

北京航空航天大学 2013 年 硕士研究生入学考试试题

科目代码: 911

材料综合

(共 7 页)

考生注意: (1) 所有答题务必书写在考场提供的答题纸上, 写在本试题单上的答题一律无效 (本题单不参与阅卷)。

(2) 试卷中“物理化学”和“材料现代研究方法”两部分所有学生必答。“金属学原理”、“无机非金属材料学”和“高分子物理”三部分只能任选其一, 必须在答题纸开头醒目位置注明所选内容。

“物理化学”部分

一、选择唯一正确答案 (本题共 20 分, 每小题 2 分)

- 1、实验及化工生产中常遇到一些进料、出料的装置, 若把处于装置中的物料确定为系统, 这种系统为
A. 隔离系统; B. 封闭系统;
C. 敞开系统; D. 都不是。
- 2、除压力外无其他外场作用下, 当均相流体系统中物质的量及组成确定后, 要想确定系统的热力学状态, 一般需再指定几个可以独立变化的热力学性质?
A. 一个; B. 两个;
C. 三个; D. 零个。
- 3、对一定量理想气体, 下列各量中为零的是
A. dT/dp ; B. $(\partial U/\partial V)_T$;
C. $(\partial H_m/\partial T)_p$; D. $(\partial G_B/\partial p)_{T,n}$ 。
- 4、25℃时, 下列关系中不正确的是
A. $S_m^\circ(\text{NH}_3, \text{g}) < S_m^\circ(\text{H}_2\text{O}, \text{g})$; B. $S_m^\circ(\text{H}_2\text{O}, \text{l}) < S_m^\circ(\text{H}_2\text{O}, \text{g})$;
C. $S_m^\circ(\text{HBr}, \text{g}) < S_m^\circ(\text{HI}, \text{g})$; D. $S_m^\circ(\text{Fe}_2\text{O}_3, \text{s}) < S_m^\circ(\text{Fe}_3\text{O}_4, \text{s})$ 。
- 5、天然气在催化剂作用下热分解制氢: $\text{CH}_4(\text{g}) = \text{C}(\text{s}) + 2\text{H}_2(\text{g})$, 要提高产率, 下列说法

中不正确的是

- A. 降低系统压力; B. 降低系统压力不改变平衡常数;
C. 升高系统温度; D. 通入反应局外气体使平衡常数增大。
- 6、20℃下水的表面张力为 $72.75 \times 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$ ，该温度时存在于空气中半径为 $0.1 \mu\text{m}$ 的小气泡的附加压力为
A. $1.455 \times 10^3 \text{ kPa}$; B. $1.455 \times 10^3 \text{ Pa}$;
C. $2.910 \times 10^3 \text{ kPa}$; D. $2.910 \times 10^3 \text{ Pa}$ 。
- 7、多孔硅胶自动吸附空气中水蒸气，使其在孔内凝结是由于
A. 毛细管内液面蒸汽压低于平面; B. 毛细管内液面产生附加压力;
C. 毛细管内液面蒸汽压高于平面; D. 毛细管内形成凸面液体。
- 8、某反应，一定温度下反应物反应掉初浓度的 $3/4$ 所用时间与反应物初浓度无关，该反应为
A. 零级反应; B. 一级反应;
C. 二级反应; D. 三级反应。
- 9、一定温度下，基元反应 $2\text{A} \rightarrow \text{B} + \text{C}$ ，A 的初始浓度为 c_0 ，速率常数为 $0.01 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 。当 A 的初始浓度变为 $0.1 c_0$ 时，其半衰期是原来的多少倍？
A. 1 倍; B. 2 倍;
C. 10 倍; D. 0.1 倍。
- 10、下列反应类型中，温度对速率影响一定不服从阿累尼乌斯 (Arrhenius) 方程的是
A. H^+ 催化蔗糖水解; B. 生物酶催化反应;
C. 异构化反应; D. 卤素单质与氢气反应生成卤化氢。

二、填空题 (本题共 10 分，每空 1 分)

