和氯化铝存在下, 铝能分解水而生成氧化铝和氢气。

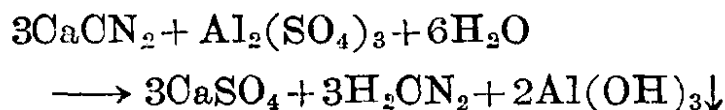


(11) 将置于无水乙醇中的三乙基铝加入水中后, 或混合有三乙基铝的干燥氮气流通过水后, 即有氢氧化铝和乙烷形成。

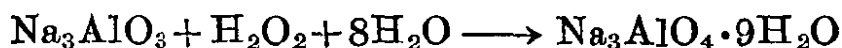


【42】 $\text{H}_2\text{O} + \text{CaCN}_2$

当氰氨(基)化钙与硫酸铝溶液作用时,即有下列反应发生。

**【43】 H_2O_2**

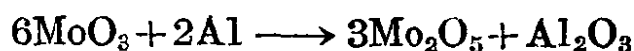
(1) 当铝酸钠被过氧化氢氧化时,即有高铝酸钠形成。



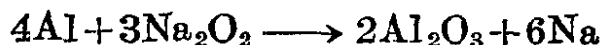
(2) 在冷溶液中,当过氧化氢氧化偏铝酸钾后,即有高铝酸钾形成。

**【44】 MoO_3**

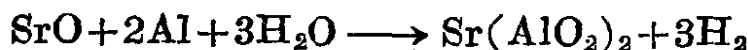
三氧化钼和铝粉紧密混合后,在空气中加热,即可能形成氧化铝和五氧化二钼。

**【45】 Na_2O_2**

当四份铝粉和三份过氧化钠的混合物与一滴水作用后,即有金属钠形成。在空气中,这个反应很剧烈,在真空中则进行缓慢。

**【46】 SrO**

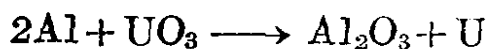
氧化锶与铝作用,即有偏铝酸锶形成。

**【47】 Ta_2O_5**

五氧化二钽与氯化铝共加热时,即有五氯化钽形成。

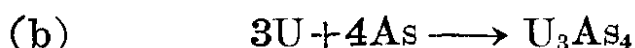
**【48】 UO_3**

将三氧化铀和过量的铝的混合物徐徐灼烧时,即有氧化铝和铀形成。

**【49】 $\text{U}_3\text{O}_8, \text{As}$**

当八氧化三铀置于含有粉状铝和砷的混合物的坩埚中加热

时, 即有氧化铝和砷化铀形成(b)。铋亦有相同形式的反应。



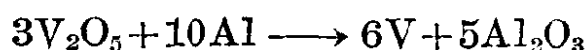
[50] U_3O_8 , P

当八氧化三铀置于含有粉状铝和红磷的坩埚中共加热后, 即有氧化铝和磷化铀形成。



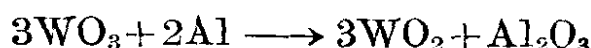
[51] V_2O_5

当五氧化二钒被金属铝还原时, 约有 79% 的钒可以得到。



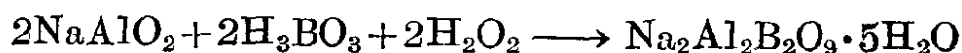
[52] WO_3

按摩尔比混合的铝粉和三氧化钨, 经充分加热至红热后, 即有二氧化钨和氧化铝形成。



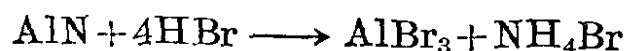
[53] $\text{H}_3\text{BO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$

当偏铝酸钠的冷溶液徐徐与 10% 过氧化氢溶液和硼酸处理后, 即有白色粉末沉淀析出。



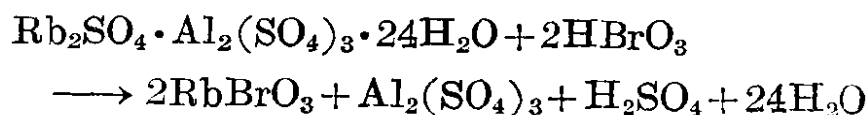
[54] HBr

当氢溴酸分解氮化铝时, 即有溴化铝和溴化铵形成。



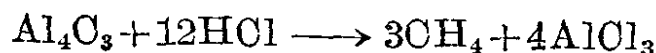
[55] HBrO_3

当铷矾与过量溴酸处理后, 任其结晶, 结果有溴酸铷形成。



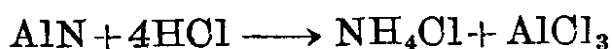
[56] HCl

(1) 当碳化铝与盐酸作用后, 即有甲烷形成。



(2) 当氮化铝与盐酸作用后, 即有氯化铵形成。反应亦可在

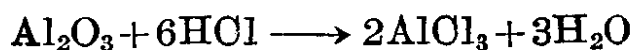
浓盐酸的水溶液中加热进行之。



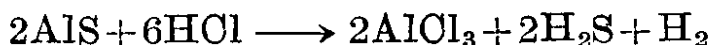
(3) 当干燥的氯化氢气体与群青白作用时, 即有群青青形成。



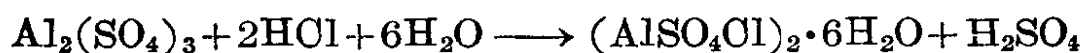
(4) 在氯化氢气体的参加下, 加热氧化铝和碳的混合物后, 即有氯化铝形成。



(5) 当一硫化铝与盐酸加热后, 即有氢释出。

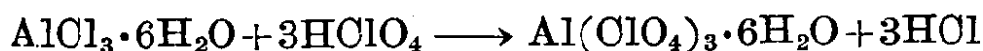


(6) 硫酸铝溶液与浓盐酸作用后, 即有氯化硫酸铝形成。



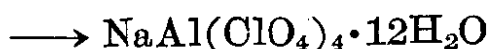
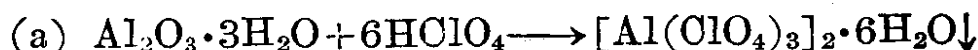
[57] HClO_4

当六水合氯化铝溶解于 20% 高氯酸后, 即在水浴上加热至所有的氯化氢全部释出为止, 结果有六水合高氯酸铝形成。

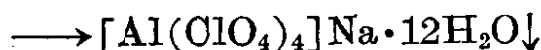
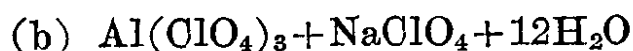


[58] $\text{HClO}_4 + \text{NaClO}_4$

(1) 当水合氧化铝溶解于高氯酸后, 再加入高氯酸钠溶液, 结果有无色粒状微吸湿性高氯酸铝钠的结晶形成。

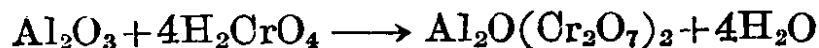


(2) 氧化铝的高氯酸溶液与高氯酸钠作用后, 即有白色络合铝盐沉淀形成。



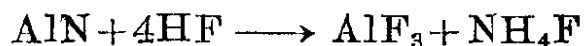
[59] H_2CrO_4

当在铬酸中的氧化铝溶液被蒸发时, 即有碱式重铬酸铝形成。

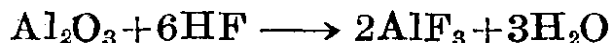


【60】 HF

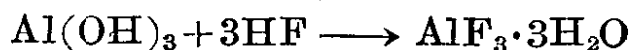
(1) 当氮化铝与氢氟酸的浓水溶液在水浴上加热 4.5 小时后, 即有氟化铝和氟化铵形成。



(2) 氧化铝在氢氟酸的蒸气下灼烧至白热时, 即定量地转变为氟化铝。



(3) 当纯的氢氧化铝(含有已知百分比的 Al_2O_3) 溶解于微过量的 37% 氢氟酸中。溶液通过白金锥过滤之, 然后在蒸气浴上蒸发, 即有氟化铝结晶(可用水重复洗涤之)形成。

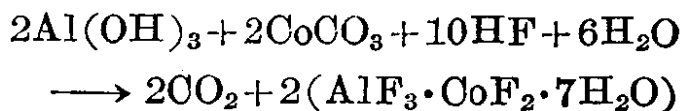


(4) 当正长石与氢氟酸作用时, 即有氟化铝形成。



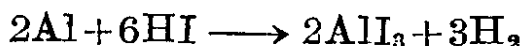
【61】 HF + CoCO_3

当氢氧化铝的氢氟酸溶液与碳酸钴的氢氟酸溶液处理后, 在常温下于石灰上蒸发之, 即有氟化钴铝的桃红色结晶析出。



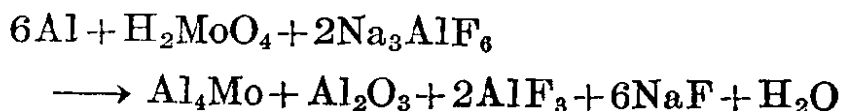
【62】 HI

金属铝易溶于液体氢碘酸, 生成碘化铝。



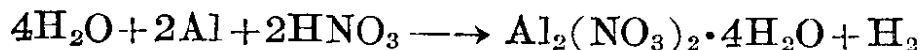
【63】 $\text{H}_2\text{MoO}_4 + \text{Na}_3\text{AlF}_6$

将钼酸和氢氟酸蒸发后的留存物与铝、冰晶石混合后一起加热, 即有黑色结晶粉状物形成。



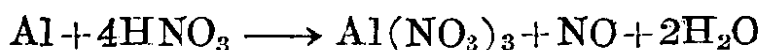
【64】 HNO_3

(1) 当铝以稀硝酸处理后, 即有下列形式的硝酸铝形成。

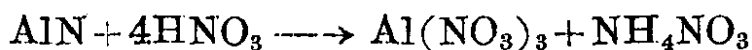


(2) 铝与(5~20)% 硝酸在 25~30°C 徐徐作用时, 即有硝酸

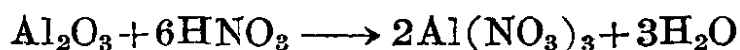
铝形成。



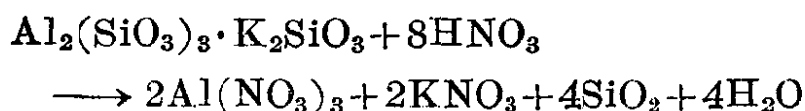
(3) 当硝酸与氮化铝加热 11 小时后, 即有硝酸铝和硝酸铵形成。



(4) 当氧化铝溶解于热硝酸后, 再予强热之, 即有硝酸铝的结晶形成。

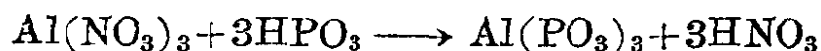


(5) 当硅酸钾铝与硝酸处理后, 结果有硝酸铝、硝酸钾、二氧化硅和水形成。

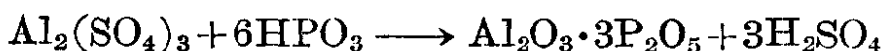


[65] HPO_3

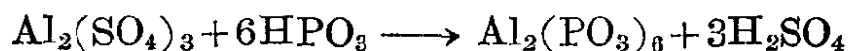
(1) 当干燥的硝酸铝滴入已加热至红的偏磷酸(在铂坩埚中)时, 即有偏磷酸铝形成。



(2) 当干燥的硫酸铝滴入已加热至红的偏磷酸(在铂坩埚中)时, 即有偏磷酸铝形成。



(3) 将硫酸铝溶解于偏磷酸中。借干燥的方法将硫酸烟除去; 即有无水偏磷酸铝的白色粉末(含有极小的结晶)形成。

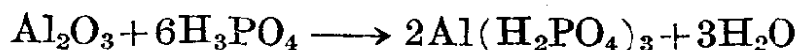


[66] H_3PO_4

(1) 当氯化铝与磷酸共加热至 200°C 时, 即有磷酸铝的结晶粉形成。

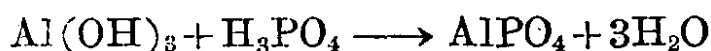


(2) 氧化铝的磷酸溶液经蒸发至结晶时, 即有磷酸二氢铝形成。

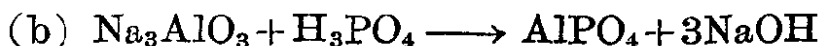
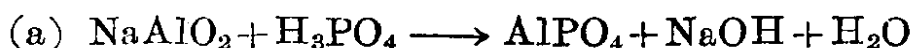


(3) 当氢氧化铝与磷酸共加热至 200°C 时, 即得磷酸铝的结

晶粉形成。

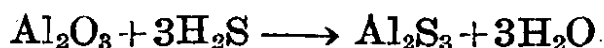


(4) 当偏铝酸钠和磷酸在封闭管中于 250°C 共加热时, 即有磷酸铝形成。铝酸钠亦有相同形式的反应。



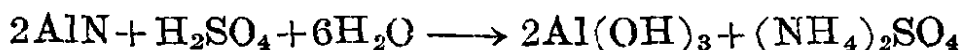
[67] H₂S

氧化铝与硫化氢加热至高温时, 即有硫化铝形成。



[68] H₂SO₄

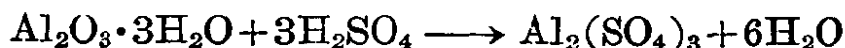
(1) 当氮化铝与硫酸加热时, 即有氢氧化铝、硫酸铵形成。



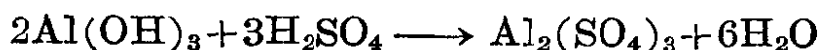
(2) 当硫酸的稀溶液与氮化铝作用时, 即有硫酸铝沉淀形成, 并同时有硫酸铵生成。



(3) 当铝土矿与硫酸煮解时, 即有商品硫酸铝形成。



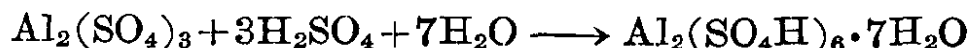
(4) 水铝矿主要含有氢氧化铝, 当它溶解于硫酸时, 即有硫酸铝形成。



(5) 当氢氧化铝与 75% 硫酸溶液共煮沸时, 即有无色针状物形成。

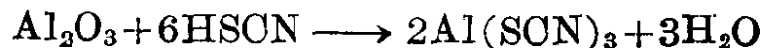


(6) 当硫酸铝加至冷的硫酸中, 并予以加热, 结果有酸式硫酸铝形成。



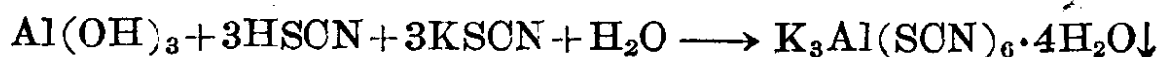
[69] HSCN

当氧化铝与硫氰酸作用后, 即有非潮解性的八面体形成。



[70] HSCN + KSCN

将硫氰酸加至新鲜沉淀的氢氧化铝中, 然后再加入硫氰酸钾, 结果有硫氰酸铝钾形成。



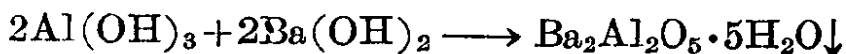
【71】 H_2SiF_6

当铝与 1% 氟硅酸在空气中振摇时, 即有过氧化氢形成。



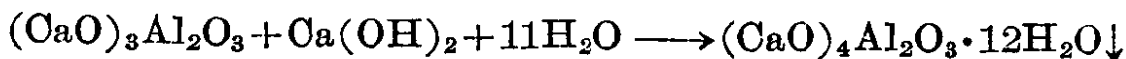
【72】 $\text{Ba}(\text{OH})_2$

当新鲜沉淀的氢氧化铝与氢氧化钡溶液煮沸时, 即有不对称的透明的结晶形成, 但往往变为混浊。

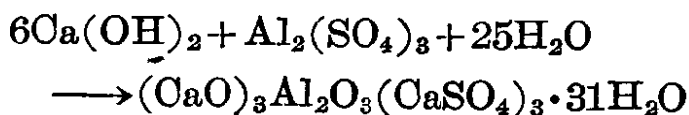


【73】 $\text{Ca}(\text{OH})_2$

(1) 当铝酸三钙 $[(\text{CaO})_3(\text{Al}_2\text{O}_3)]$ 和氢氧化钙的清静溶液混合后, 将其 pH 调节至大于 12 时, 则有水合铝酸四钙形成。



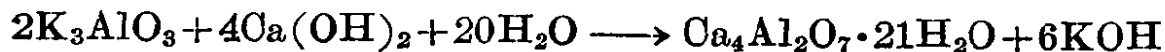
(2) 当硫酸铝与饱和石灰水相互作用时, 首先有氢氧化铝的絮凝状沉淀出现。如将该溶液放置 6 个月后, 则在显微镜下观察时, 几乎全部结晶为下列的化合物。



(3) 当铝与石灰水溶液作用时, 即有铝酸钙形成。

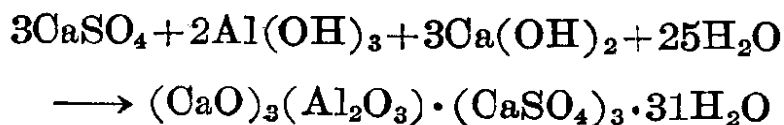


(4) 当铝酸钾溶液与石灰水混合后, 即迅速发生结晶, 并持续数小时; 这个结晶体具有旋光性。



【74】 $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CaSO}_4$

当含有氢氧化钙和硫酸钙的溶液与沉淀的氢氧化铝作用约一个月左右, 即有硫酸钙-铝酸钙形成。



[75] KOH

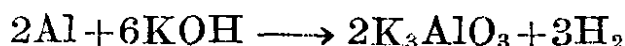
(1) 当铝溶解于过量的 10% 氢氧化钾水溶液中后, 再将生成的溶液置于真空的硫酸上蒸发, 结果有偏铝酸钾形成。



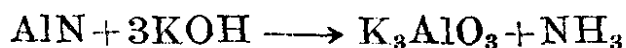
(2) 当铝与无水氢氧化钾于镍坩埚中在 550°C (在氮的气氛下) 加热时, 即有金属钾形成。



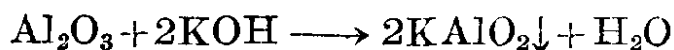
(3) 当热的氢氧化钾与铝作用时, 即有氢释出。



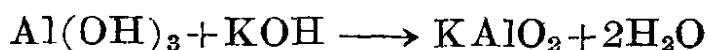
(4) 氮化铝与氢氧化钾在封闭管中加热时, 即有铝酸钾形成。



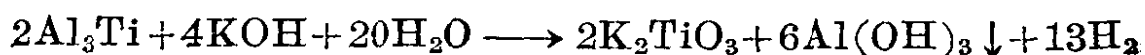
(5) 当对应量的氧化铝和氢氧化钾作用时, 即有偏铝酸钾的结晶沉淀形成。



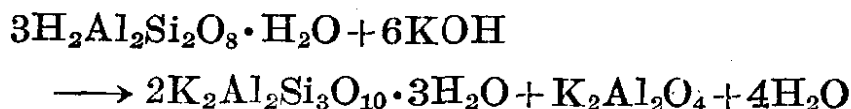
(6) 水铝矿主要是氢氧化铝, 当它溶解于氢氧化钾溶液后, 即有偏铝酸钾形成。



(7) 当钛化铝被浓的氢氧化钾溶液分解后, 即有氢氧化铝形成, 同时有氢释出。



(8) 氢氧化钾能分解高岭土为三硅酸盐, 其反应式如下:



(9) 当磨细的长石与其 8 倍量的氢氧化钾或氢氧化钠在水中混合后, 在 275~300°C 将其水分蒸发掉, 再持续加热 1 小时, 即有下列反应发生。生成物可溶解于水。

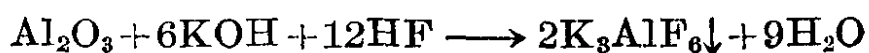


(10) 当硫酸铝钾与氢氧化钾溶液在 30~70°C 反应时, 即有偏铝酸钾形成。



[76] KOH + HF

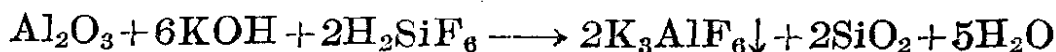
氧化铝与氢氧化钾和氢氟酸作用时, 即有氟铝酸钾形成。这个胶凝状沉淀可以过滤, 并可研细为白色粉末。

**[77] KOH + GeO₂**

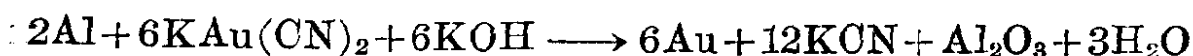
当二氧化锗(在氢氧化钾中)与过量的金属铝作用时, 即有少量的氢化锗形成。

**[78] KOH + H₂SiF₆**

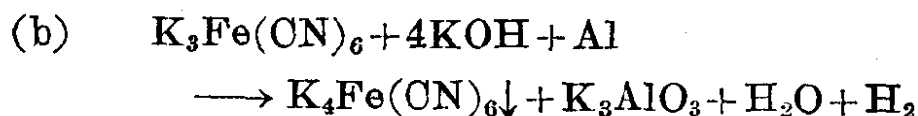
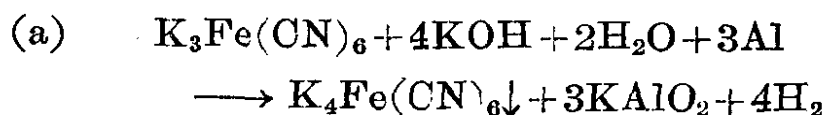
当氧化铝与氢氧化钾和氟硅酸作用时, 即有氟铝酸钾形成。这个胶凝状沉淀可以过滤, 并可磨细呈白色粉末。

**[79] KOH + KAu(CN)₂**

当氰亚金酸钾的碱性溶液与铝作用后, 即有金属金、氧化铝析出, 同时有氰化钾形成。

**[80] KOH + K₃Fe(CN)₆**

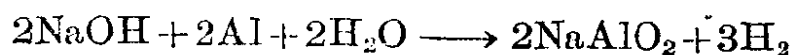
苛性钾和铝锉屑加至铁氰化钾溶液中, 结果后者被还原为亚铁氰化钾。

**[81] LiOH**

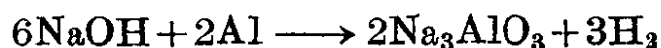
当铝与氢氧化锂溶液反应后, 即形成偏铝酸氢锂, 该物质难溶于水。

**[82] NaOH**

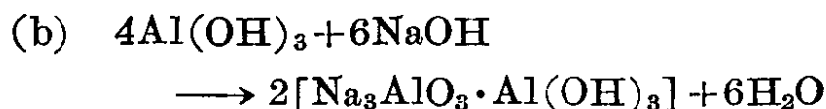
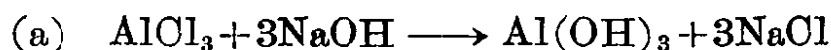
(1) 当铝溶解于氢氧化钠溶液后, 即有偏铝酸钠形成。



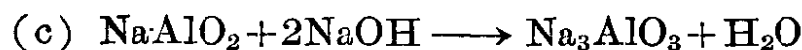
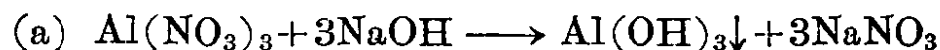
(2) 铝与浓的氢氧化钠溶液作用后, 即有氢释出。



(3) 氢氧化钠以逐渐增加的方式加至氯化铝、硫酸铝或钾明矾的稀溶液后, 结果有碱式铝酸盐和铝酸盐形成。



(4) 当氢氧化钠加至硝酸铝的稀溶液后, 结果相继有水合物和二个铝酸盐形成。



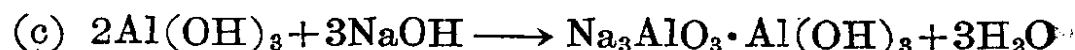
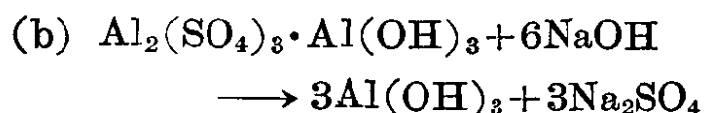
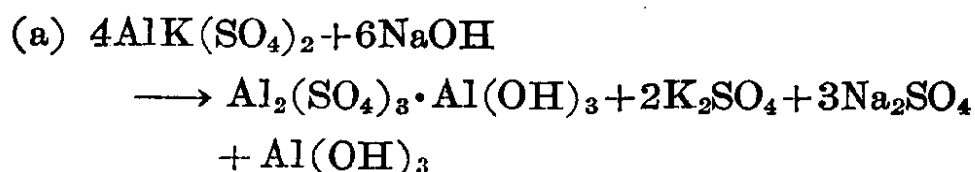
(5) 铝土矿与苛性苏打煮解或与苏打灰熔融, 结果有偏铝酸钠形成, 后者广泛应用于处理锅炉水, 而且在城市过滤工厂中常被用以辅助硫酸铝的作用(过滤)。



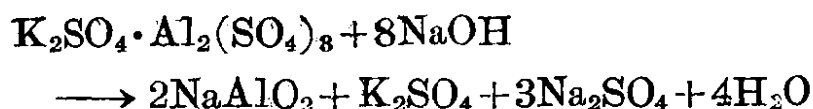
(6) 氢氧化铝溶解于氢氧化钠溶液后, 即有偏铝酸钠形成。



(7) 当氢氧化钠加至钾明矾的浓溶液后, 结果将有一系列的碱式盐形成。



(8) 当氢氧化钠溶液与矾溶液在 $30 \sim 70^\circ\text{C}$ 作用时, 即有偏铝酸钠形成。



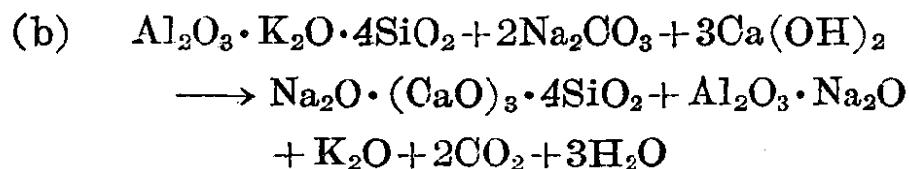
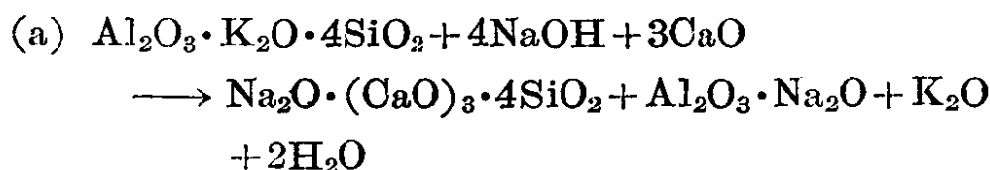
【83】 NaOH + Ag₂S

硫化银和铝块在氢氧化钠溶液中搅动下, 将有金属银析出。



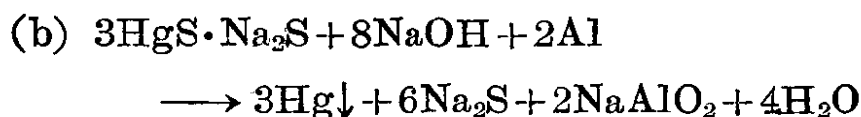
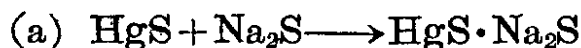
【84】 NaOH + CaO

白榴石与氢氧化钠和氧化钙或碳酸钠和石灰处理时, 即被分解, 其反应如下。



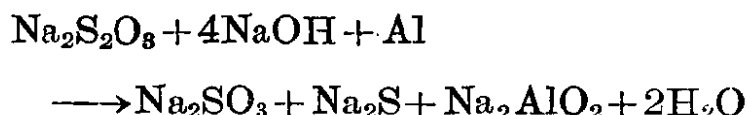
【85】 NaOH + HgS

当硫化汞被氢氧化钠和硫化钠溶液沥取时(在铝的参加下), 金属汞即由此回收而得。



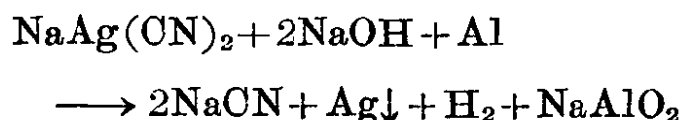
【86】 NaOH + Na₂S₂O₃

在氢氧化钠溶液中, 硫代硫酸钠被铝还原时, 并不是所有的硫均形成硫化物。其反应如下:



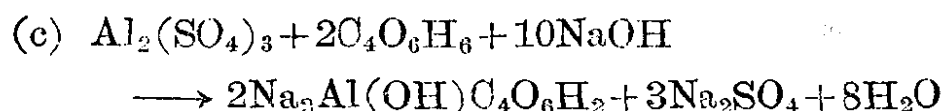
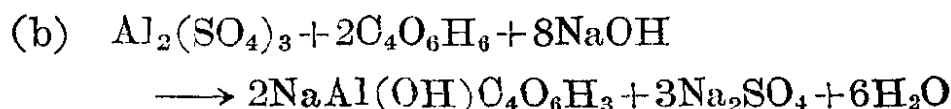
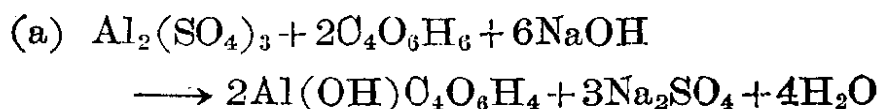
【87】 NaOH + NaAg(CN)₂

氰银酸钠溶液与铝屑和氢氧化钠作用后, 即有银沉淀出来。

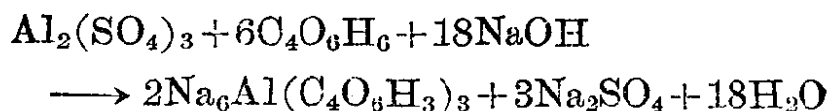


[88] $\text{NaOH} + \text{C}_4\text{O}_6\text{H}_6$

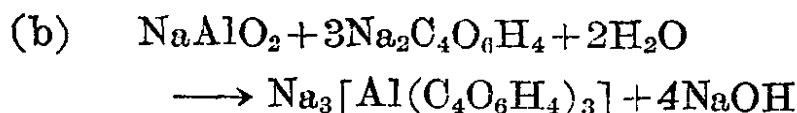
(1) 硫酸铝和酒石酸的溶液被氢氧化钠中和时, 将有三个络盐形成。



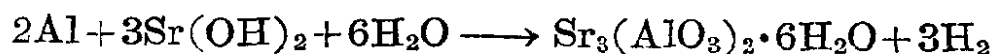
(2) 当 1 摩硫酸铝和 6 摩酒石酸的混合物被氢氧化钠或氢氧化钾中和时, 则溶液中将有络合物形成。

**[89] $\text{NaOH} \cdot \text{Na}_2\text{C}_4\text{O}_6\text{H}_4$**

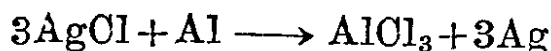
当金属铝溶解于酒石酸钠的碱性溶液后, 结果在溶液中有络合物形成。

**[90] $\text{Sr}(\text{OH})_2$**

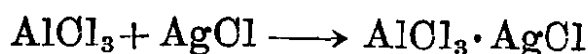
铝与氢氧化锶溶液共煮沸后, 即有浅棕色的铝酸锶结晶形成。

**[91] AgCl**

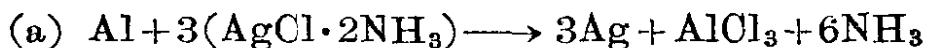
(1) 金属铝能剧烈地还原熔融的氯化银, 结果有银和氯化铝形成。



(2) 氯化铝与氯化银共熔融时, 即形成氯化银铝化合物。

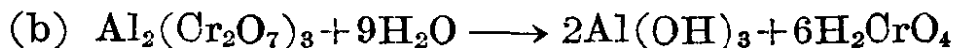
**[92] $\text{AgCl} \cdot 2\text{NH}_3$**

铝加入氯化银的氨溶液中后, 即有银生成。



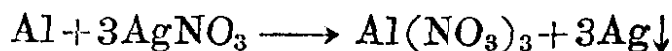
【93】 $\text{Ag}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

金属铝加入重铬酸银的氨溶液中后,即发生下列反应。

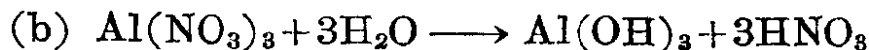
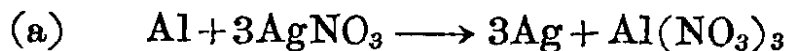


【94】 AgNO_3

(1) 当铝浸入稀或浓的硝酸银溶液中后,即析出细的金属银。



(2) 金属铝加入硝酸银溶液后,银即被铝取代。



【95】 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

当氮化铝与硫酸铝或硫酸和水加热时,即有硫酸铵和氢氧化铝形成。



【96】 Al_2Te_3

在 551°C 下,铝和三碲化二铝反应时,即生成碲化铝。



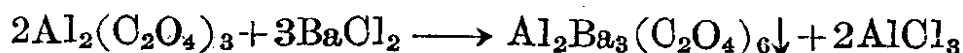
【97】 AuCl_3

当铝浸在氯化金的稀溶液中时,金属金立即沉积出来,同时有氢释出。溶液将变为紫色。



【98】 BaCl_2

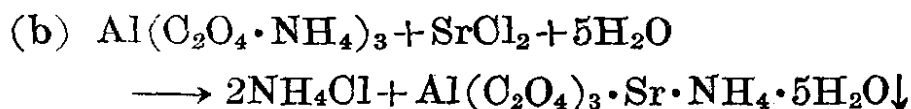
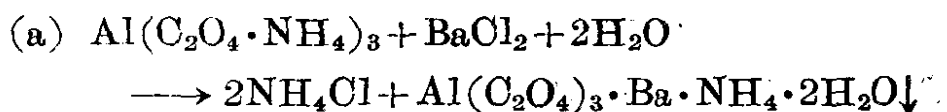
草酸铝溶液与氯化钡溶液反应后,即生成下式所示组成的白色结晶。



【99】 BaCl_2 、 SrCl_2

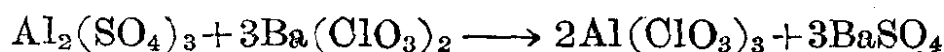
将少量氯化钡加至草酸铝铵溶液中,即有草酸铝钡铵的白色

针状物形成。氯化铈亦可发生类似反应。



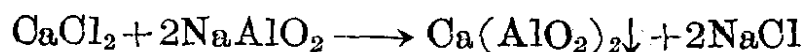
[100] Ba(ClO₃)₂

当硫酸铝和氯酸钡相互反应时, 即有氯酸铝形成。

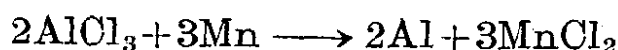
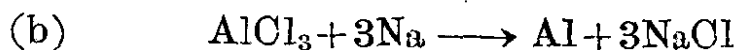
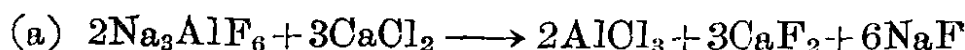


[101] CaCl₂

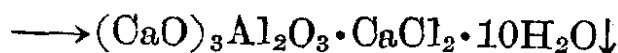
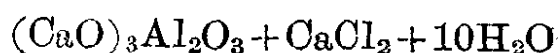
(1) 将氯化钙溶液加至偏铝酸钠溶液中, 结果有偏铝酸钙沉淀形成。



(2) 当冰晶石和氯化钙共熔融后, 将其生成的氯化铝用金属钠或锰还原之, 结果有金属铝形成。

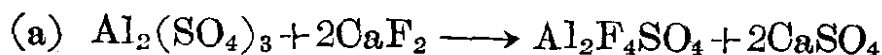


(3) 将氯化钙溶液加至铝酸钙溶液中, 结果有难溶的结晶沉淀形成。

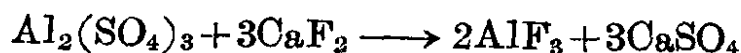


[102] CaF₂

(1) 当硫酸铝与氟化钙在溶液中共加热后, 再与冰晶石处理之, 结果有氟化铝形成。



(2) 硫酸铝的水溶液遇氟化钙后, 即发生复分解反应。

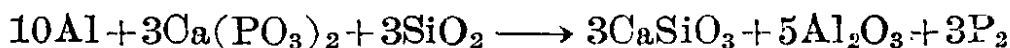


(3) 当萤石与硫酸铝溶液作用后, 即有硫酸钙和氟化硫酸铝形成。



[103] $\text{Ca}(\text{PO}_3)_2 + \text{SiO}_2$

当铝、砂子(SiO_2), 偏磷酸钙的混合物加热至红色时, 即有氧化铝、硅酸钙和磷生成。



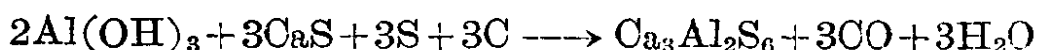
[104] $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$

在制备磷化钙时, 可将磷酸钙和铝粉的混合物置于坩埚中加热至暗红色完成之。

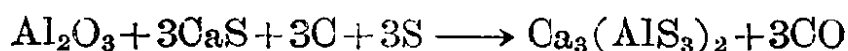


[105] $\text{CaS} + \text{C} + \text{S}$

(1) 当氢氧化铝和硫化钙的混合物在粉状硫和碳的参加下加热时, 即有硫代铝酸钙形成。

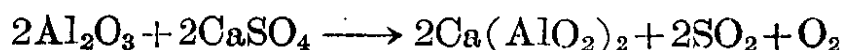


(2) 当硫化钙和氧化铝的混合物在粉状碳和硫的参加下加热时, 即有硫代铝酸钙形成。

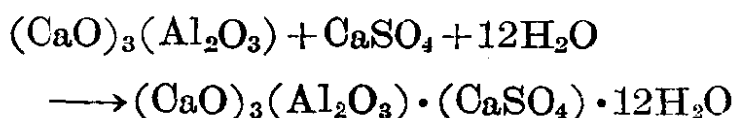


[106] CaSO_4

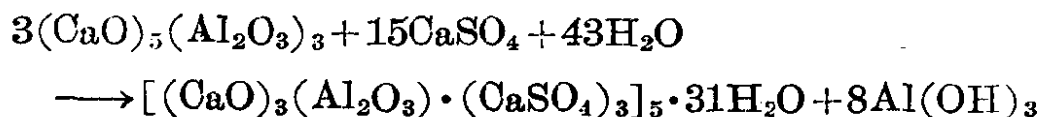
(1) 当硫酸钙与氧化铝在 $940 \sim 950^\circ\text{C}$ 反应时, 即有偏铝酸钙形成。



(2) 当铝酸钙溶液和硫酸钙的饱和溶液混合时, 即有下列沉淀物形成。



(3) 20 克 5:3 铝酸钙溶解于 1 升水中, 并将溶液振摇 1 小时, 过滤。向滤液加入 200 毫升饱和的硫酸钙溶液, 结果徐徐地有细微的六方形针状结晶形成。



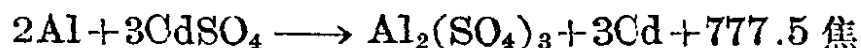
【107】 $\text{CaSiO}_3 + \text{SiO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

在矿石的变形时,证明地壳硅酸钙能与氧化铝、石英和水化合而形成水合硅酸铝钙(黝帘石)。



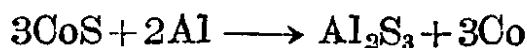
【108】 CdSO_4

硫酸镉和金属铝作用时,按下列反应式进行。



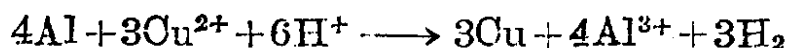
【109】 CoS

将硫化钴加至熔融的铝中,然后在惰性气体环境下再予加热,即发生下述反应。



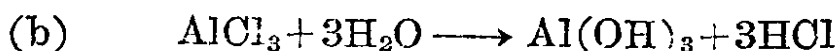
【110】 CuCl_2

当铝浸入氯化铜溶液后,即有氢气慢慢释出,同时金属铜亦随之沉积出来,并使溶液脱色。



【111】 $\text{CuCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$

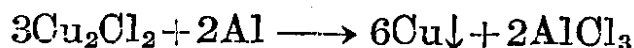
金属铝能还原氯化铜溶液为金属铜。



在乙酸铜溶液中,这种沉积反应很慢。如果在硫酸铜和硝酸铜溶液中沉积,则约经二日之后才有沉积出现。铜常以八面晶的形式由溶液中沉出。

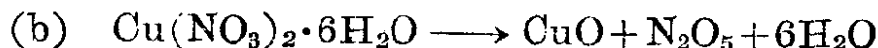
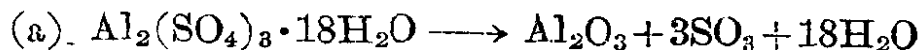
【112】 Cu_2Cl_2

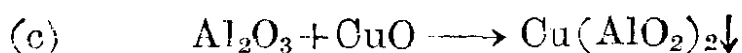
氯化亚铜溶液可被金属铝还原,结果有纯铜获得。



【113】 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

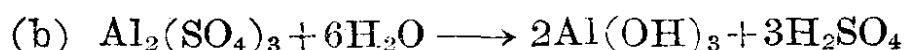
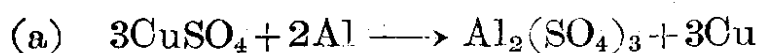
当硝酸铜溶液加至硫酸铝溶液中后,蒸发至干。然后在铂坩埚中于 950°C 加热 5 小时,即有偏铝酸铜形成。





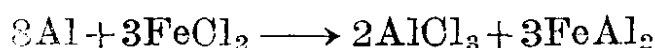
[114] CuSO₄

金属铝在硫酸铜溶液中发生缓慢反应, 同时有金属铜形成。



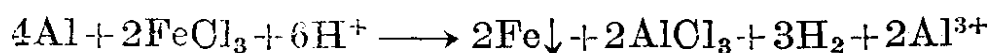
[115] FeCl₂(NaCl)

当铝、氯化亚铁和氯化钠共熔融时, 即有六边形棱晶形成。

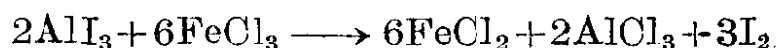


[116] FeCl₃

(1) 当铝浸入氯化铁溶液后, 即有黑色粉末沉积, 同时有氢释出。

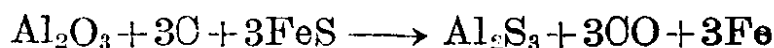


(2) 当氯化铁与碘化铝作用时, 即有游离碘形成。



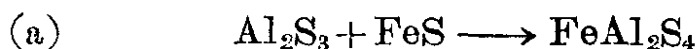
[117] FeS

当氧化铝、碳和硫化亚铁的混合物在电炉上加热时, 结果有硫化铝形成。



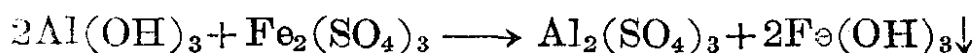
[118] FeS, MnS

硫化铝与硫化锰和硫化亚铁在非常高的温度下反应时, 即有结晶沉积出来。

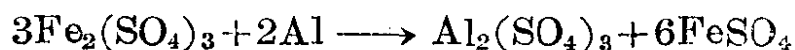


[119] Fe₂(SO₄)₃

(1) 新鲜制取的氢氧化铝与中等浓度的硫酸铁溶液 (在冷或热的情况下) 作用时, 则所有的铁均被沉淀析出。

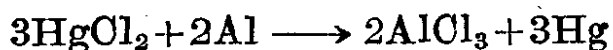


(2) 在二氧化碳气流下, 铝粉与硫酸铁在水介质中作用时 (在水浴上加热之), 即有硫酸亚铁形成。

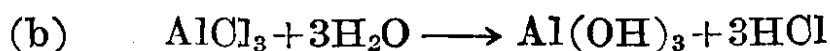


[120] HgCl_2

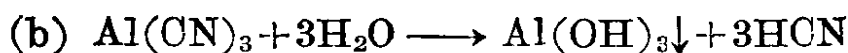
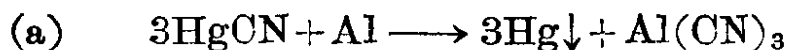
当薄的铝片与干燥的氯化汞微热之，则立即有剧烈的反应发生，同时有氯化铝和游离汞形成。

**[121] Hg_2Cl_2**

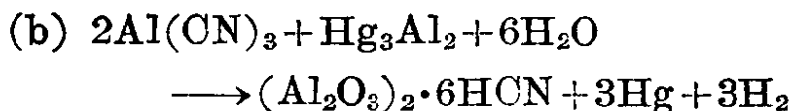
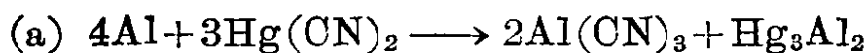
金属铝与甘汞反应时，即有游离汞形成，后者与铝即形成汞齐。

**[122] HgCN**

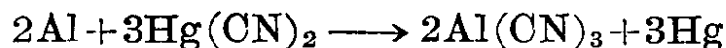
金属铝与氰化亚汞作用时，即有游离汞形成。

**[123] $\text{Hg}(\text{CN})_2$**

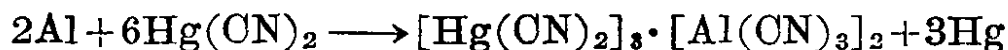
(1) 当铝与氰化汞的水溶液作用后，即有汞形成，同时有复合物生成。



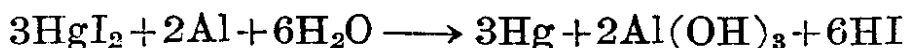
(2) 铝与氰化汞在液氨中作用时，即有氰化铝和汞形成。



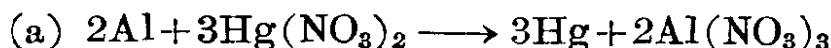
(3) 当铝溶解于氰化汞溶液中时，即有氰化铝汞的复合物形成。

**[124] HgI_2**

金属铝与碘化汞的碘化钾溶液作用时，即有汞释出。

**[125] $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$**

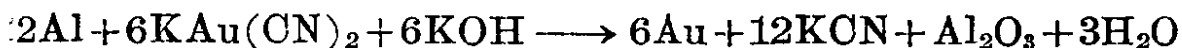
金属铝与硝酸汞作用时，即有游离汞析出。





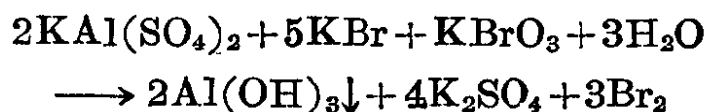
[126] $\text{KAu}(\text{CN})_2 + \text{KOH}$

当氰亚金酸钾的碱性溶液与铝作用后, 在生成氰化钾的同时, 又有金属金和氧化铝分离出来。



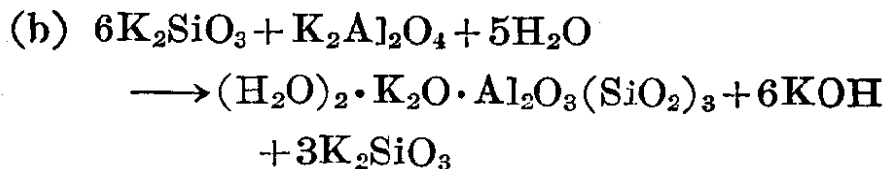
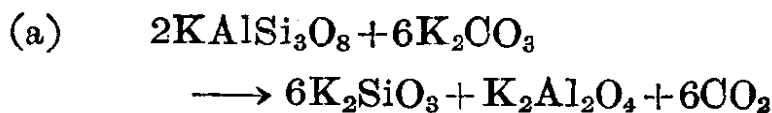
[127] $\text{KBr} + \text{KBrO}_3$

当明矾溶液与溴化钾和溴酸钾的混合物反应后, 即有氢氧化铝形成。

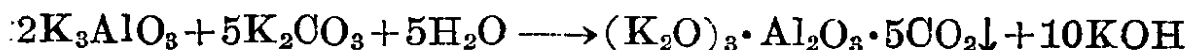


[128] K_2CO_3

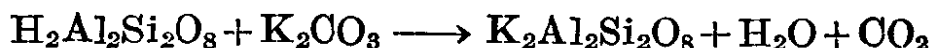
(1) 当粉状正长石与碳酸钾在暗红热共熔化后的产物用水处理后, 即有络合硅酸盐形成。



(2) 当碳酸钾溶液逐滴加入铝酸钾溶液后, 即有沉淀形成。

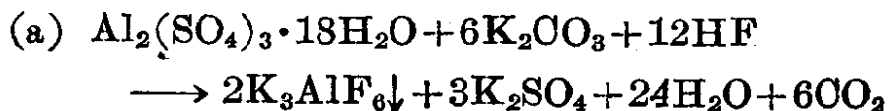


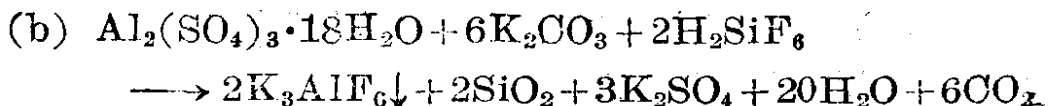
(3) 当高岭土与大过量的碳酸钾共熔融后, 即有结晶化合物形成。



[129] $\text{K}_2\text{CO}_3 + \text{HF}$

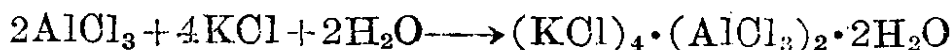
将硫酸铝溶解于水, 然后加入碳酸钾和商品氢氟酸, 即有大规模的氟铝酸钾形成。反应混合物应在沸点温度反应 20~30 分钟。胶凝状的沉淀经干燥后呈细的白色粉末, 其得率高达 90% (a)。当以 H_2SiF_6 代替 HF 时, 亦有相似的结果形成 (b)。



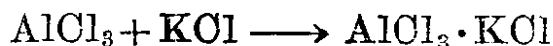


【130】 KCl

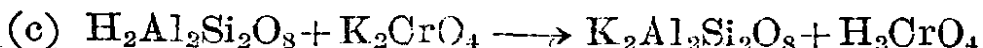
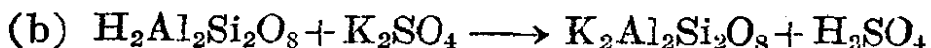
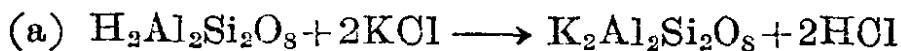
(1) 将氯化铝的发烟盐酸溶液与氯化钾(在氯化氢气流下)共煮沸时, 即有氯化钾铝形成。



(2) 氯化铝在溶液中与氯化钾反应时, 即有氯化钾铝形成。



(3) 当高岭土与超过量氯化钾熔融时, 即有小形结晶形成。当高岭土与硫酸钾、铬酸钾熔融时, 亦有相似的反应发生。



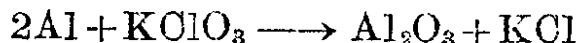
【131】 KCl + NaCl

当氯化钾和氯化钠以等摩尔比混合后即予熔融, 然后将其加至熔融的溴化铝中, 将有过量的热放出, 并有下列反应产物形成。



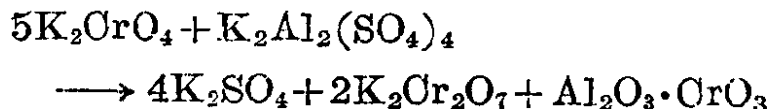
【132】 KClO₃

铝粉与氯酸钾加热反应时, 即有氧化铝形成, 同时将有爆炸发生。

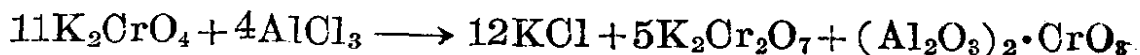


【133】 K₂CrO₄

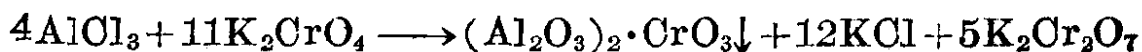
(1) 明矾溶液可被铬酸钾分解, 生成下列的反应产物。



(2) 氯化铝溶液(48.3 克/升)与铬酸钾溶液作用时, 即有下列反应形成。

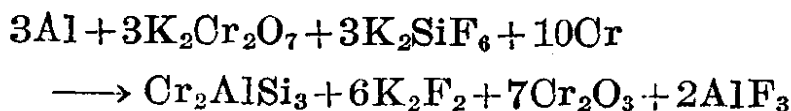


(3) 当 2 摩氯化铝加至 6 摩铬酸钾的溶液中时, 则铝被完全沉淀, 铬酸钾的量如少于 6 摩时, 沉淀将不完全。



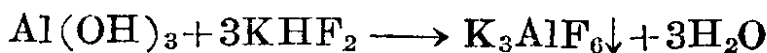
【134】 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{K}_2\text{SiF}_6 + \text{Cr}$

将 2.6 克铬、相应量的重铬酸钾、40 克氟硅酸钾和 44 克铝一起强热半小时，即有铝的复硅化物——硅化铝铬形成。



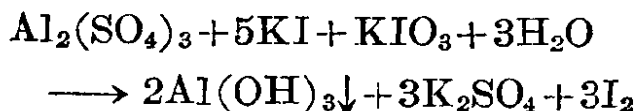
【135】 KHF_2

当新鲜沉淀的氢氧化铝与氟氢化钾的水溶液处理后，即予加热至沸达 15 分钟，即有氟铝酸钾的胶凝性沉淀形成。



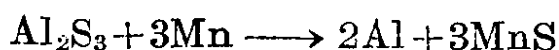
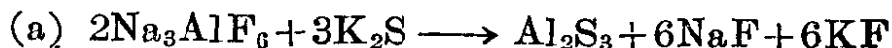
【136】 $\text{KI} + \text{KIO}_3$

硫酸铝与碘化钾及碘酸钾共作用时，即有游离碘释出。



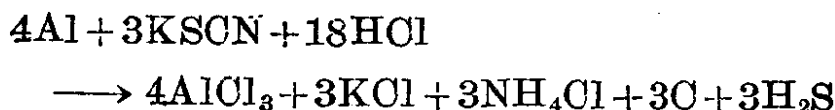
【137】 $\text{K}_2\text{S}(\text{CaS})$

当冰晶石和硫化钾共熔融后，再与钠或锰作用，结果有金属铝形成。硫化钙亦有相同形式的反应。



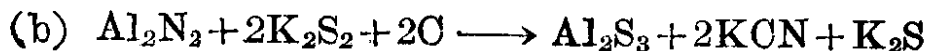
【138】 $\text{KSCN} + \text{HCl}$

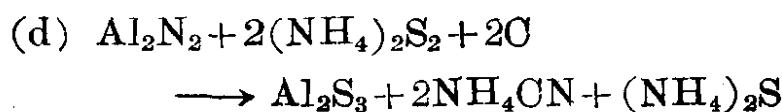
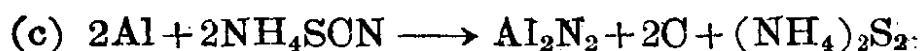
当硫氰酸钾溶液与铝和盐酸处理后，即有定量的硫化氢释出。



【139】 $\text{KSCN}, \text{NH}_4\text{SCN}$

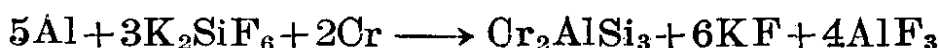
干燥的铝粉和硫氰酸钾粉的混合物共灼烧之，其反应温度为 900°C ，结果有氮化铝形成。当温度升高时，即有硫化铝生成。硫氰酸铵亦有相同形式的反应。





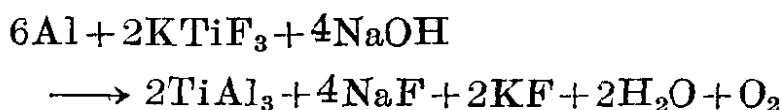
【140】 $K_2SiF_6 + Cr$

当铝、氟硅酸钾和铬共同强热时,即有下列反应产物形成。



【141】 $KTiF_3 + NaOH$

24 份三氟化钛钾和 45.5 份铝经混合熔融后,再与氢氧化钠的稀溶液一起徐徐加热,即有白色叶状物生成。



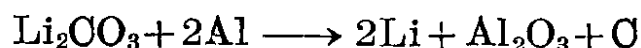
【142】 K_2TiF_6

氟钛酸钾和铝的混合物加热至 $700 \sim 1400^\circ C$, 即有钛化铝形成。



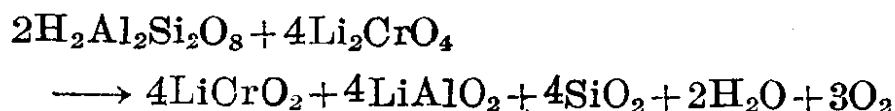
【143】 Li_2CO_3

加热碳酸锂和铝(2:1)时,即有锂、氧化铝和碳形成,同时还有含过量铝和少量碳化铝的合金存在。



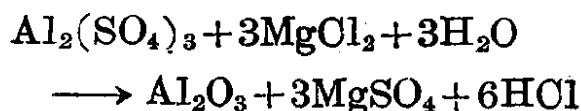
【144】 Li_2CrO_4

当高岭土和铬酸锂加热或熔融一个时间,即有亚铬酸锂形成。



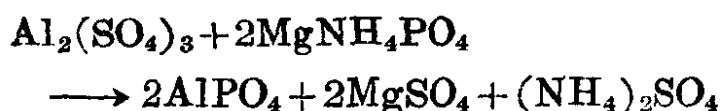
【145】 $MgCl_2$

当氯化镁溶液和硫酸铝共蒸发时,即有氧化铝、硫酸镁形成。



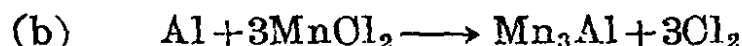
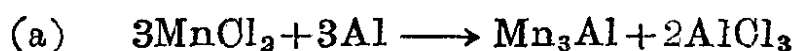
【146】 $MgNH_4PO_4$

当硫酸铝与过量的潮湿的磷酸铵镁共煮沸时,即有磷酸铝形成。



【147】 MnCl_2

(1) 当二氯化锰和金属铝共熔融后, 结果形成一个合金, 后者能划刮玻璃。

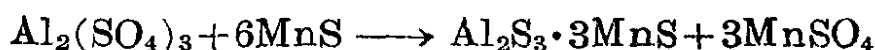


(2) 当无水二氯化锰、氯化钠和铝共熔融时, 结果生成黑灰色结晶粉。



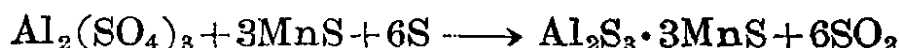
【148】 MnS

当硫酸铝和一硫化锰在尽可能干燥的条件下, 共同加热后, 即生成复硫化物。



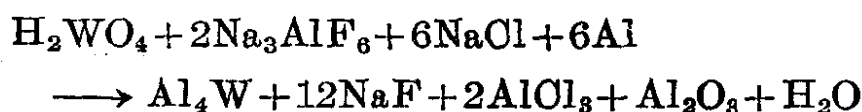
【149】 $\text{MnS} + \text{S}$

当硫酸铝和一硫化锰在尽可能干燥的条件下, 共同与硫加热后, 即有复硫化物形成。



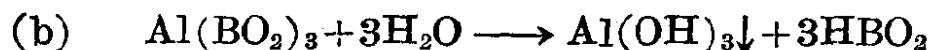
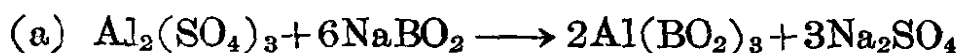
【150】 $\text{Na}_3\text{AlF}_6 + \text{H}_2\text{WO}_4 + \text{NaCl}$

当钨酸、冰晶石、铝和氯化钠的混合物共熔融时, 即有铁灰色粉末结晶形成。



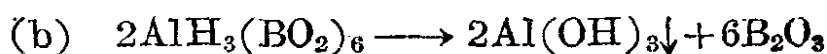
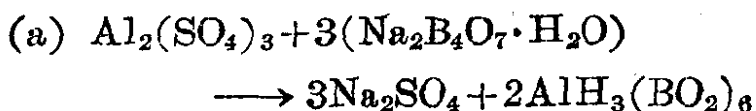
【151】 NaBO_2

当硫酸铝溶液与偏硼酸钠处理后, 即有氢氧化铝形成。



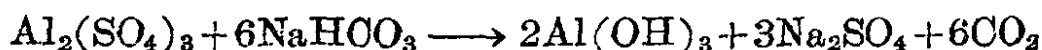
【152】 $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$

当硫酸铝溶液与硼砂处理后, 即有不稳定的偏硼酸氢铝生成, 后者将被分解为氢氧化铝和氧化硼。

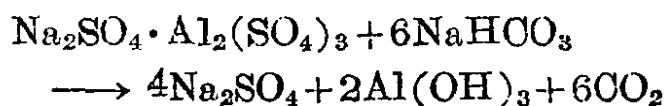


【153】 NaHCO_3

(1) 碳酸氢钠和硫酸铝在溶液中彼此反应时, 即有氢氧化铝、硫酸钠和二氧化碳形成。

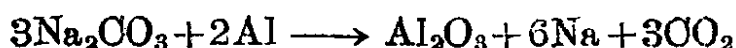


(2) 当硫酸铝钠和碳酸氢钠在焙粉中反应时, 即有二氧化碳产生。



【154】 Na_2CO_3

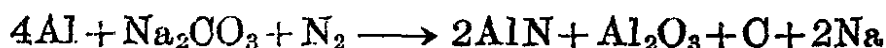
(1) 在高温下, 铝可还原碳酸钠, 结果有氧化铝和钠形成。



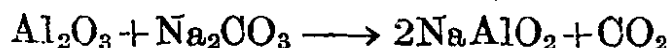
(2) 当碳酸钠与铝共强热时, 即有游离碳和铝酸钠形成。



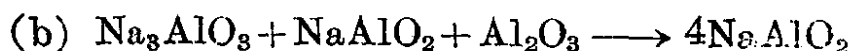
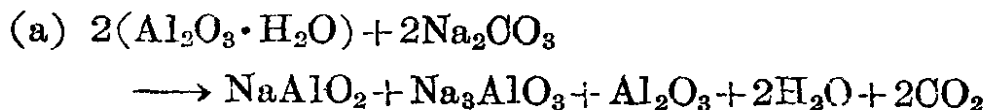
(3) 当铝和干燥的碳酸钠在石墨坩埚中于氮气流下加热(中等温度)时, 即有氮化铝形成。



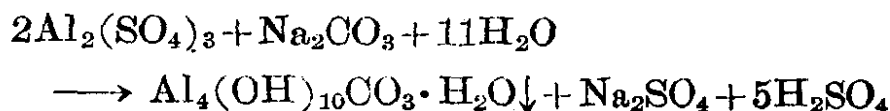
(4) 干燥的氧化铝与碳酸钠共熔融时, 即有偏铝酸钠形成。



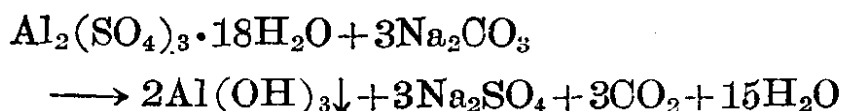
(5) 水合氧化铝与碳酸钠加热至 950°C , 即有偏铝酸钠和铝酸钠形成(a), 后者当加热至 1200°C 时, 即生成偏铝酸钠(b)。



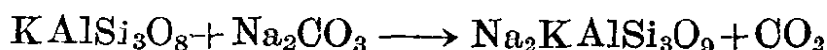
(6) 当硫酸铝溶液与碳酸钠溶液作用时, 即有碱式碳酸铝形成。



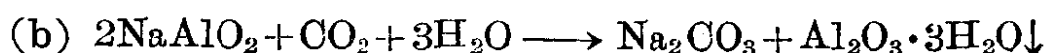
(7) 当硫酸铝的浓溶液与苏打灰的浓溶液混合后, 其反应后产物是一个清洁的溶液, 它在水的澄清工作方面是十分有用的。应用氢氧化钠或碳酸氢钠, 亦可得到相似的溶液。氢氧化钠在溶解时需要较长的时间, 而碳酸氢钠则发生过多的气体。



(8) 当长石与碳酸钠共加热至 $900 \sim 1000^\circ\text{C}$ 左右, 即有三硅酸铝钾二钠和二氧化碳形成。

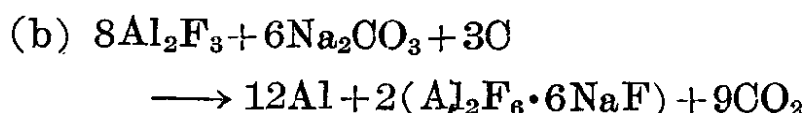


(9) 氧化铝与碳酸钠在 1000°C 左右熔结时, 即有偏铝酸钠形成(a); 将该混合物经水沥滤后, 再与 CO_2 处理, 则有结晶性三水合氧化铝形成(b)。

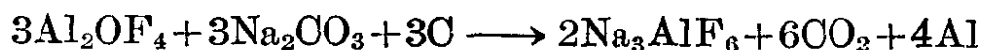


【155】 $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{C}$

(1) 当碳酸钠和氟化铝的混合物进行电解时(以碳为阳极, 铝为阴极), 同时有铝和氟化钠形成。



(2) 当碳酸钠和四氟氧化铝的混合物在电解时(以碳为阳极, 铝为阴极), 即有铝和冰晶石形成。



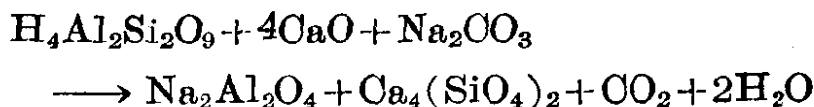
【156】 $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CS}_2$

当氧化铝和碳酸钠在二硫化碳蒸气流下加热时, 即有下列反应产物形成。



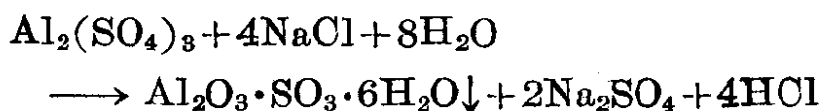
【157】 $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CaO}$

当铝氧土与石灰和碳酸钠的混合物共加热时, 即被分解而生成下列反应产物。



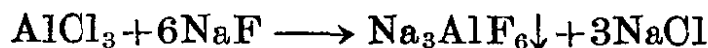
【158】 NaCl

当硫酸铝、氯化钠和水在 130~140°C 共加热 2 或 3 小时, 结果有重的白色粉末析出。

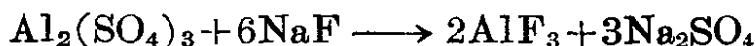


【159】 NaF

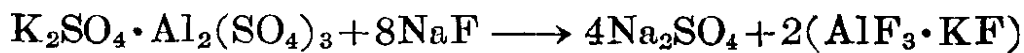
(1) 当氟化钠溶液与氯化铝溶液处理后, 即有冰晶石沉淀析出。



(2) 当硫酸铝加至氟化钠溶液中, 即有氟化铝形成。

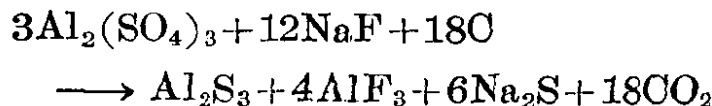


(3) 无水钾矾与氟化钠共熔融后, 即有氟化钾铝形成。



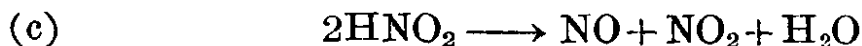
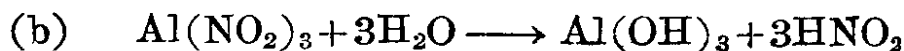
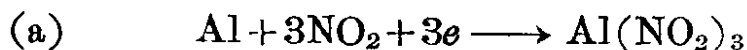
【160】 NaF + C

当硫酸铝、氟化钠和碳的混合物共加热时, 即有硫化铝形成。



【161】 NaNO₂

以铝作阳极, 电解亚硝酸钠溶液, 其产物为氢氧化铝、一氧化氮和亚硝酸。



【162】 Na₂OsO₄

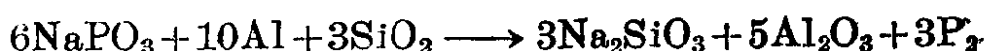
钨酸钠的碱性溶液与铝作用后, 即有元素钨定量地析出。



【163】 NaPO₃ + SiO₂

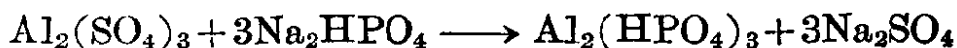
由铝、二氧化硅、偏磷酸钠组成的混合物共加热至红色, 即有

硅酸钠、氧化铝和磷生成。



[164] Na_2HPO_4

当硫酸铝溶液用磷酸氢二钠溶液 (1/20 摩/升) 在甲基红参加下滴定时, 即有磷酸氢铝形成。



[165] Na_3PO_4

当氯化铝溶液与磷酸钠处理时, 即有磷酸铝形成。



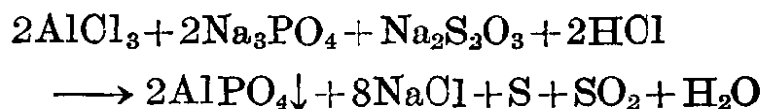
[166] $\text{Na}_3\text{PO}_4 + \text{CS}_2$

当氧化铝在二硫化碳蒸气的气氛下与磷酸钠共加热时, 即有复合物形成。



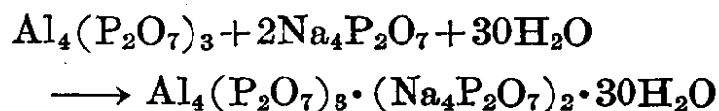
[167] $\text{Na}_3\text{PO}_4 + \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{HCl}$

当含有氯化铝、盐酸和磷酸钠的溶液与过量的硫代硫酸钠煮沸时, 即有磷酸铝形成。

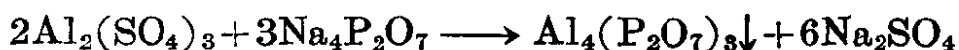


[168] $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$

(1) 当焦磷酸铝加至焦磷酸钠溶液中, 经较长的时间后, 溶解即全部完成, 其生成的溶液经若干时间后, 即有细微的棱晶(含有 30 分子水的水合焦磷酸铝钠的复盐)形成。

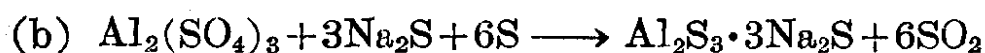
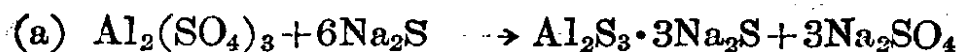


(2) 当硫酸铝溶液和焦磷酸钠溶液混合后, 即有焦磷酸铝的糊块物沉淀形成。

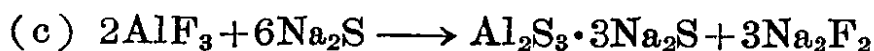
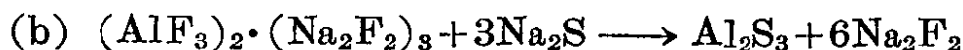
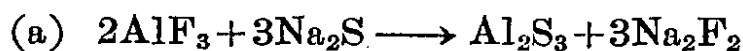


[169] Na_2S

(1) 当硫酸铝在无水情况下与硫化钠加热时, 即有复硫化物形成(a)。当将硫加至上述混合物中, 则发生反应(b)。

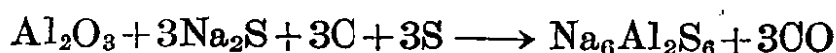


(2) 当氟化铝和硫化钠共加热时, 即有复硫化物形成。

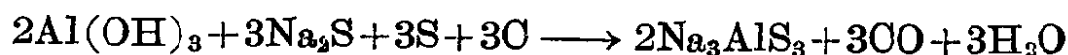


【170】 $\text{Na}_2\text{S} + \text{C} + \text{S}$

(1) 当氧化铝和硫化钠的混合物在粉状的碳和硫参加下共加热时, 结果有硫化铝钠形成。



(2) 当氢氧化铝和硫化钠的混合物在粉状的碳和硫参加下加热时, 结果有硫代铝酸钠形成。



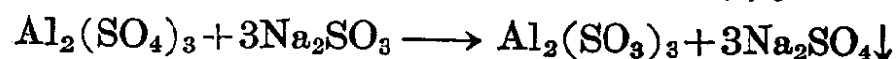
【171】 $\text{Na}_2\text{S} + \text{Na}_2\text{SO}_4$

当氧化铝和硫酸钠在硫化钠参加下加热至发红时, 即有铝酸钠形成。

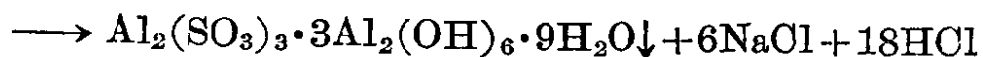


【172】 Na_2SO_3

(1) 当以摩尔比的硫酸铝和亚硫酸钠(细粉)的混合物与小量水处理并冷却后, 即有亚硫酸铝生成(留在溶液中)。

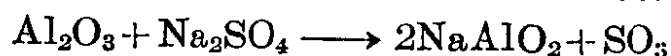


(2) 当氯化铝的稀溶液与亚硫酸钠的稀溶液反应时, 即有白色碱式亚硫酸铝沉淀形成。

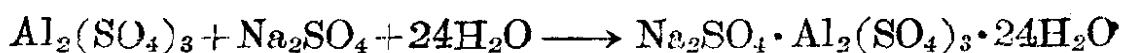


【173】 Na_2SO_4

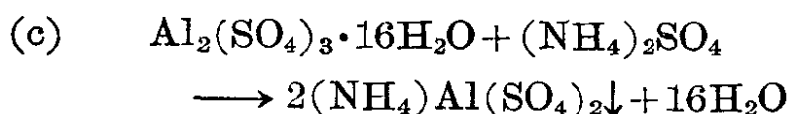
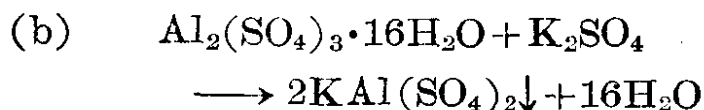
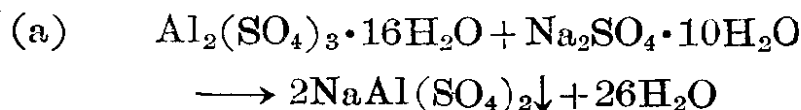
(1) 氧化铝在高温下与硫酸钠反应时, 有三氧化硫释出。



(2) 当硫酸钠和硫酸铝的中性溶液混合后, 将其浓缩至密度为 1.38~1.42 克/厘米³, 冷却, 结果有钠矾形成。

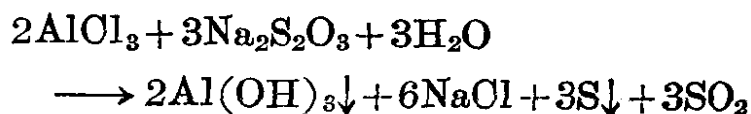


(3) 12 克水合硫酸铝和 27 克水合硫酸钠溶解于 70 毫升水中，加入 5 毫升浓硫酸，溶液予以蒸发浓缩；再加 25 毫升浓硫酸，最后将溶液在 200°C 蒸发之，结果生成没有结晶水的钠矾。与硫酸钾和硫酸铵亦有相同形式的反应。



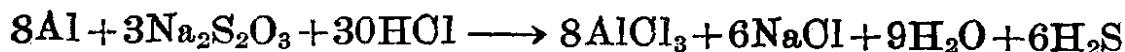
【174】 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

氯化铝的中性溶液能分解硫代硫酸钠溶液，结果有氢氧化铝和硫的混合沉淀析出。



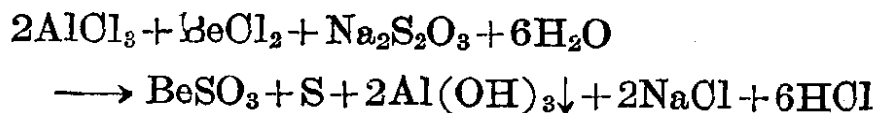
【175】 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{HCl}$

当硫代硫酸钠溶液与铝和盐酸处理后，即有硫化氢定量地释出。



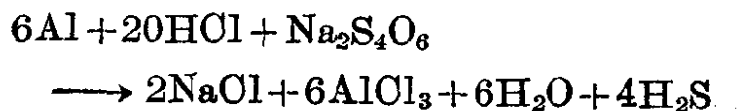
【176】 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{BeCl}_2$

当含有铝和铍的氯化物溶液与硫代硫酸钠处理后，即有氢氧化铝沉淀析出。



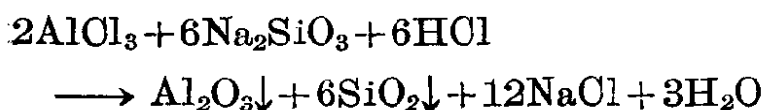
【177】 $\text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$

当铝与盐酸作用后生成的氢，能还原连四硫酸钠，结果有硫化氢释出。

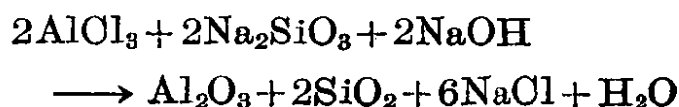


【178】 $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{HCl}$

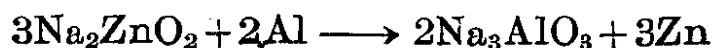
以计算量的盐酸与氯化铝和硅酸钠的溶液同时作用时, 即有氧化铝和二氧化硅形成。

**【179】 $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{NaOH}$**

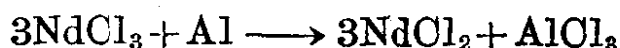
当以对应量的氢氧化钠溶液与氯化铝和硅酸钠(在溶液中)作用时, 即有氧化铝和二氧化硅形成。

**【180】 Na_2ZnO_2**

金属铝与锌酸钠溶液反应时, 即有金属锌和铝酸钠形成。

**【181】 NdCl_3**

在加热的情况下, 铝可还原氯化钕, 待生成的三氯化铝挥发掉后, 即留下二氯化钕

**【182】 NH_4Cl**

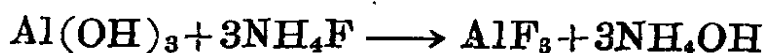
当铝酸钠溶液与氯化铵共煮沸时, 即有氢氧化铝沉淀形成。

**【183】 NH_4HF_2**

当氢氧化铝与氟氢化铵处理后, 将此混合物加热至沸达 15 分钟, 结果有很细的白色沉淀氟铝酸铵形成。

**【184】 NH_4F**

(1) 当氢氧化铝与氟化铵作用时, 即有氟化铝形成。

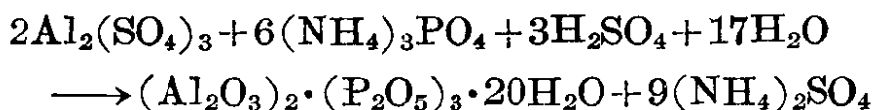


(2) 氢氧化铝溶解于氟化铵的热而浓的溶液后, 将其过量的水蒸发除去, 即有白色结晶形成。

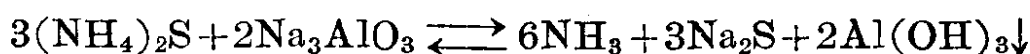


[185] $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$

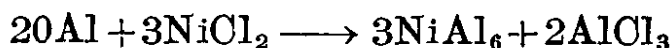
当2摩硫酸铝与6摩磷酸铵及若干硫酸共加热时, 即有酸性磷酸铝形成。

**[186] $(\text{NH}_4)_2\text{S}$**

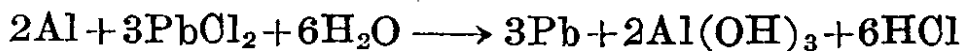
在常温下, 铝酸钠的碱性溶液与硫化铵作用时, 即有部分的铝被沉淀析出。在沸点温度时, 由于氨被驱除, 铝即被完全地沉淀出来。

**[187] $\text{NiCl}_2(\text{NaCl})$**

当铝、氯化镍和氯化钠共熔融时, 即有大的白色结晶叶片形成。

**[188] PbCl_2**

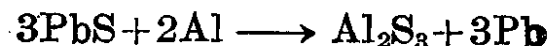
金属铝甚易与氯化铅溶液反应, 结果有金属铅形成。

**[189] PbCrO_4**

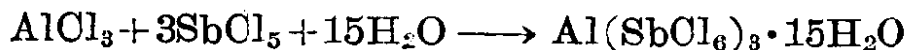
金属铝与铬酸铅的碱性溶液反应, 即有铅与铬酸形成。

**[190] PbS**

在坩埚中放置粉状硫化铅, 然后在其上面加入粉末状铝, 共熔融之, 倒入模型中, 冷却。则底层是铅, 中层是过量的铝, 上层是硫化铝。

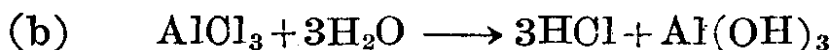
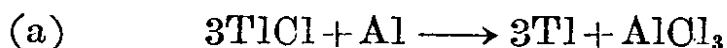
**[191] SbCl_5**

当氯化铝与五氯化锑的溶液相互反应时, 即有淡黄绿色吸水性的针状结晶物(偏氯锑酸铝)形成。

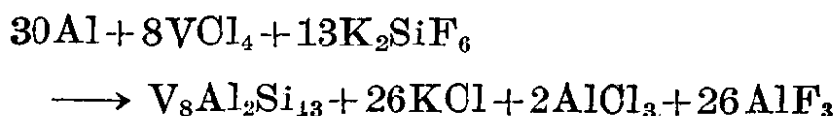


【192】 TlCl

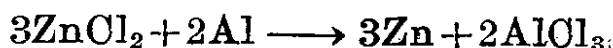
当金属铝与一氯化铊溶液于 90°C 反应时, 即有金属铊形成。

**【193】 VCl₄ + K₂SiF₆**

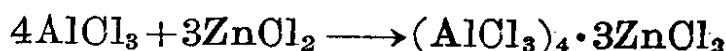
当四氯化钒、氟硅酸钾与铝的混合物经共熔融后, 即有明显金属光泽的硅化铝钒晶体生成。

**【194】 ZnCl₂**

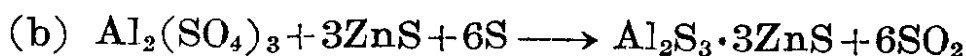
(1) 金属铝与无水氯化锌作用后, 即有氯化铝形成, 同时锌被还原。



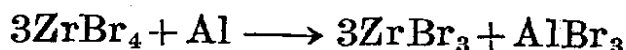
(2) 氯化铝与氯化锌作用后, 生成氯化锌铝复盐。

**【195】 ZnS**

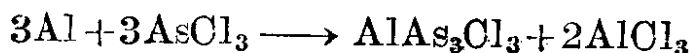
当硫酸铝和硫化锌在尽可能干燥的情况下共同加热时, 即有硫化锌铝形成(a)。上述混合物在加热前与额外的硫处理后, 则将按反应(b)进行。

**【196】 ZrBr₄**

四溴化锆蒸气和氢的混合气体, 通入置于电炉中加热至 450°C 的铝箔表面上, 即有三溴化锆和溴化铝形成。

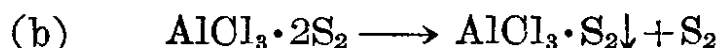
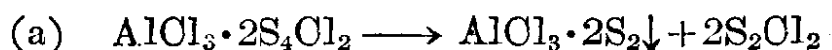
**【197】 AsCl₃**

当铝与三氯化砷在 140°C 于试管中加热一个长时间(在少量氯化铝参加下), 即有三氯化三砷铝形成。

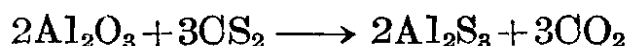


【198】 CS₂

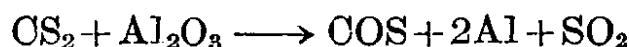
(1) 将氯化铝和一氯化硫及硫反应后的铝络合物, 用二硫化碳提取后, 即得二个络合铝化合物。



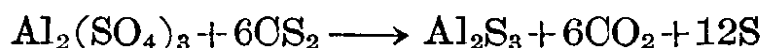
(2) 当二硫化碳蒸气通入已加热至红的氧化铝和煤的混合物上, 即有硫化铝形成。



(3) 二硫化碳在高温时与氧化铝作用时, 即有碳酰硫形成。



(4) 无水硫酸铝在曲颈甑中加热至暗红时, 即导入二硫化碳, 冷却, 便有硫化铝形成, 同时有硫析出。



【199】 CS₂ + Br

当溴的二硫化碳溶液加至溴化铝的二硫化碳溶液中, 即有油状物质(黑红色)形成。加入较多的溴后, 则将有结晶析出。



【200】 KNH₂

当汞齐化的铝溶解于氨基(化)钾溶液中后, 即有下列反应产物生成。

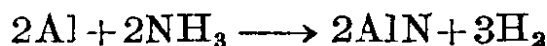


【201】 NH₃

(1) 将铝粉置于瓷管中, 加热至熔化温度, 并通入氨气, 即有下列反应发生。



(2) 氨与铝粉在 820~850°C 下反应, 即生成氮化铝。

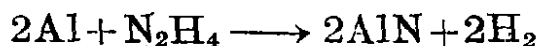


【202】 $\text{NH}_3 + \text{K}$

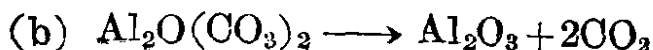
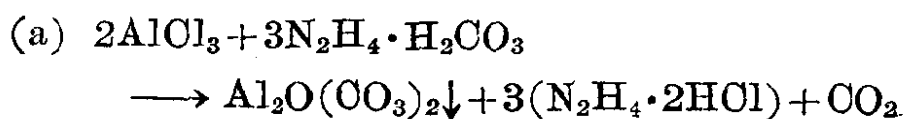
汞齐化的铝与液氨的钾溶液反应,即有下列反应产物生成。

**【203】 N_2H_4**

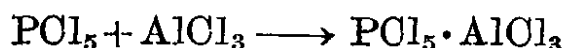
当铝粉在肼蒸气中加热至微红时,即有氮化铝生成。

**【204】 $\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{CO}_3$**

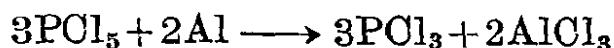
氯化铝溶液和碳酸肼反应,即有碱式碳酸铝沉淀形成(a),沉淀物经灼烧后,即有氧化铝生成(b)。

**【205】 PCl_5**

(1) 五氯化磷与氯化铝作用后,即有氯磷酸铝形成。



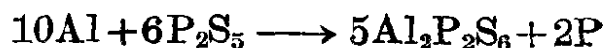
(2) 五氯化磷与铝共加热时,二者剧烈地反应,结果有三氯化磷和氯化铝形成(假定后者被允许蒸馏时)。



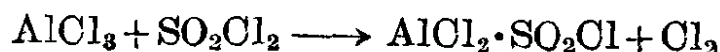
(3) 五氯化磷与铝作用时,即有氯磷酸铝形成。

**【206】 P_2S_5**

当五硫化二磷与铝在燃烧管中共加热时,结果有硫代连二磷酸铝形成。

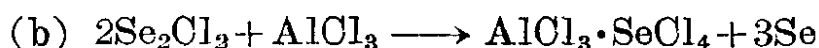
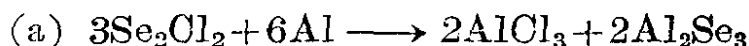
**【207】 SO_2Cl_2**

将新近升华和磨细的氯化铝(15克)加至磺酰氯中,并不断予以搅拌,直至溶解完全为止,同时升高温度($0 \sim 30^\circ\text{C}$)。过滤后,则得到铝磺酰氯的溶液。这个溶液在空气中能发生强烈的烟雾,遇水即被分解。

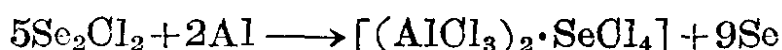


[208] Se_2Cl_2

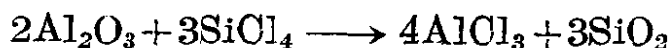
(1) 一氯化硒与铝在室温时并不反应,但在 80°C 时即发生剧烈的反应(a)。当一氯化硒过量时,则有复合物形成,同时有游离硒释出(b)。



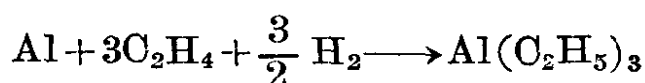
(2) 当铝和一氯化硒共加热 12 小时,结果有复合物形成。

**[209] SiCl_4**

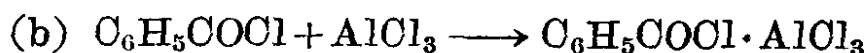
当氧化铝与四氯化硅共加热至 $270 \sim 280^\circ\text{C}$ (在熔融管中)时,即有氯化铝和二氧化硅形成。

**[210] $\text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2$**

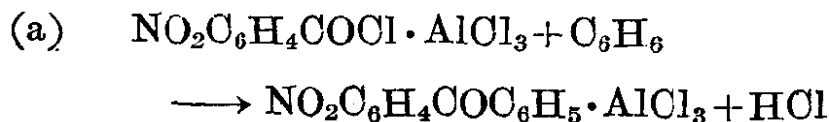
铝在高压条件下与乙烯和氢反应,可生成三乙基铝。

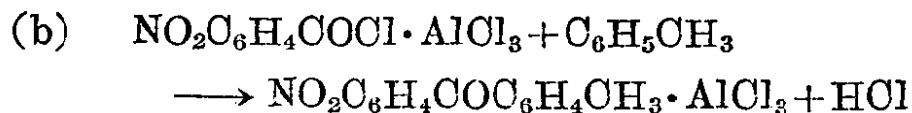
**[211] C_6H_6**

干燥的氯化铝和芳香烃(例如苯)或苯酰氯作用,即生成不稳定的加成结晶产物,该晶体在湿气下即行分解。

**[212] C_6H_6 、 $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$**

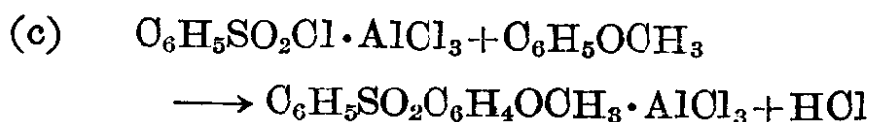
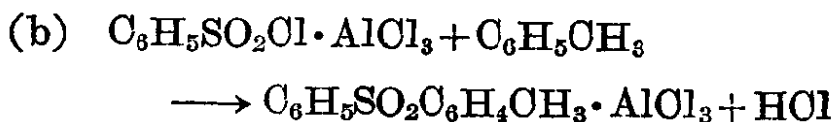
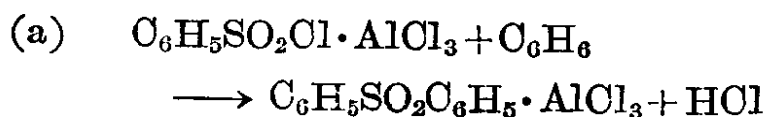
将苯加至对(或间)-硝基苯甲酰氯-氯化铝的纯净干燥的二硫化碳溶液中,苯即与芳香化合物中的氯反应生成相应的酮,经真空蒸发除去溶剂后,有结晶析出(a)。如再将该复合物在 80% 乙醇中煮沸分解,并徐徐冷却、结晶,结晶物继用乙醇洗涤,即可得纯的对(或间)-硝基二苯甲酮。甲苯亦可发生类似反应(b)。





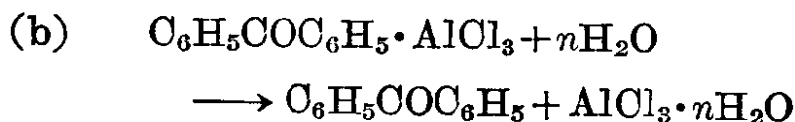
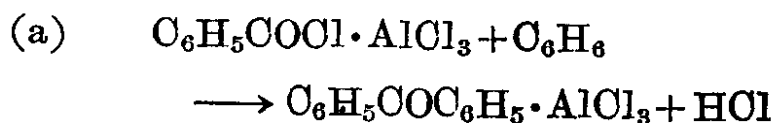
【213】 C_6H_6 、 $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$ 、 $\text{C}_6\text{H}_5\text{OCH}_3$

将苯加至含有苯磺酰氯-氯化铝的纯净干燥的二硫化碳溶液中, 苯与苯磺酰氯中的氯反应而形成相应的砒, 经真空蒸发除去溶剂后, 即结晶出来(a)。如再将该复合物在 80% 乙醇中煮沸分解, 并徐徐冷却、结晶, 结晶物继用乙醇洗涤, 则可得到纯的二苯砒。甲苯或苯甲醚亦可发生类似反应(b)(c)。



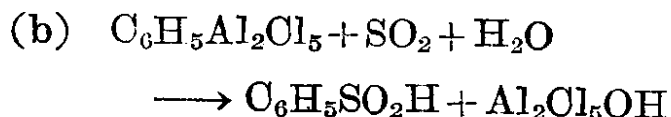
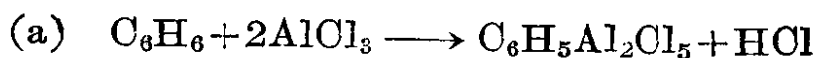
【214】 $\text{C}_6\text{H}_6 + \text{H}_2\text{O}$

将苯加至苯甲酰氯-氯化铝的纯净干燥的二硫化碳溶液中, 苯即取代苯甲酰氯中的氯, 生成二苯甲酮-氯化铝(a), 这就是弗瑞德-克来福特(Friedel-Crafts)反应。后者再与水反应后, 即有定量纯净的二苯甲酮生成(b)。



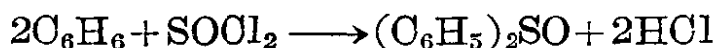
【215】 $\text{C}_6\text{H}_6 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

当苯和氯化铝的混合物吸收了二氧化硫后, 再加水处理, 即有苯亚磺酸形成。

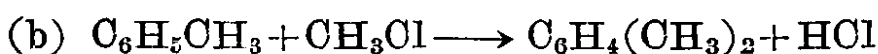
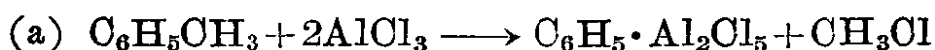


[216] $C_6H_6 + SOCl_2$

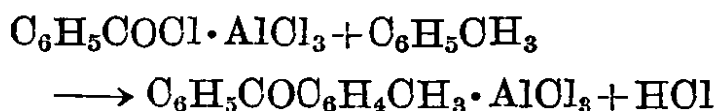
在氯化铝的存在下, 苯与亚硫酸(二)氯作用, 即有纯的二苯亚砷生成。

**[217] $C_6H_5CH_3$**

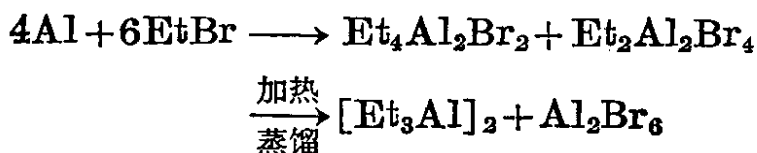
(1) 甲苯和粉状铝的混合物, 在蒸气浴上加热回流, 再加入盐酸经蒸馏处理, 即可分离出二甲苯(b)和苯(c)。



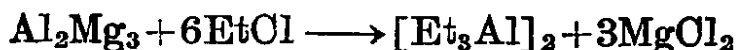
(2) 将甲苯加至苯甲酰氯-氯化铝的纯净干燥的二硫化碳溶液中, 即有甲基二苯甲酮-氯化铝形成。经真空蒸发除去溶剂和过量的甲苯后, 即有该化合物结晶析出, 并能在暗处保存几天。

**[218] RX**

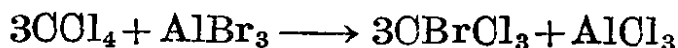
(1) 铝可与卤代烷作用生成铝卤代烷, 后者在蒸馏时可热裂成三烷基铝。(Et-乙基)



(2) 铝镁合金可直接与卤代烷作用, 生成三烷基铝。

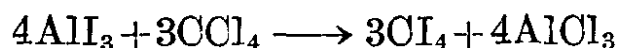
**[219] CCl_4**

(1) 当四氯化碳与溴化铝在室温下反应 3 日后, 即有三氯溴甲烷形成。

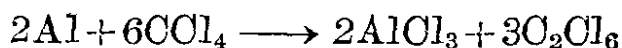


(2) 碘化铝的饱和溶液(在二硫化碳中)与四氯化碳处理后, 再用等容量的二硫化碳稀释之, 冷却至 $0^\circ C$ 。混合物用水洗涤, 然后在没有空气下将二硫化碳蒸馏除去。残留物用亚硫酸钠溶液处

理,以除去碘。

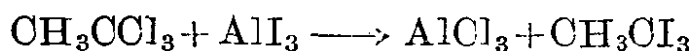


(3) 金属铝与干燥的四氯化碳蒸气,在 $100\sim 120^\circ\text{C}$ 时,可快速反应,生成氯化铝和六氯乙烷。



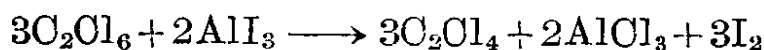
【220】 CH_3CCl_3

当碘化铝与甲基氯仿反应,即有甲基碘仿生成。



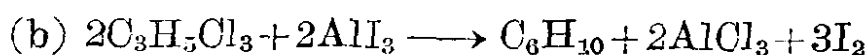
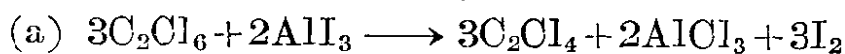
【221】 C_2Cl_6

碘化铝在加热时,与六氯乙烷作用(部分反应)后,即有下列反应形成。



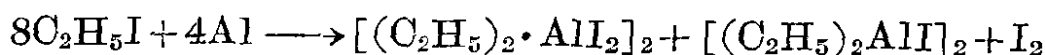
【222】 C_2Cl_6 、 $\text{C}_3\text{H}_5\text{Cl}_3$

碘化铝与六氯乙烷作用时反应较慢,并有四氯乙烯生成(a);但与三氯丙烷作用时,则反应剧烈,同时生成下列反应产物(b)。



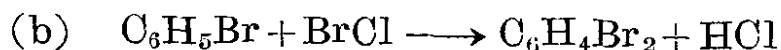
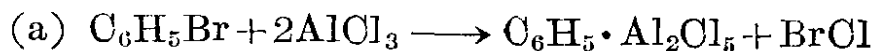
【223】 $\text{C}_2\text{H}_5\text{I}$

在常压, 72°C 的惰性气体环境中,刚蒸馏出来的干燥碘乙烷能与粉状铝迅速反应,生成下列二种产物的混合溶液。



【224】 $\text{C}_6\text{H}_5\text{Br}$

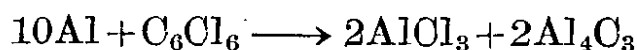
氯化铝与溴苯作用,即有少量的苯、二溴苯及其焦油样物质生成,而大量的反应物均未变化。其反应机理见下列方程式(a)(b)(c)。



【225】 C_6Cl_6

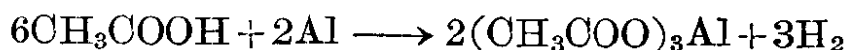
粉状铝与六氯(代)苯混合于封闭管中,并加热至 225°C ,即有

碳化铝生成。该反应系放热反应,宜少量使用,以防爆炸。

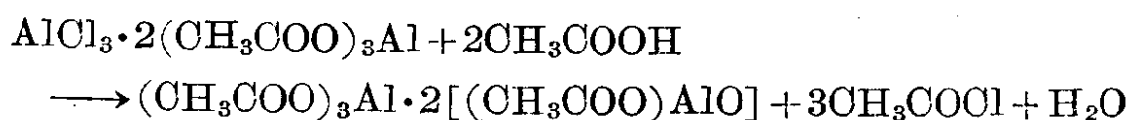


【226】 CH_3COOH

(1) 在 15°C , 当有过氧化氢存在下, 金属铝即可慢慢地溶解于浓的乙酸中, 生成乙酸铝。

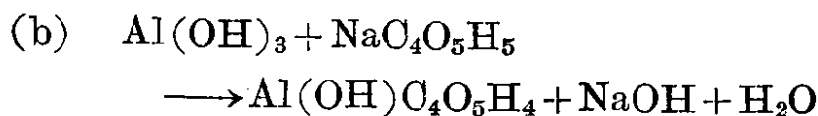
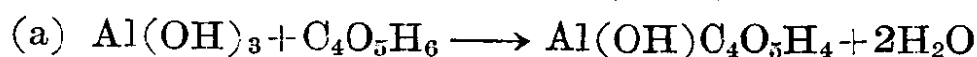


(2) 由氯化铝与乙酸反应后所得的氯化铝-乙酸铝复合物(结晶), 在乙酸(100%)中加热, 溶解, 冷却后, 即形成碱性乙酸铝复合物结晶。



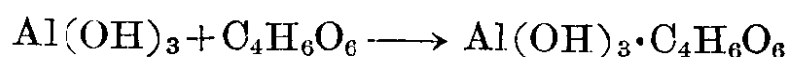
【227】 $\text{C}_4\text{O}_5\text{H}_6$ 、 $\text{NaC}_4\text{O}_5\text{H}_5$

氢氧化铝与苹果酸(a)或苹果酸钠(b)反应, 即生成苹果酸铝。



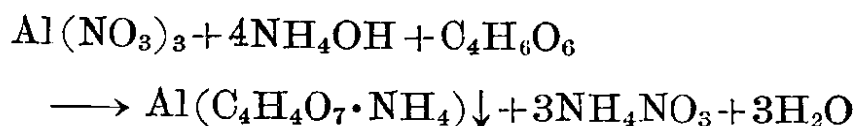
【228】 $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6$

氢氧化铝溶解于酒石酸中, 即生成一个旋光复合物。



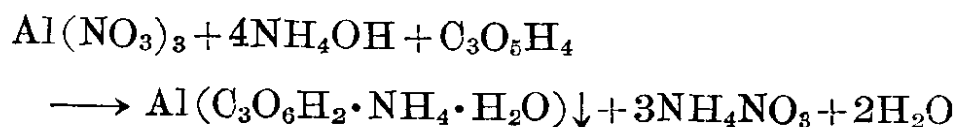
【229】 $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6 + \text{NH}_4\text{OH}$

在酒石酸存在下, 硝酸铝与氢氧化铵反应, 生成可溶性复合物, 后者经乙醇处理后, 即被沉淀析出。



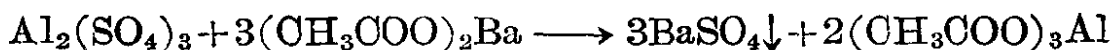
【230】 $\text{C}_3\text{O}_5\text{H}_4 + \text{NH}_4\text{OH}$

在丙醇二酸存在下, 硝酸铝和氢氧化铵反应, 生成可溶性的复合物, 后者如经丙醇处理, 即析出沉淀。



【231】 $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ba}$

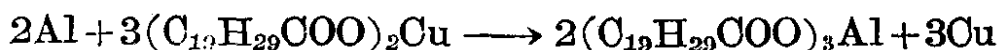
当硫酸铝的浓溶液和乙酸钡混和后,再经振摇,搅拌,并用水稀释后,即有硫酸钡沉淀形成。

**【232】 $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Cu}$**

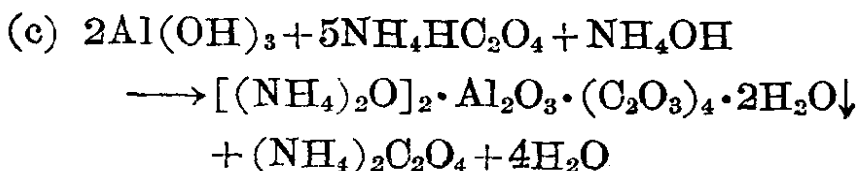
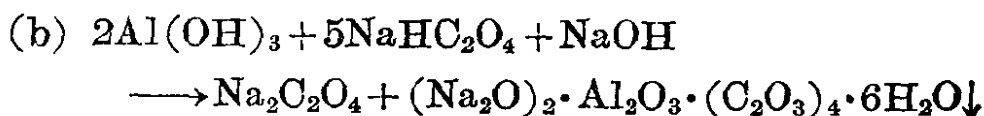
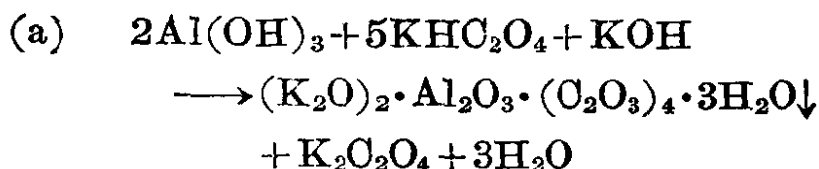
在乙酸铜溶液中,铜可被金属铝缓慢地置换出来。

**【233】 $(\text{C}_{19}\text{H}_{29}\text{COO})_2\text{Cu}$**

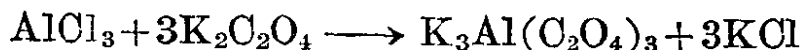
当松香酸铜溶液与铝接触后,则前者中的铜可被铝取代。肉桂酸、乙酰乙酸、软脂酸、十七烷酸、邻苯二甲酸、樟脑酸、月桂酸、己酸和异戊酸的铜盐亦有类似反应发生。

**【234】 KHC_2O_4 、 NaHC_2O_4 、 $\text{NH}_4\text{HC}_2\text{O}_4$**

向已被氢氧化铝饱和的草酸氢钾的浓溶液中(在 100°C 时)加入氢氧化钾(其草酸盐与氢氧化物的比例为 5:1),即有白色结晶形成。与草酸氢钠和氢氧化钠以及与氢氧化铵和草酸氢铵作用时,亦有相同形式的反应发生。

**【235】 $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$**

(1) 氯化铝溶液被草酸钾中和时,生成下列的反应产物。

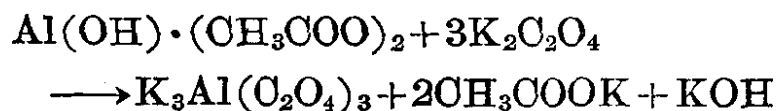


(2) 当草酸铝的稀溶液和草酸钾的稀溶液共混合后,将有草

酸铝钾结晶形成。

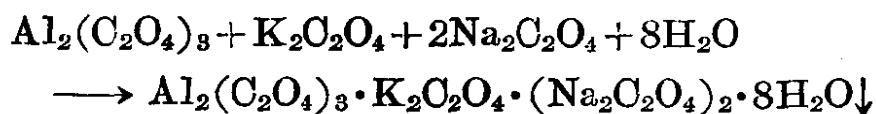


(3) 当碱式乙酸铝溶液用草酸钾使呈碱性后, 即有下列反应产物生成。



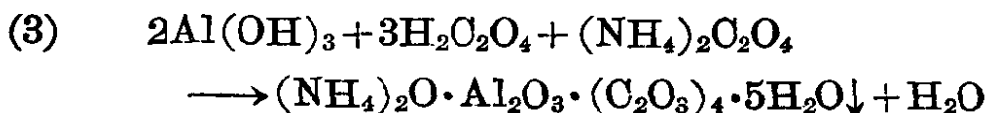
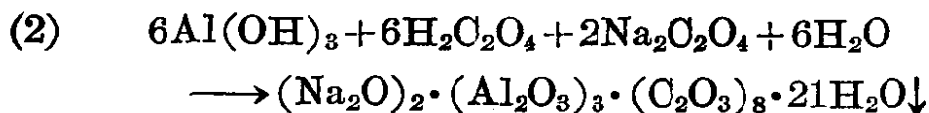
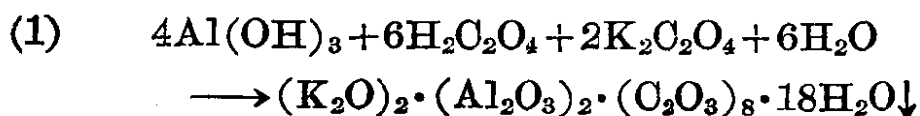
[236] $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4 + \text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$

当草酸铝、草酸钾和草酸钠的稀溶液混合后, 将有草酸铝钾钠的结晶形成。



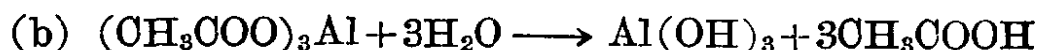
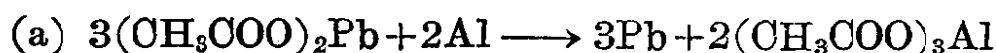
[237] $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 、 $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 、 $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$

向已被氢氧化铝饱和的已知量的草酸溶液中(在 100°C 时)加入草酸钾, 直至达到 3:1 时为止。结果有白色结晶形成。与草酸钠、草酸铵反应时, 亦有相同形式的反应生成。

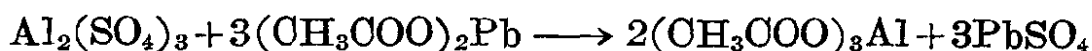


[238] $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}$

(1) 当金属铝与乙酸铅溶液发生缓慢的反应后, 即有金属铅生成。



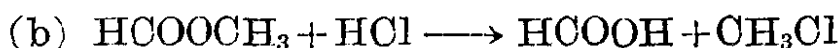
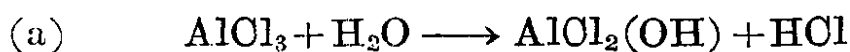
(2) 当乙酸铅与硫酸铝的浓溶液混和后, 即有乙酸铝形成。



[239] HCOOCH_3

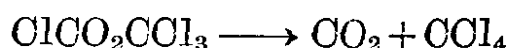
将新鲜制备的氯化铝结晶溶解于含有甲酸甲酯的水溶液中,

则氯化铝先行水解,水解产物中的盐酸再与甲酸甲酯反应,即有甲酸和一氯甲烷形成。



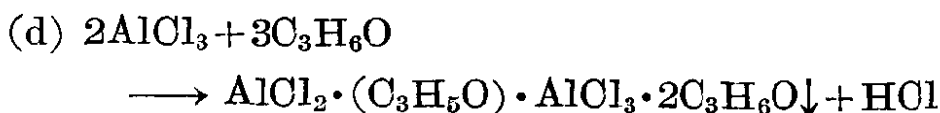
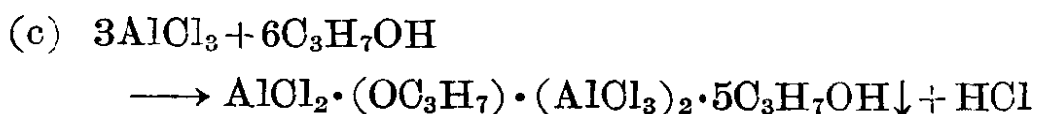
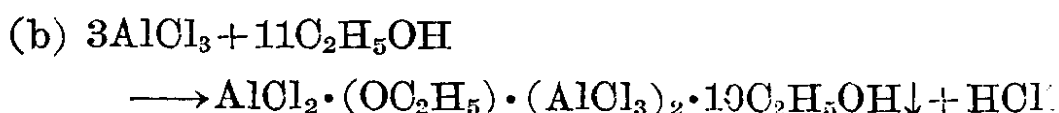
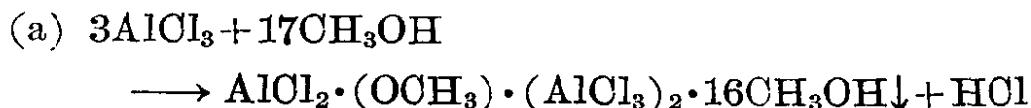
【240】 $\text{ClCO}_2\text{CCl}_3$

在氧化铝存在下,氯甲酸三氯甲酯(双光气)即被分解成四氯化碳和二氧化碳。



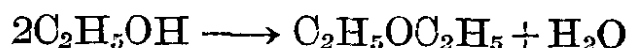
【241】 CH_3OH 、 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 、 $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$ 、 $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$

将氯化铝溶解于甲醇后,再加入乙醚,即形成无色结晶。乙醇、正丙醇、丙酮亦可发生类似反应。

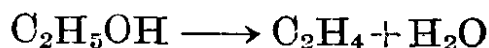


【242】 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$

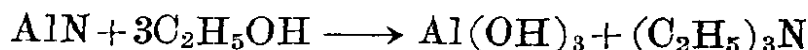
(1) 乙醇与含有 5.5% 水的氧化铝,于 250°C 进行热解,可得到含量为 43% 的乙醚。



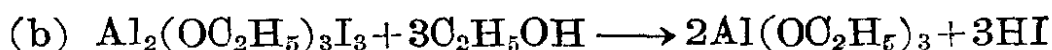
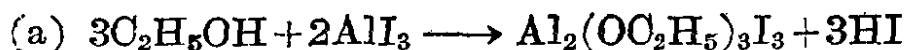
(2) 乙醇蒸气在 350~370°C 下经氧化铝催化脱水后,即生成乙烯。



(3) 在 230°C 下,氮化铝与乙醇在封闭管中反应时,即有氢氧化铝和液态三乙胺形成。

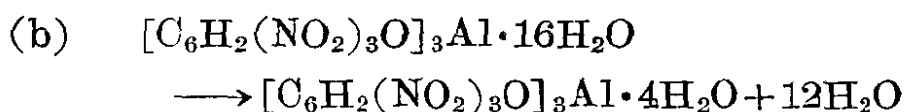
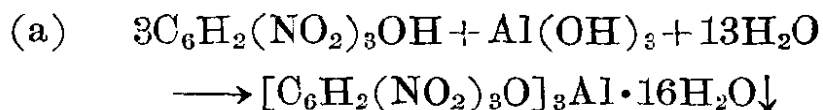


(4) 碘化铝经乙醇处理后,即生成乙醇铝。



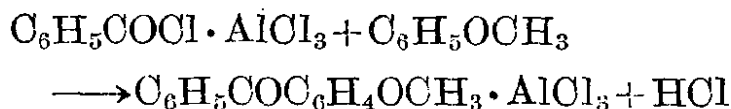
[243] $C_6H_2(NO_2)_3OH$

将新鲜制得的氢氧化铝沉淀与苦味酸水溶液反应数天后, 再浓缩滤液, 冷却, 即形成淡黄色针状的十六水合苦味酸铝, 后者再加热至 $80^\circ C$, 即转变成黄色粉状的四水合苦味酸铝。

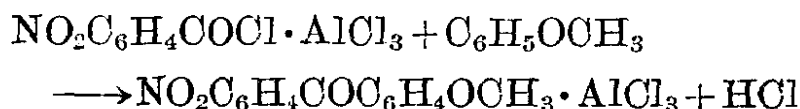


[244] $C_6H_5OCH_3$

(1) 将苯甲醚加至苯甲酰氯-氯化铝的纯净干燥的二硫化碳溶液中, 即有甲氧基二苯甲酮-氯化铝形成。溶液通过真空蒸发除去溶剂时, 即使经过几个星期后, 亦不能使该物质结晶出来。



(2) 将苯甲醚加至对(或间)-硝基苯甲酰氯-氯化铝的纯净干燥的二硫化碳溶液中, 苯甲醚即与芳香化合物中氯反应生成相应的酮, 经真空蒸发, 除去溶剂后, 有结晶析出。如再将该复合物在 80% 乙醇中煮沸分解, 并徐徐冷却、结晶, 结晶物继用乙醇洗涤, 即可得纯的对(或间)-硝基-甲氧基二苯甲酮。



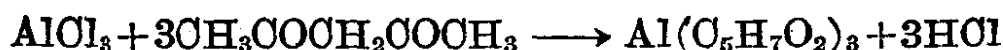
[245] $C_6H_5COC_6H_4OCH_3$

将氯化铝加至含有苯甲酰苯甲醚的纯净干燥的二硫化碳中进行反应, 继而经真空蒸发, 除去溶剂后, 即有结晶性加成物生成。



[246] $CH_3COCH_2COCH_3$

(1) 在氯仿中, 无水氯化铝和乙酰丙酮反应, 即定量生成乙酰丙酮铝。

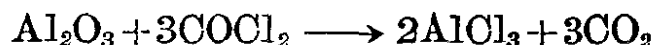


(2) 当硝酸铝与稍过量的乙酰丙酮在不时地加入氨水下回流,即可定量地得到十分纯净的乙酰丙酮铝。

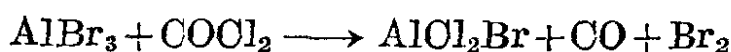


[247] COCl_2

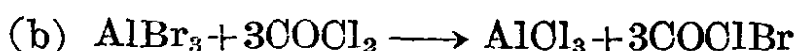
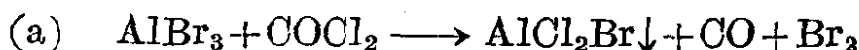
(1) 将碳酰氯通入加热的氧化铝上,即有氯化铝形成。



(2) 碳酰氯在 100°C 与熔融的溴化铝作用时,即有下列反应产物形成。

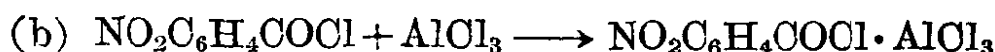
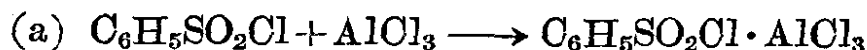


(3) 溴化铝可与碳酰氯反应。当溴化铝过量时,则有一溴二氯化铝形成。当碳酰氯过量时,则有碳酰氯溴形成。



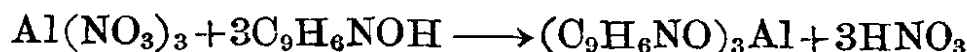
[248] $\text{C}_6\text{H}_5\text{SO}_2\text{Cl}$

在干燥环境中,将氯化铝加至含有苯磺酰氯的干燥纯净的二硫化碳中,即形成结晶性加成物。该加成物对湿气特别敏感,即使在浓硫酸的干燥器中也无法保存。间或对硝基苯磺酰氯亦能发生类似反应。



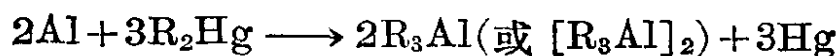
[249] $\text{C}_9\text{H}_6\text{NOH}$

当铝和铍的硝酸盐的混合溶液,经乙酸微酸化后,再加 8-羟基喹啉,则铝被定量地沉淀析出,并因此而与铍分离。



[250] R_2Hg

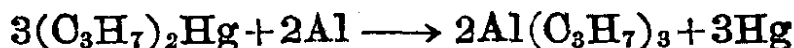
铝可与有机汞化合物反应,形成铝的有机化合物。



[251] $(\text{C}_3\text{H}_7)_2\text{Hg}$

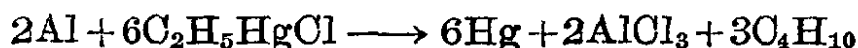
铝与二丙基汞混合后,加热至 130°C ,即生成三丙基铝和金属

汞。



【252】 $\text{C}_2\text{H}_5\text{HgCl}$

在温热的苯中，氯化乙基汞易与铝反应，并有气体产生，该气体可能是正丁烷。



铬 Cr

铬在自然界中主要是以铬铁矿($\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$)的形式存在。

铬是白色发亮的硬金属，密度 7.20 克/厘米³，在 $(1857 \pm 20)^\circ\text{C}$ 时熔化。在常温下，铬对空气和水是十分稳定的。盐酸、氢溴酸、氢碘酸、硫酸和草酸均能溶解铬，而放出氢气并形成亚铬盐或亚铬盐和铬盐的混合物。但在冷硝酸中，铬同铝一样，亦不溶解，而且用硝酸处理后变成钝态。铬往往亦被阳极极化而变为钝态。钝态后的铬仍在空气中保持它的光泽，亦不溶于稀酸，很象贵金属。

铬与氧生成三种氧化物：碱性的氧化亚铬(CrO)；两性的氧化铬(Cr_2O_3)；真正的酸性氧化物铬酸酐(CrO_3)。相当于这三种氧化物的即为三类铬的化合物。

二价铬的化合物：

铬溶于盐酸生成含有二价铬盐——二氯化铬(CrCl_2)的蓝色溶液。如将碱液加入该溶液中，则析出氢氧化亚铬 $[\text{Cr}(\text{OH})_2]$ 的黄色沉淀。此沉淀溶于硫酸即得 CrSO_4 ，余类推。

$\text{Cr}(\text{OH})_2$ 当干燥时即失去氢和水而剩下 Cr_2O_3



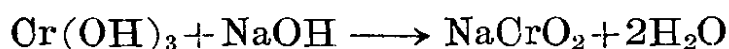
通常二价铬的化合物与氢氧化亚铬相似，非常不稳定，它们能迅速被空气中的氧氧化为三价铬的化合物。只有铬的卤素化合物、磷酸盐、碳酸盐和乙酸盐，可存在于干燥状态；而硫酸盐则仅能存在于溶液中。乙酸亚铬 $[\text{Cr}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2 + \text{H}_2\text{O}]$ 是淡红棕色结晶性物质，不溶于水，但易溶于盐酸。这种溶液亦与其他所有亚铬盐相

似，能吸收空气中的氧气，故常利用这种性质而应用于气体分析中，以测定气体混合物中的氧。

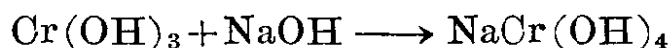
三价铬的化合物：

含有三价铬的化合物都呈绿色或紫色，且都溶于水。其氧化物、氢氧化物、磷酸盐不溶于水，无水氯化物以及硫酸盐在二氧化碳气流中经强烈加热后，亦变为不溶解于水。紫色氯化铬(用干法制得者)不溶于酸，但迅速溶解于含有微量二氯化铬的水中，或有二氯化锡(锡和盐酸)存在的水中。氢氧化铬(淡灰绿色)溶于酸后，常得到绿色溶液，后者长期放置后变为淡绿紫色或紫色，但煮沸时则又回复绿色。硫酸铬与钾、铵、铯、铷的硫酸盐形成所谓铬矾(结晶性)，铬矾同其他铬盐相似，在水溶液中因水解而呈酸性反应。

氢氧化铬 $[\text{Cr}(\text{OH})_3]$ 和氢氧化铝、氢氧化锌等一样，也是两性化合物，它溶于酸生成三价铬盐，溶于碱生成绿宝石色的亚铬酸盐溶液——亚铬酸(HCrO_2)的盐。



但这个反应中的铬亦可认为以络离子 $[\text{Cr}(\text{OH})_4]^-$ 之形式存在，因而将生成下列方程式：



用干法制备的亚铬酸盐(例如 Cr_2O_3 与其他金属氧化物共熔)主要是二价金属盐，其组成为 $\text{M}(\text{CrO}_2)_2$ 。

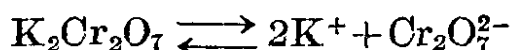
三价铬盐与铝盐很相似，在水溶液中水解很强，并易于转化为各种碱式盐，而且和铝一样，三价铬与弱酸根本不生成盐类。

六价铬的化合物：

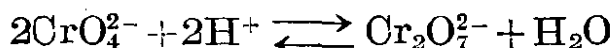
六价铬的主要化合物有铬酐(CrO_3)及其相应的酸(铬酸 H_2CrO_4 和重铬酸 $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)的盐类。两种酸都只能在水溶液中存在，若从溶液中将它们析出时，则立即分解成铬酐和水；但它们的盐类则十分稳定。

铬酸钾(K_2CrO_4)的水溶液含有无色钾离子和黄色 CrO_4^{2-} 阴离子，而重铬酸钾($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)的水溶液则含有无色的钾离子和橙

红色的 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 阴离子。



将任何一种铬酸盐例如 K_2CrO_4 的溶液酸化时，由于 CrO_4^{2-} 离子变成了 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 离子，溶液的纯黄色即变为橙红色。从所得的溶液中，可以析出橙红色结晶的重铬酸盐($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)。铬酸盐转变为重铬酸盐的反应可用下列方程式表示：

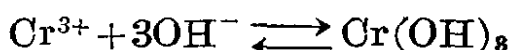


上述反应是可逆的。当重铬酸盐溶于水时，则由于 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 离子与水相互作用的结果(溶液呈酸性反应)，常产生某些数量的 H^+ 离子和 CrO_4^{2-} 离子，虽然其数量甚微。如果在这样的溶液中加入碱，则氢氧离子将与溶液中的氢离子相结合，上述平衡开始向左移动，结果重铬酸盐又重新变成铬酸盐。

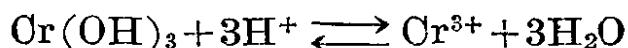
铬离子的反应

【1】 碱金属的氢氧化物

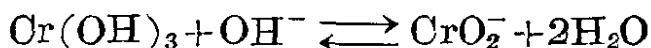
碱金属的氢氧化物与铬盐溶液生成淡灰绿色胶粘性氢氧化铬沉淀：



沉淀甚易溶解于稀酸中：



沉淀亦易溶解于过量冷的碱金属氢氧化物溶液中，并形成绿色亚铬酸根离子：



溶液如加热时，这个反应往往很易反向，而且亚铬酸根离子被水解，氢氧化铬又沉淀。这些反应表明氢氧化铬是两性的，因为亚铬酸根离子在煮沸时即完全水解，故其酸性必然相当弱。与氢氧化铝比较，氢氧化铬是比较弱的酸，因为铝酸钠在沸液中是相当稳

定的。

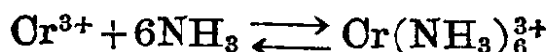
【2】 氢氧化铵

氢氧化铵与铬盐溶液可生成淡灰绿色的氢氧化铬沉淀。



如果有乙酸根离子存在而没有其他三价金属离子存在时，则氢氧化铬并不沉淀析出。此外如有酒石酸盐或柠檬酸盐存在，亦可防止氢氧化铬沉淀。这个沉淀是非常难溶于过量的氢氧化铵中，因为这个化合物(沉淀)是一个相当弱的酸，故它并不能溶解于弱碱(氢氧化铵)而形成任何可见量的亚铬酸根离子。

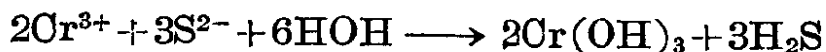
氢氧化铬沉淀在加有铵盐的过量氢氧化铵中仅有微量溶解。但没有绿色亚铬酸根离子形成，不过溶液却变为微粉红或淡紫色，并形成 $\text{Cr}(\text{NH}_3)_6^{3+}$ 络离子：



这个络离子尚稳定，但被煮沸时，则可能分解，同时有氨释出，结果氢氧化铬沉出。因此在进行沉淀时，最好使用极小过量的氢氧化铵，同时应在沸腾温度时进行。

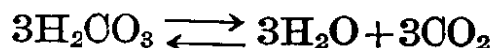
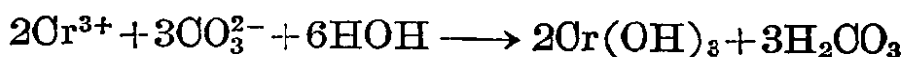
【3】 硫化铵

硫化铵与铬盐溶液生成上述相同的淡灰绿色之氢氧化铬沉淀，而不是硫化铬，这是因为氢氧化铬的溶度积很小，故首先超过硫化铬的溶度积，致有氢氧化铬沉淀形成。



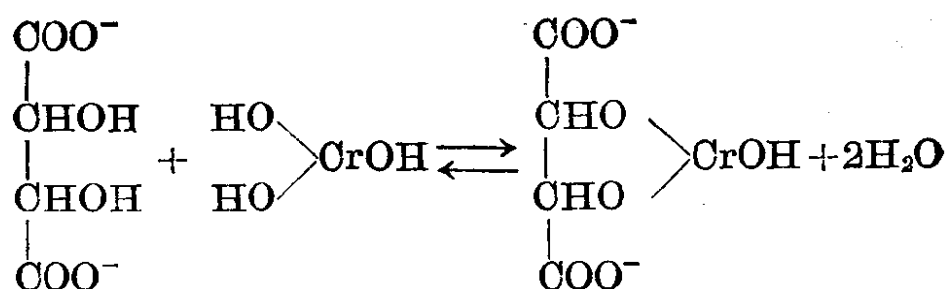
【4】 碱性碳酸盐

碱性碳酸盐与铬盐溶液生成上述同样的沉淀。



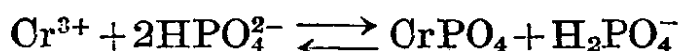
【5】 酒石酸根和柠檬酸根离子

酒石酸根和柠檬酸根离子以及其他多羟基化合物，如糖和淀粉等，能防止上面所述的各种试剂与铬盐生成氢氧化铬沉淀。这种性质的解释与氢氧化铝情况相同。



【6】 碱金属的磷酸盐

碱金属的磷酸盐遇铬盐溶液即生成绿色胶粘性的磷酸铬沉淀, 这个溶液由于形成一代磷酸根离子之故而变为酸性。



这个沉淀易溶于稀强酸及冷浓乙酸。当其乙酸溶液被煮沸时, 磷酸盐即又沉出。

【7】 乙酸钠

乙酸钠溶液遇铬盐无沉淀发生, 即使溶液煮沸, 亦不生成沉淀。

铬离子的氧化反应

【8】 在碱性溶液中

在碱性溶液中, 铬离子非常容易被若干最普通的氧化剂氧化为铬酸根离子。它首先被转变为亚铬酸根离子, 然后变为铬酸根离子。假定反应继续进行, 则溶液变黄, 即表示有铬酸根离子存在。

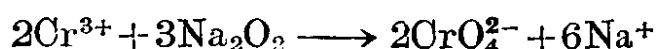
氧化和还原反应有一基本理论, 即某离子被氧化时, 其失去的电子数常等于某离子被还原时所得到的电子数, 本节各反应式都根据这一原理写出。

当三价铬离子被氧化至铬酸根离子时, 它即失去三个电子, 在这里(铬酸根离子)铬原子为 6 价。通常应先确定每个氧化剂离子能得到多少个电子数, 然后在平衡氧化反应式时, 要使铬离子或亚铬酸根离子和氧化剂离子在反应中电子数的失去和获得应相互均等。在某些反应中常常需要 OH 基, 而在其他情况则需要水分子。

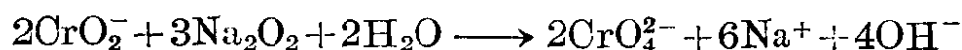
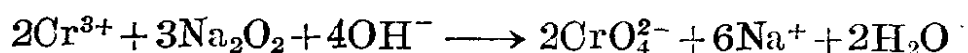
关于所需要的数量，可以在二个主要反应物的平衡方程式写出后确定之。然后再加 OH^- 离子或水分子，而使反应式两边离子的总代数和相等。在这里应当记住，反应中 OH^- 离子均可转变为水，同样地，水分子亦可转变为 OH^- 离子。

过氧化钠在碱性溶液中，能氧化铬离子或亚铬酸根离子为铬酸根离子。在这个反应中，每个过氧化钠分子得到二个电子。假使每个铬离子或亚铬酸根离子失去三个电子，则显而易见，就需要三分子过氧化钠才能氧化二个亚铬酸根离子或铬离子。

其尚未平衡之反应式如下：



在平衡方程式时，在第一式中需要 4 个 OH^- 离子，在第二式中则需要二个水分子。

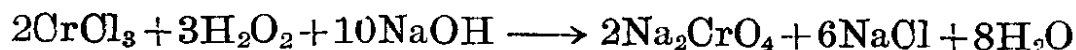


【9】 过氧化氢

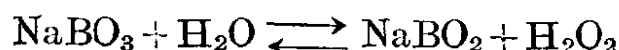
过氧化氢可以认为是酸，而过氧化钠则为它的盐。 H_2O_2 具有与 Na_2O_2 相似的结构式。当它作为氧化剂时，亦能感受到相同的还原作用，因此它与亚铬酸根离子发生作用时，亚铬酸根离子所需电子数目乃与它同 Na_2O_2 作用时所需者相等。



同样，在铬盐溶液中加入过量的 NaOH ，随加 6% H_2O_2 数毫升并煮沸之，即得下列之方程式：

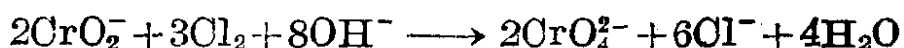


如用小量的过硼酸钠 $\text{NaBO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 煮沸数分钟亦可产生类似反应。因为由此亦可得到 H_2O_2 。

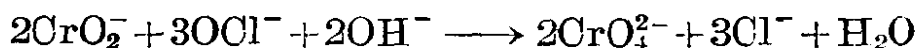


【10】 卤素、次氯酸根及次溴酸根离子

卤素、次氯酸根及次溴酸根离子，在碱性溶液中氧化亚铬酸根离子为铬酸根离子。这个反应进行时，则溶液将由绿变黄。



当次氯酸根离子中的氯原子被还原至氯离子时，其反应方程式为：



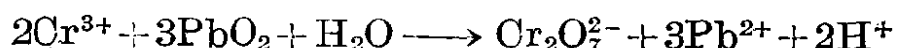
卤素在微酸性溶液中能氧化铬离子为铬酸根离子，其反应方程式为：



从上面反应观之，溶液将很快地变为酸性。当氢离子浓度稍稍增加时，则常因产生逆向反应而使原反应有变慢之倾向。这种阻滞作用可在溶液中加入过量的乙酸钠而防止之，反应之速度亦可借溶液的加热而加速。在上面各个反应中证明，在碱性溶液中，铬酸根离子为铬的稳定形式。

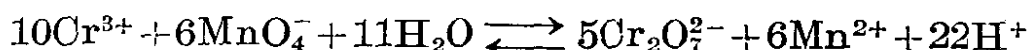
【11】 在酸性溶液中

有没有可能在酸性溶液中将铬离子氧化为铬酸根离子？因为铬酸根离子在酸性溶液中为一氧化剂，故它需要一个仍然较强的氧化剂才能使铬离子形成铬酸根离子。凡能供给氢离子的酸必须没有那些可能被氧化的阴离子，如氯离子。硝酸和硫酸在这方面都可应用。凡能氧化铬离子为铬酸根离子的氧化剂有：高锰酸根、氯酸根、过硫酸根离子及过氧化铅。至于铬原子化合价的变化，乃与其在碱性溶液中相同。这种形式的氧化作用可举例如下：



铅得到二个电子，并被还原至铅离子。

在酸性溶液中，锰（在高锰酸根离子中）得到五个电子并变为亚锰离子，而 Cr^{3+} 离子则被氧化至 CrO_4^{2-} 离子。



在酸性溶液中铬酸根离子并不稳定，且常被转变为重铬酸根离子。



这个情况可由下列事实证明：即当黄色铬酸盐溶液被酸化后，变为橙色。如果在重铬酸盐溶液中加入 OH^- 离子，则上述的反应将逆

向, 铬酸根离子增加, 故溶液又变为黄色。

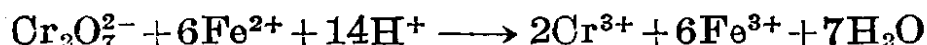
铬酸根离子的还原反应

【12】 在酸性溶液中

在酸性溶液中铬酸根离子或重铬酸根离子一旦被还原后, 即有铬离子形成。

若干普通的还原剂, 如氯离子、溴离子、碘离子、硫离子、亚硫酸根离子、草酸根离子及亚铁离子在酸性溶液中, 均能将 6 价铬 (在铬酸盐中的铬) 还原 (定量地) 为三价铬离子。在所有这些反应中, 铬原子获得 3 个电子。在写方程式时, 则它所获得的电子数必须与还原剂所失去的电子数相互平衡。将还原剂和氧化剂所需的离子数来平衡电子的失去和获得, 然后加足够的氢离子, 这样方程式的两边将有相同的化合价数。氢离子常转变为水。

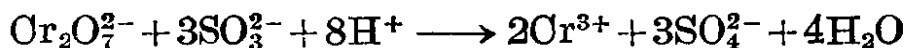
亚铁离子因失去一个电子而被氧化为铁离子。一个重铬酸根离子含有二个铬原子, 这二个铬原子都可得到三个电子, 因而总共可得 6 个电子。其平衡之反应式为:



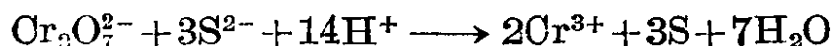
氯离子因失去一个电子而被氧化为游离氯。其平衡之反应式为:



亚硫酸根离子中因硫失去二个电子而被氧化为硫酸根离子。其平衡之反应方程式为:



硫(S^{2-})离子因失去二个电子而被氧化成游离硫, 其平衡之反应方程式为:



从上述所有反应中证明, 在酸性溶液中, 铬离子为铬的稳定状态; 假定铬酸根离子在酸性溶液中与还原剂接触时, 则铬酸根离子即被破坏, 同时因氧化作用关系而破坏其他离子。

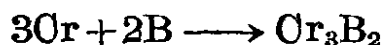
铬及其化合物的反应

【1】 B

(1) 10 克金属铬和 21 克硼在电炉中加热 6 分钟, 即有下列反应发生:



(2) 铬和硼的混合物(硼的含量为 7%) 在氯化氢气流下加热至略带红色, 将其生成的产物移至氧化镁坩埚中并在电炉上加热, 则反应可按下列方程式进行。

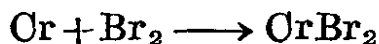


(3) 三氧化二铬和硼在电炉(110 伏, 500 安) 中熔融 3 或 4 分钟, 即有硼化铬和二硼化三铬的混合物形成。

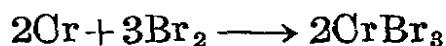


【2】 Br₂

(1) 过量的金属铬在溴和氮的气流中加热至红色, 则有二溴化铬生成

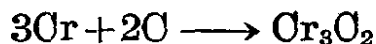


(2) 当溴和加热至红的铬反应时, 生成三溴化铬。

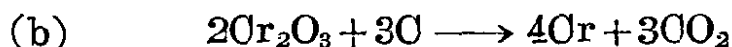
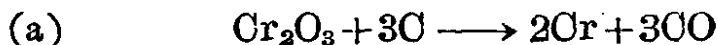


【3】 C

(1) 金属铬和大大过量的碳经混合后, 在电炉(70 伏, 350 安) 中加热 15 分钟, 即有二碳化三铬生成。



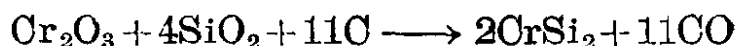
(2) 三氧化二铬和碳在氧-氢(气) 电炉中加热反应后, 即被还原为金属铬。



【4】 C + SiO₂

将三氧化二铬, 木材, 活性碳和过量沙土的混和物在电炉中加

热后,即生成二硅化铬。



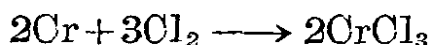
[5] Ca

三氧化二铬和金属钙反应时,很易生成金属铬。

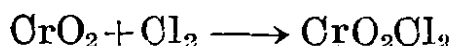


[6] Cl₂

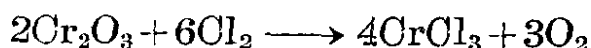
(1) 金属铬在氯的气流中加热至 600°C,即有三氯化铬形成。



(2) 在 250°C 时,氯只能缓慢地和二氧化铬反应。



(3) 未点燃的三氧化二铬在氯气中加热至 440°C,即形成三氯化铬。



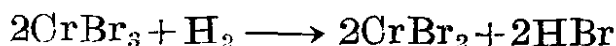
[7] Cl₂ + O₂

四氧化三铬在氯和氧中加热至暗红色,即有铬酰氯形成。

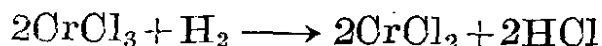


[8] H₂

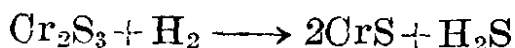
(1) 三溴化铬在氢气流中加热时,即被还原为二溴化铬。



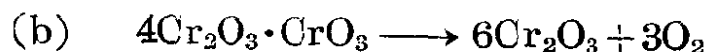
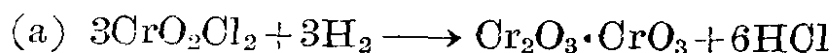
(2) 紫罗兰色的三氯化铬在氢气流中强烈加热时,即有二氯化铬生成。



(3) 三硫化二铬在氢气流中加热至红色,即生成硫化氢和一硫化铬。

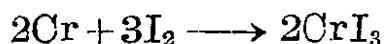


(4) 将铬酰氯蒸气和干燥氢的混和物通入加热至暗红色的管内,即有下列反应发生。

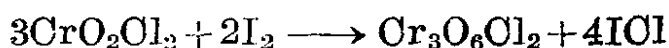


【9】 I₂

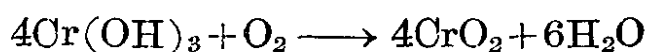
(1) 金属铬在碘蒸气和氮气流中加热至红色, 即有三碘化铬生成。



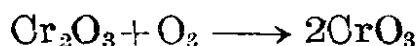
(2) 铬酰氯与碘共处理时, 即形成 $\text{Cr}_3\text{O}_6\text{Cl}_2$ 。

**【10】 O₂**

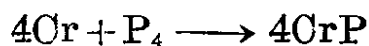
氢氧化铬和氧共加热时, 生成二氧化铬。

**【11】 O₃**

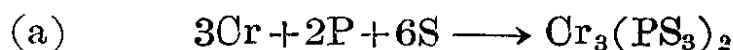
三氧化二铬的氧化作用可按下列反应进行。

**【12】 P**

将磷蒸气和氮气流通至金属铬上, 并加热至 900°C, 即有一磷化铬形成。

**【13】 P + S**

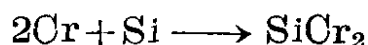
金属铬, 磷和硫的混合物在樱桃红的温度下加热 20 小时, 则有下列二个反应发生。

**【14】 Se + KCN**

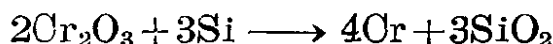
取 1 份三氧化二铬与 5 份硒和 5 份氰化钾的混合物置于密闭的瓷坩埚中加热至嫩红色, 即有硒化铬钾形成。

**【15】 Si**

(1) 当硅和过量的铬共加热时, 即有铬的硅化物形成。

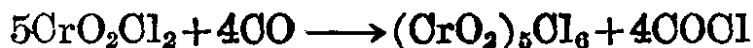


(2) 硅可将三氧化二铬还原为铬, 并生成二氧化硅。



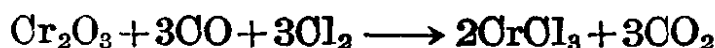
【16】 CO

一氧化碳在阳光照射下与铬酰氯缓慢作用后，即形成(五)铬酰(六)氯。



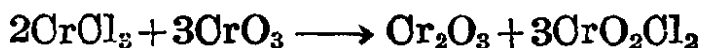
【17】 CO + Cl₂

在高温下，等份的一氧化碳和氯的混和物可使三氧化二铬转化为三氯化铬。无定形氧化物较结晶氧化物的反应来得快。



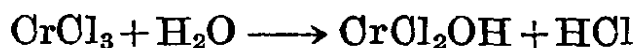
【18】 CrO₃

当三氯化铬与无水三氧化铬共加热时，三氯化铬即被分解为下列生成物。

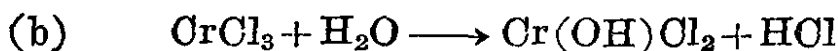


【19】 H₂O

(1) 当三氯化铬溶解于水时，即发生水解。



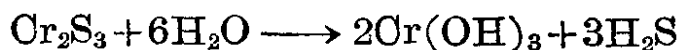
(2) 三氯化铬可水解成氯氧化铬或二氯氢氧化铬。



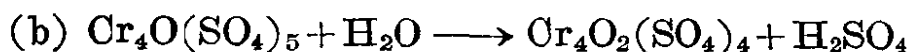
(3) 水可使二氯二氧化铬(铬酰氯)分解生成三氧化铬和盐酸的混合物，并有大量的热释出。



(4) 三硫化二铬在水中水解时，即放出硫化氢并产生氢氧化铬沉淀。



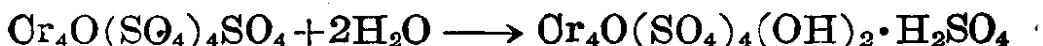
(5) 硫酸铬在水中加热至 100°C，经若干时间后，即有下列反应生成。



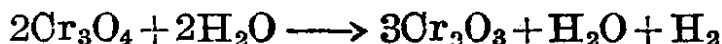
(6) 将硫酸铬的水溶液煮沸时，其所发生之反应可以下列方程式表示之。



(7) 硫酸铬的碱式盐在水解时,即根据下列方程式进行。

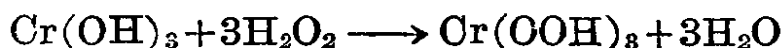


(8) 四氧化三铬在水蒸气中灼烧时即被分解为三氧化二铬。

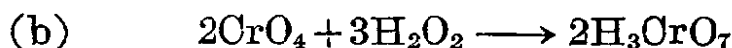
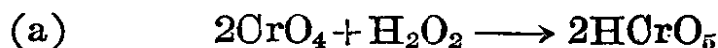


【20】 H_2O_2

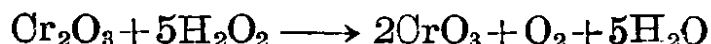
(1) 当 30% 过氧化氢在近乎 0°C 下与新鲜沉淀的氢氧化铬作用时,即有红色过铬酸溶液形成。



(2) 四氧化铬与过氧化氢作用时,发生下列之反应。

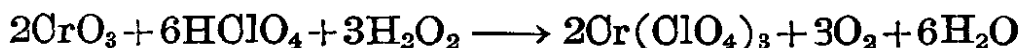


(3) 三氧化二铬与过氧化氢反应,形成三氧化铬、氧和水。



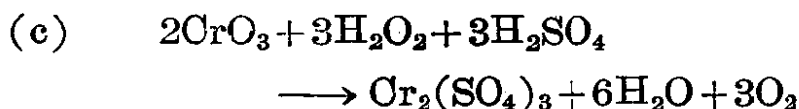
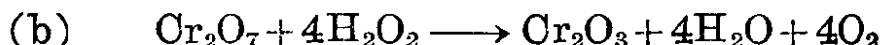
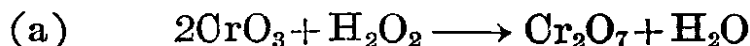
【21】 $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{HClO}_4$

三氧化铬在小量的过氧化氢参加下与高氯酸加热时,即转变为高氯酸盐,其反应如下:



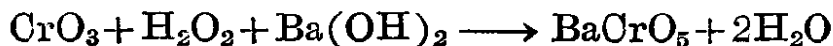
【22】 $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4$

三氧化铬的硫酸溶液与过氧化氢作用时,发生下列之反应。



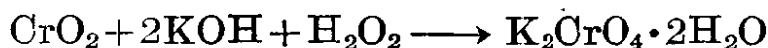
【23】 $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{Ba}(\text{OH})_2$

三氧化铬的冷稀溶液与过氧化氢作用后,再用氢氧化钡处理(直至溶液呈碱性),结果发生下列之反应。



【24】 $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{KOH}$

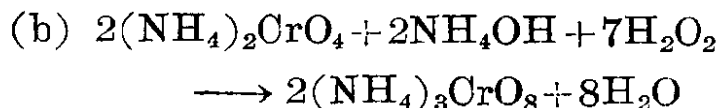
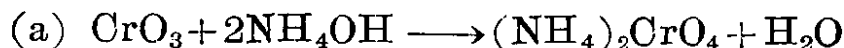
(1) 过氧化氢与二氧化铬在氢氧化钾存在下作用时, 生成铬酸钾。



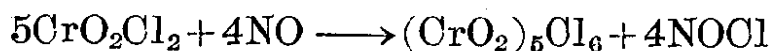
(2) 三氧化铬的氢氧化钾溶液与过量的 30% 过氧化氢作用时, 生成下列之反应。

**【25】 $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{NH}_4\text{OH}$**

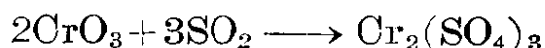
50% 三氧化铬溶液与氢氧化铵作用后冷却至 0°C 。然后徐徐加入 30% 过氧化氢, 并将混合液放置, 即发生下列之反应。

**【26】 NO**

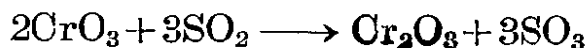
当一氧化氮导入冷的铬酰氯中, 即生成(五)铬酰(六)氯。

**【27】 SO_2**

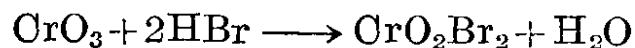
(1) 三氧化铬在水溶液中与二氧化硫反应, 生成硫酸铬。



(2) 干燥的三氧化铬在 180°C 与二氧化硫缓慢反应时, 即形成三氧化硫和三氧化二铬。

**【28】 HBr**

(1) 当无水溴化氢的四氯化碳溶液被加至少量干燥铬酸酐中, 则溶液立即呈高锰酸盐一样的红色, 后者徐徐褪至橙红色。

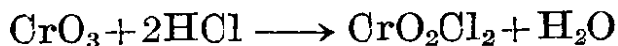


(2) 硝酸铬的浓溶液与氢溴酸的冷的饱和溶液处理后, 即有三溴化铬沉淀生成。

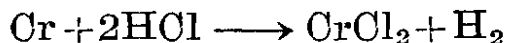


[29] HCl

(1) 将三氧化铬溶解于盐酸中, 并加入小量浓硫酸, 即得铬酰氯。铬酰氯倘予蒸馏, 可获纯品。



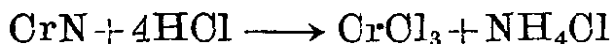
(2) 无水氯化氢气体在高温下通至铬上时, 即有一种白色沉淀物二氯化铬形成。



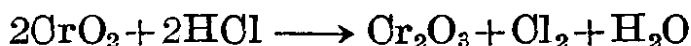
(3) 二氯化铬可被盐酸氧化为三氯化铬。



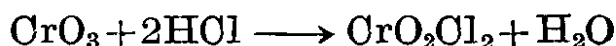
(4) 在红热时, 无水氯化氢可使氮化铬分解为三氯化铬和氯化铵。



(5) 二氧化铬和盐酸反应, 生成三氧化二铬、氯和水。



(6) 在制备铬酰氯时可将三氧化铬溶解在浓盐酸中, 然后加入硫酸, 以除去反应生成的水, 最后用分液漏斗分离出铬酰氯。



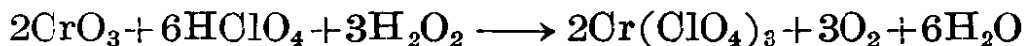
[30] HClO₄

浓高氯酸系一氧化剂, 它能使三价铬变为六价状态。这个反应常用在铬铁矿、铬铁(合金)及不锈钢中铬的定量估计。反应常进行至 99.5% 之完全程度。



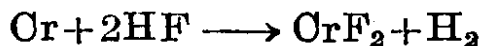
[31] HClO₄ + H₂O₂

三氧化铬与高氯酸在少量过氧化氢参加下进行加热反应时, 即有高氯酸铬形成。

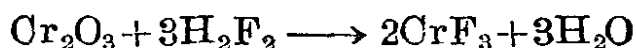


[32] HF

(1) 当氟化氢通至金属铬上, 并加热至红色, 即生成二氟化铬和氢。

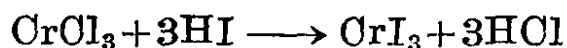


(2) 未点燃的三氧化二铬与氢氟酸溶液处理后, 蒸发至干并灼热, 即得三氟化铬。

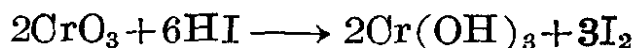


[33] HI

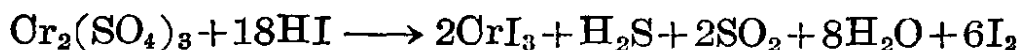
(1) 无水三氯化铬可徐徐溶解于冷的浓氢碘酸, 并能迅速溶解于热酸。



(2) 三氧化铬能氧化氢碘酸。

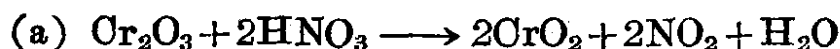


(3) 硫酸铬与氢碘酸作用后, 发生如下反应。



[34] HNO₃

(1) 三氧化二铬与浓硝酸共加热至酸被驱走后, 则三氧化二铬被氧化为二氧化铬(a)。当将二氧化铬在开口的铂皿中加热, 则反应即逆向(b)。

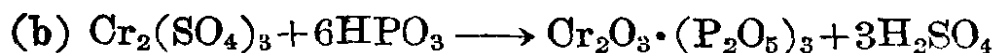
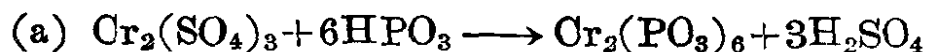


(2) 三氧化二铬与稀硝酸在封闭的试管中加热, 即有下列之反应产物生成。



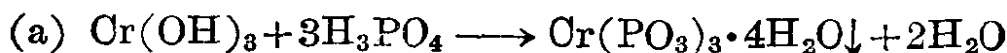
[35] HPO₃

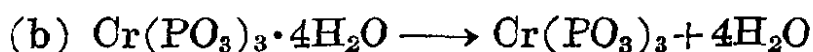
硫酸铬易溶于偏磷酸。当硫酸的烟雾被完全驱走后, 即留下无水偏磷酸铬的绿色粉末(含有小而绿色的光亮结晶)。



[36] H₃PO₄

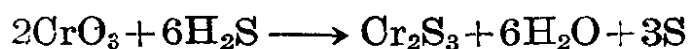
氢氧化铬与磷酸加热时, 即生成偏磷酸铬。当热时, 该产物为绿色的四水合物沉淀, 在红热时, 它即转化为无水盐。



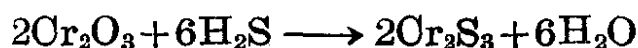


[37] H₂S

(1) 当硫化氢通过干热的三氧化铬时,即发生下列之反应。



(2) 当硫化氢通入加热至白热的三氧化二铬时,即有三硫化二铬生成。



(3) 将硫化氢通至金属铬上,并在电炉中加热至 900°C,即有下列生成物形成。

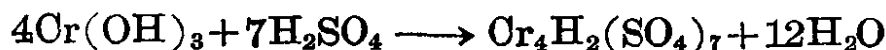


[38] H₂SO₄

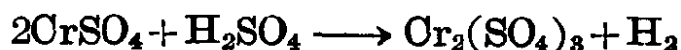
(1) 三氧化铬的水溶液与硫酸和乙醇的混合液在温度不超过 30°C 相互作用时,即有下列之反应生成。



(2) 当氢氧化铬(或可溶性铬酸盐)和过量的浓硫酸混合蒸发时,即有七硫酸二氢四铬形成。

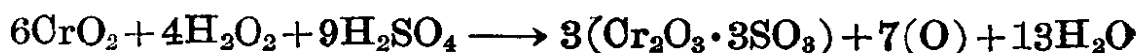


(3) 硫酸亚铬在酸性溶液中,有金属银参加时,将迅速发生自动氧化作用。铬盐能阻滞这个反应。



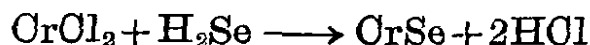
[39] H₂SO₄ + H₂O₂

二氧化铬与过氧化氢在硫酸存在下反应时,即形成铬盐。



[40] H₂Se

(1) 二氯化铬在硒化氢中加热,即形成一硒化铬。



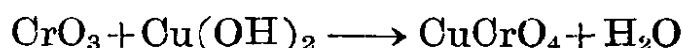
(2) 硒化氢通至三氯化铬上,生成三硒化二铬



[41] Cu(OH)₂

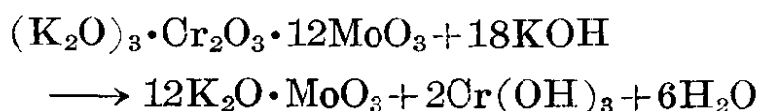
三氧化铬和氢氧化铜混合物置于密封管中,并在 220°C 下加

热 12 小时, 即有铬酸铜生成。当与氢氧化锌和氢氧化镉作用时亦有相似反应发生。



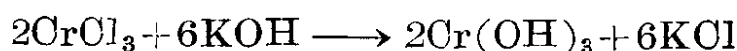
[42] KOH

当铬钼酸钾被氢氧化钾溶液滴定时, 即有氢氧化铬分离析出。



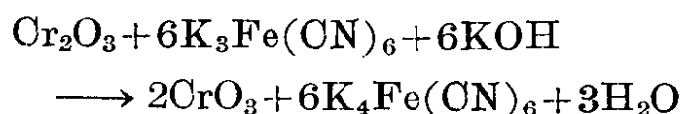
[43] KOH(K₂SO₄)

当三氯化铬在硫酸钾的参加下与氢氧化钾作用时, 即有氢氧化铬沉淀形成。

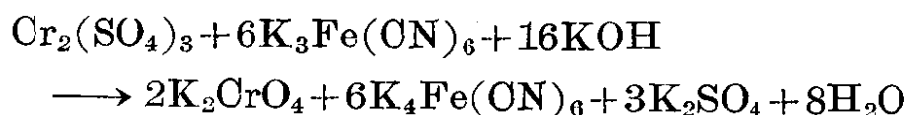


[44] KOH + K₃Fe(CN)₆

(1) 三氧化二铬溶液与铁氰化钾溶液在氢氧化钾的存在下作用时, 发生下列之反应。

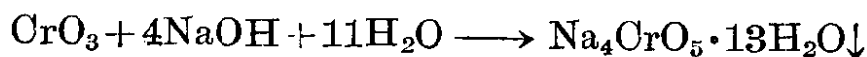


(2) 硫酸铬溶液与铁氰化钾和氢氧化钾作用时, 发生下列之反应。

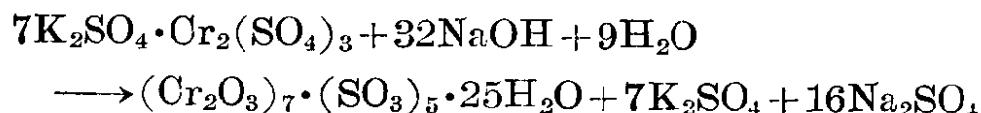


[45] NaOH

(1) 三氧化铬溶液遇微过量的氢氧化钠, 即生成下列之反应。

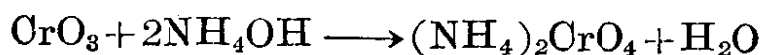


(2) 当以 2~5 摩氢氧化钠加至 1 摩钾铬矾的溶液中时, 即有固定的碱式硫酸盐沉淀析出。



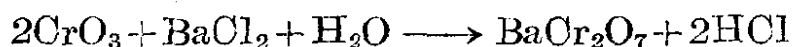
[46] NH₄OH

純粹的三氧化铬与氢氧化铵作用时, 生成铬酸铵。

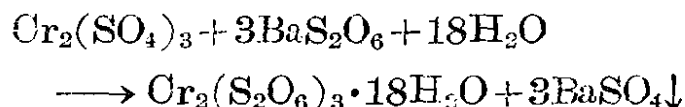


[47] BaCl₂

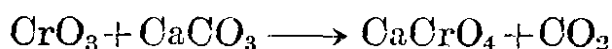
热而浓的三氧化铬溶液与氯化钡作用后, 即有沉淀析出, 这个沉淀可用冰乙酸洗涤之。

**[48] BaS₂O₆**

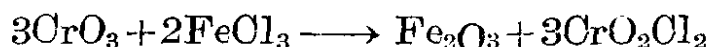
硫酸铬的紫色溶液经连二硫酸钡处理后, 过滤, 滤液再予徐徐蒸发, 即有下列反应发生。

**[49] CaCO₃**

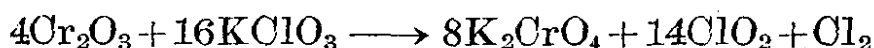
三氧化铬的浓溶液与碳酸钙作用后, 将溶液蒸发至结晶, 即得铬酸钙。

**[50] FeCl₃**

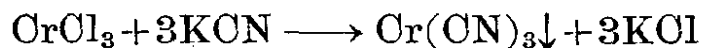
三氧化铬与氯化铁的混合物在强热时, 即生成下列之反应。

**[51] KClO₃**

三氧化二铬倘被徐徐导入熔化的氯酸钾中, 即有铬酸钾生成。

**[52] KCN**

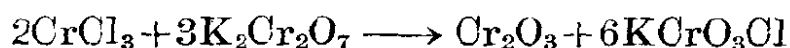
(1) 当以三氯化铬的溶液逐滴加至氰化钾溶液中, 即有氰化铬形成。



(2) 热的三氯化铬溶液与氰化钾溶液混和后加热数小时, 然后在空气中蒸发至结晶, 即形成氰铬酸钾。

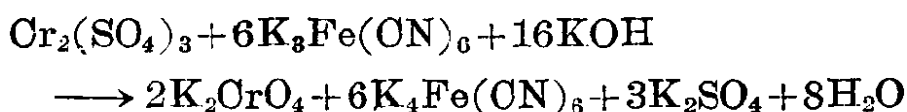
**[53] K₂Cr₂O₇**

三氯化铬加至熔化的重铬酸钾中, 生成下列之反应产物。

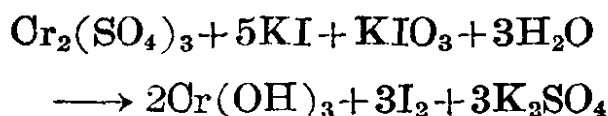


[54] $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6 + \text{KOH}$

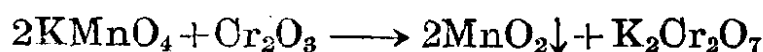
硫酸铬溶液与铁氰化钾和氢氧化钾共处理后,即形成铬酸钾,亚铁氰化钾,硫酸钾和水。

**[55] $\text{KI} + \text{KIO}_3$**

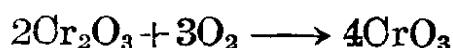
硫酸铬溶液与碘化钾和碘酸钾的混合物作用时,即有氢氧化铬形成。

**[56] KMnO_4**

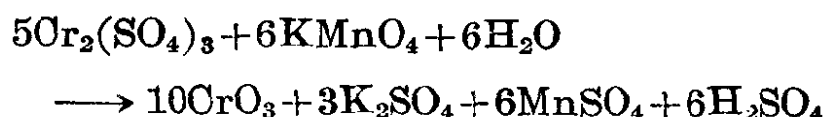
(1) 当三氧化二铬与高锰酸钾溶液共煮沸时,即有二氧化锰和重铬酸钾形成。



(2) 三氧化二铬(存在于天然矿中)可用高锰酸钾的酸性溶液氧化为三氧化铬。



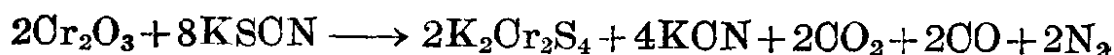
(3) 当硫酸铬溶液经硫酸酸化并加热至沸后,再与高锰酸钾溶液作用,则硫酸铬即被氧化。

**[57] KNO_3**

三硫化二铬与硝酸钾以 1:10 比例的混和物经灼热后,即生成铬酸钾,硫酸钾和一氧化氮。

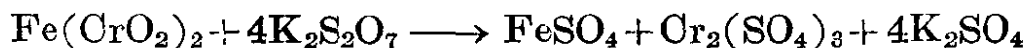
**[58] KSCN**

三氧化二铬与硫氰酸钾的混合物共熔化时,即发生下列之反应。

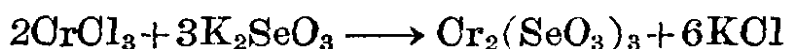


【59】 $K_2S_2O_7$

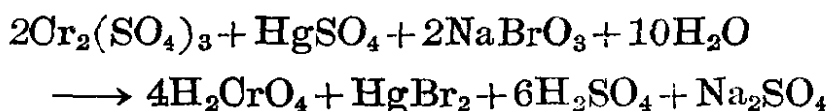
当铬铁矿与焦硫酸钾共熔融时,则所有金属均转变为硫酸盐,但有部分硅酸盐留在残渣内。

**【60】 K_2SeO_3**

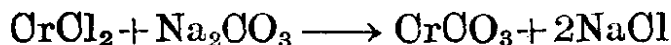
三氯化铬的沸溶液与亚硒酸钾溶液混和后,予以蒸发,即得亚硒酸铬。

**【61】 $NaBrO_3 + HgSO_4$**

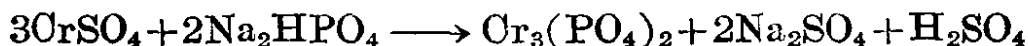
在硫酸存在下,硫酸铬和硫酸汞可使溴酸盐还原为溴化物。

**【62】 $Na_2CO_3(CaCO_3, MgCO_3)$**

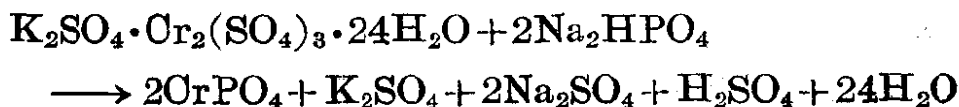
二氯化铬加至碳酸钠的饱和沸溶液中(此时应将空气谨慎驱除),即有下列反应生成。

**【63】 Na_2HPO_4**

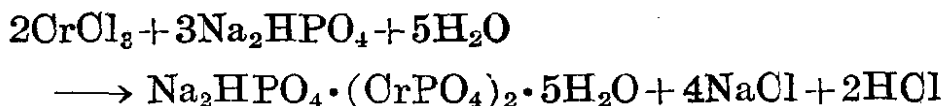
(1) 硫酸亚铬与磷酸氢二钠作用时,即有下列反应生成。



(2) 当铬矾与磷酸氢二钠作用时,即有紫色磷酸铬结晶形成。

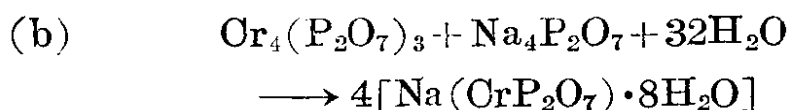
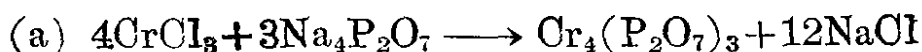


(3) 当含有氢氧化钠的三氯化铬溶液与磷酸氢二钠处理时,即有铬和钠的磷酸复盐形成。

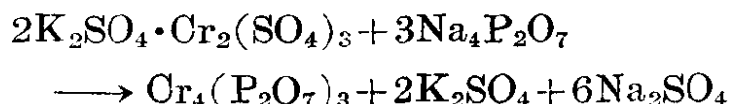
**【64】 $Na_4P_2O_7$**

(1) 将浓的焦磷酸钠溶液加至浓的三氯化铬溶液中,即形成焦磷酸铬,后者在边搅拌边溶解后,从它的饱和溶液中又可得到亮绿色的粉末(八水合焦磷酸铬钠)。焦磷酸钾和焦磷酸铵亦有同样

的反应。

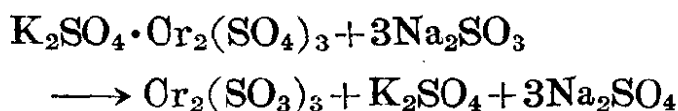


(2) 铬矾溶液经焦磷酸钠处理后, 即有焦磷酸铬形成。

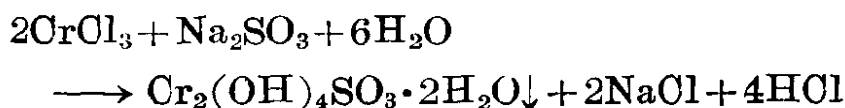


【65】 Na_2SO_3

(1) 当铬矾和亚硫酸钠按摩尔比混合后, 与小量的水在水浴上加热, 经若干时间后, 将溶液放冷, 即有下列反应生成。

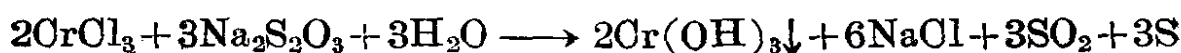


(2) 三氯化铬的稀溶液与亚硫酸钠的稀溶液反应后, 生成绿色的碱式亚硫酸铬。



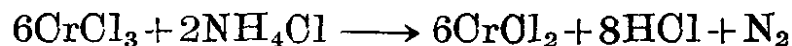
【66】 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

当热的三氯化铬溶液与硫代硫酸钠溶液反应时, 即形成氢氧化铬。

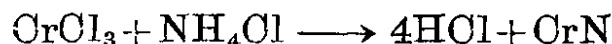


【67】 NH_4Cl

(1) 当三氯化铬在氯化铵蒸气中加热时, 即被还原为二氯化铬。

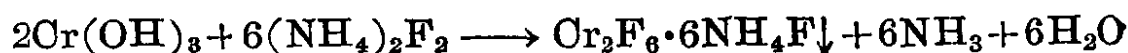


(2) 三氯化铬和氯化铵的混合物在氢气流中加热时, 即生成氮化铬。



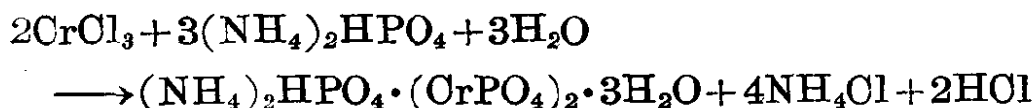
【68】 $(\text{NH}_4)_2\text{F}_2$

当氢氧化铬溶解于氟化铵的热溶液后, 其过量的水予以蒸发, 即有绿色结晶形成。



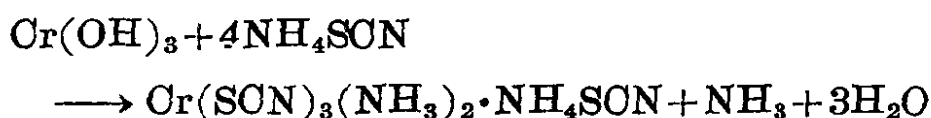
【69】 $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$

当三氯化铬的微酸性溶液与磷酸氢二铵处理后, 再予加温至 80°C , 即有绿色铬的磷酸复盐形成。

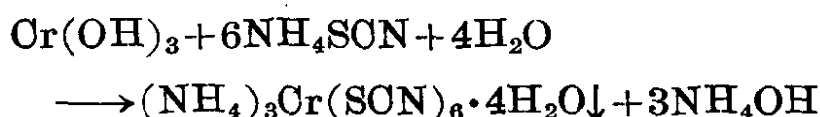


【70】 NH_4SCN

(1) 氢氧化铬与硫氰酸铵共熔融时, 即有硫氰酸铵-二氨合硫氰酸铬形成。

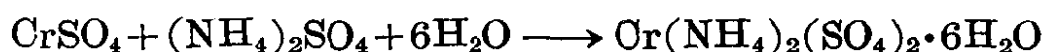


(2) 当新鲜的氢氧化铬溶解于硫氰酸铵溶液后, 即有四水合硫氰酸铬铵沉淀形成。

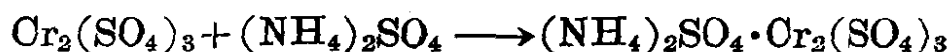


【71】 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

(1) 当等摩的硫酸亚铬和硫酸铵的混合溶液, 在二氧化碳气氨下蒸发至结晶, 即发生下列之反应。

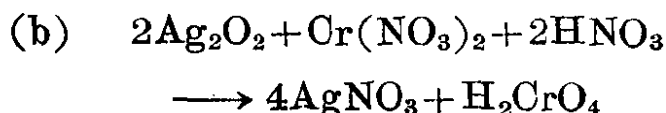
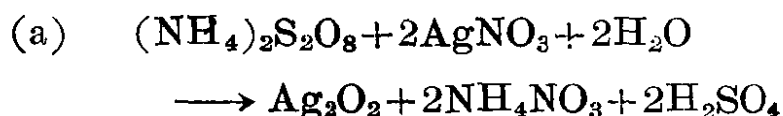


(2) 硫酸铬和硫酸铵的混合物在共熔化时, 即有下列反应产物生成。



【72】 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$

在硝酸和硝酸银的存在下, 将过(二)硫酸铵加至亚铬盐的溶液中, 铬即被氧化为铬酸, 这个反应是定量的。



[73] SnCl_2

三氧化铬能氧化氯化亚锡。

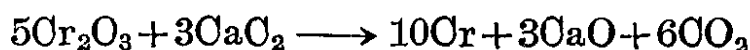


[74] CaC_2

(1) 等份的三氧化二铬和碳化钙在 45 伏、900 安中加热 5 分钟后,即有下列反应产生。

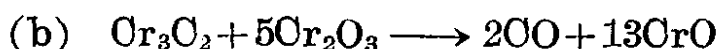
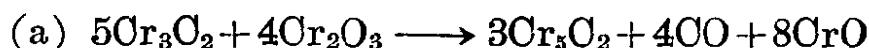


(2) 三氧化二铬和碳化钙一起加热后,前者即被还原为金属铬。



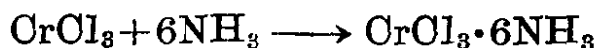
[75] Cr_3C_2

二碳化三铬与三氧化二铬在加热炉内反应时,必须使氧压处于非常低的状态,这样可使炉内的气氛适合于它俩之间的下列反应。

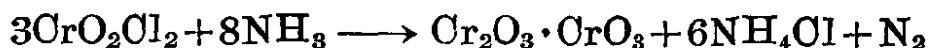


[76] NH_3

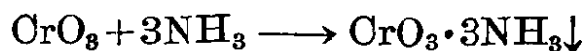
(1) 干燥的三氯化铬与液氨作用时,发生下列之反应。



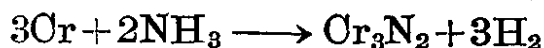
(2) 干燥的氨与铬酰氯蒸气作用时,生成下列之反应。



(3) 2 克以上的三氧化铬与 10~15 毫升氨水被冷凝于乙醚和二氧化碳的混合物中,即有棕色物形成。



(4) 铬和氨在 850°C 共同加热后,即有二氮化三铬形成。



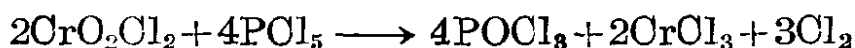
[77] PCl_3

将液态铬酰氯逐滴滴入浓的三氯化磷中,即形成三氯化铬,三氯氧化磷,五氯化磷及五氧化二磷。

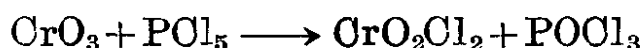


【78】 PCl_5

(1) 五氯化磷与铬酰氯于 100°C 的封闭管内反应, 即有下列反应产物生成。

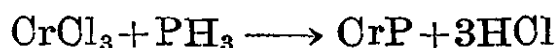


(2) 三氧化铬与五氯化磷反应, 可生成铬酰氯和三氯化磷。



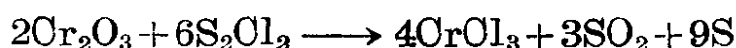
【79】 PH_3

磷化氢的蒸气通至热的三氯化铬上, 即形成磷化铬。



【80】 S_2Cl_2

三氧化二铬在一氯化硫蒸气中加热后, 即形成三氯化铬, 二氯化硫和硫。



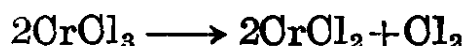
【81】 SOCl_2

三氧化二铬和亚硫酸(二)氯反应, 即形成三氯化铬。

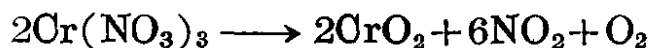


【82】 加热

(1) 在 355°C 时可检测至三氯化铬的分解。氯化铁在 122°C 开始分解, 氯化铜在 344°C 分解, 五氯化磷在 157°C 分解, 而氯化铈则于室温即分解。



(2) 将硝酸铬加热至硝酸完全分解, 残渣用硝酸润湿后, 再继续加热至白热, 生成二氧化铬。



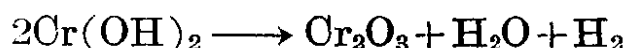
(3) 当二氯二氧化铬(铬酰氯)蒸气通过热得发红的管子时, 即分解为三氧化二铬。



