

北京航空航天大学 2022 年

硕士研究生招生考试初试试题 科目代码: 911

材料综合 (共 8 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 (本题单不参与评卷)

(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。若多做, 则按照得分最低的部分计入总分。

“物理化学”部分

一、选择题 (本题共 24 分, 每小题各 2 分)

1. 对于理想气体, 下列关系中不正确的是 ()

- A. $\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = 0$ B. $\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = 0$
C. $\left(\frac{\partial U}{\partial P}\right)_T = 0$ D. $\left(\frac{\partial H}{\partial P}\right)_T = 0$

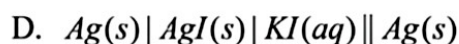
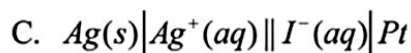
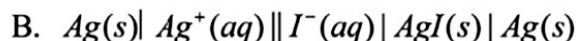
2. 在 300K 时, 5mol 的理想气体由 1 dm^3 等温可逆膨胀到 10 dm^3 , 则过程的 ΔS 为 ()

- A. $11.51R$ B. $-11.51R$ C. $2.303R$ D. $-2.303R$

3. 反应 $A(g) + 2B(g) = 2D(g)$ 在温度 T 时的 $K^\theta = 1$ 。若在恒定温度为 T 的真空密封容器中通入 A、B、D 三种理想气体, 而它们的分压 $P_A = P_B = P_D = 100 \text{ KPa}$, 在此[400 加考研]条件下反应 ()

- A. 从左向右进行 B. 从右向左进行
C. 处于平衡状态 D. 条件不足, 无法判断

4. 电极① $Pt|Cl_2(g)|KCl(a_1)$ 与② $Ag(s)|AgCl(s)|KCl(a_2)$, 这两个电极的电极反



11. 下列叙述正确的是 ()

A. 非基元反应是由若干基元反应组成

B. 反应速率方程中[400 加考研]各物质浓度的幂次方等于化学反应方程式中计量数时, 此反应为基元反应

C. 反应级数等于反应物在反应方程式中计量数之和

D. 反应速率与反应物浓度的乘积成正比

12. 两个活化能 (E) 不相同的反应, 如果 $E_2 > E_1$, 且都在相同的升温区间内升温, 则 ()

A. $\frac{d \ln K_2}{dT} > \frac{d \ln K_1}{dT}$

B. $\frac{d \ln K_2}{dT} < \frac{d \ln K_1}{dT}$

C. $\frac{d \ln K_2}{dT} = \frac{d \ln K_1}{dT}$

D. $\frac{dK_2}{dT} < \frac{dK_1}{dT}$

二、简答题 (本题共 24 分, 每小题 6 分)

1. 已知 CO_2 在 298K 时的标准摩尔生成焓 $\Delta_f H_m^\theta$ 和 0°C 到 1000°C 的热容 $C_{p,m}$, 则 CO_2 在 1000K 时的标准摩尔生成焓

$$\Delta_f H_m^\theta(1000\text{K}) = \Delta_f H_m^\theta(298\text{K}) + \int_{298}^{1000} C_{p,m}(\text{CO}_2) dT$$

请判断这样计算是否正确并说明理由。

2. 在下列不同条件下, 确定平衡体系 $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) = 2\text{HI}(\text{g})$ 中的独立组分数 C 是多少并[400 加考研]写明计算过程。

(1) 反应前只有 $\text{HI}(\text{g})$ 。

(2) 反应前只有 $\text{H}_2(\text{g}), \text{I}_2(\text{g})$, 且两种气体物质的量相等。

(3) 反应前有任意量的 $\text{H}_2(\text{g}), \text{I}_2(\text{g})$ 及 $\text{HI}(\text{g})$ 。

3. 判断下列反应的级数 (均指在一定温度下, 对不同反应物的浓度相等), 并说明原因。

- (1) 某反应无论反应物的起始浓度如何达到相同转换率时所用的时间都相同。
- (2) 某反应从完成 50% 到完成 75% 所需时间为从 0 到完成 50% 所需时间的 2 倍。
- (3) 某反应进行完全所需时间是半衰期的 2 倍, $t = 2t_{1/2}$ 。

4. 若对 $\text{CaCO}_3(s)$ 进行加热分解, 问小颗粒 $\text{CaCO}_3(s)$ 的分解压 (P_1) 与大颗粒 (P_2) 相比, 两者大小如何? 为什么?

