

材料物理化学答案

【篇一：无机材料物理化学习题及解答】

>1.1 名词解释 (a) 弗伦克尔缺陷与肖特基缺陷 ; (b) 刃型位错和螺型位错

解 : (a) 当晶体热振动时 , 一些能量足够大的原子离开平衡位置而挤到晶格点的间隙中 , 形成间隙原子 , 而原来位置上形成空位 , 这种缺陷称为弗伦克尔缺陷。如果正常格点上原子 , 热起伏后获得能量离开平衡位置 , 跃迁到晶体的表面 , 在原正常格点上留下空位 , 这种缺陷称为肖特基缺陷。 (b) 滑移方向与位错线垂直的位错称为刃型位错。位错线与滑移方向相互平行的位错称为螺型位错。

1.2 试述晶体结构中点缺陷的类型。以通用的表示法写出晶体中各种点缺陷的表示符号。试举例写出 CaCl_2 中 $2++$

Ca 置换 KCl 中 K 或进入到 KCl 间隙中去的两种点缺陷反应表示式。

解 : 晶体结构中的点缺陷类型共分 : 间隙原子、空位和杂质原子等三种。在 Mx 晶体中 , 间隙原子的表示符号为 mi 或 xi ; 空位缺陷的表示符号为 : vm 或 vx 。如果进入 Mx 晶体的杂质原子是 a , 则其表示符号可写成 : am 或 ax (取代式) 以及 ai (间隙式)。

$2++$

当 CaCl_2 中 Ca 置换 KCl 中 K 而出现点缺陷 , 其缺陷反应式如下 :



CaCl_2 中 Ca 进入到 KCl 间隙中而形成点缺陷的反应式为 :



1.3 在缺陷反应方程式中 , 所谓位置平衡、电中性、质量平衡是指什么 ?

解 : 位置平衡是指在化合物 M_mX_x 中 , m 格点数与 x 格点数保持正确的比例关系 , 即 $m : x = a : b$ 。电中性是指在方程式两边应具有相同的有效电荷。质量平衡是指方程式两边应保持物质质量的守恒。

1.4 (a) 在 MgO 晶体中 , 肖特基缺陷的生成能为 6eV , 计算在 25 和 1600 时热缺陷的浓度。 (b) 如果 MgO 晶体中 , 含有百万分之一 mol 的 Al_2O_3 杂质 , 则在 1600 时 , MgO 晶体中是热缺陷占优势还是杂质缺陷占优势 ? 说明原因。

解 : (a) 根据热缺陷浓度公式 :

n_g

$\left(\frac{1}{N} \right) \exp \left(- \frac{E_g}{kT} \right)$

$n = 2kt$

kcl

??