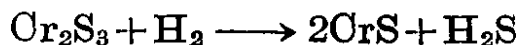
(4) 二氯二氧化铬在密封管中加热至 $180\sim 190^\circ\text{C}$ 时, 即有 $\text{Cr}_3\text{O}_6\text{Cl}_2$ 生成。



(5) 氢氧化亚铬可熔融为三氧化二铬。

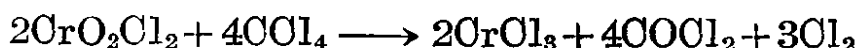


(6) 三硫化二铬在氢气流下加热至红时,即有下列反应发生。



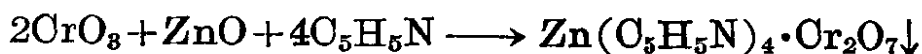
【83】 CCl_4

二氯二氧化铬(铬酰氯)在四氯化碳蒸气中加热后。有下列反应产物生成。



【84】 $\text{C}_5\text{H}_5\text{N} + \text{ZnO}$

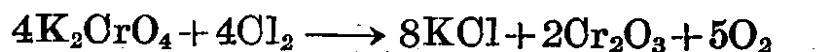
在 5 克三氧化铬和 2 克氧化锌的 200 毫升沸腾水溶液中,加入 9 克吡啶,即有桔红色的柱型结晶生成。三氧化铬和氧化镉,硫酸锰和硝酸银也有类似的反应发生。



铬酸及其盐类的反应

【1】 Cl_2

铬酸钾在干燥氯气流中熔融时,有下列反应产物生成。



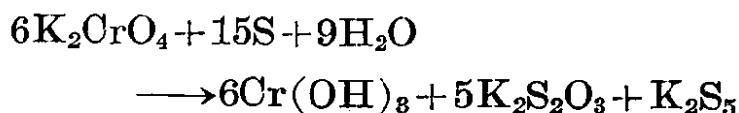
【2】 H_2

重铬酸钾在氢气流中,以弱红热灼烧,即有铬酸钾生成。



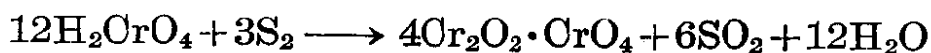
【3】 S

铬酸钾溶液和硫一起煮沸,直至溶液变成无色,结果有下列反应产物生成。



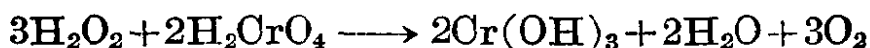
【4】 S_2

铬酸可使硫氧化为二氧化硫。

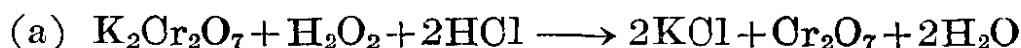


[5] H_2O_2

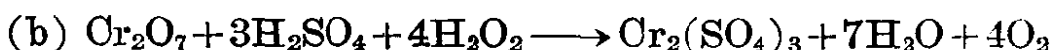
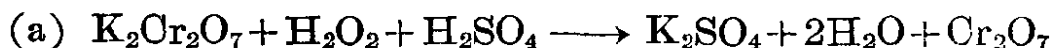
铬酸与过氧化氢作用时,生成氢氧化铬、水和氧。

**[6] $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{HCl}$**

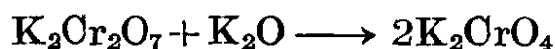
重铬酸钾在盐酸溶液中与过氧化氢作用时,即发生下列之反应。

**[7] $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4$**

当重铬酸钾溶液与稀硫酸和过氧化氢作用时,即有氧释出。

**[8] K_2O**

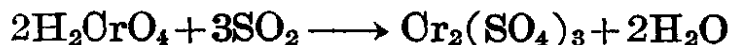
重铬酸钾与热的氧化钾反应时,即有铬酸钾形成。

**[9] NO**

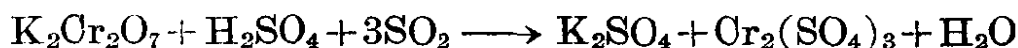
相当稀的重铬酸钾溶液与一氧化氮处理后,即有下列反应发生。

**[10] SO_2**

铬酸可氧化二氧化硫,并有硫酸铬生成。

**[11] $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4$**

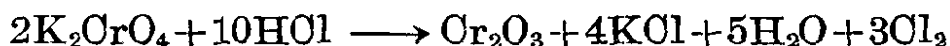
当二氧化硫通入重铬酸钾和硫酸的冷溶液中时,即有下列反应生成。

**[12] HCl**

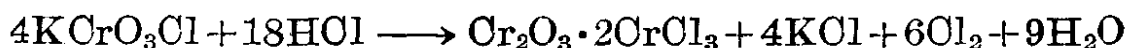
(1) 重铬酸钾和盐酸反应后,即有氯生成。



(2) 铬酸钾在干燥的氯化氢气流中加热至红, 即发生下列之反应。

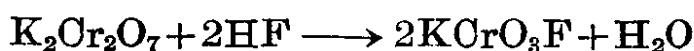


(3) 当氯基铬酸钾溶解于浓盐酸中, 然后将溶液蒸发至干燥, 即有紫色残渣生成。

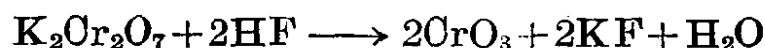


【13】 HF

(1) 当粉状重铬酸钾与过量的浓氢氟酸加热至沸后予以放冷, 即有下列反应生成。

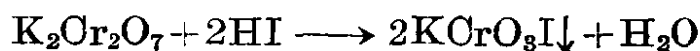


(2) 当重铬酸钾与氟化氢作用时, 重铬酸钾将近乎完全失去其铬酸。



【14】 HI

(1) 先将氢碘酸的浓溶液徐徐加热, 然后加入粉状重铬酸钾, 并使溶液放冷, 即有下列之生成物形成。



(2) 碘基铬酸钾与氢碘酸溶液继续煮沸时即被分解。

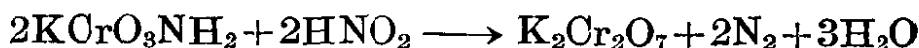


(3) 碘基铬酸钾和氢碘酸溶液一起煮沸, 即生成三碘化铬。



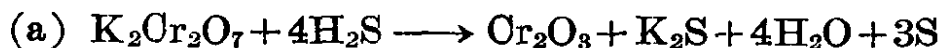
【15】 HNO₂

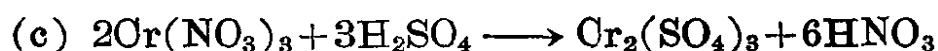
氨基铬酸钾可被亚硝酸分解, 并生成重铬酸钾和氮等。



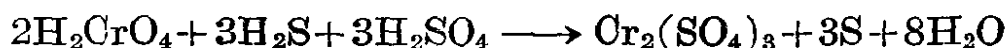
【16】 H₂S

(1) 当重铬酸钾与硫化氢作用时, 即有三氧化二铬沉淀形成。三氧化二铬当与极小量的硝酸加热时, 即生成紫色的硝酸盐。该盐当溶解于稀硫酸中时, 即生成硫酸铬。

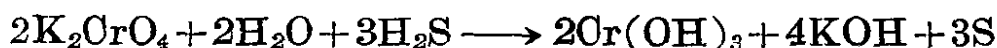




(2) 硫化氢与 5% 铬酸的作用(在硫酸参加下)是十分复杂的,其最后产物为硫酸铬和硫,但其中间产物则因反应的步骤不同而有异。所有这些中间产物为胶性氢氧化铬($Cr_2(OH)_6$), 九氧化五铬(Cr_5O_9)及硫代硫酸铬($Cr_2(S_2O_3)_3$)等。

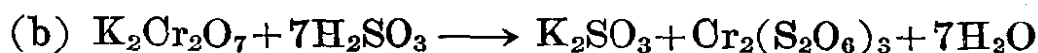
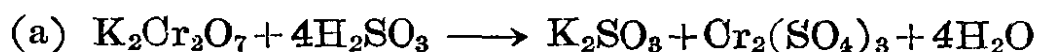


(3) 铬酸盐稀溶液可被硫化氢徐徐而完全还原之。



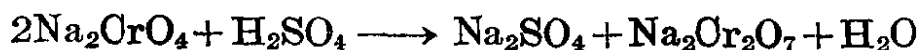
【17】 H_2SO_3

重铬酸钾与亚硫酸作用时,常视所用的亚硫酸量的多少,而可能有二个反应发生。在一种情况下(a),则有硫酸铬形成;而在另一种情况下(b),即应用较多的亚硫酸后,则有连二硫酸铬形成。

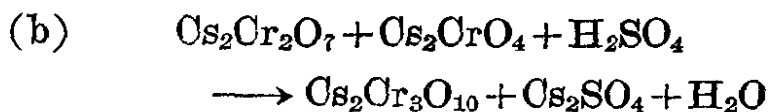
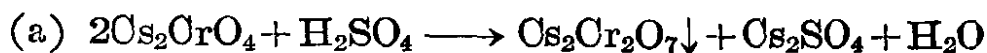


【18】 H_2SO_4

(1) 铬酸钠与硫酸作用时,即转变为重铬酸钠。

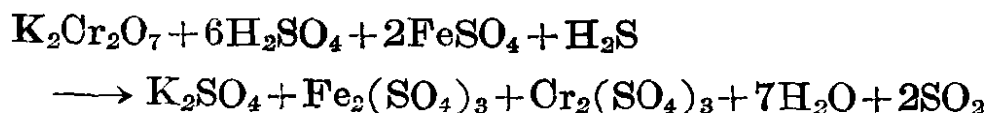


(2) 铬酸钾溶液经硫酸处理后,将溶液蒸发,即有下列生成物形成。



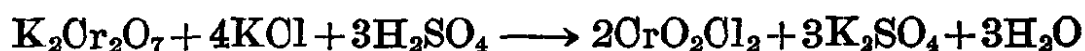
【19】 $H_2SO_4 + FeSO_4 + H_2S$

重铬酸钾与硫酸、硫酸亚铁及硫化氢作用时,即发生下列之反应。



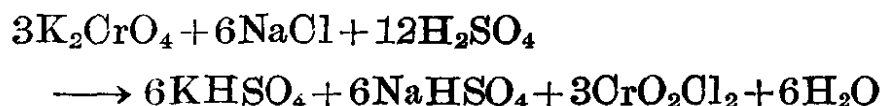
【20】 $H_2SO_4 + KCl$

当重铬酸盐与适当的卤化物在过量的浓硫酸参加下,形成铬酰氯(或铬酰氟)。



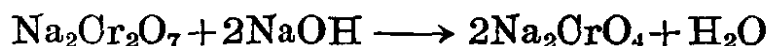
【21】 $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NaCl}$

三份铬酸钾和六份氯化钠的混和物与 12 份硫酸共处理并蒸馏后,即有以下反应发生:



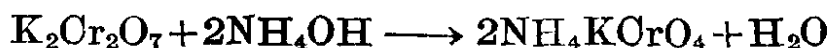
【22】 NaOH

重铬酸钠被氢氧化钠中和后,即生成铬酸钠。



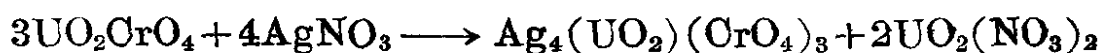
【23】 NH_4OH

重铬酸钾溶解于热的氢氧化铵浓溶液后,把它放在冰冻合剂中冷却,即有下列反应产物生成。



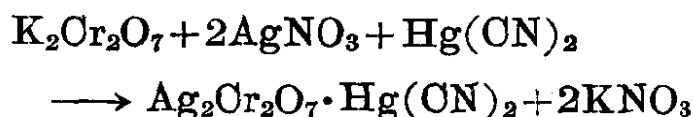
【24】 AgNO_3

将铬酸双氧铀的水溶液在暗处滴加至硝酸银溶液中,即形成铬酸双氧铀银结晶。



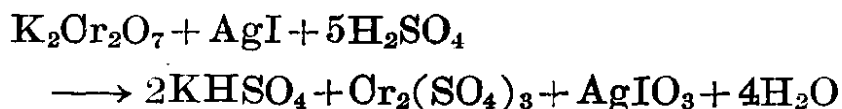
【25】 $\text{AgNO}_3 + \text{Hg}(\text{CN})_2$

当重铬酸钾溶液与硝酸银和氰化汞的混合液作用时,即有红色结晶形成。



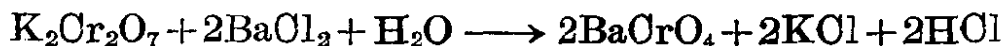
【26】 $\text{AgI} + \text{H}_2\text{SO}_4$

碘化银与重铬酸钾和硫酸共煮沸时,即有下列反应形成。



【27】 BaCl_2

(1) 重铬酸钾溶液和氯化钡溶液混合后,即有下列反应发生。

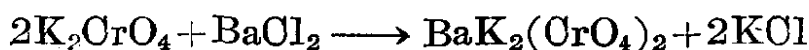


(2) 将重铬酸钾和无水氯化钡的混合物加热至红热,则得到

下列之化合物。



(3) 将 50 毫升铬酸钾的饱和溶液在室温下和 10 毫升氯化钡的饱和溶液混和, 即生成黄色结晶。同样, 当与氯化锶, 氯化钙及氯化锰作用时亦有类似反应产物生成。



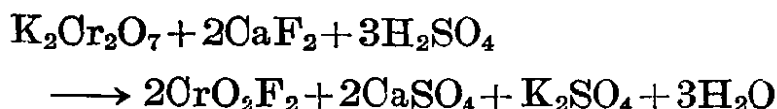
[28] CaCl_2

将重铬酸钾和无水氯化钙的混合物加热至红热, 则有下列化合物形成。

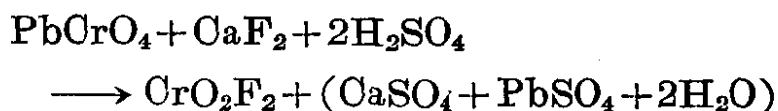


[29] $\text{CaF}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4$

(1) 重铬酸钾和氟石(矿)及发烟硫酸的混合物共蒸馏时, 即有下列反应产物生成。

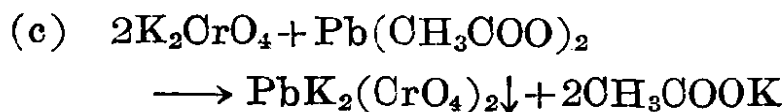
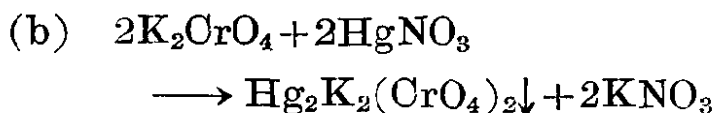
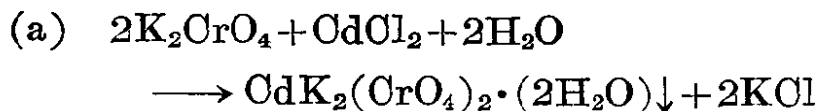


(2) 当含有 1 份铬酸铅和 1 份氟石及 3 份发烟硫酸的混合物经蒸馏后, 即有下列反应产物生成。



[30] CdCl_2 、 HgNO_3 、 $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$

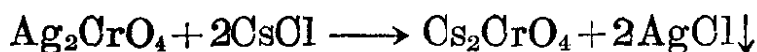
铬酸钾的饱和溶液与氯化镉的饱和溶液反应后, 形成黄色的结晶。乙酸铅和硝酸亚汞亦能与铬酸钾发生同样的反应。



[31] CsCl

氯化铯的沸溶液与铬酸银处理后, 过滤, 滤液即予蒸发, 生成

氯化银沉淀。



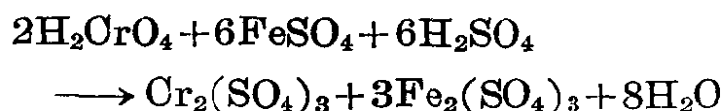
[32] CuCl_2 、 FeCl_2 、 MgCl_2 、 ZnCl_2

当重铬酸钾和无水氯化铜(或氯化镁、氯化锌、氯化亚铁)的混合物共加热至红热时,则有下列反应生成。



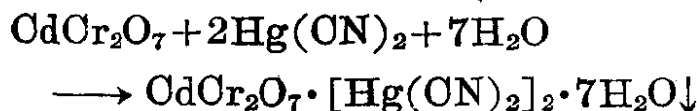
[33] FeSO_4

在室温时,铬酸在溶液中含有硫酸和磷酸)可被硫酸亚铁还原。

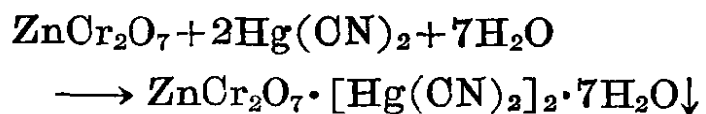


[34] $\text{Hg}(\text{CN})_2$

(1) 重铬酸镉溶液和氰化汞溶液反应后,即有红色结晶物生成。

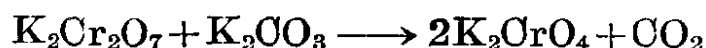


(2) 当重铬酸锌浓溶液与氰化汞浓溶液混和后,在蒸发温度下反应,即有红色结晶生成。



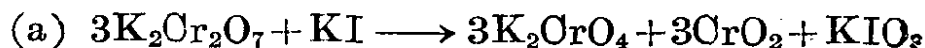
[35] K_2CO_3

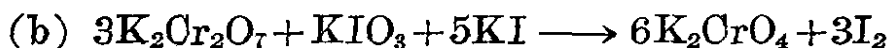
重铬酸钾溶液被碳酸钾中和后,再蒸发至结晶时,即有铬酸钾形成。



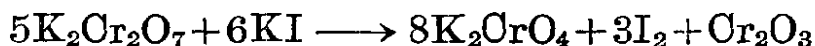
[36] KI

(1) 重铬酸钾与碘化钾作用时,生成碘和铬酸钾。

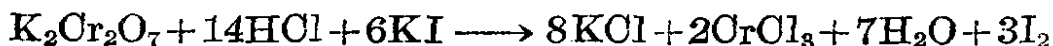




(2) 碘化钾与重铬酸钾的浓溶液煮沸时,即有下列反应生成。

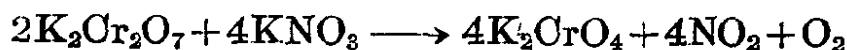


(3) 在酸性溶液中可用碘化钾滴定重铬酸钾来测定铬,即测量所释出的碘。



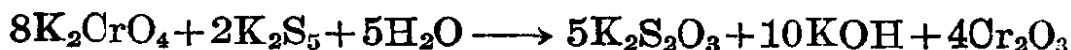
[37] KNO₃

当 $1\frac{1}{4}$ 份重铬酸钾和 1 份硝酸钾的混合物被熔化时,即有铬酸钾形成。

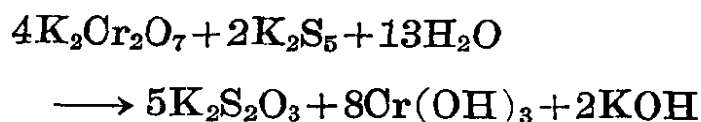


[38] K₂S₅

(1) 铬酸钾溶液与五硫化二钾加温反应时,即产生三氧化二铬,氢氧化钾和硫代硫酸钾。

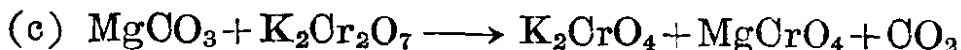
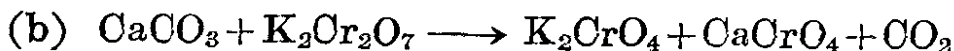
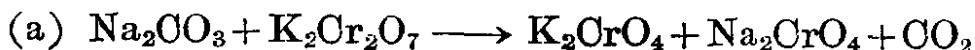


(2) 重铬酸钾可使五硫化二钾氧化为硫代硫酸钾。



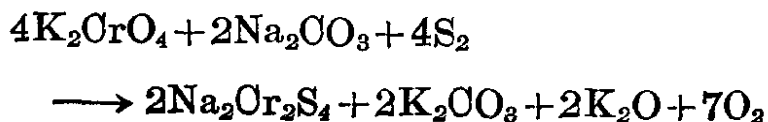
[39] Na₂CO₃(CaCO₃, MgCO₃)

钠、钙或镁的碳酸盐(固体或溶液)当与 5% 重铬酸钾水溶液煮沸 2~10 分钟后,即将重铬酸盐中和,结果有铬酸钾形成。



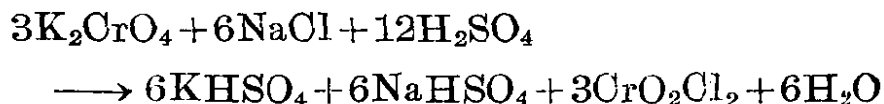
[40] Na₂CO₃ + S

1 份铬酸钾和 25 份干燥碳酸钠和 25 份硫的混合物被熔化时,即有下列反应产物生成。

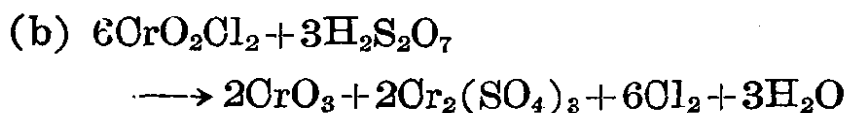
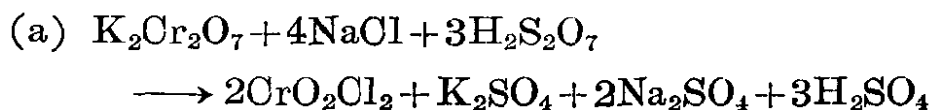


【41】 $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4$

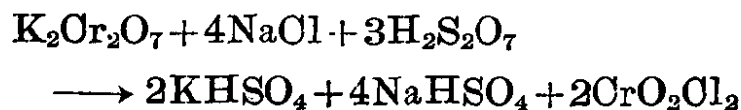
3 份铬酸钾与 6 份氯化钠的混合物经 12 份硫酸处理后, 再予蒸馏, 即有下列化学物生成。

**【42】 $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$**

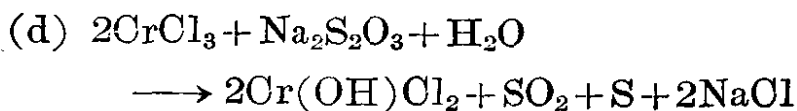
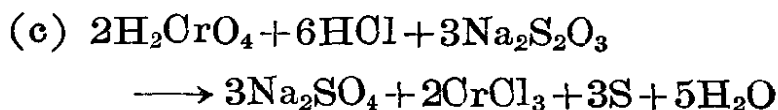
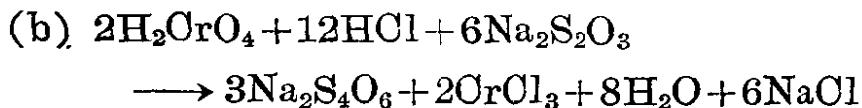
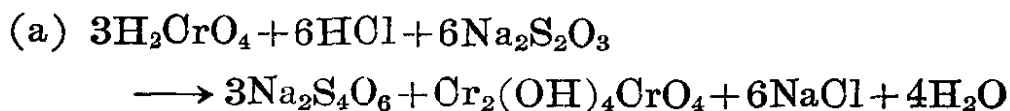
(1) 重铬酸钾在发烟硫酸的参加下与氯化钠作用, 即有下列反应生成。

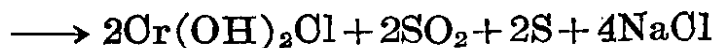


(2) 氯化钠和重铬酸钾一起与发烟硫酸作用时, 即有硫酸氢钾、硫酸氢钠和铬酰氯形成。

**【43】 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$**

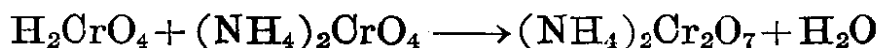
当用铬鞣制皮革时, 在溶液中有列(a)、(b)和(c)反应发生: 铬酸与不同比例的硫代硫酸钠作用时, 生成碱式铬酸铬, 三氯化铬和游离硫, 而(d)和(e)则与三氯化铬继续发生作用, 生成碱式化合物。





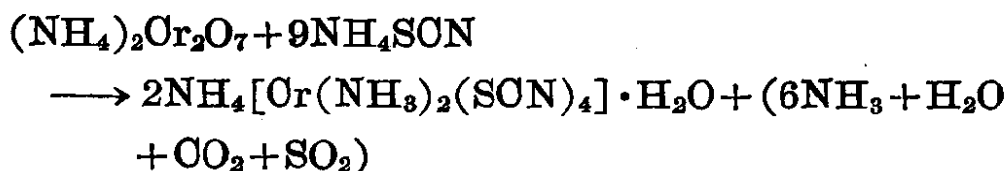
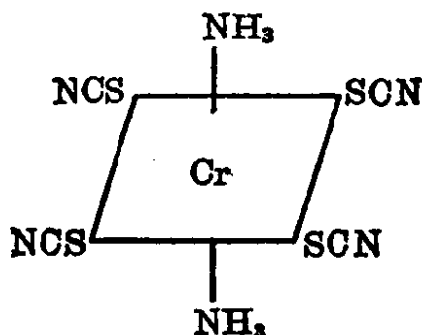
[44] $(\text{NH}_4)_2\text{CrO}_4$

当含有铬酸铵呈半饱和状的铬酸溶液蒸发至结晶状态, 即有下列生成物形成。



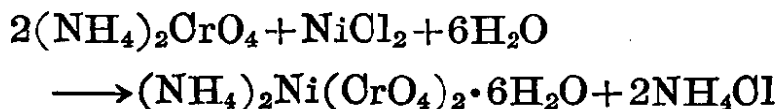
[45] NH_4SCN

将重铬酸铵慢慢地加于熔融的硫氰酸铵熔体中, 并以乙醇进行重结晶, 可得 Reinecke's 盐晶体, $\text{NH}_4[\text{Cr}(\text{NH}_3)_2(\text{SCN})_4]\text{H}_2\text{O}$, 其八面体离子具有如下的结构:



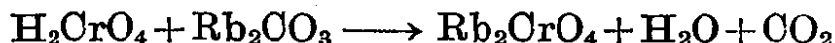
[46] NiCl_2

若将铬酸铵与氯化镍的溶液混和并静置后, 即有铬酸镍铵络合物形成。



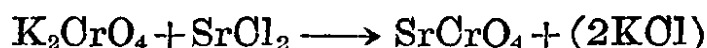
[47] Rb_2CO_3

铬酸溶液经碳酸铷中和后, 再予蒸发, 即有铬酸铷形成。



[48] SrCl_2

铬酸钾与氯化锶和铬酸钠的混和物共熔后, 即生成铬酸锶和氯化钾。



【49】 CS₂

铬酸钾在二硫化碳蒸气的气流中加热至暗红色时，有下列反应产物生成。



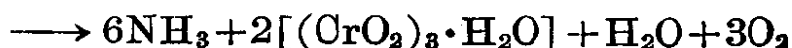
【50】 N₂H₄

在稀盐酸溶液中，肼可定量地被重铬酸氧化为氮和水。



【51】 加热

(1) 铬酸铵在常温下分解缓慢，但加热至 100°C，其分解速度即大大加快，最后形成重铬酸铵、氨和水。



(2) 重铬酸钾在灼烧时，即有以下反应产物生成。



(3) 铬酸铵在温热时即形成重铬酸铵、氨和水。



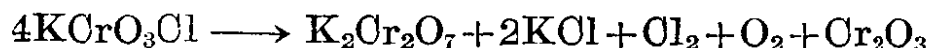
(4) 铬酸锰钾经加热后，即分解为铬酸钾、一氧化锰、三氧化二铬和氧。



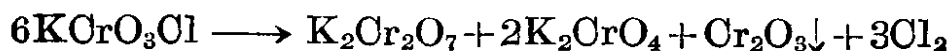
(5) 当铬酸锰铵加热至 200°C 时，即分解为一氧化锰、三氧化二铬、铬酸铵和氧。



(6) 氯基铬酸钾在 100°C 时即被分解，并生成下列各反应产物。

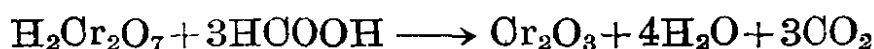


(7) 氯基铬酸钾经加热后，即生成三氧化二铬、重铬酸钾、铬酸钾和氯。

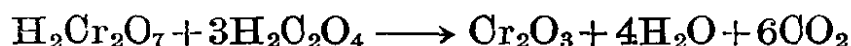


[52] HCOOH

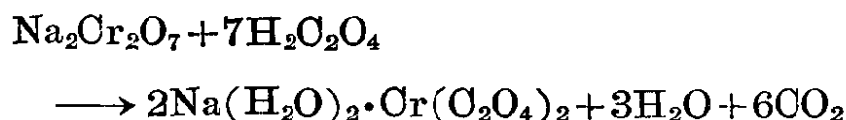
沸腾的重铬酸溶液可使甲酸氧化为二氧化碳。

**[53] H₂C₂O₄**

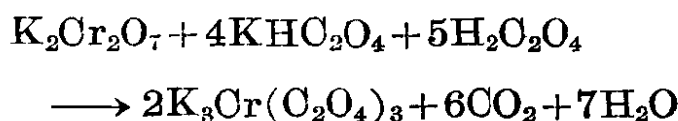
(1) 在 25°C 时, 草酸可被重铬酸氧化, 形成三氧化二铬和二氧化碳。



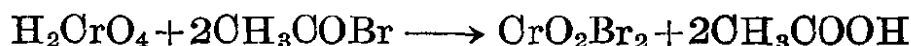
(2) 当热的饱和草酸溶液加至高浓度的重铬酸钠的热溶液中, 并继续搅拌, 则有下列反应生成。

**[54] H₂C₂O₄ + KHC₂O₄**

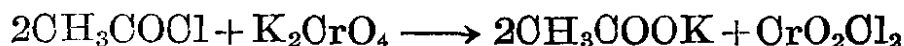
当草酸氢钾和草酸共加至重铬酸钾的沸溶液中, 然后冷却之, 则有下列反应产物形成。

**[55] CH₃COBr**

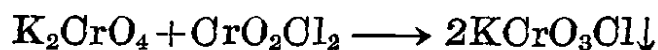
“铬酐”与乙酰溴在冰乙酸的存在下反应时, 即有铬酰溴和乙酸形成。

**[56] CH₃COCl**

当无水铬酸钾和乙酰氯与二硫化碳(加有几滴乙酸)在水浴上加热时, 即有铬酰氯形成。

**[57] CrO₂Cl₂**

当铬酰氯溶解于经乙酸酸化的铬酸钾溶液后, 即有下列反应形成。

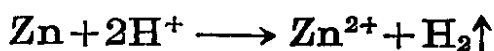


锌 Zn

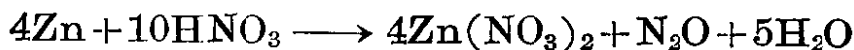
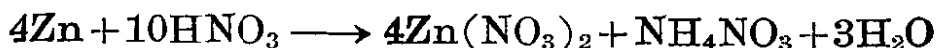
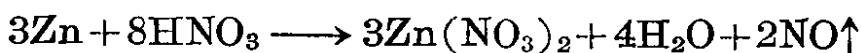
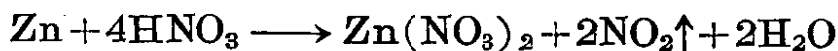
锌在自然界中以各种化合物的形态存在，主要的天然化合物是菱锌矿(ZnCO_3)和闪锌矿(ZnS)。在地壳中锌的总含量约占地壳重量的 0.02%。

锌是蓝白色金属，密度 7.14 克/厘米³，在 419.58°C 熔化，907°C 即变为蒸气(会着火)。在常温下锌相当脆，但在 100~150°C 时，却能随意弯曲及辗压成薄片。锌在空气中常被盖上一薄层氧化物或碱式碳酸盐，这种薄层可以防止锌继续被氧化。

锌在电动序中虽然位于氢之左方很远，但水与锌几乎不发生作用。其原因在于锌与水作用时，在锌的表面上生成不溶解于水的氢氧化物，因而阻碍反应的继续进行。锌甚易溶解于所有的酸中；绝对纯的锌非常缓慢地溶解于盐酸中，倘有微量位于电动序中较后的某些金属存在时，则锌溶解很快。它在盐酸、硫酸及乙酸中生成相对应的盐类，同时又有氢气放出：



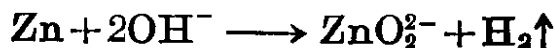
锌是相当强的还原剂，它很容易还原硝酸。至于其还原的程度如何，乃随硝酸浓度的高低而有不同。如与很浓的硝酸作用，即可得到若干 NO_2 ，但与稀硝酸作用，则被还原成硝酸铵。在普通硝酸中的主要产物为一氧化氮。



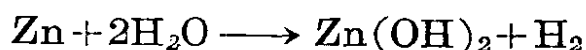
锌与热的浓硫酸作用时，则有 SO_2 放出。



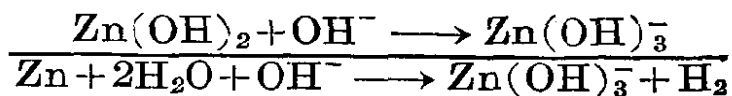
锌与铝相似，亦能溶解于苛性钠或苛性钾中，结果放出氢而形成锌酸盐。



但实际上,反应的进行可能有些不同。上面已经说过,金属锌不与水作用,因为锌的表面生成一层 $\text{Zn}(\text{OH})_2$ 阻碍反应继续进行。但当有碱存在时,氢氧化锌即溶解,同时生成络离子 $\text{Zn}(\text{OH})_3^-$ 。锌在开始时按其电动序的位置,从水中置换出氢。因此,当碱液与锌作用时,氢的产生是由于锌与水中的氢离子互相作用,而不是由于锌与碱中的氢氧离子互相作用所致,故碱的作用在于将生成的氢氧化锌溶解。



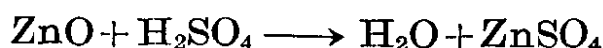
二式相加:



亦即: $\text{Zn} + 2\text{H}_2\text{O} + \text{NaOH} \longrightarrow \text{NaZn}(\text{OH})_3 + \text{H}_2$

锌只有一种氧化物 ZnO , 系白色松软的粉末, 受热甚易变黄, 但冷却后又重新变成白色。

氧化锌甚易溶解于酸, 而形成锌盐。

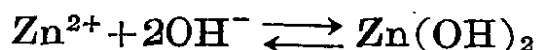


锌盐通常只有一个类型, 且锌经常是二价。大多数锌盐是白色。锌的氯化物、硝酸盐、硫酸盐及乙酸盐均溶解于水; 其余则甚易溶解于无机酸中。

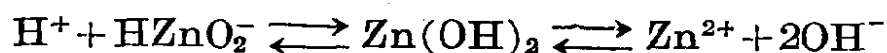
锌离子的反应

【1】 碱金属的氢氧化物

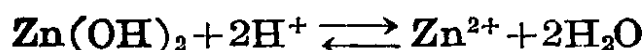
碱金属的氢氧化物遇锌盐溶液, 生成白色胶凝状氢氧化锌沉淀。



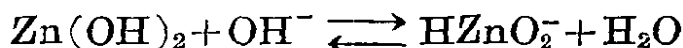
这个沉淀甚易溶解于酸、碱及铵盐。它在酸和碱中之所以能溶解, 是由于它的两性电离作用之故。



酸中的氢离子能把 OH^- 离子除去, 促使反应向右进行, 于是沉淀溶解而形成锌离子。

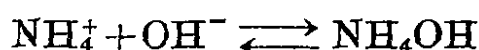


OH^- 离子促使反应向右, 而令沉淀溶解为酸式锌酸根离子(与锰不同)。

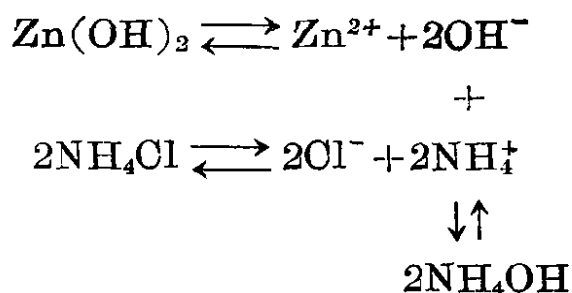


假定在溶液中只有稍过量的 OH^- 离子存在时, 则溶液一旦煮沸后, 反应即被逆向。

沉淀亦溶解于铵盐溶液, 这是由于依靠铵离子抑制氢氧化铵的电离作用所致。

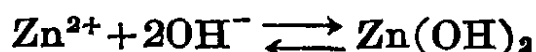


通常铵离子抑制氢氧化铵的电离时, 常至这样一个程度, 即在溶液中没有足够的 OH^- 离子来满足氢氧化锌的溶度积, 结果氢氧化锌被溶解。这种情况可表示如下:

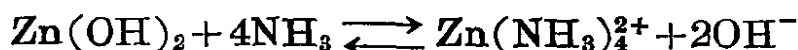


【2】 氢氧化铵

没有铵离子存在的中性锌盐溶液遇氢氧化铵, 即生成白色胶凝状氢氧化锌沉淀。



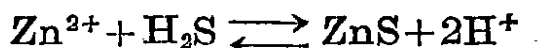
当锌盐溶液中含有铵离子时, 氢氧化铵并不能将锌沉淀为氢氧化锌。这个沉淀溶解于过量的氢氧化铵中, 即锌离子通过形成 $\text{Zn}(\text{NH}_3)_4^{2+}$ 络离子而溶解。



这个络离子不太稳定, 因此它在溶液中常产生相当浓度的锌离子。所以, 只有那些溶解度较大的锌盐才溶解于氢氧化铵溶液中。

【3】 硫化氢

在锌与强酸所成之锌盐的浓溶液中通入 H_2S 后, 即生成白色硫化锌的无定形沉淀。



这个沉淀将立刻停止，因为在反应中所释出的氢离子抑制了 H_2S 的电离作用，即抑制到 ZnS 的溶度积不再被超过时为止。如果在溶液中另外加入乙酸盐或其他弱酸盐，则沉淀将趋于完全。

假定这个溶液是用氢离子制成 0.3 摩/升的溶液，则在锌离子中等浓度的情况下，并无沉淀生成。象这样一个溶液用 H_2S 来饱和后，则 S^{2-} 离子的浓度大约为 1.1×10^{-22} 。硫化锌的溶度积是 1.2×10^{-23} 。为了要在这个溶液中产生沉淀，则其溶度积必须超过：

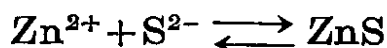
$$[\text{Zn}^{2+}][1.1 \times 10^{-22}] = 1.2 \times 10^{-23}$$

锌离子浓度必须在 0.11 摩/升左右。这种浓度的溶液一般很少用来作定性分析之用。假定这种浓度的溶液一旦被应用时，沉淀将立刻停止，因为 S^{2-} 离子浓度随 H^+ 离子浓度的平方而（成比例）降低。

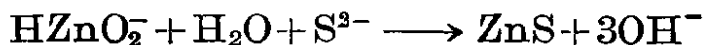
注 倘应用硫化氢在甲酸缓冲液（甲酸及其铵盐或钠盐的混合物）存在下进行沉淀，则溶液中之 pH（相当于 1~2）仅能使 ZnS 沉淀完全，而几乎不生成 CoS 、 NiS 沉淀。

【4】 硫化铵

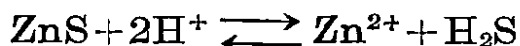
在各种中性、碱性或弱酸性的锌盐溶液中加入硫化铵后，即生成白色无定形硫化锌沉淀。



在碱性溶液中即有下列反应生成：



这种沉淀非常细微，因而很难过滤。这种胶体性质，在沉淀时可以设法将含有相当浓度的电解质（如 NH_4Cl ）加至热溶液中而克服它。这个沉淀甚易溶解于强酸中，但不溶于乙酸中。



这是因为乙酸不能供给足够的 H^+ 离子浓度来抑制 H_2S 的电离而使沉淀充分溶解，因而表明硫化锌在乙酸中是不溶解的。

硫化锌不溶解于碱金属的氢氧化物和硫化物中，其原因可作

如下解释,在周期表第6族中自上而下,即由氧至硫的有关元素化合物的酸性乃是由大变小,而且变化是相当大的,所以硫化锌不认为是一个酸酐,因而硫化锌不溶于碱中。

由于在溶液中产生低的锌离子浓度,所以硫化锌不溶于氢氧化铵。因为这个平衡反应



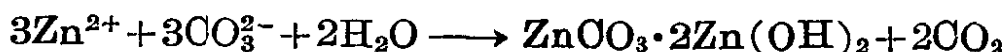
是在下列平衡反应



进行至任何程度之前建立的,结果该化合物并不溶解。

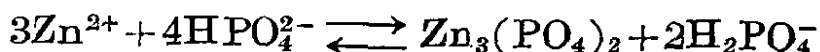
【5】 碱金属的碳酸盐

碱金属的碳酸盐遇锌盐溶液生成白色碱式碳酸锌沉淀,这种沉淀的组成,乃随温度和浓度等改变而有变化。反应如下:

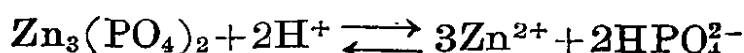
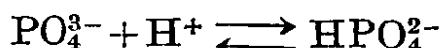


【6】 碱金属的磷酸盐

碱金属的磷酸盐遇锌盐溶液,生成白色胶凝状的磷酸锌沉淀,同时这个溶液变为酸性。

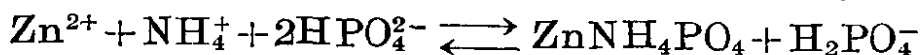


磷酸锌甚易溶解于酸,并形成二代磷酸根离子:



磷酸锌亦溶解于氢氧化铵而形成 $\text{Zn}(\text{NH}_3)_4^{2+}$ 络离子。

假定这个沉淀在铵离子存在下发生,则有磷酸铵锌形成。

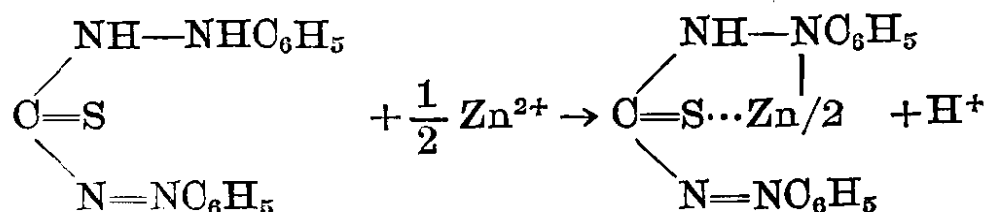


这个化合物是有高度结晶性,较三代磷酸盐的溶解度为小。但二者均溶解于稀酸及氢氧化铵中。

【7】 双硫腺

将溶解有双硫腺的四氯化碳溶液加至锌盐的强碱性溶液中,并将溶液剧烈振摇,则在水层中生成玫瑰-粉红色,而四氯化碳溶

液则由绿色变为棕色。其可能之反应为：



这个试验是灵敏的,但最好在强碱性溶液中进行。

【8】 硝酸钴

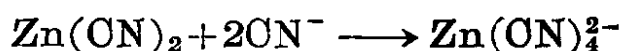
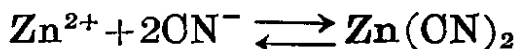
所有锌化合物如用极稀的硝酸钴溶液润湿并加热,即产生绿色残渣。



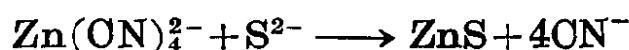
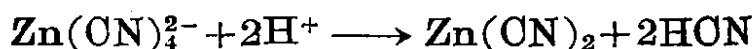
在进行这个试验时,对于在试验铝(同样方法)时的几点注意事项亦应遵守。

【9】 氰化钾

氰化钾与锌盐的溶液作用时,生成白色氰化锌沉淀,此沉淀溶解于过量的沉淀剂中:

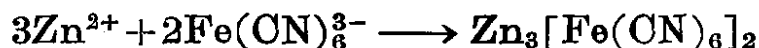


氰锌酸根离子可被酸或碱金属的硫化物所分解。



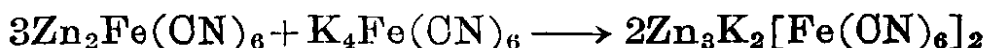
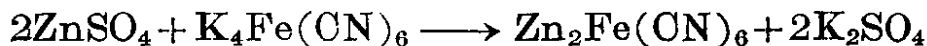
【10】 铁氰化钾

铁氰化钾与锌盐的溶液作用时,生成淡棕黄色铁氰化锌沉淀,此沉淀溶解于盐酸及氨水中。

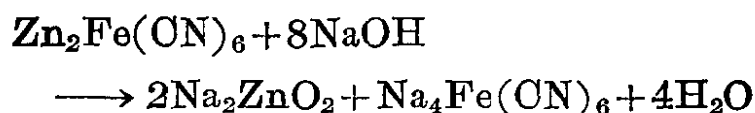


【11】 亚铁氰化钾

亚铁氰化钾溶液如遇锌盐,即生成白色氰亚铁酸锌 $\text{Zn}_2\text{Fe}(\text{CN})_6$ 沉淀,倘有过量的试剂存在,则沉淀被转变为溶解性小的氰亚铁酸钾锌 $\text{Zn}_3\text{K}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2$ 。



氰亚铁酸锌不溶于稀酸,但溶于苛性碱溶液。



【12】 奎那啉酸 (Quinaldinic acid; Quinoline-a-Carboxylic acid; $\text{C}_9\text{H}_6\text{N} \cdot \text{CO}_2 \cdot \text{H}$)

取本试剂几滴加至已用乙酸酸化(微酸性)的锌盐溶液中,即有白色锌络盐 $\text{Zn}(\text{C}_{10}\text{H}_6\text{NO}_2)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 沉淀生成。此沉淀溶解于氨水及无机酸中,但中和时则又沉淀。铜、镉、铀、铁及铬离子与本试剂亦有沉淀发生,故在试验锌时,上述离子必先除去。钴、镍和锰离子不发生作用。本试剂对锌离子为极灵敏的试剂之一,且在分析化学第三族副族中分离出锌时,亦可用以进行有效的证实试验。

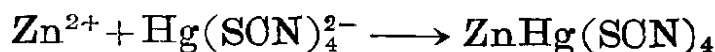
本试剂的价格很昂贵,故应用时最好作斑点试验。

试剂的配制:1克试剂先与 NaOH 溶液中和,然后用水稀释至100毫升即得。

【13】 硫氰酸汞铵-硫酸铜 (Ammonium mercuri-thiocyanate-copper sulfate) 试验

取试样的弱酸性溶液(硫酸或乙酸酸化)用0.5毫升0.1%硫酸铜溶液处理,然后加2毫升硫氰酸汞铵试剂,即有紫色沉淀生成。如果将溶液煮沸1分钟后,反应仍很灵敏。当溶液冷却后再与少量戊醇振摇时,则其紫色沉淀乃集聚在界面。如有铁盐存在将产生红色反应;但当有小量碱金属的氟化物加入时,红色即行消失。

铜盐与硫氰酸汞铵试剂并不单独发生沉淀,但如果单独有锌离子存在时,则形成白色硫氰酸汞锌沉淀(沉淀析出极缓)。



倘有铜离子(微量)存在,即可迅速产生一种深紫色的晶形沉淀,这是由于生成 $\text{ZnHg}(\text{SON})_4$ 和 $\text{CuHg}(\text{SON})_4$ 二种混合结晶所致。

硫氰酸汞铵试剂的配制:将8克氯化汞、9克硫氰酸铵溶解于水至100毫升即得。

极限浓度:1:10,000。

注 试液必须酸化, 否则倘遇碱性试液, 则 $(\text{NH}_4)_2\text{Hg}(\text{SCN})_4$ 试剂将分解而析出 HgO 。

【14】 硫氰酸汞铵-硫酸钴(Ammonium mercuri-thiocyanatecobalt sulfate)试验

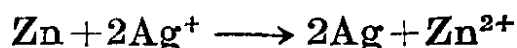
试验的方法与上述相似(除加入小量钴的硫酸盐、乙酸盐或硝酸盐的稀溶液外)。由于硫氰酸汞钴共同沉淀的关系, 致生成蓝色沉淀, 后者含有 $\text{ZnHg}(\text{SON})_4$ 和 $\text{CoHg}(\text{SON})_4$ 的混合结晶。铁盐亦能呈红色反应(由于含有 $\text{Fe}(\text{SON})^{2+}$ 络离子之故), 但可加小量碱金属的氟化物以除去之(因为它可形成无色的 FeF_6^{3-} 离子)。铜盐则必须除去。

灵敏度: 0.2~0.5 微克。

极限浓度: 1:100, 000。

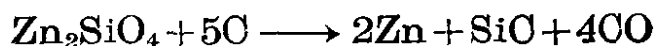
【15】 Ag^+

一般地说, 锌能取代银盐溶液中的银。



【16】 C

硅酸锌矿石与碳混和后在电炉内加热, 即生成锌和碳化硅。



【17】 Cu^{2+}

按一般规律, 锌能取代铜盐溶液中的铜。



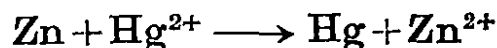
【18】 H_2

氧化锌与氢在 310°C 以上可发生明显的还原作用。



【19】 Hg^{2+}

一般地说, 锌能置换汞盐溶液中的汞。



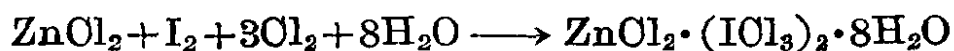
【20】 I_2

二乙基锌与碘反应后, 即形成碘化锌和碘乙烷。



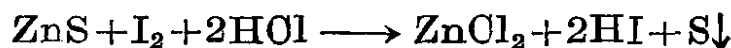
【21】 $I_2 + Cl_2$

在 10 克氯化锌的饱和水溶液中加入 15 克碘, 并通入氯气流, 即生成氯化锌-三氯化碘的黄色针状结晶。



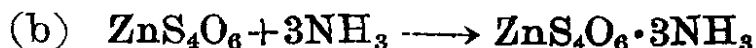
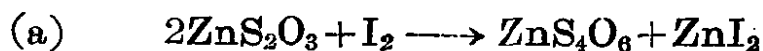
【22】 $I_2 + HCl$

硫化锌与碘在酸性溶液中作用时, 即有硫析出。



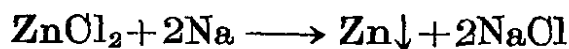
【23】 $I_2 + NH_3$

由硫代硫酸锌与碘反应制得的连四硫酸锌, 再同氨作用后, 即生成三氨合连四硫酸锌结晶。

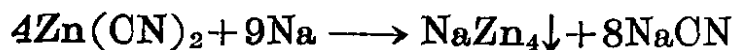


【24】 Na

(1) 当氯化锌溶液与金属钠反应时, 即有少量的细锌粉沉淀出来。

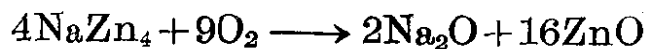


(2) 氰化锌在液氨溶液中与钠作用时, 生成一种非常细的金属沉淀物。

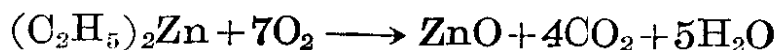


【25】 O_2

(1) 钠-锌化合物用氧处理时, 生成氧化钠和氧化锌。

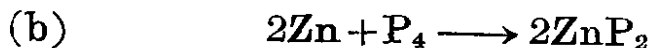
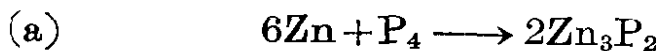


(2) 二乙基锌在空气中燃烧时, 即生成氧化锌、水和二氧化碳。



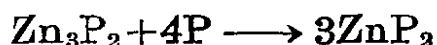
【26】 P

(1) 当磷蒸气通至红热的锌上, 即形成二种磷化锌(a, b)。



(2) 磷蒸气与二磷化三锌在真空中反应, 即生成一种褐色物

质,后者经稀盐酸提取后,即成为黑色粉末状的二磷化锌。



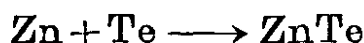
【27】 Pb

按一般原则,锌能置换铅盐溶液中的铅。



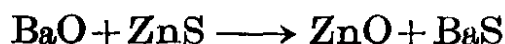
【28】 Te

当金属锌和碲在氢气氛中作用时,即形成碲化锌。



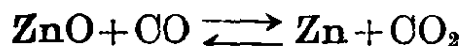
【29】 BaO

硫化锌与氧化钡经高温加热后,即生成硫化钡和氧化锌的混合物。



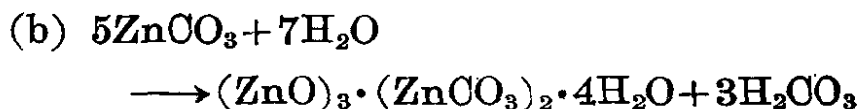
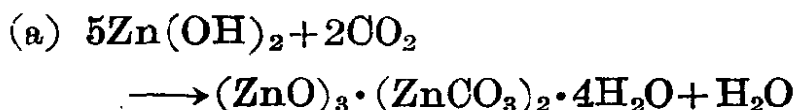
【30】 CO

氧化锌可被一氧化碳还原为锌,在高温下,反应又逆向进行。



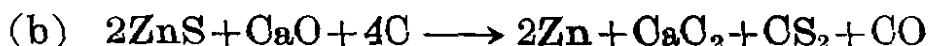
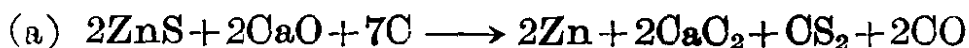
【31】 CO₂

氢氧化锌与二氧化碳在水中作用时,即有碱式碳酸盐形成。碳酸锌水解时,亦有相同的碱式盐形成。



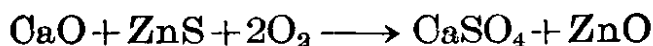
【32】 CaO + C

未经焙烧的锌掺合物可在氧化钙和碳中进行电熔炼,结果形成锌、碳化钙和二硫化碳及一氧化碳。



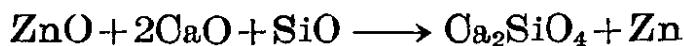
【33】 CaO + O₂

当硫化锌和氧化钙一起在氧中加热时,反应产物为硫酸钙和氧化锌。



【34】 $\text{CaO} + \text{SiO}$

当氧化锌与氧化钙、一氧化硅在 1300°C 的真空容器内共加热时, 在 1 小时以内即有 98% 的锌被蒸出。



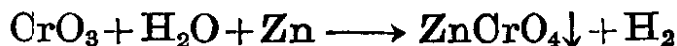
【35】 CrO_3

氯化锌溶液与三氧化铬在低温 (0°C) 下反应, 生成下列黄红色结晶物。



【36】 $\text{CrO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

锌与三氧化铬的水溶液反应, 即生成铬酸锌。



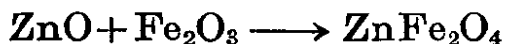
【37】 $\text{CrO}_3 + \text{NH}_4\text{OH}$

氢氧化锌的混悬液与三氧化铬的浓溶液混和后, 再加入含有铵盐(氯化铵或硝酸铵)的过量氢氧化铵, 即形成铬酸铵锌复盐。

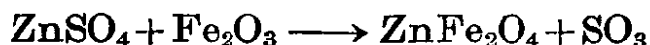


【38】 Fe_2O_3

(1) 氧化锌与氧化铁作用时, 即形成铁酸锌。

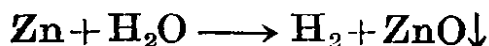


(2) 在硫酸锌和氧化铁的焙烧过程中, 温度约在 900°C 左右, 此时氧化铁起到一个强酸的作用, 使三氧化硫从硫酸锌中释放出来, 并同时生成铁酸锌。



【39】 H_2O

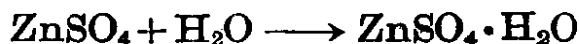
(1) 当有 AlI_3 、 AlBr_3 或 AlCl_3 存在时, 锌遇水即水解为氢和氧化锌沉淀。



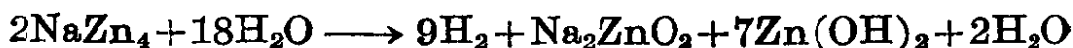
(2) 将锌粉(与锡粉混和)置于水中时, 即有氢明显而均匀地释放出来, 且可持续长达六个月之久。在室温下, 每天可释出 3~4 毫升氢。



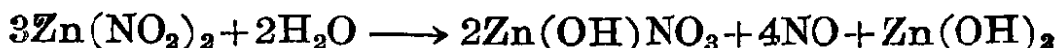
(3) 无水硫酸锌与水共加热时, 即形成一水合硫酸锌。



(4) 水与钠-锌化合物缓慢作用后, 亦能释放出氢。



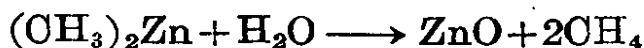
(5) 亚硝酸锌的浓溶液可分解为碱式硝酸盐。



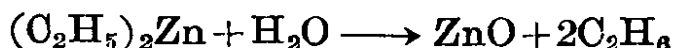
(6) 当有大量水存在时, 铬酸锌很易水解为碱式铬酸锌。



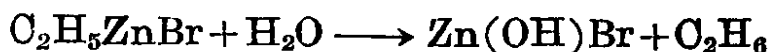
(7) 二甲基锌可被水分解而形成甲烷和氧化锌。



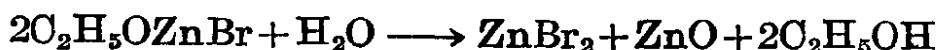
(8) 二乙基锌遇水即水解, 形成氧化锌和乙烷。



(9) 溴化乙基锌与水反应, 生成溴化羟锌和乙烷。

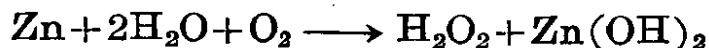


(10) 溴化乙氧基锌与水一起加热处理时, 形成溴化锌、氧化锌和乙醇。



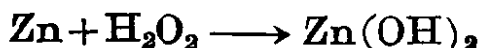
【40】 $\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$

在正常条件下, 锌与水和氧反应, 即生成过氧化氢和氢氧化锌。



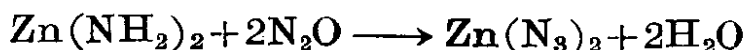
【41】 H_2O_2

锌很易与过氧化氢结合而形成氢氧化锌。



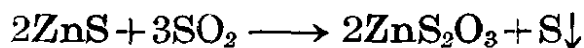
【42】 N_2O

二氨基(化)锌与一氧化二氮于 $150 \sim 250^\circ\text{C}$ 反应时, 可形成叠氮化锌, 但得率较低。

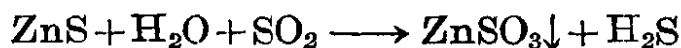


【43】 SO_2

(1) 当硫化锌的混悬液徐徐加至二氧化硫的浓溶液中（边加边搅拌），即有硫代硫酸锌形成，同时有硫析出。



(2) 将硫化锌混悬于水并与二氧化硫作用时，即有亚硫酸锌形成。



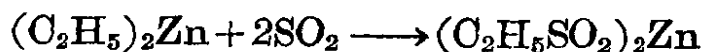
(3) 当亚硫酸锌与过量的二氧化硫作用时，即有亚硫酸氢锌形成。



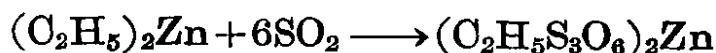
(4) 将 100 份锌尘与 150~200 份水混和后，在 45~50°C，用二氧化硫气流快速处理，直至金属溶解，放冷并干燥，即得连二亚硫酸锌。



(5) 二乙基锌用干燥的二氧化硫饱和时，即形成乙基亚磺酸的锌盐。

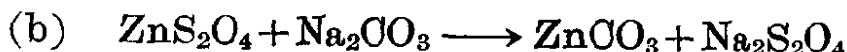
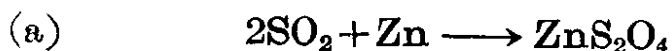


(6) 二乙基锌与大大过量的二氧化硫反应，即生成乙基连三硫酸的锌盐。



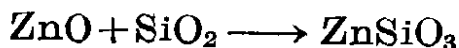
【44】 $\text{SO}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3$

当二氧化硫气体通入锌的混悬水溶液中，即有连二亚硫酸锌形成(a)。其所形成之连二亚硫酸锌与碳酸钠作用时，即有连二亚硫酸钠形成(b)。



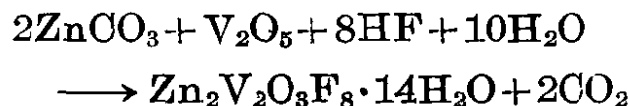
【45】 SiO_2

无铁氧化锌与无铁二氧化硅（由硅酸钠和盐酸反应制得）混和后，于 1200°C 加热 1.5 小时，即生成硅酸锌。

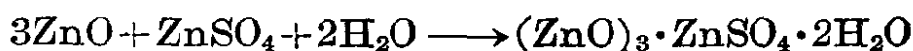


【46】 $V_2O_5 + HF$

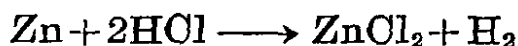
以一定量的碳酸锌和五氧化二钒溶解于氢氟酸中，然后予以蒸发，则有黄色结晶形成。

**【47】 ZnO**

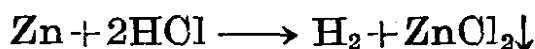
当氧化锌与 12% 硫酸锌溶液共煮沸时，即有碱式盐形成。

**【48】 HCl**

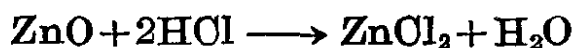
(1) 锌与盐酸反应后，生成游离氢和氯化锌。



(2) 当干燥氯化氢的无水苯溶液溶解金属锌时，即有氢气释放出来，并形成白色氯化锌沉淀。锡、铝和铅在同样条件下则反应微弱，钠的反应较快速。镁、铁、镍、钴、铜、镉、汞、银、金和铂则完全没有反应。



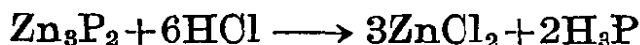
(3) 在 200°C 时，氧化锌可全部被氯化氢气体转化为氯化锌。氧化锌溶解于盐酸，亦可形成氯化锌和水。



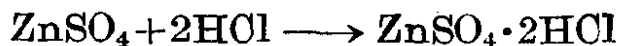
(4) 浓盐酸与二磷化锌缓慢反应后，生成纯净的磷化氢和固态磷化氢。



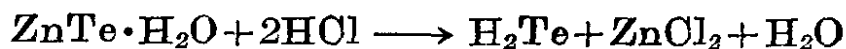
(5) 稀盐酸和浓盐酸均能与二磷化三锌反应，生成磷化氢。



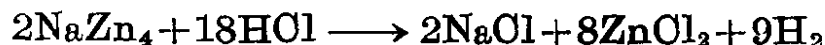
(6) 硫酸锌与氯化氢反应，生成复盐。



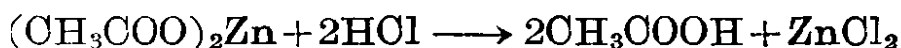
(7) 碲化锌用稀盐酸处理时，即生成碲化氢。



(8) 钠-锌化合物与稀盐酸反应，即释放出氢。

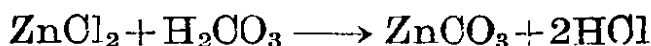


(9) 将干燥的氯化氢通入干燥的乙酸锌上, 即生成无水氯化锌和乙酸。



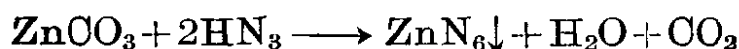
【49】 H_2CO_3

当氯化锌溶液用碳酸处理后, 将立刻有碳酸锌和盐酸形成。



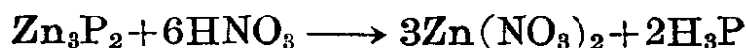
【50】 HN_3

碳酸锌与叠氮酸反应, 即生成白色叠氮化锌沉淀。



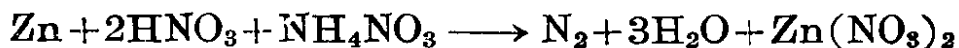
【51】 HNO_3

稀硝酸与二磷化三锌反应, 生成磷化氢和硝酸锌。



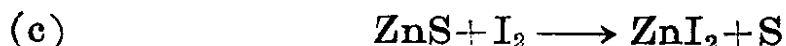
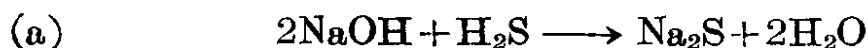
【52】 $\text{HNO}_3 + \text{NH}_4\text{NO}_3$

锌与硝酸(在硝酸铵参加下)作用时, 即有氮形成。

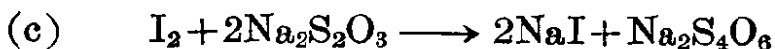
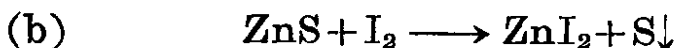


【53】 H_2S

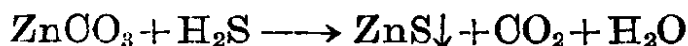
(1) 锌酸钠常被用在下列情况下, 即应用于测定硫化物中的硫。



(2) 用容量法测定锌时, 可使氯化锌与硫化氢反应(有过量的乙酸钠存在), 生成硫化锌沉淀(a), 过量的硫化氢可借延长沸腾的办法得以排除, 然后加入碘溶液(b), 并用硫代硫酸钠溶液滴定过量的碘(c)。



(3) 将 1 份碳酸锌与 100 份水混和后, 再用硫化氢气体处理, 在 30 小时内即完全转化为硫化锌。

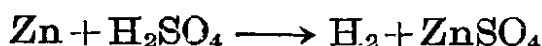


(4) 氧化锌溶液先用氢氧化铵中和, 然后加硫酸酸化, 再在室温下通入硫化氢, 这时即形成硫化锌沉淀(a), 硫化锌在 850~930°C 的马弗炉内又被燃烧成氧化锌(b)。

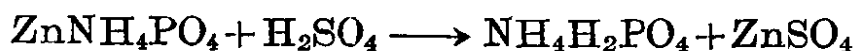


【54】 H_2SO_4

(1) 锌与硫酸反应后, 即生成氢和硫酸锌。



(2) 硫酸与磷酸铵锌的定量反应是容量法测定锌的基础。



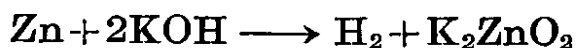
【55】 $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{HNO}_3$

在本生电池中, 锌阳极插在稀硫酸溶液中, 碳阴极则插在浓硝酸中, 这时锌溶解于硫酸, 形成氢和硫酸锌; 而氢又被硝酸氧化为水。

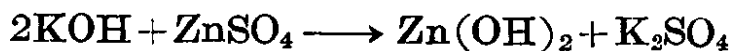


【56】 KOH

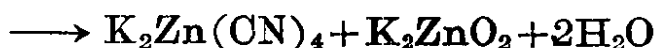
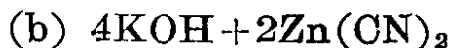
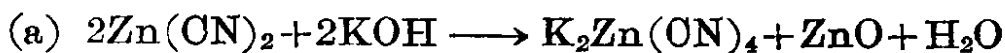
(1) 锌和氢氧化钾反应, 形成氢和锌酸钾。



(2) 氢氧化钾与硫酸锌反应, 生成硫酸钾和氢氧化锌。

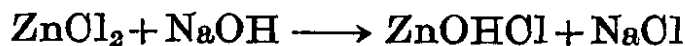


(3) 过量的氰化锌与氢氧化钾反应时, 形成氧化锌和氰化锌钾(a); 反之, 当氢氧化钾为过量时, 则生成氰化锌钾和锌酸钾(b)。

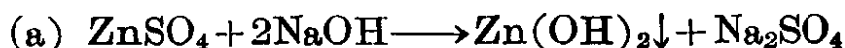


【57】 NaOH

(1) 在氯化锌溶液中加入氢氧化钠后, 即形成氯化羟锌。

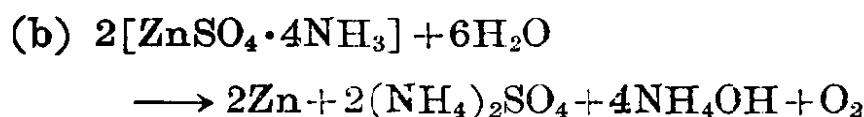
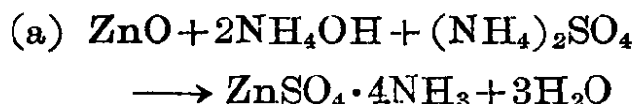


(2) 在硫酸锌溶液中加入氢氧化钠后, 即生成氢氧化锌(a), 后者进一步又与氢氧化钠反应而生成锌酸钠(b)。



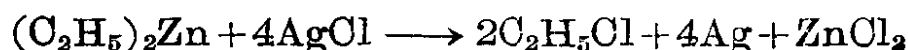
【58】 NH_4OH

当焙烧矿石与氨和硫酸铵进行沥取后, 再予电解, 即可得到锌。



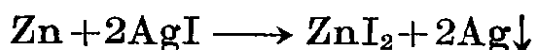
【59】 AgCl

二乙基锌与氯化银反应, 生成氯乙烷(乙基氯)、银和氯化锌。



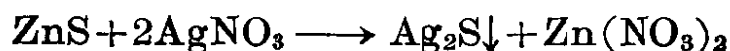
【60】 AgI

纯锌能将碘化银(溶液)还原为金属银。



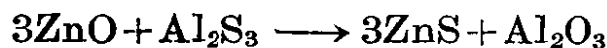
【61】 AgNO_3

当硫化锌与硝酸银溶液作用时, 即有硫化银形成。



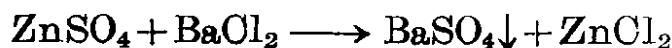
【62】 Al_2S_3

氧化锌与硫化铝在 1400°C 的氮气流中反应, 即生成硫化锌。



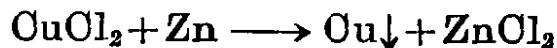
【63】 BaCl_2

将等量的硫酸锌和氯化钡于水中混和后, 即有氯化锌形成。



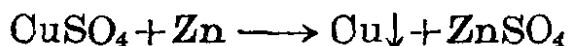
【64】 CuCl_2

在很稀的氯化铜溶液中, 锌能沉淀出铜来。

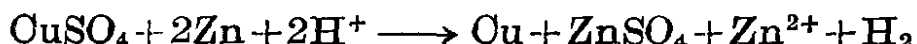


[65] CuSO₄

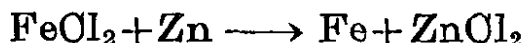
(1) 当铜以硫酸盐或氯化物形式存在于溶液中时, 锌能将其置换出来。



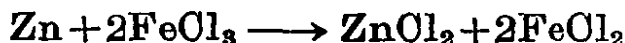
(2) 硫酸铜溶液与锌粒作用后, 可持续数周产生有规律的氢气流, 偶然加入少些硫酸铜结晶, 可使该反应保持平稳地进行。

**[66] FeCl₂**

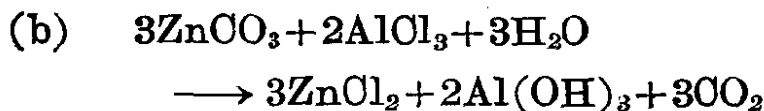
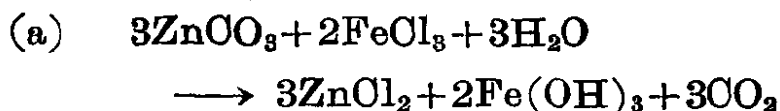
氯化亚铁的溶液在锌的存在下, 共同煮沸时, 即立刻分解, 其产物为铁和氯化锌。

**[67] FeCl₃**

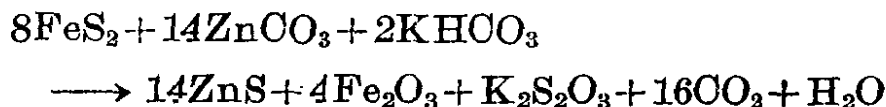
锌溶解于氯化铁溶液后形成氯化锌。在反应开始时应予加入氯化铵。

**[68] FeCl₃, AlCl₃**

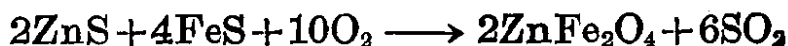
碳酸锌在冷溶液中能完全沉淀三价铁、铝和铈酰化合物, 在热溶液中能沉淀铬化合物。

**[69] FeS₂ + KHCO₃**

将碳酸锌、白铁矿(FeS₂)和碳酸氢钾置于充有CO₂的封闭管内, 并在180°C加热24小时, 结果有硫化锌、氧化铁和硫代硫酸钾形成。

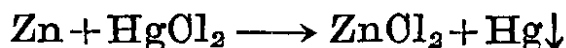
**[70] FeS + O₂**

含有硫化亚铁的闪锌矿在工业上焙烧时, 即可得到铁酸锌。

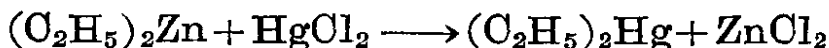


[71] HgCl₂

(1) 氯化汞与锌作用时, 形成氯化锌和汞。

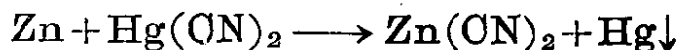


(2) 二乙基锌与氯化汞反应时, 即形成二乙基汞和氯化锌。



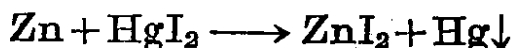
[72] Hg(CN)₂

锌与氰化汞的液氨溶液相遇时, 将迅速发生反应, 并有氰化锌和汞形成。



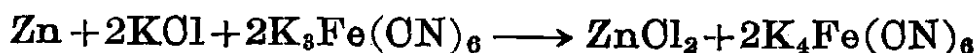
[73] HgI₂

在水的参加下, 金属锌能分解碘化汞, 形成碘化锌。



[74] KCl + K₃Fe(CN)₆

锌能溶解于含有氯化钾和铁氰化钾的溶液中, 后者乃被还原为亚铁氰化钾。

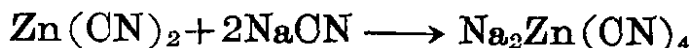
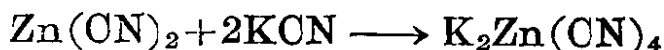


[75] KCN

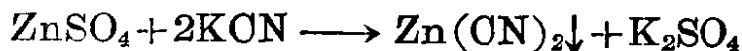
(1) 氧化锌与氰化钾作用时, 即有氰化锌钾形成。



(2) 当氰化锌的稀溶液与稀的氰化钾溶液反应时, 即生成氰化锌钾。氰化钠亦有相同的反应。

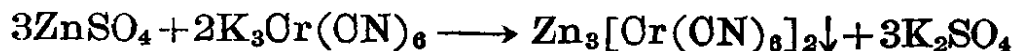


(3) 硫酸锌溶液与氰化钾反应时, 即生成氰化锌沉淀。



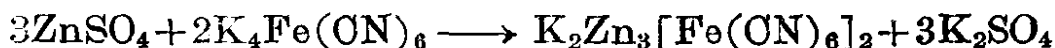
[76] K₃Cr(CN)₆

当 2% 氰铬酸钾溶液与 4% 硫酸锌溶液反应时, 即形成淡黄色的沉淀。

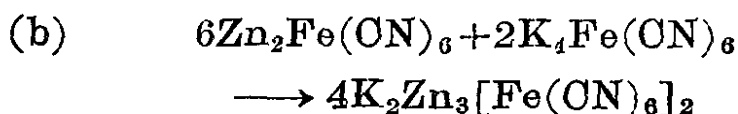
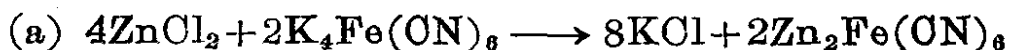


【77】 $K_4Fe(CN)_6$

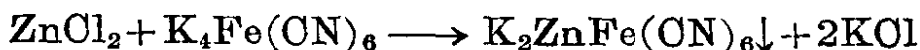
(1) 当以亚铁氰化钾溶液滴定锌时, 常用 1% 二苯胺的浓硫酸溶液作指示剂, 其反应方程式如下:



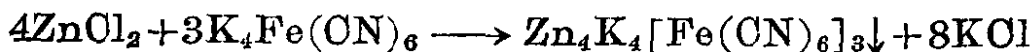
(2) 氯化锌与亚铁氰化钾反应时, 生成亚铁氰化锌(氰亚铁酸锌)(a), 后者又进一步与亚铁氰化钾作用, 即得亚铁氰化锌钾(氰亚铁酸锌钾)(b)。



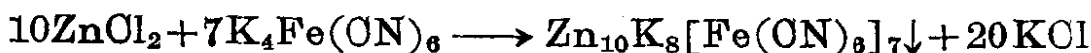
(3) 冷的氯化锌溶液与微过量的亚铁氰化钾反应, 即形成亚铁氰化锌钾(氰亚铁酸锌钾)的沉淀。



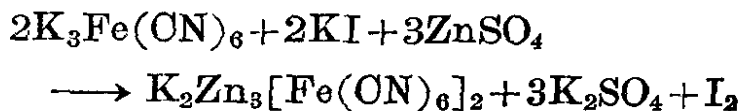
(4) 当热的微酸性的锌盐溶液与亚铁氰化钾反应时, 即生成一种复合锌盐沉淀。



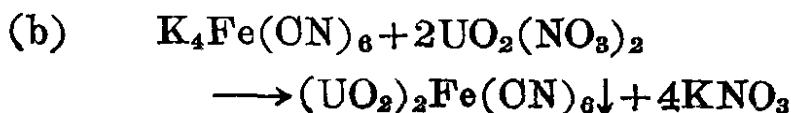
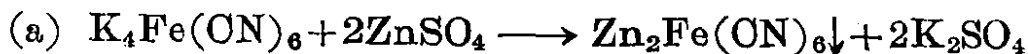
(5) 当冷的微酸性的氯化锌溶液与亚铁氰化钾反应时, 亦形成一种复合锌盐沉淀。

**【78】 $K_3Fe(CN)_6 + KI$**

微量法测定金属锌时, 即利用硫酸锌与铁氰化钾和碘化钾反应后生成的碘, 然后再用有关还原性标准溶液滴定其所释出的碘。

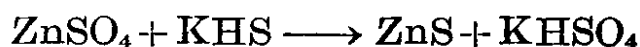
**【79】 $K_4Fe(CN)_6 + UO_2(NO_3)_2$**

锌的测定, 可利用亚铁氰化钾溶液滴定微酸性溶液中的锌盐(硫酸锌), 以硝酸双氧铀作指示剂而进行之。

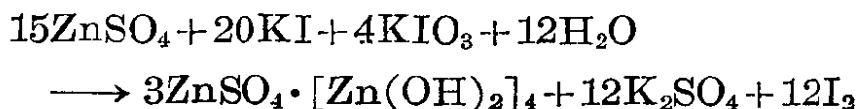


[80] KHS

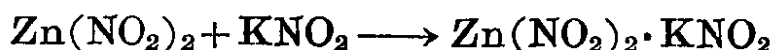
硫酸锌与氢硫化钾反应,生成硫化锌和硫酸氢钾。

**[81] KI + KIO₃**

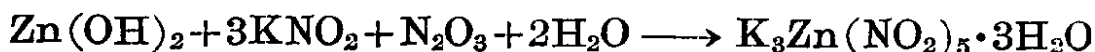
当硫酸锌溶液与碘化钾和碘酸钾的混合物作用时, 即有碱式硫酸锌形成。

**[82] KNO₂**

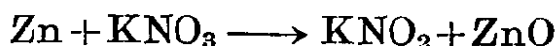
将过量的亚硝酸钾加至亚硝酸锌溶液中, 然后把溶液蒸发, 但不宜加热至近乎呈糖浆状稠度, 则有亚硝酸盐的复盐结晶形成。这个结晶在 100°C 下即被分解。

**[83] KNO₂ + N₂O₃**

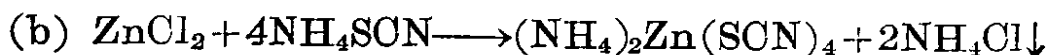
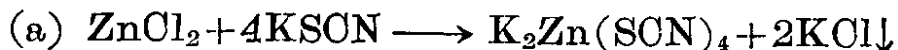
氢氧化锌的混悬液与亚硝酸钾及三氧化二氮反应后, 生成亚硝酸锌钾。

**[84] KNO₃**

硝酸钾的中性溶液可被锌还原为亚硝酸钾。

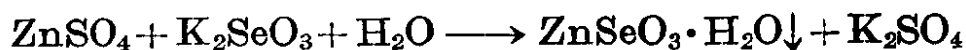
**[85] KSCN、NH₄SCN、Ba(SCN)₂**

氯化锌的醇溶液与硫氰酸钾的醇溶液作用时, 即有氯化钾的结晶析出, 同时有硫氰酸锌钾形成(留在溶液中)(a)。与硫氰酸铵亦有相同形式的反应发生(b)与硫氰酸钡的反应如(c)。

**[86] K₂SeO₃**

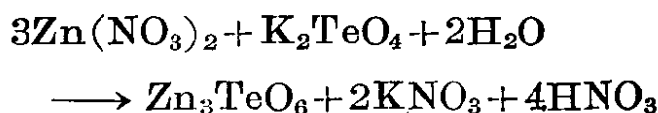
当硫酸锌与亚硒酸钾的溶液混和时, 先形成片状非晶形的白色沉淀。但若有亚硒酸存在, 则变成一水合亚硒酸锌的小棱柱晶

体。



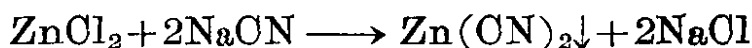
【87】 K_2TeO_4

硝酸锌与碲酸钾在水中经较长时间煮沸后,即生成一种重的粒状沉淀物原碲酸锌。

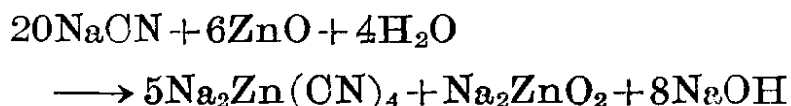


【88】 NaCN

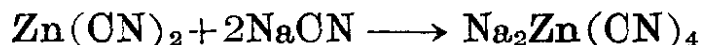
(1) 当氯化锌的酸性溶液与氰化钠反应时,生成氰化锌沉淀。



(2) 氰化钠可被氧化锌转化为氰化锌钠。

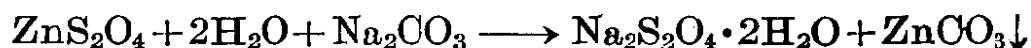


(3) 当氰化钠与氰化锌的稀溶液反应时,即形成氰化锌钠。

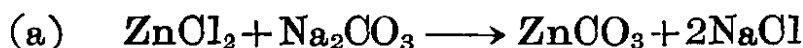


【89】 Na_2CO_3

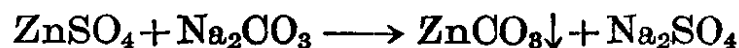
(1) 当碳酸钠加至连二亚硫酸锌溶液中,即有碳酸锌沉出。



(2) 当氯化锌与碳酸钠作用后,并将其生成的碳酸锌灼烧,即有氧化锌形成。



(3) 在3%硫酸锌(配制在2%明胶溶液中)溶液中,连续不断地以60滴/分的速度滴加2.5%碳酸钠溶液,即有沉淀物生成。沉淀物经水洗去硫酸盐后,即得半胶体状的碳酸锌,颗粒大小为1~1.5微米。



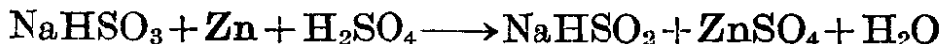
【90】 NaHSO_3

当亚硫酸氢钠溶液与锌作用时,即有次硫酸氢钠和亚硫酸锌钠的复盐形成。



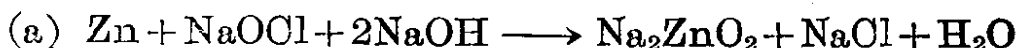
[91] $\text{NaHSO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$

当亚硫酸氢钠与锌屑和硫酸作用时, 即有次硫酸氢钠形成。



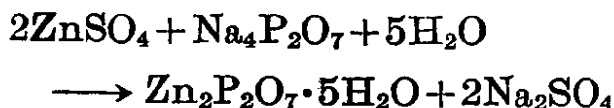
[92] $\text{NaOCl} + \text{NaOH}$

当金属锌或锌矿石溶解于碱性次氯酸钠溶液中, 即形成锌酸钠(a), 并进一步电解沉积为金属锌(b)。



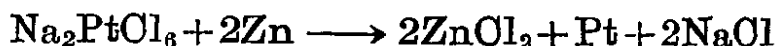
[93] $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$

硫酸锌溶液与焦磷酸钠溶液混和后, 即生成白色无定形沉淀或细微的片状沉淀。



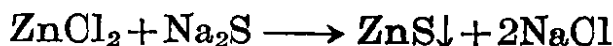
[94] Na_2PtCl_6

锌能还原氯铂酸钠(溶液), 形成氯化锌、氯化钠和铂。



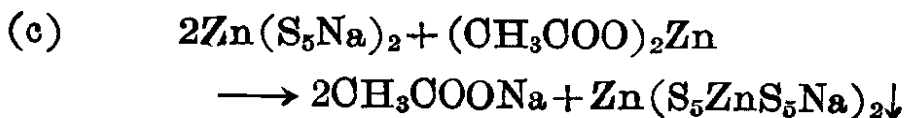
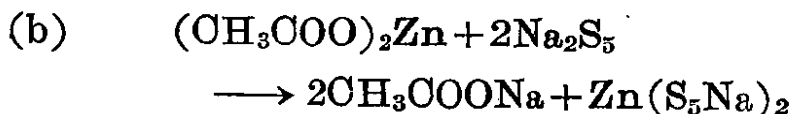
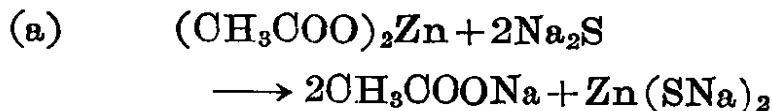
[95] Na_2S

氯化锌的氨溶液与硫化钠溶液反应时, 即生成硫化锌沉淀。



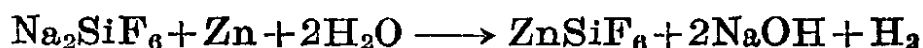
[96] Na_2S , Na_2S_3

将硫化物或多硫化物的稀溶液加至乙酸锌的稀溶液中, 并无沉淀形成(a, b), 如果多硫化物的量稍予过量, 则有胶态沉淀物形成(c)。

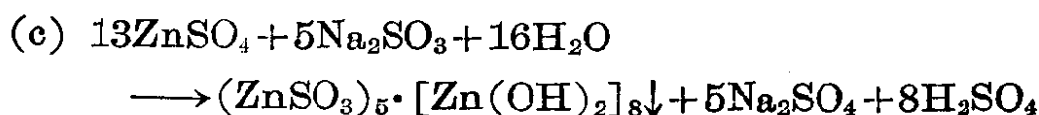
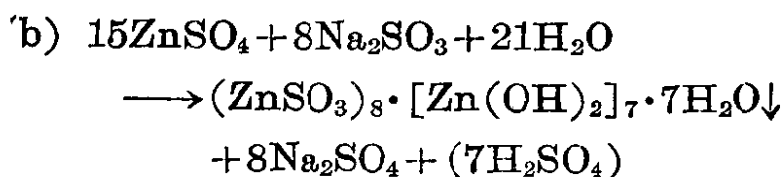
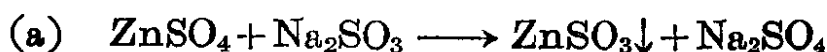


[97] Na_2SiF_6

镀锌铁与纯碱溶液所起的化学反应，并不能被氟硅酸钠所抑止，这可能由于镀锌层形成可溶性的氟硅酸锌所致。

**[98] Na_2SO_3**

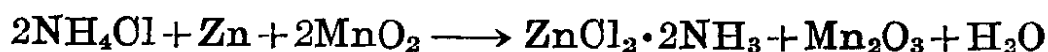
硫酸锌的稀溶液与亚硫酸钠的稀溶液，在室温相互反应时，即形成亚硫酸锌(a)，当溶液在沸点温度时，二者即按(b)式进行。如果溶液经恒稳地煮沸后，则形成碱式亚硫酸锌(c)。

**[99] $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$**

硫酸锌的水溶液在冷时与连二亚硫酸钠不起作用，但在溶液煮沸时，即有硫化锌沉出。当有乙酸存在时，反应亦同。

**[100] $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{MnO}_2$**

锌与氯化铵和二氧化锰作用时，即有二氨合氯化锌形成，并有三氧化二锰和水的副产物。

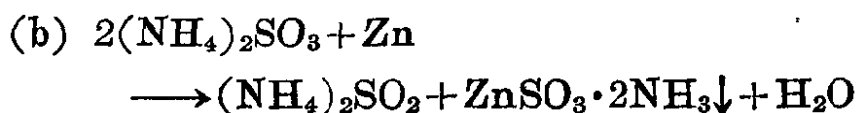
**[101] NH_4F**

将氢氧化锌溶解于氟化铵的热溶液中，然后把过剩之水蒸发掉，即有白色结晶形成。

**[102] $\text{NH}_4\text{HSO}_3 + \text{NH}_4\text{OH}$**

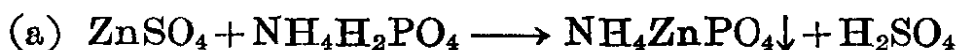
当亚硫酸氢铵溶液被氢氧化铵中和后，将此混合液与锌作用时，即有不溶解的锌化合物形成。





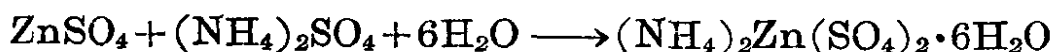
[103] $NH_4H_2PO_4$

将磷酸二氢铵加至锌盐溶液中, 即有磷酸锌铵沉淀析出(a)。后者如予灼烧, 即转变为焦磷酸锌。



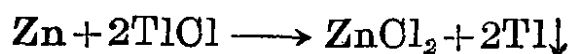
[104] $(NH_4)_2SO_4 + H_2O$

硫酸锌与硫酸铵及水作用时, 即有六水合硫酸锌铵的复盐形成。



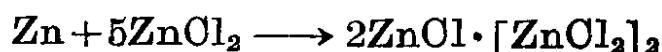
[105] $TlCl$

一氯化铊溶液在伴有纯锌棒的容器内放置(反应)后, 铊即被还原析出。



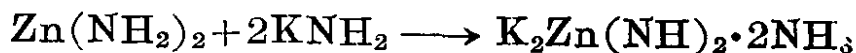
[106] $ZnCl_2$

金属锌加至熔化的氯化锌中, 即形成复盐。



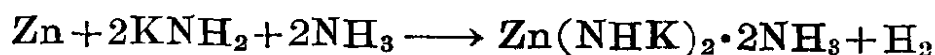
[107] KNH_2

二氨基(化)锌与氨基(化)钾反应, 生成二氨合二亚氨基(化)锌二钾。



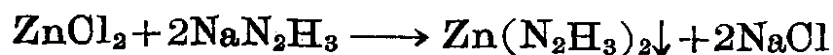
[108] $KNH_2 + NH_3$

金属锌和氨基(化)钾在液氨中反应时, 即形成二氨合二(亚氨基钾)锌。



[109] NaN_2H_3

相当量的氯化锌与胍基钠溶液混合后, 即形成胍基锌。



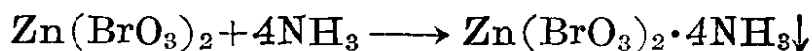
[110] Na₂Te

当碲化钠与乙酸锌的乙酸溶液反应后, 即生成一水合碲化锌的黄棕色沉淀。

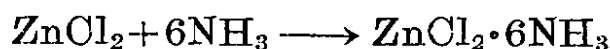


[111] NH₃

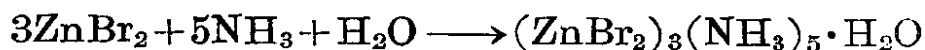
(1) 非常浓的溴酸锌溶液经氨气饱和后, 再加入氨的醇溶液, 即有四氨合溴酸锌的结晶形成。



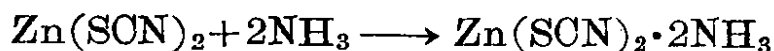
(2) 当氯化锌吸收了氨后, 即形成六氨合氯化锌。



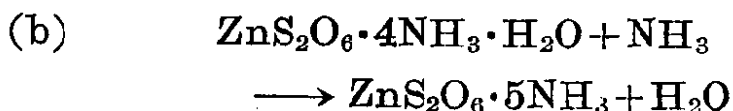
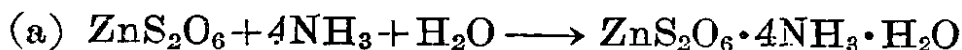
(3) 当干燥的氨气通入溴化锌溶液时, 即生成五氨合溴化锌的水合物。



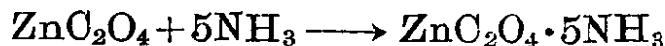
(4) 在硫氰酸锌溶液中加入氨的浓溶液后, 即予混合蒸发至干, 将残渣溶解在浓氨中再予蒸发, 即形成大的结晶物。



(5) 当连二硫酸锌的热氨溶液放冷后, 即形成四氨合物(a), 后者在 95°C 放置较长时间后, 又转化为五氨合物(b)。



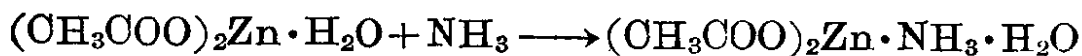
(6) 在冰浴中, 草酸锌可吸收 5 分子氨而形成加成化合物。



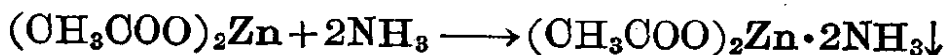
(7) 将甲酸锌于 140°C 加热 2 小时后, 即脱水。在室温时, 如与氨气反应, 则生成五氨合甲酸锌。



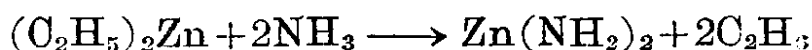
(8) 干燥氨可被一水合乙酸锌吸收而形成一种加成化合物。



(9) 乙酸锌与氨反应后, 即生成二氨合乙酸锌。

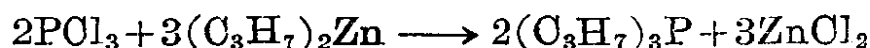


(10) 二乙基锌与氨反应后,即生成二氨基(化)锌。



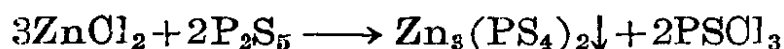
【112】 PCl_3

三氯化磷与二丙基锌反应,可生成三丁基磷。



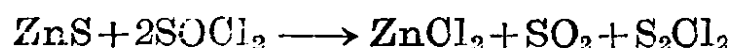
【113】 P_2S_5

氯化锌与五硫化二磷的混合物共加热后,即生成全硫磷酸锌的白色结晶。

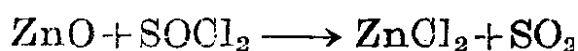


【114】 SOCl_2

(1) 当硫化锌与亚硫酰(二)氯在封闭管中加热至150~200°C,即生成氯化锌。

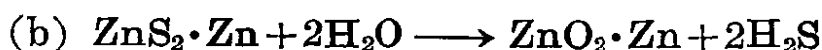


(2) 将氧化锌与亚硫酰(二)氯置于封闭管内,在150°C加热时,即形成氯化锌。



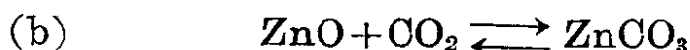
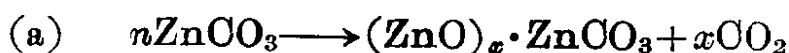
【115】 光照

硫化锌的光化学反应如下式所示。

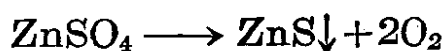


【116】 加热

(1) 在封闭系统中,碳酸锌受热分解后,即导致在碳酸盐中形成氧化物的固态溶体,当温度降低时,其新分解的氧化锌又和二氧化碳再化合,生成碳酸锌。



(2) 硫酸锌经高温加热后,即分解为硫化锌和氧。



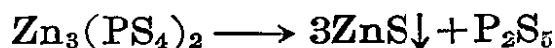
(3) 七水合硫酸锌在 $38.2\sim 39.1^\circ\text{C}$ 加热时, 即转化为六水合物。



(4) 五氨合溴化锌的二水化物在加热时即失去水。

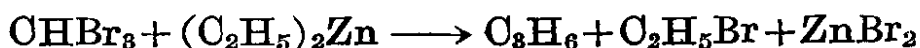


(5) 全硫磷酸锌受热分解后即生成硫化锌。



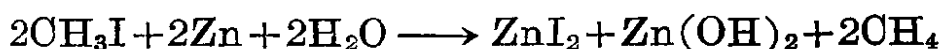
【117】 CHBr_3

在 142°C , 将溴仿加至二乙基锌中后, 即形成丙烯、溴乙烷和溴化锌。



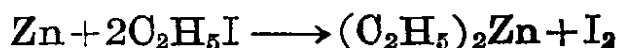
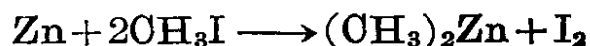
【118】 $\text{CH}_3\text{I} + \text{H}_2\text{O}$

在水的存在下, 锌与碘甲烷反应后, 生成碘化锌和氢氧化锌及甲烷。



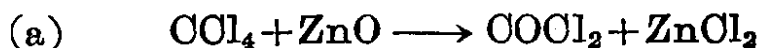
【119】 CH_3I 、 $\text{C}_2\text{H}_5\text{I}$

锌与碘甲烷反应后, 形成二甲基锌和碘。碘乙烷亦有相同的反应。



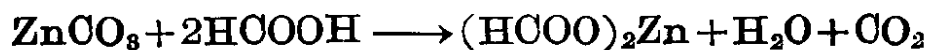
【120】 CCl_4

将四氯化碳与干燥的氧化锌置于密闭器内, 200°C 加热数小时, 即生成碳酰氯。由于碳酰氯再与氧化锌反应, 还会形成少量二氧化碳。



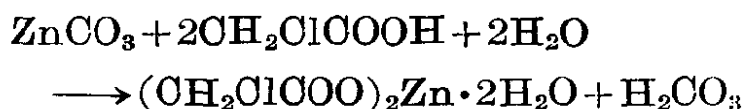
【121】 HCOOH

碳酸锌溶解于 90% 甲酸中, 即生成甲酸锌。

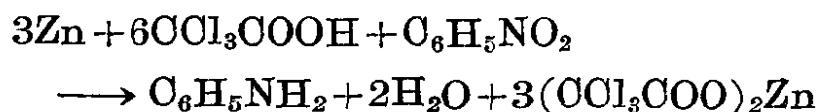


[122] CH₂ClCOOH

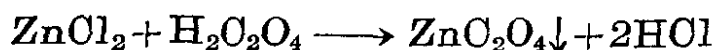
碳酸锌与水和一氯乙酸的无水乙醇溶液反应后,即形成一氯乙酸锌。

**[123] CCl₃COOH + C₆H₅NO₂**

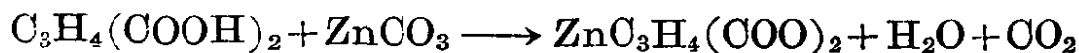
当有锌存在时,三氯乙酸能很快地溶解于硝基苯中,形成苯胺且无气体逸出。

**[124] H₂C₂O₄**

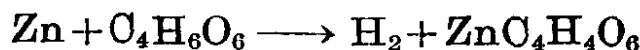
当氯化锌溶液与草酸作用时,即徐徐有草酸锌沉淀析出。

**[125] C₃H₄(COOH)₂**

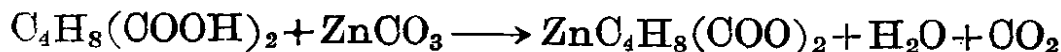
戊烯二酸与过量的碳酸锌反应后,将溶液过滤、浓缩,即有戊烯二酸锌分离出来。

**[126] C₄H₆O₆**

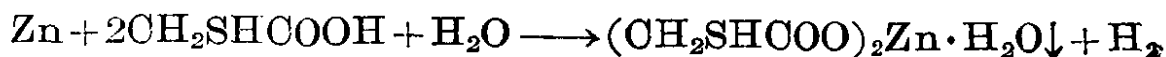
金属锌能溶解于酒石酸中,生成酒石酸锌。

**[127] C₄H₈(COOH)₂**

乙基丁二酸经碳酸锌中和后,过滤,并在滤液中加入乙醇,即形成二水合乙基丁二酸酯锌。

**[128] CH₂SHCOOH**

锌与巯基乙酸反应后,生成巯基乙酸锌的针状物。

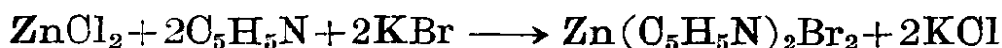
**[129] C₂H₅OH**

溴化乙基锌经乙醇处理后,即有溴化乙氧基锌和乙烷生成。

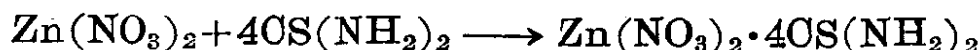


【130】 $C_5H_5N + KBr$

氯化锌与吡啶和溴化钾反应时,生成一种特殊的结晶物。

**【131】 $CS(NH_2)_2$**

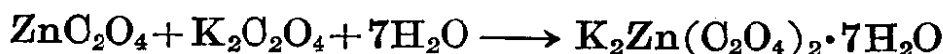
(1) 当硝酸锌与硫脲在溶液中反应时,即生成白色结晶。



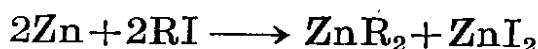
(2) 硫氰酸锌和硫脲的溶液作用时,生成黄色油状物,如予放置,转变为很细的针状物。

**【132】 $K_2C_2O_4$**

将 25°C 配制的草酸钾饱和溶液加热至沸点温度,并徐徐加入草酸锌,直至达到微过量,结果有复盐形成。

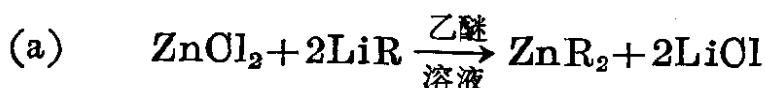
**【133】 RI**

金属锌与碘代烷在 150°C 左右温度下作用,可得到二烷基锌。

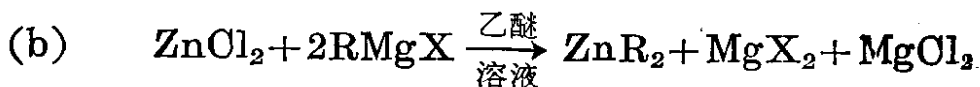


[R = Me(甲基), Et(乙基), n-Pr(正丙基)等]

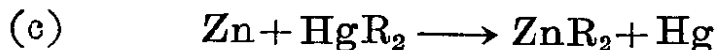
也可用如下其他方法制备:



[R = Ph(苯基), $C_{10}H_7$, C_6F_5]



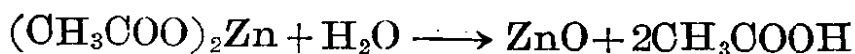
[R = Et, Vinyl(乙烯基), t-Bu(特丁基)]



[R = Me, i-Bu(异丁基), 对- C_6H_4F]

【134】 加热

(1) 乙酸锌在 170°C 水溶液中即转变为氧化锌。

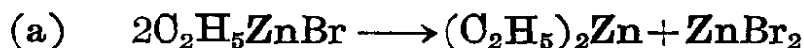


(2) 三水合乙酸锌加热至 100°C 时,即失去 2 分子水而形成

一水合乙酸锌。



(3) 当溴化乙基锌加热时, 可能形成溴化锌和二乙基锌(a), 其他产物则可能是金属锌、乙烷或乙烯(b)。



锰 Mn

锰是地球上分布相当广的一种元素, 约占地壳总重量的 0.1%。最常见的锰矿是以二氧化锰(MnO_2)形态组成的软锰矿。

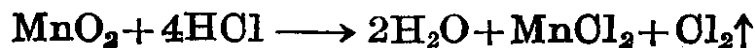
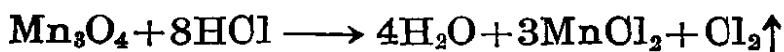
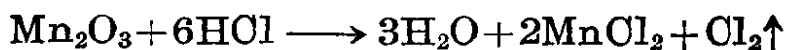
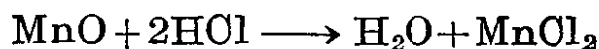
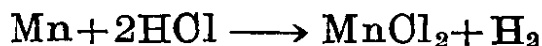
锰是闪砾的硬金属, 外表似铁, 密度 7.2 克/厘米³, 在 1244°C 时熔化。锰在空气中常被覆盖上一层氧化物的薄膜, 且在微高于室温状态时, 锰能分解水而放出氢。

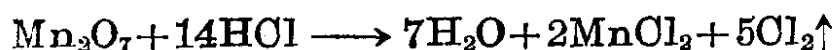
锰在电动序中位于铝和锌之间, 故易溶解于稀酸甚至是乙酸, 并放出氢气, 同时生成 Mn^{2+} 离子。

锰组成五种简单氧化物: MnO 、 Mn_2O_3 、 MnO_2 、 MnO_3 、 Mn_2O_7 及一种混合氧化物 Mn_3O_4 (或 $\text{MnO} \cdot \text{Mn}_2\text{O}_3$)。 MnO 、 Mn_2O_3 呈碱性, MnO_2 呈两性, MnO_3 和 Mn_2O_7 是酸酐。由此可知, 锰之氧化物的性质是随着原子价之增加而变异。

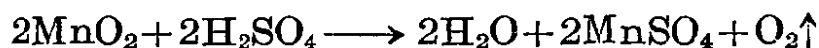
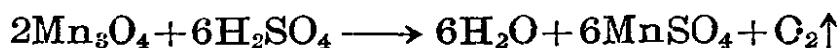
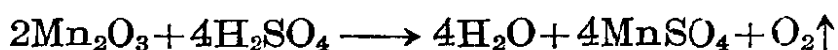
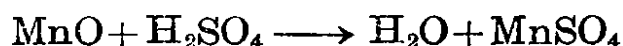
通常在实用方面最重要的是二价锰的衍生物, 及二氧化锰和高锰酸的盐(高锰酸盐)。

在上述这些氧化物中除 MnO 外, 如果用冷而稀的盐酸处理, 则有黑色、淡绿棕色溶液发生, 这种溶液如予加热, 则放出氯, 同时变为无色。这个溶液是含有二价锰盐, 即 MnO 的衍生物。





所有锰的氧化物在加热的浓硫酸中均即溶解而形成硫酸锰,且同时(除 MnO 外)都有氧放出。



通常较高价锰的氧化物 MnO_2 、 Mn_2O_3 和 Mn_3O_4 与沸的稀硝酸或稀硫酸相处时, MnO_2 并不被这些稀酸所侵蚀; 而 Mn_2O_3 则有一半的锰进入酸中, 其他一半则仍保留为不溶解的棕色水合二氧化锰(H_2MnO_3); Mn_3O_4 约有 $2/3$ 可溶解于这些酸中, 其余部分则如前述者那样呈棕色水合二氧化锰。

H_2MnO_3 像硅酸一样, 如将强酸加至硅酸盐时, 即有硅酸沉积分离出来。

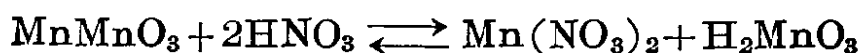


事实上, 水合二氧化锰的性质, 很像一个酸, Mn_2O_3 和 Mn_3O_4 的性质好像这个酸的锰(II)盐, 且可认为是(偏)亚锰酸盐。

于是 Mn_2O_3 可认为是(偏)亚锰酸锰(II), $\text{Mn} \begin{array}{c} \text{O} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{O} \end{array} \text{MnO}$, 这

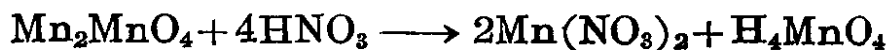
与碳酸锰(MnCO_3)和硅酸锰(MnSiO_3)的组成相类似。

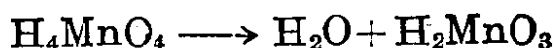
根据这种概念, 则在电离时必定有 Mn^{2+} 阳离子和 MnO_3^{2-} 阴离子生成; 于是可以很容易明白为何 Mn_2O_3 与稀硝酸相处时, 有一半的锰呈(偏)亚锰酸而分离出来。



Mn_3O_4 由于有 $2/3$ 的锰让给, 所以它或可认为是(原)亚锰酸(H_4MnO_4)的锰(II)盐。

在 Mn_2MnO_4 用硝酸处理时, 首先有(原)亚锰酸被析出; 它由于再失水而变为(偏)亚锰酸。





MnO_2 与 H_2MnO_3 的关系, 好像 CO_2 对 H_2CO_3 ; SiO_2 对 H_2SiO_3 ; SnO_2 对 H_2SnO_3 的关系, 因此 MnO_2 具有酸酐的性质。

二氧化锰(MnO_2)与 SnO_2 相似, 具有部分为酸酐, 部分为碱酐的性质。它所表现的酸性或碱性均很弱, 其对应的盐亦极不稳定。它可能形成氯化物, 因为假定 MnO_2 用冷浓盐酸处理时, 它即溶解而成淡棕绿色的四氯化锰(MnCl_4), 后者溶解于醚而带绿色, 因此四氯化锰的水溶液与醚振摇时, 上层是绿色。

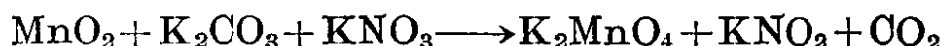
一氧化锰(MnO)在所有情况下均作用为碱酐。当 MnO 溶于酸时, 则常可得到锰盐, 在这里锰是二价。

三氧化锰(MnO_3)并不能单独分离出来, 但有许多盐类(M_2MnO_4)是由此衍生而得。

七氧化二锰(Mn_2O_7)很显然是酸酐, 由此可以衍生而得高锰酸盐(MMnO_4)。

锰化合物在结晶状态和在水溶液中均呈粉红色; 但在无水状态除硫化锰外均为无色。

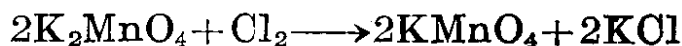
游离的锰酸(H_2MnO_4)不能获得。通常在二氧化锰和碳酸钾及硝酸钾熔化时, 即得到绿色熔体, 后者能溶于水并形成美丽的绿色溶液。从上述溶液中可以析出暗绿色的锰酸钾(K_2MnO_4)结晶, 这就是甚至于在溶液中亦极不稳定之锰酸的盐。



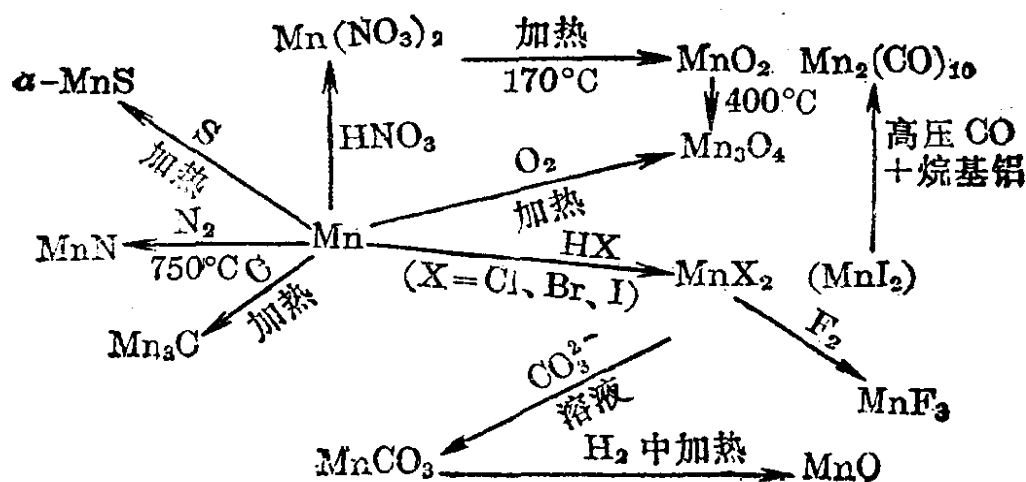
但锰酸盐的绿色溶液在空气中放置一个短时间后, 溶液即变为紫色, 这是由于锰酸盐在水溶液中自行变为高锰酸盐, 同时生成二氧化锰所致。



当强氧化剂如氯作用于锰酸盐的溶液时, 锰酸盐即完全变为高锰酸盐。



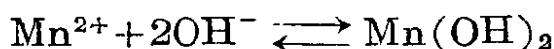
锰的主要化学反应提要:



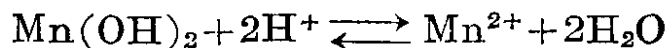
锰离子的反应

【1】 碱金属的氢氧化物

碱金属的氢氧化物遇锰盐(Mn^{2+})溶液,生成白色胶凝状二氢氧化锰沉淀。



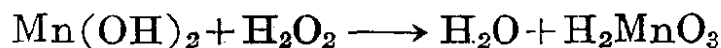
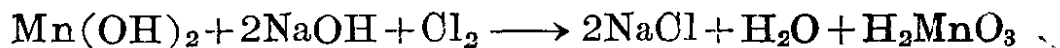
这个沉淀不溶解于碱,但易溶解于稀酸。



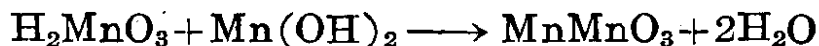
当上述的溶液经振摇时,则沉淀甚易为空气中的氧所氧化,且沉淀的颜色即迅速地转变为棕色,最后变为淡棕黑色:



通常氧化作用在空气中进行很慢,但有氯、溴、次氯酸盐或过氧化氢等存在时,则氧化反应可立即发生:



这个氧化产物有时被称为(偏)亚锰酸,因为它似乎有某些酸的性质;它亦很明显地与若干未变化的二氢氧化锰形成一种盐,即(偏)亚锰酸锰(II)。



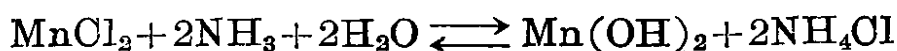
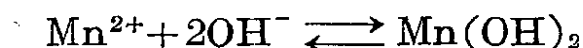
(偏)亚锰酸亦可看作是四氢氧化锰的部分脱水物:



可以看出,当有几个 OH 基接在同一金属原子时,则有释出水的倾向,致形成局部脱水的氢氧化物或酸。

【2】 氢氧化铵

氢氧化铵与锰盐的中性溶液(没有铵离子存在)可形成少量白色胶凝状二氢氧化锰:

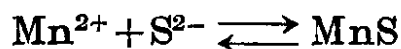


因为二氢氧化锰明显溶解于水,故当有铵盐存在时,亦不与氢氧化铵形成沉淀。在这里,铵离子对于氢氧化铵的电离有抑制作用,它将抑制至不超出二氢氧化锰的溶度积为止,结果无沉淀形成。少量可溶性的二氢氧化锰(在溶液中形成者)立即被空气中的氧氧化为水合二氧化锰而沉淀析出。当溶液放置极短时间后,则氧化作用即趋完全,且所有的锰亦均沉淀。

由于不可能在含有相当浓度之铵盐溶液中,用沉淀方法将铁、铝和铬沉淀而完全与锰分离出来,因此通常都采用部分分离法,即加入相当量的铵盐后,将溶液煮沸,以驱除已溶解的氧,然后再加稍过量的氢氧化铵,并尽可能迅速地将溶液过滤(即使在沉淀中有少量的水合二氧化锰存在)。

【3】 硫化铵

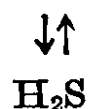
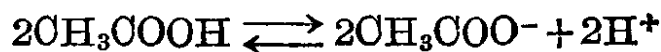
硫化铵与锰盐溶液生成肉色无定形一硫化锰的沉淀。



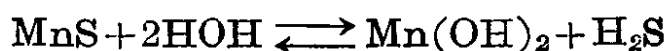
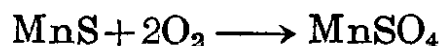
当有氯化铵存在时,可促进沉淀反应,因为一硫化锰在首先形成时,是一个胶体。

一硫化锰甚易溶解于稀酸(与镍和钴不同),即使是乙酸(与镍、钴及锌不同)。由此可知,它较大的溶度积(已由事实证明),其溶度积为 1.4×10^{-15} 。在含有这个沉淀的饱和溶液中,具有相对高的 S^{2-} 离子浓度,因此只需要相应较低浓度的氢离子即可扰乱这个平衡,并通过 S^{2-} 离子的除去而使沉淀溶解:





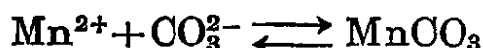
这个沉淀既不溶解于碱金属的氢氧化物，亦不溶解于碱金属的硫化物。它甚易被空气中的氧所氧化。氧化进行时有二个步骤：(1)氧化为可溶性的硫酸锰；(2)水解并氧化至水合二氧化锰。



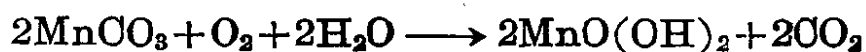
根据这个事实，当溶液在过滤前，这个沉淀是不允许放置的。

【4】 碱金属或铵的碳酸盐

碱金属或铵的碳酸盐与锰盐溶液作用时，形成白色无定形碳酸锰沉淀。

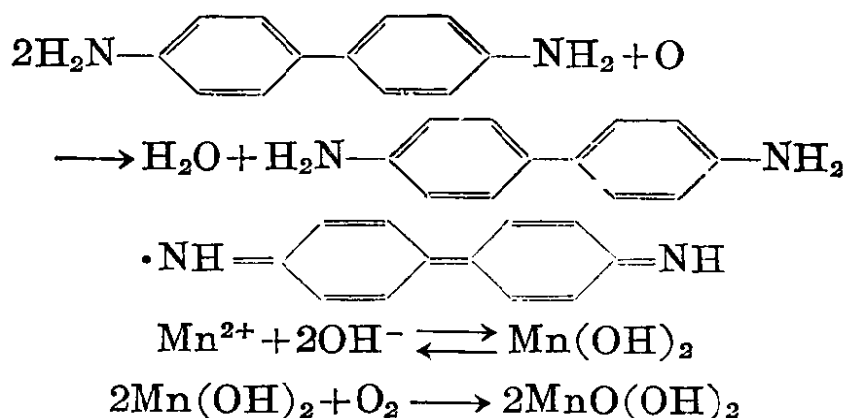


这个沉淀甚易溶解于稀酸，倘煮沸时，则徐徐变至水合二氧化锰。



【5】 联苯胺

联苯胺(Benzidine)在锰盐的碱性溶液中(露于空气中者)即生成深蓝色，后者将很快地褪至棕色。假定以氢氧化钠加至锰盐溶液中，同时将溶液徐徐振摇约1分钟，结果因为形成水合二氧化锰而使溶液变为棕色：

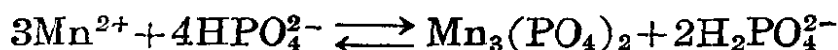


假定以一滴乙酸联苯胺加入溶液中，则联苯胺被氧化为蓝色醌式化合物(Meriquinoid compound)(见铅一节)，这个反应在

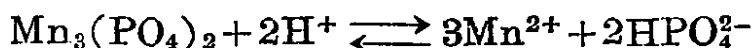
同时有铁、钴及镍存在时, 仍为锰的一种特殊反应。

【6】 碱金属的磷酸盐

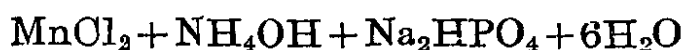
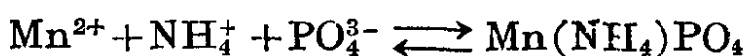
碱金属的磷酸盐与锰盐溶液生成白色无定形磷酸锰沉淀, 而溶液亦变为酸性。



这个沉淀甚易溶解于稀无机酸及乙酸中,

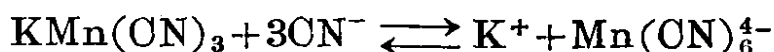
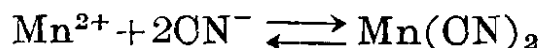


假定应用氢氧化铵使溶液呈碱性后, 再加试剂, 则有肉色结晶形磷酸锰铵沉淀形成。

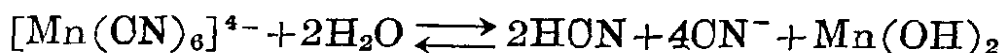


【7】 氰化钾

当以氰化钾加至锰盐溶液时, 即有棕色沉淀出现, 后者溶解于过量的氰化钾而形成棕色溶液。当溶液放置或加热时, 则有大容积的氰化锰钾绿色沉淀形成, 后者溶解于浓氰化钾溶液。

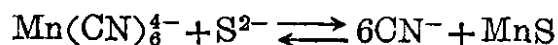


如果锰以 $\text{Mn}(\text{CN})_6^{4-}$ 的形式保持于溶液中时, 则需要过量的氰化钾。假定氰化钾的浓度被稀释而减低时, 则有若干绿色 $\text{KMn}(\text{CN})_3$ 形成, 如果以此稀氰化物溶液煮沸时, 则结果有 $\text{Mn}(\text{OH})_2$ 沉淀。



注 $\text{Mn}(\text{CN})_6^{4-}$ 的稳定度远较相应的镍络离子 $\text{Ni}(\text{CN})_4^{2-}$ 为差, 故往往亦可利用这种关系而由锰中分离出镍来。

硫化镍远较一硫化锰难溶解, 因此在乙酸和乙酸钠存在下, 可能将镍沉淀为硫化镍, 在这种情况下无一硫化锰形成。反之, 假使以硫化铵加至含有锰和镍之络氰离子之热稀溶液中, 则镍将仍保留在溶液中, 而锰则完全沉淀为一硫化锰。

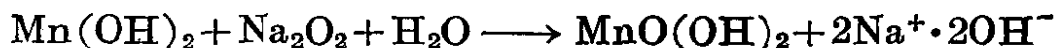


当有大量过量的氰化钾存在时, $\text{Mn}(\text{CN})_6^{4-}$ 阴离子非常稳定, 即使在冷时, 锰亦不被硫化铵所沉淀。

锰化合物的氧化反应

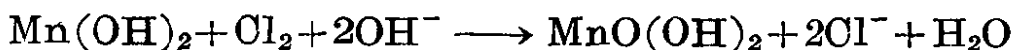
【8】 过氧化钠

过氧化钠能氧化锰化合物为水合二氧化锰, 同时溶液变为碱性, 并有二氢氧化锰形成, 后者又随之氧化。其反应方程式为:

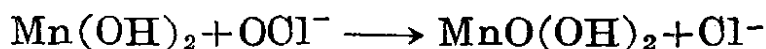


【9】 卤素、次氯酸根、次溴酸根离子

卤素、次氯酸根和次溴酸根离子在碱性溶液中能氧化锰盐至水合二氧化锰。反应方程式为:



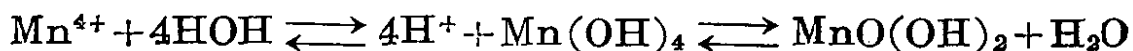
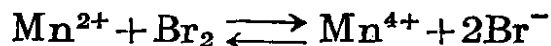
在次氯酸盐或次溴酸盐中的卤素, 当作用为氧化剂时, 即得到下列的反应方程式:



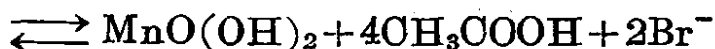
从上述反应看来, 在碱性溶液中的锰原子呈四价时, 为稳定的原子价, 而且亦可发现锰在氢离子浓度极低的溶液中, 例如在乙酸(当它用相当浓度的乙酸根离子缓冲时)中那样, 亦呈稳定状态。

【10】 卤素

当卤素加至已加有乙酸钠的锰盐溶液中, 即有水合二氧化锰沉出。



则平衡之方程式为:

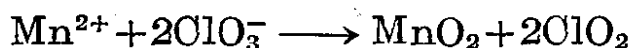


四价锰离子与水接触时并不稳定, 且很快地水解至水合二氧化锰, 同时溶液变为酸性。乙酸根离子与氢离子形成不离解的乙酸, 这

样将可防止溶液变为更酸。

【11】 氯酸钾

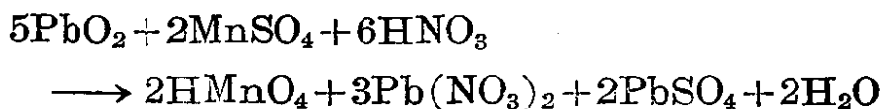
氯酸钾与锰盐的硝酸溶液经过继续煮沸后，即生成二氧化锰沉淀，其反应方程式为：



这个反应非常有趣，因为在这个酸性溶液中，强氧化剂不能如空气中的氧那样能在碱性溶液中将锰氧化至较高的原子价状态。

【12】 强氧化剂

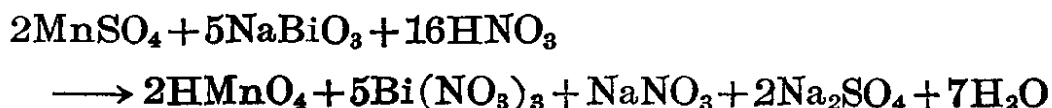
最强的氧化剂在酸性溶液中能氧化锰(盐)至高锰酸盐，例如过氧化铅。倘有微量锰盐在浓硝酸中与过氧化铅共煮沸时，则即被转变为高锰酸盐。



这个溶液由于形成高锰酸根离子，结果变为紫色。这是一个测定锰的最灵敏的试验，但一旦遇有任何还原物质如 Cl^- 离子等存在，则这个反应即不能发生。

【13】 铋酸钠

铋酸钠在冷的稀硝酸(密度 1.13 克/厘米³)溶液(或稀硫酸)中能氧化锰离子为高锰酸根离子。

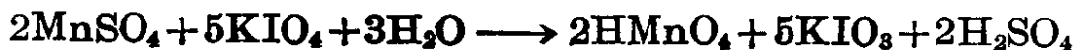


由此可知，在酸性溶液中只有应用最有力的氧化剂才可能将锰离子氧化为高锰酸根离子。这个事实表明，高锰酸盐在酸性溶液中并不十分稳定。

【14】 高碘酸钾

高碘酸钾(KIO_4)在锰盐的强酸性(硫酸或硝酸，最好是磷酸)溶液中煮沸 1 分钟后，即有高锰酸形成。

在作用时，不能有氯化物存在；如有，则应用硫酸或硝酸在试验前把它蒸发除去。



高锰酸盐的还原反应

由于四价锰在碱性溶液中是锰的最稳定状态，因此可利用还原剂在碱性溶液中使高锰酸根离子还原至四价。

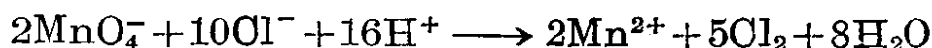
【19】 S^{2-} 离子

S^{2-} 离子能还原高锰酸根离子至水合二氧化锰，同时 S^{2-} 离子被氧化为游离硫。

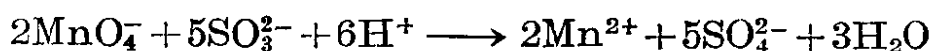


【20】 酸和还原剂

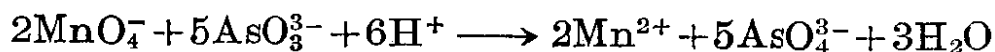
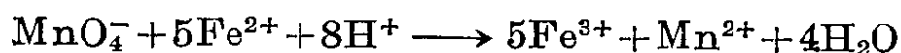
当有适量氢离子浓度和还原剂的存在下，二价锰离子是锰的最稳定形式。在所有这些反应中，锰原子得到 5 个电子，而被转变为二价锰离子。 Cl^- 离子是很易被高锰酸根离子氧化为游离氯，因而它失去一个电子，其反应式为：



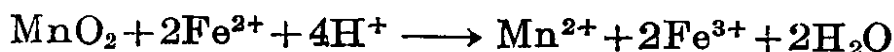
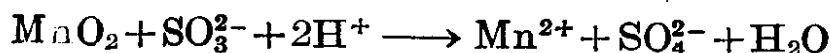
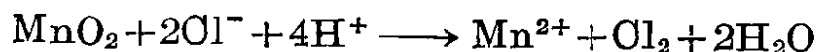
同样，亚硫酸根离子被氧化至硫酸根离子：



尚有其他反应，今列举如下：



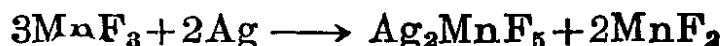
二价锰离子的稳定度在酸性溶液中亦很易被表示出来，例如在酸性溶液中，二氧化锰甚易被还原剂如氯、亚硫酸根及亚铁等离子还原为二价锰离子。



锰化合物的其他反应

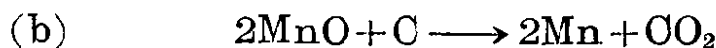
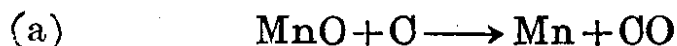
【21】 Ag

将银粉加入三氟化锰溶液中, 并予剧烈振摇, 促使金属银逐步溶解而形成二氟化锰。



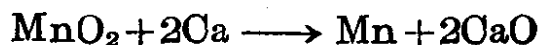
【22】 C

当一氧化锰与碳置于氢气炉中加热后, 前者即被还原为锰。



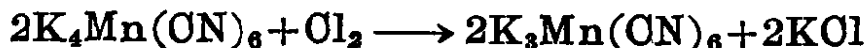
【23】 Ca

软锰矿易被金属钙或氢化钙还原, 反应式如下所示。



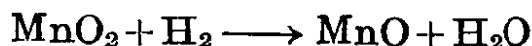
【24】 Cl₂

当氯气流通至氰化锰钾溶液后, 即有主产物氰化锰(III)钾形成。



【25】 H₂

二氧化锰经氢还原后, 即有一氧化锰形成。



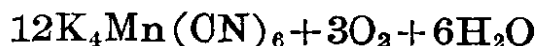
【26】 I₂ + SO₂ + CH₃OH

二氧化锰与卡尔费歇尔(Karl Fischer)试剂的甲醇溶液作用时, 生成二碘化锰和甲基(代)硫酸。

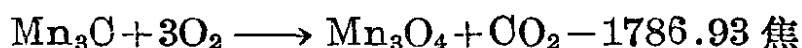


【27】 O₂

(1) 氰化锰钾溶液在蒸发时, 由于吸收了空气中的氧, 结果有氰化锰(III)钾和三氧化二锰形成。



(2) 当一碳化三锰与氧强烈地加热时, 即有四氧化三锰形成, 并吸收热量。

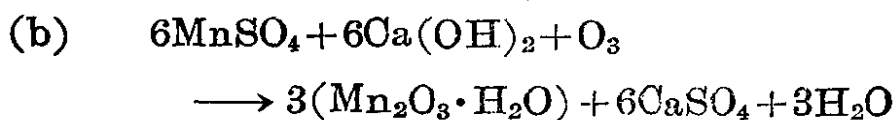
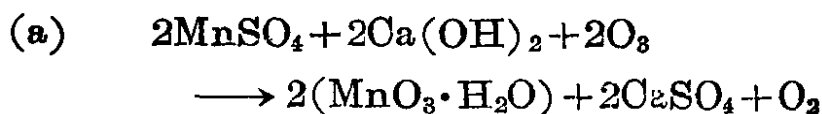


(3) 二氢氧化锰与氧作用时, 即有较高级的氢氧化物形成。



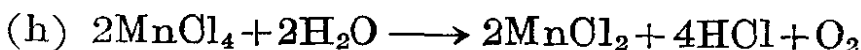
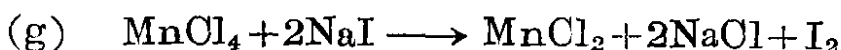
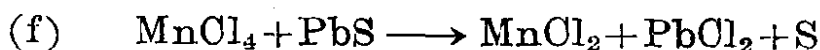
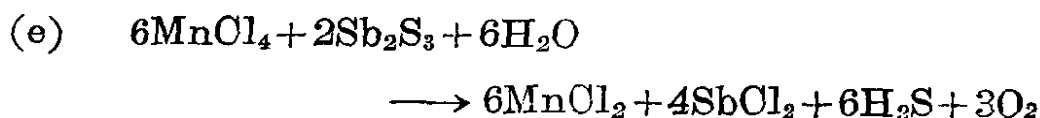
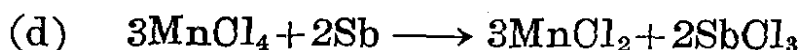
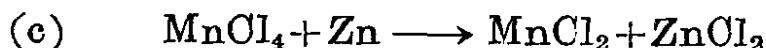
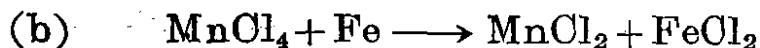
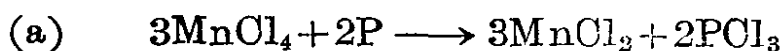
【28】 O_3

臭氧化的空气能使硫酸锰的碱性或中性溶液, 很容易沉淀锰化合物。



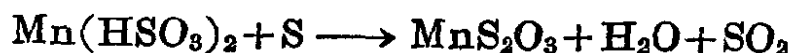
【29】 P

四氯化锰可被各种元素和化合物(包括磷、铁或锌的铋屑, 粉状锑, 硫化锑, 硫化铅, 碱金属的碘化物)以及水(在盐酸参加下)分解为二氯化锰。



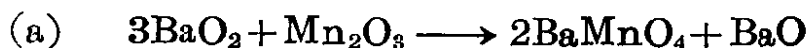
【30】 S

当亚硫酸氢锰溶液与硫黄处理时, 即有硫代硫酸锰形成, 并有二氧化硫释出。

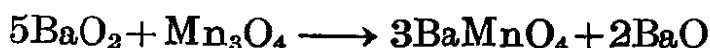


[31] BaO₂

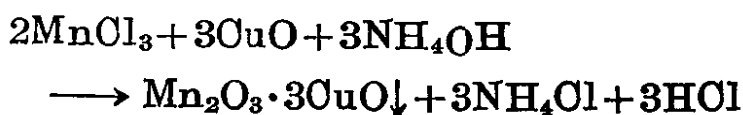
(1) 当三氧化二锰和过氧化钡的混合物共加热时, 即有锰酸钡形成。一氧化锰亦有相同的反应形成。



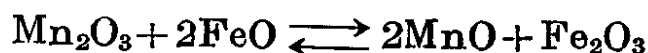
(2) 当四氧化三锰和过氧化钡的混合物共加热后, 即有锰酸钡生成。

**[32] CuO + NH₄OH**

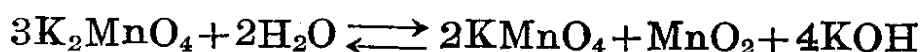
在含有铜盐的氨性溶液存在下, 三氯化锰与氧化铜反应后, 即形成锰和铜的双氧化物沉淀。

**[33] FeO**

锰对含有亚铁离子的玻璃的脱色作用, 是由于锰的氧化作用所致。

**[34] H₂O**

(1) 锰酸盐在水中可生成高锰酸盐、二氧化锰和碱。



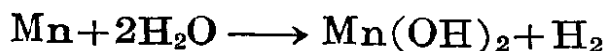
(2) 当一碳化三锰水解后, 即形成二氢氧化锰。



(3) 当水与氰化锰钾固体作用时, 先行溶解, 隔几分钟, 溶液变混浊后, 立即有绿色沉淀形成。

**[35] H₂O (NaOH)**

当锰和苛性苏打水溶液反应后, 即有二氢氧化锰生成。

**[36] H₂O₂**

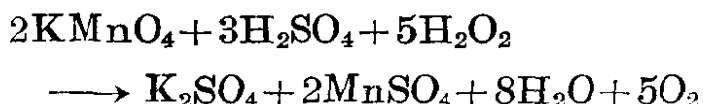
高锰酸钾和过氧化氢作用时, 即有氢氧化钾、三氢氧化锰及氧

生成。

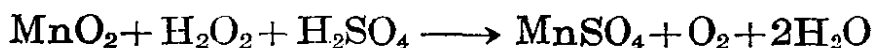


【37】 $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4$

(1) 高锰酸钾和过氧化氢在酸性溶液中相互作用时, 即有下列反应产物生成。

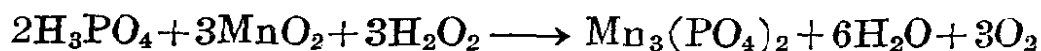


(2) 在酸性溶液中, 存在于软锰矿中的四价锰与过氧化氢作用时, 即有下列反应生成。



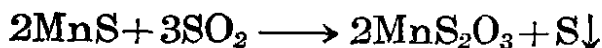
【38】 $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_3\text{PO}_4$

磷酸在低温时与过量的二氧化锰和过氧化氢作用时, 即有磷酸锰和氧生成。

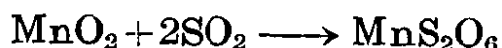


【39】 SO_2

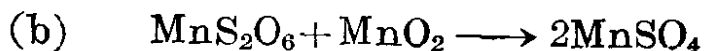
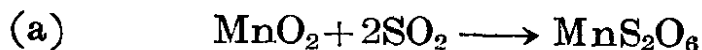
(1) 当一硫化锰的混悬液(在持续搅动下)徐徐加至二氧化硫的浓溶液中, 即有硫代硫酸锰形成, 并有硫析出。



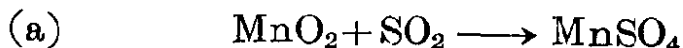
(2) 二氧化锰与二氧化硫共加热时, 即有连二硫酸锰形成。



(3) 当二氧化硫的气流以非常慢的速度导入二氧化锰的水混悬液中, 即有硫酸锰形成。



(4) 当二氧化硫导入细微的二氧化锰上, 结果有三氧化硫释出, 并有淡红棕色残渣(含有硫酸锰和氧化锰)形成。

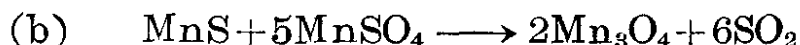


(5) 当亚硫酸锰与过量的二氧化硫作用后, 即有亚硫酸氢锰

形成。

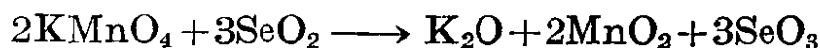


(6) 当二氧化硫通过加热的一氧化锰后, 除生成硫和三氧化硫外, 同时又有一硫化锰、硫酸锰和四氧化三锰组成的绿色粉状残渣形成。

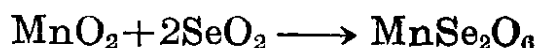


【40】 SeO_2

(1) 在正常情况下, 高锰酸钾与二氧化硒作用时, 即有二氧化锰、氧化钾和三氧化硒形成。



(2) 当二氧化锰与二氧化硒处理时, 即有黄色结晶粉形成。



【41】 HCl

(1) 当四氧化三锰加至盐酸溶液中, 即有氯和二氯化锰形成。



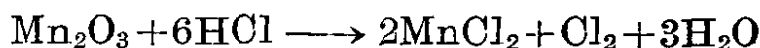
(2) 当盐酸与四氧化三锰作用时, 即有下列反应发生。



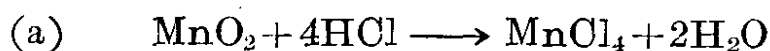
(3) 盐酸与三氧化二锰作用后, 即有下列反应发生。



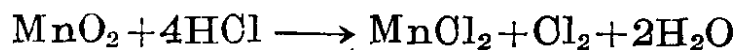
(4) 将三氧化二锰加至盐酸溶液中, 即有氯和二氯化锰形成。



(5) 干燥的氯化氢气流与二氧化锰的醚或乙醇混悬液相互作用后, 即有绿色溶液(含有四氯化锰)形成。溴化氢亦有相似的反应发生。



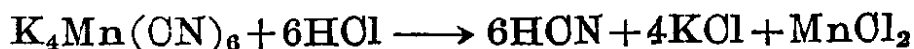
(6) 当二氧化锰加至盐酸溶液中时, 即有氯和二氯化锰生成。



(7) 亚硒酸锰与浓盐酸反应后, 即有氯气释出。

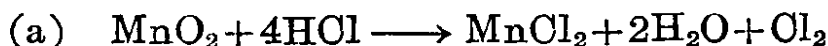


(8) 当氰化锰钾溶解于盐酸后, 即有氰化氢释出。



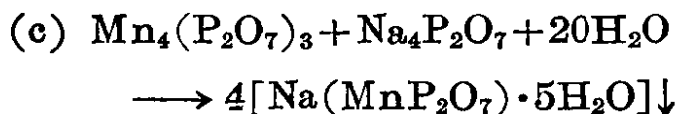
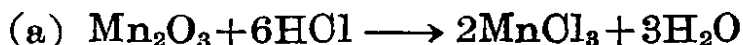
【42】 $\text{HCl} + \text{Au}$

当二氧化锰和盐酸加入含金的矿物中, 即发生下列反应。



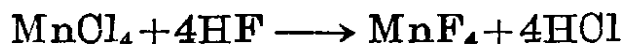
【43】 $\text{HCl} + \text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$

将盐酸溶液缓慢地加至三氧化二锰中, 即生成三氯化锰(a), 后者再与焦磷酸钠反应后, 形成焦磷酸锰(III)(b)。如加入更多的焦磷酸钠和水, 则产生淡红色的八面体沉淀(c)。

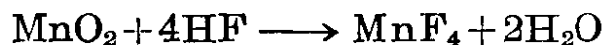


【44】 HF

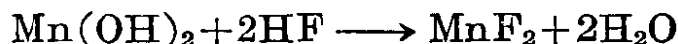
(1) 当四氯化锰的醚溶液与氟化氢作用时, 则在棕色水溶液的较低层有四氟化锰形成。



(2) 浓的氢氟酸作用于二氧化锰后, 即有四氟化锰形成。



(3) 当二氢氧化锰与氢氟酸作用后, 即有二氟化锰形成。



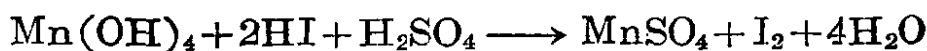
【45】 $\text{HF} + \text{KF}(\text{RbF})$

当水合二氧化锰溶解于含有氟化钾的氢氟酸中, 即有黄色结晶形成。与氟化铷亦有相同形式的反应发生。(关于水合二氧化锰是由锰酸钾与过量的冷水作用而得)。

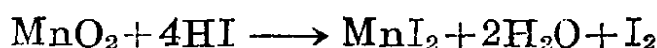


[46] HI

(1) 四氢氧化锰与氢碘酸(在硫酸参加下)作用时, 即有硫酸锰、碘和水形成。



(2) 当二氧化锰与氢碘酸溶液作用时, 即有碘释出。



[47] HIO₃ + RbIO₃

当碘酸和碘酸铷加入含锰化合物的混悬水溶液中, 即有铷和锰(IV)的碘酸复盐形成。铯亦可发生同样反应。



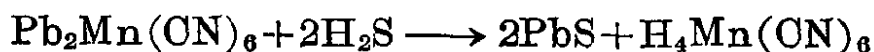
[48] HN₃

当碳酸锰与叠氮酸反应后, 即有白色叠氮化锰沉淀形成。



[49] H₂S

(1) 氰化锰铅是一种黄色固体, 经硫化氢分解后, 即有氰锰(II)酸和硫化铅形成。

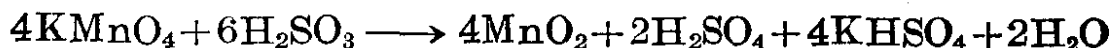


(2) 当硫化氢与氰化锰(III)钾溶液作用时, 即有氰化锰(II)钾形成。

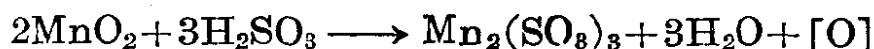


[50] H₂SO₃

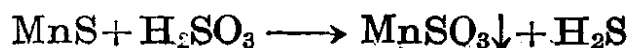
(1) 当高锰酸钾与亚硫酸作用时, 即有二氧化锰生成。



(2) 二氧化锰与亚硫酸共热时, 即有亚硫酸锰(III)、水和新生氧生成。

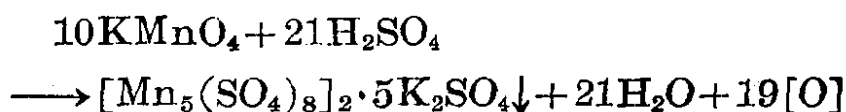


(3) 当悬浮于水中的一硫化锰经二氧化硫处理后, 即形成亚硫酸锰沉淀。

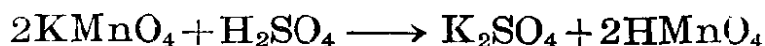


[51] H₂SO₄

(1) 当高锰酸钾加至浓硫酸中, 即有复盐析出。



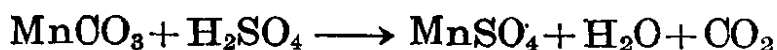
(2) 当高锰酸钾与硫酸混合, 并加热至 130°C 时, 即有蒸气生成, 后者倘予冷凝, 则将有高锰酸形成。



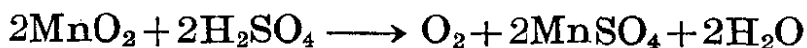
(3) 锰酸钾溶液几乎可被任何酸所分解, 甚至是弱酸(如碳酸)亦能使之变化。当锰酸钾与硫酸作用时, 即有高锰酸钾和二氧化锰生成。



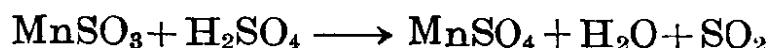
(4) 当碳酸锰溶解于硫酸时, 即有硫酸锰、水及二氧化碳形成。



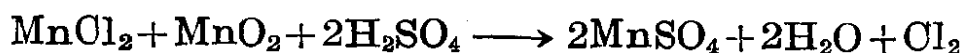
(5) 二氧化锰与硫酸共加热时, 即有氧、硫酸锰和水形成。



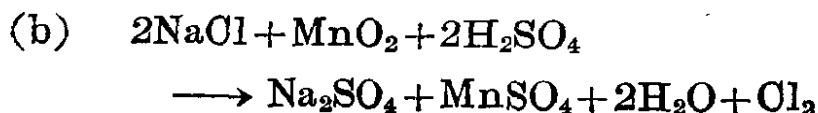
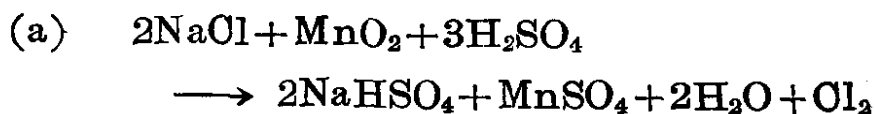
(6) 亚硫酸锰与硫酸在 0°C 相互作用时, 即有硫酸锰、水和二氧化硫形成。

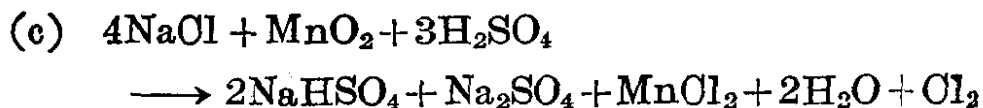
**[52] H₂SO₄ + MnCl₂**

当二氯化锰和二氧化锰与硫酸作用时, 即有氯放出, 同时又有硫酸锰和水生成。

**[53] H₂SO₄ + NaCl**

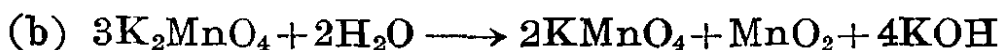
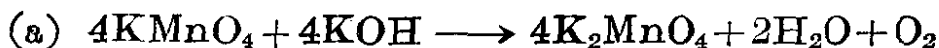
当二氧化锰和氯化钠的混合物与硫酸作用时, 则可能发生三个反应。



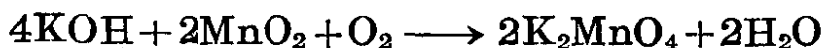


[54] KOH

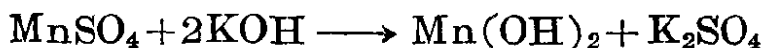
(1) 当高锰酸钾在不可逆的反应情况下与碱共热时, 即有绿色锰酸盐形成(a)。锰酸盐溶液倘被稀释或酸化时(b), 则锰酸盐即水解(没有空气中的氧参加作用)。



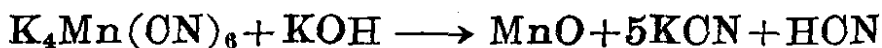
(2) 当氢氧化钾和二氧化锰在电热旋转窑中于氧气存在下共加热时, 即有锰酸钾形成。



(3) 当硫酸锰和氢氧化钾的溶液混合时, 即有二氢氧化锰和硫酸钾形成。

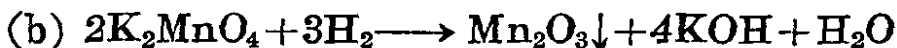
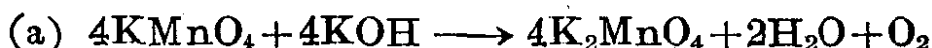


(4) 氰化锰钾遇氢氧化钾溶液, 发生分解反应后, 即有一氧化锰、氰化钾和氢氰酸形成。



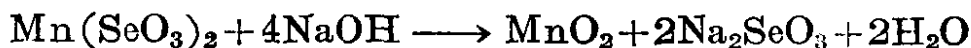
[55] KOH + H₂

当高锰酸钾被碱和氢气还原后, 先生成锰酸钾, 后者进一步还原为三氧化二锰。



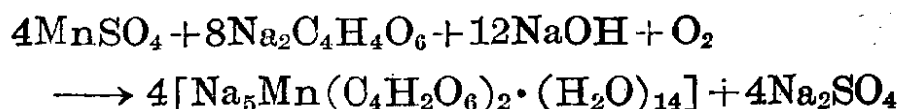
[56] NaOH

当亚硒酸锰(IV)与氢氧化钠(或钾等)反应后, 即有二氧化锰形成。



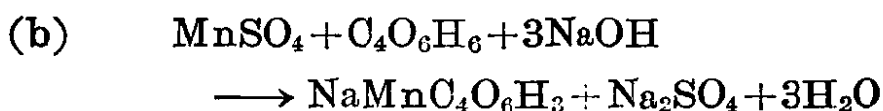
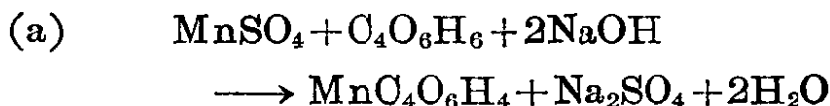
[57] NaOH + O₂ + Na₂C₄H₄O₆

硫酸锰的酒石酸钠溶液, 在氧气存在下, 经氢氧化钠中和后, 即形成酒石酸锰钠的绿色结晶。



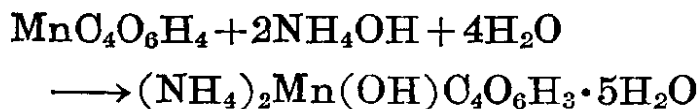
【58】 $\text{NaOH} + \text{C}_4\text{O}_6\text{H}_6$

硫酸锰和酒石酸的溶液被氢氧化钠中和时，即有二个化合物形成。



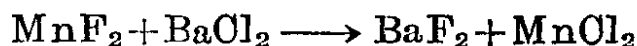
【59】 NH_4OH

当酒石酸锰溶解于浓的氨水中时，则在溶液中有络合物形成。



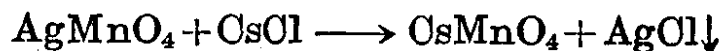
【60】 BaCl_2

将二氟化锰与氯化钡混合，并于 1000°C 加热 2 小时后，即有氟化钡和二氯化锰形成。钡、钙和锶的卤素盐类均可代替下列方程式中的氯化钡而发生同样反应。



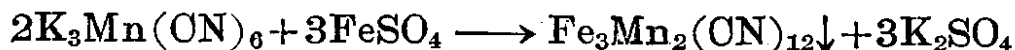
【61】 CsCl

当高锰酸银溶液与氯化铯溶液反应后，再将溶液蒸发，即有高锰酸铯的针状物形成。



【62】 FeSO_4

当氰化锰(III)钾溶液与硫酸亚铁溶液混和，在恒定的氢气流导入下，于 5°C 相互作用后，即有下列蓝色沉淀形成。



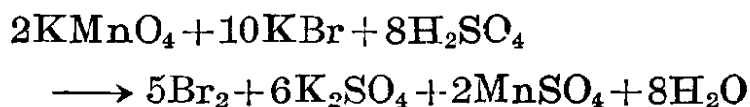
【63】 $\text{Hg}(\text{CN})_2$

当锰与氰化汞在液氨中反应后，即有二氰化锰汞复盐形成。

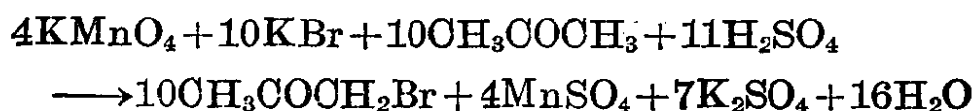


[64] KBr

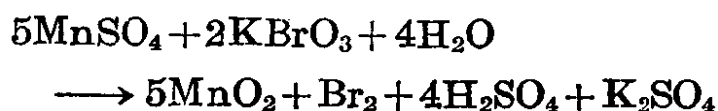
当溴化钾在硫酸的存在下与高锰酸钾作用时, 即有溴放出。

**[65] KBr + CH₃COCH₃**

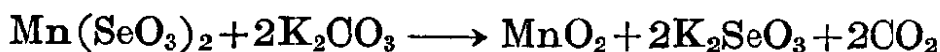
在高锰酸钾和稀硫酸的存在下, 丙酮可被溴化钾转变为溴化丙酮。

**[66] KBrO₃**

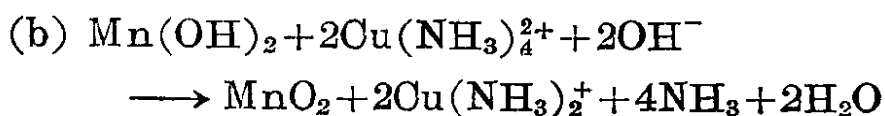
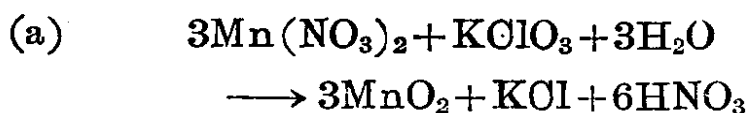
在钢中的锰如与溴酸钾的稀酸溶液共煮沸一个短时间, 则将被完全氧化为二氧化锰。

**[67] K₂CO₃**

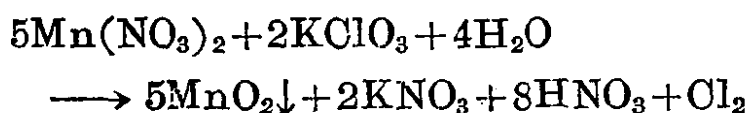
当亚硒酸锰(IV)与碳酸钾反应后, 即形成二氧化锰、亚硒酸钾和二氧化碳。

**[68] KClO₃**

(1) 当以固体氯酸钾(少量结晶)加至二价锰离子的酸性溶液中, 则有催化活性的二氧化锰形成。在碱性溶液中, 空气或氯亦能产生相同的氧化作用, 最好是将空气连续导入锰和铜的硫酸盐(其摩尔比为 1:2)的氨性溶液中达 18 小时。其形成的亚铜络合物将立即被空气所氧化。



(2) 当硝酸锰溶液与氯酸钾共煮沸时(在铁参加下), 锰即被完全沉淀为二氧化锰。

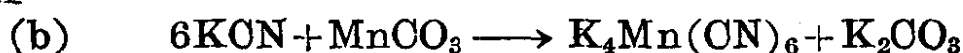
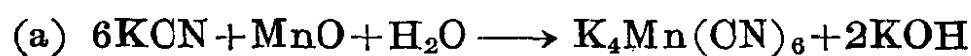


(3) 含有氯酸钾的锰盐的浓硝酸溶液长期煮沸时, 即有二氧化锰沉淀析出。



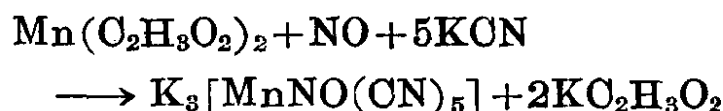
【69】 KCN

将一氧化锰或碳酸锰或二氧化锰加入浓的氰化钾溶液后, 于 $40\sim 50^\circ\text{C}$ 保持 1 小时以上, 生成黄色液体。过滤, 滤液冷却后, 即有深紫色的氰化锰钾析出。



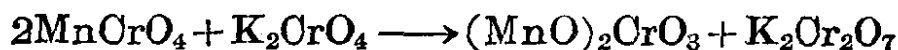
【70】 KCN + NO

将乙酸锰和氰化钾 (其比例为 1:5) 的水-醇溶液在一氧化氮的气流下混合时, 即有亚硝基氰化锰钾形成。谨慎地加入乙醇, 使上述反应中过量的氰化钾沉淀出来, 然后加入更多的乙醇, 使反应生成的络盐沉淀析出。

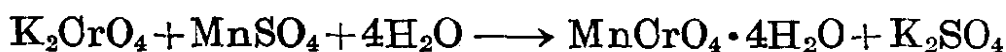


【71】 K₂CrO₄

(1) 当铬酸锰与铬酸钾的溶液共蒸发时, 即有重铬酸钾由溶液中结晶析出。



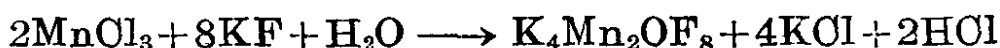
(2) 当硫酸锰和铬酸钾的溶液混合后, 即有红棕色或黑色沉淀形成。沉淀如用铬酸钾溶液洗涤后, 再把它重新溶解于强的温热的铬酸溶液中, 随后在真空的硫酸上蒸发, 则有棕紫色或蓝黑色的具有高度折射的结晶 (类似碘) 形成。



【72】 KF

(1) 将三氯化锰滴至氟化钾的沸溶液中, 即有八氟一氧化二

锰四钾形成。



(2) 当四氯化锰逐滴逐滴加至氟化钾的沸溶液中, 即有红色粉末四氟氧化锰钾沉淀形成。

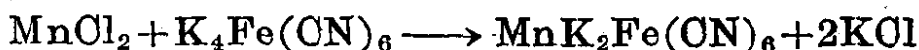


(3) 当氟化钾与水合三氯化锰溶液作用后, 即形成玫瑰红色五氟化锰(III)钾沉淀。



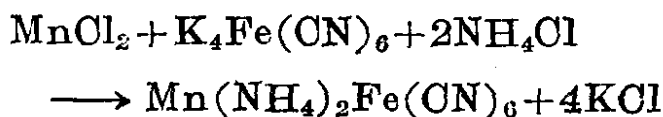
[73] $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$

当锰盐的中性冷溶液与亚铁氰化钾(氰亚铁酸钾)作用时, 即有氰亚铁酸钾锰形成。



[74] $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 + \text{NH}_4\text{Cl}$

二氯化锰(在氯化铵的参加下)与亚铁氰化钾(氰亚铁酸钾)作用时, 即有氰亚铁酸铵锰形成。



[75] KI

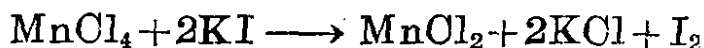
(1) 当高锰酸钾溶液与碘化钾作用时, 即有碘酸钾、氢氧化钾及一氧化锰形成。



(2) 高锰酸钾与碘化钾作用时, 即有二氧化锰生成。

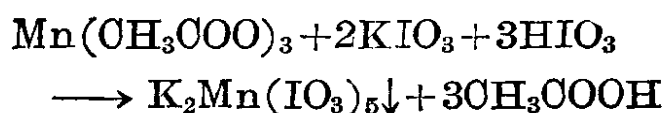


(3) 四氯化锰与碘化钾作用时, 即有碘释出。



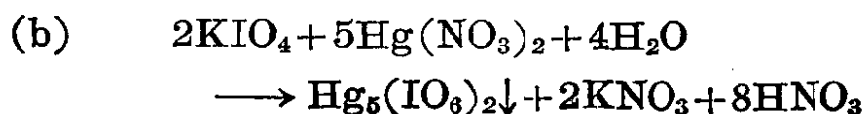
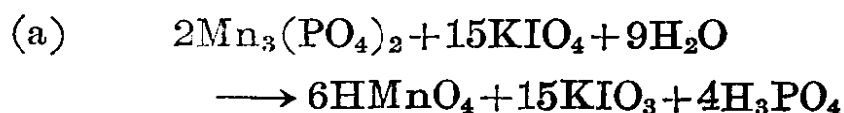
[76] $\text{KIO}_3 + \text{HIO}_3$

当三乙酸锰、碘酸钾和碘酸溶液的混合物徐徐加热后, 即有黄色或淡黄棕色的钾和锰(III)的复碘酸盐(立方样菱形六面体)形成。用相似的方法可以制成相应的 NH_4 、 Rb 和 Cs 盐类。



【77】 KIO_4 、 $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$

磷酸锰的稀溶液与高碘酸钾共徐徐煮沸 15 分钟后, 即有高锰酸形成(a)。当溶液冷却后, 加入硝酸汞的水溶液, 则过量的仲高碘酸盐(和碘酸盐)将被沉淀析出(b)。



【78】 KMnO_4

(1) 高锰酸钾在中性溶液中可与锰盐立即发生反应, 而锰将被沉淀为二氧化锰。

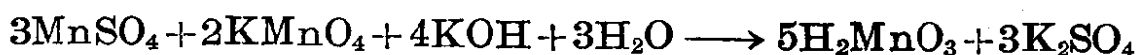


(2) 一氧化锰可被高锰酸钾氧化为二氧化锰。



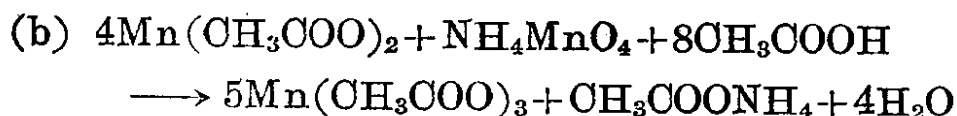
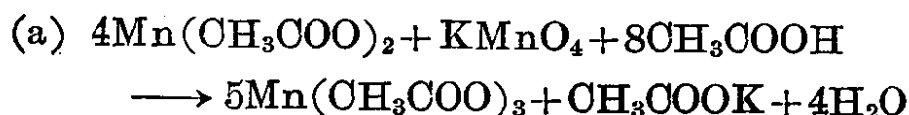
【79】 $\text{KMnO}_4 + \text{KOH}$

当硫酸锰在碱性溶液中与高锰酸钾作用时, 即有水合二氧化锰形成。



【80】 KMnO_4 、 NH_4MnO_4

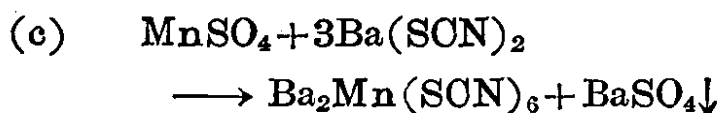
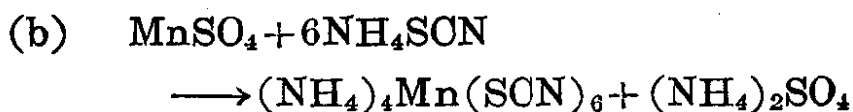
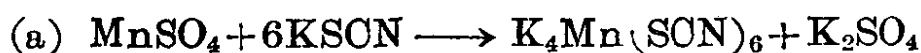
在高温下, 乙酸锰溶液与溶解于 100% 乙酸中的高锰酸钾反应后, 即生成三价锰的乙酸盐晶体。高锰酸铵亦可发生同样反应。



【81】 KSCN 、 NH_4SCN 、 $\text{Ba}(\text{SCN})_2$

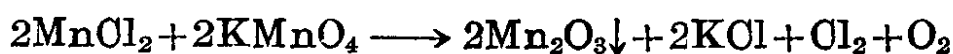
硫酸锰溶液与硫氰酸钾溶液作用时, 生成棕色硫氰酸锰钾的结晶和硫酸钾。硫酸钾常可借加入乙醇而除去。与硫氰酸铵、硫

氰酸钡亦有相同形式的反应。



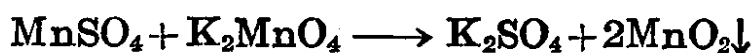
【82】 MnCl_2

二氯化锰与高锰酸钾在浓的溶液中作用时, 即有氯和氧放出。在稀的溶液中则有氧放出, 但却没有氯释出。



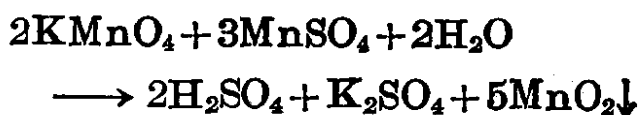
【83】 MnSO_4

当硫酸锰的溶液加至锰酸钾溶液中待至绿色消失时, 即有二氧化锰生成。



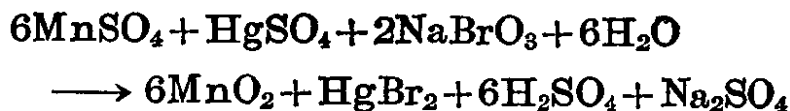
【84】 $\text{MnSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$

当高锰酸钾和硫酸锰及水作用时, 如果将反应所生成的硫酸浓度予以正确控制时, 则可以得到没有高锰酸盐存在的二氧化锰混悬液。



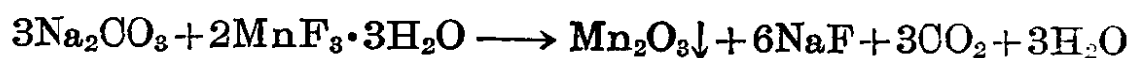
【85】 $\text{NaBrO}_3 + \text{HgSO}_4$

在硫酸参加下, 硫酸锰和硫酸汞可还原溴酸盐为溴化物。



【86】 Na_2CO_3

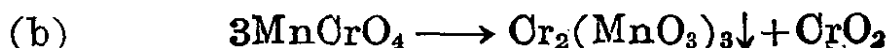
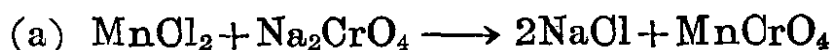
当碱金属的碳酸盐与水合三氟化锰作用后, 即生成三氧化二锰沉淀。



【87】 Na_2CrO_4

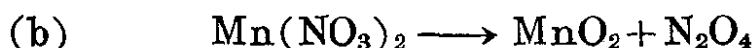
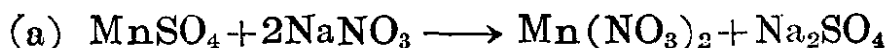
当二氯化锰溶液与铬酸钠溶液作用后, 即有深棕色的亚锰酸

铬沉淀形成。



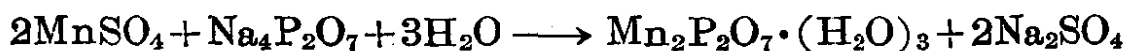
[88] NaNO_3

当硫酸锰和硝酸钠的溶液混合后, 即有硫酸钠、二氧化锰及四氧化二氮形成。



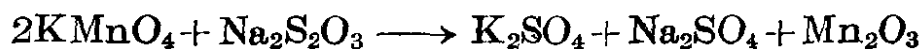
[89] $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$

当硫酸锰溶液与焦磷酸钠溶液混合后, 即有白色无定形沉淀三水合焦磷酸锰形成。



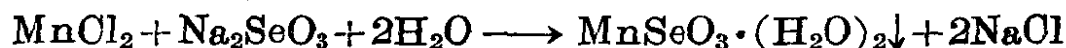
[90] $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

当硫代硫酸钠与高锰酸钾共加热时, 即有硫酸钾、硫酸钠和三氧化二锰生成。



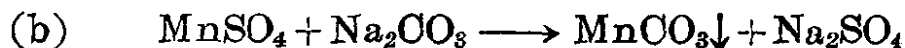
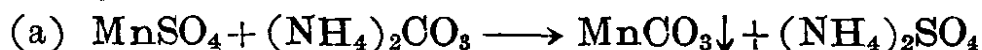
[91] Na_2SeO_3

当亚硒酸钠溶液加入二价锰盐(如二氯化锰)后, 先形成无定形沉淀, 然后慢慢地变为(若加热, 可加快反应速度)细小的单斜棱晶二水合亚硒酸锰沉淀。



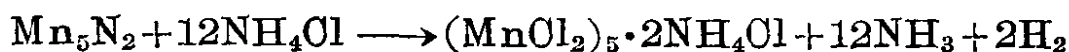
[92] $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 、 Na_2CO_3

当硫酸锰的溶液与碳酸铵溶液作用时, 即有中性碳酸锰生成。当与碳酸钠作用时, 亦发生相同形式之反应。



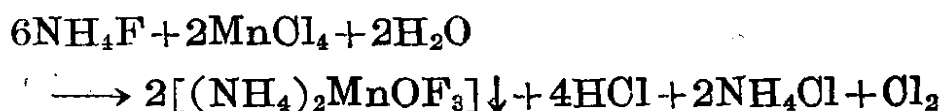
[93] NH_4Cl

当二氮化五锰与氯化铵溶液作用后, 即有氯化锰铵的复盐、氨和氢气生成。

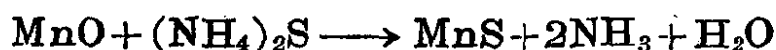


[94] NH_4F

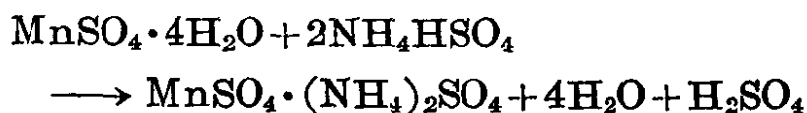
将四氯化锰溶液滴加至沸腾的氟化铵溶液中后, 即有下列沉淀形成。

**[95] $(\text{NH}_4)_2\text{S}$**

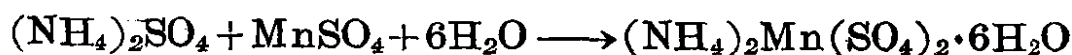
当一氧化锰在 100°C 时与硫化铵缓慢反应后, 即形成一硫化锰。

**[96] NH_4HSO_4**

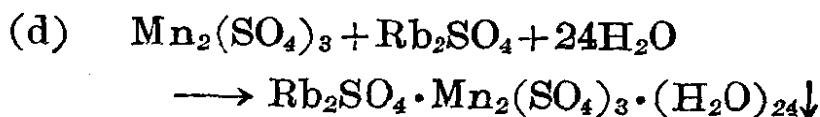
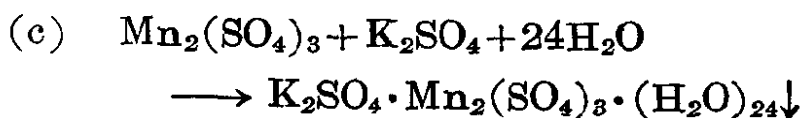
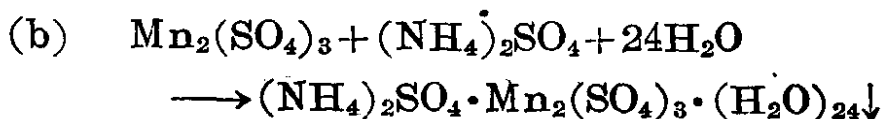
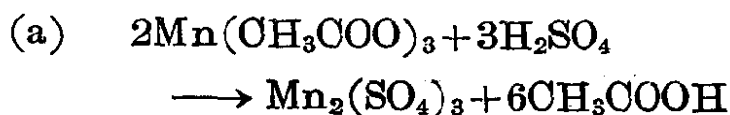
将 1 份硫酸锰和 5 份硫酸氢铵混合共熔后, 即有复盐硫酸锰铵形成, 过量的硫酸氢铵可借加热而除去。

**[97] $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$**

等摩的硫酸锰和硫酸铵的溶液经混合而放置后, 即有结晶性水合物形成。

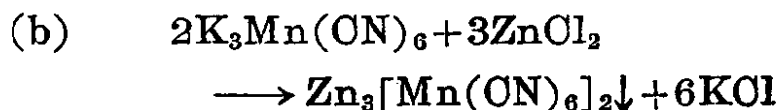
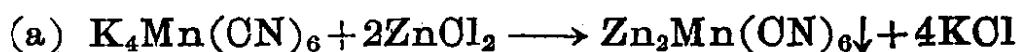
**[98] $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$**

三价锰的乙酸盐与硫酸和硫酸铵的溶液, 经混合并蒸发后, 即生成珊瑚红色的水合铵锰(III)矾细粉状结晶(b)。硫酸钾或硫酸铷亦可生成类似的矾(c)(d)。



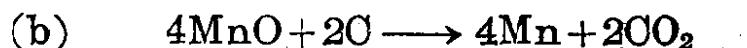
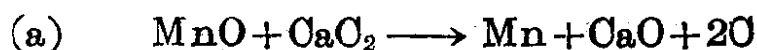
[99] ZnCl_2

通常氰化锰钾的氰化钾溶液呈黄色，与锌盐反应形成紫色沉淀。氰化锰(III)钾亦可与锌盐作用，但形成玫瑰色沉淀。以此可鉴别这二种溶液。



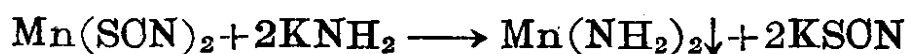
[100] CaC_2

当一氧化锰与碳化钙的混合物经加热至红热后，前者即被还原为金属锰。



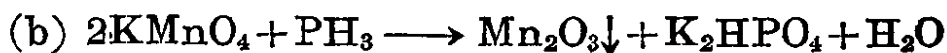
[101] KNH_2

将氨基(化)钾加入硫氰酸锰的液氨溶液后，即形成亮黄色的二氨基(化)锰沉淀。



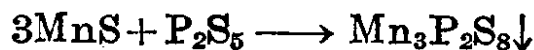
[102] PH_3

气体磷化氢可以还原高锰酸钾溶液。这个反应分二个方面进行，结果则有磷酸盐和亚磷酸盐的混合物生成。



[103] P_2S_5

将一硫化锰(固体)与五硫化二磷混合后共同加热，即生成绿色结晶硫代磷酸锰。



[104] SOCl_2

将稍过量的二氧化锰和亚硫酰(二)氯置于封闭管中，在 150°C 下加热后，即有硫酸锰形成。



【105】 加热

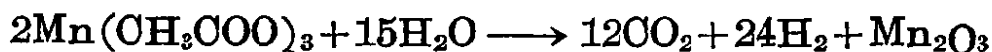
(1) 当高锰酸钾加热时, 即有氧释出。



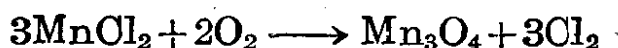
(2) 碳酸锰在 $360\sim 400^\circ\text{C}$ 和 700°C 的离解反应如下:



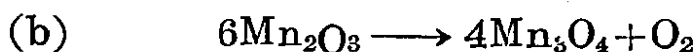
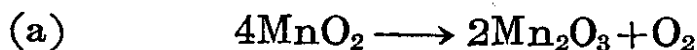
(3) 乙酸锰(III)的水溶液加热至 170°C 时, 即有三氧化二锰形成。



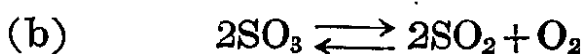
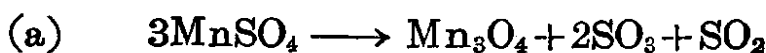
(4) 当二氯化锰在其熔点温度加热数小时后, 即有结晶形成, 后者当冷却时, 则具有黑锰矿样的性质。



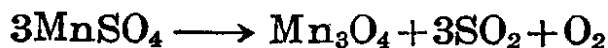
(5) 当二氧化锰在空气中加热至 530°C 时, 则有三氧化二锰形成; 如在 950°C 左右加热时, 则有四氧化三锰形成。



