

南京大学二〇〇三年攻读硕士学位研究生入学考试试题(三小时)

考试科目名称及代码 材料化学

适用专业: 材料化学

注意:

1. 所有答案必须写在“南京大学研究生入学考试答题纸”上, 写在试卷和其他纸上无效;
2. 本科目允许使用普通计算器。

有关的基本常数:

阿佛加德罗常数  $L=6.0222 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ; 单位电荷  $e=1.6022 \times 10^{-19} \text{ C}$ ;

摩尔气体常数  $R=8.314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ ;

一、填空题(40 分)

1. 在下列空格中填入“>、=、<”:

(1) 理想气体等温可逆膨胀(体积增大), 则  $W \geq 0$ ,  $Q \geq 0$ ,  $\Delta U \equiv 0$ ,  $\Delta H \equiv 0$ 。

(2) 在充满氧气的绝热定容反应器中, 固体石墨剧烈燃烧, 以反应器以及其中所有物质为系统, 则  $W \equiv 0$ ,  $Q \equiv 0$ ,  $\Delta U \equiv 0$ ,  $\Delta H \geq 0$ 。

2. 金属防腐的电化学保护法有(1) 阳极保护 (2) 阴极保护。

3. 产生表面现象的根本原因是: 位于表面的原子处于周期性排列突然中断的状态, 具有附加的表面能。

4. 范德华力包括: (1) 取向力 (2) 诱导力 (3) 色散力。

5. 在AgI溶胶的制备过程中, 如果AgNO<sub>3</sub> 过量, 则胶粒吸附 Ag<sup>+</sup> 离子, 胶粒带 正 电; 如果KI过量, 则胶粒吸附 I<sup>-</sup> 离子, 胶粒带 负 电。

6. 已知某同位素的放射性分解反应为一级反应, 经 10 天后同位素的活性降低 5.0%, 试计算经过 449 天后该同位素才分解 90.0%。

7. 常温下水的密度为  $1 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ , 表面张力为  $0.072 \text{ N/m}$ , 在玻璃毛细管中水柱是高于水平液面的(水柱页面是凹弯曲面), 玻璃毛细管的内径为 2 mm, 若将此毛细管插入水中, 则毛细管中水柱的高度为 1.47 cm(精

确到小数点后 2 位)。

## 二、 选择题(20 分)

1. 若一系统从环境接受了 160 J 的功，内能增加了 200 J，则系统热量的变化为：(A)  
(A) 吸收了 40 J  
(B) 放出了 40 J  
(C) 吸收了 360 J  
(D) 放出了 360 J
2. 有反应  $3\text{C}(\text{s}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) = \text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{CO}(\text{g})$ ，在一定温度下，下列所述情况可使反应逆向进行的是：(D)  
(A) 充入氮气保持系统总体积不变；  
(B) 充入氮气保持系统总压力不变；  
(C) 充入水蒸汽但保持系统总压力不变；  
(D) 采用压缩的方法使系统压力增大；
3. 下列有关催化剂的描述中，错误的是：(C)  
(A) 催化剂只能缩短达到平衡的时间，不能改变反应方向；  
(B) 催化剂改变了反应的表观活化能；  
(C) 催化剂对正、逆反应的催化作用是不同的；  
(D) 催化剂改变了化学反应的速率；
4. 下列有关一级反应半衰期的描述，正确的是：(C)  
(A) 半衰期与反应物起始浓度的一次方称反比；  
(B) 半衰期与反应物起始浓度的二次方称反比；  
(C) 半衰期与反应物的起始浓度无关；  
(D) 半衰期与反应物起始浓度的一次方称正比；
5. 将 100 g、40 °C 的水与 100 g、0 °C 的冰在杜瓦瓶(可认为杜瓦瓶与环境无任何热量的交换)中混合，平衡后的状态和该过程的  $\Delta H$ ：(已知冰的熔化热为  $335 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1}$ ，水的比热为  $4.18 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ) (B)  
(A) 50 g 冰和 150 g 水在 0 °C 时的混合物， $\Delta H > 0$   
(B) 50 g 冰和 150 g 水在 0 °C 时的混合物， $\Delta H = 0$   
(C) 200 g 在 253 K 的水， $\Delta H > 0$   
(D) 200 g 在 253 K 的水， $\Delta H = 0$