三、计算题 (本题共 15 分)

5mol 某双原子理想气体, 由始态 (400K, 200KPa) 分别经下列不同过程变化到该过程所指定终态。试分别计算各过程的 $Q, W, \Delta U, \Delta H$ 及 ΔS 。

- (1) 对抗恒外压 100KPa, 绝热膨胀到 100KPa。
- (2) 绝热可逆膨胀到 100KPa。

四、计算题 (本题共 12 分)

一电池反应为 $\text{Pb}(s) + \text{HgCl}_2(s) = \text{PbCl}_2(s) + 2\text{Hg}(l)$ 。在 25°C 时, 此电池的电动势为 0.5357V, 温度每升高 1°C, 电动势增加 $1.45 \times 10^{-4} \text{V}$ 。

- (1) 根据该[400 加考研]原电池反应式, 写出其相应的电池图式;
- (2) 求 1mol Pb 溶解时, 此电池最多能做多少功?
- (3) 求 25°C 时反应的 $\Delta_r H_m^\circ$ 和 $\Delta_r S_m^\circ$;
- (4) 问 1mol Pb 可逆溶解时, 电池吸热多少?

物理化学部分附表, 常数及对数:

量	$R / \text{J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$	$F / \text{C} \cdot \text{mol}^{-1}$	$\ln 10$	$\ln 2$	$\lg 2$	$2^{-\frac{2}{7}}$	$2^{\frac{2}{7}}$	$2^{\frac{7}{2}}$
值	8.314	96500	2.303	0.693	0.301	0.820	1.219	11.314

“材料现代研究方法” 部分

五、选择题 (本题共 10 分, 每小题 1 分)

1. 晶体中的旋转对称轴共有 () 个, 对称性最好的是 () 晶系, 对称性最差的是 () 晶系。总共有 () 种晶系, () 种点群, () 种空间群。
2. 固体中的对 X 射线产生散射的是 (), 散射的 X 射线满足 () 会产生衍射, () 和 () 会引起系统消光。

六、简答题（本题共 35 分，每小题 5 分）

1. $(1\bar{1}0)$, $(11\bar{2})$, $(\bar{3}12)$ 面是否同属一个晶带？如是，求出晶带轴的方向指数。
2. 多晶体 X 射线衍射强度的影响因素有哪些？
3. 多重因子有[400 加考研]什么物理意义？试计算立方晶系 $\{1,0,0\}$ 的多重因子，如该晶体转变为四方晶系时的多重性因子。
4. 罗伦兹因数是表示什么对衍射强度的影响？包含哪几方面的因素？
5. 为什么 XRD 测量点阵常数时应尽可能采用高角度衍射峰计算，请以立方晶系为例进行分析？
6. 简述 X 射线衍射进行纳米颗粒粒径分析的基本原理。
7. 简述 X 射线衍射进行宏观残余应力和微观应力分析的原理。

注意：以下三部分只能任选其一

“金属学原理”部分

七、简述题（本题共 8 分）

1. 什么是再结晶？简述再结晶过程中晶粒长大的驱动力。（2 分）
2. 单晶体塑性变形的主要方式。（2 分）
3. 何谓组成过冷，简述组成过冷的条件。（2 分）
4. 比较单晶体与[400 加考研]多晶体中原子扩散系数大小的差异并解释其原因。（2 分）

八、分析论述题（本题共 12 分，第 1 小题 5 分，第 2 小题 7 分）

1. 已知纯金属 Mg 为密排六方结构，其晶体结构常数 $a = 0.32\text{nm}$ ($c/a = 1.633$)，室温时的屈服强度为 120MPa，断后延伸率仅为 3%。
 - (1) 试计算 Mg 的原子半径，分析其塑性较差的原因；（2 分）
 - (2) 将其制备成镁合金 (Mg-2Al-Zn) 晶体结构不变，经冷轧加工后室温屈服强度可增加至 230MPa，试简述变形处理镁合金强度提升的原因。（3 分）
2. 已知 Al-Cu 合金过饱和固溶体 α 的脱溶顺序为：GP 区，过渡相 θ'' 及 θ' 相，平衡相 θ ，其中 GP 区的形状为圆盘状， θ 相形状为块状。
 - (1) 从界面结构及能量方面解释 GP 区和平衡相 θ 形状不同的原因；（3 分）
 - (2) 该合金经固溶处理后停留较长时间再进行时效处理，发现很多晶界附近无

沉淀相析出，请解释其形成原因及防治措施。（4分）

九、相图分析题（本题共 10 分）

A 和 B 两种金属元素能形成二元共晶体，其中 A 元素的熔点为 1200°C ，B 元素的熔点为 1000°C ，液态时 A 和 B 元素无限互溶，[400 加考研]固态时 A 元素在 B 元素中完全不固溶，B 元素在 A 元素中能形成最大固溶度为 20% 的固溶体 α 相，已知 $\omega(B) = 40\%$ 的合金从液态冷却至 800°C 完全凝固，此时平衡组织由 50% 的 α 相和 50% 的 $(\alpha + \beta)$ 共晶组成，将其继续冷却至室温，室温平衡组织中 α 相的总含量约为 66.7%。