(6) 硫酸锰在 980°C 于密闭器中加热时, 则有下列反应产物生成。



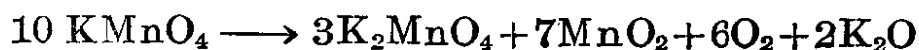
(7) 硫酸锰于铂上在 1100°C 加热时, 即有四氧化三锰形成。



(8) 当亚硫酸锰(III)加热时, 即分解为连二硫酸锰和亚硫酸锰。

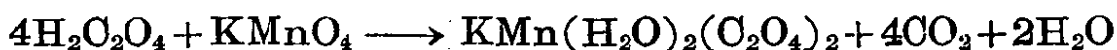


(9) 高锰酸钾经加热后, 即有锰酸钾、氧气、二氧化锰和氧化钾生成。



[106] $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$

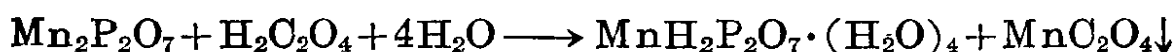
(1) 将 10.08 克草酸溶解于水后, 冷却至 1°C , 加 0.02 摩粉末状高锰酸钾。然后将此混合物予以均匀搅动 20 分钟, 俟其反应开始, 即加热至 70°C 。反应完全后将溶液过滤, 并于冷却剂中放置半小时, 以充分冷却。所形成的结晶体可利用空吸予以过滤, 并用冰冷的乙醇洗涤, 之后, 再用冰冷干燥的乙醚洗涤三次, 即得下列之产物。



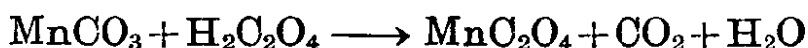
(2) 草酸与亚硒酸锰(IV)反应后, 前者即被氧化而释出二氧化碳。



(3) 当焦磷酸锰与适量的草酸作用后, 即形成不溶性的草酸锰和可溶性的水合焦磷酸二氢锰。



(4) 当碳酸锰与草酸作用后, 生成白色或淡红色的草酸锰粉状结晶, 同时又有二氧化碳释出。



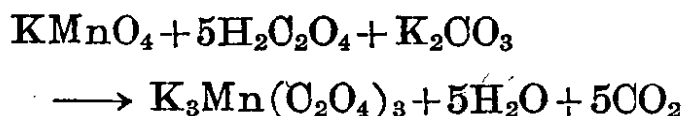
[107] $\text{C}_2\text{O}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O}$

高锰酸钾溶液与草酸盐作用时, 即发生下列反应。



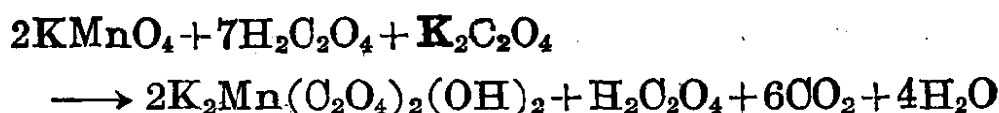
[108] $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + \text{K}_2\text{CO}_3$

在制造草酸锰(III)钾时, 通常以高锰酸钾用过量的草酸还原, 之后, 将溶液冷却至 0°C 左右, 再加碳酸钾和高锰酸钾(后者的量为平衡时所需之化学计算数量)。溶液将因之而变为深樱红色。



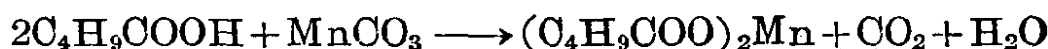
[109] $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + \text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$

当以粉末状的高锰酸钾和草酸钾加至冷至 0°C 的草酸水溶液中时, 即有四价锰的黑绿色溶液生成。



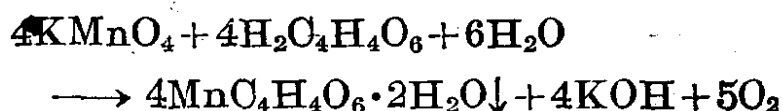
[110] C₄H₉COOH

将新鲜制得的碳酸锰沉淀，在 25°C 时，用异丁基甲酸的水溶液浸渍相当时间，再将滤液真空浓缩后，即形成伴有二分子水的异丁基甲酸锰的结晶。



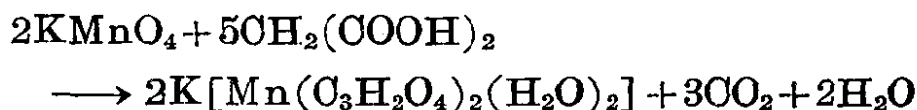
[111] H₂C₄H₄O₆

当高锰酸钾在没有无机酸存在的情况下与酒石酸相互作用时，即有玫瑰色酒石酸锰生成。



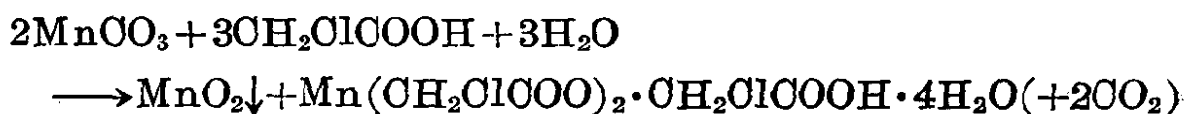
[112] CH₂(COOH)₂

当固体高锰酸钾加至 0°C 下的丙二酸溶液中后，即有下列物质生成。



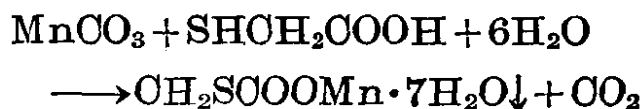
[113] CH₂ClCOOH

当碳酸锰的水溶液经氯乙酸处理后，过滤除去二氧化锰沉淀，在滤液中即有透明的结晶物形成。



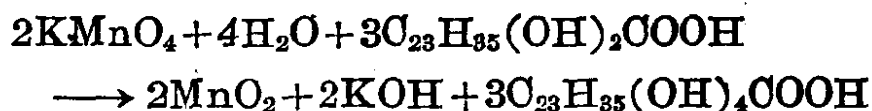
[114] SHCH₂COOH

当碳酸锰和巯基乙酸作用后，即有桃红色七水合巯基乙酸锰的棱柱体形成。



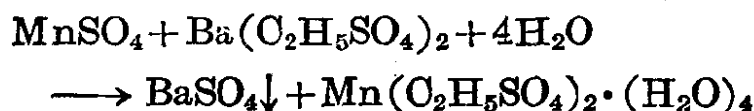
[115] C₂₃H₃₅(OH)₂COOH

高锰酸钾与 3, 7-二羟基胆烯酸溶液，在氢氧化钠存在下，于室温反应 2 小时后，即有 3, 7, 13, 14-四羟基胆烷酸生成。



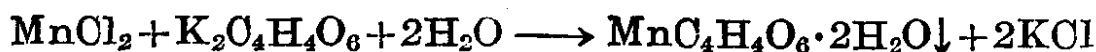
[116] Ba(C₂H₅SO₄)₂

将硫酸锰溶液与乙基硫酸钡溶液混合后, 滤去硫酸钡, 母液中即有淡红色四水合乙基硫酸锰的斜方形片状物形成。



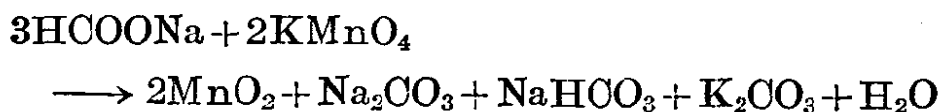
[117] K₂C₄H₄O₆

二氯化锰的微碱性溶液与酒石酸钾作用后, 即形成酒石酸锰沉淀。反应的溶液是用碳酸钠处理成碱性的。



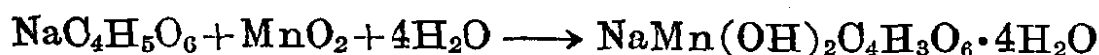
[118] HCOONa

在测定甲酸盐时, 可将高锰酸钾溶液加至热的甲酸盐(钠)溶液中, 待溶液刚呈现玫瑰红色时, 即可对甲酸钠进行定量。



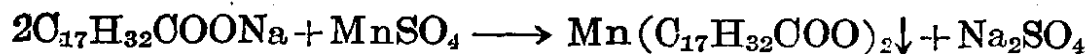
[119] NaC₄H₅O₆

将二氧化锰溶解于酒石酸和酒石酸钠的混合溶液中, 静置后, 即有棕色的复盐结晶物沉出。



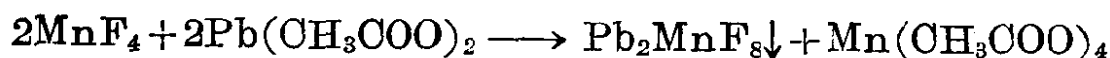
[120] C₁₇H₃₂COONa

油酸钠溶液与硫酸锰溶液反应后, 过滤, 残渣(经水解后)即为油酸锰。硫酸亚铁铵或硫酸铝亦可发生类似反应。



[121] Pb(CH₃COO)₂

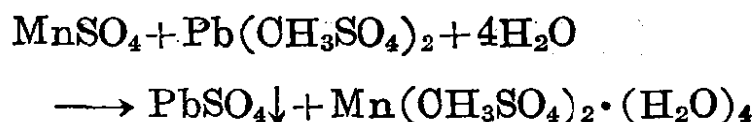
当四氯化锰与乙酸铅的乙醇溶液作用后, 即有下列玫瑰色氟亚锰酸铅沉淀形成。



[122] Pb(CH₃SO₄)₂

将硫酸锰溶液与甲基硫酸铅溶液混合后, 滤去硫酸铅沉淀, 母

液中即有淡红色的四水合甲基硫酸锰的片状结晶生成。



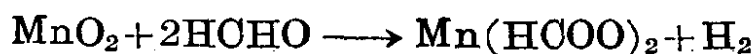
【123】 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$

锰酸钾能氧化乙醇为乙醛。



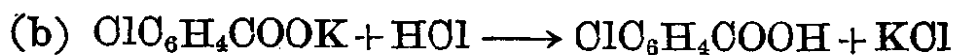
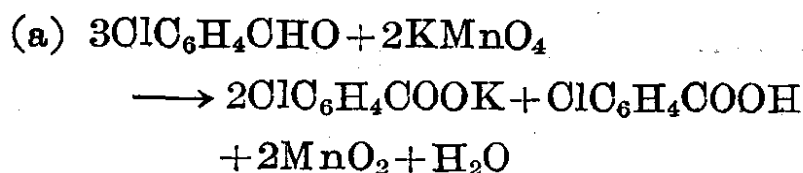
【124】 HCHO

当二氧化锰与中性的甲醛溶液反应后,即形成甲酸锰。



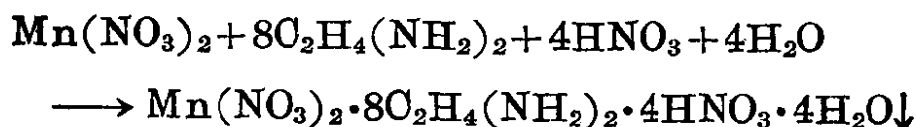
【125】 $\text{ClC}_6\text{H}_4\text{CHO} + \text{HCl}$

间氯苯甲醛经碱性高锰酸盐氧化后,生成的间氯苯甲酸钾经酸处理后,即有间氯苯甲酸形成。



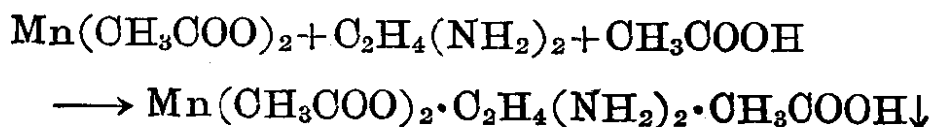
【126】 $\text{C}_2\text{H}_4(\text{NH}_2)_2 + \text{HNO}_3$

当硝酸锰的硝酸溶液经乙二胺处理后,即缓慢地沉淀出无色的鳞片状复盐。



【127】 $\text{C}_2\text{H}_4(\text{NH}_2)_2 + \text{CH}_3\text{COOH}$

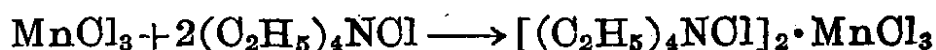
经乙酸酸化的乙酸锰溶液,在乙酸铵存在下与乙二胺反应后,即有桃红色结晶沉淀形成。



【128】 $(\text{C}_2\text{H}_5)_4\text{NCl}$

将三氯化锰溶液和氯化四乙铵混合后,即形成其氯化物的复

盐。



铁 Fe

铁是地球上分布最广的金属之一，约占地壳总重量的 4.2%。它仅以不同的化合物形态(例如氧化物、硫化物及硅酸盐)而存在于自然界中。游离状态的铁只有在坠落到地球上的陨石中才可以发现。

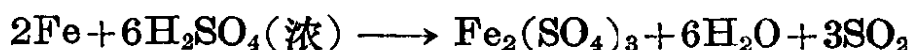
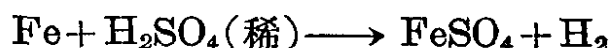
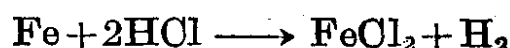
最重要的铁矿石是磁铁矿(Fe_3O_4)、赤铁矿(Fe_2O_3)、褐铁矿($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{Fe}(\text{OH})_3$)及菱铁矿(FeCO_3)。大量存在的硫铁矿(FeS_2)很少应用在冶金工业方面，因为用硫铁矿炼成之铁由于含有很多的硫，而使铁的质量降低，但硫铁矿可以用作制备硫酸的原料。

纯铁可以用氢还原氧化铁或电解某些铁盐而制得。纯铁是银白色有光泽有韧性的金属，外表和铂很相似。密度 7.86 克/厘米³，熔点 1535°C。纯铁有磁性作用，但磁化和去磁都很快。

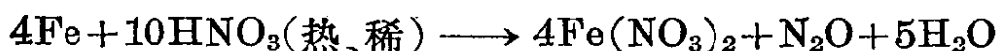
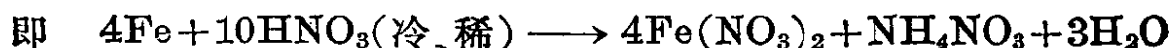
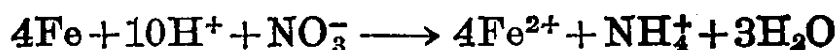
普通的铁在干燥空气中不发生变化，但在潮湿空气中能迅速生锈，即外表生成一层褐色的氢氧化铁。由于这层氢氧化铁结构较为疏松，因而不能防止铁的继续氧化。但用电解法制备的化学纯铁，如采取一定的防护法，即可完全不生锈，并且能够防止酸的侵蚀。

铁在空气中灼烧，则变成四氧化三铁(Fe_3O_4 或 $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$)。

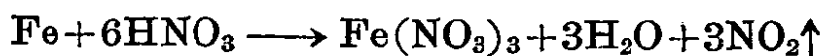
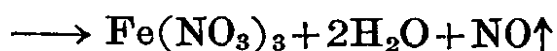
铁的标准电势等于 -0.441 伏。因此铁易溶于稀的盐酸、硫酸中，并置换酸中的氢而生成 Fe^{2+} 离子。



硝酸与金属铁作用时，其所发生之变化，常与酸的浓度和作用温度有关。例如，与冷的稀硝酸作用时，则没有气体放出而形成 Fe^{2+} 离子和 NH_4^+ 离子：

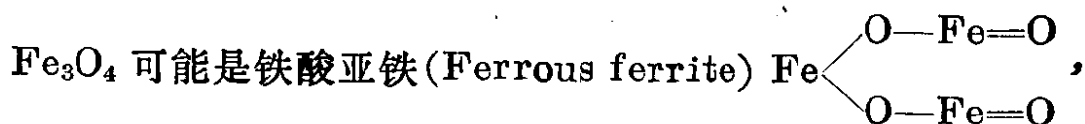


当硝酸较浓时, 则有 Fe^{3+} 离子和一氧化氮形成, 如与强酸作用, 则有二氧化氮放出:



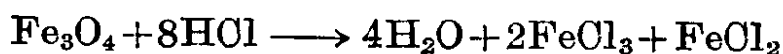
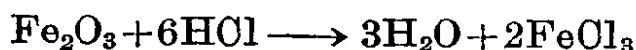
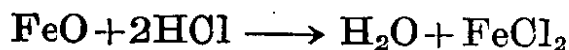
冷的浓硝酸可使铁变成“钝态”(与铝一样); 在这种情况下, 钝态的铁将不能与稀硝酸作用或从铜盐的水溶液置换出铜来。碱与铁不起作用。

铁有二价、三价、很少有六价。它们可形成下列的氧化物。 FeO 、 Fe_2O_3 、 Fe_3O_4 、 FeO_3 。 FeO_3 含六价铁, 迄今无法分离出来, 它可以认为是 M_2FeO_4 形式的高铁酸盐的酸酐, 这种形式的高铁酸盐遇水即分解。在这个分子式中 M 代表一价金属。



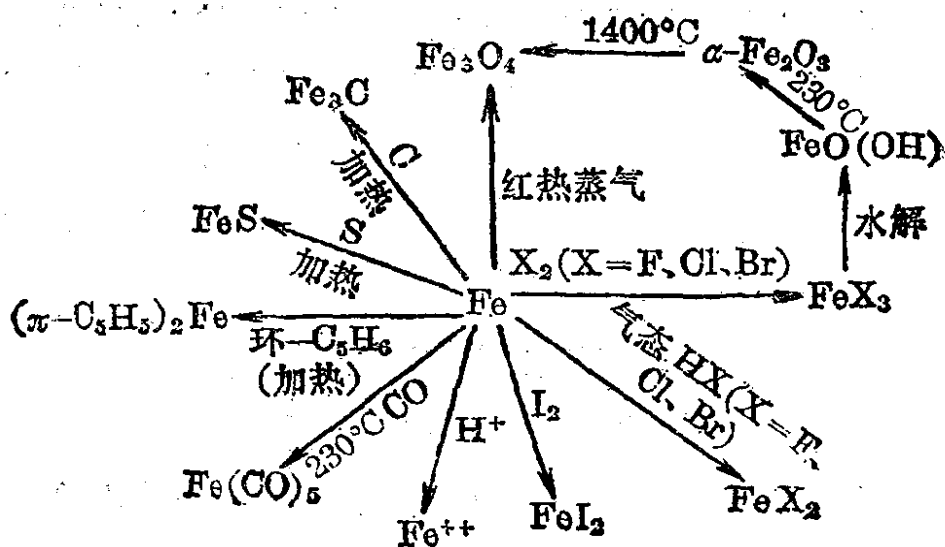
其他铁酸盐如 CaFe_2O_4 、 BaFe_2O_4 、 MgFe_2O_4 及 ZnFe_2O_4 , 均为较普通的化合物。

如将上述三种已知的氧化物溶解于酸中, 即可以得到相应之铁盐。



因此铁可形成两类盐: (1) 亚铁盐, 由 FeO 衍生出来, 含有二价铁; (2) 铁盐, 由 Fe_2O_3 衍生出来, 含有三价铁。这两类铁盐对各种试剂的反应完全不同。

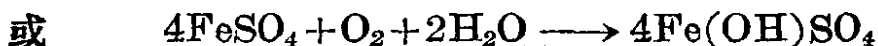
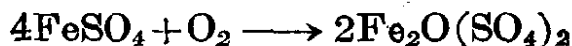
铁的主要化学反应提要:



亚铁化合物

亚铁盐在无水时为白色, 含有结晶水时则为淡绿色; 其稀溶液为无色, 但浓溶液呈淡绿色。

亚铁盐如暴露于空气中即发生氧化作用, 且在溶液中, 它们亦可被溶解的氧所氧化, 结果形成碱式盐。

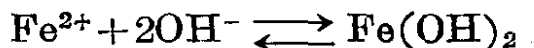


亚铁化合物有变为铁盐的强烈倾向, 它们都是强还原剂。

亚铁离子的反应

【1】 碱金属的氢氧化物

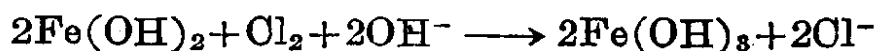
碱金属的氢氧化物在亚铁盐溶液中(无空气存在), 生成白色胶性氢氧化亚铁的沉淀。



这个沉淀立即变为绿色, 且最后为棕色, 这是由于被空气中的氧氧化所致。



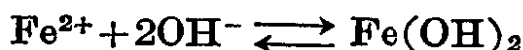
假定应用氧化剂如氯、次氯酸盐或过氧化钠时,则氧化反应更为迅速。氢氧化亚铁则转变为氢氧化铁。



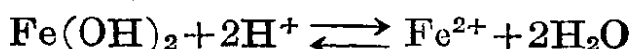
同样 $2\text{Fe}^{2+} + \text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{OH}^- + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{Fe}(\text{OH})_3 + 2\text{Na}^+$

【2】 氢氧化铵

氢氧化铵与亚铁盐溶液(没有铵盐存在)作用时,即有部分氢氧化亚铁沉淀生成。

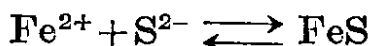


当有铵盐存在时,则通过同离子效应的作用而抑制氢氧化铵电离,即抑制至不超出氢氧化亚铁的溶度积,结果没有沉淀形成。同样理由,氢氧化亚铁亦溶解于铵盐溶液中。当该溶液放置在空气中时,则可溶的氢氧化亚铁即被空气氧化,并有黑色的 $\text{Fe}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀生成。后者又立即转变为棕色氢氧化铁。氢氧化亚铁不溶于碱金属的氢氧化物,但易溶于稀酸。

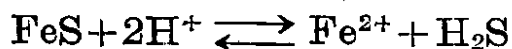


【3】 硫化铵

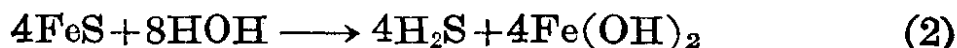
硫化铵与亚铁化合物的溶液作用时,生成一种黑色无定形硫化亚铁沉淀。



上述沉淀甚易溶解于酸,甚至是乙酸(当溶液被煮沸以驱走其反应时生成而未离解的硫化氢时),其反应式如下:



这个沉淀不溶于碱金属的氢氧化物及硫化物中。当将其放置于空气中,则它部分氧化为硫酸亚铁,部分水解并氧化为氢氧化铁。



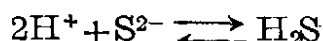
从上面这些反应表明,如果没有若干亚铁离子以硫酸亚铁的形式带回至溶液中的话,则潮湿的硫化亚铁不能保留很久。

【4】 硫化氢

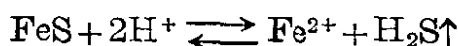
硫化氢与亚铁盐的中性溶液生成微量黑色硫化亚铁沉淀, 其溶度积是 1.6×10^{-19} , 此溶度积在这里勉强达到, 故有小量沉淀形成。假定溶液调整为微酸性时, 则硫化氢的电离度即减低至没有沉淀生成。反之, 如果有相当量碱金属的乙酸盐或若干其他弱酸的盐加至溶液中, 则有大量沉淀形成。因为乙酸根离子或其他弱酸根离子与 H^+ 离子作用时, 形成不离解的酸, 其过量的乙酸根因同离子效应的关系, 降低了溶液的 H^+ 离子浓度致有沉淀发生。因此, 例如在沉淀第二节元素时, 常加入计算量的酸, 以期产生一定的 H^+ 离子浓度, 但因弱酸根离子的存在, 或将因此而无效, 同时, 不希望产生的沉淀却可能随之而产生。

注

(1) 例如当乙酸(较 H_2S 的酸度为大)被加至溶液时, 则酸中的 H^+ 离子和已溶解的 S^{2-} 离子将建立平衡:



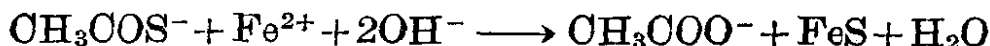
结果形成不电离的 H_2S , 因而溶液不再含有足够的 S^{2-} 离子来达到 FeS 的溶度积; 为了使 FeS 和它的离子间恢复平衡, 则更多的固体必将溶解。如果当溶液被煮沸时, 则其反应所形成的 H_2S 即行逸出, 结果往往直至所有 FeS 被溶解时, 亦不能达到平衡状态。因此这个溶液将借氢离子的作用而完成。



(2) 反之, 假定乙酸的电离作用, 一旦被加至溶液中之碱金属的乙酸盐所抑制, 则 H_2S 的气体在溶液中将保持饱和状态; 以致达到可能大的浓度, 于是反应转为逆向, 而有若干量的铁被沉淀为 FeS 。

【5】 硫代乙酸钠

硫代乙酸钠(CH_3COSNH_4)与亚铁盐的酸性溶液无反应发生, 但在碱性溶液中, 则有硫化亚铁沉淀。



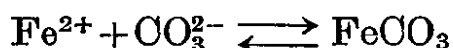
硫代硫酸钠在同样情况下, 不发生沉淀。

【6】 硫氰酸钾

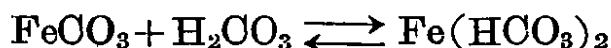
硫氰酸钾与亚铁盐溶液不发生反应(与铁盐不同)。

【7】 碱金属的碳酸盐

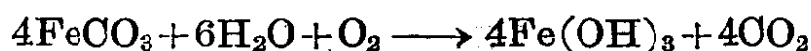
碱金属的碳酸盐与亚铁盐的溶液生成白色碳酸亚铁沉淀:



这个沉淀甚易溶解于酸而释出二氧化碳。在混悬有碳酸亚铁的溶液中通入二氧化碳气泡后,则有碳酸氢亚铁形成。

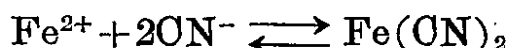


含有铁(如碳酸氢亚铁)的矿泉,当由地中喷出时即行分解,首先多半分解为碳酸亚铁,然后碳酸亚铁再受水解和氧化的影响,以致铁最后被沉淀为氢氧化铁。

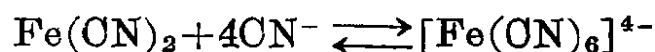


【8】 碱金属的氰化物

碱金属的氰化物与亚铁盐溶液生成淡棕黄色氰化亚铁沉淀。

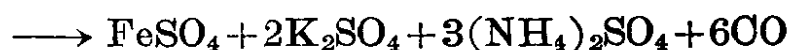
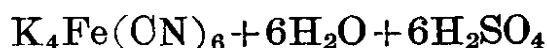


此沉淀溶解于过量的试剂并形成氰亚铁酸根络离子(呈黄色溶液)。



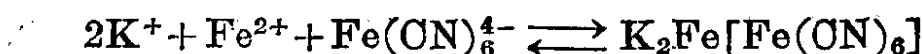
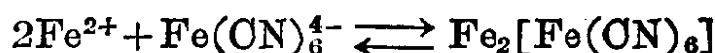
这个平衡反应直至反应近乎十分完全向右时才建立平衡。当平衡时,在溶液中亚铁离子的浓度,将低得不能应用任何试验亚铁离子之试剂来测定它们。

亚铁氰化钾是一个络盐,因此与硫化铵或氢氧化钠溶液并不能生成特殊的亚铁离子反应;但当与浓硫酸煮沸时,即被分解,且有毒性的一氧化碳放出。

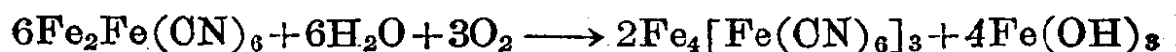


【9】 碱金属的亚铁氰化物(氰亚铁酸盐)

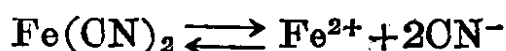
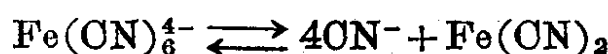
碱金属的亚铁氰化物在亚铁化合物的溶液中,当无空气或其他氧化剂存在时,将根据所加本试剂的量而生成白色胶性亚铁氰化亚铁或亚铁氰化亚铁钾:



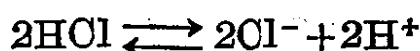
这些化合物甚易被空气中的氧, 氧化为亚铁氰化铁。



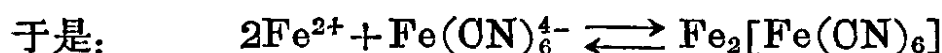
通常用氰亚铁酸根离子(在高浓度的酸中)来试验 Fe^{3+} 离子时, 往往可以得到淡蓝白色 $\text{Fe}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 沉淀。由于下列方程式的平衡受到破坏, 致有亚铁氰化亚铁沉淀形成。



+



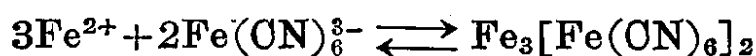
↓↑



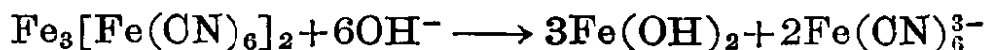
这个分解是通过形成不离解的 HCN 后发生, 因而在溶液中有足够的亚铁离子形成若干亚铁氰化亚铁。如果有 Fe^{3+} 存在, 则其淡蓝白色沉淀将被深蓝色的亚铁氰化铁所盖住。由于淡蓝白色沉淀立即变为蓝色, 因此很可能误会为有 Fe^{3+} 离子存在。

【10】 碱金属的铁氰化物(氰铁酸盐)

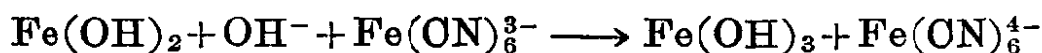
碱金属的铁氰化物与亚铁盐溶液生成黑蓝色铁氰化亚铁沉淀(亦称邓布尔蓝 Turnbull's blue)。



这个沉淀不溶解于酸, 但被碱类所分解:



氢氧化亚铁在这个碱性溶液中将被氧化为氢氧化铁, 而氰铁酸根离子则被还原为氰亚铁酸根离子。



【11】 氧化作用

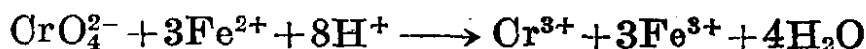
在若干例子中, 碱性溶液中的亚铁化合物甚易被氧化为铁化合物, 这表示在碱性介质中三价状态是铁的稳定状态。虽然亚

铁化合物在中等氢离子浓度存在下不受空气中的氧所氧化，且或可保持相当长的时间，但在酸性溶液中，亚铁化合物能被较强的氧化剂如高锰酸根离子、铬酸根离子、氯酸根离子、硝酸根离子、过氧化氢、浓盐酸、王水及硫酸铈等氧化。

在酸性溶液中，以高锰酸根离子作为氧化剂时，其反应式为：



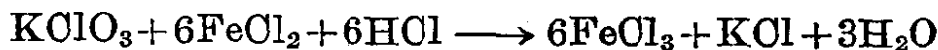
当铬酸根离子中的铬原子作用为氧化剂时，其反应式为：



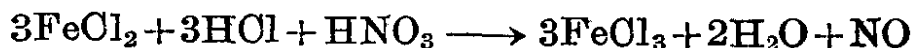
当重铬酸根离子中的铬原子作用为氧化剂时，其反应式如下：



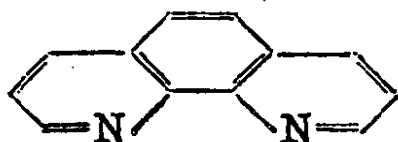
当氯酸根离子中的氯原子作用为氧化剂时，其反应式为：



当硝酸根离子中的氮原子氧化其他物质时，其反应式为：



【12】 邻(位)菲咯啉(o-phenanthroline)



邻(位)菲咯啉与亚铁盐的微酸性溶液作用后，生成红色反应，这是由于在微酸性溶液中形成金属络离子 $[\text{Fe}(\text{O}_{12}\text{H}_8\text{N}_2)_3]^{2+}$ 之故。铁离子无此反应，但如先用 $\text{NH}_2\text{OH} \cdot \text{HCl}$ 还原至亚铁状态时，则用本试剂试验仍属有效。

极限浓度：1:1,500,000

试剂：0.1% (在水中)

【13】 丁二酮肟(Dimethylglyoxime) $(\text{CH}_3)_2\text{C}_2(\text{NOH})_2$

丁二酮肟在氨性溶液中与亚铁盐生成可溶性红色丁二酮肟亚铁。铁盐不生颜色反应，但镍、钴及大量的铜盐干扰这个反应，故必须予以除去。在进行试验时如有镍存在，则可在氰化钾溶液参加下进行之，因为丁二酮肟镍溶解于氰化钾溶液，而红色丁二酮肟亚

铁则保持不变(与镍比较)。

通常将一滴试液与小量的酒石酸结晶混合;然后加一滴试剂,并随加二滴氨溶液,此时即有红色产生。这种颜色在经放置后,即行消褪,这是由于亚铁络合物氧化之故。

倘用此方法以检验铁离子时,则应首先用小量的盐酸羟胺使之还原,才可进行试验。

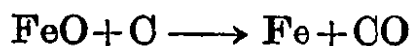
灵敏度: 0.04 微克 Fe^{2+} 。

极限浓度: 1:125,000。

试剂: 1%(在乙醇中)。

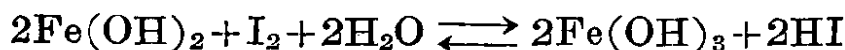
【14】 C

在高温下,碳能将氧化亚铁还原为铁,同时有一氧化碳气体放出。



【15】 I_2

在理论上当溶液中既含有亚铁离子又含有铁离子时,则可以根据下列的可逆反应,用碘量滴定法来测定它们。



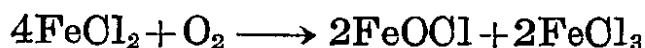
【16】 Mn

在熔化铁的温度时,任何形式的氧化铁均可被锰还原为铁。

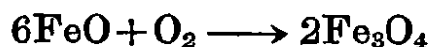


【17】 O_2

(1) 亚铁盐在中性溶液中被氧氧化时,其速度远较在酸性溶液中为快。在醇溶液中,其氧化速度则较在水溶液中为快,在反应过程中,pH、温度及盐类等条件对反应亦都有影响。

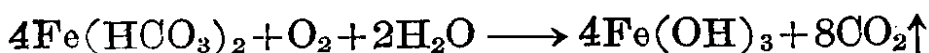


(2) 当氧化亚铁被氧化成四氧化三铁时,它的反应式可表达如下。

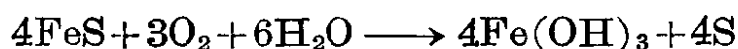


【18】 $\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$

(1) 碳酸氢亚铁可氧化为氢氧化铁,同时有二氧化碳放出。



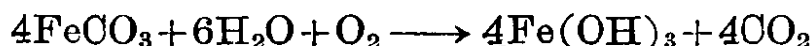
(2) 在普通情况下硫化亚铁与氧和水作用时, 即有氢氧化铁和硫形成。



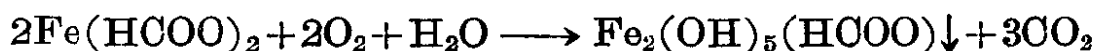
(3) 冶炼厂中的烟吸收器内所产生之硫酸亚铁, 在受到大气的影响后, 即有不溶解的碱式硫酸亚铁形成。



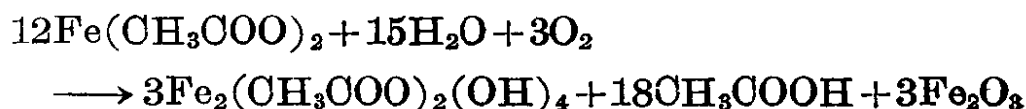
(4) 碳酸亚铁与潮湿的空气接触后, 即徐徐转变为氢氧化铁。



(5) 当甲酸亚铁的中性溶液蒸煮后, 即有黄色沉淀碱式甲酸铁生成。

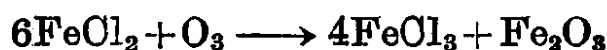


(6) 当乙酸亚铁溶液与空气作用后, 其液体表面立即形成棕色薄膜碱式乙酸铁, 它不溶解于水。



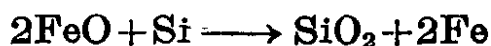
【19】 O_3

臭氧能氧化氯化亚铁为氯化铁及氧化铁。



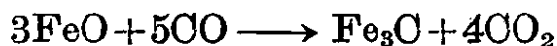
【20】 Si

硅在高温下可将氧化亚铁还原为铁。

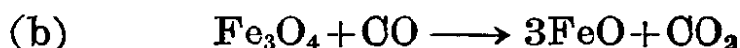
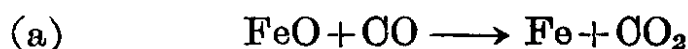


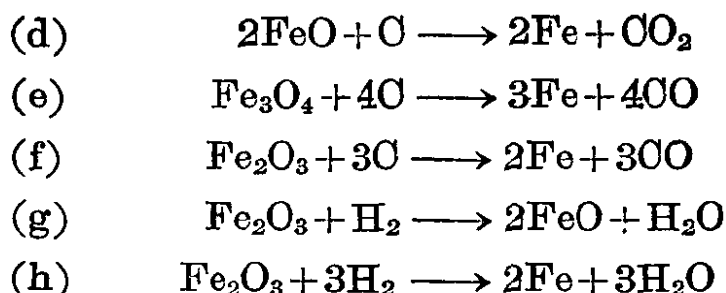
【21】 CO

(1) 在 649°C 高温下, 氧化亚铁与一氧化碳反应后, 即有碳化三铁和二氧化碳生成。



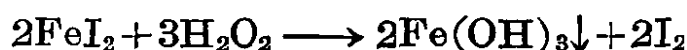
(2) 在炼钢过程中所发生的一系列反应, 可用下列各式表示。



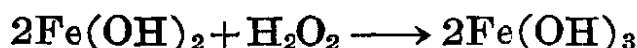


【22】 H_2O_2

(1) 当过氧化氢与碘化亚铁作用时，即有氢氧化铁和游离碘形成。

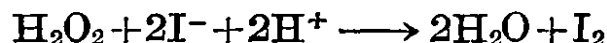


(2) 假使过氧化氢加至氢氧化亚铁中（后者系由氢氧化钾与硫酸亚铁溶液作用而得的沉淀），则立即有氢氧化铁形成。



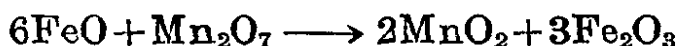
【23】 $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_3\text{PO}_4$

通常在测定碘化亚铁丸中碘的含量时，可以将过氧化氢加至经磷酸酸化的检品溶液中，然后将碘蒸馏至碘化钾中。倘有过度泡沫发生，则不可能进行定量蒸馏。



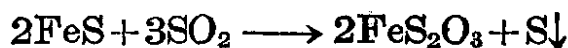
【24】 Mn_2O_7

当二价铁与七氧化二锰反应后，即有三价铁生成。



【25】 SO_2

(1) 当硫化亚铁的混悬液加至二氧化硫的浓溶液中，并经常稍稍搅动，则有硫代硫酸亚铁形成，并有硫沉出。

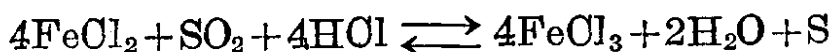


(2) 当亚硫酸亚铁与过量的二氧化硫气体作用时，即有亚硫酸氢亚铁形成。



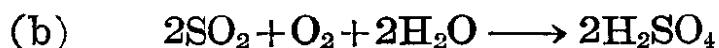
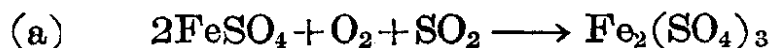
【26】 $\text{SO}_2 + \text{HCl}$

在高浓度酸的情况下，氯化亚铁可被二氧化硫氧化，同时有如下的平衡反应式建立。



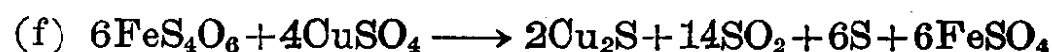
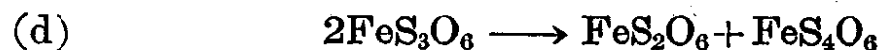
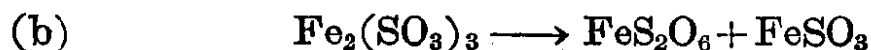
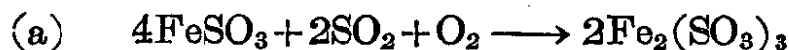
【27】 $\text{SO}_2 + \text{O}_2$

通常二氧化硫和空气的混合物，常用来氧化硫酸亚铁为硫酸铁，且同时生成游离的硫酸，其浓度可达5%，可用作铜矿的沥滤溶剂。



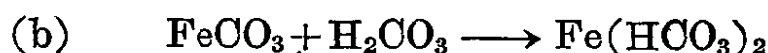
【28】 SO_2 、 O_2 、 CuSO_4

冶炼厂中的热酸性烟被导至潮湿而细微的亚硫酸亚铁(FeSO_3)炉渣中，则有下列之反应发生。



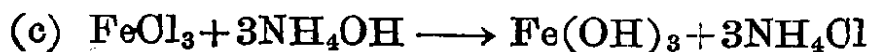
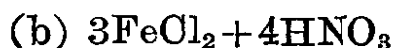
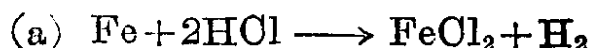
【29】 H_2CO_3

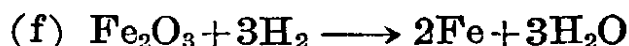
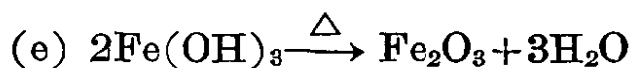
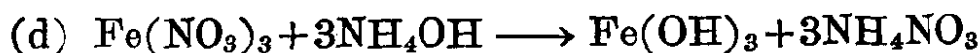
二氧化碳在铁的腐蚀过程中，起着相当重要的作用，这种作用可能主要在于将铁表面的保护膜除去，因而引起腐蚀。其反应如下：



【30】 $\text{HCl} + \text{HNO}_3 + \text{NH}_4\text{OH} + \text{H}_2$

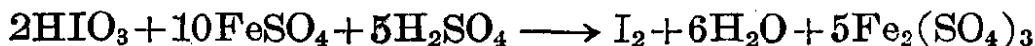
为了纯化铁，可先将它溶解于盐酸中，生成氯化亚铁；后者经硝酸氧化为三价铁盐；加入过量氨水，形成氢氧化铁沉淀；继而予以灼烧成氧化铁；最后再把它用氢气还原为纯净的铁。





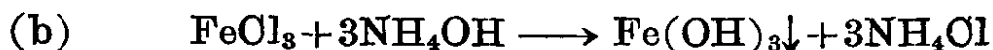
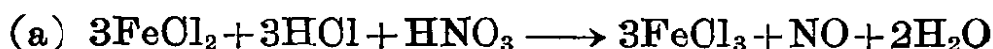
【31】 $\text{HIO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$

碘酸与硫酸亚铁在硫酸溶液中生成游离碘、水及硫酸铁。



【32】 HNO_3

(1) 亚铁盐在酸性溶液中与浓硝酸煮沸时, Fe^{2+} 即氧化为 Fe^{3+} , 后者遇氢氧化铵即生成氢氧化铁而沉出。

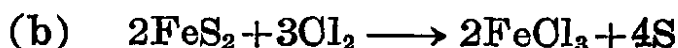
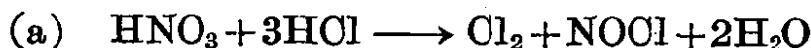


(2) 甲酸亚铁溶液在水浴上加热时, 用硝酸氧化后, 即出现黄色溶液, 后者经蒸发, 则有铁的复盐形成。



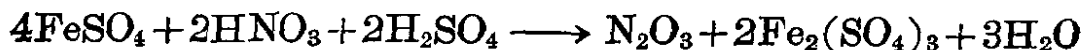
【33】 $\text{HNO}_3 + \text{HCl}$

二硫化铁溶解于盐酸和硝酸的混合液中, 即有氯化铁、硫、亚硝酰氯形成。

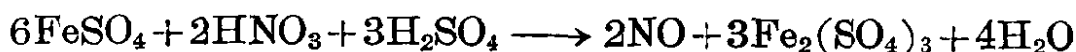


【34】 $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$

(1) 倘以硝酸加至冷的硫酸亚铁溶液 (先用硫酸使之呈强酸性) 中, 即有下列反应发生。

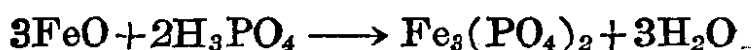


(2) 倘以硝酸加至微温的硫酸亚铁溶液 (先用硫酸使之呈强酸性) 中, 即发生下列之反应。

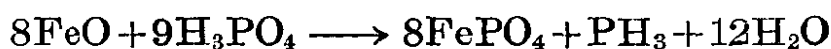


【35】 H_3PO_4

(1) 氧化亚铁溶解于磷酸后, 即有磷酸亚铁生成。

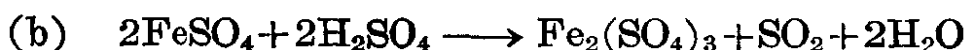


(2) 当氧化亚铁与过量的磷酸加热反应后, 生成的最终产物为磷酸铁和磷化氢。

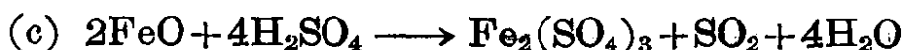


[36] H_2SO_4

(1) 在高温并有磷酸的参加下, 氧化亚铁和硫酸作用时, 即有下列反应:



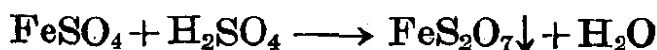
或简化之:



(2) 亚硫酸亚铁直接与硫酸作用时(在普通情况下), 即有连二硫酸亚铁和水形成。

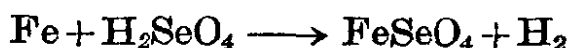


(3) 将一容量冷的饱和硫酸亚铁溶液加至九容量浓硫酸中, 然后将溶液冷却, 则有白色结晶沉淀析出。



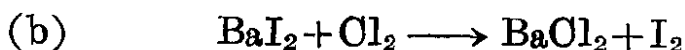
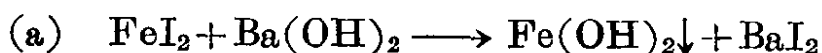
[37] H_2SeO_4

将铁丝溶解于硒酸, 即生成硒酸亚铁。



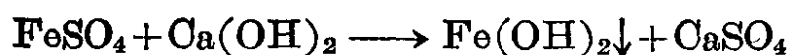
[38] $\text{Ba}(\text{OH})_2$, $\text{Ca}(\text{OCl})_2$

测定碘化亚铁丸中碘的含量时, 通常是将丸剂分散在氢氧化钡溶液(0.2 摩/升)中, 过滤, 取一部分滤液用磷酸酸化, 然后再加次氯酸钙, 则有碘析出。过量的氯可煮沸除去, 而碘则用硫代硫酸盐滴定之。



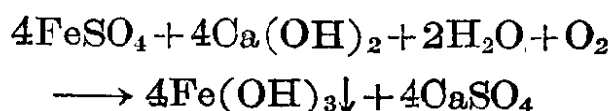
[39] $\text{Ca}(\text{OH})_2$

氢氧化钙与硫酸亚铁在没有过量的空气存在下作用时, 即有氢氧化亚铁形成。



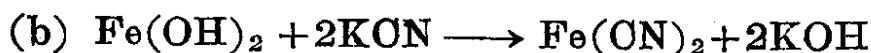
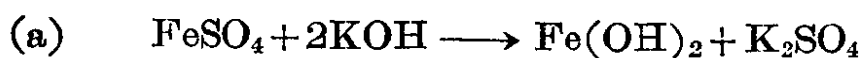
【40】 $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{O}_2$

消石灰与过量空气在硫酸亚铁的溶液中作用时，即有氢氧化铁沉淀形成。



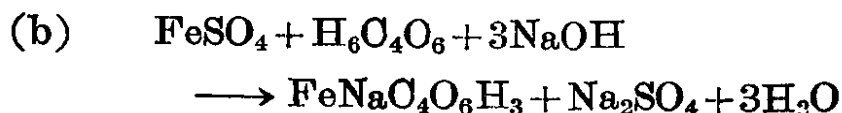
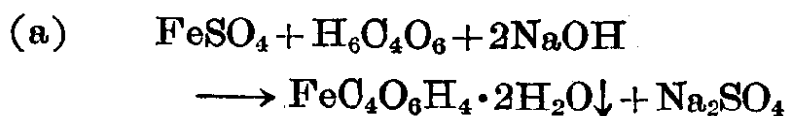
【41】 $\text{KOH} + \text{KCN}$

氰化钾在氢氧化钾的参加下，可被硫酸亚铁转变为亚铁氰化钾。



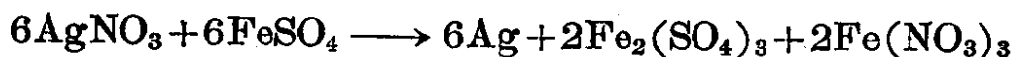
【42】 $\text{NaOH} + \text{H}_6\text{C}_4\text{O}_6$

当氢氧化钠加至硫酸亚铁和酒石酸的溶液中时，首先有沉淀形成(a)，然后有络合物生成(b)。



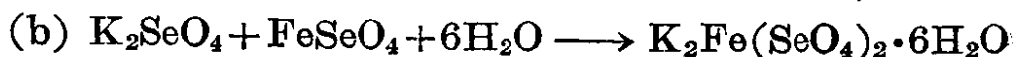
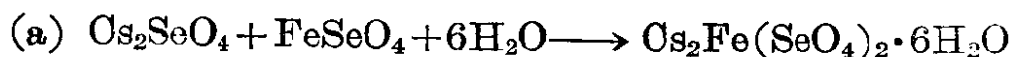
【43】 AgNO_3

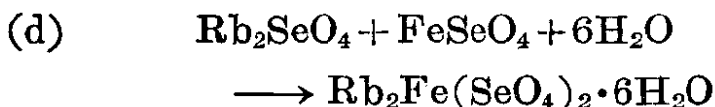
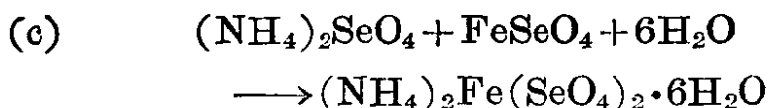
硫酸亚铁水溶液与硝酸银水溶液共混合后，则有银、硫酸铁和硝酸铁形成。



【44】 $\text{Cs}_2\text{SeO}_4 + \text{H}_2\text{O}$

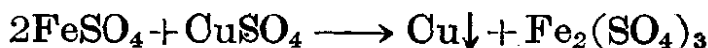
当硒酸亚铁与硒酸铯的水溶液按等摩尔比混合反应后，于部分真空下，即有六水合硒酸亚铁铯结晶生成。硒酸钾、硒酸铵、硒酸铷亦可发生类似反应。但硒酸亚铁钾复盐结晶的形成是在低温和部分真空操作下进行的。





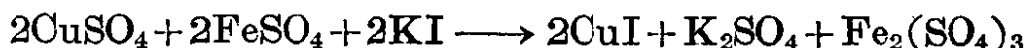
[45] $CuSO_4$

当硫酸亚铁与硫酸铜的溶液在电解时,铜即沉积在铜阴极上,而硫酸亚铁即被氧化为硫酸铁。



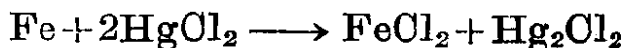
[46] $CuSO_4 + KI$

当硫酸铜、硫酸亚铁和碘化钾混合时,即有碘化亚铜生成;此外亦有硫酸钾和硫酸铁形成。



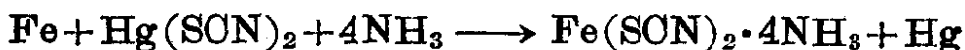
[47] $HgCl_2$

氧化铁和熔渣中铁的测定,可通过先将其溶解于氯化汞溶液中,过滤,除去反应生成的氯化亚汞,然后用高锰酸钾溶液滴定滤液中的氯化亚铁来完成。



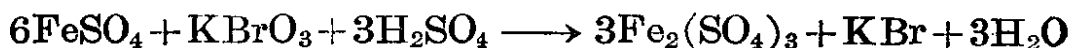
[48] $Hg(SCN)_2$

当硫氰酸汞的液氨溶液与铁丝反应时,即有四氨合硫氰酸亚铁生成。



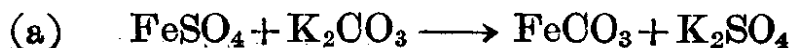
[49] $KBrO_3 + H_2SO_4$

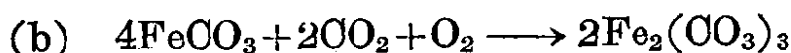
在二价汞的参加下,硫酸亚铁可以用来标定溴酸盐的硫酸溶液。



[50] K_2CO_3, CO_2

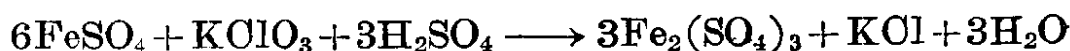
在蔗糖、西黄蓍胶及药蜀葵的存在下,硫酸亚铁与碳酸钾作用后,即形成碳酸亚铁,后者在二氧化碳和氧的作用下,即被氧化为碳酸铁。如以还原糖代替蔗糖,则氧化反应即被抑制。





[51] $\text{KClO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$

硫酸亚铁借氯酸钾和硫酸的作用而氧化为硫酸铁。



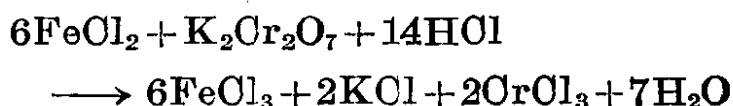
[52] $\text{KClO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$

在普通情况下, 硫酸亚铁可被高氯酸钾和硫酸氧化为硫酸铁、氯化钾及水。



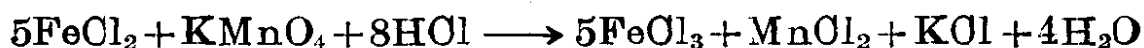
[53] $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{HCl}$

氯化亚铁与重铬酸钾和盐酸作用时, 即有氯化铁、氯化钾、氯化铬和水形成。



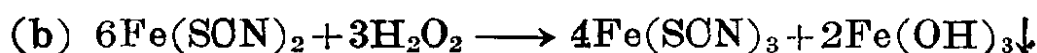
[54] $\text{KMnO}_4 + \text{HCl}$

氯化亚铁可被高锰酸钾氧化为氯化铁, 后者在日光下为黄色。倘在人造光下观察, 则其黄色大大变淡。通常在盐酸存在下用高锰酸钾滴定铁时, 可获较高的精确度。



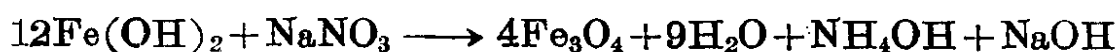
[55] $\text{KSCN} + \text{H}_2\text{O}_2$

当硫氰酸钾加至硫酸亚铁溶液中, 并无反应发生; 但倘另行加入过氧化氢时, 则由于形成硫氰酸铁而致液体变红。同时还有氢氧化铁沉淀形成。



[56] NaNO_3

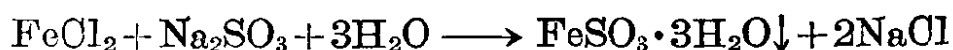
新鲜沉淀的水合氧化亚铁在中性或碱性溶液中, 能将硝酸盐定量地还原至氢氧化铵。



[57] Na_2SO_3

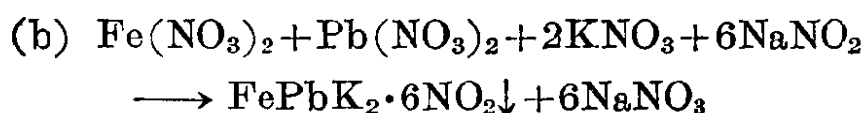
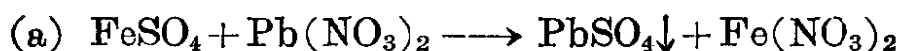
氯化亚铁的稀溶液与亚硫酸钠的稀溶液作用时, 即有白色亚

硫酸亚铁形成。



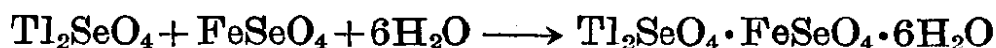
[58] $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{KNO}_3 + \text{NaNO}_2$

硫酸亚铁的饱和溶液加至硝酸铅的饱和溶液中，即有硫酸铅沉淀生成。将沉淀滤去后，在滤液中再加入硝酸钾和亚硝酸钠的混合液，结果有黄色沉淀形成。



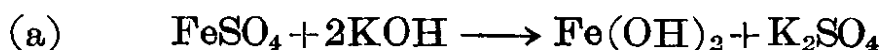
[59] $\text{Tl}_2\text{SeO}_4 + \text{H}_2\text{O}$

等摩的硒酸亚铊和硒酸亚铁的水溶液，经混合反应后，予以结晶，即有硒酸亚铁亚铊复盐生成。按同样方法亦可得到其他硒酸复盐：如钴铵、钴钾、钴铷、钴铊、镍铵、镍钾、镍铷、镍铊、镍铊、铜铵、铜钾、铜铷和铜铊等。



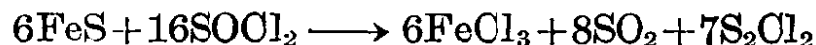
[60] $\text{PH}_3 + \text{KOH}$

当硫酸亚铁加至含有磷的氢氧化钾溶液时，首先有氢氧化亚铁形成，继有磷化铁生成。



[61] SOCl_2

硫化亚铁与亚硫酰(二)氯在封闭的管中加热(150°C)后，即有氯化铁形成。



[62] CHCl_3

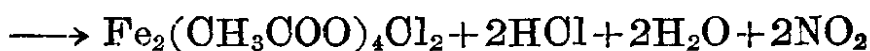
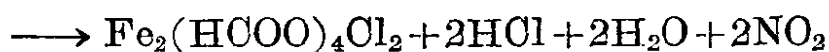
当硫酸亚铁在 300°C 与干燥的二氧化碳气流和氯仿共热时，则有无水氯化亚铁形成。



[63] $\text{HCOOH} + \text{HNO}_3$

氯化亚铁的甲酸溶液经硝酸氧化后，即有红黄色的氯化甲酸

铁结晶形成。氯化亚铁的乙酸溶液亦有类似反应发生。



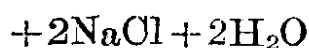
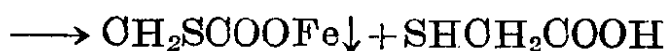
【64】 $SHCH_2COOH$

当氯化亚铁在氨的存在下,与巯基乙酸反应后,即有红色水溶性化合物生成。



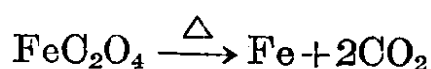
【65】 $SHCH_2COOH + NaOH$

氯化亚铁与巯基乙酸和氢氧化钠在甲醇溶液中(空气由氮气取代)反应后,先生成内络盐(a),当再加入氢氧化钠(其用量与上述所用者相等)时,即有可溶性的巯基乙酸钠亚铁红色物质形成(b),它们中的巯基乙酸亚铁离子是无色的,而未解离的巯基乙酸钠亚铁则是红色的。

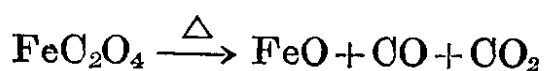


【66】 加热

(1) 当固体草酸亚铁被加热后,即有铁和二氧化碳形成。



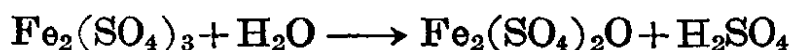
(2) 当草酸亚铁于 $159^\circ C$ 以上加热时,即分解为氧化亚铁、一氧化碳和二氧化碳。



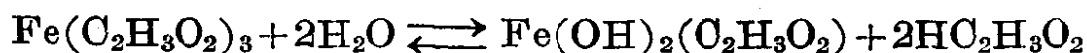
铁 化 合 物

Fe_2O_3 呈淡红棕色, 在强烈灼烧时变为淡灰黑色, 但在磨成粉末状态时, 则又变红。

铁盐常呈黄色或棕色, 但铁铵明矾则是灰紫色。铁盐在水溶液中呈淡黄棕色, 且溶液呈酸性反应(水解)。溶液在稀释和加温时, 因适于水解, 故所有稀释度较大的铁盐溶液在煮沸时, 即有碱式盐沉积出来。



通常弱酸性的铁盐溶液, 可使其所有的铁都被沉淀为碱式盐; 例如乙酸铁的稀溶液在煮沸时, 即有下列反应发生:

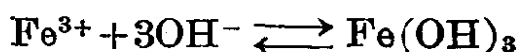


如果在所有的碱式盐中加入酸后, 则将变为中性盐。

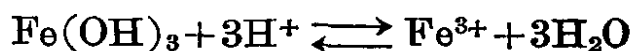
铁离子的反应

[1] 碱金属的氢氧化物

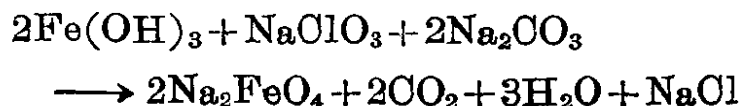
碱金属的氢氧化物与铁盐溶液生成棕色胶性氢氧化铁沉淀。



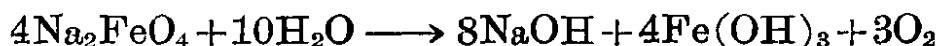
氢氧化铁甚易溶解于酸:



它不溶于稀的碱金属的氢氧化物溶液中(与铝和铬不同), 虽然如此, 但它似乎极微溶于浓的碱金属的氢氧化物溶液中, 并可能形成铁酸盐。在冷溶液中, 氢氧化铁成为胶性粘滑的沉淀, 沉淀极难过滤, 但在热溶液中, 则氢氧化铁成为凝固的絮凝状沉淀, 这种沉淀十分容易用手触觉。当灼烧时, 氢氧化铁则变为氧化铁。此外, 当氢氧化铁与氧化剂在碱性介质中熔融时, 则被氧化为高铁酸盐。例如:

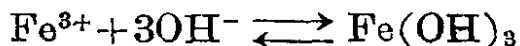


通常高铁酸钠与水接触时,并不稳定,即分解而沉淀为氢氧化铁,同时放出氧。



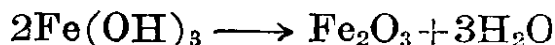
【2】 氢氧化铵

氢氧化铵与铁盐溶液生成棕色胶性氢氧化铁沉淀。



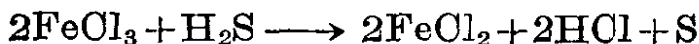
氢氧化铁的溶度积是非常小的,故即使有铵盐存在,沉淀仍将完全(与亚铁、镍、钴、锰、锌和镁不同)。在此处铵盐不可能足够地抑制氢氧化铵的电离而妨碍氢氧化铁的完全沉淀。由于 Fe^{3+} 离子与氨并不能形成络离子,而且氢氧化铁仅有极微的两性作用,因而沉淀不溶于过量的氢氧化铵。在反应时如有某种有机酸存在,则并不发生沉淀。

当氢氧化铁在强热时即转变为氧化铁;这个灼烧的氧化铁难溶于稀酸,但与浓盐酸在低于其沸点下持久加热时,即行溶解。



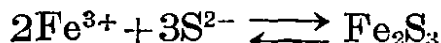
【3】 硫化氢

H_2S 在酸性溶液中将铁盐还原为亚铁盐,并析出硫。

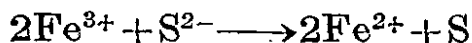
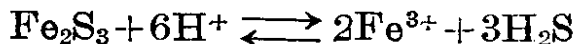


【4】 硫化铵

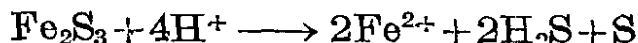
硫化铵与铁盐溶液生成黑色无定形硫化铁沉淀:



这个沉淀不溶于碱金属的氢氧化物及硫化物中,但甚易溶解于稀酸。假定沉淀溶解时,则 Fe^{3+} 离子被 H_2S 所还原:

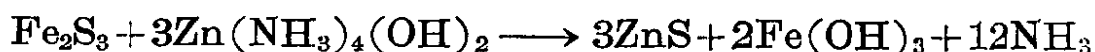


其完全的反应为:



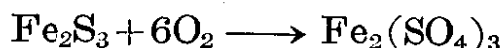
在以前,一般认为这个沉淀是硫化亚铁和硫的混合物,但现在根据下列的实验可证明为硫化铁:将若干沉淀混悬于氢氧化锌的氨性溶液 $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4(\text{OH})_2]$ 中,于是由于较低溶度积的关系,硫

化锌和氢氧化铁均被沉出。

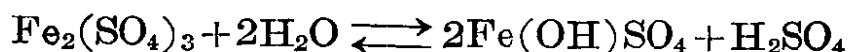


如果生成的沉淀为硫化亚铁,则上述的反应只生成白色硫化锌,但实际上由于氢氧化铁的缘故,整个沉淀将为棕色。

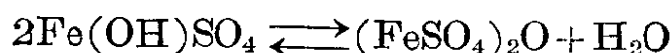
硫化铁甚易氧化为硫酸铁:



硫酸铁可水解为碱式硫酸铁:

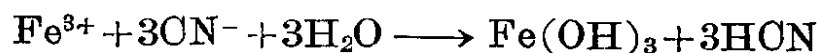


碱式硫酸铁或再失去一个分子水:

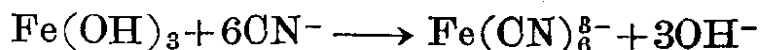


【5】 碱金属的氰化物

碱金属的氰化物与铁盐溶液生成氢氧化铁沉淀。

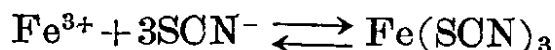


此沉淀与过量的碱金属氰化物形成氰铁酸根络离子。

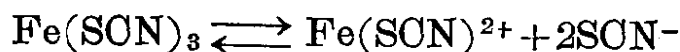


【6】 硫氰酸铵(或碱金属的硫氰酸盐)

硫氰酸铵的溶液与铁盐有深红色反应(与亚铁盐不同)。

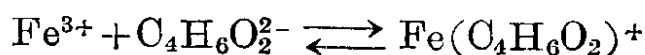
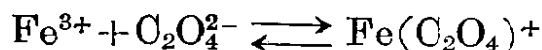


此种颜色过去认为是不离解的硫氰酸铁所生成,但现在知道是由于形成络离子 $[\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}]$ 所致,即 $\text{Fe}(\text{SCN})_3$ 在离解时生成 $\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}$ 络离子而显色。

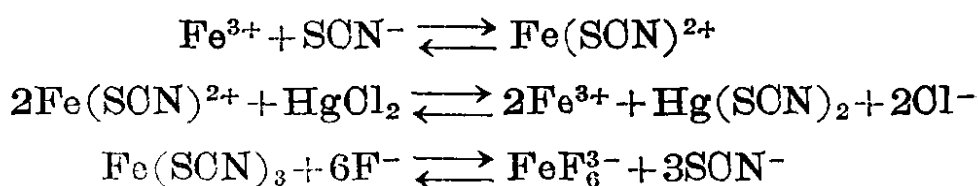


反应的灵敏度随过量试剂的加入而增加。 $\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}$ 络离子较易溶于醚和戊醇(与水相较);如与这二种溶剂的任一种共振摇,则红色进入有机层中。磷酸盐、砷酸盐、硼酸盐、碘酸盐、硫酸盐、乙酸盐、草酸盐、酒石酸盐、柠檬酸盐以及其相应的游离酸均妨碍这个反应。

有机酸与铁离子形成这种形式的络离子:



氟化物和氯化汞能漂白这种深红色，因为它们形成氟铁酸根 $[\text{FeF}_6^-]$ 离子和微离解的硫氰酸汞 $[\text{Hg}(\text{SCN})_2]$ 之故。



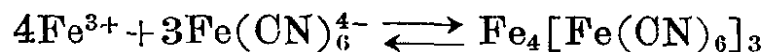
如有亚硝酸盐存在必须予以避免，因在酸性溶液中它们可形成硫氰酸亚硝酰 ($\text{NO} \cdot \text{SCN}$)，后者亦呈红色反应(在加热时即消失)，而与铁离子所形成的颜色相似。

注

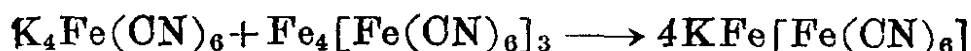
- (1) $\text{Fe}(\text{SCN})_3$ 易受 Na_2CO_3 的作用而分解，并生成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 。
- (2) $\text{Fe}(\text{SCN})_3$ 逐渐还原为 $\text{Fe}(\text{SCN})_2$ ，而溶液的颜色亦徐徐减弱，最后可能完全褪色。

【7】 碱金属的亚铁氰化物(氰亚铁酸盐)

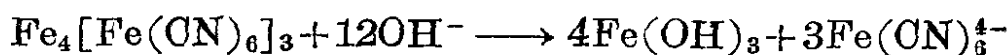
碱金属的亚铁氰化物与铁盐溶液生成黑蓝色胶性亚铁氰化铁沉淀，后者亦常称为普鲁士蓝(Prussian blue)：



此沉淀不溶于稀酸，但溶于极浓的酸类、草酸及过量的亚铁氰化钾。它与过量的亚铁氰化钾之反应如下：



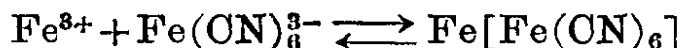
亚铁氰化铁可被碱分解而形成氢氧化铁：



亚铁氰化铁的染色力非常强，因此本反应成为非常灵敏的 Fe^{3+} 离子之试验反应。当溶液在 500,000 份水中含有 1 份的 Fe^{3+} 离子时，倘应用上述的方法试验铁离子时，亦呈阳性反应。本试验和上述亚铁离子一节之[9]项相似，必须注意溶液中的酸性不宜过强，因过量的酸将分解若干氰亚铁酸根离子，而使若干亚铁离子进入溶液中。这些亚铁离子常与若干未变化的氰亚铁酸根离子发生反应，而形成亚铁氰化亚铁，后者立即氧化并变为蓝色，因此将误作为 Fe^{3+} 离子的阳性试验。

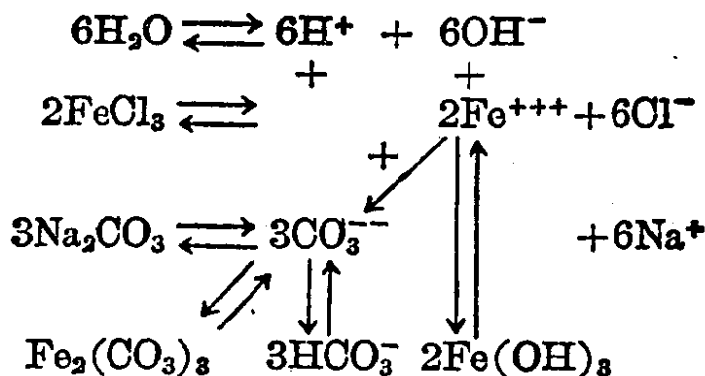
【8】 碱金属的铁氰化物

碱金属的铁氰化物与铁盐溶液生成棕色铁氰化铁溶液。



【9】 碱金属或铵的碳酸盐

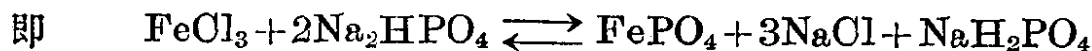
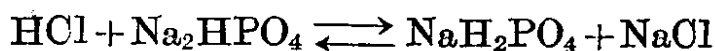
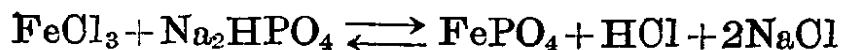
碱金属或铵的碳酸盐与热的铁盐溶液生成棕色絮凝状的氢氧化铁沉淀。



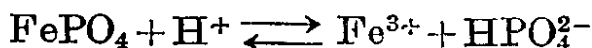
碳酸根离子与 H^+ 离子(由水中得到的 H^+)形成重碳酸根离子。这个反应用尽了溶液的碳酸根离子,因而妨碍了碳酸铁溶度积的达到,结果不能产生沉淀。由于水的电离常数在所有情况下保持不变,所以更多水的离解,将增加 OH^- 离子的浓度,这样便超过了氢氧化铁的溶度积,故有氢氧化铁沉淀析出。

【10】 碱金属的磷酸盐

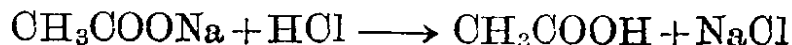
碱金属的磷酸盐加至铁盐溶液中,生成淡黄白色的磷酸铁:

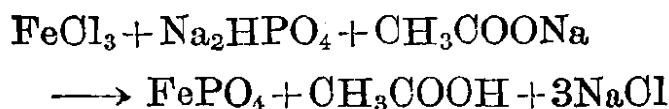


这个沉淀溶解于稀无机酸,但不溶于乙酸:



从上述反应式中证明:如果要铁完全沉淀为磷酸盐时,必须应用过量的试剂使与反应中所放出的 HCl 作用。在这种情况下,最好加入过量的乙酸钠溶液(或氢氧化铵),因为乙酸钠与盐酸作用生成乙酸,后者不溶解磷酸铁,这样,铁乃可以定量地沉出。

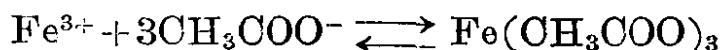




此沉淀溶解于过量碱金属的磷酸盐而形成络离子。

【11】 碱金属的乙酸盐

碱金属的乙酸盐与铁盐的溶液生成红色乙酸铁溶液:



当溶液被煮沸时, 乙酸铁即分解, 并有成分不定的棕色碱式乙酸铁沉淀发生。将溶液稀释并予煮沸时, 即有下列一种化合物生成:



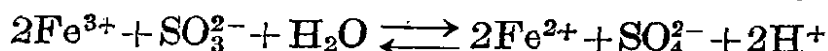
这个反应是可逆的, 如溶液冷却, 即有若干碱式乙酸铁溶解。乙酸铁的水解是非常重要的反应, 因为它供给一个方法, 可以从溶液中除去磷酸根离子。磷酸根离子常被加入过量的 Fe^{3+} 离子而沉出, 同时在溶液中加入过量的乙酸根离子, 使过量的 Fe^{3+} 离子转变为乙酸铁。接着, 将该溶液稀释至相当程度, 且加热至沸腾并乘热时过滤, 则溶液中将不含有 Fe^{3+} 离子和磷酸根离子。煮沸系将乙酸铁分解, 并沉淀为碱式乙酸盐, 同时由于磷酸铁不溶于水而亦沉淀析出。

【12】 酒石酸盐、柠檬酸盐及其他羟酸盐

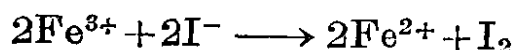
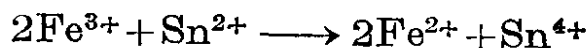
当溶液中有酒石酸盐、柠檬酸盐、其他羟酸的盐类, 以及其他多羟化合物如蔗糖、淀粉及甘油等, 能妨碍所有试剂可使铁正常地发生沉淀的反应, 即阻止形成氢氧化铁沉淀。关于氢氧化铁被转变为阴络离子的情形, 与铝在相似的情况下相同。

【13】 氧化反应

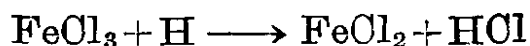
Fe^{3+} 离子在酸性溶液中系缓和的氧化剂, 在反应时可被新生氢、 H_2S 、 SO_2 、 SnCl_2 、 HI 、 $\text{NH}_2\text{OH} \cdot \text{HCl}$ 或硫酸胛等还原为 Fe^{2+} 离子。它们能氧化亚硫酸盐为硫酸盐的反应方程式为:



其他还原剂与 Fe^{3+} 离子作用,



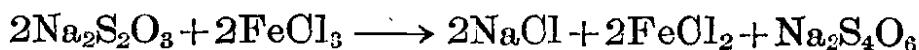
新生氢系由锌与稀盐酸或稀硫酸反应而得。



从上述反应中看到, 作用相当强的还原剂才能还原 Fe^{3+} 离子。反之, Fe^{2+} 离子则可被弱氧化剂如空气中的氧而氧化, 尤其是在低的 H^+ 离子浓度下是如此。在普通情况下, Fe^{3+} 似乎是稳定的。在 H^+ 离子浓度十分高的介质中, 亚铁盐可保存一个相当长的时间而不受空气的氧化影响。

【14】 硫代硫酸钠

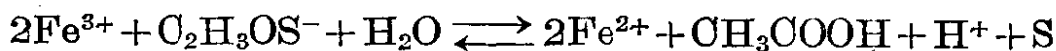
硫代硫酸钠与中性铁盐溶液生成紫红色反应, 但颜色迅速消失, 结果溶液含有亚铁盐和连四硫酸钠。



至于首先形成的紫红色物质的组成尚不明确; 可能是硫代硫酸铁。

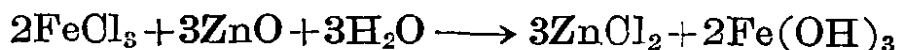
【15】 硫代乙酸铵

硫代乙酸铵 ($\text{NH}_4\text{C}_2\text{H}_3\text{OS}$) 在酸性溶液中能还原铁盐, 如果有碱存在时, 则有硫化亚铁沉淀生成。



【16】 氧化锌、氧化汞及碳酸钡

氧化锌、氧化汞及碳酸钡遇铁盐溶液生成氢氧化铁沉淀。



这个反应常应用于定量分析, 例如由 Mn^{2+} 分离 Fe^{3+} 离子。

【17】 试铜铁灵 (*Cupferron*) $\text{C}_6\text{H}_5\text{N}(\text{NO})\text{ONH}_4$

试铜铁灵遇铁盐于盐酸溶液中, 即生成淡红棕色沉淀。在同样的情况下 (例如在强酸溶液中), 铝和铬的盐类则无沉淀发生。

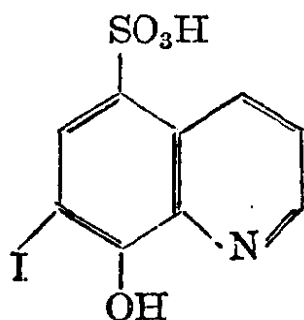


此沉淀溶解于醚, 不溶于酸, 倘用氨水溶液处理, 则转变为氢氧化铁。

试剂: 溶解 2 克固体于 100 毫升蒸馏水中即得, 但不能保存得

很好。最好加一片碳酸铵于贮藏瓶中；这样可增加它的稳定度。

【18】 试铁灵[Ferron(7-Iodo-8-hydroxyquinoline-5-sulphonic acid)]



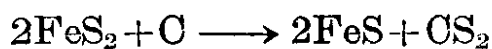
试铁灵在微酸性溶液(pH 值 2.5~3.0)中与铁盐形成绿色或淡绿蓝色。亚铁不发生反应, 只有铜干扰。

灵敏度: 0.5 微克。

试 剂: 0.2% 的水溶液。

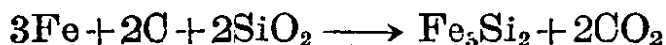
【19】 C

碳与二硫化铁在高温下反应, 即有硫化亚铁和二硫化碳生成。



【20】 C+SiO₂

铁屑与过量二氧化硅和碳于电弧温度下反应, 即形成二硅化三铁。



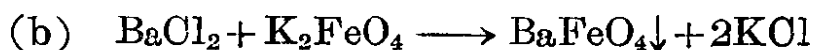
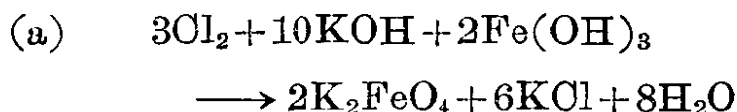
【21】 Cl₂+NaOH

通常将氯通至含有氢氧化铁的氢氧化钠浓溶液中, 即有高铁酸钠形成。



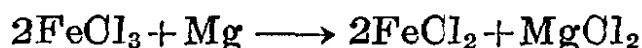
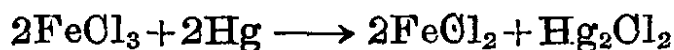
【22】 Cl₂+KOH

当氯通至碱性氢氧化铁的混悬液中, 即有高铁酸钾形成。当氯化钡加至高铁酸钾溶液中, 则立即有高铁酸钡沉淀形成。



【23】 Hg、Mg

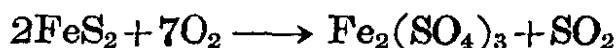
当氯化铁的盐酸或水溶液与金属汞一起剧烈振摇数分钟后，氯化铁即被还原为氯化亚铁。在盐酸存在下镁更易发生同样反应。

**【24】 I₂**

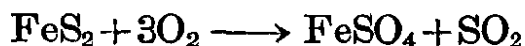
将碘蒸气通过氮气流送入加热的铁，即有碘化亚铁生成。

**【25】 O₂**

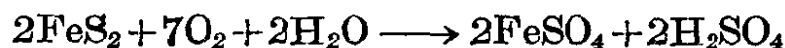
(1) 当二硫化铁在空气中焙烧时，即有硫酸铁和二氧化硫生成。



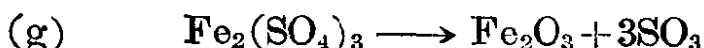
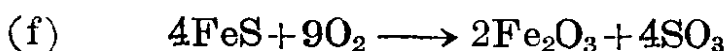
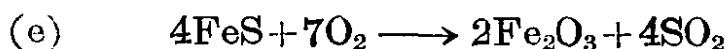
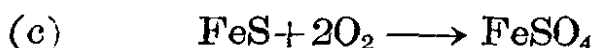
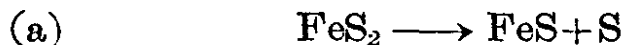
(2) 当研碎的二硫化铁经空气氧化后，即有少量的二硫化铁被转化为硫酸亚铁和二氧化硫。

**【26】 O₂ + H₂O**

当二硫化铁在氧气和湿气的存在下，即有硫酸亚铁和硫酸生成。

**【27】 空气**

当二硫化铁经加热后，先生成硫和硫化亚铁，而后者与氧反应时，则随其反应温度和氧浓度的不同而各异。



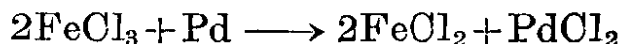
【28】 P

当红热的铁丝与磷蒸气化合后, 即有磷化四铁生成。



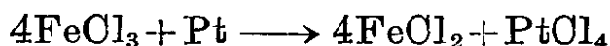
【29】 Pd

氯化铁的稀盐酸溶液经煮沸后, 与钯作用, 即被还原为氯化亚铁。



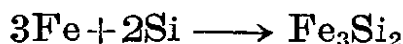
【30】 Pt

当铂将氯化铁还原为氯化亚铁时, 即有四氯化铂形成。

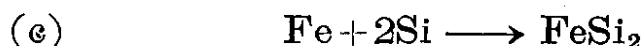
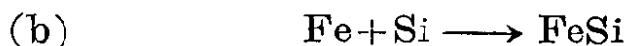
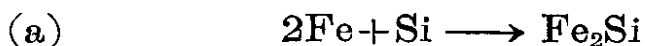


【31】 Si

(1) 将熔化的铁与硅反应, 即有坚硬的铁硅化物生成, 它是一种密度为 6.36 克/厘米³ 的白色结晶物质。

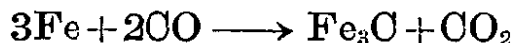


(2) 当铁与硅在高温下反应时, 即有几种铁的硅化物生成。

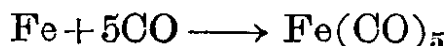


【32】 CO

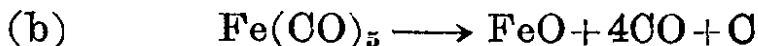
(1) 铁和一氧化碳于 649°C 下反应, 即生成碳化三铁和二氧化碳。



(2) 当一氧化碳与铁在 15.2~25.3 兆帕和 180~220°C 下反应, 即生成液态羰基铁。

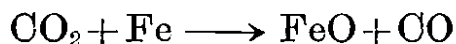


(3) 水煤气通过铁, 即形成少量的羰基铁, 它是一种不稳定的气体, 加热易分解为一氧化碳和氧化亚铁。

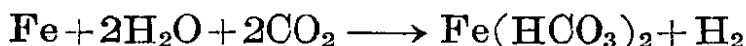


【33】 CO₂

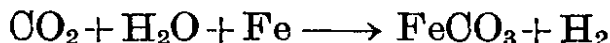
当二氧化碳和金属铁在 1537°C 下反应后, 即有氧化亚铁和一氧化碳生成。

**【34】 CO₂ + H₂O**

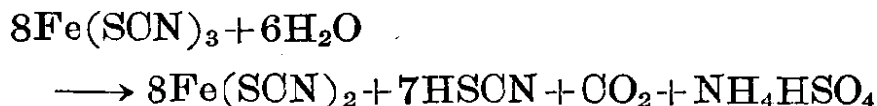
(1) 当铁与碳酸作用, 即有碳酸氢亚铁和氢气生成。



(2) 当二氧化碳与水蒸气通过铁, 即有碳酸亚铁和氢气形成。

**【35】 H₂O**

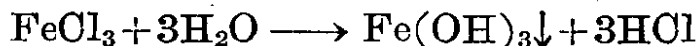
(1) 硫氰酸铁溶液由于铁的还原而徐徐褪色。



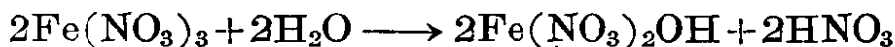
(2) 氯化铁与水作用后, 除生成氧化铁的一水合物外, 其他没有一定的氧化铁水合物。



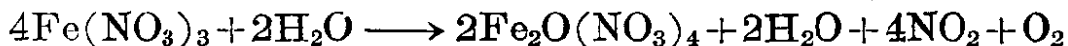
(3) 氯化铁遇水, 即水解为氢氧化铁及盐酸。



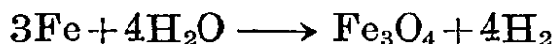
(4) 硝酸铁与过量的水作用时, 即有硝酸氢氧化铁及硝酸形成。



(5) 硝酸铁与水加热时, 即有含氧硝酸铁及水形成。

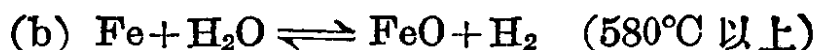


(6) 当铁在 650~900°C 下与水蒸气反应后, 即有四氧化三铁和氢气生成。



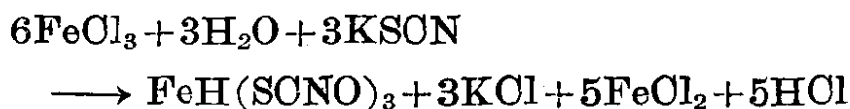
(7) 在水蒸气与铁的反应时, 有下列方程式所示的相平衡存在。





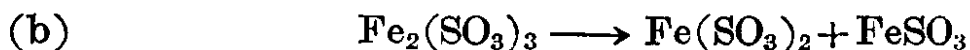
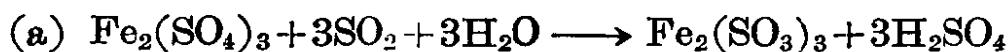
【36】 $\text{H}_2\text{O} + \text{KSCN}$

在通常情况下, 将硫氰酸钾的水溶液徐徐加至氯化铁中, 即有下列反应生成。



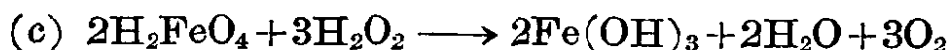
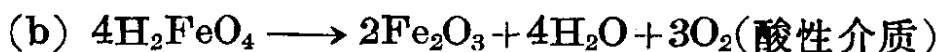
【37】 $\text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2$

在普通情况下, 硫酸铁与二氧化硫及水作用时, 即生成下列之反应:



【38】 H_2O_2

(1) 当过氧化氢与铁盐作用时, 即有中间产物不稳定的高铁酸形成。这个中间产物将被分解或被还原。

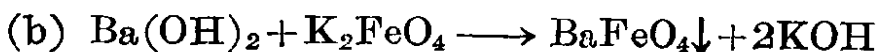
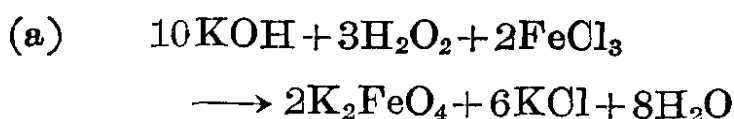


(2) 当铁粉加至过氧化氢中, 即形成氢氧化铁。铝亦有类似反应。



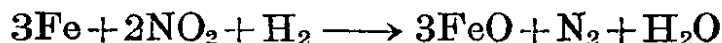
【39】 $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{KOH}$

将氢氧化钾和 30% 过氧化氢溶液加至氯化铁溶液中 (在冷时), 则有含高铁酸钾的深红色溶液生成。倘加氢氧化钡, 则将有紫红色胶性高铁酸钡形成。

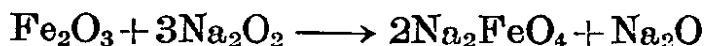


[40] NO₂

当二氧化氮与铁和氢气反应后,即形成氧化亚铁,氮气和水的。

**[41] Na₂O₂**

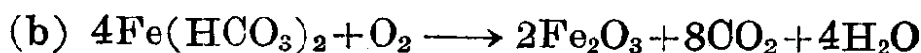
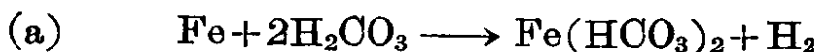
氧化铁与过氧化钠共熔化后,用冰处理,结果生成高铁酸钠。

**[42] Na₂O₂ + NaOH**

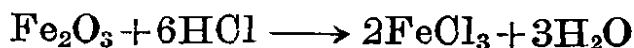
当熔融铁与过氧化钠和氢氧化钠反应后,即有水合氧化铁生成。

**[43] H₂CO₃ + O₂**

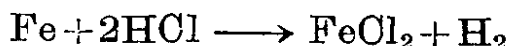
铁与二氧化碳、水和氧气反应,即有铁锈生成。

**[44] HCl**

(1) 氧化铁在 200°C 加热时遇氯化氢,即有部分转变为氯化铁。



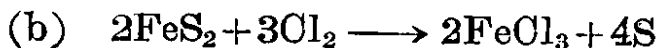
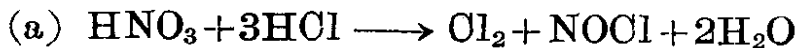
(2) 当很纯的铁丝经加热后,与干燥的氯化氢作用,即生成纯净的氯化亚铁。



(3) 当铁-镍陨石溶解于盐酸中,即形成氯化亚铁和氢气。镍亦可发生同样反应。

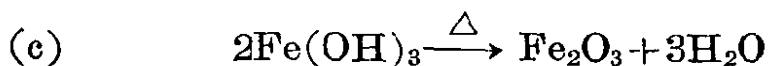
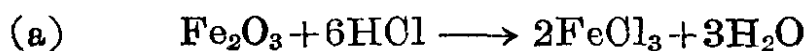
**[45] HCl + HNO₃**

当二硫化铁(黄铁矿)溶解于盐酸和硝酸的混合液后,即有氯化铁、硫和亚硝酰氯形成。



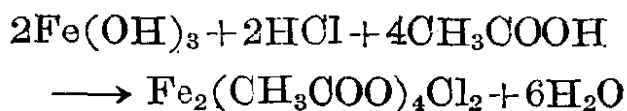
[46] $\text{HCl} + \text{NH}_4\text{OH} + \text{热}$

氧化铁在纯化时,一般是将氧化铁溶解于沸盐酸中,然后用氢氧化铵把它沉淀为氢氧化铁,后者经过洗涤后,在 $180 \sim 200^\circ\text{C}$ 加热一个长时间,即得纯化的氧化铁。



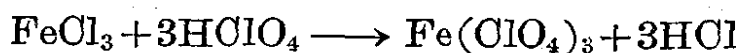
[47] $\text{HCl} + \text{CH}_3\text{COOH}$

氢氧化铁与盐酸和乙酸作用时,即有二氯化乙酸铁形成。



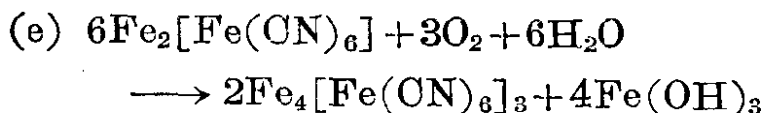
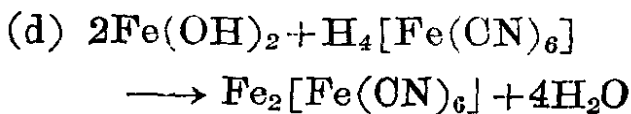
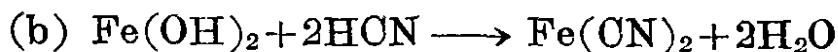
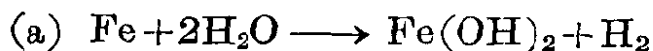
[48] HClO_4

氯化铁用高氯酸处理时,即有高氯酸铁形成。



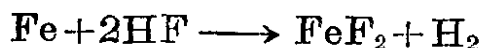
[49] HCN

在氰化物存在下,铁腐蚀后的最终产物是普鲁士蓝,它的反应按如下所示。



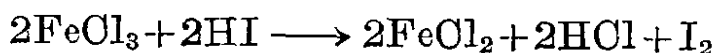
[50] HF

将铁溶解于氢氟酸中,即有蓝色结晶氟化亚铁形成。



[51] HI

氢碘酸能还原氯化铁为氯化亚铁,并生成盐酸和碘。

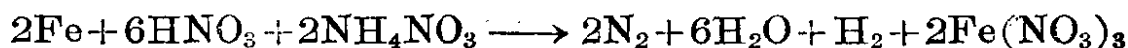


[52] HNO₃

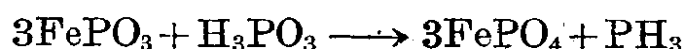
(1) 当浓硝酸与铁反应时,即生成氧化铁。



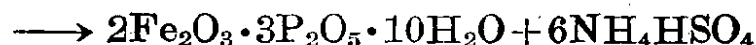
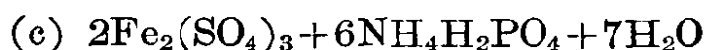
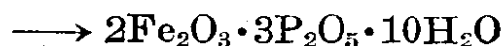
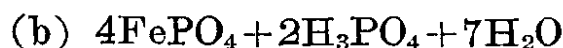
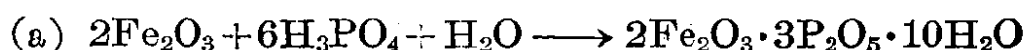
(2) 当铁在硝酸铵存在下与硝酸反应时,即会放出大量的氮气,并有硝酸铁生成。

**[53] H₃PO₃**

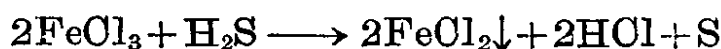
在热的影响下,亚磷酸铁和亚磷酸的混合物即被分解,而生成磷酸铁和磷化氢。

**[54] H₃PO₄**

当氧化铁与过量的磷酸,或当磷酸铁与过量的磷酸,或当硫酸铁与磷酸二氢铵共煮沸时,则有酸性磷酸铁形成。

**[55] H₂S**

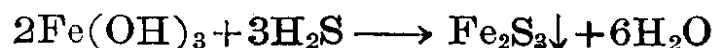
(1) 在低温或室温情况下,当氯化铁与液体硫化氢作用时,即徐徐有氯化亚铁的白色沉淀形成。



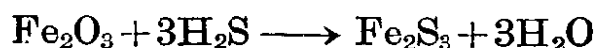
(2) 氢氧化铁与硫化氢共加热时,即有硫化亚铁、硫及水生成。



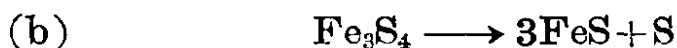
二者作用时,倘不加热,则有硫化铁形成。



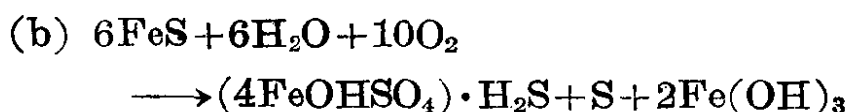
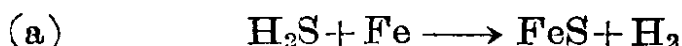
(3) 将硫化氢通入氧化铁并加热至 60~70°C,则有下列反应发生。



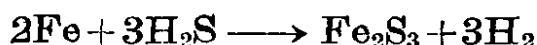
(4) 将干燥的硫化氢气流通入加热至白热的人造磁铁上, 则有水汽和二氧化硫放出。约 2 小时后, 所有的氧化铁均转变为四硫化三铁, 后者系有磁性的化合物。此后如将温度升高, 则有硫蒸气放出。



(5) 在油井中, 硫化氢与铁作用后, 生成硫化亚铁, 后者与水、和氧气反应, 即有碱式硫酸铁形成。



(6) 当铁在潮湿的硫化氢气体中加热时, 即有部分硫化铁生成。



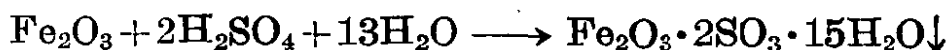
[56] H_2SO_3

倘以二氧化硫通至伴有石墨电极的电解池中, 则硫酸铁被还原为硫酸亚铁。



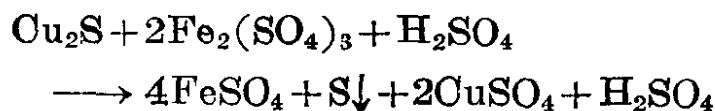
[57] H_2SO_4

氧化铁与硫酸作用时, 即有结晶性盐生成, 其组成如下:



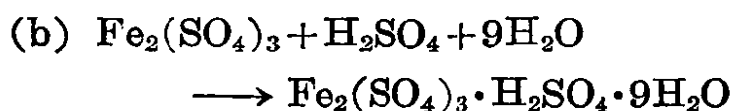
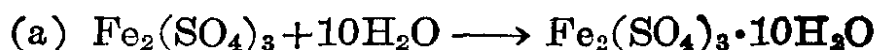
[58] $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Cu}_2\text{S}$

当硫化亚铜与硫酸铁的硫酸溶液作用时, 硫酸铁即被还原至硫酸亚铁, 同时有硫沉出, 此外还有硫酸铜和硫酸生成。



[59] $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$

硫酸铁与 (25~28)% 硫酸和水在 25°C 作用时, 即有稳定的固相物(伴有十个结晶水)形成(a); 如果硫酸浓度超过 28%, 则有酸式盐形成(b)。



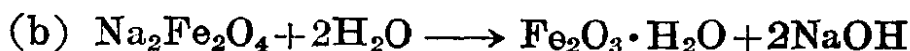
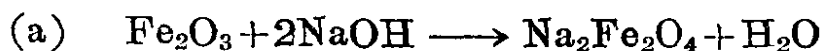
【60】 HSCN

氢氧化铁与硫氰酸加热至 100°C 时,即有下列反应发生。



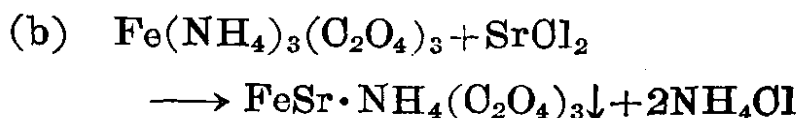
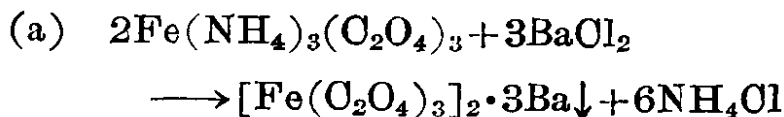
【61】 NaOH

当将已加热至 1000°C 的氧化铁加至过量的 80% 苛性钠溶液中,然后将此混合溶液保持在沸腾温度,数小时后,则有大量的氧化铁将进入溶液中(a)。冷却并稀释后,即有水合氧化铁形成(b)。



【62】 BaCl₂、SrCl₂

当草酸铁铵溶液与氯化钡溶液反应后,即有黄色针状物草酸铁钡形成。氯化锶亦有同样反应发生。



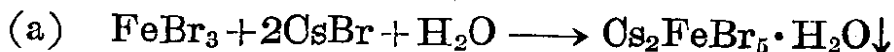
【63】 CsBr、NH₄Br

当溴化铁溶液与溴化铯溶液反应后,即生成深蓝色的结晶物。溴化铵亦有类似反应发生。



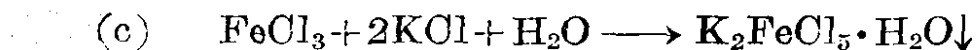
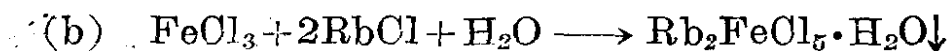
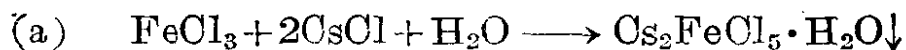
【64】 CsBr、RbBr

当溴化铁溶液与溴化铯溶液反应后,即生成如下所示的深蓝色结晶物。溴化铷亦有类似反应发生。



[65] CsCl、RbCl、KCl、NH₄Cl

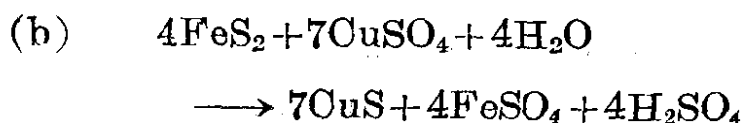
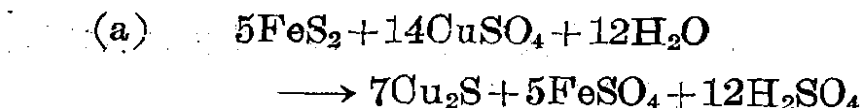
当氯化铁溶液与氯化铯溶液发生反应后, 即有红色结晶形成(a)。氯化铷、氯化钾或氯化铵亦有类似反应发生(b)~(d)。

**[66] CuCl**

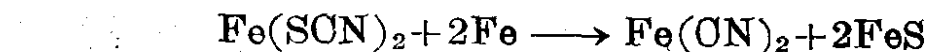
氯化铁遇氯化亚铜即被还原为亚铁状态。

**[67] CuSO₄**

当二硫化铁与硫酸铜溶液在隔绝空气下加热反应后, 即有铜的硫化物、硫酸亚铁和硫酸形成。

**[68] Fe(SCN)₂**

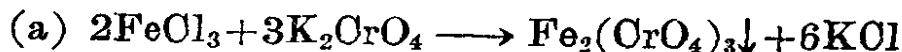
硫氰酸亚铁在压热器中于压力下, 与还原铁共加热时, 即转化为氰化亚铁, 与此同时, 又有硫化亚铁生成。

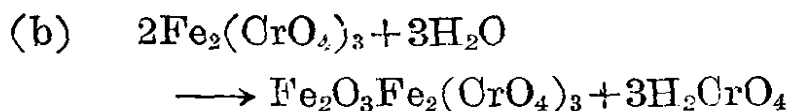
**[69] KCN**

在置有氰化钾溶液的电解池中, 以铁作为电极, 当改变电流时, 即能使铁溶解而生成亚铁氰化钾。

**[70] K₂CrO₄**

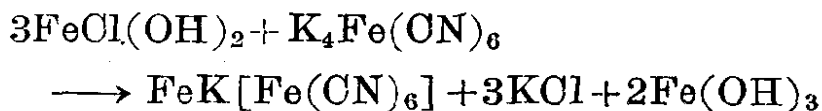
氯化铁与铬酸钾的溶液混合后, 即有铬酸铁形成(a), 后者甚易水解为碱式铬酸铁(b)。





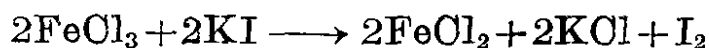
【71】 $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$

在普通情况下，稀的黄色亚铁氰化钾溶液与二羟氯化铁作用时，即有蓝色溶液生成，此色的生成是由于铁的关系，其反应式如下：

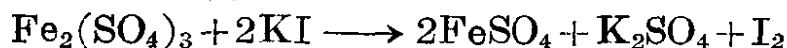


【72】 KI

(1) 氯化铁遇碘化钾即被还原为氯化亚铁，并有碘及氯化钾生成。

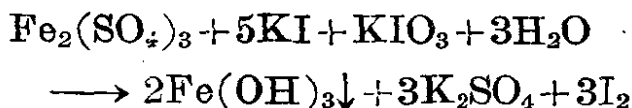


(2) 当硫酸铁与碘化钾的溶液共加热时，前者即被还原，其反应如下：



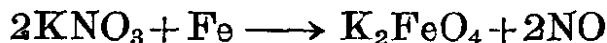
【73】 $\text{KIO}_3 + \text{KI}$

当硫酸铁溶液与碘化钾和碘酸钾的混合物在氢气流中共煮沸时，即有氢氧化铁形成。



【74】 KNO_3

将硝石与铁一起灼烧时，即形成硬块，再将其放入水中，则生成含有高铁酸钾的紫色溶液。



【75】 KHSO_4

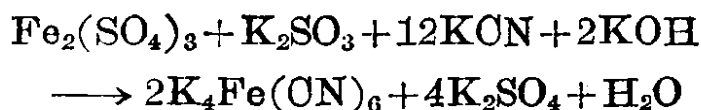
铁屑易溶于熔融的硫酸氢钾中，结果有硫酸铁、硫酸钾、水和二氧化硫生成。



【76】 $\text{K}_2\text{SO}_3 + \text{KCN}$

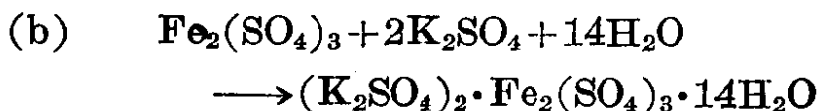
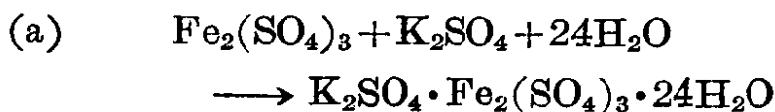
铁盐在碱性柠檬酸盐溶液中，于氰化物参加下，可被亚硫酸盐

还原为亚铁氰化物。



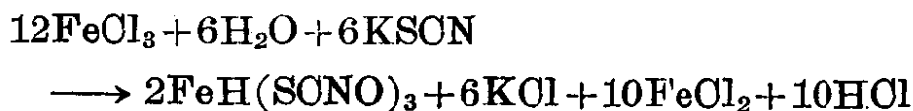
【77】 K_2SO_4

在 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 体系中, 钾铁矾的各种浓度的溶液在温度 16°C 以下, 都是很稳定的。当温度在 16°C 以上时, 复盐 $(\text{K}_2\text{SO}_4)_2 \cdot \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$ 在任何浓度的情况下均甚稳定, 但当温度太高或太低, 则其稳定度即受影响。



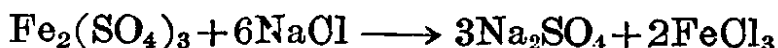
【78】 $\text{KSCN} + \text{H}_2\text{O}$

将硫氰酸钾的水溶液徐徐加至氯化铁中(在普通情况下), 即有下列反应发生。



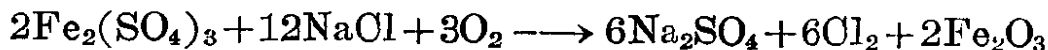
【79】 NaCl

硫酸铁与氯化钠共加热时, 即有硫酸钠和氯化铁形成。



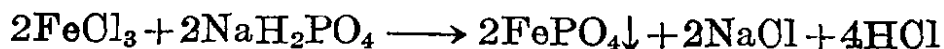
【80】 $\text{NaCl} + \text{O}_2$

硫酸铁和氯化钠的混合物在 500°C 以上加热时(有过量的空气参加), 即有硫酸钠、氯和氧化铁生存。

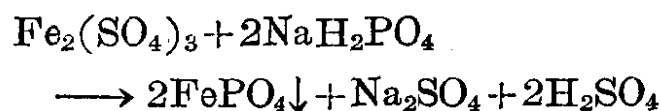


【81】 NaH_2PO_4

(1) 当氯化铁溶液与磷酸二氢钠作用时, 即有磷酸铁沉淀形成。



(2) 当硫酸铁溶液与磷酸二氢钠溶液混合时, 即有磷酸铁、硫酸钠及硫酸形成。



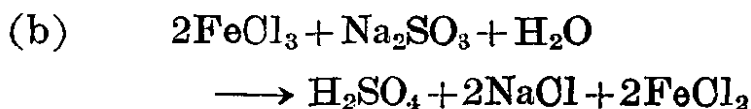
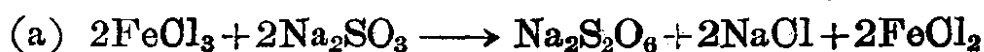
【82】 NaPO_3

偏磷酸亚铁或偏磷酸铁溶解于偏磷酸钠后, 即分别形成偏磷酸亚铁钠和偏磷酸铁钠。



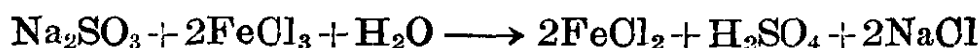
【83】 Na_2SO_3

当铁盐与碱金属的亚硫酸盐作用时, 即有二个反应同时发生。



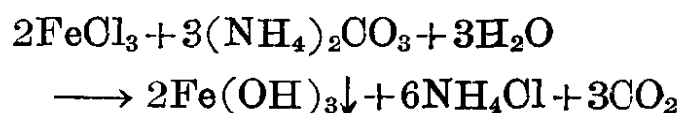
【84】 $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{HCl}$

铁盐在用盐酸酸化的溶液中, 可被亚硫酸钠还原。



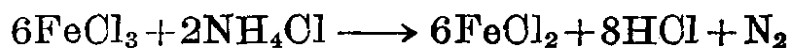
【85】 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$

将碳酸铵溶液加至氯化铁溶液中 (二种溶液均按摩尔每升配制), 直至所生成的沉淀恰好溶解为止, 则可得氢氧化铁溶液。



【86】 NH_4Cl

氯化铁与氯化铵在封闭管中于高温下作用时, 即有氯化亚铁形成。



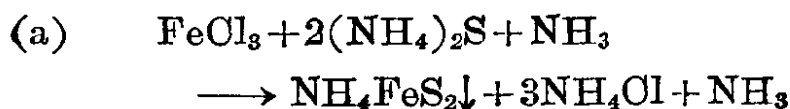
【87】 NH_4I

氧化铁与碘化铵在 400°C 加热时, 其发生之反应如下:



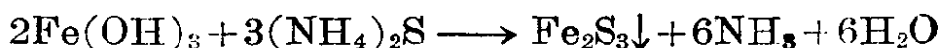
【88】 $(\text{NH}_4)_2\text{S} + \text{NH}_3$

氯化铁与硫化铵作用时, 倘有氨参加, 则将有黑色硫代铁酸铵沉淀生成。这个沉淀不太稳定。



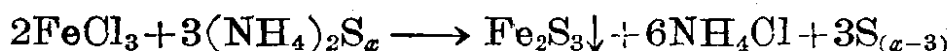
【89】 $(\text{NH}_4)_2\text{S}$

氢氧化铁遇硫化铵即变为硫化铁。



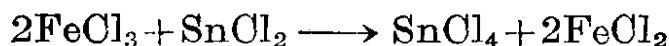
【90】 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_x$

当含有游离氯或次氯酸钠的氯化铁溶液与多硫化铵作用时, 即有硫化铁形成。



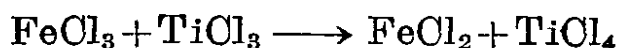
【91】 SnCl_2

氯化铁与氯化亚锡水溶液相互作用时 (温度增加可促进其反应的速率), 即有氯化锡和氯化亚铁形成。在这个反应中可用硫氰酸钾作为指示剂。



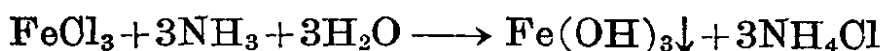
【92】 TiCl_3

在二氧化碳气流下, 氯化铁与三氯化钛反应后, 即形成氯化亚铁和四氯化钛。

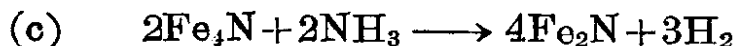


【93】 NH_3

(1) 氯化铁的水溶液遇氨即被沉淀为氢氧化铁。

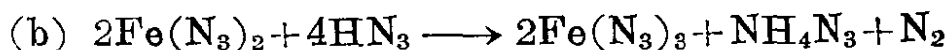


(2) 当氨和氢的混合气体, 通过于 $400 \sim 525^\circ\text{C}$ 加热的细碎铁后, 即有多种铁的氮化合物生成。



【94】 HN_3

将金属铁溶解于含水的叠氮酸中, 先生成叠氮化亚铁, 接着再与过量的叠氮酸加热反应, 则又氧化成叠氮化铁。

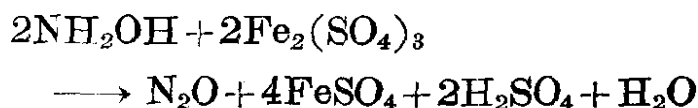


[95] NH_2OH

(1) 氯化铁溶液与羟胺加热至 $80 \sim 90^\circ\text{C}$ 时,前者即被还原至氯化亚铁。

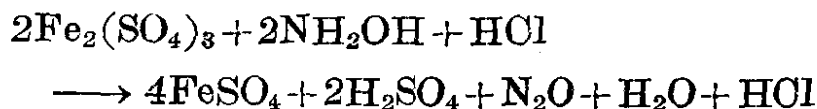


(2) 羟胺在酸性溶液中可被过量的硫酸铁氧化。



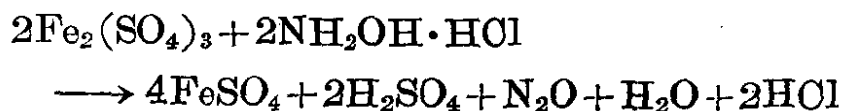
[96] $\text{NH}_2\text{OH} + \text{HCl}$

当羟胺与硫酸铁和盐酸共加热时,则有硫酸亚铁、硫酸、一氧化二氮、水及盐酸形成。



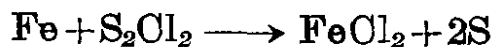
[97] $\text{NH}_2\text{OH} \cdot \text{HCl}$

硫酸铁在溶液中可被盐酸羟胺还原(温度为 $80 \sim 90^\circ\text{C}$)。

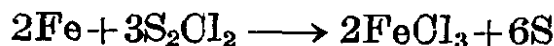


[98] S_2Cl_2

(1) 当铁与一氯化硫发生剧烈反应后,即有氯化亚铁和硫生成。



(2) 铁与煮沸的一氯化硫反应,即缓慢地转化为氯化铁。



(3) 当白铁矿与一氯化硫经加热后,即完全分解为氯化铁和硫。



[99] SOCl_2

(1) 当氧化铁与亚硫酰(二)氯于封闭的试管中在 150°C 加热时,即有氯化铁形成。



(2) 当过量的铁与亚硫酰(二)氯置于封闭管中, 加热至150°C时, 即有氯化亚铁、硫化亚铁和二氧化硫形成。

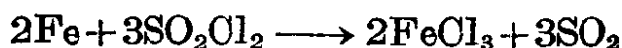


(3) 当大大过量的亚硫酰(二)氯与铁置于封闭管中, 加热至150°C时, 即有无水氯化铁生成。



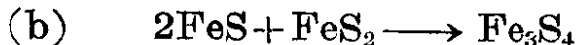
【100】 SO_2Cl_2

当铁粉与磺酰氯置于封闭管中, 于160°C长时间反应后, 即有氯化铁和二氧化硫生成。



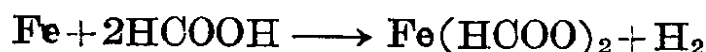
【101】 加热

黄铁矿在氮气流中于700°C加热后, 即分解为磁黄铁矿(Fe_3S_4)。

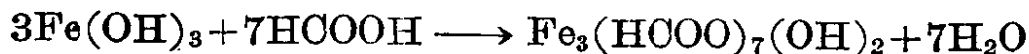


【102】 HCOOH

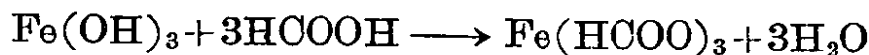
(1) 将铁溶解于煮沸的甲酸中, 经冷却后, 即有甲酸亚铁析出。



(2) 将糊状的氢氧化铁与等体积的甲酸混合后, 再予以振摇至完全溶解, 即形成碱式甲酸铁。



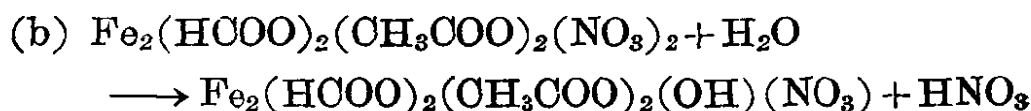
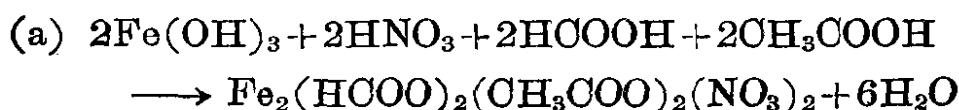
(3) 氢氧化铁溶解于甲酸后, 即有黄色细小的棱形结晶甲酸铁形成。



【103】 $\text{HCOOH} + \text{CH}_3\text{COOH} + \text{HNO}_3$

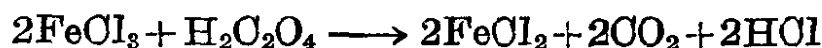
将甲酸、乙酸和硝酸的混合物与氢氧化铁反应后, 即有含二个硝酸根、二个甲酸根和二个乙酸根的铁盐形成(a)。溶液经浓缩后, 即得到一个新的铁盐(即上述铁盐中的二个硝酸根有一个被氢

氧基代替)(b)。



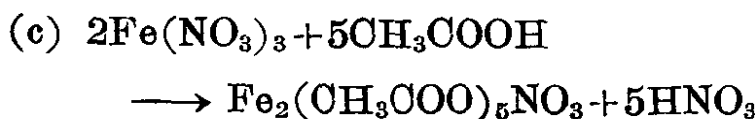
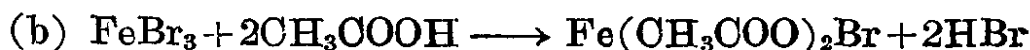
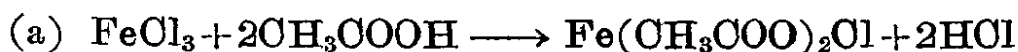
[104] $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$

在草酸存在的情况下,氯化铁对光发生敏感,产生吸热反应并生成氯化亚铁、二氧化碳及盐酸。



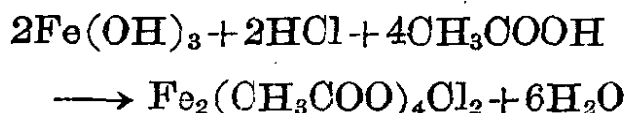
[105] CH_3COOH

氯化铁与乙酸配制成浓溶液时,即有氯化二乙酸铁形成。溴化铁及硝酸铁在同样情况下,亦有相似的化合物形成。



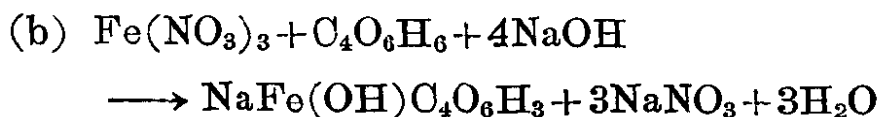
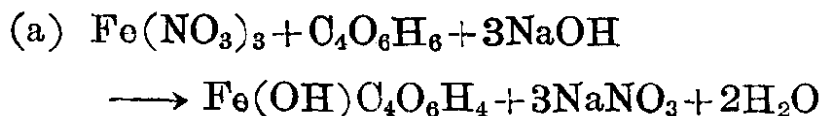
[106] $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{HCl}$

氢氧化铁经乙酸和盐酸处理后,即有二氯化四乙酸铁生成。

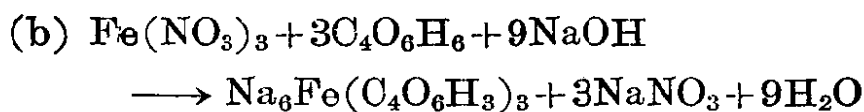
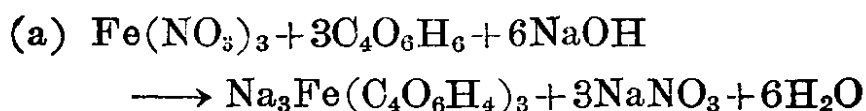


[107] $\text{C}_4\text{O}_6\text{H}_6 + \text{NaOH}$

(1) 当等摩的硝酸铁和酒石酸的混合溶液,用氢氧化钠中和时,即有下列二个络合物生成。

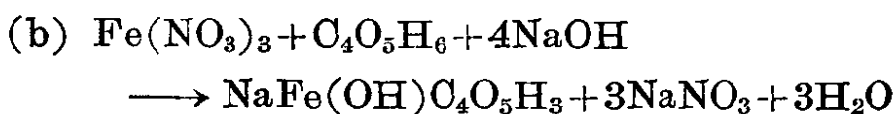
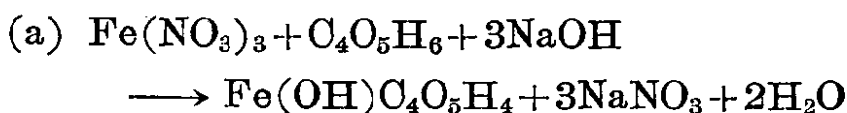


(2) 当1摩硝酸铁与3摩酒石酸的混合液用氢氧化钠中和时,则有下列二个络合物形成。



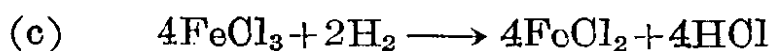
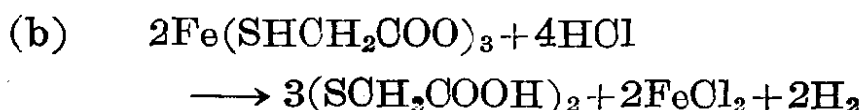
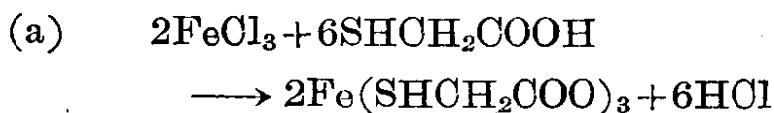
【108】 $\text{C}_4\text{O}_5\text{H}_6 + \text{NaOH}$

当硝酸铁与苹果酸的混合溶液,经氢氧化钠中和后,即有二个旋光性络合物形成。



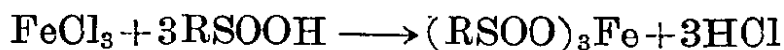
【109】 $\text{SHCH}_2\text{COOH} + \text{HCl}$

氯化铁与巯基乙酸在很稀的盐酸中反应后,形成极不稳定的兰色化学物巯基乙酸铁(a),后者与过量的盐酸继续作用,即有亚二巯基二乙酸、氯化亚铁和氢气形成(b),其中氢气又将氯化铁还原为氯化亚铁(c),因此反应的最终产物是亚二巯基二乙酸和氯化亚铁。



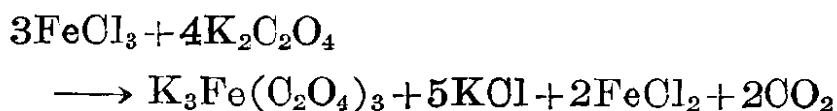
【110】 RSOOH

亚磺酸与稀盐酸酸化的铁盐反应后,即形成桔黄色的亚磺酸铁。

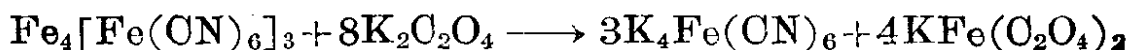


【111】 $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$

(1) 氯化铁与草酸钾的浓溶液共加热时,即有草酸铁钾生成。



(2) 普鲁士蓝与草酸钾作用时, 即形成亚铁氰化钾和草酸铁钾。



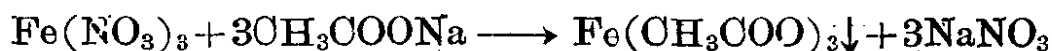
【112】 HCOONa

当氯化铁与大大过量的甲酸钠反应后, 即有六甲酸铁钠形成。



【113】 CH_3COONa

铁盐的酸溶液经乙酸钠处理后, 即有乙酸铁沉出。

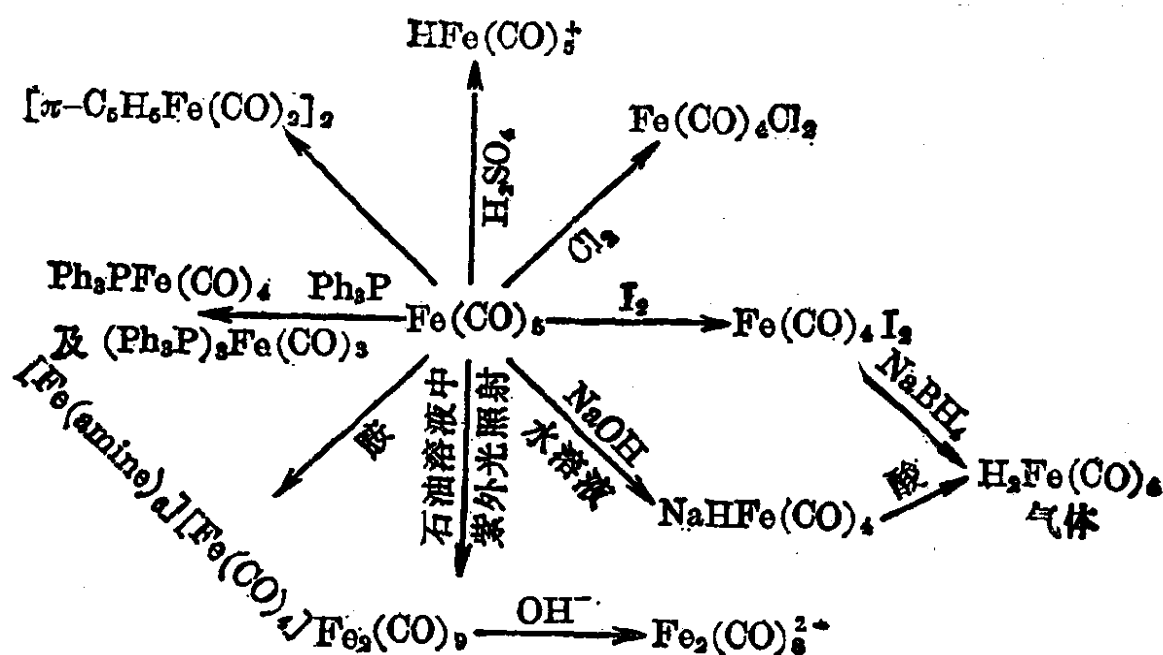


【114】 $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}$

当氯化铁的乙醚溶液置于封闭管中, 于 $140 \sim 150^\circ\text{C}$ 长时间加热后, 即发生下列反应。

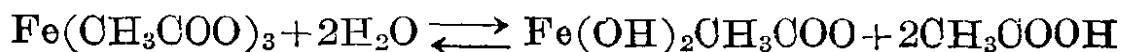


【115】 $\text{Fe}(\text{CO})_5$ 的重要反应

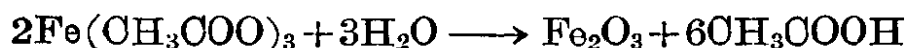


【116】 加热

(1) 当乙酸铁溶液于中等温度(例如 44°C)加热后, 即形成碱式乙酸铁。该反应为可逆反应。



(2) 将乙酸铁的水溶液加热至 170°C 时, 即有氧化铁生成。



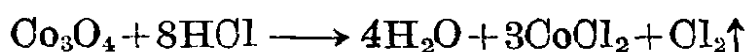
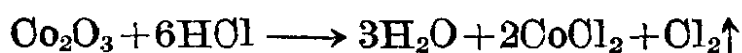
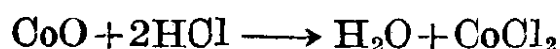
钴 Co

钴在自然界中并不普遍, 通常以与砷结合的化合物而存在。最重要的钴矿是砷钴矿 (CoAs_2) 和辉砷钴矿 (CoAsS)。

钴是硬而有延性的金属, 有与铁相似的光泽。密度 8.9 克/厘米³, 在 1495°C 时熔化。与铁一样亦有磁性。水和空气对钴不起作用。在稀酸中钴较铁难溶解, 但较镍易于溶解。

钴与铁相似, 亦有三种氧化物: 氧化钴 (CoO)、三氧化二钴 (Co_2O_3) 及四氧化三钴 (Co_3O_4 或 $\text{CoO} \cdot \text{Co}_2\text{O}_3$)。

上述三种氧化物溶解于酸后, 则常获得由 CoO 衍生而含有二价钴的钴盐。

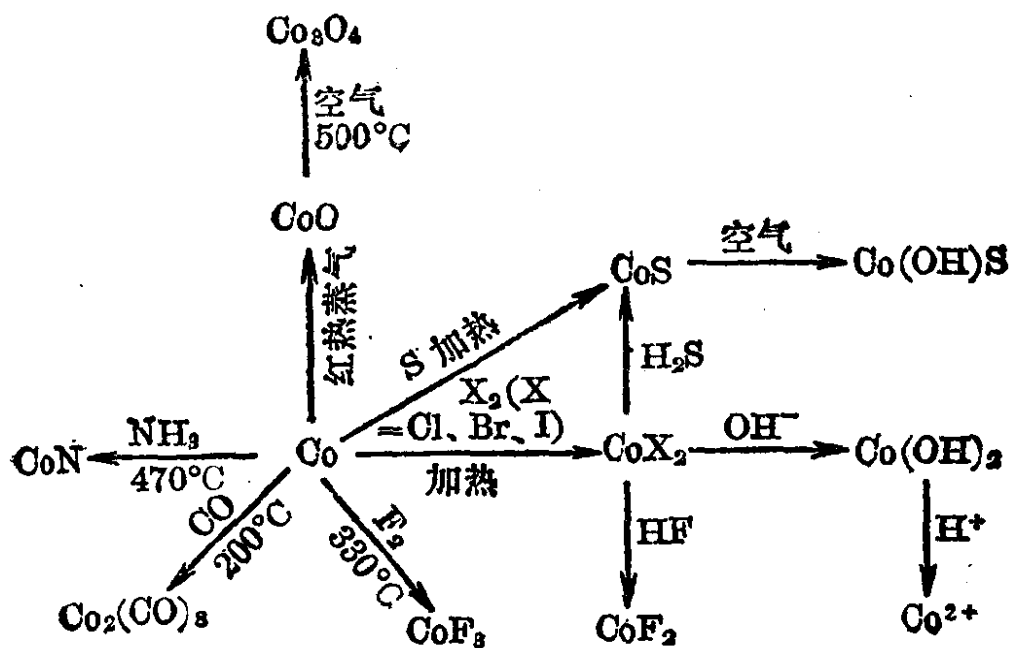


氧化钴和三氧化二钴都有其相对应的碱性水合物氢氧化钴 [$\text{Co}(\text{OH})_2$] 及氢氧化高钴 [$\text{Co}(\text{OH})_3$]。这二种水合物都能生成盐, 但三价的钴盐不稳定, 容易分解而变成二价的钴盐。虽然单纯的三价钴盐很少见到, 但却有许多三价钴的络合物, 例如亚硝高钴酸钾 (Potassium cobaltinitrite)、氰高钴酸钾 (Potassium cobalticyanide) 以及许多氨合高钴 (Cobaltammines) 等。

二价的钴盐在无水状态时, 通常是蓝色、黄色或绿色, 在结晶状态 (或在水溶液中) 是淡红色, 但伴有盐酸的水溶液则呈蓝色反应。

二价钴盐的溶解反应与锰和镍盐相似。

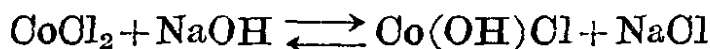
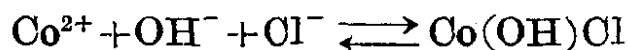
钴的主要化学反应提要:



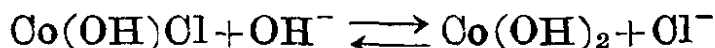
钴离子的反应

【1】 碱金属的氢氧化物

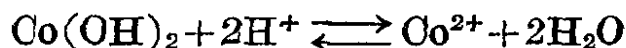
碱金属的氢氧化物与钴盐的冷溶液生成蓝色碱式盐的沉淀。



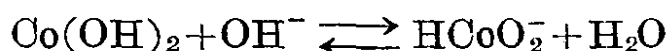
这个沉淀倘在过量碱金属的氢氧化物参加下加热，即转变为粉红色氢氧化钴。



氢氧化钴易溶于酸，形成钴离子(Co^{2+})：



氢氧化钴亦微溶于碱金属的氢氧化物之浓溶液，并可能形成钴酸根离子：

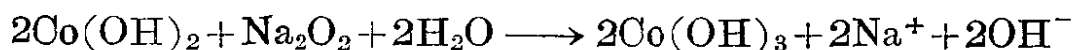
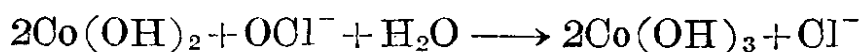


这个反应表示 $\text{Co}(\text{OH})_2$ 亦为轻微的两性化合物。

在碱性溶液中，氢氧化钴易被卤素、次氯酸盐、过氧化氢及过氧化钠等氧化为氢氧化高钴 $[\text{Co}(\text{OH})_3]$ 。



氢氧化钴亦能被过氧化氢、过氧化钠及次氯酸盐所氧化, 在所有这些反应中必须有水参与:



氢氧化钴亦能被空气中的氧徐徐氧化, 其情况与氢氧化亚铁相同, 但反应却十分缓慢。溶液持久煮沸, 亦有相似的情况:

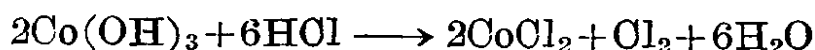


酒石酸盐、柠檬酸盐、甘油、蔗糖及其他羟基有机化合物能防止氢氧化钴的沉淀, 这种情况正象它们能防止氢氧化铝和氢氧化铬的沉淀一样。

氢氧化钴易溶于铵盐的浓溶液(由于形成络盐), 因此碱金属氢氧化物的溶液, 既不能从钴盐的氨性溶液, 亦不能从含有柠檬酸盐或酒石酸盐的钴盐溶液中沉淀氢氧化钴。

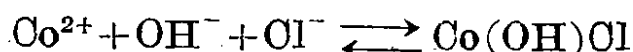
氢氧化钴微溶于过量的浓氢氧化钠溶液, 但氢氧化高钴则不溶。

$\text{Co}(\text{OH})_3$ 可从盐酸中置换出氯。



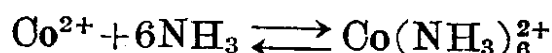
【2】 氢氧化铵

氢氧化铵在没有铵盐的情况下遇钴盐后, 即生成蓝色碱式盐的沉淀。

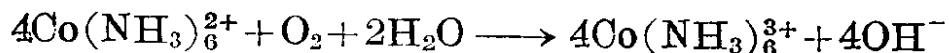


此沉淀易溶解于过量的沉淀剂和铵盐溶液中。

当有铵盐存在时, 则将抑制氢氧化铵的电离, 即抑制至不能达到氢氧化钴的溶度积, 结果溶液因形成 $\text{Co}(\text{NH}_3)_6^{2+}$ 络离子而变为黄色。



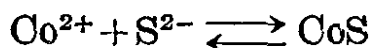
这个溶液受到空气中的氧(特别加入 H_2O_2)后, 即通过钴离子氧化为高钴离子而使溶液迅速转为淡红棕色。



这是一个有趣的情况, 即络离子比单纯的钴离子易于被氧化。

【3】 碱金属和铵的硫化物

碱金属和铵的硫化物与中性或碱性钴盐溶液生成黑色无定形硫化钴沉淀。



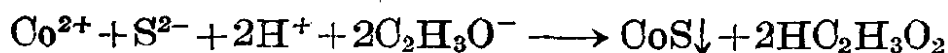
这个沉淀不溶于碱金属的氢氧化物、硫化物及乙酸和极稀的盐酸中,但徐溶于稀硝酸,易溶于王水及浓硝酸。这种溶解是由于 S^{2-} 离子的氧化(且有硫析出)而完成:



反应中生成的硫,如继续与浓硝酸作用,则将形成硫酸而进入溶液。

【4】 硫化氢

在钴盐的酸性溶液中,硫化氢并不能使之生成沉淀。在内强酸制成的钴盐中性溶液中,硫化氢能使之生成小量的沉淀。在乙酸钴溶液中或在加有过量碱金属乙酸盐的钴盐溶液中遇硫化氢后,则所有的钴即呈硫化钴沉出。



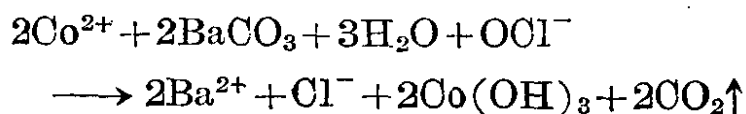
这个乙酸根离子使 H^+ 离子浓度保持相当低的程度,因而硫化钴可能被完全沉出。

【5】 碱金属和铵的碳酸盐

碱金属和铵的碳酸盐与钴盐溶液生成不定组成的粉红色碱式碳酸钴沉淀,这个沉淀溶解于过量的碳酸铵,形成 $\text{Co}(\text{NH}_3)_6^{2+}$ 络离子。

【6】 碳酸钡

碳酸钡在冷而无空气的情况下与钴盐溶液并无沉淀反应发生,但暴露在空气中,则有氢氧化高钴徐徐析出。在反应时,倘有次氯酸盐或过氧化氢加入,则将迅速发生沉淀:



倘溶液加热至沸腾,则所有钴盐均沉淀为碱式盐(即使不与空气接

触)。

【7】 硫代乙酸铵

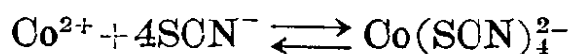
硫代乙酸铵在氨性溶液中遇钴盐,生成硫化钴沉淀。

【8】 硫代硫酸钠

硫代硫酸钠在酸性溶液中与钴盐不发生反应,在中性溶液中,则有硫化钴的不完全的沉淀生成。

【9】 硫氰酸铵

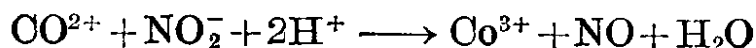
硫氰酸铵的饱和醇溶液与钴盐溶液生成深蓝色溶液(由于形成钴硫氰酸根络离子之故)。



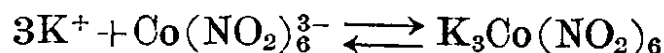
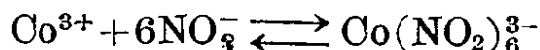
这个络离子并不十分稳定,因为当溶液被稀释时,其反应即逆向进行,而溶液将因粉红色钴离子的关系而变为粉红色。如果另外再加硫氰酸铵,则将又恢复其络离子的蓝色。这个反应对钴非常灵敏,且在锰、铁和镍存在下(倘加入足量的氟化物或酒石酸离子,则可络合铁),反应仍非常特殊。这个反应,倘加入戊醇和醚的混合液共振摇时(在加入硫氰酸铵之后),则将更为灵敏。这个蓝色不离解的化合物较易溶于上述混合液(与水比较),故它被集中在有机溶剂中。

【10】 亚硝酸钾

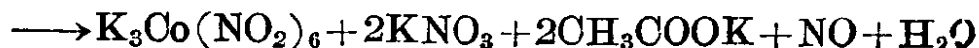
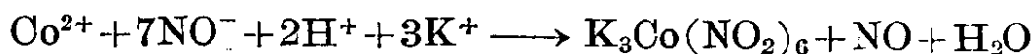
亚硝酸钾与已被乙酸酸化的钴盐浓溶液作用,可立即生成黄色亚硝高钴酸钾的结晶沉淀。在稀溶液中,经放置数小时后,才有沉淀出现,但经振摇后,则沉淀较快。钴离子首先被氧化为高钴离子,然后形成亚硝高钴酸根离子。



于是:

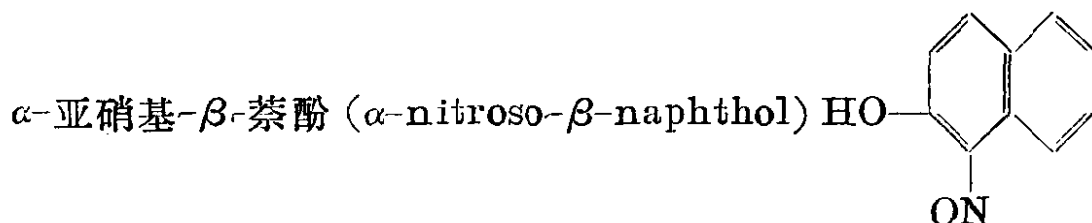


将上列方程式加起来:

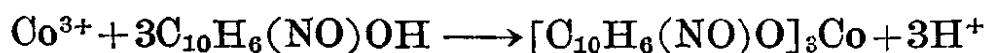


当加入钾离子(以 KCl 的形式加入)时,即因同离子效应之故,而减少该化合物的溶解度,故使沉淀更近乎完全。在这个反应中镍并无反应发生,因此常被用来分离这二个元素。

【11】 α -亚硝基- β -萘酚



与经过稀盐酸或稀乙酸酸化后的钴盐溶液生成淡红紫色的亚硝基- β -萘酚钴沉淀。显然钴离子被氧化为高钴离子,然后再和亚硝基- β -萘酚作用:



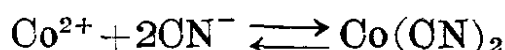
这个试验即使有普通量的镍存在时,对钴来说仍为一特殊的试验。亚硝基- β -萘酚在试验时,必须新鲜配制,因久暴于空气中后,即渐起分解,其色则由黄而棕甚至变黑。

试剂: 1% 于 50% 乙酸或乙醇或丙酮中。

这个反应,倘有 Fe^{2+} 或 Fe^{3+} 、Ni 和铀酰(双氧铀)盐存在时,亦有沉淀生成。镍络离子溶于稀盐酸; Fe^{3+} 离子可加氟化钠而使之变为无害; 铀酰(双氧铀)离子可借磷酸铵溶液的作用使成磷酸氢双氧铀(Uranyl phosphate)而除去之。铜、汞和钼以及许多其他金属都能干扰这个反应,不过这个反应在分离锰和锌后的第三族副族中(指一般分析化学的阳离子第三族),仍可用为钴的确证试验。

【12】 碱金属的氰化物

碱金属的氰化物与钴盐的中性溶液作用时,生成氰化钴棕色沉淀:

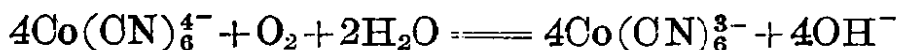


这个沉淀易溶于过量的试剂,形成棕色氰钴酸根 (Cobalto-anide) 络离子:

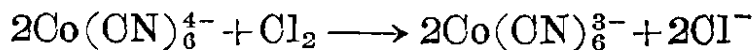


假定将这个棕色溶液加热,并再不断予以振摇若干时间,则即变为

碱性并呈黄色,这是由于氰钴酸根络离子被空气中的氧氧化所致:

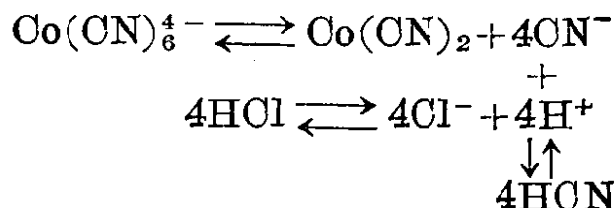


这个反应如果应用强氧化剂如过氧化氢、卤素或次氯酸盐等,则反应将更加速:



在这方面钴离子的反应与铁的反应相似,但与镍则不同。

氰钴酸根络离子的稳定度不及氰高钴酸根络离子为大。它会被强酸分解,而形成普通的氰化钴及氢氰酸。

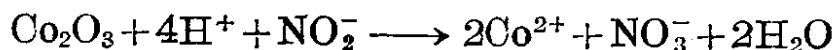
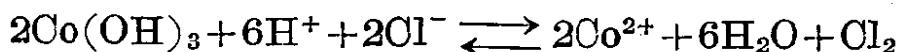


氰高钴酸根络离子的稳定度大至不能被强酸所分解。游离酸 $\text{H}_3\text{Co}(\text{CN})_6$ 有时可能被分离而沉淀。氰高钴酸根络离子并不离解至足以被氧化剂如卤素等分解。氰高钴酸盐溶液与酸无沉淀发生(与镍不同), 同样与硫化铵亦不发生沉淀。

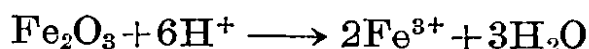
【13】 氧化

Co^{2+} 离子能被氧化为 Co^{3+} 离子, 且每次 Co^{3+} 离子立刻转变为络离子或不溶解的化合物。这个性质与铁化合物的性质完全不同。

通常在溶解某一不溶解的钴(Co^{3+})化合物时(好象溶解铁化合物一样),往往并不生成一个单纯 Co^{3+} 离子。这里有二个原因:(1)这个化合物不溶解于没有还原性的酸类;(2)如果应用缓和的还原剂,则这个化合物将进入溶液而成钴(Co^{+2})离子。



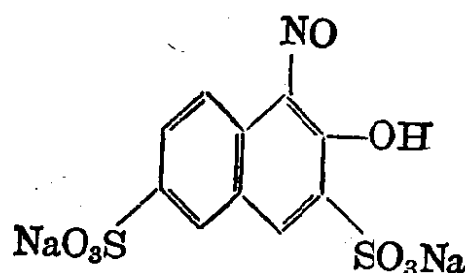
这是十分不同于氧化铁的相应反应.



显然这个单纯的 Co^{3+} 离子在溶液中不能生存，因为现在知道，没有一个反应，能通过溶解某些不溶解的高钴化合物或氧化

Co^{2+} 离子，而产生 Co^{3+} 离子。在甚易产生 Fe^{3+} 离子之氧化剂中，却没有一种能在酸性溶液中氧化 Co^{2+} 离子为 Co^{3+} 离子。这些都证明 Co^{3+} 离子较 Fe^{3+} 离子更易还原，而且 Co^{2+} 离子亦较 Fe^{2+} 离子更难于被氧化。与亚铁盐的反应相反，钴盐在中性或微酸性溶液中没有氧化倾向。

【14】 试钴铁灵 (Sodium 1-nitroso-2-hydroxynaphthalene-3, 6-di-sulphonate) (Nitroso-R-salt)

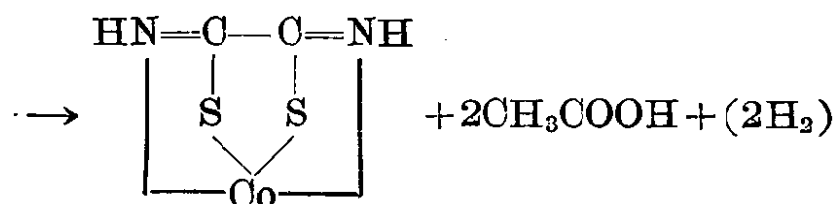
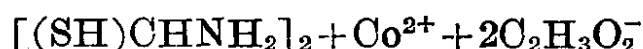


本试剂遇钴盐即成深红色。这个反应如有镍存在，仍可进行试验，但倘有锡和铁存在，则势必受到妨碍，故事先应予除去；如果因铁而产生颜色反应，则可加碱金属的氟化物而防止之。

极限浓度：1:500,000。试剂：1%（水溶液）。

【15】 二巯基乙二胺

二巯基乙二胺 (Hydrorubeanic acid) 在氨或大量碱金属的乙酸盐存在下，与钴离子形成淡黄棕色的沉淀。



镍和铜有干扰作用，当予除去。通常含钴量在 0.03 微克以上，即有反应发生。

【16】 铬酸钾

铬酸钾遇钴盐生成碱式铬酸钴 ($\text{CoCrO}_4 \cdot \text{CoO} \cdot \text{H}_2\text{O}$) 淡棕红色沉淀。沉淀溶于酸及氨水。

【17】 铁氰化钾

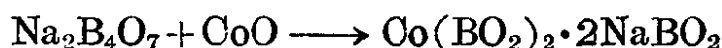
铁氰化钾(氰铁酸钾)与钴盐溶液生成氰铁酸钴 $[\text{Co}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2]$ 的淡棕红色沉淀,后者不溶于盐酸。倘有酒石酸或氯化铵和过量的氨加至单纯的钴盐溶液中,则有清净的溶液得到;一旦加入铁氰化钾时,则溶液即变为淡黄红色。这个灵敏的反应,可作为同时有镍存在时的钴的检定反应。

【18】 亚铁氰化钾

亚铁氰化钾(氰亚铁酸钾)与钴盐溶液可生成绿色亚铁氰酸钴 $[\text{Co}_2\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 沉淀,后者难溶于盐酸。

【19】 硼砂

当硼砂在白金丝圈上加热至其所有的水被驱走,则有玻璃状小珠形成。假定以小量的钴化物放在小珠上并予加热一个短时间(在氧化或还原火焰上加热),则在玻璃状小珠上呈现一种深蓝色,这是由于形成偏硼酸钴所致。



这个试验当有大量的镍化合物存在时,对于钴仍为一灵敏而特殊的反应。

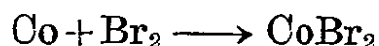
【20】 B

当钴和硼置于瓷管中混和,在氢气流下加热至 $1100 \sim 1200^\circ\text{C}$,即有下列几种硼化钴生成。

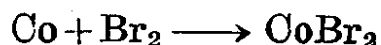


【21】 Br_2

(1) 将钴加热至暗红色并与溴蒸气反应,即生成绿色溴化钴。

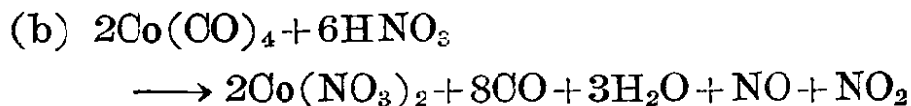


(2) 在常温和水的存在下,金属钴与溴作用,可形成溴化钴但该反应约需一周时间才能完成。



【22】 Br₂、HNO₃

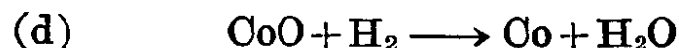
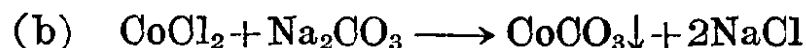
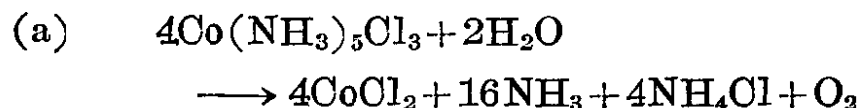
四羰基钴遇硝酸或溴即被分解。

**【23】 Cl₂**

将加热的钴粉置于氯气中, 并予燃烧, 即生成氯化钴。

**【24】 H₂ + Na₂CO₃ + 热**

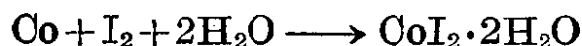
三氯化五氨合钴[Co(NH₃)₅Cl₃]在加热时即形成氯化钴。当加入碳酸钠溶液时, 则形成碳酸钴沉淀。碳酸钴被灼烧时, 即形成氧化钴。氧化钴可被氢还原为金属钴。

**【25】 I₂**

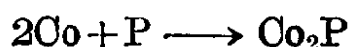
置于玻璃管中的钴粉和碘, 经加热反应后, 即形成灰绿色的碘化钴。

**【26】 I₂ + H₂O**

在水存在下, 金属钴与碘共加热, 即有橄榄绿色的二水合碘化钴形成。

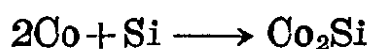
**【27】 P**

钴与磷在空气隔绝下加热反应, 即生成磷化二钴。

**【28】 Si**

将 90 份钴和 10 份硅置于石墨坩埚中, 并于电炉上加热, 即有

硅化二钴生成。



【29】 Te

在惰性气体中, 钴与碲结合, 即形成碲化钴。



【30】 H₂O

(1) 六氨合氯化钴在水解时即被分解, 形成氢氧化钴沉淀和氯化铵的上层清液。



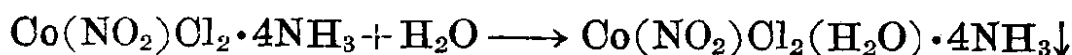
(2) 当绿色二水合碘化钴放在空气中经若干时间后, 即潮解为红色六水合碘化钴



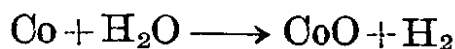
(3) (三)亚硝酸三氨合钴在中性(a)和酸性(b)溶液中, 于黑暗和光线下, 它的分解($\lambda = 366$ 纳米)情况如下。



(4) 将四氨合二氯化一硝基钴溶解于水后, 即有四氨合一水二氯化一硝基钴生成。

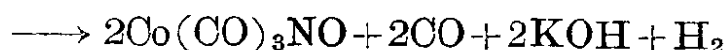
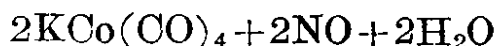


(5) 加热至发出辉光的钴, 能把水蒸气转化成氢气, 并有氧化钴生成。



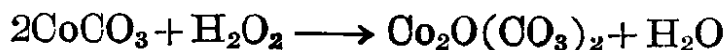
【31】 H₂O + NO

当一氧化氮加至四羰合钴钾中, 即有亚硝基三羰合钴形成。

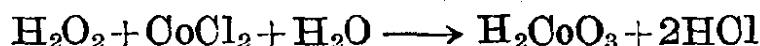


【32】 H₂O₂

(1) 碳酸钴与过氧化氢在碳酸氢钾的参加下, 发生下列反应。



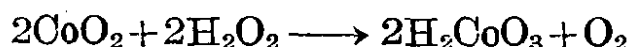
(2) 应用过氧化氢作用于氯化钴制造高钴酸时, 这个作用可能是一个平衡反应。



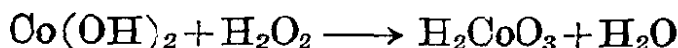
(3) 当氧化钴在碱金属的氢氧化物存在下被过氧化氢氧化时, 由于碱金属的氢氧化物能妨碍钴的较高氧化物的形成, 结果生成水合三氧化二钴。



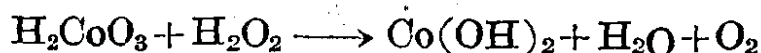
(4) 当二氧化钴与过氧化氢作用时, 即有高钴酸形成, 同时有游离氧放出。



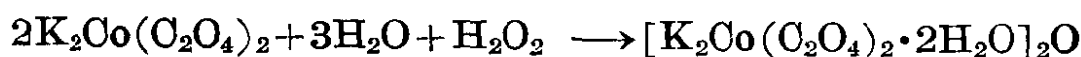
(5) 过氧化氢作用于氢氧化钴时, 即有高钴酸形成。



(6) 高钴酸可被过氧化氢还原为氢氧化钴。

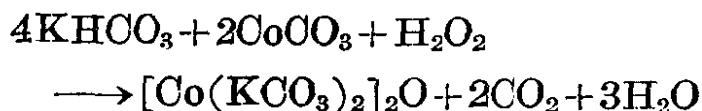


(7) 草酸钴钾与 20% 过氧化氢溶液作用时, 即有下列反应产物生成。



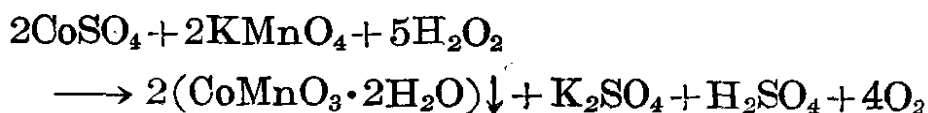
【33】 $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{KHCO}_3$

当碳酸钴与过氧化氢和碳酸氢钾作用时, 即有二氧化碳、水和碳酸钾钴的氧化物形成。



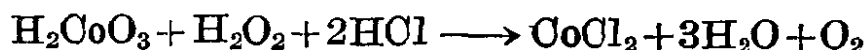
【34】 $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{KMnO}_4$

在含有 7 克硫酸钴和 4 克高锰酸钾的 200 毫升冷水中, 徐徐加入过氧化氢并予搅动, 即得下列产物。



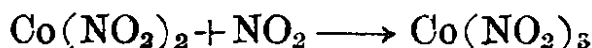
【35】 $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{HCl}$

高钴酸在盐酸的参加下可被过氧化氢还原。

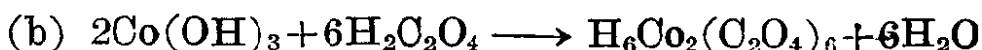
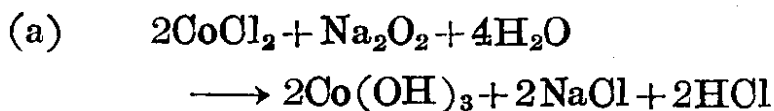


[36] NO₂

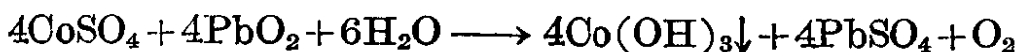
当亚硝酸钴与二氧化氮作用后, 即有亚硝酸高钴形成。

**[37] Na₂O₂ + H₂C₂O₄**

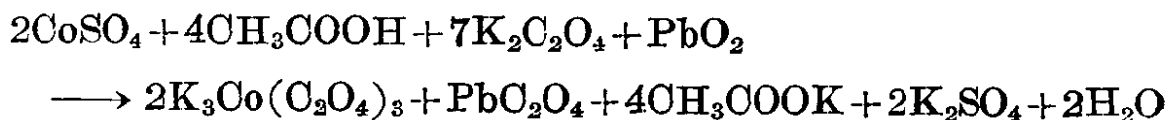
当钴盐溶液与微过量的过氧化钠作用后, 再与冷的饱和草酸溶液作用, 即生成草高钴酸。

**[38] PbO₂**

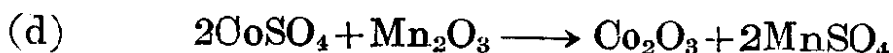
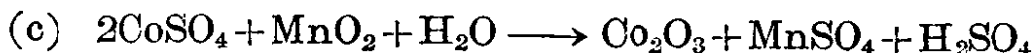
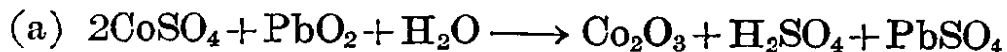
二氧化铅加至温热的硫酸钴中性溶液中, 即有氢氧化高钴沉淀形成。

**[39] PbO₂ + K₂C₂O₄ + CH₃COOH**

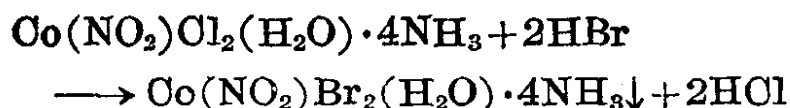
在草酸钾的弱酸性溶液中, 以二氧化铅氧化钴盐溶液时, 即生成草酸高钴钾。后者阴离子 $\text{Co}(\text{C}_2\text{O}_4)_3^{3-}$ 的吸收光谱为 605 纳米, 因而常利用这个反应测量钴。

**[40] PbO₂, MnO₂**

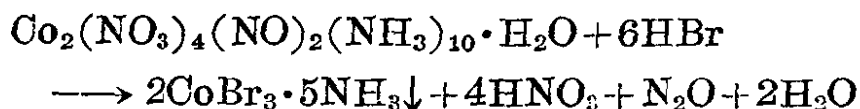
通常从硫酸钴溶液中分离出氧化高钴时, 一般都用铅或锰的二氧化物或二者的混合物, 共同煮沸而得。

**[41] HBr**

(1) 当四氨合一水二氯化一硝基钴的无水结晶与氢溴酸溶液作用时, 即有红色结晶形成。

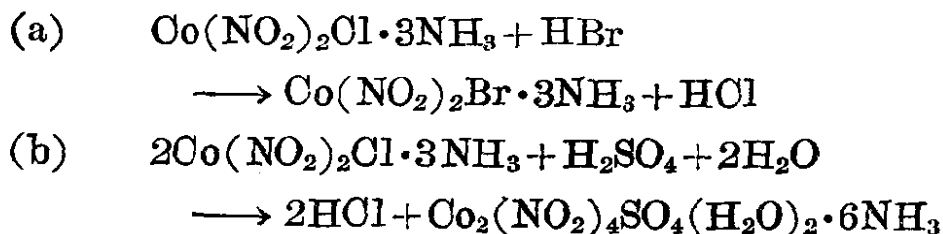


(2) 当红色半水合(二)硝酸一亚硝基五氨合钴的二聚合物 $[\text{Co}_2(\text{NO}_3)_4(\text{NO})_2(\text{NH}_3)_{10} \cdot \text{H}_2\text{O}]$ 溶解于浓的氢溴酸后, 放置一个短时间, 即有五氨合溴化高钴沉淀析出。



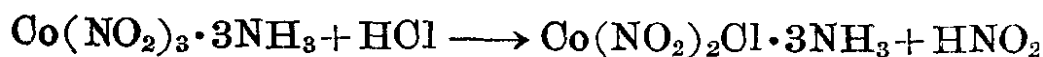
[42] HBr(H₂SO₄)

当三氨合一氯化二硝基钴溶液与氢溴酸作用时, 生成红色三氨合一溴化二硝基钴结晶。如与硫酸作用时, 亦有相同形式的反应发生, 结果形成黄色六氨合二水硫酸四硝基二钴结晶。

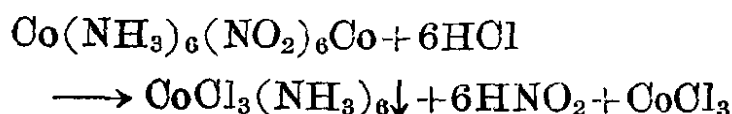


[43] HCl

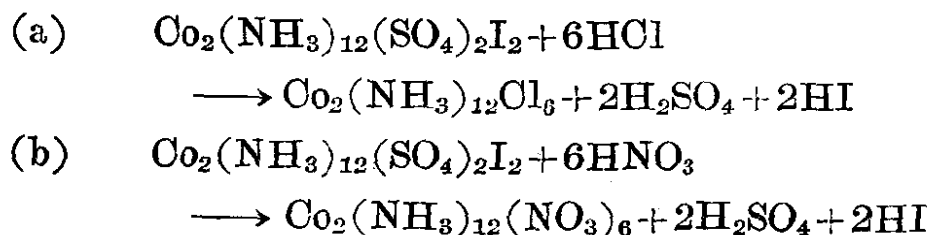
(1) 三氨合亚硝酸高钴溶液与浓盐酸作用后, 即生成红色三氨合一氯化二硝基钴结晶。



(2) 当黄色(六)亚硝酸六氨合二钴溶液与稀盐酸作用时, 即生成黄色沉淀。

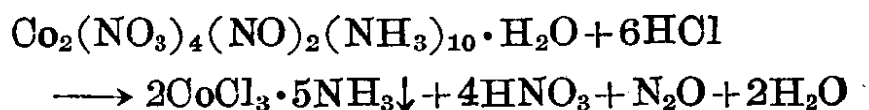


(3) 当黄色二碘化二硫酸十二氨合二钴溶解于盐酸(或硝酸)时, 即形成六氯化(或六硝酸)十二氨合二钴。

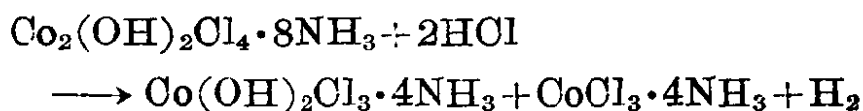


(4) 当红色半水合(二)硝酸一亚硝基五氨合钴的二聚合物

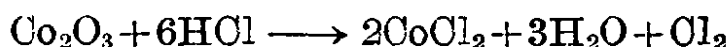
$[\text{Co}_2(\text{NO}_3)_4(\text{NO})_2(\text{NH}_3)_{10} \cdot \text{H}_2\text{O}]$ 溶解于浓盐酸并予放置一个短时间后, 即有五氨合氯化高钴沉淀形成。



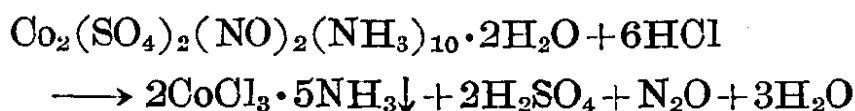
(5) 八氨合四氯化二羟(基)二钴与浓盐酸在低温时相互作用, 即有下列反应产生。



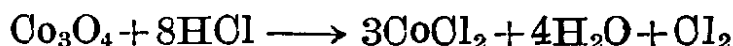
(6) 三氧化二钴与盐酸作用时, 即有氯放出。



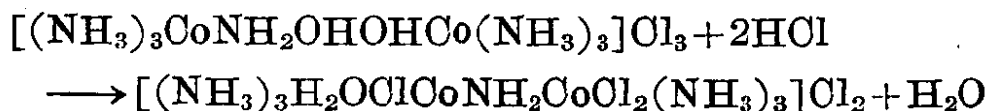
(7) 当一水合(一)硫酸一亚硝基五氨合钴的二聚合物 $[\text{Co}_2(\text{SO}_4)_2(\text{NO})_2(\text{NH}_3)_{10} \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$ 溶解于浓盐酸并放置一个短时期时, 即有五氨合氯化高钴沉淀形成。



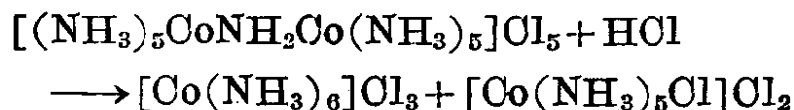
(8) 粗制的四氧化三钴与盐酸在水汀上加热, 并予摇动, 则即溶解而生成氯化钴。



(9) 当三氯化一氨基二羟(基)六氨合二钴与浓盐酸共加热时, 即有下列产物生成。



(10) 当五氯化一氨基十氨合二钴与硫酸和盐酸的混合溶液在水浴上消化时, 即有下列产物生成。



[44] HClO_4

(1) 碳酸钴与高氯酸作用后, 即放在硫酸上于真空状态下蒸发, 则得下列之反应产物。

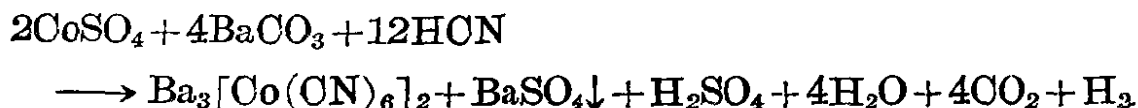


(2) 氢氧化钴与高氯酸作用后,即有下列之反应生成。



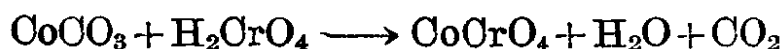
[45] HCN + BaCO₃

将 1 摩硫酸钴的溶液与 2 摩碳酸钡和过量的氢氰酸作用后,将其混合液过滤并予蒸发,则有下列产物生成。



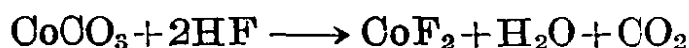
[46] H₂CrO₄

当碳酸钴与铬酸加热时,即形成铬酸钴。

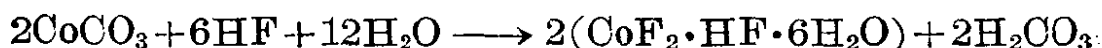


[47] HF

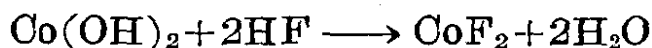
(1) 碳酸钴与氢氟酸作用时,即有氟化钴形成。



(2) 碳酸钴溶解于氢氟酸后,生成下列之反应产物。



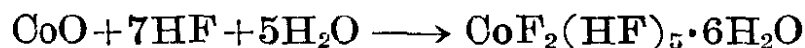
(3) 氢氧化钴与氢氟酸作用时,生成氟化钴。



(4) 当新鲜制成的氢氧化钴溶解于氢氟酸后,即得大型暗红色结晶。

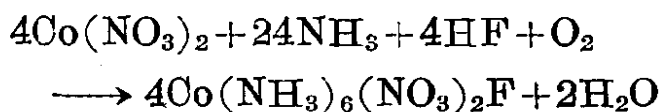


(5) 氧化钴的氢氟酸溶液于真空情况下在硫酸上蒸发,即有下列生成物形成。

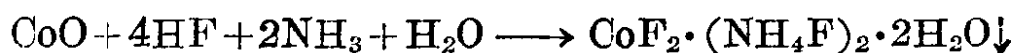


[48] HF + NH₃

(1) 硝酸钴的氢氟酸溶液被浓氨饱和后,在空气中放置 48 小时,即有黄色结晶形成。

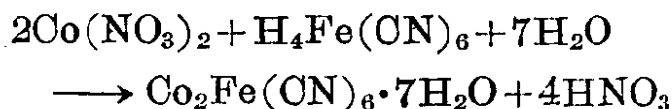


(2) 氧化钴的氢氟酸溶液被浓氨饱和后,在真空中放置四周,即得红色结晶。



【49】 $\text{H}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$

氰亚铁酸加至硝酸钴溶液中, 即有下列产物生成。



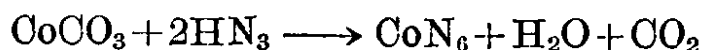
【50】 HIO_3

碳酸钴溶解于温热的碘酸中后, 即转变为碘酸钴。



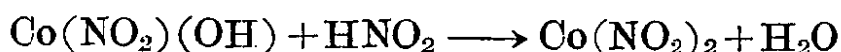
【51】 HN_3

当碳酸钴与叠氮酸反应, 即形成红棕色的粉末叠氮化钴。



【52】 HNO_2

氢氧化亚硝酸钴与亚硝酸作用时, 即有亚硝酸钴和水生成。

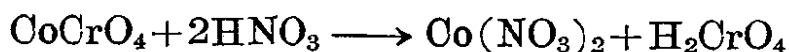


【53】 HNO_3

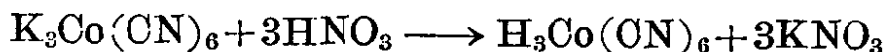
(1) 碳酸钴与稀硝酸作用时, 即有硝酸钴形成; 同时亦有二氧化碳和水生成。



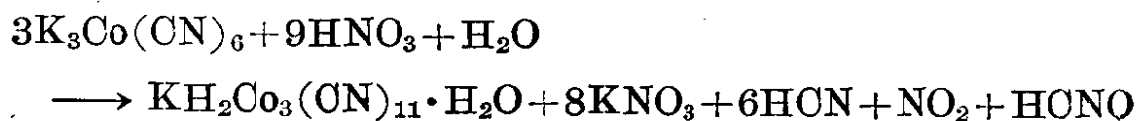
(2) 铬酸钴溶解于稀硝酸, 即有硝酸钴生成。



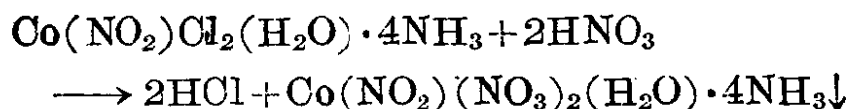
(3) 氰高钴酸钾溶液与过量的硝酸共蒸发后, 将其残渣用水提取, 即得下列产物。



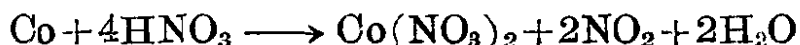
(4) 氰高钴酸钾的浓溶液与硝酸共煮沸后, 即有红色化合物获得。



(5) 当四氨合一水二氯化一硝基钴与稀硝酸作用时, 即生成黄色结晶。



(6) 钴与浓硝酸加热反应, 即有硝酸钴和二氧化氮生成。



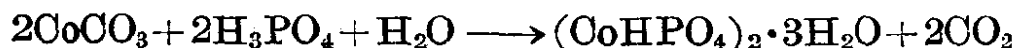
【54】 H_3PO_2

使新鲜制取的次磷酸溶液在冷时与氢氧化钴作用, 并将溶液放在真空中予以蒸发, 即得下列产物。



【55】 H_3PO_4

(1) 碳酸钴溶解于磷酸后, 将溶液煮沸, 即有下列反应产物生成。

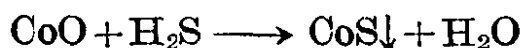


(2) 将硫酸钴加至过量的磷酸中, 然后将溶液蒸发至干燥, 并将其残渣加热至 316°C , 即得偏磷酸钴。

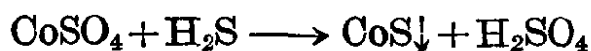


【56】 H_2S

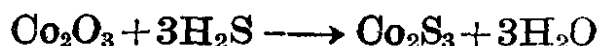
(1) 当黑色氧化钴在硫化氢参加下加热至红后, 即变为黄色硫化钴。



(2) 当硫化氢通入已加有酒石酸和碳酸钠的硫酸钴溶液中, 则将有定量的钴被沉淀出来。

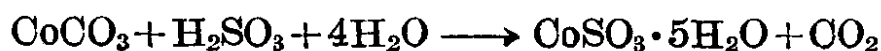


(3) 当硫化氢的气流通入烧热至红的三氧化二钴上, 则有铜色小球状(有金属光泽)的硫化高钴分离出来。



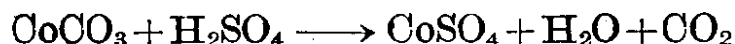
【57】 H_2SO_3

碳酸钴溶解于亚硫酸溶液后再与乙醇作用, 结果生成结晶状的产物。

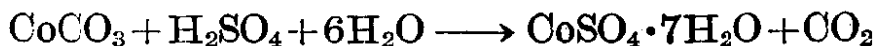


【58】 H_2SO_4

(1) 硫酸与碳酸钴作用后形成硫酸钴。



(2) 碳酸钴溶解于稀硫酸后, 过滤, 将滤液浓缩, 形成七水合硫酸钴结晶。



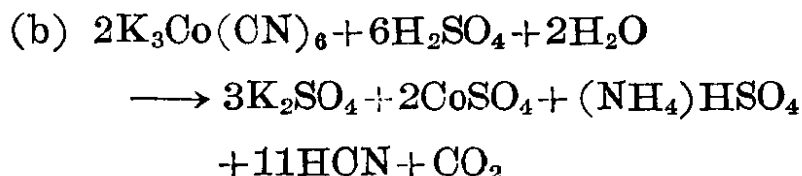
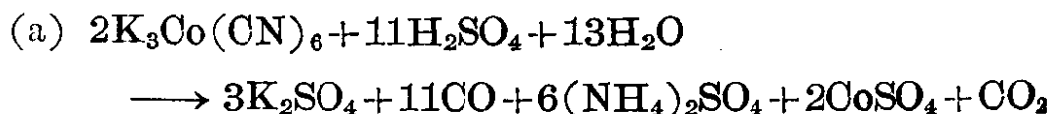
(3) 氧化钴溶解于稀硫酸后, 倘加以浓缩, 则有下列产物生成。



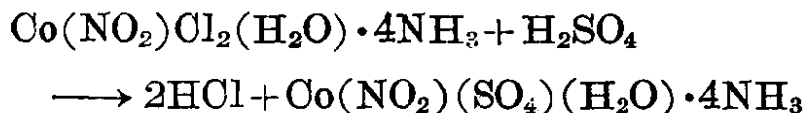
(4) 高钴酸钾与冷的稀硫酸作用后, 即形成硫酸氧钴。



(5) 氰高钴酸钾与浓硫酸水解时, 即生成硫酸钴和二氧化碳。倘与更稀的硫酸作用时, 则水解作用缓慢, 但如予以持久回流, 则将依照下列方程式进行。

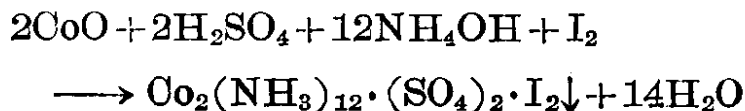


(6) 四氨合一水二氯化一硝基钴与稀硫酸作用时, 即生成黄色结晶。



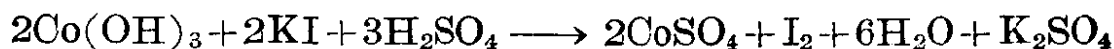
【59】 $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NH}_4\text{OH} + \text{I}_2$

