

武汉理工大学 2002 年研究生入学考试试题

课程 材料科学基础

(共 2 页, 共八题, 答题时不必抄题, 标明题目序号; 相图不必重画, 直接做于试题上; 监考人员务请注意不要让考生重新画相图, 以免耽误时间)

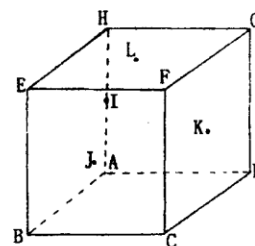
第一部分 必做题

一、下图是立方晶胞示意图, 其中 I 位于 HA 的中点, J、K、L 分别是 BCFE、CDGF、EFGH 三个面的中心。(12 分)

1. 请在图上标出或分别写出 BCFE、CDGF、EFGH、BCI、BDGE、ACG 六个晶面的晶面指数(密勒指数)。

2. 写出 AB、AC、AE、AF、AG、AJ、AK、AL 八个晶向的晶向指数。

3. 写出{111}晶面族的所有等价晶面。



第一题图

二、 Na_2O 晶体结构属萤石型结构。(15 分)

1. 试画出 Na_2O 的晶胞结构图。

2. 根据晶胞结构指出正负离子的配位数。

3. 该结构存在解理现象吗? 请说明理由。

4. Na_2O 晶体在扩散温度范围进行扩散处理时, 结构中易出现何种机制的扩散? 为什么?

5. 在 $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{SiO}_2$ 系统玻璃中, Na_2O 对该系统玻璃的电导率和化学稳定性有什么影响? 怎样抑制其不利影响?

三、(16 分)

1. 写出如下杂质进入基质晶体后可能出现的典型的缺陷反应方程式(即对应典型的置换型固溶体和间隙型固溶体的形成过程的方程式),

(1) MgO 加入 Al_2O_3 中;

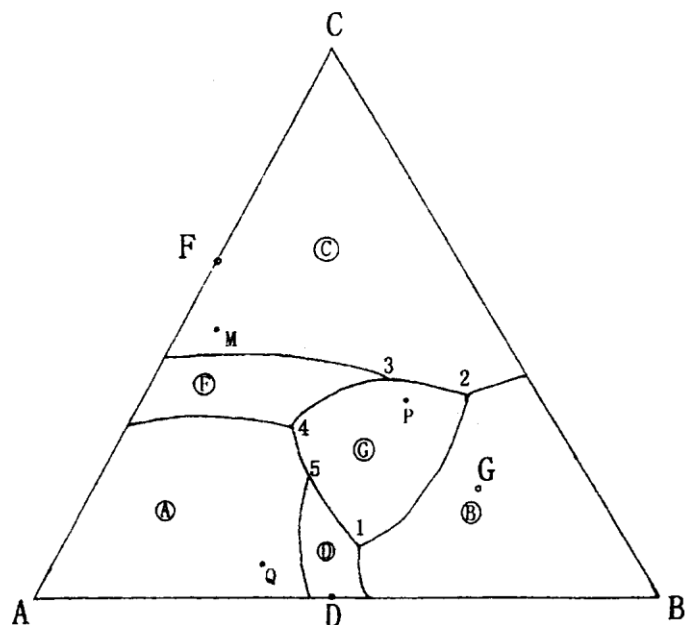
(2) TiO_2 加入 Al_2O_3 中。

2. 据此总结书写组成缺陷反应方程式的规律性。

3. 烧结 Al_2O_3 陶瓷时经常加入 MgO 或 TiO_2 以降低烧结温度, 根据缺陷化学原理说明加入哪一种外加剂更能促进烧结。

四、下图是 ABC 三元系统相图, 其中有二个二元化合物 D、F 及一个三元化合物 G。根据此相图完成下列问题:(20 分)

1. 划分付三角形，用箭头表示界限上温度下降方向（包括各个二元系统）。
 2. 写出 M 点配料的熔体平衡冷却析晶时固、液相组成的变化过程。
 3. 计算熔体 M 结晶结束时，各相的百分含量（以线段表示）。若液相组成刚到达该结晶结束点时，各相的百分含量又为若干（同样以线段表示）？
 4. 加热组成为 P、Q 的物料，在什么温度下开始出现液相，到什么温度时完全熔融？
- 五、叙述相变的总体分类方法；从热力学上分类，可以细分为哪几类？并举例说明。（12 分）
- 六、材料按其基本组成可分为几类？举例说明之。并阐述各类材料特有的性质。（10 分）



第四题图

第二部分 选做题

- 七、解释下列基本概念（四个中任选两个）。（5 分）
 金属间化合物； 聚合物； 压电陶瓷； 结构陶瓷
- 八、下列两题任选一题（10 分）。
1. 试述金属材料强化的途径。
 2. 试述脆性材料韧化的途径。

武汉理工大学

武汉理工大学 2003 年研究生入学考试试题

课程代码 833 课程名称 材料科学基础

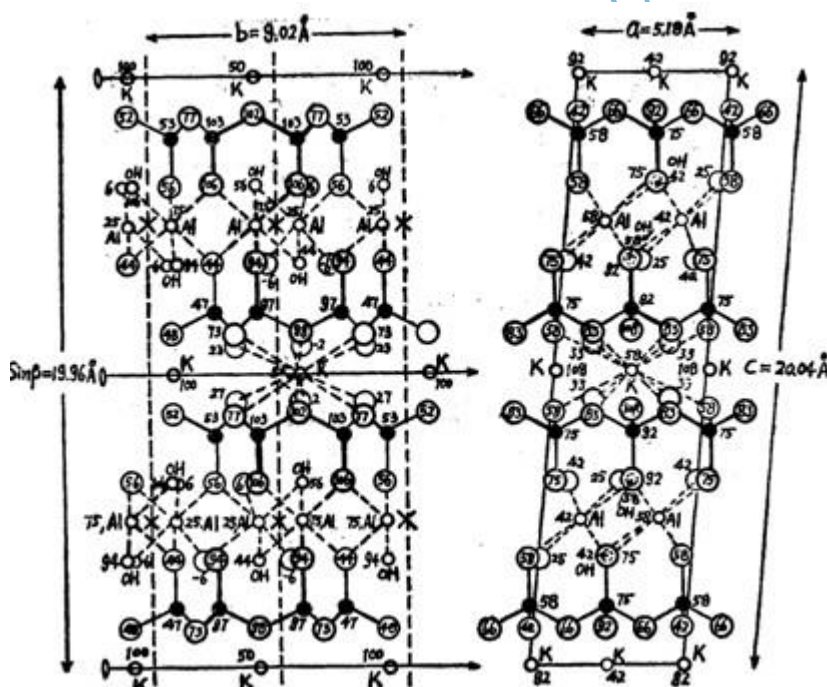
(共 3 页, 共十一题, 答题时不必抄题, 表明题目序号即可;

相图平衡题目直接做在试卷上, 不必另外画图)

一、解释下列基本概念 ($1.5 \times 20 = 30$ 分)

初次再结晶; 二次再结晶; 上坡扩散; 扩散通量; 高分子的链结构; 高分子的聚集态结构; 位错滑移, 位错爬移; 结晶学晶胞; 弥勒指数; 玻璃转变 温度; 非晶态结构弛豫; 金属固溶体; 金属间化合物; 重构表面; 弛豫表面; 一级相变; 重构型转变; 广义固相反应; 矿化剂

二、白云母的理想化学式为 $\text{KA}1_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2$, 其结构如下图所示, 试分析白云母的结构类型、层的构成及结构特点、层内电性及层间结合。(15 分)



2 题图

三、 BaTiO_3 和 CaTiO_3 均为钙钛矿型结构但 BaTiO_3 晶体具有铁电性而 CaTiO_3 却没有, 请给予解释。(10 分)

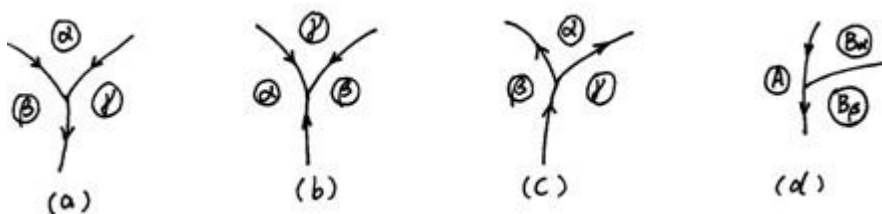
四、分析小角度晶界和大角度晶界上原子排列特征以及对材料动力学的扩散过程有何影响？（8 分）

五、在制造 ZrO_2 耐火材料时通常会加入一定量的 CaO 以改善耐火材料的性能，试解释其作用原理，并写出杂质进入基质的固溶方程式。（10 分）

六、从金属、硅酸盐、高聚物材料的结构、熔体特征等方面分析这三类材料的结晶有什么共性及个性。（15 分）

七、已知新相形成时除过界面能以外单位体积自由焓变化为 $1 \times 10^8 J/m^3$ ，比表面能为 $1 J/m^2$ ，应变能可以忽略不计。试计算界面能为体积自由能的 1% 时球形新相的半径。与临界半径比较，此时的新相能否稳定长大？形成此新相时系统自由焓变化为多少？（12 分）

八、写出下图三元无变量点的平衡过程，指出无变量点的性质，画出三元无变量点与对应的副三角形的几何分布关系。（8 分）



8 题图

九、根据下面的三元系统相图回答问题（22 分）

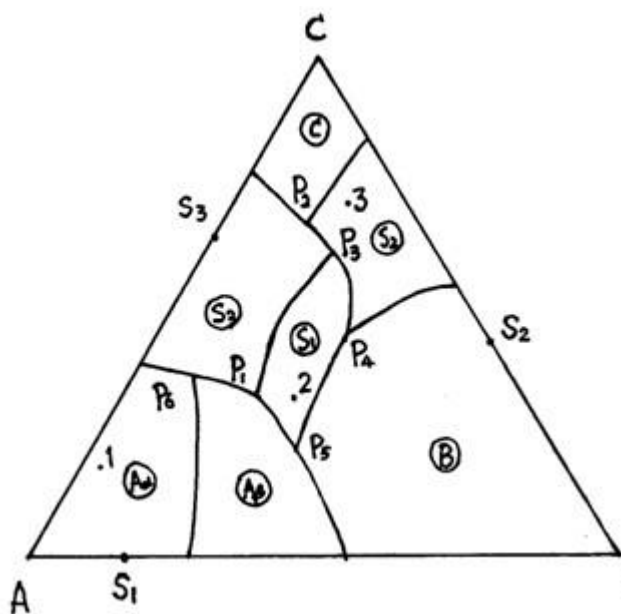
1. 指出图中化合物 S_1 、 S_2 、 S_3 的性质
2. 用箭头在图中标出界线温度变化方向及界线性质
3. 写出组成点 1 的平衡冷却过程
4. 组成点 2 冷却时最先析出种晶相？在哪一点结晶结束？最终产物是什么？
5. 组成点 3 加热时在哪一点开始出现液相？在哪一点完全熔化？

十、根据碱金属、碱土金属、过渡金属、贵金属的能带结构之差异分析各种金属导电性的差别。（10 分）

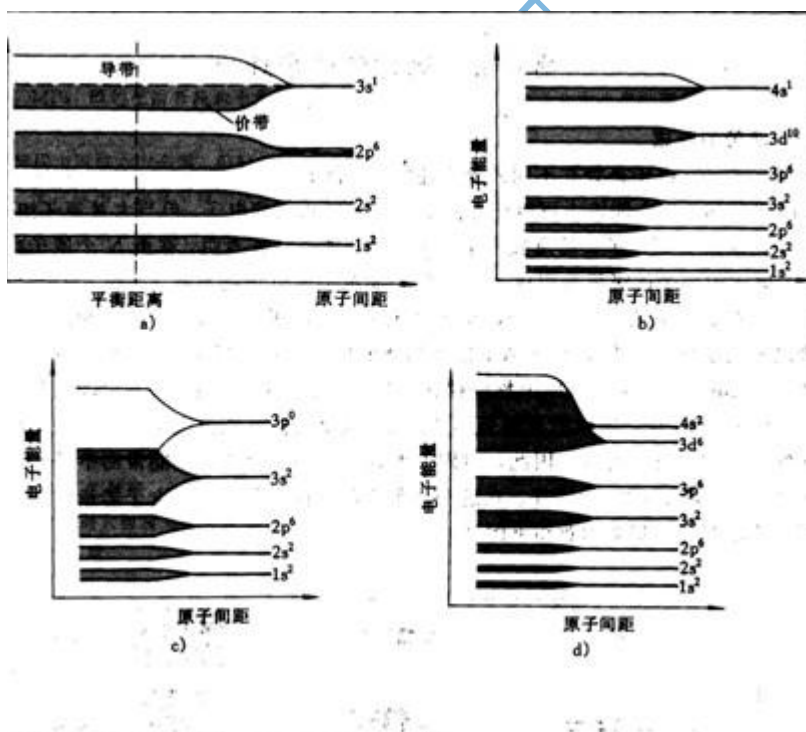
十一、选作题（下列 3 题任选 1 题，10 分）

1. 从组成、结合键、原子排列等方面阐述金属材料的结构特征及主要性质。

2. 从组成、结合键、原子排列等方面阐述陶瓷材料的结构特征及主要性质。
3. 从组成、结合键、原子排列等方面阐述高分子材料的结构特征及主要性质。



9 题图



11 题图

武汉理工大学

武汉理工大学 2004 年研究生入学考试试题

课程代码 833 课程名称 材料科学基础

(共 3 页, 共十题, 答题时不必抄题, 表明题目序号即可;