- 1、理想气体的 $\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p = \underline{\hspace{2cm}}$ 。双原子理想气体的摩尔定压热容为 $\underline{\hspace{2cm}}$ 。
- 2、标准压力、绝热条件下，使 25°C 的液态水升温至 50°C ，分别经机械功、电功方式实现，两个过程的 $\Delta U_1 \underline{\hspace{1cm}} \Delta U_2$ 、 $W_1 \underline{\hspace{1cm}} W_2$ 、 $\Delta U_1 \underline{\hspace{1cm}} W_1$ 。(填等号或不等号)
- 3、 I_2 在 H_2O 和 CCl_4 两个互不相溶的液体中达到分配平衡，系统的独立组分数 C 为 $\underline{\hspace{2cm}}$ 、相数 P 为 $\underline{\hspace{2cm}}$ 、自由度 F 为 $\underline{\hspace{2cm}}$ 。
- 4、两个浓度均为 $0.01 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的 NaCl 和 CaCl_2 水溶液，其离子平均活度系数分别为 0.90

和 0.41, 离子平均活度分别为____和____。

三、(本题 15 分; 计算题必须有清晰的数值代入过程, 对数运算可查后附表)

根据下表热力学数据:

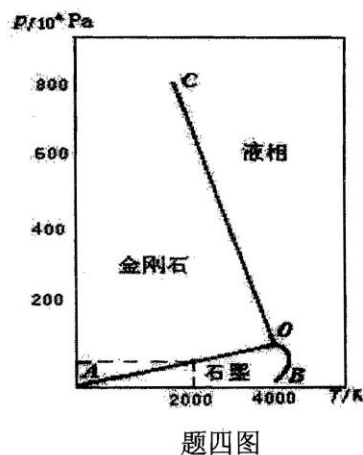
- (1) 计算判断标准态、1000 K 下 ZnS 被 H_2 还原过程的自发性;
- (2) 试分析温度及总压对还原过程自发性的影响, 用 1000 K 数据估算标准态下自发还原的温度。

物质	ZnS(s)	$H_2(g)$	Zn(s)	$H_2S(g)$
$\Delta_f H_m^\ominus(298\text{ K})/\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$	-184.1	0	0	-22.2
$S_m^\ominus(298\text{ K})/\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$	57.7	130.5	41.6	205.6
$\overline{C_{p,m}}(298\sim 1000\text{ K})/\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$	56.3	29.0	29.3	45.7

四、(本题 15 分; 分析时需写出相应的方程式)

碳的相图(示意图)如题四图所示。

- (1) 分别指出 O 点、OB 线的相数 P 、相组成和自由度数 F ;
- (2) 金刚石的熔点随压强的增加是升高还是降低?
- (3) 已知一定温度下加压, 可使石墨转变为金刚石, $(\partial(\Delta G_m)/\partial p)_T$ 是大于还是小于零; 加压使石墨转变为金刚石的过程是高温有利还是低温有利。



题四图

五、(本题 15 分; 计算题必须有清晰的数值代入过程, 对数运算可查后附表)

298 K 下电池 $\text{Ag}|\text{AgCl(s)}|\text{HCl}(b)|\text{Cl}_2(\text{g}, 100\text{ kPa})|\text{Pt}$ 的电动势 $E=1.136\text{ V}$ 。当在恒压、298 K、 $W=0$ 的条件下完成 1 mol 电子电量反应时, $\Delta H_m = -126.7\text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。

- (1) 写出电极和电池反应;
- (2) 计算 298 K 下电池反应的 ΔS_m 及电池电动势温度系数;
- (3) 计算 298 K 下电池工作的能量转换效率 (W'_r/Q_p)。

附表. 常数及对数

量	R	F	25°C	$\ln 2$	$\ln 10$	$\ln(1000/298)$
值	$8.314 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$	$96500 \text{ C}\cdot\text{mol}^{-1}$	298 K	0.693	2.303	1.2107

“材料现代研究方法”

六、回答下列各问题（本题 10 分）

- (1) X 射线照射样品时, X 射线将被吸收而发生强度衰减, 随着 X 射线波长的减小, 质量吸收系数 () ; (2 分)
- (2) 当 X 射线波长降到一定值时吸收系数突然增高, 一般称吸收系数突变时所对应的波长为 () ; (1 分)
- (3) 请解释产生上述吸收系数突然增高的原因; (5 分)
- (4) 利用吸收系数突然增高的现象, 可以获得样品中的哪些信息? (2 分)

