

南京大学 2003 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 材料物理与化学

1-839

适用专业: 材料物理与化学

说明: 1. 请将所有答案写在答卷纸上, 写在试卷纸上一律无效。

2. 本试题分两组, 分别对应“材料物理”和“材料化学”主题, 各 150 分。请选取其中一组解答。交叉选取无效。

3. 考试时间为 180 分钟

4. 仅允许使用普通计算器。

5. 请考生将所做试题的主题名称写在“南京大学研究生入学考试答题纸”第 1 页上“注意事项”的下方。

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 $R=8.314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$;

原子质量常数 $m_u=1/12m(^{12}\text{C})=1\text{u}=10^{-3}\text{kgmol}^{-1}/L=1.66053873 \times 10^{-27} \text{ kg}$

光速 $c=2.99792458 \times 10^8 \text{ m/s}$

普朗克常数 $h=6.626176 \times 10^{-34} \text{ Js}$, $\hbar=1.0545887 \times 10^{-34} \text{ Js}=6.582173 \times 10^{-16} \text{ eVs}$

第一组: 材料物理部分

一、填充题 (共 22 分)

1. 按照频率响应由高到低, 写出四种电介质的微观极化机制:

(4 分)

2. 对于分布
$$n_i = \frac{1}{\exp[(E_i - \mu)/K_B T] + a}$$

式中 μ 为化学势, E_i 为单粒子态的能量, K_B 为玻耳兹曼常数, T 为温度。当 $a=$ _____, 该分布给出费米-狄拉克统计, 当 $a=$ _____, 则给出玻色-爱因斯坦统计, 当 $a=$ _____, 为玻尔兹曼统计。当 μ _____ 时, 量子统计可由经典的玻尔兹曼统计代替。(4 分)

3. 在有序-无序相变中, _____ 具有较高对称性, _____ 具有较低的对称性, 序参量在 _____ 等于零, 而在 _____ 则不等于零。(4 分)

4. 图 1 为 BaTiO_3 晶体室温电畴结构示意图。小方格表示晶胞，箭头表示电矩方向。其中 AA 分界线两侧的电矩取反平行方向，AA 分界线称为_____。BB 分界线为_____。铁电畴在外电场作用下，总是趋向与外电场_____，称之为畴的_____。电畴运动是通过新畴出现、发展与畴壁移动来实现的。(4 分)

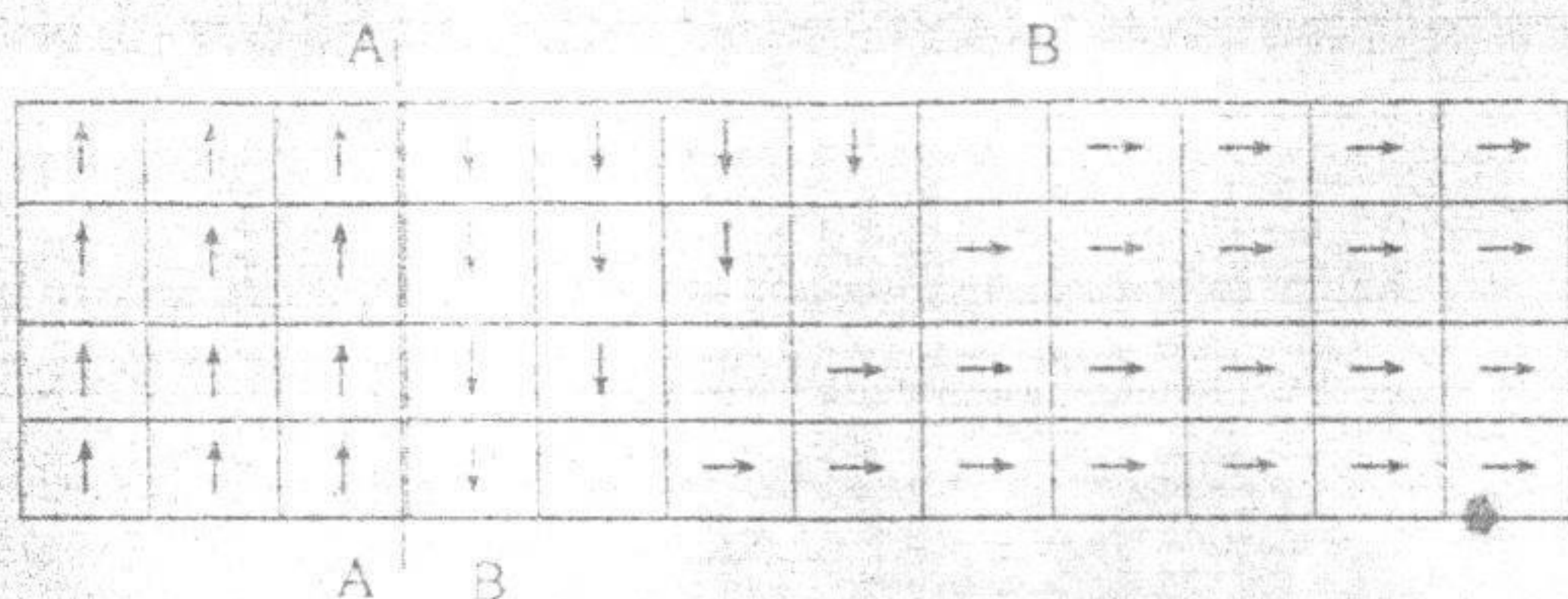
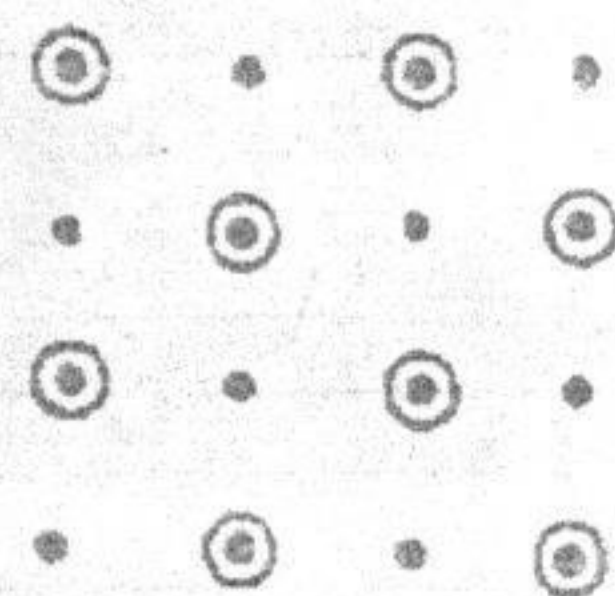