相图平衡题目直接做在试卷上, 不必另外画图)

一、判断下列叙述是否正确? 若不正确, 请改正 (30 分)

1. 结晶学晶胞是反映晶体结构周期性的最小重复单元。
2. 热缺陷是温度高于绝对零度时, 由于晶体组成上的不纯净性所产生的一种缺陷。
3. 晶面指数通常用晶面在晶轴上截距的互质整数比来表示。
4. 固溶体是在固态条件下, 一种物质以原子尺寸溶解在另一种物质中所形成的单相均匀的固体。
5. 扩散的推动力是浓度梯度, 所有扩散系统中, 物质都是由高浓度处向低浓度处扩散。
6. 初次再结晶的推动力是晶界过剩的自由能。
7. 在热力学平衡条件下, 二元凝聚系统最多可以 3 相平衡共存, 它们是一个固相、一个液相和一个气相。
8. 临界冷却速率是形成玻璃所需要的最小冷却速率, 临界冷却速率越大越容易形成非晶体。
9. 马氏体相变是一种无扩散性相变, 相变时成分发生变化但结构不变。
10. 在临界温度、临界压力时, 化学势及其一阶偏导数连续, 二阶偏导数不连续的相变为二级相变, 发生二级相变时, 体系的体积和热焓发生突变。
11. 弛豫表面是指在平行于表面的方向上原子间距不同于该方向上晶格内部原子间距的表面。
12. 固态反应包括界面化学反应和反应物通过产物层的扩散等过程, 若化学反应速率远大于扩散速率, 则动力学上处于化学动力学范围。

二、ZnS 的一种结构为闪锌矿型结构, 已知锌离子和硫离子半径分别为 $r_{\text{Zn}^{2+}}=0.068\text{nm}$, $r_{\text{S}^{2-}}=0.156\text{nm}$, 原子质量分别为 65.38 和 32.06。

1. 画出其晶胞结构投影图;
2. 计算 ZnS 的晶格常数;
3. 试计算 ZnS 的晶体的理论密度。(15 分)

三、FeO 结构属于 NaCl 型结构, 其中氧的摩尔分数 $x_0=0.52$, 晶格常数为 0.429nm , 由于存在正离子缺位, 所以对应地存在一部分 Fe^{3+} 离子。试计算

1. 这种氧化铁中 $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ 离子比值
2. 这种氧化铁的密度。(10 分)

四、陶瓷材料制成的器件在外界温度发生急剧变化时为什么容易发生开裂或破碎? 如何提高陶瓷材料抗热震性能? (8 分)

五、试述高分子材料老化的类型及原因。(12 分)

六、金属材料、陶瓷材料中晶粒的大小与什么有关? 晶粒大小对材料的宏观性质有何影响? 工艺上如何控制晶粒尺寸? (15 分)

七、根据玻璃的形成条件, 对下列几种物质形成玻璃的难易程度进行排序, 并说明理由。(10 分)

Cu SiO_2 Na_2O

SiO_2 Na_2O 2SiO_2 NaCl

八、从材料科学角度分析晶体的实际强度为什么远低于理论强度。(10 分)

九、已知 Zn^{2+} 和 Cr^{3+} 在尖晶石 ZnCr_2O_4 中的自扩散系数与温度的关系分别为

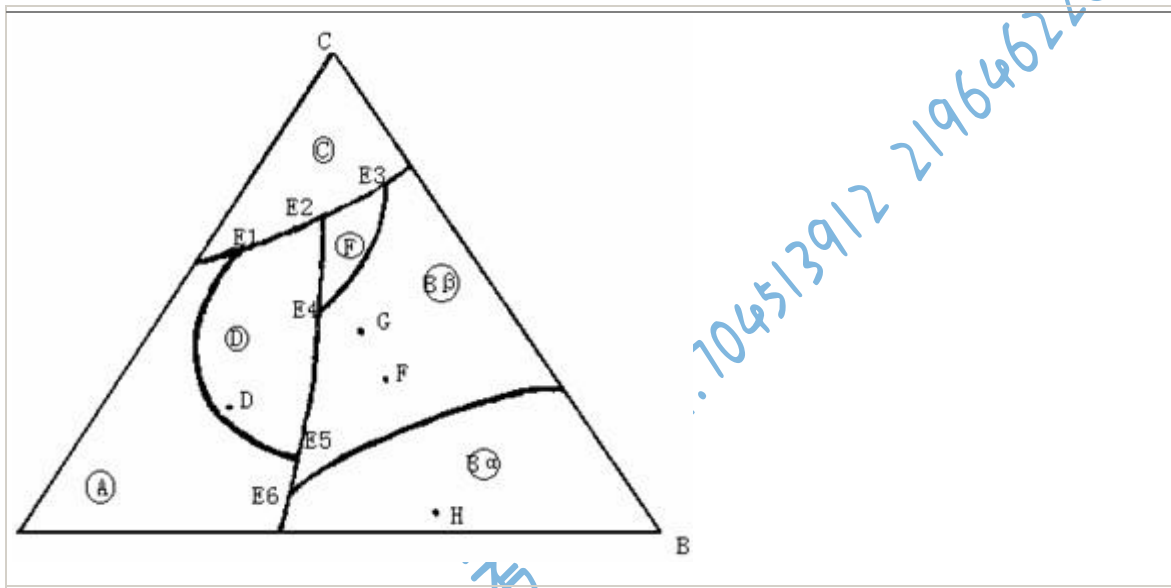
$$D_{\text{Zn}/\text{ZnCr}_2\text{O}_4} = 6.0 \times 10^{-3} \exp\left(-\frac{357732 \times 4.18 \text{ J/mol}}{RT}\right) \text{ m}^2/\text{s}$$

$$D_{\text{Cr}/\text{ZnCr}_2\text{O}_4} = 8.5 \times 10^{-3} \exp\left(-\frac{338904 \times 4.18 \text{ J/mol}}{RT}\right) \text{ m}^2/\text{s}$$

1. 试求 1403K 时 Zn^{2+} 和 Cr^{3+} 在 ZnCr_2O_4 中的扩散系数。
2. 如将细铂丝涂在两种氧化物 ZnO 和 Cr_2O_3 的分界线上, 然后将这些压制成型的样品进行扩散退火。(标记物铂丝非常细, 不影响离子在不同氧化物之间的扩散)。根据所得数据判断铂丝将向哪一方向移动?
3. 画出 ZnO 和 Cr_2O_3 接触、反应并形成 ZnCr_2O_4 的反应模型, 并写出接触界面上的化学反应。(16 分)

十、下图是 A-B-C 三元系统相图, 根据相图回答下列问题:

- 104513912 2196462289



武汉理工大学 2005 年研究生入学考试试题

课程代码 833 课程名称 材料科学基础

(共 3 页, 共七题, 答题时不必抄题, 表明题目序号即可;

相图平衡题目直接做在试卷上, 不必另外画图)

一、解释下列基本概念, 并简述其与材料(或晶体)性质或性能的关系(36 分)

空间利用率 位错滑移 硼反常 弛豫界面 独立析晶 晶界扩散 非均态核化 弥散强化 矿化剂 二次再结晶 应力腐蚀 穿晶断裂

二、钙钛矿 ABO_3 型结构属于立方晶系, 其中 2 价正离子位于立方晶胞顶点位置, 4 价正离子位于立方晶胞体心位置, 2 价负离子位于立方晶胞面心位置。(20 分)

1. 画出钙钛矿型结构的晶胞投影图;

2. 指出晶胞中各离子的配位数;

3. 根据鲍林规则计算 O^{2-} 离子电价是否平衡;

4. $BaTiO_3$ 和 $CaTiO_3$ 都属于钙钛矿结构, 其中 $BaTiO_3$ 晶体具有铁电效应而 $CaTiO_3$ 没有, 请从结构方面予以解释;

5. 证明形成理想钙钛矿结构时, 两种阳离子半径 r_A 、 r_B 与氧离子半径 r_O 之间满足下面的关系式 $r_A + r_O = \sqrt{2}(r_B + r_O)$

三、计算题(15 分)

1. MgO 晶体中, Schottky 缺陷的生成能为 6eV, 计算在 25 度和 1600 度时热缺陷的浓度。(1eV = 1.6×10^{-19} J)

2. 如果 MgO 晶体中, 含有 10^{-6} mol 的 Al_2O_3 杂质, 则在 1600 度时, MgO 晶体中是热缺陷占优还是杂质缺陷占优势, 说明原因。

3. 此时 MgO 晶体中的扩散是本征扩散还是非本征扩散占主导地位?

4. 如果 Al_2O_3 杂质的含量为 10^{-8} mol, 其 $\ln D - 1/T$ 曲线转折点向何方移动, 为什么?

四、请阐述书写缺陷反应方程式时应遵循的基本原则, 依据上述原则写出下列缺陷反应方程式, 根据书写过程总结出写组成缺陷反应方程式的一般规律。(20 分)

1. ZrO_2 加入 Al_2O_3 中;

2. CaF_2 加入 YF_3 中;

五、在成核-生长相变中, 当形成半径为 r 的球形新相时, 整个系统自有焓的变化 ΔG_r 应为体积的自有焓变化、界面能变化和应变能变化的代数和, 即

$$\Delta G_r = \frac{4}{3}\pi r^3 \Delta G_v + 4\pi r^2 \gamma_{IS} + \frac{4}{3}\pi r^3 \Delta G_E$$

式中: r 为球形新相的半径, 为液-固界面能, ΔG_v 、 ΔG_E 分别为除去界面能外单

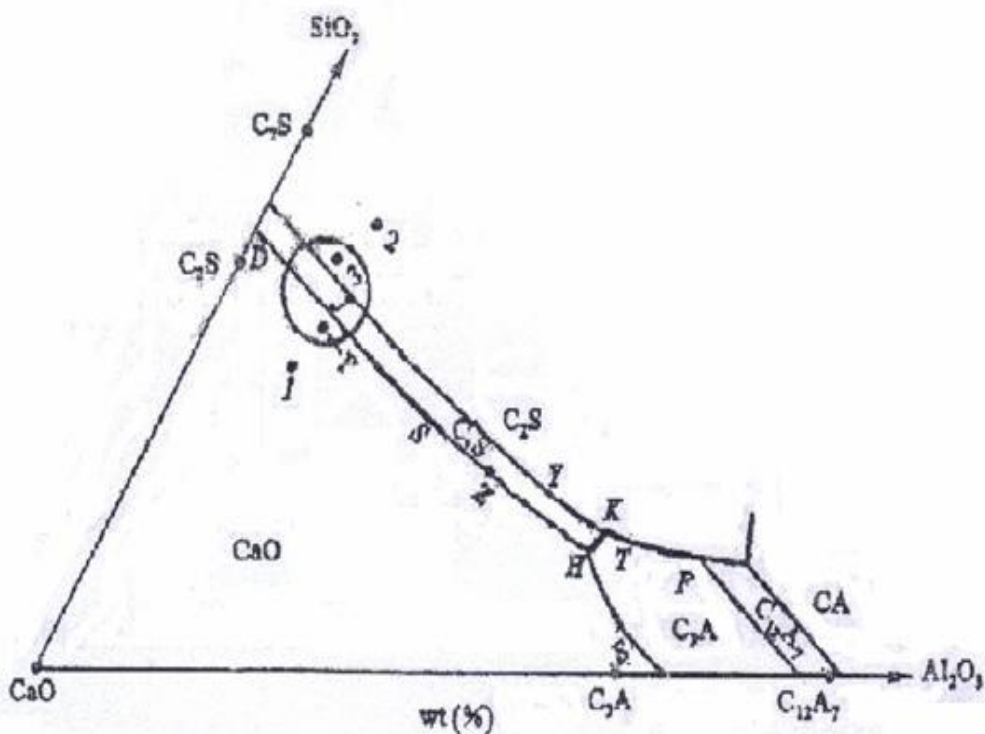
$$\gamma_{LS}$$

位体积的自有焓和界面能变化。(12 分)

1. 确定新相可以稳定成长的临界半径及相变势垒;
2. 在什么情况下处理问题时可以忽略应变能的影响?
3. 说明新相形成初期温度起伏与新相形成的关系。

六、下图是 $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 系统中的富钙部分 $\text{CaO}-\text{C}_2\text{S}-\text{C}_{12}\text{A}_7$ 系统, 根据相图解答以下问题。(27 分)

1. 请将该区域副三角形化;
2. 用箭头表示界线温度变化的方向及界线性质;
3. 判断化合物 C_2S 、 C_3S 、 C_3A 、 C_{12}A_7 的性质;
4. 写出 H、K、F 点的平衡过程, 并指出无变量点的性质;
5. 写出 P 点的平衡结晶过程;
6. 比较 1、2、3 点平衡条件下的结晶产物;
7. P 点的组成实际冷却过程中会发生独立析晶现象吗?



