



高联教育集团
GAOLIAN EDUCATION

高联教育集团考研专业课精品复习资料

哈尔滨工业大学 学校 理学院 院系

有机化学、分析化学、无机化学、物理化学 专业

828 物理化学

考试代码及科目

资料目录 物理化学 模拟题及解析 三套

页 数 24 页 资料类型 电子版 ☐ 纸质版 ☒

有无缺损 无 ☒ 有 ☐ ()

资料类别 ★ ☐ ★★ ☐ ★★★ ☐ ★★★★ ☐

其它事项

一、填空题 (20')

1. $H_2(g)$ 与 $O_2(g)$ 在绝热钢瓶内化合生成 $H_2O(l)$, 则 ΔU ① 0, ΔH ② 0.
2. 在 298 K 时, 反应 $C(s) + O_2(g) = CO_2(g)$ 的标准摩尔焓变 $\Delta_r H_m^\ominus = -393.51 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 则 $C(s)$ 在 298 K 时的标准摩尔燃烧焓 $\Delta_c H_m^\ominus =$ ③ $-393.51 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.
3. 封闭系统利用焓判据必须满足的条件是 ④ 绝热.
4. 5 mol 单原子理想气体的 $(\frac{\partial H}{\partial T})_p =$ ⑤ 12.5 J/K.
5. 在一定温度和压力下, A 与 B 形成液态混合物, $x_A = x_B = 0.5$, 已知 $p_A^* = 2p_B^*$, 则气相中两者的摩尔分数关系 $y_A : y_B =$ ⑥ 1:1.
6. 利用光学性质测定胶体溶液中胶粒大小的显微镜, 它观察的是胶体粒子的 ⑦ 光.
7. 在恒温、恒压的条件下, 同一电池以: (1) 可逆方式, (2) 不可逆方式放出相同的电量, 在 $Q, W, \Delta G, \Delta H$ 和 ΔS 五个量中, 相同的是 ⑧ $\Delta G, \Delta H$, 不同的是 ⑨ $Q, W, \Delta S$.
8. 某基元反应的活化能 $E_a = 83.68 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 则在 300 K 时有足够碰撞的分数为 ⑩ 0.001.

二、选择题 (24').

1. 若功的计算式为 $W = C_V(T_2 - T_1)$, 下列过程不能用该计算式的是 ().
(A). 理想气体绝热可逆过程. (B). 理想气体绝热不可逆过程.
(C). 实际气体的绝热可逆过程. (D). 某纯液体的绝热过程.
2. 液体苯在一绝热的氧弹中燃烧, 其化学反应为 $\text{C}_6\text{H}_6(l) + 7.5\text{O}_2(g) = 6\text{CO}_2(g) + 3\text{H}_2\text{O}(g)$.

则下面表示正确的是

- (A). $\Delta U = 0, \Delta H < 0, Q = 0$. (B). $\Delta U = 0, \Delta H > 0, W = 0$.
(C). $\Delta U = 0, \Delta H = 0, Q = 0$. (D). $\Delta U \neq 0, \Delta H \neq 0, Q = 0$.

3. 某系统经历一个不可逆循环后, 下列正确的是 ().

- (A). $\Delta S_{\text{sys}} > 0, \Delta S_{\text{sur}} = 0$. (B). $\Delta S_{\text{sys}} > 0, \Delta S_{\text{sur}} > 0$.
(C). $\Delta S_{\text{sys}} = 0, \Delta S_{\text{sur}} = 0$. (D). $\Delta S_{\text{sys}} = 0, \Delta S_{\text{sur}} > 0$.

4. 一个恒温组成的封闭系统, 在不做非膨胀功的条件下, 经历了一个等温、绝热可逆过程, 这时应该用下列什么判据来判断过程是自发的? ()

5. 在足温下, 物质B溶解于A形成溶液, 若纯B的摩尔体积 $V_m^*(B)$ 大于溶液中B的摩尔体积 V_B , 则增加压力会使B在A中的溶解度 ()

A. \uparrow B. \downarrow C. 不变 D. 不能确定

6. 下列有4个浓度相同的电解质溶液, 其中平均活度因子 γ_{\pm} 最大的是 ()

A. KCl B. $CaCl_2$ C. Na_2SO_4 D. Al_2Cl_3

7. 在300K时, 某反应的实验活化能为 $E_a = 33.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 若升高反应温度, 每增加1.0K, 反应速率常数增加百分数约为 ()

A. 0.044 B. 0.37 C. 0.20 D. 0.50

8. 有两根相同的玻璃毛细管, 分别插在A, B两个不同的液体中, 设它们的接触角相同, 已知 $\rho_A = 2\rho_B$, $\gamma_A = 2\gamma_B$, 两根毛细管内液面上升的高度分别为 h_A, h_B , 两者关系为 ()

A. $h_A = 2h_B$ B. $h_A = \frac{1}{2}h_B$ C. $h_A = h_B$ D. $h_A = 4h_B$

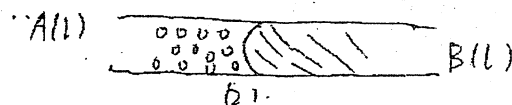
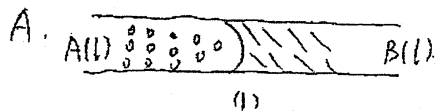
9. 在足温下, 当反应物浓度为 $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 半衰期 $t_{1/2} = 360 \text{ s}$, 当初始浓度为 $0.04 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, $t_{1/2} = 60 \text{ s}$, 则反应级数为 ()

A. 一级 B. 二级 C. 三级 D. 零级

10. 有浓度都是 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的电解质溶液, (1) NaNO_3 , (2) Na_2SO_4 , (3) $\text{Ca(NO}_3)_2$, (4) NaCl , (5) HNO_3 , 则 AgCl (s) 在这些溶液中溶解的量由小到大排列次序为 ()

A. $5 < 4 < 1 < 2 < 3$ B. $4 < 5 < 2 < 1 < 3$ C. $4 < 5 < 3 < 1 < 2$ D. $4 < 5 < 1 < 3 < 2$

11. 在两根质地不同的管 (1), (2) 小心从两头装入两种完全不互溶的 A(l) 与 B(l) 液体, 液体对管壁润湿的情况如图所示, 若在图左端对 A(l) 施加压力, 能否将 B(l) 从管内几乎全部赶到管外? ()



A. (1) 能, (2) 不能 B. (1) 不能, (2) 能 C. (1) (2) 都不能 D. (1) (2) 都能

12. 将浓度为 $0.02 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 KCl 溶液 ~~与~~ 0.012 dm^3 与浓度为 $0.005 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 AgNO_3 溶液 0.10 dm^3 混合制备 AgCl 溶胶, 在外电场中, 胶粒将 ()

A. 向正极移动 B. 向负极移动 C. 不作任何移动 D. 做 Brown 运动

三. 简答题. (25)

1. 某体系从始态经一绝热不可逆过程到达终态, 为了计算某些热力学函数的量, 可以设计一个绝热可逆过程, 从同一始态到达同一终态, 可以吗?

2. 什么是溶液的依数性? 这些依数性有何用处?

3. 在公式 $\Delta_r G_m^\ominus = -RT \ln K^\ominus$ 中, $\Delta_r G_m^\ominus$ 与 K^\ominus 所处的热力学状态是否相同?

⑤

Arrehenius 经验式的应用条件是什么?

5. 讲不如何能防止暴沸?

四. 计算题.

1. 在 298 K 和 100 kPa 时, 将 1.0 dm^3 的双原子理想气体经绝热不可逆过程压缩至终态压力为 500 kPa, 对它做功 502 J. 设该气体在 298 K 时的标准摩尔熵 $S_m^\ominus = 205.1 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$. 试求:

(1) 该气体的物质的量和终态温度.

(2) 该过程的 Q , W , ΔS , ΔG .

2. 在 298 K 时, 电池 $\text{Zn(s)} | \text{ZnCl}_2(0.56 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}) | \text{AgCl(s)} | \text{Ag(s)}$ 的电动势 $E = 1.015 \text{ V}$, 电动势温度系数 $\left(\frac{\partial E}{\partial T}\right)_p = -4.02 \times 10^{-4} \text{ V} \cdot \text{K}^{-1}$. 已知: $E_{\text{Zn}^{2+}|\text{Zn}} = -0.763 \text{ V}$, $E_{\text{Ag}^+|\text{Ag}} = 0.799 \text{ V}$, AgCl(s) 的溶度积系数 $K_{\text{sp}}^\ominus = 1.7 \times 10^{-10}$.

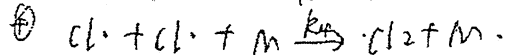
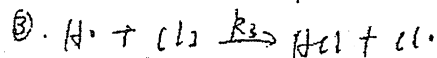
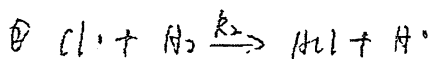
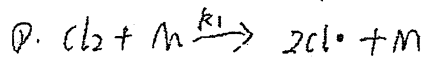
(1). 写出电极反应及电池反应 (2 个电子得失).

(2). 计算电池反应的进度为 1 mol 时的 $\Delta_r G_m$, $\Delta_r S_m$, $\Delta_r H_m$.

(3). 计算电池反应的标准平衡常数 K^\ominus .