将碘加至氧化钴溶解在硫酸中的氨性溶液中, 即有无定形黄色二碘化(二)硫酸十二氨合二钴沉淀生成, 后者将变为小颗粒黄色八面体结晶。

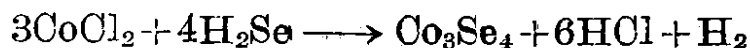


[60] $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{KI}$

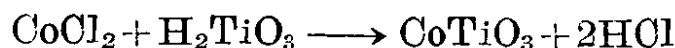
氢氧化高钴在硫酸的参加下, 可被碘化钾还原。

**[61] H_2Se**

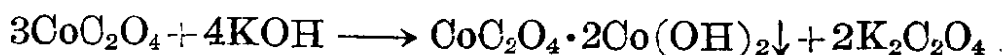
硒化氢、氮和氯化氢的混合气体通入加热至微红的氯化钴, 即有四硒化三钴生成。

**[62] H_2TiO_3**

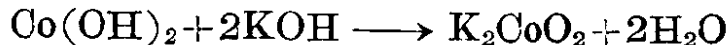
熔化的氯化钴与钛酸反应, 即有钛酸钴生成。

**[63] KOH**

(1) 将草酸钴混悬于水中, 并将空气驱走, 然后再与氢氧化钾作用, 即得下列产物。



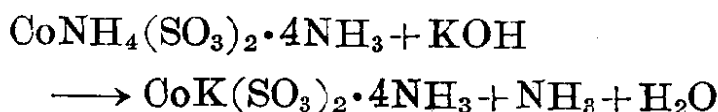
(2) 氢氧化钴与氢氧化钾作用, 生成下列产物。



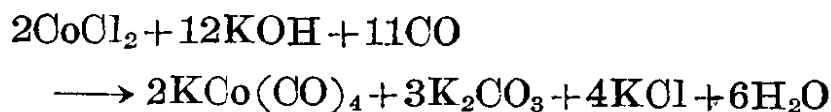
(3) 硫酸钴与氢氧化钾作用, 生成下列产物。



(4) 如将氢氧化钾与四氨合亚硫酸铵高钴作用, 可生成四氨合亚硫酸钾高钴和氨及水。其他相似之盐, 如 Li、Rb、Cs 盐均有相同之反应。

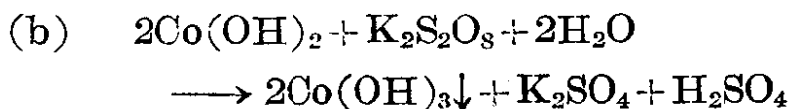
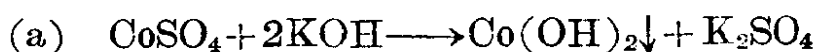
**[64] $\text{KOH} + \text{CO}$**

当有半胱氨酸存在时, 钴盐的碱性混悬液与一氧化碳作用时, 即有四羰合钴钾形成。

**[65] $\text{KOH}, \text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$**

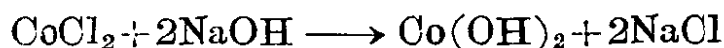
硫酸钴与氢氧化钾作用, 生成氢氧化钴。若将此氢氧化钴沉

淀在水浴上与过(二)硫酸钾加热数小时, 则有棕黑色氢氧化高钴沉淀形成。

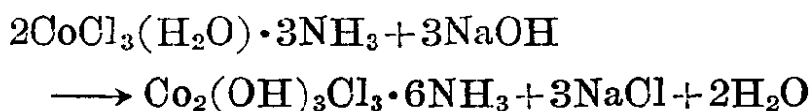


【66】 NaOH

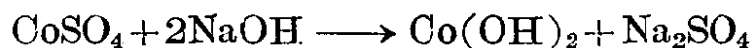
(1) 当过量的氢氧化钠加至氯化钴溶液中, 即生成下列反应。



(2) 当氢氧化钠溶液与三氨合一水氯化高钴作用时, 即有下列反应产物生成。

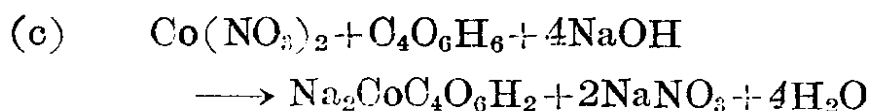
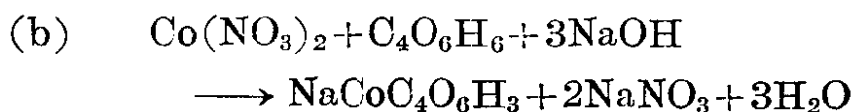
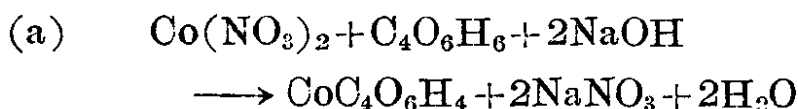


(3) 硫酸钴在无空气的存在下与氢氧化钠作用时, 即有氢氧化钴形成。



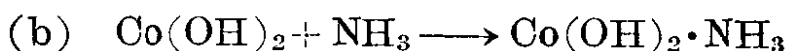
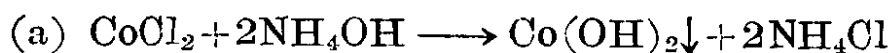
【67】 NaOH + C₄O₆H₆

当以不同量的氢氧化钠电位滴定硝酸钴和酒石酸的溶液时, 即有三个络合物生成。

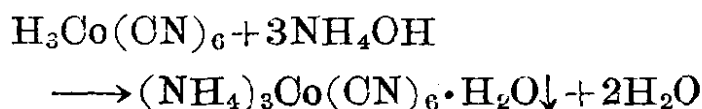


【68】 NH₄OH

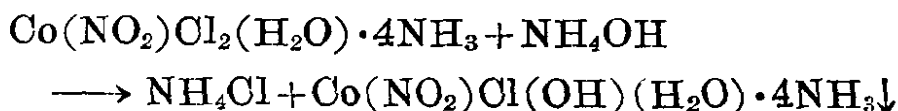
(1) 氯化钴与氢氧化铵在水溶液中, 生成氢氧化钴沉淀, 这种沉淀倘有过量的氨加入, 则由于形成络合物(b)和(c)而被溶解。



(2) 当氰高钴酸被氢氧化铵中和后, 将其溶液蒸发, 即有下列反应产物生成。

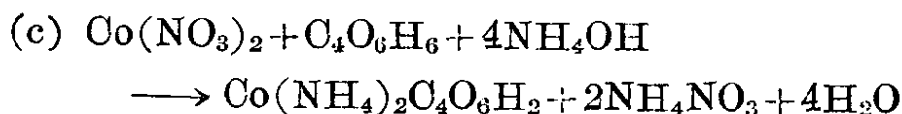
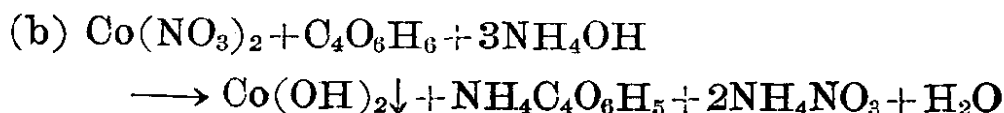
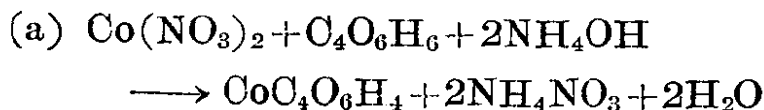


(3) 四氨合一水二氯化一硝基钴与氢氧化铵溶液作用时, 即生成红色碱式亚硝酸盐结晶。



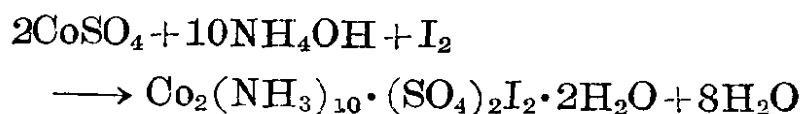
【69】 $\text{NH}_4\text{OH} + \text{C}_4\text{O}_6\text{H}_6$

硝酸钴和酒石酸的混合溶液被不同量之氨水中和时, 它的生成物, 见下列各式所示:



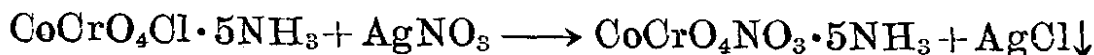
【70】 $\text{NH}_4\text{OH} + \text{I}_2$

当碘加至硫酸钴的氨性溶液后, 予以过滤, 滤液让它自然蒸发至很小量, 结果得到八面体结晶物二水合二碘化二硫酸十氨合二钴。



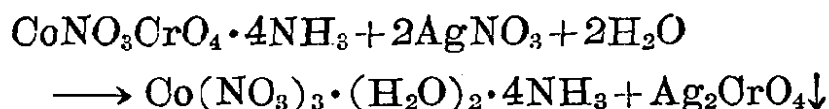
【71】 AgNO_3

(1) 硝酸银加至五氨合氯化铬酸高钴溶液中, 即有很多氯化银沉淀形成(常被微量的铬酸银染色), 而母液呈淡红黄色。

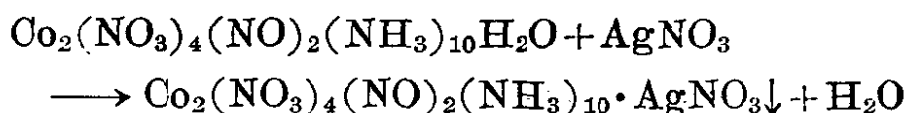


(2) 在新鲜制备的四氨合铬(酸)硝酸高钴水溶液中加入硝酸银溶液后, 予以加热, 则立即有铬酸银沉淀生成, 而在溶液中则留有四氨合二水(合)硝酸高钴。倘不予加热, 则沉淀反应并不立刻

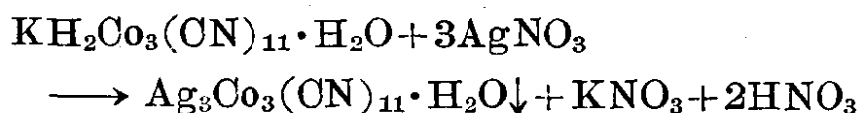
发生。



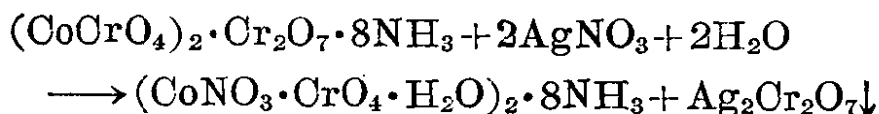
(3) 当红色半水合(二)硝酸一亚硝基五氨合钴的二聚合物与硝酸银溶液作用时, 即有沉淀生成。



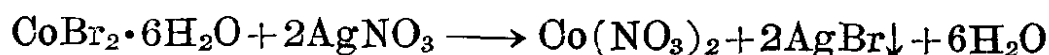
(4) 当过量的硝酸银加至一水合十一氰化三钴二氢钾的溶液中时, 即有橙红色一水合十一氰化三钴三银沉淀形成。



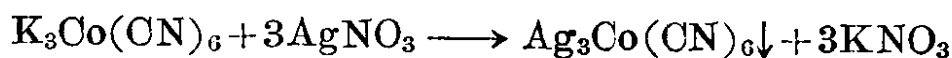
(5) 当八氨合重铬酸(根)二铬酸钴溶液与硝酸银溶液作用时, 即有重铬酸银沉淀形成, 同时在溶液中留有八氨合二(一水铬(酸)硝酸高钴)。



(6) 含六分子水的溴化钴与硝酸银作用时, 形成硝酸钴和溴化银。

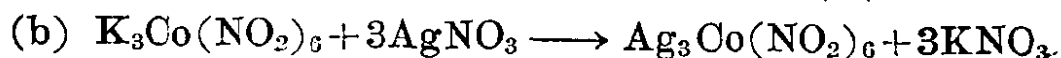
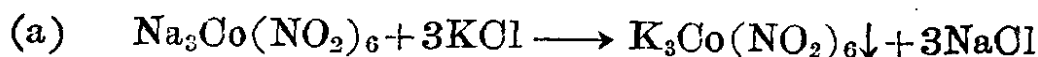


(7) 硝酸银和氰高钴酸钾在溶液中进行反应时, 即有氰高钴酸银沉淀析出。



[72] $\text{AgNO}_3 + \text{KCl}$

当氯化钾溶液与亚硝高钴酸钠作用时, 即有黄色亚硝高钴酸钾沉淀形成。倘有硝酸银存在, 则后者(沉淀)将转变为相应的银盐。



[73] AgSCN

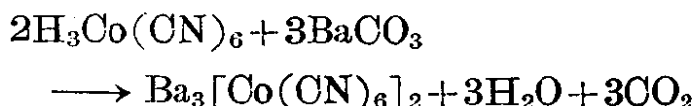
当很浓的硫氰酸钴溶液被固体硫氰酸银饱和时(并经放冷

后), 则有美丽的蓝色盐形成, 后者在 100°C 下即失却其所含的水分, 同时其颜色即变为黑绿色。



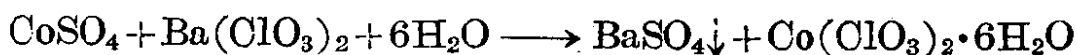
[74] BaCO_3

氰高钴酸被碳酸钡中和后, 将其溶液蒸发, 即有下列产物生成。



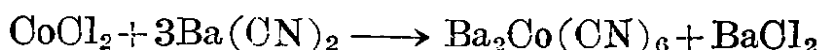
[75] $\text{Ba}(\text{ClO}_3)_2$

当硫酸钴溶液与氯酸钡作用后予以过滤, 取其滤液在 18°C 下于硫酸上蒸发之, 则有下列产物生成。



[76] $\text{Ba}(\text{CN})_2$

氯化钴在溶液中与氰化钡发生作用时, 其反应如下:



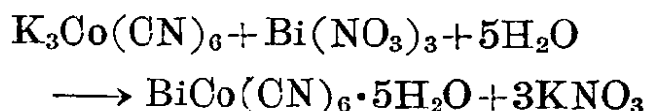
[77] $\text{Ba}(\text{SCN})_2$

当等摩的硫酸钴和硫氰酸钡的溶液彼此混合后, 予以过滤蒸发, 即有下列反应产物生成。



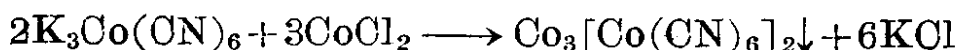
[78] $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$

氰高钴酸钾溶液与硝酸铋的硝酸溶液反应, 即有五水合氰高钴酸铋形成。



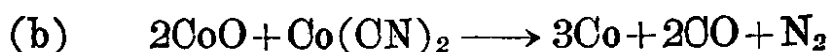
[79] CoCl_2

当氯化钴溶液与氰高钴酸钾溶液反应, 即形成氰高钴酸钴沉淀。



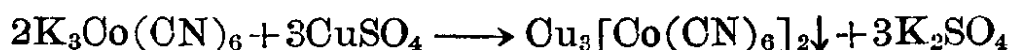
[80] $\text{Co}(\text{CN})_2$

当氧化钴在纯粹而干燥的氮气氛下, 加热至高温时, 将会氧化氰化钴。



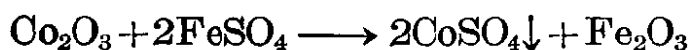
[81] CuSO_4

硫酸铜和氰高钴酸钾在溶液中作用时, 即有氰高钴酸铜沉淀形成。

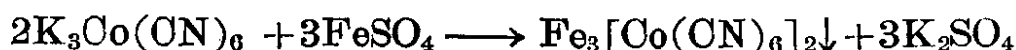


[82] FeSO_4

(1) 三氧化二钴与硫酸亚铁溶液作用后, 生成三氧化二铁和硫酸钴, 后者乃沉淀析出。

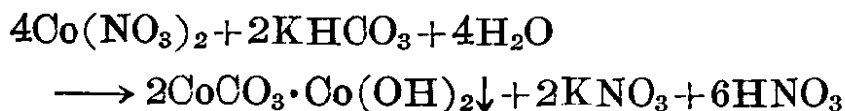


(2) 硫酸亚铁与氰高钴酸钾在溶液中作用时, 即有黄色、无定形、缓慢沉降的沉淀形成, 后者看来似乎是氰高钴酸亚铁。

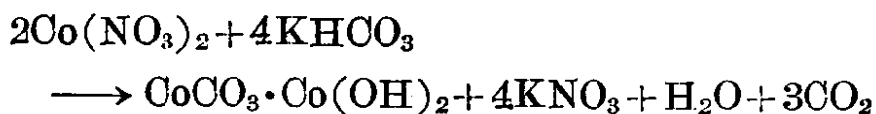


[83] KHCO_3

(1) 当硝酸钴溶液(0.05 摩/升)与碳酸氢钾溶液(0.5 摩/升)混合时, 即有碱式碳酸盐沉淀生成。倘用更稀之溶液时, 则可获得各种组成的碱式沉淀。



(2) 硝酸钴溶液(0.05 摩/升)与碳酸氢钾溶液(0.1 摩/升)混合时, 即有碱式碳酸钴形成。



[84] K_2CO_3

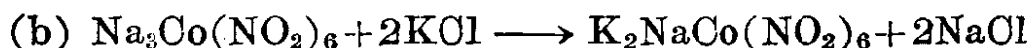
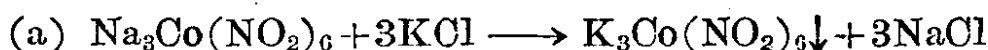
氯化钴和碳酸钾的混合浓溶液, 如予放置, 则有伴有 4 分子水的结晶形成。



[85] KCl

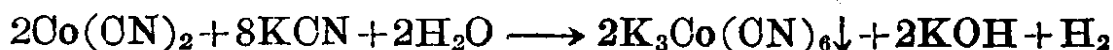
当过量的氯化钾加至亚硝高钴酸钠中, 即有亚硝高钴酸钾沉淀生成。在过量的亚硝高钴酸钠存在情况下, 则有亚硝高钴酸钠

钾形成。

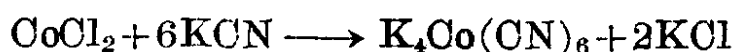


【86】 KCN

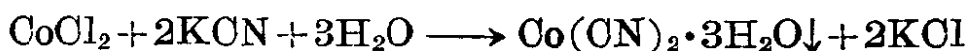
(1) 当氰化钴和氰化钾的热溶液彼此混合时(将空气驱走), 即发生下列之反应。



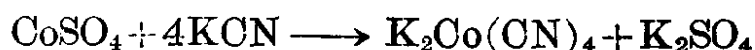
(2) 氯化钴和氰化钾的溶液在低温下共混合时, 即发生下列之反应。



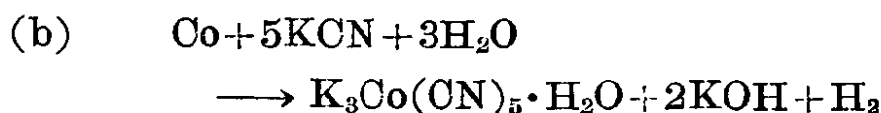
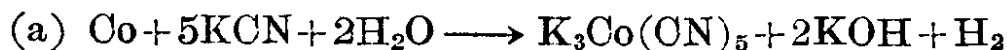
(3) 氯化钴和氰化钾的溶液共混合时, 有下列之反应发生。



(4) 当氰化钾加至过量的硫酸钴溶液时, 即有淡红棕色沉淀形成。

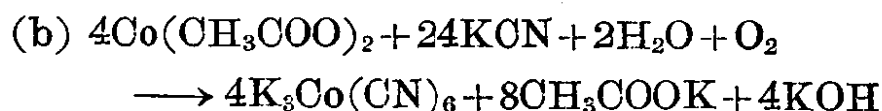
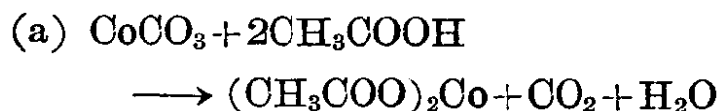


(5) 在碘化钾存在下, 用氰化物滴定钴, 可生成钴和氰根之比为 1:5 的络合物。



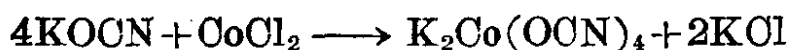
【87】 KCN + O₂ + CH₃COOH

将碳酸钴溶解于乙酸中, 然后加氰化钾溶液, 并通入空气使之氧化, 即得氰高钴酸钾。



【88】 KOCN

当氰酸钾的饱和醇溶液中被加入钴盐后, 即有蓝色氰酸钴钾生成。



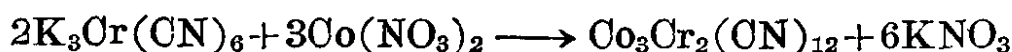
[89] K_2CrO_4

当硝酸钴溶液和铬酸钾的各种浓度的溶液混合时，只有钴的铬酸盐形成。



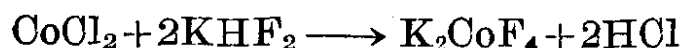
[90] $\text{K}_3\text{Cr}(\text{CN})_6$

当 4% 硝酸钴溶液加至 2% 氰铬酸钾溶液中，即有氰铬酸钴形成。



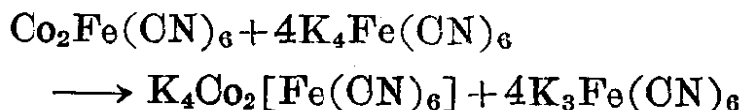
[91] KHF_2

氯化钴与氟氢化钾的混合物在 220°C 加热若干小时后，然后再加热至熔点温度。冷却后用 97% 乙醇提取之，即得下列生成物。

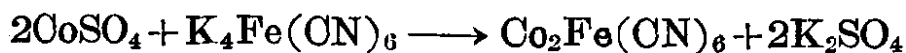


[92] $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$

(1) 氰亚铁酸钴与氰亚铁酸钾在溶液中共煮沸时，即有下列反应发生。

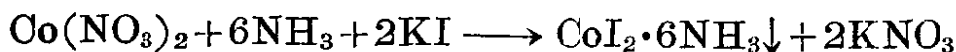


(2) 氰亚铁酸钾加至硫酸钴的氨性溶液中，即有下列反应发生。



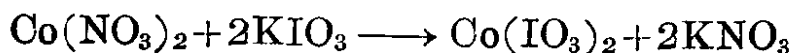
[93] KI

在硝酸钴的强氨性溶液中加入碘化钾后，即有肉色沉淀形成。氯化物和溴化物亦有相似的反应发生。



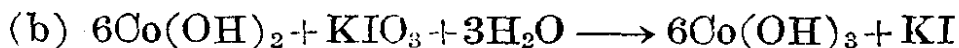
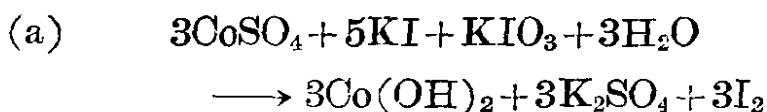
[94] KIO_3

硝酸钴和碘酸钾的溶液混合后，在游离硝酸的参加下，于 $80\sim 90^\circ\text{C}$ 加热之，即有碘酸钴和硝酸钾形成。

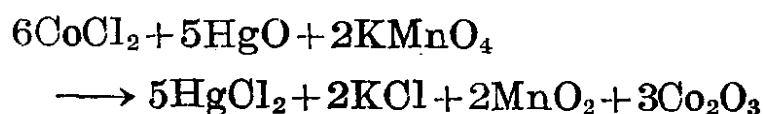


[95] $\text{KIO}_3 + \text{KI}$

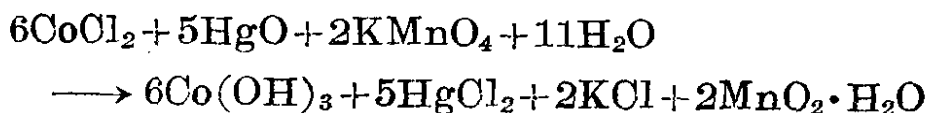
当硫酸钴与碘酸钾和碘化钾的混合液作用后, 即有氢氧化高钴形成。

**[96] $\text{KMnO}_4 + \text{HgO}$**

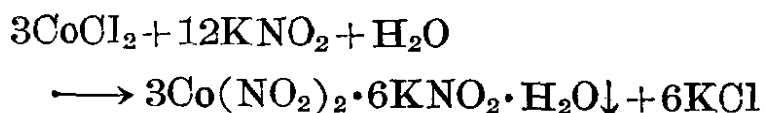
(1) 氯化钴溶液与氧化汞及高锰酸钾作用时, 即有下列反应产物生成。



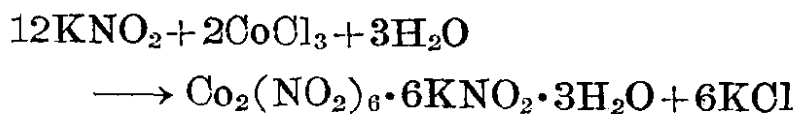
(2) 在氧化汞存在下, 高锰酸钾将会氧化氯化钴。

**[97] KNO_2**

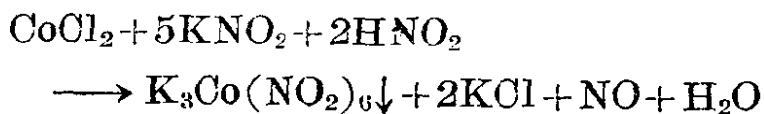
(1) 亚硝酸钾加至过量的氯化钴冷溶液中, 并将此混合液予以放置一个短时间, 即得下列之反应产物。



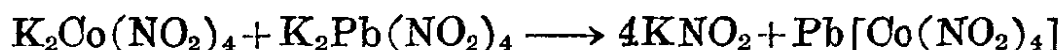
(2) 氯化高钴加至酸化的亚硝酸钾溶液中, 即有亚硝酸高钴钾形成, 后者系带有 3 分子水的结晶体。

**[98] $\text{KNO}_2 + \text{HNO}_2$**

用乙酸酸化的氯化钴溶液与亚硝酸钾和亚硝酸混合后, 即有亚硝高钴酸钾沉淀析出。

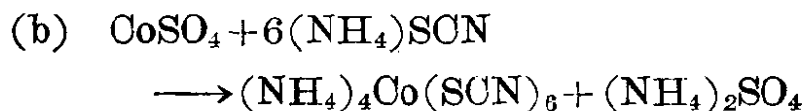
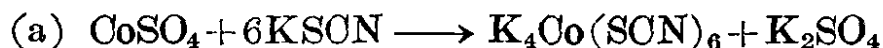
**[99] $\text{K}_2\text{Pb}(\text{NO}_2)_4$**

亚硝钴酸钾和亚硝酸铅钾作用, 即有下列反应发生。



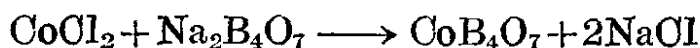
[100] KSCN、NH₄SCN

硫酸钴溶液与硫氰酸钾溶液作用时，即生成硫氰酸钴钾和硫酸钾。硫酸钾可借醇的加入而除去。硫酸钴与硫氰酸铵亦有同样之反应发生。



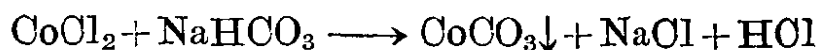
[101] Na₂B₄O₇

氯化钴与硼砂在溶液中作用时，生成四硼酸钴。



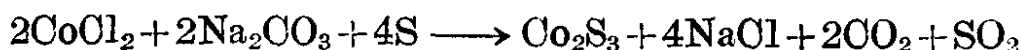
[102] NaHCO₃

当氯化钴溶液与饱和有二氧化碳的碳酸氢钠溶液相互混合后，并在封闭管内加热至 140°C，则产生如下反应：



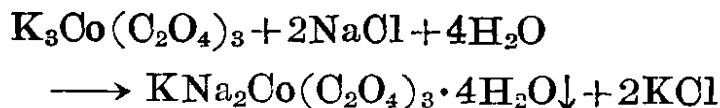
[103] Na₂CO₃ + S

一份氯化钴、六份碳酸钠及六份硫混合后，在鼓风灯上加热 10 分钟，即生成三硫化二钴。



[104] NaC⁺

草酸高钴钾溶液在 30°C 时以等量的氯化钠饱和后，再加入乙醇，即有黑绿色四水合草酸高钴二钠钾结晶生成。

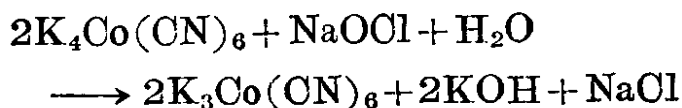


[105] NaOCl

(1) 当次氯酸钠加至硫酸钴水溶液中，即有氧化高钴沉淀析出。



(2) 氰钴酸钾与次氯酸钠于溶液中作用时，即形成氰高钴酸钾。



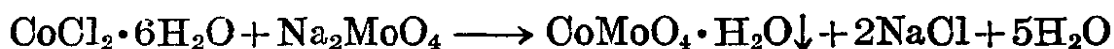
【106】 $\text{Na}_2\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}$

当硫酸钴溶液加至亚硝基铁氰化钠的浓溶液中，即有美丽的淡红色粉末亚硝基铁氰化钴沉淀析出。



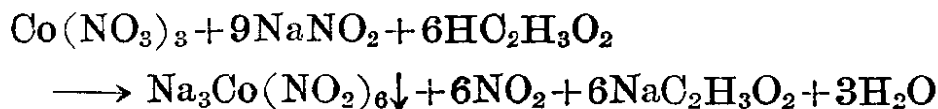
【107】 Na_2MoO_4

将含有相当量的氯化钴和钼酸钠的溶液在室温下共混合之，然后在浓硫酸上蒸发至结晶，则有下列反应生成。



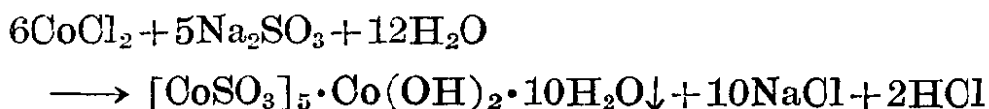
【108】 $\text{NaNO}_2 + \text{HC}_2\text{H}_3\text{O}_2$

将亚硝酸钠溶解于等重量的热水中，然后将硝酸高钴溶解于这个混合液中并加入冰乙酸。之后，将空气导入该溶液，并加95%乙醇，结果有亚硝高钴酸钠沉淀形成。



【109】 Na_2SO_3

氯化钴的稀溶液加至亚硫酸钠的稀溶液中，即有碱式亚硫酸钴沉淀析出，后者与10分子水形成结晶。



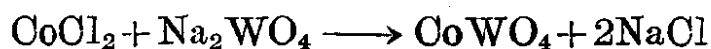
【110】 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$

氯化高钴溶液与连二亚硫酸钠反应，即形成硫化钴沉淀。



【111】 Na_2WO_4

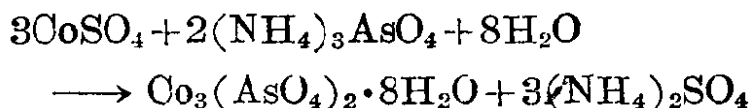
氯化钴和钨酸钠的混合物在高温下共熔化时，即得钨酸钴和氯化钠。



【112】 $(\text{NH}_4)_3\text{AsO}_4$

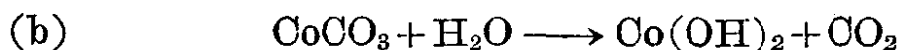
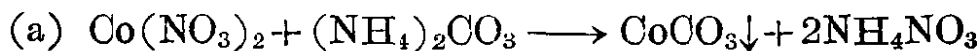
当硫酸钴溶液与砷酸铵相结合时(无游离氨存在)，即有红色

微细的针状物形成。

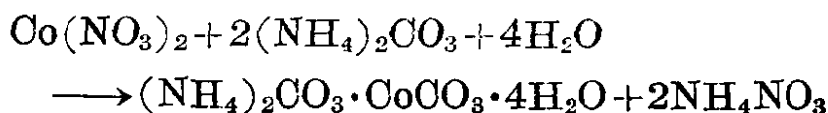


【113】 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$

(1) 硝酸钴与碳酸铵作用时, 即生成沉淀, 后者当放置时将迅速分解。

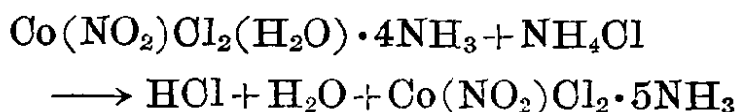


(2) 硝酸钴溶液与过量的碳酸铵溶液混合后, 予以放冷, 即有下列反应生成。



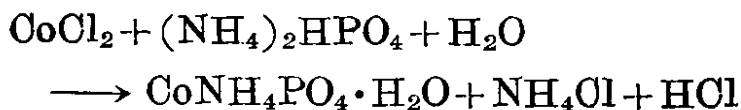
【114】 NH_4Cl

当四氨合一水二氯化一硝基钴溶液与氯化铵溶液共加热时, 即有五氨合二氯化一硝基钴形成。



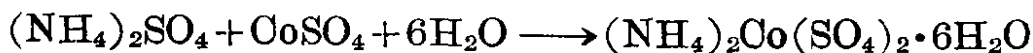
【115】 $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$

氯化钴溶液与相当量的磷酸氢二铵作用后, 将其溶液蒸发至干, 而其残渣再在 $100 \sim 105^\circ\text{C}$ 干燥之, 即得下列产物。



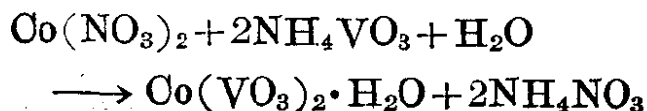
【116】 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

当等摩的硫酸钴和硫酸铵的溶液混合后, 令其结晶, 即生成六水合硫酸铵钴。



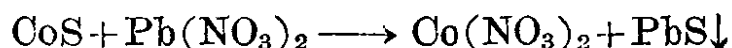
【117】 NH_4VO_3

偏钒酸铵与硝酸钴的硝酸溶液反应, 即有下列反应产物形成。

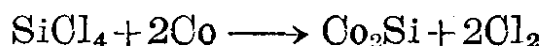


【118】 $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$

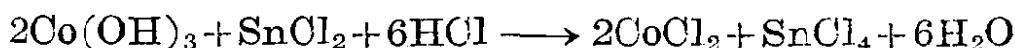
当硫化钴加至硝酸铅溶液中, 即有硫化铅沉淀析出。

**【119】 SiCl_4**

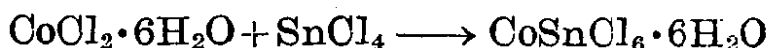
将四氯化硅通入高温(不超过 1200°C)加热的细粉状钴, 即有硅化二钴生成。

**【120】 $\text{SnCl}_2 + \text{HCl}$**

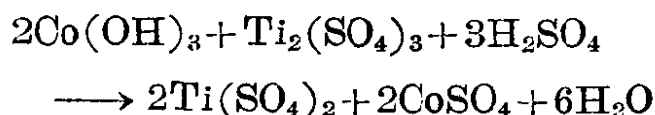
通常当测定氢氧化高钴中的钴时, 一般先用标准氯化亚锡(在浓盐酸中)溶液还原之, 然后以任何一种氧化剂来滴定过量的氯化亚锡, 结果常很良好。

**【121】 SnCl_4**

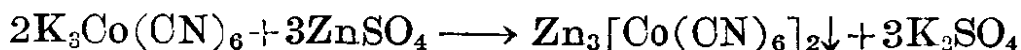
当氯化钴和氯化锡按摩尔比在溶液中混合后, 予以徐徐冷却, 即有菱形结晶生成。

**【122】 $\text{Ti}_2(\text{SO}_4)_3$**

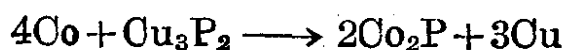
氢氧化高钴可被硫酸亚钛还原, 过量的硫酸亚钛可用高锰酸钾滴定, 以作钴的容量测定。

**【123】 ZnSO_4**

当硫酸锌溶液加至氰高钴酸钾溶液中, 即有白色纯粹而易过滤的氰高钴酸锌沉淀形成。

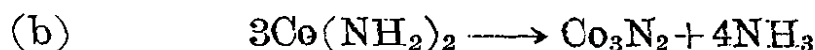
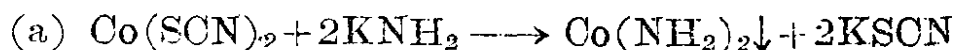
**【124】 Cu_3P_2**

由 1 份钴屑和 10 份二磷化三铜组成的混和物置于电炉上加热 5 分钟, 即有磷化二钴生成。



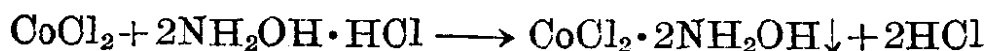
[125] KNH₂

当徐徐将氨基(化)钾的液氨溶液加至硫氰酸钴的液氨溶液中时, 首先有亮蓝色凝絮状二氨基(化)钴沉淀形成(a)。后者与液氨于常温下放置若干日, 则有黑色无定形二氮化三钴形成(b)。



[126] NH₂OH·HCl

取4摩盐酸羟胺加至1摩氯化钴的溶液中(溶液放在烧杯中, 充满有氢), 然后再加几毫升醇性羟胺。之后, 将该混合液在水浴上加热之, 即有下列产物生成。

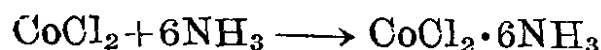


[127] NH₃

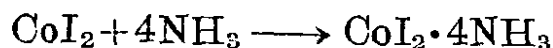
(1) 固体氯化钴吸收氨后, 其体积即胀大。



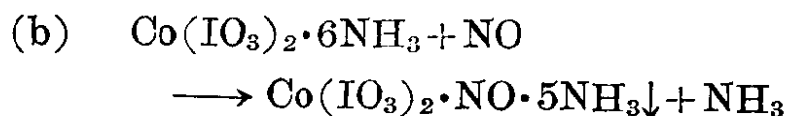
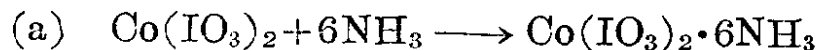
(2) 当继续通氨气于氯化钴溶液中, 即有紫色沉淀生成, 倘在120°C 加热, 则即分解。



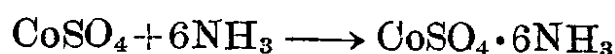
(3) 浓碘化钴溶液与氨作用后, 即有淡红色结晶沉淀生成。



(4) 碘酸钴的浓氢氧化铵溶液, 在无空气存在下被一氧化氮饱和后, 即有黑棕色五氨合一亚硝基二碘酸钴沉淀形成。



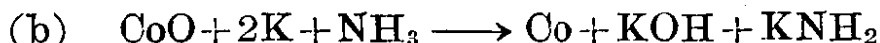
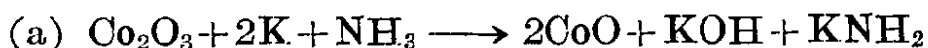
(5) 干燥的硫酸钴约可吸收66% 氨, 因而体积胀大, 并有热量放出。



[128] NH₃ + K

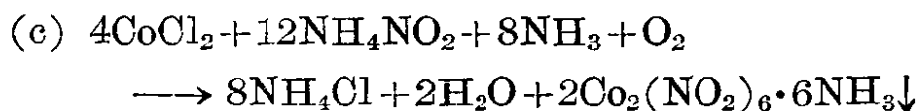
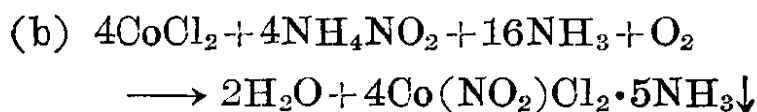
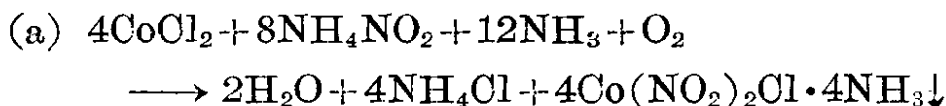
在0°C 时三氧化二钴被钾的液氨溶液首先还原为氧化钴

(a), 继为元素钴(b)。



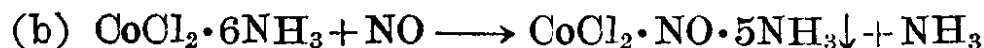
【129】 $\text{NH}_3 + \text{NH}_4\text{NO}_2$

当空气的气流通入溶解有氯化钴和各种不同量亚硝酸铵的20%氨溶液中, 则有下列反应发生。



【130】 $\text{NH}_3 + \text{NO}$

将17克氯化钴溶解于25克热水中, 再倒入85克浓氢氧化铵溶液, 随即予以过滤, 并在无空气的存在下, 于室温时用一氧化氮饱和, 即生成黑色五氨合一亚硝基二氯化钴沉淀。



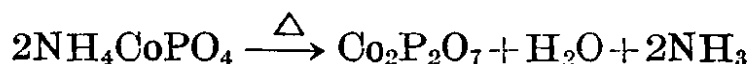
【131】 PH_3

磷化氢可使微温(热)的氯化钴变为灰色产物, 此物不溶于浓盐酸。



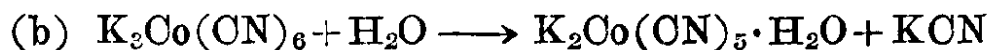
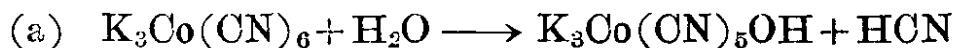
【132】 热

磷酸钴铵在灼烧时, 即发生下列反应。

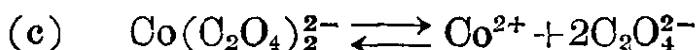
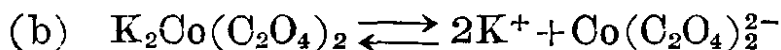


【133】 光

(1) 当氰高钴酸钾溶液暴露于光线时, 则由于发生下列之反应而变为黄色。

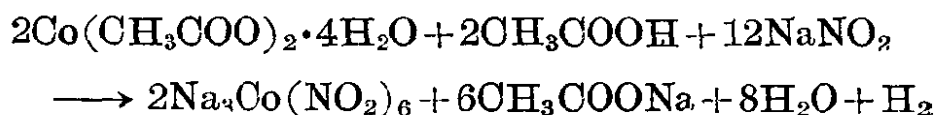


(2) 草酸高钴钾遇光即被分解, 发生下列反应。



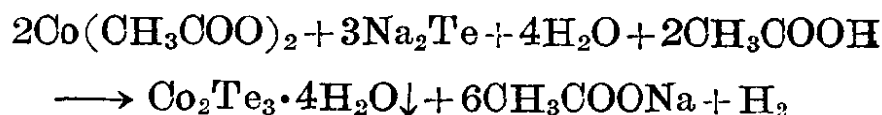
【134】 $CH_3COOH + NaNO_2$

将乙酸钴的乙酸水溶液和亚硝酸钠溶液分别过滤后, 予以混和, 即得亚硝高钴酸钠溶液。



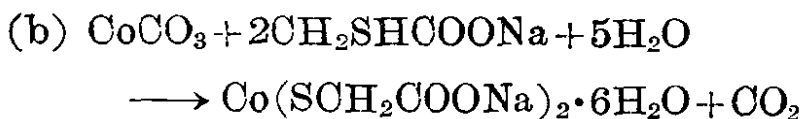
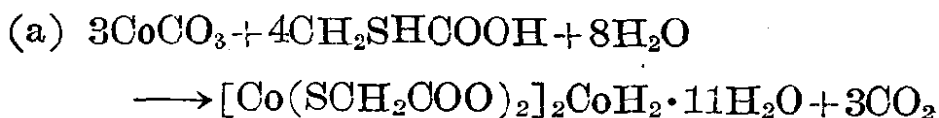
【135】 $CH_3COOH + Na_2Te$

经乙酸酸化的乙酸钴溶液, 用碲化钠处理后, 即有黑色沉淀物形成。



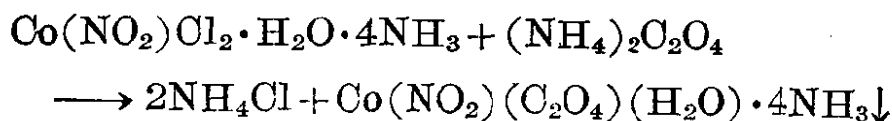
【136】 $CH_2SHCOOH$ 、 $CH_2SHCOONa$

巯基乙酸在 $100^\circ C$ 时, 经碳酸钴饱和后, 即生成棕红色沉淀它是一种巯基乙酸钴络合物的酸式钴盐(a)。巯基乙酸钠亦有相似的反应(b)。



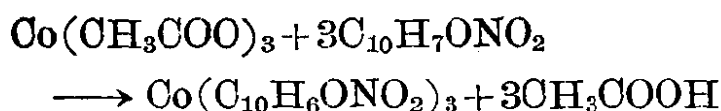
【137】 $(NH_4)_2C_2O_4$

当四氨合一水二氯化一硝基钴的饱和溶液与草酸铵溶液作用时, 即有橙红色结晶形成。



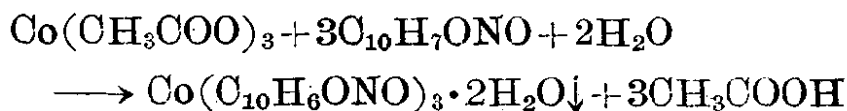
【138】 $C_{10}H_7ONO_2$

乙酸高钴与 α -硝基- β -萘酚反应, 即生成不溶性高钴盐。



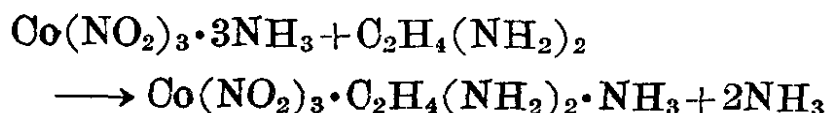
[139] $\text{C}_{10}\text{H}_7\text{ONO}$

乙酸高钴与含有 2% α -亚硝基- β -萘酚的乙酸溶液反应, 即有内络高钴盐沉淀生成。



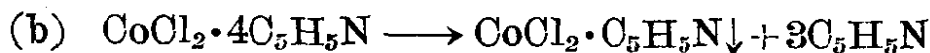
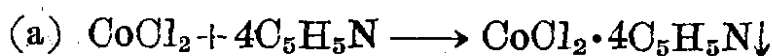
[140] $\text{C}_2\text{H}_4(\text{NH}_2)_2$

当三氨合亚硝酸高钴与乙二胺的 10% 溶液共加热而予蒸发后, 即有下列生成物。



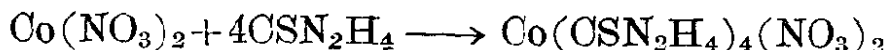
[141] $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$

氯化钴溶液与吡啶经加热反应后, 即形成深红色结晶(a), 后者于 115~120°C 下加热 1 小时, 即发生部分分解(b)。

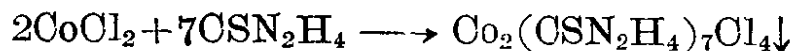


[142] CSN_2H_4

(1) 当硫脲加入硝酸钴溶液中后, 即有蓝绿色结晶形成。

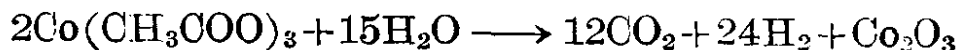


(2) 将含有 1 摩氯化钴和 2 摩硫脲的溶液经混和、放置后, 即缓缓结晶, 生成蓝黑色结晶物。



[143] 加热

当乙酸高钴水溶液加热至 170°C, 即生成三氧化二钴。



镍 Ni

镍在自然界中和钴一样, 主要是以与砷或与硫相化合的形态

而存在; 这些化合物是红镍矿 (NiAs)、辉砷镍矿 (NiAsS) 等。

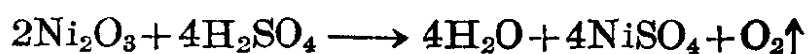
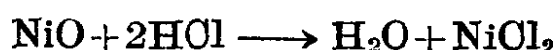
镍是银白色、很硬而容易磨光并能被磁铁吸引的金属, 密度 8.9 克/厘米^3 , 熔点为 1453°C 。

镍在空气中不被氧化, 易溶于稀硝酸, 难溶于盐酸和硫酸, 遇浓硝酸变为钝态。

镍的化合物与钴的化合物很相似。它有二种碱性氧化物: 氧化镍 (NiO) 和三氧化二镍 (Ni_2O_3), 并有与之相对应的氢氧化物: $\text{Ni}(\text{OH})_2$ 及 $\text{Ni}(\text{OH})_3$, 但不呈两性。它仅有一个类型的盐, 其中镍是二价, 如 $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 。

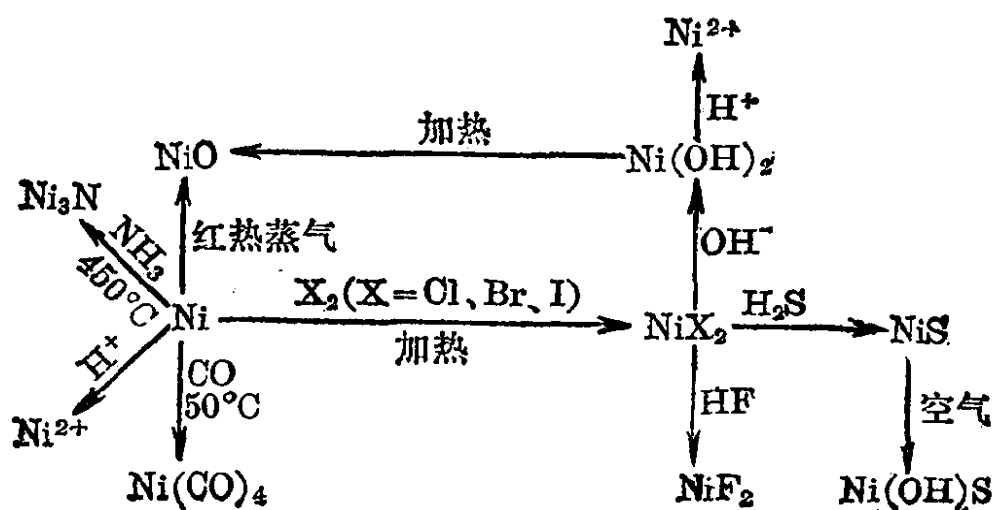
镍能组成很多种络盐, 但与钴所不同者, 镍在这些盐中经常为二价。

镍的氧化物具有碱性, 三氧化二镍还有氧化性。当它们溶解于酸中, 则常得到二价镍盐:



镍的结晶盐和它们的水溶液均为绿色, 但在无水状态时它们常呈黄色。大多数镍盐均溶解于水; 但其硫化物、碳酸盐及磷酸盐则均不溶于水。

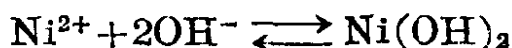
镍的主要化学反应提高。



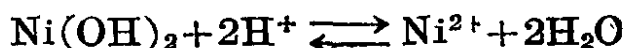
镍离子的反应

【1】 碱金属的氢氧化物

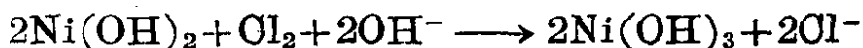
碱金属的氢氧化物与镍盐溶液生成苹果绿胶凝状的氢氧化镍沉淀:



此沉淀不溶解于过量的试剂,但易溶于酸。



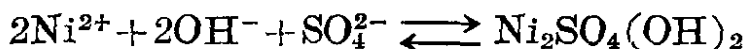
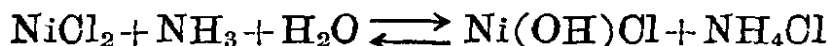
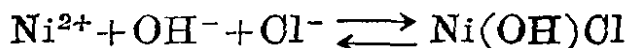
氢氧化镍的性质与锰、铁及钴的氢氧化物不同,氢氧化镍即使在沸点温度,遇到大气中的氧或过氧化氢亦不被氧化,但氯、溴或次氯酸盐则能把它氧化至氢氧化高镍:



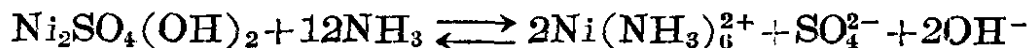
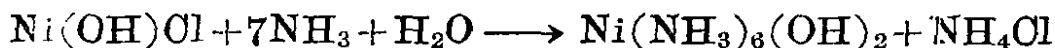
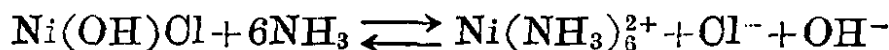
氢氧化高镍并不溶解,而分离为黑色紧密的沉淀。氢氧化镍的沉淀与铁和钴的氢氧化物相似,可用酒石酸盐、柠檬酸盐、蔗糖及其他羟基有机化合物而防止之。

【2】 氢氧化铵

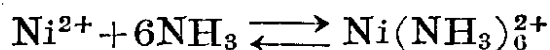
氢氧化铵在没有铵盐存在的中性镍盐溶液中,生成绿色胶凝状的碱式盐类沉淀:



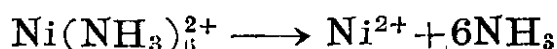
此沉淀可溶解于过量的试剂,这是由于它形成 $\text{Ni}(\text{NH}_3)_6^{2+}$ 络离子所致。



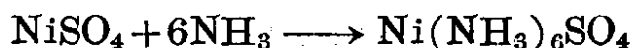
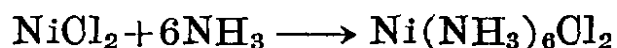
当有足量浓度的铵盐存在时,则氢氧化铵不能使镍盐沉淀,这是因为有高浓度的铵离子存在,而使溶液中的 OH^- 离子浓度减低所致,结果镍离子即被转变为络离子。



这个镍氨络离子当有过量的氨存在时是非常稳定的。在纯水中,则在平衡时有小量的镍离子、溶解的氨和氢氧化铵产生。

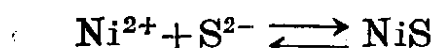


无水氯化镍和硫酸镍能迅速吸收氨而形成相应的无水镍氨络合物。



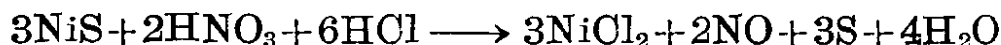
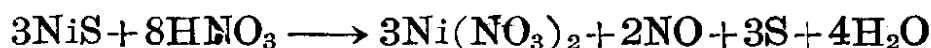
【3】 硫化铵

硫化铵遇中性或碱性的镍盐溶液,生成黑色无定形的硫化镍沉淀。

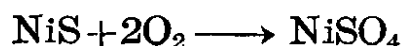


这个沉淀不溶解于碱性氢氧化物及硫化物中,极微溶于稀酸中。它甚易溶解于稀盐酸和稀硝酸的混合液中。在这一方面,硫化镍与硫化钴相似。至于它在稀酸中的不溶解现象,实际上是一个反应的速度问题。

硫化镍不溶于冷稀盐酸(密度 1.02 克/厘米³),这与锌和锰的硫化物不同;它亦不溶于乙酸,但溶解于热浓硝酸及王水中并有硫析出。



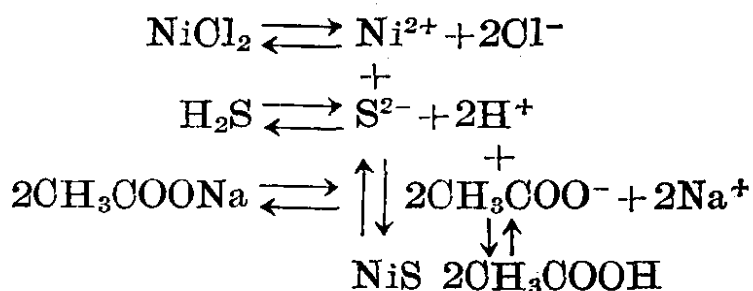
硫化镍象所有的金属硫化物那样,甚易被空气中的氧氧化为硫酸盐。



当硫化镍被沉淀在高浓度的氢氧化铵和硫化铵的溶液中时,则有形成棕色胶状混悬体之倾向。这些混悬体一旦经乙酸酸化并予煮沸数分钟后,即被破坏而有硫化镍沉淀出来。倘有大量氯化铵存在,则常可防止溶胶的形成。

【4】 硫化氢

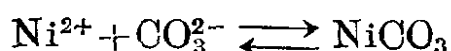
硫化氢遇镍盐的酸性溶液并不生成沉淀，遇由强酸制成之镍盐的中性溶液，则仅有小量沉淀形成；但在乙酸镍溶液或由其他弱酸制成的镍盐或加有相当量之乙酸钠的镍盐溶液中遇硫化氢后，则所有的镍均被沉淀为黑色无定形硫化物。



在此处乙酸根离子的作用，是将氢离子浓度保持至最小量，这样可允许 S^{2-} 离子的浓度变为足够地高至超过硫化镍之溶度积值。

【5】 碱金属的碳酸盐

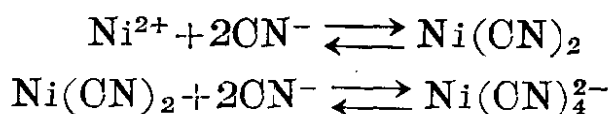
碱金属的碳酸盐与镍盐溶液生成绿色碳酸镍沉淀：



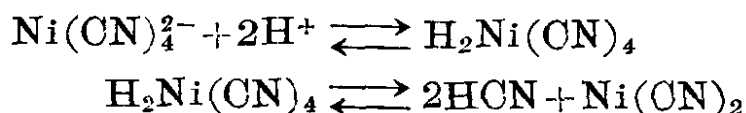
这个沉淀甚易溶解于酸。且加热后甚易被水解。

【6】 碱金属的氰化物

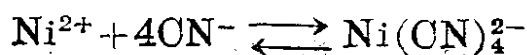
碱金属的氰化物与镍盐溶液生成绿色氰化镍沉淀，后者甚易溶解于过量的碱金属氰化物中而形成氰镍酸根(Nickelocyanide)络离子：



这个络离子的组成与铁和钴在同样情况下所形成的络离子有所不同。这个络离子尚稳定，但甚易被酸所分解。

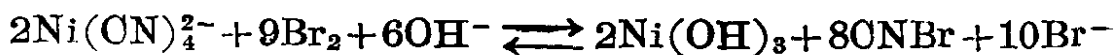
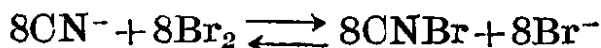
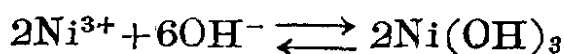
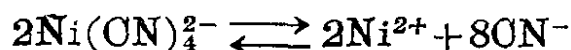


虽然上述的分解作用很易发生，但在碱性溶液中，这个平衡反应



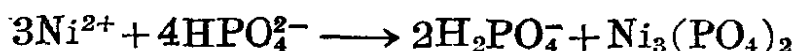
将向右进行至这样的程度为止——即该溶液用硫化铵处理时，没有足量的单独镍离子与之形成硫化镍沉淀。

当不可能除去一个离子足以扰乱平衡时，则可应用一种试剂或几种试剂充分扰乱平衡促使反应走向完全。这些试剂可以与平衡式中参加反应之二种或更多的离子作用，以除去这些小量的离子。应用这种技术，则氰镍酸根络离子在碱性溶液中可用卤素或次氯酸盐所分解。镍和 CN^- 离子均被氧化而除去。



【7】 磷酸钠

磷酸钠与镍盐溶液生成苹果绿色磷酸镍沉淀。



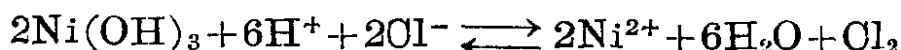
此沉淀甚易溶解于酸，甚至是乙酸。

【8】 碱金属的亚硝酸盐

碱金属的亚硝酸盐与镍盐的稀溶液并不生成沉淀，但在极浓的溶液中，则有沉淀形成，这个沉淀似乎是一个复盐 $\text{Ni}(\text{NO}_2)_2 \cdot 4\text{KNO}_2$ 。如果这个溶液被稀释时，该化合物即离解为二个简单的化合物。在这个反应中，镍与钴有二个不同情况：(1) 镍并不被氧化为三价；(2) 没有络离子形成。

【9】 盐酸

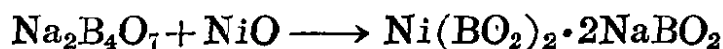
盐酸能溶解氢氧化高镍或镍的氧化物，并形成镍离子和游离氯。



显然，单独的 Ni^{3+} 离子不能在溶液中存在，因为不能依靠氧化作用或溶解一个不溶性的镍化合物而产生 Ni^{3+} 离子。在这方面镍与钴相似而与铁不同。 Ni^{2+} 离子较钴离子更难于氧化，因为在若干反应中可以见到，氧化作用对钴是阳性，而对镍则为阴性。

【10】 硼酸钠

在硼砂(熔)珠中如加入微量的镍化合物并予加热, 则生成棕色偏硼酸镍。



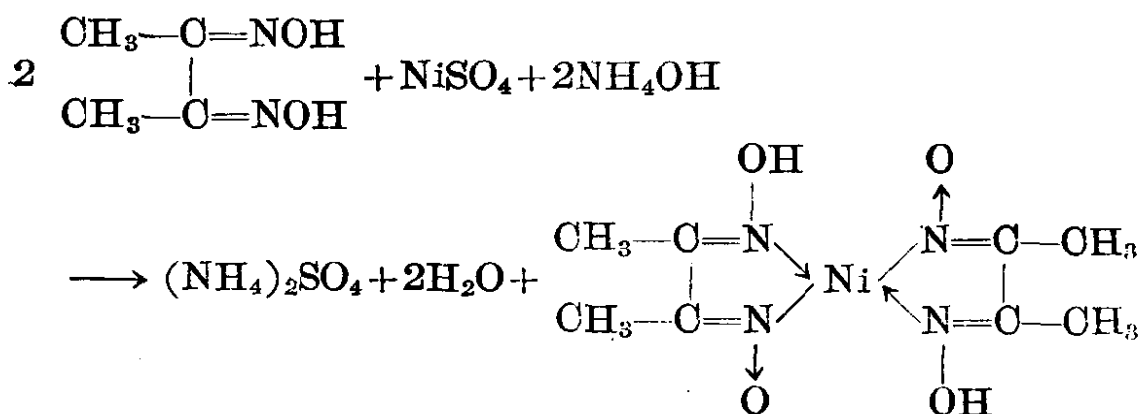
这个试验并不象钴的试验来得灵敏。

【11】 α -亚硝基- β -萘酚

α -亚硝基- β -萘酚(α -Nitroso- β -naphthol)[$\text{C}_{10}\text{H}_6(\text{NO})\text{OH}$]与镍盐生成 $\text{Ni}[\text{C}_{10}\text{H}_6(\text{NO})\text{O}]_2$ 棕色沉淀, 溶于稀盐酸(与钴不同, 钴则形成淡红棕色沉淀, 不溶于稀 HCl)。

【12】 丁二酮肟(Dimethylglyoxime)

丁二酮肟在镍盐的氨性溶液中或乙酸钠溶液中生成玫瑰红色结晶沉淀(Nickel dimethyl-glyoxime)。

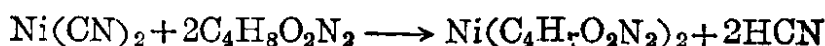
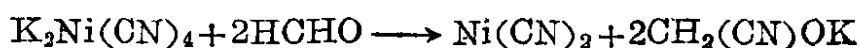


这个沉淀系轻软而大的沉淀, 呈亮红色, 为最灵敏而效果较好的试验。这个试验能测到 400,000 份水中的 1 份镍。假使在氨性的含镍样品溶液中伴有大量的钴时, 则钴乃与丁二酮肟发生作用而生成棕色可溶性的化合物; 其次, 如亚铁离子(与本试剂呈红色)、铋离子(与本试剂呈黄色沉淀)在氨性溶液中亦干扰这个反应。这种干扰因素(Fe^{2+} 可用 H_2O_2 氧化为 Fe^{3+})可因酒石酸盐的加入而除去之。当有大量钴盐存在时, 则可采取下面注中所示方法处理之。氧化剂必予除去之。Pd、Pt、Au 等离子在酸性溶液中有沉淀发生。

上述的沉淀系由有机弱酸所衍生, 故遇高浓度 H^+ 离子时, 反应即逆向进行。因此在强酸溶液中沉淀难以产生, 除非加 NH_3 使

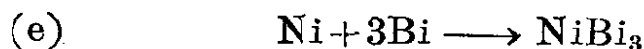
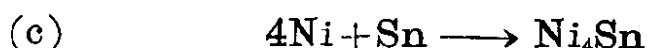
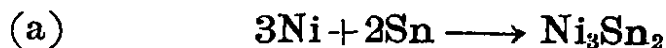
溶液碱化, 故反应常在氨性或乙酸钠溶液中进行, 但所加的氨亦不宜过浓, 否则生成镍氨络离子($\text{Ni}(\text{NH}_3)_4^{2+}$), 亦能影响其灵敏度。

注 在钴盐中测定微量的镍: 先将含有钴和镍的溶液用过量的浓氰化钾溶液处理, 随后另用 10 容积过氧化氢处理, 这样即分别形成 $\text{K}_3\text{Co}(\text{CN})_6$ 和 $\text{K}_2\text{Ni}(\text{CN})_4$ 。再加 40% 甲醛溶液, 则 $\text{K}_3\text{Co}(\text{CN})_6$ 不发生作用 (故对丁二酮肟仍保持无反应), 而 $\text{K}_2\text{Ni}(\text{CN})_4$ 则被分解为氰化镍, 后者与丁二酮肟立即发生作用:



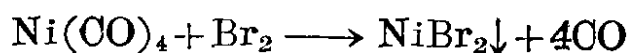
【13】 Bi、Sn

镍可与铋、锡形成下列各种合金。

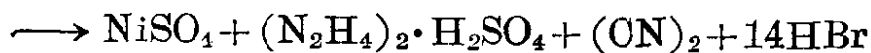
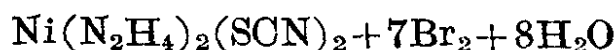


【14】 Br₂

(1) 溴与羰基镍在四氯化碳溶液中反应后, 形成一氧化碳和无水溴化镍的黄色沉淀。

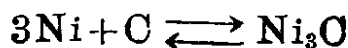


(2) 硫氰酸二肟合镍经溴处理后, 即被氧化为硫酸盐。其它硫氰酸盐亦有相似的反应发生。



【15】 C

镍与碳在最适宜的浓度下, 于 2100°C 以上反应时, 即能生成一碳化三镍, 但若温度降至 1600°C 与 900°C 之间, 则一碳化三镍即分解为元素碳和镍。

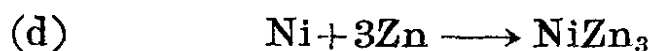
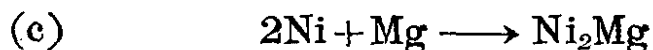
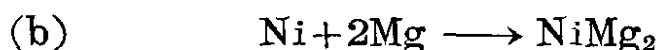
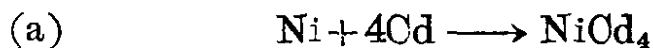


[16] C + H₂

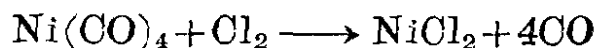
将氢通入氧化镍和碳的热混合物上,即形成甲烷和一氧化碳。

**[17] Cd, Mg, Zn**

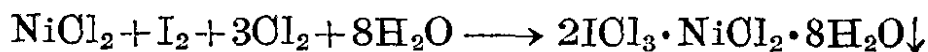
镍可与镉、镁和锌形成下列各种合金。

**[18] Cl₂**

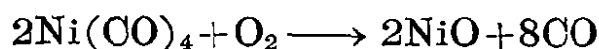
羰基镍和氯溶液在四氯化碳中混合时,即有氯化镍和一氧化碳形成。

**[19] I₂ + Cl₂**

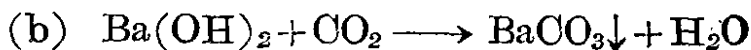
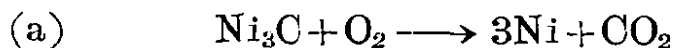
将 15 克碘加至含有 10 克氯化镍的饱和溶液中,然后通入氯气,即生成绿色针状结晶物。

**[20] O₂**

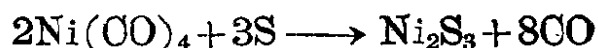
羰基镍与含有一氧化碳的氧共加热至 200°C,即形成胶态的氧化镍。

**[21] O₂ + Ba(OH)₂**

为了分析一碳化三镍中的含碳量,可先将碳化镍与氧作用,形成镍和二氧化碳,后者再与氢氧化钡反应,生成碳酸钡沉淀。

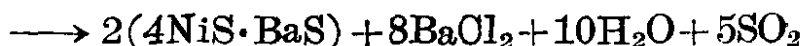
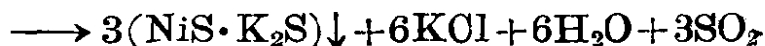
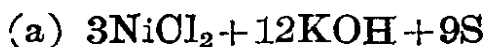
**[22] S**

羰基镍与硫在有机溶剂中缓慢地反应后,生成一氧化碳和黑色的硫化高镍沉淀物。



【23】 S + KOH + Ba(OH)₂

当镍盐和硫与碱共熔时,即生成硫化物的结晶。

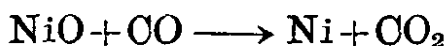


【24】 CO

(1) 当暗红色的氰镍酸钾溶液在 0°C 时,能迅速吸收一氧化碳,同时溶液的颜色变为橙黄色。

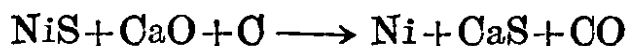


(2) 在 280°C 时,氧化镍可被一氧化碳还原。



【25】 CaO + C

熔融的硫化镍经石灰和过量的碳处理后,即可使硫化镍矿石脱硫,同时,在金属和助熔剂之间,硫的分配可达平衡。

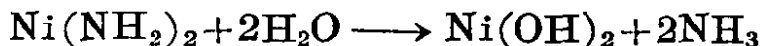


【26】 H₂O

(1) 氯化镍在 25°C 时与水作用,即发生水解反应:



(2) 二氨基(化)镍与水徐徐作用,生成氢氧化镍和游离氨。



【27】 H₂O₂ + KOH

氯化镍与氢氧化钾和过氧化氢共加热时,即有氯化钾和黑色氢氧化高镍生成。



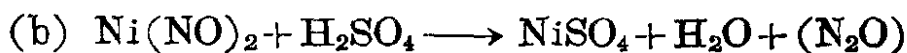
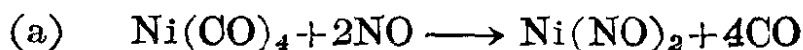
【28】 NO

羰基镍与一氧化氮反应后,生成二亚硝基镍。



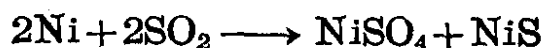
【29】 NO 、 H_2SO_4

羰基镍与一氧化氮反应后，生成二亚硝基镍 $[\text{Ni}(\text{NO})_2]$ (a)，后者遇稀硫酸立即分解为氮的氧化物(b, c)。



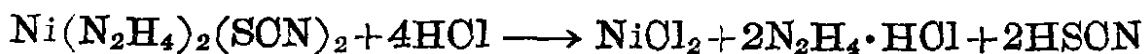
【30】 SO_2

当镍与二氧化硫作用时，生成硫酸镍和硫化镍。

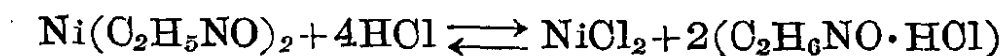


【31】 HCl

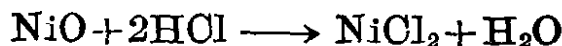
(1) 硫氰酸二胍合镍与强酸溶液加热后，即行分解；但与冷的稀酸溶液不起反应。



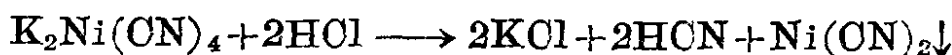
(2) 将镍与脒基脒形成的沉淀物同盐酸混和后，即发生如下反应。



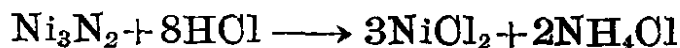
(3) 氧化镍溶解于盐酸后，即生成氯化镍和水。



(4) 氰镍酸钾与盐酸作用时，即有沉淀及气体发生。

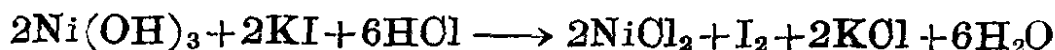


(5) 二氮化三镍极少与水发生作用，但能徐徐溶解于稀酸而生成镍和铵的盐。

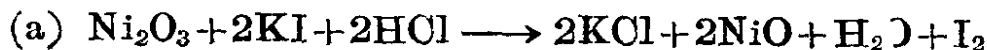


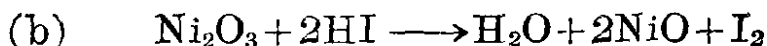
【32】 $\text{HCl} + \text{KI}$

(1) 氢氧化高镍与盐酸和碘化钾作用时，即有碘被释出，同时有镍化合物形成。



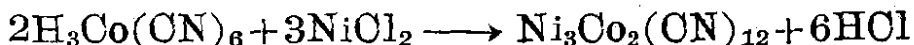
(2) 三氧化二镍在碱金属的碘化物存在下，与盐酸或稀硫酸作用时，则有碘被释出。





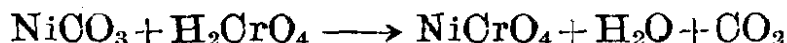
【33】 $\text{H}_3\text{Co}(\text{CN})_6$

氯化镍与氰高钴酸在纯净条件下作用后,即形成氰高钴酸镍。



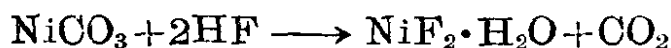
【34】 H_2CrO_4

当碳酸镍与铬酸共加热时,即有铬酸镍形成。

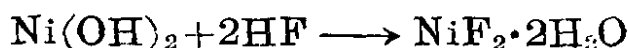


【35】 HF

(1) 当碳酸镍与氢氟酸相互作用时,即有氟化镍形成。

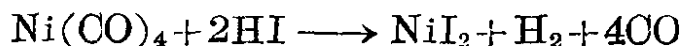


(2) 当氢氧化镍与氢氟酸共蒸发,即有结晶性氟化镍形成。



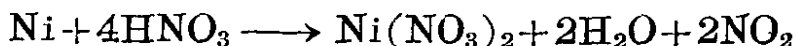
【36】 HI

当干燥的氢碘酸与羰基镍作用时,即生成碘化镍、氢及一氧化碳。

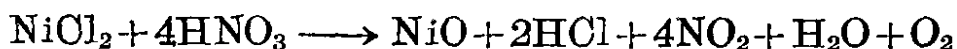


【37】 HNO_3

(1) 当热的浓硝酸作用于金属镍时,则镍被氧化为硝酸镍。

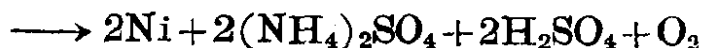
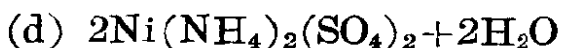
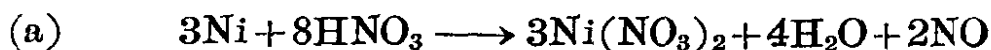


(2) 氯化镍与硝酸共蒸发并灼烧后,即变为氧化镍。



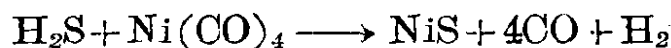
【38】 $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NH}_4\text{OH}$

为了纯化镍,先将金属镍溶解于硝酸,继加入硫酸,即形成硫酸镍;然后再加足量的氨,生成硫酸铵镍;最后进行电解。

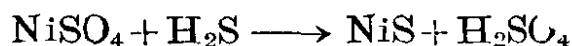


[39] H_2S

(1) 硫化氢与过量的羰基镍(在乙醇溶液中)混和后,即生成硫化镍、一氧化碳及氢。

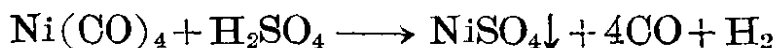


(2) 当硫化氢加至硫酸镍溶液时,即有硫化镍形成。硫化镍可以用过量的硫熔化。

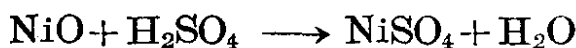


[40] H_2SO_4

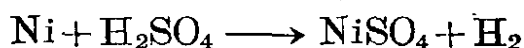
(1) 当羰基镍与浓硫酸作用后放置数日,即有硫酸镍、一氧化碳及氢形成。



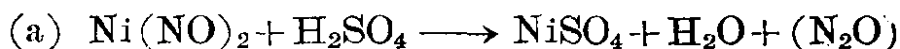
(2) 硫酸与氧化镍作用后,即形成硫酸镍。



(3) 镍与硫酸在室温下反应,即释放出氢并生成硫酸镍。

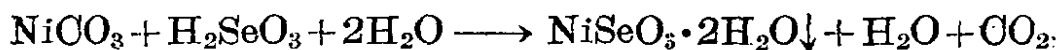


(4) 稀硫酸与二亚硝基镍反应时,后者立即分解而形成氮的氧化物。



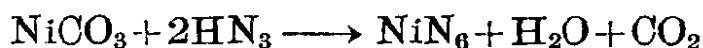
[41] H_2SeO_3

碳酸镍溶解于亚硒酸后,即有绿色的结晶球析出。



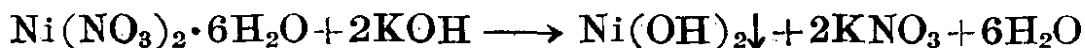
[42] HN_3

碳酸镍与叠氮酸在醚中反应,生成略带绿色的叠氮化镍。



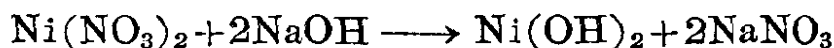
[43] KOH

当硝酸镍与氢氧化钾作用时(在室温时逐滴加入),即有氢氧化镍沉淀形成。

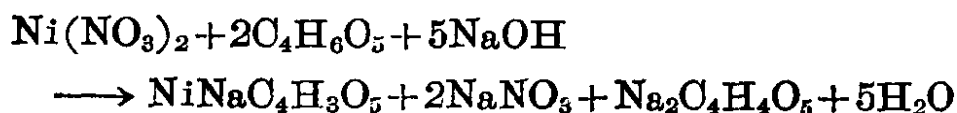


【44】 NaOH

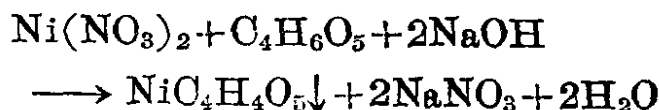
将硝酸镍和氢氧化钠的溶液煮沸时，即有氢氧化镍和硝酸钠形成。

**【45】 NaOH + C₄H₆O₅**

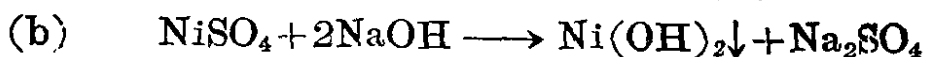
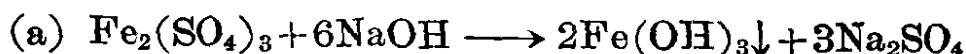
(1) 1 摩硝酸镍和 2 摩苹果酸的溶液用氢氧化钠中和后，即有络合物形成。



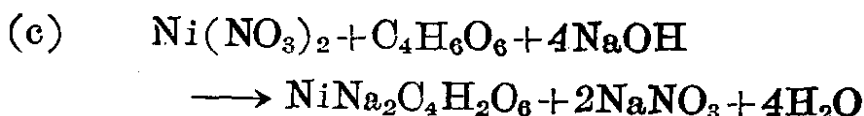
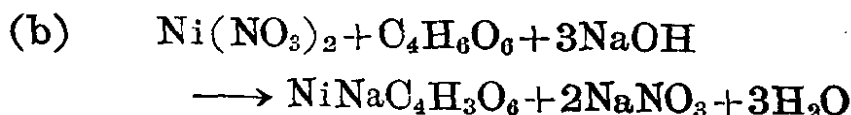
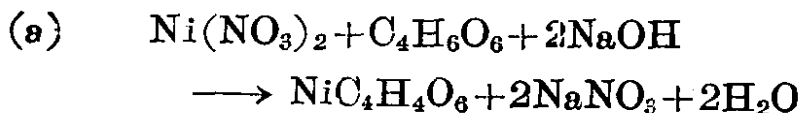
(2) 当等摩的硝酸镍和苹果酸的混合溶液用氢氧化钠中和时，即有苹果酸镍沉淀生成。

**【46】 NaOH(+H₂SO₄)**

镍可由催化剂载体上回收而得。在进行回收时，先将它(回收金属)溶解于硫酸(伴有若干硝酸)中，随后加入适量氢氧化钠或碳酸钠，将铁及其他杂质沉淀出来。在滤液中加入苛性碱使镍呈氢氧化镍而被沉淀回收。

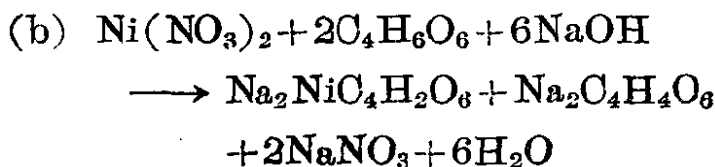
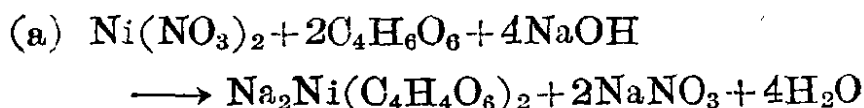
**【47】 NaOH + C₄H₆O₆**

(1) 当等摩的硝酸镍和酒石酸的混合溶液，用不同量氢氧化钠中和后，即有三种络合物形成。



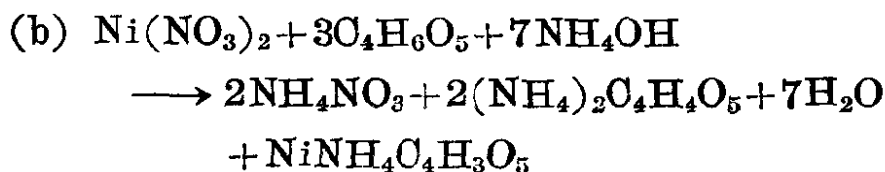
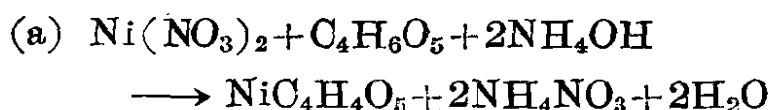
(2) 当 1 摩硝酸镍和 2 摩酒石酸的溶液，用不同量氢氧化钠

中和后,即有两种络合物形成。



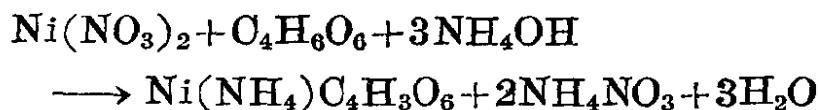
[48] $\text{NH}_4\text{OH} + \text{C}_4\text{H}_6\text{O}_5$

硝酸镍与苹果酸的溶液,用不同量氢氧化铵中和后,即形成两种络合物。



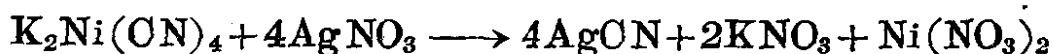
[49] $\text{NH}_4\text{OH} + \text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6$

镍盐和酒石酸的溶液,用氢氧化铵中和后,即生成下列之络合物:



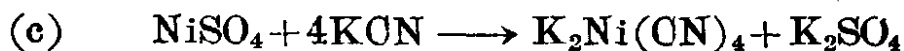
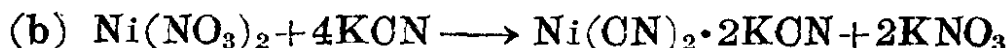
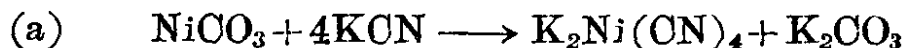
[50] AgNO_3

氰镍酸钾与硝酸银作用时,即生成氰化银、硝酸镍及硝酸钾。



[51] KCN

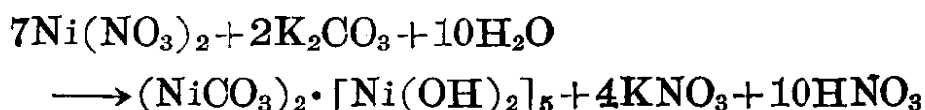
碳酸镍与氰化钾作用后,即有纯粹的氰镍酸钾形成。硝酸镍和硫酸镍亦有相同之反应发生。



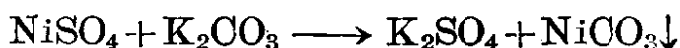
[52] K_2CO_3

(1) 当硝酸镍溶液(0.05 摩/升)与碳酸钾稀溶液混合后,即

有碱式碳酸镍形成。

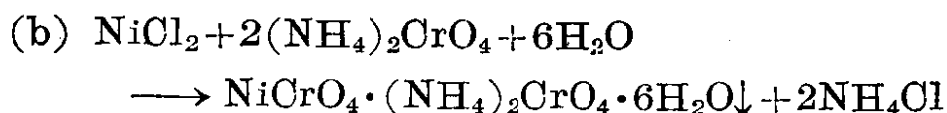
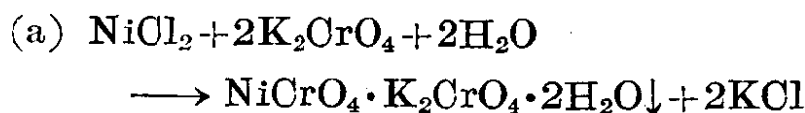


(2) 在硫酸镍的稀溶液(含 Ni 量为 1 克/升)中加入稍过量的碳酸钾溶液,然后将溶液煮沸 30 分钟,则有碳酸镍沉出。



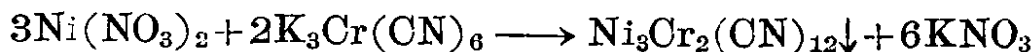
[53] K_2CrO_4 , $(\text{NH}_4)_2\text{CrO}_4$

氯化镍溶液(0.5 摩/升)与铬酸钾溶液(1.5 摩/升)作用时,即生成黄色铬酸镍钾的结晶;倘与铬酸铵作用时,则亦有相同形式之反应发生。



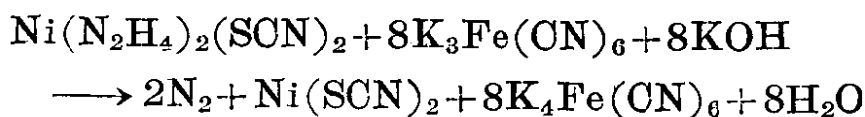
[54] $\text{K}_3\text{Cr}(\text{CN})_6$

当 4% 硝酸镍溶液与 2% 氰铬酸钾溶液反应时,即有淡绿蓝色氰铬酸镍沉淀形成。



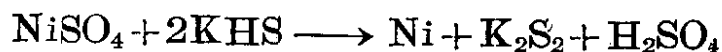
[55] $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6 + \text{KOH}$

当硫氰酸二胍合镍与铁氰化钾的碱性溶液处理后,即有氮释出。



[56] KHS

硫酸镍可被氢硫化钾还原为金属镍。



[57] KI

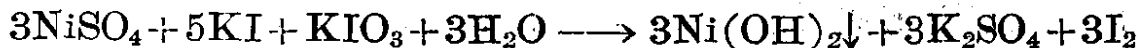
硝酸镍在强氨性溶液中遇碘化钾,即有灰色碱性木槿紫结晶性沉淀形成。

氯化物和溴化物亦有相似的作用。



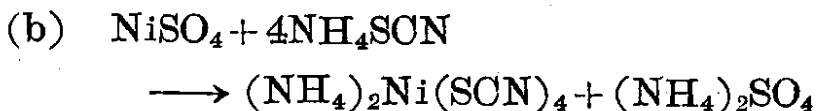
【58】 KI + KIO₃

当硫酸镍溶液与碘化钾和碘酸钾的混合物共作用时，即有氢氧化镍形成。



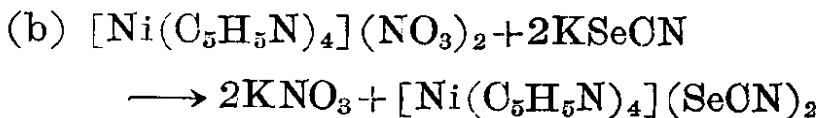
【59】 KSCN、NH₄SCN

硫酸镍溶液与硫氰酸钾溶液作用时，即有硫氰酸镍钾和硫酸钾生成。在反应中所生成的硫酸钾可加乙醇而除去之。硫氰酸铵亦有相同形式之反应生成。



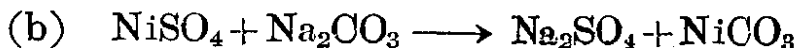
【60】 KSeCN, C₅H₅N

硝酸镍与吡啶和硒氰酸钾反应后，即生成蓝色沉淀。



【61】 Na₂CO₃

在金属混合物中回收金属时，有时常以金属混合物作为催化剂（例如 Ni-Cu 混合物），并将金属溶解于 9% 硫酸中，随后加碳酸钠沉淀之。



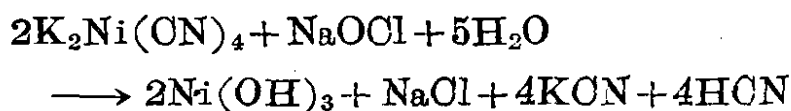
【62】 NaHCO₃

氯化镍和碳酸氢钠在相当低的温度下作用时，即有碳酸镍生成。



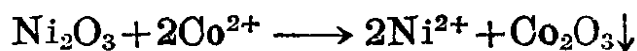
【63】 NaOCl

氰镍酸钾与次氯酸钠在溶液中作用时，即生成氢氧化高镍。



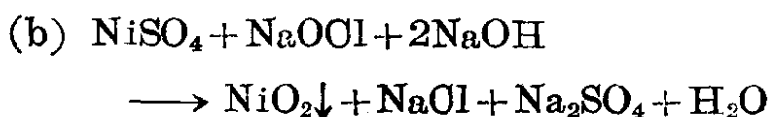
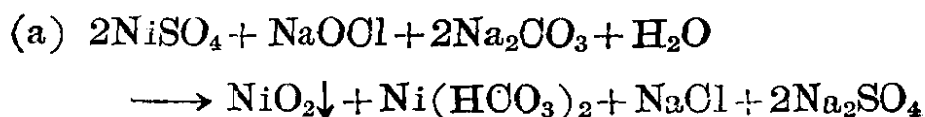
【64】 $\text{NaOCl} + \text{Co}^{2+}$

在含有次氯酸盐的碱性溶液中，氧化高镍可与溶液中的钴离子徐徐反应，形成可溶性镍盐，并有氧化高钴沉淀析出。



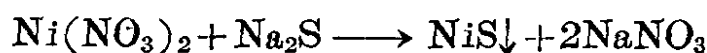
【65】 NaOCl 、 Na_2CO_3 、 NaOH

含有次氯酸钠的碳酸钠(或氢氧化钠)溶液，能氧化镍盐为不稳定的二氧化镍沉淀，后者又很快地分解为三氧化二镍，并有氧释出。



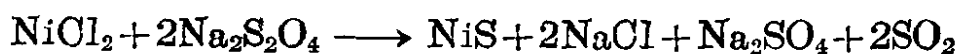
【66】 Na_2S

当硫化钠溶液加至硝酸镍溶液中，镍即呈硫化镍沉淀析出。



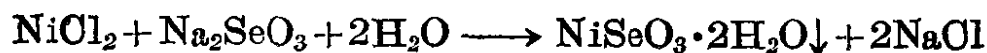
【67】 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$

氯化镍的水溶液与连二亚硫酸钠作用，即形成硫化镍。



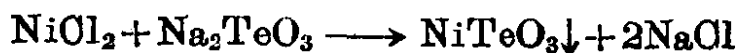
【68】 Na_2SeO_3

当镍盐溶液与亚硒酸钠混和后，即生成无定形淡黄绿色的盐，后者又转变为二水合亚硒酸镍的结晶沉淀。



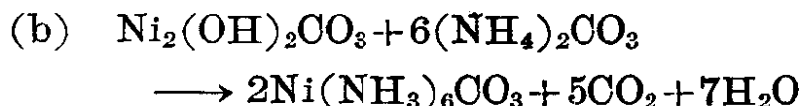
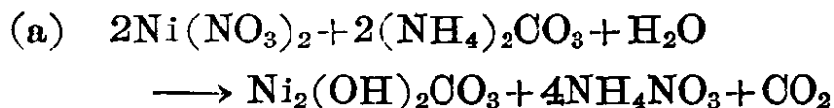
【69】 Na_2TeO_3

当亚碲酸钠溶液加至氯化镍溶液中后，即有苍绿黄色的亚碲酸镍沉淀形成。

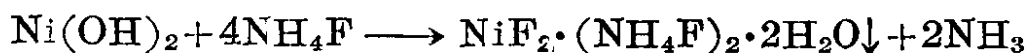


[70] $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$

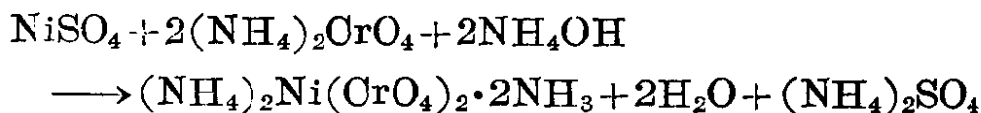
当稀硝酸镍溶液和稀碳酸铵溶液混合后,即形成碱式盐沉淀。倘应用十分稀的溶液,则混合后由于形成镍氨(Nickel-ammonia)络合物而无沉淀生成。

**[71] NH_4F**

氢氧化镍溶解于热的氟化铵后,将其过量的水蒸发掉,即生成黄色结晶性粉末。

**[72] $(\text{NH}_4)_2\text{CrO}_4 + \text{NH}_4\text{OH}$**

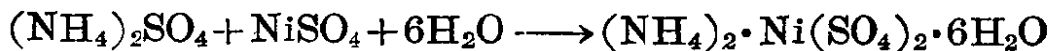
将硫酸镍和铬酸铵的浓溶液混合后,加入氢氧化铵浓溶液,结果即有铬酸盐形成。

**[73] $(\text{NH}_4)_2\text{S}$**

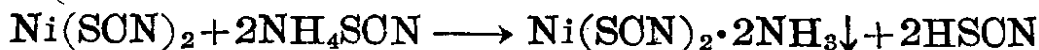
氯化镍与硫化铵共加热时,即有氯化铵和硫化镍沉淀形成。

**[74] $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$**

当等摩的硫酸镍和硫酸铵的溶液经混合后,并令其结晶,则有六水合硫酸镍二铵形成。

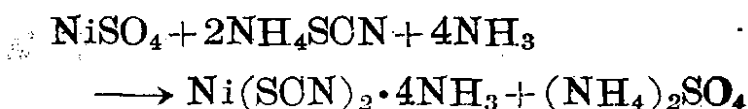
**[75] NH_4SCN**

将相当量的硫氰酸铵溶解于硫氰酸镍的水溶液中,然后将溶液在空气接触下放置数周,即有下列化合物形成。

**[76] $\text{NH}_4\text{SCN}, \text{NH}_3$**

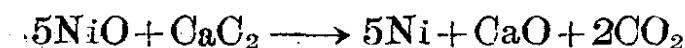
热的硫酸镍的饱和溶液与相当量的硫氰酸铵处理后,再加足

够量的氢氧化铵,使产生强烈的氨臭,接着将溶液放冷,即有淡蓝色结晶形成,其化学式如下所示。



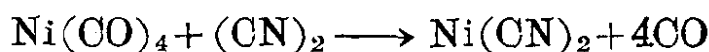
【77】 CaC_2

氧化镍与碳化钙的混合物经适当加热后,即有金属镍被还原出来。



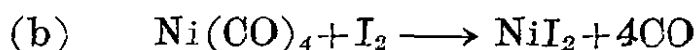
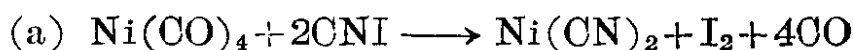
【78】 $(\text{CN})_2$

羰基镍与氰在醇的溶液中,即发生反应而生成氰化镍和一氧化碳。



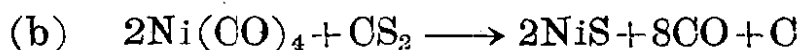
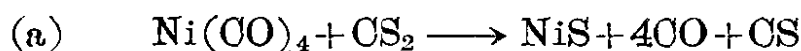
【79】 CNI

碘化氰与羰基镍在乙醇溶液中反应,形成氰化镍、碘化镍和一氧化碳。



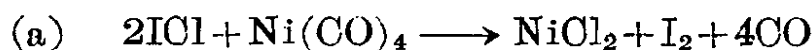
【80】 CS_2

羰基镍和二硫化碳所发生的作用是不完全的,可用下列二个反应表示之。



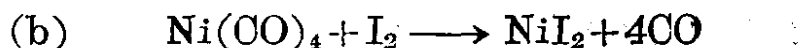
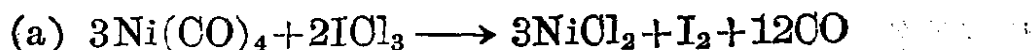
【81】 ICl

如果羰基镍与一氯化碘溶液在四氯化碳中混和后,溶液即转化为深红至紫色,并有褐色沉淀形成,同时红紫色逐渐消失。



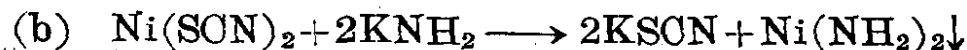
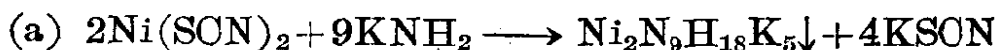
【82】 ICl_3

羰基镍与三氯化碘在氯仿溶液中反应,即形成氯化镍、碘化镍和一氧化碳。

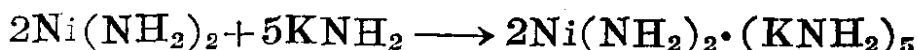


【83】 KNH_2

(1) 硫氰酸镍与大量过量的氨基(化)钾的液氨溶液反应后, 即有深红色溶液形成, 后者将会徐徐析出纯红色结晶。通过在真空 50°C 干燥后的分析结果表明, 它的化学式如(a)所示。当反应时, 如硫氰酸镍应用过量, 则有红色絮凝状沉淀形成, 沉淀通过洗涤, 并于真空 40°C 干燥, 即得二氨基(化)镍(b)。

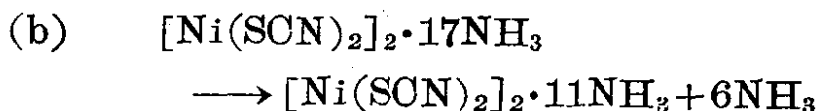
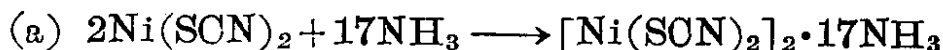


(2) 二氨基(化)镍与氨基(化)钾于液氨中反应时, 即有沉淀析出。沉淀溶解于过量的沉淀剂中。

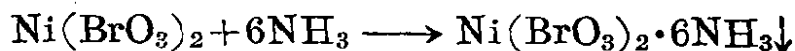


【84】 NH_3

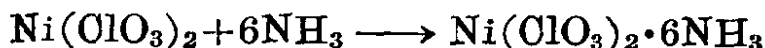
(1) 在 -40°C 将硫氰酸镍的液氨溶液的液体煮沸除去, 即得蓝紫色残留物(a); 后者很快失去部分的氨(每个镍原子失去 3 个 NH_3), 形成含氨较少的络合物(b)。



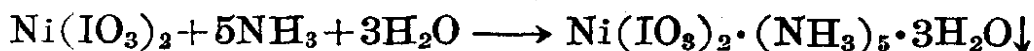
(2) 高浓度的溴酸镍溶液用氨气饱和后, 再加入氨的乙醇溶液, 即有紫罗兰色的结晶物形成。



(3) 当氨气通入氯酸镍的浓溶液时, 即形成六氨合氯酸镍的蓝色结晶。



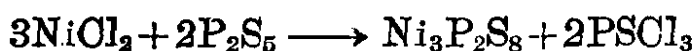
(4) 碘酸镍的氨溶液经氨气饱和后, 即形成红紫色的结晶物。



【85】 P_2S_5

氯化镍与五硫化二磷的混合物加热后, 即生成褐黑色结晶(硫

代磷酸镍)。



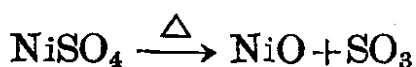
[86] S₂Cl₂

当针镍矿矿石和一氯化硫于封闭管中 170°C 加热时, 针镍矿将全部分解。



[87] 加热

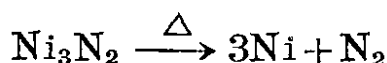
(1) 硫酸镍在 800°C 时即分解为氧化镍。



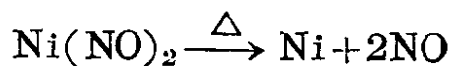
(2) 硫酸镍在铂坩埚中加热至白热 1 小时, 即形成氧化镍。



(3) 二氮化三镍在 120°C 时, 能缓慢地分解为金属镍。



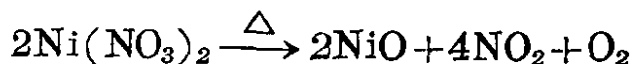
(4) 在 90°C, 二亚硝基镍即发生激烈的分解反应。



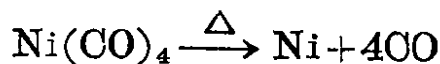
(5) 甲酸镍在 210°C 以上即分解为金属镍。



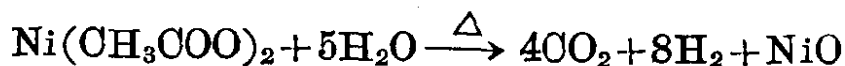
(6) 硝酸镍在燃烧时即形成氧化镍。



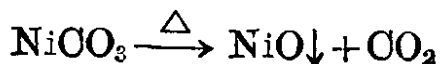
(7) 气态羰基镍在 150°C 以上, 即热分解为金属镍和一氧化碳。



(8) 乙酸镍水溶液加热至 170°C 时, 即转变为氧化镍。



(9) 碳酸镍灼热时, 可得纯的氧化镍。

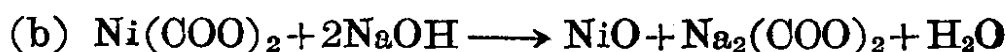
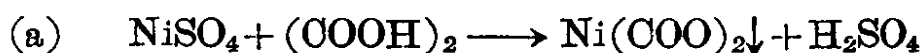


[88] CHCl₃

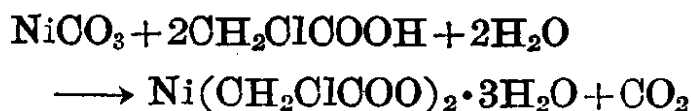
当无水硫酸镍在干燥的二氧化碳气流下与氯仿加热（在300°C），即有无水氯化镍形成。

**[89] (COOH)₂**

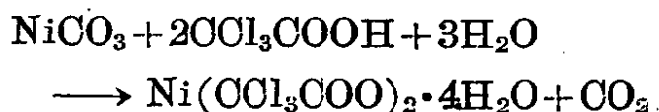
硫酸镍与草酸共煮沸时，即有草酸镍沉淀形成。草酸镍与氢氧化钠共煮沸时，则有氧化镍和草酸钠形成。

**[90] CH₂ClCOOH**

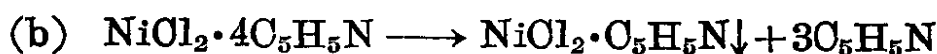
碳酸镍的水溶液与一氯乙酸处理后即形成一氯乙酸镍。

**[91] CCl₃COOH**

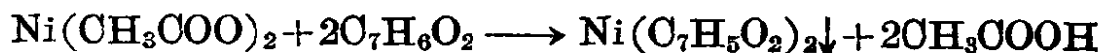
碳酸镍和三氯乙酸反应后生成绿色结晶三氯乙酸镍。

**[92] C₅H₅N**

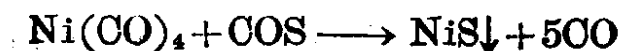
氯化镍溶液与吡啶一起加热时，即形成蓝色针状结晶物，该结晶物在115°C加热1小时后又部分分解。

**[93] C₇H₆O₂**

将乙酸镍的乙醇溶液加至水杨醛的乙醇液中，并移置水浴上温热，最后形成亮绿色沉淀。

**[94] COS**

硫化羰与羰基镍能发生缓慢的、不完全的反应，形成一氧化碳和硫化镍。



第 四 节

在本节中的阳离子既不被氯离子亦不被硫酸离子所沉淀(不论在酸性或碱性溶液中),但在氨性溶液中遇磷酸根离子,则均被沉淀为磷酸盐。

属于本节的阳离子有:

镁 Mg^{2+} 、钡 Ba^{2+} 、锶 Sr^{2+} 、钙 Ca^{2+}

镁 Mg

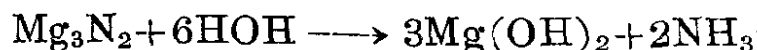
镁在自然界中分布很广,它除硅酸盐外,主要以碳酸镁的形态大量存在,构成菱镁矿(MgCO_3)和白云石($\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$)。在各种冲积岩层下面,有时可以遇到可溶性的镁矿和岩盐层在一起,其中最重要者是光卤石($\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)。

镁在地壳中的总量约占地壳重量的 2.35%。

金属镁是银白色,质很轻,密度 1.74 克/厘米³,在空气中很少变化,这是因为它迅速地被本身的氧化物薄膜所遮盖,而不能继续氧化。

镁在电动序中虽远在氢之前,但在水中由于生成难溶的氢氧化镁,故镁与水作用很慢;而其小量已溶解者因电离较大致使溶液呈弱碱性。镁易溶于酸中,同时放出氢气。碱对镁不起作用。

镁加热时会着火燃烧,此时生成氧化镁及少量的三氮化二镁。后者甚易被水分解而形成氢氧化镁和氨。



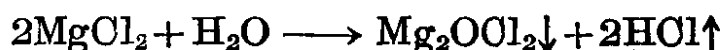
镁燃烧时所发出的光非常明亮,并含有许多紫外线,故镁在摄影时用来照明,且用在焰火制造业中。

常见的镁化合物有氧化镁(MgO)、氢氧化镁 $[\text{Mg}(\text{OH})_2]$ 、硫

酸镁($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)、氯化镁($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)和碳酸镁(MgCO_3)。

镁盐均近乎无色，溶解于水而具有苦味。氢氧化镁、碳酸镁、磷酸镁、砷酸镁及亚砷酸镁的溶度积均相当小，故这些物质或认为不溶于水。硫化镁在水中由于水解而完全分解为氢氧化镁和硫化氢，故只能在干燥的情况下制取。

氯化镁的水溶液如果在水浴上蒸发至干，将其残留的盐($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)再在 106°C 或较高的温度上加热，则有不溶于水的碱式盐形成。

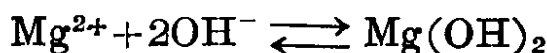


当氯化镁的饱和水溶液与氧化镁混合后，则混合物立刻变成硬块，即所谓“镁水门汀”，它含有碱式氯化镁。

镁离子的反应

【1】 碱金属的氢氧化物

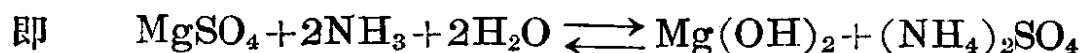
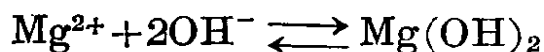
碱金属的氢氧化物与镁盐溶液作用，生成白色氢氧化镁的胶凝沉淀。



这个沉淀不溶解于过量的试剂中，但甚易溶解于稀酸及铵盐中。倘溶液的容积保持很小，而同时加入过量的碱，则可使镁几乎完全被沉淀出来。

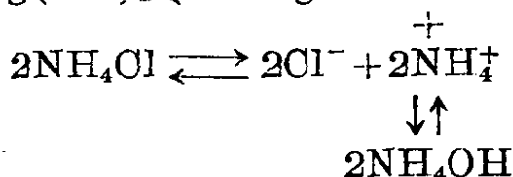
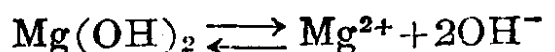
【2】 氢氧化铵

氢氧化铵与无铵盐的镁盐中性溶液作用，生成白色胶凝氢氧化镁沉淀。



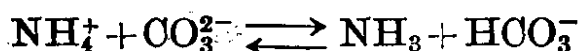
这个沉淀无法被完全沉淀，如有铵盐存在时，则无沉淀形成。这是由于铵离子通过同离子效应抑制了氢氧化铵的电离作用，因此 OH^- 离子浓度被减少至不再被超过氢氧化镁的溶度积。

氢氧化镁能溶解于铵盐溶液。

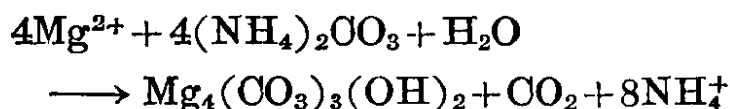


【3】 碳酸铵溶液

碳酸铵溶液与镁盐溶液只有在煮沸或持久放置时才生成白色碱式碳酸镁沉淀。如果有强酸的铵盐存在，则无沉淀形成。因为当碳酸铵加入时，高浓度的铵离子将减少溶液中的 CO_3^{2-} 离子浓度，以致不能达到碳酸镁的溶度积 (2.6×10^{-5})。



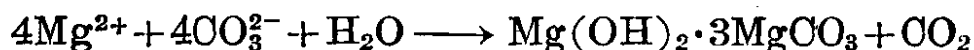
通常沉淀的碱式盐的组成往往随温度和溶液的浓度而有变化，其反应式为：



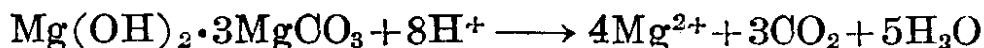
在冷而浓的镁盐溶液中，倘加过量的碳酸铵和等容积的 95% 乙醇，则镁可完全沉淀为 $\text{MgCO}_3 \cdot (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 。碳酸镁铵尚溶解于水，其溶解度随温度的升高而迅速增加，因此当碳酸铵加至热而稀的镁盐溶液（含有氯化铵而不含醇）中，则没有沉淀生成（与钡、锶及钙不同）。

【4】 碱金属的碳酸盐

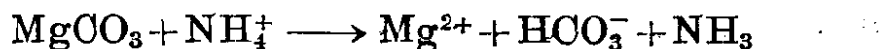
碱金属的碳酸盐与镁盐溶液生成白色无定形碱式碳酸镁沉淀。



碱式碳酸镁溶解于稀强酸、乙酸和碳酸。

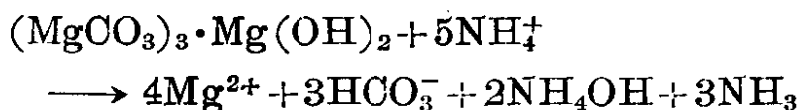


碱式碳酸镁通过碳酸根离子转变为重碳酸根离子的作用而溶解于铵盐溶液中，这时 OH^- 离子的浓度亦减小至其溶度积以下，于是化合物被溶解：

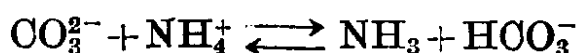




其完全的反应:



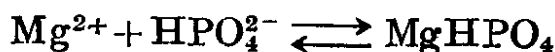
这个反应可以用来解释为什么镁在许多分析化学参考书中并不列入第4族中(这些书中常用碳酸根离子作为该族的试剂)。倘有铵离子存在,则碳酸根离子将甚易转变为重碳酸根离子:



这样在溶液中没有足够的碳酸根离子来沉淀镁。

【5】 磷酸氢二钠

磷酸氢二钠在镁盐的中性浓溶液中,生成白色絮凝状的磷酸氢镁沉淀。

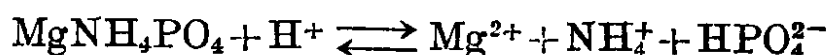


这个沉淀甚易溶解于酸,且有变为胶体的倾向。二代磷酸盐在氨性镁盐溶液中(系含有若干铵盐者)可生成白色结晶性磷酸铵镁沉淀。



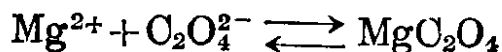
这个沉淀微溶于水,但不溶于加有若干氢氧化铵的水中。这是由于铵离子对磷酸铵镁的溶解度发生同离子效应的缘故。

磷酸铵镁甚易溶解于稀酸,即使是乙酸。



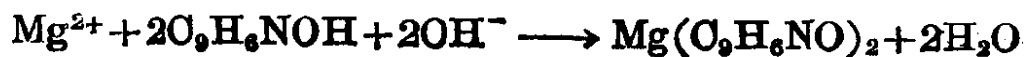
【6】 碱金属的草酸盐和草酸铵

碱金属的草酸盐和草酸铵在镁盐的稀溶液中并不生成沉淀,但在浓溶液中则将徐徐形成草酸镁沉淀。



【7】 8-羟基喹啉

8-羟基喹啉(8-Hydroxyquinoline, oxine)在氨性溶液中与镁盐溶液(加有小量的氯化铵)作用时,生成黄色羟基喹啉镁盐沉淀(Magnesium hydroxy quinolate)。必要时将混合液加热至沸点。



这个沉淀是定量的,且沉淀相当纯粹而可用作镁的定量测定。除钠和钾外,所有其他金属均不得存在。

[8] 对硝基苯偶氮- α -萘酚

对硝基苯偶氮- α -萘酚(*p*-Nitrobenzeneazo- α -naphthol)
 $O_2NC_6H_4N=NC_{10}H_7OH$, 在镁盐的碱性溶液中生成淡蓝绿色沉淀色料。将该试剂加至用氢氧化钾配制成碱性的镁盐溶液中, 则有氢氧化镁沉出, 后者(沉淀物)乃吸附颜料, 且因之而被染色, 这是非常灵敏的镁离子的试验。这个反应当有第4节中其他离子存在时, 对于镁来说仍为一特殊的反应。虽然这个反应系通过吸附而形成沉淀色料, 但它很象上述的8-羟基喹啉的直接作用。在本试剂中乃有一个伴有酸性氢的羟基, 这很象8-羟基喹啉中的羟基, 因此, 很可能镁乃置换羟基中的氢, 即每一个镁与二个分子试剂作用而形成淡蓝绿色的镁盐。除碱金属外, 其他所有金属宜除去。铵盐因妨碍氢氧化镁沉淀的形成而减少本试剂的灵敏度, 故应予除去之。

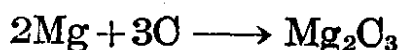
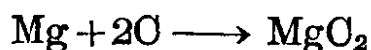
[9] 二苯卡巴肼(二苯肼基羰)(Diphenylcarbazide)

镁盐溶液先用氢氧化钠溶液处理, 即形成氢氧化镁沉淀, 然后加本试剂少量, 并将溶液过滤, 沉淀用热水洗涤, 则沉淀呈现紫红色, 这是由于形成一个络盐或吸附络合物之故, 第2、3节的金属可干扰本反应, 故应予除去。

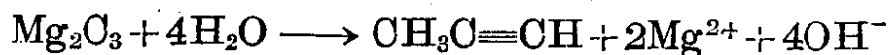
试剂是0.2克溶解于10毫升的冰乙酸中, 然后用精制醇稀释至100毫升。

[10] C

(1) 金属镁与碳在497°C反应可生成碳化镁, 在更高温度下可生成三碳化二镁(Mg_2C_3)。

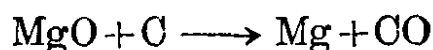


三碳化二镁与水反应生成丙炔。

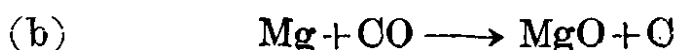
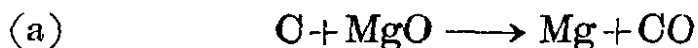


(2) 当氧化镁和碳粉置于电炉中, 加热至2000~2100°C时,

即被还原为金属镁, 其中碳粉作还原剂用。

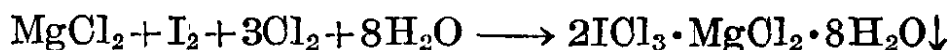


(3) 氧化镁在 1700°C 以上的高温下可被碳还原为金属镁(并含有少量碳化镁), 倘欲中止反应而希望获得高产率的镁时, 则可借助于金属铝将生成的一氧化碳除去, 否则镁将被一氧化碳氧化为氧化镁。



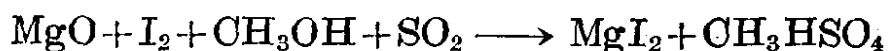
[11] $\text{I}_2 + \text{Cl}_2$

取 15 克碘加至含有 10 克氯化镁的饱和水溶液中, 然后再向溶液通入氯气后, 即有黄色针状物三氯化碘-氯化镁形成。



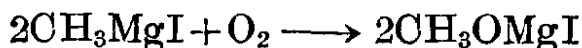
[12] $\text{I}_2 + \text{SO}_2 + \text{CH}_3\text{OH}$

卡尔-费歇尔试剂的甲醇溶液与氧化镁反应时, 生成碘化镁和甲基(代)硫酸。



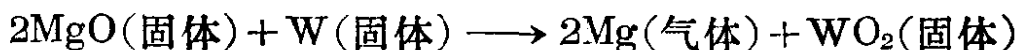
[13] O_2

氧气与格氏试剂均能进行反应。例如, 氧气和碘化甲基镁即发生快速而完全的反应。



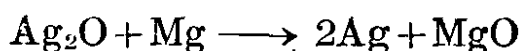
[14] W

将钨与氧化镁于真空下加热至 $827 \sim 1627^{\circ}\text{C}$ 时, 氧化镁即被还原为游离的金属镁。



[15] Ag_2O

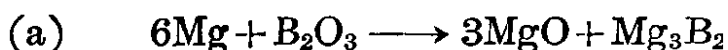
当氧化银在氢气流下与镁加热时, 即被还原, 同时有剧烈的爆炸发生。



[16] B_2O_3

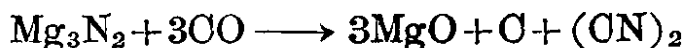
当三氧化二硼和镁粉的混合物加热至红热时(在氢气氛下),

即有硼化镁形成。在较高温度下,则将有金属硼分离出来。

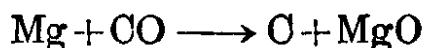


【17】 CO

(1) 当二氮化三镁与一氧化碳在高温反应时,即有氧化镁、碳和氰形成。



(2) 一氧化碳能氧化熔融的镁。

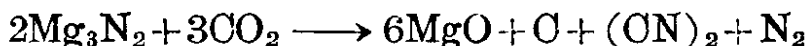


【18】 CO₂

(1) 在 600°C, 二氧化碳可徐徐被三碳化二镁还原。

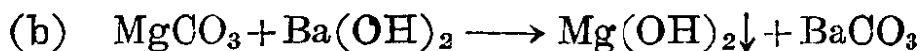
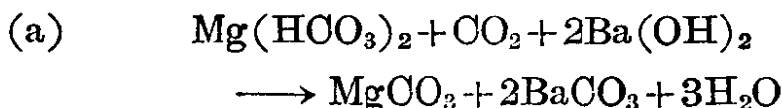


(2) 当二氮化三镁与二氧化碳在高温反应时,即有氧化镁、碳、氰和氮形成。



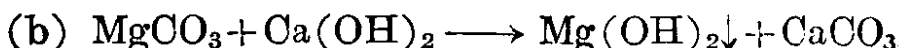
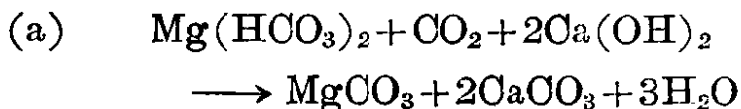
【19】 CO₂ + Ba(OH)₂

当氢氧化钡和碳酸氢镁在中性水溶液中与碳酸作用时,即有氢氧化镁沉淀生成。



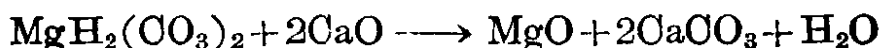
【20】 CO₂ + Ca(OH)₂

当氢氧化钙和碳酸氢镁在中性水溶液中与碳酸作用时,即有氢氧化镁沉淀生成。



【21】 CaO

酸式碳酸镁在标准状况下与氧化钙作用时,即有氧化镁、碳酸钙和水生成。



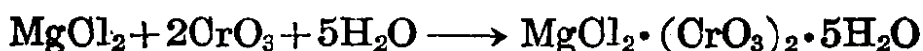
【22】 CaO + SiO

当煅烧的白云石与生石灰和一氧化硅在真空 1350°C 加热时, 则在 2 小时内将有 99% 蒸馏作用的镁形成。



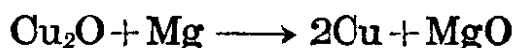
【23】 CrO₃

氯化镁的浓溶液与三氧化铬反应时, 生成红黄色的结晶。



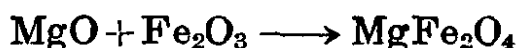
【24】 Cu₂O

氧化亚铜在氢气流下与镁共加热时, 即被还原为金属铜。



【25】 Fe₂O₃

在研究催化活性方面, 下列的反应过程已被研究。



【26】 Fe₃O₄ + O₂

在 1666.67K 或更高的温度下, 并保持在正常的大气压下, 四氧化三铁与氧化镁作用时, 即有铁酸镁形成。

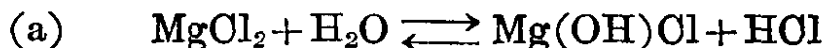


【27】 H₂O

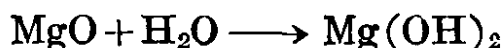
(1) 碳酸镁在水中即被水解而生成下列各化合物。



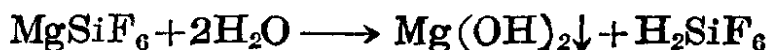
(2) 氯化镁在高温时可被水蒸汽所分解。



(3) 当氧化镁浸在水中时(在常温下), 即水解而形成氢氧化镁。



(4) 氟硅酸镁的水解过程如下:

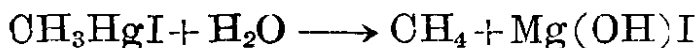


(5) 当二氯化镁被通入过热的蒸汽和空气流后, 即有氧化

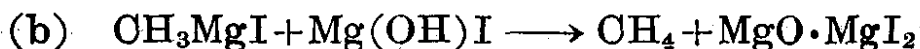
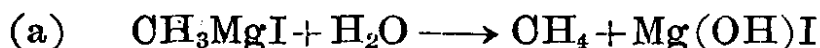
镁形成。



(6) 当水与碘化甲基镁作用后,生成的气体经水、氢氧化钾和硫酸洗涤后,再经过五氧化二磷柱干燥,并予以液化,然后在完全没有空气下进行分馏,即制得纯净的甲烷。



(7) 水分子中第二个氢原子对于格利雅试剂来说是具有活性的,其反应式可表示如下。

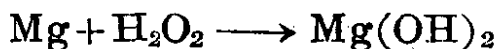


(8) 碳酸镁在水存在下,即有下列反应发生。



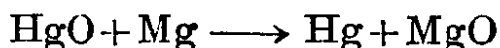
【28】 H_2O_2

镁能徐徐与过氧化氢反应,形成碱性液体,后者在蒸发时,即生成氢氧化镁。



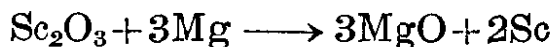
【29】 HgO

氧化汞在氢气流下与金属镁加热时,即被还原为金属汞。



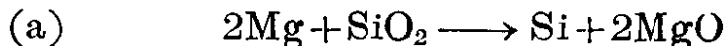
【30】 Sc_2O_3

氧化钪在氢气流下与金属镁加热时,即被还原为金属钪。



【31】 SiO_2 、 ZrO_2

当镁与二氧化硅的混合物加热至高温时,即有无定形硅形成。二氧化锆亦有相同的反应发生。



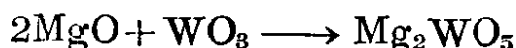
【32】 Y_2O_3 、 ZnO 、 SrO

氧化钇在氢气流下与镁加热时,即被还原为钇。氧化锌和氧化锶亦有相同的反应,但氧化锶的反应温度为加热至微白热。



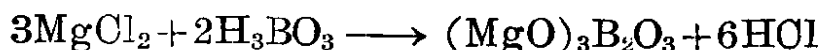
[33] WO_3

当氧化镁和三氧化钨的混合物(其摩尔比大于 3:1) 经加热至 1250°C 以上后, 即形成不同于钨酸镁 (MgWO_4) 的非磷光物 Mg_2WO_5 。



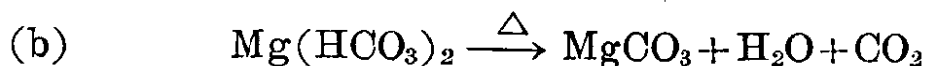
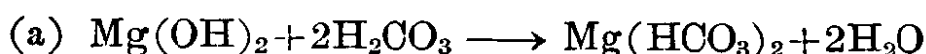
[34] H_3BO_3

当熔融的无水氯化镁与硼酸反应时, 即有硼酸镁的结晶形成。



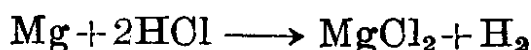
[35] H_2CO_3

当氢氧化镁在压力下与碳酸作用时, 即有碳酸氢镁生成, 后者当加热时, 则生成碳酸镁。

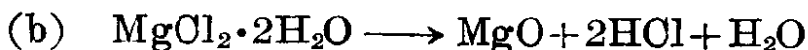
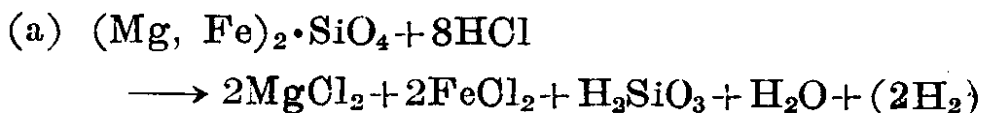


[36] HCl

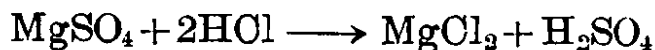
(1) Baro-buret 的气体分析法是根据下列反应式进行的。



(2) 在从橄榄石(或蛇纹石)中提取氧化镁的方法中, 主要包括先将矿石用盐酸处理(a), 随后将其生成的氯化物在 750°C 进行热分解(b)。

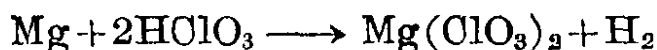


(3) 无水硫酸镁与干燥的气态氯化氢在红热下相互作用时, 它的反应情况与碱金属硫酸盐所发生者相同。



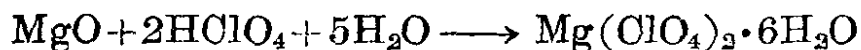
[37] HClO_3

镁与氯酸作用后, 即有氯酸镁和氢形成。



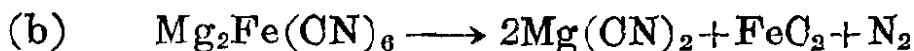
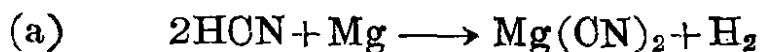
[38] HClO_4

当纯的氧化镁与高氯酸的稀溶液作用时, 即有六水合高氯酸镁形成。



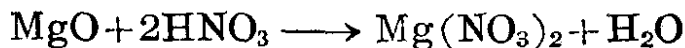
[39] HCN

当 10~25% 氰化氢的水溶液与金属镁作用时, 即有氰化镁形成。这种盐类极易溶于水而迅速受到水解作用; 因此, 它并不稳定。氰化镁亦可将氰亚铁酸镁直接在干燥情况下加热至 200°C 而制得, 但它并不稳定。

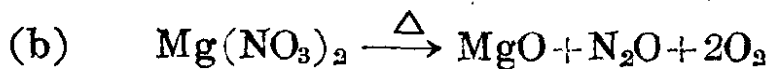


[40] HNO_3

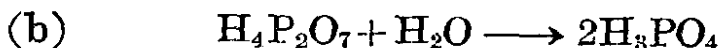
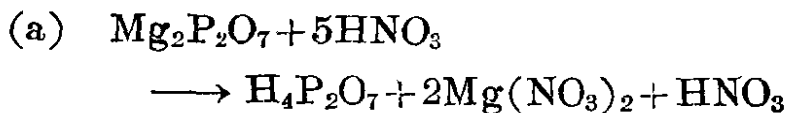
(1) 当氧化镁与硝酸作用至溶液呈中性状态时, 则有硝酸镁形成。



(2) 当纯的金属镁与硝酸处理后, 即生成硝酸镁, 后者如予灼烧, 则有镁的氧化物形成。



(3) 当焦磷酸镁溶解于硝酸后, 即有焦磷酸形成(a)。在酸性溶液中, 焦磷酸变为磷酸。



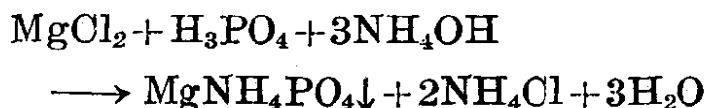
[41] H_3PO_4

当硝酸镁与磷酸共加热时, 即有磷酸镁形成。同时亦有硝酸生成。



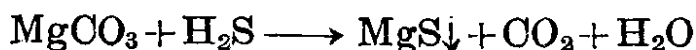
【42】 $\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{NH}_4\text{OH}$

纯粹的磷酸水溶液与氨性氯化镁溶液作用，即有磷酸铵镁沉淀生成。



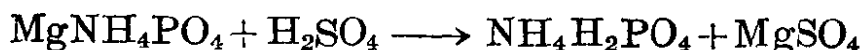
【43】 H_2S

当 1 份碳酸镁在 100 份水中的情况下，用硫化氢气流处理时，约经 30 小时后才被完全转变至硫化物。

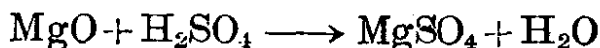


【44】 H_2SO_4

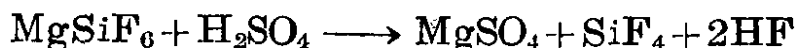
(1) 硫酸能定量地与磷酸镁铵作用，故其所发生的反应可作为测定镁的基础(容量法)。



(2) 当硫酸作用于氧化镁时，即有硫酸镁形成。

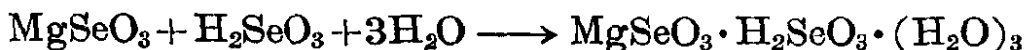


(3) 当氟硅酸镁与热硫酸作用时，即迅速被分解。

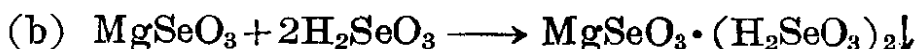
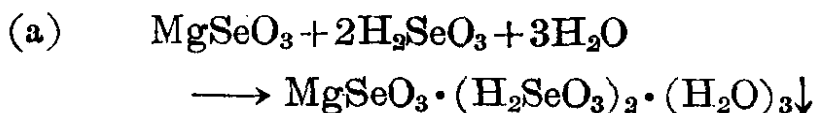


【45】 H_2SeO_3

(1) 将亚硒酸镁溶液和亚硒酸混合后，在普通温度下蒸发时，则有三水合亚硒酸氢镁的六边角锥形体簇形成。



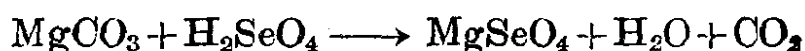
(2) 在亚硒酸中的亚硒酸镁的浓溶液，将固化为水合亚硒酸氢镁的小形闪光的正交棱晶的固体块物。在 60°C 时则沉淀为相应的无水盐。



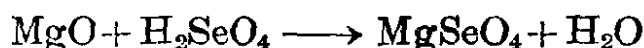
【46】 H_2SeO_4

(1) 当碳酸镁和中等浓度的硒酸溶液作用时，即有硒酸镁形

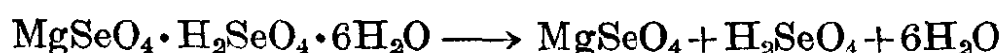
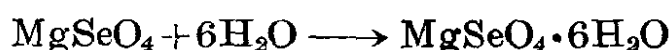
成。这个产物可借溶液的过滤和浓缩而分离出来。后者经过二次结晶后,即得六水合物的盐。



(2) 将氧化镁溶解于硒酸后,即有硒酸镁形成。

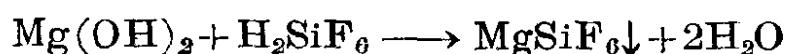


(3) 当硒酸加至硒酸镁的饱和水溶液中时,则将有下列反应发生。



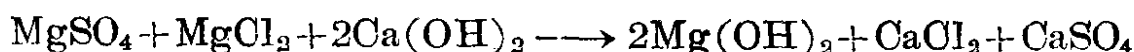
[47] H_2SiF_6

当氢氧化镁与氟硅酸作用时,即有白色结晶粉(氟硅酸镁)形成。



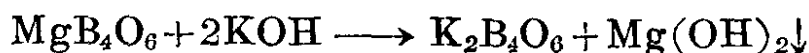
[48] $\text{Ca}(\text{OH})_2$

应用氧化钙或氢氧化钙可以从海水和天然盐水中回收镁。

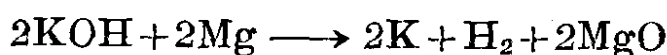


[49] KOH

(1) 当 MgB_4O_6 与氢氧化钾溶液反应时,即有氢氧化镁沉淀形成,后者可以滤去。将溶液浓缩时,则有 $\text{K}_2\text{B}_4\text{O}_6$ 析出。

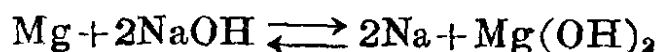


(2) 当氢氧化钾被镁还原时,即有剧烈的反应发生。在反应时,如果加些惰性物质如氧化镁或应用镁块或镁条时,则反应可能要缓和些。

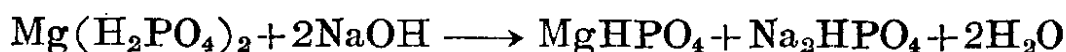


[50] NaOH

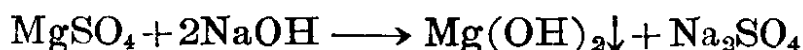
(1) 将一片镁条浸入熔融的氢氧化钠中,当把它移出时,则有蓝色液珠粘在上面。这种现象表明有金属钠释出。



(2) 将磷酸二氢镁加热,同时加入几滴氢氧化钠溶液,直至溶液变红为止。结果有酸式磷酸镁、酸式磷酸钠和水形成。



(3) 当硫酸镁溶液与氢氧化钠作用后, 即有氢氧化镁沉淀形成。

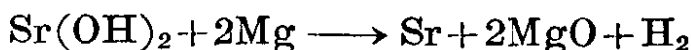


(4) 金属氟硅酸盐可被热的氢氧化钠溶液迅速分解, 其反应如下。



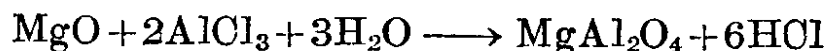
【51】 $\text{Sr}(\text{OH})_2$

氢氧化锶在氢气流下与镁加热时, 锶即被还原。



【52】 AlCl_3

当氧化镁与氯化铝(在水气存在下)加热时, 即有针状结晶形成。



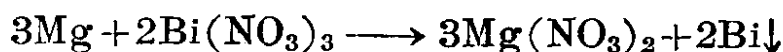
【53】 AuCl_3

镁与氯化金溶液作用时, 即有金属金形成。



【54】 $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$

当金属镁与铋盐(如硝酸铋)溶液反应后, 即有纯的金属铋沉淀形成。



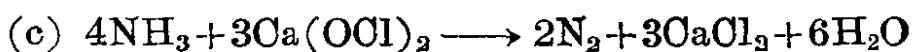
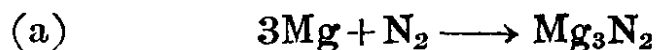
【55】 $\text{CaCl}_2 + \text{CO}_2$

将氢氧化镁和氯化钙反应生成的淤浆, 经碳酸饱和后, 结果有下列反应发生。



【56】 $\text{Ca}(\text{OCl})_2$

为了使氮气纯化, 可将氮气与镁加热使之形成二氮化三镁; 再把它水解为氨, 最后用次氯酸钙把氨氧化至氮。



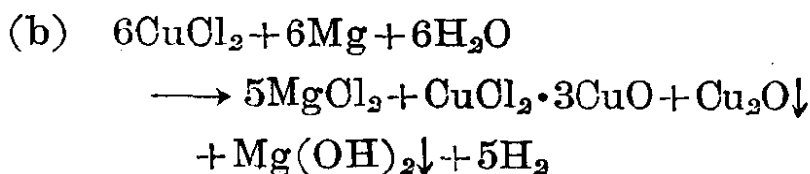
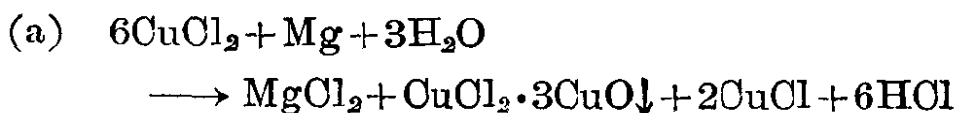
【57】 CdCl_2

镁与氯化镉的溶液反应后，即有沉淀生成。沉淀含有镉和二氯化镉的混合物。



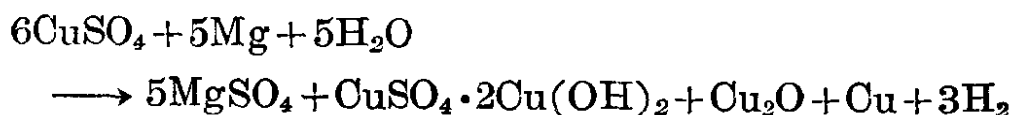
【58】 CuCl_2

镁与氯化铜溶液作用时，即生成氯化亚铜和氯氧化铜的绿色沉淀。如将液体进行过滤，再加更多的镁，则有氧化亚铜和氢氧化镁沉淀析出。



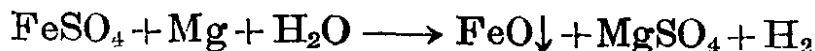
【59】 CuSO_4

硫酸铜溶液与镁反应时，即有氧化亚铜、金属铜和绿色碱式硫酸铜形成。



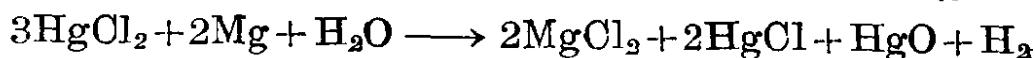
【60】 FeSO_4

镁与硫酸亚铁溶液作用时，即有白色水合氧化亚铁沉淀和硫酸镁形成。



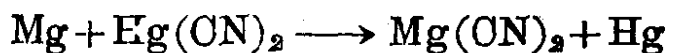
【61】 HgCl_2

氯化汞溶液与镁作用时，即有氯化亚汞和氧化汞形成。



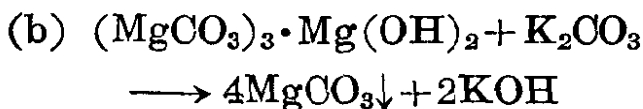
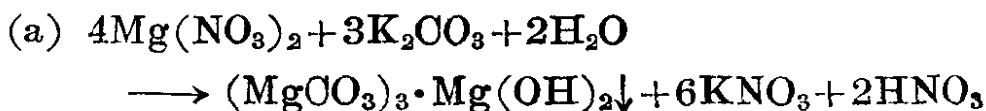
【62】 $\text{Hg}(\text{CN})_2$

当镁与氰化汞的液氨溶液作用后，生成不纯的氰化镁。



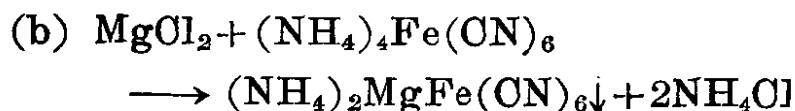
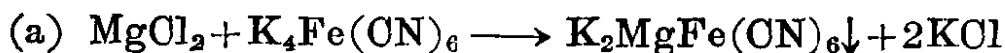
【63】 K_2CO_3

当硝酸镁的稀溶液与碳酸钾作用时，即有碱式碳酸盐生成(a)，当放置时，则因与母液接触而有碳酸盐形成(b)。



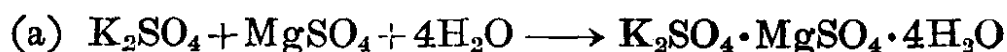
【64】 $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ 、 $(\text{NH}_4)_4\text{Fe}(\text{CN})_6$

当相当量的氯化镁和亚铁氰化钾的冷而浓的溶液混合后，即有白色微晶形沉淀形成。与亚铁氰化铵亦有相似的反应发生。



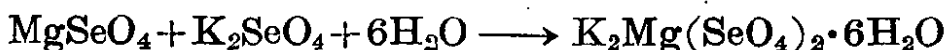
【65】 K_2SO_4

在 MgSO_4 — K_2SO_4 — H_2O 体系中，当温度为 85°C 时，有 $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{MgSO}_4$ 及 $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 等呈稳定的固相；但当温度升高至 100°C 时，则 $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 不再呈稳定的固相。



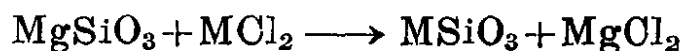
【66】 K_2SeO_4

硒酸镁与硒酸钾的溶液作用时，即有六水合硒酸镁钾的复盐形成。如果以铷或铯代替钾时，则亦有相同形式的反应发生。



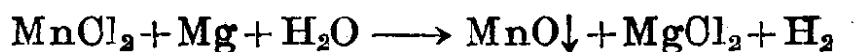
【67】 MCl_2 (金属氯化物)

金属氯化物与硅酸镁作用时，即发生镁与金属的互换反应。



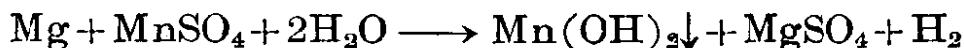
【68】 MnCl_2

当金属镁与二氯化锰的饱和水溶液反应 6~8 小时,即有一氧化锰沉淀形成。



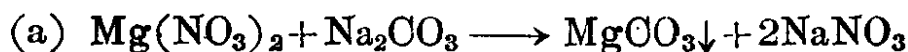
【69】 MnSO_4

镁与硫酸锰溶液作用时,即有白色氢氧化锰沉淀形成,同时有氢释出。



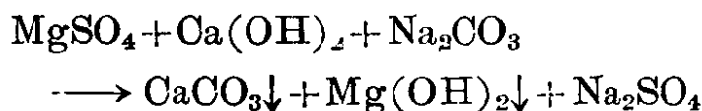
【70】 Na_2CO_3

当碳酸钠与硝酸镁溶液作用时,即有沉淀析出,后者倘予洗涤、干燥并灼烧,则有纯粹的氧化镁生成。



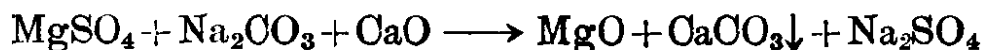
【71】 $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Ca}(\text{OH})_2$

当硫酸镁与氢氧化钙和碳酸钠作用时,即有碳酸钙、氢氧化镁和硫酸钠形成。



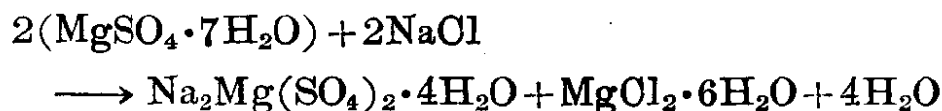
【72】 $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CaO}$

当硫酸镁与碳酸钠和氧化钙共混合,并稍予加热时,则有氧化镁、碳酸钙和硫酸钠形成。



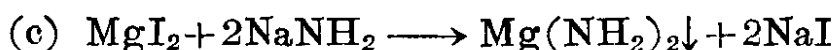
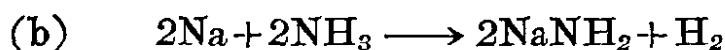
【73】 NaCl

硫酸镁与氯化钠在 30°C 以上反应时,即有下列反应产物生成。



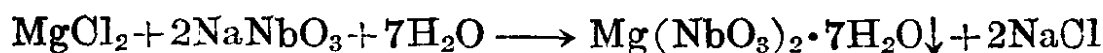
【74】 NaI

在碘化钠的液氨溶液中,镁能置换出钠来(a)。钠在镁的参加下(镁作为催化剂)将形成氢和氨基(化)钠(b),后者又与碘化镁反应,形成碘化钠和几乎不溶解的二氨基(化)镁(c)。



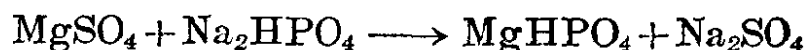
【75】 NaNbO_3

当氯化镁溶液加至铌酸钠溶液中后，即有白色絮状沉淀铌酸镁形成。



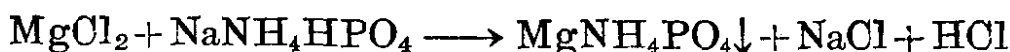
【76】 Na_2HPO_4

将硫酸镁溶液与磷酸氢二钠溶液混合并稍加热后，即有磷酸氢镁和硫酸钠生成。



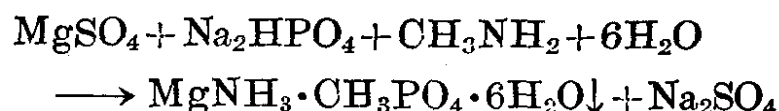
【77】 $\text{NaNH}_4\text{HPO}_4$

氯化镁的微酸性(HCl)溶液，在乙酸钠存在下，与磷酸氢铵钠共煮沸后，即有定量的沉淀磷酸铵镁生成。



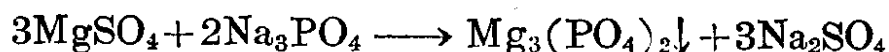
【78】 $\text{Na}_2\text{HPO}_4 + \text{CH}_3\text{NH}_2$

将 100 毫升硫酸镁溶液(0.01 摩/升)、100 毫升磷酸氢二钠溶液(0.01 摩/升)、600 毫升水和 200 毫升甲胺溶液(0.02 摩/升)充分混合后，即有下述结晶沉出，本反应需 8 天才能完成。



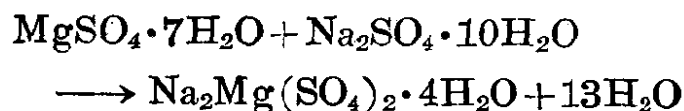
【79】 Na_3PO_4

当以磷酸钠的溶液徐徐加至含有过量硫酸镁的溶液中时，即有磷酸镁形成。



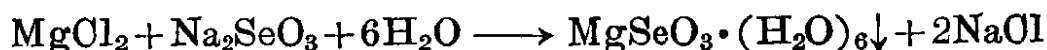
【80】 $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

当含有芒硝和七水(合)硫酸镁的溶液加热到 20.7~20.9°C，即有反应发生，结果形成四水合硫酸镁二钠和水。

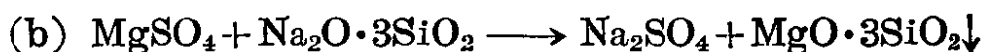
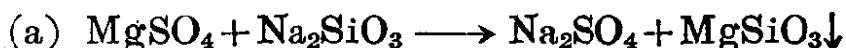


[81] Na_2SeO_3

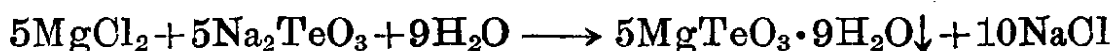
当氯化镁与亚硒酸钠的溶液混合后, 则有六水合亚硒酸镁沉淀形成(呈小而薄的六方形片)。在稀的溶液中, 则形成小而短的棱晶。

**[82] Na_2SiO_3**

将硅酸钠溶液徐徐加至硫酸镁溶液中并予搅拌, 则有下列反应物生成。

**[83] Na_2TeO_3**

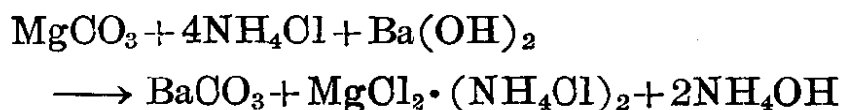
当氯化镁溶液加至亚碲酸钠溶液后, 即有白色亚碲酸镁沉淀形成。

**[84] NH_4Cl**

当1克橄榄石(Mg_2SiO_4)与10克氯化铵共加热至所有氯化铵均气化时, 则有相当于0.44%的氧化镁转变为氯化镁。

**[85] $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Ba}(\text{OH})_2$**

当氯化铵在氢氧化钡存在下与碳酸镁作用时, 即有可溶性的氯化镁-氯化铵复盐形成。

**[86] NH_4NO_3**

当硝酸铵与镁在液氨溶液中反应时, 即有硝酸镁形成。

**[87] NH_4I**

当镁与碘化铵在液氨溶液中反应时, 即有碘化镁形成。

**[88] PbCl_2**

镁与近乎中性的氯化铅溶液作用后, 即有铅和伴有二氯化铅的沉淀形成。



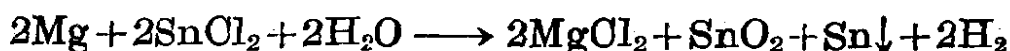
[89] PtCl₄

镁与四氯化铂的溶液作用后, 即有黑色的铂沉积物形成。



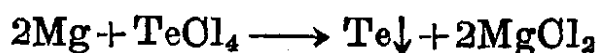
[90] SnCl₂

镁与二氯化锡作用时, 即有二氧化锡和锡形成。



[91] TeCl₄

金属镁(在微过量时)与四氯化碲的盐酸溶液作用时, 则碲将完全被沉淀出来。



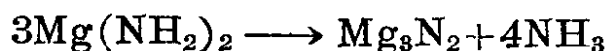
[92] KNH₂

当碘化镁与氨基(化)钾在液氨溶液中反应后, 即有二氨合二(亚氨基钾)镁形成。



[93] NH₃

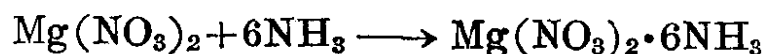
(1) 将氨通入二乙基镁(MgEt_2)的乙醚溶液中, 可以得到二氨基(化)镁 $[\text{Mg}(\text{NH}_2)_2]$ 。二氨基(化)镁在红热时, 将分解成二氯化三镁。



(2) 当氯化镁吸收氨后, 即有六氨合氯化镁形成。



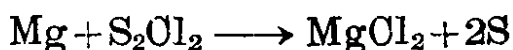
(3) 当金属镁与硝酸镁的液氨溶液作用后, 即形成六氨合硝酸镁。



[94] S₂Cl₂

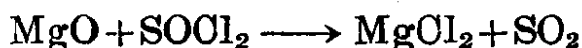
金属镁在室温时与干燥的一氯化硫反应时, 即有硫和氯化镁形成。约经过几分钟的诱导期后, 反应进行剧烈。铝、铬、锰、锌、

铁、镍、铅、镉、锡、铋、银、金、钨和铂并不发生反应。



【95】 SOCl_2

将氧化镁先予强热,然后在硫酸上冷却,接着转移至封闭管中与亚硫酰(二)氯在 $150 \sim 200^\circ\text{C}$ 反应,结果有氯化镁形成。

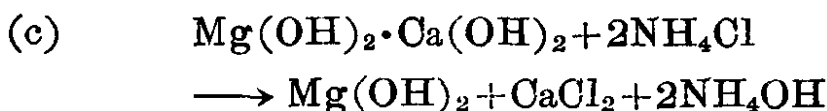
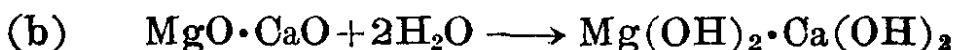
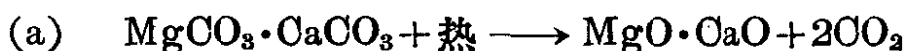


【96】 加热

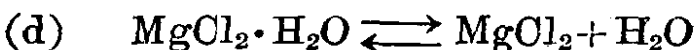
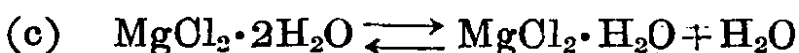
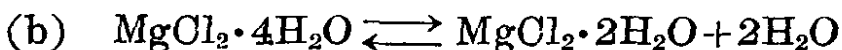
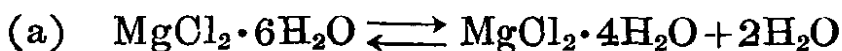
(1) 碳酸镁的热分解作用,将导致一系列的各种碱式碳酸盐:



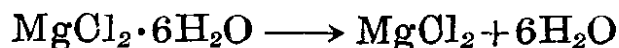
(2) 从白云石制取氧化镁时,常根据下列一系列的反应完成。



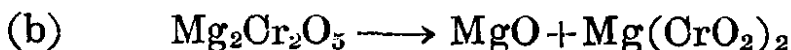
(3) 在 20°C 和 160°C 间,水合氯化镁的脱水作用,将包括下列的反应:



(4) 六水合氯化镁在干燥的氯化氢气流下于 180°C 电炉上加热时,可得无水氯化镁。这个产物往往含有 6% 杂质(可能是氯氧化物)。

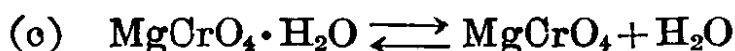
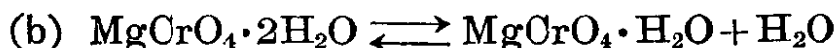
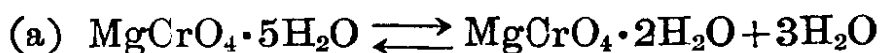


(5) 铬酸镁的热分解作用按下列反应发生。

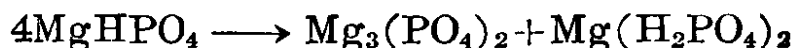


(6) 铬酸镁在 $50 \sim 60^\circ\text{C}$ 时生成二水合物(a), $100 \sim 110^\circ\text{C}$ 时

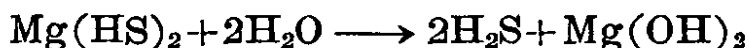
生成一水合物(b), 在 160~170°C 生成无水铬酸镁(c)。



(7) 当磷酸氢镁在水溶液中加热至沸, 结果有磷酸镁和磷酸二氢镁形成。



(8) 氢硫化镁溶液在加热时, 即有硫化氢生成。



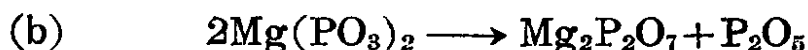
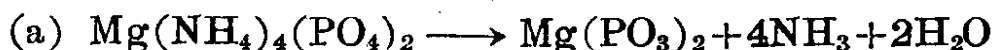
(9) 焦磷酸镁在 205°C 以上加热分解时, 即有偏磷酸镁形成。



(10) 磷酸铵镁(由磷酸镁和氢氧化铵作用时生成的沉淀)灼烧时, 即有焦磷酸镁形成。



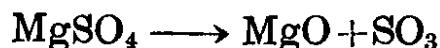
(11) 二磷酸四铵镁在灼烧时即分解为焦磷酸镁和五氧化二磷。



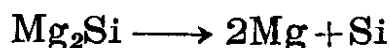
(12) 亚硝酸镁在 120°C 左右加热时, 即分解为氧化镁、硝酸镁和一氧化氮。



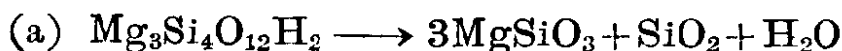
(13) 硫酸镁在 1000°C 以上加热时可发生分解。

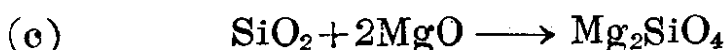
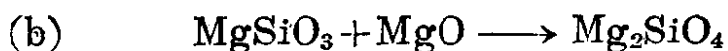


(14) 硅化镁在真空中或在氢气流下加热到 1200°C 时, 即完全离解。



(15) 当滑石加热至 1543°C 时, 即有斜顽辉石(MgSiO_3)和二氧化硅生成(a)。如有足量的氧化镁参加, 则有镁橄榄石(Mg_2SiO_4)形成(b、c)。



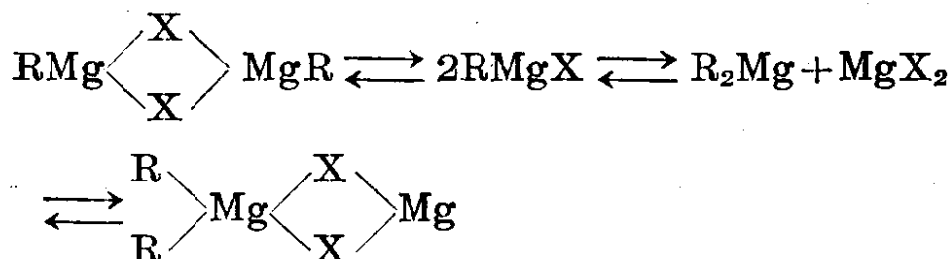


【97】 卤代烷

金属镁与卤代烷在乙醚中小心地反应时, 可得格氏(格利雅)试剂 RMgX (R —烷基或芳基, X — Cl , Br 或 I)。

格氏试剂 RMgX 通常都是乙醚的加合物, 如 $\text{C}_2\text{H}_5\text{MgBr} \cdot 2\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$ 。

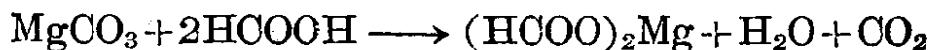
格氏试剂的溶液中, 各分子品种呈如下平衡:



各分子品种的比例将随 R 和 X 的性质, 溶剂的性质, 浓度和温度的不同而变化。

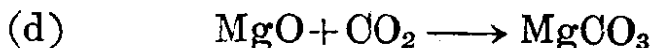
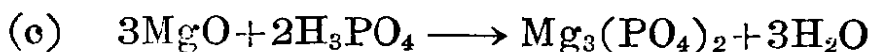
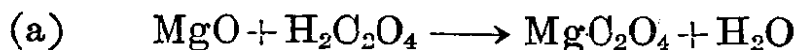
【98】 HCOOH

当碳酸镁溶解于 90% 的甲酸中, 即形成甲酸镁。



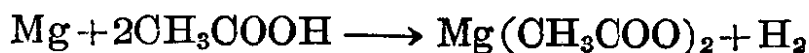
【99】 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 、 H_2SO_4 、 H_3PO_4 、 CO_2

将草酸、硫酸、磷酸分别加至氧化镁的甲醇溶液中, 结果有相应的胶凝状镁盐形成。当以二氧化碳通入氧化镁的甲醇溶液后, 则有胶凝状碳酸镁形成。



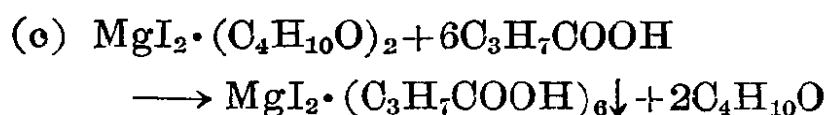
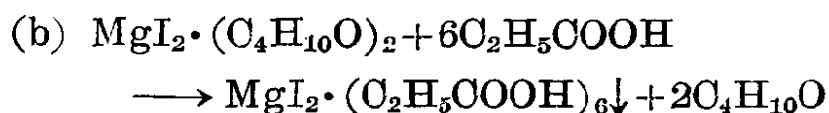
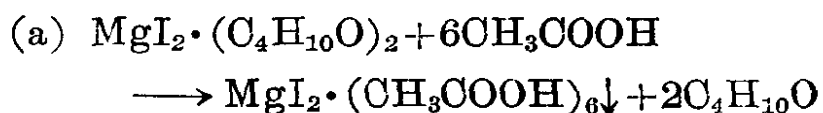
【100】 CH_3COOH

当金属镁与溶解于干燥硝基苯中的乙酸反应后, 即有氢气释出。

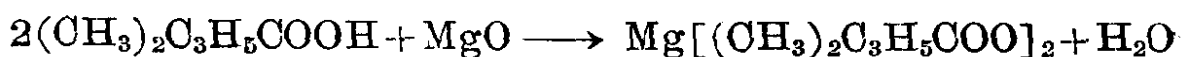


[101] CH_3COOH 、 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$ 、 $\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH}$

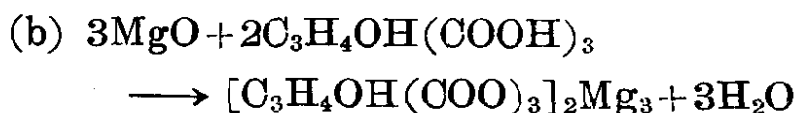
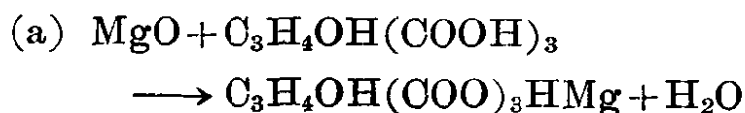
当二乙醚合碘化镁与乙酸反应后, 即生成六乙酸合碘化镁的针状结晶和乙醚(a)生成, 丙酸或丁酸亦可发生同样反应(b, c)。

**[102] $(\text{CH}_3)_2\text{C}_3\text{H}_5\text{COOH}$**

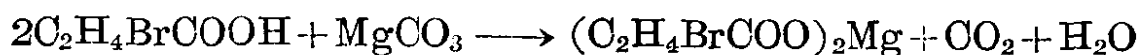
将氧化镁饱和的二甲基丁酸水溶液过滤, 浓缩后, 即有二甲基丁酸镁沉淀形成。

**[103] $\text{C}_3\text{H}_4\text{OH}(\text{COOH})_3$**

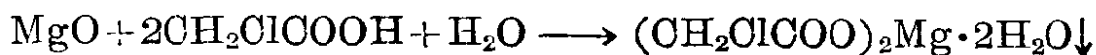
当氧化镁溶解于柠檬酸后, 先形成二代柠檬酸镁溶液, 如有过量的氧化镁存在, 则继续反应, 生成三代柠檬酸镁溶液, 该溶液如超过一定存放时间, 即出现沉淀。

**[104] $\text{C}_2\text{H}_4\text{BrCOOH}$**

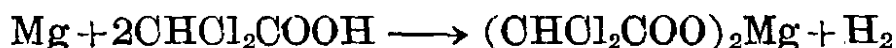
将悬浮于水中的碳酸镁与稍过量的 α -溴丙酸反应后, 溶液再经真空浓缩至出现结晶, 即有 α -溴丙酸镁形成。

**[105] CH_2ClCOOH**

将一氯乙酸的浓(水)溶液与氧化镁混合后, 置于钟罩式装置中, 应用干燥的空气流予以蒸发, 即形成二水合一氯乙酸镁。

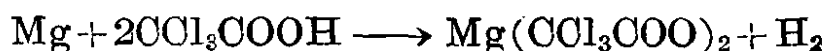
**[106] CHCl_2COOH**

当二氯乙酸在干燥的硝基苯存在下与金属镁反应后, 即有氢气释出。



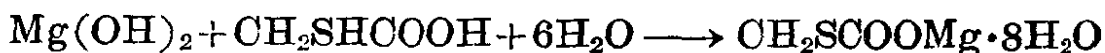
[107] CCl₃COOH

当三氯乙酸在硅酸四乙酯存在下, 与金属镁(或钠)作用时, 发生快速反应, 即有氢气释出。同样, 该酸在干燥的硝基苯存在下, 与金属镁或钠亦能发生快速反应而释出氢。



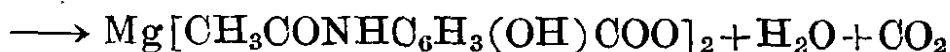
[108] CH₂SHCOOH

当巯基乙酸与氢氧化镁反应后, 即形成八水合巯基乙酸镁。



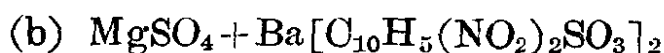
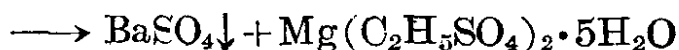
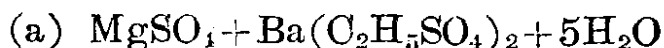
[109] CH₃CONHC₆H₃(OH)COOH

当 3-乙酰氨基水杨酸的水溶液与过量的碳酸镁反应后, 溶液再经过滤和浓缩, 即生成含有 8 分子水的 3-乙酰氨基水杨酸镁结晶。碳酸钙或碳酸锌亦可发生同样反应, 其生成的钙盐结晶中含 4 分子水, 而锌盐中含 10 分子水。



[110] Ba(C₂H₅SO₄)₂、Ba[C₁₀H₅(NO₂)₂SO₃]₂

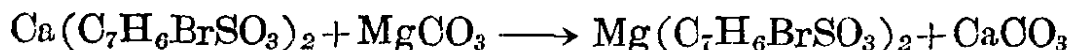
将硫酸镁溶液和乙基硫酸钡溶液混合, 滤去生成的硫酸钡沉淀, 滤液再经慢慢地浓缩后, 即有片状的五水合乙基硫酸镁生成(a)。二硝基萘磺酸钡溶液与硫酸镁溶液亦可发生类似反应, 其反应产物为细微针状结晶八水合二硝基萘磺酸镁组成的棕黄色块状物(b)(c)。





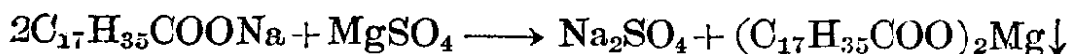
【111】 $\text{Ca}(\text{C}_7\text{H}_6\text{BrSO}_3)_2$

当 3-溴-2-甲苯磺酸钙的混悬水溶液与过量的碳酸镁共加热后,溶液再经过滤浓缩,即生成含有 6 分子水的 3-溴-2-甲苯磺酸镁结晶物。



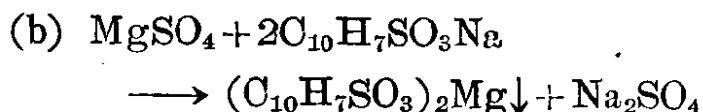
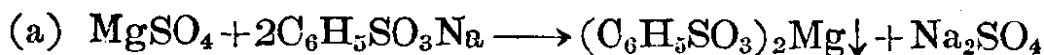
【112】 $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COONa}$

当碱性皂与镁盐水溶液接触后,即发生复分解反应,生成不溶性的镁皂,从而失去了去垢作用,以硬脂酸盐为例,其反应式如下。



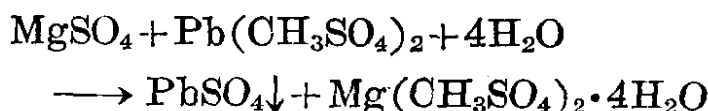
【113】 $\text{C}_6\text{H}_5\text{SO}_3\text{Na}$, $\text{C}_{10}\text{H}_7\text{SO}_3\text{Na}$

当硫酸镁与苯磺酸钠的饱和溶液反应后,即形成特有的结晶苯磺酸镁沉淀。萘磺酸钠亦有相同的反应发生。



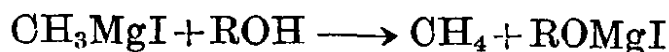
【114】 $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{SO}_4)_2$

将硫酸镁溶液与甲基硫酸铅溶液混合后,将其生成的硫酸铅沉淀滤去,即可从滤液中得到四水合甲基硫酸镁的片状结晶物。



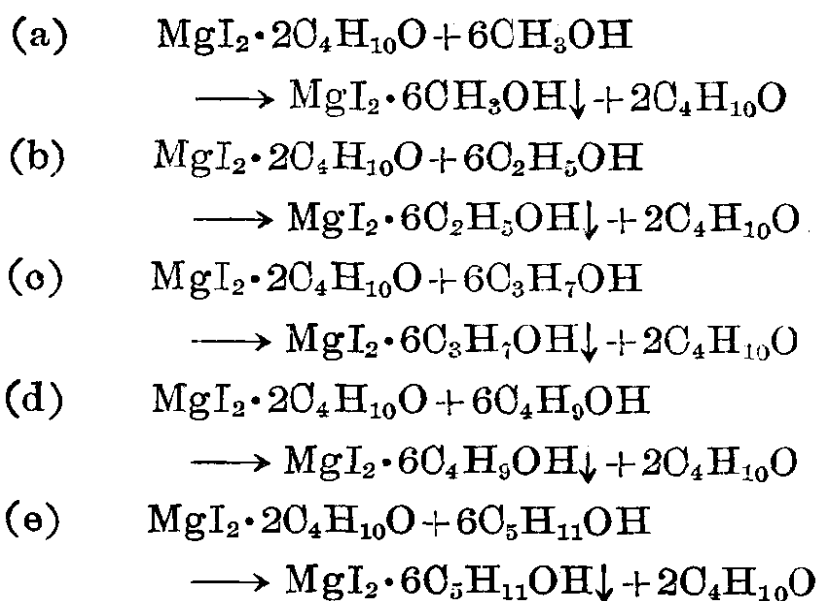
【115】 ROH

鉴于含有活性氢的化合物与格氏试剂碘化甲基镁反应后能释出甲烷的原理,可应用它作为确定活性氢的一种方法。



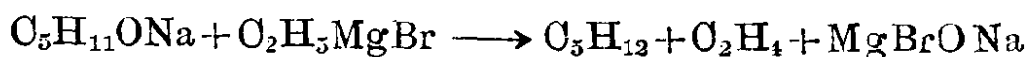
【116】 CH_3OH

当二乙醚合碘化镁与甲醇强烈反应后,再于水浴加热,蒸去过量的甲醇和乙醚,即形成六甲醇合碘化镁的白色结晶。乙醇、正丙醇、正丁醇、正戊醇亦可发生同样反应。



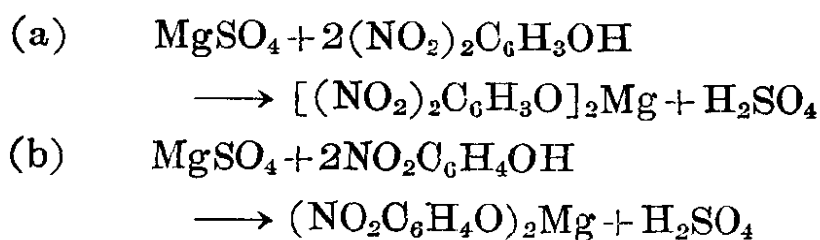
[117] $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{ONa}$

当戊醇钠与溴化乙基镁发生氧化还原反应后, 即有戊烷、乙烯等形成。



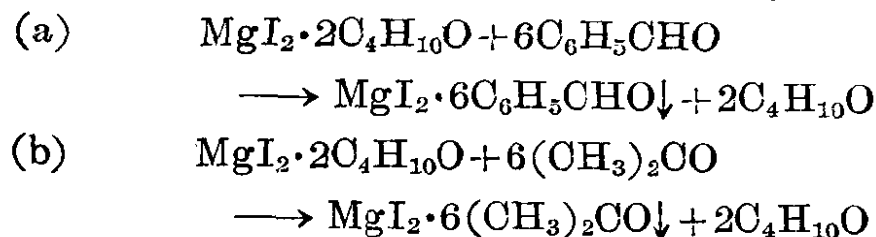
[118] $(\text{NO}_2)_2\text{C}_6\text{H}_3\text{OH}$ 、 $\text{NO}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{OH}$

当硫酸镁与溶解于 2% 碳酸钠的 2, 4-二硝基苯酚反应后, 即生成特有的结晶 2, 4-二硝基苯酚镁(a)。间和对硝基苯酚亦有同样反应发生(b)。



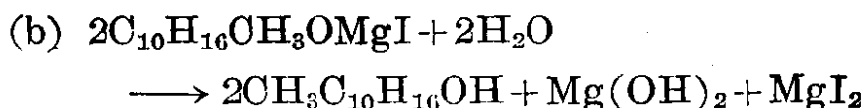
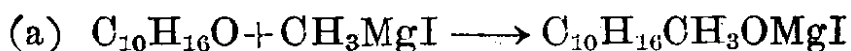
[119] $\text{C}_6\text{H}_5\text{CHO}$ 、 $(\text{CH}_3)_2\text{CO}$

当二乙醚合碘化镁与苯甲醛反应后, 即有小的结晶体六苯甲醛合碘化镁沉出(a)。丙酮亦可发生同样反应(b)。



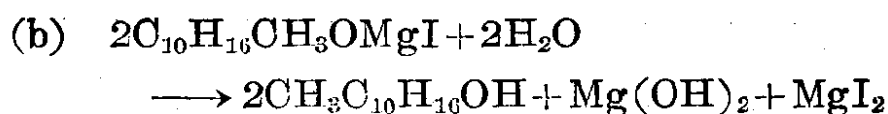
[120] $\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{O}$ (樟脑)

当碘化甲基镁与樟脑在乙醚溶液中反应(a)后生成的产物再经水解,即有甲基-2-茨醇($\text{CH}_3\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{OH}$)形成(b)。



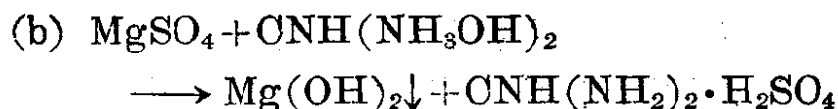
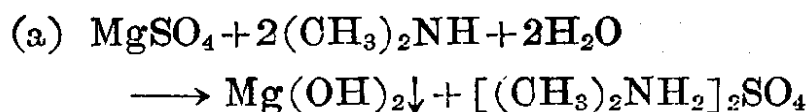
【121】 $\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{O}$ (葑酮)

当碘化甲基镁与葑酮在乙醚溶液中反应后,即有甲基葑醇形成。



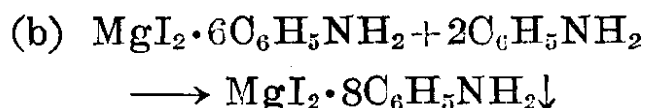
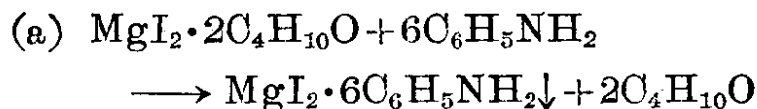
【122】 $(\text{CH}_3)_2\text{NH}$

当硫酸镁溶液与二甲胺溶液在水中相互作用后,即有氢氧化镁生成(a)。胍亦有同样反应发生(b)。



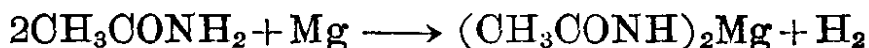
【123】 $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$