七、选择题。在下面 6 道题中任选 2 题。(10*2 分)

1. 烧结中后期的正常晶粒长大与二次再结晶有什么区别?
2. 简述影响扩散的因素。
3. 简述影响固相反应速率的因素。
4. 论述广义腐蚀对材料性能的影响。
5. 分析表面粗糙度对表面力场及润湿的影响。
6. 叙述非晶态金属和晶态金属在结构和性质上的差异。

武汉理工大学

武汉理工大学 2006 年研究生入学考试试题

课程代码 833 课程名称 材料科学基础

(共 3 页, 共九题, 答题时不必抄题, 表明题目序号即可;

相图平衡题目直接做在试卷上, 不必另外画图)

一、填空题 (1.5×20=30 分)

1. 结晶学晶胞是 ()。
2. 扩散的基本推动力是 (), 一般情况下以 () 形式表现出来, 扩散常伴随着物质的 ()。
3. 晶面族是指 () 的一组晶面, 同一晶面族中, 不同晶面的 ()。
4. 向 MgO、沸石、TiO₂、萤石中, 加入同样的外来杂质原子, 可以预料形成间隙型固溶体的固溶度大小的顺序将是 ()。
5. 根据烧结时有无液相出现, 烧结可分为 (), 在烧结的中后期, 与烧结同时进行的过程是 ()。
6. 依据硅酸盐晶体化学式中 () 不同, 硅酸盐晶体结构类型主要有 ()。
7. 液体表面能和表面张力数值相等、量纲相同, 而固体则不同, 这种说法是 () 的, 因为 ()。
8. 二级相变是指 (), 发生二级相变时, 体系的 () 发生突变。
9. 弛豫表面是指 (), NaCl 单晶的表面属于是 ()。
10. 固态反应包括 (), 化学动力学范围是指 ()。
11. 从熔体结构角度, 估计 a 长石、b 辉石 (MgO · SiO₂)、c 镁橄榄石三种矿物的高温熔体表面张力大小顺序 ()。

二、CaTiO₃ 结构中, 已知钛离子、钙离子和氧离子半径分别为 $r_{Ti^{4+}} = 0.068nm$, $r_{Ca^{2+}} = 0.099nm$, $r_{O^{2-}} = 0.132nm$ 。(15 分)

1. 晶胞中心的钛离子是否会在八面体空隙中“晃动”;
2. 计算 TiCaO₃ 的晶格常数;

3. 钛酸钙晶体是否存在自发极化现象，为什么？

三、在还原气氛中烧结含有 TiO_2 的陶瓷时，会得到灰黑色的 TiO_{2-x} ：（15 分）

1. 写出产生 TiO_{2-x} 的反应式；
2. 随还原气氛分压的变化，该陶瓷材料的电导率和密度如何变化？
3. 从化学的观点解释该陶瓷材料为什么是一种 n 型半导体。

四、选择题：下列 2 题任选 1 题（12 分）

1. 简述金属材料、无机非金属材料以及高分析材料腐蚀的特点。
2. 试述材料疲劳失效的含义及特点。

五、现有三种陶瓷材料，它们的主要使用性能如下：（15 分）

材料	最佳性能	用途
Y_2O_3	透明，光线传递	光学激光杆
Si_3N_4	高温强度，抗蠕变	燃气轮机部件
含 Co 铁氧体	较顽力	高能量永久磁铁

在烧结过程中希望材料获得预期的显微结构以使材料最佳性能充分发挥，在控制显微结构因素和工艺条件上应主要考虑哪些相关因素？

六、熔体结晶时：

- （1）图示核化速率-温度、晶化速率-温度关系及其对总结晶速率的影响；
- （2）核化速率与晶化速率的不同对新相的显微结构有何影响，为什么？
- （3）指出在哪一温度范围内对形成玻璃有利，为什么？（12 分）

七、X 射线给出立方 MgO 的晶胞参数是 0.4211nm ，它的密度是 3.6g/cm^3 。（ Mg^{2+} 和 O^{2-} 、 Al^{3+} 摩尔质量分别是 24.3 和 16、27）（12 分）

1. 求单位晶胞中有多少 Mg^{2+} 和 O^{2-} ；
2. 若有 $0.05\text{mol Al}_2\text{O}_3$ 溶解于晶格中，计算密度改变百分数是多少？

八、当反应物通过产物层的扩散控制速率时，由 NiO 和 Cr_2O_3 的球形颗粒形成 NiCr_2O_4 晶体，假定 NiO 颗粒包围着 Cr_2O_3 颗粒，反应符合杨德动力学规律。（15 分）

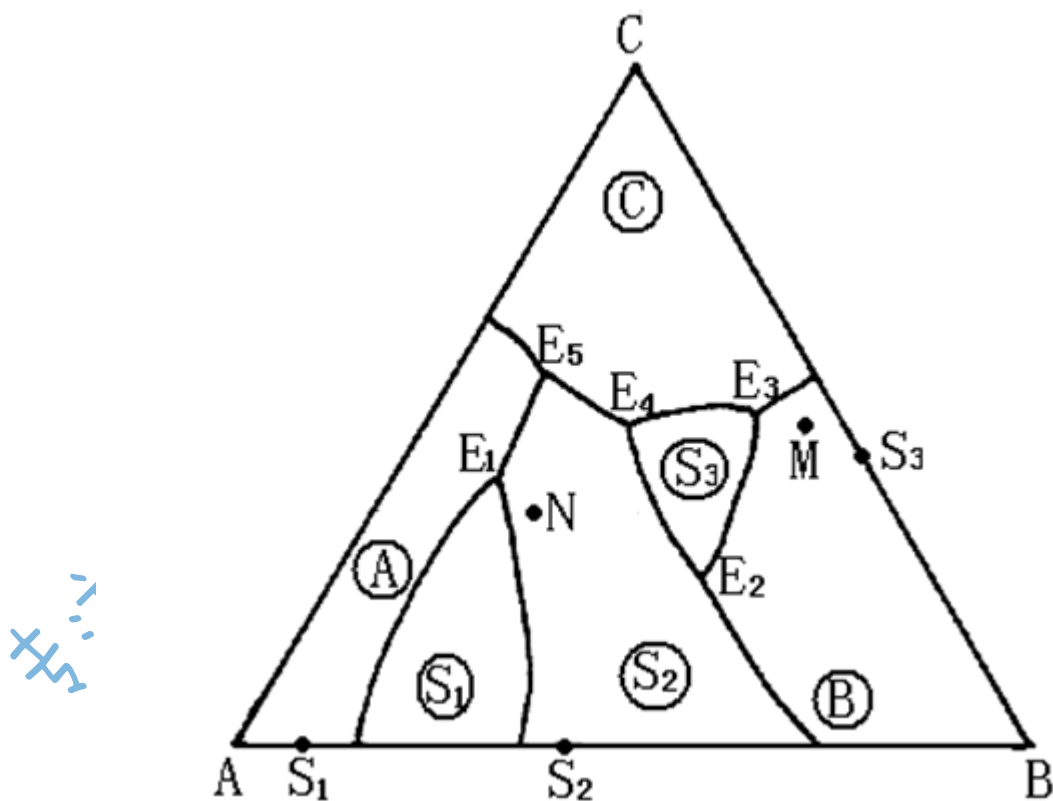
1. 请绘出反应初期的反应模型，并推导反应初期的形成速率关系；
2. 在 1300°C 度， NiCr_2O_4 中 $D_{\text{Cr}^{3+}} > D_{\text{Ni}^{2+}} > D_{\text{O}^{2-}}$ ，试问哪一个离子控制着 NiCr_2O_4 的形成速率？为

什么？

3. 如将细铂丝涂在两种氧化物 NiO 和 Cr_2O_3 的分界线上，然后将这些压制成型的样品进行扩散退火(标记物铂丝非常细，不影响离子在不同氧化物之间的扩散)。在保持电中性的前提下，判断铂丝将向哪一方向移动？

九、下图是 A-B-C 三元系统相图，根据相图回答下列问题：（24 分）

1. 判断化合物 S_1 、 S_2 、 S_3 的性质；
2. 用箭头表示相区界线温度变化方向及界线性质；
3. 划分副三角形，并写出各三元无变量点的平衡过程及性质；
4. 用规范化写法写出 M 点对应组分的平衡结晶过程；
5. N 点对应的三元组成点加热时在那一点温度下开始出现液相？哪一点温度下完全熔化？



第 9 题图

武汉理工大学

武汉理工大学 2007 年研究生入学考试试题

课程代码 833 课程名称 材料科学基础

(共 3 页, 共九题, 答题时不必抄题, 表明题目序号即可;

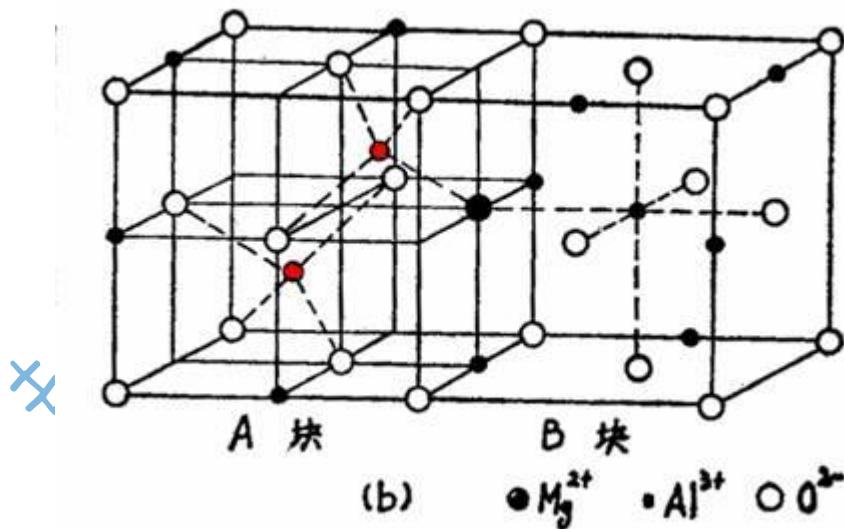
相图平衡题目直接做在试卷上, 不必另外画图)

一、(30 分) 解释下列基本概念

同质多晶、重建型转变、热释电效应、位错的爬移、大角度晶界、网络形成体、表面化学力、凝聚系统、稳定扩散、非扩散型相变、矿化剂、晶粒长大、广义材料腐蚀、蠕变、铁弹性效应

二、(20 分) 镁铝尖晶石 MgAl_2O_4 晶体结构中, 氧离子作面心立方堆积, 结构中 A 块和 B 块的质点配置见图。

1. A 块、B 块主要反映的是哪种离子的配位情况? 写出其配位多面体和配位数; (4 分)
2. 指出结构中氧离子的配位数和配位多面体, 并判断其电价是否饱和; (4 分)
3. 若尖晶石的晶胞分子数为 8, 且 A 块、B 块在空间交替出现, 请构造尖晶石的单位晶胞; (4 分)
4. 计算结构中空隙填充率;
5. 分析该结构是正尖晶石还是反尖晶石。(4 分)



三、(20 分)