图 1

5. 设 ϵ_r 和 μ_r 分别是材料的相对介电常数和相对磁导率，由材料的折射率的定义，可以由 ϵ_r 和 μ_r 给出材料的折射率，即 $n = \sqrt{\epsilon_r \mu_r}$ 。对于陶瓷等无机材料， $n \approx \sqrt{\epsilon_r}$ 。双折射现象使材料有两个折射率：其一是_____，而另一为_____。(4 分)

6. 如图 2 所示为 $\text{Ni}(001)$ 晶面上吸附一层硫后，硫原子形成正方形点阵，边长为衬底 $\text{Ni}(001)$ 面上基矢的 $\sqrt{2}$ 倍，而且两个点阵相对旋转了 45° 。按 Wood 表示式，这种结构表示为：_____ (2 分)



• 镍原子

⊙ 吸附的硫原子

图 2 镍 (001) 表面上硫覆盖层的结构

二、选择题 (共 15 分)

1. 某种半导体晶体的带隙为 0.67eV ，在可见光下，它是：(3 分)

- (a) 透明的 (b) 半透明的 (c) 不透明的

2. 图 3 为相界面上的原子结合模型，表示：(3 分)

- (a) 半共格相界面
(b) 理想的完全共格相界面
(c) 具有应变的完全共格相界面
(d) 非共格相界面

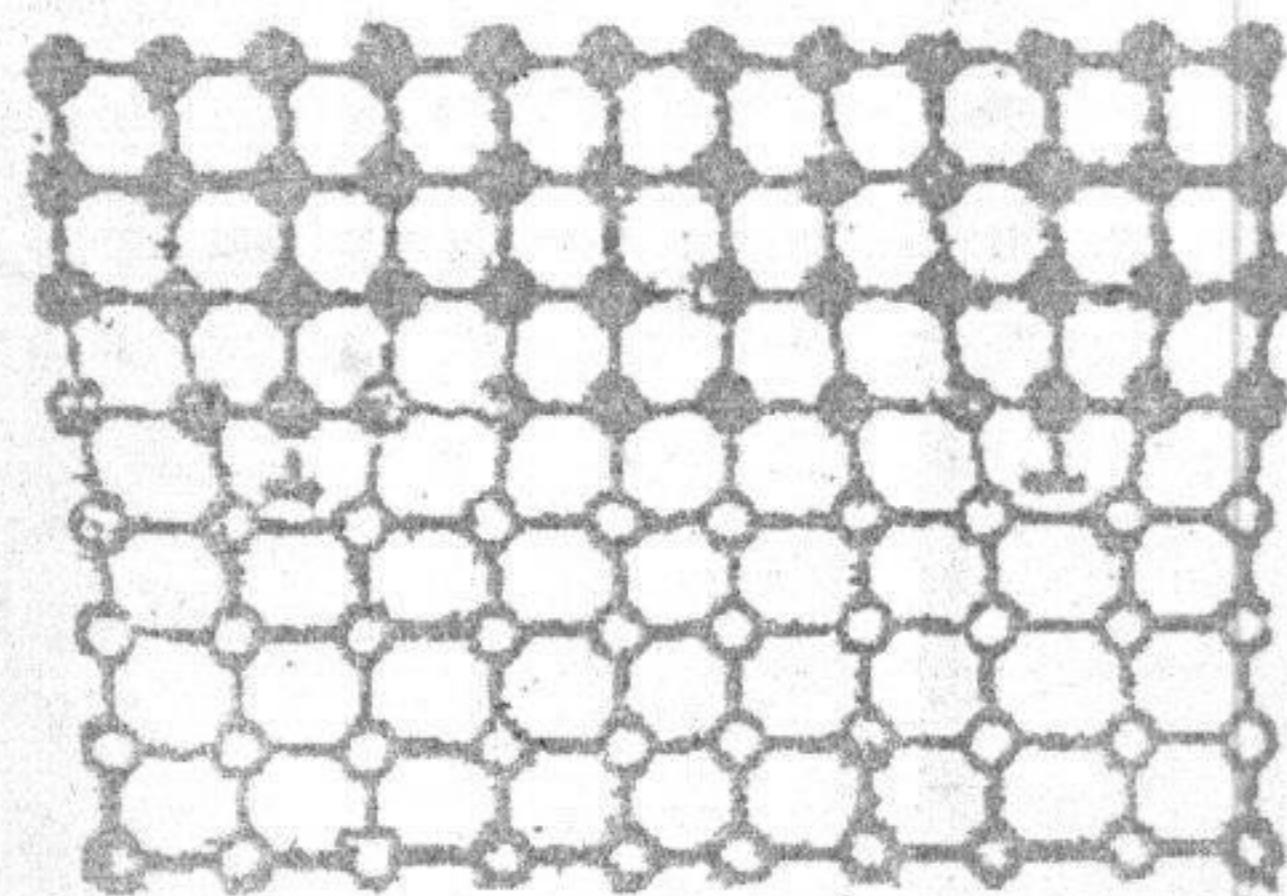


图 3

北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)

3. 存在一个三价原子(其电负性)组成的晶体, 其原胞由一个原子构成, 这一晶体是: (3分)