(4). 计算 $\text{ZnCl}_2(0.56 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1})$ 溶液的平均活度因子 γ_{\pm} . (15')

3. $\text{Cl}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) = 2\text{HCl}(\text{g})$ 的反应机理为:



试根据反应机理推导出相应的动力学方程. (10')

4. 298 K 时, 将一半径为 $r = 1.0 \times 10^{-3} \text{ m}$ 的洁净玻璃管垂直放置, 下端刚好与液面相切. 玻璃管中间与一压力计相连, 在管的另一端缓慢通入惰气. 当在液面下形成的气泡半径等于玻璃管半径时, 压力计上的读数为 40 Pa. 试求液体的表面张力. (10')

5. 在 298 K 时, 丁烯脱氢制取丁二烯的反应为 $\text{C}_4\text{H}_8(\text{g}) = \text{C}_4\text{H}_6(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$. 根据热力学数据表, 试计算: (12') (3)

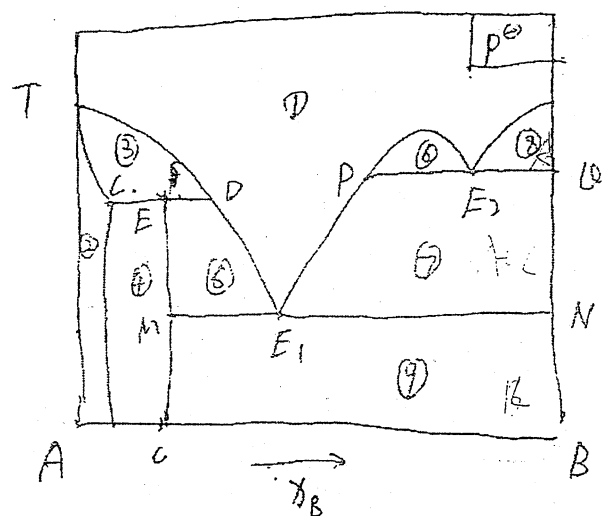
- (1). 298K时反应的 $\Delta_r H_m^\ominus$ 和 $\Delta_r S_m^\ominus$ 的值.
 - (2). 298K时的标准摩尔 Gibbs 自由能的变化值 $\Delta_r G_m^\ominus$ 和标准平衡常数 K_p^\ominus .
 - (3). 830K时的 K_p^\ominus (设 $\Delta_r H_m^\ominus$ 与 T 无关).
 - (4). 若在反应气体中加入 $H_2O(g)$, 加入的 $H_2O(g)$ 与丁烯的比例为 $C_4H_8(g): H_2O(g) = 1:15$, 试计算反应在 830K, 200kPa 条件下, 丁烯转化率.
- 已知 298K 时参与反应物质的热力学数据如下:

物质	$C_4H_8(g)$	$C_4H_6(g)$	$H_2(g)$
$\Delta_f H_m^\ominus (kJ \cdot mol^{-1})$	-0.13	110.16	0
$S_m^\ominus (J \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1})$	305.71	278.85	130.68

五. 相图题. (15')

A-B 二组分凝聚系统的相图如图 1 所示. (1). 列出图中各相区的相数, 相态, 成分及条件自由度 f^* = ?

(2). 列表指出各水平线上的相数, 相态及成分和条件自由度 f^* = ?



④

一. 填空题: (每空2')

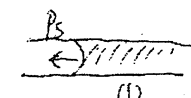
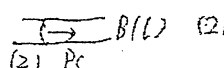
①: $\Delta G < 0$. ②: $-564 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ (考察等压, 等容热效应间的关系). ③: $103.9 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$.
④: 隔离系统. ⑤: 2:1. ⑥ 散射 ⑦ $\Delta G, \Delta H, \Delta S$. ⑧ W, Q . ⑨ 2.69×10^{-15}
($q = 2 e^{-E_c/RT}$)

二. 选择题.

1. C (应用条件为等容). 2. B ($\Delta U = Q = W = 0, \Delta H > 0$). 3. D. 4. A. (绝热可逆过程即为等熵过程, 体积和熵是热力学能 U 的广延变量, $(dU)_{S,V,W_f=0} \leq 0$ 可以作为过程自发性的判据, 同理等压, 等熵过程 $(dH)_{S,p,W_f=0} \leq 0, (dA)_{T,V,W_f=0} \leq 0,$

6. A. ($(\frac{\partial G}{\partial p})_T = V_m, (\frac{\partial H}{\partial p})_T = V_m B.$, $V_m > V_B \Rightarrow \frac{\partial G}{\partial p} > \frac{\partial H}{\partial p}$ 因此 B 将向溶液转移. 具
体参考中期讲义). 6. A. 7. A. ($k = A e^{-E_a/RT}, \ln \frac{k_1}{k_2} = \frac{E_a}{R} (\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}) \approx \frac{E_a}{R T_f}$)

8. C. 9. B ($t_{1/2} \propto \frac{A}{C_0^n}$). 10. D (原盐效应, 沉淀转移效应, 同离子效应).

11. B. ( B 随着 B(1) 向外赶, P_2 逐渐增加, 所以赶不走全部;  B(1) (2) 中 P_2 向外, 因此越来越难赶, 直至完全赶出).

12. B. (胶粒带正电, 电泳方向向负极移动).

三. 简答题.

1. 不可以. 因为体系若经过一绝热不可逆过程, 则熵变一定是增加的, 而绝热可逆过程则不会改变体系的熵变. 因此不可能从同一终态到达同一终态.

2. 稀溶液的依数性是指对于稀溶液, 某些性质下降的数值只与溶质的质点数目有关, 而与溶质的性质无关. 依数性体现在: 溶剂蒸气压下降, 沸点升高, 凝固点降低和产生渗透压等方面. 可以利用这些依数性来计算未知物质的摩尔质量.

3. 不相同. 因为 $\Delta_r G_m^\ominus = \sum_B \nu_B \mu_B^\ominus(T)$ 而 $\Delta_r G_m = \sum_B \nu_B \mu_B$ 是所有参与反应的物质 B 均处于标准态时的化学势的代数和, 亦是处于标准态时的标准摩尔生成 Gibbs 自由能的代数和, 所以 $\Delta_r G_m^\ominus$ 是处于标准态时的值. 当化学反应达到平衡时 $\Delta_r G_m = 0$, 才得到 $\Delta_r G_m^\ominus = -RT \ln K^\ominus$. K^\ominus 是反应系统处于平衡态时的参与反应的所有物质的压力商或活度商, 所以 K^\ominus 是平衡时的数值. 因此两者处于不同的热力学状态.

4. 因为 Arrhenius 在总结其经验式时假设活化能和指前因子都是与温度无关的常数, 因此它的经验式也只适用于温度区间变化不大的反应.

5. 处于液体中的小蒸气泡，内部是蒸气，外部为液体，因此气泡所内压为
凹面，根据 Kelvin 公式，小气泡内的饱和蒸气压将小于平面液体的饱和蒸气压，且
泡越小，蒸气压越低，由于这个蒸气压远小于相同温度下平面上的蒸气压，所
小蒸气泡难以形成。而得石可以在加热过程中提供泡中心，使初形成的蒸
气泡不是太小，从而绕过了产生极微小气泡的困难所甚。

14. 计算题.

1. 解: 根据理想气体状态方程.

$$n = \frac{p_1 V_1}{R T_1} = \left(\frac{100 \times 10^3 \times 1.0 \times 10^{-3}}{8.314 \times 298} \right) \text{mol} = 0.04 \text{mol}$$

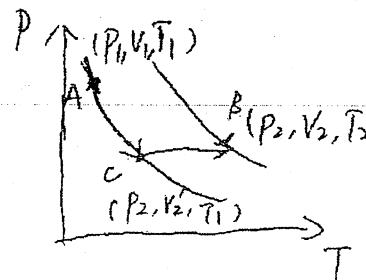
根据已知条件: $Q=0$, $\Delta U=W=502\text{J}$.

$$\Delta U_2 = n C_{V,m} (T_2 - T_1)$$

$$502\text{J} = 0.04 \text{mol} \times \frac{5}{2} R (T_2 - 298\text{K})$$

$$\Rightarrow T_2 = 902\text{K}$$

$$(2). \Delta U = W = 502\text{J}, \Delta H = n C_{p,m} (T_2 - T_1) = 703\text{J}$$

计算 ΔS 设计可逆过程: (先等温后等压).