1. 硅酸盐晶体滑石的化学式为 $\text{Mg}_3[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2$ ，判断其结构类型，用氧化物写法表征滑石的分子式，分析其结晶习性。
2. 在钠硅酸盐玻璃中，分析 Na_2O 对熔体粘度的影响，并说明理由。
3. 为什么相同组成的固体的表面能总是高于液体的表面能？

四、(20 分)

1. CaO 形成肖特基缺陷，写出其缺陷反应方程式，并计算单位晶胞 CaO 的肖特基缺陷数 (CaO 的密度是 3.2 克/厘米³，晶格参数是 0.481nm，分子量 56)；
 2. CsCl 溶入 MgCl_2 中形成空位型固溶体，写出固溶体的化学式；
 3. Al_2O_3 掺入到 MgO 中，请写出二个合理的方程及其固溶体的化学式。
- 五、(10 分) 已知 Mg^{2+} 、 Al^{3+} 和 O^{2-} 在尖晶石 MgAl_2O_4 中的自扩散系数与温度的关系分别为

$$D_{\text{Al}} = 1.8 \times 10^{-3} \exp\left(-\frac{235704 \times 4.18 \text{ J/mol}}{RT}\right) \text{ m}^2/\text{s}$$

$$D_{\text{O}} = 9.3 \times 10^{-9} \exp\left(-\frac{478000 \times 4.18 \text{ J/mol}}{RT}\right) \text{ m}^2/\text{s}$$

$$D_{\text{Mg}} = 7.8 \times 10^{-3} \exp\left(-\frac{257700 \times 4.18 \text{ J/mol}}{RT}\right) \text{ m}^2/\text{s}$$

1. 试求出 1282K 时 Mg^{2+} 、 Al^{3+} 和 O^{2-} 在尖晶石 MgAl_2O_4 中的扩散系数。
2. 若在此温度下， O^{2-} 基本不动，哪种离子控制着 MgAl_2O_4 的生成，为什么？

六、(10 分) 铜的熔点 $T_m=1385\text{K}$ ，在过冷度 $\Delta T=0.3T_m$ 时，通过均相成核得到晶体铜，计算该温度下的临界核坯半径及临界核坯原子数。(M=63.54，密度=9.0 克/厘米³， $\Delta H=1628\text{J/mol}$ ， $\gamma=1.77 \times 10^{-5}\text{J/cm}^2$ ，设铜为面心立方晶体， $a=0.3615\text{nm}$)

七、(10 分) 烧结过程中，初次再结晶、晶粒长大和二次再结晶的推动力分别是什么？假设某氧化物的烧结初期满足以下动力学关系，即

$$\frac{\Delta L}{L_0} = \left[\frac{5\gamma\delta^3 D_v}{\sqrt{2}kT} \right]^{\frac{2}{3}} r^{-\frac{6}{5}} t^{\frac{2}{5}}$$

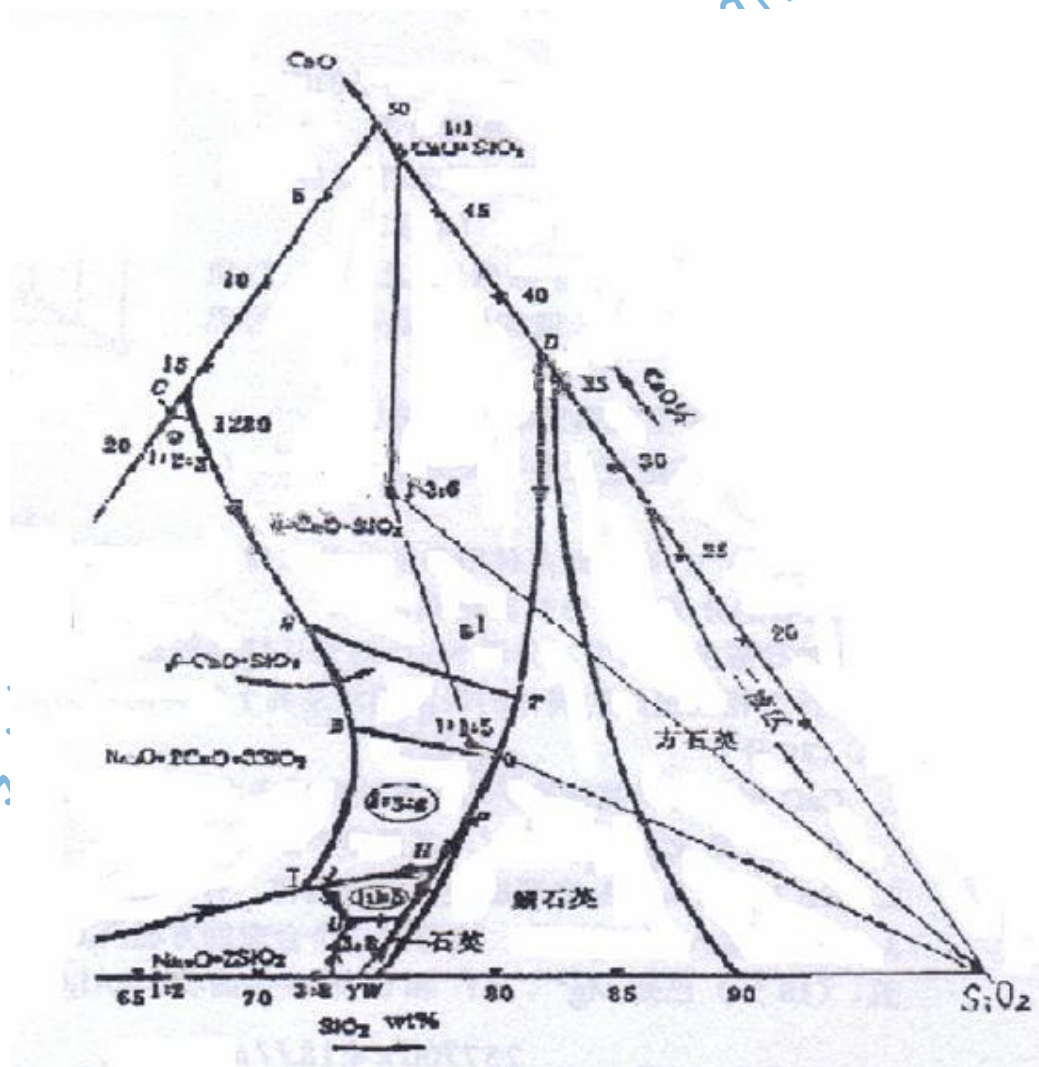
为了提高烧结初期的线收缩率，有人建议将原料的粒度降低一半，有人建议将烧结时间延长一倍，你认为哪一种方法更有效，为什么？

八、（10 分）粒径为 1μ 球状 Al_2O_3 由过量的 MgO 微粒包围，观察尖晶石的形成，在恒定温度下，第 1 小时有 20% 的 Al_2O_3 起了反应，计算完全反应的时间。

1. 用杨德方程计算；
2. 用金斯特林格方程计算；
3. 比较以上两个结果并分析产生差异的原因。

九、（20 分）如图为 $Na_2O-CaO-SiO_2$ 系统部分相图，根据此三元系统相图解答下列问题：

1. 判断化合物 $NC3S6$ $NCS5$ $N3S8$ NS 的性质；（4 分）
2. 用箭头表示未标注温度变化的相区界线的温度变化方向及界线性质；（4 分）
3. 写出三元无变量点 Q P H 的平衡过程及性质；（4 分）
4. 用规范化写法写出 1 点对应组份的平衡结晶过程。（8 分）



武汉理工大学

武汉理工大学 2008 年研究生入学考试试题

课程代码 833 课程名称 材料科学基础

(共 3 页, 共九题, 答题时不必抄题, 表明题目序号即可;

相图平衡题目直接做在试卷上, 不必另外画图)

一、填空题 (每空 1 分, 共 20 分)

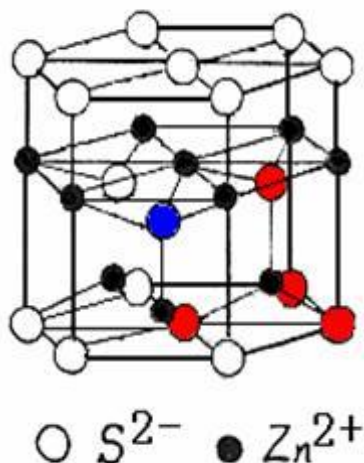
1. 等径球面心立方结构的单位晶胞中分子数是 (), 配位数是 ()。
2. 形成弗仑克尔缺陷时, 其特征是 () 和 () 成对出现。
3. 固溶体是在固态条件下, 一种物质以原子尺寸 () 在另一种基体中所形成的单相均匀的 ()。
4. Fick 扩散第一定律的一维表达式为 (), 是一个 () 表达式。
5. 重构表面是指在 () 质点间距不同于晶体内部的表面, 形成重构表面会导致晶体的 () 增加。
6. 材料或构件在 () 作用下发生的破坏称为疲劳破坏或疲劳失效, 柑橘疲劳周次大小分为 () 和 ()。
7. 烧结的中后期, 正常晶粒长大的推动力为 (), 它是指 ()。
8. 不同的固态反应在反应机理上可能相差很大, 但都包含 () 和 () 这两个基本的过程。
9. 从熔融态向玻璃态的转化取决于 () 速率和 ()。
10. 螺位错的柏氏矢量与位错呈 () 关系。

二、晶体结构分析 (20 分)

1. 根据纤锌矿 (六方 ZnS) 结构图回答下列问题 (12 分):

- (1) 指出结构中正负离子的堆积方式;
- (2) 写出正负离子的配位数及配位多面体;
- (3) 分别计算立方柱晶胞和平行六面体晶胞的晶胞分子数;
- (4) 纤锌矿结构为何具有热释电性?

2. 简述硅酸盐晶体结构的基本特点 (8 分)。



三、晶体结构缺陷 (20 分)

1. 将 CaO 中掺入到 ZrO_2 中, 请写出二个可能的方程, 并写出对应的固溶体化学式。(12 分)
2. 对于 MgO、 Al_2O_3 和 Cr_2O_3 , 其正、负离子的半径分别为 0.47、0.36 和 0.40, 则 Al_2O_3 和 Cr_2O_3 形成连续固溶体。(8 分)

(1) 这个结果可能吗, 为什么?

(2) 试预计, MgO- Cr_2O_3 系统中的固溶度是有限的还是无限的, 为什么?

四、1. 已知 CaF_2 的表面能和硬度均大于 PbI_2 , 请判断 CaF_2 、 PbI_2 表面双电层的厚度的大小, 为什么会产生上述现象。(8 分)

2. 在真真空下的氧化铝表面张力约为 $0.9 J/m^2$, 液态铁的表面张力为 $1.72 J/m^2$, 同样条件下的表面张力(液态铁-氧化铝)约为 $2.3 J/m^2$, 液态铁能否润湿氧化铝?(7 分)

五、分析熔体 $Na_2O \cdot 2SiO_2$ 、 $Na_2O \cdot SiO_2$ 、 $2Na_2O \cdot SiO_2$ 的粘度以及表面张力的大小, 并比较其形成玻璃的能力。(20 分)

六、假设液-固相变中晶核为球形。(10 分)

1. 写出均态形核时的能量方程, 推导相变势垒 ΔG^* 和临界晶核半径 r^* 表达式。

$$\Delta G_r^* = -\frac{V_c \cdot \Delta G_v}{2}$$

2. 证明相变势垒 ΔG^* 和临界晶核体积 V_c 之间的关系为:

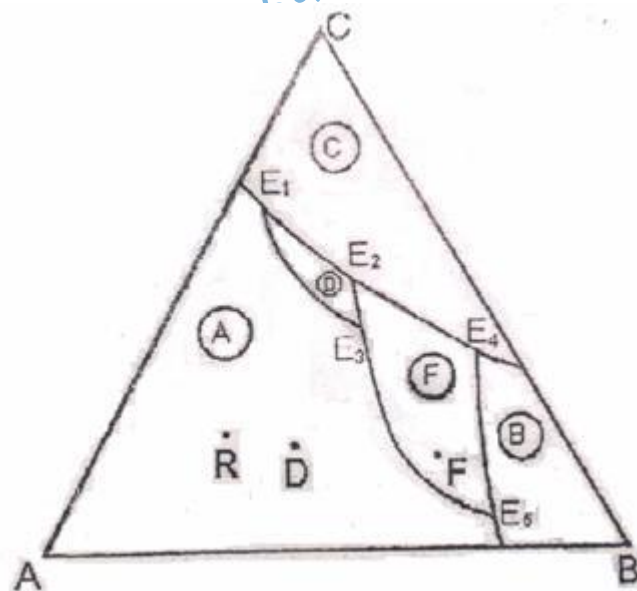
(试中 ΔG_v 为单位体积液-固两相自由能差)