$2+$

$kcl?$

-23

$t_1 = 25 + 273 = 298K$ $t_2 = 1600 + 273 = 1873K$

$-19-19$

(b) 在 MgO 中加入百万分之一的 Al_2O_3 杂质，缺陷反应方程为：

MgO

$Al_2O_3 \rightarrow 2Al^{3+}_{Mg} + 3O^{2-}_{vac}$

此时产生的缺陷为 $[V_{Mg}]$ 杂质。而由上式可知： $[Al_2O_3] = [V_{Mg}]$ 杂质

当加入 $10^{-6} Al_2O_3$ 时，杂质缺陷的浓度为 $[V_{Mg}]_{杂质} = [Al_2O_3] = 10^{-6}$

-6

-6

-9

显然： $[V_{Mg}]_{杂质} > [V_{Mg}]_{热}$ ，所以在 $1873K$ 时杂质缺陷占优势。

1.5 对某晶体的缺陷测定生成能为 $84kJ/mol$ ，计算该晶体在 $1000K$ 和 $1500K$ 时的缺陷浓度。解：根据热缺陷浓度公式：

$n = \frac{g}{kT} \exp\left(-\frac{E_f}{kT}\right)$

由题意 $g = 84kJ/mol = 84000J/mol$

则

$n = \frac{g}{kT} \exp\left(-\frac{E_f}{kT}\right)$

$n = \frac{g}{kT} \exp\left(-\frac{E_f}{kT}\right)$

$n = \frac{g}{kT} \exp\left(-\frac{E_f}{kT}\right)$

$n = \frac{g}{kT} \exp\left(-\frac{E_f}{kT}\right)$

$n = \frac{g}{kT} \exp\left(-\frac{E_f}{kT}\right)$

$n = \frac{g}{kT} \exp\left(-\frac{E_f}{kT}\right)$ 当 $t_2 = 1500K$ 时，

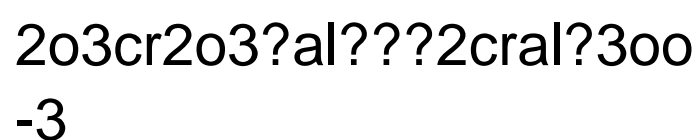
$n = \frac{g}{kT} \exp\left(-\frac{E_f}{kT}\right)$

$n = \frac{g}{kT} \exp\left(-\frac{E_f}{kT}\right)$

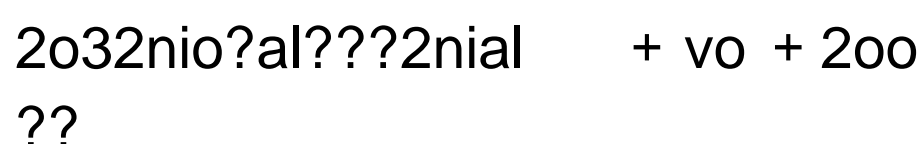
1.6 试写出在下列二种情况，生成什么缺陷？缺陷浓度是多少？(a) 在 Al_2O_3 中，添加 $0.01mol\%$ 的 Cr_2O_3 ，生成

淡红宝石 (b) 在 Al_2O_3 中 , 添加 0.5mol% 的 NiO , 生成黄宝石。

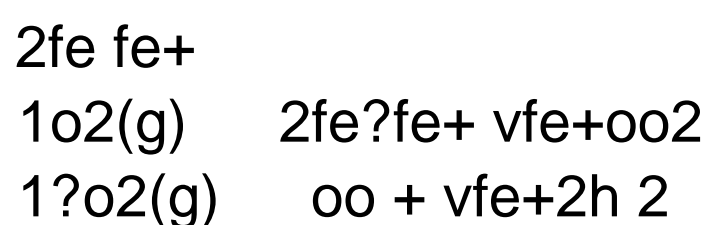
解 : (a) 在 Al_2O_3 中 , 添加 0.01mol% 的 Cr_2O_3 , 生成淡红宝石的缺陷反应式为 :



(b) 当添加 0.5mol% 的 NiO 在 Al_2O_3 中 , 生成黄宝石的缺陷反应式为 :



解 : (a) 非化学计量化合物 Fe_{1-x}O , 是由于正离子空位 , 引起负离子过剩 :



按质量作用定律 , 平衡常数
 $k =$

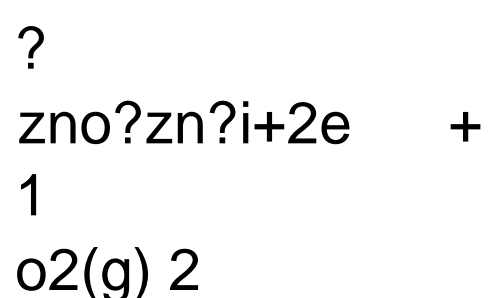
$$\frac{[\text{V}_\text{Fe}][\text{h}^+]^2}{p_{\text{O}_2}}$$

由此可得

$$[\text{V}_\text{Fe}] \propto p_{\text{O}_2}^{1/6}$$

即 : 铁空位的浓度和氧分压的 $1/6$ 次方成正比 , 故当周围分压增大时 , 铁空位浓度增加 , 晶体质量减小 , 则 Fe_{1-x}O 的密度也将减小。

(b) 非化学计量化合物 Zn_{1+x}O , 由于正离子填隙 , 使金属离子过剩 :



根据质量作用定律

$$k = \frac{[\text{Zn}^{2+}][\text{e}^-]^2}{p_{\text{O}_2}}$$

2

2

?

