

北京科技大学

814 材料科学基础

(真题精讲课程内部讲义)

海文考研专业课教研中心

<http://a.wanxue.cn>

目录

1.1 真题分析	2
1.2 真题剖析	2
1.2.1 2012 年真题	2
1.2.2 2011 年真题	11
1.2.3 2010 年真题	19
1.3 真题剖析要点总结	25
1.3.1 常考题型分析总结	25
1.3.2 常考知识点总结	26
1.4 历年真题汇总	26
1.4.1 2012 年真题	26
1.4.2 2011 年真题	29
1.4.3 2010 年真题	31

通过真题的学习和掌握，可以帮助学生把握考试重点。每年的考点在历年试题中几乎都有重复率，因此，通过对历年真题的把握，可以掌握今年考试的重点。另外，可以通过对历年真题的学习，把握出题者的思路及方法。每种考试都有自己的一种固定的模式和结构，而这种模式和结构，通过认真揣摩历年真题，可以找到命题规律和学习规律。因此，本部分就真题进行详细剖析，以便考生掌握命题规律、知悉命题的重点、难点、高频考点，帮助考生迅速搭建该学科考试的侧重点和命题规则。

1.1 真题分析

年份	题型	分值	考察范围	考察难度
2012	名词解释	40	2-9 章	理解
	分析题	95	2、4、5、7、9 章	掌握
	相图	15	第 7 章	掌握、应用
2011	名词解释	40	2-9 章	理解
	分析题	80	2、3、5、6、9 章	掌握
	相图	30	8、9 章	掌握、应用
2010	简述	30	2-9 章	理解
	分析题	100	2-9 章	掌握
	相图	20	第 7 章	掌握、应用

综合来说，材料科学基础专业课这几年的题型变化不大，主要有名词解释、分析论述、相图的应用等题型，难度略有增加，侧重于对知识的灵活运用。在复习时，对于了解的知识点，复习的时候，首先应注重对基本知识点的理解，避免死记硬背，要了解概念背后的含义，并注重各章节知识的连贯性；对于熟悉的知识点，复习的时候，应注重挖掘其深层含义，并注重将其与其他知识的连贯性，切不可只知道概念，而不知道应用的地方；对于掌握的知识点，复习的时候，应注意模块化的复习方式，揣摩出题人的命题思路和命题的着手点，有针对性地进行复习。

1.2 真题剖析

1.2.1 2012 年真题

【点评】 本年份真题包括以下 2 种题型：5 道简答题，每道题 8 分，总计 40 分；9 道分析论述题，每道题 10~20 分，总计 110 分；

和往年考试题目对比，题型变化很小，其中，题型变化最大的是画图等题型。

一、 简答题(8 分/题，共 40 分)

【题目】 1. 写出七种晶系的名称及点阵参数之间的关系。

【解题】 七种晶系及其分别的点阵参数关系：

①立方晶系： $a=b=c$ ， $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ ，(只有一个晶胞参数 a)

- ②四方晶系: $a=b \neq c$, $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$, (有 2 个晶胞参数 a 和 c)
- ③六方晶系: $a=b \neq c$, $\alpha = \beta = 90^\circ$, $\gamma = 120^\circ$, (有 2 个晶胞参数 a 和 c)
- ④正交晶系: $a \neq b \neq c$, $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$, (有 3 个晶胞参数 a, b 和 c)
- ⑤单斜晶系: $a \neq b \neq c$, $\alpha = \gamma = 90^\circ$, $\beta \neq 90^\circ$, (有 4 个晶胞参数 a, b, c 和 β)
- ⑥三斜晶系: $a \neq b \neq c$, $\alpha \neq \beta \neq \gamma$, (有 6 个晶胞参数 a, b, c, α, β 和 γ)
- ⑦菱方晶系: $a = b = c$, $\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$, (有 2 个晶胞参数 a 和 α)

【分析】本题主要涉及晶体学的相关知识,主要考察同学们对于晶系及相应的点阵参数的识记与记忆,属于理解层次的知识点。

【题目】2 简述临界分切应力的概念;(2011.1.2)

【解题】临界分切应力是使单晶体中的滑移系启动的分切应力值。在滑移面的滑移方向上,只有当分切应力值达到或者超过某一特定的大小以后,沿这一滑移系才能开始滑移。

【分析】本题主要考察同学们对于临界分切应力的概念,属于理解层次的知识点。临界分切应力是滑移系开动所需的最小分切应力,为定值,与材料本身性质有关,与外力取向无关。临界分切应力是使单晶体中的滑移系启动的分切应力值。在滑移面的滑移方向上,只有当分切应力值达到或者超过某一特定的大小以后,沿这一滑移系才能开始滑移。