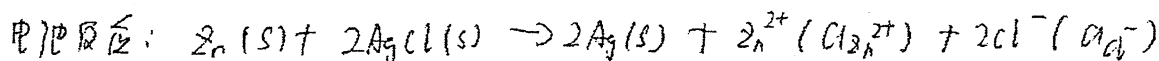
$$\Delta S = nR \ln \frac{p_1}{p_2} + n C_{p,m} \ln \frac{T_2}{T_1}$$

$$= 0.04 \times 8.314 \times \left(\ln \frac{100}{500} + \frac{7}{2} \times \ln \frac{902}{298} \right) = 0.75 \text{J} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$S_2 = S_1 + \Delta S = (0.75 + 0.04 \times 205.1) \text{J} \cdot \text{K}^{-1} = 8.95 \text{J} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$\Delta G = \Delta H - \Delta(TS) = \Delta H - (T_2 S_2 - T_1 S_1)$$

$$= 703\text{J} - (902 \times 8.95 - 298 \times 0.04 \times 205.1) \text{J} = -4925\text{J}$$

2. 解: (1) 负极, 氧化 $\text{Zn}(s) \rightarrow \text{Zn}^{2+}(a_{\text{Zn}^{2+}}) + 2e^-$ 正极, 还原 $2\text{AgCl}(s) + 2e^- \rightarrow 2\text{Ag}(s) + 2\text{Cl}^-(a_{\text{Cl}^-})$ 

$$(2). \Delta_r G_m = -zEF = -2 \times 1.015\text{V} \times 96500 \text{C} \cdot \text{mol}^{-1} = -195.9 \text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\Delta_r S_m = zF \left(\frac{\partial E}{\partial T} \right)_p = 2 \times 96500 \times (-4.02 \times 10^{-4}) = -77.6 \text{J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\Delta_r H_m = \Delta_r G_m + T \cdot \Delta_r S_m = -219.6 \text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$3). E_{\text{Cl}^-|\text{AgCl}|\text{Ag}}^\ominus = E_{\text{Ag}^+|\text{Ag}}^\ominus + \frac{RT}{F} \ln K_{\text{sp}}$$

$$= \left[\frac{8.314 \times 298}{96500} \times \ln(1.7 \times 10^{-10}) + 0.799 \right] \text{V} = 0.221\text{V}$$

$$\text{则电池的标准电动势为 } E^\ominus = E_{\text{Cl}^-|\text{AgCl}|\text{Ag}}^\ominus - E_{\text{Zn}^{2+}|\text{Zn}}^\ominus = 0.984\text{V}$$

$$\text{由 } \Delta_r G_m^\ominus = -RT \ln K_a^\ominus = -zEF^\ominus$$

$$K_a^\ominus = \exp\left(\frac{zEF^\ominus}{RT}\right) = e^{\frac{2 \times 0.984 \times 96500}{8.314 \times 298}} = 1.95 \times 10^{33}$$

$$(4). E = E^\ominus - \frac{RT}{zF} \ln(a_{\text{Zn}^{2+}} \cdot a_{\text{Cl}^-}^2) = E^\ominus - \frac{RT}{zF} \ln\left(\gamma_{\pm}^3 \cdot \frac{m_{\pm}^3}{m^\ominus^3}\right)$$

$$\left(\frac{m_{\pm}}{m^{\circ}}\right)^3 = \left(\frac{m_{+}}{m^{\circ}}\right) \cdot \left(\frac{m_{-}}{m^{\circ}}\right)^2 = 0.56 \times (2 \times 0.56)^2 = 0.702$$

$$\text{即 } 1.015 = 0.984 - \frac{RT}{2F} (\ln r_{\pm}^3 + \ln 0.702)$$

$$r_{\pm} = 0.503$$

3. 解: 用 HCl(g) 的生成速率来表示反应的速率:

$$r = \frac{1}{2} \frac{d[\text{HCl}]}{dt}$$

$$\frac{d[\text{HCl}]}{dt} = k_2 [\text{Cl}\cdot] [\text{H}_2] + k_3 [\text{H}\cdot] [\text{Cl}_2] \quad (1)$$

用稳态近似法, 将 $[\text{Cl}\cdot]$ 与 $[\text{H}\cdot]$ 的浓度用反应物浓度来表示:

$$\frac{d[\text{Cl}\cdot]}{dt} = 2k_1 [\text{Cl}_2] [\text{M}] - k_2 [\text{Cl}\cdot] [\text{H}_2] + k_3 [\text{H}\cdot] [\text{Cl}_2] - 2k_4 [\text{Cl}\cdot]^2 [\text{M}] = 0 \quad (2)$$

$$\frac{d[\text{H}\cdot]}{dt} = k_2 [\text{Cl}\cdot] [\text{H}_2] - k_3 [\text{H}\cdot] [\text{Cl}_2] = 0 \quad (3)$$

$$\text{最终整理得: } \frac{d[\text{HCl}]}{dt} = 2k_2 \left(\frac{k_1}{k_4}\right)^{\frac{1}{2}} [\text{Cl}_2]^{\frac{1}{2}} [\text{H}_2]$$

$$\therefore r = \frac{1}{2} \frac{d[\text{HCl}]}{dt} = k_2 \left(\frac{k_1}{k_4}\right)^{\frac{1}{2}} [\text{H}_2] [\text{Cl}_2]^{\frac{1}{2}} = k [\text{H}_2] [\text{Cl}_2]^{\frac{1}{2}}$$

相应的表观活化能 $E_a = E_2 + \frac{1}{2}(E_1 - E_4)$. (作为补充)

4. 解: Young-Laplace公式:

$$p_s = \frac{2\gamma}{r}$$

$$\gamma = \frac{p_s \cdot r}{2} = \frac{40 \text{ Pa} \times 1.0 \times 10^{-3} \text{ m}}{2} = 0.02 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$$

5. 解: (1) 在 298 K 时:

$$\Delta_r H_m^{\ominus} = \sum \nu_B \Delta_f H_m^{\ominus}(B) = [110.16 + 0 - (-91.3)] = 110.29 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\Delta_r S_m^{\ominus} = \sum \nu_B S_m^{\ominus}(B) = (130.68 + 279.85 - 305.71) = 103.82 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\begin{aligned} (2) \Delta_r G_m^{\ominus} &= \Delta_r H_m^{\ominus} - T \cdot \Delta_r S_m^{\ominus} \\ &= [110.29 - 298 \times (103.82 \times 10^{-3})] = 79.35 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \end{aligned}$$

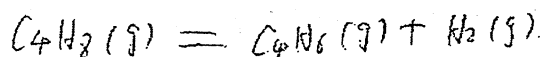
$$K_p^{\ominus}(298 \text{ K}) = \exp\left(\frac{-\Delta_r G_m^{\ominus}}{RT}\right) = \exp\left(-\frac{79350}{8.314 \times 298}\right) = 1.23 \times 10^{-4}$$

B1. 利用 van der Hoff 公式:

$$\ln \frac{K_p^{\ominus}(T_2)}{K_p^{\ominus}(T_1)} = \frac{\Delta_r H_m^{\ominus}}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right), \text{ 解得: } K_p^{\ominus}(830 \text{ K}) = 3.03 \times 10^{-2}$$

模拟(一) 答案 4页.

(4). 设反应开始时 $C_4H_8(g)$ 为 1 mol, 转化率为 a . 则



$$t=0 \quad 1 \quad 0 \quad 0$$

$$t=t_e \quad 1-a \quad a \quad a$$

$$n_{\text{总}} = [1-a+a+a+15] \text{ mol} = (16+a) \text{ mol}. \quad (H_2O(g) \text{ 为 } 15 \text{ mol})$$

平衡总压 $p = 20 \text{ kPa}$, 则

$$K_p^\ominus(830\text{K}) = \frac{P_{C_4H_6}/P^\ominus \cdot x \cdot P_{H_2}/P^\ominus}{P_{C_4H_8}/P^\ominus} = \frac{\left(\frac{a}{16+a}\right) \cdot \left(\frac{a}{16+a} \cdot \frac{p}{p^\ominus}\right)^2}{\left(\frac{1-a}{16+a}\right) \cdot \frac{p}{p^\ominus}} = 3.03 \times 10^3$$

$$\text{解得: } a = 0.38.$$

5. 相图分析.

$$f^* + \Phi = C + 1. \quad C = 2.$$

$$f^* + \Phi = 3.$$

(1) 相区	相数	相态及成分	f^*
①	1	L(A+B)	2
②	1	S ₂	2
③	2	S ₂ + L(A+B)	1
④	2	S ₂ + C(s)	1
⑤	2	C(s) + L(A+B)	1
⑥	2	L ₁ + L ₂	1
⑦	2	L(A+B) + S B(s)	1
⑧	2	L(A+B) + B(s)	1
⑨	2	S C(s) + B(s)	1

(2).

水平线	相数	相态及成分	f^*
CFD	3	S ₂ + S C(s) + L(A+B)	0
MEIN	3	C(s) + L(A+B) + B(s)	0
PE ₂ Q	3	L ₁ (A+B) + L ₂ (A+B) + B(s)	0

(注: S₂ 表示 2 固溶体).

一. 填空题 (24')

1. 已知 298K 时, $\text{C}_2\text{H}_4(\text{g})$, $\text{C}_2\text{H}_6(\text{g})$, H_2 的标准摩尔燃烧焓 $\Delta_c H_m^\circ(298.15\text{K})$ 分别为 $-1411\text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$, $-1560\text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$, $-285.8\text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$. 则 $\text{C}_2\text{H}_4(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightarrow \text{C}_2\text{H}_6(\text{g})$ 反应的标准摩尔焓变 $\Delta_r H_m^\circ(298.15\text{K})$ 为 ①.
2. 在恒容恒焓不做非体积功的封闭体系, 当热力学函数达到②值时的状态为平衡态.
3. 1mol 单原子理想气体的始态为 273K, 100kPa, 分别经下列过程: (A) 恒容升温 1K, (B) 恒压压缩使体积减小一半, (C) 恒压升温 10K, (D) 绝热可逆压缩至体积减小一半. 则上述过程中, 终态温度最高的是③, 终态压力最大的是④.
4. 在 300K 时, 2mol $\text{Zn}(\text{s})$ 与稀 H_2SO_4 反应, 在敞口烧杯中进行, 放热 Q_p , 若在密闭刚性容器中进行, 放热 Q_v , $Q_p - Q_v =$ ⑤.
5. 298K 时, 反应 $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 的标准摩尔焓变 $\Delta_c H_m^\circ = -564\text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$, 则 H_2 在 298K 时的 $\Delta_c H_m^\circ =$ ⑥.
6. 公式 $\ln \frac{p(\text{B})}{p(\text{A})} = \frac{\Delta H_m}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$ 的适用条件是 ⑦.
7. 某反应的速率常数 $k = 0.1 (\text{mol}\cdot\text{L}^{-1})^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$, 反应物起始浓度为 $0.1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, 当反应速率降至初速率的一半时, 所需时间为 ⑧.
8. 在玻璃管的两端各有一大小肥皂泡, 若将中间的细管打开使两个气泡相通, 则会发生⑨现象.
9. 用同一电导池测定两电解质电阻, A 的浓度 $m_A = 0.01\text{ mol}\cdot\text{kg}^{-1}$, 电阻 $R_A = 100\Omega$; 电解质 B 的浓度 $m_B = 0.10\text{ mol}\cdot\text{kg}^{-1}$, 电阻 $R_B = 500\Omega$, 则 $\Lambda_{m,A} : \Lambda_{m,B} =$ ⑩.
10. 已知某化可反应的 $\Delta_r G_m^\circ > 0$, 则该反应的标准平衡常数随温度升高而变化为 ⑪.

