

北京航空航天大学 2010 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”三部分任选其一, 必须在答题纸开头醒目位置注明所选内容。

(3) 答本试卷需用有对数功能的计算器。

“物理化学”部分

一、选择题 (本题共 30 分, 每小题各 2 分)

1、某理想气体从 p_1 、 V_1 , 对抗恒定外压 p_2 绝热压缩至 V_2 ; 若绝热可逆压缩至 p_2 , 其终态体积 V_2' 将

- A. 等于 V_2
- B. 大于 V_2
- C. 小于 V_2
- D. 缺少条件无法确定

2、液体在其沸点汽化时温度恒定, 若将蒸汽视为理想气体, 则

- A. 内能不变
- B. 焓不变
- C. 无热效应
- D. 蒸汽压不变

3、当缺乏数据时, 下列近似中, 不合理的是

A. $\Delta H_m^\circ(T) \approx \Delta H_m^\circ(298.15 \text{ K})$

B. $\Delta S_m^\circ(T) \approx \Delta S_m^\circ(298.15 \text{ K})$

C. $\Delta G_m^\circ(T) \approx \Delta G_m^\circ(298.15 \text{ K})$

D. 凝聚态反应 $\Delta H_m^\circ(T) \approx \Delta U_m^\circ(T)$

4、根据热力学第三定律, 纯物质非 0 K 温度下的熵值

- A. 总大于零
- B. 由过程是吸热还是放热决定
- C. 总小于零
- D. 由可逆过程是吸热还是放热决定

- 5、水蒸汽在常温的大气中自动凝结,说明
- A. 蒸汽未饱和 B. 水的饱和蒸汽压大于当时气相水分压
- C. 是熵增过程 D. 水的饱和蒸汽压小于当时气相水分压
- 6、下列稀溶液中,溶质一定不服从亨利定律的是
- A. NH_3 水溶液 B. N_2 溶于水
- C. HCl 溶于苯 D. 乙醇水溶液
- 7、恒温恒压下,等摩尔的液体 A、B 混合成理想液态混合物,混合过程将
- A. 吸热 B. $\Delta U = 0$
- C. 放热 D. $\Delta G = 0$
- 8、一定温度压力下, A、B 组成的二元液体混合物,当 B 组分的 G_B 增加时, A 组分的 G_A 将
- A. 增加 B. 可能增加也可能减小
- C. 减小 D. 可能不变
- 9、Bi 和 Cd 固相完全不互溶,形成低共熔混合物。当 Bi 和 Cd 混合熔融液降温时
- A. Bi 总先于 Cd 析出 B. Cd 总先于 Bi 析出
- C. Bi 和 Cd 总是同时析出 D. Bi 和 Cd 谁先析出与熔融液组成有关
- 10、常压下 Br_2 在 CCl_4 及水中分配,该系统的
- A. $C=3, F=2$ B. $C=2, F=1$
- C. $C=3, F=1$ D. $C=2, F=2$
- 11、硫有正交和单斜 2 种晶型,对于纯硫系统,下列说法不正确的是
- A. 一定条件下正交硫和单斜硫可以共存
- B. 最多可以 4 相共存
- C. 最多只能三相共存
- D. 最小自由度为零
- 12、已知某反应的 $\Delta G_m^\ominus(298\text{ K}) < -40\text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$, 下列说法不正确的是
- A. 正向自发倾向较大 B. 平衡常数较大
- C. 转化率不一定很高 D. 速率常数较大
- 13、反应 $\text{CO(g)} + \text{H}_2\text{O(g)} = \text{CO}_2\text{(g)} + \text{H}_2\text{(g)}$, 在常温常压下是放热熵减过程。为增加 CO 平衡转化率, 适合的条件为
- A. 升温、加压 B. 加入局外气体及催化剂
- C. 降温、加入催化剂 D. 增加水蒸气在原料中的比例

14、常温下在水中加入下列物质,无法使液体表面张力降低的是

- A. 食盐 B. 食醋
C. 洗衣粉 D. 卵磷脂

15、一定温度下,基元反应 $2A \rightarrow P$ 中,使反应的半衰期减小的方法是

- A. 增大 A 的初始浓度 B. 减小 A 的初始浓度
C. 增大 P 的浓度 D. 减小 P 的浓度

二、计算题 1 (本题 15 分)