得 $[\text{Zn}^{2+}] \propto p_{\text{O}_2}$

-1/6

即：间隙离子的浓度与氧分压的 $1/6$ 次方成反比，故增大周围氧分压，间隙离子浓度减小，晶体质量减小，则 Zn_{1+x}O 的密度也将减小。

1.8 非化学计量化合物 Fe_xO 中， $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}=0.1$ ，求 Fe_xO 中的空位浓度及 x 值。

$\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{FeO} + \frac{1}{2}\text{Fe} + \frac{3}{2}\text{O}_2$

$3+$

$2+$

此非化学计量化合物的组成为：

Fe_xO

$\text{Fe}^{3+}_{3x}\text{Fe}^{2+}_{(1-x)}\text{O}$

已知： $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+} = 0.1$

$3+2+$

$2+$

0.1

则：

$3+$

正常格点数 $n = 1+x = 1+0.956 = 1.956$

$3+$

$[\text{V}_{\text{Fe}}]0.044$

空位浓度为 2.25×10^{-2}

$n1.956$

1.9 非化学计量氧化物 TiO_{2-x} 的制备强烈依赖于氧分压和温度：(a) 试列出其缺陷反应式。(b) 求其缺陷浓度表达式。

解：非化学计量氧化物 TiO_{2-x} ，其晶格缺陷属于负离子缺位而使金属离子过剩的类型。(a) 缺陷反应式为：

$\text{Ti} + \text{V}_{\text{O}} + \frac{3}{2}\text{O}_2 \rightarrow 2\text{Ti} + \frac{1}{2}\text{O}_2$

$??$

$\text{O}_2 \rightarrow \text{V}_{\text{O}} + 2\text{e}^- + \frac{1}{2}\text{O}_2$

$??$

1

$\text{O}_2 \rightarrow 2$

(b) 缺陷浓度表达式：

$[\text{V}_{\text{O}}]$

$[\text{pO}_2]$

$?$

1

6

1.10 试比较刃型位错和螺型位错的异同点。

解：刃型位错和螺型位错的异同点见表 1-1 所示。

表 1-1 刃型位错和螺型位错的异同点

与柏格斯矢量 b 的位置关系 位错分类 位错是否引起晶体畸变和形成应力场 位错类型

刃型位错

柏格斯矢量 b 与刃性位错线垂直

刃性位错有正负之分

螺型位错

柏格斯矢量 b 与螺型位

错线平行

螺形位错分为左旋和右旋

引起晶体畸变和形成应力场，且离位错线越远，力场，且离位错线越远，晶格畸变越小 晶格畸变越小 只有几个原子间距的线只有几个原子间距的线缺陷 缺陷

第二章固溶体习题与解答

2.1 试述影响置换型固溶体的固溶度的条件。

解：1 离子尺寸因素

从晶体稳定性考虑，相互替代的离子尺寸愈相近，则固溶体愈稳定。若以 r_1 和 r_2 分别代表半径大和半径小的两种离子的半径。当它们半径差

$r_1 - r_2$

15% 时，形成连续置换型固溶体。若此值在 15 ~ 30% 时，可以形成有限置换型固溶体。而此值 30% 时，不能形成固溶体。

2、晶体的结构类型

形成连续固溶体的两个组分必须具有完全相同的晶体结构。结构不同最多只能生成有限固溶体。

3、离子的电价因素

只有离子价相同或复合替代离子价总和相同时，才可能形成连续置换型固溶体。

4、电负性因素

电负性相近，有利于固溶体的生成。

2.2 从化学组成、相组成考虑，试比较固溶体与化合物、机械混合物的差别。

解：从化学组成、相组成考虑，固溶体、化合物和机械混合物的区别列下表 2-1 比较之。

表 2-1 固溶体、化合物和机械混合物比较

(以 aO 溶质溶解在 b_2O_3 溶剂中为例) 比较项 化学组成

固溶体

b_2-xaxO

3×2

化合物 ab_2O_4 机械混合物 $aO+b_2O_3$ ($x=0 \sim 2$)