二. 选择题 (20').

1. 对于一定量的理想气体, 下列不可能发生的过程是 ().
 (1). 恒温下绝热膨胀. (2). 恒压下绝热膨胀. (3). 同时对外做功并放热.
 (4). 不做非膨胀功, 恒容下发生绝热过程, 使系统温度上升.
 A. (1), (2). B. (3), (4). C. (1), (3). D. (2), (4).
2. 在 270K 和大气压力下, 一定量的过冷水凝结为同温同压下的冰, 则系统与环境的热变分别为 ().
 A. $\Delta S_{\text{sys}} < 0$, $\Delta S_{\text{sur}} < 0$. (B). $\Delta S_{\text{sys}} < 0$, $\Delta S_{\text{sur}} > 0$.
 C. $\Delta S_{\text{sys}} > 0$, $\Delta S_{\text{sur}} < 0$. (D). $\Delta S_{\text{sys}} > 0$, $\Delta S_{\text{sur}} > 0$.
3. $\text{NH}_4\text{HS}(\text{s})$ 和一定量的 $\text{NH}_3(\text{g})$ 在一个密闭容器中分解达平衡, 这时 (),
 A. ... B. ... C. ... D. ...

34. 浓度为 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的 MgCl_2 水溶液的质量摩尔度 $z = \underline{\hspace{1cm}}$.

A. $0.3 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$. B. $0.2 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$. C. $0.15 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$. D. $0.1 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$.

5. 有一原电池的溫度系数 $(\frac{\partial E}{\partial T})_p < 0$, 则该电池反应的焓变值 $\Delta_r H_m$ 为 ().

A. > 0 . B. < 0 . C. $= 0$. D. 不确定.

6. 在一定量用 KI 作为稳定剂的 AgI 溶胶中, 加入下列浓度相同的电解质溶液, 在一定时间内使溶胶完全聚沉所需电解质的量最少为 ().

(A). KNO_3 . (B). $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$. C. $\text{La}(\text{NO}_3)_3$. D. NaNO_3 .

7. 有一种水溶性农药可以用来消灭棉花上的蚜虫, 但是药水不能润湿棉花叶, 以致在药水中加入以下哪种物质可以提高杀虫效果? ().

A. NaCl . B. 皂素. C. 乙醇. D. 石灰水.

8. 空气中有一半径为 $1 \times 10^{-3} \text{ m}$ 的肥皂泡, 已知该肥皂液的表面张力为 $0.040 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$, 则该肥皂泡上的附加压力为 ().

A. 0.04 kPa . B. 0.08 kPa . C. 0.16 kPa . D. 0.32 kPa .

9. A_2B 型的强电解质平均活度 a_{\pm} 与其平均活度因子 γ_{\pm} 和质量摩尔浓度 m_B 之间的关系为 ().

A. $a_{\pm} = \gamma_{\pm} \frac{m_B}{m^\ominus}$ B. $a_{\pm} = \gamma_{\pm} (\frac{m_B}{m^\ominus})^3$ C. $a_{\pm} = \sqrt[3]{\gamma_{\pm} \frac{m_B}{m^\ominus}}$ D. $a_{\pm} = \sqrt[3]{4} \gamma_{\pm} \frac{m_B}{m^\ominus}$.

10. 在 300 K 时, 某反应的摩尔活化能 $E_a = 330 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 若升高反应温度, 每增加 10 K , 反应速率系数增加分数约为 ().

A. 0.044 . B. 0.37 . C. 0.20 . D. 0.50 .

三. 简答题. (25')

1. 纯组分的化学势是否就等于它的 Gibbs 自由能? 同一稀溶液中含溶质 B 的浓度分别用 a_B , m_B , C_B 表示时, 所得到的化学势是否相同?

2. 在 T, p 保持不变且 $\Delta_f = 0$ 的情况下, 若某反应的 $\Delta_r G_m > 0$, 能否研制出一种催化剂使反应正向进行?

3. 具有简单级数的反应是否是基元反应?

4. 比较胶体溶液 (憎液溶胶) 与不同的溶液之间异同点.

5. 指出下列公式适用条件.

(1) $\Delta S = \frac{Q_r}{T}$; (2) $\Delta_{mix} S = -R \sum_B n_B \ln a_B$ (3) $\Delta S = R \ln \frac{V_2}{V_1} + \int_{T_1}^{T_2} \frac{C_v dT}{T}$

1. 有 1 mol 单原子理想气体, 从始态 300 K , 100 kPa 依次经历如下三个过程: (1) 在 300 K 下等温可逆膨胀至 200 kPa ; (2) 接着在 300 K 下, 等压, 等压 100 kPa 膨胀至系统压力也为 100 kPa ; (3) 在等压下, 系统温度由 300 K 升至 500 K , 试分别计算以上三个过程的 Q , W , ΔU , ΔH , ΔS , ΔA 和 ΔG . (已知气体的 $S_m^\ominus = 154.8 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$). (18')
2. 有电池 $\text{Pt} | \text{H}_2(1.0 \text{ kPa}) | \text{HBr}(0.1 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}) | \text{AgBr(s)} | \text{Ag(s)}$, 已知 298 K 时的电动势 $E = 0.165 \text{ V}$, AgBr(s) 的溶度积常数 $K_{\text{sp}} = 1.0 \times 10^{-12}$. 金属银电极的标准电极电势 $E^\ominus_{\text{Ag}^+/\text{Ag}} = 0.799 \text{ V}$.
- (1). 电写出电极反应和电池反应. (15')
 - (2). 计算该电池的标准电动势 E^\ominus .
 - (3). 计算 $\text{HBr}(0.1 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1})$ 的平均活度因子 γ_{\pm} , 设氢气是理想气体.
3. 有一理想气体反应为 $2\text{A(g)} \rightleftharpoons 2\text{B(g)} + \text{C(g)}$. 该反应物和产物的平衡期与反应物起始浓度成正比. 测得如下两组实验数据: (15')

实验次数	T/K	p_A^\ominus/kPa	$t_{1/2}/\text{s}$
1	900	39.20	1520
2	1000	48.00	212

- (1). 分别计算两个温度下的速率常数.
 - (2). 在 1000 K 时, 将反应物 A(g) 放入抽空容器中, 始压为 53.33 kPa , 计算达总压 64.00 kPa 时所需时间.
 - (3). 若将反应物 A(g) 放入抽空容器中, 始压为 53.33 kPa , 系统达总压为 64.00 kPa 时所需时间为 100 s , 计算应控制的反应器的温度.
4. 在室温下大气压下, 将内径分别为 1.20 mm 和 0.80 mm 的两支洁净毛细管插入某液体中, 平衡时发现两支管中上升的液面高度差为 1.0 cm . 试计算该液体与空气之间的界面张力. 已知空气密度为 $0.001 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, 液体密度为 $0.901 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, 假设接触角为零. (8')
5. 在 298 K 时, A , B 组成液态混合物, 在混合物 (1) 中, B 的蒸气压为 10.67 kPa , 在混合物 (2) 中, B 的蒸气压为 3.60 kPa . (10')
- (1). 现要将 2 mol B 从甲中转移至混合物 (2) 中, 计算需做的最大非膨胀功.
 - (2). 若将压力为 10 kPa 的 B 2 mol , 溶于大量 A 中, 形成混合物, B 的蒸气压为 3.60 kPa , 计算该过程的最大非膨胀功.

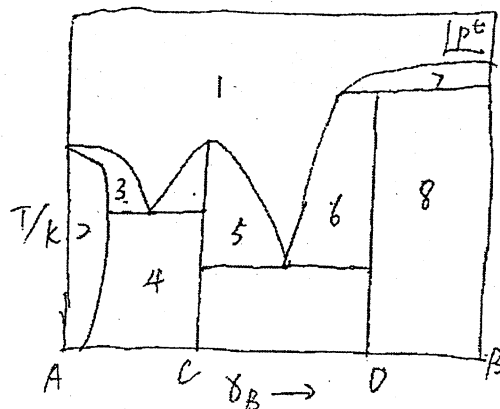
模(二)

4页.

五. 相图分析. (15')

指出图中各区相态.

并指出 C、D 性质.



相区	相态	Φ	相区	相态	Φ
1	熔液 L	1	5	C(s) + L	2
2	固熔体 2	1	6	P(s) + L	2
3	2 + L	2	7	B(s) + L	2
4	2 + C(s)	2	8	D(s) + B(s)	2

C 为稳定化合物, D 不稳定.