- (a) 金属
- (b) 绝缘体
- (c) 半导体
- (d) 不一定

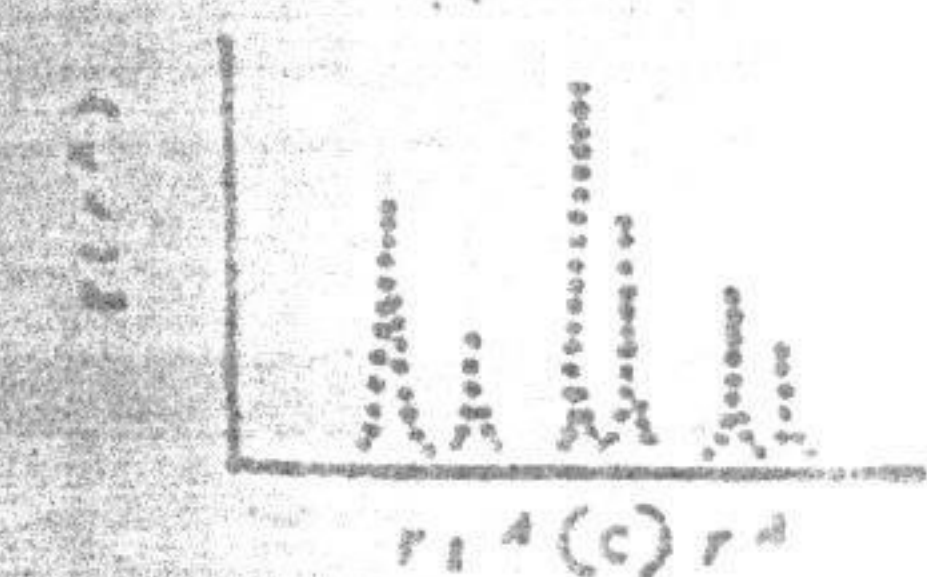
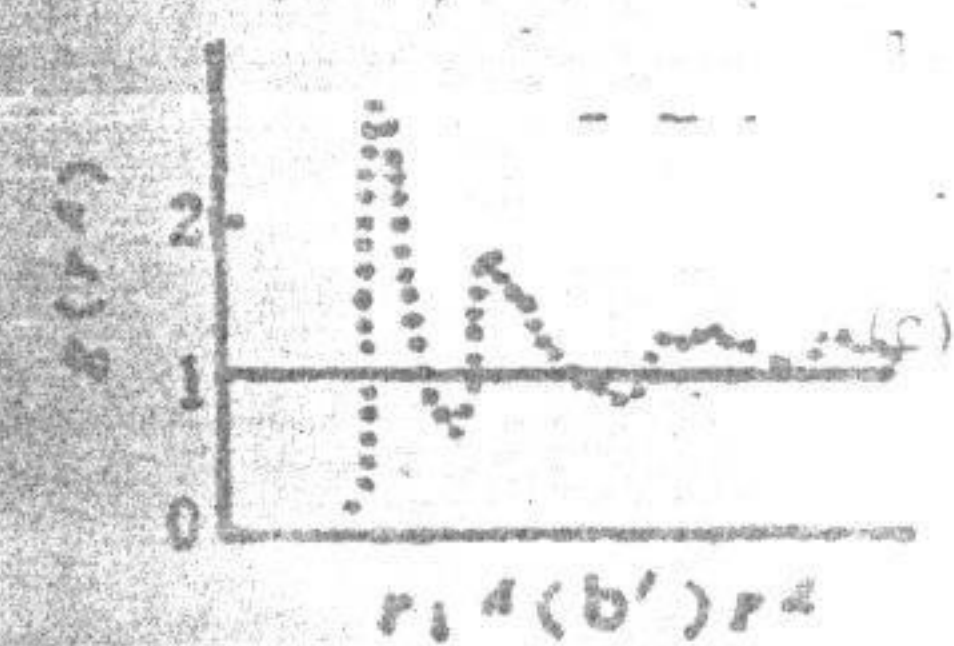
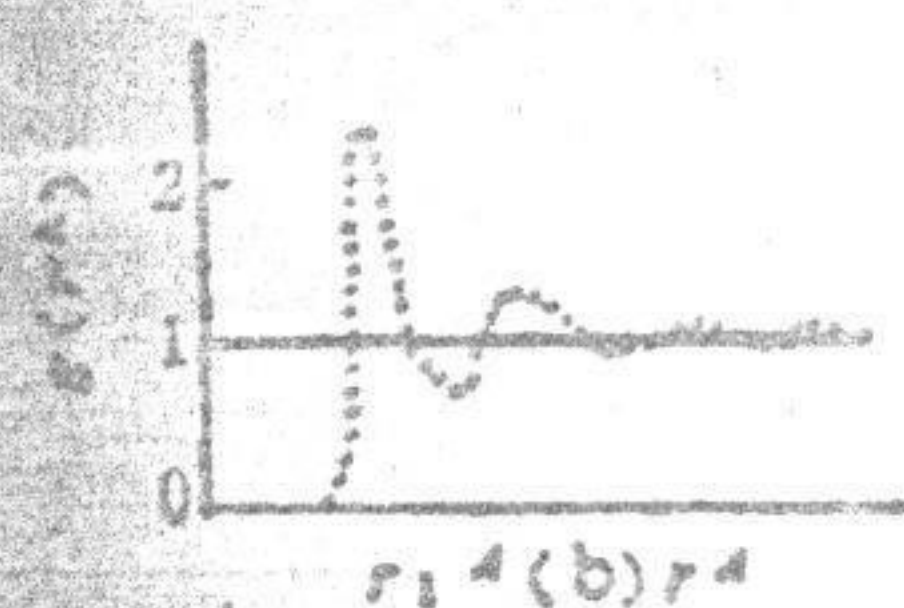
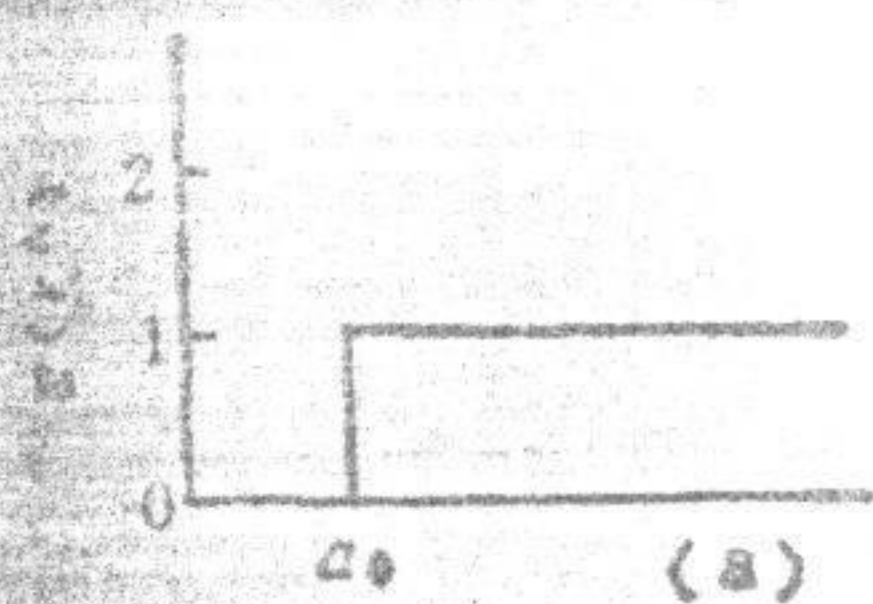