2.3 试阐明固溶体、晶格缺陷和非化学计量化合物三者之间的异同点。列出简明表格比较。

解：固溶体、晶格缺陷和非化学计量化合物都属晶体结构缺陷，但它们又各有不同，现列表 2-2 比较之。表 2-2 固溶体、晶格缺陷和非化学计量化合物比较

【篇二：2010-2011 年材料物理化学第一学期试卷 a 答案】

《材料物理化学》 期末考试试卷

课程代码： 0301010 试卷编号： 3-a 命题日期： 2010 年 12 月 6 日 答题时限： 120 分钟 考试形式：闭卷笔试

一、判断题（正确的打“√”，错误的打“×”，每小题 2 分，共 20 分）

1. 偏摩尔量就是化学势。（ × ）

3. 对理想气体反应，恒温恒容下添加惰性气体组分，平衡不移动。（ ）

4. 朗缪尔吸附等温式只适用于单分子层吸附。（ ）

5. 在一定温度下， p^*_b/p^*_a ，由纯液态物质 a 和 b 形成理想液态混合物，当气—液两相达到平衡时，气相组成 y_b 总是大于液相组成 x_b 。（ ）

8. 在一体积恒定的绝热箱中置一绝热隔板，将其分为左右两部分。在两侧分别放入 t 、 p 皆不相同的同种气体。现将隔板抽去并达到平衡，若以箱内全部气体为系统，则此混合过程的 q 、 w 、 u 都为零。（ ）

9. 隔离系统的热力学能是守恒的。（ ）

二、填空题（每小题 2 分，共 20 分）

1. 纯物质完美晶体，时熵值为零。

2. 一定量的理想气体从同一始态出发，分别经绝热可逆压缩和恒温可逆压缩到相同的终态体积 v_2 ，则终态的压力 p_2 (恒温) p_2 (绝热)。(选填 “、” “ ” “ ≠ ”)

3. 反应 $2a \rightleftharpoons 3b$

b，则 $\frac{dc_a}{dt}$ 与 $\frac{dc_b}{dt}$ 之比为。

6. 在 u 、 h 、 s 、 g 四个热力学量中，系统发生恒温恒压可逆相变，不变的量是而绝热可逆过程中不变的量是 s 。

10. 在一抽空的容器中放有过量的 nh_4hs (s) 发生分解反应， nh_4hs (s) 与其分解产物 nh_3 (g) 和 h_2s (g) 成平衡，此平衡系统的相数 p 、组分数 c 、自由度 f

三、选择题 (每小题 2 分，共 22 分)

1. 离子独立运动定律 (c)。

a. 只适用于无限稀强电解质溶液 b. 只适用于无限稀弱电解质溶液

c. 既适用于无限稀强电解质溶液也适用于无限稀弱电解质溶液

a. 升高温度，减小压力 b. 升高温度，增大压力

c. 降低温度，减小压力 d. 降低温度，增大压力

3. 高分散度固体表面吸附气体后，可使固体表面的吉布斯函数

(a)。

a. 减小 b. 增大 c. 不改变 d. 无法确定

4. 不论是电解池还是原电池，极化的结果都将使 (c)。

a. 阴、阳极电势同时增加 b. 阴、阳极电势同时减少

c. 阳极电势变大，阴极电势变小 d. 阳极电势变小，阴极电势变大

6. 理想气体绝热向真空自由膨胀过程中 (d)