试题答案 (二)

一. 填空题 (每空 2')

- ①: $-136.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$. ($\Delta_r H_m = -\sum \nu_B \Delta_c H_m^\ominus(B)$) ②: U, ③: 最小 (答案解释见变量).
 ④: D. ⑤: D. (根据范德瓦耳斯 $pV^r = k$, $TV^{r-1} = k'$ 计算). ⑥: $-285.7 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ($\Delta_f = \Delta_v + \Delta_m$).
 燃烧热应是 1 mol H_2 的反应, 所以除以 2). ⑦: 4938.4 J . ⑧: 单组分气-液两相平衡, 气体视为理想气体, 过程的 ΔG 与温度无关. ⑨: 100% . ⑩: 大波变大, 小波变小. (参考中期讲义). ⑪: $5:1$. ⑫: 不确定.

二. 选择题 (2')

1. D. 2. B. 3. A. 4. A. 5. B. 6. C. 7. B. 8. C. (2. $\frac{25}{R}$). 9. D. 10. A.

三. 简答题.

1. 组分的化学势是否就等于它的 Gibbs 自由能? 同一稀溶液中共存组分 B 的浓度分别用 n_B , m_B 和 C_B 表示时, 所得到的化学势是否相同?
 答: 组分的化学势等于它的摩尔 Gibbs 自由能, 因为是从偏摩尔量来取, 所以“摩尔”二字不可省. 同一稀溶液中共存组分 B 的浓度用什么方法表示, 它的化学势数值只能有一个, 并且一定是相同.
2. 不可能. 热力学判据得出的结论是不能改变的. 催化剂只能改变反应的速率, 并且同时改变正、逆反应的速率, 使反应提前达到平衡, 但不可能改变反应的方向和平衡的位置. 除非对反应系统做非体积功, 如输入电能, 光能等.
3. 不一定. 基元反应一定是具有简单的反应级数, 而且大部分是一级和二级. 三级反应甚少. 而具有简单反应级数的就不一定是基元反应, 如 $\text{H}_2(g) + 2\text{I}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{HI}(g)$ 就是复杂反应.
4. 憎液溶胶特性: ①. 具有分散程度. ②. 不均多相性. ③. 不稳定. 憎液溶胶为热力学不稳定性. 大的溶胶是单分子分散系统, 是热力学上的稳定性. 絮凝后再加入分散介质又可复原, 而憎液溶胶则不能.
 共同点: 两者都属于胶体系统.
5. 指出
 ①. 可逆过程. $\Delta G = 0$, T 为系统的温度, 也是环境的温度.
 ②. 理想气体等温混合: 理想气体, 等温混合, 符合由 Amagat 分体积定律 (混合后各组分体积等于各组分在相同温度和压力下所占有的体积之和).
 ③. 理想气体从 p_1, V_1, T_1 到 p_2, V_2, T_2 的变化.

计算题.

1. 解: (1). 等温可逆膨胀: $\Delta U = \Delta H = 0$. $\Delta A_1 = \Delta G_1 = W_{\max,1}$, $\Delta S = nR \ln \frac{p_1}{p_2}$. $Q_{R,1} = T \Delta S$
 $W_1 = -nRT \ln \frac{p_2}{p_1} = (1 \times 8.314 \times 300 \times \ln \frac{200}{1000}) \text{ J} = -4.01 \text{ kJ}$

$$\Delta A_1 = \Delta G_1 = W_{\max} = -4.01 \text{ kJ}.$$

$$Q = -W_1 = 4.01 \text{ kJ}; \quad \Delta S_1 = (1 \times 8.314 \times \ln \frac{200}{1000}) \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} = 13.38 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$\Delta S_1 = \frac{Q}{T} = \left(\frac{4.01 \times 10^3}{300} \right) \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} = 13.37 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}.$$

(2). 理想气体等温可逆膨胀, 等外压膨胀, 从 200 kPa 到 100 kPa .

$$\Delta U_2 = \Delta H_2 = 0. \quad W_2 = -Q_2. \quad \Delta A_2 = \Delta G_2 = W_{\max,2}, \quad \Delta S_2 = \frac{Q_{R,2}}{T}$$

$$W_2 = -p_{\text{外}} \Delta V = -p_{\text{外}} \left(\frac{nRT}{p_2} - \frac{nRT}{p_1} \right) = - \left[1 \times 8.314 \times 300 \times \left(1 - \frac{100}{200} \right) \right] \text{ J} = -1.247 \text{ kJ}$$

$$Q_2 = -W_2 = 1.247 \text{ kJ}.$$

计算 ΔS_2 (设计等温可逆膨胀). $\Delta S_2 = nR \ln \frac{p_1}{p_2} = (1 \times 8.314 \times \ln \frac{200}{100}) = 5.76 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$

$$\Delta A_2 = \Delta G_2 = W_{\max,2} = -Q_{R,2} = -T \cdot \Delta S_2 = (-300 \times 5.76) \text{ J} = -1.728 \text{ kJ}.$$

(3). $\Delta U_3 = n \cdot C_{V,m} \cdot \Delta T = \left[1 \times \frac{3}{2} \times 8.314 \times (500 - 300) \right] \text{ J} = 2.494 \text{ kJ}.$

$$\Delta H_3 = n \cdot C_{p,m} \cdot \Delta T = \left[1 \times \frac{5}{2} \times 8.314 \times (500 - 300) \right] \text{ J} = 4.157 \text{ kJ}$$

$$\Delta S_3 = n C_{p,m} \ln \frac{T_2}{T_1} = \left[1 \times \frac{5}{2} \times 8.314 \times \ln \frac{500}{300} \right] \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} = 10.62 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}.$$

$$Q_3 = \Delta H_3 = 4.157 \text{ kJ}. \quad W_3 = \Delta U_3 - Q_3 = (2.494 - 4.157) \text{ kJ} = -1.663 \text{ kJ}.$$

$$\Delta S_m(500 \text{ K}) = \Delta S_3 + S_m^\ominus(300 \text{ K}) = (10.62 + 154.8) \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} = 165.42 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}.$$

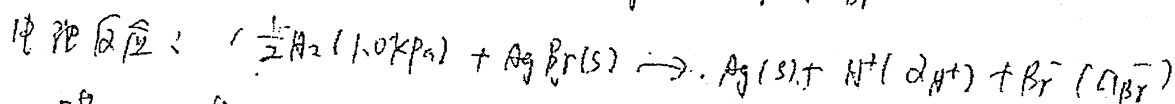
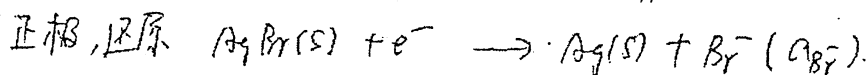
$$\Delta A_3 = \Delta U_3 - (T_3 S_3 - T_2 S_2)$$

$$= [2.494 - (500 \times 165.4 - 300 \times 154.8)] \text{ J} = -33.77 \text{ kJ}.$$

$$\Delta G_3 = \Delta H_3 - (T_3 S_3 - T_2 S_2)$$

$$= 4.157 - (500 \times 165.4 - 300 \times 154.8) \text{ J} = -32.11 \text{ kJ}.$$

2. 解: (1). 负极, 氧化 $\frac{1}{2} \text{H}_2 (1.0 \text{ kPa}) \rightarrow \text{H}^+ (a_{\text{H}^+}) + e^-$



$$(2). \quad E^\ominus = E^\ominus_{\text{Br}^-/\text{AgBr}/\text{Ag}} - E^\ominus_{\text{H}^+/\text{H}_2} = E^\ominus_{\text{Br}^-/\text{AgBr}/\text{Ag}}$$

$$E^\ominus_{\text{Br}^-/\text{AgBr}/\text{Ag}} = E^\ominus_{\text{Ag}^+/\text{Ag}} - \frac{RT}{2F} \ln \frac{1}{K_{\text{sp}}} = 0.799 \text{ V} + \frac{8.314 \times 298}{1 \times 96500} \ln (1.0 \times 10^{-12})$$

(二)

模拟(二) 答案

3R.

(3).

$$E = E^\ominus - \frac{RT}{2F} \ln \frac{a_{H^+} \cdot a_{Cl^-}}{a_{H_2}} = E^\ominus - \frac{RT}{2F} \ln \frac{(r_{\pm} \frac{m}{m^\ominus})^2}{(P_{H_2}/P^\ominus)^{\frac{1}{2}}}$$

$$0.165V = 0.090 - \frac{8.314 \times 298}{1 \times 96500} \ln \frac{r_{\pm}^2 \times (0.1)^2}{(1.0/100)^{\frac{1}{2}}}$$

$$r_{\pm} = 0.734.$$

3. 解: (1). $t_{\pm} \propto \frac{1}{a}$, 因此反应级数为二级. $t_{\frac{1}{2}} = \frac{1}{k_2 a}$.