当二乙醚合碘化镁在高温下与苯胺反应后,即有苯胺合碘化镁的结晶物沉出,但其组成中苯胺的量则随反应温度的不同而各异。



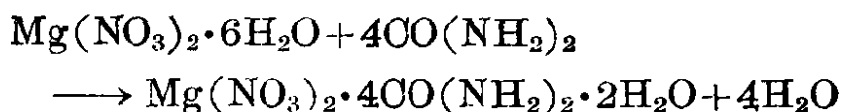
【124】 CH_3CONH_2

当乙酰胺置于液氨中,与金属镁反应后,即有氢气释出。



【125】 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$

当等量的固体六水合硝酸镁和尿素在 55°C 作用时,即有下列化合物生成。



钡 Ba

钡在自然界中主要以硫酸盐和碳酸盐存在。

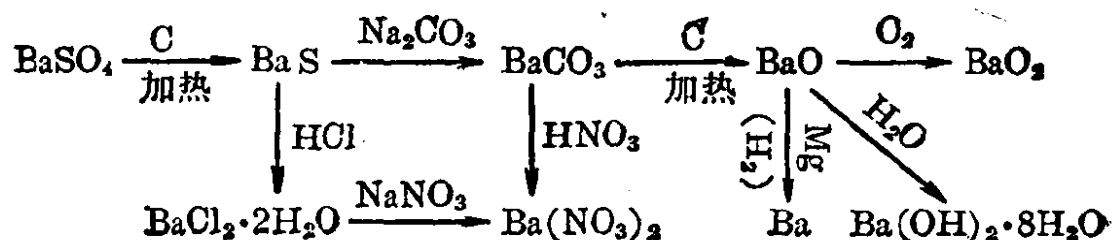
钡很活泼,在空气中迅速被氧化,但在干燥空气中较稳定,与水作用相当剧烈,形成氢氧化钡并放出氢,且易与许多元素直接化合。钡亦溶解于酸而放出氢,密度 3.51 克/厘米³,熔点 725°C。

金属钡通常为银白色,是延展性的金属。钡的氢氧化物亦是强碱,较任何其他碱土金属的氢氧化物易溶解于水,在红热时即熔化,但并不分解。

氢氧化钡的溶液在空气中由于吸收了二氧化碳,立即变为浑浊并有碳酸钡沉淀。

在钡盐的浓溶液中当加入浓盐酸或浓硝酸时,则分别有氯化钡或硝酸钡的沉淀生成,因此不溶解的钡盐在稀盐酸或稀硝酸中的溶解度较在浓酸中高。可溶性的钡盐均是毒物。

由硫酸钡可制取各种化合物:

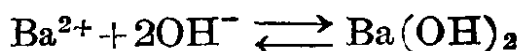


钡离子的反应

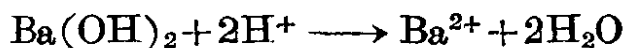
【1】 碱金属的氢氧化物

碱金属的氢氧化物遇钡盐的浓溶液生成白色絮凝状氢氧化钡

沉淀。

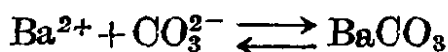
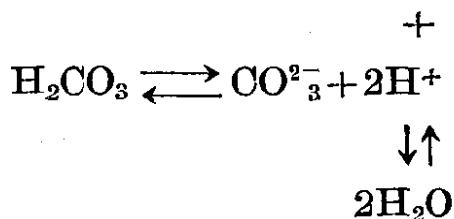
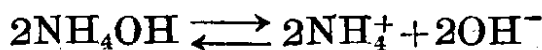


氢氧化钡不溶于过量的试剂, 溶解于多量热水, 但当溶液放冷时, 即结晶为八水合氢氧化钡。它亦易溶解于稀酸中。



【2】 氢氧化铵

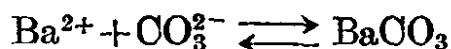
氢氧化铵(没有碳酸盐者)与钡盐溶液不能生成沉淀(因氢氧化钡有相当高的溶解度)。如果溶液放置一会, 则因吸收了空气中的二氧化碳关系, 致有碳酸钡的沉淀形成。



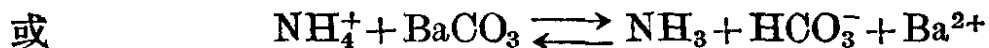
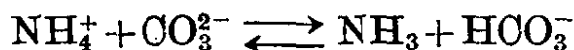
在这里, 由于氢氧化铵不能供给足够的 OH^- 离子, 以超过相对溶解的氢氧化钡的溶度积。

【3】 碱金属和铵的碳酸盐

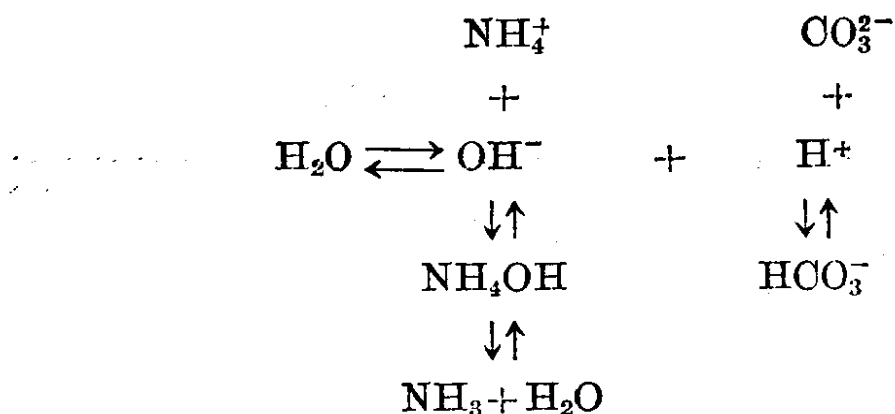
碱金属和铵的碳酸盐遇钡盐的氨性溶液, 生成白色大形碳酸钡沉淀:



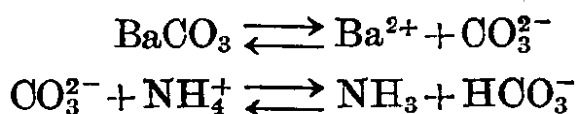
碳酸钡甚易溶解于乙酸和稀无机酸, 在铵盐(由强酸制的铵盐)溶液中亦能溶解至相当程度。其溶解在铵盐中的原理, 乃是由于铵离子作用于碳酸根离子的关系:



不过这个反应并不象上述方程式所示的那样简单, 而是由于铵离子和碳酸根离子以及水的水解反应。



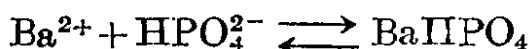
这个反应可降低碳酸根离子的浓度, 导致低于碳酸钡的溶度积, 于是沉淀即溶解。



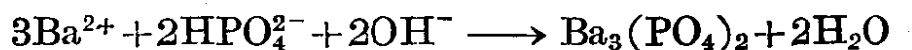
将溶液煮沸, 则因 NH_3 和 CO_2 被驱走, 以致反应加速。

【4】 磷酸氢二钠

磷酸氢二钠遇中性钡盐溶液生成白色絮凝状的二代磷酸钡沉淀。



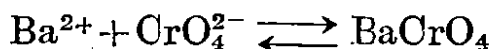
如果将溶液调节为碱性然后再加试剂, 则有胶状三代磷酸钡沉淀形成。



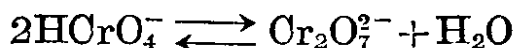
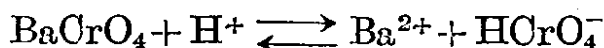
上述二个沉淀甚易溶解于稀酸和乙酸中。

【5】 碱金属的铬酸盐

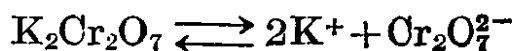
碱金属的铬酸盐遇中性或乙酸性的钡盐溶液生成很细的铬酸钡黄色沉淀。



此沉淀不溶于稀乙酸, 但溶解于稀的盐酸或硝酸中。



碱金属的重铬酸盐亦能得出相同的沉淀, 关于这个事实的解释与铬酸铅相同。

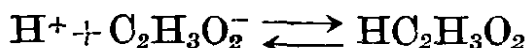




当碱金属的重铬酸盐溶液与钡盐溶液相接触时, 则可能生成铬酸钡或重铬酸钡的沉淀, 这完全根据它们之中那一个的溶度积最先被超过而定。通常即使有低浓度的铬酸根离子存在, 铬酸钡的溶度积仍首先被超过, 因而铬酸钡被沉淀。从上述方程式中见到, 强酸的钡盐在此处并不完全沉淀, 因为在沉淀发生时, 溶液却变为酸性。因此当 H^+ 离子浓度增加时, 则立即使反应逆向。在溶液中如果加入若干乙酸钠, 则沉淀可走向完全。



乙酸根离子将 H^+ 离子除去:



在沉淀钡时, 最好在弱酸溶液中进行, 因为当溶液中有 H^+ 离子存在时, 将使铬酸根离子的浓度保持至很低的浓度。



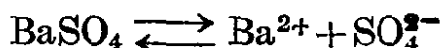
锶和钙的铬酸盐较铬酸钡更易溶解, 即其溶度积远大于 BaCrO_4 , 因此在这种情况下, 几乎不可能将它们由溶液中沉淀出来, 除非有大量的 CrO_4^{2-} 离子浓度存在。黄色沉淀实际上是钡的阳性试验。

【6】 硫酸或硫酸盐

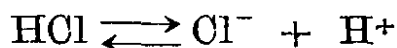
硫酸或硫酸盐遇钡盐溶液, 生成白色细微硫酸钡的结晶沉淀。



这个沉淀并不溶解于稀酸和硫酸铵溶液中, 而仅微溶于浓硝酸和浓盐酸中。这种溶解是由于形成微量的酸式硫酸根离子之故。



+



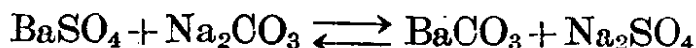
↓↑



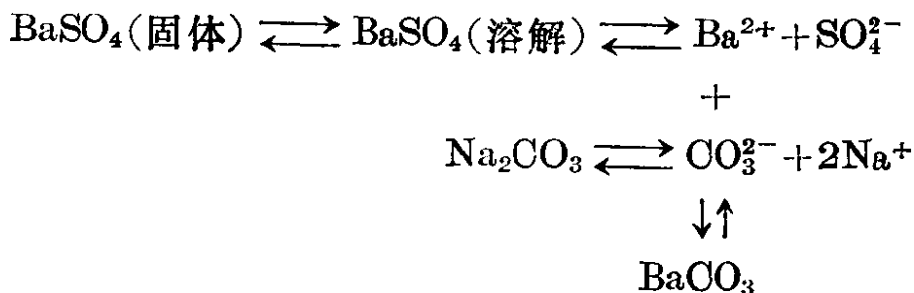
这个溶解度在溶解沉淀时是微小得没有价值。浓硫酸可溶解相当

数量的沉淀(当溶液被加热时)。当溶液稀释时, 酸性硫酸根离子即被分解, 于是反应逆向, 硫酸钡又重新沉淀。

通常关于分解硫酸钡和铬酸钡最满意的方法, 一般都用碳酸钠。虽然碳酸钡较硫酸钡或铬酸钡有较高的溶度积, 但如将固体硫酸钡或铬酸钡与浓碳酸钠溶液共同煮沸, 则可使前者转变为碳酸盐。



这个反应方程式必须保持如下:



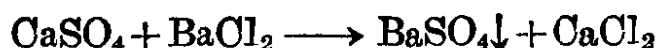
在此处, 硫酸钡企图保持它的溶度积达到满意的地步。高浓度的碳酸根离子使 $[\text{Ba}^{2+}][\text{CO}_3^{2-}]$ 大于碳酸钡的溶度积, 以致碳酸钡沉淀, 于是将 $[\text{Ba}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}]$ 减至低于硫酸钡的溶度积。这样可使更多的硫酸钡溶解。所以在溶液中可见到碳酸根离子浓度的降低和硫酸根离子浓度的增加。这个过程将继续至硫酸钡和碳酸钡的溶度积常数均达满意时: $[\text{Ba}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}] = K_1$, 及 $[\text{Ba}^{2+}][\text{CO}_3^{2-}] = K_2$ 为止。假定二者所表示的钡离子浓度是代表溶液中钡离子的浓度, 则可以把它消去。于是当平衡达到时, 在溶液中碳酸根离子和硫酸根离子的相对浓度将与其二者溶度积常数间之比相等。

$$\frac{[\text{Ba}^{2+}]}{[\text{Ba}^{2+}]} \frac{[\text{SO}_4^{2-}]}{[\text{CO}_3^{2-}]} = \frac{K_1}{K_2} = \frac{[\text{SO}_4^{2-}]}{[\text{CO}_3^{2-}]} = \frac{K_1}{K_2}$$

一般言之, 一种不溶解物质变为可溶性物质时, 则这种变换过程将一直继续至溶液中的离子相对浓度, 达到其两者溶度积常数的比率时为止。

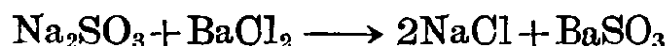
【7】 饱和硫酸钙溶液

饱和硫酸钙溶液遇钡盐立即生成白色硫酸钡沉淀。饱和的硫酸锶溶液亦有相似的结果发生, 且更可靠。



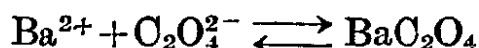
【8】 亚硫酸钠溶液

亚硫酸钠溶液遇钡盐生成亚硫酸钡 BaSO_3 白色沉淀, 后者不十分溶解于稀乙酸或极稀的盐酸。

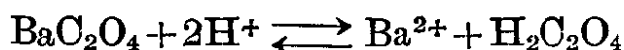


【9】 碱金属和铵的草酸盐

碱金属和铵的草酸盐与钡盐溶液作用时, 生成白色结晶性草酸钡沉淀。

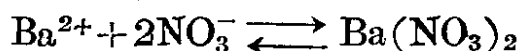
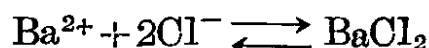


这个沉淀溶解于热的稀乙酸(与钙不同)和稀无机酸中。



【10】 浓盐酸和浓硝酸

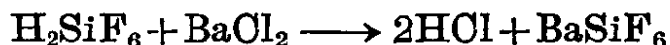
浓盐酸和浓硝酸与钡盐溶液生成白色结晶性氯化钡和硝酸钡:



这个沉淀一般乃是通过氯离子和硝酸根离子的同离子效应而发生。这个沉淀与硫酸钡很不相象。通常, 这种结晶的大小与硫酸钡结晶相仿, 且甚易溶解于水。在鉴定钡离子或硫酸根离子时, 上述最后的性质是非常重要的, 即硫酸钡沉淀不溶于酸和水。

【11】 氟硅酸

氟硅酸遇钡盐生成白色结晶性氟硅酸钡沉淀。



如果希望达到完全沉淀, 则溶液必须放置若干时间。氟硅酸钡难溶于水和稀酸, 不溶于醇。

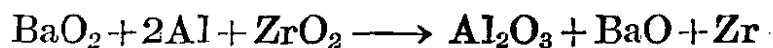
【12】 火焰反应

所有挥发性的钡盐如氯化钡和硝酸钡在无色火焰上加热时, 常使火焰呈苹果绿色。不挥发性盐类如硫酸钡在还原焰上加热数分钟, 结果被还原至硫化钡或若干其他容易分解的盐如碳酸钡。倘该化合物用盐酸处理后, 再在火焰上灼烧, 则氯化钡即挥发并使火

焰呈颜色反应。

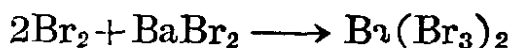
【13】 Al + ZrO₂

过氧化钡和二氧化锆及铝在高温下共加热之，则有下列反应发生。



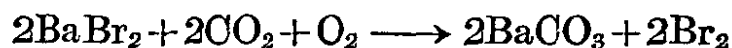
【14】 Br₂

当溴化钡溶解于溴的水溶液中，即有三溴化钡形成。

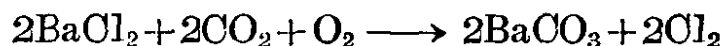


【15】 CO₂ + O₂

(1) 当二氧化碳和氧通入溴化钡溶液后，即有碳酸钡和溴形成。

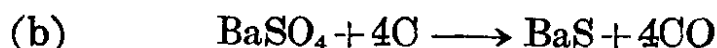
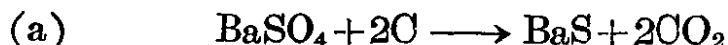


(2) 氯化钡在二氧化碳和氧的存在下，被熔化时，其反应如下。



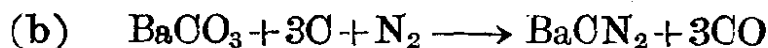
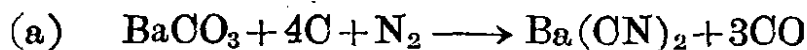
【16】 C

当硫酸钡和碳在 600~800°C 共加热后，即生成硫化钡(a)。如再升高温度，则有一氧化碳生成(b)。



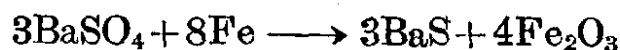
【17】 C + N₂

碳酸钡与碳和氮在电炉上加热反应时，有下列反应产物形成。



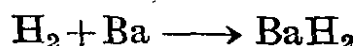
【18】 Fe

硫酸钡与铁共熔融，即有如下反应产物生成



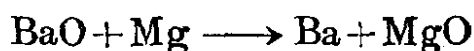
【19】 H₂

在氢气流中加热钡，即形成氢化钡。

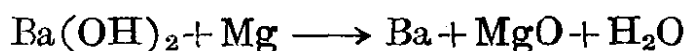


【20】 Mg

(1) 当氧化钡在氢的参加下, 可被镁还原。

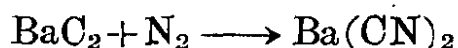


(2) 当氢氧化钡与镁在氢气流中加热时, 前者即被还原成钡

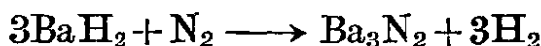


【21】 N₂

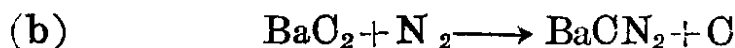
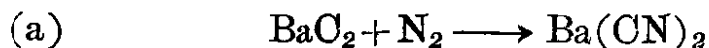
(1) 当二碳化钡在高温下与氮作用时, 即有氰化钡形成



(2) 氢化钡在氮气流下加热至红热时, 即有下列反应生成。

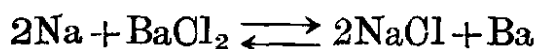


(3) 二碳化钡在 700°C 和 800°C 之间的温度下吸收流动性氮气后, 即有氰化钡和氰氨(基)化钡(其比例约为 2~3)形成。如将该混合物与碳酸钾或碳酸钠助熔剂共熔化时, 即迅速转变为可溶性的氰化物。



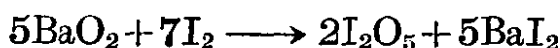
【22】 Na

金属钠和熔化的氯化钡在 1000°C 左右建立的平衡反应, 可用电化学法测定。

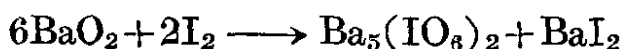


【23】 I₂

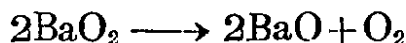
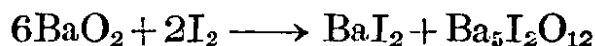
(1) 过氧化钡与过量的碘一起研磨至有黑色出现, 然后把它放在曲颈甑中加热, 即有下列反应生成。



(2) 过氧化钡与碘作用后, 生成下列反应。

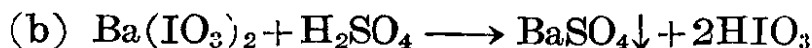
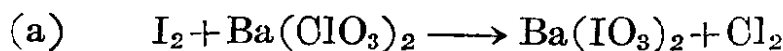


(3) 当过氧化钡与过量的碘一起加热, 即有碘化钡、氧化钡和仲高碘酸钡形成。



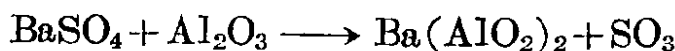
【24】 $\text{I}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4$

当以相当量的氯酸钡和碘作用时, 即有碘酸钡形成, 后者再与硫酸作用时, 则有碘酸生成。



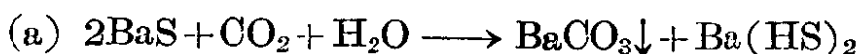
【25】 Al_2O_3

通常硫酸钡与氧化铝之间的反应, 一般在 1000°C 以上开始, 并于 1238°C 以上完成反应。生成物是一种水溶性且无硫的偏铝酸钡。



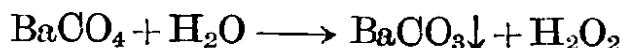
【26】 $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

将二氧化碳通入硫化钡溶液后, 即发生下列反应。

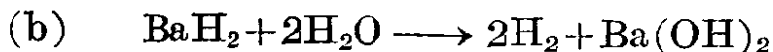
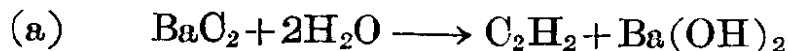


【27】 H_2O

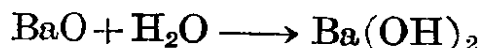
(1) 高碳酸钡与水作用时, 即有过氧化氢形成。



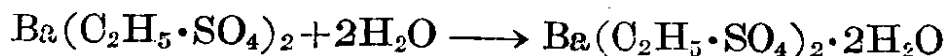
(2) 二碳化钡在室温与水作用时, 即有乙炔和氢形成。这个氢可能来自氢化钡。



(3) 氧化钡与水作用后, 生成氢氧化钡。



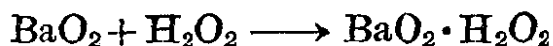
(4) 蒸发乙基硫酸钡的水溶液, 即生成稳定透明的正交片状物二水合乙基硫酸钡。



【28】 H_2O_2

(1) 过氧化钡的水溶液与过量的过氧化氢, 在氢氧化铵参加

下作用时,即立刻有过氧水合钡结晶析出。



(2) 过量的过氧化钡遇过氧化氢,即引起分解作用。

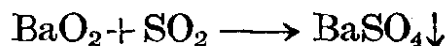


(3) 氢氧化钡与过氧化氢(避免过量)作用时,即形成八水合过氧化钡。

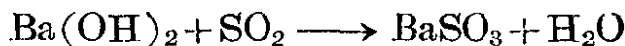


【29】 SO_2

(1) 当二氧化硫与过氧化钡作用时,即有硫酸钡形成。

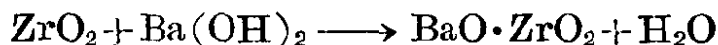


(2) 将二氧化硫通入氢氧化钡溶液后,即有亚硫酸钡生成。



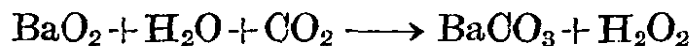
【30】 ZrO_2

当二氧化锆与氢氧化钡共熔时,即生成锆酸钡。

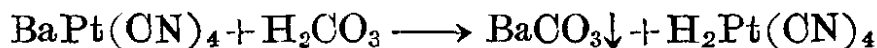


【31】 H_2CO_3

(1) 将过氧化钡徐徐加至碳酸溶液中,即有过氧化氢形成。



(2) 将二氧化碳通入氰亚铂酸钡溶液中,结果有氰亚铂酸形成。

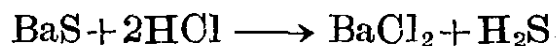


【32】 HCl

(1) 过氧化钡与盐酸气体作用时,即转变为氯化钡。

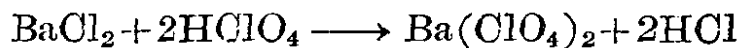


(2) 硫化钡与盐酸反应后,即有下列反应产物生成。



【33】 HClO_4

当氯化钡与高氯酸蒸发时,即有高氯酸钡形成。



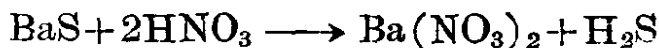
【34】 H_2GeO_3

当锗酸与氢氧化钡溶液作用时, 即有锗酸钡沉淀形成。



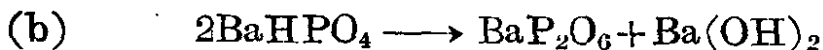
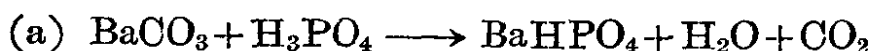
[35] HNO_3

硫化钡与硝酸反应后, 即有下列反应产物生成。

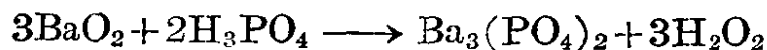


[36] H_3PO_4

(1) 碳酸钡加至磷酸溶液中, 在水浴上加热, 即有磷酸氢钡沉淀形成。后者在砂浴上加热, 则转变为偏磷酸钡。



(2) 将过氧化钡混悬于冷水中与磷酸作用, 即生成下列反应。



(3) 氢氧化钡与磷酸作用时, 即生成磷酸氢钡。



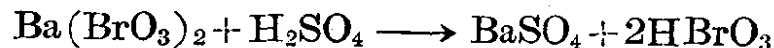
[37] H_2SO_3

过氧化钡加至冷的稀亚硫酸溶液中, 即有下列反应发生。

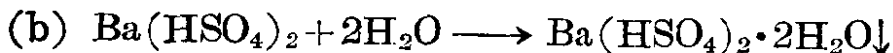


[38] H_2SO_4

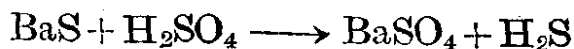
(1) 溴酸钡溶液与硫酸作用, 生成下列的反应。



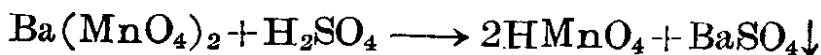
(2) 将硫酸钡溶解于浓硫酸中, 生成的黄色溶液经冷却后, 即有下列反应产物形成。



(3) 硫化钡与硫酸反应后, 即转化成硫酸钡。

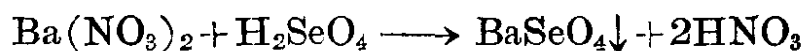


(4) 将干燥的高锰酸钡溶解于水后, 再加入硫酸, 经真空浓缩, 即得高锰酸。

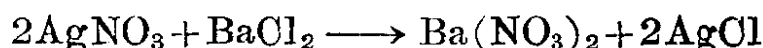


【39】 H_2SeO_4

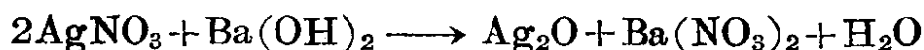
当硝酸钡溶液用热的硒酸处理后,即生成硒酸钡沉淀。

**【40】 AgNO_3**

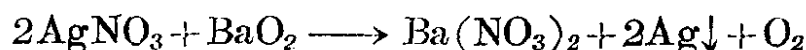
(1) 氯化钡与硝酸银作用时,由于复分解而形成硝酸钡和氯化银。



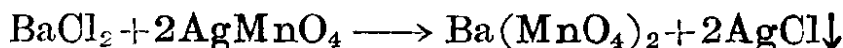
(2) 当硝酸银溶液和氢氧化钡同时滴入 1 升传导性的水中,并加热至近乎沸点,则将有氧化银沉淀形成。



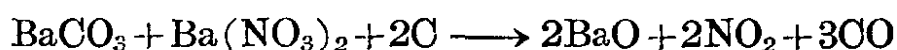
(3) 银盐与过氧化钡反应后,即有氧释出,而银被还原为黑灰色沉淀。

**【41】 AgMnO_4**

氯化钡溶液与高锰酸银反应时,即有高锰酸钡形成。

**【42】 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$**

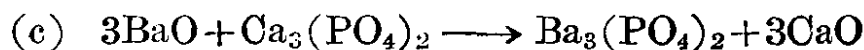
当碳酸钡与硝酸钡在电炉上与煤加热至白热时,即有下列反应发生。

**【43】 $\text{BaSO}_3 + \text{I}_2$**

亚硫酸钡在氢氧化钡溶液中,遇碘即被氧化。

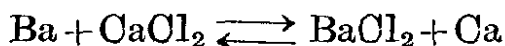
**【44】 CaCO_3 、 CaSO_4 、 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 、 CaSiO_3**

氧化钡与碳酸钙加热时,即生成碳酸钡和氧化钙。与硫酸钙、磷酸钙和硅酸钙作用时亦有相似的反应。

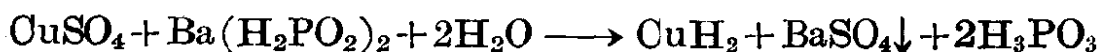


【45】 CaCl_2

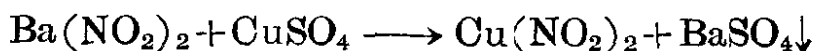
金属钡与熔化的氯化钙在 100°C 左右建立的平衡反应可用电化学法测定。

**【46】 CuSO_4**

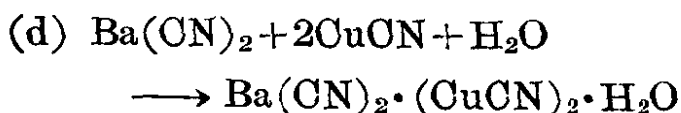
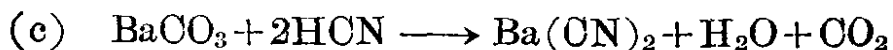
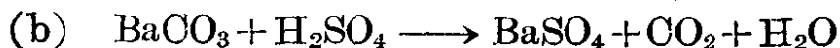
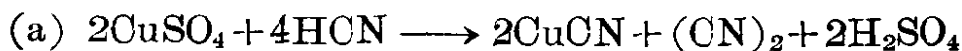
(1) 当硫酸铜溶液与次磷酸钡作用时, 即有氢化铜形成, 同时还生成硫酸钡和亚磷酸。



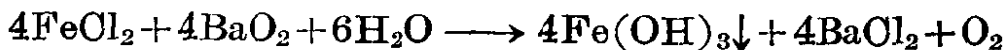
(2) 当亚硝酸钡与硫酸铜的溶液作用时, 生成深绿色(近乎黑绿色)亚硝酸铜溶液, 后者被蒸发时则有碱式硝酸盐形成。当亚硝酸钡与镉、镁、锌、钴和镍的硫酸盐以及铅的氯化物作用时, 亦有相似的反应发生。

**【47】 $\text{CuSO}_4 + \text{HCN}$**

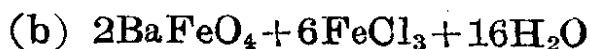
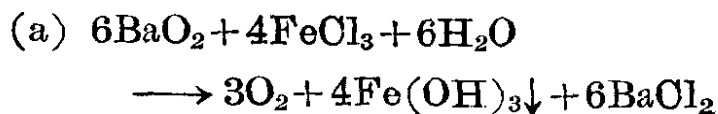
氰化氢通至混悬有碳酸钡的硫酸铜溶液中, 即有氰化亚铜的络合物、氰、硫酸钡及二氧化碳形成。

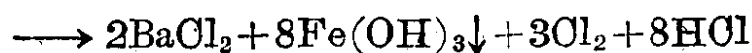
**【48】 FeCl_2**

过氧化钡能氧化氯化亚铁, 结果有氯释出。

**【49】 FeCl_3**

当氯化铁溶液与过氧化钡反应后, 有氯释出(a); 如与高铁酸钡溶液混合时, 即有氢氧化铁沉淀形成。





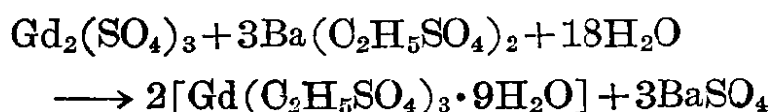
[50] $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$

当以相当量的硫氰酸钡与硫酸铁的溶液混合后, 将其生成的沉淀滤去, 滤液在棕色干燥器中结晶时, 则有硫氰酸铁结晶形成。



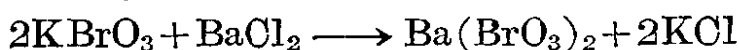
[51] $\text{Gd}_2(\text{SO}_4)_3$

将乙基硫酸钡和硫酸钆进行复分解反应, 即有乙基硫酸钆生成。



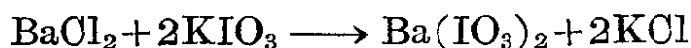
[52] KBrO_3

氯化钡溶液与溴酸钾作用时, 即生成下列反应。



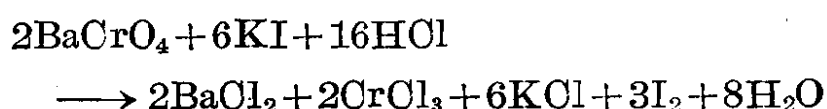
[53] KIO_3

氯化钡的盐酸溶液与碘酸钾的饱和溶液作用, 即有碘酸钡沉淀形成。



[54] $\text{KI} + \text{HCl}$

铬酸钡的溶液与盐酸和碘化钾作用时, 生成下列的反应。



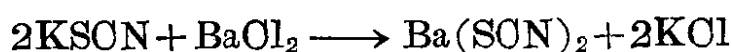
[55] KHSO_3

亚硫酸氢钾溶液与氯化钡作用, 即有亚硫酸钡和亚硫酸形成。



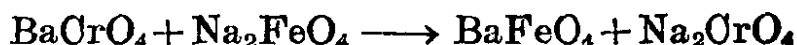
[56] KSCN

当氯化钡的浓溶液加至硫氰酸钾的浓溶液中, 然后将溶液放在真空的硫酸上浓缩, 结果有 $\text{Ba}(\text{SCN})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 的结晶析出。



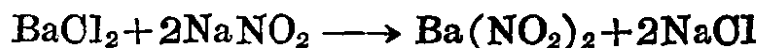
[57] Na_2FeO_4

当高铁酸钠与铬酸钡长期煮沸时, 即有高铁酸钡形成。



【58】 NaNO_2

氯化钡的浓溶液与亚硝酸钠在近乎 100°C 作用时, 即有下列的反应发生。



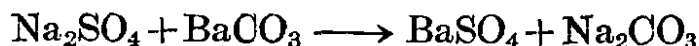
【59】 Na_2SO_3

氯化钡的溶液加至亚硫酸钠溶液中, 即有亚硫酸钡沉淀形成。



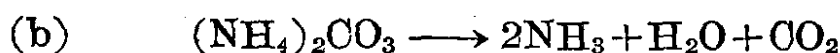
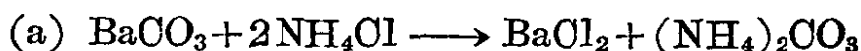
【60】 Na_2SO_4

碳酸钡在微量的硫酸参加下与硫酸钠作用, 即形成硫酸钡和碳酸钠。



【61】 NH_4Cl

(1) 倘以粉末碳酸钡加至氯化铵溶液中, 然后将溶液煮沸若干时间, 则有部分碳酸钡变为氯化钡。

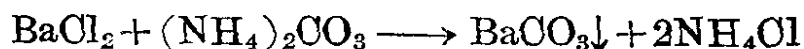


(2) 过氧化钡加至氯化铵溶液中, 即生成下列的反应。



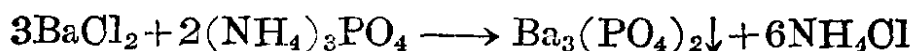
【62】 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$

当氯化钡和碳酸铵的溶液混合后, 即有碳酸钡沉淀形成。



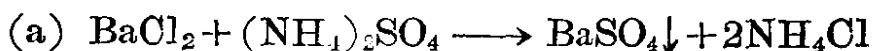
【63】 $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$

当氯化钡与磷酸铵的溶液混合后, 即有磷酸钡沉淀形成。



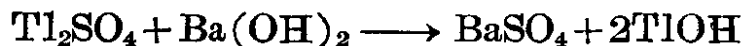
【64】 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、 MgSO_4

当氯化钡溶液加至硫酸铵中, 即有硫酸钡沉淀形成。硫酸镁亦有相同的反应发生。



[65] Tl_2SO_4

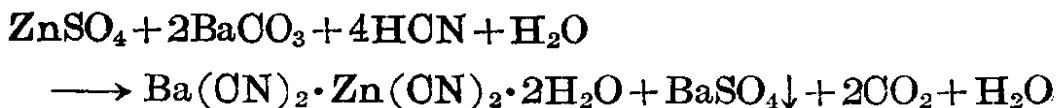
(1) 当硫酸亚铊溶液与计算量的氢氧化钡溶液作用后, 即有片状物氢氧化亚铊生成。



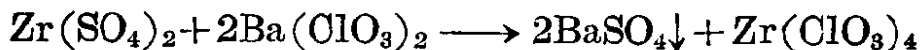
(2) 高锰酸钡溶液与硫酸亚铊溶液反应, 先生成高锰酸亚铊, 再蒸发该黑色溶液, 即得高锰酸亚铊的三菱形晶体。

**[66] $\text{ZnSO}_4 + \text{HCN}$**

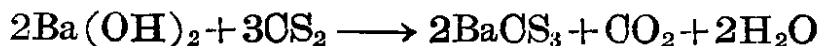
将氰化氢通至含有碳酸钡的硫酸锌溶液中, 即有氰化物形成。

**[67] $\text{Zr}(\text{SO}_4)_2$**

硫酸锆与氯酸钡的溶液作用时, 即有氯酸锆形成。

**[68] CS_2**

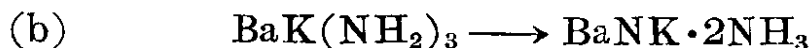
(1) 氢氧化钡溶液在 50°C 与二硫化碳作用时, 生成下列的反应。



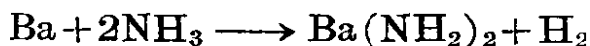
(2) 氢氧化钡溶液在 100°C 与二硫化碳作用时, 即有下列反应物形成。

**[69] KNH_2**

氨基(化)钡在液氨中与氨基(化)钾反应, 先生成(三)氨基(化)钾钡沉淀(a), 继续反应即生成下列反应产物(b)。

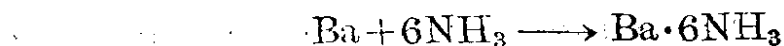
**[70] NH_3**

(1) 氨与钡在 280°C 作用后, 即形成氨基(化)钡。

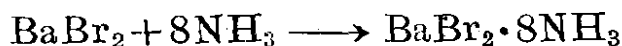


(2) 当氨与钡在温度不高于 28°C 时反应后, 即形成六氨合

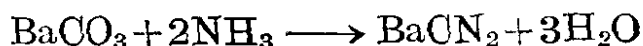
钡。



(3) 刚熔化的溴化钡与氨在 -30°C 下反应, 并将过量氨在 0°C 蒸发, 即有下列反应产物生成。

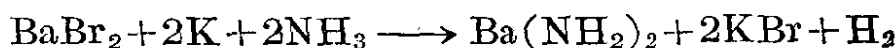


(4) 碳酸钡加热至暗红温度时与氨作用, 将生成下列的反应产物[氰氨(基)化钡]。



【71】 $\text{NH}_3 + \text{K}$

溴化钡与液氨和钾可进行如下反应。



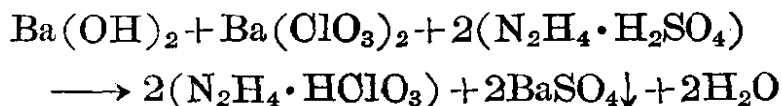
【72】 $\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{SO}_4$

当硫酸肼与理论量的氯酸钡在溶液中作用时, 即有氯酸肼形成。



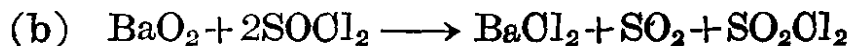
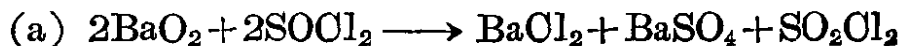
【73】 $\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Ba}(\text{OH})_2$

当氯酸钡和氢氧化钡共加至硫酸肼溶液中后, 即有氯酸肼形成。



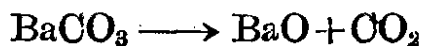
【74】 SOCl_2

当过氧化钡与大量过量的亚硫酰(二)氯在封闭管中加热时, 则有氯化钡和二氧化硫形成。



【75】 加热

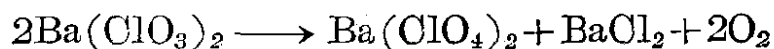
(1) 当碳酸钡在二氧化碳气流中加热至 811°C , 即有下列反应产物生成。



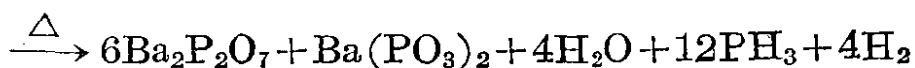
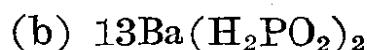
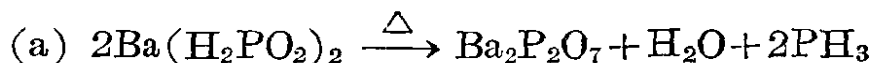
(2) 当碳酸钡在真空 1250°C 加热后, 即生成氧化钡。



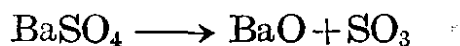
(3) 当氯酸钡于 310°C 加热后, 即发生下列反应。



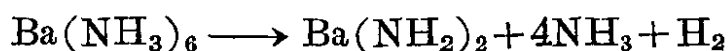
(4) 将次磷酸钡加热至红色, 即有下列反应产物生成。



(5) 将硫酸钡在 1510°C 左右加热分解, 即有下列反应产物形成。

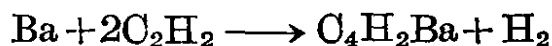


(6) 六氨合钡在温度高于 -23°C 时, 即行分解, 形成氨基(化)钡。



【76】 C_2H_2

将含有钡的液氨(蓝色)溶液加至乙炔的液氨溶液中, 反应 40 分钟, 它的反应产物非常不稳定, 放置几分钟后即行分解。



【77】 CHCl_3

当无水硫酸钡在干燥的二氧化碳气流下和氯仿于 500°C 加热时, 即生成无水氯化钡。



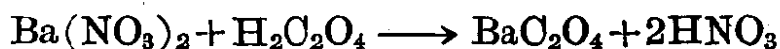
【78】 HCOOH

当纯净的碳酸钡溶解于甲酸(90%)中, 即生成甲酸钡。



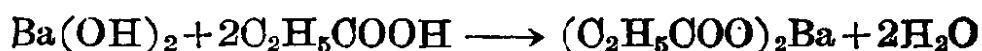
【79】 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$

硝酸钡溶液在 100°C 与草酸反应时, 即有草酸钡形成。



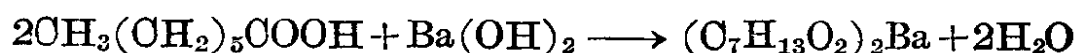
【80】 $\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}$

氢氧化钡水溶液与正丙酸可进行如下反应。



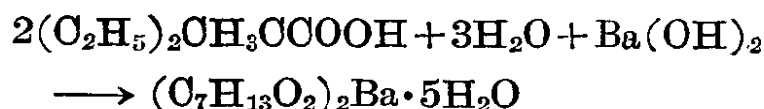
[81] $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{COOH}$

将过量的氢氧化钡溶液加至庚酸溶液中, 再导入二氧化碳以除去溶液中多余的钡, 溶液经过滤、浓缩、冷却后, 即有庚酸钡结晶析出。



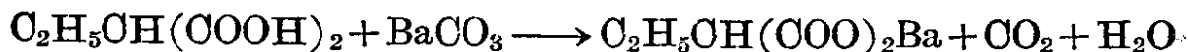
[82] $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{CH}_3\text{CCOOH}$

将过量的氢氧化钡溶液加至二乙基一甲基乙酸水溶液中, 反应完成后, 向该溶液导入二氧化碳, 以除去多余的钡, 溶液经过滤, 浓缩和冷却, 即有五水合钡盐结晶析出。



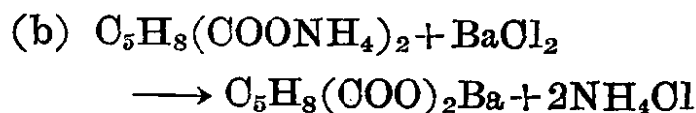
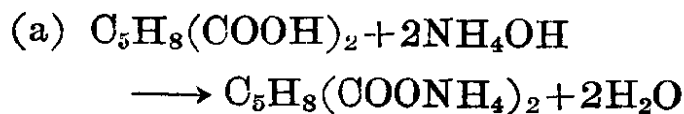
[83] $\text{C}_2\text{H}_5\text{CH}(\text{COOH})_2$

将乙基丙二酸的水溶液经过量干燥的碳酸钡处理后, 过滤、浓缩, 即有乙基丙二酸钡结晶析出。



[84] $\text{C}_5\text{H}_8(\text{COOH})_2$

芸康酸(异丙叉丁二酸)的稀水溶液经氢氧化铵中和后, 再加入氯化钡溶液, 混合液经加温后, 即有芸康酸钡结晶析出。氯化钙亦有类似反应发生。



[85] $\text{CH}_2\text{OH}(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$

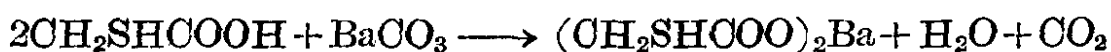
γ -羟基丁酸水溶液用过量的氢氧化钡处理后, 溶液经过滤, 并在置有硫酸的干燥器中干燥, 即有二水合钡盐生成。



[86] CH_2SHCOOH

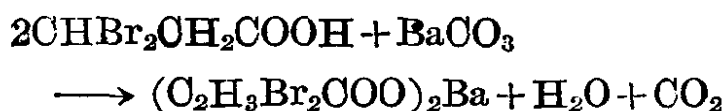
巯基乙酸的水溶液与过量的碳酸钡加热, 经过滤后, 再在滤液

中加入乙醇直至形成长久性的混浊为止, 则有巯基乙酸钡结晶析出。



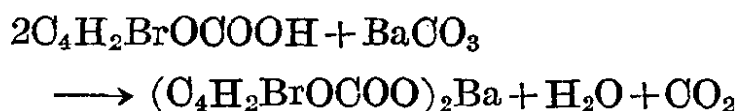
[87] $\text{CHBr}_2\text{CH}_2\text{COOH}$

将 α -二溴丙酸溶解于其五倍量的无水乙醇中, 加热至 50°C , 再加入过量的干燥碳酸钡饱和之, 过滤, 滤液经冷却后, 即有九水合 α -二溴丙酸钡结晶析出。



[88] $\text{C}_4\text{H}_2\text{BrOCOOH}$

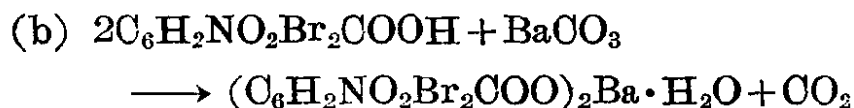
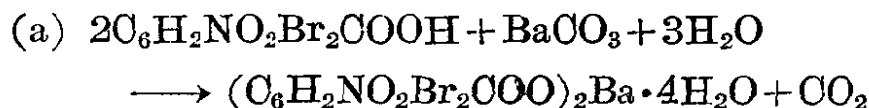
5-溴- α -糠酸的热水溶液用碳酸钡饱和, 过滤、结晶, 即有四水合 5-溴- α -糠酸钡结晶析出。碳酸钙、硝酸银、碳酸钠或碳酸钾亦有类似反应发生。但它的有机钙盐则是三水合物。



[89] $\text{C}_6\text{H}_2\text{NO}_2\text{Br}_2\text{COOH}$

将 2-硝基-3, 5-二溴苯甲酸溶解于热水中, 并加入(过量的)碳酸钡, 过滤、浓缩, 即有四水合 2-硝基-3, 5-二溴苯甲酸钡析出(a)。碳酸钙亦有类似反应发生, 生成相应的无水有机钙盐。

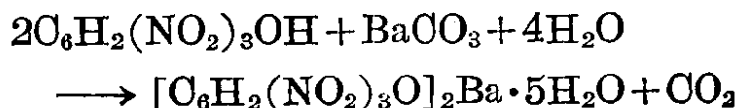
当用 2-硝基-3, 4-二溴苯甲酸代替 2-硝基-3, 5-二溴苯甲酸与碳酸钡反应后, 则形成一水合物(b)。碳酸钙亦有类似反应发生, 生成相应的有机钙盐为 $3\frac{1}{2}$ 水合物。



[90] $\text{C}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_3\text{OH}$

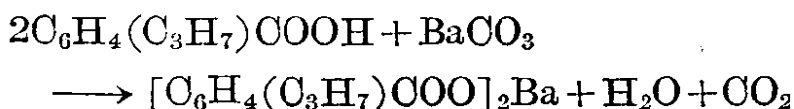
当碳酸钡与苦味酸溶液反应后, 再予适当加热, 即可由热的溶液中结晶出黄色三棱针状物五水合苦味酸钡, 后者如加热至

80°C, 则形成无水盐。



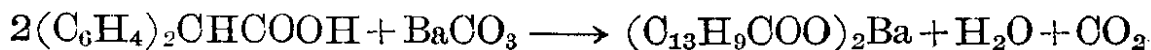
[91] $\text{C}_6\text{H}_4(\text{C}_3\text{H}_7)\text{COOH}$

当对-正丙基苯甲酸的水溶液被过量的碳酸钡中和后, 过滤、浓缩, 即有二水合对-正丙基苯甲酸钡结晶析出。碳酸钙、碳酸锶或碳酸铅亦可有类似反应发生, 其生成相应的有机盐的水合量分别为 3 、 $2\frac{1}{2}$ 和 2 。



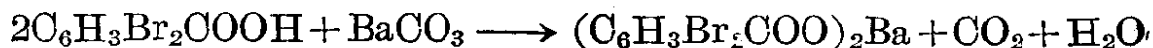
[92] $(\text{C}_6\text{H}_4)_2\text{CHCOOH}$

联亚苯基乙酸的很稀的热水溶液用碳酸钡中和后, 过滤、冷却, 即有二水合二联亚苯基乙酸钡结晶析出。碳酸钙亦有类似反应发生, 生成相应的有机钙盐为 $2\frac{1}{2}$ 水合物。



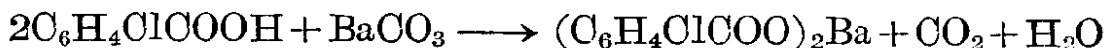
[93] $\text{C}_6\text{H}_3\text{Br}_2\text{COOH}$

将 3, 4-二溴苯甲酸悬浮于热水中, 再加入过量的碳酸钡, 过滤、浓缩后, 即有四水合 3, 4-二溴苯甲酸钡结晶析出。碳酸锶或碳酸钾亦有类似反应发生, 生成相应的有机锶盐为四水合物, 钾盐是无水物。



[94] $\text{C}_6\text{H}_4\text{ClCOOH}$

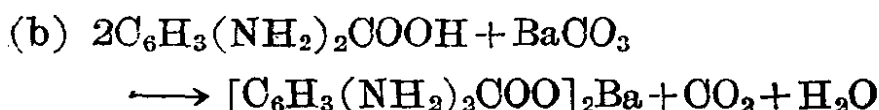
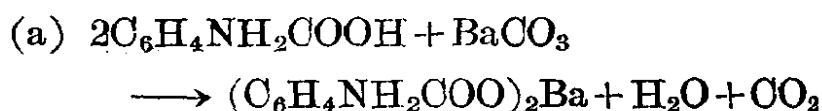
将 2-氯苯甲酸溶解于热水中并加入过量的碳酸钡, 溶液经过滤、浓缩后, 即有三水合 2-氯苯甲酸钡结晶析出。



[95] $\text{C}_6\text{H}_4\text{NH}_2\text{COOH}$ 、 $\text{C}_6\text{H}_3(\text{NH}_2)_2\text{COOH}$

将 3-氨基苯甲酸溶解于水(必要时可加温)后, 加入过量的碳酸钡, 溶液经过滤、浓缩, 即有四水合 3-氨基苯甲酸钡结晶析出

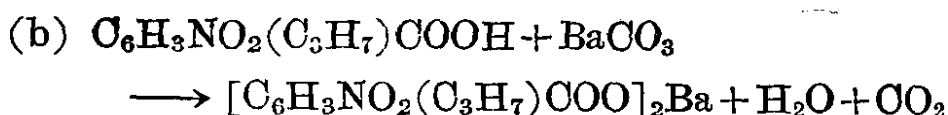
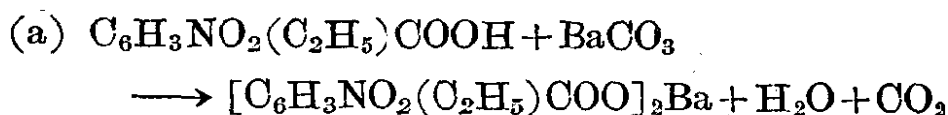
(a), 3, 5-二氨基苯甲酸亦可发生类似反应, 其产物为 $1\frac{1}{2}$ 水合二氨基苯甲酸钡结晶(b)。



[96] $C_6H_3NO_2C_2H_5COOH$, $C_6H_3NO_2C_3H_7COOH$

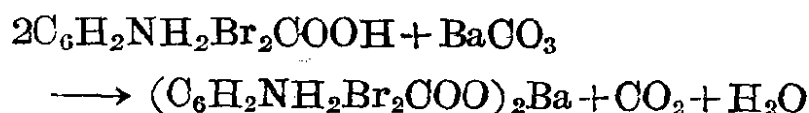
2-硝基-4-乙基苯甲酸的水溶液经加热后, 用过量的碳酸钙处理几小时(或直至大量二氧化碳放出), 过滤、浓缩、冷却后, 即有四水合 2-硝基-4-乙基苯甲酸钡结晶析出(a), 碳酸钙、碳酸锶或碳酸钾亦有相似的反应发生, 其生成相应的有机盐的水合量分别为 2、4 和 0。

当用 2-硝基-4-正丙基苯甲酸替代前述有机酸反应后, 即有四水合 2-硝基-4-正丙基苯甲酸钡结晶析出(b), 碳酸锶亦能发生类似反应, 且生成五水合的相应有机锶盐。



[97] $C_6H_2NH_2Br_2COOH$

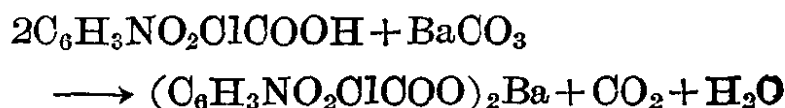
将 2-氨基-3, 5-二溴苯甲酸溶解于稀盐酸, 并用过量的碳酸钡处理后, 溶液经过滤、浓缩, 即有四水合 2-氨基 3, 5-二溴苯甲酸钡结晶析出。碳酸钙亦有类似反应发生, 生成相应的有机钙盐也是四水合物。



[98] $C_6H_3NO_2ClCOOH$

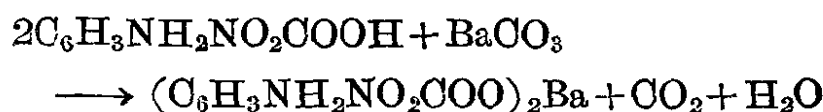
将 3-氯-5-硝基苯甲酸加入水中加热, 同时加入碳酸钡, 使其一直保持过量。溶液经过滤和浓缩, 即有四水合 3-氯-5-硝基苯

甲酸钡结晶析出。当以乙酸铅加入该酸或其钠盐中，则亦有类似反应发生。



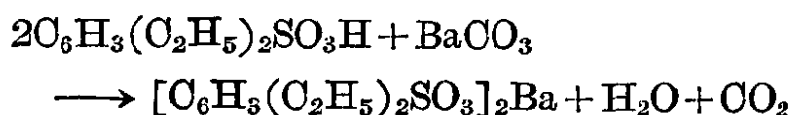
[99] $\text{C}_6\text{H}_3\text{NH}_2\text{NO}_2\text{COOH}$

将 2-氨基-3-硝基苯甲酸的水溶液用过量的碳酸钡处理后，溶液经过滤、浓缩，即有三水合 2-氨基-3-硝基苯甲酸钡结晶析出。碳酸钙或碳酸钾亦有类似反应发生，生成相应的有机钙盐是三水合物，钾盐是二水合物。



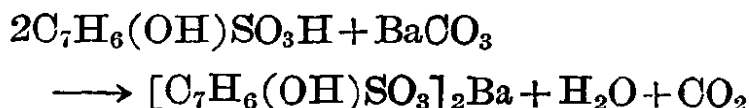
[100] $\text{C}_6\text{H}_3(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{SO}_3\text{H}$

纯净的二乙基苯磺酸的水溶液与过量的碳酸钡混合后加热，过滤、浓缩，即有四水合二乙基苯磺酸钡结晶析出。碳酸铅、氧化银、碳酸镉、碳酸钙、氧化汞、碳酸镍或碳酸钴亦有类似反应发生。其生成相应的有机盐的水含量分别为 3、0、4、5、0、5 或 5。



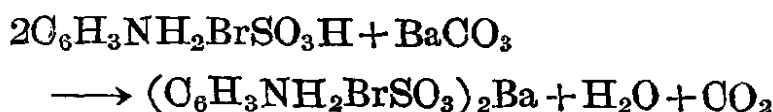
[101] $\text{C}_7\text{H}_6(\text{OH})\text{SO}_3\text{H}$

将碳酸钡中和对-羟基苯磺酸的水溶液后，过滤、浓缩，加入适量乙醇，混和，即有对-羟基苯磺酸钡结晶（含 $7\frac{1}{2}$ 份水）析出。



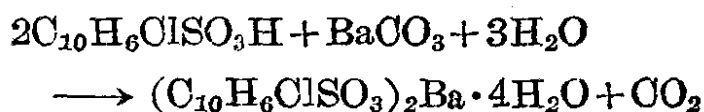
[102] $\text{C}_6\text{H}_3\text{NH}_2\text{BrSO}_3\text{H}$

将过量的固体碳酸钡加至 3-氨基-4-溴苯磺酸的水溶液中，溶液经过滤、浓缩，即有 3-氨基-4-溴苯磺酸钡结晶析出。



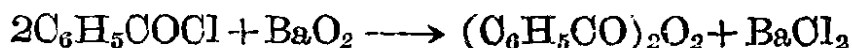
[103] $\text{C}_{10}\text{H}_6\text{ClSO}_3\text{H}$

α -一氯代萘磺酸溶液与碳酸钡反应后, 经蒸发, 即形成四水合六方形片状体 α -一氯代萘磺酸钡。



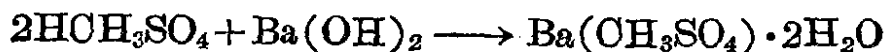
【104】 $\text{C}_6\text{H}_5\text{COCl}$

苯甲酰氯在水中与过氧化钡反应后, 即生成二苯甲酰过氧化物。



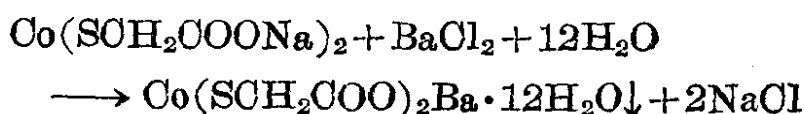
【105】 $\text{HCH}_3 \cdot \text{SO}_4$

当甲基(代)硫酸中和氢氧化钡溶液后, 即生成四边形片状物二水合甲基硫酸钡。



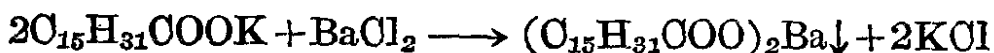
【106】 $\text{Co}(\text{SCH}_2\text{COONa})_2$

当硫基乙酸钠钴与氯化钡的溶液反应时, 即生成棕色沉淀硫基乙酸钴钡。



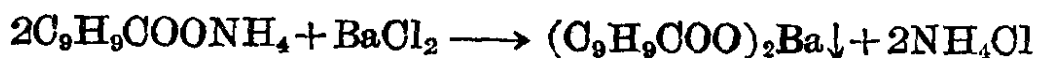
【107】 $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOK}$

在二庚基乙酸钾水溶液中加入氯化钡水溶液, 直至出现沉淀为止, 将滤出的沉淀物用水和温热乙醇洗涤后, 并予干燥, 即得二庚基乙酸钡。氯化镁或硫酸铜亦有类似反应发生。



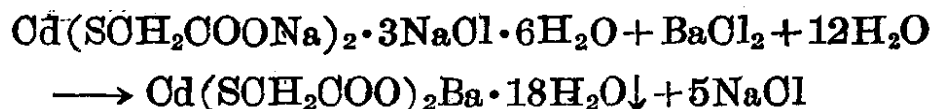
【108】 $\text{C}_9\text{H}_9\text{COONH}_4$

异(或正)丙基苯甲酸铵水溶液与氯化钡水溶液反应后, 过滤, 残渣经干燥后, 即形成一水合异丙基苯甲酸钡。氯化钙、硫酸铜或硝酸银亦有类似反应发生, 生成的相应有机钙盐是 $1\frac{1}{2}$ 水合物, 另外二个为无水盐。



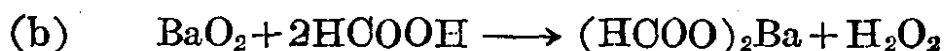
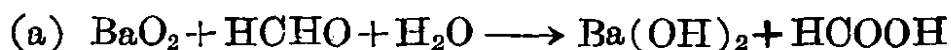
【109】 $\text{Cd}(\text{SCH}_2\text{COONa})_2 \cdot 3\text{NaCl} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

当巯基乙酸钠镉-氯化钠复合物与氯化钡在水溶液中反应后,即形成巯基乙酸钡镉沉淀。



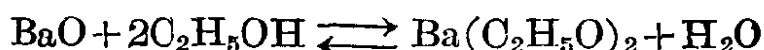
【110】 HCHO

过氧化钡能氧化甲醛,可有下列反应。



【111】 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$

在乙醇进行小规模脱水时,氧化钡较氧化钙为优。这种脱水乙醇的浓度可达99.5%。这个反应是可逆的,反应的生成物是乙氧基钡。



【112】 加热

羰基钡在空气中燃烧后,即生成碳酸钡、氧化钡和碳。



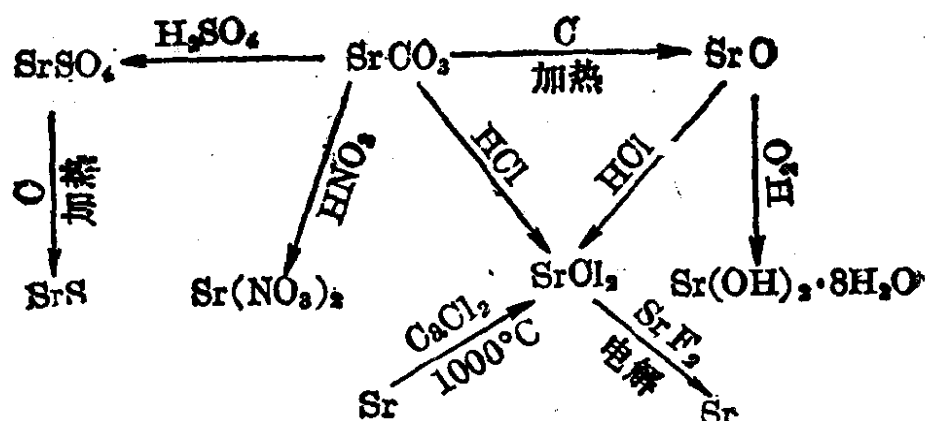
锶 Sr

锶在自然界中主要以硫酸盐和碳酸盐存在,构成天青石(SrSO_4)、碳酸锶矿(SrCO_3)等,因数量很少,故属于相当稀有的元素。

金属锶是银白色,密度2.6克/厘米³,熔点769°C,它的化学性质与钙相似。其氢氧化物系强碱,较氢氧化钙易溶于水,且需要更强的加热才能使之变为氧化锶。

锶的氧化物有二种: SrO 和 $\text{SrO}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$,前者是由锶的氢氧化物、碳酸盐、硝酸盐或任何有机酸盐加热分解而得,每0.7克 SrO 溶解于100毫升水。 $\text{SrO}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ 系将氢氧化锶用 H_2O_2 处理而得,它微溶于水或氨溶液,但易溶于酸或含有氯化铵的溶液。

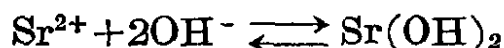
锶的主要化学反应提要:



锶离子的反应

【1】 碱金属的氢氧化物

碱金属的氢氧化物遇锶盐溶液，生成氢氧化锶的白色沉淀。



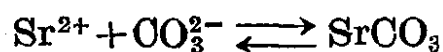
氢氧化锶较氢氧化钡难溶于水但易溶于稀酸。

【2】 氢氧化铵

氢氧化铵遇锶盐并不生成氢氧化锶沉淀，其理同氢氧化钡。

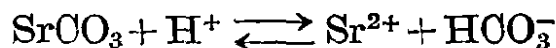
【3】 碱金属和铵的碳酸盐

碱金属和铵的碳酸盐遇锶盐溶液，生成碳酸锶的白色絮凝状沉淀。

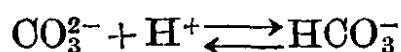


沉淀在开始时是很大的，但如加热一个短时间，即变为结晶和团块。

碳酸锶较碳酸钡难溶解于水，但易溶于稀酸、乙酸及碳酸。



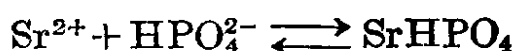
或更确切地:



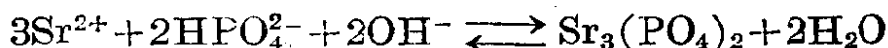
【4】 碱金属和铵的磷酸盐

碱金属和铵的磷酸盐遇锶盐溶液，生成白色絮凝状二代磷酸

锶沉淀。



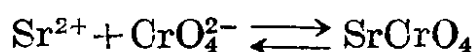
如果在加入试剂之前先将溶液配成碱性，则将有大型的三代磷酸锶沉出。



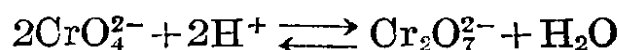
上述二个沉淀均不溶于水，但易溶于稀酸及乙酸。

【5】 碱金属的铬酸盐

碱金属的铬酸盐遇锶盐的稀溶液并无沉淀生成，但在极浓的溶液中，则有黄色铬酸锶沉淀生成。



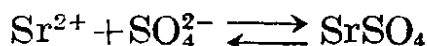
如果溶液被酸化，则实际上不可能形成铬酸锶的沉淀，这是由于铬酸根离子被转变为重铬酸根离子所致。



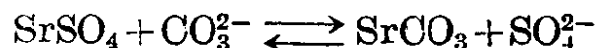
这个反应对于从锶和钙中把钡分离出来是很重要的。

【6】 硫酸和硫酸盐

硫酸和硫酸盐遇锶盐溶液，生成白色硫酸锶的结晶沉淀。

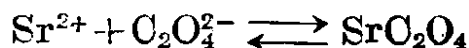


在稀溶液中，沉淀的形式系呈细微的结晶性沉淀；在极浓的溶液中，则成胶性沉淀，后者当溶液被加热一个短时期后，即变为结晶。硫酸锶有一种特性，即从溶液中沉淀时是徐徐形成的。在稀溶液中，当其沉淀完全时，有时往往需要几分钟，例如从钙分离锶时就有这种情况。硫酸锶微溶于浓盐酸及浓硝酸中。与硫酸钡的作用形成对照，当硫酸锶用浓的碳酸钠溶液处理时，即完全转变为碳酸锶，这是由于其碳酸盐和硫酸盐的溶度积不同所致。



【7】 碱金属或铵的草酸盐

碱金属或铵的草酸盐遇锶盐溶液，生成白色草酸锶结晶性沉淀。



这个沉淀较草酸钡难溶于水和乙酸中，但易溶于稀盐酸及稀

硝酸中。

【8】 火焰反应

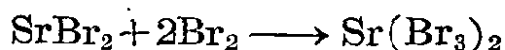
所有锶的挥发性化合物能使火焰呈深红色。非挥发性化合物在作火焰试验之前,必须首先把它转变为挥发性化合物,有时简单地用盐酸处理即可,例如碳酸锶。或可先将它放在还原焰上加热一个短时期而使化合物分解,然后再用盐酸处理,并再回至火焰上试验之。

【9】 无水乙醇

硝酸锶并不潮解,且不溶解于无水乙醇。氯化锶微有潮解性;其无水盐难溶于无水乙醇;反之,1克 $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 能溶解于116.4克冷乙醇或262克沸无水乙醇中。

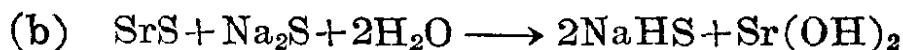
【10】 Br_2

当溴化锶溶解在溴的水溶液中时即形成三溴化锶。



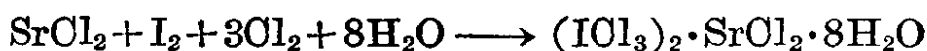
【11】 $\text{C} + \text{Na}_2\text{SO}_4$

以理论量的硫酸锶、硫酸钠与木炭共加热至红热,并将熔块溶解于沸水中,则有较大部分的氢氧化锶沉淀析出。母液还可供下一批应用。



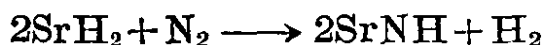
【12】 $\text{I}_2 + \text{Cl}_2$

当3克氯化锶和5克碘在5毫升水和4毫升盐酸(密度1.19克/厘米³)中经氯气流处理后,则有三氯化碘-氯化锶的黄色针状物形成。



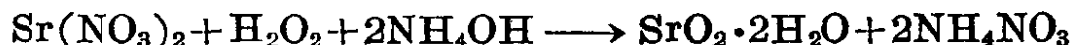
【13】 N_2

氢化锶和氮气在850°C左右反应时,即有亚氨基(化)锶生成,并又释出氢。

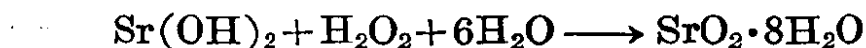


【14】 H_2O_2

(1) 当过氧化氢与硝酸锶的氨性溶液作用后, 即有水合过氧化锶形成。

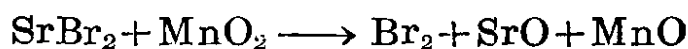


(2) 氢氧化锶与过氧化氢(避免过量)作用后, 即有八水合过氧化锶形成。



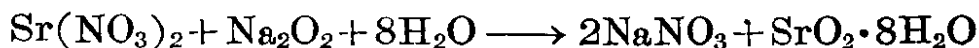
[15] MnO_2

在硫酸的参加下, 二氧化锰可氧化溴化锶为氧化锶和溴; 并有一氧化锰形成。



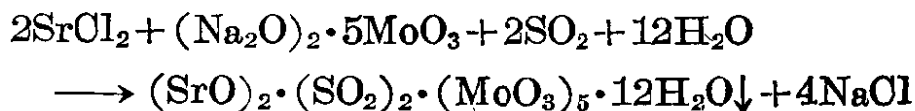
[16] Na_2O_2

可溶性的锶盐与过氧化钠的水溶液作用后, 即有八水合过氧化锶形成。



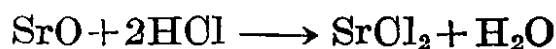
[17] $(\text{Na}_2\text{O})_2 \cdot 5\text{MoO}_3 + \text{SO}_2$

当氯化锶的饱和溶液与仲钼酸钠溶液 (事先已饱和有二氧化硫) 作用后, 即生成三棱形的结晶。



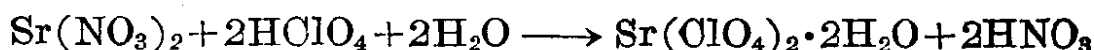
[18] HCl

当氧化锶溶解于盐酸时, 即有氯化锶形成。



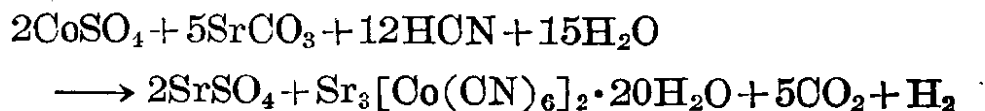
[19] HClO_4

当硝酸锶与高氯酸共蒸发时, 即有高氯酸锶形成。



[20] HCN , CoSO_4

当氰化氢通入含有碳酸锶的硫酸钴溶液中, 则将有氰高钴酸锶形成。



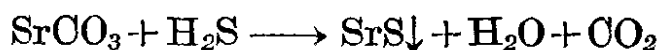
[21] HI

热而浓的氢碘酸能分解硫酸锶, 结果有碘化锶、硫化氢及碘等形成。



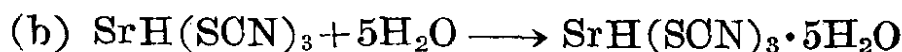
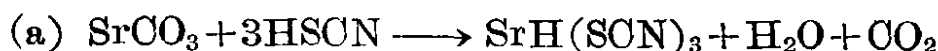
[22] H₂S

当 1% 碳酸锶水溶液与硫化氢处理约 30 小时左右, 将完全转变为硫化锶。



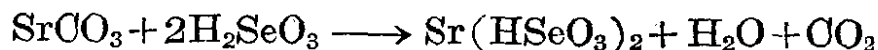
[23] HSCN

将碳酸锶溶解于硫氰酸中, 结果从溶液中得到水合硫氰酸氢锶的黄色结晶。

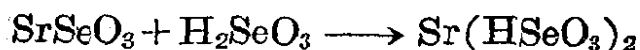


[24] H₂SeO₃

(1) 亚硒酸与碳酸锶作用后, 生成亚硒酸氢锶、水和二氧化碳。

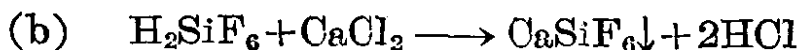
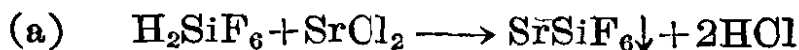


(2) 亚硒酸锶和亚硒酸的混合物, 当加热至 60°C, 即有长而透明、闪光的单斜棱晶亚硒酸氢锶形成。



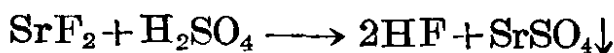
[25] H₂SiF₆

当氟硅酸加至氯化锶中后, 则在乙醇溶液中将有氟硅酸锶沉淀形成。氯化钙亦有相同形式的反应。

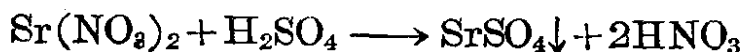


[26] H₂SO₄

(1) 氟化锶和硫酸反应, 生成氟化氢和硫酸锶。

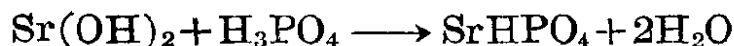


(2) 当硫酸加至硝酸锶中, 即有硫酸锶沉淀生成。

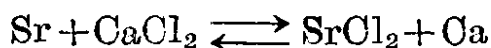


[27] H_2PO_4

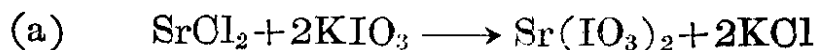
当氢氧化锶溶解于中等浓度的磷酸中时, 即有磷酸氢锶形成。

**[28] CaCl_2**

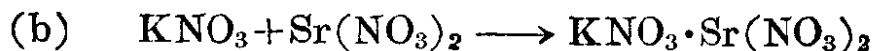
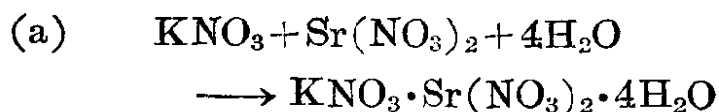
金属锶与熔融的氯化钙的平衡反应, 可在约 1000°C 时应用电化学法予以测定。

**[29] KIO_3 、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$**

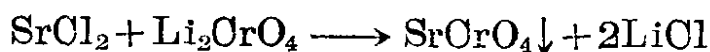
当氯化锶的盐酸溶液与饱和的碘酸钾溶液处理后, 再与硫酸铵的饱和溶液煮沸, 结果有硫酸锶沉淀形成。

**[30] KNO_3**

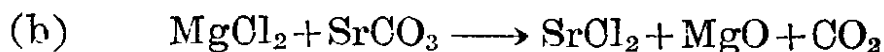
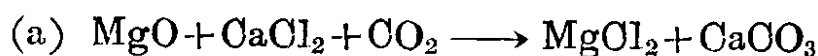
当硝酸锶和硝酸钾的水溶液混合后, 即有复盐形成。通常在 20°C 时, 这种盐是含水的; 在 40°C 时, 则这种盐是不含水的。

**[31] Li_2CrO_4**

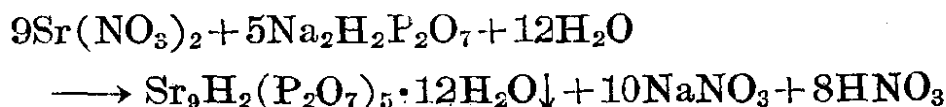
电导法一般适用于在 1:1 的乙醇和水的混合液中滴定锶为铬酸盐。铬酸锂较其他碱金属铬酸盐有分明的终点反应。

**[32] MgCl_2**

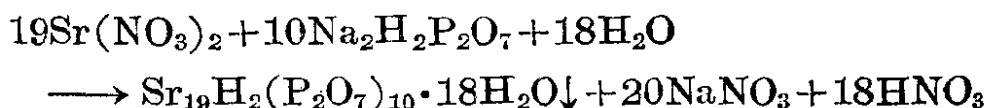
氧化镁淤浆和氯化钙, 二氧化碳一起反应后, 将其生成的碳酸钙滤去, 余下的氯化镁经小心干燥并与碳酸锶混和, 然后一起加热至反应完全。最后经沥滤和结晶可得到氯化锶。氧化镁则可再循环使用。

**[33] $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$**

(1) 当硝酸锶溶液加至焦磷酸二氢二钠溶液中经数小时后, 即有 9:2:5:12 的水合焦磷酸氢锶的微晶析出。

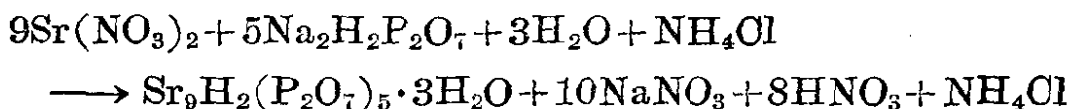


(2) 当焦磷酸二氢二钠溶液与硝酸锶溶液作用后, 几乎立即有 19:2:10:18 的水合焦磷酸氢锶的细微棱晶形成。



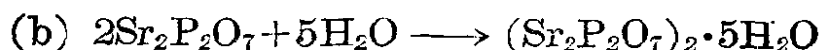
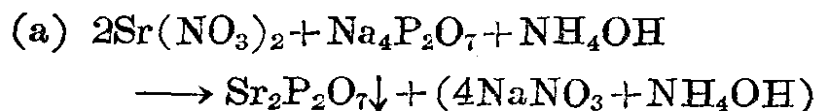
【34】 $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7 + \text{NH}_4\text{Cl}$

当硝酸锶、焦磷酸二氢二钠和氯化铵的溶液混合后煮沸数小时, 则有 9:2:5:3 的水合焦磷酸氢锶的粒状沉淀形成。



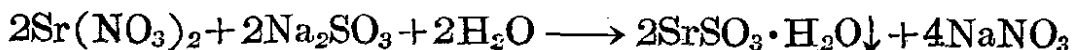
【35】 $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 + \text{NH}_4\text{OH}$

将焦磷酸钠溶液加至硝酸锶与氢氧化铵的溶液中, 即形成胶状无定形焦磷酸锶沉淀, 该沉淀在洗涤时又立即转变为结晶性水合盐。



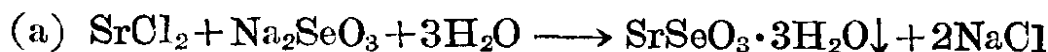
【36】 Na_2SO_3

当硝酸锶的溶液加至亚硫酸钠溶液中, 即有下列反应发生。



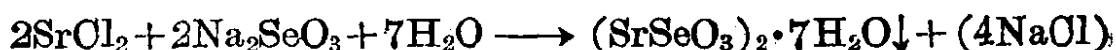
【37】 Na_2SeO_3

(1) 当氯化锶和亚硒酸钠的溶液混合后, 即有不定形结晶粉三水合亚硒酸锶沉淀形成, 后者在干燥空气下将风化而失去其水合物中的水。



(2) 当亚硒酸钠与氯化锶混和后, 即有 2:7 水合亚硒酸锶沉

淀析出。



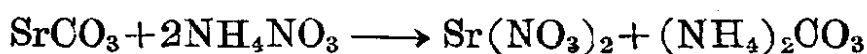
[38] $(\text{NH}_4)_2\text{CrO}_4$

当含有几滴乙酸的氯化锶溶液与铬酸铵处理后, 即有铬酸锶沉淀形成。



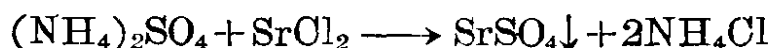
[39] NH_4NO_3

当硝酸铵的浓溶液徐徐与碳酸锶作用后, 即有硝酸锶和碳酸铵形成。



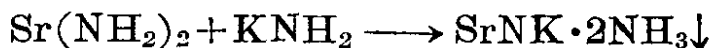
[40] $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

硫酸铵加至氯化锶溶液中, 即有硫酸锶沉淀析出, 同时有氯化铵生成。

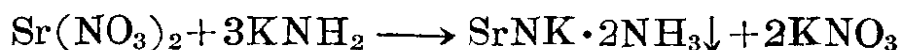


[41] KNH_2

(1) 氨基(化)锶和氨基(化)钾在液氨中反应, 即有下列沉淀物二氨合次氨基钾锶生成。

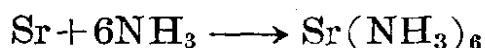


(2) 过量的氨基(化)钾与硝酸锶在液氨溶液中反应时, 即形成二氨合次氨基钾锶。



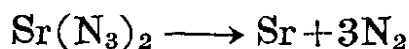
[42] NH_3

当金属锶溶解在氨中, 过量的氨蒸发除去, 即形成锶氨。



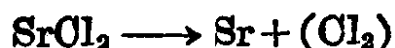
[43] 紫外光

当叠氮化锶受到小于 236 纳米的紫外光照射时, 即有氮释出, 并有金属锶形成。

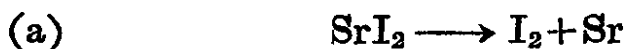


[44] ϵ

(1) 当氯化锶和氟化锶的混和物电解时, 即可得到金属锶。

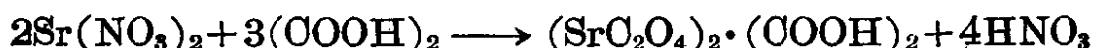


(2) 碘化锶电解后, 形成锶和碘; 前者又与水反应, 生成氧化锶和氢。

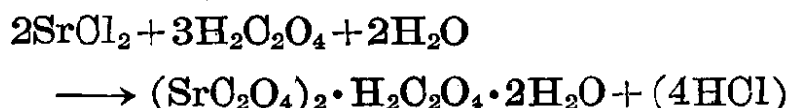


【45】 $(\text{COOH})_2$

(1) 在近乎煮沸的溶解有 35 克草酸的水溶液中, 加入 7.5 克硝酸锶(溶解于小量的水中)后, 即有一个薄层形成。

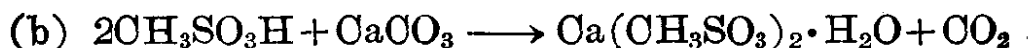


(2) 饱和草酸溶液与氯化锶共处理后, 加热至沸腾, 然后再冷却, 即形成草酸锶-草酸的结晶物。



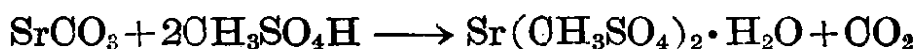
【46】 $\text{CH}_3\text{SO}_3\text{H}$

当甲磺酸用碳酸锶中和后, 即予过滤、浓缩, 则有一水合甲磺酸锶的结晶形成。碳酸钙亦有相似的反应发生。



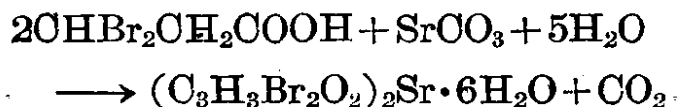
【47】 $\text{CH}_3\text{SO}_4\text{H}$

当碳酸锶与甲基(代)硫酸作用后, 即有一水合甲基硫酸锶形成。



【48】 $\text{CHBr}_2\text{CH}_2\text{COOH}$

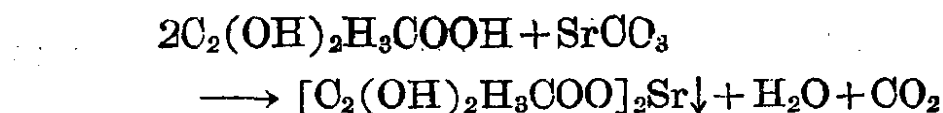
将 α -二溴丙酸溶解在 5 倍其重量的无水乙醇中, 并加热至 50°C , 然后与过量的碳酸锶共处理, 溶液过滤后即予冷却, 此时即有 α -二溴丙酸锶(伴有六分子水)的结晶被分离出来。



【49】 $\text{C}_2(\text{OH})_2\text{H}_3\text{COOH}$

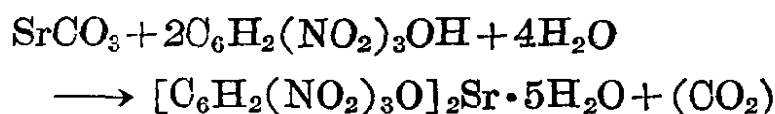
甘油酸被碳酸锶饱和后, 将溶液过滤, 然后加入乙醇, 即有甘

油酸锶沉淀析出。



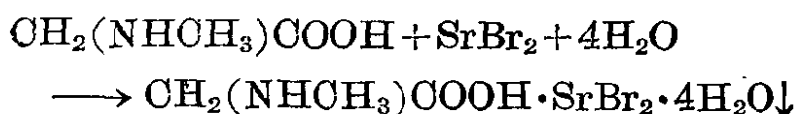
[50] $\text{C}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_3\text{OH}$

当碳酸锶与苦味酸溶液反应时,即有一种黄色针状结晶物(苦味酸锶五水合物)从其热的浓溶液中析出。若将该五水合物加热至 80°C ,则形成一水合物,后者在 25°C 遇潮气又会再形成五水合物。无论是它的一水合物或是五水合物,即使加热至 200°C 均难以形成无水盐。



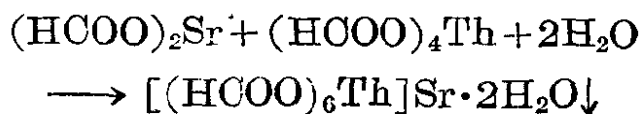
[51] $\text{CH}_3\text{NHCH}_2\text{COOH}$

将含有 2 份 *N*-甲基甘氨酸和 1 份溴化锶的混合水溶液进行浓缩时,即可形成 *N*-甲基甘氨酸-溴化锶的四水合物沉淀。氯化锶、碘化锶亦有类似反应发生。



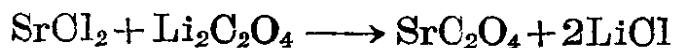
[52] $(\text{HCOO})_4\text{Th}$

在 0.03 摩甲酸锶溶液(溶解于少量水)中,加入 0.01 摩甲酸钍溶液(溶解于 3.5 毫升水中),混和后即形成无色结晶。



[53] $\text{Li}_2\text{C}_2\text{O}_4$

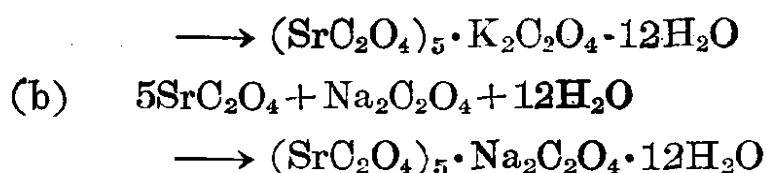
当以草酸锂滴定锶时,可用电导法进行,不过在操作时,宜加入小量乙醇和乙酸,借以减少沉淀的溶解度。



[54] $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 、 $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$

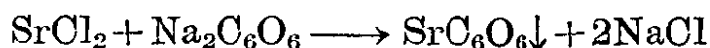
当草酸钾的饱和溶液在 100°C 被草酸锶饱和后,即有结晶形成。草酸钠亦有相同形式的反应。





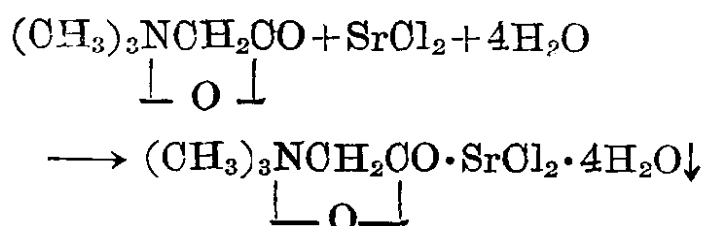
【55】 $\text{Na}_2\text{C}_6\text{O}_6$

当氯化锶与玫瑰酸钠作用后,即有特殊的红色沉淀形成。



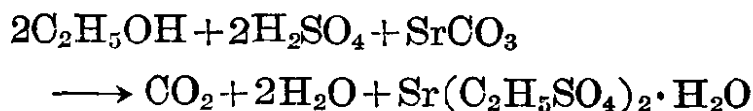
【56】 三甲铵乙内酯 + H_2O

当含有三甲铵乙内酯和氯化锶的水溶液被浓缩后,则有四水合氯化锶三甲铵乙内酯沉淀形成。



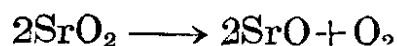
【57】 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 、 H_2SO_4

将浓硫酸徐徐加至乙醇中(用雪冷却之),然后将此混合物与粉状碳酸锶作用,结果有一水合乙基硫酸锶的结晶性鳞状体形成。

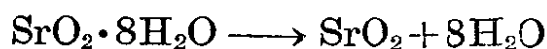


【58】 加热

(1) 赤热的过氧化锶能缓慢地失去氧,并形成氧化锶。



(2) 八水合过氧化锶加热至 100°C 时,即失去全部结晶水,过氧化锶是白色粉末。



钙 Ca

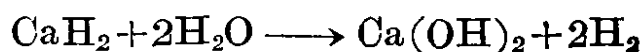
钙在自然界中以各种化合物的形态广泛地分布着。通常石灰石与白垩的大量沉积,以及某些地方的大理石,都是碳酸钙的不同天然形态。石膏($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)、磷灰岩 $[\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2]$ 以及各种含

钙的硅酸盐等也都大量存在。在地壳中，钙的总含量占地壳重量的 3.25%。

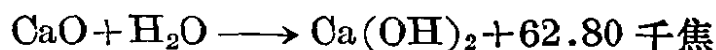
金属钙系具有展性而相当硬的白色金属，密度 1.54 克/厘米³，在 839°C 时熔化。钙在空气中迅速被遮盖上一层氧化物。当加热时，钙即燃烧而呈鲜红色火焰。钙与冷水作用较慢，但与热水作用，却能迅速地置换水中的氢而生成氢氧化钙。

钙是非常活泼的金属，易与卤素、硫、氮化合，在加热时，则能将几乎所有的金属氧化物还原。

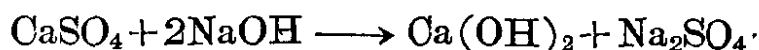
金属钙在氢气流中加热，即与氢化合而生成氢化物 CaH_2 ，后者与水剧烈作用而放出氢。



氧化钙能与水迅速作用而放出大量的热。



氢氧化钙较钡和锶的氢氧化物更难溶解于水，它是由碱金属的氢氧化物加至钙盐的浓溶液中制得。



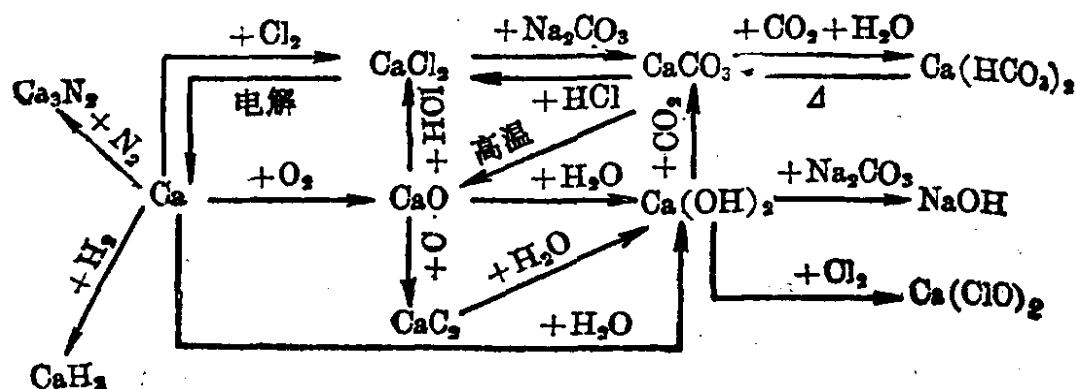
氢氧化钙溶液在空气中因吸收了二氧化碳而常含有碳酸钙。



氯化钙和硝酸钙均溶解于无水乙醇或等量的乙醇和乙醚的混合液。在相应的钡和锶盐中只有氯化锶溶解于乙醇。

硝酸钙比硝酸钡更易溶解于强硝酸，而氯化钙则较氯化钡更易溶解于盐酸。

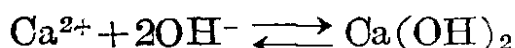
钙的主要化学反应提要：



钙离子的反应

【1】 碱金属的氢氧化物

碱金属的氢氧化物遇钙盐溶液, 生成氢氧化钙的白色絮凝状沉淀:



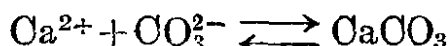
这个沉淀较氢氧化锶难溶解。沉淀不溶于过量的试剂, 但易溶于稀酸。

【2】 氢氧化铵

氢氧化铵遇钙盐(不含碳酸盐者)溶液, 并不生成沉淀。如果溶液在空气中放置一个时间, 则有碳酸钙沉淀发现。

【3】 碱金属和铵的碳酸盐

碱金属和铵的碳酸盐遇钙盐溶液, 生成白色大型碳酸钙沉淀:



这个沉淀立刻变为结晶和团块, 特别在加温时。沉淀不溶于水, 但易溶于稀酸及铵盐中, 这与钡和锶的碳酸盐相似。

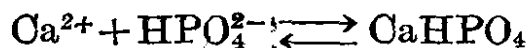
用碳酸铵来沉淀碳酸钙是不能达到完全的, 除非将溶液配成碱性, 并在试剂加入后徐徐予以加热, 才能沉淀完全。溶液应呈碱性反应, 庶可保证碳酸根离子的存在, 因为普通的碳酸铵事实上是大致等量的碳酸氢铵和氨基甲酸铵(Ammonium carbamate)的混合物。氢氧化铵可使重碳酸根离子转变为碳酸根离子; 而且, 当溶液加热时, 氨基甲酸根离子即被分解而转变为碳酸盐。



碱土金属的重碳酸盐和氨基甲酸盐是溶解于水的, 因此必须予以分解才能达到完全沉淀。

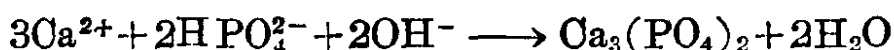
【4】 碱金属的磷酸盐

碱金属的磷酸盐遇钙盐溶液, 生成白色絮凝状磷酸氢钙沉淀:

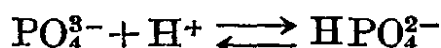


假定在试剂加入之前, 先将溶液调节至碱性, 则有白色磷酸钙沉淀

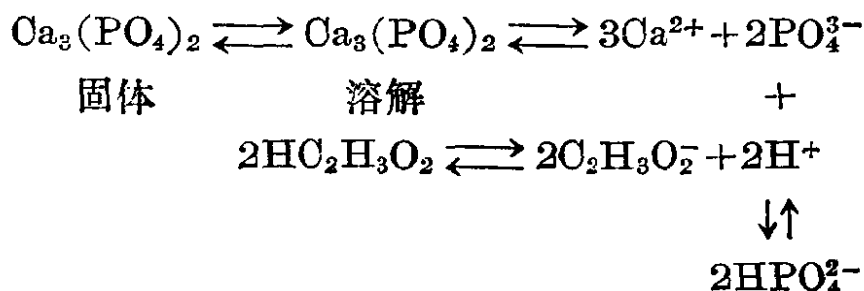
形成:



这二个沉淀均仅微溶解于水, 但均易溶解于稀酸及乙酸中。这些化合物的溶解, 是由于 H^+ 离子抑制了磷酸的第三个氢离子的电离作用所致。

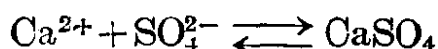


这种磷酸根离子的除去, 将扰乱溶解的平衡。

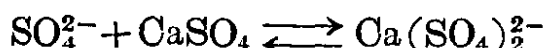


【5】 硫酸

硫酸遇钙盐的浓溶液, 生成白色结晶性硫酸钙沉淀:



这个沉淀较硫酸钡或硫酸锶更溶于水, 它微溶于盐酸及硝酸。它亦溶解于硫酸铵(系通过形成硫酸钙的络阴离子所致)。



这个反应对于应用硫酸铵来分离钙和锶是可靠的。

硫酸钙用碳酸钠溶液处理后, 将完全转变为碳酸钙, 关于这方面的解释与锶离子反应中叙述硫酸锶的有关部分相同。

【6】 碱金属和铵的草酸盐

碱金属和铵的草酸盐遇中性和碱性的钙盐溶液, 生成白色细微结晶性草酸钙沉淀。



假使沉淀在热而微酸性溶液中发生, 则沉淀的颗粒是较大的。

草酸钙是最不溶解的碱土金属的草酸盐, 它不溶于乙酸, 但溶于稀盐酸或稀硝酸。



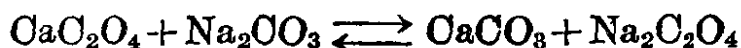
+



↓↑



草酸钙可被碳酸钠转变为碳酸钙和草酸钠。



在这里,这种转变亦可应用质量作用定律来进行解释(参考硫酸钡被碳酸钠转变为碳酸钡)。

【7】 碱金属的铬酸盐

碱金属的铬酸盐溶液,遇稀的钙盐溶液无沉淀生成(与钡离子不同)。如果在浓的钙盐溶液中加入铬酸钾之后,则徐徐有铬酸钙($\text{CaCrO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)沉淀生成,或加二或三容量的乙醇则立即有沉淀发生。如果加入 NH_4OH 则可帮助沉淀反应,但加乙酸则妨碍沉淀反应。

【8】 火焰反应

所有挥发性的钙化合物对火焰呈砖红色,非挥发性的钙化合物则在试验前必须象锶一节所述一样,先予以处理之。

基于锶、钙及钡的氯化物的挥发性之不同,以及它们对火焰的染色强度之不同,故它们可以在同一火焰上轮换地鉴别。锶首先被见到,以后为钙,数秒钟之后才见到钡。

【9】 亚铁氰化钾

过量的亚铁氰化钾溶液与钙盐作用,生成白色亚铁氰化二钾钙 $[\text{CaK}_2\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 沉淀,这个反应倘有过量的氯化铵溶液存在,则更为灵敏,而且形成组分易变的亚铁氰化钾钙铵的白色沉淀(与锶不同)。大量的钡和镁存在时将干扰,因亦形成相似的反应。



【10】 无水乙醇

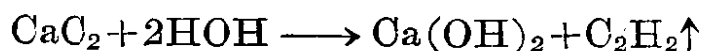
无水乙醇或等容量的无水乙醇和乙醚的混合液,均能溶解硝酸钙和氯化钙。

所有潮解性盐类(碳酸钾除外)均溶解于无水乙醇。所有其他盐类,一般言之,均不溶或很难溶解于无水乙醇。在这个规律中,氯化汞为一例外,它并不潮解,但却非常容易溶解于乙醇(与水的溶解情况比较)。

【11】 水

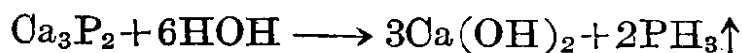
水在常温时能分解钙的碳化物、磷化物和氮化物。

(a) 碳化钙:



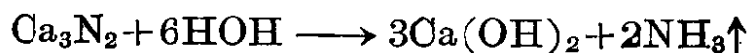
在这个反应中有乙炔放出,它是一种有特臭的气体,如将此气体导至氨性铜溶液,则迅速生成乙炔铜(Copper acetylide)红色沉淀,后者在潮湿时无害,但在干燥状态很易因摩擦或加热而发生爆炸。

(b) 磷化物:



在这个反应中放出大蒜样臭的磷化氢气体,且因常含有小量液体 P_2H_4 而能自动燃烧。

(c) 氮化物:

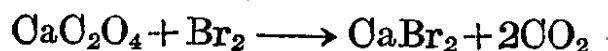


【12】 Br_2

(1) 氯化钙加至溴水中,即有二溴氯化钙形成。此外氯化锶及氯化钡亦有相似的反应。

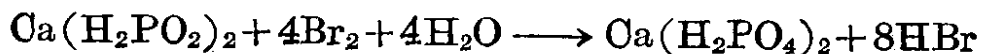


(2) 将溴和草酸钙的混合物置于烧瓶中,徐徐加热,即有下列反应发生。



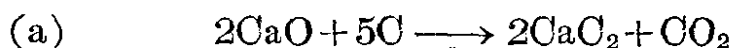
【13】 $\text{Br}_2 + \text{H}_2\text{O}$

将溴溶液加至次磷酸钙溶液中,即有磷酸二氢钙形成。

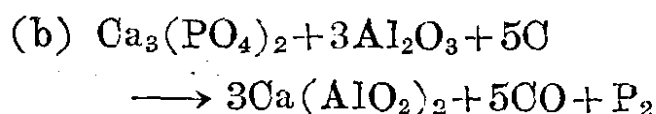
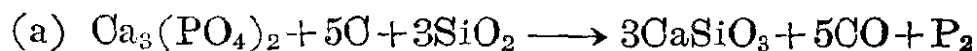


【14】 C

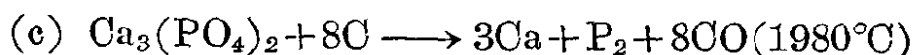
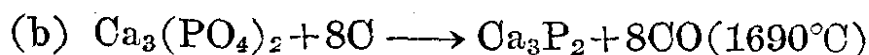
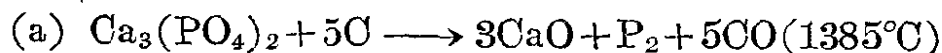
(1) 氧化钙在电炉中与碳共熔融时, 结果有碳化钙形成(a)。碳化钙与氧化钙反应, 则有钙金属蒸气形成(b), 后者在冷凝时, 即可得到固体金属。



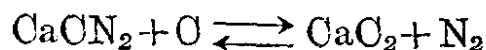
(2) 磷酸钙被碳的还原速率, 常因二氧化硅、氧化铝、硅胶或石英的存在, 以及特别当温度在 1000°C 以上时将为之大大加快。



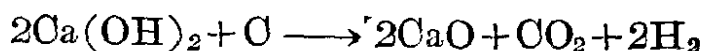
(3) 当磷酸钙与碳在不同温度加热时, 即有各种化合物形成。



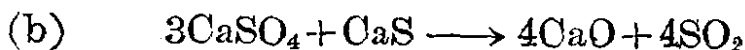
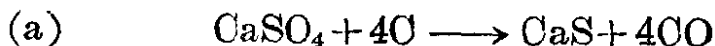
(4) 氰氨(基)化钙和碳在 1150°C 以上反应时, 生成碳化钙和氮。



(5) 氢氧化钙与无烟煤炭一起剧烈加热时, 即形成氧化钙、氢和二氧化碳。



(6) 硫酸钙在 800°C 以上可被碳还原。



【15】 C + N₂

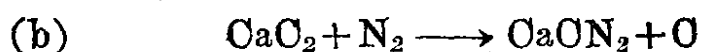
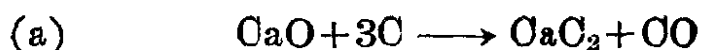
二氮化三钙与糖炭混合后, 置于有盖的瓷坩埚内, 在空气中加热至红热, 结果有氰氨(基)化钙形成。



【16】 C、N₂

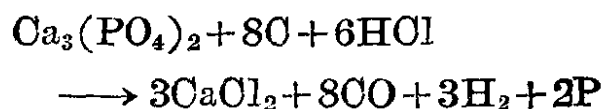
下列二个反应可在电炉中发生。首先形成碳化钙, 其次是氮

的固定,即形成氰氨(基)化钙。



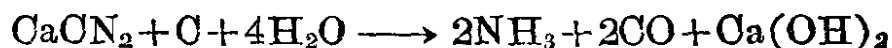
【17】 C + HCl

当磷酸钙和游离碳的混和物加温至赤热,并与盐酸气体接触,结果有游离磷生成。



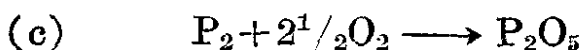
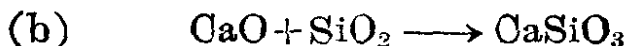
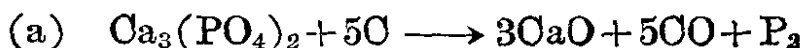
【18】 C + H₂O

土壤中氰氨(基)化钙与碳和水的反应如下式所示。

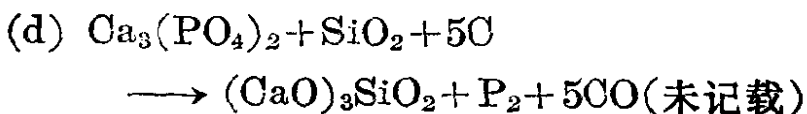
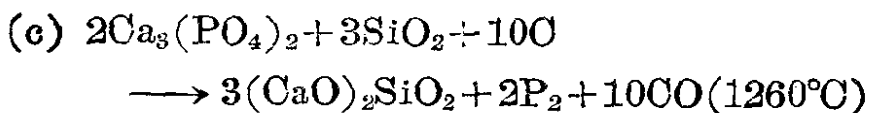
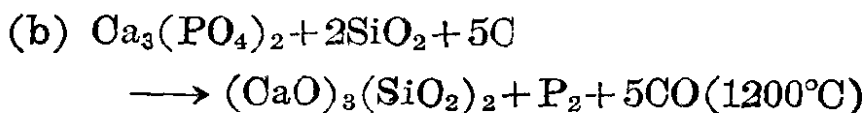
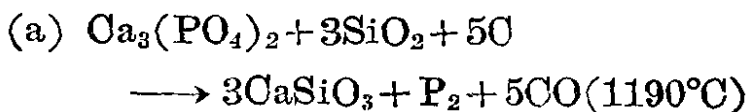


【19】 C + SiO₂

(1) 应用热解法由磷酸钙制造磷酸时,常包括下列四个主要反应。

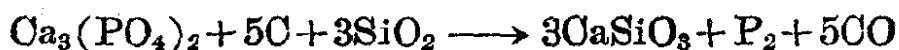


(2) 磷酸钙与二氧化硅和碳的混合物,在不同温度下加热反应后,可得下列各种化合物。



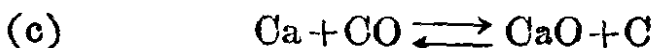
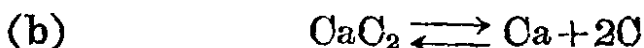
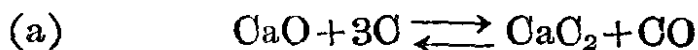
(3) 在熔化磷酸岩过程中,当温度为 1300~1500°C 时,焦炭中的碳将矿石中的五氧化二磷还原为元素磷,同时,石灰与存在于

炉渣中的二氧化硅化合,其反应如下。



【20】 C、加热

下列反应形成的碳化钙是个可逆反应(a)。在较高温度时,碳化钙即分解而回复到它们的元素(b),此时,钙则还原一氧化碳(c)。



【21】 Ca

当相当量的金属钙与氧化钙的混合物在炉内加热至嫩红色达2小时后,即有一氧化二钙形成。

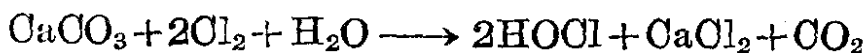


【22】 Cl₂

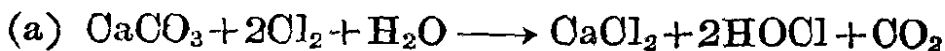
(1) 碳酸钙遇氯即被分解:



(2) 碳酸钙与游离氯和水作用,生成氯化钙、二氧化碳及次氯酸。



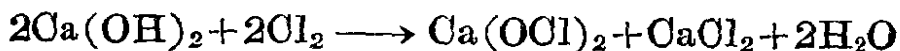
(3) 当冷的氯水与碳酸钙共振摇时,所有的游离氯均被除去,即有氯化钙和次氯酸形成,同时有二氧化碳放出;但当次氯酸的量大于4%时,则将有氯酸形成。



(4) 氢氧化钙与氯的反应如下式所示。

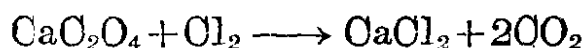


(5) 当有空气存在时,氢氧化钙与氯的反应产物为次氯酸钙、氯化钙和水。

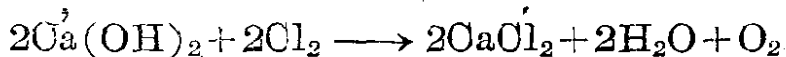


(6) 将干燥的氯气通至缓缓加热的草酸钙上,即甚易发生下

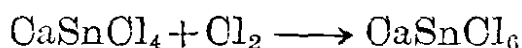
列反应。



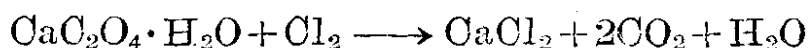
(7) 将氯气通入热的氢氧化钙溶液,并以硝酸钴为催化剂,即有 99% 纯度的氧生成。



(8) 将氯气流徐徐通入氯亚锡酸钙的浓溶液(该溶液事先已加入几滴浓盐酸)后,即有下列反应发生(生成氯锡酸钙)。



(9) 水合草酸钙与干燥的氯处理后,即有下列反应发生。

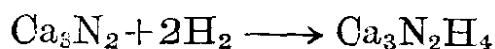


【23】 H_2

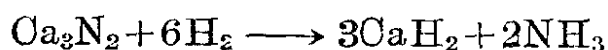
(1) 纯氢通至热的钙上,即形成氢化钙,钙棒在充满氢气的铅容器中加热至 $340 \sim 350^\circ\text{C}$ 时,亦有同样的反应发生。



(2) 二氮化三钙与氢在 230°C 反应时,生成下列化合物。

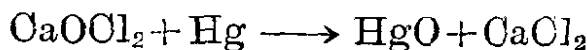


(3) 二氮化三钙在氢气存在下加热时,即有氨释出,并有氢化钙形成。



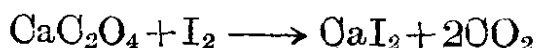
【24】 Hg

漂白粉(含有氯化次氯酸钙,后者亦或称谓二氯化钙)与汞反应后,生成氧化汞和氯化钙。



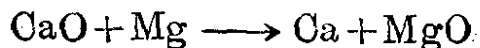
【25】 I_2

将碘与草酸钙共紧密混合后,再予徐徐持续加热至暗红炽热时,即有下列反应发生。

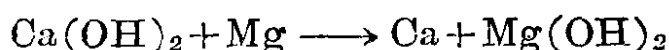


【26】 Mg

(1) 石灰与镁在氢气流中加热时,石灰几乎全部还原为钙。

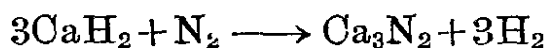


(2) 在氢气流下, 氢氧化钙与镁共加热时, 即有游离钙形成。

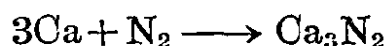


【27】 N_2

(1) 氢化钙与氮进行加热反应时, 即形成氮化钙。



(2) 当钙在氮气中加热时, 形成二氮化三钙。

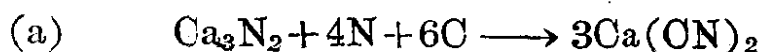


(3) 在 $900 \sim 1100^\circ\text{C}$ 时, 二硅化钙与氮反应, 即有部分硅游离出来。



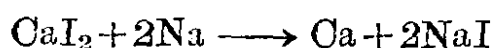
【28】 $\text{N} + \text{C}$

二氮化三钙和碳的混合物与氮在 800°C 反应时, 即有氰氨(基)化钙形成。



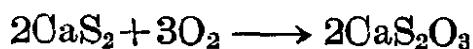
【29】 Na

当碘化钙与金属钠置于铁坩埚中(上有螺旋盖), 共加热至低红热, 结果有金属钙形成。

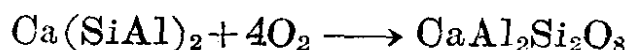


【30】 O_2

(1) 氧与(二)硫化钙作用后, 即生成硫代硫酸钙。

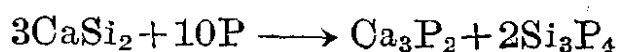


(2) 当硅铝化钙在潮湿的氧气流下加热至低红热时, 即有类似钙长石的络合物形成。

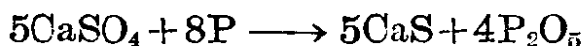


【31】 P

(1) 二硅化钙与磷反应时, 即有下列二种磷化物形成。

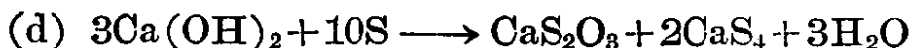
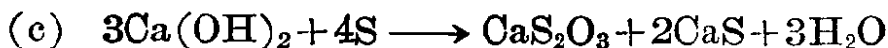
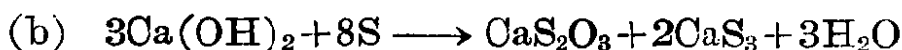
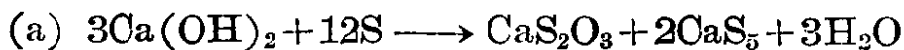


(2) 硫酸钙与过量的红磷共加热时, 即被还原为硫化钙和五氧化二磷。

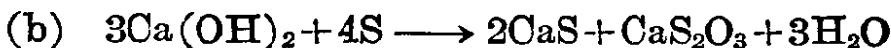


【32】 S

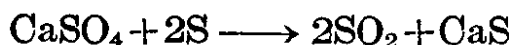
(1) 当氢氧化钙溶液与硫加热作用时, 其可能的反应产物为钙的不同硫化物。



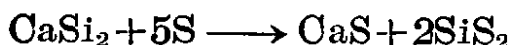
(2) 当石灰乳液与硫一起煮沸时, 即有纯净的硫化钙生成。



(3) 硫酸钙与硫一起蒸馏时, 形成二氧化硫和硫化钙。

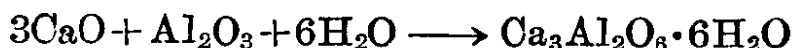


(4) 二硅化钙与硫共加热时, 即有下列反应发生。



【33】 $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O}$

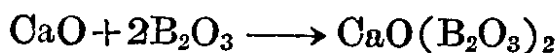
当石灰与氧化铝的混合物(正确比例混合)在 150°C 与水蒸气反应时, 结果有六水合铝酸三钙形成。



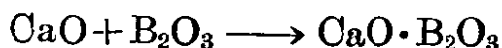
【34】 B_2O_3

在 $\text{CaO} \cdot \text{B}_2\text{O}_3$ 系列中, 有四种二元化合物存在。

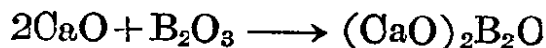
(a) 二硼酸钙或四硼酸钙



(b) 硼酸一钙或偏硼酸钙



(c) 硼酸二钙或焦硼酸钙

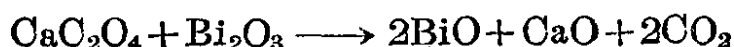


(d) 硼酸三钙或原硼酸钙



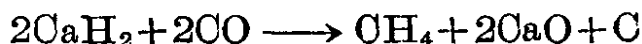
【35】 Bi_2O_3

三氧化二铋与草酸钙的混合物共强烈加热一个短时间, 即有如下的还原反应发生。



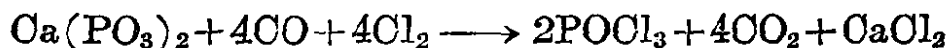
【36】 CO

当一氧化碳在 450°C 作用于新鲜制得的氢化钙时, 即有甲烷生成。

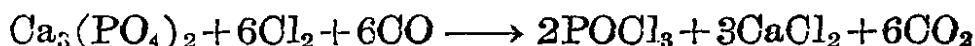


【37】 CO + Cl₂

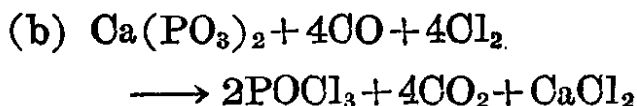
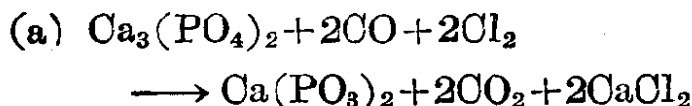
(1) 偏磷酸钙在一氧化碳和氯的存在下, 加热至 $330\sim 340^\circ\text{C}$ 时, 即有下列反应发生。



(2) 在低温时, 将氯和一氧化碳的气流直接通入碳与磷酸钙的混合物上, 即有三氯化磷形成。

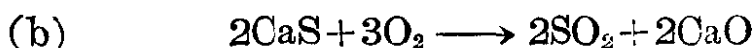


(3) 磷酸钙与木炭在一氧化碳和氯的气流下共加热时, 即有下列反应发生。



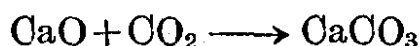
【38】 CO、O₂

根据下列方法, 从石膏中可以制取石灰和二氧化硫。当石膏在谨慎而有规则的加热时, 先通入还原性气体, 后通入氧化性气体, 则首先得到硫化钙, 后者经氧化后即生成石灰和二氧化硫。



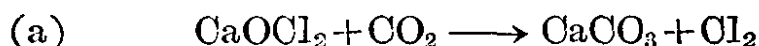
【39】 CO₂

(1) 氧化钙与二氧化碳在一般条件下反应时, 即生成碳酸钙。

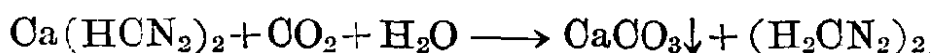


(2) 将二氧化碳通入漂白粉溶液中, 即有氯释出。同样, 二氧

化碳对次氯酸钠和氯化钠的混合液亦有相似反应发生。



(3) 当酸式氰氨(基)化钙的热溶液(已加入氨者)与二氧化碳反应后, 即有沉淀形成; 溶液再予蒸发至结晶, 结果有双氰胺形成。



(4) 氢硫化钙可被空气中的碳酸转化为碳酸钙。

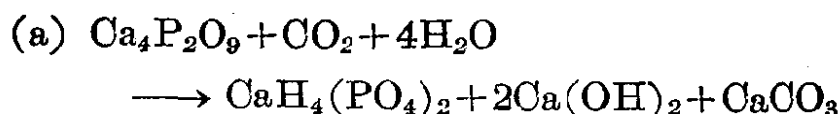


【40】 $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

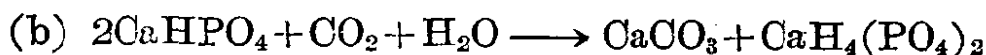
(1) 将水蒸气和二氧化碳导入热的磷酸氢钙上, 即有碳酸钙形成。



(2) 含有二氧化碳的水能分解磷酸四钙, 结果生成磷酸四氢钙和磷酸氢钙。



(3) 当磷酸钙热至高温时, 即被二氧化碳和水蒸汽所分解。

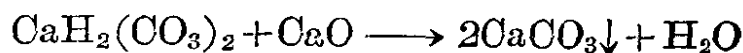


【41】 CaO

(1) 在肥料中有石灰存在时, 将使磷酸四氢钙转化为磷酸钙。磷酸钙不溶解于中性柠檬酸铵溶液中。

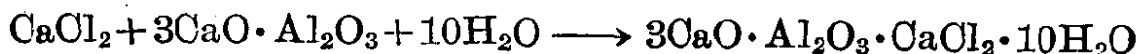


(2) 在标准状态下, 碳酸氢钙在溶液中可被氧化钙沉淀, 结果生成碳酸钙和水。



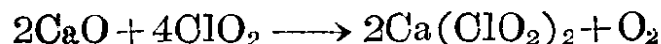
【42】 $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$

在制取氯铝酸钙时, 可根据下列反应进行之。



【43】 ClO_2

当二氧化氯的气流通至氧化钙的水混悬液中，即有亚氯酸钙形成。

**【44】 Cr_2O_3 、 Fe_2O_3**

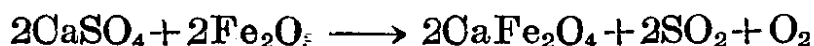
在高温下，钙能还原三氧化二铬和氧化铁。

**【45】 FeO**

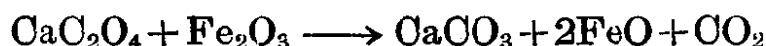
硫化钙与氧化亚铁在电炉中加热时，即有下列反应发生。

**【46】 Fe_2O_3**

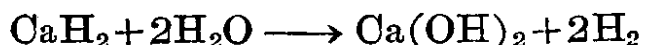
(1) 当硫酸钙与氧化铁在 1100°C 煅烧时，即有铁酸钙形成。



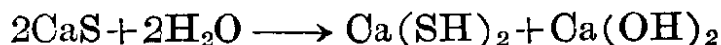
(2) 氧化铁(微过量)与草酸钙共加热至暗红炽热时，即有氧化亚铁、碳酸钙和二氧化碳形成。

**【47】 H_2O**

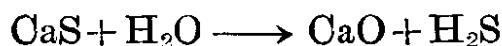
(1) 当氢化钙(包括其它碱土金属的氢化物)加至水中时，即形成碱，并有氢释出。



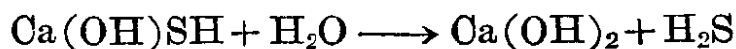
(2) 硫化钙与水反应后，生成下列化合物。



(3) 硫化钙在水蒸气中于 $1200 \sim 1300^\circ\text{C}$ 加热时，即有氧化钙和硫化氢生成。



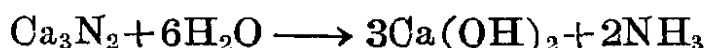
(4) 碱式氢硫化钙水解时，发生如下反应。



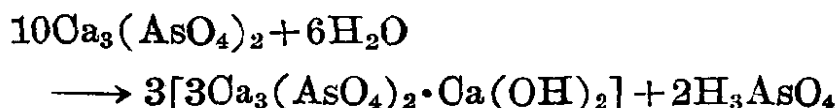
(5) 氟石在红热时导入水蒸气流后，即按(a)式离解。在较高的温度时，于空气中反应，可能有氮化物形成(b)，(c)和(d)。



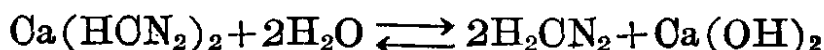
(6) 当二氮化三钙与水处理后, 即有氨释出, 并有氢氧化钙形成。



(7) 砷酸三钙(由微过量的砷酸氢二钠溶液加至氯化钙溶液后制得的)与水煮沸多日, 使其水解, 结果有碱式砷酸钙形成。



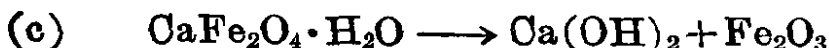
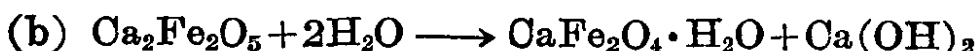
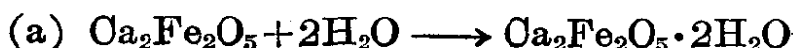
(8) 酸式氰氨(基)化钙在适宜温度下储存长久后, 即水解为游离氨基氰。



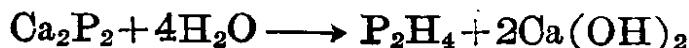
(9) 氰化二氢钙在湿气存在下, 即发生分解反应。



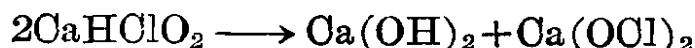
(10) 当铁酸二钙曝露在饱和水蒸气中于 150°C 加热时, 即有下列反应发生。



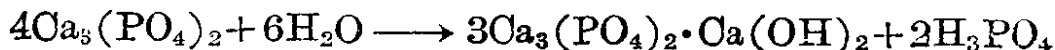
(11) 当水与二磷化二钙反应时, 即有氢氧化钙形成, 并有可自燃的四氢化二磷释出。



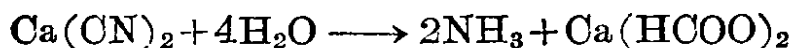
(12) 羟基次氯酸钙与水接触后, 即分解形成氢氧化钙和次氯酸钙。



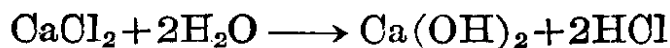
(13) 当磷酸钙水解时, 即有碱式磷酸钙形成。



(14) 氰化钙水解时, 形成氨和甲酸钙。



(15) 氯化钙(当加热至红)与过量的水蒸汽作用时,即形成 HCl 和氢氧化钙。



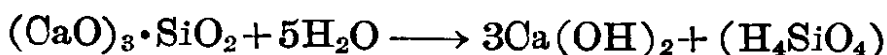
(16) 当 3:5 的铝酸钙在饱和水蒸气中水合时,即有六水合铝酸三钙形成。



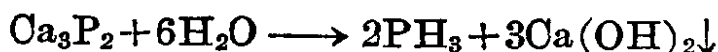
(17) 在卜特兰的实验中,发现“阿里特”(水泥)能吸收尽可能多的水,其反应如下。



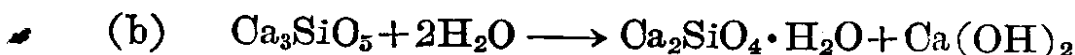
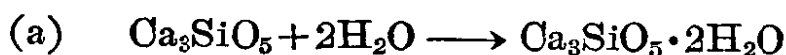
(18) 颗粒的硅酸三钙经水混合后,在 30 分钟内,即开始膨胀并水解,其反应如下。



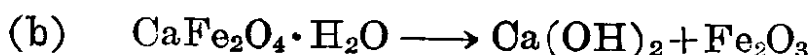
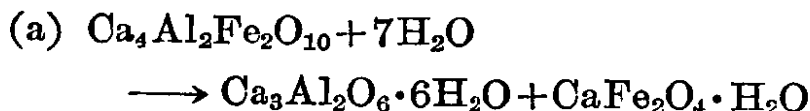
(19) 二磷化三钙水解时,即有不纯的磷化氢形成。



(20) 硅酸三钙在水蒸气中水合后,形成一个单晶化合物(a),当条件适合其水解时,即有游离石灰释出,并有较低级的水合物形成(b)。

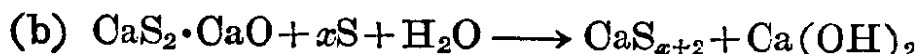
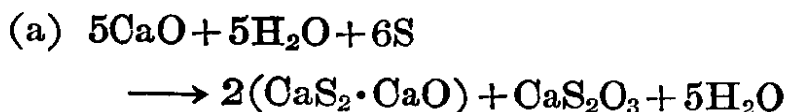


(21) 铝铁酸四钙在 100~300°C 与饱和水蒸气接触反应时,即有六水合铝酸三钙,氢氧化钙和三氧化二铁形成。



【48】 $\text{H}_2\text{O} + \text{S}$

当石灰与硫和水共煮沸时,即有多硫化钙和硫代硫酸钙形成。



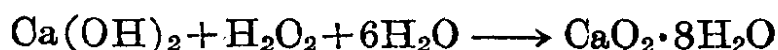
【49】 $\text{H}_2\text{O} + \text{SiO}_2$

氟化钙与二氧化硅在潮湿空气中加热时,将有若干分解发生。

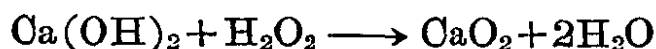


【50】 H_2O_2

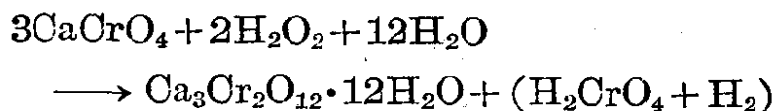
(1) 氢氧化钙与过氧化氢(避免过量)作用,即生成八水合二氯化钙。



(2) 氢氧化钙的稀溶液与过氧化氢在室温时作用,即生成二氯化钙。

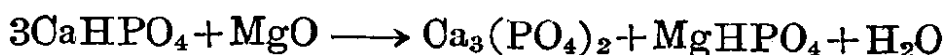


(3) 当 30% 过氧化氢与铬酸钙的饱和溶液于低温反应时,即有过铬酸钙形成。



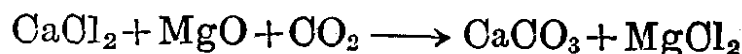
【51】 MgO

当磷酸氢钙溶液经氧化镁处理至溶液呈微碱性时,即有磷酸(三)钙和磷酸氢镁形成。



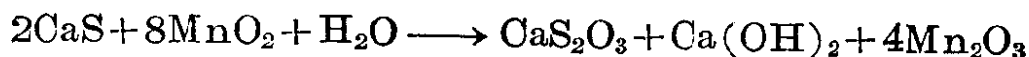
【52】 $\text{MgO} + \text{CO}_2$

氯化钙可被氧化镁和二氧化碳转化为氯化镁和碳酸钙。

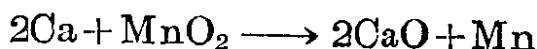


【53】 MnO_2

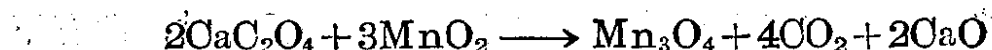
(1) 硫化钙和很细的二氧化锰的混合物加水煮沸时,即生成下列的反应。



(2) 在高温下,钙可还原二氧化锰。

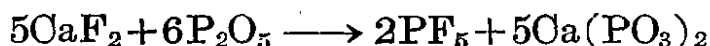


(3) 当草酸钙与二氧化锰进行加热反应时,即有下列反应发生。



[54] P_2O_5

(1) 当五氧化二磷与氟化钙的混合物在铁管中加热后, 即有五氟化磷形成。

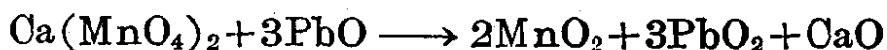


(2) 磷酸钙在炉内加热至 1500°C (在空气排除下进行), 即有一层白色焦磷酸钙出现在熔融的炉渣上面, 这无疑时磷酸钙与五氧化二磷 (它由磷酸钙的其他部分释出者) 反应后的生成物。



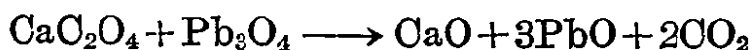
[55] PbO

氧化铅与高锰酸钙反应后, 即形成二氧化锰和氧化钙及二氧化铅。



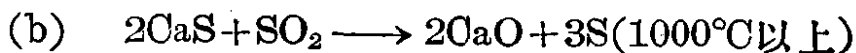
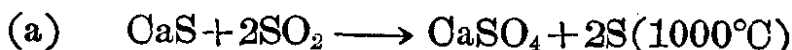
[56] Pb_3O_4

微过量的四氧化三铅与草酸钙混和后, 徐徐加热至红热并保持这个温度达 20 分钟, 即有下列反应发生。



[57] SO_2

(1) 硫化钙与二氧化硫在高温反应时, 有以下二种反应产物生成。

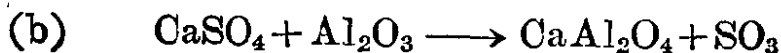
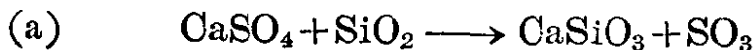


(2) 氢化钙与二氧化硫共徐徐加温时, 即有连二亚硫酸钙形成。

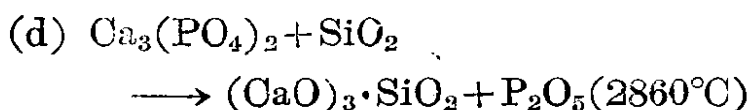
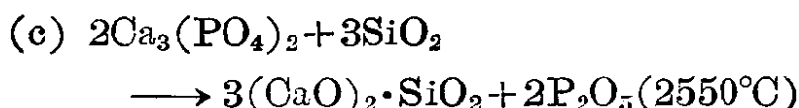
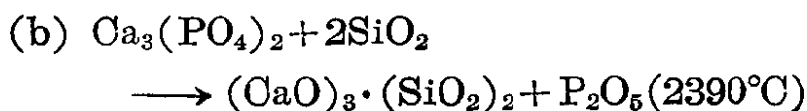
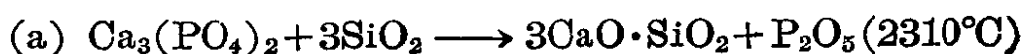


[58] SiO_2

(1) 将二氧化硅或氧化铝加至硫酸钙中, 并在 1000°C 加热反应后, 即有硅酸钙或偏铝酸钙形成。

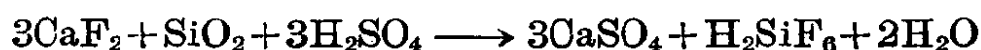


(2) 当磷酸钙与二氧化硅在不同温度下加热反应时, 即有下列各种化合物形成。

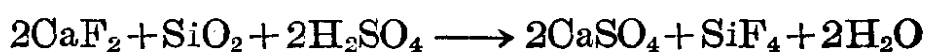


【59】 $\text{SiO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4$

(1) 当氟石和二氧化硅的混合物与浓硫酸作用后, 即有氟硅酸形成。



(2) 当氟化钙和二氧化硅的混合物与硫酸作用时, 即有四氟化硅释出。



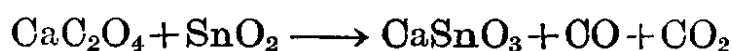
【60】 $\text{SiO}_2 + \text{K}_2\text{F}_2$

煅烧过的干燥粉状二氧化硅和氟石的混合物于 $120 \sim 135^\circ\text{C}$ 与浓硫酸消化后, 将其释出的四氟化硅导入 10% 氟化钾溶液中, 结果形成氟硅酸钾。



【61】 SnO_2

过量的二氧化锡与草酸钙共加热至红热时, 即有锡酸钙、一氧化碳和二氧化碳形成。为了得到锡酸钙, 必须在升高的温度下加热数小时, 否则仍然是未化合的氧化钙和二氧化锡。



【62】 U_3O_8

八氧化三铀与过量草酸钙的混合物, 经加热至暗红炽热达数

分钟后,即有下列反应发生。



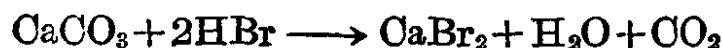
【63】 $\text{UO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$

过量的水合三氧化铀在红热时即迅速与草酸钙反应,生成二氧化铀、碳酸钙,同时有二氧化碳和水蒸气释出。



【64】 HBr

碳酸钙与氢溴酸作用,即生成溴化钙。



【65】 HBr, HCl

将溴化氢气体直接通至粉末状的草酸钙上,并缓缓加热,即有下列反应产物生成。

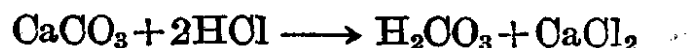


同理,干燥的氯化氢气体亦有类似反应。



【66】 HCl

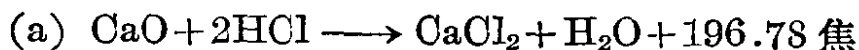
(1) 碳酸钙与盐酸作用,即有碳酸形成。



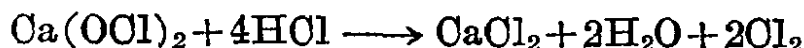
(2) 磷酸氢钙与盐酸作用,即生成磷酸。



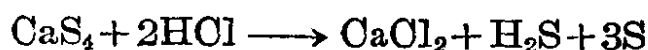
(3) 1 摩氧化钙与 2 摩盐酸作用时(在水溶液中),即生成氯化钙和水并放出 196.78 焦的热量(a)。MgO 与盐酸亦有同样的反应(b)。



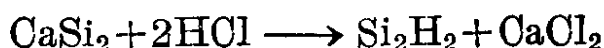
(4) 次氯酸钙与盐酸作用时,即有氯化钙和游离氯形成。



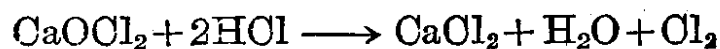
(5) 在普通情况下,盐酸与多硫化钙作用时,即生成游离硫和硫化氢。



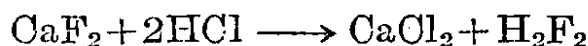
(6) 二硅化钙遇盐酸即被分解。



(7) 漂白粉的碱度可以直接用标准酸滴定而测定之。



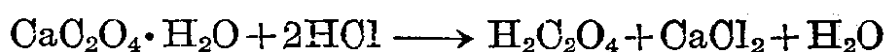
(8) 盐酸能溶解氟化钙。



(9) 将氯化氢通入加热的氰氨(基)化钙上,即有下列反应发生。

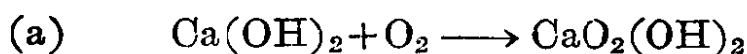


(10) 当草酸钙溶解于盐酸中,即有草酸和氯化钙生成。



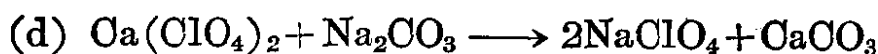
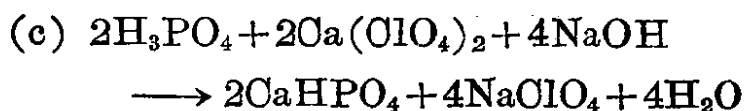
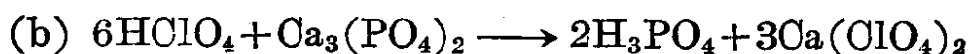
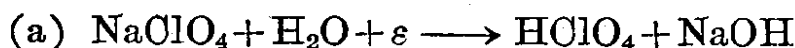
【67】 $\text{HCl} + \text{O}_2$

氢氧化钙与氧和盐酸作用时,发生下列反应:



【68】 HClO_4

(1) 高氯酸可以应用于分解低级磷酸岩(它不宜用硫酸处理,需有电力供应)。

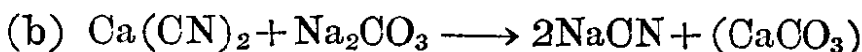
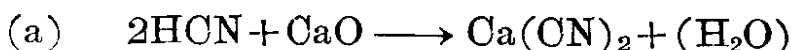


(2) 当硝酸钙与过量的高氯酸共蒸发时,即有结晶性高氯酸钙形成。



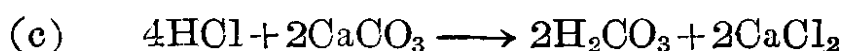
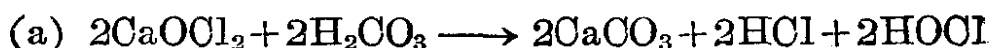
【69】 $\text{HCN} + \text{Na}_2\text{CO}_3$

浓的氢氰酸经石灰饱和后,即有氰化钙生成,后者再与碳酸钠反应,结果有纯的氰化钠形成。

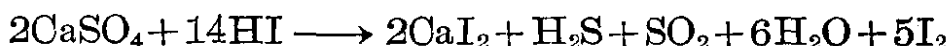


[70] H_2CO_3

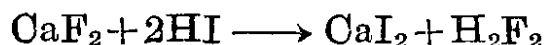
漂白粉与碳酸在水中反应后,生成氧和氯化钙。

**[71] HI**

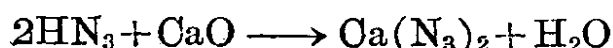
(1) 碱土金属的硫酸盐与热的浓氢碘酸作用后即被还原。



(2) 氟化钙与热的浓氢碘酸可发生化学反应。这个反应虽然缓慢(即使在沸酸中),但对定性分析的要求来说,已足够快了。

**[72] HN_3**

将氧化钙溶解于叠氮酸的稀溶液中,然后在硫酸干燥器中结晶,结果形成叠氮化钙。

**[73] HNO_3**

(1) 碳酸钙与硝酸作用后,即有硝酸钙形成。



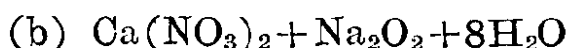
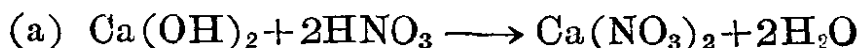
(2) 当草酸钙与硝酸徐徐加热时,前者即被溶解;但当加热至沸腾时,则二者将依下列的方程式进行反应。



(3) 取 9 克沉淀的二水合硫酸钙溶解于 300 毫升(50~60)% 硝酸中,并于 80~90°C 放置 1~2 周,即有半水合硫酸钙的结晶形成。

**[74] $\text{HNO}_3 + \text{Na}_2\text{O}_2$**

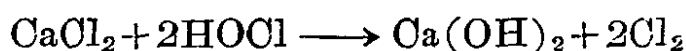
当过量的石灰水加至以硝酸酸化的过氧化钠溶液中时,即有八水合二氧化钙形成。





【75】 HOCl

氯化钙与次氯酸作用时,形成氢氧化钙和游离氯。



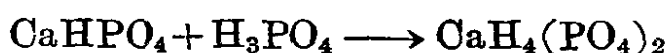
【76】 HOCl + CO₂

氯化钙与次氯酸及二氧化碳作用时,生成碳酸钙、水和游离氯。



【77】 H₃PO₄

(1) 磷酸氢钙与磷酸作用时,常生成磷酸四氢钙。



(2) 当碳酸钙加至含有磷酸和磷酸四氢钙的溶液中, 即有磷酸氢钙形成。

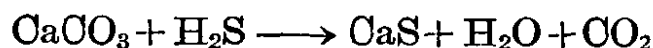


【78】 H₂S

(1) 当氢氧化钙溶液用硫化氢饱和后, 予以徐徐蒸发, 则得到水合硫化钙的结晶。

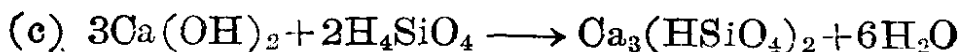
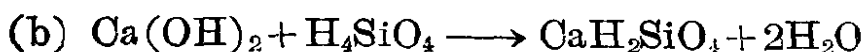
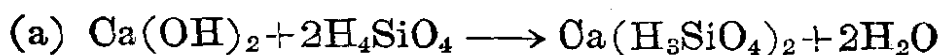


(2) 碳酸钙水溶液(1:14)与硫化氢气体作用, 约 30 小时, 即完全转化为硫化物。



【79】 H₄SiO₄

原硅酸与氢氧化钙作用时, 可以生成四种原硅酸钙, 但其水合的程度则无法测得。



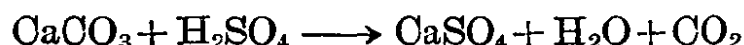
【80】 H₂SO₃ + I₂ + H₂O

亚硫酸氢钙在水的存在下与亚硫酸和碘处理后, 即有硫酸钙、硫酸和氢碘酸形成。

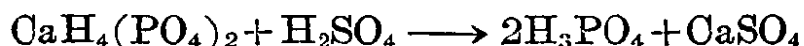


[81] H_2SO_4

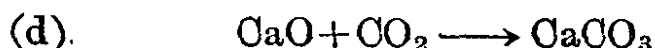
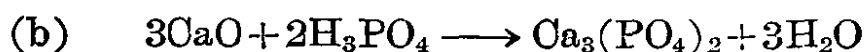
(1) 碳酸钙与硫酸作用时,即转变为硫酸钙。



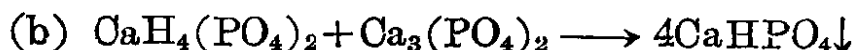
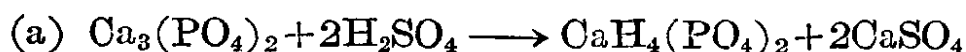
(2) 磷酸四氢钙溶液与硫酸作用,生成不溶性硫酸钙和磷酸。



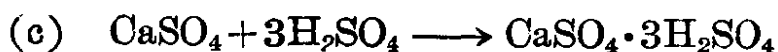
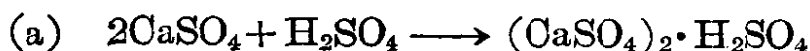
(3) 通常在制造硫酸钙、磷酸钙及草酸钙时,一般是以相应的酸加至氧化钙的甲醇溶液中即得(呈胶性状态)。如以二氧化碳通入氧化钙的甲醇溶液中,即得胶性碳酸钙。



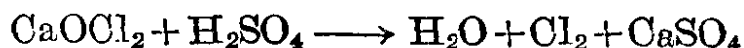
(4) 磷酸钙与硫酸作用时,有二种不同的反应。(a)生成溶解的磷酸盐,(b)生成酸性不溶解的磷酸盐。



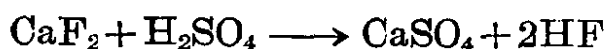
(5) 通常当硫酸钙与不同浓度的硫酸接触时,则至少有三种稳定(在常温时)的钙之硫酸盐生成。



(6) 二氯化钙与硫酸反应,生成游离氯。



(7) 无水氢氟酸可按下列方法制取。将磨细的氟石放在旋转量筒内,温度控制在氢氟酸的沸点之上,氟化钙和硫酸钙的熔点之下,然后将硫酸徐徐喷淋在反应物的表面,以期不发生结块。



[82] $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{B}_2\text{O}_3$

将氟化钙和氧化硼的混合物放在发生器中,与硫酸处理后,即

有二氢氟硼酸形成。在蒸馏时, 即有溶解的氟化硼首先释放出来, 留下的液体可于 $159\sim 160^{\circ}\text{C}$ 进行蒸馏。



[83] $\text{H}_2\text{SO}_4 + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

磷酸钙用硫酸处理后, 即用氨中和, 并将其淤浆在旋转窑中蒸发至干, 其反应生成物如下:



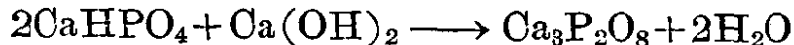
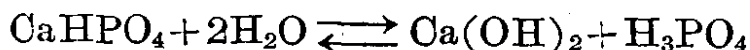
[84] $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{SO}_3$

当氟化钙与发烟硫酸置于铂曲颈甑中, 在 170°C 蒸馏时, 即有氟磺酸形成。

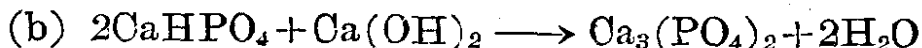
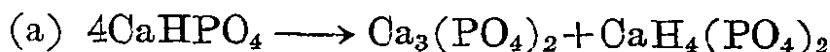


[85] $\text{Ca}(\text{OH})_2$

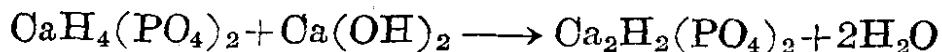
(1) 当滴定含有磷酸和钙盐的任何溶液时, 即有磷酸三钙形成。



(2) 当氢氧化钙加至磷酸一钙中时, 即有磷酸二钙形成, 后者随又自动进行重排(a), 或与氢氧化钙反应(b)。因此, 继续加碱至磷酸一钙中, 即有磷酸三钙和磷酸一钙形成。

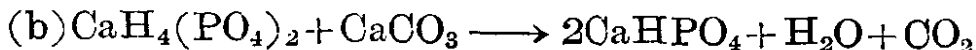


(3) 磷酸四氢钙与石灰在溶液中反应时, 如果没有游离二氧化碳存在, 则结果有磷酸二氢二钙形成。



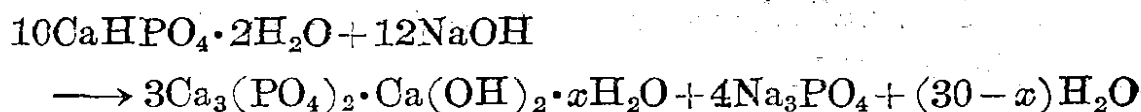
[86] $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、 CaCO_3

当磷酸四氢钙溶液与氢氧化钙或碳酸钙反应后, 即生成磷酸氢钙。在本反应中, 溶液的浓度和反应温度是相当重要的。

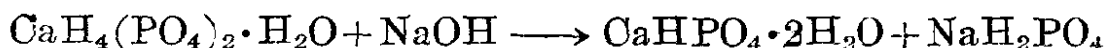


[87] NaOH

(1) 磷酸氢钙在空气的隔绝下, 于 70°C 与氢氧化钠水溶液反复处理(碱液宜经常更换), 结果有碱式磷酸钙形成。

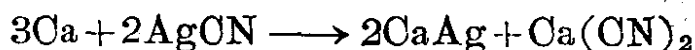


(2) 在测定(正)磷酸钙混合物中的磷酸四氢钙时, 可应用氢氧化钠溶液(0.2 摩/升)于 $\text{PH}5.15$ 下滴定之。



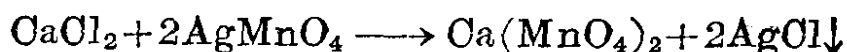
[88] AgCN

当钙的液氨溶液与氰化银反应时, 形成金属化合物。



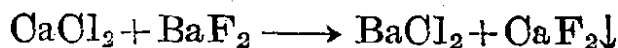
[89] AgMnO₄

相当量的氯化钙与高锰酸银溶液混合后, 即有下列反应发生。



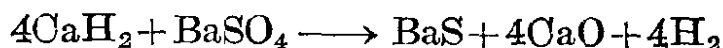
[90] BaF₂

当氯化钙溶液加至氟化钡溶液中, 即有氟化钙沉淀析出。



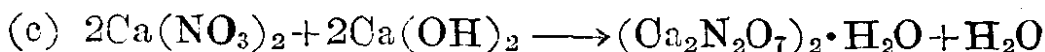
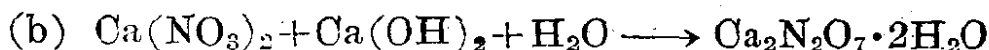
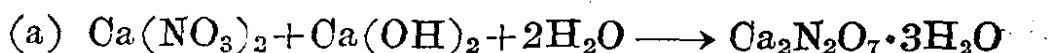
[91] BaSO₄

氢化钙能还原硫酸钡至硫化钡。



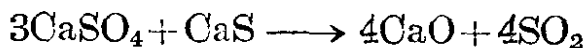
[92] Ca(NO₃)₂

当硝酸钙与氢氧化钙溶液在 25°C 恒温器中旋转时, 即形成三水合碱式硝酸盐; 在 100°C 时, 则有二水合物和半水合物形成。



[93] CaS

将石膏与硫化钙共加热时, 即有二氧化硫和非常纯的石灰形成。



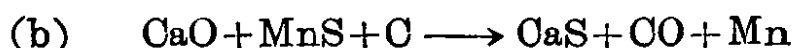
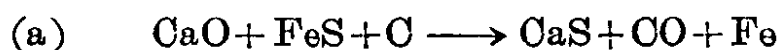
[94] CaSiF₆ + H₂O

氟硅酸钙与氯化钙溶液共加热 10 小时后, 即有下列反应发生。



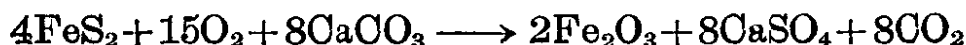
【95】 FeS + C(MnS)

应用白色石灰炉渣对电炉钢进行脱硫时, 其反应如下所示。其中碳是来自所用的焦炭或来自电极。同样的反应亦可在一硫化锰与石灰和碳之间发生。



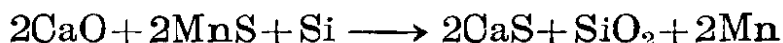
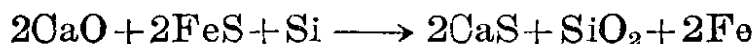
【96】 FeS₂ + O₂

碳酸钙与二硫化铁在氧中高温加热后, 有如下反应产物生成。



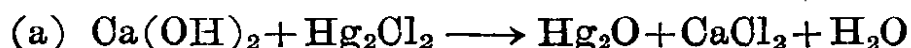
【97】 FeS + Si(MnS)

应用白色石灰炉渣对电炉钢进行脱硫时, 其反应如下所示。其中硅是直接加入的或是将二氧化硅由碳弧还原而得。同样的反应, 亦可在一硫化锰与石灰和硅之间发生。



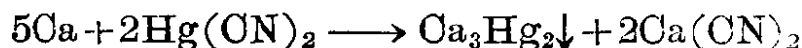
【98】 Hg₂Cl₂

当氧化钙或氢氧化钙、甘汞和水放在一起, 立即变黑。



【99】 Hg(CN)₂

当金属钙与氰化汞在液氨中反应时, 即形成一种灰色沉淀 (Ca₃Hg₂)



【100】 KAlSi₃O₈ + CaCO₃

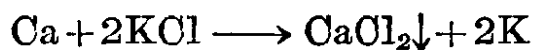
当氯化钙与碳酸钙和长石的混合物共加热时, 即有下列反应发生。





【101】 KCl

(1) 溶解有金属钙的液氨溶液与氯化钾反应后，即形成氯化钙沉淀。

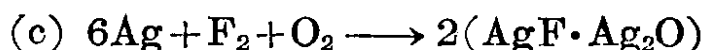
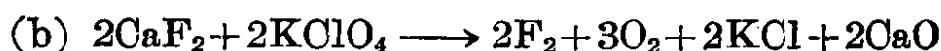
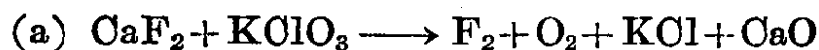


(2) 在钾或镁的氯化物存在下，硫酸钙即与之发生如下之反应。



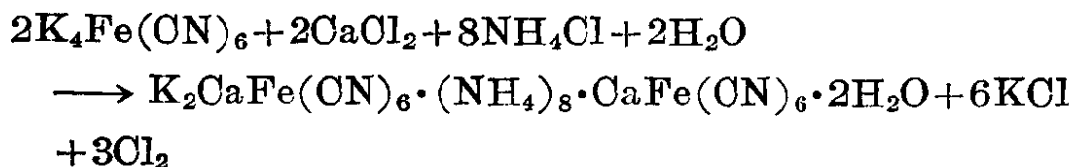
【102】 KClO₃(Ag)

当氟化钙与氯酸钾或高氯酸钾共加热时，即有氧释出，同时又生成一种可被银吸收的产物(氟)；并有稳定的氟化银(不溶于水)形成。



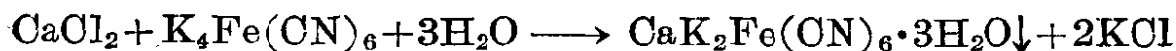
【103】 K₄Fe(CN)₆ + NH₄Cl

在大量过量的氯化铵或硝酸铵存在下，溶液中的钙盐可被亚铁氰化钾沉淀，形成络合亚铁氰化物。



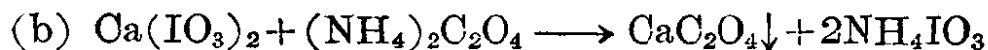
【104】 K₄Fe(CN)₆ + H₂O

氯化钙溶液与亚铁氰化钾反应时，即有下列反应发生。



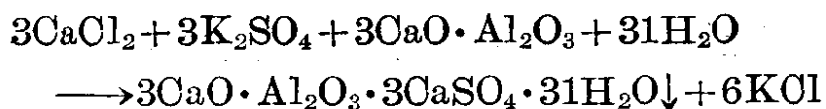
【105】 KIO₃ + (NH₄)₂C₂O₄

当氯化钙的酸性溶液与它的二倍体积的碘酸钾溶液混和后，再用草酸铵处理，结果有白色草酸钙沉淀析出。



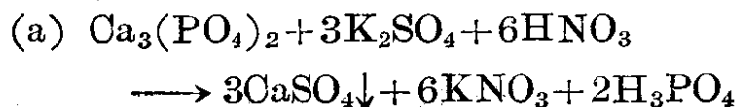
【106】 K₂SO₄ + 3CaO · Al₂O₃

当含有硫酸钾的熔块糊料与氯化钙混和时，即有硫铝酸钙的沉淀迅速析出。



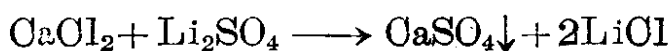
[107] $\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{HNO}_3$

磷的岩盐可被硫酸钾和硝酸的混合物所分解，其生成的硫酸钙经过滤除去后，将滤液冷却并与氨处理，结果有磷酸二氢铵形成。



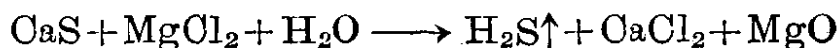
[108] Li_2SO_4

当硫酸锂溶液滴定钙后，接着可用电导法进行测定。在进行前，必须先向溶液中加入足够量的乙醇（约原溶液的2倍体积），借以降低硫酸钙在水中的溶解度。



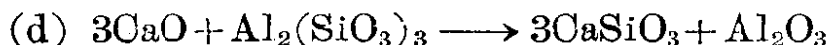
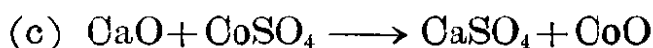
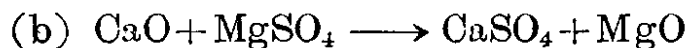
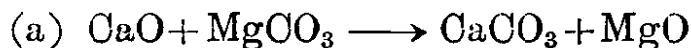
[109] MgCl_2

当硫化钙和氯化镁的混合物加热时，即有纯粹的硫化氢形成。



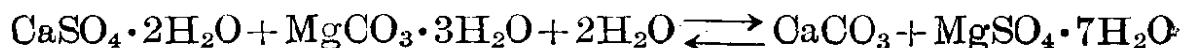
[110] MgCO_3

当氧化钙与碳酸镁共加热时，即生成碳酸钙和氧化镁。与硫酸镁、硫酸钴及硅酸铝亦有相似的反应。



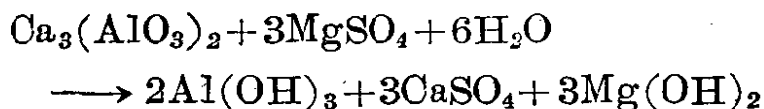
[111] $\text{MgCO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

鉴于二水合硫酸钙与三水合碳酸镁之间的溶解度关系，两者将发生如下右向之反应。



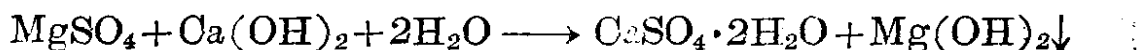
【112】 MgSO_4

在制造硫铝酸钙的初步反应中,包括硫酸镁与铝酸钙的反应,在这里,实际上所有可利用的镁被沉淀为无定形的胶态氢氧化镁。



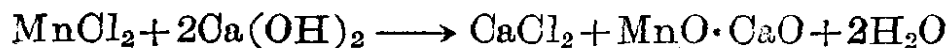
【113】 $\text{MgSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$

硫酸镁和水在过量的氢氧化钙存在下,发生下列的反应。



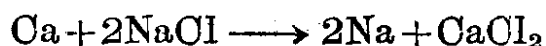
【114】 MnCl_2

以过量的氢氧化钙与氯化锰作用时,生成氯化钙、氧化锰、氧化钙和水。

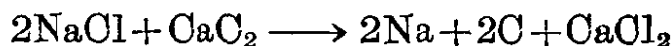


【115】 NaCl

(1) 粉末状钙与碱金属的氯化物经混合蒸馏后,即得纯净的碱金属(锂除外)。

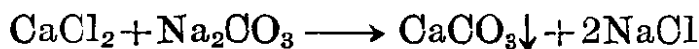


(2) 当 1350°C 熔化的氯化钠与碳化钙反应时,即释放出游离钠、碳,并有氯化钙生成。

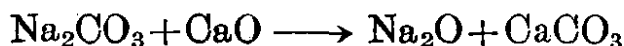


【116】 Na_2CO_3

(1) 倘以氯化钙加至碳酸钠溶液中,即得碳酸钙沉淀。



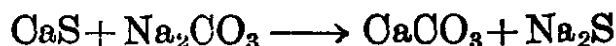
(2) 在普通情况下,氧化钙与碳酸钠作用时,即生成氧化钠和碳酸钙。



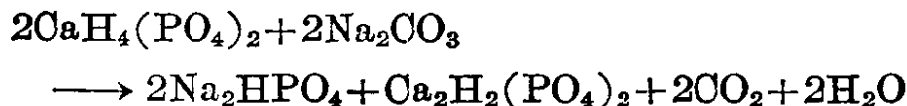
(3) 漂白粉与碳酸钠作用时,生成碳酸钙、次氯酸钠和氯化钠。



(4) 当硫化钙与碳酸钠混合后,即发生缓慢的复分解反应,并形成碳酸钙和硫化钠。



(5) 磷酸四氢钙与碳酸钠反应时, 即有磷酸氢二钠、磷酸二氢二钙和二氧化碳形成。



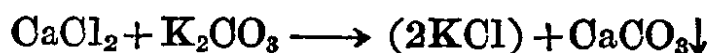
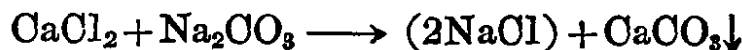
【117】 $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{C}$

当二氮化三钙与碳酸钙和碳的混合物共加热后, 即有下列反应发生。



【118】 $\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{K}_2\text{CO}_3)$

将相当体积的纯氯化钙溶液加至纯碳酸钠溶液中, 经搅拌后, 静置, 收集其沉淀, 再予洗涤。碳酸钾亦有相同的反应发生。



【119】 Na_2HAsO_4

将微过量的砷酸氢二钠溶液加至氯化钙溶液中, 即有砷酸钙形成。

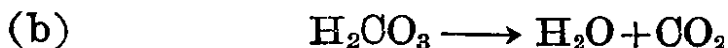
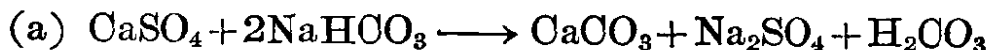


【120】 NaHCO_3

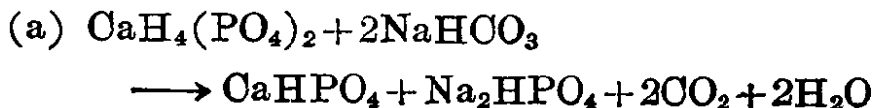
(1) 当磷酸氢钙与碳酸氢钠共加热时(有水参加反应), 即有磷酸氢二钠形成。

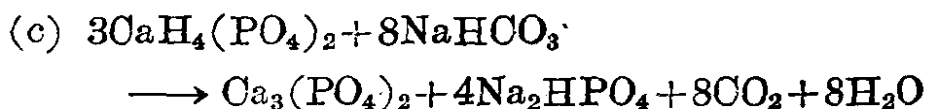
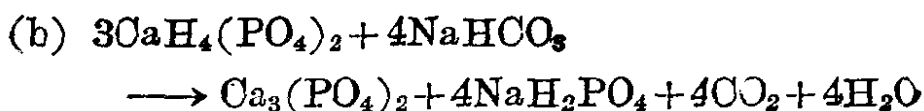


(2) 当水合或无水硫酸钙加至碳酸氢钠的稀溶液中, 即有碳酸钙沉淀析出, 倘溶液加热至 25°C 以上时, 则有二氧化碳释出。

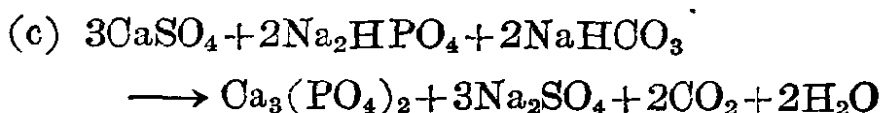
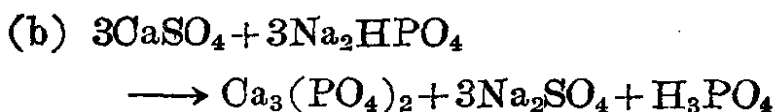
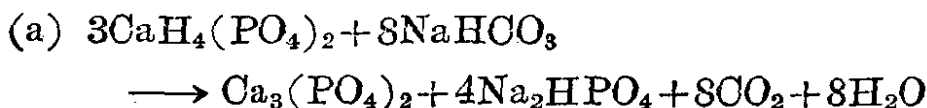


(3) 磷酸四氢钙与碳酸氢钠反应时, 是按下列条件进行的, 低温时(a), 过量碱时(c), 高温时(b)和(c)。

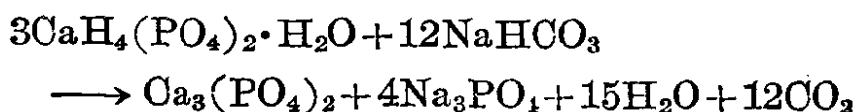




(4) 在水合或无水硫酸钙的存在下, 将磷酸四氢钙加至碳酸氢钠的稀溶液中, 即有下列反应发生。

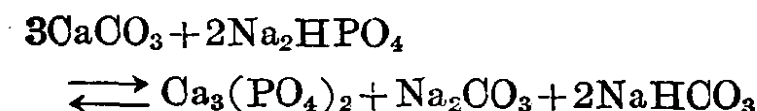


(5) 磷酸四氢钙与焙粉中的碳酸氢钠反应时, 即有二氧化碳形成。

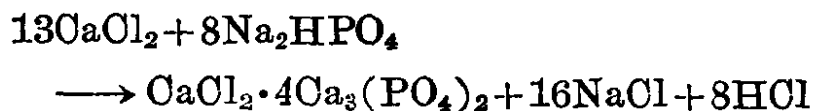


[121] Na_2HPO_4

(1) 磷酸氢二钠与碳酸钙作用时, 发生下列的平衡反应。



(2) 当氯化钙的沸溶液与不足量的磷酸氢二钠(为了沉淀完全)作用时, 即有沉淀析出, 后者当被煅烧后, 成为合成磷灰石。



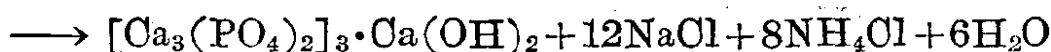
(3) 磷酸氢二钠与硫酸钙作用共加热时, 即有磷酸释出。



[122] $\text{Na}_2\text{HPO}_4 + \text{NH}_4\text{OH}$

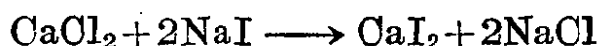
当应用湿法来制造磷酸钙时, 结果所生成的不是磷酸钙, 经分析结果乃为下列的产物。





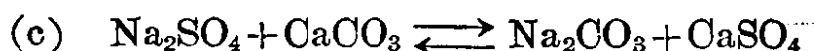
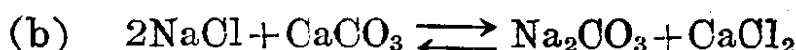
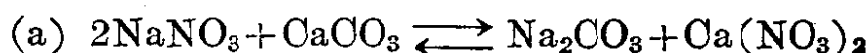
【123】 NaI

当氯化钙与碘化钠的饱和溶液混合后置于封闭容器中，在真空下于 50°C 加热数小时，即有下列反应发生。



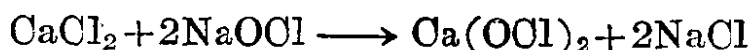
【124】 NaNO_3 、 NaCl 、 Na_2SO_4

当各种可溶性盐类加至碳酸钙溶液中时，即有可逆反应发生。



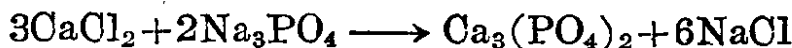
【125】 NaOCl

次氯酸钠与氯化钙的溶液作用时，即生成次氯酸钙。



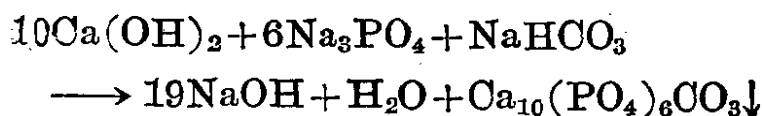
【126】 Na_3PO_4

氯化钙的热溶液加至磷酸钠溶液中，即有磷酸钙形成。



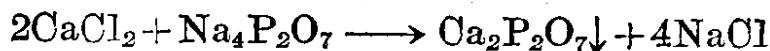
【127】 $\text{Na}_3\text{PO}_4 + \text{NaHCO}_3$

倘以氢氧化钙与很浓的磷酸钠和碳酸氢钠溶液长期煮沸时，即有下列的反应产物生成。

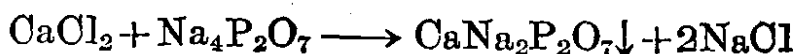


【128】 $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$

(1) 氯化钙溶液与中性焦磷酸钠溶液于冷的情况下混合后，即有焦磷酸钙的无定形沉淀形成。



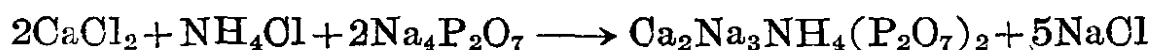
(2) 将氯化钙溶液加至焦磷酸钠溶液中，直至生成的沉淀开始难溶时为止，即有显微棱柱体焦磷酸二钠钙的复盐形成。



【129】 $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 + \text{NH}_4\text{Cl}$

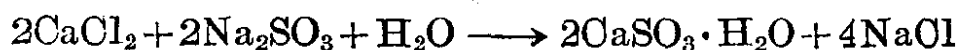
将氯化钙与氯化铵的混合溶液加至焦磷酸钠溶液中，直至生

成的沉淀开始难溶时为止，即有疣状群的显微棱柱体焦磷酸一铵三钠二钙形成。



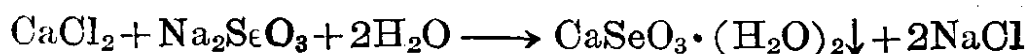
【130】 Na_2SO_3

氯化钙溶液加至亚硫酸钠溶液(在沸腾温度)中，即有亚硫酸钙沉淀形成。



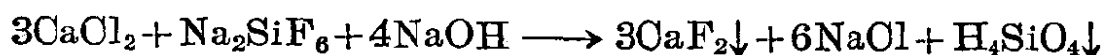
【131】 Na_2SeO_3

当钙盐与亚硒酸钠的溶液混合后，即有很小的闪光棱柱结晶的星状簇二水合亚硒酸钙沉淀形成。



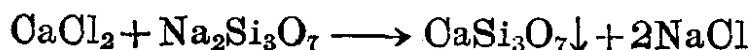
【132】 Na_2SiF_6

氟硅酸钠的水混悬液与氯化钙处理后，再用氢氧化钠溶液滴定之，即有下列反应发生。



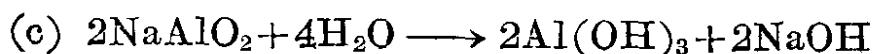
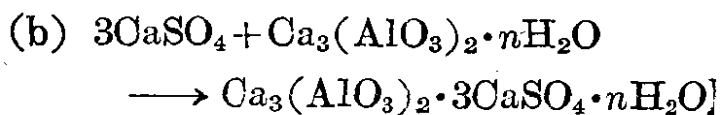
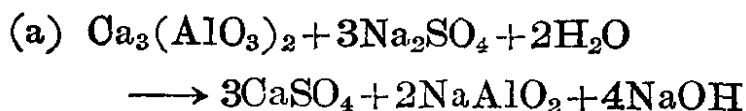
【133】 $\text{Na}_2\text{Si}_3\text{O}_7$

三聚硅酸钠在硬水中遇氯化钙，即有三聚硅酸钙沉淀析出。



【134】 Na_2SO_4

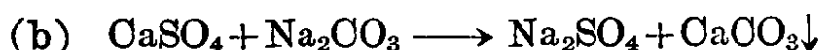
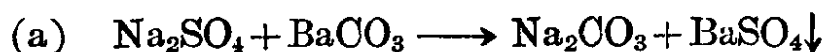
硫酸钠与所有的铝酸钙反应后，即形成硫酸钙-铝酸钙的复盐。在这里第一步反应是形成硫酸钙和偏铝酸钠(a)。尔后硫酸钙即参加反应，转化为硫酸钙-铝酸钙的复盐(b)，偏铝酸钠则水解为氢氧化钠和氢氧化铝(c)。



【135】 $\text{Na}_2\text{SO}_4, \text{Na}_2\text{CO}_3$

钠盐可以帮助从水中除去钙和钡。其原理可从下列反应中明

显地反映出来。

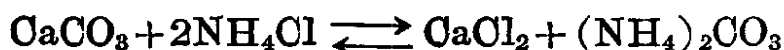


【136】 NH_4Cl

(1) 碳酸钙与氯化铵共加热时, 即生成下列的反应。



(2) 碳酸钙溶解于氯化铵的水溶液中, 即发生复分解反应, 且四个盐类间常趋向于平衡。

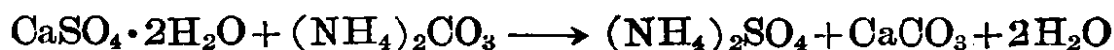


(3) 当 CaSiO_3 与至少过量其 10 倍的氯化铵共加热, 待至后者完全挥发时, 即有氯化钙形成。

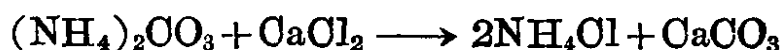


【137】 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$

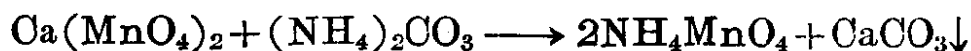
(1) 石膏与碳酸铵作用时, 即生成硫酸铵和碳酸钙。



(2) 碳酸铵与氯化钙作用后, 即被转变为氯化铵。

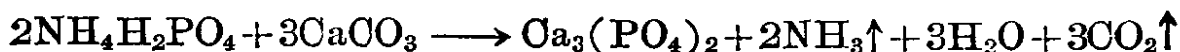


(3) 当高锰酸钙与含有小量氨的碳酸铵溶液处理后, 即有碳酸钙沉淀析出。

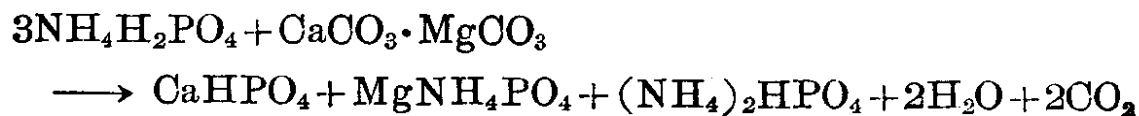


【138】 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$

(1) 当等摩的碳酸钙和磷酸二氢铵在 90°C 相互作用时, 即有氨放出, 且有磷酸钙、水和二氧化碳形成。



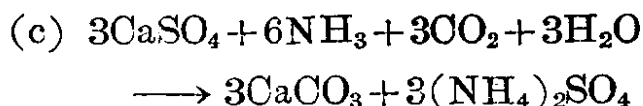
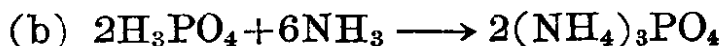
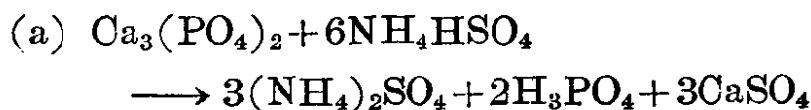
(2) 53 份白云石与 100 份磷酸二氢铵, 在水溶液中于常温反应时, 即有磷酸氢钙、磷酸铵镁、磷酸氢二铵和二氧化碳形成。



【139】 $\text{NH}_4\text{HSO}_4 + \text{NH}_3$

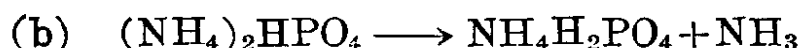
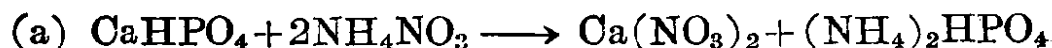
当磷酸钙与酸性硫酸铵的浓溶液蒸煮后, 加过量的氨, 即有下

列的反应发生。



【140】 NH_4NO_3

(1) 当磷酸氢钙与硝酸铵的溶液在蒸汽加热时, 即发生反应而生成磷酸氢二铵。

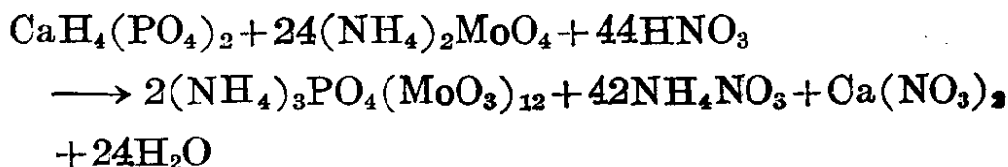


(2) 氧化钙溶解于硝酸铵(已先溶解于氨水者)中, 生成下列反应。



【141】 $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4 + \text{HNO}_3$

在测定磷时, 必须有小量游离酸存在。其生成的沉淀能溶解于强酸。硝酸是更可取的, 但盐酸和硫酸亦可获得满意的结果。



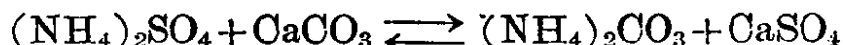
【142】 $(\text{NH}_4)_2\text{S}$

硫化铵(有毒)遇氯化钙即被转变为硫化钙。

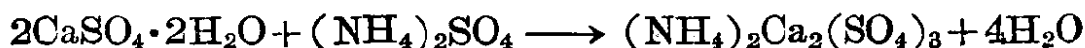


【143】 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

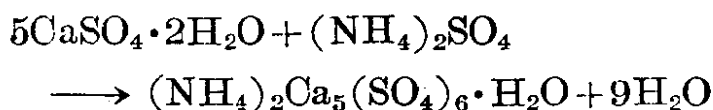
(1) 当碳酸钙与硫酸铵共同作用时, 即有碳酸铵和硫酸钙形成, 其反应是可逆的。