图 5

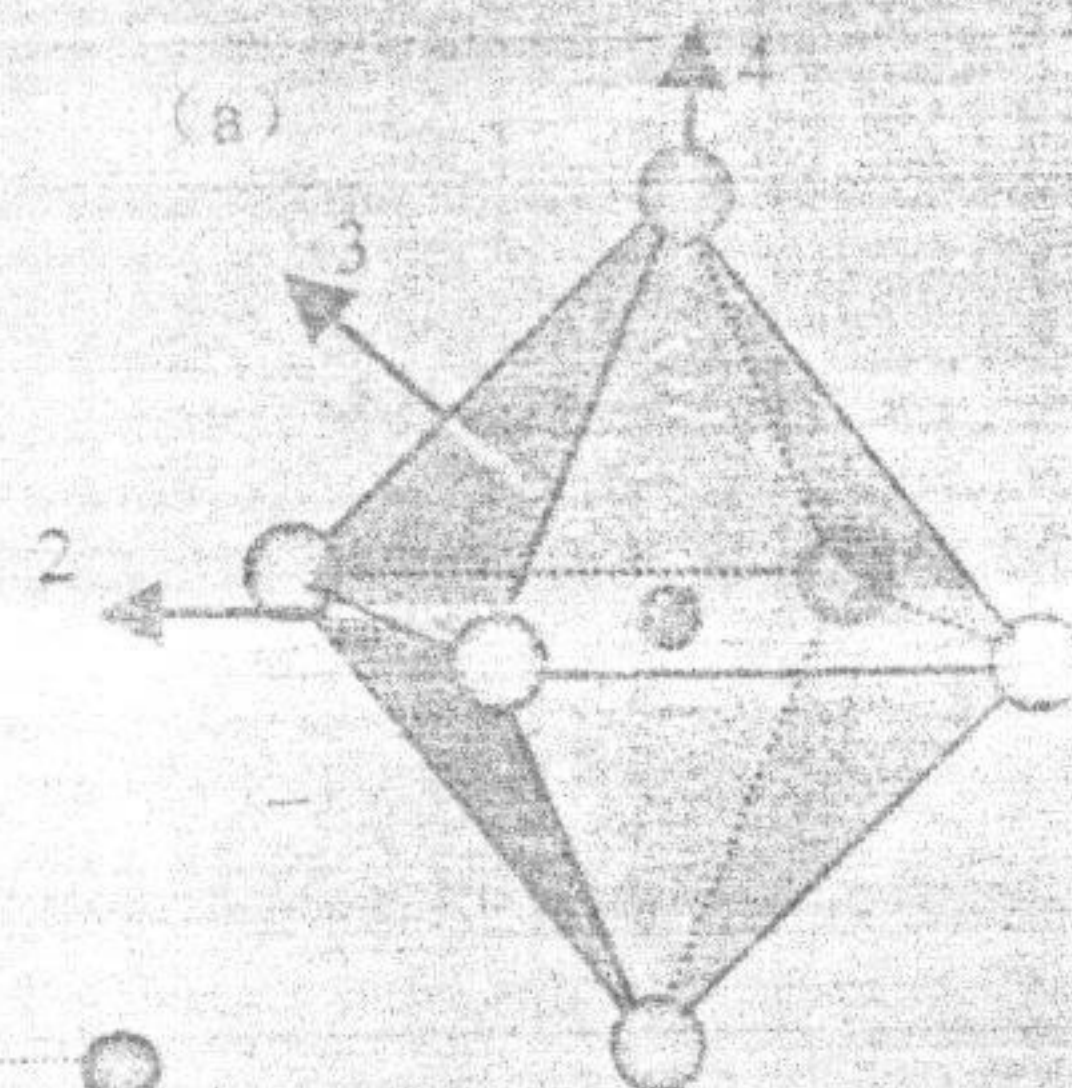
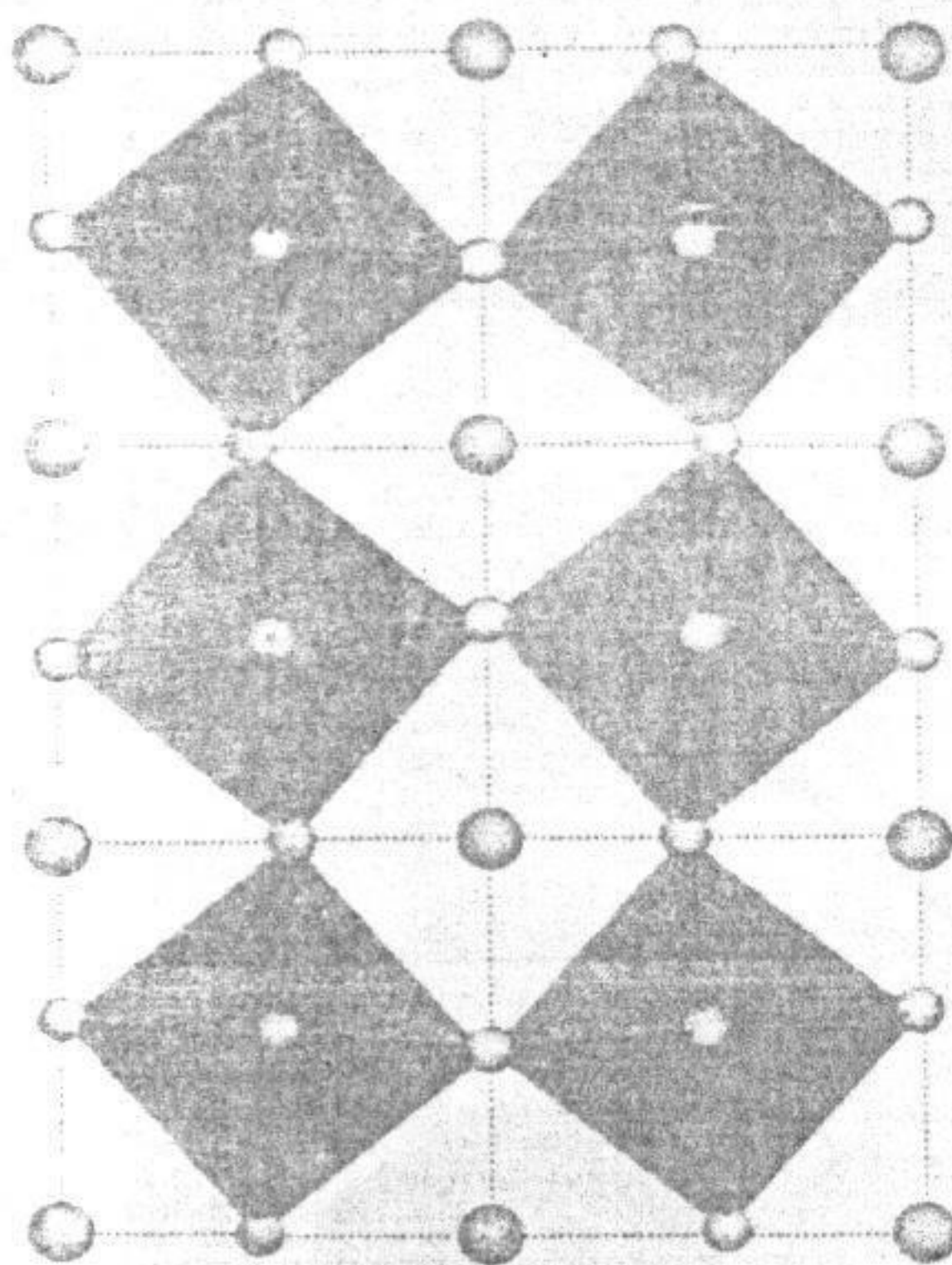