【题目】3 给出一级相变和二级相变的分类原则和相变特征;(2011.6)

【解题】相变时,两相化学势相等,但化学势的一阶偏微商不一定相等,这类相变称为一级相变。发生一级相变时,体积、熵(焓)等有突变。

相变时,两相化学势相等,化学势的一阶偏微商也相等,但化学势的二阶偏微商不相等,这类相变称为二级相变。发生二级相变时,材料的压缩系数、膨胀系数、比热容等有突变。

【分析】本题考查同学们对于一级相变与二级相变概念的理解。相变时,两相化学势相等,但化学势的一阶偏微商不一定相等,这类相变称为一级相变。因为化学势的一阶偏微商可能是体积、熵(焓),故发生此类相变时,体积、熵(焓)等有突变。如晶体的凝固、升华、熔化以及金属、合金中的大多数固态相变均属于一级相变。

相变时,两相化学势相等,化学势的一阶偏微商也相等,但化学势的二阶偏微商不相等,这类相变称为二级相变。因为化学势的二阶偏微商可为材料的压缩系数、膨胀系数、比热容等,故相变时材料的压缩系数、膨胀系数、比热容等有突变。如磁性转变、一些合金中的有序、无序转变及超导态转变等属于二级相变。

【题目】4 分析金属或合金的结晶形态；(2010. 1. 2)

【解题】(1) 纯金属：正温度梯度下，由于界面上即使有凸起部分伸入温度较高的液体中，其生长速度也会减缓甚至停止，周围过冷度会赶上来，导致凸起部分消失，故晶体生长以接近平面状向前推移。负温度梯度下，相界面处温度由于结晶潜热的释放而升高，使液相处于过冷条件下。若部分相界面凸起到液相中，则可处于温度更低的液相中，固液界面形成许多神像液体的分枝，称为树枝晶。

(2) 合金：液相前沿温度梯度为负时，界面可凸出长大，并可呈树枝状生长。此外，此时界面前沿液体中实际温度低于溶质分布所决定的凝固温度时产生过冷，即成分过冷。

【分析】本题考查金属与合金结晶界面前沿的形貌。金属与合金的结晶在正、负温度梯度下有不同的形貌。主要是在正温度梯度下，界面呈近平面状向前推移；在负温度梯度下，界面呈树枝状晶。此外，合金结晶时，界面处还会产生成分过冷。此知识点较独立，复习时应注重对基本知识的识记与理解。

【题目】5 给出再结晶温度的定义。(2011. 1. 8)

【解题】形变金属在一定时间内刚好完成再结晶的最低温度。属于动力学概念。(再结晶温度、再结晶时间)

【分析】对于本题的复习可参照 2011 年的名词解释第 8 题，主要考察再结晶温度的概念。复习时，要注重对基础概念的识记。再结晶属于动力学概念，再结晶的过程包含再结晶温度、再结晶时间等两大方面的因素。

【题目】二、纯 Cu 晶体在常温下的点阵常数为 $a=0.3615\text{nm}$ ：

1. 指出其晶体结构类型和配位数 (3 分)；
2. 简略计算 Cu 原子半径、原子致密度和两类间隙半径 (6 分)；
3. 画出 Cu 原子在 (111) 晶面的分布情况，并计算其晶面间距和原子在晶面上的致密度 (6 分)。(共 15 分)

【解题思路】Cu 属于面心立方金属，配位数为 12

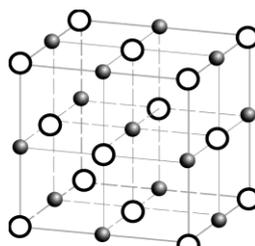
面心立方金属：密排面晶面指数 {111}；密排面原子排列状况：八面体间隙中心位置为 $1/2, 1/2, 1/2$ 及其等效位置，即晶胞各棱的中点，每个晶胞含有 4 个八面体间隙。

【分析】Cu 属于面心立方金属，晶胞参数： $a = b = c = 361.49 \text{ pm}$ ； $\alpha = 90^\circ$ ， $\beta = 90^\circ$ ， $\gamma = 90^\circ$ 。

两类间隙指四面体间隙和八面体间隙。

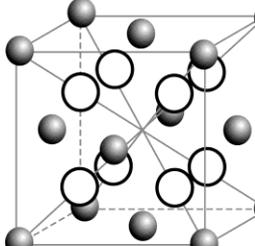
原子半径、致密度、及四面体、八面体间隙相关知识参照《材料科学基础》上海交通大学版“晶体学”部分描述。