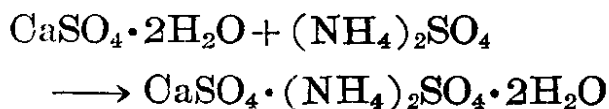
(2) 水合硫酸钙与 40% 硫酸铵溶液煮沸时, 即生成下列的反应。



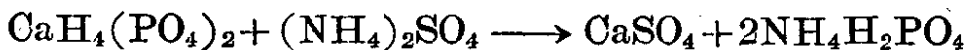
(3) 水合硫酸钙与 30% 硫酸铵溶液煮沸时, 即生成下列的反应产物。



(4) 当固体石膏在 50°C 时与每升中含有大于 420 克硫酸铵的溶液相互振摇时, 即有新的固体形成, 其组成如下:

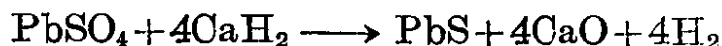


(5) 磷酸四氢钙与硫酸铵反应时, 生成硫酸钙和磷酸二氢铵。



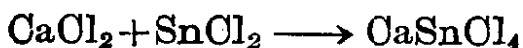
【144】 PbSO_4

当硫酸铅与氢化钙共熔融时, 即有硫化铅和氧化钙及氢形成。



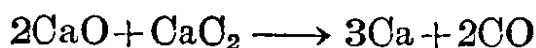
【145】 SnCl_2

氯化钙的浓溶液和氯化亚锡的浓溶液共混合时, 即有下面反应发生。



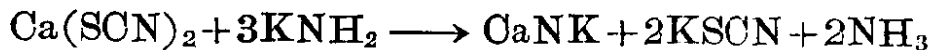
【146】 CaC_2

在高温下, 碳化钙能还原氧化钙。



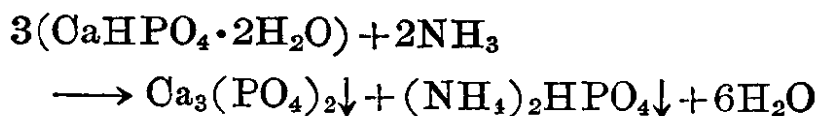
【147】 KNH_2

当硫氰酸钙加至过量的氨基(化)钾(在液氨中)的溶液中, 即有次氨基钙钾形成。

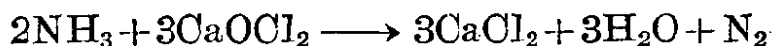


【148】 NH_3

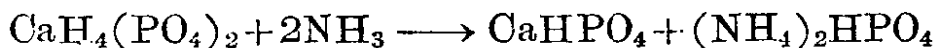
(1) 将磷酸氢钙与氨气在 100°C 加热时, 即有磷酸(三)钙和磷酸氢铵形成。



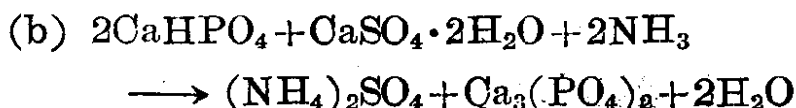
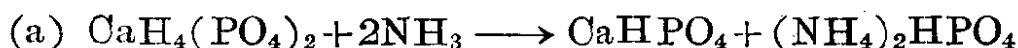
(2) 漂白粉可被氨还原为氯化钙和游离氮。



(3) 当磷酸四氢钙经氨化后, 即有磷酸氢二铵和磷酸氢钙形成。



(4) 当温度低于 70°C 时, 根据下列反应, 1 摩五氧化二磷可能吸收 1 摩以上的氨。



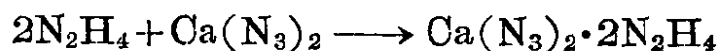
[149] $\text{NH}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

当氨和二氧化碳通入硫酸钙的水混悬液中, 即有碳酸钙和硫酸铵形成。



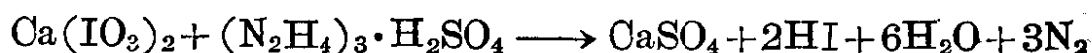
[150] N_2H_4

当近乎饱和的叠氮化钙溶液与无水肼溶液, 在室温下, 于真空干燥器中蒸发时, 即有二肼合叠氮化钙形成。



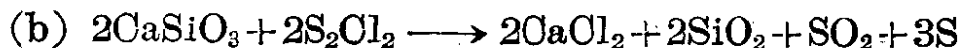
[151] $(\text{N}_2\text{H}_4)_3\text{H}_2\text{SO}_4$

碘酸钙与硫酸肼反应时, 即有氮释出。



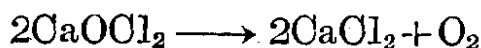
[152] $\text{S}_2\text{Cl}_2 + \text{SiO}_2$

当硫酸钙与粉状二氧化硅在一氯化硫的气流下, 共加热至 1000°C 时, 即有下列反应发生。

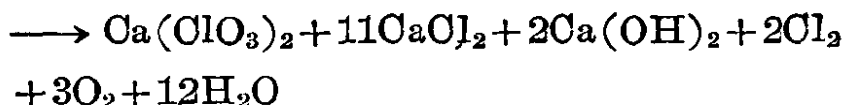


[153] 加热

(1) 漂白粉在加热时(以镍、钴或铜的氧化物作为催化剂), 即有氧生成。



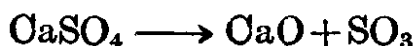
(2) 水合二氯氧化钙加热至 100°C 时, 即有下列反应发生。



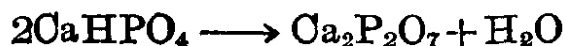
(3) 纯硫酸钙在加热时, 仅在 1200°C 以上才发生分解。



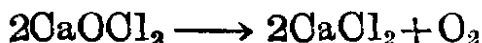
(4) 硫酸钙在氧化的气氛中加热至 1200°C 以上时, 才能离解释出三氧化硫。



(5) 当磷酸氢钙煅烧时, 即生成水和焦磷酸钙。



(6) 二氯化钙与某些催化剂(如镍、钴或铜的氧化物)共加热时, 即有氧放出。



(7) 纯净的硫酸钙在 1200°C 以上加热时, 即分解为氧化钙、二氧化硫和氧。



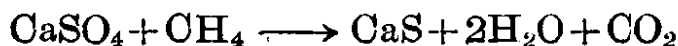
【154】 光

漂白粉曝露于日光下, 即分解为氯酸钙。



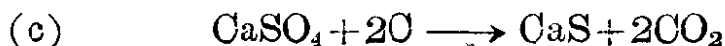
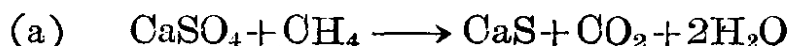
【155】 CH_4

硫酸钙与甲烷在 $800 \sim 1000^\circ\text{C}$ 共加热时, 即被还原为硫化钙。



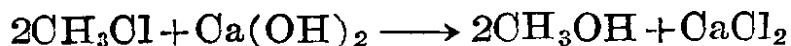
【156】 $\text{CH}_4 + \text{C}$

在海水或某些泉水中发生硫酸盐的还原反应, 业经证明是由于水中有生命的生物体所引起的。下列反应式可以用来解释它们的代谢反应。



【157】 CH_3Cl

(1) 将一氯甲烷小心地通至熟石灰上, 即有甲醇生成。

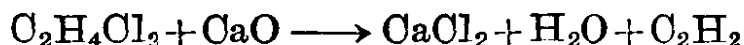


(2) 无水硫酸钙在干燥的二氧化碳环境下和氯仿加热至 500°C , 即生成无水氯化钙。



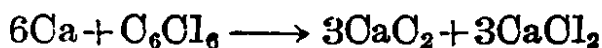
【158】 $\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$

二氯乙烯与氧化钙反应, 生成乙炔、氯化钙和水。



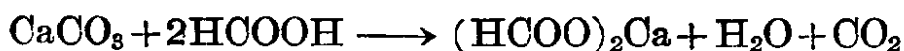
【159】 C_6Cl_6

钙与六氯(代)苯反应后, 生成碳化钙和氯化钙。

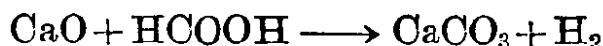


【160】 HCOOH

(1) 碳酸钙溶解于 90% 甲酸后, 即有甲酸钙生成。

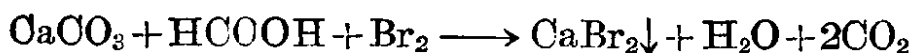


(2) 甲酸与石灰一起加热时, 即有氢放出。



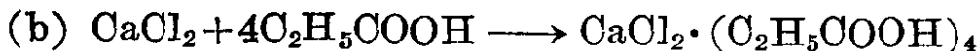
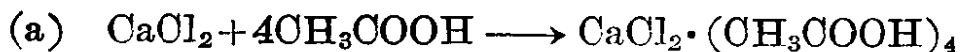
【161】 $\text{HCOOH} + \text{Br}_2$

当碳酸钙与重蒸馏的稀甲酸共处理后, 加入微过量的溴, 并将溶液煮沸, 结果有溴化钙沉淀出现。



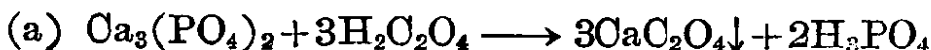
【162】 CH_3COOH 、 $\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}$

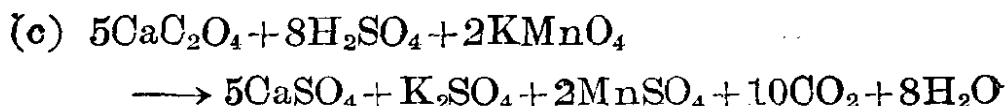
将氯化钙溶解于无水乙酸或丙酸后, 均有结晶物生成。



【163】 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$

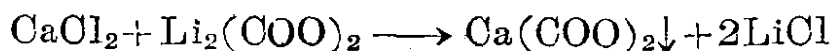
当草酸加至磷酸钙溶液中, 即有草酸钙生成。将草酸钙溶解于稀盐酸中, 并用氨和草酸铵进行再沉淀, 从而可以除去其内在的草酸镁。草酸钙或可灼烧成为氧化钙, 或溶解于硫酸, 并以标准高锰酸钾溶液滴定。





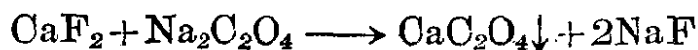
【164】 $\text{Li}_2(\text{COO})_2$

锂或钾的草酸盐与氯化钙的反应,是定量的,且可应用于电量滴定,其反应如下。



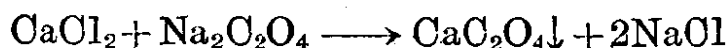
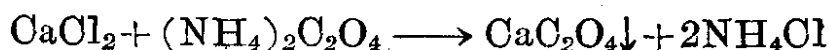
【165】 $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$

草酸钠能部分分解氟化钙而形成草酸钙和氟化钠。



【166】 $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4(\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4)$

当氯化钙溶液与草酸铵反应后,即有草酸钙沉淀析出。草酸钠亦有相似的反应发生。



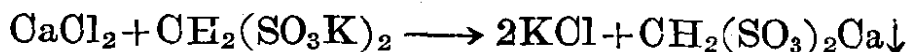
【167】 $\text{CH}_3\text{COONH}_4$

在热的甘油和乙醇溶液中,关于未化合的石灰,可用乙酸铵滴定,酚酞为指示剂。



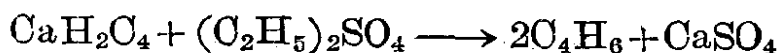
【168】 $\text{CH}_2(\text{SO}_3\text{K})_2$

当热而浓的氯化钙溶液加至亚甲基二磺酸钾的热溶液中(事先用盐酸酸化者),即有亚甲基二磺酸钙形成,并于溶液冷却时析出。



【169】 $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{SO}_4$

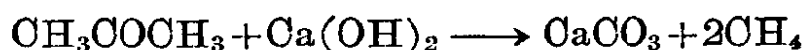
将硫酸二乙酯加入乙炔基钙的液氨溶液中(在常压下进行),结果有丁炔形成,并连同氨一起释出。丁炔的得率是定量的。



【170】 CH_3COCH_3

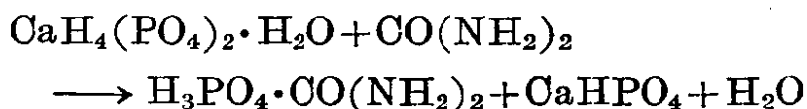
当丙酮蒸气通至熟石灰上,并加热至 650°C ,其主要反应产物

为甲烷。



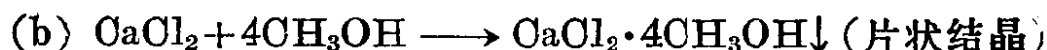
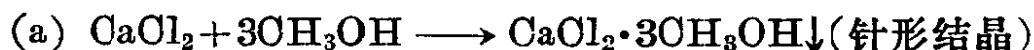
[171] $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$

脲与磷酸四氢钙在常温下反应时, 生成磷酸脲、磷酸氢钙和水。



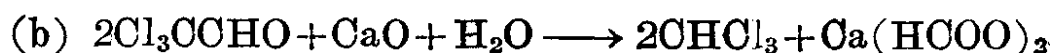
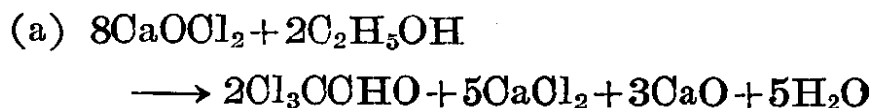
[172] CH_3OH 、 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$

当无水氯化钙与无水甲醇反应时, 若温度高于 55°C , 即得到针形结晶物, 如温度低于 55°C , 则得到片状结晶。与乙醇, 二甲基甲醇和三甲基甲醇均有类似反应发生。

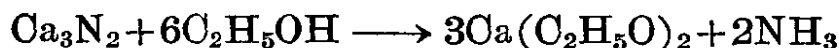


[173] $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$

(1) 当稀乙醇加至漂白粉时, 乙醇即转化为三氯乙醛, 然后又被反应生成的氧化钙分解为氯仿和甲酸钙。

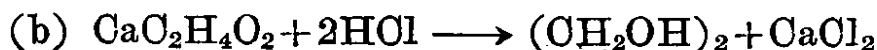
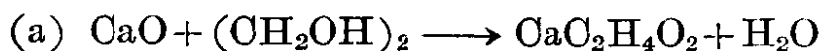


(2) 当二氮化三钙与乙醇处理后, 即有氨释出, 并有乙醇钙形成。



[174] $(\text{CH}_2\text{OH})_2 + \text{HCl}$

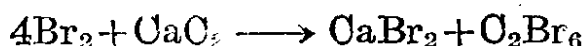
应用乙二醇法测定卜特兰水泥中未化合的石灰, 是根据氧化钙或氢氧化钙对乙二醇的作用能力, 即形成可溶性的乙二醇钙的能力, 后者可用标准盐酸溶液滴定。其反应如下。



附 碳化钙(CaC₂)的反应

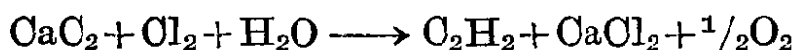
【1】 Br₂

液溴与碳化钙在常温反应时 即有溴化钙和六溴乙烷形成。



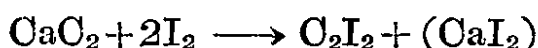
【2】 Cl₂

当碳化钙滴加至强的新鲜制得的氯水中, 即有猛烈的气体释出。



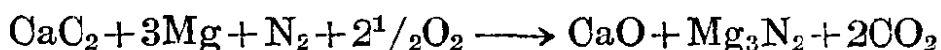
【3】 I₂

当碳化钙与碘(在碘化钾溶液中)反应后, 即有二碘代乙炔形成。



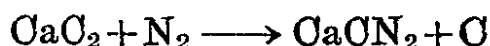
【4】 Mg

碳化钙与粉状镁在空气中燃烧时, 即有下列反应发生。



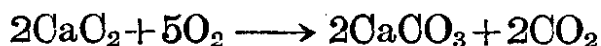
【5】 N₂

将氮通入置于电炉上加热(1080~1130°C)的碳化钙, 即有氰氨基(化)钙形成。

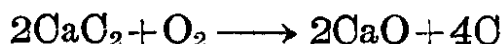


【6】 O₂

(1) 碳化钙在氧的存在下加热时, 即有碳酸钙和二氧化碳形成。

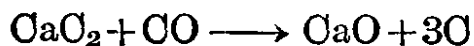


(2) 碳化钙在 800°C 以上与氧反应时, 即有下列反应发生。



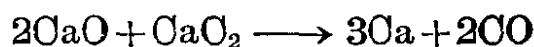
【7】 CO

碳化钙与一氧化碳在 200~250°C 反应后, 即有游离碳形成。



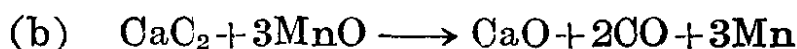
【8】 CaO

碳化钙与氧化钙在高温反应时, 即有游离钙形成。



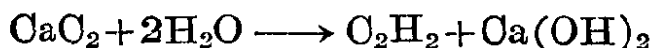
【9】 FeO、MnO

电石渣在电炉钢的脱氧作用方面, 是依靠它的强力还原力, 这是它非常重要的优点。但美中不足者, 有大量的碳被吸附在炉槽上。



【10】 H₂O

碳化钙与水作用后, 即有乙炔生成。



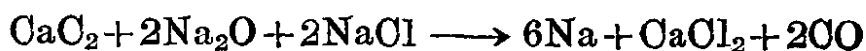
【11】 Na₂O

碳化钙与氧化钠共加热时, 即有下列反应发生。



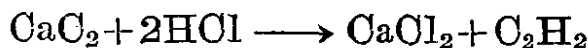
【12】 Na₂O + NaCl

当碳化钙与氯化钠和氧化钠的混合物共加热时, 即有下列反应发生。

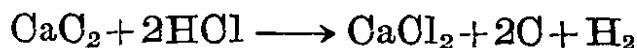


【13】 HCl

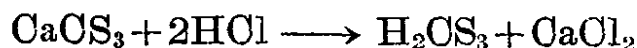
(1) 当氯化氢通至热的碳化钙上, 即有氯化钙形成。



(2) 干燥的氯化氢通至强热的碳化钙上, 即有氯化钙形成。

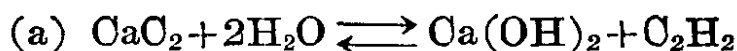


(3) 全硫碳酸钙与冷的浓盐酸处理后, 即有全硫碳酸形成。



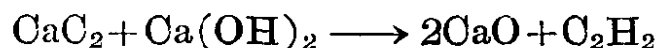
【14】 HCN

含有少量水的氢氰酸与碳化钙能迅速发生反应, 释出乙炔, 并有氰化钙形成。



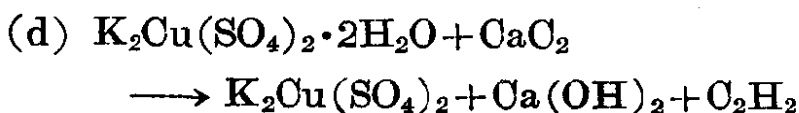
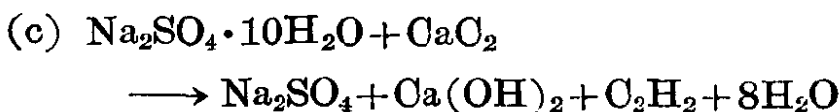
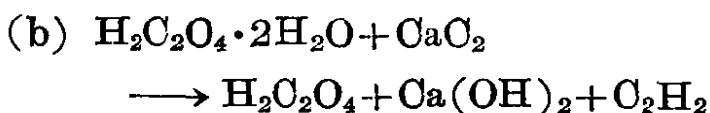
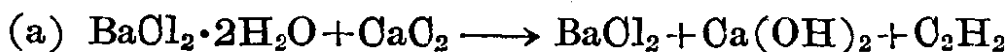
【15】 $\text{Ca}(\text{OH})_2$

工业碳化钙含有若干熟石灰，当加热时，二者即发生如下反应。



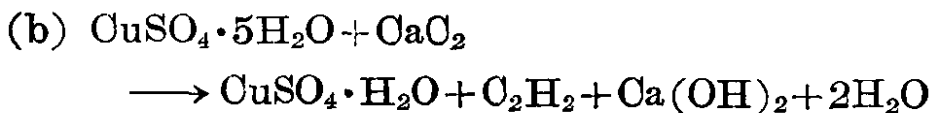
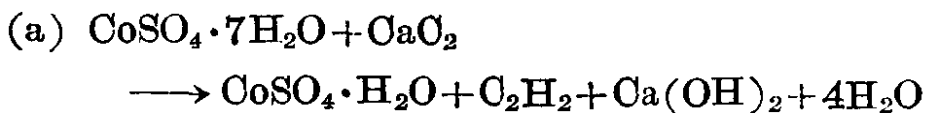
【16】 $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

当二水合氯化钡与干燥碳化钙混合后共加热至 170°C 时，即迅速地变为无水氯化钡，同时有乙炔释出。二水合草酸在 170°C 时亦有相同的反应。十水合硫酸钠在冷时或在 100°C 时；二水合硫酸铜钾在 70°C 时，亦均有相同的反应。



【17】 $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

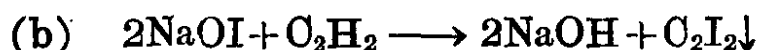
当干燥碳化钙与七水合硫酸钴混合后，在 140°C 共加热时，即有一水合硫酸钴形成，并有乙炔释出。同样，五水合硫酸铜在 100°C 时即迅速转化为一水合硫酸铜。



【18】 $\text{KI} + \text{NaOCl}$

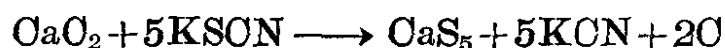
当次氯酸钠与碘化钾作用后形成的溶液，再同乙炔（由碳化钙与水反应制得）反应时，即有美丽的絮凝状沉淀形成。





【19】 KSCN

碳化钙与硫氰酸钾共加热时，即有五硫化钙、氰化钾和碳形成。



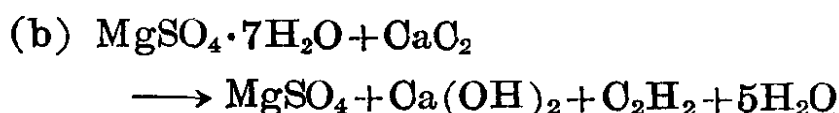
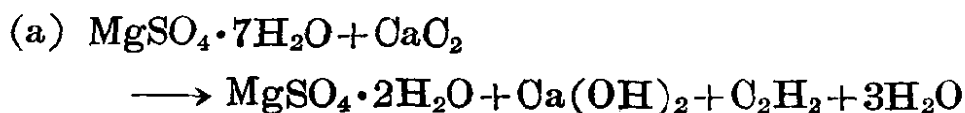
【20】 K₂SO₄

将碳化钙与硫酸钾置于铁坩埚中加热后，即有下列反应发生。



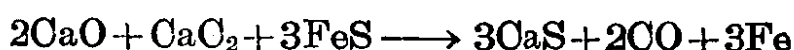
【21】 MgSO₄·7H₂O

当七水合硫酸镁与干燥的碳化钙混合后共加热至 110°C，前者即转变为二水合物；如共加热至 140°C，则有无水盐形成。



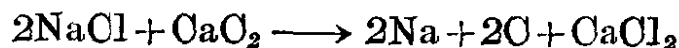
【22】 MnS、FeS

应用浓的电石渣进行电炉钢的脱硫作用，是按下列反应进行的。



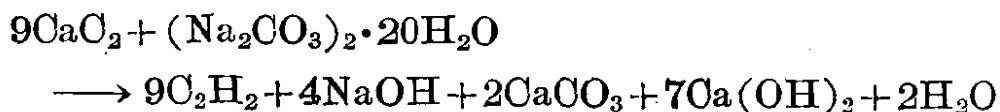
【23】 NaCl

将氯化钠与碳化钙在 1350°C 共熔融时，即有游离钠、游离（初生的）碳和氯化钙形成。



【24】 Na₂CO₃·10H₂O

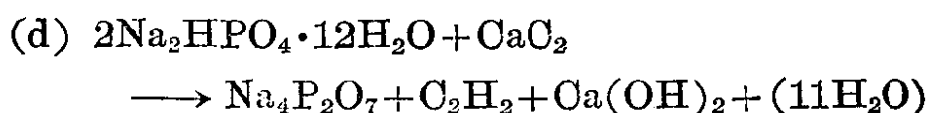
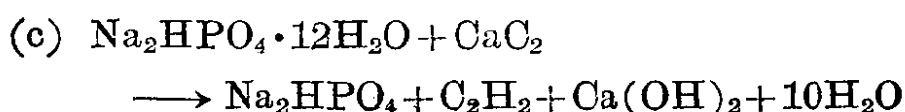
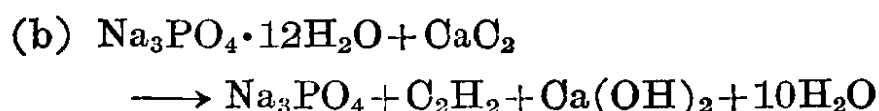
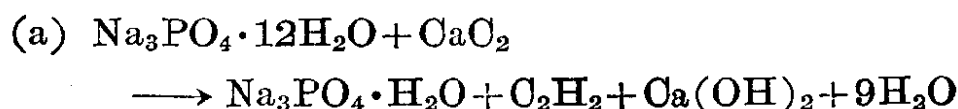
当碳酸钠结晶与碳化钙混合后，即有乙炔释出。



【25】 Na₃PO₄·12H₂O

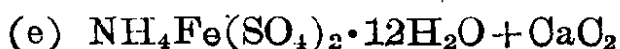
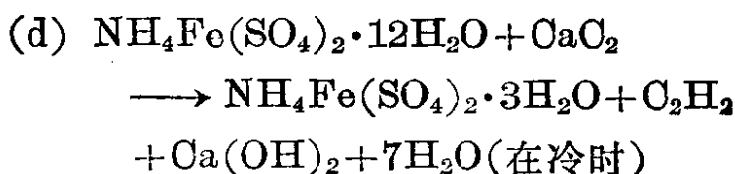
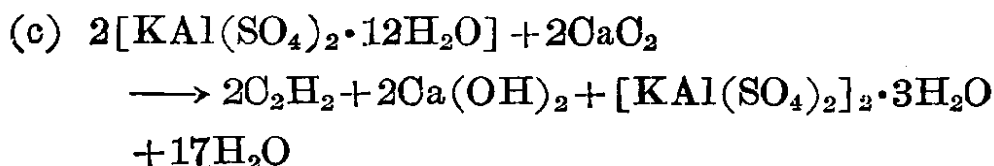
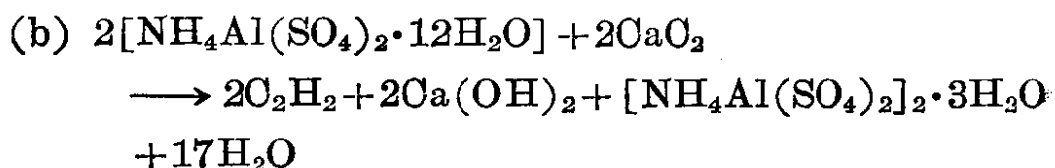
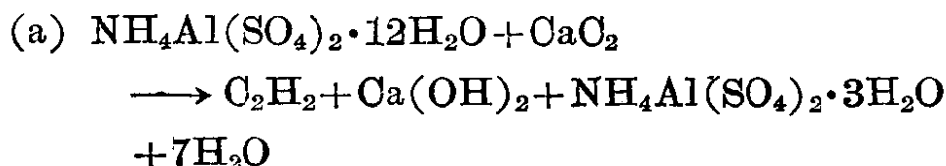
当十二水合磷酸钠与干燥的碳化钙在冷的情况下混合时，即

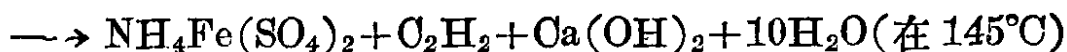
迅速形成一水合物, 在 100°C 时, 即形成无水化合物。十二水合磷酸氢二钠在相似条件下, 在冷时迅速变为无水化合物, 在 100°C 时, 即形成焦磷酸盐, 失去其结晶水和成份水。在各反应中均有乙炔释出。



[26] $\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$

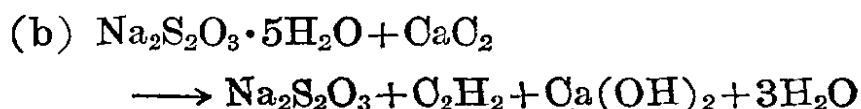
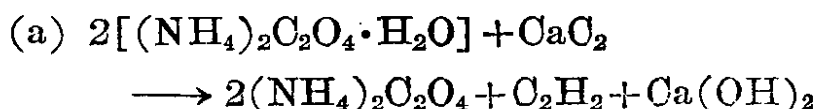
当铵明矾与干燥的碳化钙混合后共加热至 50°C , 即迅速地形成三水合物, 并有乙炔释出(a)。钾明矾在 170°C , 同样亦转化为三水合物(c), 铵明矾在 160°C 亦被转化为三水合物(b)。铁铵矾亦有相同的反应发生(d. e)。





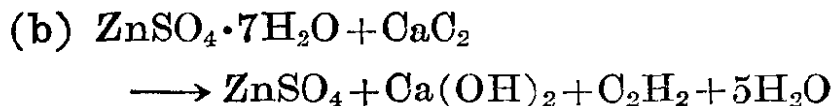
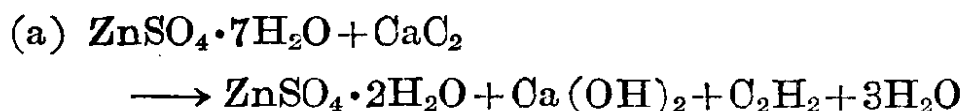
【27】 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 、 $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$

当干燥的碳化钙与一水合草酸铵混合后共加热至 100°C ，草酸铵即迅速地转化为无水盐，并有乙炔释出。五水合硫代硫酸钠亦有相似的反应发生。



【28】 $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

七水合硫酸锌与干燥的碳化钙在冷的条件下混合时，即转化为二水合硫酸锌，并释出乙炔；在加热至 100°C 时，即有无水硫酸锌形成。



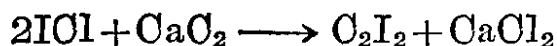
【29】 CS_2

将二硫化碳通至热的碳化钙上，即有游离碳形成。



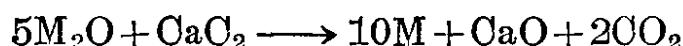
【30】 ICl

当碳化钙与一氯化碘反应时，即有二碘代乙炔形成。



【31】 M

M 代表 1 价金属，当它的氧化物与碳化钙反应时，并无一氧化碳形成。



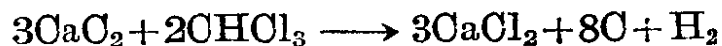
【32】 NH_3

碳化钙与氨在 650°C 反应时，即有氰氨(基)化钙、氰化铵和氢形成。



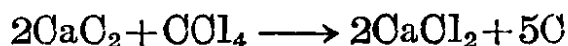
【33】 CHCl_3

将氯仿蒸气通至热的碳化钙上, 即有游离碳形成。



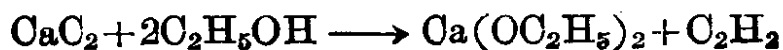
【34】 CCl_4

将四氯化碳蒸气通至热的碳化钙上, 即有游离碳形成。



【35】 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$

碳化钙与乙醇在封闭管中加热至 180°C , 即有乙醇钙和乙炔生成。



第 五 节

在本节中的阳离子，它们的盐类均溶解于水，因而不能由溶液中定量地沉淀出来。

属于本节中的阳离子有：

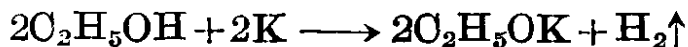
钾 K^+ 、钠 Na^+ 、铵 NH_4^+

钾 K

钾因极易被氧化，故在自然界中仅以化合状态存在，钾在地球上分布较广，占地壳的 2.35%。在许多不同的矿物及硅酸盐类型的岩石中都含有钾，其他，在地球上有些地方发现有钾盐的天然沉积物。钾盐往往是光卤石矿 ($KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$) 及带有岩盐的钾盐矿 ($KCl \cdot NaCl$) 组成的盐层。此外，土壤中亦含有相当多的钾，但被某些农作物所摄去的钾量亦很多，因此植物中亦有钾（呈有机盐）存在。

钾的外观和物理、化学等性质均与钠极相似，不过具有更大的活泼性。钾系银白色，密度 0.86 克/厘米³，在 63.65°C 熔化。在空气中迅速被氧化，与水则剧烈作用而放出氢。

钾亦溶解于乙醇，并放出氢而形成乙醇盐：



钾盐和钠盐很相似，但许多钠盐都有结晶水，而钾盐通常在溶液中析出时却不含结晶水。

强酸 (HCl 、 HNO_3 、 H_2SO_4) 所形成的钾盐在水溶液中呈中性反应；而弱酸 (H_2CO_3 、 HCN 等) 所形成的钾盐，其水溶液由于水解作用的结果而呈碱性反应。

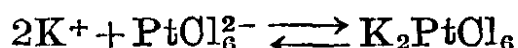
钾盐大多极易溶解于水。比较难溶的钾盐有氯铂酸钾、亚硝高钴酸钾、酸性酒石酸钾及高氯酸钾、氟硅酸钾、磷钼酸钾、高碘酸钾、氟钛酸钾、氟锆酸钾、苦味酸钾等。

碳酸钾和硫酸钾均不溶于醇。

钾离子的反应

【1】 氯铂酸

氯铂酸遇钾盐的浓溶液,生成黄色结晶性沉淀——氯铂酸钾。



在稀的溶液中,则需要将溶液冷却,并用玻棒在烧杯边上摩擦而使之结晶。

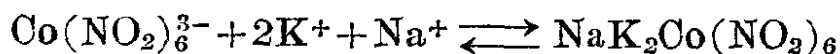
氯铂酸钾尚溶于水,但不溶于乙醇或75%乙醇溶液。这种(钾盐的)性质非常重要,利用这个性质可将钾和钠分开。

氯铂酸钾如予灼烧即分解为氯、铂及氯化钾。



【2】 亚硝高钴酸钠

亚硝高钴酸钠遇钾盐溶液(用乙酸酸化),即生成黄色亚硝高钴酸钾钠沉淀。



或在过量钾盐的情况下则生成 $\text{K}_3\text{Co}(\text{NO}_2)_6$,

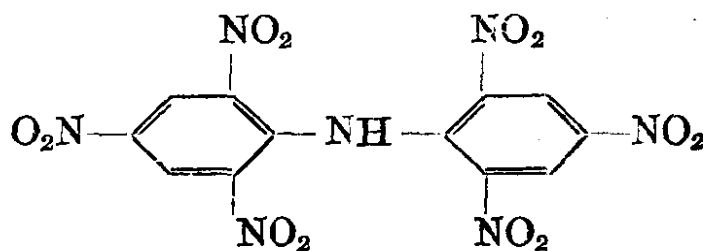


这个沉淀的组成随钾盐的浓度而有变化。铷、铯和铵离子亦与试剂形成相似的化合物。通常在应用亚硝高钴酸钠为试剂而鉴别钾离子之前,应先证明无其他离子存在时才可试验。在试验时,溶液不能呈碱性,因它将使试剂分解而沉淀出氢氧化高钴。

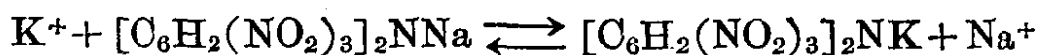


试剂在放置时较易分解,颜色由棕色变为粉红色(Co^{2+} 离子的颜色)。变成粉红色的溶液不适于检出 K^+ 。

【3】 六硝基二苯胺(Dipicrylamine 或称 Hexanitro-diphenyl-amine)



上式中 NH 基的 H 原子可被金属置换; 它的钠盐溶解于水而呈黄色溶液, 与钾盐溶液作用时则有结晶性橙红色沉淀(钾的衍生物)生成。这个反应在 80 倍的钠和 130 倍的锂存在时, 仍可适用试验钾。铵盐则应在试验前先予除去。镁的存在对反应没有影响。



这个沉淀是高度结晶, 因此光可从结晶的表面上反射出来。当沉淀发生时, 黑棕色溶液的颜色即变得非常淡。

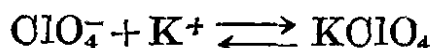
灵敏度: 3 微克 K。极限浓度: 1:10,000。

试剂: 0.2 克溶解在 20 毫升沸的碳酸钠溶液(0.05 摩/升), 过滤其冷溶液即得。

注 六硝基二苯胺溶解于碳酸钠即形成六硝基二苯胺的钠盐。这个溶液在钾盐溶液中生成橙红色的结晶(六硝基二苯胺钾 Potassium dipicrylamine)沉淀。

【4】 高氯酸

高氯酸遇钾盐的浓溶液, 生成白色高氯酸钾结晶沉淀(这个反应可以用来与铵区别)。



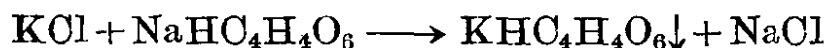
此沉淀难溶于水, 不溶于 97% 乙醇中。钾可以从钠中分离出来, 即把它们二者都转变为高氯酸盐, 然后将沉淀用 97% 乙醇洗涤, 高氯酸钠溶解于乙醇, 故在洗涤时即被洗出。

【5】 酒石酸及其酸式钠盐

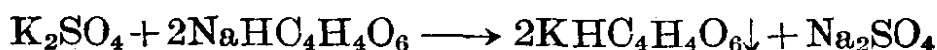
酒石酸及其酸式钠盐(酒石酸氢钠 $NaHC_4H_4O_6$) 与钾盐溶液(在不太稀的中性溶液中)生成白色结晶状酒石酸氢钾的沉淀。

酒石酸是较弱的有机酸, 在其分子中有 6 个氢原子, 但其中只

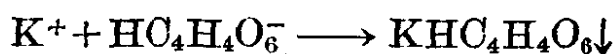
有二个能离解成 H^+ 离子状态, 故亦为二元酸。与此相应, 它可能生成正盐, 也可能生成酸式盐。酒石酸的钾盐和钠盐($\text{K}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$ 、 $\text{Na}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$)以及酒石酸的酸式钠盐($\text{NaHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$)都易溶于水; 反之, 酒石酸氢钾($\text{KHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$)溶解较少, 后者的生成即用来检出 K^+ 离子, 例如 KCl 的情形, 反应将依下列方程式进行:



其他的钾盐也生成类似的反应, 例如:

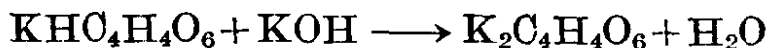
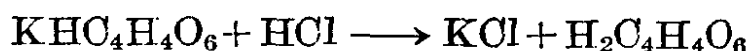


将上二式简化之:



如沉淀并不立即生成, 则可用玻棒将试管内容物轻轻混和并摩擦试管壁, 这是因为在反应中常常生成过饱和溶液, 在这样的溶液中虽然溶解了超过饱和限度的过量溶质, 但仍能比较长久地不析出沉淀。

酒石酸氢钾溶解于强酸强碱, 但不溶于乙酸:

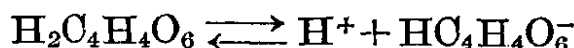


酒石酸氢钾的溶解度与温度亦有关系, 即其溶解度随温度的上升而剧增。它亦溶于大量的冷水。

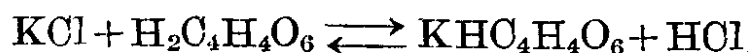
在做试验时应符合下列条件:

- (1) 溶液中 K^+ 离子的浓度须足够大, 否则不能生成沉淀;
- (2) 反应在低温下进行;
- (3) 试液呈中性反应。

酒石酸在离解时, 第一步离解:

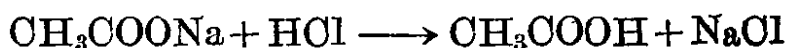


故亦可代替酒石酸氢钠来检出 K^+ 离子。因为生成酒石酸氢钾沉淀需要 $\text{HC}_4\text{H}_4\text{O}_6^-$ 离子, 同时在此情形下溶液中有强酸生成:

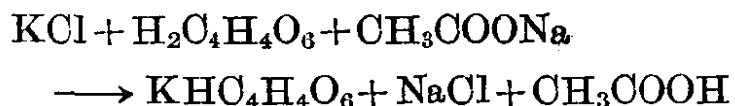


由于酒石酸氢钾溶解于强酸, 故生成的酸将使反应变为可逆, 而对反应有妨碍。为了防止发生这种情形, 则最好加乙酸钠使其与生成

的强酸变成弱酸(乙酸)不再溶解沉淀。



将上述二个反应相加, 得到总的反应方程式:

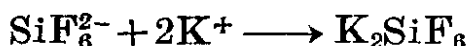


【6】 火焰反应

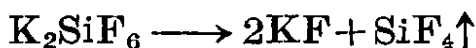
钾化合物能使火焰变为淡红紫色, 这种颜色是由双红线及弱紫线所供给的。钾的颜色常受极微量的钠盐而被干扰, 因钠盐产生亮黄色火焰, 能将钾色掩盖住。这种干扰可用钴玻璃观察而克服。钾火焰的两种光线均能透过这个玻璃, 但黄色的钠焰光则被吸收。通常钾和钠同时存在而要鉴别钾时, 则可以通过足够厚的玻璃来观察其火焰。

【7】 氟硅酸

以过量的氟硅酸加至钾盐溶液中, 即有胶性氟硅酸钾沉淀形成。



后者难溶于水和稀酸, 不溶于乙醇。加热时即分解为挥发性四氟化硅, 并遗下氟化钾:



本反应在进行时, 溶液不应呈碱性; 否则氟硅酸根离子分解而有硅酸沉出。



【8】 硫酸锆

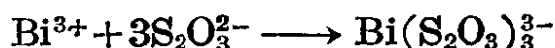
硫酸锆 $[\text{Zr}(\text{SO}_4)_2]$ 在浓的钾盐水溶液中, 即使有大量的钠、铵、锂、铷及铯离子存在, 仍与钾形成复硫酸盐。1 毫克钾在 2 毫升溶液中即可测得。

氟锆酸钾 (K_2ZrF_6) 系另一个难溶的盐; 在室温中 100 毫升水约溶 1.5 克。

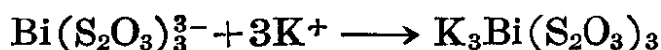
【9】 硫代硫酸铋-钠(卡罗反应 Carnotis reaction)

以一滴硝酸铋溶液 (1/6 摩/升) 与二或三滴硫代硫酸钠溶液

(1/4 摩/升)和 10~15 毫升无水乙醇混合 (如有任何浑浊, 应谨慎加入极少量的水除去浑浊), 此时铋成络离子:



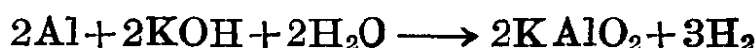
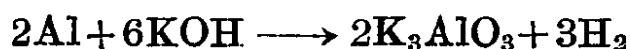
后者 (为钾的灵敏试剂) 与钾形成黄色的盐, 不溶于乙醇; 但其钠盐则溶解于乙醇。



如有氯化铵存在, 则有干扰作用。

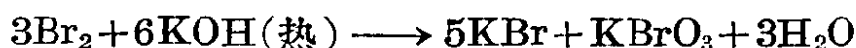
[10] Al

铝和氢氧化钾反应, 即有氢生成。



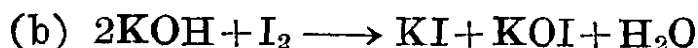
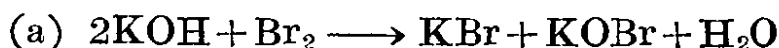
[11] Br₂

将溴慢慢加入正在搅拌着的氢氧化钾溶液中, 直至溴明显过量, 然后将溶液煮沸以除去过量的溴, 这样即有纯净的溴酸钾生成。



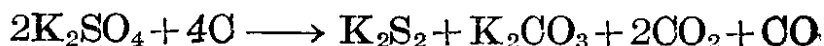
[12] Br₂, I₂

将溴通入氢氧化钾溶液, 即生成溴化钾, 次溴酸钾的混合物。碘和氢氧化钾亦有相同的反应。



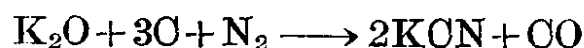
[13] C

硫酸钾与碳共加热, 即形成二硫化二钾等产物。



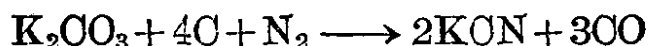
[14] C + N₂

当氧化钾与氮和碳在 1000~1500°C 范围内加热时, 即生成氰化钾和一氧化碳。



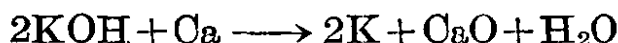
[15] C + N₂ + 加热

当碳酸钾和碳在 1000~1500°C 的氮气流中加热时, 即形成氰化钾和一氧化碳。



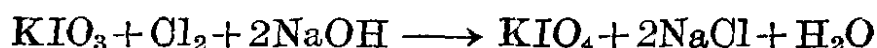
【16】 Ca

氢氧化钾与钙经剧烈的还原反应后,可有金属钾生成。

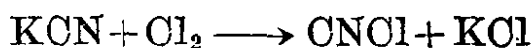


【17】 Cl₂

(1) 在碘酸钾的热的强碱溶液中通入氯后,即有高碘酸钾生成。

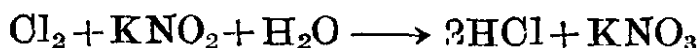


(2) 将经过水洗的氯通入置有氰化钾的试管中,并放置在 -5°C 的环境中,即形成氯化氰。



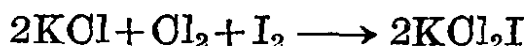
【18】 Cl₂ + H₂O

亚硝酸钾与氯和水反应时,在阳光和少量硝酸的参加下,即生成盐酸和硝酸钾。



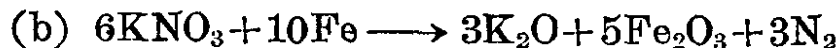
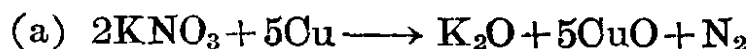
【19】 Cl₂ + I₂

当氯和碘被溶解在氯化钾溶液后,即得到一碘二氯化钾。



【20】 Cu, Fe

铜与硝酸钾反应后,生成氧化钾,氧化铜和氮。铁与硝酸钾亦有类似反应。

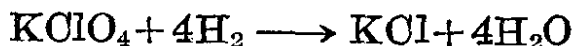


【21】 H₂

(1) 当金属钾在 200°C 的氢气流中加热时,即形成氢化钾,氢化钾可与未反应的钾缔合。



(2) 在一般条件下,高氯酸钾可被氢还原为氯化钾。



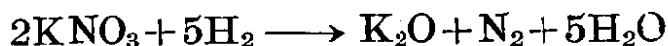
(3) 在高温的氢气流中,硫氰酸钾即被分解。



(4) 氧化钾在 $180 \sim 250^\circ\text{C}$ 之间可被氢还原, 生成氢化钾和氢氧化钾。



(5) 在常温下, 硝酸钾能被氢还原为氧化钾、氮和水。



(6) 活性氢与某些金属或活性碳接触时, 即将铁氰化钾还原为亚铁氰化钾。

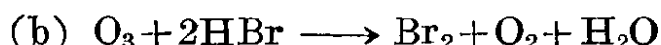
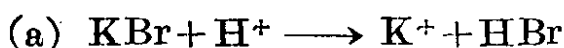


(7) 在常温下, 氯酸钾与氢作用时, 即有氯化钾及水形成。



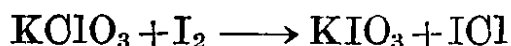
【22】 $\text{H}^+ + \text{O}_3$

在酸性溶液中, 臭氧作用于溴化钾, 即形成游离的溴, 氧和水。

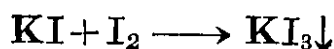


【23】 I_2

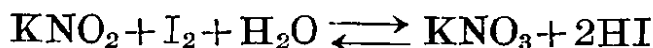
(1) 当干燥的氯酸钾与碘共同蒸馏, 即形成碘酸钾和氯化碘。如果温度升得太高, 则有氧释出。



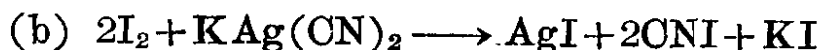
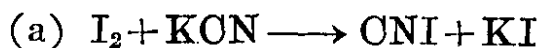
(2) 碘溶解在碘化钾的饱和溶液中, 然后冷却, 即形成三碘化钾。

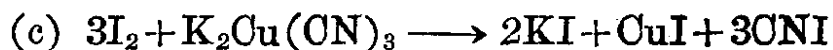


(3) 亚硝酸钾和碘溶液的氧化反应速率与其光照与否无关。



(4) 在镀银浴上用碘滴定以测定总的有效氰离子时, 一般是很满意的(a)。倘有银存在, 则有反应(b)。当有铜或汞存在时, 则反应如下(c)及(d)(下列的反应方程式均属假定, 因为关于所生成的络合物的组成尚有怀疑而不能确定)。





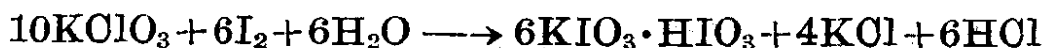
【24】 I_2 、 Br_2

碘和溴与固态钾反应,即生成碘化钾或溴化钾。



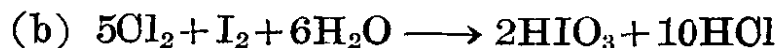
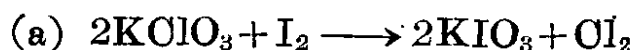
【25】 I_2 、 HCl

碘在盐酸溶液中能取代氯酸钾中的氯,如用硫酸和硝酸亦有同样的结果,不过反应的程度稍差。



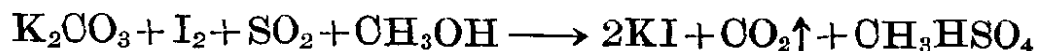
【26】 I_2 、 HNO_3 、 H_2O

当80份碘、60份氯酸钾、0.5份硝酸及400份水共煮沸时,即有碘酸钾形成。



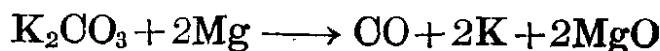
【27】 I_2 + SO_2 + CH_3OH

当碳酸钾与卡尔费歇尔(Karl Fischer)试剂的甲醇溶液作用时,即有二氧化碳放出,并有碘化钾和硫酸—甲酯形成。



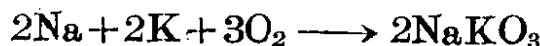
【28】 Mg

过量的碳酸钾可被镁还原为钾和一氧化碳。



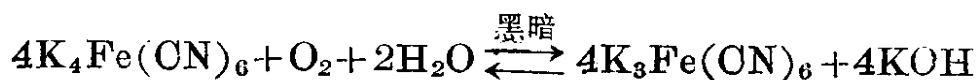
【29】 Na + O_2

钾和钠的混合物极易在空气中氧化,生成氧化钾钠。



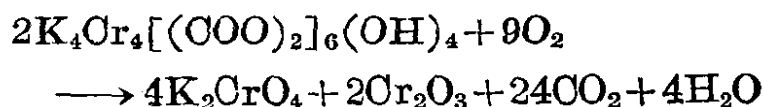
【30】 O_2

(1) 亚铁氰化钾的分解可用下列可逆反应表示。



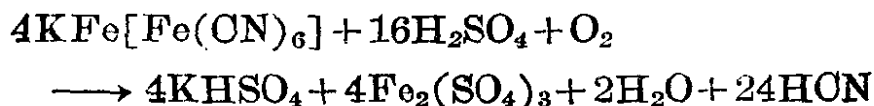
(2) 当(六)草酸四羟基四铬四钾在空气中灼烧时,即有铬酸

钾、三氧化二铬、二氧化碳和水生成。



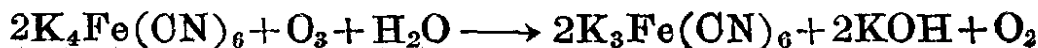
[31] $\text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4$

当威廉生蓝 $\text{KFe}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 与稀硫酸在空气存在下共煮沸时, 即有氢氰酸和硫酸铁形成。

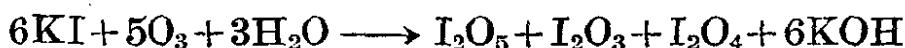


[32] O_3

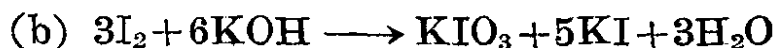
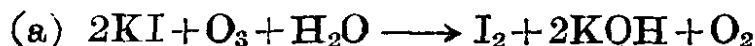
(1) 当臭氧通入亚铁氰化钾溶液时, 即形成铁氰化钾和氢氧化钾。



(2) 将含有少量臭氧的气体鼓泡通入碘化钾的中性溶液中, 即有碘的高氧化物沉出。

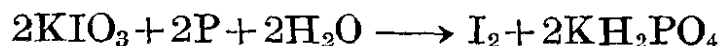


(3) 用碘滴定臭氧时, 碘化钾的溶液必须是碱性, 以防形成游离碘和碘的氧化物。



[33] P

在氧化性较小的盐类存在下, 红磷能将碘酸盐还原为游离碘。这个反应可作为碘酸盐的鉴定反应。



[34] S

(1) 氰化钾与水中的硫共加热时, 生成无色硫氰酸钾液体。



(2) 氢氧化钾与硫一起加热后, 即形成三硫化二钾。

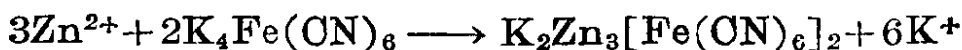


(3) 碳酸钾与硫作用, 形成硫酸钾, 二硫化二钾和二氧化碳。这是火药燃烧时的第二阶段反应之一。



【35】 Zn^{2+}

锌盐和亚铁氰化钾溶液反应，即生成锌和钾的亚铁氰化物复盐（白色沉淀物）。



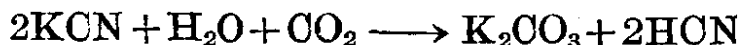
【36】 CO

将一氧化碳通入氢氧化钾溶液，即形成甲酸钾。

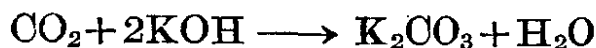


【37】 CO_2

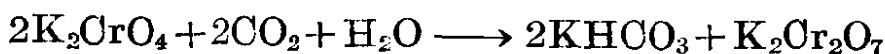
(1) 二氧化碳与潮湿的氰化钾在小于 101.325 千帕的条件下反应，即生成氢氰酸和碳酸钾。



(2) 氢氧化钾吸收了二氧化碳后，即形成碳酸钾和水。

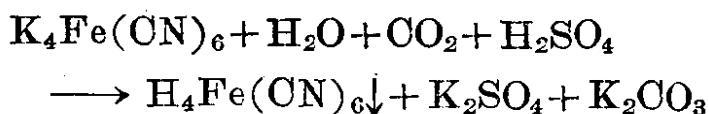


(3) 将二氧化碳压入铬酸钾溶液中，随后即生成少量重铬酸钾结晶。



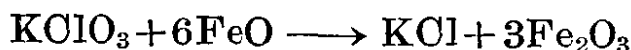
【38】 $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4$

在二氧化碳气氛中，将干燥的亚铁氰化钾溶解于 100℃ 的 48% 硫酸中，然后在冷却剂中冷却，再加入乙醚，即生成白色沉淀物（氰亚铁酸）。



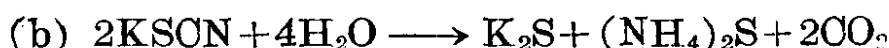
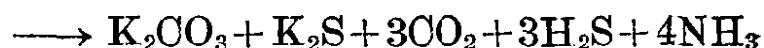
【39】 FeO

氯酸钾与氧化亚铁共加热时，即被还原为氯化物，同时有三氧化二铁形成。



【40】 H_2O

(1) 在升高温度下的水蒸气气流中，硫氰酸钾亦能分解为下列各物。



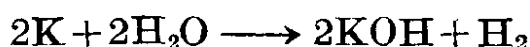
(2) 氧化钾与水结合, 即形成氢氧化钾。



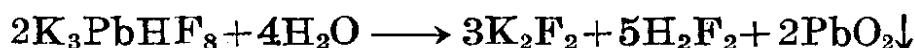
(3) 铁氰化钾可水解为氰化钾、氢氧化钾和氰化氢。



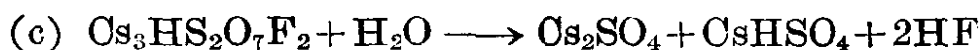
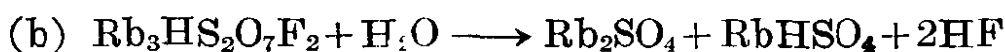
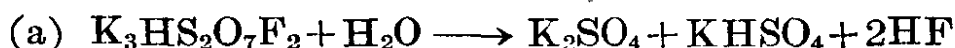
(4) 伴有 10% 金和 95% 钾的合金与水反应后, 释放出氢和游离金。



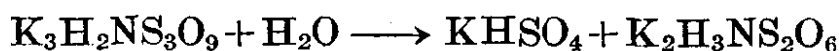
(5) 八氟化氢铅三钾可被水水解为下列化合物。



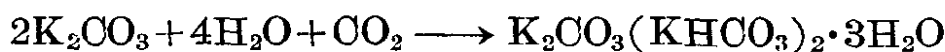
(6) 二氟焦硫酸氢三钾遇水即分解为硫酸钾, 硫酸氢钾和氢氟酸。相应的铷盐和铯盐亦有同样的反应发生。



(7) 三磺酸氨合三钾与水煮沸时, 即有二磺酸氨合二钾和硫酸氢钾形成。

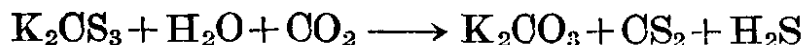


(8) 碳酸钾溶液在徐徐蒸发的情况下, 即有复盐结晶析出。



【41】 $H_2O + CO_2$

在普通条件下, 全硫碳酸钾与水和二氧化碳作用时, 生成碳酸钾、二硫化碳和硫化氢。上述反应亦可加热进行。



【42】 $H_2O + O_2$

全硫碳酸钾在空气中与水加热后, 生成碳酸钾、硫代硫酸钾、硫化氢和二硫化碳。

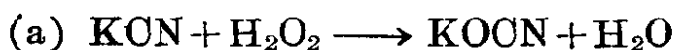


【43】 H_2O_2

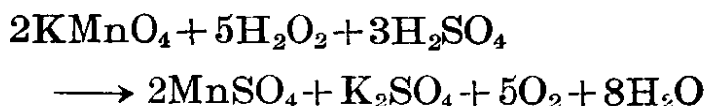
碱金属的氰化物在氰化物的电镀浴内水解时(a), 或通过氧化时(b), 即行分解, 并有氨形成。

**【44】 H_2O_2**

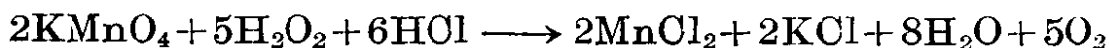
(1) 氰化钾的水溶液与过氧化氢混合后, 开始时它们反应甚平静, 但倘不予冷却, 则彼此间的反应或将发生爆炸。其反应后的产物为氰酸钾、水及碳酸铵钾。



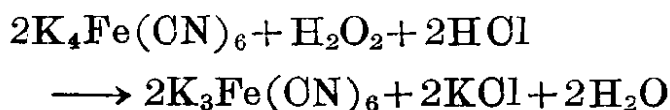
(2) 高锰酸钾溶液与过氧化氢和硫酸反应时, 溶液的红色即褪去, 并生成硫酸锰、硫酸钾、氧和水。

**【45】 $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{HCl}$**

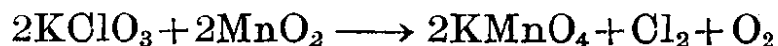
(1) 过氧化氢与高锰酸钾在盐酸的参加下作用时, 即有氯化锰、氯化钾、水及氧形成。



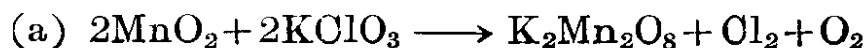
(2) 在盐酸参加下, 过氧化氢能氧化亚铁氰化钾为铁氰化钾并有氯化钾及水形成。

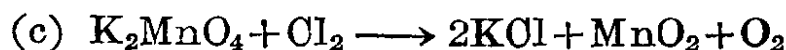
**【46】 MnO_2**

(1) 氯酸钾与二氧化锰作用时, 即有高锰酸钾、游离氯及氧形成。

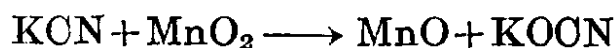


(2) 当氯酸钾与二氧化锰加热时, 即可获得氧, 同时亦有若干氯释出。



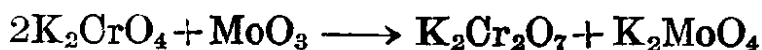


(3) 氰化钾加热至低红热时, 可被二氧化锰氧化为氰酸钾。



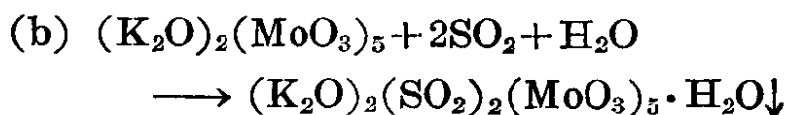
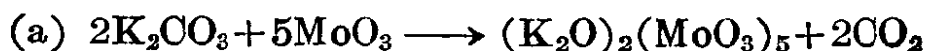
【47】 MoO_3

在铬酸钾溶液中加入相当量的三氧化钼后予以蒸发, 即有重铬酸钾结晶析出。



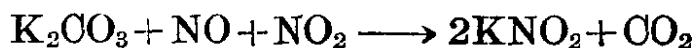
【48】 $\text{MoO}_3 + \text{SO}_2$

将碳酸钾溶液和三氧化钼共加热, 并在室温时用二氧化硫使其饱和, 即有白色的结晶物生成。



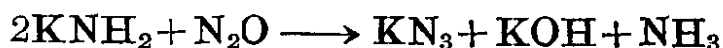
【49】 $\text{NO} + \text{NO}_2$

将氧化氮通至碳酸钾上, 即有纯的亚硝酸钾生成。



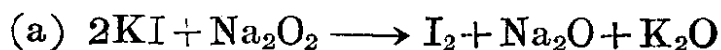
【50】 N_2O

当一氧化二氮和氨基(化)钾在 $150 \sim 250^\circ\text{C}$ 反应时, 即形成叠氮化钾。



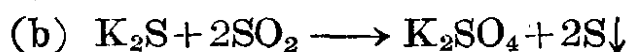
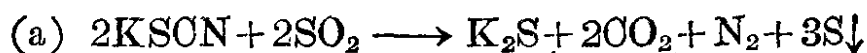
【51】 $\text{Na}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$

过氧化钠可使碘化钾氧化为碘, 并形成氧化钠和氧化钾, 后者又与水反应, 生成氢氧化钠和氢氧化钾。



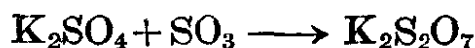
【52】 SO_2

在升高温度下的二氧化硫气流中, 硫氰酸钾即被分解。反应式如下:



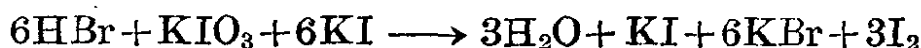
【53】 SO₃

硫酸钾与三氧化硫在 200°C 加热, 即生成焦硫酸钾。



【54】 HBr + KI

碘酸钾与碘化钾和氢溴酸相互反应后, 即生成水, 碘化钾, 溴化钾和碘。

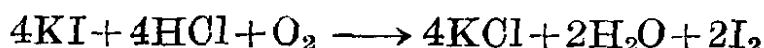


【55】 HCl

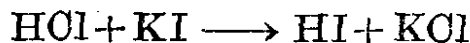
(1) 氰化钾与氯化氢作用时, 即有氰化氢及氯化钾形成。



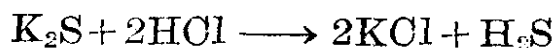
(2) 稀盐酸与碘化钾在大气中的氧参加下作用时, 即有碘析出。



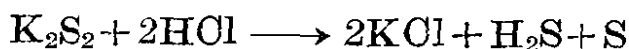
(3) 碘化钾与盐酸作用时, 即有下列反应生成。



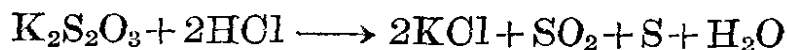
(4) 硫化钾与盐酸加热时, 即形成氯化钾和硫化氢。



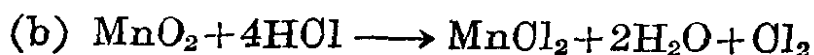
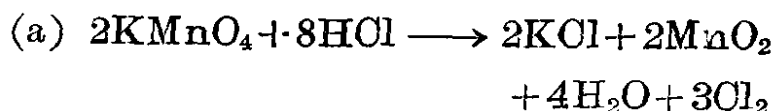
(5) 二硫化二钾与盐酸作用时, 即有硫、氯化钾及硫化氢形成。三硫化二钾及五硫化二钾亦有相同的反应。



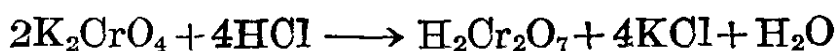
(6) 硫代硫酸钾与盐酸作用时, 生成氯化钾、硫及二氧化硫。



(7) 将高锰酸钾置于玻管中的舟皿上, 然后在室温时通入干燥的氯化氢, 若高锰酸钾呈过量, 则生成二氧化锰(a), 若继续导入氯化氢气体, 即又生成氯化锰(b)。



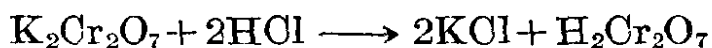
(8) 在铬酸钾溶液中加入适量氯化氢后, 即有重铬酸生成。



(9) 盐酸作用于重结晶的重铬酸钾, 即有氯释出。

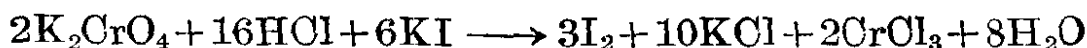


(10) 氯化氢与重铬酸钾反应后, 即有重铬酸生成。



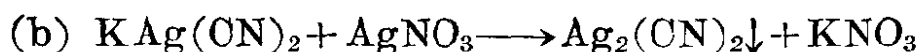
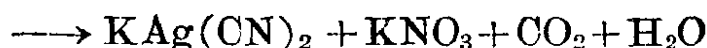
【56】 $\text{HCl} + \text{KI}$

在盐酸和碘化钾的沸溶液中, 铬酸钾即被还原。



【57】 HCN

(1) 在银盐参加下, 碳酸盐可被氢氰酸分解。

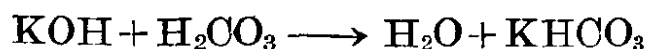


(2) 充分干燥的液态氢氰酸与金属钾及钠反应, 生成氢和金属的氰化物。镁不与液态氢氰酸反应。



【58】 H_2CO_3

过量的碳酸(在乙醇中)与氢氧化钾(在乙醇中)作用时, 即生成十分纯粹的碳酸氢钾。



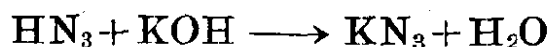
【59】 $\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{O}_2$

碳酸盐的饱和溶液在 0°C 以下电解时, 即生成过(二)碳酸钾。



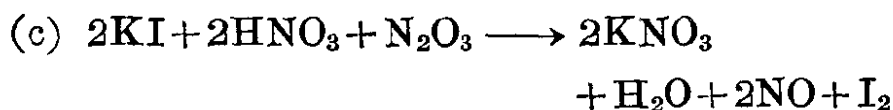
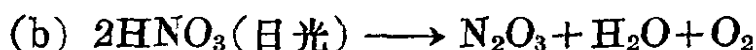
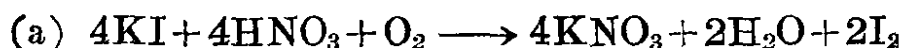
【60】 HN_3

当氢氧化钾被叠氮酸中和时即形成叠氮化钾。

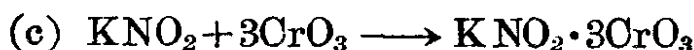
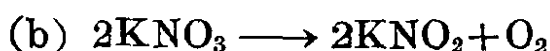
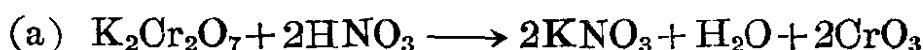


【61】 HNO_3

(1) 在大气氧的参加下, 稀硝酸与碘化钾作用, 即有碘释出。

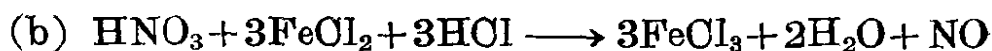


(2) 当重铬酸钾与大量过量的浓硝酸加热时, 则有石榴红色化合物形成。



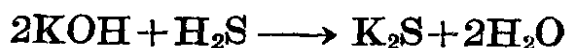
【62】 HNO_3 、 $FeCl_2$

将氯化钾溶解于 35% 硝酸中, 然后冷却至 -10°C 以下, 即有硝酸钾结晶出来。母液加热至 $60\sim 70^\circ\text{C}$, 并与氯化亚铁作用, 则硝酸被还原为一氧化氮。

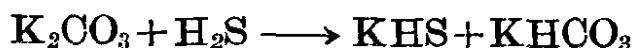


【63】 H_2S

(1) 硫化氢与氢氧化钾作用时, 即形成硫化钾和水。



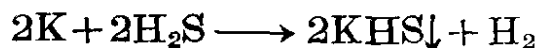
(2) 当碳酸钾溶液与硫化氢作用时, 即形成氢硫化钾及碳酸氢钾。



(3) 将硫化氢持久地通入氰化钾的浓溶液中, 即有黄色 $O_4H_5N_3S_2$ 沉淀形成。同时又有氢硫化铵及硫化钾生成。

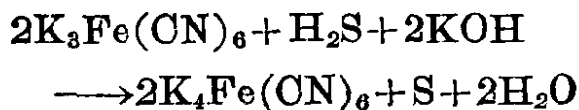


(4) 如果将硫化氢通入含有金属钾的精馏醚中, 则氢即由金属表面释出, 并形成很细的氢硫化钾黄色粉末。



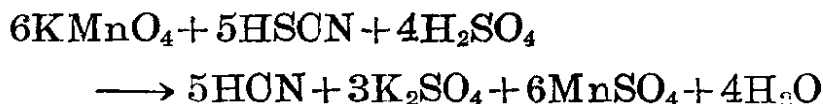
【64】 $H_2S + KOH$

铁氰化钾的碱性溶液在 20°C 时吸收了硫化氢后, 即形成硫和亚铁氰化钾。



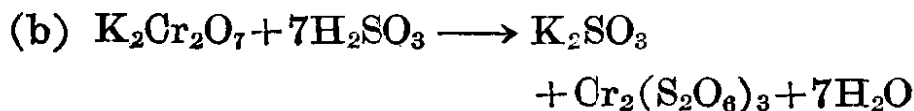
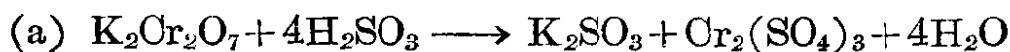
【65】 $\text{HSCN} + \text{H}_2\text{SO}_4$

在酸溶液中, 高锰酸钾与硫氰酸发生还原反应。



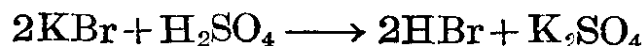
【66】 H_2SO_3

重铬酸钾若与 4 份亚硫酸反应, 即生成亚硫酸钾, 硫酸铬和水 (a), 若与 7 份亚硫酸反应, 则生成亚硫酸钾, 连二硫酸铬和水 (b)。

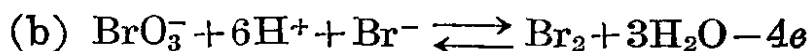
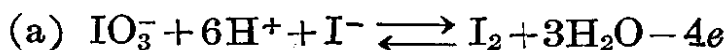


【67】 H_2SO_4

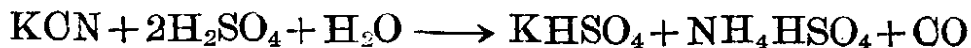
(1) 当溴化钾和硫酸共蒸馏时, 即得纯粹的氢溴酸。碘化钾亦有相似的反应。



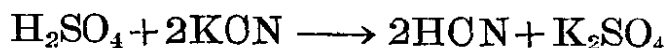
(2) 碱性溴化物或碘化物可在硫酸(0.00005 摩/升)中结晶而纯化, 因为经过这样处理后, 可将碘酸盐或溴酸盐破坏掉。



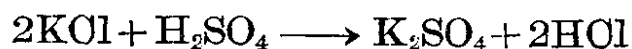
(3) 假定氰化钾用浓硫酸处理后, 将有几乎纯粹的一氧化碳被释出。



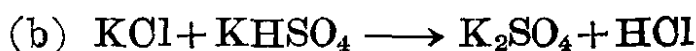
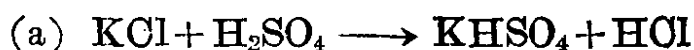
(4) 假定氰化钾用中等浓度的硫酸处理后, 即予蒸馏, 则有 HCN 获得。



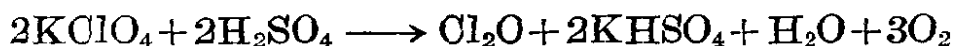
(5) 氯化钾与硫酸加热时, 即有硫酸钾和氯化氢形成。



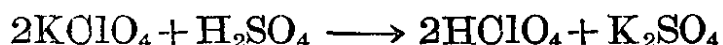
(6) 氯化钾与硫酸以化学计算的量混合时, 即有硫酸氢钾的中间产物形成, 然后反应继续前进而形成硫酸钾和盐酸。



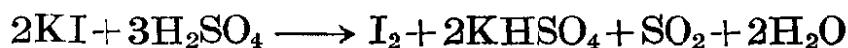
(7) 浓硫酸与高氯酸钾作用时，即有一氧化二氯形成。这个制造一氧化二氯的方法很危险，同时不可能得到纯粹的产物。



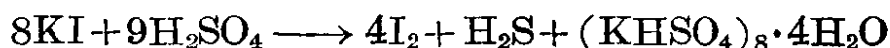
(8) 当高氯酸钾与硫酸的混合物在减压情况下蒸馏时，即有高氯酸形成。



(9) 当大量过量的硫酸与碘化钾作用时，即有碘、硫酸氢钾、二氧化硫及水形成。



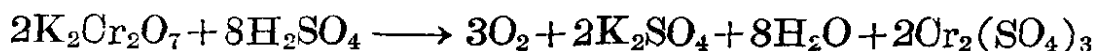
(10) 当碘化钾与有限量的硫酸作用时，即有硫化氢形成。



(11) 当碘化钾的浓溶液与硫酸作用时，即有二氧化硫形成。



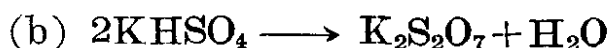
(12) 重铬酸钾与硫酸作用时，即形成氧、水、硫酸钾及硫酸铬。



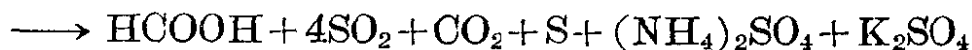
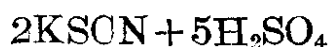
(13) 高锰酸钾与硫酸溶液作用时，即有硫酸钾、氧、硫酸锰及水形成。



(14) 硫酸钾与硫酸作用时，即形成硫酸氢钾而首先沉出；当冷却后，则后者又变为焦硫酸钾而析出。

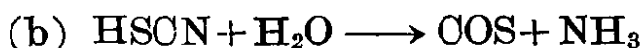
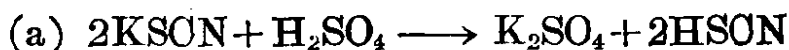


(15) 浓硫酸与固体硫氰酸钾剧烈反应后，即形成甲酸、二氧化硫和二氧化碳，并分离出硫。



(16) 硫酸作用于温热(30°C)的硫氰酸钾饱和溶液，即生成硫

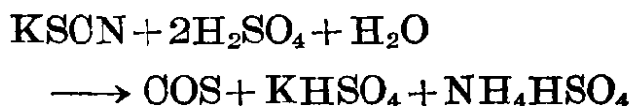
化炭。



(17) 当 50% 硫酸滴加至硫氰酸钾中, 即形成硫化炭(COS)。

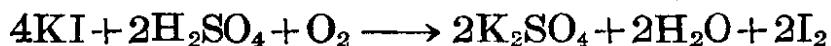


(18) 将浓的硫氰酸钾溶液加至冷的浓硫酸和水的混合溶液中, 即生成硫化炭和硫酸氢钾。



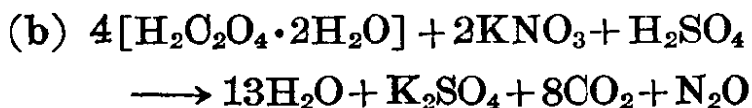
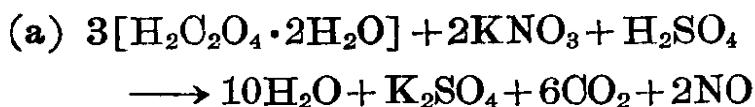
【68】 $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{O}_2$

当稀硫酸和碘化钾在氧气氛中反应时, 即有碘释出。



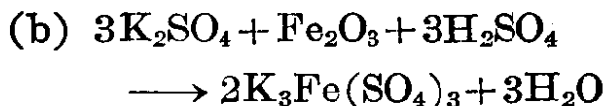
【69】 $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

草酸与硫酸和硝酸钾的混和溶液在钒的存在下, 经轻微加热后, 即形成硫酸钾、二氧化碳和一氧化氮(或一氧化二氮)。



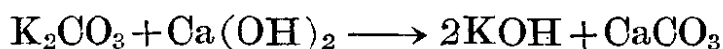
【70】 $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Fe}_2\text{O}_3$

无水硫酸钾与氧化铁的混合物在浓硫酸中蒸发至干, 并于 300°C 加热至恒重, 即得二硫酸或三硫酸铁钾。



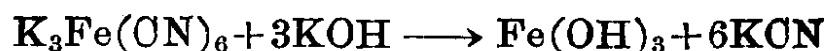
【71】 $\text{Ca}(\text{OH})_2$

碳酸钾与氢氧化钙作用时, 即形成氢氧化钾和碳酸钙。

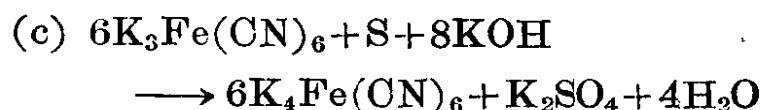
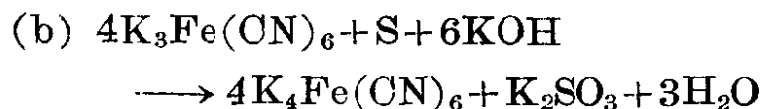
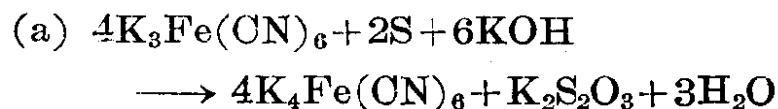


【72】 KOH

(1) 当铁氰化钾和氢氧化钾反应时, 生成氢氧化铁和氰化钾。

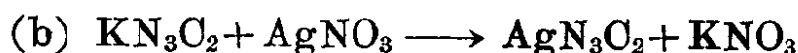
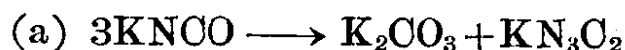


(2) 当有过量氢氧化钾存在时, 铁氰化钾与硫反应, 即生成硫代硫酸钾、亚硫酸钾和硫酸钾。



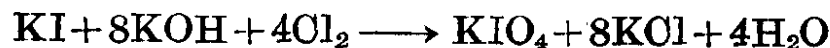
[73] KOH + AgNO₃

将异氰酸钾与碱溶液处理相当长时间后, 中和, 再与硝酸银(溶液)作用, 即有银盐形成。



[74] KOH + Cl₂

(1) 将氯通入氢氧化钾和碘化钾的溶液中, 即形成高碘酸钾、氯化钾和水。



(2) 当碘酸钾和氢氧化钾的混和溶液用氯饱和时, 有部分(64%)碘酸钾转化为高碘酸钾。



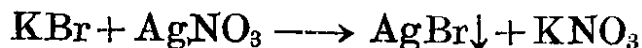
[75] NaOH

4 份氢氧化钠与 12 份金属钾在烧瓶中于隔绝空气下加热, 当温度达到 300°C 后即冷却, 则有氢氧化钾和二钾化钠生成。



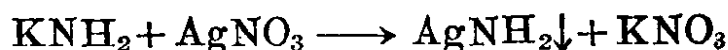
[76] AgNO₃

(1) 当硝酸银加至溴化钾溶液中, 即有溴化银沉淀析出; 碘化钾亦有相似的作用发生。



(2) 氨基(化)钾加至硝酸银的液氨溶液中, 即有氨基(化)银

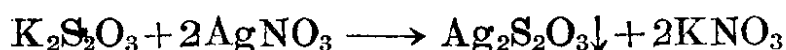
沉淀形成。



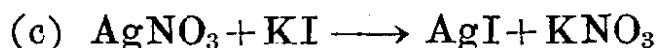
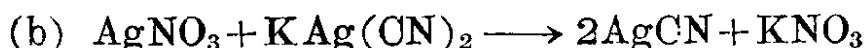
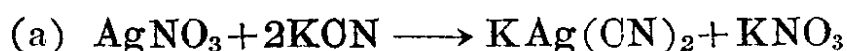
(3) 重铬酸钾与硝酸银在事先各予完全干燥, 然后二者共研磨, 于是即迅速发生反应。



(4) 将硝酸银加至硫代硫酸钾溶液中, 即有硫代硫酸银沉淀形成, 同时亦有硝酸钾生成。

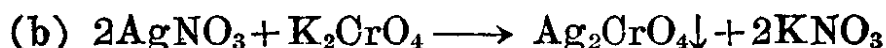
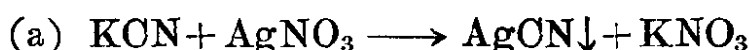


(5) 在镀银浴上应用李氏 (Liebig) 法测定碱金属的氰化物时, 可将硝酸银加至碱金属的氰化物溶液中, 则有反应(a)发生。倘再加硝酸银, 则有不溶性的氰化银形成(b)。当有碘化钾存在时, 则反应(c)将在反应(b)之前先行发生, 这是因为碘化银的溶解度较氰化银的溶解度为小。



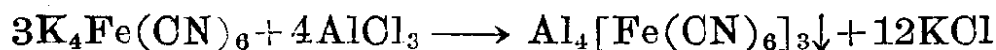
[77] $\text{AgNO}_3 + \text{K}_2\text{CrO}_4$

氰化钾溶液用氢氧化镁调节至碱性, 并以几滴重铬酸钾溶液作指示剂, 用硝酸银滴定, 反应式如下所示。



[78] AlCl_3

当以化学计算量的氯化铝溶液与亚铁氰化钾溶液(约 0.1 摩/升)反应后, 即有亚铁氰化铝生成。三氯化铟、氯化镧、氯化铈、硫酸铈和四氯化钛亦各有相似的反应发生。



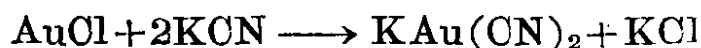
[79] $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

硫酸铝溶液与硫酸钾溶液混合后, 即有钾铝矾形成。



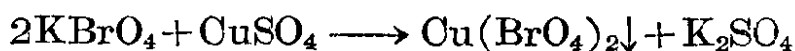
[80] AuCl

氰化钾与氯化亚金溶液混和后,即生成氰亚金酸钾。

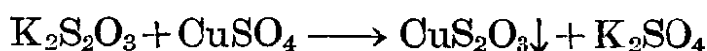


【81】 CuSO_4

(1) 当硫酸铜与过溴酸钾反应时,生成过溴酸铜和硫酸钾。

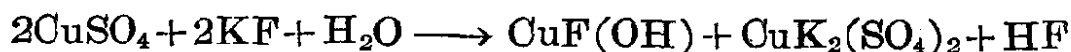


(2) 硫酸铜溶液加至硫代硫酸钾溶液中,即有蓝色硫代硫酸铜沉淀和硫酸钾形成。



【82】 $\text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$

氟化钾与硫酸铜作用时,可用下列反应式表示。



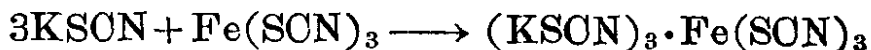
【83】 FeS

当氰化钾与硫化亚铁作用时,即有硫化钾形成。



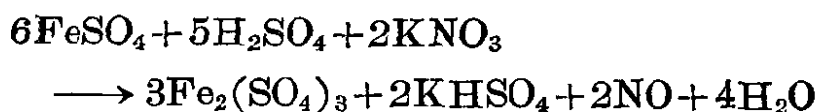
【84】 $\text{Fe}(\text{SCN})_3$

将含有硫氰酸钾和硫氰酸铁的溶液蒸发至干,即形成二者的复盐。

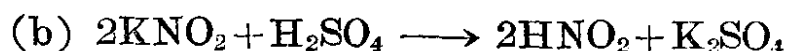
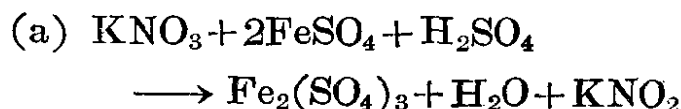


【85】 $\text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$

(1) 硝酸钾与硫酸亚铁和硫酸一起加热,即可得到一氧化氮,同时形成硫酸氢钾、硫酸铁和水。



(2) 硝酸钾与硫酸亚铁和硫酸反应后,即可得到亚硝酸,同时形成硫酸铁,硫酸钾和水。



【86】 HgBr_2

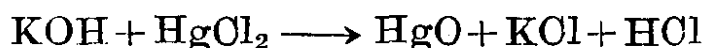
氨基(化)钾加至溴化汞的液氨溶液中,即有二氮化三汞沉淀

出来。

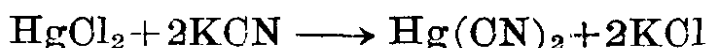


【87】 HgCl_2

(1) 在热的氯化汞稀溶液中加入苛性钾，即有氧化汞生成。

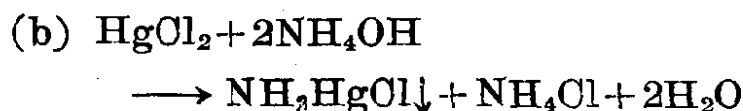
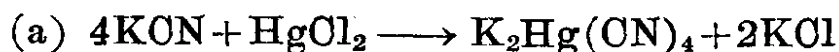


(2) 氰化钾和氯化汞作用时，即有氰化汞和氯化钾形成。



【88】 HgCl_2 、 NH_4OH

当氯化汞加至氰化钾的氨性溶液中，直至彼此反应完成，仍没有沉淀产生(a)。如果再加氯化汞则有氯化氨基汞沉淀形成(b)。



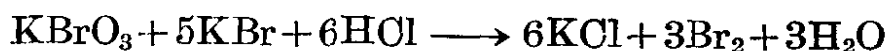
【89】 $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$

碘化钾与汞离子在溶液中作用时，即有碘化汞形成。如果碘化汞再与更多的碘化钾作用，结果有四碘化汞二钾形成。



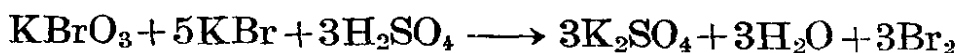
【90】 $\text{KBr} + \text{HCl}$

在HCl和过量溴化钾的酸性溶液中，溴酸钾可被还原而释出溴和水。



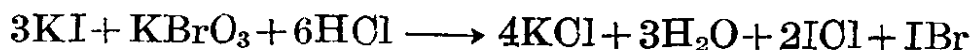
【91】 $\text{KBr} + \text{H}_2\text{SO}_4$

溴化钾与溴酸钾在硫酸中作用时，有溴生成。



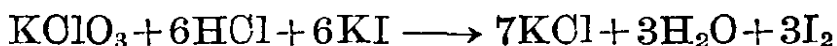
【92】 $\text{KBrO}_3 + \text{HCl}$

在盐酸的参加下，溴酸钾能氧化碘化钾，结果可能有氯化碘及溴化碘形成。

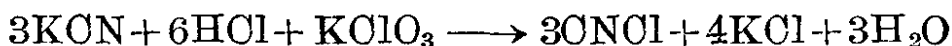


【93】 $\text{KClO}_3 + \text{HCl}$

(1) 当碘化钾、氯酸钾及盐酸混合时, 即有碘被析出。

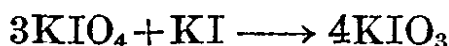


(2) 当浓盐酸逐滴滴入氯酸钾及氰化钾的溶液中, 即有氯化氰形成。

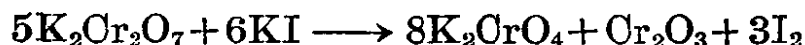


[94] KI

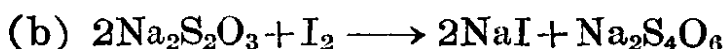
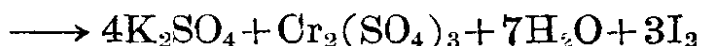
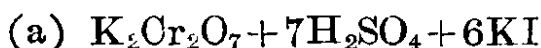
(1) 当碘化钾与高碘酸钾溶液共煮沸时, 即形成碘酸钾。



(2) 重铬酸钾溶液与碘化钾共煮沸时, 即有碘被释出。

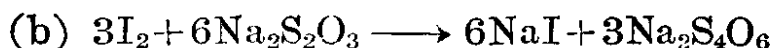
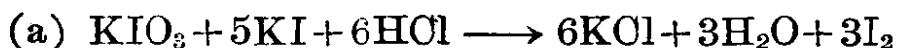


(3) 应用甘油中重铬酸盐的测定法, 测定过量的重铬酸盐时, 可在溶液(加有硫酸者)中加入过量的碘化钾溶液, 其释放出的碘可用硫代硫酸钠溶液滴定。



[95] KI + HCl + Na₂S₂O₃

当碘化钾和碘酸钾的酸性溶液与硫代硫酸钠作用时, 即有下列反应存在:



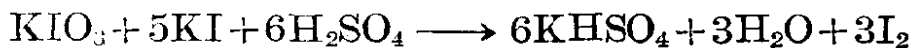
[96] KI + H₂CO₃

碘酸钾溶液与碘化钾作用时生成碘的反应, 可用二氧化碳催化。光照亦可加速反应的进行。

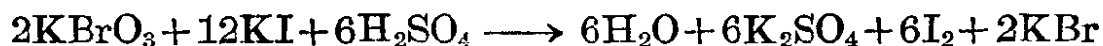


[97] KI + H₂SO₄

(1) 在正常的温度下, 碘酸钾与碘化钾在稀硫酸中作用时, 则有碘析出。

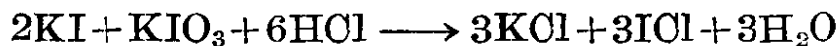


(2) 碘化钾与溴酸钾和硫酸作用, 生成水、碘及溴化钾等。

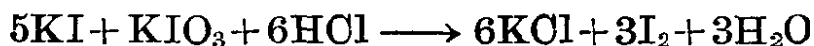


【98】 $\text{KIO}_3 + \text{HCl}$

(1) 当碘化钾在大量过量的盐酸存在下与碘酸钾作用时，即有氯化碘形成。



(2) 当碘化钾在低浓度的盐酸存在下与碘酸钾作用时，即有碘释出。



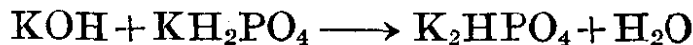
【99】 $\text{KIO}_3 + \text{KHSO}_4$

在硫酸氢钾存在下，碘化物可被碘酸盐氧化，反应的速度与温度成正比。



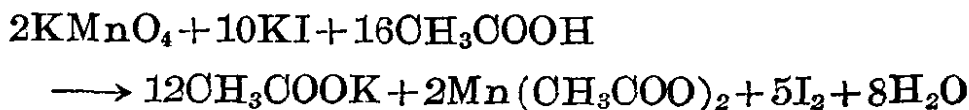
【100】 KH_2PO_4

在常温常压下，磷酸二氢钾与氢氧化钾反应，即生成磷酸氢二钾。



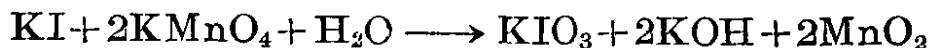
【101】 $\text{KMnO}_4 + \text{CH}_3\text{COOH}$

高锰酸钾和碘化钾在乙酸溶液中反应，即有游离碘释出。



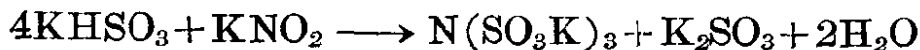
【102】 $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O}$

过量的高锰酸钾在碘化钾的中等或弱碱性溶液中加热数分钟，碘化物即被氧化为碘酸盐。



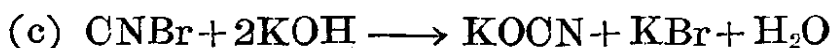
【103】 KNO_2

亚硝酸钾的水溶液徐徐加至亚硫酸氢钾（系在氢氧化钾水溶液中通入二氧化硫使达饱和状态后制取）的热溶液中，并予以经常搅拌，结果有下列反应产物生成。



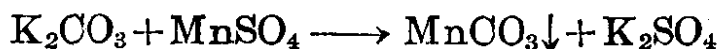
【104】 $\text{KBr} + \text{KOH}$

硫氰酸钾与次溴酸钾和氢氧化钾的溶液反应后,即形成氰酸钾。



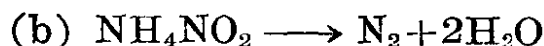
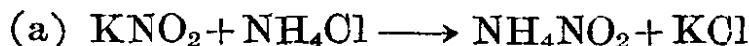
[105] MnSO_4

当硫酸锰加至碳酸钾溶液中,即生成碳酸锰沉淀。



[106] NH_4Cl

氯化铵和亚硝酸钾一起加热,首先形成亚硝酸铵和氯化钾,然后进而生成氮和水。



[107] $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{HCl}$

当硝酸钾和氯化铵的混合物在过量的盐酸参加下共蒸发时,则其间的反应将依照下列的方程式进行:



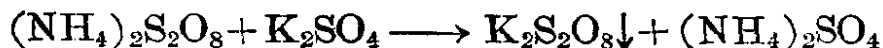
[108] $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

碳酸氢钾与硫酸铵在沸腾水溶液中作用时,即发生下列反应。



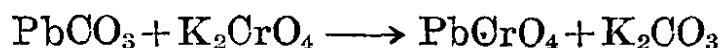
[109] $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$

在温热的过(二)硫酸铵溶液中,加入相同摩尔浓度的硫酸钾溶液,边加边搅拌,即形成极细的过(二)硫酸钾结晶沉淀物。



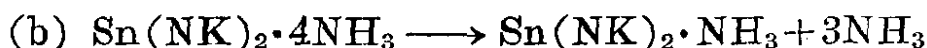
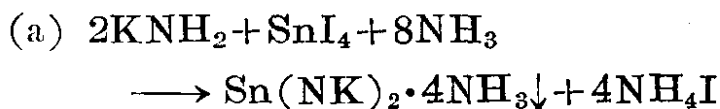
[110] PbCO_3

碳酸铅与铬酸钾的混合盐溶液经反应后,其生成的铬酸铅和碳酸钾,在溶液中常较其原来的对应盐溶液更为稳定。



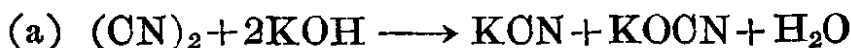
[111] SnI_4

当氨基(化)钾的液氨溶液加至碘化锡的液氨溶液中, 即形成四氨合二(次氨基钾)锡结晶沉淀物, 该沉淀加热至 150°C , 即释放出 3 摩氨。



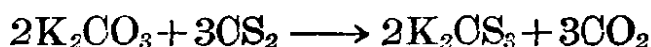
【112】 $(\text{CN})_2$

氰气与氢氧化钾反应, 生成氰化钾, 后者又能和过量的硝酸银作用, 生成氰化银沉淀。



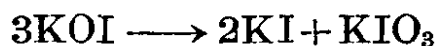
【113】 CS_2

碳酸钾与二硫化碳在 $55 \sim 60^{\circ}\text{C}$ 加热, 即生成黄红色的全硫碳酸钾和二氧化碳。



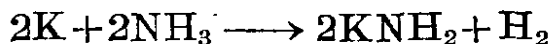
【114】 ICl

当氯化碘和氢氧化钾混合在一起时, 即形成次碘酸钾和氯化钾, 而次碘酸钾又可分解成碘酸钾和碘化钾。

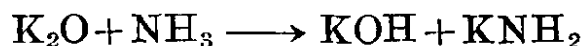


【115】 NH_3

(1) 在金属钾的液氨溶液中, 若有铝或镁(作催化剂)存在, 则形成氨基(化)钾。



(2) 氧化钾与液氨反应后, 即生成氢氧化钾和氨基(化)钾。



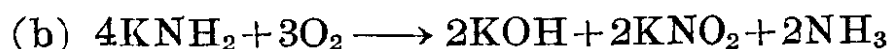
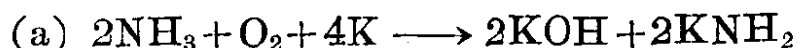
(3) 氨作用于热的碳酸钾, 即有下列反应发生。



【116】 $\text{NH}_3 + \text{O}_2$

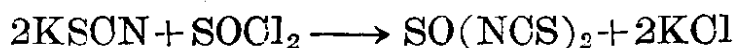
钾在液氨中的氧化反应较为缓慢, 最初的产物是氢氧化钾和

氨基(化)钾,后者又进一步氧化生成氢氧化钾。钠亦有同样反应。



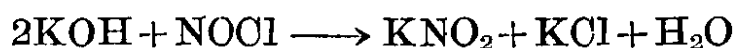
【117】 $SOCl_2$

亚硫酰(二)氯的苯溶液与硫氰酸钾在封闭管中于 $100^\circ C$ 加热 2 小时,即有下列反应产物形成。



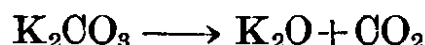
【118】 $NOCl$

当亚硝酰氯被氢氧化钾中和时,即形成亚硝酸钾。

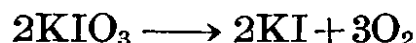


【119】 加热

(1) 碳酸钾加热至 $1000^\circ C$,即裂化为氧化钾和二氧化碳,温度在 $790^\circ C$ 时,反应即开始。



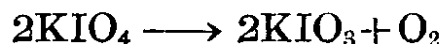
(2) 当碘酸钾被加热至接近 $300^\circ C$ 时,即分解为碘化钾和氧。



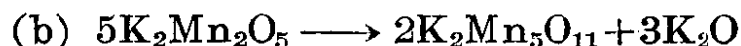
(3) 硝酸钾受热后可能分解为氧化钾,并释出氮和氧。



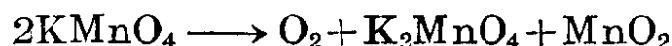
(4) 高碘酸钾在 $200^\circ C$ 并不分解,但在 $250 \sim 300^\circ C$ 之间即被分解为氧和碘酸钾。



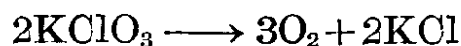
(5) 在高温下高锰酸钾裂化为二亚锰酸钾和臭氧,前者在水中又转化为 $K_2Mn_5O_{11}$ 。



(6) 高锰酸钾也可加热产生氧,同时形成锰酸钾和二氧化锰。



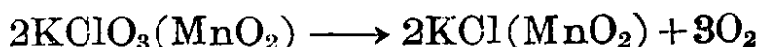
(7) 氯酸钾加热后即有氧释出。



(8) 氯酸钾加热时,即生成高氯酸钾和氯化钾。



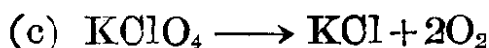
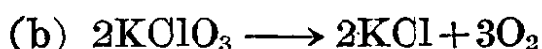
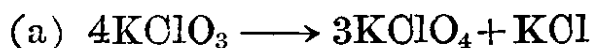
(9) 氯酸钾和二氧化锰(作为催化剂)共加热, 即有氧生成。



(10) 氯酸钾的热分解反应如下式所示。



(11) 当氯酸钾被加热时, 反应(a)和(b)是独立而同时发生, 第三个反应(c)则只有在高温时才能发生。



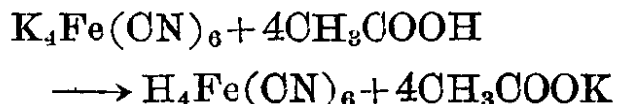
[120] CH_3Cl

将氯仿溶解于乙醇, 并与氢氧化钾的乙醇溶液共置于压力瓶中, 在沸水浴上加热半小时, 反应生成的氯化钾可用容量法测定, 从而间接测得氯仿的含量。



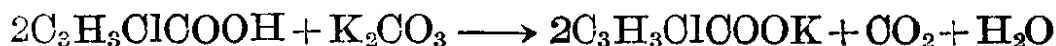
[121] CH_3COOH

亚铁氰化钾的乙酸溶液经煮沸后, 即有氰亚铁酸生成。



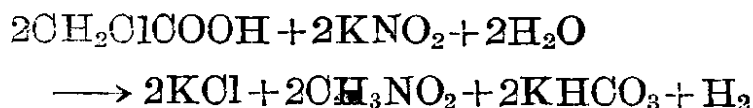
[122] $\text{C}_3\text{H}_3\text{ClCOOH}$

α -一氯巴豆酸被碳酸钾中和后, 溶液予以过滤和浓缩, 然后加入乙醇, 这时即有 α -一氯巴豆酸钾结晶出来。



[123] CH_2ClCOOH

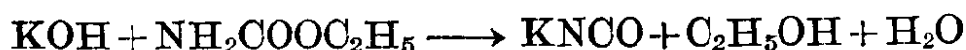
亚硝酸钾与氯乙酸和水反应, 生成氯化钾、硝基甲烷和碳酸氢钾。



[124] $\text{NH}_2\text{COOC}_2\text{H}_5$

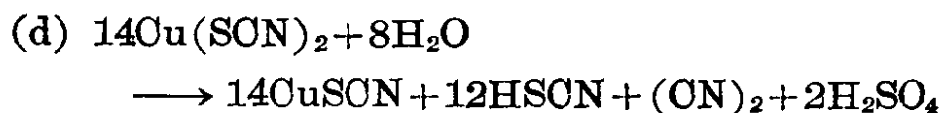
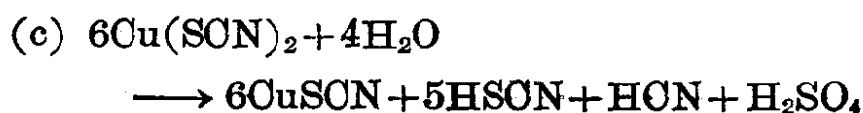
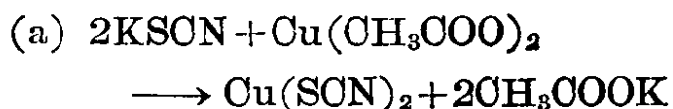
当氢氧化钾与氨基甲酸乙酯回流(加热)半小时, 则形成异氰

酸钾、乙醇和水。



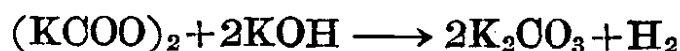
【125】 $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2$

乙酸铜与硫氰酸钾在溶液中反应，即形成二氧化碳、氨、氢氰酸、硫酸、氰和硫氰酸。



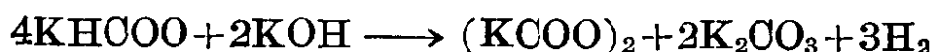
【126】 $(\text{KCOO})_2$

将过量的氢氧化钾加至草酸钾中，即生成碳酸钾和氢。



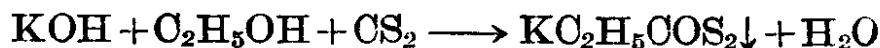
【127】 KHCOO

将甲酸钾与氢氧化钾混合在一起，即形成干燥的氢、碳酸钾和草酸钾。



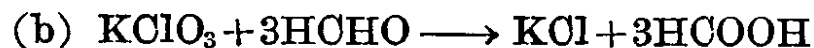
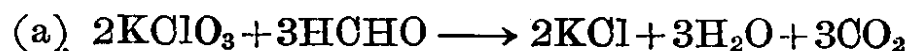
【128】 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{CS}_2$

将熔化的氢氧化钾在冷的无水乙醇中消化，并于 10°C 时向该溶液加入纯的二硫化碳，即生成黄原酸钾沉淀。



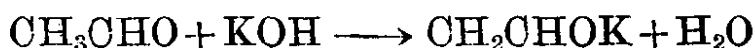
【129】 HCHO

氯酸钾和甲醛水溶液的混合物加热至 65°C 时，即有下列的反应发生。在 100 毫升溶液中如用 25 克氯酸钾，则可获最好的结果。



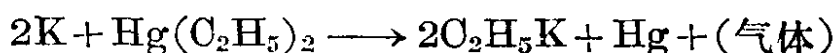
【130】 CH_3CHO

氢氧化钾与乙醛反应后,即生成很不稳定的乙烯醇钾。



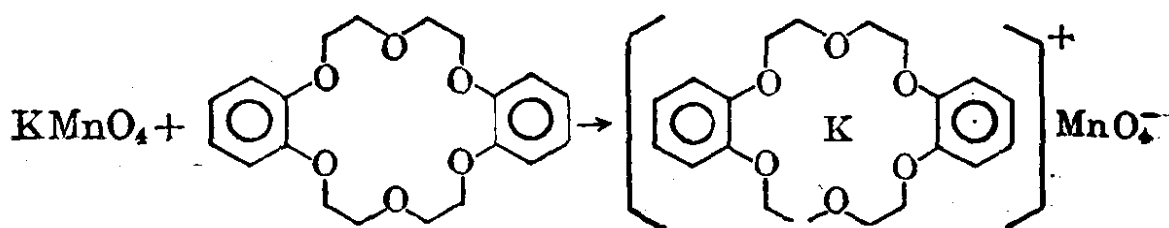
【131】 $\text{Hg}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$

将过量的金属钾(切成一小片)加至二乙基汞的石油醚溶液中,混合物迅即于室温下搅拌二天,在石油醚中即有悬浮物烷基钾生成,反应过程有气体释出。该反应可用一般的设备代替过去沿用的密闭容器。



【132】 2-苯并-18-冠-6

高锰酸钾在水溶液中能与2-苯并-18-冠-6(一种冠醚)反应,生成能溶解于有机溶剂的离子对,在有机化学中有重要的应用。



其他碱金属也有类似的反应。

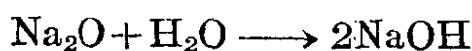
钠 Na

钠在自然界中的存在和分布情况与钾相似,它亦仅以化合物状态而存在,在地壳里约占2.40%。

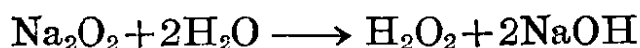
钠在游离状态是银白色的金属,密度0.97克/厘米³,在97.81°C时熔化,质软,容易切削,在空气中甚易氧化,故通常保存在煤油里。

钠与氧组成二种化合物:氧化钠(Na_2O)和过氧化钠(Na_2O_2)。

氧化钠与水剧烈作用生成氢氧化钠,并放出大量的热。

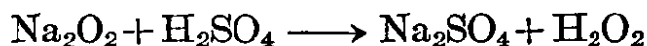


过氧化钠具有极强的氧化性,许多有机物质与它接触时都着火。如果小心地溶于冷水中,则得到含有苛性钠和过氧化氢的溶液。

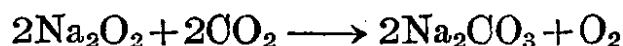


若将溶液加热,则由于过氧化氢的分解而从溶液中放出氧。

以稀酸作用于过氧化钠时亦可得到过氧化氢。



过氧化钠与二氧化碳作用,可放出氧气:



这个反应说明潜水员所用的各种隔离装备中以及在潜水艇中,过氧化钠的作用是用来吸收人们放出的二氧化碳,并对补充氧的储备等有重大的意义。

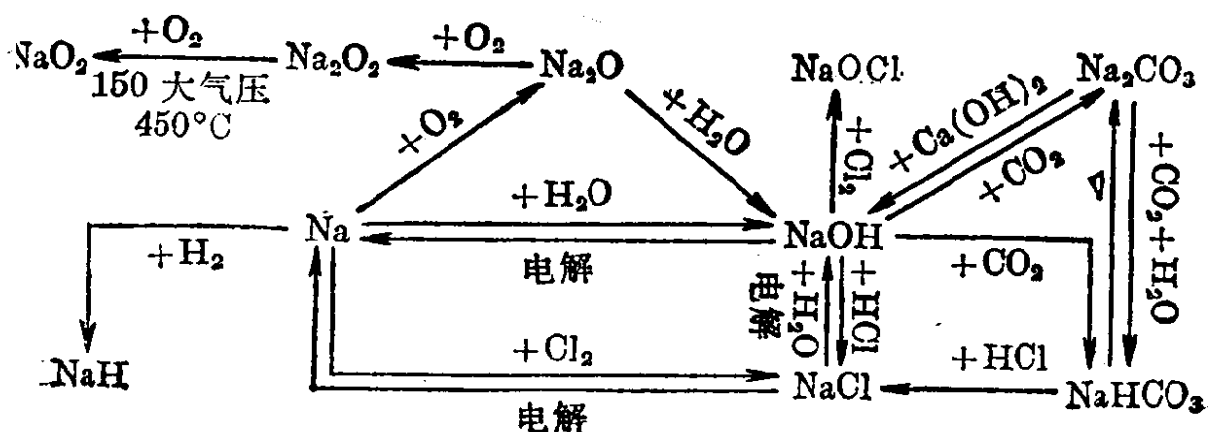
氢氧化钠极能吸湿,在 328°C 时熔化,在水中溶解时,由于生成各种水合物而放出大量的热,它在空气中易吸收二氧化碳而逐渐变为碳酸钠,故应保存于密闭器中。

目前所知一切的酸都与钠生成盐,很多钠盐都是形成含有相当大量的结晶水的结晶水合物。

强酸(HCl 、 HNO_3 、 H_2SO_4)所形成的钠的正盐,在水溶液中具有中性反应;而弱酸(H_2CO_3 、 HCN 等)所形成的钠的正盐,其水溶液由于水解作用的结果而呈碱性反应。

钠盐大多极易溶解于水中,但只有氟硅酸钠(Na_2SiF_6)与锑酸钠 $[\text{NaSb}(\text{OH})_6]$ 的溶解度较小。

钠的主要化学反应提要:



钠离子的反应

【1】 乙酸双氧铀锌

乙酸双氧铀锌(Zinc uranyl acetate)在中性或乙酸酸性的不太稀的钠盐溶液中,生成淡绿黄色乙酸双氧铀锌钠的结晶沉淀。



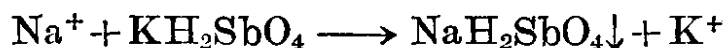
这个沉淀并不十分溶解于水(在低温时),且不溶于乙酸双氧铀锌的饱和水溶液中。

这个反应甚灵敏(其一滴溶液可以检出限量 12.5 微克),是钠的特效反应。 K^+ 、 NH_4^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 Sr^{2+} 、 Ba^{2+} 、 Al^{3+} 、 Fe^{3+} 、 Cr^{3+} 、 Mn^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Co^{2+} 、 Ni^{2+} 、 Cd^{2+} 、 Bi^{3+} 、 Cu^{2+} 、 Pb^{2+} 、 Hg^{2+} 等离子在 20 倍量存在时,并不影响钠的鉴定,但有大量 K^+ 离子存在时,可能生成 $\text{CH}_3\text{COOK} \cdot \text{UO}_2(\text{CH}_3\text{COO})_2$ 的针状结晶。在这种情况下,可将溶液用水稀释 2~3 倍,然后再用乙酸双氧铀锌检定 Na^+ 。

在做 Na^+ 试验时,溶液的反应应尽量接近中性,酸性溶液应预先用氢氧化铵或氧化锌中和。在后一情形,加入过量的氧化锌可由离心沉降除去。

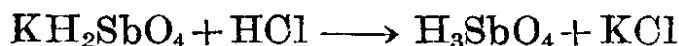
【2】 锑酸二氢钾

锑酸二氢钾(KH_2SbO_4)即锑酸的酸式钾盐,与钠盐的中性或弱碱性溶液生成白色结晶状锑酸二氢钠沉淀。



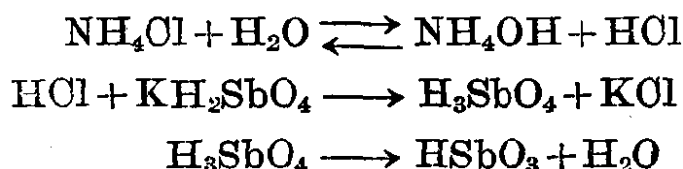
在进行试验时如果用玻棒摩擦试管壁,则沉淀将迅速形成。

这个反应必须在中性或弱碱性中进行,因为酸能使试剂分解而生成白色无定形的偏锑酸(HSbO_3)沉淀。



试液如呈酸性,则必须预先用碱(KOH)中和。在应用此反应而检出 Na^+ 离子时,则必须考虑到试剂可能受到种种影响而分解(例如吸收空气中的二氧化碳)。同时还应注意识别无定形的偏锑酸沉淀和结晶状的锑酸二氢钠沉淀。

强酸的铵盐溶液在放置时或有无定形沉淀生成,铵盐因水解即形成酸,致有偏锑酸被沉出。



除碱金属以外的金属亦能与锑酸生成无定形的沉淀,故在试验时,必先将其除去,不然在任何情况生成无定形沉淀时,就不可能断定溶液中是否有 Na^+ 离子存在。

在进行试验时,钠盐溶液的浓度宜足够大,因为沉淀(NaH_2SbO_4)的溶解度相当大,并倾向于生成过饱和溶液,故在稀溶液中沉淀或根本不出现或很久才能生成,因此反应的灵敏度减低。所以稀的溶液或不知浓度的溶液必须先予蒸浓,倘沉淀不出现时,必须放置一个时间,然后才可确定 Na^+ 离子是否存在。

试验宜在低温进行,因锑酸二氢钠的溶解度随温度上升而加剧,故最好将试管放在一杯冷水中冷却。

【3】 盐酸和乙醇

盐酸和乙醇能沉淀氯化钠。倘以干燥的氯化氢通入 100 毫升钠盐的乙醇溶液,则只有少于 1 毫克的钠将仍留在溶液中。

【4】 草酸根离子

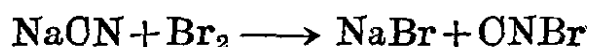
草酸钠($\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$)较相应的钾盐和铵盐大大地难溶于水和稀乙醇。通常在试验时可将饱和的草酸钾溶液和乙醇若干,加至钠盐溶液中,即可得到草酸钠。

【5】 火焰反应

钠化合物对火焰呈亮黄色反应。它的火焰有很高的染色力,为化学中最灵敏的反应之一。在其他化合物中有微量的钠化合物存在时,亦可用此反应检出。

[6] Br₂

(1) 当溴和氰化钠按摩尔比的数量相互作用时, 即有溴化氰形成。



(2) 溴与氢氧化钠作用时, 即有次溴酸钠形成。

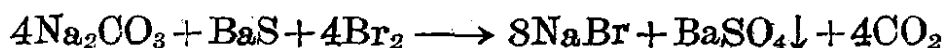


(3) 在吸收塔中, 可应用碳酸钠将挥发的溴由空气中除去, 结果有溴化钠和溴酸钠及二氧化碳生成。



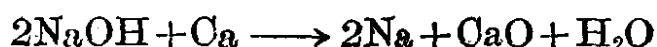
[7] Br₂ + BaS

硫化钡和溴共加至碳酸钠的温热溶液中后, 予以加热, 使反应走向完全, 再将硫酸钡滤去, 则留有溴化钠结晶。



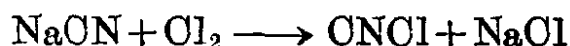
[8] Ca

金属钙与氢氧化钠作用后, 即有金属钠形成。



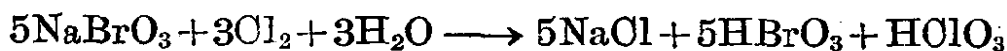
[9] Cl₂

当氯通过水而进入 50 克氰化钠和 1 克水 (两者在 75 毫升的四氯化碳中) 的混合物中, 并冷至 -5°C , 则结果有氯化氰和氯化钠形成。



[10] Cl₂ + H₂O

氯在水汽的参加下与溴酸钠作用时, 生成下列之反应物。



[11] (CN)₂

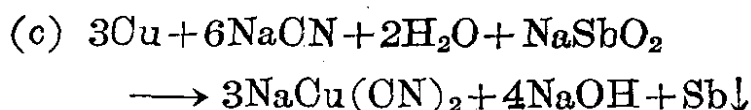
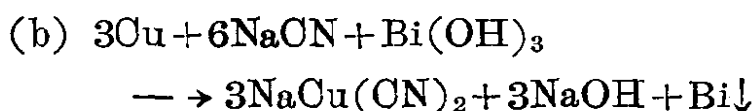
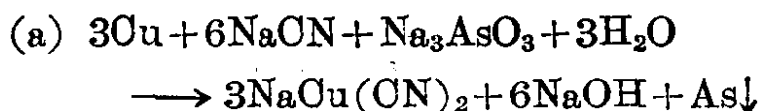
氢化钠与氰反应, 形成氰化钠和氰化氢。



[12] Cu, Na₃AsO₃, Bi(OH)₃, NaSbO₂

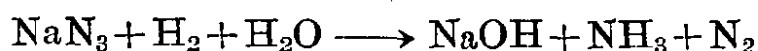
在氰化钠(溶解于碱性溶液中)的参加下, 铜与亚砷酸钠作用后, 将有元素砷沉淀出来(a); 在相似的情况下, 亦可从氢氧化铋的

溶液中沉淀出铋来(b);从偏亚铋酸钠溶液中沉淀出铋来(c)。



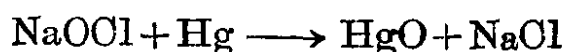
【13】 H_2

碱金属叠氮化物被氢还原后,即有氨和氮气生成。



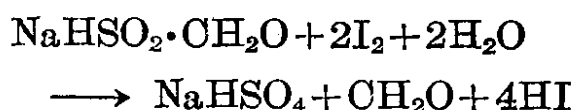
【14】 Hg

次氯酸钠与汞在开口的容器中作用时,即有氧化汞和氯化钠生成。

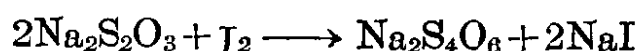


【15】 I_2

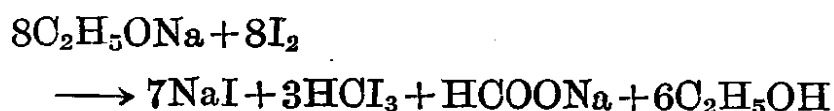
(1) 当碘溶液滴定次硫酸氢钠-甲醛($NaHSO_2 \cdot CH_2O$)时,即有硫酸氢钠、甲醛和氢碘酸形成。



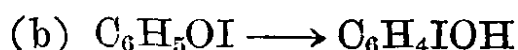
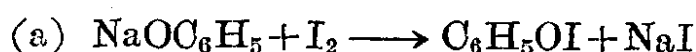
(2) 碘与硫代硫酸钠作用时,即形成连四硫酸钠和碘化钠。



(3) 当乙醇钠和碘反应,即有碘化钠,碘仿,甲酸钠和乙醇生成。



(4) 当碘与苯酚钠反应,即有相应的苯酚碘形成,而苯酚钠中的钠与碘形成碘化钠(a),然后苯酚碘中的碘原子转入苯环上,即形成碘苯酚(b)。



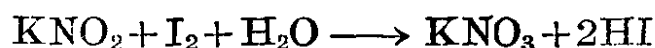
【16】 $I_2 + H_2O$

当碘滴定连二亚硫酸钠溶液时, 即有下列反应产物生成。



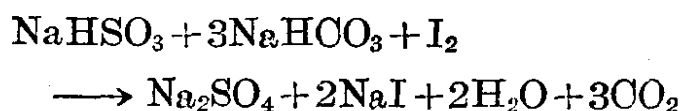
【17】 $I_2 + KNO_2$

在亚硝酸盐存在下, 碘不能被硫代硫酸钠精确地滴定, 因为硫代硫酸钠可引致碘和亚硝酸盐间发生作用。



【18】 $I_2 + NaHCO_3$

当亚硫酸氢钠和碳酸氢钠的溶液与碘共同作用时, 即有下列反应产物生成。

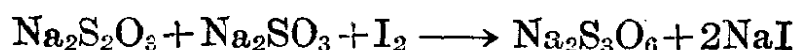


【19】 $I_2 + Na_2SO_3$

(1) 当含有相当量的硫化钠和亚硫酸钠的水溶液与计算量的碘煮沸时, 即有硫代硫酸钠和碘化钠形成。

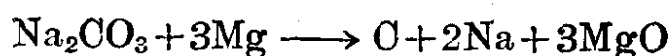


(2) 当含有相当量的亚硫酸钠和硫代硫酸钠的水溶液煮沸时, (在碘的参加下), 即有下列产物生成。



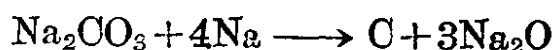
【20】 Mg

碳酸钠可被镁还原至碳和钠。

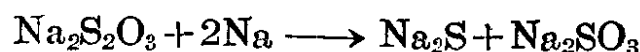


【21】 Na

(1) 当钠与碳酸钠在红热时作用, 即有碳形成。

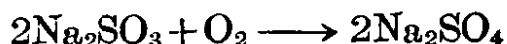


(2) 钠与硫代硫酸钠作用后, 即形成硫化钠和亚硫酸钠。

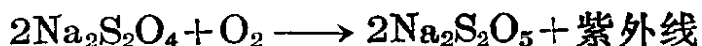


【22】 O_2

(1) 在极微量的铜参加下, 亚硫酸钠(溶液)氧化为硫酸钠的速度将大大增加。光亦有相同的作用。

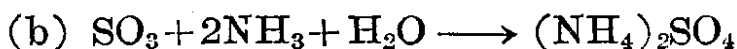
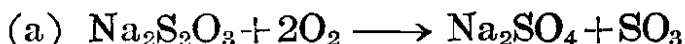


(2) 连二亚硫酸钠与氧作用时, 常有紫外线放出。



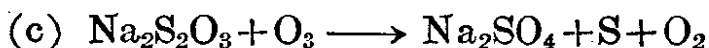
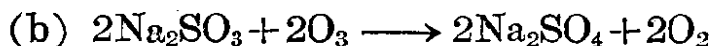
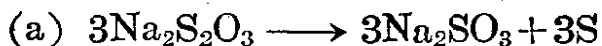
【23】 $\text{O}_2 + \text{NH}_3$

当 6 克硫代硫酸钠溶解于 100 毫升 5% 氨溶液中后, 再在压力 1013.25 千帕及温度 100°C 时加热 1 小时, 即有硫酸铵生成。



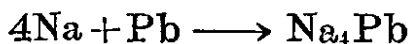
【24】 O_3

硫代硫酸钠可被臭氧氧化为硫酸钠。

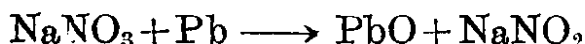


【25】 Pb

(1) 当理论量的钠和铅在铁坩埚中共熔化时, 则有合金形成。

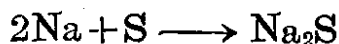


(2) 在 $400 \sim 450^\circ\text{C}$ 时, 铅将硝酸钠还原为亚硝酸钠。

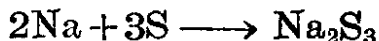


【26】 S

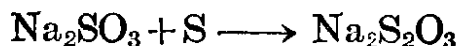
(1) 金属钠在氯化钠(作为稀释剂)参加下, 将与硫发生反应。



(2) 当钠的热甲苯溶液和硫作用时, 即有三硫化二钠形成。

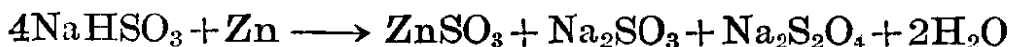


(3) 当亚硫酸钠溶液与游离硫煮沸时, 即有硫代硫酸钠形成。



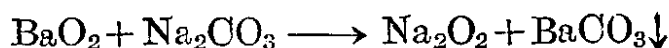
【27】 Zn

亚硫酸氢钠的浓溶液与锌处理时, 即发生下列之反应。



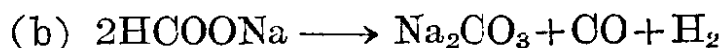
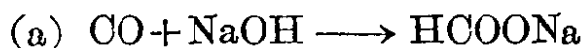
【28】 BaO_2

过氧化钡和碳酸钠作用时, 即有过氧化钠和碳酸钡形成。

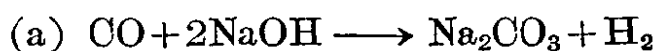


【29】 CO

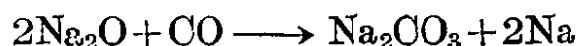
(1) 当一氧化碳与氢氧化钠相互作用时, 即有甲酸钠形成。



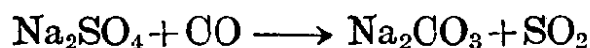
(2) 一氧化碳、甲酸钠和草酸钠与氢氧化钠分别在 430°C 、 275°C 及 290°C 作用时, 则迅速地有碳酸钠形成, 同时还伴有各等量的氢。



(3) 氧化钠与一氧化碳在 $290 \sim 310^\circ\text{C}$ 作用时, 即有下列反应产物生成。



(4) 在温度低于硫酸钠的熔点时, 硫酸钠可被一氧化碳分解。

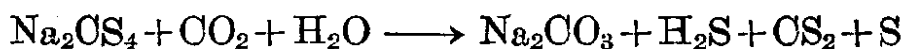


【30】 CO₂

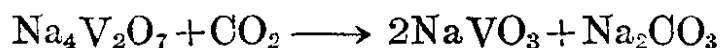
(1) 二氧化碳与碳酸钠作用时, 即有碳酸氢钠形成。



(2) 二氧化碳与全硫过碳酸钠作用时, 生成下列之反应产物。

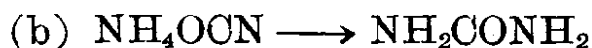


(3) 焦钒酸钠与二氧化碳作用后, 即有偏钒酸钠和碳酸钠生成。



【31】 CO₂ + NH₃ + H₂O

氰酸钠与水与氨作用后, 再同二氧化碳作用, 则有脲生成。

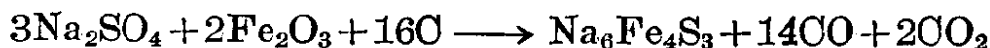


【32】 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{SO}_3$

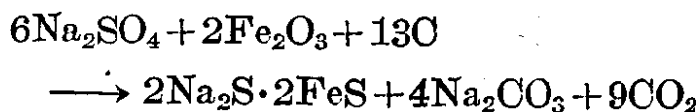
当硫酸钠和氧化铁及三氧化硫在 538°C 作用时, 即有硫酸铁钠形成。

**【33】 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{C}$**

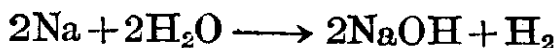
(1) 在高温时, 硫酸钠可被碳及氧化铁还原。



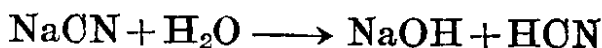
(2) 在加热上述同样的混合物时, 往往生成不同的结果。

**【34】 H_2O**

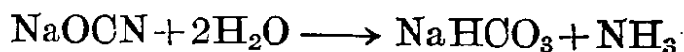
(1) 金属钠与水作用时, 即有氢氧化钠生成; 此外亦有氢放出。



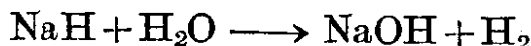
(2) 在减压情况下, 氰化钠与水加热至 35°C 时 (稍稍超过 35°C), 即水解而形成氢氰酸。



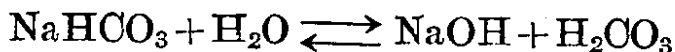
(3) 氰酸钠与水加热时, 倘温度未达到沸点, 则将有氨放出。



(4) 氢化钠与水作用时, 即有氢氧化钠和氢生成。



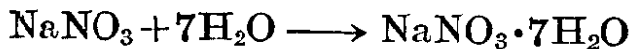
(5) 碳酸氢钠在水解时, 可用下列方程式表示之。



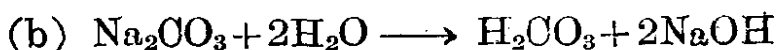
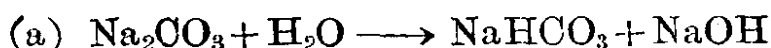
(6) 当硫酸氢钠的水溶液冷至非常低的温度时, 则迅速有粒状硫酸钠析出。



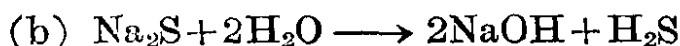
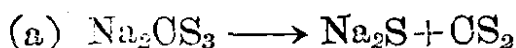
(7) 硝酸钠的饱和溶液在 15.7°C 时, 即有水合硝酸钠析出。



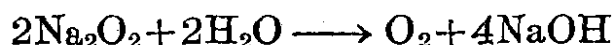
(8) 碳酸钠在水中水解时, 首先生成碳酸氢钠, 最后为碳酸; 其第二个产物为氢氧化钠, 因此溶液为碱性。



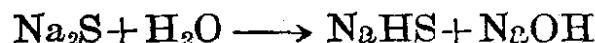
(9) 假定没有空气存在的全硫碳酸钠溶液, 在封闭的管中于 100°C 加热时, 即有碳酸钠和硫化氢生成。



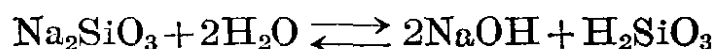
(10) 在氧化高钴的参加下(作为催化剂), 过氧化钠加至水中后, 即有定量的氧放出。



(11) 硫化钠在水溶液中水解为氢硫化钠和氢氧化钠。



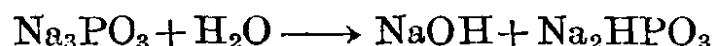
(12) 硅酸钠、酸性硅酸钠、五硅酸钠、硅酸钾、酸性硅酸钾、硅酸锂、五硅酸锂、硅酸铷和硅酸铯的水溶液, 当浓度低于 0.01~0.02 摩/升时, 常发生近乎完全的水解反应。



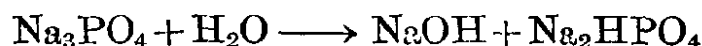
(13) 二磷化三氢三钠($\text{Na}_3\text{H}_3\text{P}_2$)在水解时, 发生下列之变化。



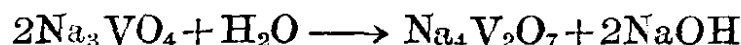
(14) 水能使亚磷酸三钠转化为氢氧化钠和亚磷酸氢二钠。



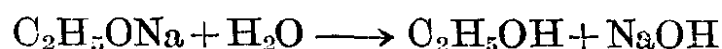
(15) 磷酸钠溶解于水后, 即水解而使溶液呈碱性。



(16) 钒酸钠和水稍予加热时, 即有焦钒酸钠和氢氧化钠生成。



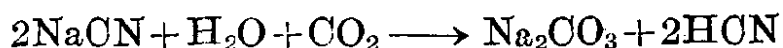
(17) 乙醇钠经水分解, 即生成乙醇和氢氧化钠。



[35] $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$

(1) 当二氧化碳和水共与氰化钠接触后(在温度 75°C、压力

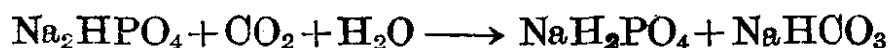
约 103991.16 帕时), 即有碳酸钠和氰化氢形成。



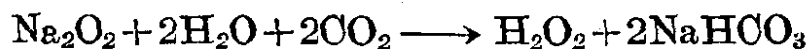
(2) 氢硫化钠与二氧化碳及水作用时, 即有碳酸氢钠、碳酸钠和硫化氢生成。



(3) 磷酸氢二钠的溶液可被二氧化碳水解。

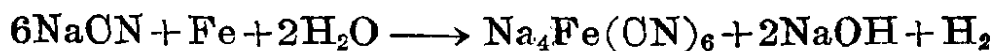


(4) 过氧化钠与碳酸作用时, 即有过氧化氢和碳酸氢钠生成。



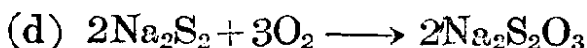
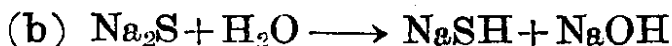
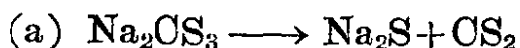
【36】 $\text{H}_2\text{O} + \text{Fe}$

当氰化钠与水与铁加热时, 即有亚铁氰化钠生成。

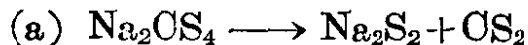


【37】 $\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$

(1) 全硫碳酸钠在潮湿空气中, 即分解为氢氧化钠和硫代硫酸钠, 其反应的原因可能如下:

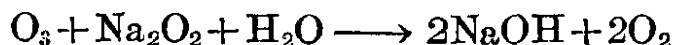


(2) 在潮湿的空气中, 全硫过碳酸钠即分解而失去二硫化碳, 其残渣被氧化为近乎纯净的硫代硫酸钠。



【38】 $\text{H}_2\text{O} + \text{O}_3$

臭氧与过氧化钠作用时, 即生成氢氧化钠和氧。



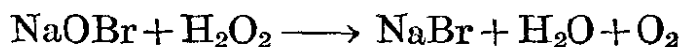
【39】 $\text{H}_2\text{O} + \text{S}$

磷酸钠的沸溶液可被升华硫分解, 其反应如下:

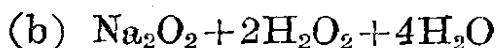
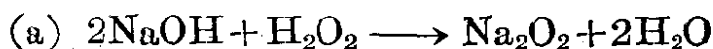


[40] H_2O_2

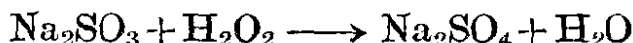
(1) 次溴酸钠与过氧化氢(1毫升过氧化氢与10毫升次溴酸钠溶液)作用时,即有下列产物生成。



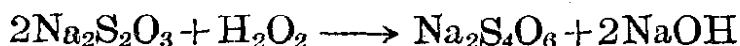
(2) 氢氧化钠溶液(1摩/升)与过氧化氢(3.5摩/升)混合后,即在真空中浓缩,直至有结晶析出为止。这种结晶为含有四分子水的过氧化钠与过氧化氢的复合物。当过氧化氢用氢氧化钾处理时,则亦有相似的反应发生,但其所生成的结晶物则含有二分子水。



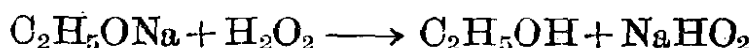
(3) 亚硫酸钠溶液可被过氧化氢氧化为硫酸钠。



(4) 硫代硫酸钠在溶液中与过氧化氢作用时,即有下列反应产物生成。

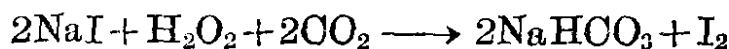


(3) 乙醇钠经过氧化氢处理,即生成乙醇和过氧化氢钠。



[41] $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{CO}_2$

碘化钠、过氧化氢与二氧化碳作用时,即生成碳酸氢钠和碘。



[42] $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$

含有过量过氧化氢的硼砂溶液与等量的氢氧化钠作用时,生成下列之反应产物。



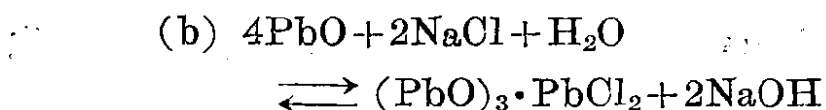
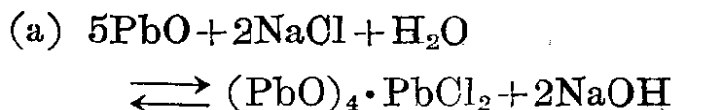
[43] $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{NaOH}$

硫代硫酸钠在溶液中与过氧化氢作用时(在氢氧化钠参加下作用),即有硫酸钠生成。



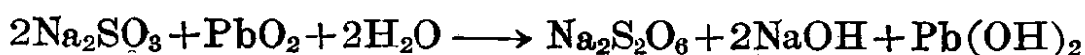
[44] PbO

在一氧化铅参加下, 倘应用 Scheele 苛性苏打法电解氯化钠溶液时, 如果氯化钠溶液稀淡, 则有方程式(a)之反应发生; 如果氯化钠溶液的浓度在 2 摩/升以上时, 则有反应(b)生成。



[45] PbO₂

当二氧化铅和七水合亚硫酸钠的摩尔比为 3:2 时, 则亚硫酸钠将被二氧化铅氧化为连二硫酸钠。将此混合物在水浴上加热 3~4 小时, 则铅被二氧化碳沉出, 过滤, 滤液用乳酸中和, 然后将溶液蒸发并结晶之, 则可将二水合连二硫酸钠($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_6 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)回收。

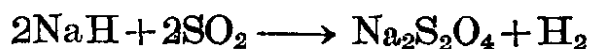


[46] SO₂

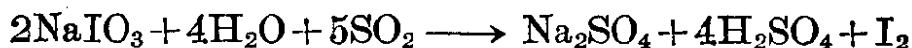
(1) 当硫氰酸钠与液态二氧化硫接触时, 即有亮黄色化合物形成。



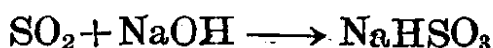
(2) 在过量氢的存在下, 氢化钠与二氧化硫作用时, 即形成连二亚硫酸钠。



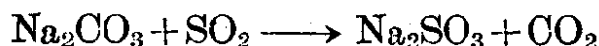
(3) 二氧化硫与碘酸钠溶液作用后, 即有碘析出。



(4) 过量的二氧化硫通至氢氧化钠溶液中后, 则有亚硫酸氢钠形成。

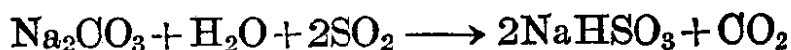


(5) 当二氧化硫与过量的碳酸钠作用时, 发生下列之反应。

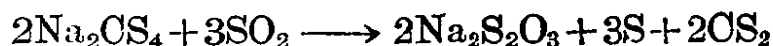


(6) 当二氧化硫气体通至碳酸钠溶液后, 则有亚硫酸氢钠

形成。

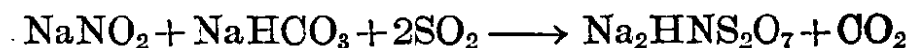


(7) 二氧化硫与全硫过碳酸钠作用时, 即有下列反应产物生成。



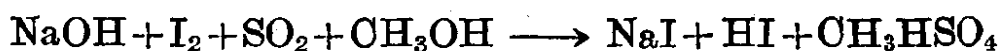
【47】 $\text{SO}_2 + \text{NaHCO}_3$

当亚硝酸钠、碳酸氢钠和二氧化硫共作用时, 即有下列产物生成。



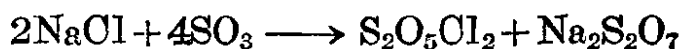
【48】 $\text{SO}_2 + \text{I}_2 + \text{CH}_3\text{OH}$

当卡尔费歇尔(Karl Fischer)试剂的甲醇溶液作用于氢氧化钠时, 则有下列产物生成。



【49】 SO_3

当氯化钠与三氧化硫共加热时, 即发生下列之反应。



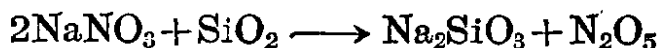
【50】 $\text{SO}_3 + \text{O}_2$

当氯化钠与三氧化硫和空气共加热时, 则有氯放出, 同时还有硫酸钠生成。



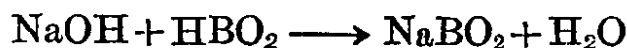
【51】 SiO_2

干燥的硝酸钠与过量的二氧化硅加热时, 即发生下列反应。



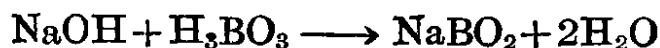
【52】 HBO_2

当存在于珐琅浆中的氢氧化钠与偏硼酸作用时, 则有偏硼酸钠生成。



【53】 H_3BO_3

(1) 硼酸与氢氧化钠作用时, 即生成偏硼酸钠。

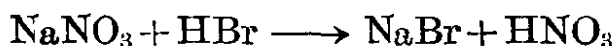


(2) 当存在于珐琅浆中的氢氧化钠与硼酸作用时, 即有硼砂生成。

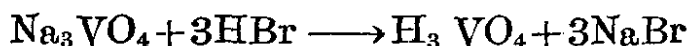


【54】 HBr

(1) 硝酸钠在溴化氢气流下徐徐加热时, 即完全转变为溴化钠。

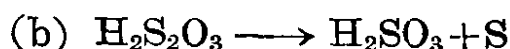


(2) 钒酸钠在 300°C 时与溴化氢加热后, 即转变为溴化钠。



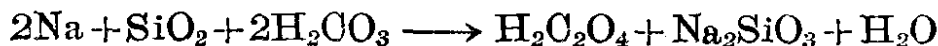
【55】 H_2CO_3

在标准情况下硫代硫酸钠与碳酸作用时, 其反应如下:



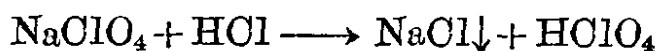
【56】 $\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{SiO}_2$

金属钠和纯粹的二氧化硅经谨慎地加热后, 用碳酸处理, 其冷却后的残渣则有草酸结晶形成。

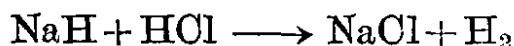


【57】 HCl

(1) 为了从高氯酸锂和高氯酸钠的无水正丁醇溶液中分离出锂和钠时, 通常是加入氯化氢的正丁醇溶液, 使其生成氯化钠沉淀而分离出来。



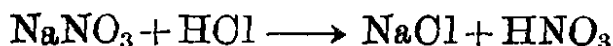
(2) 氢化钠与盐酸作用时, 即有氯化钠和氢生成。



(3) 碘化钠与盐酸作用时, 即有下列反应生成。



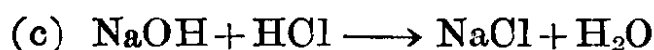
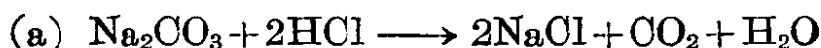
(4) 当硝酸钠徐徐地与氯化氢气体加热作用时, 则前者将完全而定量地转变为氯化钠。



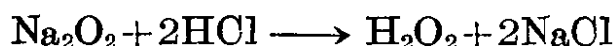
(5) 盐酸被氢氧化钠中和时, 即有氯化钠和水形成。



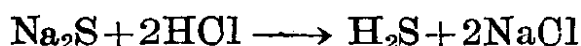
(6) 在测定肥皂中碱金属的碳酸盐时,通常取样品 50 克溶解于约 350 毫升水中;加入 20 克氯化镁(溶解于 30 毫升水中),二者一并放在装置好的仪器中,并调节至减压下吸收二氧化碳。当加入盐酸后,即有二氧化碳放出,后者被吸收于氢氧化钠溶液(1 摩/升)和氯化钡溶液(0.5 摩/升)各等量的混合液中。所吸收的二氧化碳可应用滴定法测定之。



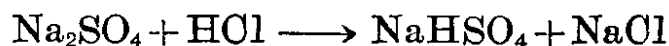
(7) 过氧化钠与盐酸作用时,生成过氧化氢。



(8) 当盐酸与纯硫化钠的浓溶液作用时,即有硫化氢生成。



(9) 硫酸钠吸收 HCl 气体后,即形成硫酸氢钠和氯化钠。



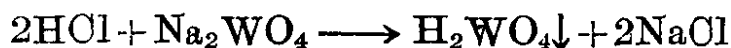
(10) 硫代硫酸钠用盐酸处理后,即有硫析出。



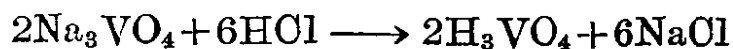
(11) 在微量砷的催化作用下,盐酸与硫代硫酸钠溶液作用时,即有下列之反应生成。



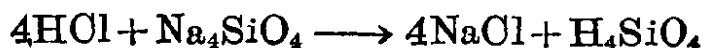
(12) 盐酸与钨酸钠溶液作用时,即有钨酸沉淀出来,后者能溶解于过量的盐酸中。



(13) 当钒酸钠在氯化氢气流下加热时,即有钒酸被完全析出。

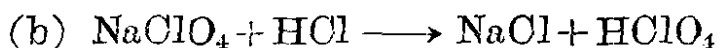
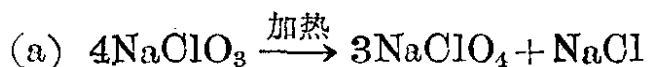


(14) 当原硅酸钠用盐酸处理时,即有胶质样原硅酸形成。

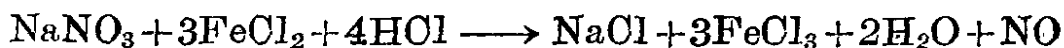


【58】 HCl(加热)

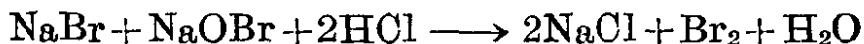
当氯酸钠加热后,其所生成的盐用盐酸处理后,即有高氯酸形成。

**【59】 HCl + FeCl₂**

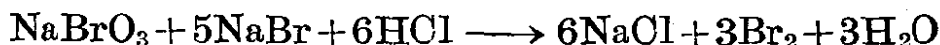
硝酸钠与氯化亚铁和盐酸加热时,其反应生成物如下:

**【60】 HCl + NaOBr**

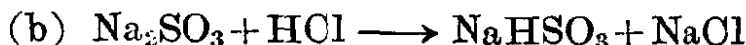
当含有溴化钠和次溴酸钠的溶液用盐酸处理时,即有氯化钠和溴形成。

**【61】 HCl + NaBrO₃**

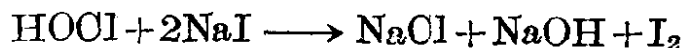
当含有溴化钠和溴酸钠的溶液用盐酸处理时,即有溴释出。

**【62】 HCl + Na₂SO₃**

当含有碳酸钠和亚硫酸钠的溶液用盐酸滴定后,即有下列之反应发生。在此处甲基橙常被用为指示剂,因它对亚硫酸钠呈中性反应。

**【63】 HOCl**

次氯酸用碘化钠处理时,即有下列之反应发生。

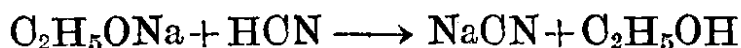
**【64】 HCN**

(1) 取适当的氢氧化物过滤液与10%过量的液体氢氰酸作用后,即有碱金属氰化物形成,且大部分都沉淀析出。



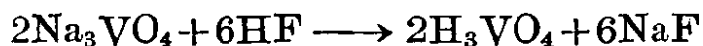
(2) 当乙醇钠溶液(40克/升)经过量的氢氰酸(10%V/V)处

理后,即形成氰化钠。

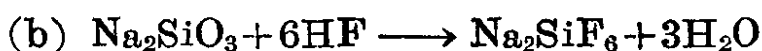
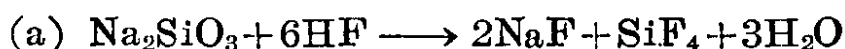


【65】 HF

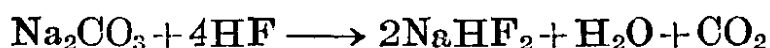
(1) 钒酸钠在氟化氢的气流下,于 250°C 以上之温度加热 1 小时,即有部分转变为钒酸。



(2) 当存在于珐琅浆中的硅酸钠与氟化氢作用后,即有氟化钠(a)和氟硅酸钠(b)形成。



(3) 当纯净的碳酸钠与纯净的氢氟酸作用后,即有纯净的氟氢化钠形成。

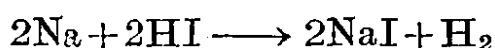


(4) 硝酸钠在铁管中于氟化氢气流下,在 250°C 加热时,即完全转变为氟化钠。



【66】 HI

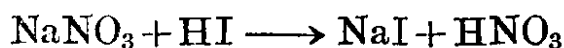
(1) 金属钠与液体氢碘酸在冰点以上温度作用时,即发生下列之反应。



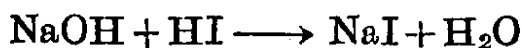
(2) 亚硝酸钠与氢碘酸作用时,即有碘化钠、碘、一氧化氮和水形成。



(3) 当硝酸钠在碘化氢中加热时,即转变为碘化钠,同时伴有剧烈的爆炸。

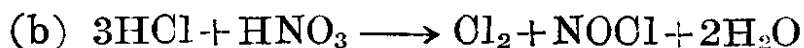
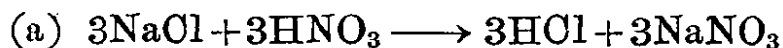


(4) 当氢氧化钠溶液与碘化氢溶液相互作用时,即有碘化钠和水形成。



【67】 HNO₃

(1) 当氯化钠与硝酸作用时, 即有盐酸生成, 后者与硝酸作用时, 即有亚硝酰氯生成, 其反应如下:



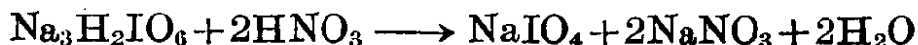
其总的反应可表示如下:



(2) 硝酸与氢氧化钠彼此中和后, 即有下列产物生成。



(3) 当仲高碘酸二氢三钠溶解于 15% 硝酸溶液中时, 即有高碘酸钠形成。

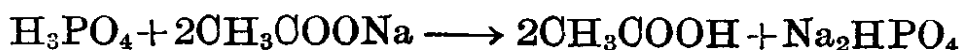


(4) 在某些情况下, 硝酸与焦磷酸钠作用时, 即形成硝酸钠和焦磷酸。

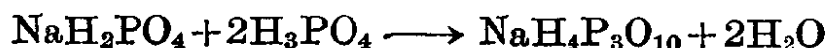


【68】 H₃PO₄

(1) 在测定乙酸钠时, 通常先把它溶解于水, 然后再加磷酸而蒸馏之。其馏出液内含有乙酸, 可用氢氧化钠滴定之(以酚酞为指示剂)。

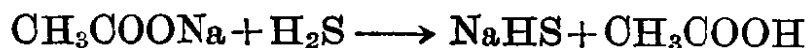


(2) 磷酸二氢钠和磷酸徐徐加热时, 即有下列之反应产物生成。

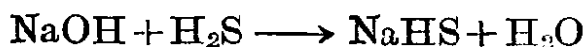


【69】 H₂S

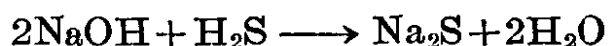
(1) 当硫化氢作用于乙酸钠时, 即有小量的氢硫化钠生成。



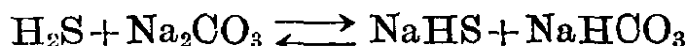
(2) 当氢氧化钠、水和硫化氢共作用时, 即有下列产物生成。



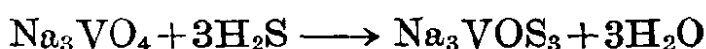
(3) 当氢氧化钠的溶液被硫化氢饱和时, 则将有纯净的硫化钠生成。



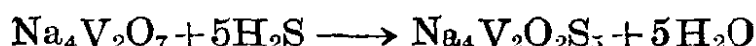
(4) 当硫化氢气体通过 (1~3)% 碳酸钠溶液时, 则约有 85% 的硫化氢将与之发生作用, 其反应如下:



(5) 硫化氢在冷时与钒酸钠作用时, 即发生下列之反应。

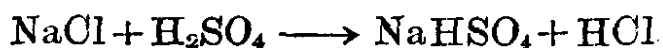


(6) 焦钒酸钠与硫化氢作用时, 生成五硫代焦钒酸钠。

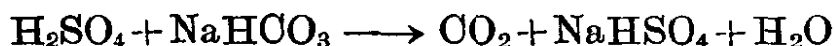


【70】 H_2SO_4

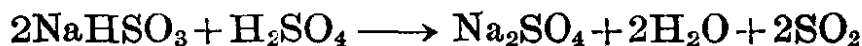
(1) 当氯化钠与浓硫酸加热时, 即有盐酸生成。



(2) 碳酸氢钠与硫酸作用时, 即有二氧化碳生成。



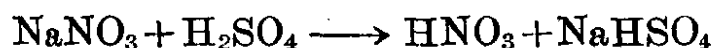
(3) 将硫酸加入亚硫酸氢钠溶液后, 再予加热之, 即生成下列反应产物。



(4) 将稀硫酸加至亚硝酸钠水溶液中后, 即有纯一氧化氮生成。



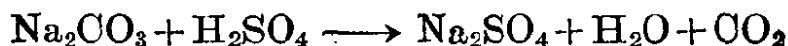
(5) 硝酸钠与浓硫酸共热后, 即有硝酸生成。



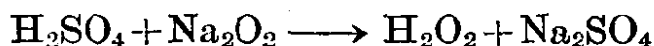
(6) 氢氧化钠溶液可用硫酸标定。



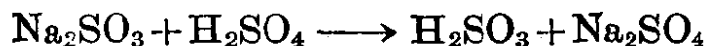
(7) 碳酸钠用硫酸处理后, 即有二氧化碳和硫酸钠生成。



(8) 硫酸与过氧化钠作用时, 即有过氧化氢生成。



(9) 亚硫酸钠用硫酸处理后, 即有亚硫酸和硫酸钠生成。



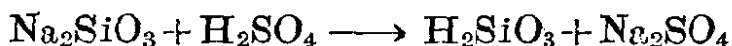
(10) 亚硫酸钠与硫酸作用时, 将有二氧化硫放出。



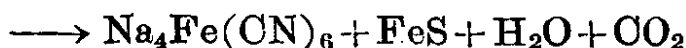
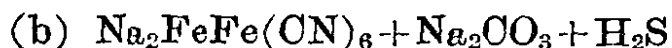
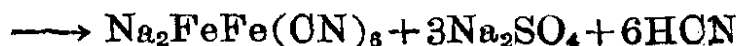
(11) 当等摩的硫酸钠和硫酸的混合物在 100°C 蒸发后, 经冷却, 则有针状物形成。



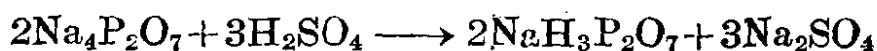
(12) 硅酸钠与硫酸作用时, 即有硅酸和硫酸钠形成。



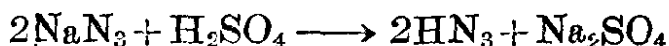
(13) 在 Espenhahn 回收氢氰酸的方法中, 是将亚铁氰化钠与理论量的硫酸共同加热而得, 其同时生成的亚铁氰化亚铁钠, 倘与硫化氢作用时, 则转变为可溶性的亚铁氰化物和硫化亚铁。



(14) 焦磷酸钠溶液用硫酸处理后, 即有硫酸钠结晶析出; 其母液如予以蒸发, 则有小针形结晶的焦磷酸三氢钠形成。

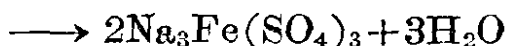
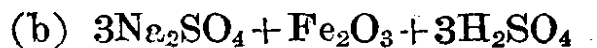


(15) 叠氮酸可以从其盐与稀硫酸反应制得。



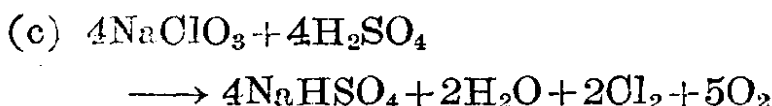
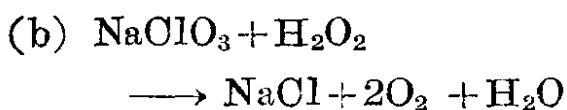
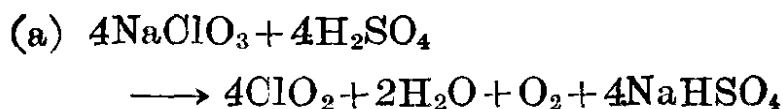
[71] $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Fe}_2\text{O}_3$

当无水硫酸钠与氧化铁在浓硫酸中混合后, 蒸发至干燥, 并在 300°C 热至恒重, 即得下列反应产物。



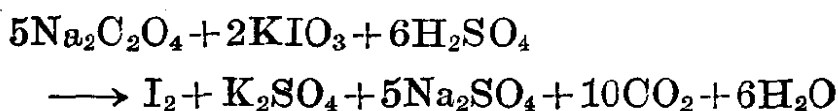
[72] $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2$

以硫酸酸化的氯酸钠溶液(4%)与3%或30%过氧化氢溶液煮沸后, 即有相当量被转化为氯化物, 但同时有大量氯气和二氧化氯生成。



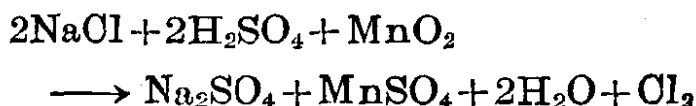
【73】 $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{KIO}_3$

在热硫酸溶液中,草酸钠可被碘酸钾氧化。



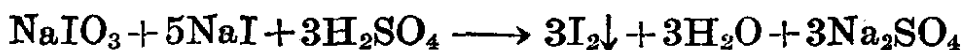
【74】 $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{MnO}_2$

当氯化钠和二氧化锰的混合物与浓硫酸加热时,即有氯放出。



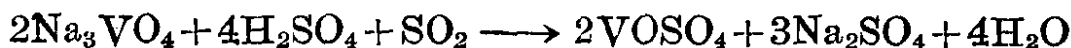
【75】 $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NaI}$

当碘酸钠和碘化钠的溶液与硫酸混合时,即有碘析出,而硫酸钠和水则留在溶液中。



【76】 $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{SO}_2$

在硫酸的参加下,钒酸钠可被二氧化硫还原至硫酸氧钒。

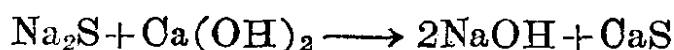


【77】 $\text{Ca}(\text{OH})_2$

(1) 氢氧化钙与碳酸钠在溶液中作用时,即有氢氧化钠生成。



(2) 硫化钠与氢氧化钙共加热约 30 分钟后,则有氢氧化钠生成。



(3) 在三和土中用水沥滤氢氧化钙时,通常有下列之反应发生。

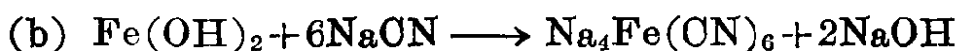
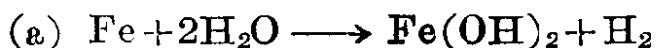


[78] $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{O}$

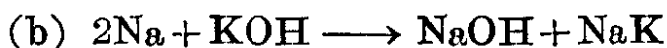
在水泥凝固时, 氢氧化钙与硫酸钠和水作用而生成石膏。

**[79] $\text{Fe}(\text{OH})_2$**

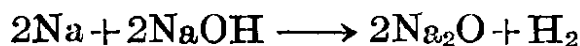
在低压情况下(少于 56.7 千克)氰化钠与氢氧化亚铁作用时, 即有亚铁氰化钠形成。

**[80] KOH**

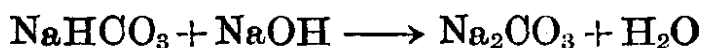
钠和氢氧化钾在真空中共加热时, 有二种不同的产物二钾化钠和钾化钠生成, 前者系在稍稍加热时获得。

**[81] NaOH**

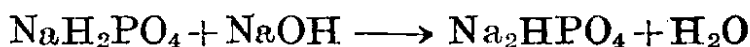
(1) 钠可以与氢氧化钠作用而形成氧化钠和氢。通常应用氢化钠作为催化剂, 则在 450°C 时, 反应即开始。



(2) 碳酸氢钠与氢氧化钠作用时, 生成碳酸钠和水。



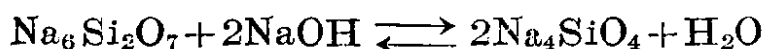
(3) 当氢氧化钠滴定磷酸二氢钠时(以酚酞为指示剂), 则有磷酸氢二钠形成。



(4) 当硅酸钠与氢氧化钠作用时, 即有下列可逆反应发生。

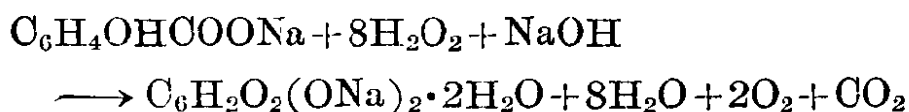


(5) 当焦原硅酸钠($\text{Na}_6\text{Si}_2\text{O}_7$)与氢氧化钠作用时, 即有下列可逆反应发生。

**[82] $\text{NaOH} + \text{H}_2\text{O}_2$**

(1) 溶解在 25% 氢氧化钠溶液中的水杨酸钠, 将徐徐被过氧

化氢氧化为二水合 2, 5-二钠氧基苯醌。后者系不溶解于混合液中而呈橙色针状结晶析出。过氧化氢每隔 3 日加入少量即可。

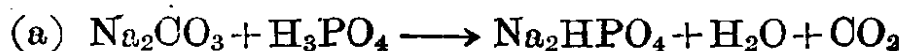


(2) 在氢氧化钠的参加下, 硫代硫酸钠在溶液中可与过氧化氢发生作用, 其反应产物如下:



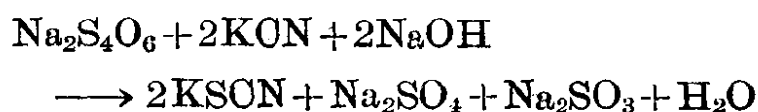
【83】 $\text{NaOH} + \text{H}_3\text{PO}_4$

碳酸钠与磷酸作用后, 再加入氢氧化钠(在反应期间, 温度保持在沸点), 结果有磷酸钠生成。



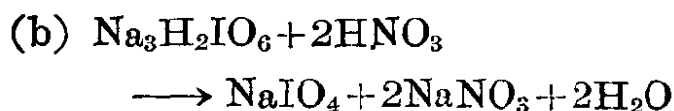
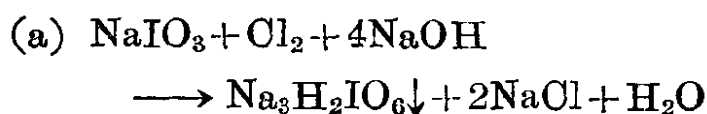
【84】 $\text{NaOH} + \text{KCN}$

氰化钾和氢氧化钠与连四硫酸钠作用时, 即有下列产物生成。



【85】 $\text{NaOH} + \text{Cl}_2$

当氢氧化钠溶液(5 摩/升)加至纯净的碘酸钠溶液中后, 予以机械地搅动, 同时通入氯的快速气流, 则有仲高碘酸二氢三钠沉淀形成。后者可被水和硝酸转变为高碘酸钠。



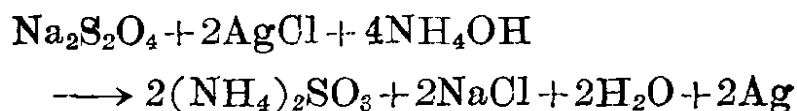
【86】 AgCl

在很浓的硫代硫酸钠溶液中加入小量的氯化银, 经 1 小时后, 则有无色硫代硫酸银、钠的复盐结晶形成。



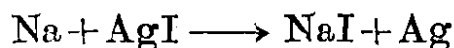
【87】 $\text{AgCl} + \text{NH}_4\text{OH}$

连二亚硫酸钠可被氨性氯化银氧化。



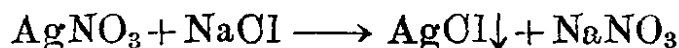
【88】 AgI

钠与碘化银的液氨溶液作用时, 即有银和碘化钠形成。

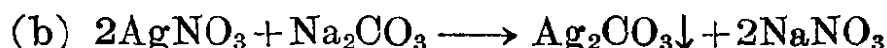


【89】 AgNO₃

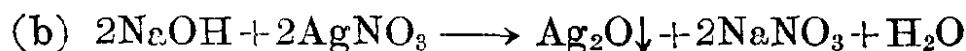
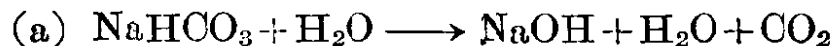
(1) 当硝酸银加至含有任何可溶性氯化物的溶液中时, 则将有氯化银沉淀析出。钠常被用为氯化物的例子, 结果它形成相应的硝酸盐。



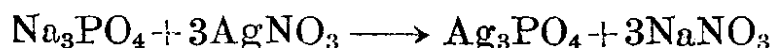
(2) 在分析碳酸氢钠溶液(放置时即有二氧化碳逸出)时, 常用氢氧化钠滴定, 并以 10% 硝酸银溶液为指示剂。如果溶液中只有碳酸盐或重碳酸盐存在, 则将有白色沉淀形成。



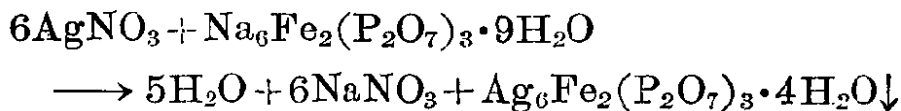
(3) 假定在碳酸盐或重碳酸盐溶液中有游离的氢氧化钠存在, 则加入硝酸银后, 将有棕色沉淀形成。



(4) 当磷酸钠与硝酸银作用时, 即有磷酸银和硝酸钠形成。

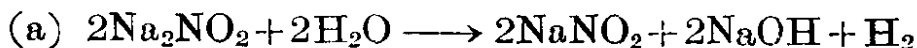


(5) 焦磷酸铁钠与硝酸银作用时, 即进行复分解而形成淡绿黄色沉淀, 后者在 100°C 时即转变为黄色焦磷酸铁银。



【90】 AgNO₃ + H₂O

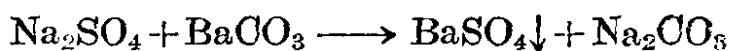
亚硝酸过(二)钠(Na₂NO₂)与水发生剧烈反应, 而与潮湿的氮气流则发生很慢的反应, 其所生成的产物先用硝酸中和, 然后用硝酸银处理, 即有亚硝酸银沉淀生成。





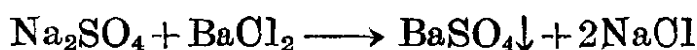
【91】 BaCO_3

当存在于珐琅浆中的硫酸钠与碳酸钡作用时, 即有硫酸钡生成。

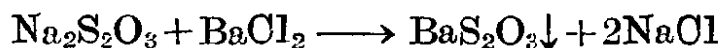


【92】 BaCl_2

(1) 当氯化钡溶液与硫酸钠溶液混合时, 则有硫酸钡沉淀形成。

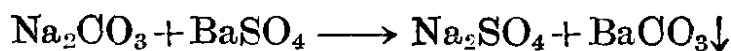


(2) 氯化钡与硫代硫酸钠的溶液混合时, 即有硫代硫酸钡沉淀形成。



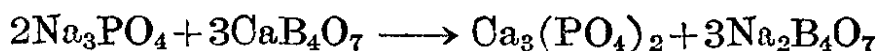
【93】 BaSO_4

在珐琅浆中, 其原有或衍生而得的成分如碳酸钠与硫酸钡相互作用时, 即有碳酸钡生成。



【94】 CaB_4O_7

磷酸钠的沸溶液用四硼酸钙处理时, 即发生下列之反应。



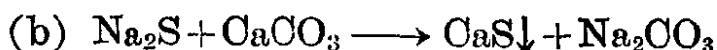
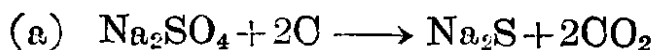
【95】 CaCO_3

硫化钠与碳酸钙在高温情况下作用时, 即有碳酸钠形成。



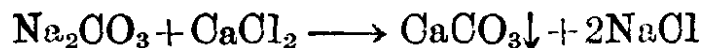
【96】 $\text{CaCO}_3 + \text{C}$

当硫酸钠和石灰石的混合物被还原时, 则有硫化钙和碳酸钠形成。



【97】 CaCl_2

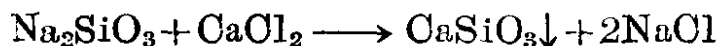
(1) 在珐琅浆中所有最普通可溶性的成分为碳酸钠和氯化钙, 二者可作用而生成碳酸钙。



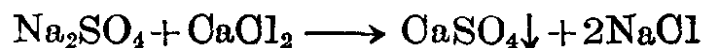
(2) 在常温下, 磷酸氢二钠与氯化钙溶液作用时, 即有(三)磷酸氢四钙 $[\text{Ca}_4\text{H}(\text{PO}_4)_3]$ 沉淀析出, 留在溶液中者有磷酸二氢钠和氯化钠。



(3) 通常存在于珐琅浆中的硅酸钙, 是由硅酸钠和氯化钙作用后形成。

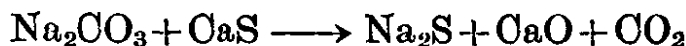


(4) 硫酸钠和氯化钙作用时, 则有硫酸钙形成。



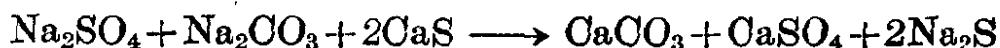
[98] CaS

硫化钙在干燥状态下加热时, 可分解碳酸钠。



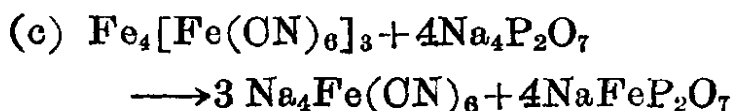
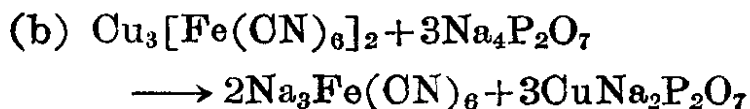
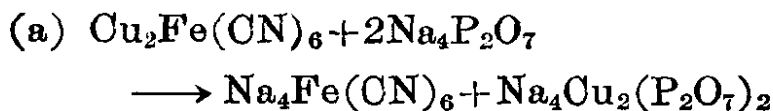
[99] CaS + Na₂CO₃

硫酸钠、碳酸钠和硫化钙共混合后, 再与水蒸汽加热并予加压, 其反应如下:



[100] Cu₂Fe(CN)₆、Cu₃[Fe(CN)₆]₂、Fe₄[Fe(CN)₆]₃

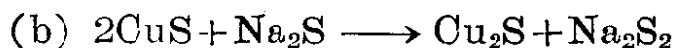
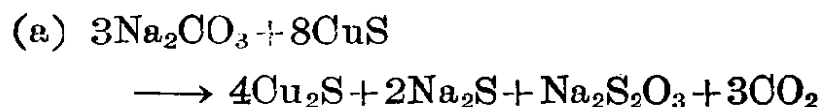
氰亚铁酸铜与焦磷酸钠作用时, 即生成亚铁氰化钠和焦磷酸铜钠。此外, 与氰铁酸铜或氰亚铁酸铁作用时, 亦有相同形式之反应发生。



[101] CuS

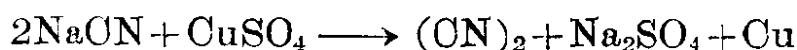
在 180°C 充满有二氧化碳的封闭试管中, 硫化铜与 10% 碳酸钠加热 22 小时后, 即有硫化亚铜、硫化钠、多硫化钠、硫代硫酸钠

和二氧化碳形成。

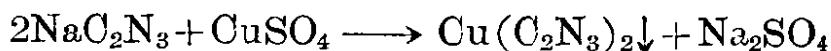


【102】 $CuSO_4$

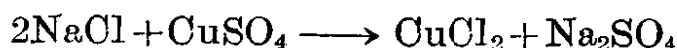
(1) 当氰化钠溶液滴至细微粉末状的硫酸铜上时, 即有氰气形成。



(2) 当硫酸铜溶液加至二氰氨基钠 (NaC_2N_3) 的溶液中时, 即有黑绿色不溶解的二(二氰氨基)铜 [$Cu(C_2N_3)_2$] 沉淀形成。

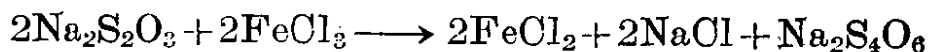


(3) 硫酸铜与氯化钠作用时, 即有氯化铜和硫酸钠形成。



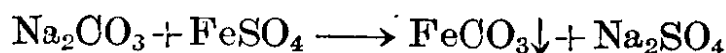
【103】 $FeCl_3$

硫代硫酸钠能还原氯化铁(在中性溶液中)。

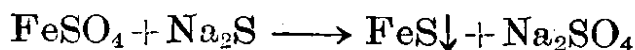


【104】 $FeSO_4$

(1) 硫酸亚铁与碳酸钠溶液煮沸时, 则有碳酸亚铁形成。

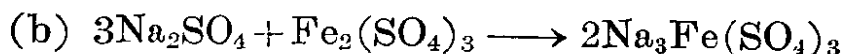
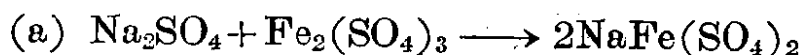


(2) 当硫化钠与硫酸亚铁的溶液混合时, 则有硫化亚铁沉淀生成, 同时在溶液中留有硫酸钠。



【105】 $Fe_2(SO_4)_3$

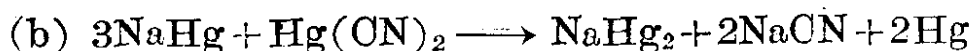
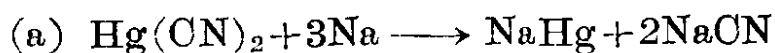
分别将硫酸铁和硫酸钠在氮的气流下加热, 使达恒重为止, 然后将其磨成粉末并予混合, 最后在真空中加热至 $538^\circ C$ 达 24 小时之久, 则结果有(二)硫酸铁钠和(三)硫酸铁三钠形成。



【106】 $Hg(CN)_2$

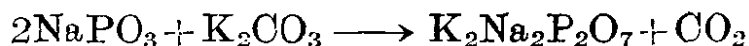
当金属钠的氨溶液与氰化汞作用时, 即有加成化合物形成。这

种化合物在过量的氰化汞存在下是不稳定的，结果生成另一化合物。



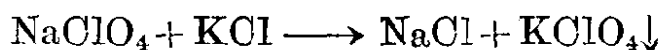
【107】 K_2CO_3

偏磷酸钠与碳酸钾共熔化时，即有下列产物形成。



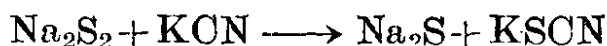
【108】 KCl

高氯酸钠与钾盐溶液作用时，即有高氯酸钾沉淀形成。



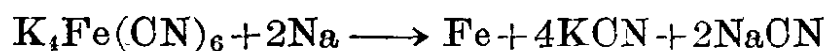
【109】 KCN

氰化钾能还原多硫化钠。



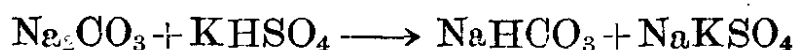
【110】 $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$