图 4

4. 钙钛矿结构为 ABO_3 氧化物的典型结构, 其结构单元如图 4 (a) 所示。这种结构可作为位移型相变的结构原型。从结构原型可以得出相变以后的不同结构。图 4 (b) 中 B 原子沿某 4-重轴发生了少量位移, 图 4 (c) 中氧原子相当于氧八面体发生了有规则的扭转而 B 原子未作位移。上述两种结构相变过程中, 发生顺电—铁电相变的是: (3分)

- (a) 图 4 (b)
- (b) 图 4 (c)
- (c) 图 4 (b) 和 (c)
- (d) 没有

5. 图 5 由上到下依次给出了哪四种结构或状态的物质的径向分布函数? (3分)

- (a) 液晶、晶体、准晶、非晶
- (b) 晶体、液晶、非晶、气体
- (c) 气体、液体、非晶、晶体
- (d) 液体、非晶、多晶、单晶

三、简答题 (共 32 分)

1. 比较金属材料、陶瓷材料、高分子材料在结合键上的特点, 并说明每种键的结合方式。(6 分)
2. 晶体中的空位数随温度升高而增加, 在 20°C 和 1020°C 之间, 由于热膨胀 bcc 铁的晶格常数增加 0.51% , 在相同的温度范围内, 其密度减少 2.0% 。假设在 20°C 时, 此金属中每 1000 个单位晶胞内有一个空位, 则可估计在 1020°C 时, 每 1000 个单位晶胞中有多少个空位? (5 分)
3. 在铅(fcc 结构)的 (100) 平面上, 1mm^2 有多少原子? (Pb 的原子半径为 $R_{\text{pb}}=0.175\text{nm}$) (5 分)
4. 图示并简述直接跃迁和间接跃迁。(6 分)
5. 在压强为 $1.01 \times 10^5 \text{Pa}$ 下, 氮气分子的平均自由程为 $6.0 \times 10^{-6} \text{cm}$, 在多大压强下, 其平均自由程为 1.0mm ? (5 分)
6. 毫无结晶迹象的聚乙烯的密度为 0.9g/cm^3 , 完全结晶的聚乙烯的密度为 1.01g/cm^3 , 商业用的低密度聚乙烯为 0.92g/cm^3 , 而高密度为 0.96g/cm^3 , 试估计上述两种情形中结晶度的体积分数。(5 分)