已知 298.2 K 下,反应 $Zn(s) + H_2SO_4(aq) = ZnSO_4(aq) + H_2(g)$ 的部分热力学数据如下(设氢气为理想气体):

	Zn(s)	$Zn^{2+}(aq)$	$H_2(g)$
$\Delta_f H_m^\ominus(298.2K) / kJ \cdot mol^{-1}$	0	-153.9	0
$S_m^\ominus(298.2K) / J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$	41.6	-112.1	130.7

- (1) 求反应于 298.2 K 的恒温恒容反应器内进行 1mol 进度时的反应热;
(2) 若将该反应设计为可逆电池,求电池标准态 298.2 K 下的温度系数及 1mol 进度时的可逆热。

三、计算题 2 (本题 15 分)

1000-2000K 内,反应 $Ni(s) + CO_2(g) \rightarrow NiO(s) + CO(g)$ 的 $\Delta G_m^\ominus(T)$ 与温度的关系为:

$$\Delta G_m^\ominus(T) = (37.95 + 0.0904T / K) kJ \cdot mol^{-1}$$

- (1) 估算该温度范围内反应的 $\Delta H_m^\ominus$ 、 $\Delta S_m^\ominus$ 和 1500 K 时的 $\Delta G_m^\ominus(T)$;
(2) 当 1500 K 时,金属 Ni 上存在总压为 101.3 kPa 的 CO 和 CO_2 混合气体,为不使 Ni 氧化,应如何控制混合气体中 CO_2 含量?

四、计算题 3 (本题 15 分)

一恒容反应器内,乙醛的热分解反应为: $CH_3CHO(g) \rightarrow CH_4(g) + CO(g)$,反应的半衰期与乙醛初始浓度成反比。791.2K 下测得纯乙醛的初压为 $p_{A,0} = 53.3 kPa$ 时,100s 后系统总压为 $p = 66.7 kPa$ 。

- (1) 求反应的级数和半衰期;
(2) 若 810.6 K 下的速率常数为 791.2 K 时的 2 倍,求此温度下纯乙醛的初压仍为 $p_{A,0} = 53.3 kPa$ 时的半衰期及反应的活化能。

“材料现代研究方法”部分

五、填空或选择正确答案（本题共 24 分，每小题各 3 分）

- (1) 在晶体的 7 个晶系中，对称性最高的是（ ）。
- (2) 属于同一晶带的晶面相互平行。（正确 ☐ 错误 ☐ ）
- (3) X 射线管产生 X 射线的短波限与（a.加速电压 b.管电流 c.阳极靶材料）有关。
- (4) 铜靶的特征 X 射线波长随加速电压的增加而增加。（正确 ☐ 错误 ☐ ）
- (5) 在 X 射线粉末衍射中，采用的是（a.固定波长 b.连续波长）的 X 射线。
- (6) 体积足够大的体心立方晶体的晶面只要满足布拉格条件，在相应的反射方向上的强度就一定不为零。（正确 ☐ 错误 ☐ ）
- (7) 一个原子序数为 Z 的原子对 X 射线的散射波的振幅等于单个电子散射波振幅的 Z 倍的条件为（ ）。
- (9) 采用滤波片可以获得波长接近单一的 X 射线。获得铜靶 X 射线管产生的 $K\alpha$ 特征 X 射线的滤波片材料通常为（ ）。

六、简要回答下列问题（本题 7 分）

在 X 射线粉末衍射中，若获得的前 6 条衍射峰所对应的衍射角满足如下关系， $\sin^2 \theta_1$ ：

$$\sin^2 \theta_2 : \sin^2 \theta_3 : \sin^2 \theta_4 : \sin^2 \theta_5 : \sin^2 \theta_6 = 1 : 2 : 3 : 4 : 5 : 6$$

- (1) 你可以从中获得该样品的什么晶体结构信息？说明理由。
- (2) 如果你希望确定该粉末样品的晶体结构，还需要怎样做？

七、回答下列问题（本题 14 分）

- (1) 简述特征 X 射线是如何产生的？你可以根据特征 X 射线的波长，获得靶材中什么信息？
- (2) 试绘图说明 AuCu_3 固溶体（面心立方结构）在发生无序（两种原子的占位不固定）—有序（铜原子占据 6 个面心位置，金原子占据 8 个顶角位置）转变前后的粉末 X 射线衍射谱发生哪些变化？为什么？