亚铁氰化钾可被金属钠还原，致有氰化钾和氰化钠的混合物生成。



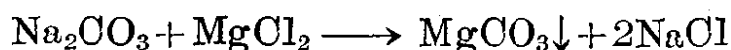
【111】 KHSO_4

硫酸氢钾溶液与碳酸钠作用后，即形成碳酸氢钠和硫酸钾钠。



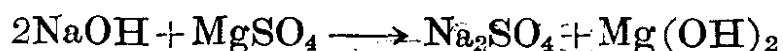
【112】 MgCl_2

碳酸钠与氯化镁作用时，即有碳酸镁生成。

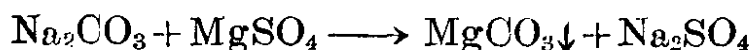


【113】 MgSO_4

(1) 当氢氧化钠与硫酸镁的溶液共混合时，则有氢氧化镁形成。

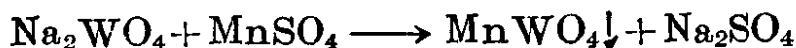


(2) 碳酸钠与硫酸镁在溶液中作用时，即有碳酸镁沉淀生成。

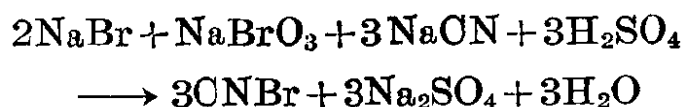


[114] MnSO_4

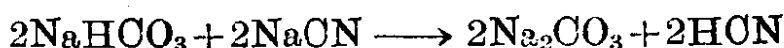
钨酸钠与硫酸锰的溶液经混合后, 即有钨酸锰沉淀析出, 一般并不完全沉淀出来。

**[115] $\text{NaBrO}_3 + \text{NaCN} + \text{H}_2\text{SO}_4$**

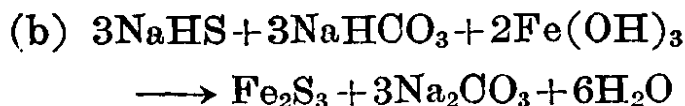
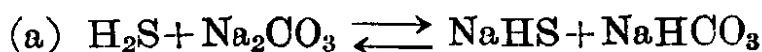
当溴酸钠、溴酸钠和氰化钠的混合物用稀硫酸处理后再加热至 70°C , 则有溴化氰形成。

**[116] NaHCO_3**

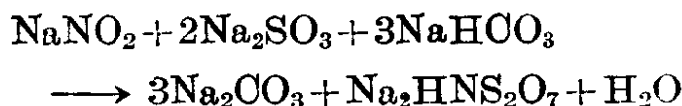
碳酸氢钠与氰化钠在高于正常大气压的情况下作用时, 即有碳酸钠和氢氰酸形成。

**[117] $\text{NaHCO}_3 + \text{Fe}(\text{OH})_3$**

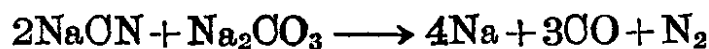
从城市的气体中应用 Koppers 方法除去硫化氢时, 通常包括先同碳酸钠作用, 其次同碳酸氢钠和氢氧化铁作用, 其反应如下:

**[118] $\text{NaHCO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_3$**

当亚硝酸钠、亚硫酸钠和碳酸氢钠共作用时, 即有亚氨(基)焦硫酸钠($\text{Na}_2\text{HNS}_2\text{O}_7$)形成。

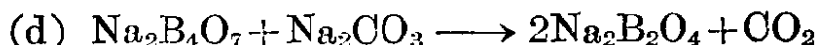
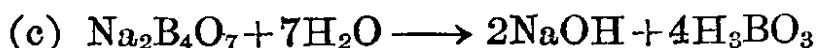
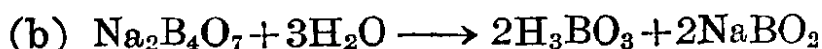
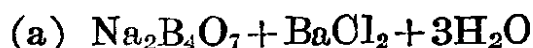
**[119] Na_2CO_3**

当碳酸钠和氰化钠在 1000°C 共加热而熔化后, 则有金属钠、一氧化碳及氮形成。

**[120] $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{BaCl}_2$**

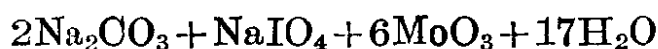
当四硼酸钠与存在于珐琅浆中的可溶性盐类作用时, 可能发

生下列之反应。



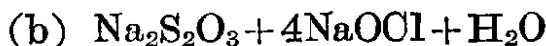
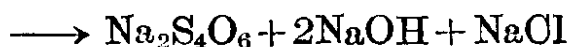
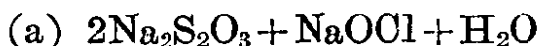
【121】 $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{MoO}_3$

当碳酸钠、高碘酸钠和三氧化钼混合而蒸发后,则有斜方形晶体形成。



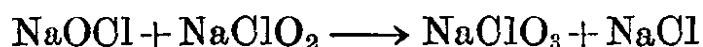
【122】 NaOCl

当硫代硫酸钠与次氯酸钠在水溶液中作用时,其反应生成物乃视参加反应物之比例而定。



【123】 NaClO_2

亚氯酸钠溶液与次氯酸钠溶液在 50°C 以上作用时,即有下列反应发生。



【124】 NaCN

(1) 熔化的硫酸钠和氰化钠作用后,即形成下列之产物。

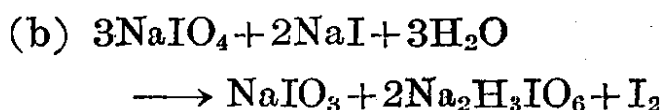
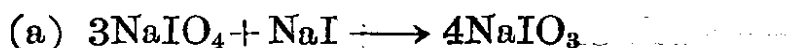


(2) 连四硫酸钠与氰化钠和水作用后,即形成亚硫酸钠、硫酸钠、硫氰酸钠和氰化氢,如果在反应时不用碱,则必须加二倍量的氰化物。

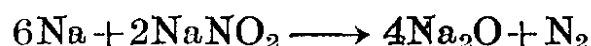


【125】 $\text{NaIO}_4 + \text{H}_2\text{O}$

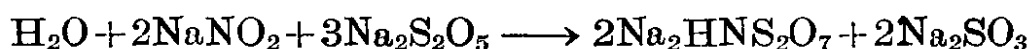
在室温情况下,高碘酸钠的水溶液可被碘化钠还原为碘酸钠。

**【126】 NaNO_2**

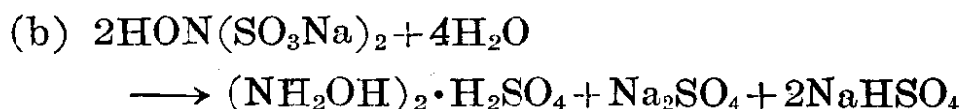
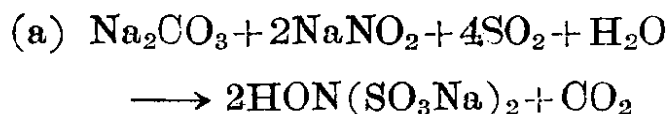
(1) 金属钠与亚硝酸钠共加热时,即有下列产物生成。



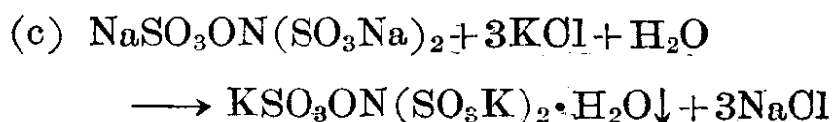
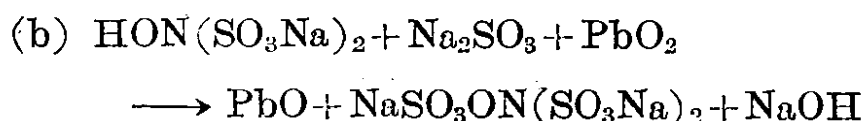
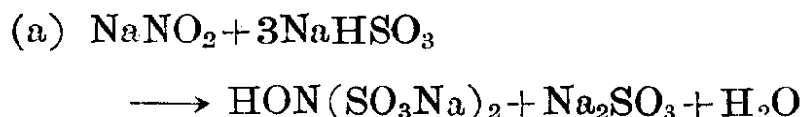
(2) 亚硝酸钠与焦亚硫酸钠作用时(在溶液中),即有下列反应产物生成。

**【127】 $\text{NaNO}_2 + \text{SO}_2$**

当二氧化硫通至碳酸钠和亚硝酸钠的冷溶液中后,即在 90°C 保存 48 小时,这样所生成之产物即行水解,致有硫酸羟胺形成。

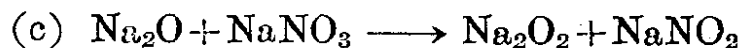
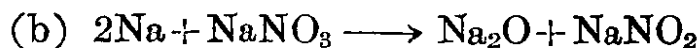
**【128】 $\text{NaNO}_2 + \text{PbO}_2 + \text{KCl}$**

1 摩肱基异二磺酸钠 $[\text{HON}(\text{SO}_3\text{Na})_2]$ (由亚硝酸钠和亚硫酸氢钠制成) 和 1 摩亚硫酸钠与二氧化铅作用时,即发生自动氧化反应,生成钠磺基(代)肱基异二磺酸钠 $[\text{NaSO}_3\text{ON}(\text{SO}_3\text{Na})_2]$ 。后者倘与氯化钾作用时,则有大的单对称棱柱体形成。

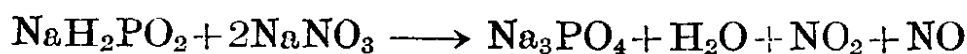


[1 9] NaNO_3

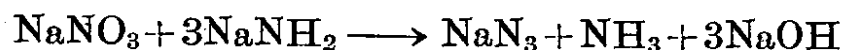
(1) 在电解熔化的硝酸钠时, 其阴极上所形成的钠可与硝酸钠发生作用。在低温时有氮形成(a); 在较高的温度时有亚硝酸钠形成(b)。



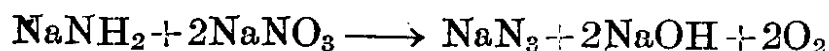
(2) 次磷酸二氢钠(NaH_2PO_2)与硝酸钠的混合物可发生爆炸作用。



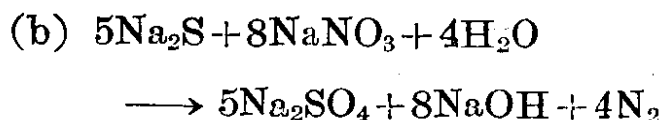
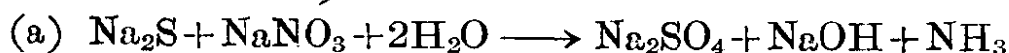
(3) 当细微的硝酸钠粉末徐徐加至熔化的氨基(化)钠中时, 则有叠氮化钠和氨形成。



(4) 当氨基(化)钠与硝酸钠在液体氨溶液相互作用时(在封闭的试管中加热时进行), 则生成叠氮化钠。



(5) 当温度在 161.11 K 以上时, 硫化钠可与硝酸钠和水作用而生成氨、氢氧化钠和硫酸钠(a), 倘在 172.22 K 以上时, 则有游离氮放出(b)。



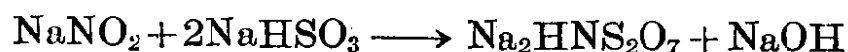
[130] NaH_2PO_2

硝酸钠和次磷酸二氢钠混合时, 将发生爆炸, 其假想的反应式表示如下:



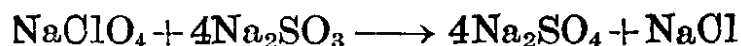
[131] NaHSO_3

亚硫酸氢钠与亚硝酸钠作用后, 即有下列反应产物生成。

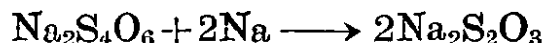


【132】 Na_2SO_3

在测定商品硝酸盐中高氯酸钠的含量时，通常将硝酸盐与亚硫酸钠共熔化后测定之。

**【133】 $\text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$**

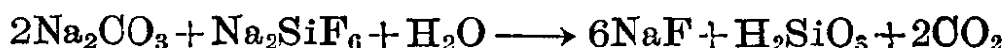
钠汞齐与连四硫酸钠作用时，即有硫代硫酸钠生成。

**【134】 Na_2SiF_6**

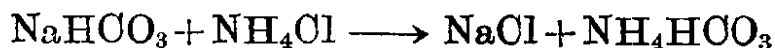
当存在于珐琅浆中的氢氧化钠与氟硅酸钠相互作用时，即有氟化钠形成。

**【135】 $\text{Na}_2\text{SiF}_6 + \text{H}_2\text{O}$**

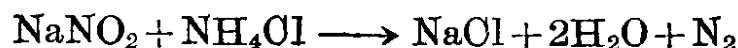
在溶液中含有碳酸钠和氟硅酸钠时，即有氟化钠形成。

**【136】 NH_4Cl**

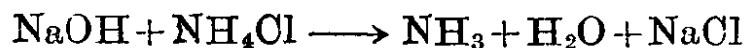
(1) 当含有碳酸氢钠和氯化铵的溶液在封闭管中加热时，则在管冷的一端有升华碳酸氢铵形成。



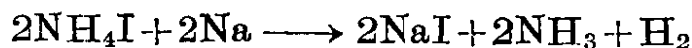
(2) 在乙酸的存在下，亚硝酸钠与氯化铵处理后，即有氯化钠和游离氮形成。



(3) 粉末状的氢氧化钠与粉末状的氯化铵作用后，即有氨生成。

**【137】 NH_4I**

钠与碘化铵作用形成氢。

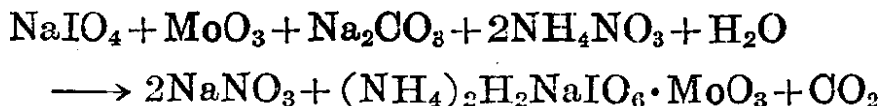
**【138】 NH_4NO_3**

磷酸氢二钠和硝酸铵的混合物共加热至 300°C 连续达 6 小时后，将其溶解于水并冷却之，则有偏磷酸钠结晶形成。



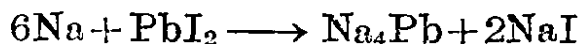
【139】 $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{MoO}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3$

当高碘酸钠溶液与三氧化钼、碳酸钠和硝酸铵作用时，则有钼仲高碘酸二氢二铵钠结晶形成。



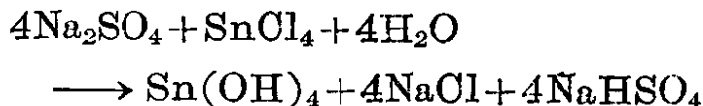
【140】 PbI_2

当钠的液氨溶液与碘化铅作用时，即可能有铅化钠形成。



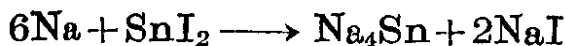
【141】 $\text{SnCl}_4 + \text{H}_2\text{O}$

氯化锡溶液与硫酸钠共煮沸时，则有下列反应发生。



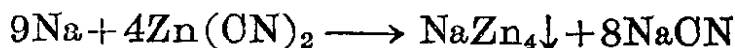
【142】 SnI_2

当金属钠的液氨溶液与碘化亚锡溶液作用时，则有不稳定之化合物生成。



【143】 $\text{Zn}(\text{CN})_2$

在液氨溶液中，钠与氰化锌发生极快之反应，结果有细微的金属沉淀出来。



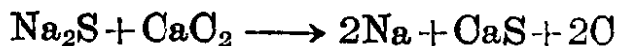
【144】 ZnSO_4

当硫酸锌溶液与氢氧化钠溶液在 17°C 作用时，即有锌酸钠形成。



【145】 CaC_2

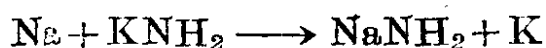
当硫化钠和碳化钙混合而加热后，则有下列反应产物形成。



【146】 KNH_2

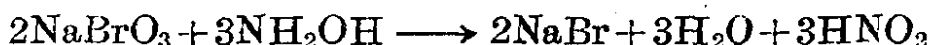
当钠的液氨溶液加至氨基（化）钾的液氨溶液中，即有氨基

(化)钠沉淀生成。



[147] NH_2OH

当溴酸钠被羟胺溶液还原时, 即有极小量的亚硝酸形成。



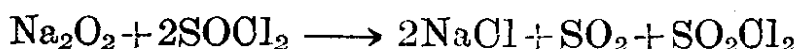
[148] $\text{NH}_2\text{OH} \cdot \text{HCl}$

亚硝酸钠可与盐酸羟胺发生作用, 为了测定亚硝酸根, 通常在反应之前及反应之后, 以标准氢氧化钠溶液滴定过量的羟胺。

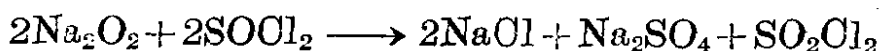


[149] SOCl_2

(1) 在常温下, 极小量的过氧化钠与亚硫酰(二)氯作用时, 即有二氧化硫与磺酰氯形成。

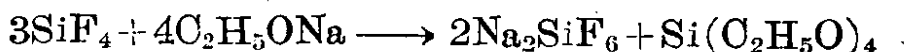


(2) 在常温下, 过氧化钠与亚硫酰(二)氯作用时, 即有硫酸钠形成。



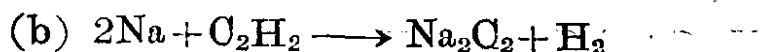
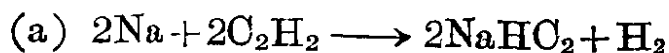
[150] SiF_4

将 3 摩四氟化硅溶解于无水乙醇中, 并制成饱和溶液, 再滴加 4 摩乙醇钠, 然后蒸去乙醇, 即可分馏得到满意的产物四乙氧基硅。

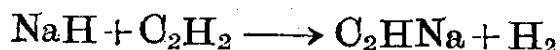


[151] C_2H_2

(1) 将金属钠小心加热后, 再与乙炔反应, 即形成乙炔基钠(NaHC_2); 而当金属钠谨慎加热至暗红色时, 再与乙炔作用, 即形成碳化钠。

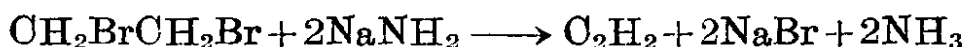


(2) 混悬于液氨中的氢化钠与乙炔反应, 即有乙炔基钠形成。

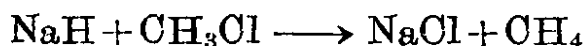


[152] CH₂BrCH₂Br

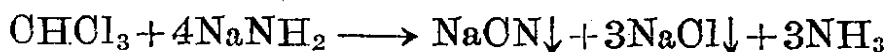
将二溴乙烷与氨基(化)钠置于反应瓶中,并于水浴上加热回流,即有乙炔、氨和溴化钠生成。

**[153] CH₃Cl**

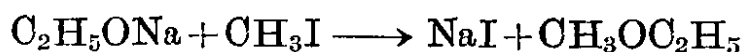
氢化钠与氯甲烷反应,即生成氯化钠和甲烷。

**[154] CHCl₃**

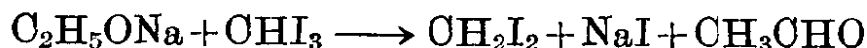
氯仿与氨基(化)钠反应,即生成氰化钠,氯化钠和氨。本反应在开始时虽很慢,但常会发生爆炸,为了保证安全,在操作时,宜陆续徐徐少量地将粉状氨基(化)钠加至过量的氯仿中,并予小心加热,反应时,有氨气放出,留下氯化钠和氰化钠沉淀。

**[155] CH₃I**

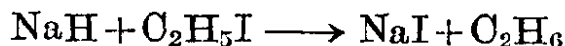
当碘甲烷与乙醇钠反应后,即形成甲乙醚和碘化钠。

**[156] CHI₃**

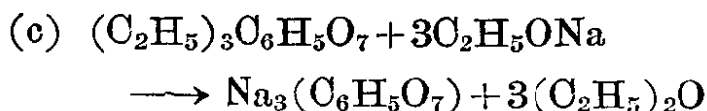
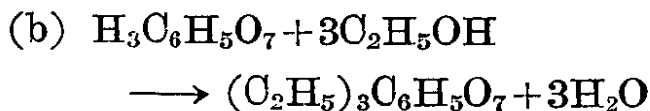
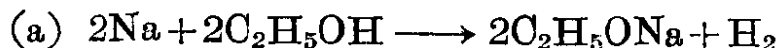
碘仿在常温下遇乙醇钠后,即被分解,并有二碘甲烷生成。

**[157] C₂H₅I**

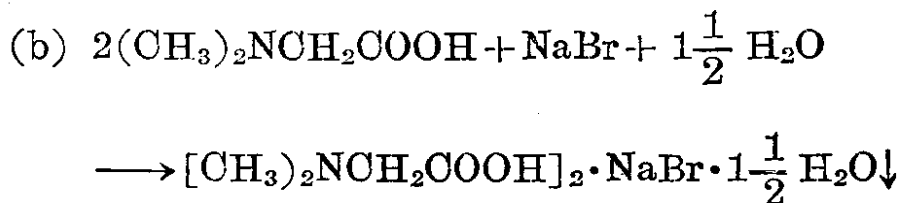
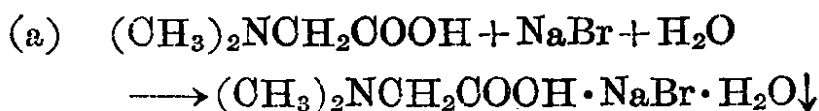
氢化钠与碘乙烷反应后,即生成碘化钠和乙烷。

**[158] H₃C₆H₅O₇**

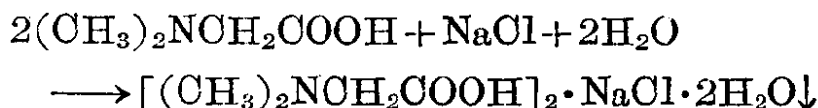
柠檬酸的醇溶液与钠作用,即形成柠檬酸钠和乙醚。

**[159] (CH₃)₂NCH₂COOH**

(1) 当含 1 份溴化钠和 1 份二甲氨基乙酸的混合水溶液经浓缩后,即生成一水合二甲氨基乙酸-溴化钠的沉淀(a);如后者再予二次重结晶,即生成 $1\frac{1}{2}$ 水合二(二甲氨基乙酸)-溴化钠的复合物(b)。

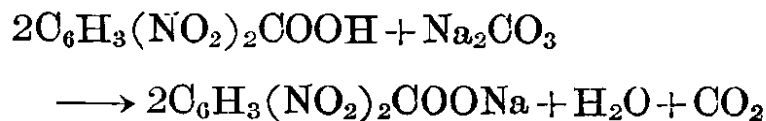


(2) 将 2 份二甲氨基乙酸和 1 份氯化钠的混合溶液置于硫酸干燥器上脱水,形成二水合二(二甲氨基乙酸)-氯化钠沉淀。



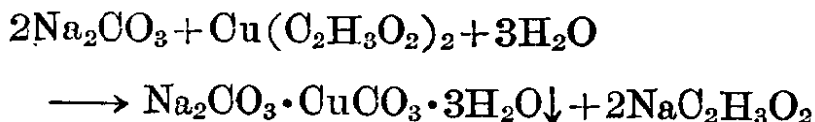
[160] $\text{C}_6\text{H}_3(\text{NO}_2)_2\text{COOH}$

在加热的 3, 5-二硝基苯甲酸的悬浮水溶液中, 加入碳酸钠使之饱和, 混合液经过滤和浓缩, 即有 3, 5-二硝基苯甲酸钠结晶沉淀。下列各化学物如: 碳酸钾、碳酸钡、碳酸镉、碳酸钙、碳酸镁、碳酸锰或碳酸铅亦能发生相似的反应。其中钡、钙、镁、锰、铅的各自生成物中所含的结晶水分别为 1、1、8、2 和 1。



[161] $\text{Cu}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$

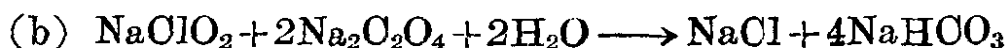
乙酸铜的浓溶液加至碳酸钠溶液中(在 50°C 的情况下进行), 冷却后, 即有复碳酸盐结晶出来。



[162] HCOONa

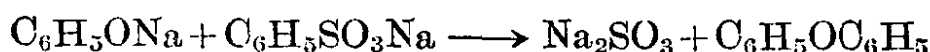
当甲酸盐或草酸盐与亚氯酸盐水溶液反应时, 则亚氯酸被还

原成氯化物。倘欲加速反应,可以用稀硫酸酸化反应体系,但此时可有二氧化碳生成,该反应一般在常温下即可完成。



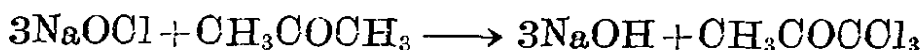
【163】 $\text{C}_6\text{H}_5\text{SO}_3\text{Na}$

苯酚钠与苯磺酸钠反应,即有二苯醚生成。



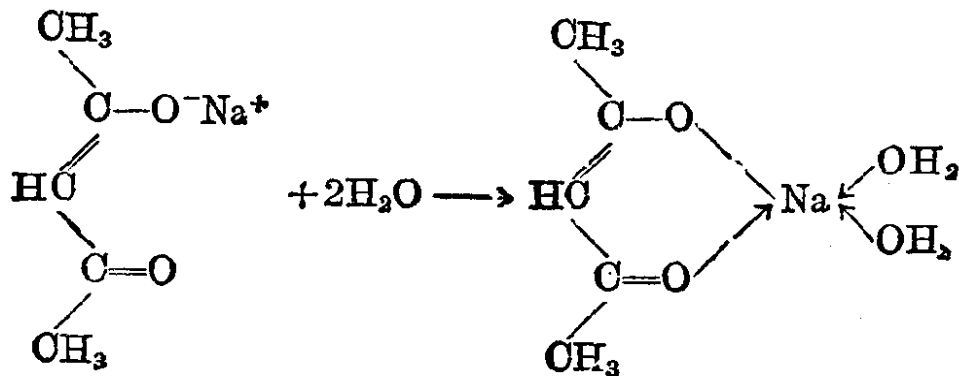
【164】 CH_3COCH_3

次氯酸钠与丙酮反应后,即产生氢氧化钠和三氯丙酮。



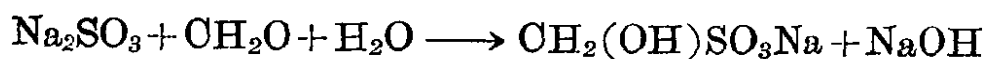
【165】 乙酰丙酮 + 水

当乙酰丙酮的钠盐水合时,形成能溶解于非极性溶剂如甲苯的共价化合物。



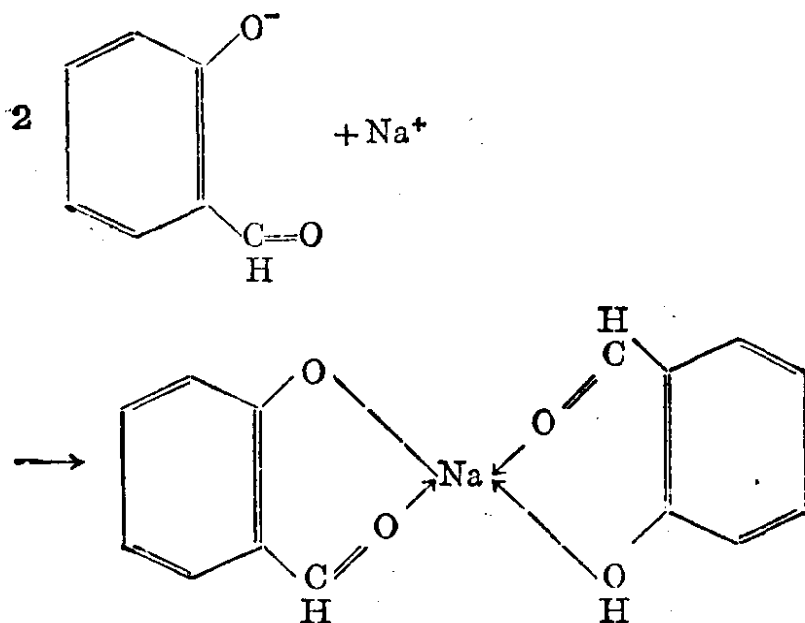
【166】 $\text{CH}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$

亚硫酸钠与水水解后,再与甲醛作用,则有不溶解和不易熔化的树脂形成。



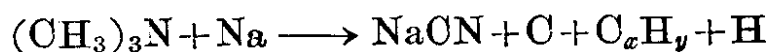
【167】 水杨醛

NaOH 加入水杨醛中, Na^+ 先与一分子水杨醛形成盐,再与另一分子水杨醛络合形成共价化合物。



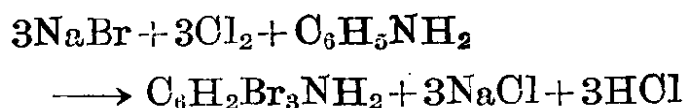
[168] $(\text{CH}_3)_3\text{N}$

当三甲胺的气体通入熔化的金属钠中，即有氰化钠和烃(C_xH_y)生成，其中烃在高温下逸出。



[169] $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2 + \text{Cl}_2$

当溴化钠的稀溶液和氯气与苯胺反应后，即生成三溴苯胺、氯化钠和盐酸。



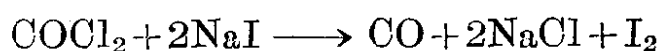
[170] $\text{R}_2\text{S} + \text{NH}_3$

在液氨中，钠可将脂族硫化物还原成相应的烷基硫钠和烃以及氨基(化)钠。



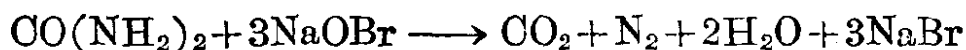
[171] COCl_2

当光气通至 2% 碘化钠溶液(溶解在无水丙酮中)中时，即有下列反应产物生成。

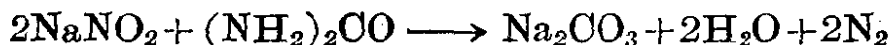


[172] $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$

(1) 碱性次溴酸盐溶液与脲作用后，即有纯氮放出。

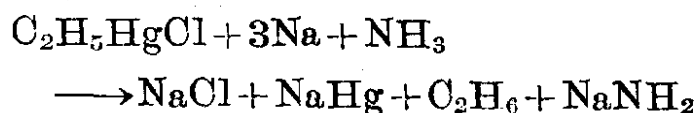


(2) 亚硝酸钠溶液与脲作用, 即有碳酸钠和氮气生成。本反应必须在二氧化碳的保护下完成。



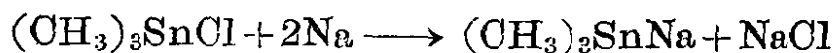
【173】 $\text{C}_2\text{H}_5\text{HgCl} + \text{NH}_3$

当氯化乙基汞和钠与液氨反应, 即有可能形成氨基(化)钠、乙烷和其它产物。



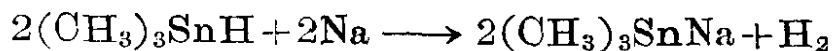
【174】 $(\text{CH}_3)_3\text{SnCl}$

当氯化三甲基锡与液氨中过量的钠反应, 即有定量的三甲基锡钠生成。



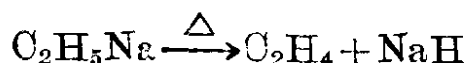
【175】 $(\text{CH}_3)_3\text{SnH}$

当氢化三甲基锡与金属钠的液氨溶液反应, 即有氢气放出。



【176】 加热

乙基钠于 $90 \sim 100^\circ\text{C}$ 分解, 释放出乙烯和乙烷, 留下氢化钠。



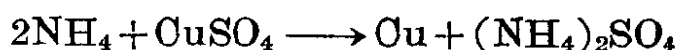
铵 NH_4

铵在空气中以碳酸铵和亚硝酸铵的状态而少量存在着, 其次在活动性火山的裂口处亦有氯化铵的存在。

游离铵即中性的 NH_4 , 根据实验证明, 它具有金属的性质, 例如它有和碱金属汞齐非常相似的铵汞齐存在。但中性的 NH_4 , 经过无数次的试制, 都没有获得成功, 因为在通常的条件下, 当铵在生成的瞬间就立刻分解成氨和氢。只有在很低的温度时, 它由于分解缓慢而可以存在。通常在 -40°C 以上时, 铵即开始显著地分

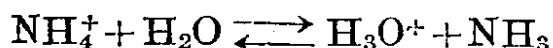
解而放出氢。

通常在制备铵汞齐之前,先制成钠汞齐,然后在钠汞齐的半液状物质中加入氯化铵饱和溶液后,则氯化铵中的铵被钠取代出来,而与汞生成体积很大的油腻状的铵汞齐。铵汞齐与硫酸铜冷溶液接触后,则铵从硫酸铜中取代少量铜,同时生成硫酸铵。

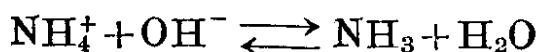


铵汞齐在常温下迅速分解成汞、氨和氢。

铵在化合物中所表现的性质与钾、钠非常相似。铵盐与碱金属的盐类也很相似,特别是钾盐,因为 K^+ 离子和 NH_4^+ 离子具有几乎相同的半径。铵盐易溶于水,同时全部离解成离子。由强酸生成的铵盐溶液常呈弱酸性反应,此因铵离子按下列反应微离解为氨及氢离子。

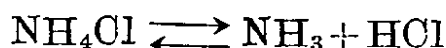


铵盐与碱的关系很特别。例如以碱作用于任何铵盐的水溶液,即产生下列反应:



溶液如加热则氨即挥发逸出。

固态铵盐加热时,极易分解为氨和酸。



氨的水溶液像氢氧化钠和氢氧化钾一样具有沉淀剂的作用。它能析出某种金属的氢氧化物而为不溶解的沉淀物,但许多能被氢氧化钠所沉淀的金属,却不能因氨水的加入而形成氢氧化物,这是一方面由于 OH^- 离子存在的量为数甚微,另一方面由于 NH_3 与许多阳离子有形成络离子的倾向。银、铜、镉、镍、钴及锌的氢氧化物均能被氨水所溶解,这是因为它们能形成可溶性的氨络合离子,例如 $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}$ 。氢氧化镁不能被含有大量铵盐的氨水所沉淀(虽然镁几乎完全被氢氧化钠所沉淀),原因是铵盐抑制了氢氧化铵的电离,致不能达到氢氧化镁的溶度积。

铵离子的反应

【1】 碱金属的氢氧化物

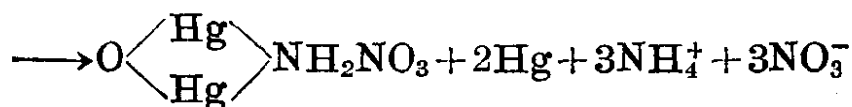
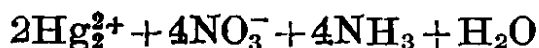
碱金属的氢氧化物能分解固体铵盐或浓铵盐溶液，并释出氨气体。



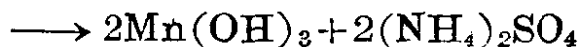
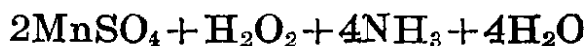
在稀的溶液中必须予以加热，使上述的反应向右并驱走氨气。氨可根据它的特殊的气味或将润湿的红色石蕊纸放置于其逸出气体的出口处而鉴别之。红色试纸如变为蓝色，则证明有氨气存在，这是因为氨溶解于水（润湿纸上的水）而生成 OH^- 离子之故。



其逸出的氨亦可用硝酸亚汞湿润的纸片接触而检定之，如有氨存在，则试纸将变为黑色。

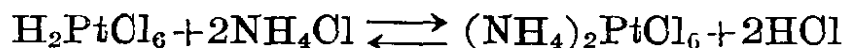


其逸出的氨亦可用硫酸锰和过氧化氢润湿的滤纸与之接触，根据其是否呈棕色反应而鉴别之。呈现棕色是由于锰被碱性溶液氧化所致。



【2】 氯铂酸

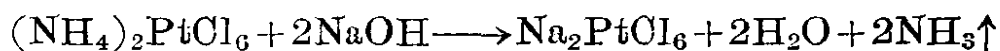
氯铂酸与不太稀的铵盐溶液生成黄色氯铂酸铵结晶沉淀：



这个化合物的颜色、溶解度、结晶形状以及一般反应，均与相应的钾化合物非常相似，因此在这个极大的相似情况下，进行钾试验时，必须十分谨慎观察。这二个化合物可以用加热法而区别之。

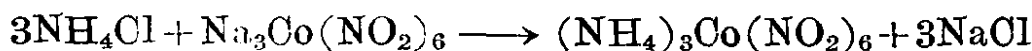


氯铂酸铵加热后的产物是金属铂，如果用强碱处理则有氨臭。



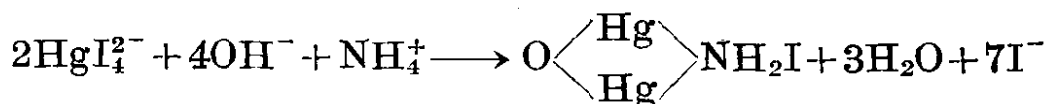
【3】 亚硝高钴酸钠

亚硝高钴酸钠 $[\text{Na}_3\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$ 与铵盐溶液，生成黄色沉淀(与在钾盐溶液中所形成者相似)，因此在进行钾盐检定时必须于事先将所有的铵盐驱走。至于驱走的方法即(1)将试料灼烧或(2)与氢氧化钠共煮沸处理。



【4】 奈氏试剂

奈氏试剂(Nessler's Reagent)系一碱性碘化汞钾溶液，在铵盐溶液中生成棕色沉淀。

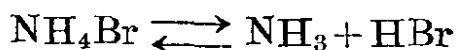
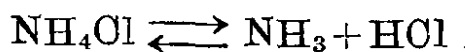


这个沉淀的染色力很强，可用以测定极微量的铵盐，例如用在饮水中测定铵盐。这个反应即使在普通情况下亦非常灵敏。

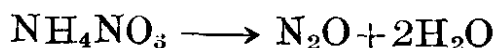
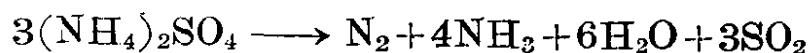
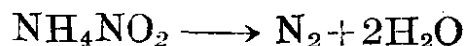
【5】 加热

加热可以分解所有铵盐。它们或被挥发为氨和酸(这种酸是与氨组成铵盐的)，假定这种酸具有氧化力，则它们可能被分解。由不挥发酸制成的铵盐在加热时，氨即呈气体而逸出，不挥发的酸则被遗留为残渣。

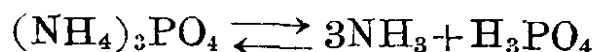
第一类化合物的分解：

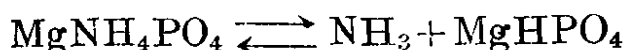


第二类化合物的分解：



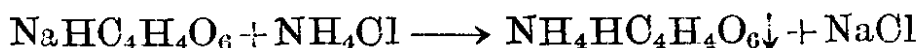
第三类化合物的分解：



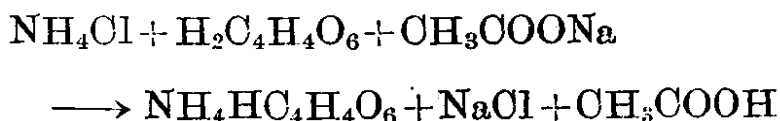


【6】 酒石酸氢钠

酒石酸氢钠($\text{NaHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$)与铵盐生成(与 K^+ 离子所生成的盐没有区别)白色结晶性酒石酸氢铵沉淀。



酒石酸与铵盐在小量的乙酸钠存在下亦有上述的沉淀生成。



酒石酸氢铵与相应的钾盐均溶解于碱和无机酸中,但这可借灼烧的作用而与钾盐区别开来,因酒石酸氢铵灼烧后仅遗留有碳,且残渣与盐酸作用时并不沸腾起泡;再者酒石酸氢铵与氢氧化钠溶液共加热时将有氨放出。

【7】 碘化钾和次氯酸钠

碘化钾和次氯酸钠溶液与中性或碱性的铵盐溶液生成黑色沉淀。



【8】 高氯酸或高氯酸钠

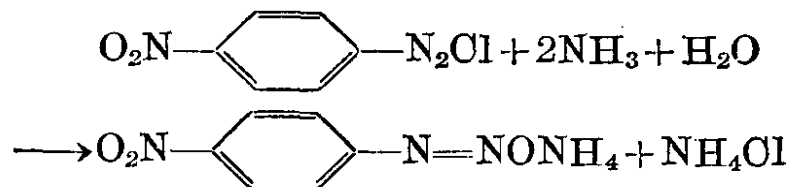
高氯酸或高氯酸钠溶液与铵盐没有沉淀发生(与钾不同,因而可由此区别之)。

【9】 鞣酸-硝酸银

这个方法的基本原理是利用鞣酸的还原作用,将银氨络合离子 $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ 还原生成黑色金属银。不过这个反应必须在碱性的硝酸银溶液中进行,因在微酸性的硝酸银溶液中不发生这种反应。取两滴5%鞣酸溶液和两滴20%硝酸银溶液混合,将此混合液放在滴点反应纸上,然后将该纸置于铵盐与氢氧化钠溶液加热所生的蒸气上面,则在纸上形成黑色污点。这是一种灵敏的试验。

【10】 氯化对硝基重氮苯 (*p*-Nitrobenzene-diazonium chloride)

氯化对硝基重氮苯与铵盐的中性或微酸性溶液(在氢氧化钠溶液的存在下)接触,即有红色反应发生。



灵敏度: 0.7 微克。

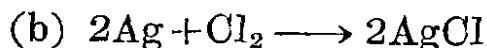
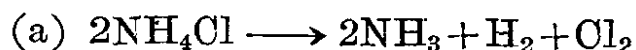
试剂的配制: 以 1 克对硝基苯胺(*p*-Nitroaniline)溶解于 2 毫升的浓盐酸和 20 毫升的蒸馏水(需要时加热),并用 160 毫升水稀释之。冷却,加 20 毫升(2~5)% 亚硝酸钠溶液并予剧烈振摇,直至全部溶解为止。试剂经放置后变为浑浊,但过滤后可以再用。

【11】 苦味酸、磷钼酸

苦味酸、磷钼酸遇铵盐生成黄色沉淀。高氯酸和铈酸钾与铵盐并不发生沉淀。

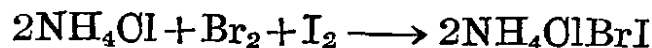
【12】 Ag₂e

将电流通至伴有银电极的氯化铵溶液中,即有氢和氨从阴极释出,同时,阳极被硬而厚的白色鳞状物氯化银包着。



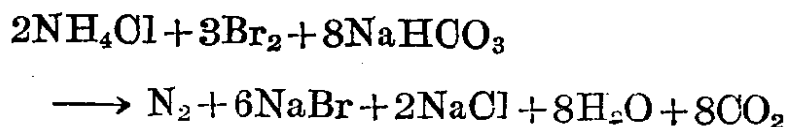
【13】 Br₂、I₂

将氯化铵溶解于等重量的温水中,再加入相当量的溴和碘,即有碘溴氯化铵形成。



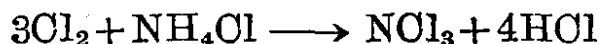
【14】 Br₂ + NaHCO₃

氯化铵在碳酸氢钠存在下与溴作用,即有氮形成。这种相同形式的反应,在所有铵盐中均可发生。

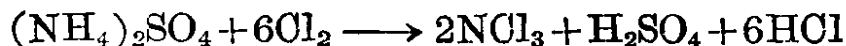


[15] Cl₂

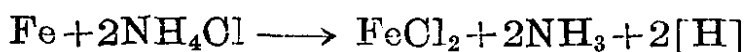
(1) 过量的氯化铵稀溶液与氯气反应时,即有三氯化氮形成。



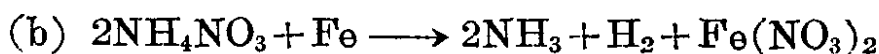
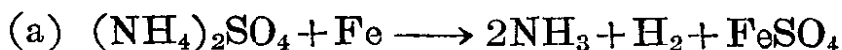
(2) 将氯通入置有硫酸铵溶液的氯仿和四氯化碳的混合液中,即有 12% 三氯化氮溶液形成。

**[16] Fe**

当有铁锉屑存在下将氯化铵加热,则氯化铵即分解而生成氨、活性氢及氯化亚铁。

**[17] Fe, e**

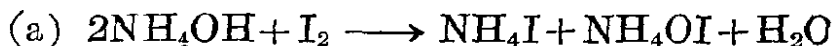
以铁为电极,将电流通至硫酸铵(或硝酸铵)溶液中,则在阴极有氢释出,在阳极可有硫酸亚铁(或硝酸亚铁)形成。同时,在阴极的液体周围有氨臭存在。

**[18] H₂**

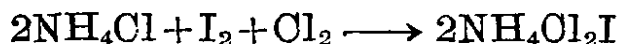
在普通情况下,硝酸铵与氢作用,即生成氮和水。

**[19] I₂**

碘与氢氧化铵作用时,生成碘化铵和次碘酸铵。后者即分解为碘化氮。

**[20] I₂, Cl₂**

将氯化铵悬浮于等重量的水中,加粉状碘,并通入氯气流,即有二氯碘化铵形成(溶液经放置后即有结晶析出)。

**[21] K**

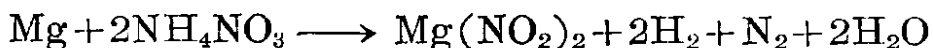
由氨和硝酸铵的混合物组成的液体溶液与钾反应后,并无气

体释出,但有亚硝酸钾形成,此外,可能有胂生成。钠、锌亦有相似的反应发生。



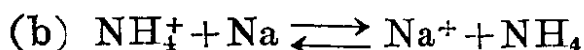
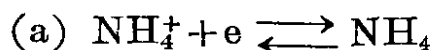
【22】 Mg

由氨和硝酸铵的混合物组成的液体溶液与镁反应后,即形成亚硝酸镁、氢、氮和水。



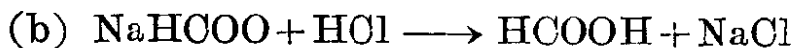
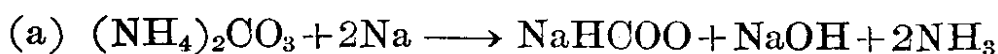
【23】 Na

当氯化铵的液氨溶液或电解或加入金属钠(或汞齐)后,则可有 NH_4 金属的溶液形成。



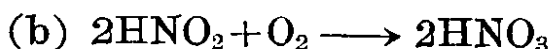
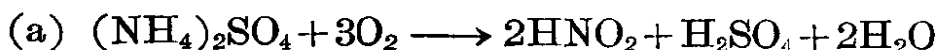
【24】 Na、Hg

当加有若干钠汞齐的碳酸铵的浓溶液,经酸化后予以蒸馏,即有小量甲酸形成。

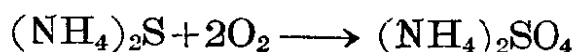


【25】 O₂

(1) 作为肥料用的硫酸铵,常先氧化为亚硝酸,再氧化为硝酸。此外,还有硫酸和水形成。

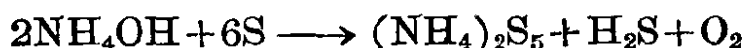


(2) 硫化铵在 100°C 于 (10 × 101.325) 千帕下,可被空气中的氧氧化为硫酸铵。



【26】 S

将足够量的硫加至一定量的 29% 氢氧化铵中,前者常超过其生成五硫化二铵所需要的(硫)量,随后,溶液加热至 80°C,同时在该温度保持至不再有更多的硫化氢释出为止,然后将液体部分移走,放冷,结果有五硫化二铵结晶形成。

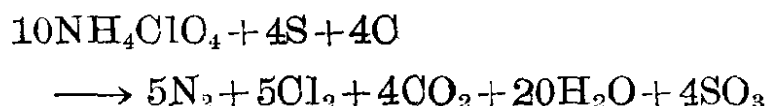


【27】 S + C

(1) 在 0°C , 高氯酸铵与碳和硫反应时, 即有二氧化硫、二氧化碳、氮、氯和水形成。

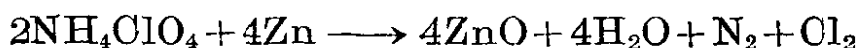


(2) 在正常情况下, 高氯酸铵与硫和碳反应, 生成氮、氯、二氧化碳、水和三氧化硫。



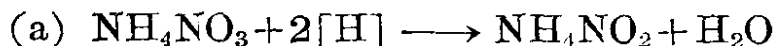
【28】 Zn

在普通情况下, 锌能还原高氯酸铵, 并有氧化锌、水、氮及氯生成。



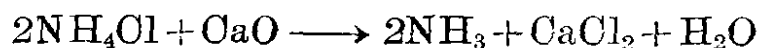
【29】 Zn, Cu

硝酸铵在溶液中可被 Zn-Cu 偶的作用还原为亚硝酸盐和氨。其还原剂可能是活性氢。



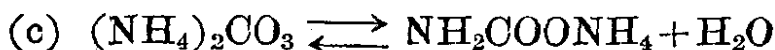
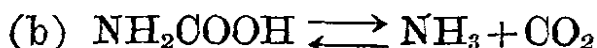
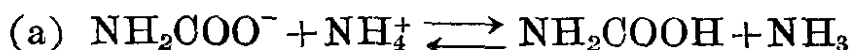
【30】 CaO (加热)

氯化铵与氧化钙的混合物共加热时, 即有干燥的氨生成。



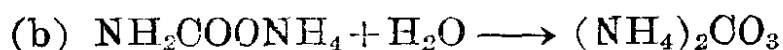
【31】 H₂O

(1) 碳酸铵和氨基甲酸铵在水溶液中的平衡反应按下式进行。



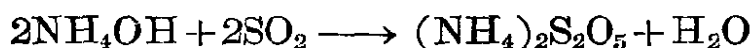
(2) 氰酸铵水解时, 可有氨基甲酸铵(中间体)形成, 但最后是生成碳酸铵。



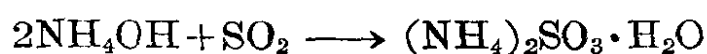


[32] SO₂

(1) 将二氧化硫通入氢氧化铵的浓溶液中, 直至伴有结晶的糊状溶液形成为止, 接着再继续通入二氧化硫, 使这些结晶溶解, 且溶液变为淡绿黄色, 即有焦亚硫酸铵形成。

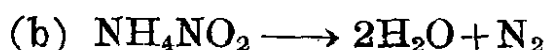
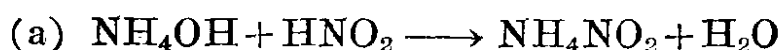


(2) 当二氧化硫与氢氧化铵的浓溶液反应时, 可能有亚硫酸铵形成。通常当液体由形成结晶后又变为糊状时, 二氧化硫应停止通入。

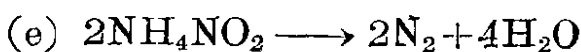
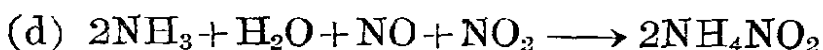
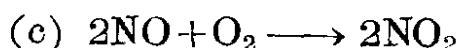
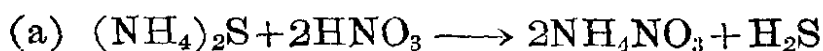


[33] HNO₂

(1) 氢氧化铵与亚硝酸作用后即形成亚硝酸铵。后者乃即分解为水和氮。

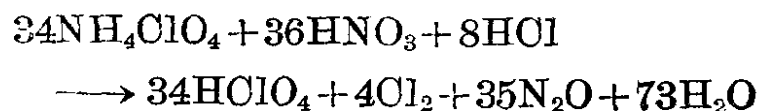


(2) 当硝酸直接中和焦炉氨时, 硫化铵可能参加反应, 如下式所示。



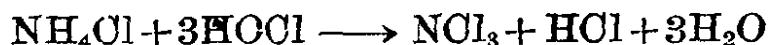
[34] HNO₃ + HCl

高氯酸铵加至稀硝酸中, 将其溶液加热至沸, 然后再加稀盐酸, 即有高氯酸形成。



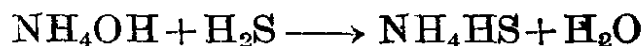
[35] HOCl

在暗处, 于四氯化碳的存在下, 次氯酸(由漂白粉与盐酸作用后制取者)与氯化铵的浓溶液反应时, 即有三氯化氮形成。



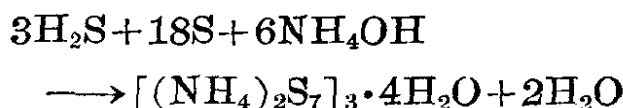
【36】 H_2S

将硫化氢通入 6% 氢氧化铵溶液中, 并冷却至 0°C 左右, 则有氢硫化铵形成。



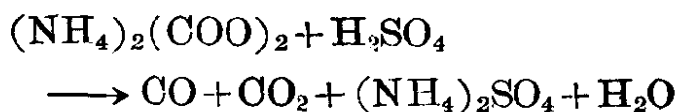
【37】 $\text{H}_2\text{S}_2\text{S}_7$

氢氧化铵的浓溶液与过量的硫混合后, 再以硫化氢饱和之, 当达到饱和且溶液的温度开始下降时, 将液体由留存的游离硫中移走, 随即有小的红色结晶(七硫化二铵)形成。



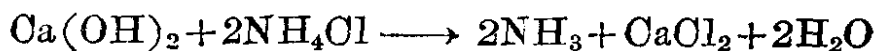
【38】 H_2SO_4

草酸铵与硫酸加热时, 即有一氧化碳、二氧化碳、硫酸铵和水形成。



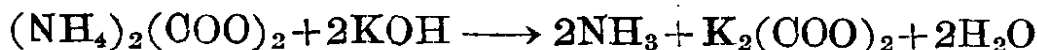
【39】 $\text{Ca}(\text{OH})_2$

当氯化铵与石灰共加热时, 即有氨气释出。

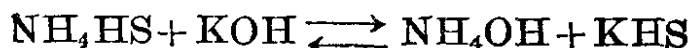


【40】 KOH

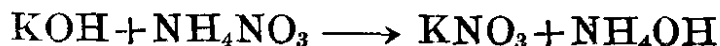
(1) 将水滴加至草酸铵和苛性钾的干燥混合物中, 即有氨形成。



(2) 过量的氢氧化钾加至氢硫化铵溶液中, 即有氢硫化钾形成。

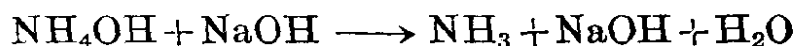


(3) 先将氨和硝酸铵的混合物制成溶液, 然后与氢氧化钾作用, 即形成硝酸钾和氢氧化铵。



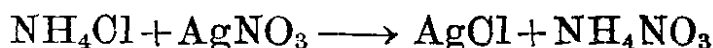
【41】 NaOH

将氢氧化钠的浓溶液逐点加至固体氢氧化铵中, 即有纯粹的氨气获得。



【42】 AgNO_3

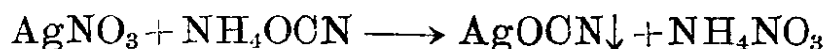
(1) 硝酸银与氯化铵作用时, 即生成氯化银。



(2) 氢氧化铵与硝酸银作用时, 即生成 $(\text{NH}_3\text{Ag})_2\text{O}$ 。

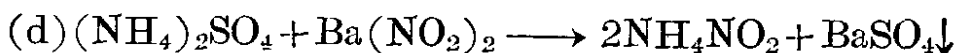
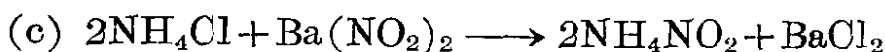
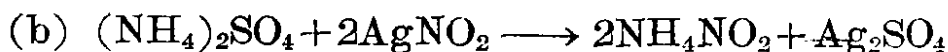
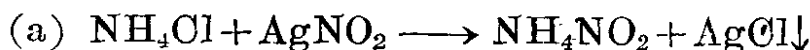


(3) 将硝酸银溶液加至氰酸铵溶液中, 即有氰酸银沉淀析出。



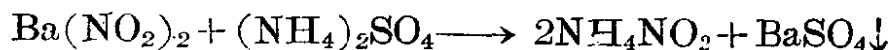
【43】 AgNO_2 、 $\text{Ba}(\text{NO}_2)_2$

当银或钡的亚硝酸盐和氯化铵或硫酸铵的稀溶液, 在真空中徐徐加热后, 即有亚硝酸铵形成。固体亚硝酸铵在小量升华时可能发生分解。



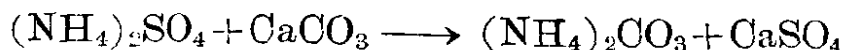
【44】 $\text{Ba}(\text{NO}_2)_2$

亚硝酸钡与硫酸铵溶液反应后, 生成亚硝酸铵。



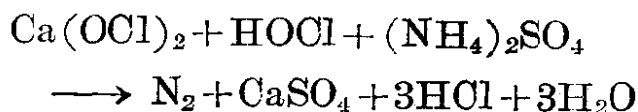
【45】 CaCO_3

由硫酸铵和碳酸钙组成的溶液, 可建立如下式所示的平衡反应。



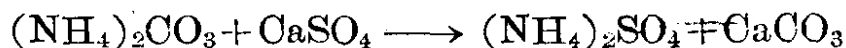
【46】 $\text{Ca}(\text{OCl})_2$

在含有次氯酸的次氯酸钙溶液中加入硫酸铵后, 即有氮形成。



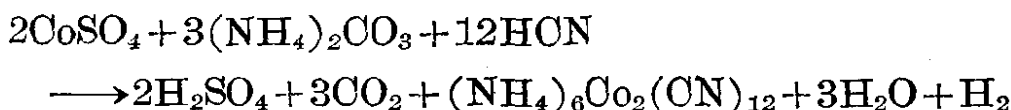
【47】 CaSO_4

碳酸铵与石膏反应后, 形成硫酸铵和碳酸钙。



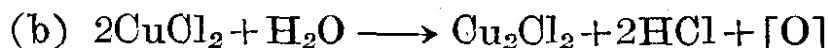
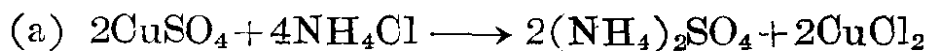
【48】 CoSO_4 、 HCN

当氰化氢通至硫酸钴和碳酸铵的溶液后, 即有氰高钴酸铵形成。



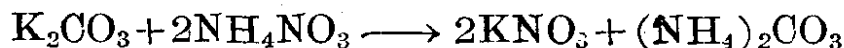
【49】 CuSO_4

硫酸铜遇氯化铵和水即被还原至氯化亚铜。这种还原反应系根据下式发生:



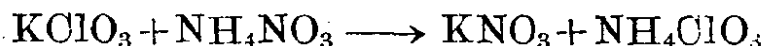
【50】 K_2CO_3

将氨和硝酸铵的混合物制成溶液后, 即与碳酸钾作用, 则形成硝酸钾和碳酸铵。



【51】 KClO_3

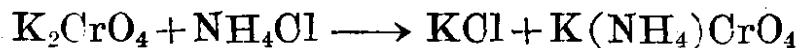
硝酸铵与氯酸钾共加热至 125°C , 即生成硝酸钾和氯酸铵。



【52】 K_2CrO_4

当铬酸钾与氯化铵在 100°C 加热时, 即有重铬酸钾形成。这个反应分两个步骤进行:

(a) 首先形成铬酸铵钾:

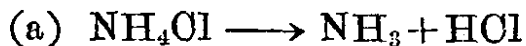


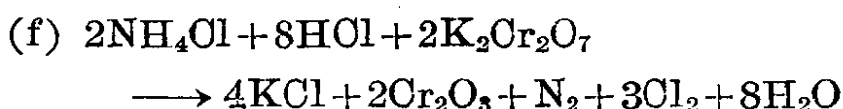
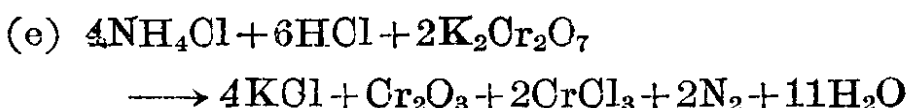
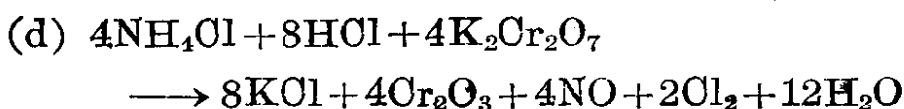
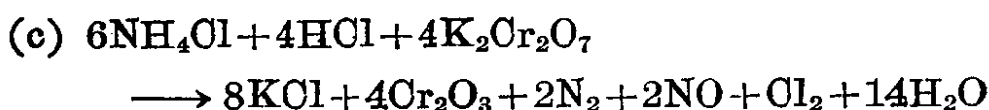
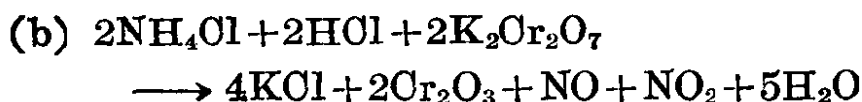
(b) 倘继续加热则有重铬酸钾形成。



【53】 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

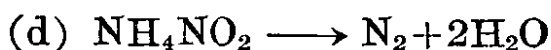
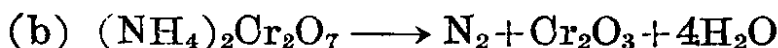
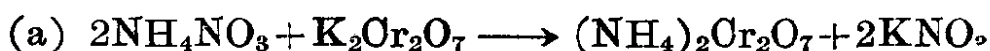
重铬酸钾与氯化铵的混合物共加热时, 即按下列反应式生成反应产物:





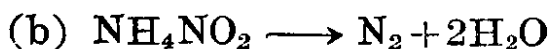
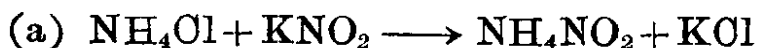
【54】 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{NaNO}_3$

在制造氮时,通常以重铬酸钾、亚硝酸钠及硝酸铵各 100 克溶解于 900 克水中,然后予以加热即得。



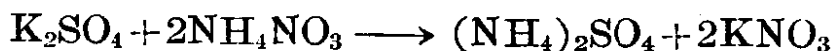
【55】 KNO_2

氯化铵与亚硝酸钾在真空中于 $50 \sim 60^\circ\text{C}$ 加热,即得亚硝酸铵。在 100°C 时,亚硝酸铵即分解。



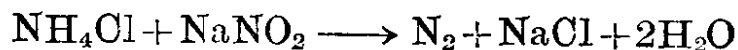
【56】 K_2SO_4

由氨和硝酸铵的混合物组成的液体溶液与硫酸钾反应后,即有硫酸铵和硝酸钾形成。



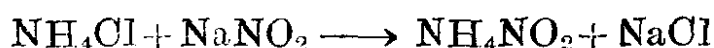
【57】 NaNO_2

(1) 亚硝酸钠与氯化铵作用时,即有氮放出。



(2) 亚硝酸钠和氯化铵的混合浓溶液(非常浓)在真空中蒸发

及升华, 即有亚硝酸铵形成。



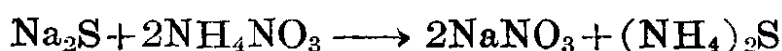
【58】 NaOBr

将氯化铵溶液加至浓的次溴酸钠溶液中, 即有氮生成。在反应过程中可用稀硫酸除去氨, 并通过红热的铜和氧化铜而纯化。



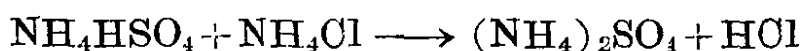
【59】 Na_2S

由氨和硝酸铵的混合物组成的液体溶液与硫化钠反应后, 即形成硝酸钠和硫化铵。



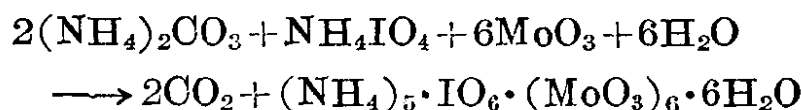
【60】 NH_4Cl

硫酸氢铵与氯化铵共作用时, 即生成氯化氢和硫酸铵。



【61】 NH_4IO_4 、 MoO_3

当碳酸铵与高碘酸铵和三氧化钼的溶液混合后, 随后予以蒸发, 即有六水合(六)钼仲高碘酸(五)铵的棱形结晶形成。



【62】 CS_2

二硫化碳与碳酸铵于封闭管中 $100 \sim 110^\circ\text{C}$ 加热 6 小时, 即有下列反应产物生成。



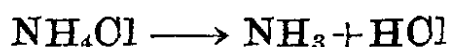
【63】 紫外线照射

碳酸铵的浓溶液经紫外线照射 2~10 小时后, 即有脲形成。

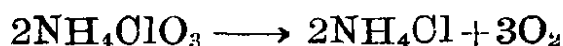


【64】 加热

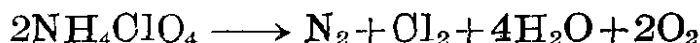
(1) 氯化铵在加热时即分解而形成盐酸和氨。



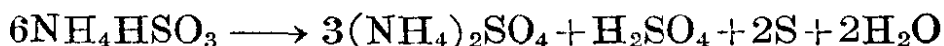
(2) 氯酸铵在 60°C 以上加热时, 即剧烈分解, 其分解产物为氯化铵和氧。



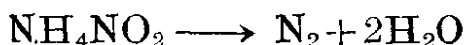
(3) 高氯酸铵在加热时即分解为氮、氯、水及氧。



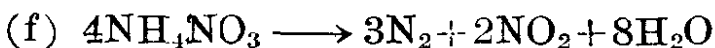
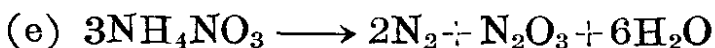
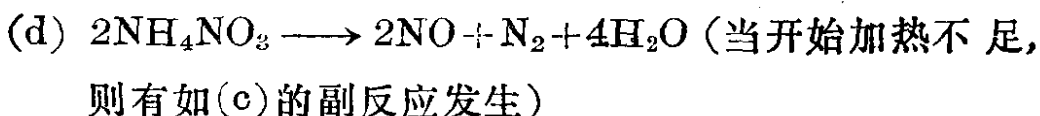
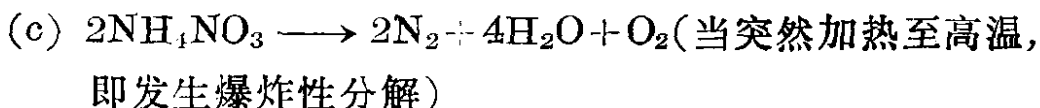
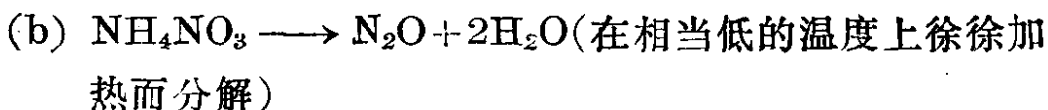
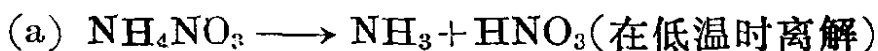
(4) 亚硫酸氢铵在 150°C 时即分解。通常商业上利用这一性质来制造硫酸铵。



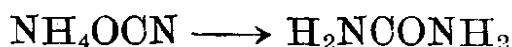
(5) 在应用比色测定硝酸盐时,亚硝酸盐常有干扰作用,通常可应用氯化铵共煮沸以除去亚硝酸盐。



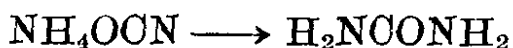
(6) 硝酸铵在加热时,可能发生下列七个分解反应:



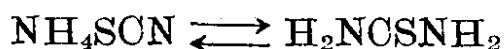
(7) 当氰酸铵溶液蒸发至干燥时,其余剩的残渣乃完全是脲。



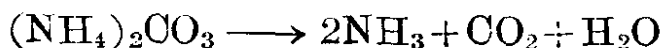
(8) 氰酸铵在加热时可转变为脲,其产量一般在醇溶液中较在水溶液中为大。



(9) 硫氰酸铵在 110°C 与硫酸水溶液共加热,或单独在 150°C 以上加热,即自动变为硫脲(为可逆反应)。

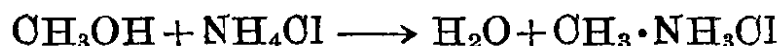


(10) 碳酸铵在 80°C 以上加热时,即分解为氨和二氧化碳。

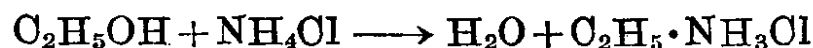


【65】 CH₃OH

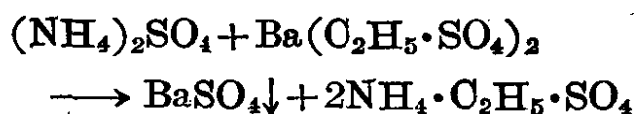
氯化铵与甲醇作用后,即生成水和氯化甲基铵。

**【66】 C₂H₅OH**

氯化铵与乙醇作用后,即生成水和氯化乙基铵。

**【67】 Ba(C₂H₅·SO₄)₂**

硫酸铵与乙基硫酸钡溶液混合后,滤去硫酸钡,滤液中即有无水乙基硫酸铵的长形薄片形成。

**【68】 HCHO + KOH**

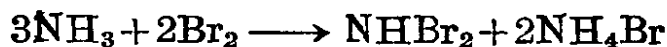
在常温下,以甲醛和氢氧化钾加至氯化铵中,则氯化铵即分解而生成氯化钾、水及(环)三亚甲基二胺。



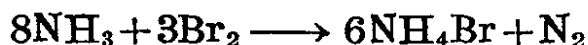
附 NH₃ 和 NH₃·NI₃ 的反应

【1】 Br₂

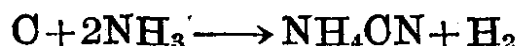
(1) 当干燥的氨缓慢通入 -50°C 溴的无水乙醚溶液时,如果加入过量的氨,则溶液的颜色即由红色转变为黄色。



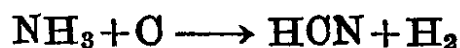
(2) 氨和硝酸铵的混合溶液与溴反应,即形成溴化铵。

**【2】 C**

(1) 在通常条件下,游离碳与氨反应,即形成氰化铵和氢。

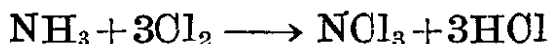


(2) 将氨通至红热的碳上,即形成氰化氢,随着温度的增高,生成物的产量亦相应增加。

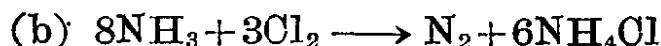
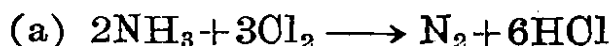


【3】 Cl_2

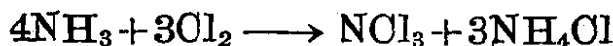
(1) 在过量的强酸存在下, 氨与氯在水溶液中的反应几乎是定量地、快速地生成三氯化氮。



(2) 当有过量的碱存在下, 氨与氯在水溶液中反应时, 即迅速地释放出氮气(a), 若以过量的氨中和了反应生成的酸, 则反应式如(b)所示。



(3) 无水氨与无水氯反应后, 即形成三氯化氮和氯化铵。

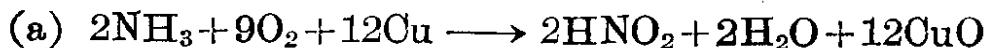


(4) 在光照下, 氯与氨作用时(同时有小量硝酸的存在), 即生成盐酸和氮。



【4】 $\text{Cu} + \text{CuO} + \text{O}_2$

在金属铜存在下, 氨被氧化为亚硝酸(在水溶液中)的实验已曾研究过。实验可在 25°C 于氧和氨的不同压力下进行。

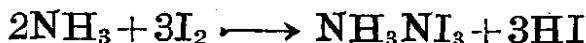


【5】 I_2

(1) 当氨与碘相互作用时, 即形成氨合三碘化氮和碘化铵。

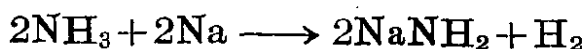


(2) 游离碘与氨作用时, 生成氨合三碘化氮。



【6】 Na

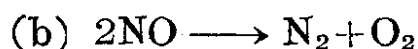
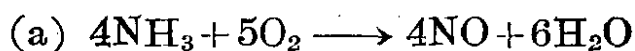
纯净的金属钠与无水的液氨, 在以镀铂的铂网为催化剂的媒介下反应后, 即有氨基(化)钠形成。



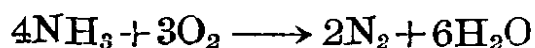
【7】 O_2

(1) 氨与氧在以铂网或 Fe-Bi 氧化物的混合物为催化剂的媒

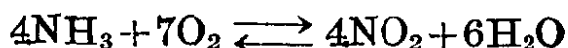
介下反应时,即有下列二个基本反应发生。



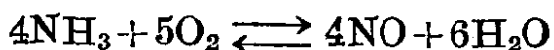
(2) 为了激发氨的带状光谱,将氨在氧中燃烧时即发生如下反应。



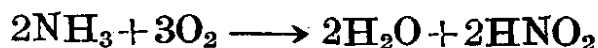
(3) 曾在 $500 \sim 1000^\circ\text{C}$ 范围内对氨的催化氧化反应进行了研究。



(4) 氨可能被空气氧化,其反应式如下:

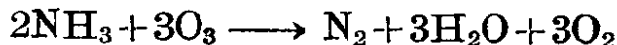


(5) 氨经氧化后,生成水和亚硝酸。

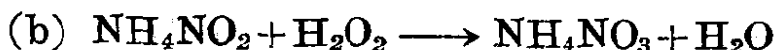


【8】 O_3

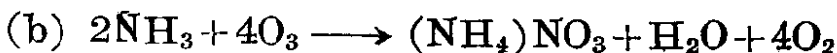
(1) 当氨气与臭氧在空气中混和时,即被氧化为氧、氮和水。



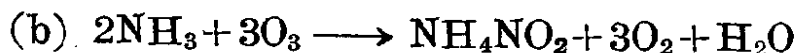
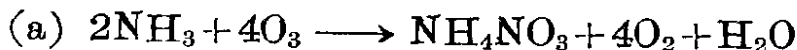
(2) 当氨气与臭氧混和时,臭氧即将氨氧化为硝酸铵。



(3) 当氨与臭氧反应时,可生成硝酸铵和亚硝酸铵。

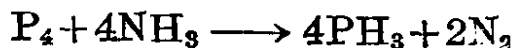


(4) 当 20 毫升液氨与臭氧一起处理后,再用乙醚和二氧化碳的混和物作冷却剂冷却之,即生成 98% 硝酸铵和 2% 亚硝酸铵。



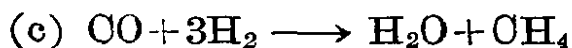
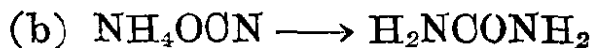
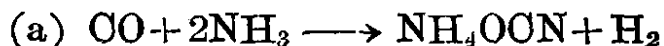
【9】 P_4

将氨和硝酸铵混合组成的液体溶液与磷反应后,即生成磷化氢和氮。



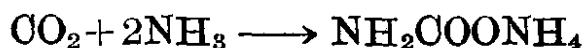
[10] CO

氨与一氧化碳加热时,生成氢和氰酸铵,后者又进一步形成尿素。氢和过量的一氧化碳反应后,即形成甲烷和水。

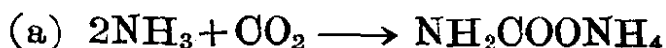


[11] CO₂

(1) 将氨和硝酸铵混合组成的液体溶液,与二氧化碳反应后即形成氨基甲酸铵。

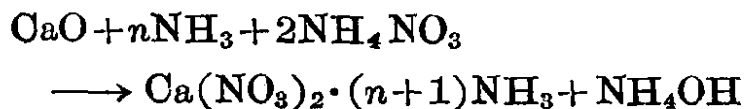


(2) 当氨与二氧化碳互相反应时,即生成氨基甲酸铵,后者又进而与水反应,形成碳酸铵。



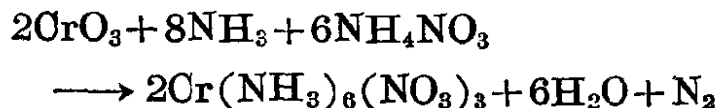
[12] CaO + NH₄NO₃

将氨和硝酸铵混合组成的液体溶液与氧化钙反应后,即形成氢氧化铵和氨合硝酸钙。



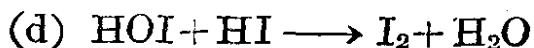
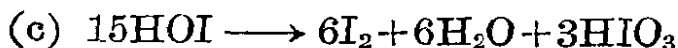
[13] CrO₃ + NH₄NO₃

将氨和硝酸铵混合组成的液体溶液与三氧化铬反应后,即形成硝酸六氨合铬,同时还有氮和水生成。

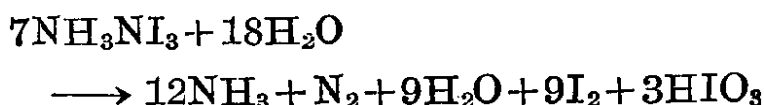


[14] H₂O

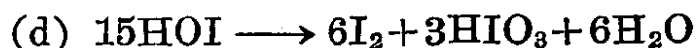
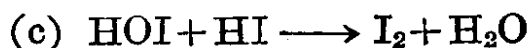
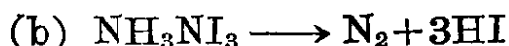
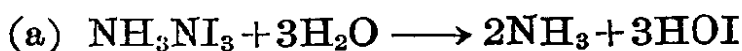
(1) 当氨合三碘化氮与稀的氢碘酸处理时,即有碘释出。



(2) 当氨合三碘化氮与水在 $50\sim 60^{\circ}\text{C}$ 加温时, 即有碘和其它产物生成。

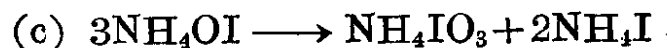
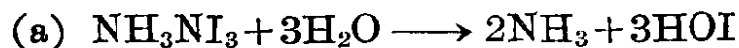


(3) 氨合三碘化氮与水反应后, 即有碘和碘酸形成。



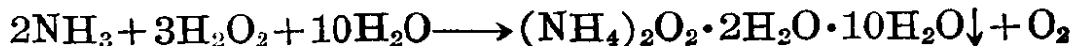
【15】 $\text{H}_2\text{O} + \text{NH}_3$

氨合三碘化氮水解时, 即生成碘酸铵和碘化铵。



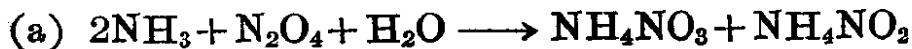
【16】 $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$

过氧化氢的醚溶液与水和氨在 -20°C 作用时, 生成下列反应产物。



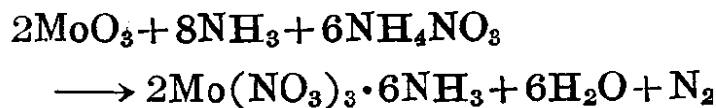
【17】 $\text{N}_2\text{O}_4 + \text{H}_2\text{O}$

氨与四氧化二氮和水反应时, 形成硝酸铵和亚硝酸铵, 后者又分解为水和氮。



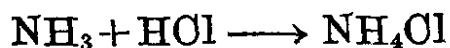
【18】 $\text{MoO}_3 + \text{NH}_4\text{NO}_3$

将氨和硝酸铵混合组成的液体溶液与三氧化钼反应后, 即形成六氨合硝酸钼、水和氮。



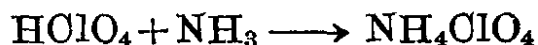
【19】 HCl

氨与盐酸反应时, 生成氯化铵。



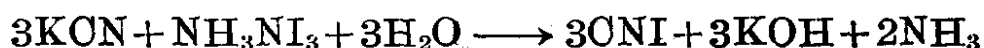
【20】 HClO_4

当氨气通入高氯酸的稀溶液中,即形成高氯酸铵。

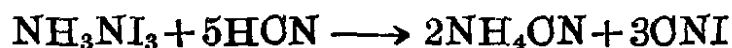


【21】 HCN (KCN)

(1) 当氨合三碘化氮与氰化钾和水反应后,即有碘化氰、氢氧化钾和氨形成。



(2) 当氨合三碘化氮与稀的氢氰酸反应后,即有碘化氰和氰化铵形成。

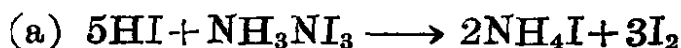


【22】 HI

(1) 液氨和液体氢碘酸剧烈反应后,生成碘化铵。

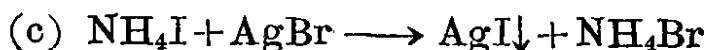


(2) 氨合三碘化氮与碘化氢反应时,将按下列二个反应式之一进行。由于反应时发生爆炸的关系,故不能判断那一个反应更可能发生。



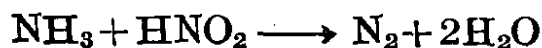
【23】 HIO_3

将 45 毫升氨 (密度 0.926 克/厘米³) 与 1.1 克碘酸于 210°C 共加热 5 小时,即有碘酸铵形成(a),但后者可被氨还原为碘化物(碘化铵)(b),反应(b)可借加入溴化银溶液后形成的碘化银而显示出来(c)。



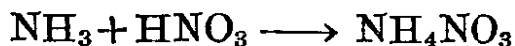
【24】 HNO_2

氨可被亚硝酸分解为水和氮。

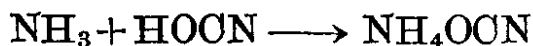


【25】 HNO₃

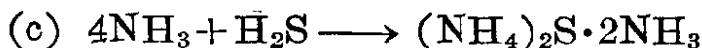
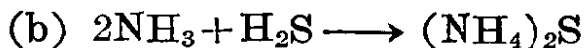
氨气与硝酸在水中反应后,即形成硝酸铵。

**【26】 HOCN**

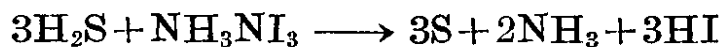
当氨与氰酸反应时,如将其生成的热控制妥当(即不使反应转变为脲时),即有氰酸铵形成。

**【27】 H₂S**

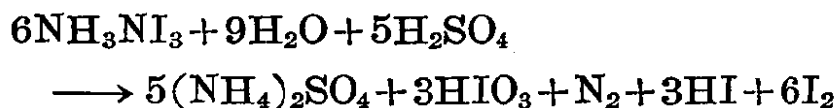
(1) 将干燥的硫化氢和氨通入冷至 -18°C 的烧瓶内后,则至少可生成三种氨的硫化物。



(2) 将硫化氢导入氨合三碘化氮的混悬水溶液中,即有硫沉淀析出。

**【28】 H₂SO₄**

将氨合三碘化氮的混悬液与稀硫酸处理后,即有碘和硫酸铵生成。

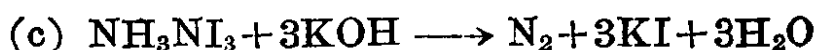
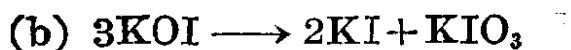
**【29】 KOH**

(1) 当氨合三碘化氮与氢氧化钾水溶液反应后,即有氮、氨和碘化钾、碘酸钾及水形成。



(2) 氨合三碘化氮与氢氧化钾反应后,生成氨、碘化钾和碘酸钾(a, b)。与此同时,有部分氨合三碘化氮则被破坏为氮和碘化钾。





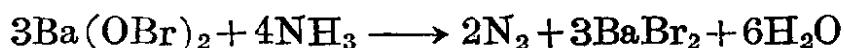
【30】 KOH + O₂

氨在碱性溶液中的氧化反应是一种强烈的放热反应。



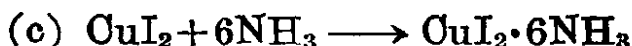
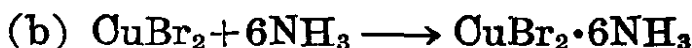
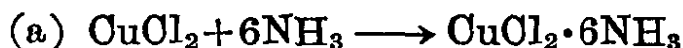
【31】 Ba(OBr)₂

氨可被次溴酸钡定量地氧化为氮。



【32】 CuCl₂、CuBr₂、CuI₂

无水氯化铜、溴化铜和碘化铜均可在压力 101.33 千帕下与液氨反应, 化合成伴有六分子氨的络合物。



【33】 Ca(OBr)₂

在碳酸氢钠和溴化钠的存在下, 氨可被次溴酸钙氧化为氮和水。本反应可应用于铵化合物的定量测定。



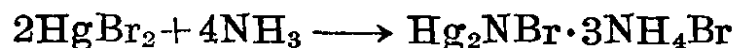
【34】 FeCl₂

纯氨和氯化亚铁在相当高的温度下反应后, 生成氮化铁、氯化铵和氮。



【35】 HgBr₂

氨与溴化汞反应时, 生成溴氮化二汞-(三)溴化铵(Hg₂NBr·3NH₄Br)复盐。



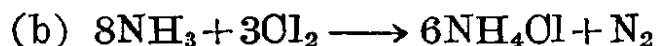
【36】 HgCl₂

氨与氯化汞溶液反应后, 即形成难熔的白色氯化氨基汞沉淀。



[37] Hg_2Cl_2

由氨和硝酸铵混合组成的液体溶液与氯化亚汞反应时, 先是氯化亚汞转化为汞和氯, 然后是氨与氯化合成氯化铵。

**[38] HgI_2**

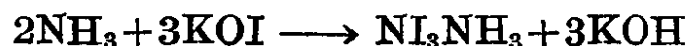
氨与碘化汞作用后即形成奈斯勒(Nessler's)的沉淀。

**[39] K_2CO_3**

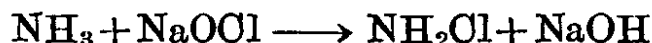
氨与热的碳酸钾反应, 即生成氰酸钾。

**[40] KOI**

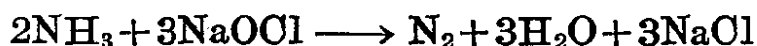
将氨加入碱性次碘酸盐溶液中, 即有氨合三碘化氮形成。

**[41] NaOCl**

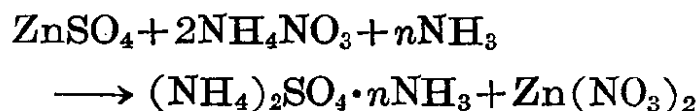
(1) 根据腊希(Rasching's)法, 氨与次氯酸钠的稀溶液, 在低温下以等量混和时, 即能快速而定量地生成氯胺。



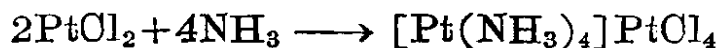
(2) 次氯酸钠(或次溴酸钠)对氨的氧化反应是作为气量法测定氨的依据, 两者反应后生成的氮, 即可用气量法测定之。

**[42] $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{ZnSO}_4$**

氨和硝酸铵组成的混合水溶液与硫酸锌反应, 形成氨合硫酸铵和硝酸锌。银、铅、镁、钙和汞的硫酸盐亦有相似的反应。

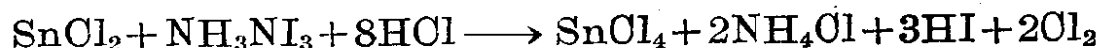
**[43] PtCl_2**

将氨和硝酸铵混合组成的液体溶液与氯化亚铂反应后, 即生成氯亚铂酸四氨合亚铂。



【44】 $\text{SnCl}_2 + \text{HCl}$

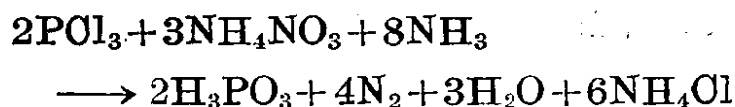
将氯化亚锡溶解于尽可能最小量的稀盐酸中，然后迅速地与氨合三碘化氮反应，即有氯化锡、氯化铵和氢碘酸形成。

**【45】 ICl**

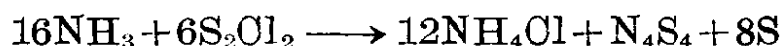
当氨与一氯化碘反应后，即有氨合三碘化氮和次碘酸铵形成。

**【46】 $\text{PCl}_3 + \text{NH}_4\text{NO}_3$**

将硝酸铵和氨混合组成的液体溶液与三氯化磷反应后，即形成亚磷酸、氮、氯化铵和水。

**【47】 S_2Cl_2**

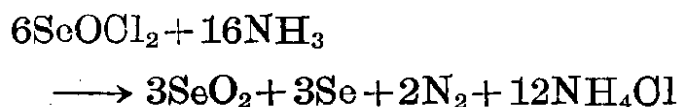
当氨通入一氯化硫的乙醚溶液后，即生成四硫化四氮。

**【48】 Se_2Cl_2**

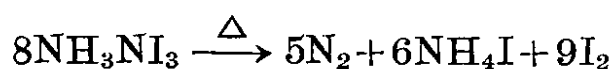
当一氯化硒的二硫化碳溶液与氨反应时，即形成四硒化二氮。

**【49】 SeOCl_2**

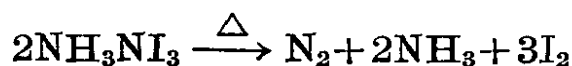
氨作用于二氯化氧化硒，即形成二氧化硒、硒、氮和氯化铵。

**【50】 加热**

(1) 关于氨合三碘化氮的爆炸反应式已经测得，今列如下式。



(2) 新鲜沉淀的氨合三碘化氮在真空下脱水后，再置于 0°C 时，即可发生热解反应，如有氮的加入，则可使反应缓慢进行。

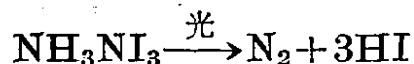


【51】 光照

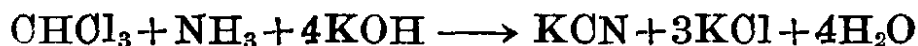
(1) 氨被紫外光(202.5~214 纳米)照射后,即分解成为它的组成元素。



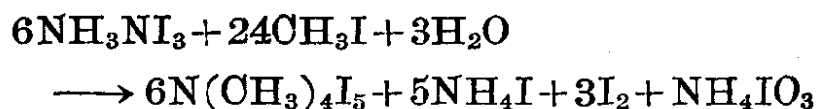
(2) 氨合三碘化氮在光的影响下,即分解为氮和碘化氢。

**【52】 $\text{CHCl}_3 + \text{KOH}$**

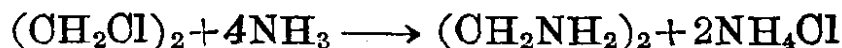
常温下,氯仿与氢氧化钾和氨一起反应后,即形成氰化钾和氯化钾。

**【53】 H_3I**

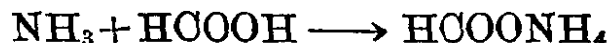
甲基碘与氨合三碘化氮反应时,生成五碘化四甲基铵、碘化铵、游离碘和碘酸铵。

**【54】 $(\text{CH}_2\text{Cl})_2$**

1, 2-二氯乙烷与氨反应,生成 1, 2-乙二胺。

**【55】 HCOOH**

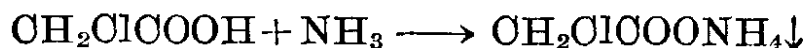
甲酸经氨溶液中和后,即形成甲酸铵。

**【56】 CH_3COOH**

氨与乙酸于 500°C 反应,且以硅胶作催化剂,则有高产率的乙腈形成。

**【57】 CH_2ClCOOH**

干燥的氨通入氯乙酸的无水乙醇溶液时,即有氯乙酸铵沉淀析出。

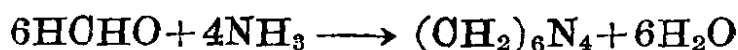


【58】 CCl_3COOH

当干燥的氨通入三氯乙酸的无水乙醇溶液时，即生成三氯乙酸铵。

**【59】 HCHO**

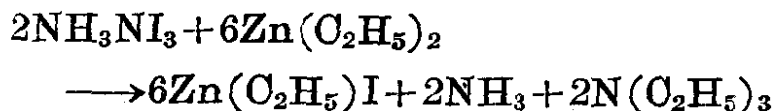
将氨溶解于重蒸馏水中，并滴加几滴酚酞，接着再用硫酸中和，最后加入中性甲醛，结果生成(环)六亚甲基四胺(乌洛托品)。

**【60】 $(\text{CH}_3)_2\text{SO}_4$**

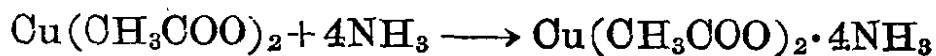
将干燥的氨气流通入硫酸二甲酯的苯溶液中，即生成甲基硫酸甲铵。

**【61】 $\text{Zn}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$**

氨合三碘化氮与二乙(基)锌反应后，生成碘化乙基锌、氨和三乙胺。

**【62】 $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2$**

无水乙酸铜在压力为101.33千帕下与液氨反应时，即形成四氨合乙酸铜。



第 六 节

在本节中叙述各种稀有元素，以供参考之用。

属于本节的元素有：

钨 W	锆 Zr	铱 Ir	铼 Re
钼 Mo	钍 Th	铟 In	铊 Tl
钒 V	铈 Ce	锗 Ge	镨 Pr
钛 Ti	锂 Li	铒 Er	钐 Sm
铀 U	钪 Sc	钆 Gd	铽 Tb
铊 Tl	铷 Rb	铕 Eu	铥 Tm
钯 Pd	铯 Cs	镱 Dy	镱 Yb
硒 Se	镧 La	镓 Ga	镭 Ra
碲 Te	铪 Hf	铪 Hf	氡 Rn
铍 Be	钌 Ru	铌 Nb	钬 Ho
金 Au	铑 Rh	钽 Ta	
铂 Pt	锇 Os	钕 Nd	

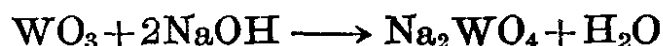
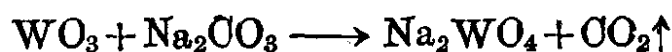
钨 W

钨在大多数情况下，其天然的化合物都是钨酸盐。最重要的钨矿为钨锰铁矿，是钨酸铁和钨酸锰所形成的同晶混合物 $(\text{Fe}, \text{Mn})\text{WO}_4$ 。

金属钨系白色金属，密度 19.35 克/厘米³，熔点 3410°C，较所有其他金属都高。钨只有在红热时才会在空气中氧化。它对各种酸都很稳定，甚至对王水亦如此，但它可溶于硝酸与氢氟酸的混合液中。

钨有两种氧化物，一为不稳定的 WO_2 ，一为稳定的黄色酸性氧化物 WO_3 。 WO_3 系一酸酐，几乎不溶于水和稀酸中，但与熔化的苛性碱或碳酸钠反应形成钨酸钠(或钾)，它们是钨的最重要化

合物,能溶于水。



钨酸盐与磷酸、硼酸和硅酸形成络酸;因此钨酸不能用盐酸从这些化合物中沉淀出来。这些络酸常被加热的浓硫酸分解,致有钨酸被析出。

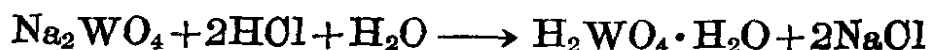
钨和碳亦有化合物存在,如 WO 和 W_2O , 这两种物质在硬度上不亚于金刚石。

钨的化合价为二、四、五、六。

钨离子的反应

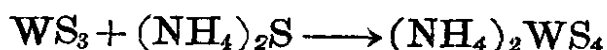
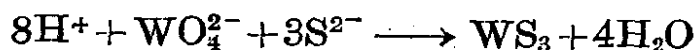
【1】 稀盐酸

稀盐酸在冷时与钨酸钠($\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)作用时生成白色水合钨酸($\text{H}_2\text{WO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$);倘此混合液被煮沸时,则将转变为黄色钨酸(H_2WO_4),后者不溶于稀酸。此外与稀硝酸和稀硫酸作用时,亦得到相似的结果,但与磷酸则没有此反应。酒石酸盐、柠檬酸盐和草酸盐可抑制钨酸的沉淀。沉淀溶解于稀氨溶液(与 $\text{SiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 不同)。



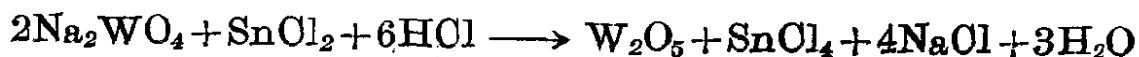
【2】 硫化铵

硫化铵溶液与钨酸盐没有沉淀发生,但溶液倘用稀盐酸酸化后,则有棕色三硫化钨(WS_3)沉淀形成。这个沉淀溶解于硫化铵溶液而形成硫代钨酸盐 $[(\text{NH}_4)_2\text{WS}_4]$ 。



【3】 氯化亚锡

氯化亚锡溶液与钨酸盐生成黄色沉淀,后者与浓盐酸共加温时即变为蓝色。



以锌代替氯化亚锡亦得到同一化合物。



钼亦有相似的反应发生, 如果加入硫氰酸盐, 则得到红色络离子 $\text{Mo}(\text{SCN})_6^{3-}$; 此时倘再加浓盐酸, 则红色消失而蓝色呈现, 这是由于有钨(W_2O_5)的存在之故。

试剂: 25% 氯化亚锡的浓盐酸溶液。

【4】 硫酸亚铁

硫酸亚铁溶液与钨酸盐作用, 可生成棕色沉淀。后者当加入稀盐酸时, 即转变为白色; 如再予加热则又转变为黄色(与钼不同)。

【5】 硝酸银

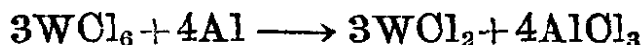
硝酸银溶液与钨酸盐形成灰黄色钨酸银沉淀。沉淀溶解于氨溶液, 可被硝酸分解而成白色水合钨酸。

【6】 KHSO_4 - H_2SO_4 -酚试验(Defacqz Reaction)

小量的钨酸盐(或由小量溶液蒸发至干所得的残渣)与4~5倍其重量的硫酸氢钾徐徐熔化, 温度一直保持在能使熔化的液体呈清静状态。将冷的熔化物与浓硫酸搅动。取几毫克的酚加至几滴的上述硫酸溶液中, 则有深红色形成(与钼酸盐不同)。如果用对苯二酚来代替酚, 则形成淡红紫色。这个试验的灵敏度很高, 可以测定至2微克(钨酸盐)。

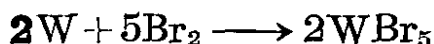
【7】 Al

六氯化钨与铝在氮气流中共加热时, 即生成二氯化钨。

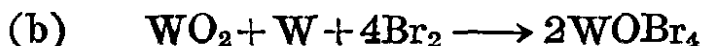
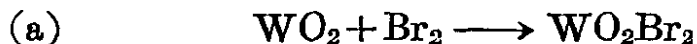


【8】 Br_2

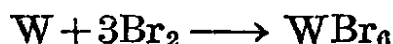
(1) 溴与加热的钨作用时, 迅速形成五溴化钨。



(2) 当二份二氧化钨和一份钨与溴共加热时, 即有下列反应物形成。

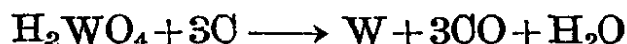


(3) 当金属钨在溴气流(用氮气稀释的)中加热时, 即形成蓝黑色的结晶物——六溴化钨。



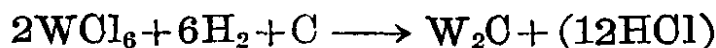
【9】 C

卤化钾和钨酸的混合物在细碎的碳存在下, 于鼓风炉中加热6小时, 即有金属钨形成。



【10】 C + H₂

六氯化钨蒸气与氢混合后, 通至红热(1800°C)的碳棒上, 即生成碳化钨。



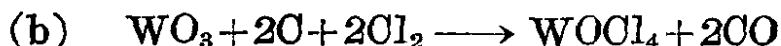
【11】 Cl₂

当以过量的氯导入加热至700~800°C的等摩的钨粉和二氧化钨上, 即有下列反应产物形成。



【12】 Cl₂ + C

三氧化钨和木炭的混合物(其比例为3:1~15:1)在300~500°C的加热条件下, 与氯的气流作用时, 则有30%二氯二氧化钨和70%四氯氧化钨形成。



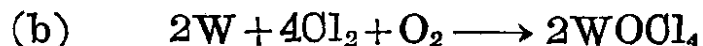
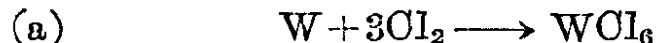
【13】 Cl₂ + CO

当三氧化钨加热至红热并与等体积的一氧化碳和氯的混合物作用时, 即有下列反应产物形成。



【14】 Cl₂ + O₂

干燥的氯气通入暗红热的金属钨上时, 即形成黑灰色片(块、团)状冷凝物六氯化钨, 亦有部分四氯氧化钨生成。



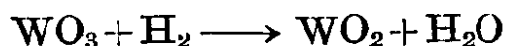
[15] $\text{Cl}_2 + \text{S}_2\text{Cl}_2$

当氯和一氯化硫的混合物与钨酸作用时, 则有挥发性钨化合物形成。

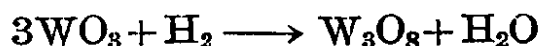


[16] H_2

(1) 三氧化钨在红热时, 可被氢还原, 生成棕色二氧化钨。



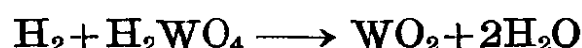
(2) 三氧化钨在低温下, 可被氢还原为蓝色钨的氧化物。



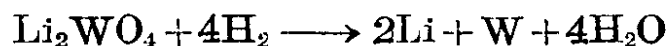
(3) 三氧化钨在 $950 \sim 1000^\circ\text{C}$ (继续保持约 2 小时) 的条件下, 可被氢还原为钨。



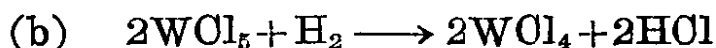
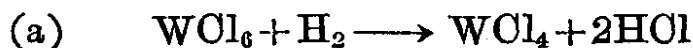
(4) 当氢气流通至加热的钨酸上, 则后者即转变为二氧化钨。



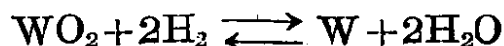
(5) 钨酸锂的小量样品在 $1000 \sim 1200^\circ\text{C}$ 加热 8~12 小时, 并不断通入氢气流, 则将被还原为金属钨。



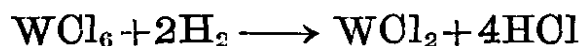
(6) 当六氯化钨或五氯化钨和六氯化钨的混和物在氢气或二氧化碳气流中蒸馏时, 即有四氯化钨生成。



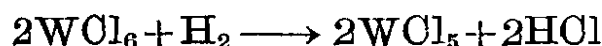
(7) 在 $600 \sim 1100^\circ\text{C}$ 范围内, 氢可将二氧化钨还原为金属钨。



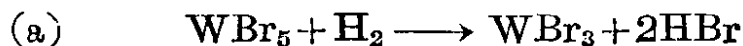
(8) 当热的六氯化钨在氢气中被还原时, 即生成二氯化钨。



(9) 六氯化钨可被氢还原为五氯化钨。



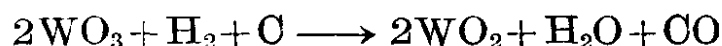
(10) 当五溴化钨在 350°C 氢气流中加热时, 可形成不稳定的三溴化钨, 并进而形成二溴化钨。





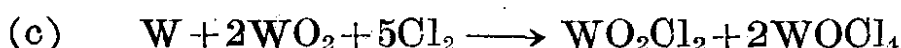
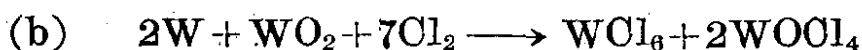
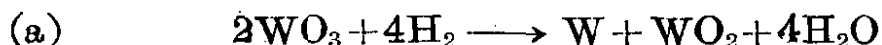
[17] $H_2 + C$

三氧化钨与碳混合后,在氢气流中加热至红,即形成褐色二氧化钨。



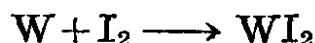
[18] $H_2 + Cl_2$

在伴有二氧化硅的混合物中,如将其在氢气流下加热至红热,则钨可由该混合物中分离出来,而形成二氧化钨和金属钨(a);在后者的混合物中,于隔绝空气下,在干燥的氯气氛中加热至红热,则又变为六氯化钨和四氯化钨(b)。假使所有这些条件不能付诸实施,则将生成四氯化钨和二氯化钨的混合物(c)。



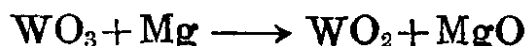
[19] I_2

当钨加热至红热,并与碘和二氧化碳作用时,即有二碘化钨形成。



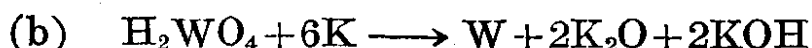
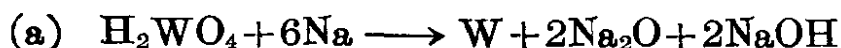
[20] Mg

镁粉与三氧化钨共加热至 $350^\circ C$ 时,即有二氧化钨形成。

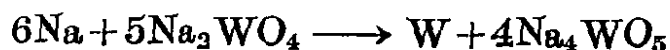


[21] $Na(K)$

(1) 当钨酸与金属(钠或钾)的混合物在氮气流中加热至高温时,即有金属钨形成。

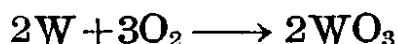


(2) 金属钠可使熔融($880^\circ C$)的钨酸盐还原为钨,同时生成碱性钨酸盐。



[22] O_2

金属钨在空气中加热或在氧气中于压力为 399.966 帕, 温度 550°C 时加热, 都可生成三氧化钨。



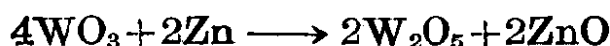
【23】 Si

硅常被用为还原剂, 当硅与钨的氧化物共熔融后, 即有金属钨被还原析出。



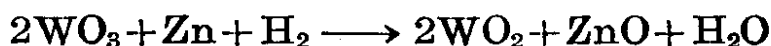
【24】 Zn

当三氧化钨与锌屑于 300~400°C 加热后, 即被还原生成五氧化二钨。



【25】 Zn + H₂

当三氧化钨在 300~400°C 时, 可被锌粉(在氢气流存在下)还原, 生成二氧化钨。



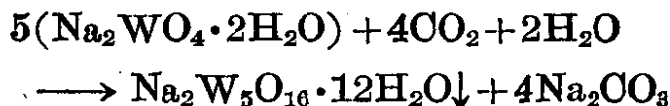
【26】 CO + Cl₂

加热至红的三氧化钨, 可被等体积的一氧化碳和氯转化为二氯二氧化钨。



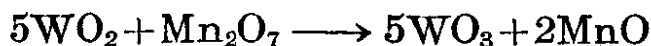
【27】 CO₂

当二水合钨酸钠的水溶液与二氧化碳作用后, 即有五钨酸钠形成。



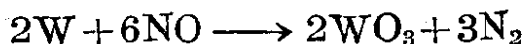
【28】 Mn₂O₇

二氧化钨可被高锰酸盐氧化为三氧化钨。



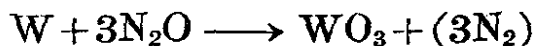
【29】 NO

当金属钨的细粉与一氧化氮在低于红热的温度下接触时, 即形成三氧化钨。



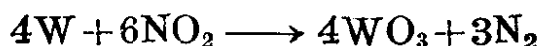
[30] N_2O

当一氧化二氮气体通入钨的细粉上,并在红热温度下反应,即形成三氧化钨。



[31] NO_2

当二氧化氮通入钨的细粉上,并在 $300 \sim 350^\circ C$ 温度下反应,即形成三氧化钨。



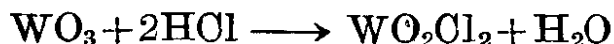
[32] SO_2

当二氧化硫通入亮红热的钨细粉时,即有钨的较低级氧化物和硫的沉积物生成。



[33] HCl

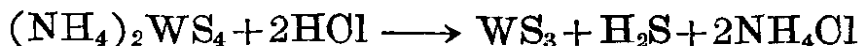
(1) 三氧化钨于玻璃或石英试管中在 $300 \sim 400^\circ C$ 加热时,不断通入氯化氢气流,结果有黄色结晶二氯二氧化钨形成。其产量是很低的。



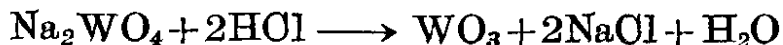
(2) 通常从钨酸的混合物中分离二氧化硅时,可用盐酸进行反应(盐酸与二氧化硅不起作用,但能与钨酸作用),这个反应需在高温下加热一个长时间才能达到目的。



(3) 硫代钨酸铵的水溶液加至乙醇和乙醚的混合液中,并用盐酸酸化之。将有色的乙醚层在硫化氢气流下蒸发至干,结果有三硫化钨形成。

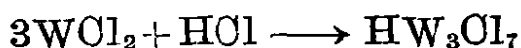


(4) 将结晶的钨酸钠与盐酸作用后,并蒸发至干,则有三氧化钨形成。

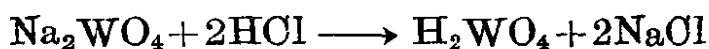


(5) 当二氯化钨的溶液被氯化氢气体饱和后,即有细微的黄

色针状物形成。

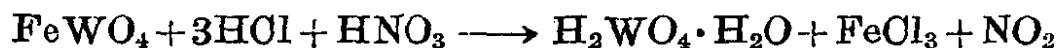


(6) 钨酸钠水溶液与盐酸溶液经渗析分解, 即有钨酸生成。



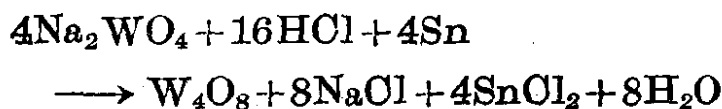
【34】 HCl + HNO₃

王水与黑钨矿作用后, 即有水合钨酸形成。黑钨矿中含有若干钨酸锰, 后者与王水亦能发生相似的反应。



【35】 HCl + Sn

当可溶性的钨酸盐与锡和盐酸作用时, 即可得到溶解有钨的氧化物的蓝色溶液。



【36】 HCl + Zn

当可溶性的钨酸盐与锌和盐酸作用时, 即有不稳定的二氧化钨形成。

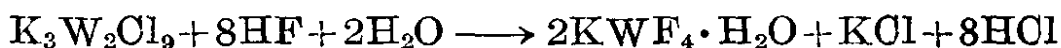


【37】 HF

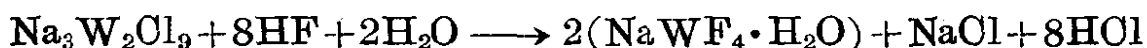
(1) 将氢氟酸冷凝于铂曲颈甑中, 加入相同重量的四氯化钨, 混和后于 -20°C 放置3小时。经24小时后, 将它徐徐加热至 280°C , 即有雪白色的四氟氧化钨的块状物形成。



(2) (九)氯二钨酸钾与氢氟酸反应后, 即生成氟钨酸钾。



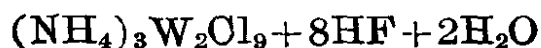
(3) (九)氯二钨酸钠与氟化氢作用时, 生成氟钨酸钠。



(4) 钨酸钾与氢氟酸作用时, 即有水合四氟代钨酸钾形成。

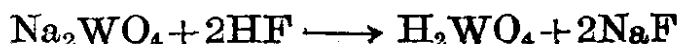


(5) (九)氯二钨酸铵与氟化氢作用时, 即有氟钨酸铵形成。





(6) 当氟化氢与钨酸钠作用时, 即有钨酸形成。

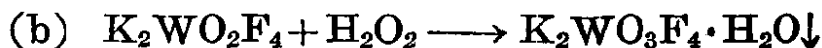
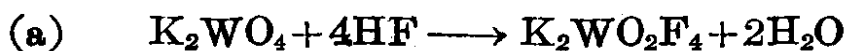


(7) 在铂制曲颈甑(蒸馏器)中, 加入 10 克氟化氢和 10 克六氯化钨, 混合后于室温下即可蒸发出六氟化钨。



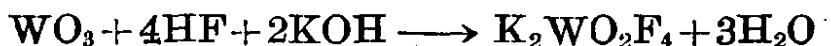
【38】 HF + H₂O₂

钨酸钾能由含有氢氟酸的水中析出四氟代钨酸钾结晶。后者如与过氧化氢作用, 则有 $\text{K}_2\text{WO}_3\text{F}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 结晶形成。



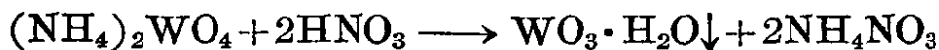
【39】 HF + KOH

将三氧化钨溶解于氢氟酸后, 加入相当量的氢氧化钾, 然后把溶液蒸发至干。加热水溶解之, 放冷后即有结晶形成。



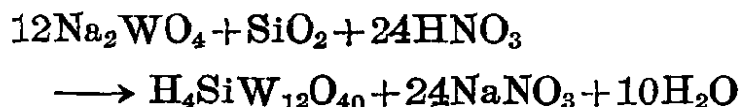
【40】 HNO₃

当钨酸铵与硝酸共煮沸时, 即有水合三氧化钨沉淀析出。



【41】 HNO₃ + SiO₂

将胶凝的二氧化硅溶解于用硝酸酸化的钨酸钠的沸溶液中, 则有硅钨酸形成。



【42】 H₃PO₄

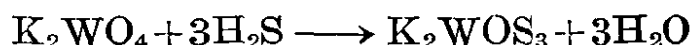
当重钨酸钠与其一半重量的磷酸煮沸一个短时间, 则有结晶性钠盐形成。



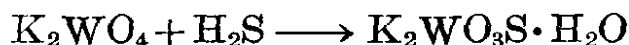
【43】 H₂S

(1) 将 10 克钨酸钾溶解于 10 毫升水中, 然后以硫化氢继续通入该溶液中达 3~4 小时, 最后将溶液于真空条件下浓缩, 则有

三硫代钨酸钾结晶分离出来。

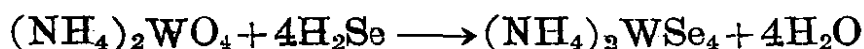


(2) 向溶解有 10 克钨酸钾的 5 毫升溶液中通入硫化氢, 直至产生黄色沉淀, 再加入 4~5 份体积的乙醇, 混合后即有一水合一硫代钨酸钾的结晶析出。

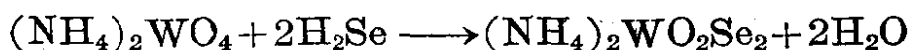


[44] H_2Se

(1) 当钨酸铵溶液被硒化氢饱和时, 即有全硒钨酸铵的绿色结晶形成。



(2) 当钨酸铵溶液与硒化氢不完全地饱和时, 则有二硒代钨酸铵的红色结晶形成。



(3) 当钨酸钠溶液被硒化氢饱和后, 再加硫酸使溶液产生沉淀, 结果有三硒化钨形成。



[45] H_2SO_4

(1) 当金属钨在封闭管中与浓硫酸在 150°C 共加热 7 小时后, 即有三氧化二钨形成。

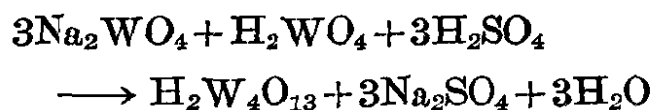


(2) 当金属钨与浓硫酸在 $170\sim 180^\circ\text{C}$ 加热 7 小时后, 即有均匀的蓝色化合物形成。



[46] H_2WO_4

(1) 将黄色钨酸溶解于一定量的钨酸钠溶液中, 并加入足够量的稀硫酸, 然后用乙醚提取之, 则有偏钨酸形成。

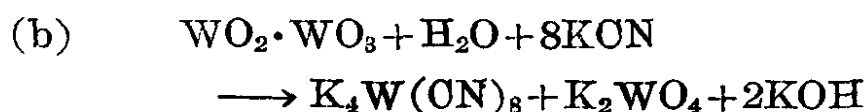
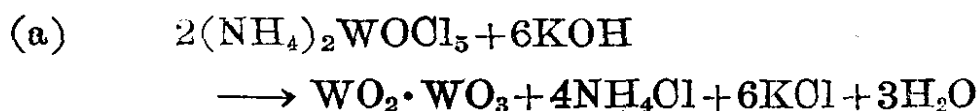


(2) 当透析了的钨酸溶液与钨酸钠混合后, 即有络盐结晶析出。



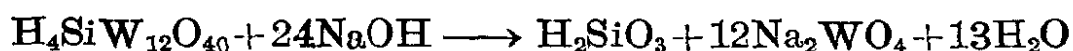
【47】 KOH + KCN

当五氯代钨酸铵与氰化钾作用时(在氢氧化钾参加下), 则有蓝色钨的氧化物形成, 这表示有四价和六价钨存在(a)。由于氰化钾的进一步的作用, 导致整个溶液发生反应而形成(八)氰钨酸钾和钨酸钾(b)。

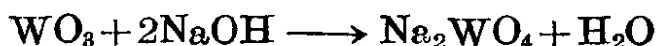


【48】 NaOH

(1) 在没有二氧化碳的环境下, 硅钨酸可被过量的氢氧化钠所分解, 并形成硅酸和钨酸钠。

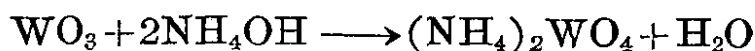


(2) 根据过去特殊样品的处理结果表明, 三氧化钨可被稀的碱溶液(约至 0.06 摩/升)消化。一般认为较高浓度的碱液是适用于该氧化物的溶解。



【49】 NH₄OH

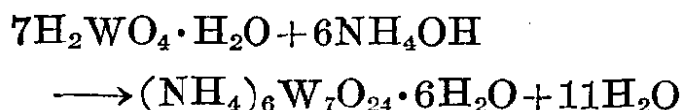
(1) 将过量的三氧化钨加至氢氧化铵(密度 0.90 克/厘米³)中, 过滤以除去过量的氧化物, 则可得钨酸铵的溶液。



(2) 三氧化二钨可被氢氧化铵分解为金属钨。



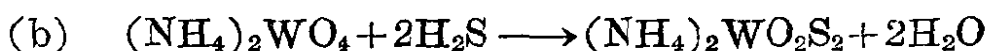
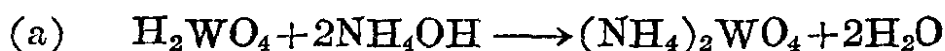
(3) 当一水合钨酸与氢氧化铵作用时, 即被转变为仲钨酸铵。



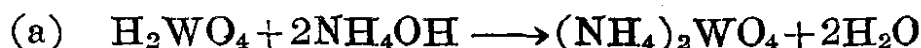
【50】 NH₄OH + H₂S

(1) 将 10 克钨酸溶解于 40 毫升浓的氢氧化铵和 10 毫升水中, 然后以硫化氢通入该溶液中, 直至有结晶形成为止。过滤, 并

用小量的水、醇和醚洗涤结晶，最后放在氯化钙或氢氧化钾上干燥，即得二硫代钨酸铵。

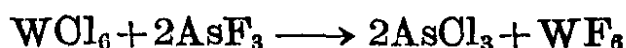


(2) 将 10 克钨酸溶解于 100 毫升浓的氢氧化铵和 20 毫升水中，然后以硫化氢通入该溶液达 4~5 小时。溶液过滤，并置于完全装满的烧瓶中，同时将瓶塞塞好。放置约 8 日后，沉淀基本完全。将沉淀过滤并予干燥。则有全硫钨酸铵形成。



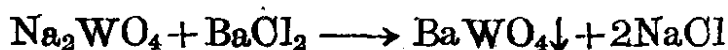
[51] AsF_3

刚蒸馏的三氟化砷与六氯化钨反应时，六氟化钨的蒸气即随之而逸出。



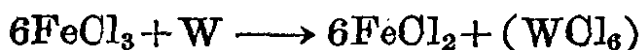
[52] BaCl_2

当氯化钡溶液滴加至沸腾的钨酸钠溶液中，结果有钨酸钡的沉淀析出，这个反应可用于钨的定性检定法。



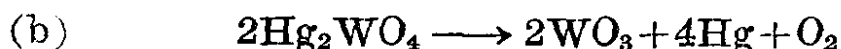
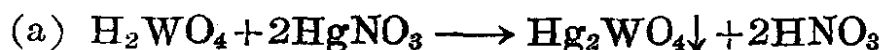
[53] FeCl_3

粉末状钨与氯化铁在几滴盐酸的参加下，发生缓慢反应。



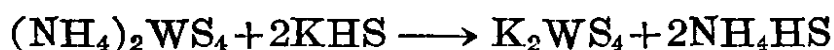
[54] HgNO_3

在测定钨酸时，通常加硝酸亚汞使之成为钨酸亚汞沉淀，然后再把沉淀焙烧后即有三氧化钨形成。



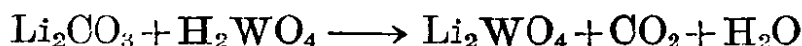
[55] KHS

将全硫钨酸铵溶解于热而浓的氢硫化钾水溶液中，溶液予以加热一个短时间，并过滤之。滤液浓缩后，加入适量的乙醇，则有全硫钨酸钾分离出来。



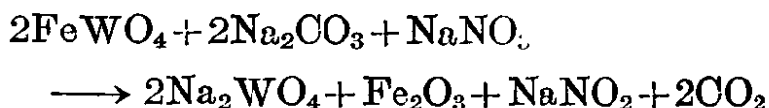
【56】 Li_2CO_3

将理论量的碳酸锂与钨酸的水混悬液共加热至 80°C ，过滤，滤液再予浓缩，即有无色针状结晶钨酸锂形成。



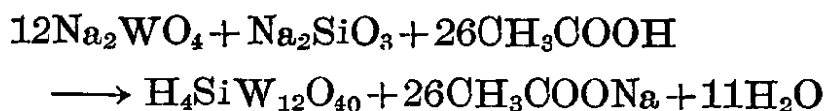
【57】 $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{NaNO}_3$

当黑钨矿与硝酸钠和碳酸钠共熔融后，即有钨酸钠形成。



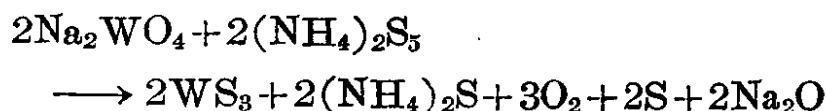
【58】 $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{CH}_3\text{COOH}$

钨酸钠与硅酸钠在沸腾的乙酸介质中反应，即生成硅钨酸。



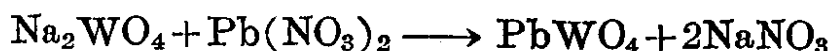
【59】 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_5$

钨酸钠与五硫化二铵作用后，即有三硫化钨和氧化钠及硫化铵、硫、氧等形成。



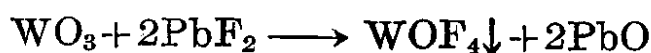
【60】 $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$

当硝酸铅与碱金属的钨酸盐作用时，即有钨酸铅形成。



【61】 PbF_2

$1\frac{1}{2}$ 份三氧化钨与 1 份氟化铅在空气流下共加热数小时后，即有四氟氧化钨的升华物形成。



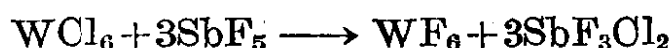
【62】 SiCl_4

将四氯化硅蒸气通至在燃烧炉上加热的三氧化钨，结果有四氯化钨和二氯二氧化钨形成。



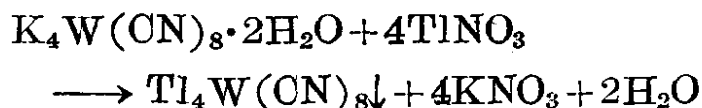
【63】 SbF_5

六氯化钨与五氟化锑反应,即生成六氟化钨。



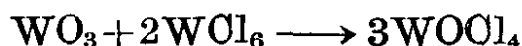
[64] TlNO_3

(八)氰钨酸钾与硝酸亚铊反应后,即生成黄色针状结晶(八)氰钨酸亚铊。



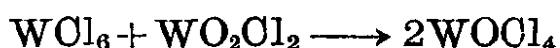
[65] WCl_6

当无水三氧化钨与六氯化钨共加热后,即有四氯化钨形成,并有热释出。



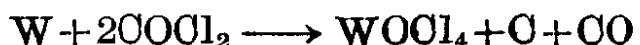
[66] WO_2Cl_2

当六氯化钨蒸气通至二氯二氧化钨上时,即形成四氯化钨。



[67] COCl_2

当金属钨在 150°C 与光气(碳酰氯)反应时,即生成桔红色的四氯化钨升华物。



[68] Cu_2Si

一硅化二铜和无定形(非晶形)钨的混合物在电炉上加热时,可生成二硅化钨。



[69] PCl_5

当钨酸与五氯化磷反应时,可形成棕色四氯化钨和三氯化磷。



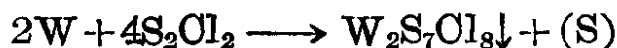
[70] PH_3

三氧化钨于 $125\sim 150^\circ\text{C}$ 可被磷化氢还原,结果形成八氧化三钨。



【71】 S_2Cl_2

金属钨在一氯化硫气体中徐徐加热，即有暗红色结晶升华物生成。

**【72】 $SOCl_2$**

三氧化钨经亚硫酰(二)氯处理后，即有二个钨的氯化物的混合物生成。

**【73】 加热**

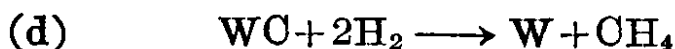
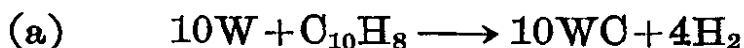
(1) 四氯化钨经适当加热后，即形成二氯化钨和五氯化钨。



(2) 2克碘化钾与1克钨酸的混合物，在炉上加热至白色，即形成一种分子式为 W_3O_8 的紫色物质。

**【74】 C_nH_{2n+2} 、 C_nH_n**

几乎所有碳氢化合物的蒸气都能和白炽的钨起反应，随即生成 W_2C 或 WC ；在真空高温(2700 K 以上)下，又能使其发生脱碳反应，在氢气流中亦能使钨的碳化物脱碳。

**【75】 CH_4**

(1) 金属钨丝在甲烷-氢气或乙炔-氢气中加热时，即形成碳化钨，当反应开始及温度超过 $2200^\circ C$ 之前，必须达到最小分压。

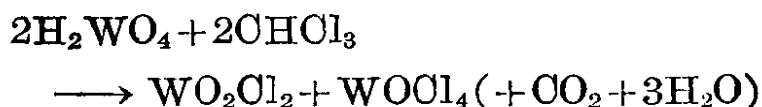


(2) 当三氧化钨与甲烷气相遇，并在喷灯上加热，则有一种蓝色的钨的氧化物形成。



[76] CHCl_3

硅-钨混合物与氯仿蒸气在 $440\sim 500^\circ\text{C}$ (高温更佳) 下反应, 硅可从钨酸中分离出来, 并有下列反应产物生成。

**[77] CCl_4**

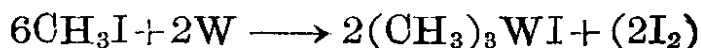
(1) 将四氯化碳蒸气通入嫩红热的三氧化钨上, 即形成二氯二氧化钨。



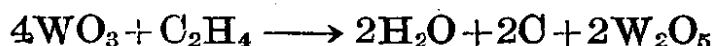
(2) 硅钨混合物与四氯化碳蒸气在 $400\sim 450^\circ\text{C}$ 反应时, 硅可从钨酸中分离出来, 并有下列反应产物生成。温度绝对不能超过 450°C , 因为四氯化碳在 440°C 以上会分解成大量的碳。

**[78] CH_3I**

当金属钨与碘甲烷在封闭管内于 240°C 加热 10 天, 即形成碘化三甲基钨。

**[79] C_2H_4**

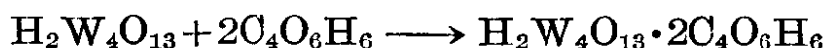
三氧化钨在乙烯气流中加热至红时, 即被还原为深蓝色氧化物, 并有碳分解出来。

**[80] $\text{C}_4\text{O}_6\text{H}_6$**

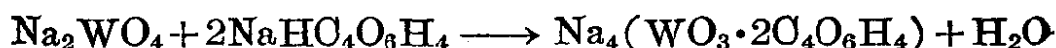
(1) 钨酸钠与酒石酸反应, 生成钨酸-酒石酸钠络合物。



(2) 偏钨酸与酒石酸溶液反应后, 即生成偏钨酸-酒石酸络合物。

**[81] $\text{NaHC}_4\text{O}_6\text{H}_4$**

将酒石酸氢钠溶液以正确的比例加至钨酸钠溶液中, 即有络合物形成。其反应如下所示。



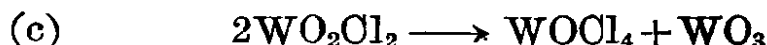
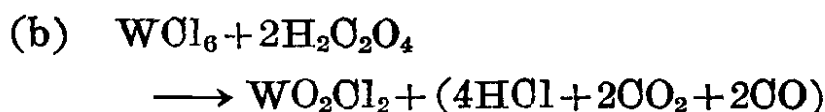
[82] $\text{C}_4\text{O}_5\text{H}_6$

钨酸钠溶液与苹果酸反应时,生成一种络盐。



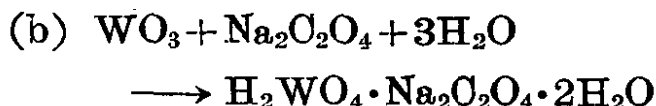
[83] $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$

当六氯化钨与干燥的草酸一起蒸馏时,即形成一种红色化合物四氯化钨和少量二氯二氧化钨(黄色化合物)。后者又分解为三氧化钨和四氯化钨。



[84] $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4(\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4)$

三氧化钨溶解在草酸钠(或钾)的溶液中时,即得到白色结晶物。



钼 Mo

钼主要的天然化合物是辉钼矿(MoS_2),是一种外表像石墨的矿石。

钼系银白色金属,密度 10.2 克/厘米³,在 2617°C 时熔化,常温时在空气中不发生变化,但灼烧时则燃烧而变成白色的钼酐(MoO_3)。盐酸和稀硫酸对钼不起作用;钼只能溶于硝酸或热硫酸中。

在钼的化合物中,钼为六价、五价、四价、三价及二价。六价钼的化合物最稳定。通常钼形成三种碱性氧化物 MoO 、 Mo_2O_3 和 MoO_2 ; 以及一个酸性氧化物 MoO_3 。它们之中以酸性氧化物为最

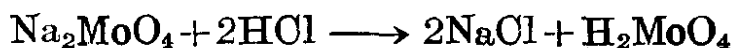
重要。 MoO_3 难溶于水, 但易溶于碱溶液(或氨溶液), 并形成钼酸(H_2MoO_4)的盐类。

在分析化学上经常见到的钼酸盐为钼酸铵, 其分子式为 $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 。

钼离子的反应

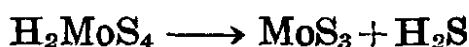
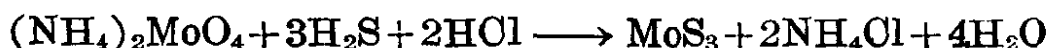
【1】 稀盐酸

稀盐酸与钼酸盐的浓溶液生成白色或黄色钼酸(H_2MoO_4)沉淀, 后者溶解于过量的无机酸。



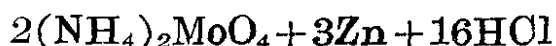
【2】 硫化氢

在酸化的钼酸盐溶液中通入小量的 H_2S , 即得到蓝色反应; 倘再通入 H_2S 则形成棕色三硫化钼(MoS_3)沉淀, 后者溶解于硫化铵溶液而成为全硫钼酸铵 $[(\text{NH}_4)_2\text{MoS}_4]$ 溶液, 在这个溶液中倘再加酸则三硫化钼又复沉出。这种沉淀作用在冷的酸性溶液中一般是不完全的; 如果在压力下, 于沸溶液中持久地通入硫化氢, 则可得更为广泛的沉淀。通常在 0°C 时于甲酸存在下通入过量的硫化氢后, 则所得到的沉淀是定量的。



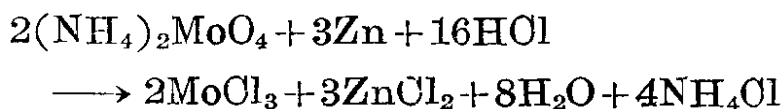
【3】 还原剂

还原剂如锌、氯化亚锡溶液与钼酸盐溶液(经稀盐酸酸化的)作用时, 开始生成蓝色(可能由于三氯化钼所致)反应, 然后变为绿色, 最后为棕色。



【4】 硫氰酸铵

硫氰酸铵溶液遇稀盐酸酸化的钼酸盐溶液, 生成黄色反应。当加入锌或氯化亚锡后, 由于形成硫氰酸钼铵 $[(\text{NH}_4)_3\text{Mo}(\text{SCN})_6]$ 的关系而变为血红色; 后者溶解于乙醚。这个反应如有磷酸存在时, 亦能生成红色反应(与铁不同)。

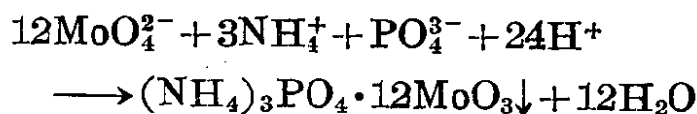


灵敏度: 0.1 微克 Mo。

在试验时假定有铁存在, 则开始时即有红色呈现, 但这种红色当有氯化亚锡溶液(或硫代硫酸钠溶液)加入后则即行消失。钨酸盐能影响本试验的灵敏度。

【5】 磷酸钠

磷酸钠溶液, 在过量硝酸的存在下遇钼酸盐, 可形成黄色磷钼酸铵结晶性沉淀。



AsO_4^{3-} 离子亦能生成类似的 $(\text{NH}_4)_3\text{AsO}_4 \cdot 12\text{MoO}_3$ 沉淀。

【6】 亚铁氰化钾

亚铁氰化钾溶液与钼酸盐生成淡红棕色氰亚铁酸钼沉淀, 后者不溶于稀无机酸, 但易溶于苛性碱溶液和氨水中(与氰亚铁酸双氧铀和氰亚铁酸铜不同)。

【7】 试铜灵 [α -Benzoin oxime $\text{C}_6\text{H}_5 \cdot \text{CHOH} \cdot \text{C} (= \text{NOH}) \text{C}_6\text{H}_5$]

钼酸盐溶液经稀硫酸强大酸化后再加 0.5 毫升本试剂, 即有白色沉淀形成。

【8】 黄原酸钾(Potassium xanthate; Potassium ethylxanthogenate) $\text{SC}(\text{SK})\text{OC}_2\text{H}_5$

当钼酸盐溶液与小量的固体黄原酸钾作用后, 用稀盐酸酸化, 即有红紫色反应发生。如果有大量的钼存在, 则该化合物呈黑色油滴而析出, 后者可迅速溶解于有机溶剂如苯、氯仿和二硫化碳

中。其反应产物的分子式为 $\text{MoO}_2 \cdot [\text{SC}(\text{SH})(\text{OC}_2\text{H}_5)]_2$ 。虽然这个试验对钼酸盐是一个特殊的反应,但铜、钴、镍、铁、铬和钍在某些特殊情况下能干扰这个反应。大量的草酸盐、酒石酸盐及柠檬酸盐存在时,反应的灵敏度将降低。

灵敏度: 0.04 微克 Mo。极限浓度: 1:250,000。

【9】 苯肼($\text{C}_6\text{H}_5\text{NHNH}_2$)

当钼酸盐与苯肼(Phenylhydrazine)的酸性溶液作用时,即生成红色或红色沉淀。此时苯肼被钼酸盐氧化为重氮盐,后者即在钼酸盐存在下与过量的苯肼结合而形成有色的化合物。

灵敏度: 0.3 微克 Mo。极限浓度: 1:150,000。

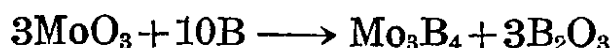
试剂: 1 份苯肼溶解于 2 份冰乙酸中。

【10】 硫酸亚铁

硫酸亚铁溶液与钼酸盐形成淡红棕色生成物。当加稀无机酸时,其颜色即变为蓝色;在加热时,则变为淡而更绿,但冷却时则又还原至蓝色(与钨酸盐不同)。

【11】 B

当三氧化钼置于电炉中加热后,即可被硼还原为四硼化三钼,并有三氧化二硼生成。

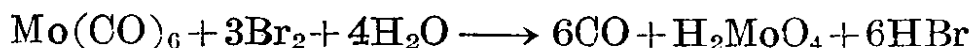


【12】 Br_2

(1) 当溴蒸气通入加热的二氧化钼后,即形成二溴化双氧钼。



(2) 当六羰基钼与氧化剂(特别是溴)作用后,即有一氧化碳释出,同时留下钼酸的悬浮液。



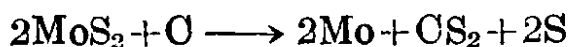
【13】 C

(1) 将金属钼与碳置于电炉中,并在铝的存在下加热反应后,即有碳化钼生成。



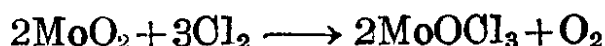
(2) 将辉钼矿置于碳管内,在电炉(950 安,55 伏)中加热 5 分

钟,即可制得纯度约为 91.5% 的金属钼,其中尚含有约 7% 的碳和约 2% 的铁。



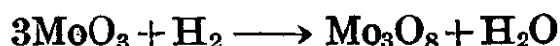
【14】 Cl_2

当二氧化钼与氯气作用后,即有绿色三氯化氧钼形成。

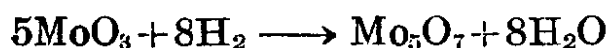


【15】 H_2

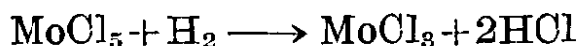
(1) 当钼酸酐在硫酸存在下被氢还原后,即有八氧化三钼和水生成。



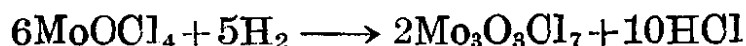
(2) 当大量的氢气流通入钼酸酐后,即有七氧化五钼和水生成。



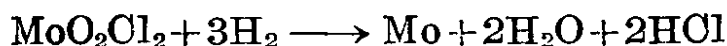
(3) 氢气能将五氯化钼(在 250°C 时)还原为三氯化钼,后者是一种难挥发的红色化合物。



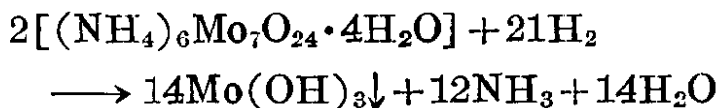
(4) 当四氯化氧钼蒸气和氢气在玻璃管中加热反应后,前者即被还原为七氯化三氧三钼。



(5) 二氯化双氧钼在低温下能被氢气还原为金属钼。

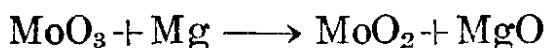


(6) 仲钼酸铵在胶态状钼的存在下,可被氢气还原为氢氧化钼。



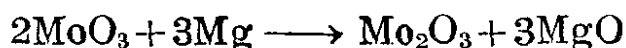
【16】 Mg

(1) 在氢气存在下,镁粉与三氧化钼于 350°C 加热后,即有二氧化钼和氧化镁生成。



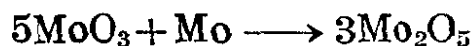
(2) 当镁粉与三氧化钼小心加热至 350°C 后,三氧化钼被还

原成三氧化二钼。



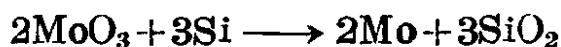
【17】 Mo

钼酸溶液可被金属钼还原为五氧化二钼。



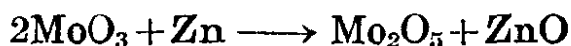
【18】 Si

当硅与三氧化钼共熔后,即发生氧化还原反应(硅为还原剂),生成非常纯的金属钼。

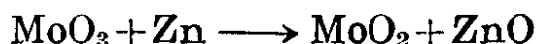


【19】 Zn

(1) 当锌屑在低于 $300\sim 400^\circ\text{C}$ 温度下与三氧化钼作用时,即有五氧化二钼形成。

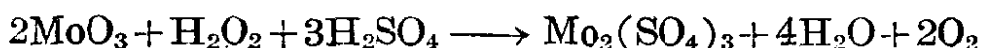


(2) 当三氧化钼在氢气流下与锌屑作用时,即被还原为二氧化钼。



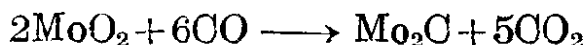
【20】 BaO₂(H₂O₂)

将三氧化钼固体和过氧化钡固体混和研磨后,即出现黄色,如再加一滴浓硫酸,则变成深黄色。反应式或可如下表示。



【21】 CO

(1) 二氧化钼在 810°C 下可被一氧化碳还原为一碳化二钼,同时有二氧化碳生成。



(2) 当钼酸在一氧化碳气流中加热后,即被还原为金属钼。



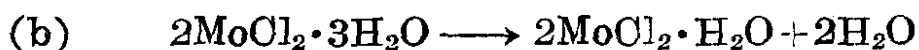
【22】 CO₂

当干燥的二氧化碳气体通入置于试管中加热的三氯化钼后,即有四氯化钼和二氯化钼生成。由于前者是挥发物,可借二氧化碳气流将其吹出,留下后者不易挥发的粉状物。



【23】 H_2O

(1) 当二氯化钼与浓盐酸混合共煮后, 即形成含有 $1\frac{1}{2}$ 分子结晶水的二氯化钼结晶物(a), 后者经加热至 100°C , 可失去其中 $\frac{2}{3}$ 的结晶水(b)。

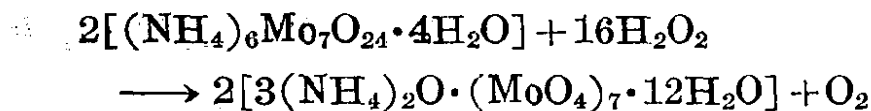


(2) 当水与五氯化钼剧烈反应后, 即生成 $\text{H}_2 \cdot \text{MoOCl}_5$ 。



【24】 H_2O_2

当仲钼酸铵溶解于 20% 过氧化氢溶液中后, 即有红色结晶沉出。



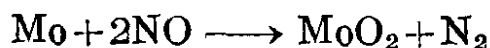
【25】 MoO_3

当七氧化五钼溶液与三氧化钼在通常的条件下混和后, 即有八氧化三钼形成。



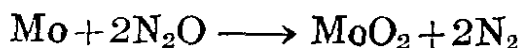
【26】 NO

当一氧化氮通入加热至红热的细粉状金属钼后, 即有二氧化钼和氮气生成。



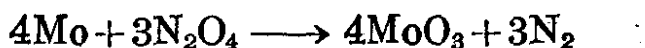
【27】 N_2O

当一氧化二氮通入加热至充分红热的细粉状金属钼后, 即有二氧化钼和氮气生成。



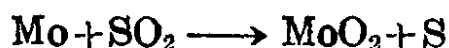
【28】 N_2O_4

当四氧化二氮通入加热至刚呈红热的细粉状金属钼后, 即有三氧化钼和氮气生成。



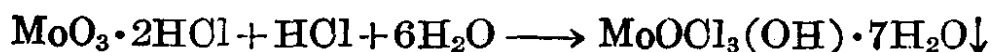
[29] SO_2

当二氧化硫通入加热至很高温度的细粉状金属钼后, 即有二氧化钼和硫形成。

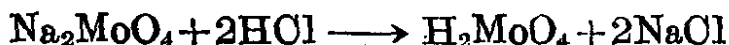


[30] HCl

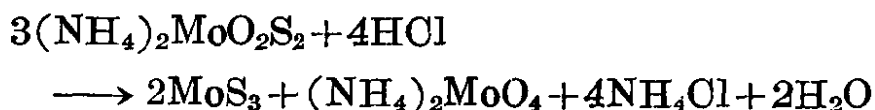
(1) 将小量的浓盐酸与盐酸三氧化钼混合后, 即有三氯代钼酸的结晶形成



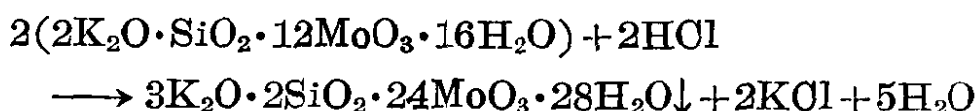
(2) 将大大过量的盐酸加至钼酸钠溶液中, 经几天渗析作用后, 即有胶状钼酸形成。



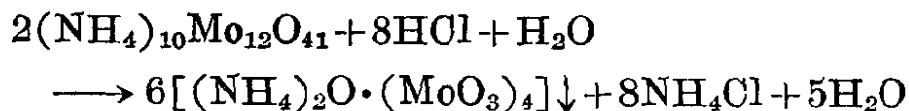
(3) 将空气不断地通入略经稀盐酸酸化的二硫代钼酸铵的水溶液中, 直至沉淀形成为止。滤出沉淀, 用水、乙醇和二硫化碳洗涤, 再行干燥, 即得三硫化钼。



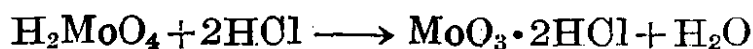
(4) 硅钼酸钾溶液与稀盐酸反应后, 即形成不同组成的硅钼酸钾。



(5) 当稀盐酸加至仲钼酸铵溶液后, 即有(四)钼酸铵立方晶体形成。



(6) 当钼酸加热至 $150 \sim 200^\circ\text{C}$, 并与氯化氢气体反应后, 即形成下列易挥发的结晶化合物。

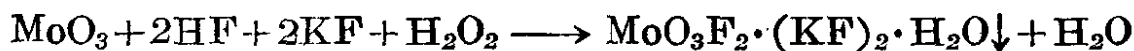


(7) 当干的钼酸钠在氯化氢气体中加热后, 即生成钼酸和氯化钠。



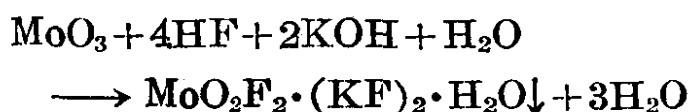
【31】 HF + KF + H₂O₂

当三氧化钼与氢氟酸、氟化钾及 4% 过氧化氢溶液作用时, 即有下列反应产物形成。



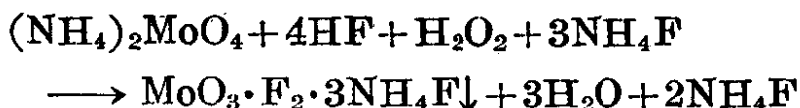
【32】 HF + KOH

三氧化钼溶解于氢氟酸后, 与相当量的氢氧化钾作用, 并予蒸发至干, 然后再用热水溶解之, 冷却后即有结晶析出。



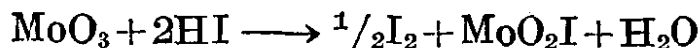
【33】 HF + NH₄F + H₂O₂

溶解于氟化氢的钼酸铵浓溶液与过氧化氢和氟化铵作用时, 即有下列反应产物生成。



【34】 HI

(1) 三氧化钼与氢碘酸作用后, 即有碘形成。

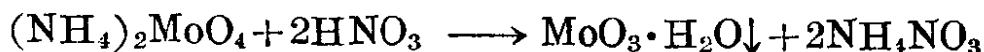


(2) 在冷的条件下, 当干燥的碘化氢气体通至钼酸时, 即发生剧烈的反应, 并释放出碘和大量的热, 同时留下亮紫色的非挥发性化合物 $\text{MoO}_3 \cdot \text{HI}$ 。



【35】 HNO₃

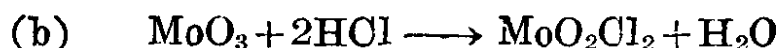
当钼酸铵溶液与浓硝酸在刚低于其沸点的情况下作用时, 即有下列反应产物生成。



【36】 HNO₃, HCl

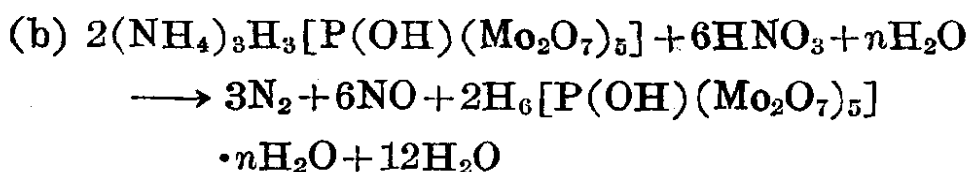
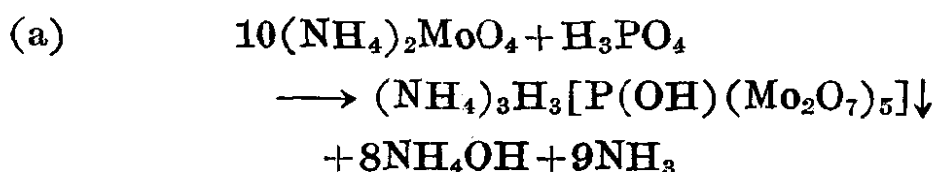
钼溶解于硝酸后, 再与盐酸反复加热, 结果有二氯化双氧钼形成。





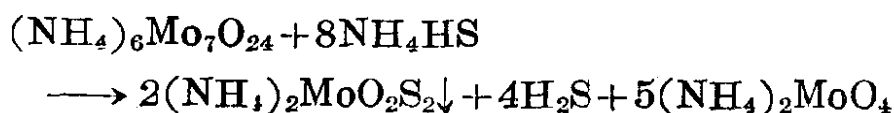
[37] H_3PO_4

钼酸铵溶液(在硝酸中)与磷酸作用时,即有沉淀形成。在100份沉淀中,有89份三氧化钼,4份五氧化二磷,其余为水和氨。将液体蒸发时,即有黄色三斜晶体形成。这个水合物的结晶非常容易溶解于水,且可引出二个其他水合物;一个是在水合物的100份中含有23.4份水,其他一个含有19.6份水。



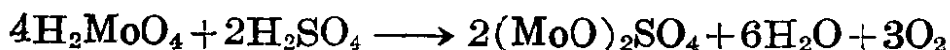
[38] $\text{H}_2\text{S} + \text{NH}_4\text{OH}$

将5克仲钼酸铵溶解于15毫升水和25毫升浓的氢氧化铵中,冷却至约6°C左右,再通入硫化氢气体约15~20分钟,则有金黄色结晶沉出,结晶物用冷的硫化氢水溶液及乙醇洗涤后,再予以真空干燥,即得二硫代钼酸铵。



[39] H_2SO_4

(1) 当钼酸与较浓的硫酸加热时,则有硫酸氧钼形成。



(2) 当金属钼与浓硫酸在低温下作用时,则有氧化钼形成。

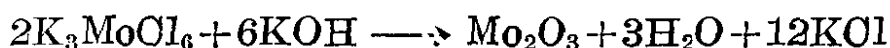


[40] KOH

(1) 当应用标准氢氧化钾溶液滴定磷钼酸铵时,即有下列反应产物生成。



(2) 当六氯化钼钾在没有空气参加下与氢氧化钾共加热时, 即有三氧化二钼形成:



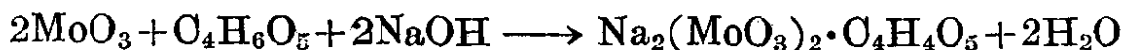
[41] KOH + H₂S

5 克钼酸钾溶解于 10 毫升水和 50 毫升氢氧化钾溶液 (密度 1.536 克/厘米³) 中, 然后以硫化氢将溶液饱和之。经若干时间后, 即有全硫钼酸钾的结晶形成。



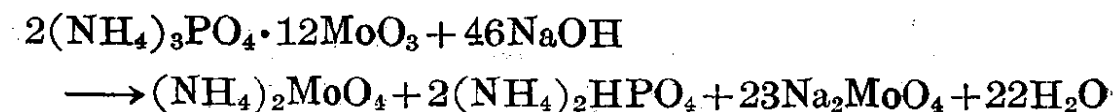
[42] NaOH + C₄H₆O₅

当 2 摩钼酸酐和 1 摩苹果酸 (羟基丁二酸) 用氢氧化钠中和后, 即发生下列反应。



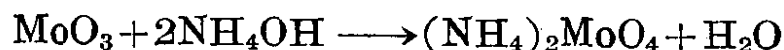
[43] NaOH

当磷钼酸铵与氢氧化钠作用时, 即有钼酸铵生成。



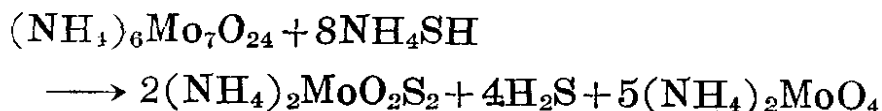
[44] NH₄OH

将干燥的钼酸酐溶解于浓的氢氧化铵中, 然后煮沸蒸发, 即得固体的钼酸铵。

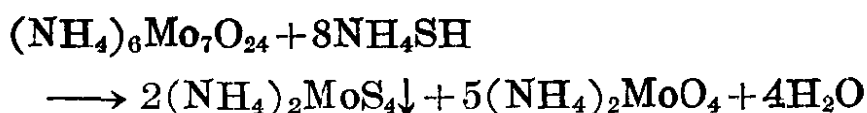


[45] NH₄OH + H₂S

(1) 5 克仲钼酸铵溶解于 15 毫升水和 25 毫升浓的氢氧化铵, 冷却至约 6°C 左右, 然后再以硫化氢通入该溶液约 15~20 分钟。结果有金黄色结晶二硫代钼酸铵分离出来。后者可用冷的硫化氢水和乙醇进行洗涤, 并于真空中干燥之。

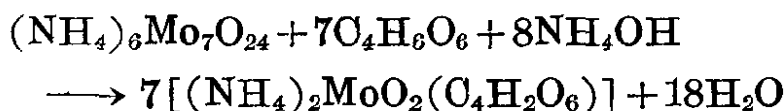


(2) 5 克仲钼酸铵溶解于 15 毫升水和 50 毫升浓的氢氧化铵溶液中, 并以硫化氢通入该溶液达 30 分钟左右, 结果有全硫钼酸铵沉淀形成。



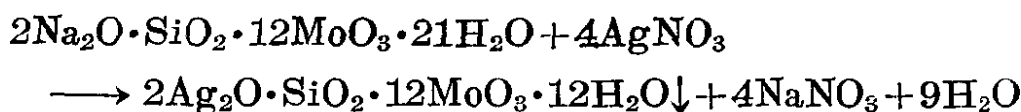
【46】 $\text{NH}_4\text{OH} + \text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6$

由仲钼酸铵溶液和酒石酸与氢氧化铵反应的中和曲线表明：其生成相应的最大复合物如下式所示。



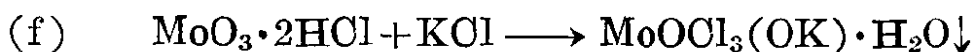
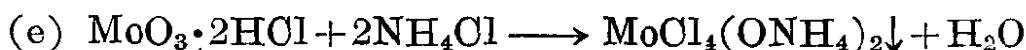
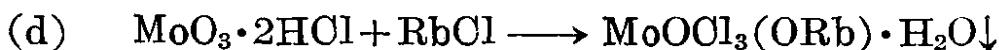
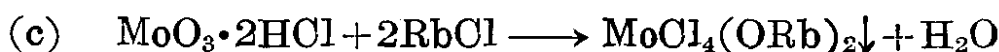
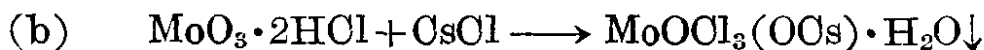
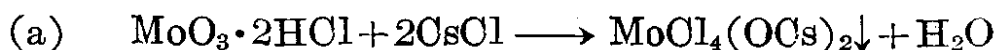
【47】 AgNO_3

当硅钼酸钠溶液与硝酸银溶液作用后，即生成硅钼酸银沉淀。



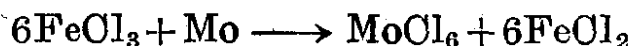
【48】 CsCl

将氯化铯按适当比例($\text{MoO}_3:\text{CsCl}=2:1$ 或 $1:1$)加至溶解有盐酸三氧化钼的 15% 盐酸溶液后，即形成四氯钼酸二铯沉淀(a)，如将比例改变($\text{MoO}_3:\text{CsCl}=4:1$ 或 $8:1$)则形成三氯钼酸一铯沉淀(b)。氯化铷、氯化铵和氯化钾亦可发生同样反应(c)~(f)。



【49】 FeCl_3

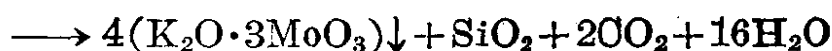
氯化铁溶液在几滴盐酸参加下，与粉末状的钼作用时，即被还原至亚铁状态。



【50】 K_2CO_3

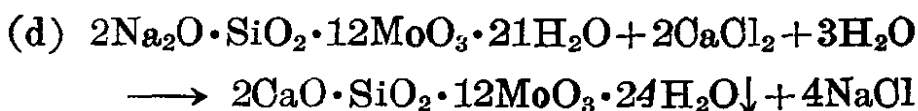
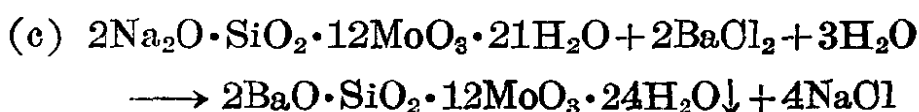
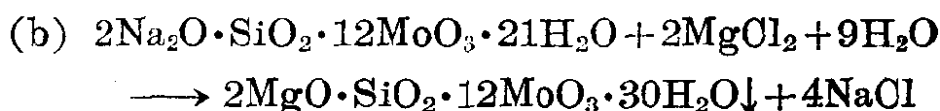
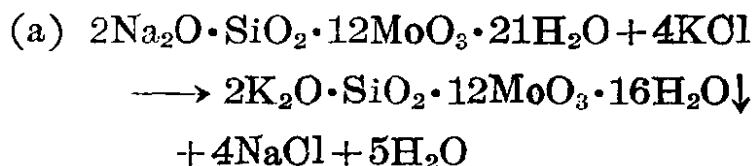
当硅钼酸钾溶液与碳酸钾溶液反应后，即有三钼酸钾结晶形成。





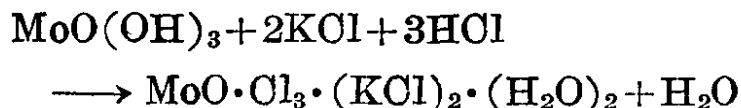
【51】 KCl

当硅钼酸钠溶液与氯化钾溶液作用后,即生成硅钼酸钾沉淀。
氯化镁、氯化钡和氯化钙亦可发生同样反应。



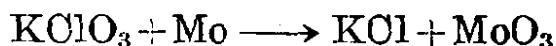
【52】 KCl + HCl

氢氧化氧钼与氯化钾和盐酸煮解后,生成氯化氧钼钾。应用相似的方法,亦可生成铷和铯的相应盐类。



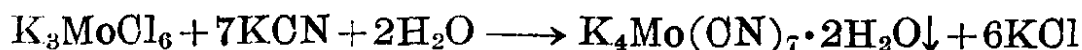
【53】 KClO₃

当氯酸钾与钼共加热时,即有氯化钾和三氧化钼形成。



【54】 KCN

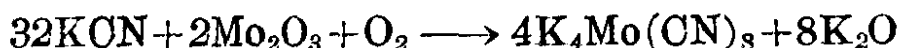
(1) 当六氯化钼钾在室温下与氰化钾的无氧水溶液(在氮气流下)作用时,即有下列反应产物形成。



(2) 当二氧化钼与氰化钾在空气中相互作用后,即有八氰化钼钾生成。

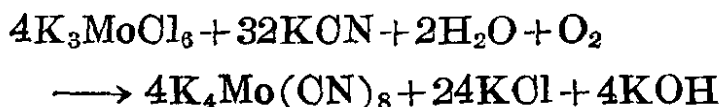


(3) 当三氧化二钼与氰化钾在空气中作用后,即形成八氰化钼钾。

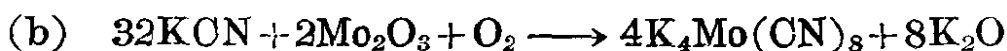


【55】 KCN + O₂

(1) 当六氯化钼钾与氰化钾水溶液(在大气中的氧参加下)作用时,即有下列反应产物形成。

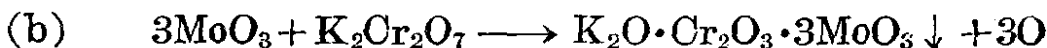
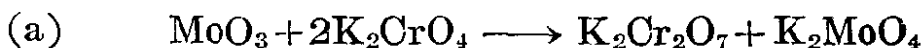


(2) 二氧化钼在大气中的氧参加下,与氰化钾溶液作用后,即有下列反应产物形成。三氧化二钼亦有相同的反应。



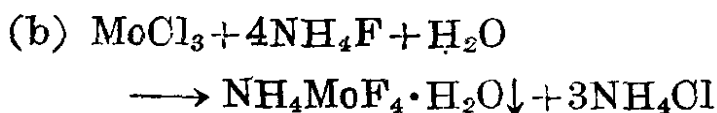
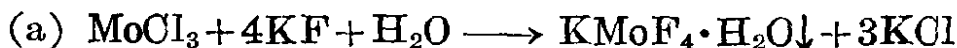
【56】 K₂CrO₄、K₂Cr₂O₇

无水钼酸与铬酸钾溶液作用后,即有重铬酸钾和钼酸钾形成。



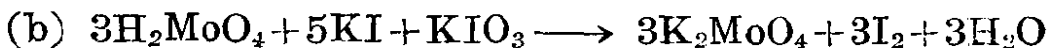
【57】 KF、NH₄F

当三氯化钼的盐酸溶液与氟化钾溶液作用后,即形成紫色的一水合四氟化钼钾沉淀。氟化铵亦有同样反应发生。



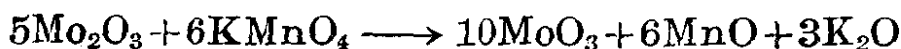
【58】 KI + KIO₃

在碘化钾和碘酸钾参加下,仲钼酸铵即被完全水解。



【59】 KMnO₄

(1) 三氧化二钼可被高锰酸钾氧化为三氧化钼。其他二个反应产物是一氧化锰和氧化钾。



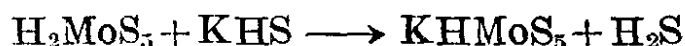
(2) 硫酸钼与高锰酸钾在溶液中作用后,即有钼酸形成。



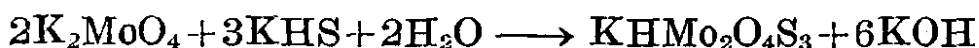


[60] KHS

(1) 五硫代钼酸与氢硫化钾的水溶液共加温时, 即有下列反应产物形成。



(2) 钼酸钾的水溶液当加热至几乎达沸腾时, 即与氢硫化钾水溶液处理, 并加入氯化铵。结果在溶液冷却时, 即有三硫代(二)钼酸氢钾的结晶形成。

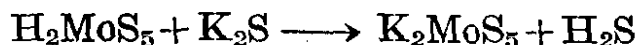


(3) 将(三)钼酸钾溶解于氢硫化钾的水溶液中(必要时加热), 加入无水乙醇, 即呈现粘稠的红色油状物并迅速结晶。过滤, 以乙醇、乙醚和二硫化碳洗涤, 在 100°C 下干燥至恒重, 即得黄色晶体九硫代(四)钼酸钾。



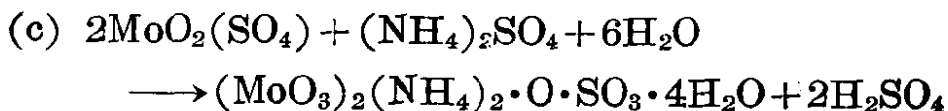
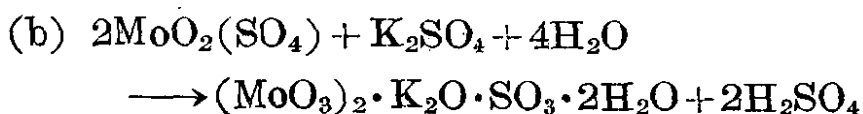
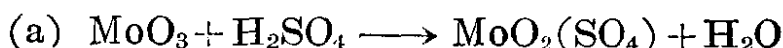
[61] K₂S

硫化钾溶液与五硫代钼酸作用后, 即有五硫代钼酸钾形成。



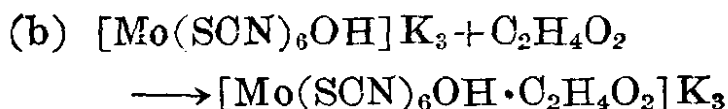
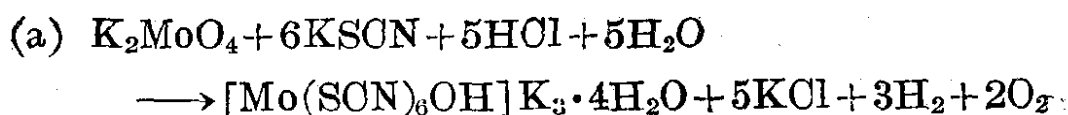
[62] K₂SO₄、(NH₄)₂SO₄

当三氧化钼的溶液(在浓硫酸中)加至硫酸钾的浓溶液中, 即有结晶性针状物形成。硫酸铵亦有相同的反应。

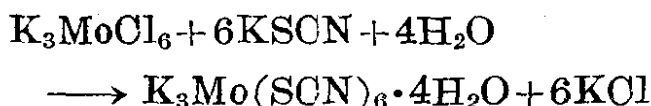


[63] KSCN

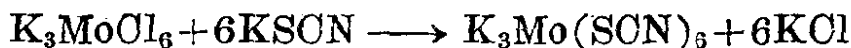
(1) 钼酸钾和硫氰酸钾的盐酸溶液在电解时, 即有钼的(六)硫氰酸盐的络盐形成, 后者在真空的硫酸干燥器内形成黄色结晶并失去四分子水。当它与乙酸处理后, 则形成(六)硫氰酸-乙酸的络盐。



(2) 当钾和钼的氯化物的复盐加至硫氰酸钾溶液中, 即有橙红色盐形成。

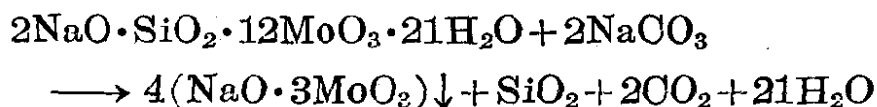


(3) 在空气存在下, 硫氰酸钾与六氯化钼钾溶液作用时, 即有下列反应物生成。



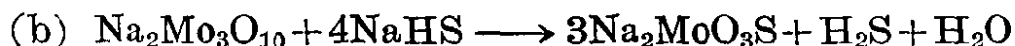
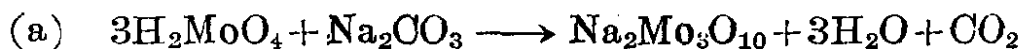
[64] Na_2CO_3

当硅钼酸钠溶液与碳酸钠溶液反应后, 即生成黄色三钼酸钠结晶。



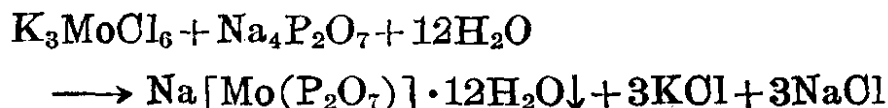
[65] $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{NaHS}$

将5克纯钼酸与无水碳酸钠共熔融, 直至形成玻璃样熔块(三钼酸钠)且无二氧化碳放出为止, 然后将其磨成细粉, 小量地加至保持在20~30°C的氢硫化钠溶液中, 同时不停地搅拌, 使钼酸钠固体全部溶解。加入250毫升无水乙醇, 其分离出的油状物即呈亮黄色结晶, 再经乙醇、乙醚和二硫化碳洗涤、干燥, 即得一硫代钼酸钠。

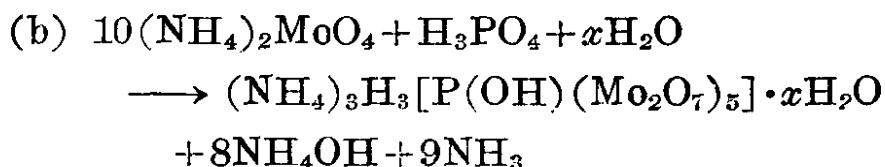


[66] $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$

(1) 将六氯化钼钾缓慢地加至80°C的焦磷酸钠溶液中后, 即有棕色沉淀生成。



(2) 将焦磷酸钠溶液和钼酸铵溶液混合后, 即生成磷钼酸铵盐沉淀, 它是一种亮黄色的小晶体。这个反应过程, 因为需要处在酸性介质条件下, 由焦磷酸转化为磷酸后才能完成, 所以反应是比较缓慢的。



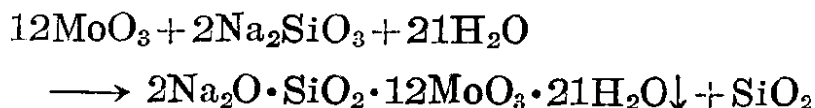
[67] NaHS

仲钼酸钠的温热的浓水溶液和氢硫化钠水溶液作用后, 予以过滤。沉淀洗涤后于真空中干燥, 即有亮黄色结晶三硫代重钼酸氢钠形成。

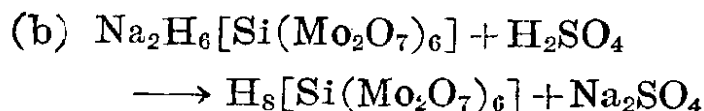
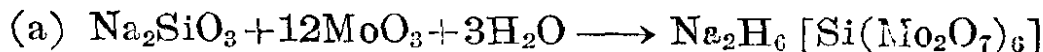


[68] Na₂SiO₃

(1) 将三氧化钼加至硅酸钠的沸腾溶液后, 过滤, 滤液于45°C下蒸发, 则有黄色的硅钼酸钠结晶生成。

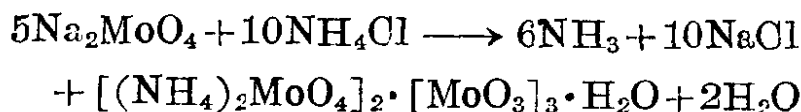


(2) 将355克三氧化钼加至含有82.5克硅酸钠的3.5升水中, 煮沸3小时, 过滤, 滤液在硫酸存在下用乙醚萃取, 即形成硅钼酸的醚合物, 后者经蒸馏除去乙醚后, 用硝酸或溴氧化这个还原性酸, 生成物可在硫酸上干燥。反应方程式如下所示。



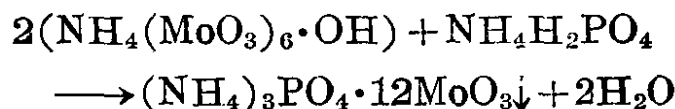
[69] NH₄Cl

当钼酸钠和氯化铵与水煮沸时, 即有胶性铵盐形成。



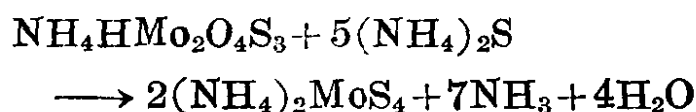
[70] NH₄H₂PO₄

当六钼酸一铵与磷酸二氢铵作用时, 即有黄色磷钼酸铵结晶形成。

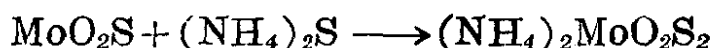


[71] $(\text{NH}_4)_2\text{S}$

(1) 当三硫代(重)钼酸氢铵($\text{NH}_4\text{HMo}_2\text{O}_4\text{S}_3$)与过量的硫化铵作用时, 即有黑红色油状物分离出来, 但立即又结晶为黄色全硫钼酸铵的针状物。

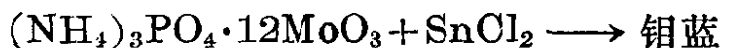


(2) 将硫化铵的水溶液逐滴加至细微的硫化双氧钼中, 直至其溶解为止。结果有二硫代钼酸铵形成。



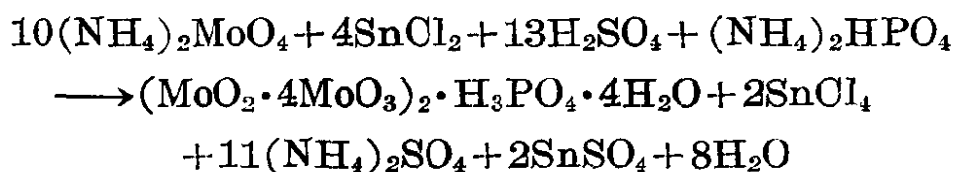
[72] SnCl_2

在稀酸溶液中磷钼酸铵可被氯化亚锡还原而生成蓝色反应——钼蓝。



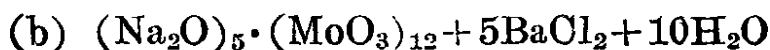
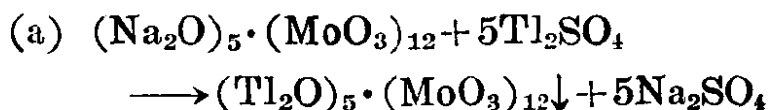
[73] $\text{SnCl}_2 + \text{H}_3\text{PO}_4$

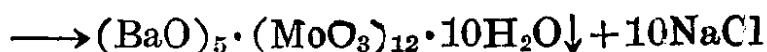
通常比色测定磷酸盐时, 一般是利用亚锡-钼酸盐法进行反应。酸性钼酸盐在磷酸盐存在下可被氯化亚锡还原, 结果有蓝色化合物(Phosphoconjugated Ceruleomolybdate)形成。



[74] Tl_2SO_4 、 BaCl_2

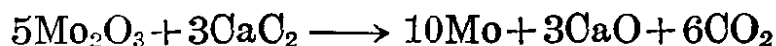
将仲钼酸钠的温热溶液与硫酸亚铊溶液反应后, 即有仲钼酸亚铊的黄色细微晶体形成。氯化钡亦有同样反应发生。





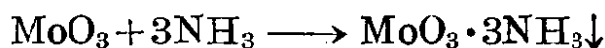
【75】 CaC₂

将三氧化二钼与碳化钙加热至红热后,即发生氧化还原反应,生成金属钼、氧化钙和二氧化碳。



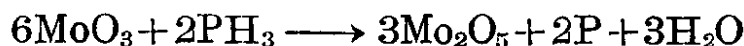
【76】 NH₃

三氧化钼与液氨作用时,即有白色物质形成。



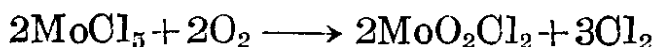
【77】 PH₃

当三氧化钼与磷化氢非常缓慢地加热时,即有红紫色氧化物形成。



【78】 加热

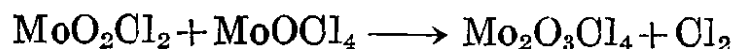
(1) 当黑色的五氯化钼在空气中加热后,即被氧化为白色二氯化双氧钼。



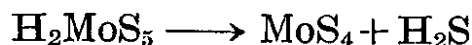
(2) 在碳酸存在下,六氯化二钼经加热后,即有二氯化钼和四氯化钼生成。



(3) 将二氯化双氧钼和四氯化氧钼置于试管中混匀后加热,同时通入二氧化碳气体,即有棕色物质四氯化(三)氧(二)钼生成。



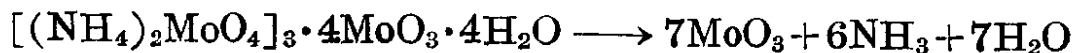
(4) 当五硫代钼酸在真空下加热至 140°C 后,即有四硫化钼和硫化氢生成。



(5) 当钼酸铵固体加热至红热后,即有三氧化钼形成,同时有氨和水蒸气逸出。

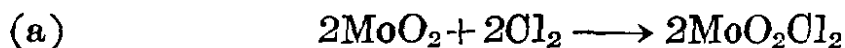


(6) 将多钼酸铵灼烧后,即得三氧化钼。



【79】 加热 + Cl₂

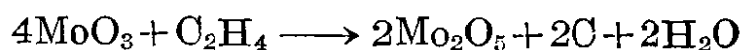
将金属钼和二氧化钼置于试管中,经加热后,通入氯气,即发生如下二步反应,其最终产物为四氯化钼。