8. 在隔离系统中发生某化学反应，使系统的温度明显升高，则该系统的 u (b)。

a. > 0 b. $= 0$ c. < 0 d. 无法确定

9. 某基元反应为双分子反应，该反应的反应级数 (a)。

a. 等于 2 b. 大于 2 c. 小于 2 d. 无法确定

10. 若系统经历任意的不可逆过程，该系统的熵变 (c)。

a. 一定大于零 b. 一定小于零 c. 可能大于零，也可能小于零

11. 对反应式 (1) $a + b = 2c$ 和 (2) $(1/2)a + (1/2)b = c$ ，在相同条件下存在关系 (b)。

a. $\Delta_r G_m(1) = 2\Delta_r G_m(2)$, $k(1) = k(2)$, b. $\Delta_r G_m(1) = 2\Delta_r G_m(2)$, $k(1) = k(2)$?

$m(1) = 2m(2)$

$\Delta_r G_m(1) = 2\Delta_r G_m(2)$, $k(1) = k(2)$? ,

d. $\Delta_r G_m(1) = 2\Delta_r G_m(2)$, $k(1) = k(2)$ 2

四、简答题（每小题 5 分，共 10 分）

1. 理想液态混合物的定义是什么？说明理想液态混合物的混合性质。

答：定义：若液态混合物中任一组分在全部组成范围内都符合拉乌尔定律，则该

混合物称为理想液态混合物。（1 分）混合性质： $\Delta_{\text{mix}} V = 0$

$\Delta_{\text{mix}} H = 0$ $\Delta_{\text{mix}} S > 0$ $\Delta_{\text{mix}} G < 0$ （4 分）

2. 写出应用 ΔS 、 ΔA 、 ΔG 三个状态函数作为过程方向的判据及其应用条件？

$\Delta S = 0$ = 可逆？

或 $\Delta S_{\text{iso}} = \Delta S_{\text{sys}} + \Delta S_{\text{amb}}$ 不可逆 $\Delta S_{\text{iso}} < 0$ = 可逆？

$\Delta A = 0$ = 平衡？

$\Delta G = 0$ = 平衡？

说明：用微分式表示也正确。

五、计算题（共 28 分）

1. 甲醇在 337.8K 的饱和蒸气压 $p^* = 101.325 \text{ kPa}$ ，在此温度压力下，甲醇的摩尔蒸发焓 $\Delta_{\text{vap}} H_m = 35.32 \text{ kJ mol}^{-1}$ 。求在 337.8K、101.325kPa 下，2mol 气态甲醇全部凝结成液态甲醇时的 q 、 w 、 ΔU 、 ΔH 、 ΔS 、 ΔA 和 ΔG 。（14 分）

解：甲醇在 337.8K 的饱和蒸气压 $p^* = 101.325 \text{ kPa}$ ，在此温度压力下，气态甲醇凝结

成液态甲醇为可逆相变。

$n = 2 \text{ mol}$ ，摩尔凝结焓为 $\Delta_{\text{cond}} H_m = -\Delta_{\text{vap}} H_m = -35.32 \text{ kJ mol}^{-1}$ 。

$\Delta H = n \Delta_{\text{cond}} H_m = -2 \times 35.32 \text{ kJ} = -70.64 \text{ kJ}$ （2 分）

可逆相变热为恒压热，即 $q = \Delta H = -2 \times 35.32 \text{ kJ} = -70.64 \text{ kJ}$ （2 分）

求（1）写出电极反应和电池反应。（3 分）

（2）计算该电池反应在 25°C 时的 $\Delta_r G_m$ 、 $\Delta_r S_m$ 、 $\Delta_r H_m$ （6 分）

解：（1）电极反应：阳极： $\frac{1}{2} \text{H}_2 (\text{g}, 100 \text{ kPa}) = \text{H}^+ + \text{e}^-$ （1 分）