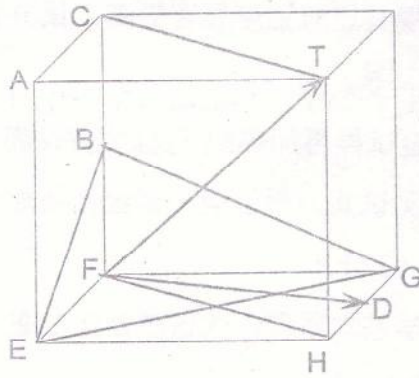
注意：以下三部分任选其一

“金属学原理”部分

八、简述题（本题 15 分）

1. 下图为简单立方晶体的晶胞，B、D 分别位于棱边 FC 及 HG 的中点，

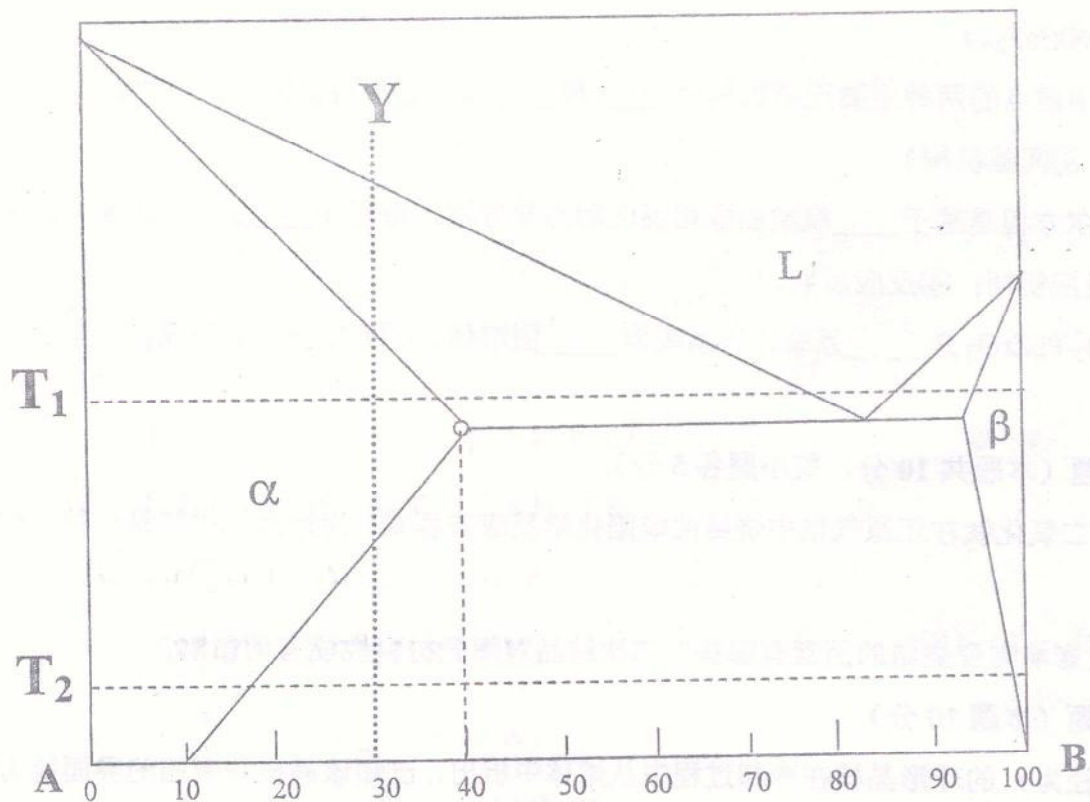
- (1) 分别写出晶面 EBG 和 FHTC 的晶面指数（2 分）。
- (2) 分别写出晶向 FT 及 FD 的晶向指数（2 分）。



2. 简述刃位错及螺位错的基本特征 (2 分)。
3. 简述三元相图等温截面图及垂直截面图的特点及用途 (4 分)。
4. 判断位错反应 $\frac{a}{2}[110] \rightarrow \frac{a}{6}[121] + \frac{a}{6}[211]$ 能否进行 (2 分)。
5. 简述合金液体的结构特点 (3 分)

九、综合题 (本题 15 分)