**【80】 CH₄**

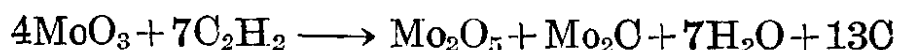
当甲烷通入加热的三氧化钼后,即有二氧化钼、金属钼、水和二氧化碳生成。

**【81】 C₂H₄**

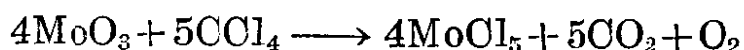
将三氧化钼加热至红热并通入乙烯气后,即形成棕色五氧化二钼。

**【82】 C₂H₂**

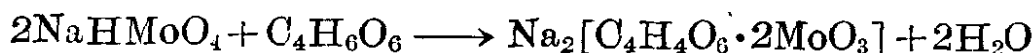
当三氧化钼在乙炔(火)焰中加热后,即有棕色的五氧化二钼、一碳化二钼、水和碳生成。

**【83】 CCl₄**

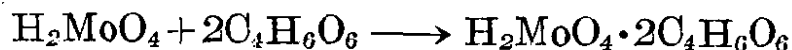
当三氧化钼与四氯化碳共加热后,即生成五氯化钼、二氧化碳和氧气。

**【84】 C₄H₆O₆**

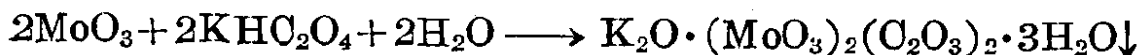
(1) 当钼酸氢钠溶液与酒石酸溶液混合后,即有旋光性的复合物形成。



(2) 当酒石酸和钼酸混合后,即形成下列加成化合物。

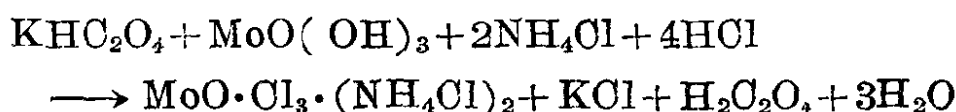
**【85】 KHC₂O₄**

当钼酸与草酸氢钾溶液作用后,即有白色结晶形成。



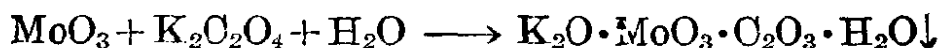
[86] $\text{KHC}_2\text{O}_4 + \text{NH}_4\text{Cl} + \text{HCl}$

氢氧化氧钼与草酸氢钾、氯化铵及盐酸共煮解时, 即有氯化氧钼铵形成。



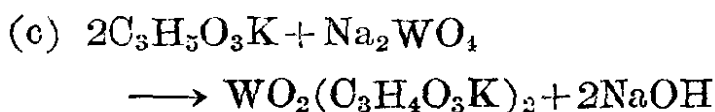
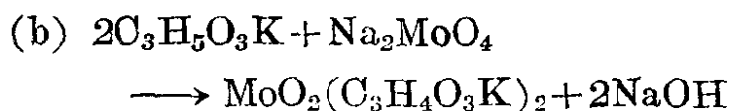
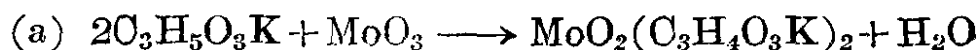
[87] $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$

当钼酸与草酸钾溶液作用时, 即有下列白色结晶形成。



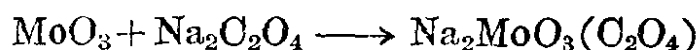
[88] $\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3\text{K}$

当乳酸钾(2-羟基丙酸钾)的热水溶液溶解三氧化钼后, 生成钼乳酸钾(a)。钼酸钠和钨酸钠亦可发生同样反应(b)(c)。



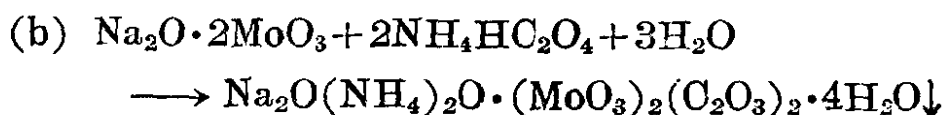
[89] $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$

当三氧化钼加至 100°C 的草酸钠溶液后, 即形成钼草酸钠的无色针状物。



[90] $\text{NH}_4\text{HC}_2\text{O}_4 + \text{Na}_2\text{CO}_3$

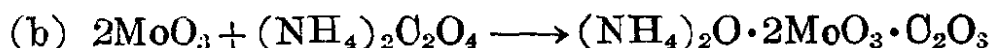
钼酸与碳酸钠共熔融后, 即有钼酸钠形成。后者与草酸氢铵作用时, 则变为辉耀的棱晶物。



[91] $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$

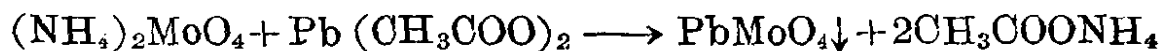
当钼酸与草酸铵溶液在沸点温度作用时, 即有不同组成的白色结晶形成。





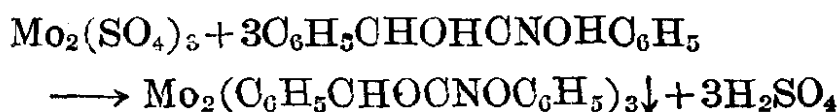
[92] Pb(CH₃COO)₂

钼酸铵溶液与乙酸铅溶液作用后,生成钼酸铅沉淀,后者可溶解于硝酸。



[93] C₁₄H₁₃O₂N

2% 苯偶姻肟的乙醇溶液, 可将钼从其 5% 硫酸溶液中定量地沉淀出来。



钒 V

钒的化合物在自然界中分布很广,但它们很分散,且不形成大量的矿层,故钒虽在地壳中的总含量估计约占 0.02%,略超过铜的含量,但仍被当作稀有元素。

纯钒是很坚硬的轻金属,密度 5.96 克/厘米³,在 (1890 ± 10)°C 熔化。在空气中它不氧化,对盐酸和硫酸很稳定;但它溶解于氢氟酸及强氧化性的酸(硝酸和王水)中。

钒有五种氧化物: V₂O、V₂O₂、V₂O₃、V₂O₄ 及 V₂O₅。前三者为碱酐,后二者为酸酐。

最重要的钒化物是由 V₂O₄ 和 V₂O₅ 衍生而得,这二个都能显示酸性性质,但后者酸性的程度较深。V₂O₄ 系蓝色,溶解于浓酸而形成二氧二钒盐,如 V₂O₂(SO₄)₂; V₂O₅ 系橙红色,仅微溶于水,但易溶于苛性碱的浓溶液,而形成钒酸盐。钒酸与磷酸相似,亦有偏、焦、正化合物(HVO₃、H₄V₂O₇ 和 H₃VO₄)的形式存在,但与磷酸的盐类不同。偏钒酸盐是最稳定的,而正钒酸盐的稳定度则最小。钒酸盐溶液在煮沸时即通过焦钒酸盐的中间形成,而最后变为偏钒酸盐。

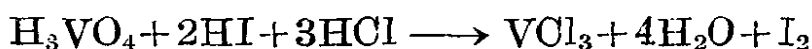
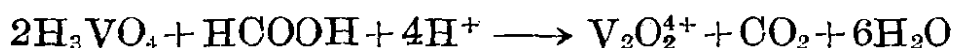
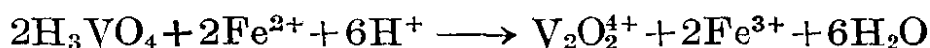
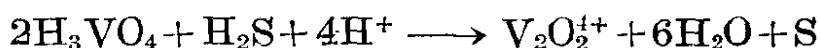


钒的化合价为：二、三、四、五。

钒离子的反应

【1】 硫化氢

硫化氢在酸性溶液中遇钒酸盐无沉淀形成，但形成蓝色溶液（由于形成四价钒化合物）并有硫析出；其他还原剂如二氧化硫、草酸、硫酸亚铁、胼、甲酸及乙醇、酒石酸及蔗糖等，也都与钒酸盐形成蓝色四价钒盐。这个反应在冷时发生较慢，在加温时更快。氢碘酸则能还原五价钒至绿色三价钒。



【2】 锌、镉、铝

锌、镉或铝在酸性溶液中由于继续发生还原反应，致钒酸盐溶液初呈蓝色（氧钒盐——四价钒），继呈绿色（三价钒），最后呈紫色（二价钒）。

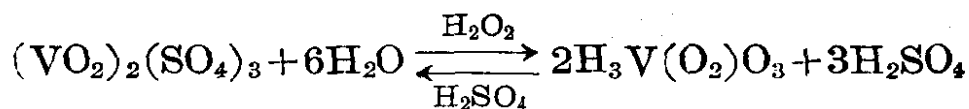
【3】 硫化铵溶液

硫化铵溶液与钒酸盐由于形成全硫钒酸盐 [可能是 $(\text{NH}_4)_3\text{VS}_4$]，而呈血红色。溶液酸化后，则有棕色硫化钒（五硫化二钒）不完全地沉出，而其滤液常呈蓝色，并含有少量氧钒盐。沉淀溶解于碱类、碱金属的碳酸盐和硫化物的溶液中。

【4】 过氧化氢

当几滴过氧化氢溶液逐滴加至钒酸盐的酸性 [(15~20)% 硫酸] 溶液中，即有红色发生；过量的过氧化氢应予避免。这个颜色既不能因醚振摇而除去，亦不能因磷酸盐或氟化物而受影响（与钛不同）。

这个红色可能是由硫酸双氧钒 $[(VO_2)_2(SO_4)_3]$ 所形成,后者遇过量的过氧化氢即转变为黄色过氧钒酸 $[H_3V(O_2)O_3]$,故过量的过氧化氢必须避免。



灵敏度: 2.5 微克 V。极限浓度: 1:20, 000。

钼酸盐、铬酸盐、碘化物、溴化物、铈盐以及大量有色金属盐均能减少反应的灵敏度。

【5】 氯化铵

以固体氯化铵加至碱金属的焦钒酸盐溶液中,结果分离出无色结晶性偏钒酸铵 $[NH_4VO_3]$,后者难溶于浓的氯化铵溶液中。



【6】 硫酸铜

硫酸铜溶液与偏钒酸盐生成绿色沉淀。与焦钒酸盐生成黄色沉淀。与钒酸盐生成苹果绿色沉淀。

【7】 硝酸亚汞

硝酸亚汞溶液与中性的钒酸盐溶液生成钒酸亚汞的白色沉淀。沉淀溶解于硝酸中。

【8】 钼酸铵

钼酸铵溶液与钒酸盐溶液在硝酸铵和硝酸的存在下没有沉淀发生,但有可溶性的钼钒酸盐形成(与磷酸盐比较)。如果钒酸盐与磷酸盐混合,则有多量的钒与磷钼酸铵共同沉淀。

【9】 氯酸钾-对氨基苯乙醚($KClO_3$ -*p*-Phenetidine)

钒是对氨基苯乙醚($H_2N \cdot C_6H_4 \cdot OOC_2H_5$, 1:4)和氯酸钾作用时的催化剂;酒石酸氢钾能促进这个反应。

以 0.5 毫升试液放在半微量试管中,加 0.05 克酒石酸氢钾、1 毫升对氨基苯乙醚试剂、1 毫升饱和氯酸钾溶液,并以蒸馏水稀释至 5 毫升。将此试管浸在水浴中,则在数分钟之内即有紫色发生。

铅妨碍这个反应,但可用 100 毫克硫酸钠使之变为无害;三价铁的铁离子有干扰反应,但可加 50 毫克亚硝酸钠使之无碍。上述

反应中如果以饱和的溴酸钾溶液代替氯酸钾,亦会有相似的结果,但碘化物与铅和铁离子相似,亦能干扰反应。

灵敏度: 0.001 微克 V。

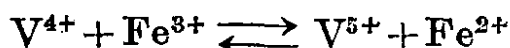
对氨基苯乙醚试剂: 0.1% [在盐酸(1 摩/升)中]。

【10】 丹宁试验

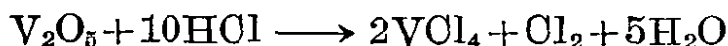
当中性或乙酸的钒酸盐溶液与过量的 10% 丹宁溶液作用,即得到深蓝色(或蓝黑色)反应。假使有乙酸铵存在,则深蓝(或蓝黑)色沉淀即分离出来。这种沉淀或颜色一旦遇无机酸即被破坏。

【11】 氯化铁-丁二酮肟试验

其反应如下:



在碱性溶液中这个反应由左向右进行,而在酸性溶液中则反应由右至左。通常可利用亚铁盐与丁二酮肟所生成的深红色来测定钒酸盐的存在。钒酸盐与浓盐酸加热时,即迅速被还原至四价状态。



所有氧化剂均妨碍这个反应,故必须予以除去。

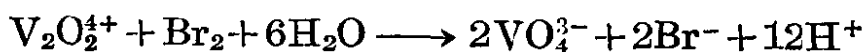
方法: 将一滴试液和二滴浓盐酸在一个微小的坩埚中蒸发至几乎干燥。冷却后,加一滴 1% 氯化铁溶液,随加三滴 1% 丁二酮肟的醇溶液,然后将此混合剂用氨溶液使之呈碱性。取一片定量分析用滤纸或滴定反应试纸浸入该溶液。沉淀的氢氧化铁仍保留在里面,而丁二酮肟亚铁红色溶液则扩散至纸的毛细管中。

灵敏度: 1 微克 V。极限浓度: 1:50,000。

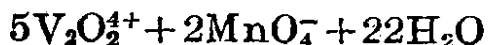
【12】 氧化剂

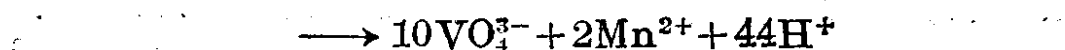
氧化剂能使二氧二钒的化合物转变为钒酸。这种氧化作用可在下列情况下发生:

(1) 溴在盐酸溶液中。

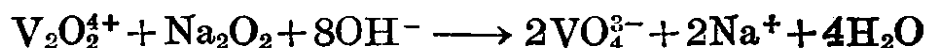


(2) 稀的高锰酸钾(溶液)在热而极稀的硫酸溶液中。





(3) 过氧化钠在碱性溶液中。

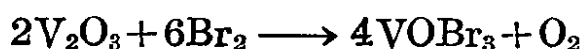


【13】 Br_2

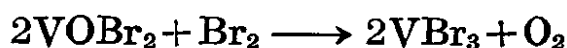
(1) 氮化钒与溴一起加热时, 形成三溴化钒和氮。同样, 氯亦有类似反应。



(2) 三氧化二钒与溴一起加热时, 形成三溴化氧钒和氧。

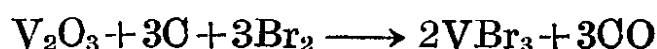


(3) 当二溴化氧钒与溴加热时, 即有三溴化钒和氧形成。



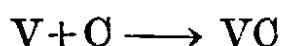
【14】 $\text{Br}_2 + \text{C}$

当溴导入置有三氧化二钒和木炭的加热至红热的玻璃管中时, 即有三溴化钒形成。



【15】 C

在电炉中炼钢, 经常含有碳, 碳即和钒结合, 形成碳化钒。反应不超过 8373.6~12560.4 焦。



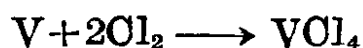
【16】 $\text{Ca} + \text{CaCl}_2$

五氧化二钒、钙和氯化钙, 三者混合后, 在 900~950°C 下加热 1 小时, 即生成金属钒与氧化钙-氯化钙复合物。

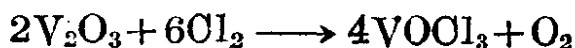


【17】 Cl_2

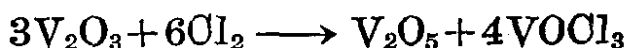
(1) 金属钒与氯作用时, 形成四氯化钒。



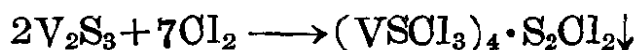
(2) 三氧化二钒在氯气流下加热至暗红炽时, 形成三氯化氧钒和氧气。溴亦有同样反应。



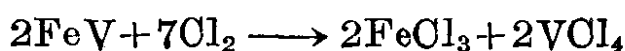
(3) 三氧化二钒与氯作用后,形成五氧化二钒和三氯化氧钒。



(4) 干燥的氯气与三硫化二钒作用后,将其红棕色液体蒸馏出来,待冷却后即有下列绿色结晶物形成。

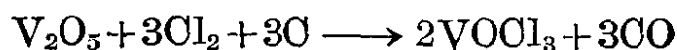


(5) 当亚铁钒在干燥的氯气流(无空气)下加热时,即有四氯化钒形成。

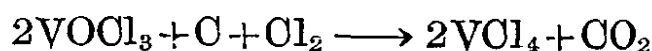


[18] $\text{Cl}_2 + \text{C}$

(1) 当五氧化二钒和木炭在氯气流下共加热时,即有三氯化氧钒形成。生成物由于含有痕量的四氯化物,故呈红色杂质,可与钠在二氧化碳气流下精馏而除去之。

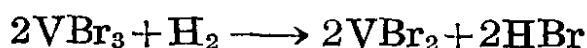


(2) 三氯化氧钒与木炭和氯共加热时,即有四氯化钒和二氧化碳形成。



[19] H_2

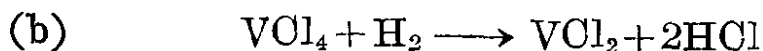
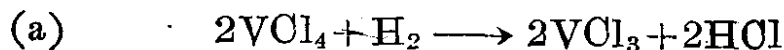
(1) 当三溴化钒被氢还原后,即有二溴化钒形成。



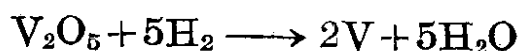
(2) 二氯化钒可被氢还原至钒,并有氯化氢形成。



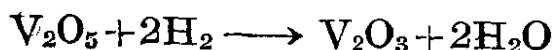
(3) 四氯化钒当在氢气流中加热时,即有三氯化钒和二氯化钒形成。



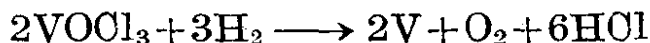
(4) 五氧化二钒在压力 506.625 千帕下(于 2500°C 时),可被氢还原为金属钒。



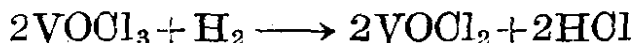
(5) 五氧化二钒在氢气流中加热时,形成三氧化二钒和水。



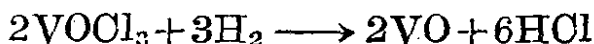
(6) 当三氯化氧钒在充满有干燥氢气, 并有电加热的铂丝的烧瓶中反应时, 则有纯金属钒沉积出来(呈平滑的银灰色的涂层)。



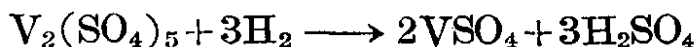
(7) 三氯化氧钒与氢作用时, 即有二氯化氧钒和氯化氢形成。



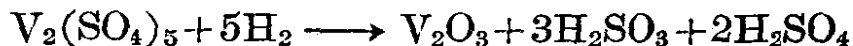
(8) 三氯化氧钒在氢气下加热时, 即有一氧化钒和氯化氢形成。



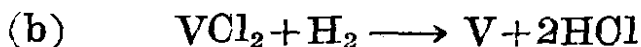
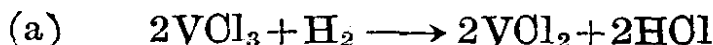
(9) 五硫酸二钒可被氢还原为硫酸钒, 同时有硫酸形成。



(10) 五硫酸二钒可被氢转变为三氧化二钒、硫酸及亚硫酸。

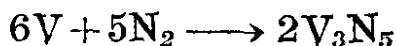


(11) 三氯化钒可被氢首先还原为二氯化钒, 然后又进一步被还原为钒。



【20】 N₂

当钒和氮一起加热时, 即形成五氮化三钒。



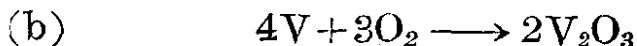
【21】 Na

三氯化钒在氢的存在下加热至红热时, 可被钠还原为钒。



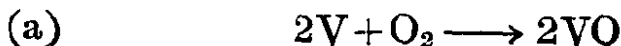
【22】 Na + O₂

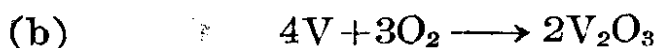
当二氯化钒与钠反应时, 即形成钒和氯化钠, 钒又进一步被氧化为三氧化二钒。



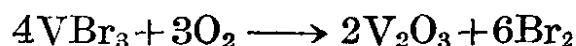
【23】 O₂

(1) 钒在氧中加热时, 则有下列反应产物形成。

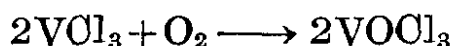




(2) 当三溴化钒在空气中加热时,即有三氧化二钒形成。



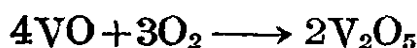
(3) 三氯化钒在氧中加热时,即有三氯化氧钒形成。



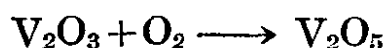
(4) 一氧化钒与空气中的氧作用时,即有三氧化二钒形成。



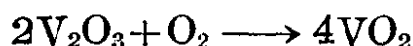
(5) 一氧化钒可被氧氧化为五氧化二钒。



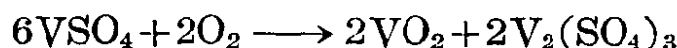
(6) 三氧化二钒在空气中加热时,即有五氧化二钒形成。



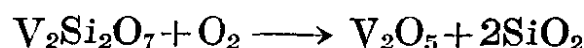
(7) 三氧化二钒与氧作用时,可生成二氧化钒。



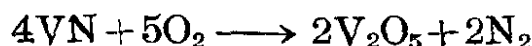
(8) 硫酸钒暴露于空气中后,即有下列反应产物形成。



(9) 硅酸钒加热至 100°C 时,即被氧化,生成五氧化二钒。

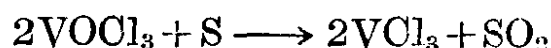


(10) 氮化钒在氧中加热时,形成五氧化二钒和氮。



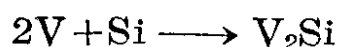
[24] S

将硫溶解于三氯化氧钒中,并在 80°C 以上加热,即有二氧化硫逸出。



[25] Si

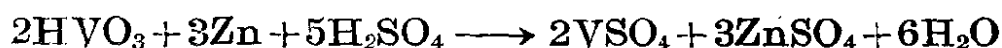
金属钒加热时,可和硅结合成硅化二钒。



[26] Zn, Fe₂(SO₄)₃

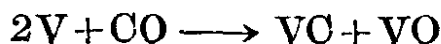
在 Jones 还原器内用锌还原钒至二价状态,并即移至硫酸铁

溶液中, 结果有硫酸亚铁形成。

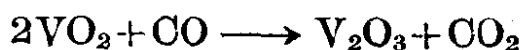


【27】 CO

(1) 在 1340°C 时, 钒与一氧化碳反应, 生成一氧化钒和碳化钒。

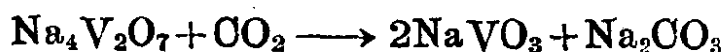


(2) 在 $750 \sim 896^\circ\text{C}$ 时, 二氧化钒可被一氧化碳还原为三氧化二钒。



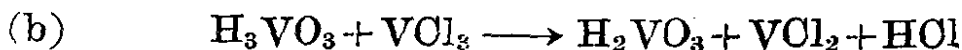
【28】 CO_2

二氧化碳与焦钒酸钠作用时, 即有偏钒酸钠和碳酸钠形成。

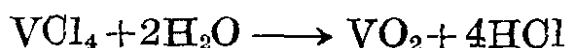


【29】 H_2O

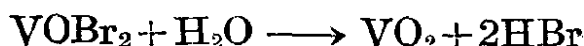
(1) 三氯化钒与水作用后, 生成亚钒酸、盐酸和二氯化钒。



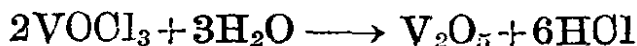
(2) 当四氯化钒与水作用后, 即水解为二氧化钒和盐酸。



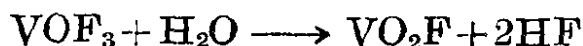
(3) 二溴化氧钒与水作用后, 即有二氧化钒和氢溴酸形成。



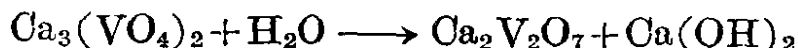
(4) 三氯化氧钒与水作用后, 即形成五氧化二钒和盐酸。



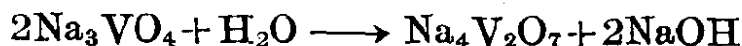
(5) 三氟化氧钒与水作用后, 即有氟化双氧钒和氟化氢形成。



(6) 钒酸钙与水作用后, 即生成焦钒酸钙和氢氧化钙。



(7) 钒酸钠可被水分解为焦钒酸钠和氢氧化钠。



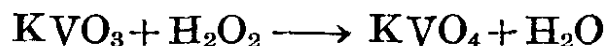
(8) 将醇加至硫酸二(氧钒)钠的中性溶液后, 即有四水合硫

酸氧钒钠的针状结晶形成。硫酸二(氧钒)钾亦有相似的反应发生。

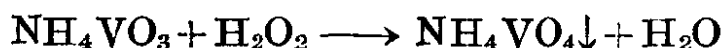


[30] H_2O_2

(1) 偏钒酸钾溶液在用硫酸酸化后, 再加入过氧化氢, 则有深红色过氧偏钒酸钾形成。

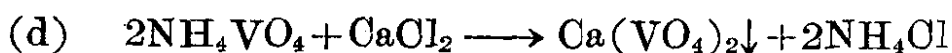
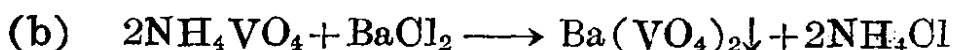
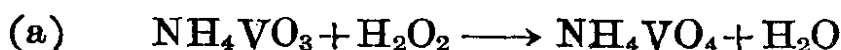


(2) 偏钒酸铵的饱和溶液与过氧化氢作用后, 再加入乙醇, 即有黄色沉淀形成。



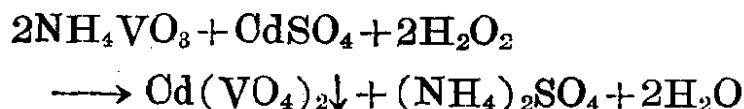
[31] H_2O_2 、 BaCl_2 、 SrCl_2 、 CaCl_2

偏钒酸铵的饱和溶液与过氧化氢和氯化钡作用后, 形成无定形黄色沉淀。与氯化锶、氯化钙亦有相同形式的反应发生。



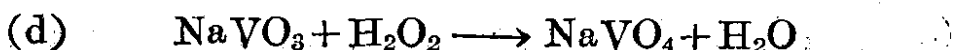
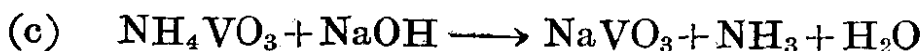
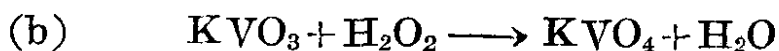
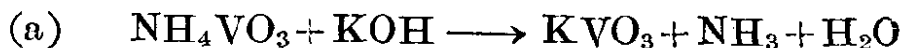
[32] H_2O_2 、 CdSO_4

向偏钒酸铵和硫酸镉的浓溶液中, 加入过氧化氢, 则有黄色沉淀形成。



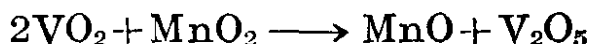
[33] H_2O_2 、 KOH (NaOH)

相当量的偏钒酸铵与氢氧化钾溶解于水后, 加热至氨完全驱除为止。然后再将溶液蒸发, 则有白色结晶形成。这些结晶溶于过氧化氢而生成黄色溶液。加入乙醇后即有沉淀形成。与氢氧化钠作用时亦有相同形式的反应(c)和(d)。

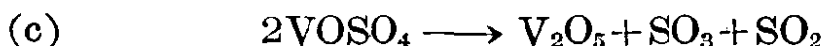


[34] MnO₂

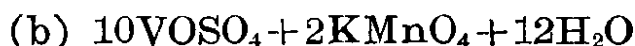
二氧化钒可被二氧化锰氧化为五氧化二钒。

**[35] SO₂**

当五氧化二钒作为催化剂将二氧化硫转化为三氧化硫时，它则有如下的反应过程。

**[36] SO₂、KMnO₄**

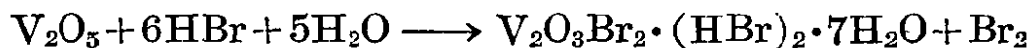
钒的容量测定法之一，是以二氧化硫还原五价钒至四价钒状态，用二氧化碳除去过量的二氧化硫，再在热溶液中用高锰酸钾溶液滴定。

**[37] HBr**

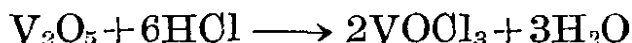
(1) 氢溴酸与五氧化二钒作用时，形成二溴化氧钒和游离溴。



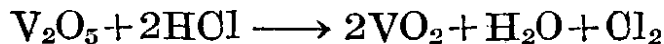
(2) 当氢溴酸和五氧化二钒一起煮沸时，即生成 $\text{V}_2\text{O}_3\text{Br} \cdot (\text{HBr})_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 络合物。

**[38] HCl**

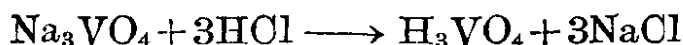
(1) 五氧化二钒与氯化氢的冰乙酸溶液共振摇时，即有三氯化氧钒的黑红色溶液形成。



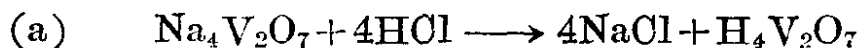
(2) 五氧化二钒与浓盐酸共煮沸时，即被还原为二氧化钒。



(3) 钒酸钠在氯化氢气流下加温后，即有钒酸释出。

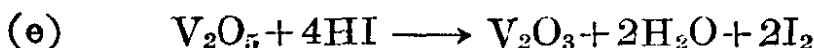
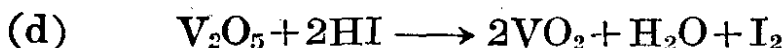
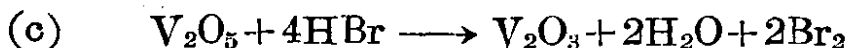
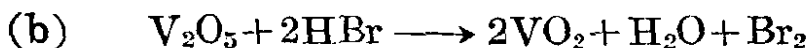
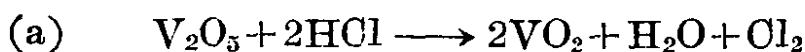


(4) 焦钒酸钠与干燥的氯化氢在室温和 400°C 间反应时, 即有三氯化氧钒形成。



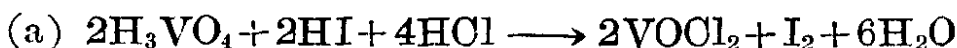
【39】 HCl、HBr、HI

在室温时, 气态盐酸能还原五氧化二钒为二氧化钒。氢溴酸和氢碘酸甚至能还原它为三氧化二钒。



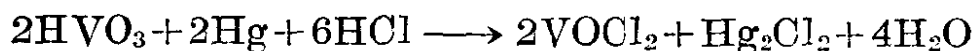
【40】 HCl + HI

在容量法测定钒时, 通常将钒(钒酸盐)的小体积的溶液, 于二氧化碳气流下, 用浓盐酸处理该溶液使盐酸的浓度达 6~8 摩/升。再用过量的标准碘化钾溶液还原钒酸盐, 而其反应生成的碘以及过量的碘化钾可用碘酸盐溶液滴定, 使之均转变至一氯化碘。



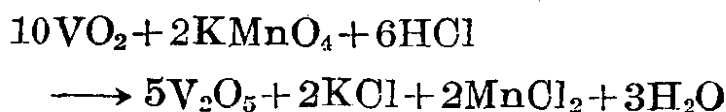
【41】 HCl + Hg

偏钒酸盐的盐酸溶液在汞的参加下, 剧烈振摇后, 溶液即变为淡蓝色, 此时钒被还原至四价状态。



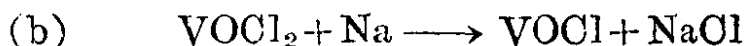
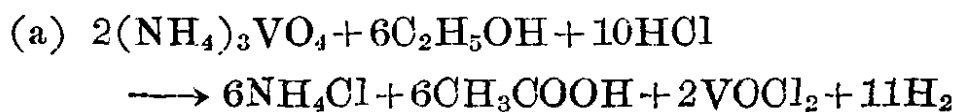
【42】 HCl + KMnO₄

在过量的磷酸铵参加下, 二氧化钒可被高锰酸钾氧化至五价状态。



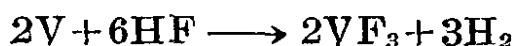
【43】 HCl + C₂H₅OH + Na

钒酸铵可被乙醇和盐酸还原为二氯化氧钒，然后又可进一步被钠汞齐在氢气中还原为一氯化氧钒。



【44】 HF

钒溶解于氢氟酸后即有三氟化钒和氢形成。



【45】 $\text{H}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$

当五氧化二钒与氰亚铁酸作用时，即有黄色二氧化钒沉淀形成。

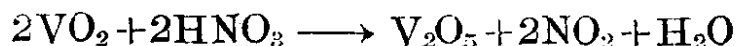


【46】 HNO_3

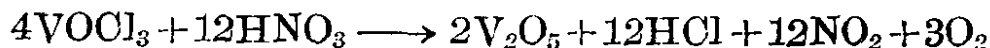
(1) 钒溶解于硝酸后，生成四硝酸钒和二氧化氮及水。



(2) 二氧化钒溶解于硝酸后，即被氧化成五氧化二钒，此外，还有水和二氧化氮形成。

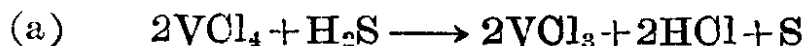


(3) 三氯化氧钒与硝酸银和硝酸作用后，形成五氧化二钒，盐酸，二氧化氮和氧。

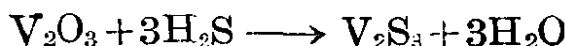


【47】 H_2S

(1) 四氯化钒与硫化氢加热后，首先形成三氯化钒，然后生成三硫化二钒。

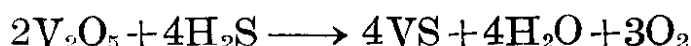


(2) 当硫化氢导入加热至红热的细微的三氧化二钒上，即有下列反应产物形成。



(3) 将硫化氢导入置于管形炉的五氧化二钒上，即有硫化钒

形成。一个 20 克的样品约需 2~20 小时的反应时间。



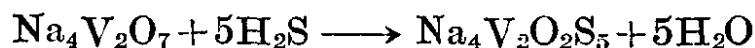
(4) 偏钒酸铵溶液的氨溶液(氨液的密度为 0.89 克/厘米³) 在冰的冷却下, 将硫化氢导入该溶液中直至有结晶形成为止。这个结晶为全硫钒酸铵。



(5) 当硫化氢与钒酸钠作用后, 形成三硫代钒酸钠。

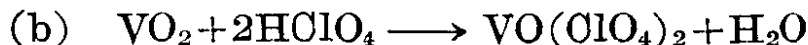
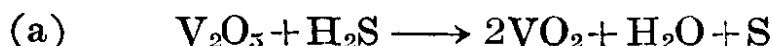


(6) 当硫化氢导入熔化的焦钒酸钠达 6 小时后, 将有五硫代焦钒酸钠形成。



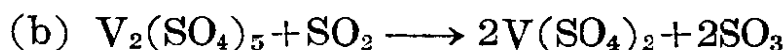
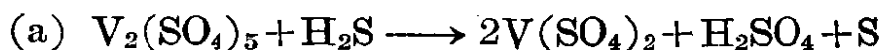
【48】 H_2S 、 $HClO_4$

当五氧化二钒被硫化氢还原至四价状态后, 再与高氯酸作用, 即有高氯酸氧钒形成。



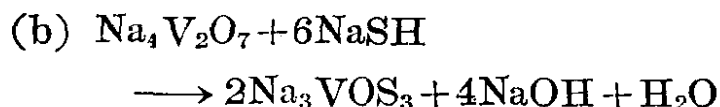
【49】 H_2S 、 SO_2

(五) 硫酸二钒可被硫化氢或二氧化硫还原至(二)硫酸钒。



【50】 H_2S 、 $NaOH$

在饱和有硫化氢的 30 毫升氢氧化钠溶液(密度 1.222 克/厘米³)中, 加入溶于 6 毫升水中的 3 克焦钒酸钠溶液, 然后将溶液于冰浴上冷却, 并同时导入硫化氢直至结晶完全为止。结果有含有五分子水的三硫代钒酸钠的结晶形成。



【51】 H_2S 、 KOH

6 克偏钒酸钾溶解于 20 克氢氧化钾溶液(密度 1.472 克/厘

米³) (可在水浴上加温促进溶解之)。当溶解完全后, 将溶液在冰浴上冷却, 并以硫化氢导入该溶液直至结晶开始析出为止。这个黑色结晶的组份是含有三分子水的六硫代焦钒酸钾。



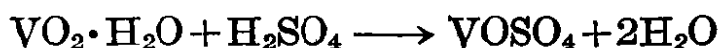
【52】 H_2S 、 NH_4F

三氟化氧钒被硫化氢还原后, 将溶液浓缩, 再与氟化铵作用, 生成下列蓝色单斜晶物。

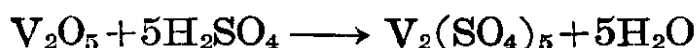


【53】 H_2SO_4

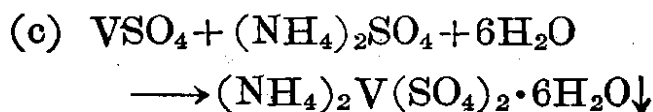
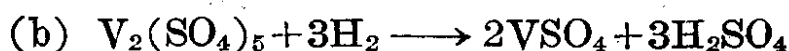
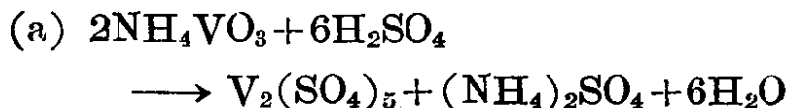
(1) 水合二氧化钒与硫酸作用后, 即有硫酸氧化钒形成。



(2) 五氧化二钒与硫酸加热时, 即有五硫酸二钒和水形成。

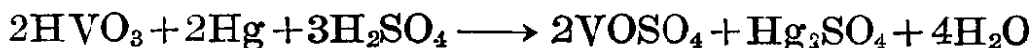


(3) 偏钒酸铵的硫酸溶液在二氧化碳气流下电解后 (应用粘土的隔膜把阴极与阳极分离开来), 即将红紫色液体在二氧化碳气流下于真空干燥器中蒸发, 即有六水合硫酸钒铵的结晶形成。



【54】 $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Hg}$

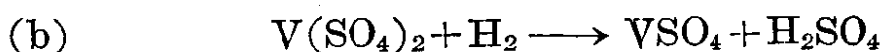
当偏钒酸盐的硫酸溶液与汞剧烈振摇后, 溶液即变为淡蓝色, 而钒即被还原至四价状态。



【55】 H_2SO_4 、 H_2SO_3 、 K_2SO_4

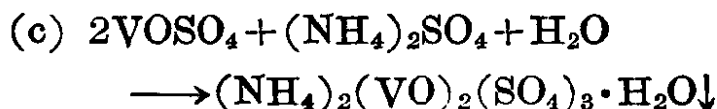
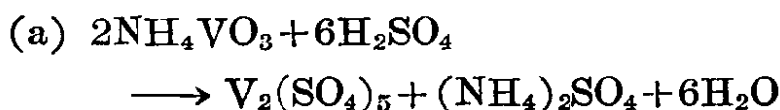
当 6 克五氧化二钒混悬于硫酸的溶液与亚硫酸作用后, 得到蓝色溶液, 在二氧化碳气流下电解之 (阴极和阳极是用粘土隔膜分开的), 并以 11.8 克硫酸钾加至上述电解后的红紫色溶液中, 然后

在二氧化碳气流下进行蒸发,则得到红紫色六水合硫酸钒钾结晶。



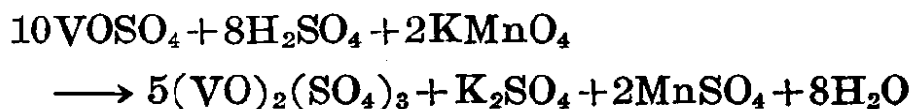
【56】 H_2SO_4 、 H_2SO_3 、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

将偏钒酸铵溶解于过量的硫酸中,并加亚硫酸还原之。然后加入过量硫酸铵,并在较高的温度上进行蒸发,则有微晶形蓝色粉末(三)硫酸二(氧钒)二铵形成。硫酸钠亦有同样反应。



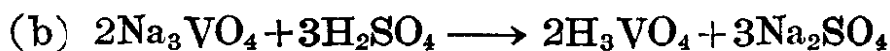
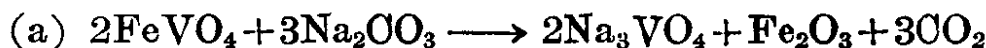
【57】 H_2SO_4 + KMnO_4

硫酸氧化钒与高锰酸钾和硫酸作用后,即有硫酸氧钒形成。



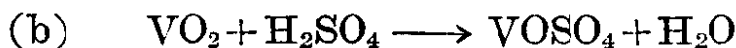
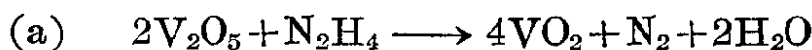
【58】 H_2SO_4 、 Na_2CO_3

当钒酸铁与碳酸钠的浓溶液共煮沸后,将溶液过滤,滤液与硫酸作用后,即有钒酸形成。



【59】 H_2SO_4 、 N_2H_4

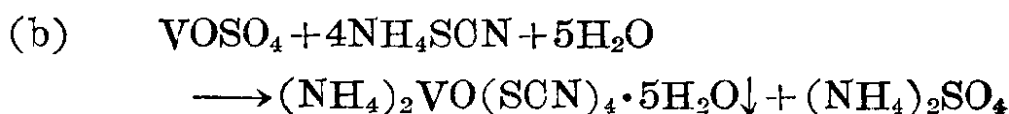
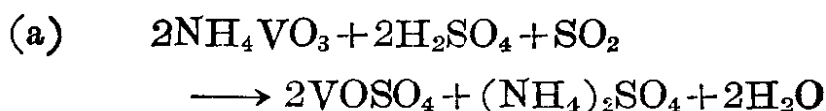
五氧化二钒与胍的硫酸溶液反应后,溶液即由黄变至绿色,最后为蓝色,其生成物除硫酸氧化钒外,还有氮和水形成。



【60】 H_2SO_4 、 SO_2 、 NH_4SCN

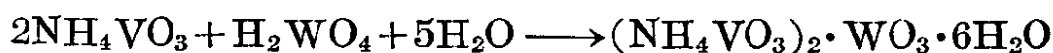
偏钒酸铵溶解于非常小量的硫酸后,与二氧化硫作用,将溶液浓缩,用氨中和后加入大量硫氰酸铵,然后溶液用乙酸乙酯提取。

蒸发除去乙酸乙酯, 则可得到硫氰酸氧钒铵的结晶。



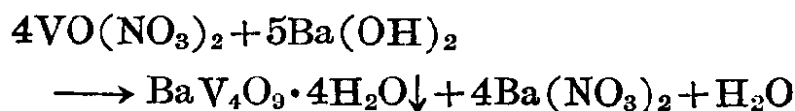
[61] H_2WO_4

当偏钒酸铵与钨酸的溶液混合后, 即有黄白色沉淀形成。



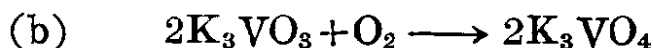
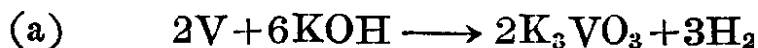
[62] $\text{Ba}(\text{OH})_2$

在 100°C 的氢氧化钡溶液中, 加入沸腾的(二)硝酸氧钒, 几小时后即生成一种黄色沉淀亚钒酸钡。



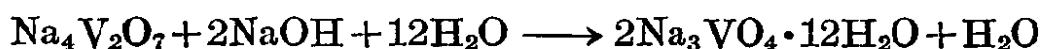
[63] $\text{KOH} + \text{O}_2$

当金属钒熔化于氢氧化钾中时, 即形成亚钒酸钾和氢。由于空气的存在, 则势必进一步形成钒酸钾。



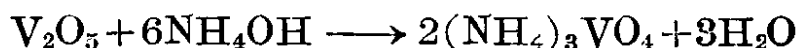
[64] NaOH

将过量的氢氧化钠水溶液加至焦钒酸钠溶液中, 并将溶液浓缩, 则有十二水合钒酸钠结晶形成。



[65] $\text{NH}_4\text{OH}(\text{NaOH}, \text{KOH})$

(1) 五氧化二钒溶解于浓的氢氧化铵溶液后, 即有钒酸铵形成。

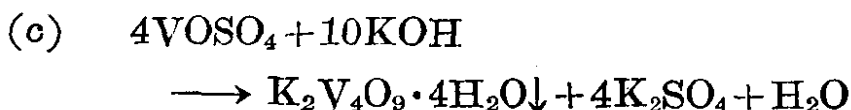
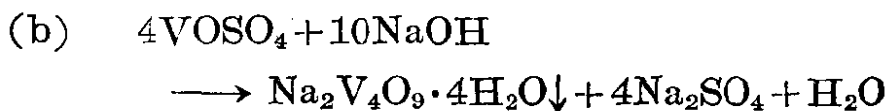
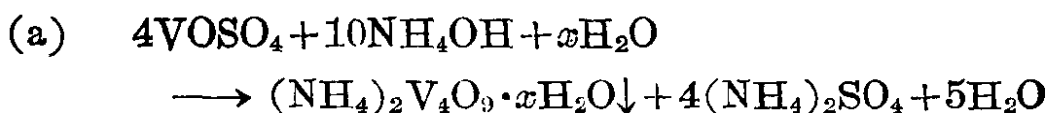


(2) 三氟化氧钒与氢氧化铵作用后, 生成偏钒酸铵和氟化铵。



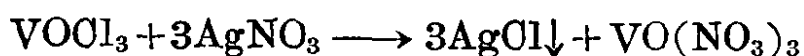
(3) 向加热至 100°C 的氢氧化铵溶液中, 徐徐加入等量的硫酸氧化钒沸溶液, 约数小时后, 即有亚钒酸铵的棕色针状结晶形

成。与氢氧化钠、氢氧化钾作用时,亦有相同反应发生。



【66】 AgNO_3

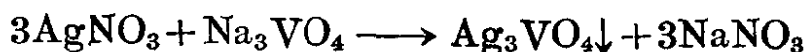
(1) 三氯化氧钒加至硝酸银溶液后, 即有氯化银沉淀形成。



(2) 硝酸银加至钒酸铵的饱和溶液后, 即有棕色沉淀形成。

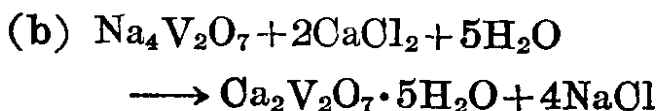
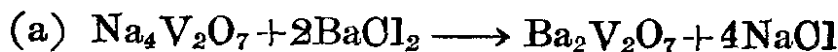


(3) 将硝酸银加至钒酸钠溶液后, 即有钒酸银沉淀形成。



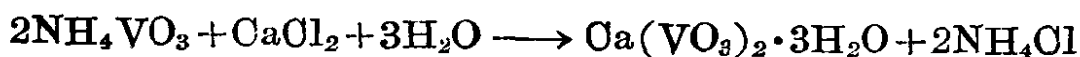
【67】 BaCl_2 、 CaCl_2

氯化钡溶液加至焦钒酸钠溶液后, 即有焦钒酸钡形成。氯化钙溶液亦有相同形式的反应。



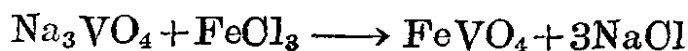
【68】 CaCl_2

偏钒酸铵的水溶液与氯化钙反应后, 再加入乙醇, 即有亮黄色针状物形成。



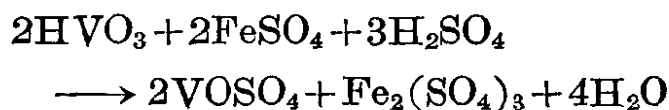
【69】 FeCl_3

当氯化铁与钒酸钠作用后, 即形成钒酸铁沉淀, 而在溶液中留有氯化钠。其他元素如 Fe^{2+} 、 Mn^{2+} 、 Zn 、 Co 、 Ni 、 Cu 、 Hg 、 Al 亦有相同形式的反应。



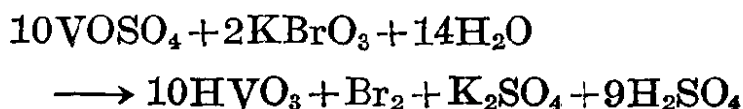
【70】 FeSO_4

用标准硫酸亚铁溶液滴定时, 可使五价钒定量地还原至四价钒, 指示剂可用二苯胺或铁氰化钾。



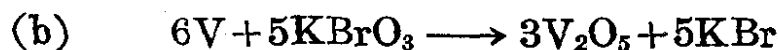
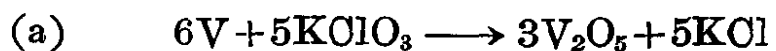
[71] KBrO₃

硫酸氧化钒可被溴酸钾氧化为偏钒酸和游离溴。



[72] KClO₃、KBrO₃、KIO₃、KClO₄

钒与氯酸钾溶液加热至 40~50°C 时, 即生成五氧化二钒。同理, 钒和溴酸钾、碘酸钾、高氯酸钾亦有类似反应。

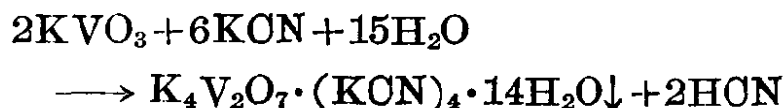


[73] KCN

(1) 过量的氰化钾与三氯化钒溶液作用后, 再加入乙醇, 即有氰亚钒酸钾形成。

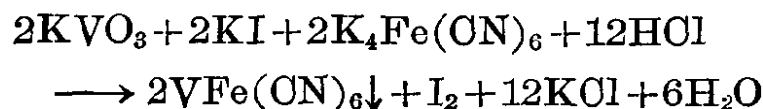


(2) 将偏钒酸钾与氰化钾的溶液进行还原电解(在电解时, 阴极和阳极是用多孔粘土圆筒分开)。阳极的液体是乙酸钾。溶液从反应生成的棕色沉淀过滤出来。将滤液蒸发后, 即有焦钒酸钾-氰化钾的白色三棱形结晶形成。



[74] K₄Fe(CN)₆ + KI

当五价钒(偏钒酸钾)在过量的亚铁氰化钾参加下, 与碘化钾作用时(在没有空气的条件下), 则碘将定量地被释放出来。

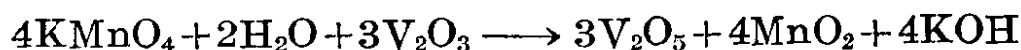


[75] KHF₂

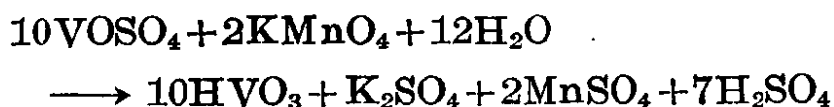
当五氧化二钒迅速溶解于氟氢化钾的水溶液时,温度即升高,待冷却后,即有下列结晶片形成。

**[76] KMnO₄**

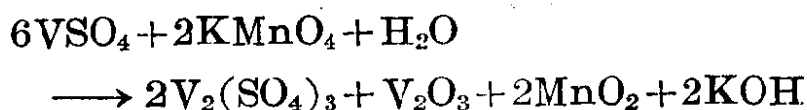
(1) 三氧化二钒可被高锰酸钾氧化至五氧化二钒。二氧化锰和氢氧化钾亦同时形成。



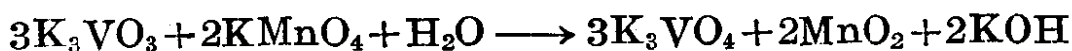
(2) 高锰酸钾溶液与硫酸氧化钒在约 80°C 加热时,即有下列反应产物形成。



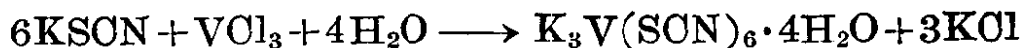
(3) 硫酸钒可被高锰酸钾氧化至较高价的硫酸盐,可能是(三)硫酸二钒;此外,还有三氧化二钒、氢氧化钾和二氧化锰形成。



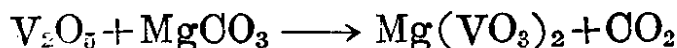
(4) 亚钒酸钾可被高锰酸钾氧化至钒酸钾,同时有二氧化锰、氢氧化钾形成。

**[77] KSCN**

当略少于计算量的三氯化钒水溶液与硫氰酸钾的乙醇溶液消化(在水浴上)后,即有硫氰酸钒钾形成。

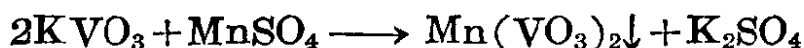
**[78] MgCO₃**

五氧化二钒的细粉与过量的碳酸镁在水溶液中煮沸,直至不再有二氧化碳逸出,这时即有偏钒酸镁生成。

**[79] MnSO₄**

(1) 将 20 克偏钒酸钾溶解于 250 毫升沸水中,并与计算量的硫酸锰(在 250 毫升沸水中)作用,结果有含有四分子水的水合偏

钒酸锰析出,倘溶液继续煮沸,则有无水盐析出。

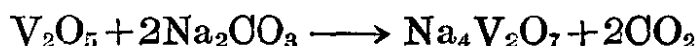


(2) 当偏钒酸铵溶液与硫酸锰作用时,即有红棕色结晶形成。

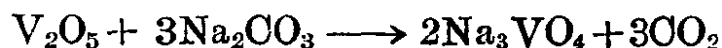


【80】 Na_2CO_3

(1) 五氧化二钒与碳酸钠(2:1 摩尔比)作用时,形成焦钒酸钠和二氧化碳。

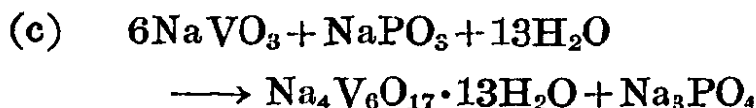
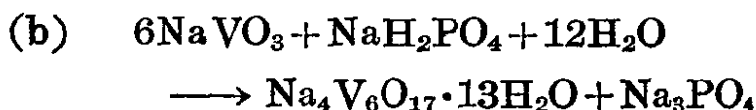
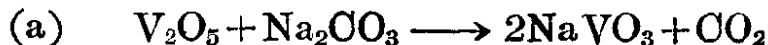


(2) 五氧化二钒与碳酸钠(3:1 摩尔比)共熔融时,即有钒酸钠形成。



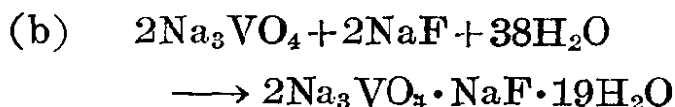
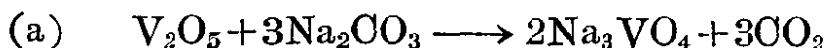
【81】 Na_2CO_3 、 NaH_2PO_4 、 NaPO_3

五氧化二钒与碳酸钠(1:1 摩尔比)共熔融后,再与磷酸二氢钠作用,即有红色结晶形成。同样,当熔融后的生成物(偏钒酸钠)与偏磷酸钠作用时,亦生成红色结晶。



【82】 NaF + Na_2CO_3

将理论量的五氧化二钒、碳酸钠和氟化钠共混合后,加热至熔化。熔化物溶解于热水后,浓缩,并让其结晶,即有下列复合物(含有 19 分子水)形成。



【83】 NH_4Cl

焦钒酸钠与氯化铵反应,形成偏钒酸铵、氨、氯化钠和水。



[84] NH_4F 、 H_2S

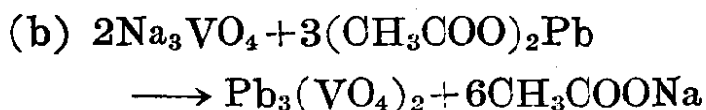
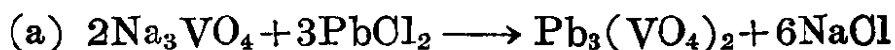
三氟化氧钒遇硫化氢后,即被还原;溶液经浓缩后,再与氟化铵反应,即有蓝色单斜晶物形成。

**[85] NH_4HF_2**

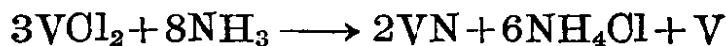
五氧化二钒溶解于氟氢化铵的水溶液后,再加入更多的氟氢化铵,即有下列薄片状物沉淀析出。

**[86] PbCl_2 、 $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}$**

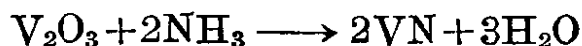
钒酸钠溶液与可溶性铅盐溶液作用后,即有钒酸铅形成。沉淀不溶于稀酸,但溶于稀硝酸。

**[87] NH_3**

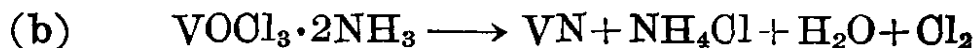
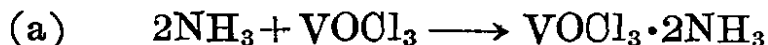
(1) 二氯化钒在氨中加热后,即有氮化钒、钒和氯化铵形成。



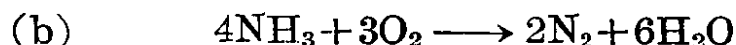
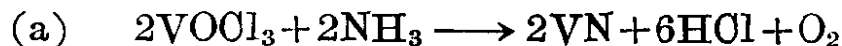
(2) 三氧化二钒在氨中加热后,生成氮化钒和水。



(3) 氨与三氯化氧钒作用后,可形成加成产物。后者如予加热,则又分解为氮化钒、氯化铵、水和氯。



(4) 三氯化氧钒在氨中加热后,形成氮化钒、盐酸、氮和水。

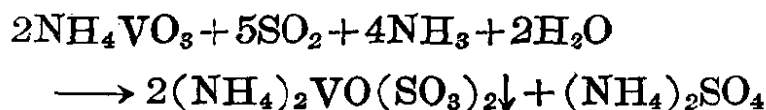
**[88] $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$**

氨与水同五氧化二钒作用后,形成偏钒酸铵。

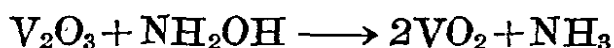


【89】 $\text{NH}_3 + \text{SO}_2$

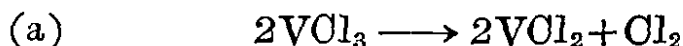
向 1 摩偏钒酸铵的溶液中, 加入 1 摩氨, 然后谨慎地用二氧化硫还原之, 并于水浴上蒸发, 则可有亚硫酸氧钒铵的蓝色盐形成。

**【90】 NH_2OH**

三氧化二钒在标准状态下与羟胺作用时, 生成二氧化钒和氨。

**【91】 加热**

(1) 三氯化钒加热时, 首先分解为二氯化钒和氯; 如继续加热, 则进一步有金属钒生成。



(2) 硫酸亚钒加热至 419°C 以上时, 将有下列方式分解反应发生。



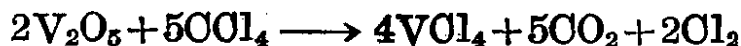
(3) 当钒酸铵在氧的存在下加热时, 即形成五氧化二钒。

**【92】 分解**

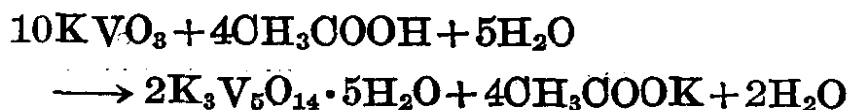
三溴化钒在常温下即可分解为二溴化钒和溴。

**【93】 CCl_4**

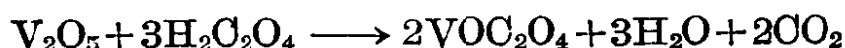
当五氧化二钒与四氯化碳进行加热反应时, 即形成四氯化钒。

**【94】 CH_3COOH**

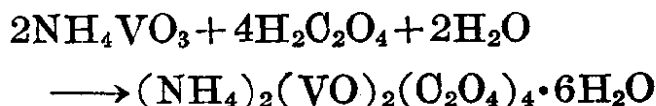
将 20 克偏钒酸钾溶解于 100 毫升温水中, 并逐滴加入 22~23 毫升 30% 乙酸, 溶液经过滤、浓缩、放冷后, 即有结晶析出。

**【95】 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$**

(1) 当五氧化二钒与草酸加热后, 即有草酸氧钒形成。

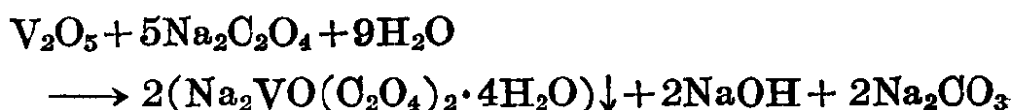


(2) 将 2 摩偏钒酸铵溶解于 4 摩草酸的溶液中, 向其生成的绿色液体加入丙酮, 结果有重油形成。当冷却后, 则又转变为草酸二(氧钒)二铵的蓝绿色结晶。



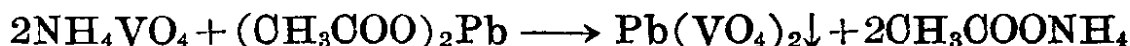
[96] $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$

五氧化二钒与草酸钠作用后, 生成黄色结晶。



[97] $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}$

高钒酸铵的饱和溶液与乙酸铅反应后, 即有黄色沉淀物生成。



钛 Ti

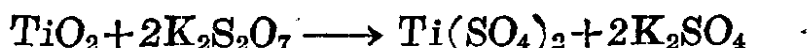
钛在自然界中分布很广, 约占地壳总重量的 0.61%。最重要的钛矿是钛磁铁矿($\text{FeTiO}_3 \cdot n\text{Fe}_3\text{O}_4$)、钛铁矿(FeTiO_3)、榍石(CaTiSiO_5)和金红石(TiO_2)。

钛是灰色金属, 密度 4.5 克/厘米³, 在 $(1660 \pm 10)^\circ\text{C}$ 时熔化。在一般情况下, 钛不大活泼, 但在高温下, 易与卤素、氧、硫、氮和其他元素化合。

钛的氧化物已知者有: Ti_2O_2 、 Ti_2O_3 、 TiO_2 、 TiO_3 或可能有 $\text{TiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}_2$ 。其中以 TiO_2 为最重要。

氧化物 Ti_2O_2 和 Ti_2O_3 可形成紫色盐, 它们遇氧化剂即迅速变为 TiO_2 的衍生物。

TiO_2 系白色难溶的物质, 不溶于水及稀酸中。如与焦硫酸钾共熔融, 则生成硫酸钛而溶于冷水。同样与碳酸钠熔融并用盐酸(6 摩/升)处理后亦可溶解于水。



TiO_2 系呈显著的两性性质, 但所显示的碱性和酸性都很微弱。由于它是弱酸的酸酐, 因此可形成偏钛酸盐(H_2TiO_3 的盐)。这些盐类在干燥情况下甚易制造, 但在水溶液中它们均被水解而有钛酸($\text{TiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$)沉出。四价钛(假定它为阳离子)所成的盐亦均容易水解。

钛盐含二价钛者均易被氧化。

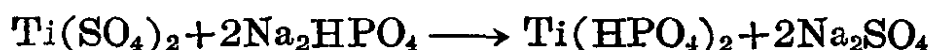
伴有三价钛的一系列的盐类, 有时常用作强有力的还原剂, 其水溶液常呈紫色, 但可变为不太稳定的绿色溶液。三价钛的盐类亦有如铁和铝对普通试剂所引起的反应相似。

在分析化学上主要接触到的是四价钛, 四价钛盐均为无色。钛的化合价为二、三、四, 通常当原子价增加时, 则钛的碱性性质将因之而减弱。

钛离子的反应

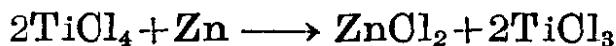
【1】 磷酸氢二钠

磷酸氢二钠溶液与钛的盐类于稀硫酸溶液中生成磷酸氢钛 $[\text{Ti}(\text{HPO}_4)_2]$ 白色沉淀。



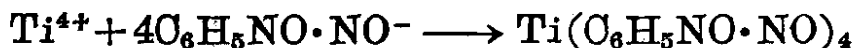
【2】 锌、镉或锡

在锌、镉或锡中, 当有任何这些金属之一加至钛盐的酸性(常用盐酸酸化)溶液中, 由于钛被还原至亚钛状态而有紫色发生。假定应用二氧化硫或硫化氢则没有还原作用发生。



【3】 试铜铁灵(*N*-亚硝基(β -)苯胺)(Cupferron)

“试铜铁灵”在酸性溶液中与钛盐形成黄色絮凝状的 $\text{Ti}(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_2\text{N}_2)_4$ 沉淀(与铝和铍不同)。假使有铁存在, 则可用氨和硫化铵溶液在酒石酸盐存在下使之沉淀而除去; 于是钛可能在酸化的过滤液中被“试铜铁灵”沉淀。



试剂: 见铁一节同项。

【4】 过氧化氢

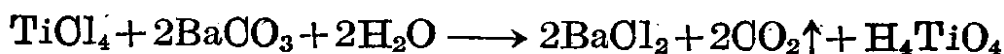
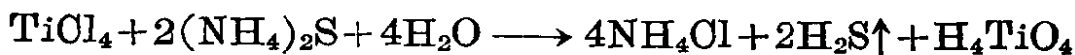
过氧化氢在微酸性(用硫酸酸化)溶液中与钛盐生成橙红色反应。这种颜色在极稀的溶液中呈黄色, 它的变化往往随过钛酸($\text{TiO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$)或 $\text{H}_2\text{TiO}_2(\text{SO}_4)_2$ 而有不同。

铬酸盐、钒酸盐和铈盐与本试剂亦呈颜色反应, 故事前应予除去。铁盐与过氧化氢呈黄色, 但可加磷酸除去。氟化物能漂白这种颜色(生成稳定的 TiF_6^{2-} 离子), 而大量的硝酸盐、氯化物、溴化物和乙酸盐以及有色的离子均能减低这个试验的灵敏度。通常在加入氟化铵后能减低这个黄色的深度时, 则表示有钛存在。

灵敏度: 2 微克 Ti。极限浓度: 1:25,000。

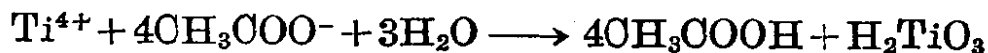
【5】 硫化铵及碳酸钡

硫化铵及碳酸钡等试剂在冷时均与钛盐, 例如硫酸钛 $[\text{Ti}(\text{SO}_4)_2]$ 形成原钛酸 $[\text{H}_4\text{TiO}_4$ 或 $\text{Ti}(\text{OH})_4]$ 的白色胶性沉淀, 几乎不溶于过量的试剂, 但溶于无机酸。倘在热溶液中发生沉淀, 则必为偏钛酸 $[\text{H}_2\text{TiO}_3$ 或 $\text{TiO}(\text{OH})_2]$, 后者很难溶解于稀酸。酒石酸盐和柠檬酸盐均可阻止沉淀的发生。



【6】 碱金属的乙酸盐

碱金属的乙酸盐能沉淀所有钛盐(在煮沸的溶液中)为偏钛酸。



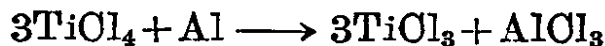
【7】 Ag

四氯化钛与金属银共加热至 250°C , 即形成紫罗兰色的三氯化钛和氯化银。当蒸馏三氯化钛时, 则反应又转入(a)的逆向反应(b)。



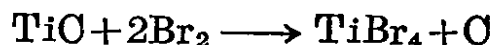
【8】 Al

四氯化钛与金属铝在 200°C 产生还原反应, 形成三氯化钛。

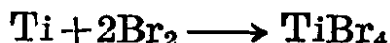


【9】 Br₂

(1) 当碳化钛与溴在二氧化碳气流中反应时, 即生成四溴化钛。



(2) 当溴和钛在二氧化碳气流中反应时, 即形成四溴化钛。



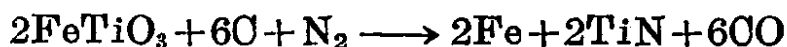
【10】 Br₂ + C

二氧化钛和碳黑混合物与溴蒸气在赤热(640°C)时反应, 即生成四溴化钛。



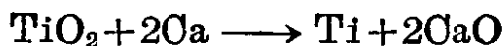
【11】 C + N₂

钛酸亚铁在硝化炉内被碳还原后, 即有氮化钛生成。



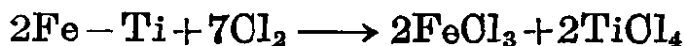
【12】 Ca

二氧化钛可被金属钙剧烈地还原。

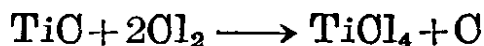


【13】 Cl₂

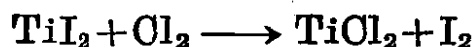
(1) 将干燥的纯氯气流, 通至在炉上加热的磨成粉状的钛铁(合金)上, 即形成四氯化钛, 该过程十分简单, 亦非常迅速, 且得率亦高。



(2) 当纯粹的碳化钛经氯化后, 即有四氯化钛形成。



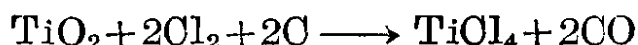
(3) 当二碘化钛在氯的气流下加热时, 即有二氯化钛形成。



【14】 Cl₂ + C

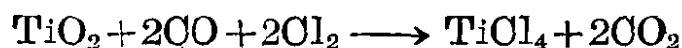
当碳和二氧化钛(或含有 TiO₂ 的物质, 如钛铁矿(FeTiO₃)或

TiO₂-富矿渣)的混合物在高温下氯化时,即有四氯化钛形成。其他组分(包括 FeO 和 SiO₂ 在内)亦同样氯化,但四氯化钛可由其他氯化物中借分馏作用而分离开来。



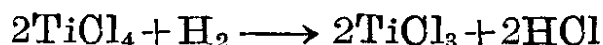
[15] Cl₂ + CO

当二氧化钛加热至亮红时,与等体积的一氧化碳和氯的混合物反应,即有四氯化钛形成。

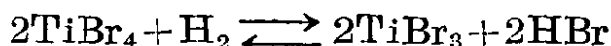


[16] H₂

(1) 四氯化钛与氢在 650°C 的还原反应中,生成无水三氯化钛。



(2) 利用四溴化钛与氢在 400°C 以上的还原反应,并根据热-冷管的原理,可以制得无水三溴化钛。



(3) 二硫化钛在玻璃试管中加热时,通入干燥的氢气,即还原为一硫化钛,并释放出硫化氢。当三硫化二钛用同样方式处理时,亦有类似反应发生。



(4) 二碘化钛在暗红热时并不能被氢还原,但在白热时,则可形成一种极易氧化的无定形钛金属粉末。



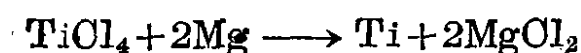
[17] Mg

(1) 当二氧化钛与 5% 过量的镁粉混合后,共灼烧之,结果有金属钛形成。



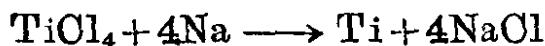
(2) 四氯化钛与镁置于封闭容器中(容器内保持有惰性气体的气氛),于 $(0.555556 \times 1475)\text{K}$ 下反应,四氯化钛即还原为钛,这就是众所周知的 Kroll 方法,也是商业上制备金属钛最常用的

方法。



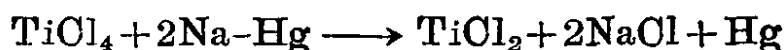
【18】 Na

当四氯化钛在密闭的不锈钢圆筒内加热至低红热时，可被钠还原为钛。



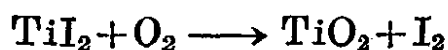
【19】 Na-Hg

四氯化钛在室温时可被钠汞齐还原为黑色二氯化钛。



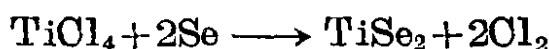
【20】 O₂

在温度达到暗红热以前，氧可使二碘化钛分解，形成碘和二氧化钛。



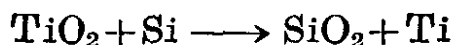
【21】 Se

将四氯化钛和硒的蒸气通过热钨丝上，即可制得硒化钛。



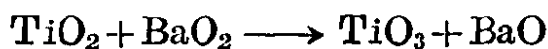
【22】 Si

当硅与二氧化钛共熔时，硅作为还原剂，可由此而生成非常纯净的钛。



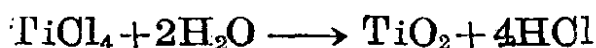
【23】 BaO₂

固体二氧化钛与固体过氧化钡反应，即生成红-黄色过(三)氧化钛。



【24】 H₂O

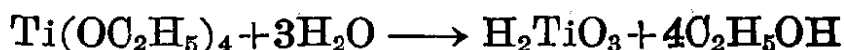
(1) 当水蒸气与挥发性四氯化钛作用后，即有金红石结晶形成。



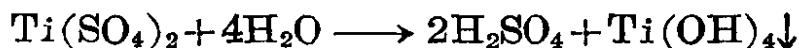
(2) 在碱性溶液中，三氢氧化钛能释放出氢。



(3) 水能分解四乙醇钛为偏钛酸。

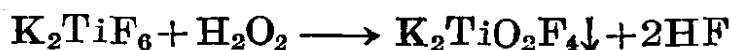


(4) 当水加至硫酸钛中, 即有氢氧化钛形成。



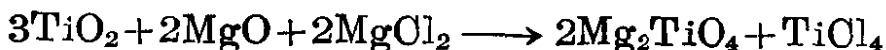
【25】 H_2O_2

当氟偏钛酸钾与过氧化氢在高温下作用时, 生成下列黄色四氟代钛酸钾沉淀物。



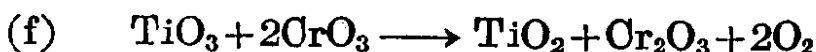
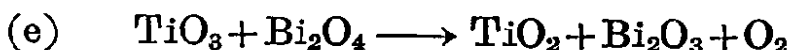
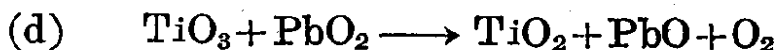
【26】 $\text{MgO} + \text{MgCl}_2$

将二氧化钛、氧化镁和氯化镁的混合物共加热数小时, 结果有钛酸镁和四氯化钛形成。



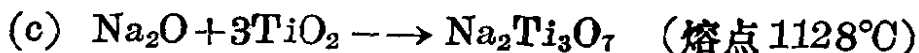
【27】 MnO_2 、 Mn_2O_3 、 Mn_3O_4 、 PbO_2 、 Bi_2O_4 、 CrO_3

二氧化锰可还原过(三)氧化钛为二氧化钛。同样与三氧化二锰、四氧化三锰、二氧化铅、四氧化二铋和三氧化铬作用时, 亦有相同形式的反应发生。



【28】 Na_2O

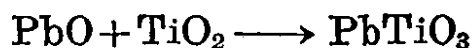
二氧化钛与氧化钠共加热反应时, 可生成下列三种化合物(不需要其他条件)。



【29】 PbO

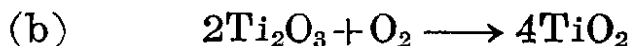
当一氧化铅和纯化的水合二氧化钛的混合物, 在控制下煅烧

时,则一氧化铅与二氧化钛完全结合,形成偏钛酸铅。



【30】 SO_2

在接触法中二氧化钛的最适宜催化特性是在 500°C 。



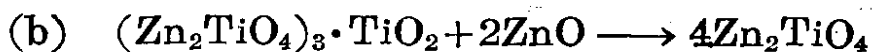
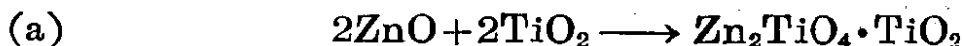
【31】 SO_3

四氯化钛的 20% 氯仿溶液与三氧化硫的 5% 氯仿溶液反应后,生成黄色结晶的加成产物。



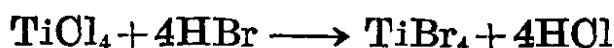
【32】 ZnO

当二氧化钛与氧化锌在 430°C 左右时,即开始反应而生成原钛酸锌。至于伴有过量二氧化钛的固溶体,它的反应温度则在 800°C (左右)之下。



【33】 HBr 、 HI

(1) 将气体溴化氢通入加热至 50°C 的四氯化钛上,即有四溴化钛形成。

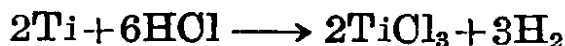


(2) 当气体碘化氢与四氯化钛作用时,即有四碘化钛形成。



【34】 HCl

(1) 金属钛溶解于热的盐酸,生成紫色的三氯化钛溶液。

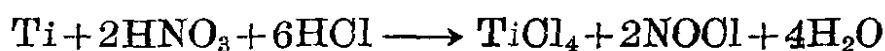


(2) 将二氧化钛加至干燥的液体氯化氢中,并浸入丙酮-固体二氧化碳浴内。经数小时后,将氯化氢滗去,并以干燥戊烷洗涤固体,过滤。如以二氧化钛在 200°C 与氯化氢气体作用时,亦可获得相同的结果。

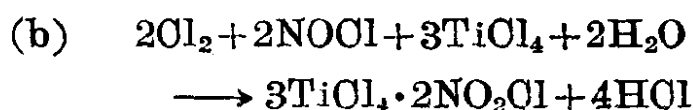


[35] HCl + HNO₃

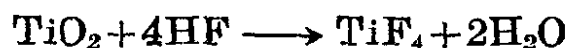
(1) 钛溶解于盐酸和硝酸的混合液中, 即有四氯化钛、亚硝酸氯和水形成。



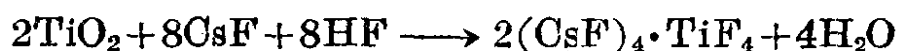
(2) 干燥的王水蒸气与四氯化钛作用时, 即有下列化合物形成。

**[36] HF**

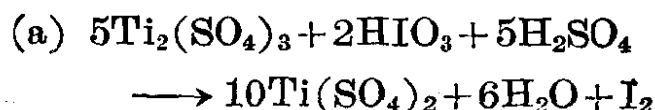
在加热至红热时, 二氧化钛可被氟化氢转变为四氟化钛。

**[37] HF + CsF**

将氟化铯加至较浓的二氧化钛之氢氟酸溶液中, 即得到小的光亮的结晶物钛和铯的复合氟化物。

**[38] HIO₃ + H₂SO₄**

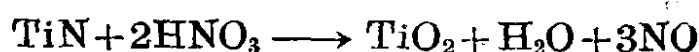
碘酸盐可以在硫酸中应用钛离子进行滴定而测定之(a)。其游离的碘, 可以再加入亚钛化合物, 促使反应达到完全(b)。

**[39] HNO₃**

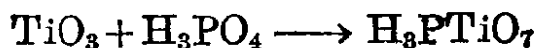
(1) 浓硝酸能分解四溴化钛, 并形成氧化氮、溴和偏钛酸。



(2) 当1克氮化钛在搅动的情况下, 加至15毫升硝酸(密度1.42克/厘米³)中, 并在60°C加热, 则有白色二氧化钛形成。

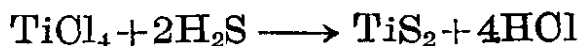
**[40] H₃PO₄**

过(三)氧化钛与磷酸作用后, 生成黄色沉淀。

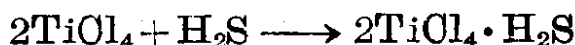


[41] H₂S

(1) 将四氯化钛放在一个气体反应装置中, 加热至几乎沸腾, 然后通入硫化氢至该溶液中, 直至不再有盐酸释出为止。结果有二硫化钛形成。

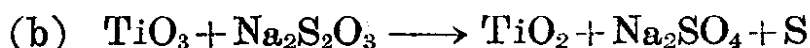


(2) 四氯化钛与液体硫化氢作用(在非常低的温度下), 生成黄色结晶性固体。



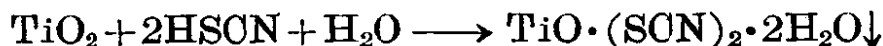
[42] H₂S、Na₂S₂O₃

硫化氢与过(三)氧化钛作用后, 生成二氧化钛。硫代硫酸钠亦有相同形式的反应。



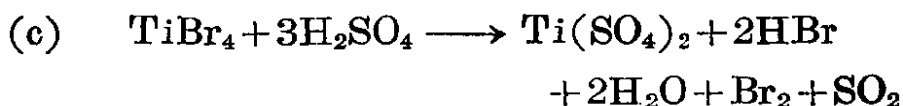
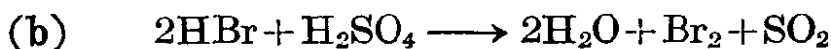
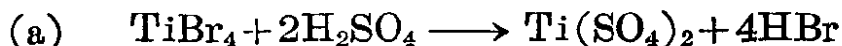
[43] HSCN

二氧化钛与10% 硫氰酸溶液作用后, 在真空的浓硫酸上蒸发, 即有硫氰酸氧钛的红色结晶形成。

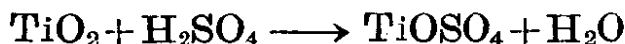


[44] H₂SO₄

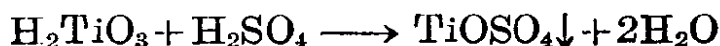
(1) 浓硫酸能分解四溴化钛, 并放出溴化氢。



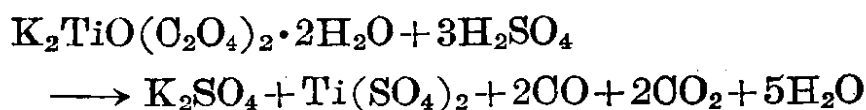
(2) 当二氧化钛与热硫酸作用后, 即有碱式硫酸钛形成。



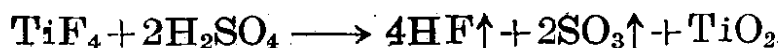
(3) 偏钛酸徐徐加至硫酸中(在100°C), 并予搅动。隔半小时后, 形成完全的溶液, 但随后有非常细的针状碱式硫酸钛沉淀生成。沉淀经过滤、洗涤后, 在70~80°C 干燥。



(4) 当草酸氧钛钾溶液与硫酸作用时, 即有硫酸钾和硫酸钛形成。

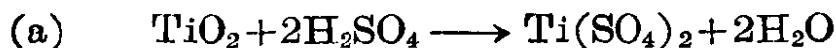


(5) 四氟化钛与硫酸蒸发时, 即定量地变为二氧化钛(与硅酸不同)。



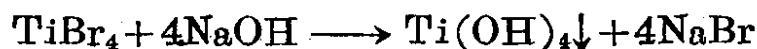
【45】 H_2SO_4 、 CaSO_4 、 SrSO_4 、 BaSO_4

取 1.6 克的二氧化钛溶解于 200 毫升浓硫酸中。向该溶液中加入含有 5 克硫酸钙的 100 毫升硫酸的溶液, 然后除去过量的硫酸, 即有立方形结晶体形成。硫酸锶、硫酸钡亦有相同形式的反应发生。



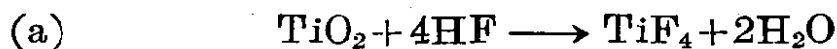
【46】 NaOH

四溴化钛与 20% 氢氧化钠溶液作用后, 即有氢氧化钛形成。



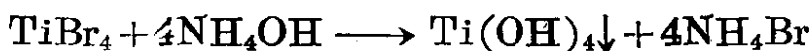
【47】 $\text{NaOH} + \text{HF}$

二氧化钛与氢氟酸反应后, 再用氢氧化钠中和反应溶液, 这样即可制得氟偏钛酸钠。

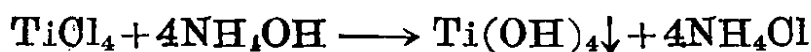


【48】 NH_4OH

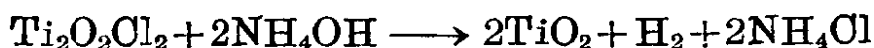
(1) 当四溴化钛与氢氧化铵作用时, 即有氢氧化钛沉淀形成。



(2) 当四氯化钛与氢氧化铵作用时, 即有氢氧化钛沉淀形成。



(3) 当氯化钛与氢氧化铵作用后, 即有二氧化钛、氯化铵和氢形成。



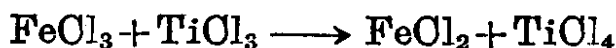
[49] CuSO₄

根据电极电势, 金属钛能从锡、铅、铜、银和汞的任何一种盐类溶液中, 很容易置换出它们的金属来。但事实并不如此, 因为由于产生了二级反应, 生成了不溶解的带有粘附性的氢氧化钛。



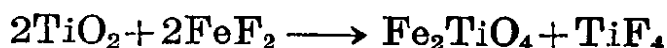
[50] FeCl₃

三氯化钛与氯化铁作用时, 生成氯化亚铁。



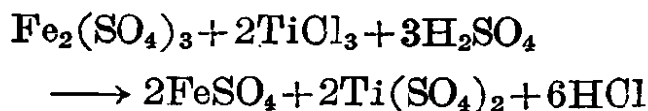
[51] FeF₂

将二氧化钛、氟化亚铁和氯化钠的混合物共加热数小时, 则有钛酸亚铁的结晶形成, 在这里, 氯化钠作为稀释剂。



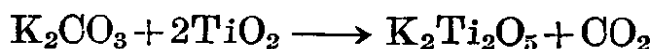
[52] Fe₂(SO₄)₃

将三氯化钛溶液加至硫酸铁的酸溶液中, 于是反应即按下式进行。



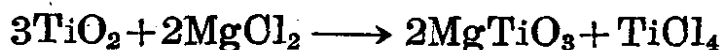
[53] K₂CO₃

二氧化钛与碳酸钾在 880°C 作用时, 即有下列反应发生。



[54] MgCl₂

将二氧化钛和氯化镁的混合物与氯化铵在一个封闭的铂坩埚中, 加热至白热达 15 分钟, 则有偏钛酸镁形成。氯化铵在这里作为一个稀释剂。



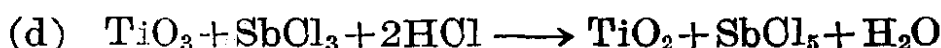
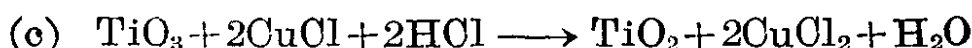
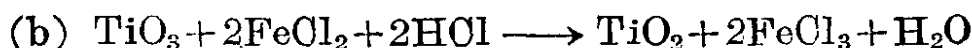
[55] MnF₂

当二氧化钛与氟化锰共加热时, 则有小形结晶——钛酸锰形成。



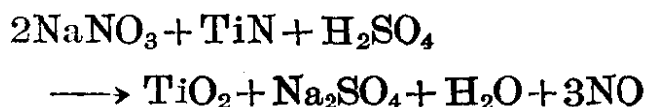
【56】 NaNO_2 、 FeCl_2 、 CuCl 、 SbCl_3 、 NaOCl

亚硝酸钠与过(三)氧化钛作用后,后者即被还原为二氧化钛。同样,与氯化亚铁、氯化亚铜、三氯化锑和次氯酸钠作用时,亦有相同形式的反应发生。



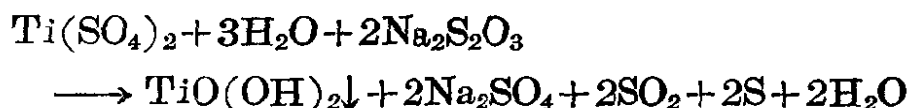
【57】 $\text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$

将硝酸钠非常缓慢地加至氮化钛的硫酸混悬液中,并移置 50°C 保温 100 小时,然后倒至 100 毫升冷水中,过滤并煮沸后,即有二氧化钛析出。

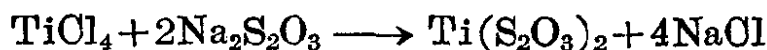


【58】 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

(1) 硫酸钛与硫代硫酸钠作用后,生成白色沉淀。

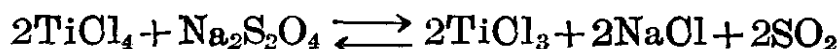


(2) 当四氯化钛和硫代硫酸钠的混合液煮沸时,即有硫代硫酸钛沉淀形成。



【59】 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$

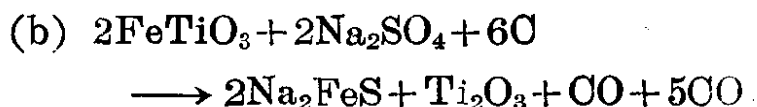
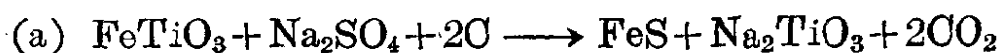
四氯化钛与连二亚硫酸钠在中性或弱酸性溶液中作用时,即有三氯化钛形成。在酸性溶液中,如有过量的连二亚硫酸钠参加,则反应将由左向右;在碱性溶液中,反应是由右向左。



【60】 $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{C}$

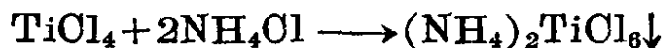
在电炉上加热钛铁矿(FeTiO_3)制取钛颜料时,可以有二个反

应(a)(b),但主要是第一个反应(a)。



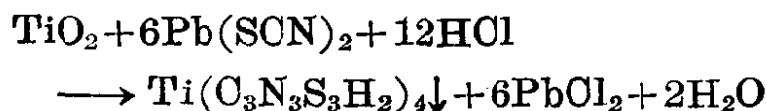
【61】 NH_4Cl

以固体氯化铵加至四氯化钛的浓盐酸溶液中,并在低温下保持12小时,则有黄色氯偏钛酸铵结晶形成。



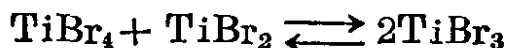
【62】 $\text{Pb}(\text{SCN})_2 + \text{HCl}$

二氧化钛在醚和盐酸中的溶液与硫氰酸铅作用后,即有黑色针状物硫氰尿酸钛形成。



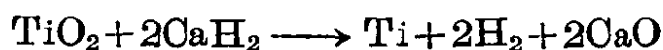
【63】 TiBr_2

将四溴化钛蒸气在氢气氛中通至热的二溴化钛上,当温度低于 400°C 时,即形成三溴化钛。



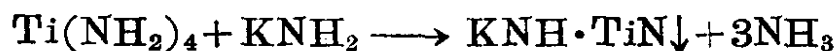
【64】 CaH_2

利用二氧化钛与氢化钙的还原反应,可制得金属钛。二氧化钛与氢化钠亦有类似反应。



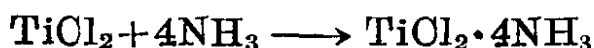
【65】 KNH_2

氨基(化)钛和氨基(化)钾在液氨中反应,即得到一种沉淀物。

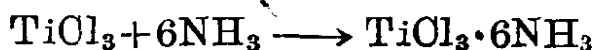


【66】 NH_3

(1) 当二氯化钛与氨在低温下(-78°C)反应时,即形成四氨合二氯化钛。



(2) 三氯化钛与氨在 -78°C 反应,即形成六氨合三氯化钛。

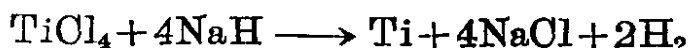


【67】 NH_3 、 $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$

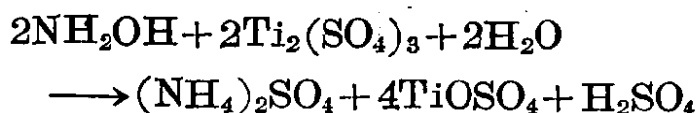
当干燥的氨气流通入浓的四氯化钛醚溶液中，即得到一种无定形的黄色粉末六氨合四氯化钛。吡啶与四氯化钛亦能发生同样的反应。

**【68】 NaH**

四氯化钛蒸气与氢化钠在 400°C 反应时，即生成纯的金属钛。

**【69】 NH_2OH**

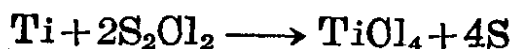
在无空气存在情况下，羟氨在酸性溶液中可被过量的硫酸亚钛还原。

**【70】 PCl_5 、 POCl_3**

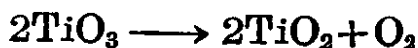
四氯化钛与五氯化磷或三氯化磷，可化合成复合化合物。

**【71】 S_2Cl_2**

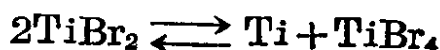
一氯化硫可将钛铁合金中的钛分离出来，反应可在 70°C 中进行。

**【72】 ϵ**

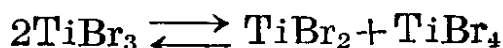
当应用电流将过(三)氧化钛还原成二氧化钛时，必须有硫酸存在。

**【73】 加热**

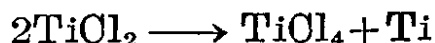
(1) 二溴化钛在 500°C 以上加热时，分解成金属钛和四溴化钛。



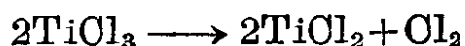
(2) 三溴化钛在真空中 400°C 以上加热后, 即歧化成二溴化钛和四溴化钛。



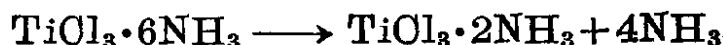
(3) 由三氯化钛热分解制得的无水二氯化钛在真空中加热至 475°C 时, 即慢慢分解为四氯化钛和钛。



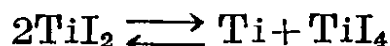
(4) 三氯化钛在碳管中于 600°C 真空加热时, 即形成二氯化钛。



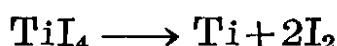
(5) 六氨合三氯化钛在 300°C 时即分解为二氨合三氯化钛和四分子氨。



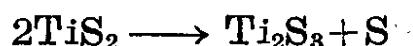
(6) 温度在 550°C 时, 二碘化钛即部分分解为金属钛和四碘化钛。



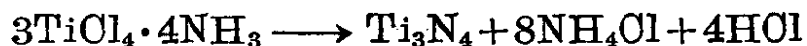
(7) 四碘化钛蒸气在抽空容器中于 1300°C 的细热丝上进行热分解后, 可以制得非常纯的金属钛。其纯化粗钛的反应过程是热细丝上释放的碘和同容器内的粗金属钛反应, 生成四碘化钛, 后者接着在热的细丝上分解, 这样纯净的金属钛即沉积在细丝上。



(8) 二硫化钛在氮气氛中加热时, 即形成三硫化二钛和硫。

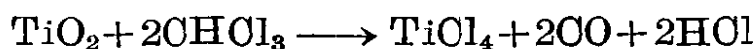


(9) 四氯化钛的氨衍生物加热后即形成钛的氮化物。



[74] CHCl₃

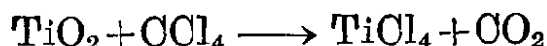
三氯甲烷蒸气与二氧化钛在亮红热的条件下反应时, 即形成四氯化钛, 也可能生成若干氯氧化钛。



[75] CCl₄

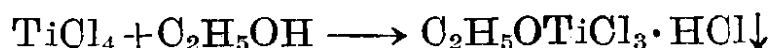
将四氯化碳蒸气通入已加热至亮红色的二氧化钛上, 即有四

氯化钛生成。



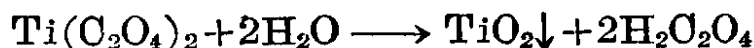
【76】 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$

1 摩四氯化钛缓慢地加至 4 摩无水乙醇中，并在真空容器中于 $80\sim 100^\circ\text{C}$ 反应，即形成白色的乙氧基三氯化钛盐酸盐沉淀。



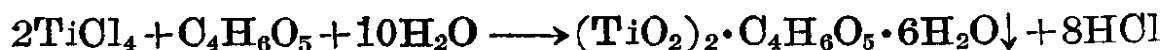
【77】 单宁酸

将氯化铵半饱和的中性草酸钛溶液与单宁酸处理后，即有二氧化钛沉淀形成。



【78】 $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_5$

四氯化钛的溶液与苹果酸反应后，即生成白色的结晶沉淀物。



【79】 $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}$

将 1 摩乙醚与 1 摩四氯化钛混和后的糖浆状物，在 $160\sim 172^\circ\text{C}$ 进行蒸馏，所得的灰白黄色液体经放冷后，即生成乙氧基三氯化钛沉淀。



铀 U

铀在自然界中分布较铬、钼、钨金属为少，最重要的铀矿是沥青铀矿，它是组成很复杂的矿物，其中含氧化物 U_3O_8 约 80%。

铀是白色金属，密度 19.05 克/厘米³，在 1132.3°C 时熔化。铀与钼、钨不同者，即它的性质很活泼，在空气中只要微热即能燃烧，易与卤素和硫化合，可从稀酸中置换出氢并生成盐类，其中铀是四价的金属。当铀呈极细的粉末状时，甚至可从温水中置换出氢。

铀的化合物为数甚多，其中以六价铀的化合物最具代表性。

三氧化铀或铀酐(UO_3)，系黄色粉末，有两性氧化物的特征，与酸或碱均生成盐。

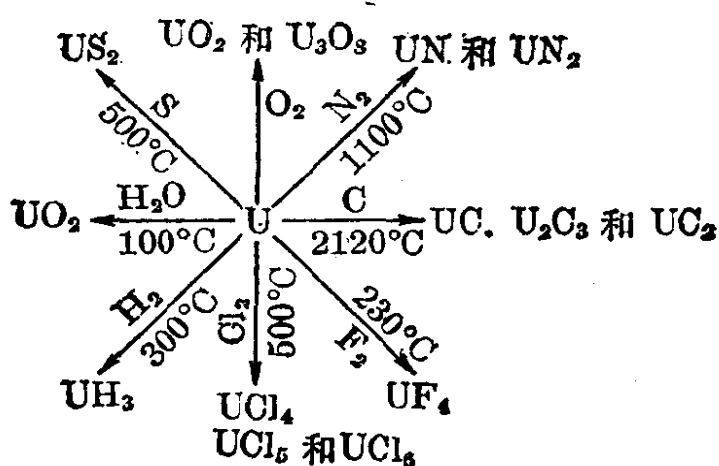
UO_3 溶于酸中形成盐, 其中带两个正电荷的 UO_2^{2+} 离子作为金属, UO_2^{2+} 称为铀酰或双氧铀(根) [如 UO_2Cl_2 、 $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$ 等等]。铀酰的盐类通常呈黄绿色, 易溶于水。

碱作用于铀酰的盐溶液时, 生成铀酸(H_2UO_4)的盐类——铀酸盐及重铀酸盐, 例如 Na_2UO_4 及 $\text{Na}_2\text{U}_2\text{O}_7$ 。后者很像焦硫酸盐($\text{M}_2\text{S}_2\text{O}_7$)和重铬酸盐($\text{M}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)。其他许多铀酸盐可用 UO_3 与不同的碱性氧化物加热的方法制得。

常见的盐类为 $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{UO}_2(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 。

铀的化合价为三、四、六。

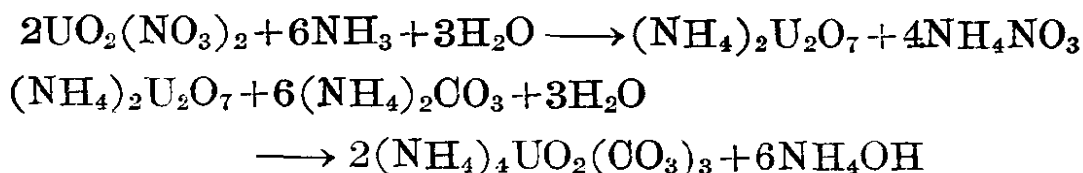
铀的主要化学反应提要:



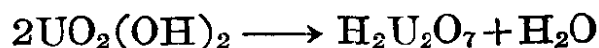
铀离子的反应

【1】 氨溶液

氨溶液与铀酰的盐生成重铀酸铵 $[(\text{NH}_4)_2\text{U}_2\text{O}_7]$ 黄色沉淀, 不溶于过量的试剂, 但易溶于碳酸铵溶液。



这个难溶的重铀酸铵, 可能通过中间产物 $\text{UO}_2(\text{OH})_2$ 而形成, 后者依靠失却了水而变为重铀酸。

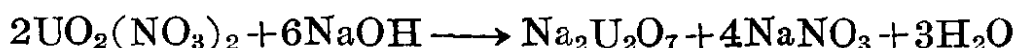


于是再变为 $(\text{NH}_4)_2\text{U}_2\text{O}_7$ 。

某种有机酸如草酸、酒石酸和柠檬酸存在时，则没有沉淀发生。

【2】 氢氧化钠

氢氧化钠溶液与铀酰的盐类生成重铀酸钠($\text{Na}_2\text{U}_2\text{O}_7$)黄色无定形沉淀，此沉淀溶解于碳酸铵溶液。



【3】 硫化铵

硫化铵溶液与铀酰的盐类生成棕色硫化双氧铀(UO_2S)沉淀，此沉淀溶于稀酸和碳酸铵溶液中。



【4】 过氧化氢

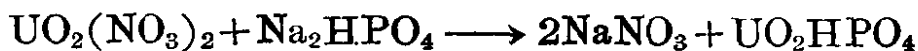
过氧化氢与铀酰的盐类生成 $\text{UO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 灰黄色沉淀，不溶于盐酸，当有硫酸根离子存在时将妨碍沉淀的形成。沉淀溶解于碳酸铵溶液并形成深黄色溶液。铬、钛及钒干扰这个反应。

【5】 试铜铁灵(*N*-亚硝基(β -)苯胍铵)(Cupferron)

试铜铁灵与铀酰的盐无沉淀发生(与钛不同)。

【6】 磷酸氢二钠

磷酸氢二钠溶液遇铀酰的盐生成磷酸氢双氧铀(UO_2HPO_4)的白色沉淀。当有硫酸铵或乙酸铵存在时，则另有磷酸双氧铀铵 $[\text{UO}_2(\text{NH}_4)\text{PO}_4]$ 沉淀生成。

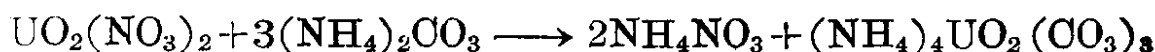


上述二种沉淀，均不溶于乙酸，但溶于无机酸中。

【7】 碳酸铵(钠)

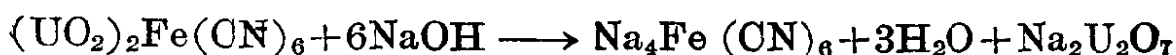
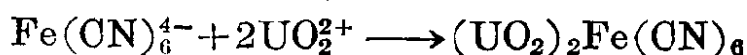
碳酸铵(钠)溶液与铀酰的盐生成碳酸双氧铀(UO_2CO_3)白色沉淀，后者溶解于过量的试剂而形成清浄的黄色溶液——含有碳

酸双氧铀铵 $[(\text{NH}_4)_4\text{UO}_2(\text{CO}_3)_3]$ 。



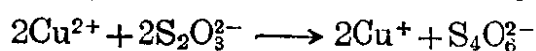
【8】 亚铁氰化钾

亚铁氰化钾溶液与铀酰的盐在中性或乙酸溶液中生成氰亚铁酸双氧铀 $[(\text{UO}_2)_2\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 棕色沉淀, 后者溶解于稀盐酸(与铜不同)。当加入氢氧化钠溶液后, 沉淀即变为黄色, 此由于转变为重铀酸钠之故(与氰亚铁酸铜和氰亚铁酸钼不同)。



灵敏度: 0.9 微克 U。极限浓度: 1:50000。

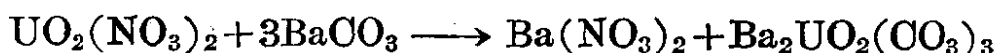
注 铁和铜妨碍这个反应, 假定有碘化钾溶液加入, 则它们被还原为不活泼的亚铁和亚铜状态; 其析出的碘可用硫代硫酸钠溶液褪色。这个还原反应亦可单独在滴试板上与硫代硫酸钠溶液进行, 而铜则作用为还原铁的催化剂。



取一滴浓碘化钾溶液放于一片点滴反应纸上, 碘化钾溶液即渗入纸上。加一滴酸化的试液, 再加一滴碘化钾溶液, 使达到完全还原的目的。随加一滴硫代硫酸钠溶液, 然后加一滴亚铁氰化钾溶液至褪色的地点, 因此乃有一棕色的圈生成。

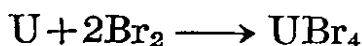
【9】 碳酸钡

碳酸钡在冷时能沉淀所有的铀(盐), 可能成为碳酸双氧铀钡。



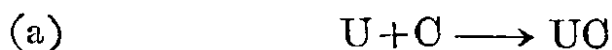
【10】 Br_2

粉末状的铀在溴蒸气中加热至 240°C , 可形成四溴化铀并有热量释出。



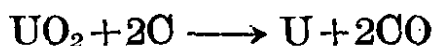
【11】 C

(1) 粉末状的铀与碳紧密混合后加热至 2000°C 以上时, 生成一碳化铀和二碳化铀。





(2) 当二氧化铀在碳的存在下加热至 1490°C 时, 即还原为金属铀, 而金属铀在此温度又能和碳反应, 因此产物中还包含有碳化铀。

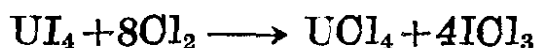


【12】 Cl_2

(1) 粉末状铀在干燥氯气流中加热至 250°C, 即有热量释出, 同时生成四氯化铀。

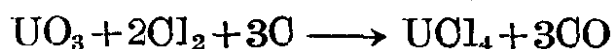


(2) 四碘化铀能被氯分解成四氯化铀和三氯化碘。

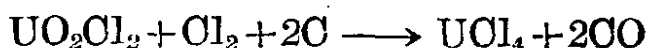


【13】 $Cl_2 + C$

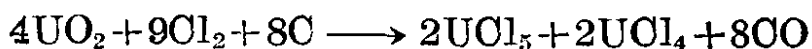
(1) 当氯通至碳和铀的任何氧化物的混合物上(此时已加热至相当高的温度), 即有四氯化铀形成。同时可能亦有若干 UCl_5 形成。



(2) 当氯通入加热至相当高温度的碳与氯化双氧铀的混合物上时, 即有四氯化铀形成。

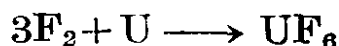


(3) 当二氧化铀与氯及研碎的炭一起加热时, 即形成五氯化铀和四氯化铀。



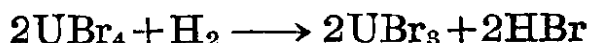
【14】 F_2

氟与铀在室温时即可发生强烈反应, 释放出相当大的热量, 并形成六氟化铀, 这是一个有名的气体化合物, 可用于分离铀同位素时的气体扩散工序。

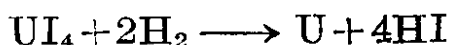


【15】 H_2

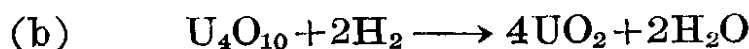
(1) 四溴化铀(置于玻璃管中)当加热至熔点以上温度, 并通入氢气后, 即有三溴化铀形成。



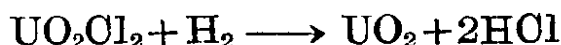
(2) 四碘化铀可被氢还原至金属铀。



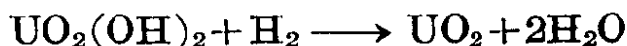
(3) 当铀的八氧化物和十氧化物加热至红热时, 可被氢还原, 其反应如下。



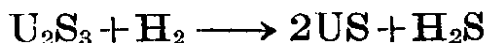
(4) 氯化双氧铀当被加热至中等温度时, 遇氢即迅速还原为二氧化铀。



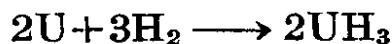
(5) 氢氧化双氧铀与氢作用后, 即被还原为二氧化铀。



(6) 三硫化二铀在纯而干燥的氢气流下加热至不再有硫化氢释出为止, 则有一硫化铀形成。

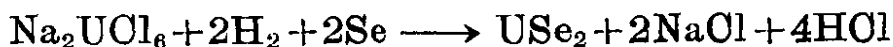


(7) 铀和氢于 $225 \sim 250^\circ\text{C}$ 反应时, 即形成三氢化铀, 若重氢和铀反应, 则形成 UD_3 。



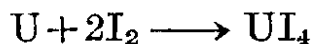
[16] $\text{H}_2 + \text{Se}$

当六氯化铀钠在瓷管内加热至红热, 并通入干燥的氢和硒后, 即分解而形成二硒化铀、氯化钠和氯化氢。



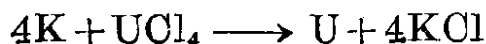
[17] I_2

铀和结晶碘置于封闭真空管内加热后, 可生成四碘化铀。置有碘的部分应加热至 180°C , 而置有铀的部分则加热至 500°C 。



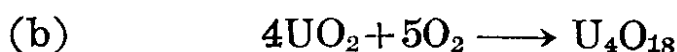
[18] K

四氯化铀与钾可发生还原反应, 生成金属铀。

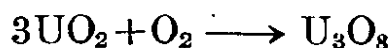


[19] O_2

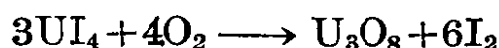
(1) 当二氧化铀在空气下加热时,即有下列氧化物生成。



(2) 当二氧化铀在铂坩埚内加热至红热达1小时后,即有绿色八氧化三铀形成。

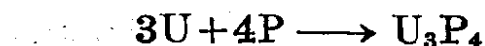


(3) 当四碘化铀可被氧或空气氧化而形成八氧化三铀和碘。



【20】 P

细微的铀和粉末状磷加热至 $600 \sim 1000^\circ\text{C}$, 即形成四磷化三铀。



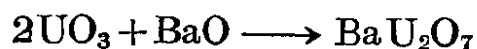
【21】 S

铀和熔融硫在 $250 \sim 300^\circ\text{C}$ 只能发生缓慢的反应,但在 500°C 于硫蒸气中燃烧时才能形成二硫化铀。



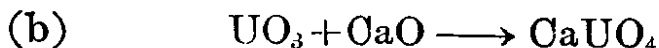
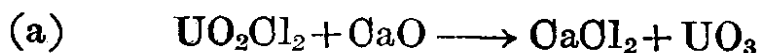
【22】 BaO

氧化钡与三氧化铀共加热时,即有重铀酸钡形成。



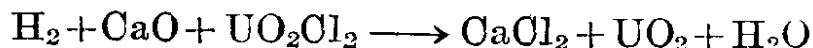
【23】 CaO

热的氧化钙与氯化双氧铀作用时,形成三氧化铀和铀酸钙。



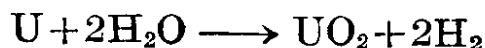
【24】 CaO + H₂

氯化双氧铀与氧化钙一起加热,并与氢接触混合,(但不能有空气存在),即有二氧化铀生成。

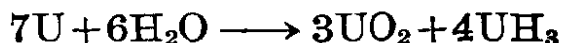


【25】 H₂O

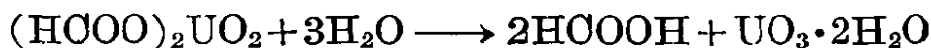
(1) 沸水与铀作用时,将徐徐形成二氧化铀和氢。



(2) 铀在 250°C 与水蒸气作用时, 即有二氧化铀和三氯化铀形成。



(3) 甲酸双氧铀与大量过量的蒸馏水煮沸 2¹/₂ 小时后, 徐徐形成亮黄色沉淀——二水合三氧化铀。



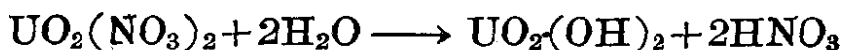
(4) 氯化双氧铀甚易潮解且又十分溶解于水。溶液在干燥的空气中徐徐蒸发, 结果有一水合的结晶形成。



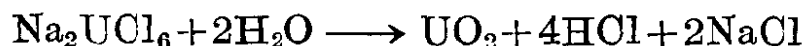
(5) 氯化双氧铀迅速地与大气中的水气作用后, 即有三氧化铀和氯化氢形成。



(6) 硝酸双氧铀水解后, 即有氢氧化双氧铀形成。

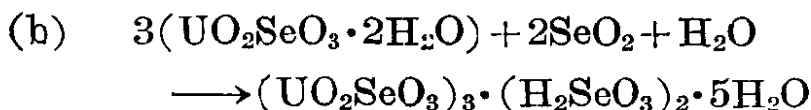
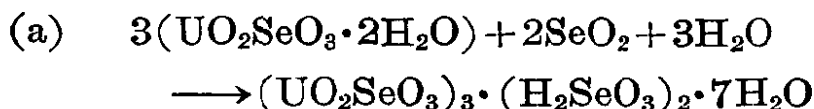


(7) 六氯化铀钠加热至其熔点时(在一个瓷管中), 不断通入水蒸气, 则将分解为二氧化铀、氯化钠和氯化氢。



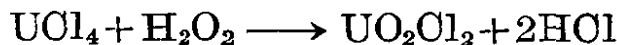
[26] H₂O + SeO₂

当亚硒酸双氧铀在 60°C 与二氧化硒和水消化时, 即有水合亚硒酸-亚硒酸双氧铀的黄色结晶粉末形成。已知的有 3:2:7 和 3:2:5 的盐类。



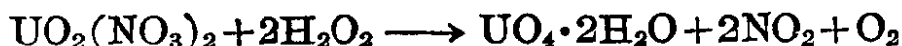
[27] H₂O₂

(1) 四氯化铀与 30% 过氧化氢作用时, 即被氧化为氯化双氧铀。



(2) 过氧化氢经稀硫酸微微酸化后, 加入硝酸双氧铀的水溶

液, 然后将溶液振摇一个时间, 即有伴有二分子水的四氧化铀析出。

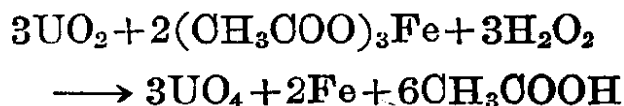


(3) 饱和的硫酸铀的酸性溶液(由于有铀离子的存在, 带有弱的抗磁性), 可被纯而浓的过氧化氢氧化, 且立刻变为较水更具有抗磁性(由于其形成双氧铀离子)。



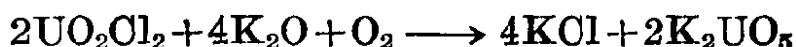
【28】 $\text{H}_2\text{O}_2 + (\text{CH}_3\text{COO})_3\text{Fe}$

在正常状态下, 二氧化铀与乙酸铁和过氧化氢作用后, 即有四氧化铀、铁及乙酸形成。



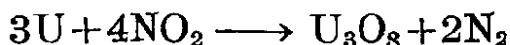
【29】 $\text{K}_2\text{O} + \text{O}_2$

将氯化双氧铀的结晶在开口管中与大量过量的氧化钾共加热至熔融时, 即有红色高铀酸钾形成。



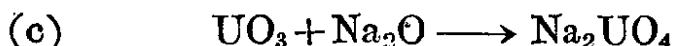
【30】 NO_2

将铀在 $400 \sim 500^\circ\text{C}$ 于二氧化氮气流下转动燃烧, 则有八氧化三铀和 N_2 形成。



【31】 $\text{Na}_2\text{O}(\text{K}_2\text{O})$

氧化钠经乙醇纯化后, 即与氯化双氧铀混合, 并予加热, 结果有重铀酸钠和小量的铀酸钠形成。氧化钾亦有相似的反应。



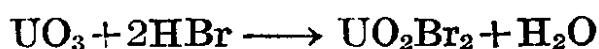
【32】 SO_3

硫酸双氧铀与发烟硫酸作用时, 即形成三氧化硫的加成产物。



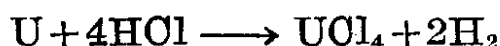
【33】 HBr

将三氧化铀溶解于浓的氢溴酸后,再予浓缩至浆状,并于干燥器中干燥,即有溴化双氧铀结晶析出。

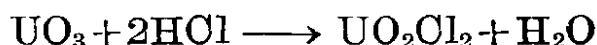


[34] HCl

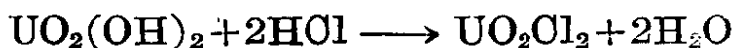
(1) 金属铀溶解于 37% 盐酸中,形成四氯化铀和氢。



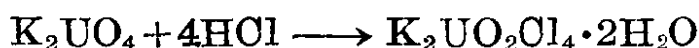
(2) 将粉状三氧化铀导入液状干燥的 HCl 中,并在丙酮和固体二氧化碳浴上冷却。数小时后,将液状 HCl 滙去。固体物(氯化双氧铀)用干燥的戊烷洗涤,过滤。如将三氧化铀与 HCl 气体在 200°C 反应时,亦有相同的结果产生。



(3) 氢氧化双氧铀溶解于盐酸后,即有氯化双氧铀形成。

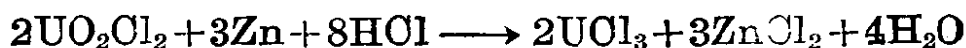


(4) 铀酸钾与盐酸作用后,生成二水合四氯代铀酸钾。



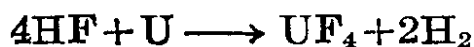
[35] HCl + Zn

氯化双氧铀溶解于盐酸并与锌作用后,则被还原为三氯化铀。

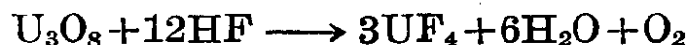


[36] HF

(1) 细微的铀粉(系将 UH_3 在 500°C 分解而得)与无水氟化氢在升高的温度下作用后,即有四氟化铀形成。



(2) 八氧化三铀与氟化氢作用后,即有绿色粉末(它能给与白色结晶性升华物)形成。



(3) 棕色氰亚铁酸双氧铀与氢氟酸作用后即被溶解而褪色,形成氰亚铁酸和氟化双氧铀。



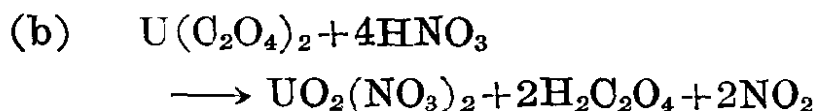
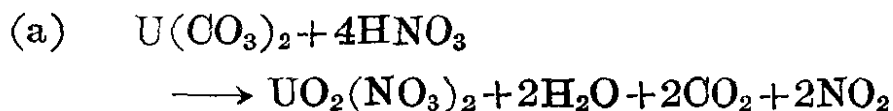
[37] HNO₃

(1) 在稀或浓的硝酸中,大质量的铀亦能较易地溶解而形成

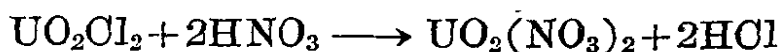
硝酸双氧铀。硝酸蒸气与细微的铀作用时,将发生剧烈的爆炸。



(2) 碳酸铀可被硝酸氧化至硝酸双氧铀。草酸铀亦有相似的反应发生。

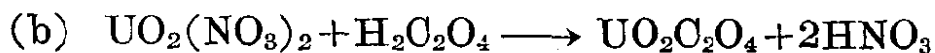
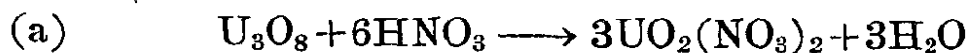


(3) 浓硝酸与氯化双氧铀作用后,即形成硝酸双氧铀。



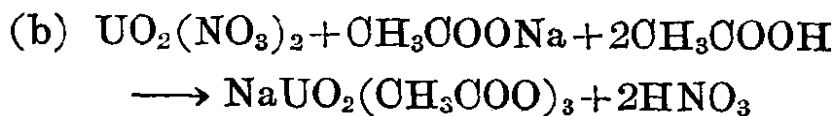
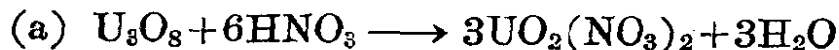
[38] HNO_3 、 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$

八氧化三铀溶解于浓硝酸后,即有硝酸双氧铀形成。将溶液放在水浴上蒸干,取出,加水溶解,然后加入浓的草酸水溶液,则有草酸双氧铀沉淀形成。



[39] $\text{HNO}_3 + \text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{COONa}$

将八氧化三铀溶解于硝酸后,随即蒸发至干,以除去过量的硝酸;将留存的固体物溶解于水中,并用过量的碳酸钠处理,即有沉淀生成;沉淀溶解于过量的乙酸中,并加热至二氧化碳被驱尽为止;最后加入乙酸钠,同时将溶液浓缩,冷却后即形成乙酸双氧铀钠结晶物。



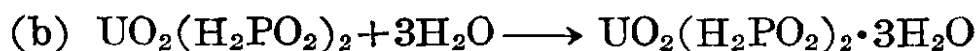
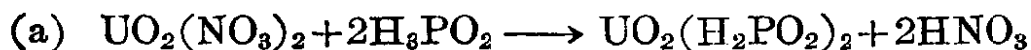
[40] HPO_3

硫酸双氧铀易溶于偏磷酸中,其生成的黄色液体如将其硫酸烟雾煮沸除去后即变为绿色。在显微镜下观察时,这个无水偏磷酸铀呈长方形片状物。



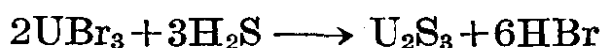
【41】 H_3PO_2

硝酸双氧铀与次磷酸作用时,即有深黄色油形成。如予振摇,则有小的棱晶物形成。

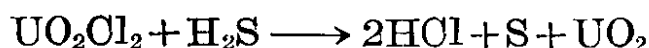


【42】 H_2S

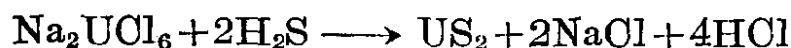
(1) 将三溴化铀在纯而干燥的硫化氢参加下加热之,直至没有更多的溴化氢释出为止,则有三硫化二铀形成。



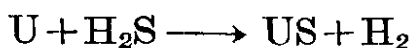
(2) 硫化氢与氯化双氧铀作用时,即有二氧化铀、盐酸形成。



(3) 当六氯化铀钠放在瓷管中,于硫化氢气流下加热至 500°C ,即有二硫化铀、氯化钠和氯化氢形成。

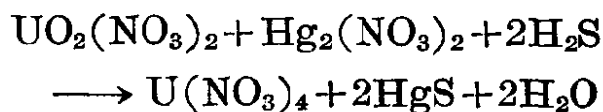


(4) 由 UH_3 在 300°C 分解所得的铀粉和硫化氢反应($400\sim 500^\circ\text{C}$)时,可形成硫化铀。



【43】 $\text{H}_2\text{S} + \text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$

硝酸亚汞溶液加至硝酸双氧铀的水溶液中,并以硫化氢导入该溶液中,直至不再有更多的沉淀析出为止。则铀被还原,且有硫化汞沉淀形成。

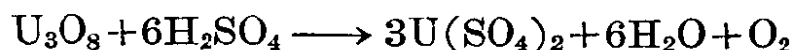


【44】 H_2SO_4

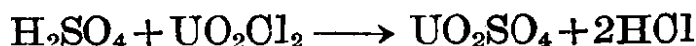
(1) 八氧化三铀与硫酸作用后,即有硫酸铀和硫酸双氧铀形成。



(2) 八氧化三铀与稀硫酸作用后,即有硫酸铀形成,后者可在乙醇中结晶析出。

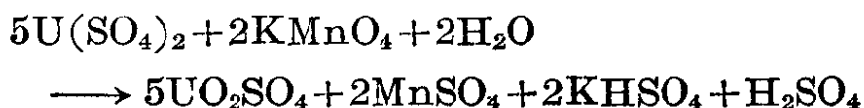


(3) 硫酸与氯化双氧铀作用后, 即有硫酸双氧铀和盐酸形成。



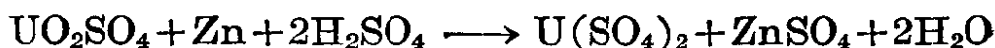
【45】 $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{KMnO}_4$

当硫酸铀的溶液在硫酸存在下, 用高锰酸钾滴定时, 即有硫酸双氧铀形成。



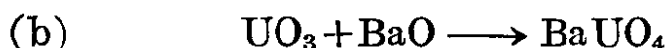
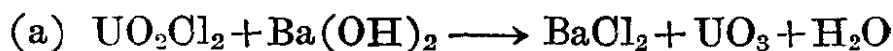
【46】 $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Zn}$

硫酸双氧铀可被锌和硫酸还原至硫酸铀。



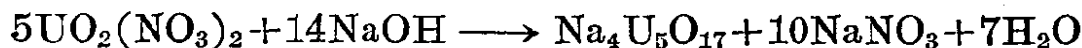
【47】 $\text{Ba}(\text{OH})_2$

氢氧化钡与氯化双氧铀作用时, 即有铀酸钡形成。



【48】 NaOH

(1) 当硝酸双氧铀溶液与氢氧化钠作用后, 即有铀酸钠 ($\text{Na}_4\text{U}_5\text{O}_{17}$) 形成。

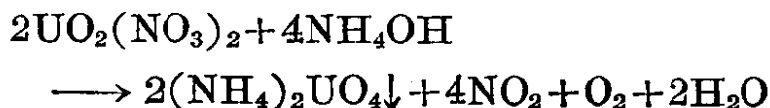


(2) 将氢氧化钠溶液加至氯化双氧铀溶液中, 即有重铀酸钠形成。这个反应可以用于从铀矿石中提取铀的一个步骤。

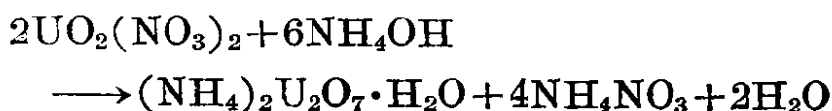


【49】 NH_4OH

(1) 当氢氧化铵加至硝酸双氧铀的水溶液后, 即有铀酸铵的黄色结晶形成。

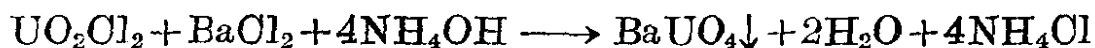


(2) 当热的硝酸双氧铀溶液与氢氧化铵作用后, 即有柠檬黄色水合重铀酸铵沉淀形成。

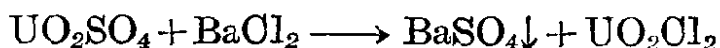


[50] $\text{NH}_4\text{OH} + \text{BaCl}_2$

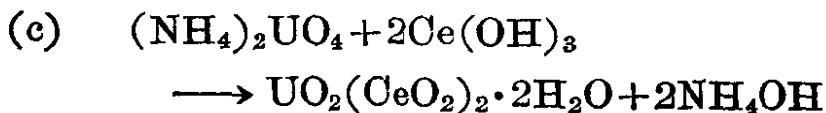
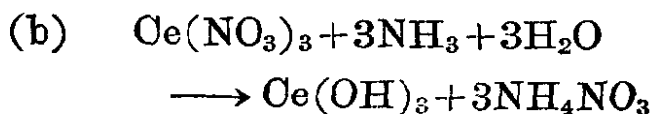
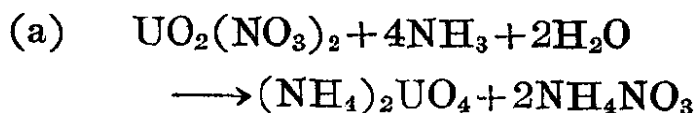
取小量的氯化钡加至氯化双氧铀的溶液中, 然后与过量的氢氧化铵溶液作用, 立即有铀酸钡沉淀形成。

**[51] BaCl_2**

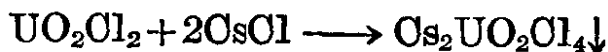
浓的硫酸双氧铀水溶液经滴加氯化钡溶液至不再发生沉淀时, 将溶液过滤, 滤液于水浴上徐徐蒸发, 即有黄色氯化双氧铀形成。

**[52] $\text{Ce}(\text{NO}_3)_3 + \text{NH}_3$**

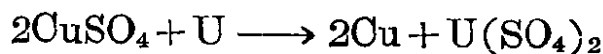
30 克硝酸双氧铀和 45 克硝酸铈的中等浓度的水溶液, 与过量的氨处理后, 即有沉淀出现。经 20~30 分钟后, 可得到深蓝色粉。

**[53] CsCl**

将氯化氢气流通至氯化铯和氯化双氧铀的冷而浓的溶液中, 即有黄色结晶形成。

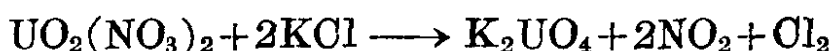
**[54] CuSO_4**

金属铀能从许多金属如铜的盐类溶液中置换出金属来。例如, $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ 、 AgNO_3 、 SnCl_2 、 PtCl_4 和 AuCl_2 的溶液与金属铀作用时, 即有相应的金属由溶液中沉淀出来。

**[55] KCl**

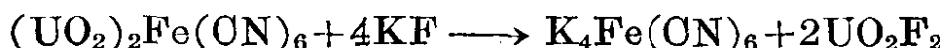
将硝酸双氧铀和氯化钾的混合物共熔融时, 即有铀酸钾形成。

氯化锂或氯化钠亦有相似的反应发生。

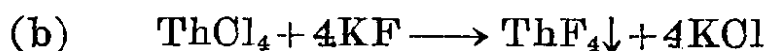


[56] KF

(1) 棕色氰亚铁酸双氧铀与氟化钾溶液作用后即被褪色，生成亚铁氰化钾和氟化双氧铀。当与氟化铵作用时，亦有相似的反应发生。

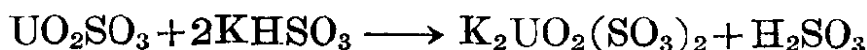


(2) 将氟化钾的冷溶液加至四氯化铀和四氯化钍的混合物中（在二氧化碳的气流下），即有四氟化铀和四氟化钍的沉淀形成。这二个沉淀均不溶于硝酸，而溶于碳酸铵溶液中。



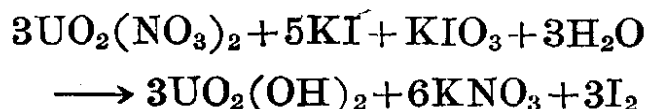
[57] KHSO₃

将亚硫酸双氧铀在加热的条件下溶解于大量的亚硫酸中，然后加入亚硫酸氢钾。溶液冷却后，即有复合物的结晶析出。当亚硫酸双氧铀与亚硫酸氢铵或亚硫酸氢钠作用时，亦有相似的反应发生。



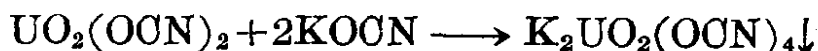
[58] KI + KIO₃

硝酸双氧铀与碘化钾和碘酸钾作用时，即转变为氢氧化双氧铀。



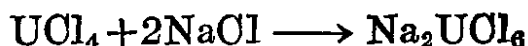
[59] KOCN

氰酸双氧铀与氰酸钾作用后，生成黄色粉状沉淀（具有淡绿色荧光）。



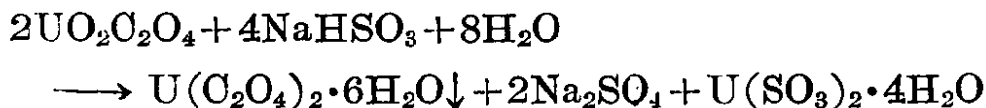
[60] NaCl

将四氯化铀的蒸气与熔化的氯化钠凝缩时，则有复盐氯化铀钠形成。氯化钾也有相同形式的反应发生。



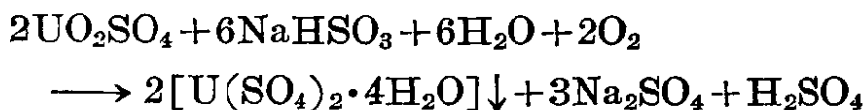
【61】 NaHSO_3

草酸双氧铀溶液与亚硫酸氢钠作用时, 即有草酸铀沉淀形成。



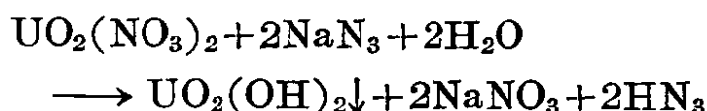
【62】 $\text{NaHSO}_3 + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$

硫酸双氧铀与小量的亚硫酸氢钠作用后, 即有沉淀形成, 后者用 90% 乙醇和稀硫酸洗涤, 即有四水合硫酸铀的结晶形成。



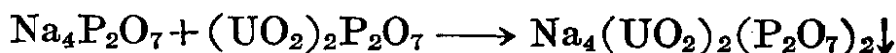
【63】 NaN_3

当叠氮化钠加至硝酸双氧铀溶液中并予煮沸, 则将有氢氧化双氧铀沉淀析出。



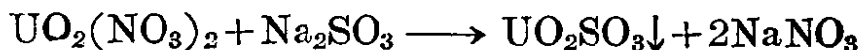
【64】 $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$

当焦磷酸钠与焦磷酸双氧铀(二者均以摩计算)作用时, 即有深黄色的结晶(焦磷酸双氧铀钠的络合物)形成。



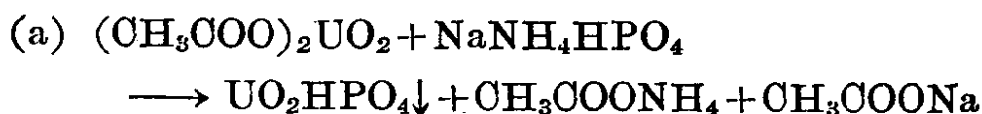
【65】 Na_2SO_3

硝酸双氧铀的稀溶液与亚硫酸钠的稀溶液作用时, 即有亚硫酸双氧铀沉淀形成。



【66】 NaH_2PO_4

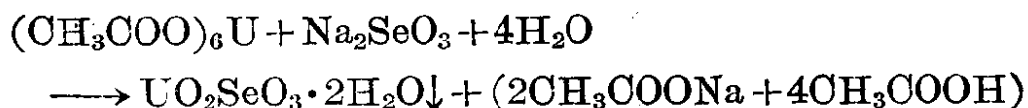
乙酸双氧铀的溶液与磷酸氢铵钠的标准溶液反应后, 即有淡绿黄色粘性沉淀(UO_2HPO_4)形成。磷酸二氢铵亦有相似的反应发生。





[67] Na_2SeO_3

将亚硒酸钠加至乙酸铀溶液中,即有一种粘滑、无定形、黄色二水合亚硒酸双氧铀沉淀析出。



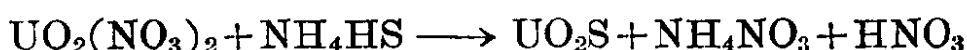
[68] NH_4Cl

当八氧化三铀和氯化铵的紧密混合物,置于电炉上加热(几乎白炽化)6小时,反应结果生成二氧化铀。



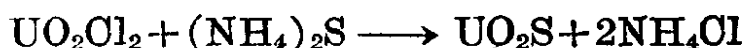
[69] NH_4HS

当硝酸双氧铀溶解于乙醇后,再加入过量的氢硫化铵,则有硫化双氧铀的棕色沉淀形成。



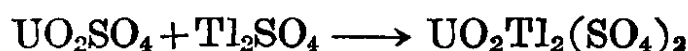
[70] $(\text{NH}_4)_2\text{S}$

在氯化双氧铀溶液中加入硫化铵后,氯化双氧铀即转化为硫化双氧铀。



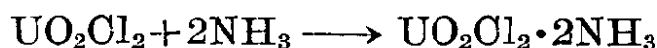
[71] Tl_2SO_4

将硫酸双氧铀和硫酸亚铊的混合溶液浓缩后,即有复盐形成。

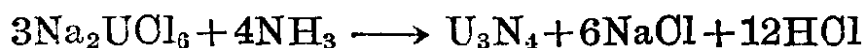


[72] NH_3

(1) 当氯化双氧铀的醚溶液与氨作用后,将其生成物放在真空器中的硫酸上干燥时,即有大体积的黄色沉淀形成。这种盐往往生成一系列的含有更多氨的其他盐类。

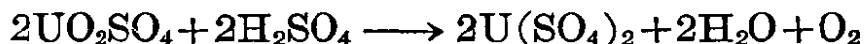


(2) 六氯化铀钠与干燥的氨气作用时,即有四氮化三铀形成。



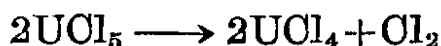
[73] ε

将 2 体积的硫酸加至 1 体积的硫酸双氧铀的饱和水溶液中, 然后用 3~5 安进行电解, 结果有硫酸铀(IV)形成。



【74】 加热

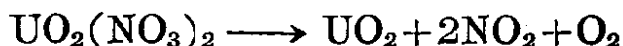
(1) 当五氯化铀加热至 120°C 时, 即开始离解为四氯化铀和氯。若加热至 235°C, 则完全离解。二氧化碳的存在不影响反应的发生。



(2) 当八氧化三铀在惰性气体氮和二氧化碳气流中加热时, 即形成二氧化铀和三氧化铀。



(3) 将硝酸双氧铀放置在陶瓷皿中, 并加热至硝酸盐分解, 结果有二氧化铀生成。

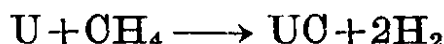


(4) 将铀酸铵干燥后, 再徐徐燃烧, 即可使其转变成绿色的八氧化三铀。



【75】 CH₄

细微的铀与甲烷在 635~900°C 反应时, 形成一碳化铀。



【76】 CCl₄

(1) 二氧化铀在管中加热至红热并与四氯化碳作用时, 即形成四氯化铀和二氧化碳。



(2) 当三氧化铀与四氯化碳共加热时, 生成五氯化铀和四氯化铀的混合物。



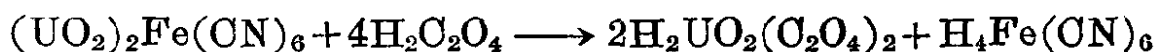
【77】 HCOOH + H₂SO₄

甲酸和硫酸双氧铀及硫酸一起反应后, 即生成二氧化碳、水和硫酸铀。



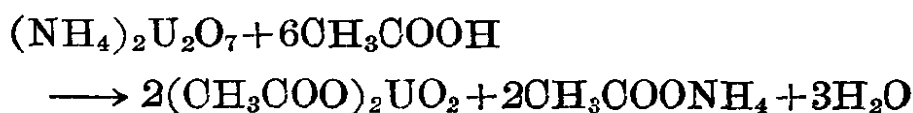
[78] $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$

氰亚铁酸双氧铀与草酸在溶液中反应后,棕色即消褪,而留下草酸双氧铀氢和氰亚铁酸的清静溶液。



[79] CH_3COOH

在乙酸的作用下,重铀酸铵即被转变为乙酸双氧铀。



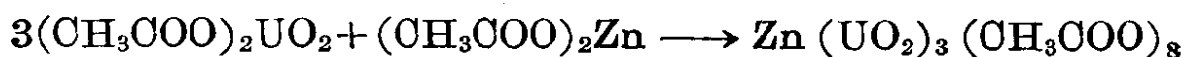
[80] $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Mg}$

乙酸双氧铀的乙酸溶液与乙酸镁于 70°C 加热混和后,即形成乙酸双氧铀镁。



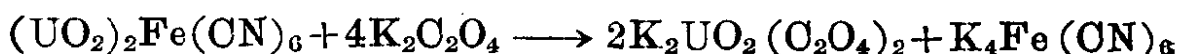
[81] $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Zn}$

当乙酸双氧铀和乙酸锌的热溶液混合后,即有乙酸双氧铀锌形成。



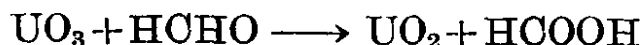
[82] $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$

氰亚铁酸双氧铀与草酸钾于溶液中反应后,即生成草酸双氧铀钾和亚铁氰化钾的清静溶液。

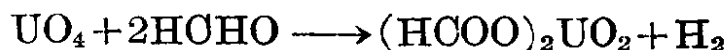


[83] HCHO

(1) 三氧化铀遇甲醛即被还原至二氧化铀。

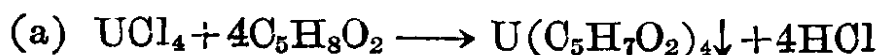


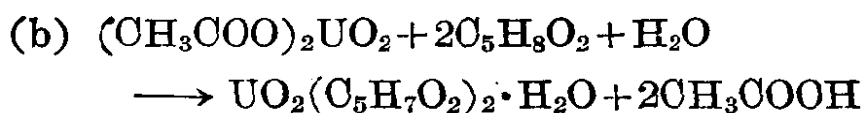
(2) 四氧化铀与中性甲醛作用后,即有甲酸双氧铀形成。



[84] $\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_2$

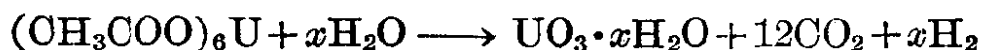
乙酰丙酮化物加至含有 10% 碳酸钠的四氯化铀溶液中,即形成乙酰丙酮铀的褐色沉淀。双氧铀系的化合物亦有相似反应。





【85】 加热

乙酸铀在水溶液中加热至 170°C ，即转化为水合三氧化铀。



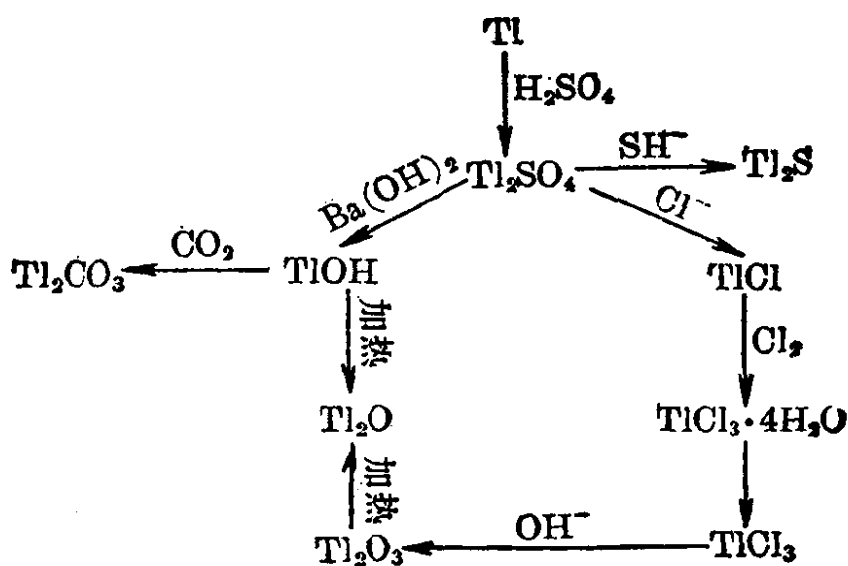
铊 Tl

铊是银白色的软金属，密度为 11.85 克/厘米^3 ，熔点为 303.5°C 。在空气中很不稳定，不能分解水，易溶于酸。

铊有两种氧化物 Tl_2O 和 Tl_2O_3 ，二者是碱酐，由此分别衍生为亚铊和铊的盐类。亚铊盐都很稳定，因此从分析化学观点上来看这是非常特殊的。铊盐比较不太稳定，且甚易在溶液中水解，因为当硫酸铊或硝酸铊的水溶液被煮沸时，即有氢氧化铊沉淀析出。亚铊盐类可被高锰酸钾、铁氰化钾、二氧化铅、溴、氯及王水（但与浓硝酸不起作用）等氧化为铊。铊很易被氯化亚锡、亚硫酸、亚铁盐或羟胺等还原为亚铊化合物。所有铊的化合物均为高度的毒物，应特加注意。

铊的主要化合价为一、三。

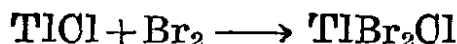
铊的主要化学反应提要：



亚铊化合物的反应

【1】 Br_2

(1) 氯化亚铊经过量的溴处理后,即形成一氯二溴化铊。



(2) 溴化亚铊溶液在溴水中蒸发时,即生成黄色针形结晶一水合三溴化铊。



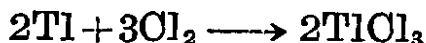
【2】 $\text{Br}_2 + \text{KBr}$

当溴和溴化钾加至溴化亚铊溶液中,即形成复盐。

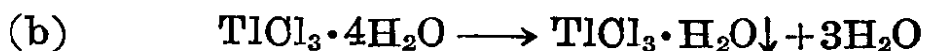


【3】 Cl_2

(1) 当纯的铊在试管中加热时,持续通入氯气流达 48 小时后,则有三氯化铊形成。



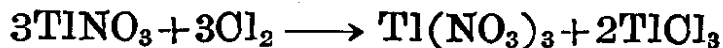
(2) 当氯化亚铊的水混悬液在氯气流下徐徐加热后,冷却,则有白色针状物四水合三氯化铊形成。在 55°C 时,它将失去三分子结晶水。



(3) 30 克氯化亚铊溶解于 120 毫升 40% 氢氟酸(在铂坩埚中)中,并通入氯气,即有白色沉淀形成;倘通入较多的氯气,则沉淀又溶解。当在氯气继续通入下将溶液浓缩,则有三水合二氯一氟化铊的结晶形成。

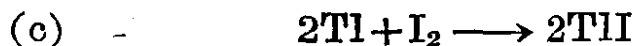
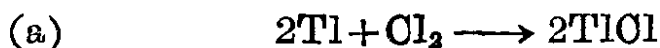


(4) 硝酸亚铊可被氯的气流转变为硝酸铊。



【4】 Cl_2 、 Br_2 、 I_2

氯、溴和碘与固体铊作用后,形成相应的盐类。



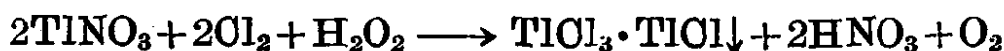
【5】 $Cl_2 + HCl$

将氯气通入氯化亚铊的水混悬液中予以氯化,然后向该溶液加入盐酸,置于水浴上蒸发,则有针状三氯化铊和氯化氢的复盐形成。



【6】 $Cl_2 + H_2O_2$

1 或 2 克的硝酸亚铊或硫酸亚铊溶解于水(加热)后,加 7 滴过氧化氢,然后通入氯气,结果生成黄色沉淀。这个产物是有恒定的组成。



【7】 H_2

叠氮化亚铊与氢在氮气氛中加热时,前者即被还原为铊。



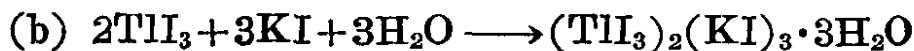
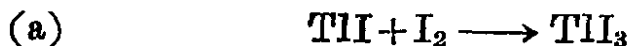
【8】 I_2

当碘化亚铊的醇溶液与碘共同蒸发,即有黑色三碘化铊的结晶形成。



【9】 I_2, KI

当碘(在碘化钾中)加至碘化亚铊溶液中,即有复盐形成。



【10】 $I_2 + C_2H_5I + C_5H_5N$

碘化亚铊与碘和碘乙烷(溶解于吡啶)作用后,形成加成化合物。与正-碘丙烷作用时,亦有相同形式的反应。



【11】 O_2

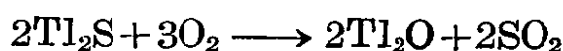
(1) 金属铊可被氧氧化为氧化亚铊。



(2) 金属铊当被完全氧化时, 即有三氧化二铊形成。

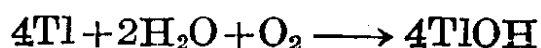


(3) 当硫化亚铊燃烧时, 即生成氧化亚铊和二氧化硫。



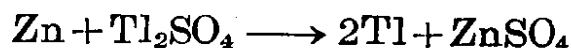
【12】 $\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$

当铊被放置在含有氧的水中, 即有氢氧化亚铊形成。



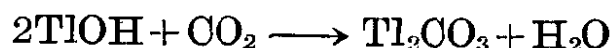
【13】 Zn

硫酸亚铊溶液与锌作用后, 即有光亮的薄片状的铊析出。

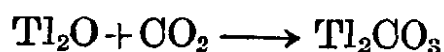


【14】 CO_2

(1) 氢氧化亚铊溶液能吸收二氧化碳, 并形成碳酸亚铊。

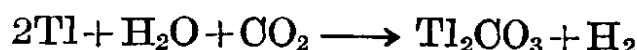


(2) 氧化亚铊与二氧化碳作用时即有碳酸亚铊生成。



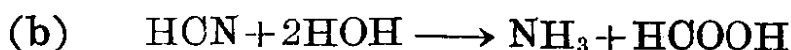
【15】 $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

当纯粹的金属铊暴露于潮湿空气中经数日之久后, 即有碳酸亚铊形成。

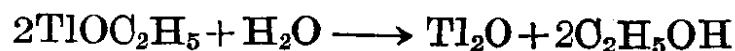


【16】 H_2O

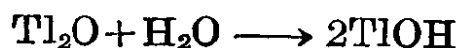
(1) 氰化亚铊的水溶液在封闭管中加热数周后, 将水解为氢氧化亚铊和氢氰酸, 后者又水解为氨和甲酸。



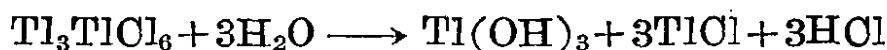
(2) 当将水加至乙醇亚铊时, 后者即分解为氧化亚铊。



(3) 氧化亚铊溶解于水形成氢氧化亚铊。

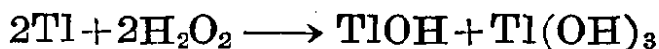


(4) 氯铊酸亚铊与水接触时, 即行水解, 其反应如下。



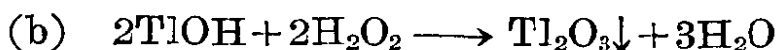
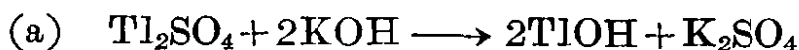
【17】 H_2O_2

铊与过氧化氢作用后, 生成氢氧化亚铊和氢氧化铊。



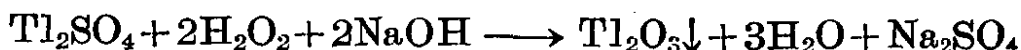
【18】 H_2O_2 、 KOH

当硫酸亚铊的强碱性溶液与 3% 过氧化氢溶液作用后, 生成细微的棕色氧化铊结晶。如果应用 10% 氢氧化钾溶液并在 100°C 反应时, 则有黑色三氧化二铊形成。



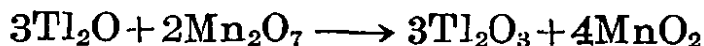
【19】 $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{NaOH}$

当硫酸亚铊与过氧化氢在强碱性溶液中作用时, 即有三氧化二铊形成。



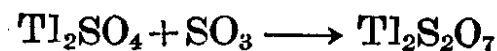
【20】 Mn_2O_7

当氧化亚铊与七氧化二锰作用时, 即有三氧化二铊形成。



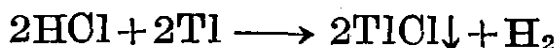
【21】 SO_3

当干燥的硫酸亚铊与干燥的三氧化硫在封闭的管中加热时, 即有焦硫酸亚铊形成。

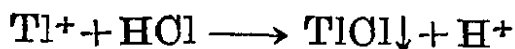


【22】 HCl

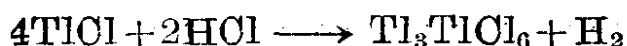
(1) 铊溶解于盐酸后, 形成氢和氯化亚铊沉淀。



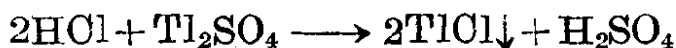
(2) 将盐酸加至亚铊盐中, 即有氯化亚铊的白色沉淀形成。沉淀难溶于冷水, 易溶于热水。



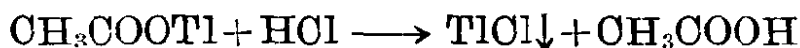
(3) 当氯化亚铊与硝酸和盐酸的混合物作用后, 即转变为氯铊酸亚铊。在这里, 盐酸是参加反应的。



(4) 硫酸亚铊与盐酸作用后,生成氯化亚铊的沉淀,并留下硫酸。

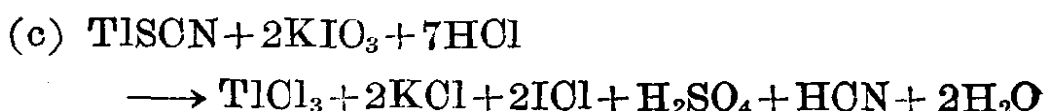
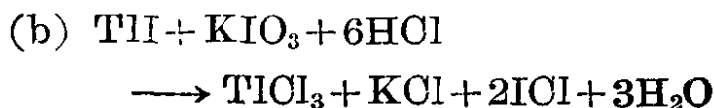
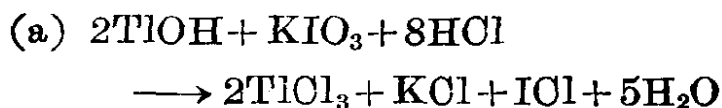


(5) 当乙酸亚铊与盐酸作用后,即有氯化亚铊形成。



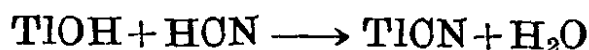
[23] HCl + KIO₃

在大量过量的盐酸参加下,亚铊化合物能还原碘酸盐为氯化碘。



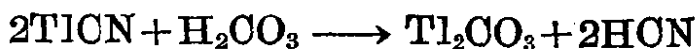
[24] HCN

当浓的氢氰酸加至冷的氢氧化亚铊溶液中,则有氰化亚铊形成。



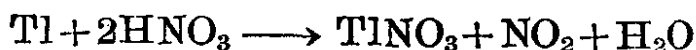
[25] H₂CO₃

碳酸能分解氰化亚铊溶液,并形成碳酸亚铊和氢氰酸。

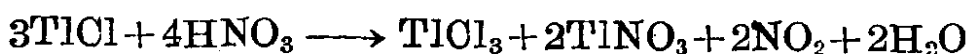


[26] HNO₃

(1) 铊能溶解于硝酸,形成硝酸亚铊、二氧化氮和水。



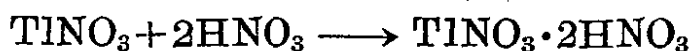
(2) 氯化亚铊可被硝酸氧化为三氯化铊;其他还有硝酸亚铊、二氧化氮和水形成。



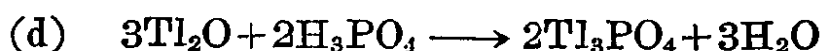
(3) 当硝酸亚铊溶解于浓硝酸(加热)后,则有部分被氧化,且冷却时,将有硝酸铊和硝酸亚铊的复盐析出。



(4) 当硝酸(密度 1.5 克/厘米³)被硝酸亚铊饱和后, 在冰冻混合物中冷却之, 则有铊的二酸式硝酸盐形成。



(5) 当硝酸、碳酸、硫酸和磷酸与氧化亚铊作用后, 生成可溶性盐类。



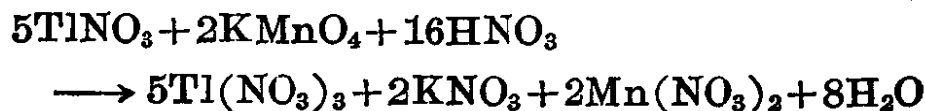
[27] $\text{HNO}_3 + \text{HCl}$

当铊溶解于硝酸后, 再在过量的盐酸中蒸发之, 则有白色沉淀形成。



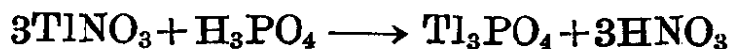
[28] $\text{HNO}_3 + \text{KMnO}_4$

亚铊盐可被高锰酸钾(在酸性溶液中)氧化, 其反应如下。

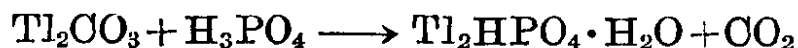


[29] H_3PO_4

(1) 当硝酸亚铊的溶液加热至近乎达沸点温度, 然后与磷酸作用, 则将有磷酸亚铊形成。



(2) 当磷酸在沸点温度与饱和量碳酸亚铊作用时, 即有磷酸氢二(亚)铊形成。

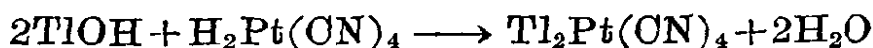


(3) 当磷酸与磷酸氢二(亚)铊作用时, 即有磷酸二氢(亚)铊形成。



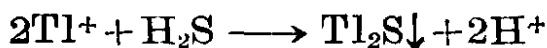
[30] $\text{H}_2\text{Pt}(\text{CN})_4$

当氢氧化亚铊被氰亚铂酸中和后, 即有氰亚铂酸亚铊形成。

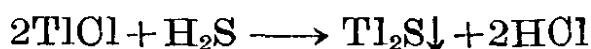


【31】 H_2S

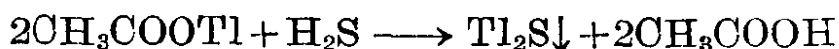
(1) 硫化氢与亚铊盐的碱性溶液作用后, 生成黑色硫化亚铊沉淀。



(2) 当硫化氢导入氯化亚铊的酸性溶液中后, 即有黑色沉淀形成。

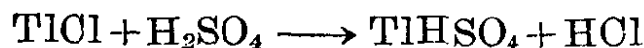


(3) 乙酸亚铊与硫化氢作用后, 铊即被沉淀为硫化亚铊。

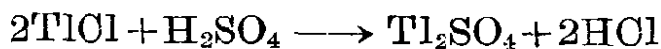


【32】 H_2SO_4

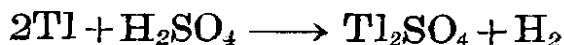
(1) 氯化亚铊溶解于硫酸后, 形成硫酸氢亚铊和盐酸。



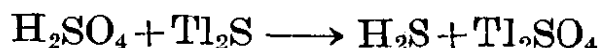
(2) 将硫酸加至氯化亚铊的酸性溶液中, 然后把过量的盐酸蒸发, 则有硫酸亚铊形成。



(3) 纯的金属铊在稀硫酸中加热时, 即转化为硫酸亚铊。

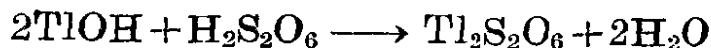


(4) 硫化亚铊和硫酸反应后, 生成硫化氢和硫酸亚铊。



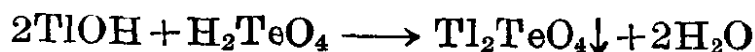
【33】 $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_6$

当连二硫酸与氢氧化亚铊作用时, 即有连二硫酸亚铊形成。



【34】 H_2TeO_4

当氢氧化亚铊与碲酸在溶液中作用时, 即有碲酸亚铊沉淀形成。



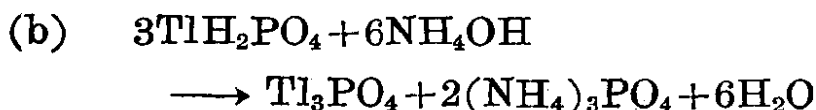
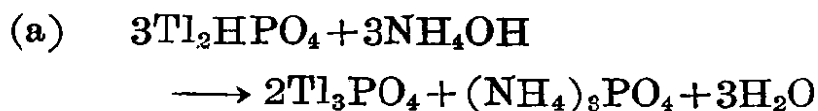
【35】 $\text{Ba}(\text{OH})_2$

当硫酸亚铊的浓溶液煮沸时与氢氧化钡作用后, 即有氢氧化亚铊和硫酸钡形成。



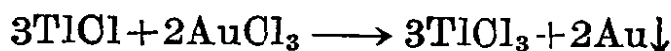
【36】 NH_4OH

将碱，例如氢氧化铵加至磷酸氢二(亚)铊或磷酸二氢(亚)铊的溶液中，即有磷酸亚铊形成。



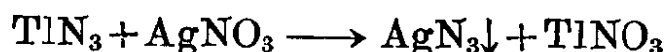
【37】 AuCl_3

在溶液中，氯化亚铊可被氯化金氧化成三氯化铊，并有金沉淀析出。



【38】 AgNO_3

当叠氮化亚铊与硝酸银溶液处理时，即生成叠氮化银沉淀。



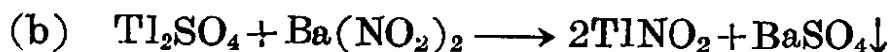
【39】 $\text{Ba}(\text{ClO}_3)_2$

当氯酸钡溶液与硫酸亚铊的溶液共混合后，即有小形结晶氯酸亚铊形成。



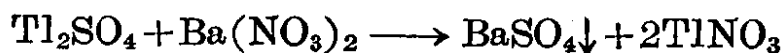
【40】 $\text{Ba}(\text{NO}_2)_2$

金属铊溶解于含有小量硝酸的硫酸，然后将反应生成的硫酸亚铊溶解于热水，并与亚硝酸钡作用，最后，将溶液蒸发，即有亚硝酸亚铊的结晶形成。



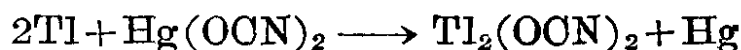
【41】 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$

当硫酸亚铊的溶液与硝酸钡作用后，即有硫酸钡沉淀和硝酸亚铊形成。



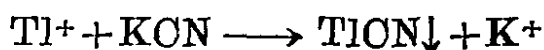
【42】 $\text{Hg}(\text{OCN})_2$

当氰酸汞的水混悬液与细微的金属铊作用，直至所有的汞消失后，将溶液放在真空干燥器中迅速蒸发，则有氰酸亚铊(无色针状物)形成。

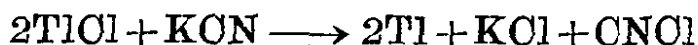


【43】 KCN

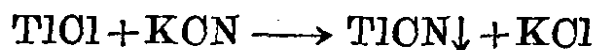
(1) 当亚铊盐的浓溶液与氰化钾混合后，即有结晶性氰化亚铊的沉淀形成。



(2) 氯化亚铊可被氰化钾还原为金属铊，并有氯化钾和氯化氰形成。

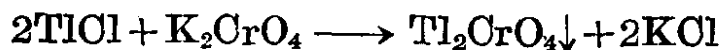


(3) 谨慎地将氰化钾加至氯化亚铊溶液中，则有粉状氰化亚铊的沉淀形成。



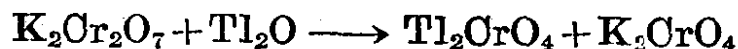
【44】 K_2CrO_4

将铬酸钾加至氯化亚铊的酸性溶液中，即有铬酸亚铊沉淀形成。由于铬酸亚铊溶解于酸，因此，当溶液用氨中和时，铬酸亚铊即由溶液中沉淀析出。



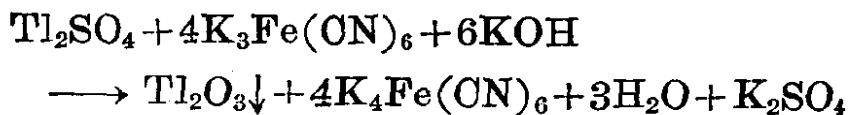
【45】 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

当氧化亚铊与重铬酸钾作用后，即有铬酸亚铊形成。



【46】 $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6 + \text{KOH}$

铁氰化钾在碱性溶液中可氧化硫酸亚铊为三氧化二铊。



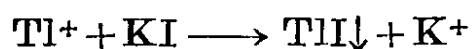
【47】 $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$

将亚铁氰化钾加至氯化亚铊溶液中，即有氰亚铁酸亚铊的沉淀形成。

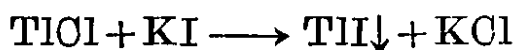


[48] KI

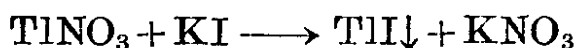
(1) 碘化钾与亚铊盐作用, 形成黄色碘化亚铊沉淀。



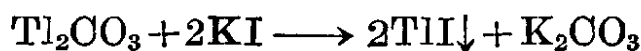
(2) 氯化亚铊溶液与碘化钾作用后, 即有碘化亚铊形成。



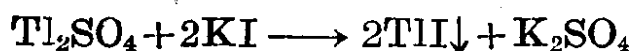
(3) 当以碘化钾谨慎地加至硝酸亚铊溶液中后, 即有黄红色粉状沉淀——碘化亚铊形成。



(4) 将相当量的纯粹碳酸亚铊和碘化钾的溶液混合后, 即有碘化亚铊沉淀形成。沉淀经洗涤后, 可在 105°C 干燥。

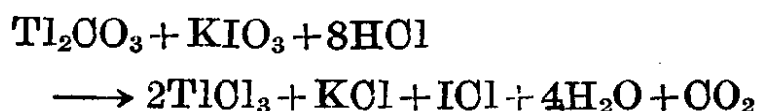


(5) 硫酸亚铊与碘化钾作用后, 即有碘化亚铊沉淀形成。

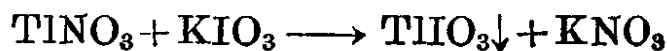


[49] KIO₃

(1) 碳酸亚铊与碘酸钾在浓的盐酸溶液作用后, 即被氧化为铊盐。

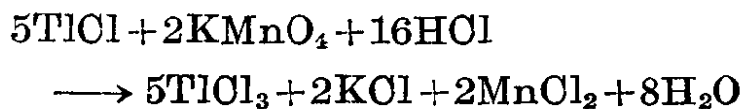


(2) 当硝酸亚铊溶液和碘酸钾溶液, 同时滴至大体积的水中, 并予以不断搅动, 则有碘酸亚铊的沉淀形成。该沉淀可在搅动下于 80°C 消化之。



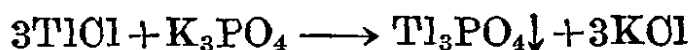
[50] KMnO₄

亚铊盐与高锰酸钾的反应是不完全的, 除非加入碱金属的氯化物(它的功能是制止水解)。通常氯化钾是碱金属氯化物中最为满意者。



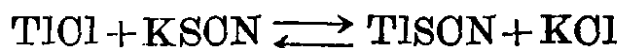
[51] K₃PO₄

当磷酸钾加至氯化亚铊溶液中, 即有磷酸亚铊沉淀形成。



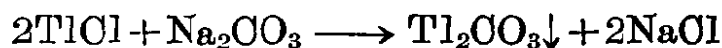
【52】 KSCN

氯化亚铊与硫氰酸钾作用时, 将发生下列的平衡反应。



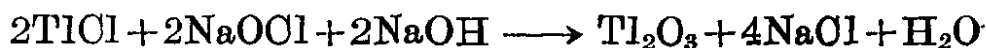
【53】 Na₂CO₃

向酸性氯化亚铊溶液加入碳酸钠后, 即有碳酸亚铊沉淀形成。



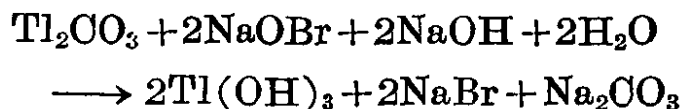
【54】 NaOCl + NaOH

当亚铊盐与次氯酸钠和氢氧化钠作用后, 即有三氧化二铊形成。



【55】 NaOBr + NaOH

碳酸亚铊与次溴酸钠在氢氧化钠溶液中反应, 即生成氢氧化铊、溴化钠和碳酸钠。



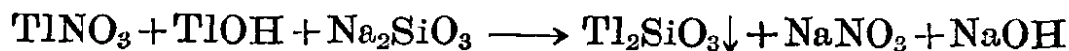
【56】 Na₂S + Na₂SnS₃

当热而极微酸性的氯化亚铊溶液与过量的硫代锡酸钠(含有硫化钠)作用时, 即有硫代锡酸亚铊沉淀形成。



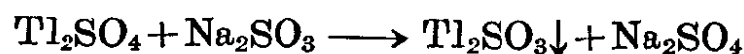
【57】 Na₂SiO₃

当硅酸钠的稀溶液徐徐加至含有小量氢氧化亚铊的硝酸亚铊溶液中, 即有硅酸亚铊沉淀形成。



【58】 Na₂SO₃

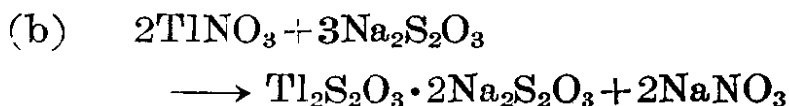
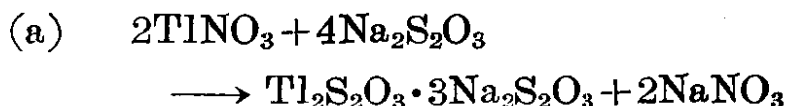
将硫酸亚铊溶液与亚硫酸钠溶液混合后, 即有亚硫酸亚铊的结晶形成。



【59】 Na₂S₂O₃

当硫代硫酸钠与硝酸亚铊溶液作用时, 即有硫代硫酸亚铊钠

沉淀形成。这个复盐不溶解于水，但溶解于硫代硫酸钠溶液中。



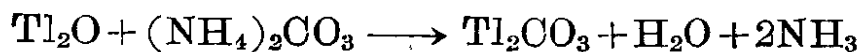
【60】 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$

氯化亚铊的中性水溶液在冷的条件下，与连二亚硫酸钠作用，生成淡红棕色、后来变为紫色、最后变为黑色硫化亚铊沉淀形成。这个沉淀是不完全的。当亚铊盐的弱酸性溶液与连二亚硫酸钠作用时，生成红棕色沉淀，但在强酸性溶液中，则无沉淀形成。

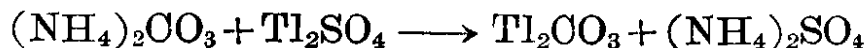


【61】 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$

(1) 当过量的碳酸铵与氧化亚铊共煮沸并冷却后，将有碳酸亚铊沉淀形成。



(2) 碳酸铵与硫酸亚铊作用，即有碳酸亚铊和硫酸铵形成。



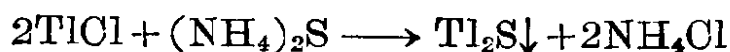
【62】 NH_4NO_3

在液氨中的次氨基二钾亚铊溶液，经加入硝酸铵后，即转变为不溶性的氮化物，后者溶解于过量的硝酸铵中，结果形成硝酸亚铊溶液。



【63】 $(\text{NH}_4)_2\text{S}$

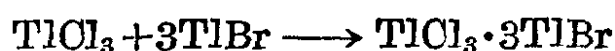
当氯化亚铊与硫化铵的碱性溶液在中等温度下反应后，即有硫化亚铊沉淀出来。



【64】 TlCl_3

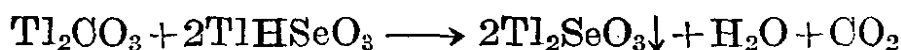
溴化亚铊在热水中的混悬液与三氯化铊的稀溶液处理时，即

有橙色片状结晶析出。



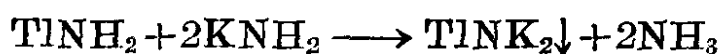
【65】 TlHSeO_3

碳酸亚铊与亚硒酸氢亚铊反应后,即形成水、二氧化碳和亚硒酸亚铊(具有光泽的,黄色斜四边形薄片)。



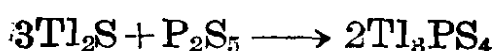
【66】 KNH_2

氨基(化)亚铊与氨基(化)钾在液氨中反应,即生成次氨基二钾亚铊(TlNK_2)沉淀,后者溶解于过量的氨基(化)钾的液氨中。



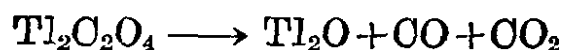
【67】 P_2S_5

将硫化亚铊与五硫化二磷的混合物加热时,即有黄色硫代磷酸亚铊的结晶形成。

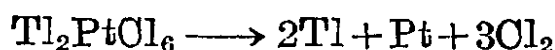


【68】 加热

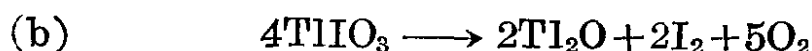
(1) 草酸亚铊经加热后即形成氧化亚铊、一氧化碳和二氧化碳。



(2) 氯铂酸亚铊可加热分解为铂-铊合金和氯。

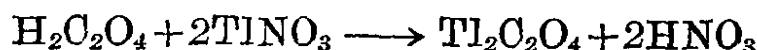


(3) 当碘酸亚铊被加热时,即释放出氧和碘,同时还形成碘化亚铊和氧化亚铊。

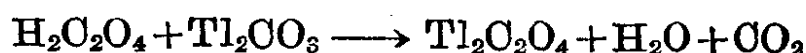


【69】 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$

(1) 草酸与硝酸亚铊溶液作用时,即有草酸亚铊沉淀形成。

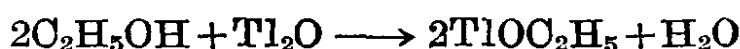


(2) 当碳酸亚铊和草酸各以相当量在水中混合后,即有草酸亚铊形成。

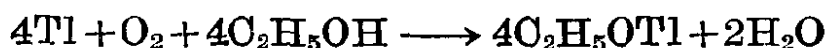


[70] C_2H_5OH

当无水乙醇和氧化亚铊共热时,即形成乙醇亚铊。

**[71] $C_2H_5OH + O_2$**

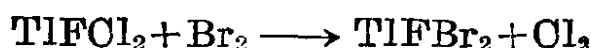
将空气通入铊的乙醇溶液中,即有乙氧基亚铊(乙醇亚铊)生成。



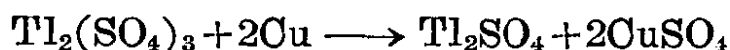
铊化合物的反应

[1] Br_2

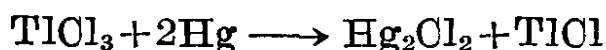
将二氯化铊溶解于40%氢氟酸后的溶液,加温至30~40°C,并与溴处理,即有嫩黄色二溴氯化铊沉淀析出。

**[2] Cu**

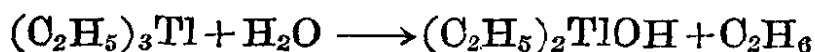
细铜粉可使沸腾的硫酸铊(溶液)还原为硫酸亚铊。

**[3] Hg**

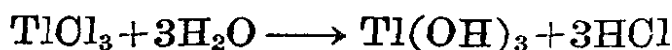
三氯化铊溶液与汞振摇时,即被还原为氯化亚铊。

**[4] H_2O**

(1) 三乙基铊可被水分解为氢氧化二乙基铊和乙烷。



(2) 三氯化铊与水接触时,即迅速发生水解。



(3) 无水三氯化铊可溶解于60°C的水中。当溶液冷却至36~37°C时,则有四水合三氯化铊的结晶形成。三溴化铊亦能形成四水合物。