七、请推导出布拉格方程并解释其物理意义。(本题 7 分)

八、回答下列各问题（本题 8 分）

- (1) 请给出结构因数的定义 (2 分)
- (2) 下式为结构因数的表达式, 请解释式中 j 、 (x_j, y_j, z_j) 、 f_j 的物理意义 (3 分)

$$F_{hkl} = \sum_{j=1}^N f_j e^{2\pi i(hx_j + ky_j + lz_j)}$$

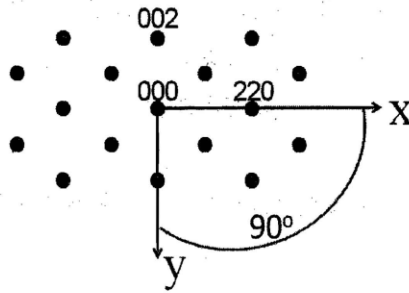
- (3) 请解释当结构因数 F_{hkl} 为零时的物理意义。(3 分)

九、采用 X 射线衍射仪进行粉末样品的物相分析, 一般情况下, 当样品转动 θ 度角时, 计数器应转动 () 度? 为什么? (本题 5 分)

十、下图为电子衍射斑点图, 已知衍射斑点对应的晶面指数如图示。请回答下列各问题 (本题 15 分)

- (1) 请给出与入射电子束平行的晶向指数 (2 分)
- (2) 请标出其它衍射斑点所对应的晶面指数 (至少标出 6 个) (3 分)
- (3) 若 X、Y 轴夹角为 90 度, 请给出产生此衍射斑点的可能的晶系 (6 分)

- (4) 若 X 轴上相邻两斑点的距离为 Y 轴上相邻两斑点距离的 $\sqrt{2}$ 倍, 请给出可能的点阵结构。(4 分)



注意: 以下三部分只能任选其一

“金属学原理”部分

十一、(本题 6 分)。

简述组成过冷(也称“成分过冷”)产生的原因及其对凝固界面形态及凝固组织的影响。

十二、(本题 14 分)。

何谓加工硬化、固溶强化、细晶强化和弥散强化? 分别用位错理论解释其主要强化机制。

十三、(本题 10 分)。

以 Al-4%Cu 合金为例, 简述:

- (1) 过饱和固溶体时效过程中第二相沉淀析出的一般过程及析出特点;
- (2) 沉淀相析出过程界面结构和沉淀相尺寸的变化特点及其对合金强度的影响。

“无机非金属材料学”部分

十四、选择题, 从括弧中选择一个正确答案(本题共 10 分, 每小题各 2 分)。

- 1、氧化物陶瓷一般为____化合物, 非氧化物陶瓷一般为____化合物。(①化学键; ②共价键; ③离子键; ④金属键。)

- 2、玻璃通常具有_____和_____等重要的通性。(①各向异性；②各向同性；③稳定性；④介稳性。)
- 3、两种陶瓷超细粉末经球磨均匀混合后粒径达到纳米级，可视为_____体系，该体系熔融形成完全互溶熔体后，可视为_____体系。(①一相；②两相；③多相；④无法确定。)
- 4、二级相变时两相化学势_____；_____相变潜热和体积变化。(①相等；②不等；③无；④有。)
- 5、近代烧结理论认为，陶瓷粉状物料的表面能_____多晶烧结体的晶界能；一般情况下，共价键化合物比离子键化合物_____。(①小于；②大于；③难烧结；④易烧结。)

十五、简答题(本题共 8 分，每小题各 4 分)。

- 1、试分析无限固溶体与非化学计量化合物的异同点。
- 2、采用固相合成法制备镁铝尖晶石，可供选择的原料有 MgCO_3 、 MgO 、 Al_2O_3 和 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ，试从提高反应速率的角度考虑选择哪种原料较好，说明原因。