（1）画出 A-B 二元合金相图；（5 分）

（2）画出 $\omega(B) = 40\%$ 的合金的室温组织，并计算其组织组成；（3 分）

（3） $\omega(B) = 18\%$ 的合金以较快冷却速度凝固时，室温组织中出现了少许共晶组织，简述形成该共晶组织的原因。（2 分）

“无机非金属材料学”部分

十、选择题，单选（本题共 10 分，每小题 2 分）

1. NaCl 型晶体间隙____，不易产生____。
A. 较大 B. 较小 C. 弗伦克尔缺陷 D. 肖特基缺陷
2. 非化学计量化合物是____的，其化学组成____。
A. 单相 B. 多相 C. 确定 D. 不确定
3. 三元系统浓度三角形内，各组分含量必须遵循____和____。
A. 等含量规则 B. 定比例规则 C. 重心规则 D. 三角形规则
4. 固体中质点的扩散温度往往____固体的熔点，并具有____
A. 高于 B. 低于 C. 各向同性 D. 各向异性
5. 由烧结理论分析可知，烧结过程应尽可能____地从低温升至高温；一般情况下，制造致密陶瓷采用____烧结的方法。
A. 快 B. 慢 C. 高温短时间 D. 低温长时间

十一、简述题（本题共 12 分，每小题各 4 分）

1. 写出氯化钙溶解在氯化钾中所有可能的缺陷反应式，判断它们的合理性。
2. 试述反应温度和压力对固相反应速率的影响。
3. 从陶瓷材料制备工艺的角度分析[400 加考研]造成二次再结晶的主要原因有哪些？采用哪些方法可以有效防止二次再结晶？

十二、计算题（本题共 8 分，每小题各 4 分）

1. 若[400 加考研]金刚石解理面平行于(111)面，每平方米上含有 1.83×10^{19} 个化学键，每个化学键的键能为 376.6kJ/mol，计算(111)面的表面能。
2. 由 A 向 B 转变的相变中，单位体积自由焓变化 ΔG_v 在 1000°C 时为 -419kJ/mol；在 900°C 时为 -2093kJ/mol。设 A-B 间界面能为 0.5N/m，求 900°C 和 1000°C 的临界半径。

“高分子物理”部分

十三、单项选择题（本题共 4 分，每小题各 1 分）

1. 在全同立构聚丁烯-1 的等温结晶过程中，体系的体积变化规律是_____。
A. 膨胀 B. 收缩 C. 不变 D. 上述情况都有可能
2. 可以有效提高聚合物耐热性的方法是_____。
A. 主链上引入芳环 B. 提高结晶度
C. 进行交联 D. 上述情况都可以
3. 测定有机玻璃取向度的方法是_____。
A. 弹性应变大 B. 弹性模量大
C. 随温度升高，高弹平台模量降低 D. 拉伸强度大

十四、简答画图题（本题共 266 分，1-4 题各 5 分，5 小题 6 分）

1. 画出下列四种高聚物的玻璃化转变温度的高低顺序，并简要说明其理由
(1) 聚乙烯 (2) 聚丙烯 (3) 聚苯乙烯 (4) 添加 10%增塑剂的聚苯乙烯
2. 列出下列三种高聚物的熔点大小顺序，并用热力学观点及关系式说明理由
(1) 全同立构聚丙烯 (2) 全顺式 1, 4-聚异戊二烯 (3) 聚丙烯腈
3. 试述[400 加考研]聚合物的分子量如何影响其粘流转变行为包括粘流活化能和溶剂零切变速率粘度？如果需要通过改变实验条件（温度或者注塑压力二选一）来降低聚乙烯溶体的加工粘度，请问选择哪一种方法更有效？为什么？
4. 硫化天然橡胶的应力松弛可以用三元件模型来模拟，请画出三元件模型和双对数坐标中对应的应力松弛模量—时间曲线，并说明该模型如何表达硫化天然橡胶在应力松弛过程中的分子运动机理。
5. 已知某聚丙烯酸酯的 $T_b = 0^\circ\text{C}$, $T_g = 100^\circ\text{C}$, $T_f = 200^\circ\text{C}$ ，请在一张图上画出其分别在 -20°C , 80°C , 150°C 下典型的[400 加考研]拉伸应力—应变曲线，简要说明其应力—应变的差异及产生差异的原因。