下图为 A-B 二元合金相图：



(1) 化学成分为 70%A-30%B 的合金 Y，经高温熔炼后缓慢冷却凝固，试画出该合金的室温平衡组织示意图，计算室温平衡组织中 α 相与 β 相的重量百分数，写出室温下 α 相和 β 相的化学成分 (6 分)。

(2) 将直径为 10mm 的该合金棒状试样重新加热到 T_1 温度保温 1 小时后快速淬水冷却处

理后，在室温下进行拉伸试验，发现其屈服强度显著提高，试分析该处理方法导致合金强度提高的原因及强化机理（3分）。

（3）将上述淬水冷却处理的合金试样再加热到 T_2 温度并保温 3 小时后，重新在空气中自然冷却至室温，然后在室温条件下测试其力学性能，试验结果表明，其屈服强度又有大幅度的提高，试分析其原因和强化机理（3分）。

（4）综合应用你所掌握的金属学基本原理，试述在合金 Y 的制备过程中可以采取哪些具体办法提高其强度并说明原因（3分）。

“无机非金属材料学”部分

十、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、 β -SiC 是_____结构， $MgFe_2O_4$ 是_____结构。（①金刚石；②闪锌矿；③钙钛矿；④尖晶石。）

2、下列四种离子晶体中双电层厚度最大的是_____，硬度最高的是_____。（① PbI_2 ；② PbF_2 ；③ CaI_2 ；④ CaF_2 。）

3、晶体中质点的两种主要迁移机构是_____和_____。（①固溶机构；②空位机构；③置换机构；④间隙机构）

4、杨德尔方程是基于_____模型的固相反应动力学方程，适用于_____。（①球体；②平行板；③反应初期；④反应后期。）

5、 $PbTiO_3$ - $PbZrO_3$ 是_____系统，该系统为_____固溶体。（①二元；②三元；③连续；④有限。）

十一、简答题（本题共 10 分，每小题各 5 分）。

1、写出二氧化钛在还原气氛中烧结的缺陷化学反应方程式。为什么该材料是一种 n 型半导体？

2、试述影响陶瓷烧结的因素有哪些？二次结晶对陶瓷材料性能有何影响？

十二、计算题（本题 10 分）

一个半径为 r 的球形晶核在冷却过程中从熔体中析出，已知该晶核与液相的界面能为 γ ，单位体积中晶核形成时的体积自由能变化为 ΔG_v 。（1）试推导析晶过程中自由能变化与晶核半径的关系；（2）求晶核的临界半径 r_k 。

“高分子物理”部分

十三、单选题(本题共 10 分, 每小题各 2 分)

1. 在注射成型中能最有效改善聚甲醛熔体流动性的方法是_____。
A). 增大分子量; B). 提高加工温度; C). 提高注射速率。
2. 聚苯乙烯的玻璃化转变温度约为 100°C , 则聚苯乙烯在_____。
A). 25°C 时的内耗最大; B). 100°C 时的内耗最大; C). 125°C 时的内耗最大。
3. 高分子的柔顺性增加, 以下哪类形变增加_____。
A). 普弹形变; B). 高弹形变; C). 粘性形变。
4. 聚碳酸酯的应力-应变曲线属于以下哪一类_____。
A). 硬而脆; B). 软而韧; C). 硬而韧。
5. 以下哪个溶剂是 θ 溶剂_____。
A). Huggins 参数 $\chi_1=0.1$; B). $\chi_1=0.5$; C). $\chi_1=1$ 。

十四、简答及画图题(本题 15 分)

1. 将熔融态的聚乙烯 (PE)、聚对苯二甲酸乙二醇酯 (PET) 和通用聚苯乙烯 (PS) 淬冷到室温, PE 是半透明的, 而 PET 和 PS 是透明的。为什么?
2. 试讨论分子量 (分子量从 0 开始) 对聚合物玻璃化转变温度和流动温度的影响, 扼要说明临界分子量的概念。
3. 画出有机玻璃的模量-温度曲线, 标出特征温度, 说明各温度区间内材料所处的力学状态, 用虚线表示当观察时间延长时曲线的变化趋势。

十五、计算题(本题 5 分)

将天然橡胶试样 ($T_g = -60^{\circ}\text{C}$) 在 30°C 下进行应力松弛实验, 发现其模量减少至 10^6 Pa 需要 10^2 小时。用 WLF 方程计算该试样在 -10°C 下模量减少到同样值需要多长时间?