$$k_p(900K) = \frac{1}{P_A^0 \cdot t_{\frac{1}{2}}} = (39.20 / \text{KPa} \times 15 \text{ms})^{-1} = 1.68 \times 10^{-5} (\text{KPa})^{-1} \cdot \text{s}^{-1}.$$

$$k_p(1000K) = \frac{1}{P_A^0 \cdot t_{\frac{1}{2}}} = (48.00 \text{ KPa} \times 212 \text{ s})^{-1} = 9.83 \times 10^{-5} (\text{KPa})^{-1} \cdot \text{s}^{-1}.$$

$$(2). 2A(g) = 2B(g) + C(g).$$

$$t=0 \quad P_0 \quad 0 \quad 0$$

$$t=t \quad P_0 - 2P \quad 2P \quad P, \quad P_{\text{总}} = P_0 + P \Rightarrow P = P_{\text{总}} - P_0.$$

$$\frac{d[P]}{dt} = k_2 \cdot (P_0 - 2P)^2, \quad \text{积分得: } \frac{1}{P_0 - 2P} - \frac{1}{P_0} = 2k_2 t.$$

$$\text{即 } \frac{1}{P_0 - 2(P_{\text{总}} - P_0)} - \frac{1}{P_0} = 2k_2 t.$$

$$\text{代入数据: } \frac{1}{3 \times 53.33 - 2 \times 64.00} - \frac{1}{53.33} = 2 \times 9.83 \times 10^{-5} t.$$

$$t = 63.6 \text{ s}.$$

$$(3). k_p(T) = \frac{1}{2t} \left(\frac{1}{P_0 - 2P} - \frac{1}{P_0} \right) = \frac{1}{2 \times 100} \left(\frac{1}{3 \times 53.33 - 2 \times 64.00} - \frac{1}{53.33} \right) \\ = 6.25 \times 10^{-5} (\text{KPa})^{-1} \cdot \text{s}^{-1}.$$

$$\text{根据 Arrhenius 公式: } \ln \frac{k_2}{k_1} = \frac{E_a}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$$

$$\ln \frac{k_p(1000K)}{k_p(900K)} = \frac{E_a}{R} \left(\frac{1}{900} - \frac{1}{1000} \right) = \ln \frac{9.83}{1.68}$$

$$E_a = 132.2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

$$\ln \frac{k_p(T)}{k_p(900K)} = \frac{E_a}{R} \left(\frac{1}{900K} - \frac{1}{T} \right).$$

$$\ln \frac{6.25}{1.68} = \frac{132.2 \times 10^3}{8.314} \times \left(\frac{1}{900K} - \frac{1}{T} \right)$$

$$T = 972.1 \text{ K}.$$

这就是应控制的反应器的温度.

模(二)答案. 4页.

4. 解: 设内径 $d=1.20\text{mm}$ 毛细管为 1, $d=0.30\text{mm}$ 毛细管为 2.

$$\frac{2\gamma \cos \theta}{r_1} = \Delta p g h_1, \quad \frac{2\gamma \cos \theta}{r_2} = \Delta p g h_2.$$

$$h_2 - h_1 = 1.0\text{cm}, \quad \cos \theta = 1.$$

$$h_2 - h_1 = \frac{2\gamma \cos \theta}{\Delta p g} \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right).$$

$$1.0\text{cm} = \frac{2\gamma \times 1}{(0.901 - 0.001)\text{g}\cdot\text{cm}^{-3} \cdot 9.8\text{m}\cdot\text{s}^{-2}} \left(\frac{1}{0.15\text{mm}} - \frac{1}{0.60\text{mm}} \right).$$

$$\gamma = 5.293 \times 10^{-2}\text{N}\cdot\text{m}^{-1}.$$

5. 解: 溶解平衡中纯 B 的化学势表示为

$$\mu_B = \mu_B^\ominus + RT \ln \frac{p_B}{p^\ominus}.$$

(1). 转移前后化学势变化为:

$$\mu_B(2) - \mu_B(1) = RT \ln \frac{p_B(2)}{p_B(1)}$$

$$= (8.314 \times 298 \times \ln \frac{3.60}{10.67})\text{J}\cdot\text{mol}^{-1} = -2.69\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}.$$

$$W_{f,\max} = n_B \Delta \mu = 2 \times (-2.69) = -5.38\text{kJ}.$$

(2). B 在溶解前 B₂ 的化学势变化为:

$$(\mu_B^\ominus + RT \ln \frac{p_B}{p^\ominus}) - \mu_B^\ominus = RT \ln \frac{p_B}{p^\ominus}$$

$$W_{f,\max} = \Delta G = n_B \Delta \mu = 2 \times RT \ln \frac{p_B}{p^\ominus} = -16.47\text{kJ}.$$

一. 填空题 (24')

- 298K 时, 已知 $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{l})$, $\text{CO}_2(\text{g})$ 和 $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 标准摩尔生成焓分别为 $\Delta_f H_m^\ominus (\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1})$ 为 -484.5, -393.5, -285.5, 则 $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{l})$ 的标准摩尔燃烧焓 $\Delta_c H_m^\ominus = \underline{\text{D}}$.
- 理想气体等压膨胀, 则 $\Delta H \underline{\text{D}}$ 0, $\Delta S \underline{\text{D}}$ 0.
- 封闭系统利用 ΔG 作判据, 必须满足的条件是 ④.
- 公式 $\frac{d \ln p}{dT} = \frac{\Delta H_m}{RT^2}$ 的适用条件是 ③.
- 某反应在 340K 时速率常数 $k = 0.212 \text{ min}^{-1}$, 活化能 $E_a = 103.3 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$, 则温度上升 10K 后速率常数 $k_2 = \underline{\text{D}}$.
- 气固相反应 $\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$ 已达平衡, 在其他条件不变的情况下, 若把 CaCO_3 的颗粒变为纳米级颗粒, 则平衡向 ② 移动.
- 在玻璃罩内有两大小不同的液滴, 过一段时间内后大液滴变 ③, 小液滴将 ④.
- 在一定温度压力下, 丙酮分解反应 $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}_3\text{H}_6\text{O}(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$ 通入 $\text{N}_2(\text{g})$, 乙酮转化率将 ②.
- 已知 $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 的标准摩尔吉布斯自由能 $\Delta_f G_m^\ominus (\text{H}_2\text{O}, \text{l}) = -237.13 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$. 则在 298K, p^\ominus 下, 水中能自发分解电压为 ④ V.
- 超电势过高的影响是 ②.

二. 选择题 (24')

- 在隔离系统中, 若发生一个变化, 则 ΔU 与 ΔH 的变化值为 (4).
 (1). $\Delta U > 0, \Delta H > 0$. (2). $\Delta U < 0, \Delta H < 0$. (3). $\Delta U = 0, \Delta H = 0$. (4). $\Delta U = 0, \Delta H$ 不确定.
- 一定量理想气体在绝热恒外压的条件下被压缩至终态, 这时系统和环境的熵变分别为 (A).
 A. $\Delta S_{\text{sys}} > 0, \Delta S_{\text{sur}} = 0$. B. $\Delta S_{\text{sys}} > 0, \Delta S_{\text{sur}} > 0$. C. $\Delta S_{\text{sys}} = 0, \Delta S_{\text{sur}} = 0$. D. $\Delta S_{\text{sys}} = 0, \Delta S_{\text{sur}} > 0$.
- 硫酸与水可以形成三种稳定的水合物, 即 $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}(\text{s})$, $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}(\text{s})$ 和 $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}(\text{s})$. 在标准压力下, 与硫酸水溶液和冰能够平衡共存的水合物的最大数目为 ().
 A. 1 种. B. 2 种. C. 3 种. D. 无法判断.
- 混合等体积的浓度为 $0.09 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 KCl 与浓度为 $0.10 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 AgNO_3 溶液, 在所形成的溶液中加入浓度相同的 (1) MgSO_4 , (2) AlCl_3 和 (3) Na_3PO_4 电解质溶液, 三者聚沉能力大小次序为 ().
 A. (1) > (2) > (3). B. (2) > (1) > (3). C. (3) > (1) > (2). D. (3) > (2) > (1).
- 在 400K 时, 纯 A(l) 的饱和蒸气压为 $p_A^* = 10.0 \text{ kPa}$, 纯 B(l) 的饱和蒸气压 $p_B^* = 6.0 \text{ kPa}$. A(l) 与 B(l) 能形成理想的液态混合物, 当混合物中 A(l) 的摩尔分数为 $x_A = 0.40$ 时, 则与之平衡的气相中 B(l) 的摩尔分数 $y_B = ()$.
 A. 0.40. B. 0.60. C. 0.40. D. 0.30.

6. 在298K时, 纯的 $H_2O(l)$ 与 蔗糖稀水溶液之间有一个只允许 $H_2O(l)$ 分子通过的半膜, 当达到渗透平衡时, 整个系统的组分数 C , 相数 Φ 及自由度 f 为 ().
- A. $C=2, \Phi=2, f^*=1$. B. $C=2, \Phi=2, f^*=2$. C. $C=2, \Phi=1, f^*=2$. D. $C=2, \Phi=1, f^*=3$.
7. 有反应 $AB(g) \rightleftharpoons A(g) + B(g)$, $\Delta_r H_m = 120 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 要提高平衡物的数量, 下列哪组措施是正确的 ().
- A. 下P均下降. B. 下P均上升. C. $T \uparrow, P \downarrow$. D. $T \downarrow, P \uparrow$.
8. 在298K时, HCl 的浓度从 $0.01 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 变为 $0.10 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时, 溶液的电导率 κ 和摩尔电导率 Λ_m 将 ().
- A. κ, Λ_m 均下降. B. κ, Λ_m 均上升. C. κ 下降, Λ_m 上升. D. κ 上升, Λ_m 下降.
9. 在298K时, 已知 $E_{Cu^{2+}/Cu}^\ominus = 0.34 \text{ V}$, $E_{O_2/H^+, H_2O}^\ominus = 1.23 \text{ V}$, $E_{Cl_2/Cl^-}^\ominus = 1.36 \text{ V}$. 则用 $Cu(s)$ 电解 $CuCl_2(aq)$, 在不计超电势的情况下, 在阳极上首先发生的反应是 ().
- A. 析出 $O_2(g)$. B. 析出 $Cl_2(g)$. C. 析出 $H_2(g)$. D. $Cu(s)$ 氧化为 Cu^{2+} .
10. 将浓氨液作为溶质加入 $H_2O(l)$ 中, 将会发生 ().
- A. $(\frac{\partial T}{\partial \alpha_2})_T > 0$, 正吸附. B. $(\frac{\partial T}{\partial \alpha_2})_T > 0$, 负吸附. C. $(\frac{\partial T}{\partial \alpha_2})_T < 0$, 正吸附. D. $(\frac{\partial T}{\partial \alpha_2})_T < 0$, 负吸附.
11. 有 1 mol 373K 处于 p^\ominus 下的 $H_2O(l)$, 分别经下列两个过程变为同温, 同压下的 $H_2O(g)$, (1) 等温等压可逆蒸发, (2) 向真空蒸发. 这两个过程的熵变与功的关系为 ().
- A. $W_1 = W_2, Q_1 = Q_2$. B. $W_1 < W_2, Q_1 > Q_2$. C. $W_1 < W_2, Q_1 < Q_2$. D. $W_1 > W_2, Q_1 < Q_2$.
12. 根据过渡态理论, 由 n 个气相 ~~反应物~~ 反应物分子形成活化络合物时的熵变 $\Delta_r^\ddagger H_m$ 与阿伦尼乌斯活化能 E_a 的关系为 ().
- A. $E_a = \Delta_r^\ddagger H_m$. B. $E_a = \Delta_r^\ddagger H_m - nRT$. C. $E_a = \Delta_r^\ddagger H_m + nRT$. D. $E_a = \Delta_r^\ddagger H_m / RT$.