阴极： $\text{AgBr} + \text{e}^- = \text{Ag} (\text{s}) + \text{Br}^-$ （1 分）

（2）转移电荷数 $z = 1$

（2 分）

$E = E^\ominus - \frac{RT}{zF} \ln \frac{a(\text{Br}^-)}{p(\text{H}_2)}$ （2 分）

$298.15 \text{ K} - \frac{8.315 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}}{1 \times 96500 \text{ C mol}^{-1}} \ln \frac{0.0815}{100}$ 即 0.0713V

说明：若 $z = 2$ ，则四个函数的变化值为 $z = 1$ 时的 2 倍。

【篇三：无机材料物理化学试题（改）】

一、填空题（每空 1 分，共 20 分）

1. 晶体结构中的热缺陷有弗伦克尔缺陷 和 肖特基缺陷 二类。 2. 三 t 图中三个 t 代表 温度、时间 和 转变。

3. 玻璃具有下列通性：各向同性、介稳性、熔融态向玻璃态转化的可逆与渐变性和熔融态向玻璃态转化时物理、化学性质随温度变化的连续性。

4. 固体质点扩散的推动力是化学位梯度，液 - 固相变过程的推动力是过冷度，烧结过程的

5.6.78. 写出缺陷反应式

??2

??v_{La2O3}?ce_o???2lace?3_{oo}

2_{o3}

zr_{o2}?y???2zry??oi???3_{oo}

1/t

二. (10 分) 已知 O₂ 溶解在 FeO 晶体中形成贫铁氧化物 Fe_{1-x} 的反应如下：

1

???2Fe?2FeFe?O₂(g) = oo?vFeFe

2

试用扩散的微观理论推导 Fe 的扩散系数 D_{Fe2+} 与氧分压 p_{O2} 的关系式。

1

??e?2Fe?2FeFe?O₂(g) = oo?vFeFe

2

2

??e][Fe?[v_f Fe] 平衡常数 k₀(t)¹

p_{O2}

1

?³

??]?⁴[v_f??]?p_{O2}²exp(??g/rt)?[h]?²[v_fe

1¹¹³

??]?()⁶p_{O2}exp(??g/3rt)[v_fe

4

1

或 D_{Fe2+}?/FeO?p_{O2}⁶

1?^x

三. (10 分) 写出杨德尔模型要点及动力学关系式，为什么在转化率高时出现偏差？金斯特林格主要在杨德尔模型的基础上考虑了什么影响？

1

答：杨德尔方程： $f_j(g) = [1 - (1 - g)^3]^{2/3} k_j t$

2

金斯特林格方程： $f_k(g) = 1 - g \exp(-(1 - g)^3 / k_k t)$

杨德尔方程在反应初期具有很好的适应性，但杨氏模型中假设球形颗粒反应截面积始终不变，因而只适用反应初期转化率较低的情况。而金氏模型中考虑在反应进程中反应截面积随反应进程变化这一事实，因而金氏方程适用范围更广，可以适合反应初、中期。两个方程都只适用于稳定扩散的情况。

2 +

四（15分）说明影响扩散的因素？

答：化学键：共价键方向性限制不利间隙扩散，空位扩散为主。金属键离子键以空位扩散为主，间隙离子较小时以间隙扩散为主。

缺陷：缺陷部位会成为质点扩散的快速通道，有利扩散。

温度： $D = D_0 \exp(-Q/RT)$ Q 不变，温度升高扩散系数增大有利扩散。 Q 越大温度变化对扩散系数越敏感。

杂质：杂质与介质形成化合物降低扩散速度；杂质与空位缔合有利扩散；杂质含量大本征扩散和非本征扩散的温度转折点升高。

扩散物质的性质：扩散质点和介质的性质差异大利于扩散 扩散介质的结构：结构紧密不利扩散。

五（15分）试述熔体粘度对玻璃形成的影响？在硅酸盐熔体中，分析加入一价碱金属氧化物、二价金属氧化物或 B_2O_3 后熔体粘度的变化？为什么？

答：1) 熔体粘度对玻璃形成具有决定性作用。熔体在熔点时具有很大的粘度，并且粘度随温

度降低而剧烈地升高时，容易形成玻璃。

2) 在硅酸盐熔体中，加入 R_2O ，随着 O/Si 比增加，提供游离氧，桥氧数减小，硅氧网络断裂，使熔体粘度显著减小。加入 RO ，提供游离氧，使硅氧网络断裂，熔体粘度降低，