十六、计算题(本题共 12 分，每小题各 6 分)。

- 1、将 0.2mol YF_3 加入 CaF_2 中形成固溶体，实验测得该立方晶系固溶体的晶胞参数 $a=0.55\text{nm}$ ，密度 $\rho=3.64\text{g/cm}^3$ ，试计算说明固溶体的类型？(注：元素的相对原子质量： $\text{Y}=88.90$ ； $\text{Ca}=40.08$ ； $\text{F}=19.00$)
- 2、已知 A、B 两组分构成具有低共熔点的有限固溶体，实验数据均在达到平衡状态时测定。A 的熔点为 1000°C ，B 的熔点为 700°C ，含 B 为 $25\text{mol}\%$ 的试样在 500°C 完全凝固，其中含 $80\text{mol}\%$ 初相 SA(B) 和 $20\text{mol}\%$ 初相 SA(B)+SB(A) 共生体；含 B 为 $50\text{mol}\%$ 的试样在同一温度下完全凝固，其中含 $40\text{mol}\%$ 初相 SA(B) 和 $60\text{mol}\%$ SA(B)+SB(A) 共生体。而 SA(B) 相总含量占晶相总量的 50% 。用 a 表示组分 A 的熔点， b 表示组分 B 的熔点，C 点表示组分 B 在组分 A 中的最大固溶度，D 点表示组分 A 在组分 B 中的最大固溶度，E 点是最低共熔点。根据上述实验数据计算 C、D、E 三 B 组分的含量并绘出相图。

“高分子物理”部分

十七、填空题(本题共 5 分，每空各 0.5 分)：

- 1、高分子的橡胶弹性是_____弹性，其弹性模量随温度的升高而_____，在绝热拉伸时高分子会_____热。

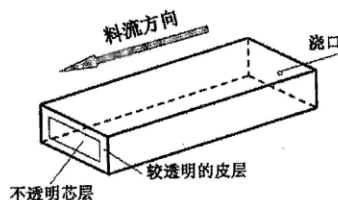
- 2、凝胶色谱法 (GPC) 分离不同分子量的高分子样品时, 最先流出的是分子量_____的部分。已知某高分子的分子量多分散系数为1, 那么其 \overline{M}_n 、 \overline{M}_w 、 \overline{M}_z 、 \overline{M}_η 的大小关系为_____。
- 3、玻璃态高分子发生冷拉 (强迫高弹形变) 的温度区间是_____, 结晶高分子的冷拉温度区间是_____。
- 4、随着高分子的柔顺性增加, 其链段长度_____, 刚性因子_____。
- 5、聚对苯二甲酸丁二醇酯的结晶速度比聚乙烯的结晶速度_____。

十八、 比较大小或高低, 并简述理由(本题共 9 分, 每小题各 3 分)。

- 1、 聚乙烯、聚氯乙烯和聚偏氯乙烯的玻璃化转变温度;
- 2、 全同立构聚丙烯、全同立构聚丁烯-1 和聚丙烯腈的熔点;
- 3、 聚甲醛和聚碳酸酯熔体的表观黏度对温度的敏感性。

十九、 简答题(本题 16 分)。

- 1、 将聚对苯二甲酸乙二醇酯($T_g=60^\circ\text{C}$, $T_m=250^\circ\text{C}$)注射成型为如图所示的长条型试样(成型中的模具温度为 20°C), 发现所得试样有一层透明度较高的表皮层, 试分析产生这种皮-芯结构的原因并设计必要的实验证明你的分析。(6 分)



题十九 1 图

- 2、 试描述聚乙烯/十氢萘和尼龙 66/甲酚溶解过程的特征。试从 Flory-Huggins 溶液理论出发, 说明为什么高聚物溶剂的选择原则之一是高分子-溶剂相互作用参数。(6 分)
- 3、 现有 A 为聚苯乙烯与顺丁橡胶的共混物 (20:80 质量比)、B 为苯乙烯与丁二烯无规共聚的丁苯橡胶 (苯乙烯与丁二烯的平均组成与其在共混物中的组成相同)。试比较这两种样品的力学内耗因子与温度的动态力学性能曲线的差异, 并说明原因。(4 分)