## 三、 简答题(30 分)

1. 什么是镧系收缩？它在元素周期表中造成的结果是什么？(6 分)

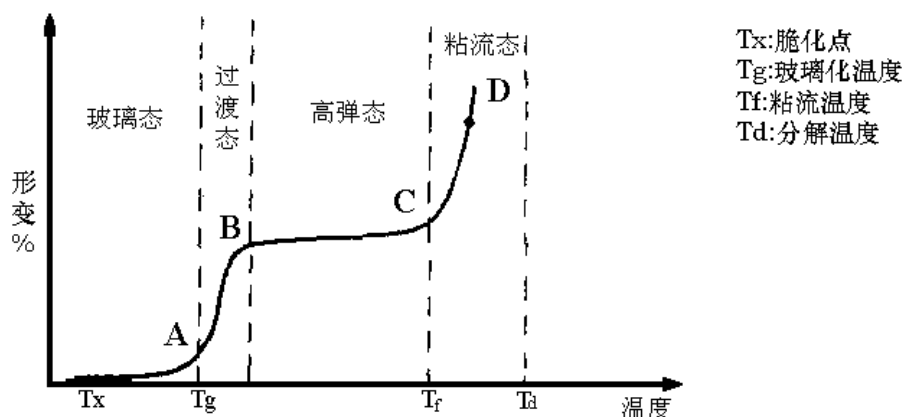
答：镧系收缩：镧系金属原子半径，特别是离子半径依次缩小的现象。由于镧系收缩的存在，①使三价阳离子在离子半径的序列中落在铪 $\text{Er}^{3+}$ 的附近；②使第二、第三过渡系列的同一族两个元素的原子半径差不多相等，决定了它们彼此性质上的类似和难以分离。

2. 有人声称：“成功制备出了 0.01 nm 的超细粉体”，你认为是否可信，并给出你的理由。(6 分)

答：该说法不可信。因为原子或离子的直径不可能小于 0.01 nm。

3. 指出下列表中聚合物在 50℃下处于什么物理状态？适合作什么材料(纤维、塑料、橡胶)使用？(6 分)

聚合物	$T_g(^{\circ}\text{C})$	$T_f(^{\circ}\text{C})$
聚氯乙烯	75	175
尼龙-66	48	265
聚异丁烯	-74	200



答：在 50℃下，聚氯乙烯处于玻璃态，适合作塑料；尼龙-66 处于过渡态，适合作纤维；聚异丁烯处于高弹态，适合作橡胶。

4. 金刚石与石墨在性能上的显著区别是何原因造成的？(6 分)

答：原因是：金刚石是面心立方结构，而石墨是层状结构，结构上的差异导致了性能的差异。

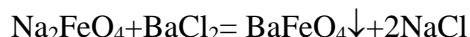
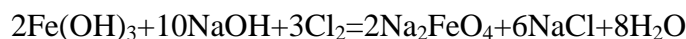
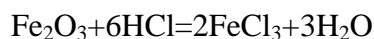
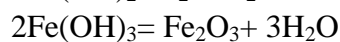
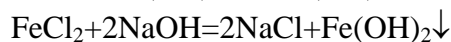
5. 布朗运动的本质是什么？(6 分)

答：Brown 运动的本质是分散介质分子以不同大小和不同方向的力对胶体粒子不断撞击而产生的，由于受到的力不平衡，所以连续以不同方向、不同速度作不规则运动。

四、一金属M溶于稀盐酸时生成 $\text{MCl}_2$ ，在无氧操作条件下 $\text{MCl}_2$ 溶液遇 $\text{NaOH}$ 溶液，生成一白色沉淀A。A接触空气就逐渐变绿，最后变成沉淀B。灼烧时，