七、烧结 MgO 时加入少量 FeO ，在氢气氛和氧分压低时都不能促进烧结，只有在氧分压高的气氛下才促进烧结。试分析其原因。（10 分）

八、已知碳在面心立方铁中的扩散活化能为 $Q_c=140 \times 10^3 \text{ J/mol}$ ，镍在面心立方铁中的扩散活化能为 $Q_{\text{Ni}}=283 \times 10^3 \text{ J/mol}$ ，据此判断碳和镍在面心立方铁中的扩散系数大小，说明原因。（10 分）

九、根据 A-B-C 三元系统相图回答下列问题（25 分）

1. 在相图上划分副三角形，用箭头表示各条界线上温度下降的方向及界线的性质；
2. 判断化合物 D、F 的性质；
3. 写出各三元无变量点的性质及其对应的相平衡关系式；
4. 写出组成点 R 在平衡条件下的冷却结晶过程；
5. 用线段比表示 R 点结晶结束时各相的百分含量。



武汉理工大学

武汉理工大学 2009 年研究生入学考试试题

课程代码 833 课程名称 材料科学基础

(共 3 页, 共七题, 答题时不必抄题, 表明题目序号即可;

相图平衡题目直接做在试卷上, 不必另外画图)

一、填空题 (30 分)

1. 硅酸盐晶体按化学式中硅氧比的不同, 或按结构中基本结构单元 () 的不同, 可以对其结构进行分类, 结构方式有 () 等五种方式, $Ka_2[AlSi_3O_{10}](OH)_2$ 属于 () 类型。
2. 小角度晶界是相邻两晶粒的位相差 () 的晶界, 它可分为 () 和扭转晶界两种基本类型, 前者是由 () 位错构成的, 后者是由螺位错构成的。
3. 硅酸盐熔体中各种聚合程度的聚合物浓度受 () 和 () 的影响。玻璃体由熔融态向玻璃态转化的过程是 (), 在一定温度范围完成, 无固定熔点。
4. 液体的比表面自由能与表面张力 () 是一致的, 而对于固体来说, 由于固体的表面自由能中包含了 (), 表面张力在数值上不等以表面自由能。
5. 相平衡主要研究多相系统的 () 与 () 之间的变化规律, 研究凝聚系统相平衡的主要方法有 () 和 ()。
6. 扩散是物质内质点运动的基本方式, 扩散的本质是 (), 扩散的基本推动力是 (), 负扩散是指 ()。
7. 从热力学观点, 相变可分为 ()、() 等, 前者如熔体结晶等, 后者如 ()。
8. 固态反应一般包括 () 和 () 两个过程。由于固体质点间具有很大的作用键力, 故固态物质的反应活性 (), 速度慢。
9. 烧结的推动力是系统的表面能降低, 它可以通过扩散传质、()、()、() 等四种方式推动物质的迁移。
10. 金属腐蚀可分为 () 和 () 两大类; 高分子材料在加工、储存和使用过程中, 由于外界因素的综合作用, 其物理化学性质和机械性能逐渐变坏, 已至最后丧失使用价值, 这称为 ()。

二、简要回答下列问题 (20 分)

1. 高分子链结构分为近程结构和远程结构, 他们各自包含哪些内容? (5 分)
2. 纯金属凝固时, 均态核化和非均态核化的形核功大小是否一致? 一般情况下两者哪个大? 为什么? (5 分)

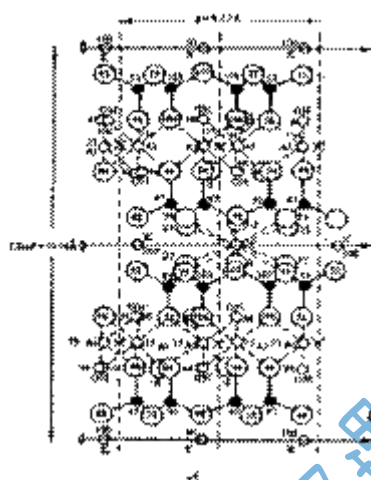
- 为什么在成核-生长机理相变中，要有一点过冷或过热才能发生相变？什么情况下需要过冷，什么情况下需要过热？（5分）
- 简述杨德方程的优点和局限性。（5分）

三、作图题

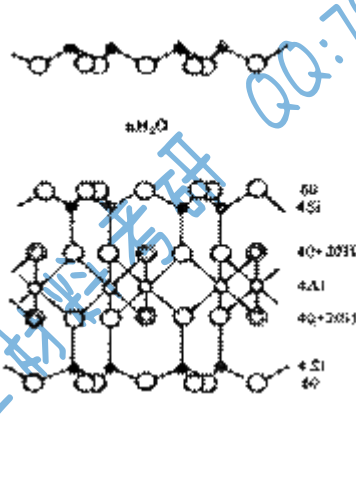
- 作图表示立方晶系的晶体中 $(3\bar{1}\bar{2})$ 晶面和 $[13\bar{2}]$ 晶向（标出坐标系）。（5分）
- 已知钙钛矿晶体结构属于立方晶系，其中钛离子位于晶胞体心位置、钙离子位于晶胞顶点位置、氧离子位于晶胞面心位置，请构造钙钛矿结构的晶胞。（5分）

四、参见滑石、蒙脱石、白云母的结构图，回答下列问题（20分）

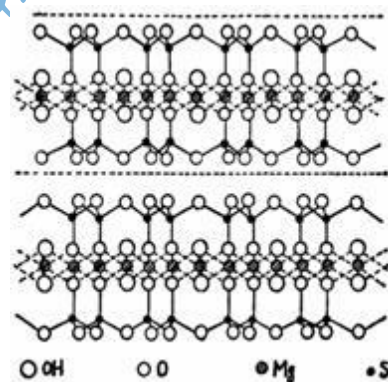
- 说明为什么这些矿物易在垂直c轴方向解理？（5分）
- 为什么滑石粉末有滑腻感而白云母粉末没有？（5分）
- 解释为什么蒙脱石易吸水，而滑石比较不易吸水？（5分）
- 用电价规则说明 Al^{3+} 置换骨架中的 Si^{4+} 时，通常不超过一半，否则将使结构不稳定。（5分）



滑石



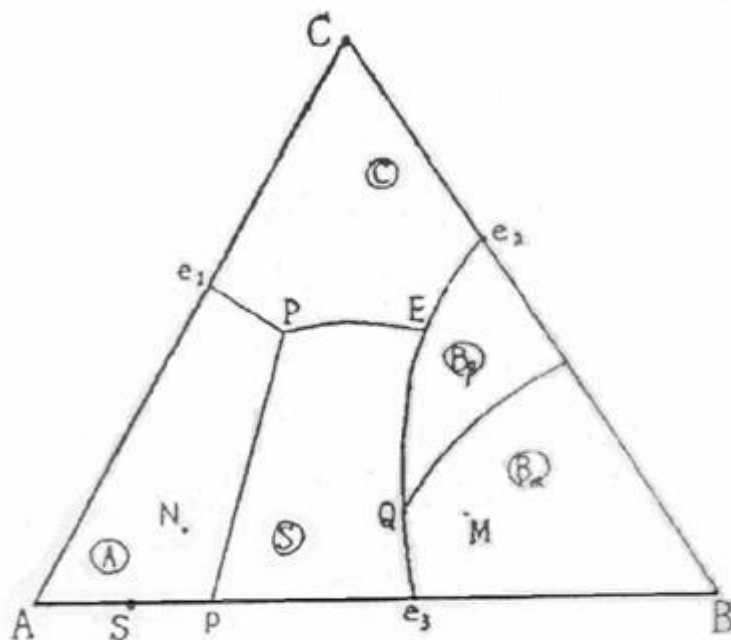
蒙脱石



白云母

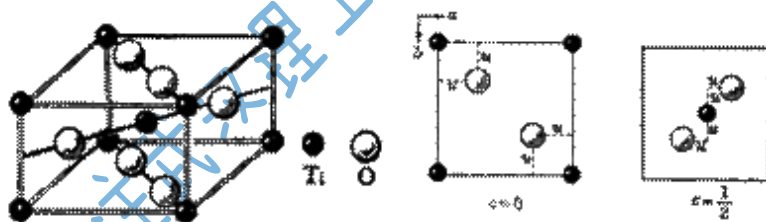
五、如图A-B-C三元系统相图，根据相图回答下列问题（20分）

- 在相图上划分副三角形，用箭头表示各条界线上温度下降的方向及界线的性质；
- 判断化合物S的性质；
- 写出各三元无变量点的性质及其对应的相平衡关系式；
- 写出组成点M在平衡条件下的冷却结晶过程，结晶结束时各相的百分含量（用线段比表示）。



六、根据金红石 (TiO_2) 晶胞图回答下列问题 (30 分)

1. 结构中何种离子作密堆积, 何种离子填空隙, 空隙利用率是多少? 写出正、负离子的配位多面体。 (8 分)
2. 晶胞分子数是多少? (2 分)
3. 在什么样的气氛下烧结, 才能获得 TiO_{2-x} , 写出反应方程式; TiO_{2-x} 是半导体, 实际生产中如何控制其电导率, 为什么? (10 分)
4. 在 Al_2O_3 烧结中, 加入少量的 TiO_2 可以明显降低烧结温度, 促进烧结, 请用缺陷理论分析其原因。 (10 分)



七、选做题: 下列 4 题任选其中 2 题 (20 分)

1. 试述玻璃转变与结构调整速率、冷却速率的相互关系。
2. 烧结基于颗粒间的接触和键和、以及物理的传递完成的, 那么颗粒间是怎样键和的? 以扩散传质为例, 说明烧结的基本推动力是表面张力。
3. 金属或合金材料的实际断裂强度往往远低于其理论强度, 原因是什么? 举例说明金属材料强化的机理。
4. Al_2O_3 陶瓷为什么易于发生脆性断裂? 举例说明其强化的机理。

武汉理工大学

武汉理工大学 2010 年研究生入学考试试题

课程代码 833 课程名称 材料科学基础

(共 3 页, 共八题, 答题时不必抄题, 表明题目序号即可;

相图平衡题目直接做在试卷上, 不必另外画图)

一、基本概念 (30 分)

空间利用率和空隙填充率; 位错滑移和位错爬移; 玻璃网络形成体和玻璃网络外体; 穿晶断裂和蠕变断裂; 应力腐蚀和晶间腐蚀; 初次在结晶和二次在结晶; 均态核化和非均态核化; 矿化剂。

二、作图题 (10 分)

1. 在面心立方晶胞中标示出质点以 ABCABC... 规律重复的堆积方式。(5 分)

2. 画出面心立方晶胞中质点在 (111) 晶面上的投影图。(5 分)

三、绿宝石 $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$ 上半个晶胞在 (0001) 面上的投影图如图 1 所示, 整个晶胞的结构按照标高 50 处的镜面经反映即可得到。根据图 1 回答下列问题: (20 分)

1. 绿宝石的硅氧比为多少? 硅氧四面体组成的是什么结构? (4 分)

2. Be 和 Al 分别与周边什么标高的几个氧配位? 构成的配位多面体是什么? 它们之间又是如何连接的? (8 分)

3. 用 Pauling 的连接规则说明标高 65 的氧电价是否平衡? (4 分)

4. 根据结构说明绿宝石热膨胀系数不高, 当半径小的 Na^+ 存在时, 在直流电场下具有显著离子电导的原因。(4 分)