入射 X 射线

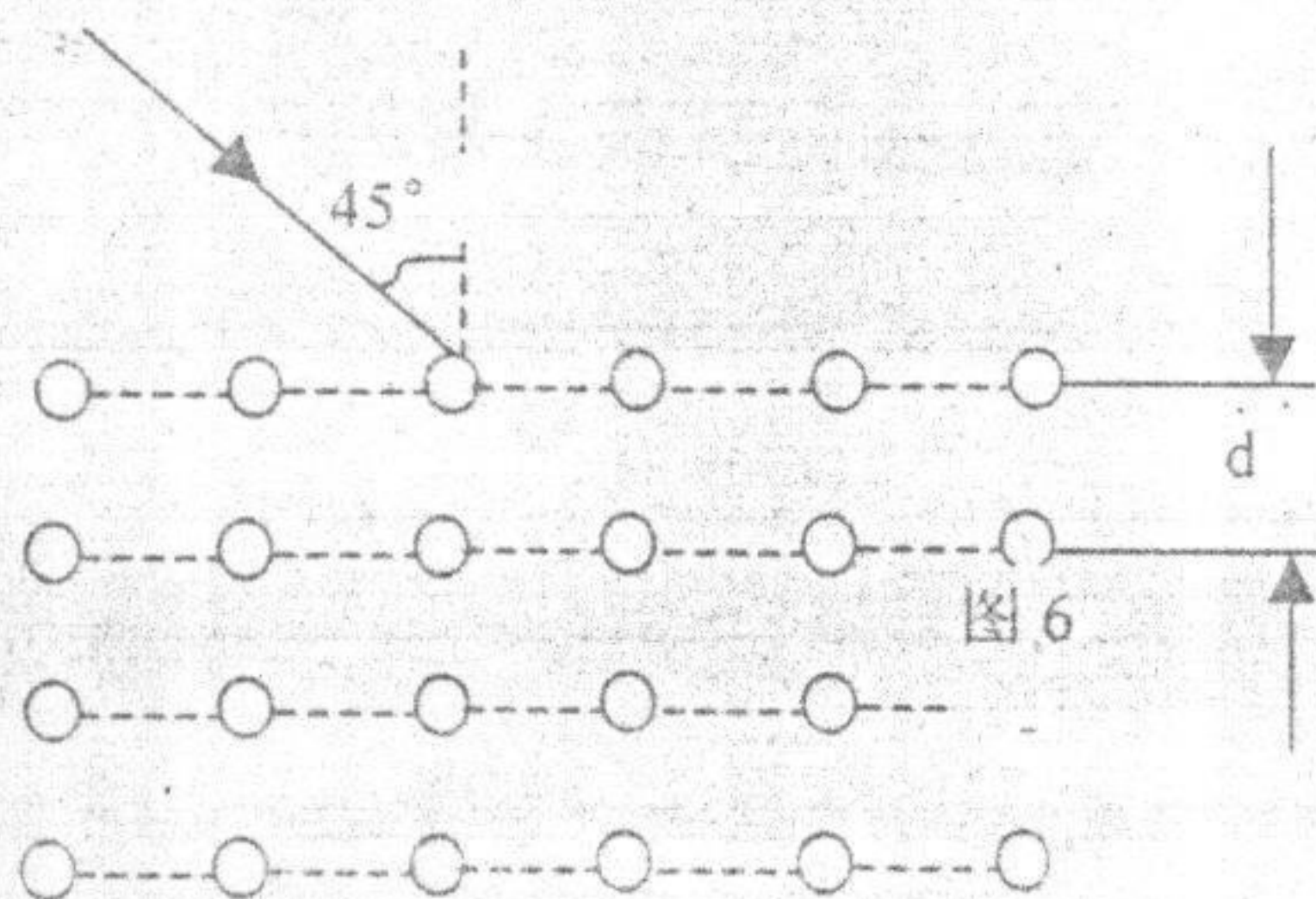


图 6

四、综合题 (共 81 分)

1. 在如图 6 所示的 X 射线衍射实验中, 入射 X 射线不是单色的, 而是含有从 0.095nm 到 0.13nm 这一范围内的各种波长。设晶体的晶格常数 $d=0.275\text{nm}$, 试问对图示的晶面能否产生强反射。(10 分)

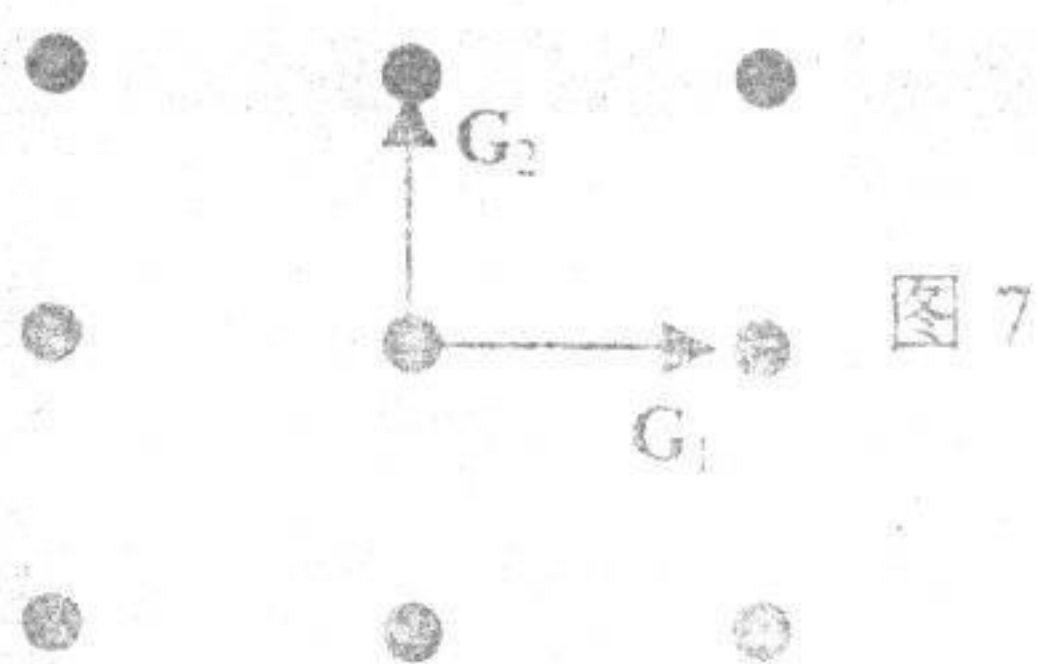


图 7

2. 图 7 是一个二维立方格子, 请画出 I、II、III 布里渊区的示意图, 并分析布里渊区之间的关系。(10 分)