三. 简答题. (25')

- 溶液化学势等于溶剂化学势与溶质化学势之和, 对不对?
- 反应级数与反应分子数的区别.
- 人工降雨的基本原理是什么?
- 在稀的苯酚溶液中, 通入 $H_2S(g)$ 以制备 As_2S_3 溶胶, 该溶胶的稳定剂是过量的 H_2S , 试写出胶团结构式.
- 化学吸附与物理吸附有何不同?
- 碰撞理论中间能物理意义是什么? 与 Arrhenius 实验活化能 E_a 有何关系.

计算题

模(三)

3页

1. 在水的标准沸点 100 kPa 和 373 K 下, 将 1 mol $H_2O(g)$ 可逆压缩至 $H_2O(l)$. 试计算:

(1). 该过程的 $Q, W, \Delta U, \Delta H, \Delta S, \Delta A$ 和 ΔF . 已知在 373 K 和 100 kPa 压力下, 水的摩尔汽化焓为 $\Delta_{vap}H_m^\ominus(H_2O, 373K) = 40.65 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$. 可逆近似, 第一定律 $\Delta U = Q + W$. 14

(2) 计算在 130 kPa 和 373 K 时, 将 1 mol $H_2O(l)$ 蒸发为同温同压水蒸气的 ΔF . 并说明这时应采用何种判据来判断过程是否自发? 结果如何? (15')

2. 在 298 K 时, 有电池 $Pt(s) | H_2(P^\ominus) | HCl(aq) | AgCl(s) | Ag(s)$, 已知当 HCl 的浓度为 $m_1 = 1.0 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时, $E_1 = 0.97 \text{ V}$; $m_2 = 3.0 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时, $E_2 = 0.41 \text{ V}$; 电极 $Ag^+ | Ag(s)$ 的标准电极电势为 $E^\ominus_{Ag^+/Ag} = 1.68 \text{ V}$. 试求: (15')

(1) HCl 浓度为 $3.0 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时的平均离子活度因子 γ_{\pm} ;

(2) $AgCl(s)$ 的活度积常数 K_{sp}^\ominus .

3. 气相反应 $A_2 + B_2(g) \rightleftharpoons 2AB(g)$ 的活化能 $E = 167 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$. 其反应机理为:

(1) $A_2 \xrightleftharpoons[k_{-1}]{k_1} A + A$ 快速平衡. (10')

(2) $A + A + B_2 \xrightarrow{k_2} 2AB$ 慢. (10')

已知 A_2 的离解反应焓为 $151 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 试求反应 (2) 的活化能 E_2 .

4. 在 293 K 时, 压力为 100 kPa 的 $HCl(g)$ (B) 溶于 $C_6H_6(l)$ (A) 中达饱和和溶解平衡. 这时 HCl 所占的摩尔分数为 0.0425. 若该饱和溶液液面上的总压为 100 kPa. 试计算在该温度下, 在 100 g $C_6H_6(l)$ 中 $HCl(g)$ 溶解的质量. 已知在 $C_6H_6(l)$ 的饱和蒸气压为 10.0 kPa. $HCl(g)$ 摩尔质量为 $36.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, $C_6H_6(l)$ 摩尔质量为 $78.0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$. (10')

5. 在 293 K 时, 已知水的表面张力 $\gamma = 0.07275 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$, 水的摩尔质量 $M = 0.018 \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1}$, 密度 $\rho = 1.0 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, 水在 273 K 时的饱和蒸气压为 610.5 Pa. 设在 273 ~ 293 K 温度区间内, 水的摩尔汽化焓与温度无关, $\Delta_{vap}H_m = 44.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$. 试计算在 293 K 时, 半径 $r' = 1.0 \text{ nm}$ 的水滴上水的饱和蒸气压. (12')

解: 运用克-克方程, 先计算 293 K 时水的饱和蒸气压.

$$\ln \frac{p_2}{p_1} = \frac{\Delta_{vap}H_m}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$$

$$\ln \frac{p(293K)}{610.5 \text{ Pa}} = \frac{44000}{8.314} \left(\frac{1}{273} - \frac{1}{293} \right). \quad p(293K) = 2242 \text{ Pa}.$$

利用 Kelvin 公式计算 293 K, 半径 $r' = 1.0 \text{ nm}$ 的水滴面上的饱和蒸气压

$$\ln \frac{p}{p_0} = \frac{2\gamma M}{RT r' \rho}$$

$$\text{解得: } p = 6570 \text{ Pa}.$$

3

模拟题答案 (三)

12.

一. 填空题 (每空 2')

- ①: $-873.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$. ②: $>$. ③: $>$ (等压膨胀仅 $T \uparrow$). ④: 封闭系统, 等温, 等压, 不吸非膨胀功
 ⑤: 单组分气-液两相平衡, 令液体为理想气体. ⑥: 0.84 min (一级反应) ⑦: 浓度大液滴
 ⑧: 小液滴 (参考中期讲义). ⑨: 向右.
 ⑩: 上升. ⑪: 1.229 V . ($\Delta_r G_m^\ominus = -nEF^\ominus$). ⑫: 使阴极上的析出物量降低, 阳极上的物量增加

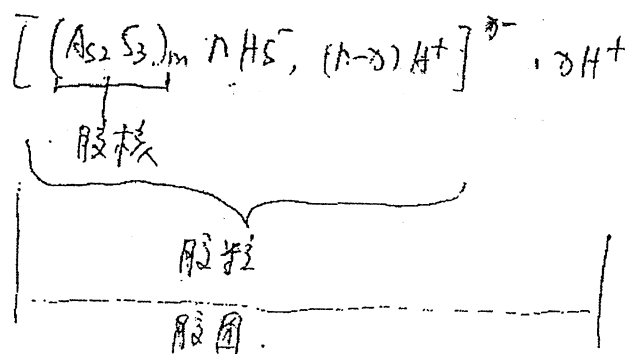
二. 选择题 (2')

1. A. 2. A. 3. A ($f + \Phi = C + 1$, $C = 2 \Rightarrow \Phi \leq 3$) 4. C. (胶粒带正电) 5. B. 6. B. 7. C. 8. D. 9. D. 10. C. 11. B. 12. C.

三. 简答题

1. 这种说法不对. 溶液中可以分为溶质的化学势和溶剂的化学势. 它们各自有自己的标准态, 但没有整个溶液的化学势. 因为化学势是偏摩尔 Gibbs 自由能, 既不是偏摩尔量, 只是对某一组分而言的, 不可用对整个溶液而言.
2. 反应级数是速率方程中浓度项的指数和, 可以是正数, 负数或零, 也可以是整数或分数. 反应级数是对微观反应而言的, 指参与某个反应的反应分子数. 基元反应的反应分子数只可能是 1, 2, 或 3. 在基元反应中, 反应分子数一般与反应级数相同, 但也有例外.
3. 要形成雨滴一定很小, 它的饱和蒸气压远远高于平面水的蒸气压, 因此对于平面液体已经过饱和的水蒸气, 对于小雨滴还是没有饱和, 因此小雨滴无法形成. 人工降雨可以喷洒 AgI 微粒, 它提供了水滴凝聚中心, 使开始形成的雨滴初始曲率半径很小, 降低饱和蒸气压, 因此易形成雨滴, 达到降雨目的.

4. 在



$\text{H}_2\text{S} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HS}^-$, 胶核优先吸附 HS^- 带负电.

5. 见中期讲义.

6. 阈能是两个相碰撞分子的相对平动能在连心线上的分量必须超过的临界能. 超过该临界能的碰撞才有效, 才能引发化学反应, 否则无效.

$$E_c = E_a - \frac{1}{2}RT$$

温度升高, E_c 减小, 反应速率增加

四. 计算题.