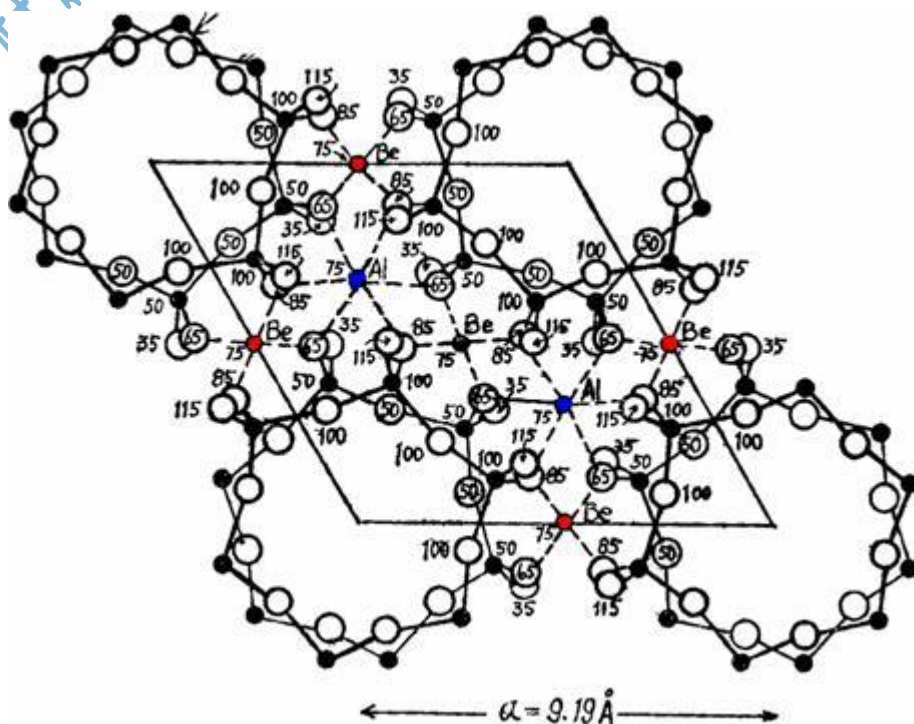
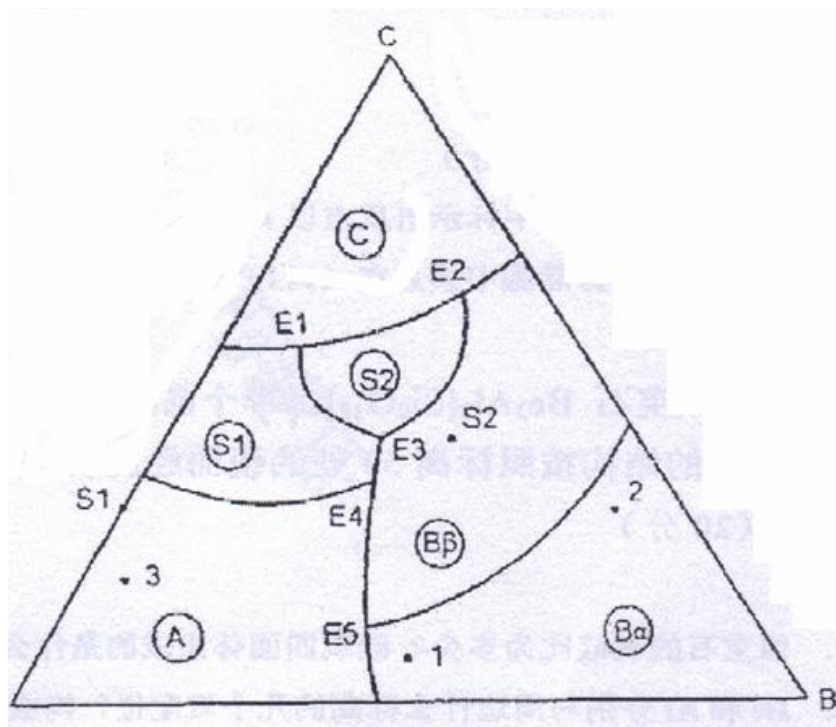


图1 绿宝石晶胞

四、A-B-C 三元系统相图如图 1 所示。根据相图回答下列问题：（25 分）

1. 在图上划分副三角形、用剪头表示界线上温度下降方向及界线的性质；（8 分）
2. 判断化合物 S1S2 的性质；（2 分）
3. 写出各三元无变量点的性质及其对应的平衡关系式；（5 分）
4. 写出熔体 1、2 在完全平衡冷却下的冷却结晶过程；（10 分）



第 4 题图

五、假设自组成为 $18\text{Na}2010\text{Ca}072\text{Si}02(\text{wt}\%)$ 和 $8\text{Na}204\text{Ca}088\text{Si}02(\text{wt}\%)$ 两种熔体中，均态成核析出石英相。（15 分）

1. 设形成晶核为球形，两者相变时除去界面能外单位体积自由焓 ΔG_v 的变化相同，请推导熔体结晶时的核化势垒和临界晶核半径；（5 分）
2. 考虑到两熔体组成及表面张力的差异，试比较两者的临界晶核半径的大小并解释其原因；（5 分）
3. 假设新相的晶核形成后，新相长大的速率均取决于溶质原子在熔体中的扩散，在外界条件均相同的情况下，试比较两种熔体石英相的长大速率，并解释其原因；（5 分）

六、晶体结构缺陷（15 分）

1. CaO 形成肖特基缺陷，写出其缺陷反应方程式，并计算单位晶胞 CaO 的肖特基缺陷数（已知 CaO 的密度是 3.0 克/厘米^3 ，其晶格参数是 0.481nm ）；（4 分）
2. CsCl 溶入 MgCl_2 中形成空位固溶体，并写出固溶体的化学式；（3 分）
3. Al_2O_3 掺入到 MgO 中，写出二个合理的方程，并判断可能成立的方程是哪一个？写出其固溶体的化学式；（5 分）
4. 根据 2 和 3 总结杂质缺陷形成规律。（3 分）

七、根据玻璃的形成条件，对 SiO₂、K₂O SiO₂、 K₂O₂ SiO₂ 三种物质形成玻璃的难易程度、热膨胀系数、电导率和熔融温度的大小进行排序，并说明理由。（15 分）

八、选做题：下列 3 题中任选 1 题（20 分）

1. 试简要说明原始粉料的粒度、物料活性、添加物、气氛、压力等因素对烧结的影响规律。
2. 已知 Al₂O₃ 和 SiO₂ 粉末形成莫来石反应由扩散控制，实验在恒定温度下进行，当反应进行 1 小时的时候，测知已有 15% 的反应物起了反应。（1）分别用杨德方程、金斯特林格方程计算完全反应的时间。（2）试判断哪个结果更接近实际情况？为什么？（3）若要加速莫来石的生产可以采取什么有利措施？至少举出一种措施。

3. 金属表面的渗碳属于恒定源扩散，其浓度分布曲线为

$$c(x,t) = c_s [1 - \operatorname{erf}(\frac{x}{2\sqrt{Dt}})]$$

已知碳在 800 度时扩散进入钢表面一下 0.1 厘米深度出需要 10 小时。已知碳原子在面心立方铁中的扩散活化能为 137522J/mol。（1）如果希望在 5 小时内达到同样的深度，该渗碳过程应在多少温度下进行？（2）现希望在钢表面以下 0.2 厘米深度处具有相同的碳原子浓度，有人建议在相同的热处理温度下延长时间至 20 小时，这种方法可行吗？为什么？（3）如果热处理时间保持 10 小时不变，你还能提出什么措施达到与（2）同样的目的？具体该如何进行？

武汉理工大学

武汉理工大学 2011 年研究生入学考试试题

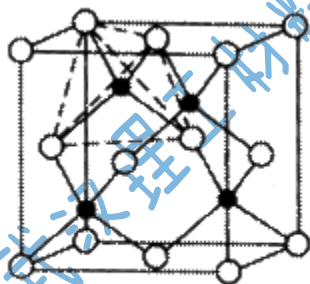
课程代码 833 课程名称 材料科学基础

(共 3 页, 共十题, 答题时不必抄题, 表明题目序号即可;

相图平衡题目直接做在试卷上, 不必另外画图)

一、(30 分) 立方 ZnS 是立方晶系, 根据其晶胞图 (图 1) 回答下列问题:

- 1、画出 ZnS 晶胞在 (001) 面上的投影图; 在晶胞图上画出 (111) 晶面和 [111] 晶向 (建立坐标系);
- 2、何种离子做何种密堆积? 晶胞中有哪几种空隙, 空隙利用率分别是多少? 何种离子填何种空隙?
- 3、晶胞分子数是多少? 结构中各离子的配位数为多少, 写出其配位多面体;
- 4、结构中 S^{2-} 电价是否饱和, 为什么?
- 5、对于大多数晶体来说, 结合力的性质是属于综合性的, 请指出 Zn-S 键的键性并说明原因;
- 6、像立方 ZnS 这类晶体 (质点的堆积可以近似地认为是刚性球体的堆积, 服从最紧密堆积原理), 如何揭示、理解晶体的微观结构及其与晶体性质的关系?



●: 阳离子; ○: 阴离子

图 1 立方 ZnS 晶胞结构

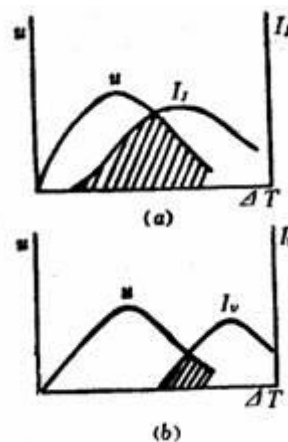


图 2 成核速率和生长速率与过冷度的关系

二、(10 分) 图 2 为晶体的成核速率和生长速率与过冷度的关系, 请根据图解释玻璃形成的动力学条件。并针对成核速率 u 解释 $u-T$ 之间的关系, 说明为何会有极值的出现。

六、(15 分) 试讨论从室温到熔融温度范围内, 氯化锌添加剂 ($10^{-6}\text{mol}\%$) 对 NaCl 单晶中所有离子 (Na 和 Cl) 扩散能力的影响。在什么温度范围内 Na 的本征扩散占优势? (NaCl 的 Schottky 缺陷形成能 $E=2.3\text{eV}$)

七、(10 分) 已知铜的熔点 $T_m=1083^\circ\text{C}$ ，熔化热 $\Delta H=1628\text{J}/\text{cm}^3$ ，固液界面能 $\gamma=1.77\times 10^{-5}\text{J}/\text{cm}^2$ ，铜为面心立方晶体，点阵常数 $a=0.3615\text{nm}$ 。

1、当液态金属铜过冷至 853°C 进行均态形核时，求临界晶核半径和每个临界晶核的原子数(设晶核为球形)。

2、若为非均态形核，求临界球冠的原子数。(设形成球冠的高度为 $h=0.2R$ ，球冠体积 $V=\frac{\pi R^2}{3}(3R-h)$ ， R 为球冠半径)

八、(10 分) 实践证明，少量添加物常会明显地改变烧结速度，其中原因之一可能是因为添加物与烧结物形成固溶体。为什么与烧结物能生成固溶体的添加物能促进烧结？在 Al_2O_3 烧结中，通常加入少量 TiO_2 或 Cr_2O_3 促进烧结。当加入 TiO_2 时，烧结温度可以更低。请解释原因(用缺陷方程来表示)。

九、(15 分) MgO 和 Al_2O_3 反应制备 MgAl_2O_4 时，预先在界面上埋入标志物然后让其进行反应。已知

$$r_{\text{Al}^{3+}} = 0.057 \text{ nm}, \quad r_{\text{Mg}^{2+}} = 0.078 \text{ nm}.$$

- 1、如果反应是由 Mg^{2+} 和 Al^{3+} 互扩散进行的，而氧离子不发生迁移，标志物的位置将如何变化？
- 2、当只有 Al^{3+} 向 MgO 扩散时，情况又如何？
- 3、假设热力学条件允许，在哪些情况下标志物将向 MgO 移动？(至少答出一种)

十、(10 分) 对于 MX 型离子晶体(大球为 X 离子，1 价)，由于热起伏可能产生如图 4 所示的 2 种缺陷，请指出这 2 种缺陷分别是何种缺陷，各自的特征是什么？写出缺陷反应方程式。

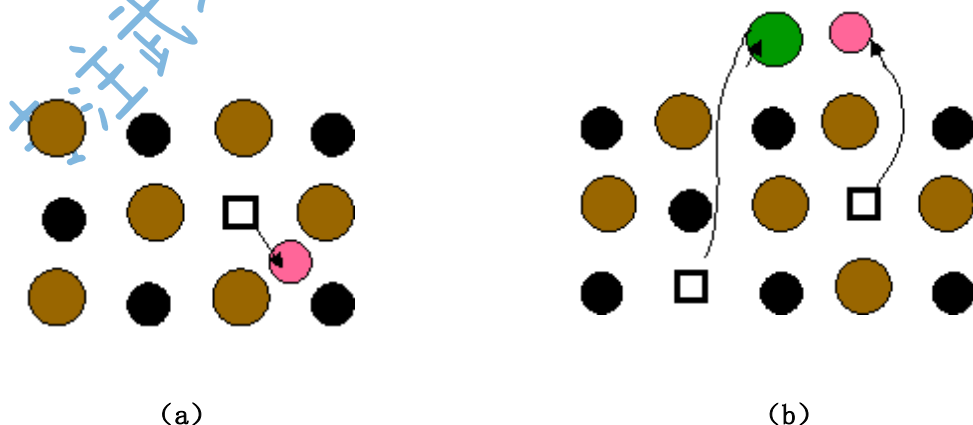


图 4 热缺陷产生示意图

武汉理工大学

武汉理工大学 2012 年研究生入学考试试题

课程代码 833 课程名称 材料科学基础

(共三页, 共十题, 答题时不必抄题标明题目序号即可;

相平衡题目直接做在试卷上不必另外画图)

一、(30 分) 萤石 CaF_2 是立方晶系, 根据其晶胞图 (图 1) 回答下列问题:

1、 Na_2O 晶体结构属于萤石型结构。试画出 Na_2O 的晶胞结构图。

2、何种离子做何种密堆积? 空隙利用率分别是多少?
何种离子填何种空隙? 晶胞分子数是多少? 结构中
各离子的配位数为多少, 写出其配位多面体。

3、它是否具有解理性? 说明理由。

4、什么是反萤石?