3. 由有序的铁磁相到无序的顺磁相的转变称为铁磁-顺磁相变。相变发生的温度称为居里温度。可用 Landau 二级相变理论处理铁磁-顺磁相变, 以磁化强度矢量为序参量, 对应的外场为磁场, 试求在 T_c 附近的磁化率随温度的变化关系式 $\chi(T)$ 。(15 分)

南京大学 2003 年攻读硕士学位研究生入学考试试题(三小时)

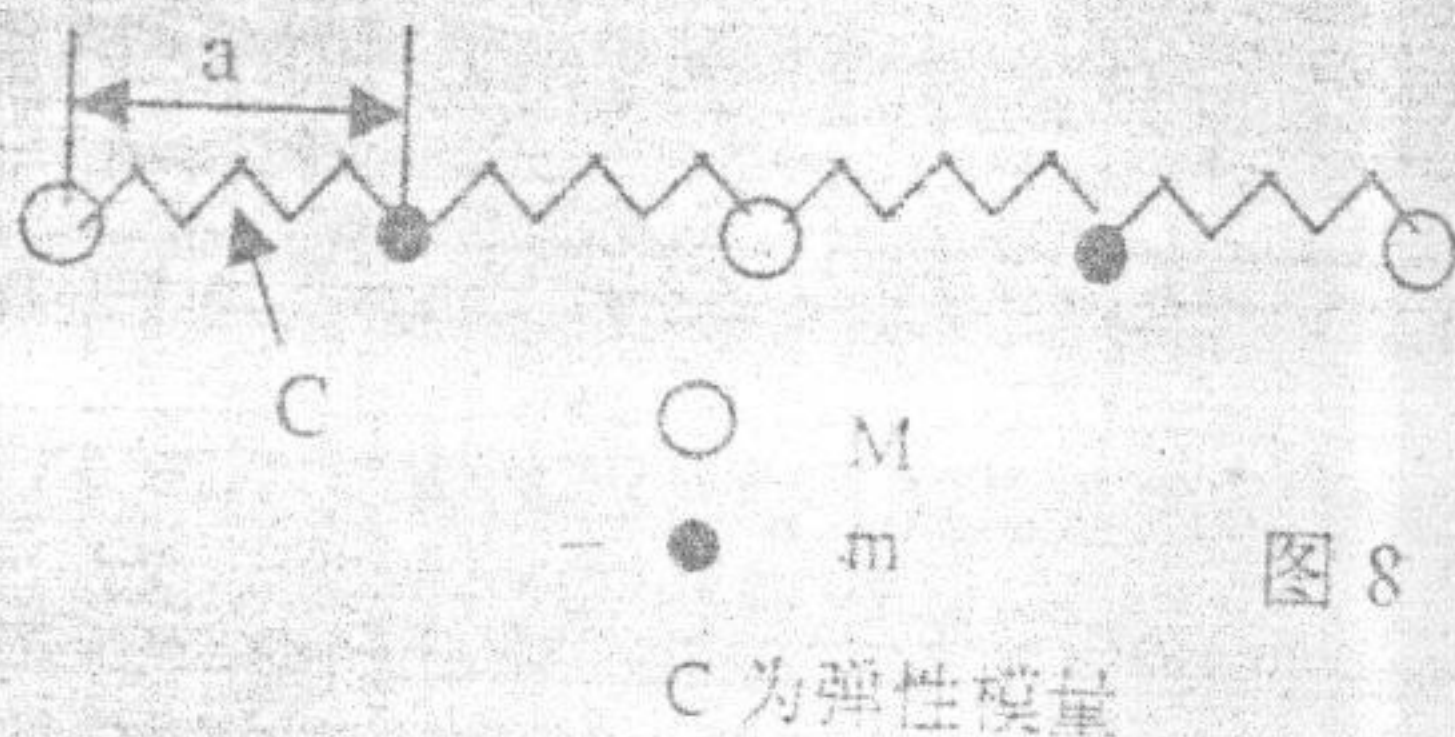
4. 试画出金属、绝缘体和半导体的能带结构的示意图, 并从能带理论的角度讨论导体、半导体、绝缘体的导电性质。(15 分)

5. 图 8 所示为一个一维双原子链, 试分析:

(1) 一维双原子链的晶格振动色散关系, 并画出色散曲线。(5 分)

(2) 指出布里渊区中心($k=0$)和边界处($k=\pi/a$)振动状态。(5 分)

(3) 布里渊区边界处声子振动的态密度。(5 分)



6. 根据下列条件画出一个二元系相图, A 和 B 的熔点分别是 1000°C 和 700°C , 含 $\omega_B=0.25$ 的合金正好在 500°C 完全凝固, 它的平衡组织由 73.3% 的先共晶 α 和 26.7% 的 $(\alpha+\beta)$ 共晶组成。而 $\omega_B=0.50$ 的合金在 500°C 时的组织由 40% 的先共晶 α 和 60% 的 $(\alpha+\beta)$ 共晶组成, 并且此合金的 α 总量为 50%。(16 分)

(以上为材料物理部分)

第二组: 材料化学部分

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 ____ 0, Q ____ 0, ΔU ____ 0, ΔH ____ 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 ____ 0, Q ____ 0, ΔU ____ 0, ΔH ____ 0。

2. 金属防腐的电化学保护法有(1)____ (2)____

3. 产生表面现象的根本原因是: _____

4. 范德瓦耳斯力包括: (1) _____ (2) _____ (3) _____

5. 在 AgI 溶胶的制备过程中, 如果 AgNO_3 过量, 则胶粒吸附 _____ 离子, 胶粒带 _____ 电; 如果 KI 过量, 则胶粒吸附 _____ 离子, 胶粒带 _____ 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 _____ 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 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 _____ cm(精确到小数点后 2 位)。