1. 解: (1). 正常相变点下发生可逆相变.

$$\Delta G_1 = 0. \quad Q_1 = -1 \cdot \Delta_{\text{vap}} H_m^\ominus(\text{H}_2\text{O}, 373\text{K}) = -40.65 \text{ kJ}.$$

$$\Delta H_1 = Q_1 = -40.65 \text{ kJ}$$

$$W_1 = -P_e \Delta V = -P_e (V_g - V_l) \approx P_e V_g = nRT = (1 \times 8.314 \times 373) \text{ J} = 3.10 \text{ kJ}.$$

$$\Delta A_1 = W_1 = 3.10 \text{ kJ}$$

$$\Delta U_1 = (Q_1 + W_1) = (-40.65 + 3.10) \text{ kJ} = -37.55 \text{ kJ}.$$

$$\Delta S_1 = \frac{\Delta Q_1}{T} = \frac{-40.65 \text{ kJ}}{373 \text{ K}} = -109.0 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}.$$

(2). 设计可逆过程.

$$373\text{K}, 130\text{kPa}, \text{H}_2\text{O}(l) \xrightarrow{\Delta G_1} 373\text{K}, 130\text{kPa}, \text{H}_2\text{O}(g)$$

$$\downarrow \Delta G_1 \qquad \qquad \qquad \uparrow \Delta G_3.$$

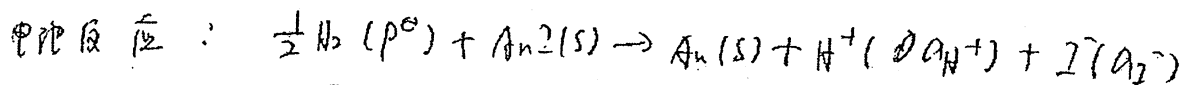
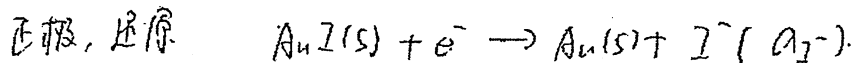
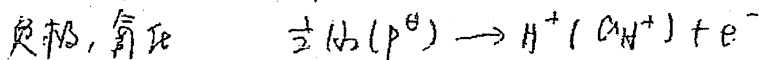
$$373\text{K}, 100\text{kPa}, \text{H}_2\text{O}(l) \xrightarrow{\Delta G_2} 373\text{K}, 100\text{kPa}, \text{H}_2\text{O}(g)$$

$$\Delta G = \Delta G_1 + \Delta G_2 + \Delta G_3.$$

$$= \int_{130\text{kPa}}^{100\text{kPa}} V(\text{H}_2\text{O}, l) dp + 0 + \int_{100\text{kPa}}^{130\text{kPa}} V(\text{H}_2\text{O}, g) dp$$

$$\approx \int_{100\text{kPa}}^{130\text{kPa}} V(\text{H}_2\text{O}, g) dp = nRT \ln \frac{130}{100} = (1 \times 8.314 \times 373 \times \ln \frac{130}{100}) \text{ J} = 813.6 \text{ J}.$$

2. 解: (1). 电极反应和电池反应:



$$E = E^\ominus - \frac{RT}{2F} \ln(a_{\text{H}^+} \cdot a_{\text{I}^-}) = \varphi^\ominus(\text{I}^-/\text{AuI}/\text{Au}) - \frac{RT}{F} \ln(r_{\pm} \frac{m}{m^\ominus})^2$$

$m = 1.0 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$, $r_{\pm} \approx 1$, \therefore

$$E_1 = E^\ominus - \frac{RT}{2F} \ln(m_{\text{H}^+} \cdot m_{\text{I}^-})$$

代入数据: $0.97 \text{ V} = \varphi^\ominus(\text{I}^-/\text{AuI}/\text{Au}) - \frac{RT}{F} \ln(1.0 \times 10^{-4})^2$

$$\varphi^\ominus(\text{I}^-/\text{AuI}/\text{Au}) = 0.97 + \frac{RT}{F} \ln(1.0 \times 10^{-4})^2 = 0.497 \text{ V}.$$

$m = 3.0 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时, $E_2 = 0.41 \text{ V}$, 代入①式:

$$0.41 \text{ V} = 0.497 \text{ V} - \frac{RT}{F} \ln(r_{\pm} \times 3.0)^2, \quad r_{\pm} = 1.81.$$

由于电解质浓度不大, 依浓度因上出现正常值.

模拟 (三) 答案 - 3页.

(2). 对于电极反应: $\text{Au}^+ (a_{\text{Au}^+} = 1 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}) + e^- \rightarrow \text{Au}(s)$.

$$\varphi^\ominus_{\text{Au}^+/\text{Au}(s)} = 1.68 \text{ V}.$$

现加入 I^- , 并保持 $a_{\text{I}^-} = 1 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$,

此时存在平衡 $\text{AuI}(s) \rightleftharpoons \text{Au}^+ (a_{\text{Au}^+}) + \text{I}^- (a_{\text{I}^-} = 1 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1})$, Au^+ 活度改变

因此电极 $E = \varphi^\ominus_{\text{Au}^+} - \frac{RT}{F} \ln \frac{1}{a_{\text{Au}^+}} = \varphi_{\text{AuI}/\text{AuI}/\text{Au}} (由电极活度改变)$

$$K_{sp}^\ominus = a_{\text{Au}^+} \cdot a_{\text{I}^-} = a_{\text{Au}^+}$$

标准电极定义得

$$RP \quad 0.497 \text{ V} = 1.68 \text{ V} - \frac{RT}{F} \ln \frac{1}{K_{sp}^\ominus}$$

$$K_{sp}^\ominus = 9.75 \times 10^{-21}$$

3. 解: $\text{反应速率 } r = \frac{1}{2} \frac{d[\text{AB}]}{dt} = k_2 [\text{A}]^2 [\text{B}_2] \quad (12) \text{ 为决速步}$

$$由(1)得: \frac{[\text{A}]^2}{[\text{A}_2]} = \frac{k_1}{k_{-1}}$$

$$则 \quad r = k_2 \cdot \frac{k_1}{k_{-1}} [\text{A}_2] [\text{B}_2] = k \cdot [\text{A}_2] [\text{B}_2]$$

表观活化能 $E = E_2 + (E_1 - E_{-1}) = E_2 + E_{解离}$

$$167 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = 151 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} + E_2$$

$$E_2 = 16 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

4. 解: HCl 在苯中不发生解离.

达到溶解平衡时: $p_B = k_{s,B} \cdot \gamma_B$

$$k_{s,B} = \frac{100 \text{ kPa}}{0.0475} = 2105 \text{ kPa}$$

$$\text{改变条件时: } p = p_A + p_B = p_A^* \gamma_A + k_{s,B} \gamma_B' \\ = p_A^* (1 - \gamma_B) + k_{s,B} \gamma_B' = p_A^* + (k_{s,B} - p_A^*) \gamma_B$$

$$\gamma_B = \frac{p - p_A^*}{k_{s,B} - p_A^*} = \frac{100 - 10}{2105 - 10} = 0.0387$$

$$\gamma_B = \frac{m(\text{HCl})/M_B}{m(\text{HCl})/M_B + m_A/M_A} = \frac{1}{1 + \frac{m_A M_B}{m(\text{HCl}) M_A}} = 0.0387$$

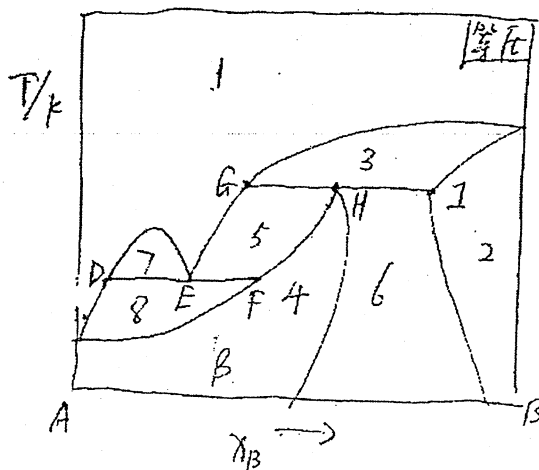
$$m(\text{HCl}) = 1.87 \text{ g}$$

五. 相图分析: (15')

在定压下, 组分A与B的相图T-x图如图所示.

(1). 请写出各区域相态及自由度(f^*)

(2). 请说明三相线上是哪几相平衡共存, GHJ线是一般压力下的相图上哪三相平衡线有何不同?



解: (1) $f^* + \Phi = C + 1 = 3$. $f^* = 3 - \Phi$.

相区	相态	相数 Φ	f^*
1	熔液 L	1	2
2	固熔体 2	1	2
3	2 + L	2	1
4	固熔体 β	1	2
5	$\beta + L$	2	1
6	2 + β	2	1
7	$l_1 + l_2$	2	1
8	$\beta + L$	2	1

(2). DEF线: 组成为D的熔液 \rightleftharpoons 组成为E的熔液 \rightleftharpoons 组成为F的固熔体 β .
 GHJ线: 组成为G的熔液 \rightleftharpoons 组成为H的 β \rightleftharpoons 组成为J的固熔体2.
 GHJ线是固熔体 β 的溶解曲线, 到达这个温度, β 将熔为固熔体2并组成为G的熔液, 超过这个温度, β 消失.



高联教育集团
GAOLIAN EDUCATION

考研，是两分计划、三分辅导、五分执行。执行力是考研成功乃至人生成功的关键。提升执行力，自我约束是前提，同时还要注重细节。

走自己的路，不要太注意别人的评价，正常人受到的评价总是有褒有贬。人越优秀，褒的人多，贬的人也会多，不能因为别人的评价而不奋斗，也不能因为优秀就不允许别人贬低。

—— 高联执行校长 周勇



高联教育集团
GAOLIAN EDUCATION

济南总部地址：山东省济南市山大南路 29-1 号山大鲁能科技大厦 B 座 2 层
考研成功热线：0531-88924849/88922202/88925333