B生成了棕红色粉末C，C经不彻底还原而生成了铁磁性黑色物D。B溶于稀盐酸生成溶液E，它使KI溶液氧化成I<sub>2</sub>，但在加入KI前先加入NaF，则KI将不被E所氧化。若向B的浓NaOH悬浮液中通入Cl<sub>2</sub>气时可生成一紫红溶液F，加入BaCl<sub>2</sub>时就会沉淀出红棕色固体G。G是一种强氧化剂。试确认A、B、C、D、E、F、G各代表何种化合物，试写出反应方程式。(15')

答：A: Fe(OH)<sub>2</sub>; B: Fe(OH)<sub>3</sub>; C: Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; D: Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>; E: FeCl<sub>3</sub>; F: Na<sub>2</sub>FeO<sub>4</sub>; G: BaFeO<sub>4</sub>。



五、陶瓷发动机的热效率比普通发动机提高约 30%，试解释其热效率提高的原因。(15')

答：陶瓷发动机的热效率比普通发动机提高约 30% 的原因：因为陶瓷能抗高温并能隔热，不需冷却，故陶瓷发动机内温度远高于普通发动机的温度，根据卡诺循

环的热机效率  $\eta = \frac{T_h - T_c}{T_h} = 1 - \frac{T_c}{T_h}$ ，故若提高T<sub>h</sub>，则可提高热机效率η。

六、电子工业上常常在基片表面烧银，以形成欧姆接触的电极。必要条件是在高温下液态的银能润湿基片表面，现在 1000 °C 下各物质的表面张力为 σ<sub>基片(气-固)</sub>=1000×10<sup>-3</sup> N/m，σ<sub>Ag(气-液)</sub>=920×10<sup>-3</sup> N/m，σ<sub>Ag(液)-基片(固)</sub>=1770×10<sup>-3</sup> N/m，试计算并判断液态银在 1000 °C 温度下能否在基片表面润湿。(15')

答：粘附功： $\overline{W}_a = \sigma_{s-g} - \sigma_{s-l} + \sigma_{l-g} = 1000 \times 10^{-3} - 1770 \times 10^{-3} + 920 \times 10^{-3} = 150 \times 10^{-3}$  (N/m)

∵  $\overline{W}_a \geq 0$  能润湿

∴ 液态银在 1000 °C 温度下能在基片表面润湿

七、试写出以LiMn<sub>2</sub>O<sub>4</sub>(尖晶石型)正极、C为负极锂离子电池的正、负极电极反应式及电池总反应式；若LiMn<sub>2</sub>O<sub>4</sub>中的Li<sup>+</sup>在充电时全部脱出，计算LiMn<sub>2</sub>O<sub>4</sub>的理论电容量。在实际使用中，LiMn<sub>2</sub>O<sub>4</sub>往往不能达到理论电容量，为 115 mAh/g，试解释其不能达到理论电容量的原因。(15')

答： 正极反应：  $LiMn_2O_4 \rightleftharpoons Li_{1-x}Mn_2O_4 + xLi^+ + xe^-$

负极反应：  $C + xLi^+ + xe^- \rightleftharpoons Li_xC$

电极总反应：  $LiMn_2O_4 + C = Li_{1-x}Mn_2O_4 + Li_xC$

假设 1 mol  $LiMn_2O_4$  中的  $Li^+$  全部脱出, 则理论电容量 =  $1 \text{ mol} \times N$  (阿佛加德罗常数)

$\times e$  (电子电量) /  $(3600 \times M$  (摩尔质量)) =  $1 \times 6.0222 \times 10^{23} \times 1.6022 \times 10^{-19} \times 1000 / (3600 \times 180.8146) = 148.2250 \text{ (mAh/g)}$

实际使用的电容量为 115 mAh/g, 不能达到理论电容量的原因是:  $LiMn_2O_4$  为尖晶石型, 该结构中的  $Li^+$  不能完全从尖晶石的结构脱出, 所以实际使用中不能达到理论电容量。