2+

但是由于 R 的场强较大，有一定的集聚作用，降低的幅度较小。加入 B_2O_3 ，加入量少时， B_2O_3 处于三度空间连接的 $[BO_4]$ 四面体中，使结构网络聚集紧密，粘度上升。随着 B_2O_3

3+

含量增加， B 开始处于 $[BO_3]$ 三角形中使结构网络疏松，粘度下降。

六（10分）简要说明：

（1）材料烧结时四种最基本的传质机理是什么？少量添加剂能促进烧结，其原因是什么？

答：固相烧结的主要传质方式有蒸发-凝聚传质和扩散传质，液相烧结的主要传质方式有溶解-沉淀传质和流动传质。

1) 外加剂与烧结主体形成固溶体使主晶格畸变，缺陷增加，有利结构基元移动而促进烧结。 2) 外加剂与烧结主体形成液相，促进烧结。 3) 外加剂与烧结主体形成化合物，促进烧结。 4) 外加剂阻止多晶转变，促进烧结。 5) 外加剂起扩大烧结范围的作用。

（2）说明晶粒长大和二次再结晶这两种过程的主要区别，在工艺上如何防止晶粒异常长大？

答：两者的比较见表格：

当达到 $v_b = v_{pbp}$

七（20分）分析下列相图

1. 划分副三角形；
2. 用箭头标出界线上温度下降的方向及界线的性质；
3. 判断化合物s的性质；
4. 写出各无变量点的性质及反应式；
5. 分析点1、2熔体的析晶路程。（注：s、1、e3在一条直线上）

答：1) 如图所示；

2) 温度下降方向如图所示；界线性质：单箭头所示为共熔线，双箭头所示为转熔线。 3) 不一致熔融三元化合物；

4) e1: 三元低共熔点， $l \rightarrow a+s+c$ ； e2: 三元低共熔点， $l \rightarrow c+s+b$ ； e3: 双转熔点， $l+a+b \rightarrow s$ ； 5) $l \rightarrow a$ 1) $l \rightarrow a$ + 熔体 1) $l[a, (a)]$

$e3[a, a+b+(s)]$ $f=1$ $f=3$ $f=2$

$l \rightarrow s$ $d[s, s+(b)]$ $e3[s, (a+b)]$ 消失 + s

$f=1$ $f=0$ $f=2$

$l \rightarrow s + c + e2$ $e2(l \text{ 消失})[1, s+b+c]$

$f=0$

$l \rightarrow b$ 熔体 2, (b)] $3[g, a+b+(s)]$ $f=2$ $f=1$ $f=3$

$l + a + b \rightarrow l \rightarrow s + l + b \rightarrow s$ $i[i, s+b]$ $e[h, (a \text{ 消失}) + b + s]$ 3