二、选择题(20 分)

a) 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) 吸收了 40 J

(B) 放出了 40 J

(C) 吸收了 360 J

(D) 放出了 360 J

b) 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: _____ ()

(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;

c) 下列有关催化剂的描述中, 错误的是: _____ ()

(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;

南京大学 2003 年攻读硕士学位研究生入学考试试题(三小时)

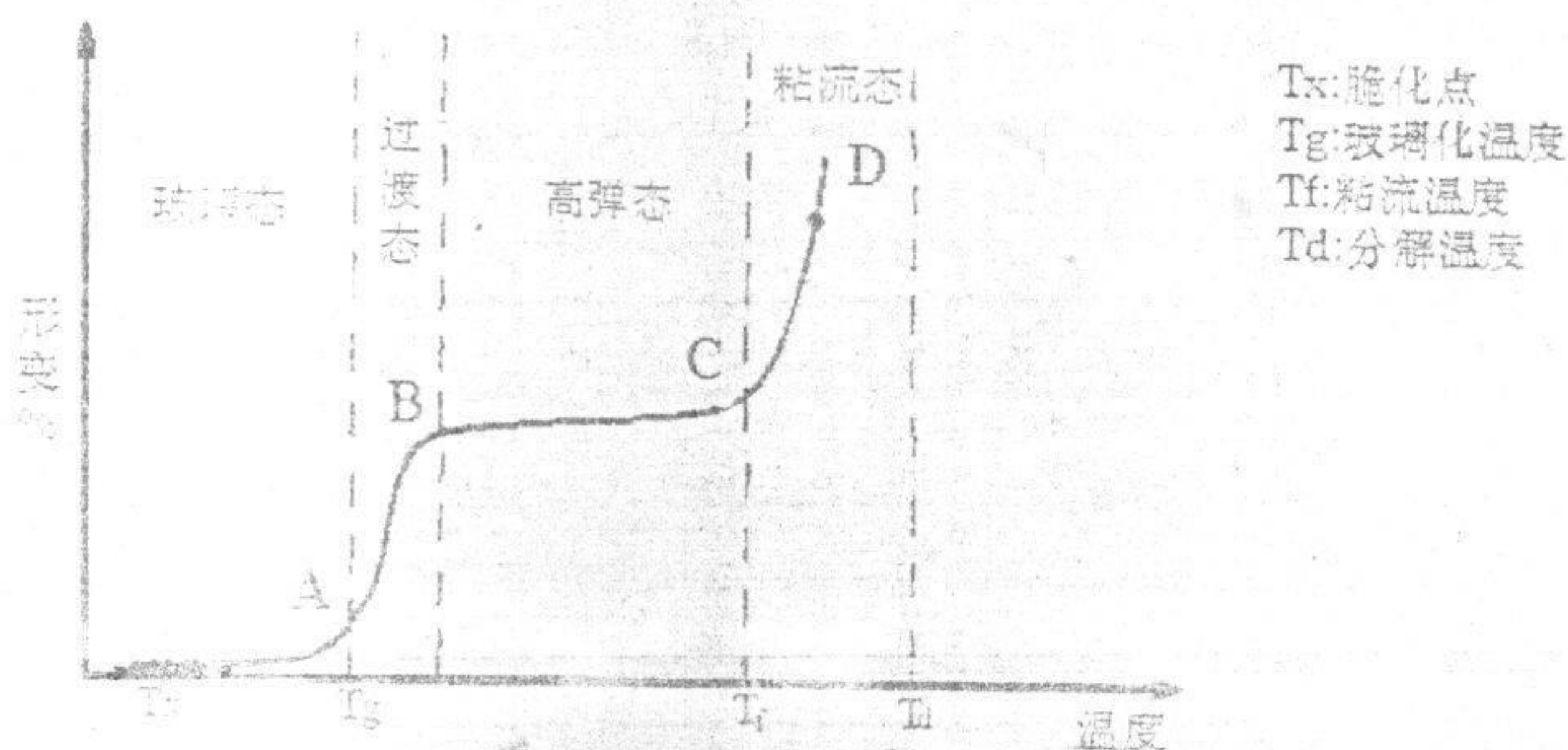
- d) 下列有关一级反应半衰期的描述, 正确的是: ()
- (A) 半衰期与反应物起始浓度的一次方称反比;
 - (B) 半衰期与反应物起始浓度的二次方称反比;
 - (C) 半衰期与反应物的起始浓度无关;
 - (D) 半衰期与反应物起始浓度的一次方称正比;

- e) 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 ΔH : (已知冰的熔化热为 $335 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1}$, 水的比热为 $4.18 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$) ()
- (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)

- a) 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)
- b) 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)
- c) 金刚石与石墨在性能上的显著区别是何原因造成的? (6 分)
- d) 布朗运动的本质是什么? (6 分)
- e) 指出下列表中聚合物在 50 °C 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 (°C)	T_d (°C)
聚氯乙烯	75	175
尼龙-66	48	265
聚异丁烯	-74	200



- 四、一金属 M 溶于稀盐酸时生成 MCl_2 ，在无氧操作条件下 MCl_2 溶液遇 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_2 ，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_2 气时可生成一紫红溶液 F，加入 $BaCl_2$ 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')
- 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')
- 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 $\sigma_{\text{基片(气-固)}}=1000 \times 10^{-3} \text{ N/m}$ ， $\sigma_{\text{Ag(气-液)}}=920 \times 10^{-3} \text{ N/m}$ ， $\sigma_{\text{Ag(液)-基片(固)}}=1770 \times 10^{-3} \text{ N/m}$ ，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')
- 七、试写出以 $LiMn_2O_4$ (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 $LiMn_2O_4$ 中的 Li^+ 在充电时全部脱出，计算 $LiMn_2O_4$ 的理论电容量。在实际使用中， $LiMn_2O_4$ 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')

(材料化学试题终)