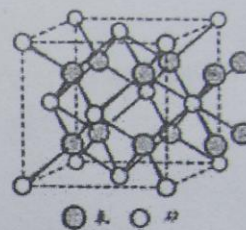


图 1 立方 CaF_2 晶胞结构

二、(10 分) 1、在晶胞图上画出 (110) 晶面和 [011] 晶向。

2、判断下列硅酸盐矿物属于何种结构类型:

$\text{Mg}_2[\text{SiO}_4]$ $\text{Ca}_3[\text{Si}_2\text{O}_7]$ $\text{Mg}_3[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2$ $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$

三、(15 分) 1、写出如下杂质进入基质晶体后可能出项的典型的缺陷反应方程式

(1) CsCl 溶入 MgCl_2 中;

(2) TiO_2 加入 Al_2O_3 中;

2、据此总结书写组成缺陷反应方程式的规律性。

四、(10 分) 熔体中, 不同的组织会影响物质的粘度。请简要介绍各种物质或是离子的加入对粘度的影响, 及作用原理。

五、(20 分) 根据图 2 所示 A-B-C 三元系统投影图回答下列问题:

1、指出化合物 S 的性质。

2、用箭头标出各界线的温度下降方向及性质。

3、分析熔体 M 在平衡条件下的冷却结晶过程。

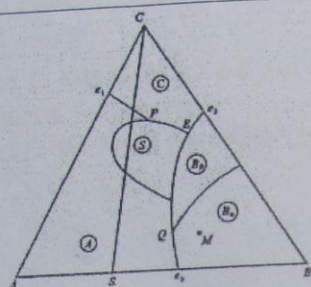


图2 A-B-C 三元系统相图

六、(15分) 经过各种方法对粉体表面结构作测定后, 将粉体设定为哪两种模型? 如何鉴别石英粉体表面属于哪一种类型?

七、(10分) 晶核生长时, 将形成临界晶核。

1、请推导临界半径以及相变势垒的公式。

2、如在液相中形成边长为 a 的立方体晶核时, 求出“临界核胚”立方体边长 a^* 和 ΔG^* 。为什么立方体的 ΔG^* 大于球形 ΔG^* ?

八、(10分) 认真阅读下列表格:

若干金属在铅中的扩散系数

扩散元素	原子半径 (nm)	在铅中的溶解度 极限% (原子比)	扩散元素的熔化 温度 (°C)	扩散系数 (cm^2/s)
Au	0.144	0.05	1063	4.6×10^{-5}
Ti	0.171	79	303	3.6×10^{-10}
Pb	0.174	100	327	7×10^{-11}
Bi	0.182	35	271	4.4×10^{-10}
Ag	0.144	0.12	960	9.1×10^{-8}
Cd	0.152	1.7	321	2×10^{-9}
Sn	0.158	2.9	232	1.6×10^{-10}
Sb	0.161	3.5	630	6.4×10^{-10}

根据上述表格, 请总结至少三条规律。

九、(15分) 粒径为 1μ 球状 Al_2O_3 由过量的 MgO 微粒包围, 观察尖晶石的形成, 在恒定温度下, 第1小时有20%的 Al_2O_3 起了反应, 计算完全反应的时间。

1、用杨德方程和金斯特林格方程分别计算;

2、比较以上两个结果并分析产生差异的原因。

十、(10分) 1、烧结 MgO 时加入少量 FeO , 在氢气氛和氧分压低时都不能促进烧结, 只有在氧分压高的气氛下才促进烧结;

2、烧结时, 氢气易促进致密化而氮气妨碍致密化, 试分析其原因。

答案解析 (参考理工大学指定教材)

一、P43

二、P58

三、P99

四、P (174-176)

五、P308

六、P 213

七、P 469

八、P 408

九、P 499

十、P536

武汉理工大学

武汉理工大学 2013 年研究生入学考试试题

课程代码 833 课程名称 材料科学基础

(共 3 页, 共八题, 答题时不必抄题, 表明题目序号即可;

相图平衡题目直接做在试卷上, 不必另外画图)

一、(30 分) 钙钛矿 (CaTiO_3) 是 ABO_3 结构的典型, 根据其晶胞图 (见图 1) 回答下列问题:

1. 画出 CaTiO_3 晶胞在 (110) 面上的投影图; 在晶胞图上画出 (100) 晶面和 [111] 晶向
2. 何种离子添何种空隙, 空隙利用率是多少?
3. 晶胞分子数是多少? 结构中各离子的配位数为多少, 写出其配位多面体;
4. 结构中是否存在 TiO_3^{2-} 离子, 为什么?
5. 计算说明 CaTiO_3 晶体中 O^{2-} 的电价是否饱和。
6. 解释说明有无自发极化现象。

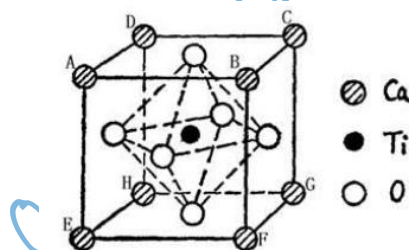


图 1 CaTiO_3 晶胞结构

二、图 2 是高岭石 ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 结构示意图, 试回答:

1. 高岭石属于哪种硅酸盐结构类型; 分析层的构成和层的堆积方向; 分析结构中的作用力。
2. 用 Pauling 的连接规则说明氧电价是否平衡?
3. 解释说明该结构的解理性如何。
4. 高岭石是否容易形成玻璃, 为什么?

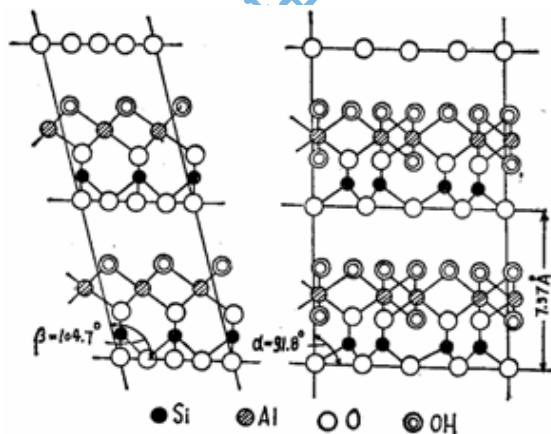


图 2a 高岭石的结构
(在 (010) 面上的投影图)

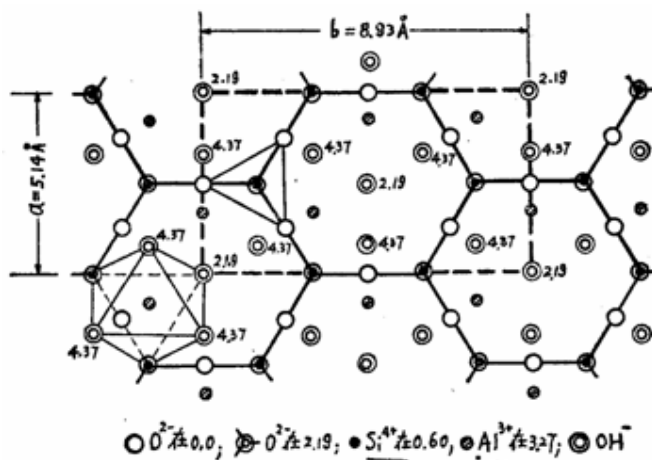


图 2b 高岭石的结构
(在 (001) 面上的投影图)

要求解释鲍林规则，高岭石结构，解理性，玻璃形成难易程度 晶体与表面的不同（这些内容比较杂，但都是书本上的，如果单纯计算会比较简单，但要求用文字解释的话就要求你把书本吃透了）

三、 $\text{MO}(1+x)$ 与 $\text{M}(1-x)\text{O}$ 非化学计量

四、 去年考的比较偏的就是考了扩散系数，以及高斯函数，这个考题源于书本，你看了，就会做，你不看，计算起来无从下手

五、 还有就是 ZnO 的固相反应，也是书本上的

六、 烧结过程，前中后期特点以及晶粒大小，怎样控制晶粒大小

七、 考察了相变理论，以及将反应分类

八、 最后就是答题三元相图，记得考的好像是不一致熔融三元化合物的三元相图，三元相图，只有多做题，这块知识熟能生巧

武汉理工大学

武汉理工大学 2014 年研究生入学考试试题

课程代码 833 课程名称 材料科学基础

(共 3 页, 共九题, 答题时不必抄题, 表明题目序号即可;

相图平衡题目直接做在试卷上, 不必另外画图)

1. 根据哥希密特结晶化学定律, 晶体结构取决于组成质点的数量关系, 例如, 尖晶石结构 AB₂O₃.

- 1) 列出哥希密特分类的各类型, 并各举 1 例。
- 2) 提示: AX、AX₂、AX₃……page39, 2.5 节下面。
- 3) 镁铝尖晶石的晶胞分子数?
- 4) 分别写出镁铝离子配位多面体及氧配位多面体? 空隙填充率是多少?
- 5) O²⁻离子电价是否饱和?
- 6) NiFe₂O₄ 是反尖晶石结构, 其中的 Ni²⁺与 Fe³⁺离子的配位多面体分别是?

2. 将缺陷产生的原因进行分类, 并作简单解释。

提示: page94, 热缺陷、杂质缺陷、非化学计量缺陷、电荷缺陷……然后每个各做简短描述。

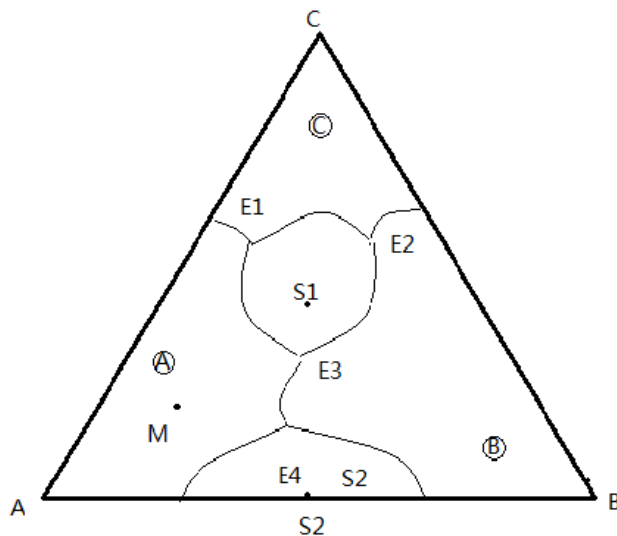
3. 玻璃的通性包括? 镁橄榄石和长石哪个容易形成玻璃?