$f=1$ $f=2$

$l \rightarrow s + a + e2$ $e2[k, s+b+(c)]$ $e2(l \text{ 消失})[2, s+b+c]$

$f=0$

无机材料物理化学试题 2 答案

一、填空题（每空 1 分，共 25 分）

1. 物质在熔点时的粘度越 高 越容易形成玻璃， T_g/T_m 大于 $2/3$ (大于，等于，小于) 时容易形成玻璃。
2. 熔体是物质在液相温度以上存在的一种高能量状态，在冷却的过程中可以出现 结晶化 玻璃化 和 分相 三种不同的相变过程。
3. 从熔体中析晶的过程分二步完成，首先是 成核，然后就是晶体生长过程。均匀成核的成核速率由 受核化位垒影响的成核率 因子和受原子扩散影响的成核率 因子所决定的。
4. 固体中质点扩散的推动力是 化学位梯度；液 - 固相变过程的推动力是 过冷度，过饱和蒸气压、过饱和浓度；烧结过程的推动力是能量差、空位差、压力差。
5. 烧结的主要传质方式有 蒸发 - 凝聚、扩散传质、流动传质 和 溶解 - 沉淀 四种。
6. 一般说来，晶界 是气孔通向烧结体外的主要扩散通道。
7. 由点缺陷（肖特基和弗兰克尔缺陷）引起的扩散为本征 扩散，空位来源于掺杂而引起的扩散为 非本征 扩散。
8. 写出缺陷反应式

CaO

CaO

CaO

2

CaO

解：CaO 溶入 CaO 中可能有两种固溶型式：

1、生成氧离子空位置换型固溶体：（2 分）

缺陷反应： $\text{CaO} \rightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{O}^{2-}$

CaO

固溶体分子式： $\text{Ca}_{1-x}\text{Ca}_x\text{O}_{2-x}$

2、生成阳离子间隙型固溶体：（2 分）

$2\text{Ca}^{2+} + 2\text{O}^{2-}$ 缺陷反应： $2\text{CaO} \rightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{O}^{2-}$

CaO

固溶体分子式： $\text{Ca}_{1-x}\text{Ca}_x\text{O}_2$

当 CaO 溶入量为 15%mol 时，则

氧离子空位置换型固溶体的分子式为： $\text{Ca}_{0.85}\text{Ca}_{0.15}\text{O}_{1.85}$

$4 \times 0.85 \times 140.12 + 4 \times 0.15 \times 40.08 + 8 \times (1.85/2) \times 16$

$6.02 \times 10^{23} \times (5.417 \times 10^{-8})^3$

$4 \times 0.85 \times 140.12 + 4 \times 0.3 \times 40.08 + 8 \times (2/2) \times 16$

$6.02 \times 10^{23} \times (5.417 \times 10^{-8})^3$

3

$=6.467 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ (2分)

3

$=6.819 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ (2分)

3

试用玻璃结构参数说明两种玻璃高温下粘度的大小？ 答：

对于 1： $\text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3=1$ ，所以 Al_2O_3 为网络变性体 (1分)

$y_1=2.72$ (2分) 对于 2： $\text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3=1$ ，所以 Al_2O_3 为网络形成体 (1分)

$y_2=3.66$ (2分) $y_1 < y_2$ 序号 1 的玻璃组成的粘度比序号 2 的玻璃小。 (2分) 四 (10分) 写出杨德尔方程动力学关系式，试比较杨德尔方程和金斯特林格方程的优缺点及其适用条件。

解：杨德尔方程动力学关系式： (2分)

杨德尔方程：
$$f_j(g) = [1 - (1 - g)^{1/3}]^2 k_j t$$

1

32

杨德尔方程在反应初期具有很好的适应性，但杨氏模型中假设球形颗粒反应截面积始终不变，因而只适用反应初期转化率较低的情况。

(3分) 而金氏模型中考虑在反应进程中反应截面积随反应进程变化这一事实，因而金氏方程适用范围更广，可以适合反应初、中期。

(3分) 两个方程都只适用于稳定扩散的情况。 (2分) 五 (15分)

从热力学和动力学角度对比不稳分解和均匀成核成长这两种相变过程，并说明如何用实验方法区分这两种过程？在玻璃工业中，分相有何作用？请举例说明。

答：不稳分解：在此区域内，液相会自发分相，不需要克服热力学势垒；无成核-长大过程，分相所需时间极短，第二相组成随时间连续变化。在不稳分解分相区内，随着温度的降低、时间的延长，析出的第二相在母液中相互贯通，形成蠕虫状结构。 (5分) 成核-生成：在此区域内，在热力学上，系统对微小的组成起伏是亚稳的，形成新相需要做功，即存在成核势垒，新相形成如同结晶过程的成核-长大机理，分相所需时间长，分