4. 水在光滑的石蜡表面接触角是 110°~140° 之间, 在粗糙石蜡表面上为 140°~150° 之间, 试推导粗糙对于润湿的影响, 并总结出结果。

提示: page226 的那一堆公式, 以及结论。

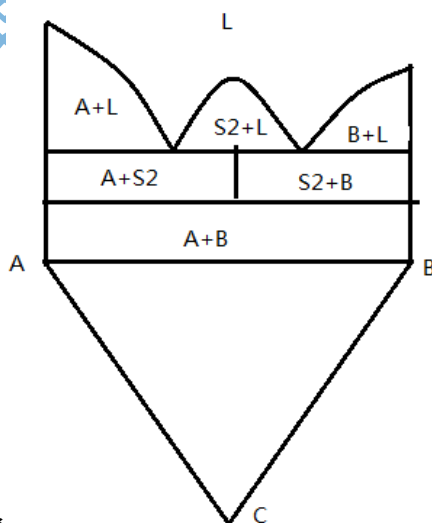
5 观察右边的相图并回答下列问题:

- ① 划分副三角形、标出界限温度下降方向及界限性质;
- ② 判断化合物 S₁、S₂、S₃ 的性质;
- ③ 写出各三元无变量点的性质及其对应的平衡关系;
- ④ 写出 M 点的析晶路线;



- ⑤ 画出 AB 二元相图；
- ⑥ 分析刚到 E4 和离开 E4 时 A 的含量百分数；
6. 碳在铁中扩散时，自扩散常数 $D_0 = 2 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{s}$ ，扩散的活化能 $Q = 140 \text{ KJ/mol}$ 。
- (1) 计算 870°C 和 927°C 时的扩散系数 D ；
- (2) 870°C 下需要多长时间才能达到 927°C 时 1h 渗入厚度；
7. 已知 γ LS 与 r^* 。
- (1) 试推导 ΔG 与 ΔT 的关系；
- (2) 液固相变的热力学分类属于哪类？其宏观特征是什么？
- 提示：一级相变，热焓发生突变
- 热效应较大，体积膨胀或收缩
- (3) 怎样使核化速率最大？
8. 烧结刚玉 (Al_2O_3) 采取什么途径可使烧结速度及强度加快？
9. 2h 时有 30%起了反应，即 $G=0.3$ 、 $t=2\text{h}$
- (1) 用金斯特林格方程计算反应结束时间；
- (2) 实验室要合成镁铝尖晶石，可供选择的原料为 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 、 MgO 、 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 、 $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ 、 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ ，从提高反应速率的角度出发，选择什么原料较好，请说明原因。

提示：本题是固相反应题。



武汉理工大学

武汉理工大学 2015 年研究生入学考试试题

课程代码 833 课程名称 材料科学基础

(共 3 页, 共十题, 答题时不必抄题, 表明题目序号即可;

相图平衡题目直接做在试卷上, 不必另外画图)

一、CsCl 和 NaCl 的阳离子配位数以及相应配位多面体。计算晶格能。并根据晶格能预测两者的硬度和熔点高低。(P23-P25) 关键是知道各个符号的代表物理意义, 试题是给了计算公式的, 马德隆常数和玻恩指数分别用那个符号代替!

二、绿宝石 (20 分)

①什么类型的结构;

②基本结构单元是什么, 之间怎么连的;

③Si, Be, Al, 配位数是对少, O 的电价是否饱和;

④为什么有较大的介电损耗;

⑤堇晶石 (不知道是不是这样写, 化学式也忘了) 和绿宝石有相同的结构, 试说明它是怎么保持电价平衡的;

62 页的全部考了 (*介电性+堇青石的替换)

三、(15 分) Fe₂O₃ 溶入 NiO 形成固溶体, Ni 被部分 Fe 替代, 形成阳离子空位, Fe₂O₃ 质量分数 $\eta = 10\%$, 。（给出了一些半径等常用数据）

①写出缺陷反应方程式。

②计算 1m³ 里有多少个空位。

四、(2010 年最后一道大题的原题!) 金属表面的渗碳属于恒定源扩散, 其浓度为 度 分 布 曲 线 为

$$c(x,t) = c_s [1 - \operatorname{erf}(\frac{x}{2\sqrt{Dt}})]$$

已知碳在 800 度时扩散进入钢表面一下 0.1 厘米深度出需要 10 小时。已知碳原子在面心立方铁中的扩散活化能为 137522J/mol。

(1) 如果希望在 5 小时内达到同样的深度，该渗碳过程应在多少温度下进行？

(2) 现希望在钢表面以下 0.2 厘米深度处具有相同的碳原子浓度，有人建议在相同的热处理温度下延长时间至 20 小时，这种方法可行吗？为什么？

五、（15 分）从键型的角度分析下列那些物质容易行成玻璃，那些不容易。化合物 CO₂，化合物 MgO，化合物 SiO₂，单质 Au。

六、（11 年第三大题原题）双电层的怎么产生？并根据极化，分析下列物质的表面层厚度以及表面能大小—— PbI₂，PbF₂，CaI₂。

七、420 页的公式推导：证明一个均匀核化条件下的公式，极其简单。需要推导出临界晶核半径，临界势垒，随便一代就出来了。

八、476 页—477 页的公式推导。（10 分）以 $M + \frac{1}{2}O_2 = MO$ 为例，证明化学反应速率（包括化学反应和扩散反应）由最慢的速率控制。

九、（15 分）陶瓷的显微结构由什么组成。从烧结的角度说明，影响陶瓷显微结构的因素。

十、相图（这个简单）

（30 分）考察的是一个典型简单的三元相图，有 6 问。最后一问比较特殊，问的是 e₁，e₂，e₃（三角形各边上的点）的性质，并写出相应反应

武汉理工大学

武汉理工大学 2016 年研究生入学考试试题

课程代码 833 课程名称 材料科学基础

(共 3 页, 共九题, 答题时不必抄题, 表明题目序号即可;

相图平衡题目直接做在试卷上, 不必另外画图)

一、(1) (课后题 2-31) 石墨、滑石和高岭石具有层状结构, 说明它们结构的区别及由此引起的性质上的差异。

(2) 在立方体晶胞中画出 (0-12) 晶面, 在立方面心晶胞中求出 (110) 面的面密度 (质点所占面积与该晶面面积之比)。

(3) 画出钙钛矿型的晶胞结构, 并说明其极化性能与温度的关系。

(4) 说明反尖晶石 NiCo_2O_4 中各离子所处位置, 说明什么阳离子填充什么位置, 并判断氧离子是否电价饱和。

二、(1) 纯净 MgO 的肖特基缺陷形成能为 255KJ/mol (大概是这么多, 对题目无影响), 写出 MgO 生成肖特基缺陷的缺陷反应方程式, 分别求取在 298K 和 2298K 的氧空位浓度。

(2) 如果在纯净 MgO 中加入 $1\text{wt}\%$ 的 Li_2O 杂质, 假设发生阳离子取代, 求取杂质缺陷浓度是多少。

(3) 试着比较杂质存在, 和 298K , 2298K 时该晶体的导电能力, 并分析其原因。

三、如何鉴别玻璃与透明陶瓷。并分别说明玻璃与透明陶瓷的结构特点。

四、材料科学基础课本 223 页,

(1) 对浸湿过程及其自发发生条件的推导 (推导浸湿的 G 与表面张力的关系式)

(2) 通过 young 方程, 用接触角来判断浸湿的自发条件 (225 页, 公式 5.46)

五、(课后题 7-15) MgO 、 CaO 、 FeO 均具 NaCl 结构, 在各晶体中它们的阳离子扩散活化能分别为: Na^+ 在 NaCl 中为 41kcal/mol , Mg^{2+} 在 MgO 中为 83kcal/mol , Ca^{2+} 在 CaO 中为 77kcal/mol , Fe^{3+} 在 FeO 中为 23kcal/mol , 试解释这种差异的原因。

六、(课后题 8-10) 为什么在成核-生长机理相变中, 要有一点过冷或过热才能发生相变? 什么情况下需过冷, 什么情况下需过热? (不是原有表述, 但就是这个题, 课后习题也有)

七、(七套卷课后题 10-2) 烧结推动力是什么? 它可凭哪些方式推动物质的迁移, 各适用于何种烧结机理? (还是课后习题, 这题 10 分, 推动力也并不是我们想象的那么单一, 附上答案)

解: 推动力有: (1) 粉状物料的表面能与多晶烧结体的晶界能的差值,

烧结推动力与相变和化学反应的能量相比很小, 因而不能自发进行, 必须加热!!

(2) 颗粒堆积后, 有很多细小气孔弯曲表面由于表面张力而产生压力差,

(3) 表面能与颗粒之间形成的毛细管力。

传质方式: (1) 扩散 (表面扩散、界面扩散、体积扩散); (2) 蒸发与凝聚; (3) 溶解与沉淀; (4) 黏滞流动和塑性流动等, 一般烧结过程中各不同阶段有不同的传质机理, 即烧结过程中往往有几种传质机理在起作用。

八、材料科学基础 496 页, 表 9.3, 关于作用分析和四种原理描述。加入矿化剂促进烧结的四个原因 (学长想说, 临考前不要认为看书没意义就敷衍了事, 其实考前翻课后习题和这个大题都看到了, 可是没仔细看, 所以认真加油吧。)

九、相图, 今年格外简单, 但加了一点点二元相图的知识, 就是问三元相图三角形边上的 e_1 , e_2 , e_3 点是什么点, 写出这些点的平衡关系。

武汉理工大学

武汉理工大学 2017 年研究生入学考试试题

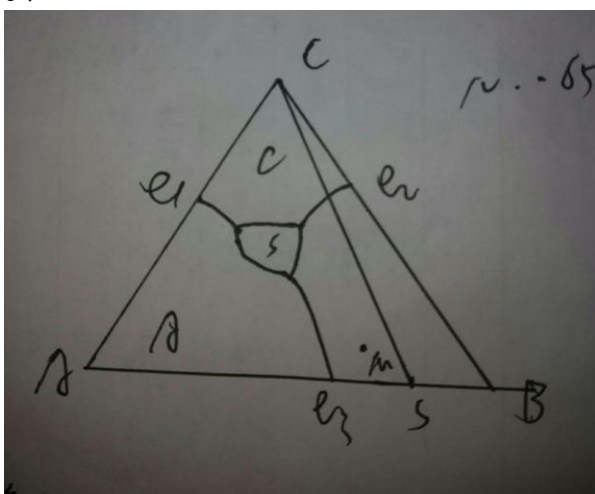
课程代码 833 课程名称 材料科学基础

(共 3 页, 共九题, 答题时不必抄题, 表明题目序号即可;

相图平衡题目直接做在试卷上, 不必另外画图!!!)

- 1、 图为 ZnS 立方结构
 - (1) S^{2-} 堆积方式, 多少四面体、八面体间隙
 - (2) Zn^{2+} 离子填何种空隙, 比例是多少?
 - (3) 配位多面体结构式、连接形式及原因
 - (4) 该结构的晶胞分子数
 - (5) 计算 S^{2-} 是否电价饱和平衡
 - (6) 画出 (001) 面的投影图
 - (7) Zn^{2+} 的半价为 a , S^{2-} 的半径为 b , ZnS 的分子数为 c , 计算晶胞参数及晶体密度
 - (8) 设计两种方法鉴别是四方还是六方
- 2、 通常, 金属氧化物会在其表面形成一层氧化膜, 氧化膜厚度增长取决于膜内缺陷的迁移速率, 假如 ZnO 为正离子过剩型氧化物, 膜的生长速率主要取决于间隙正离子的浓度, 如果在氧化膜中分别引进 Li_2O 和 Al_2O_3 , 试预测锌表面 ZnO 膜厚度增长速率的变化情况, 并用缺陷反应方程式加以说明。
- 3、 简述晶体学说和无规则网络学说异同点, 并分别举一个支持其学说要点的实验判据。
- 4、 请根据能量守恒原理推导粗糙清洁表面的表面粗糙度对润湿性能的影响公式, 并分析表面粗糙度变化对润湿过程的影响。
- 5、
 - (1) 举例说明什么是非稳态扩散, 说明菲克第二定律的求解过程及解的应用
 - (2) 黄铜与铜构成扩散偶; 高熔点金属钼丝作为标志物, 在 $785^{\circ}C$ 保温, 使其互扩散, 如图 (课本 398 页右下角的那个原图, 试卷中给的), 问钼丝如何移动及原因
- 6、 按机理对相变进行分类可将相变分为成核—生长相变, 马氏体相变, 有序—无序转变, Spinodal 分解。
 - (1) 每个相变类型举个例子
 - (2) 成核生长相变中, 试证明: 在同样过冷度下均匀成核时, 球形晶核较立方体更易形成。
 - (3) 马氏体相变的特征

- 7、 固相反应是材料制备中一个重要的高温动力学过程，请以 $\text{Na}_2\text{CO}_3\text{-SiO}_2$ 系统为研究对象，设计一个实验（含实验用设备简图），以验证该固相反应的动力学规律是否符合杨德方程。如何得到该固相反应的速度常数和表观活化能。
- 8、 陶瓷材料晶粒大小与什么有关？晶粒大小对材料宏观性质的影响，工艺上如何控制晶粒尺寸？
- 9、



1. 判断化合物 S 的性质
2. 用箭头表示各边、界温度下降方向及界限性质
3. 各无变量点性质及平衡关系式
4. M 点平衡条件下的冷却析晶过程
5. N 点组成为 $65\%A+20\%B+15\%C$ ，在图上找出 N 点