【题目】三、分别画出下列离子晶体的布拉菲点阵（下图中的点阵参数均为 $a=b=c$ ， $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ ）。（10分）



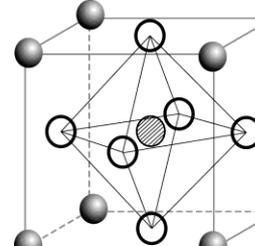
【解题】 ○ Na ● Cl

NaCl
面心立方



● Ca ○ F

CaF₂
面心立方

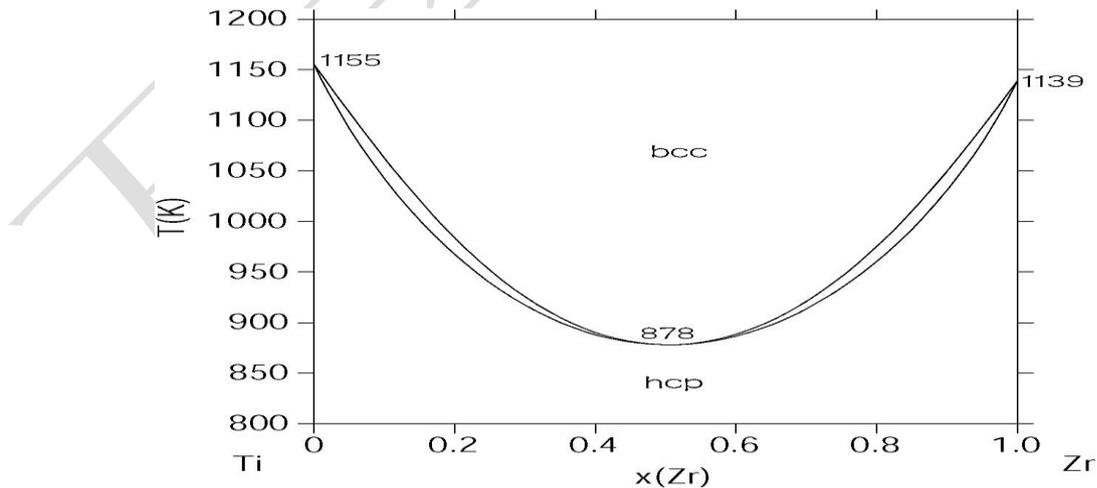


● Ca ● Ti ○ O

CaTiO₃
简单立方

【分析】 本题主要考查晶体学的相关知识，主要针对同学们是否能根据离子晶体的模型抽象出相应的布拉菲点阵。解题中，应首先对给出的模型进行抽象，将同种原子进行归类；之后对于点阵类型进行判断，继而画出相应的布拉菲点阵类型。

【题目】四、示意画出下面的 Ti-Zr 体系中 bcc 和 hcp 相在 1155、1139、1000 和 878K 时的 Gibbs 自由焓-成分曲线。（15分）



【解题思路】 当 A、B 两种组元混合形成固溶体时，引起自由能的变化：

$$\Delta G_m = \Delta H_m - T \Delta S_m$$

$$\Delta G_m = G - G_0$$

$$G_0 = \mu_A^0 x_A + \mu_B^0 x_B$$

$$G = G_0 + \Delta G_m = \mu_A^0 x_A + \mu_B^0 x_B + \Delta H_m - T\Delta S_m$$

$$G = \mu_A^0 x_A + \mu_B^0 x_B + \Omega x_A x_B + RT(x_A \ln x_A + x_B \ln x_B)$$

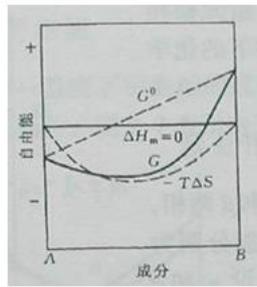
$$\Omega = N_a Z \varepsilon$$

$$\varepsilon = \varepsilon_{AB} - (\varepsilon_{AA} + \varepsilon_{BB}) / 2$$

$$G = \mu_A^0 x_A + \mu_B^0 x_B + \Omega x_A x_B + RT(x_A \ln x_A + x_B \ln x_B)$$

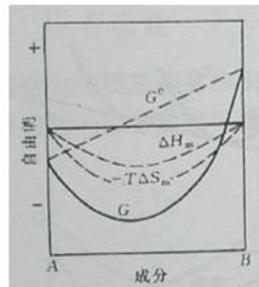
$$\Omega = N_a Z \varepsilon$$

$$\varepsilon = \varepsilon_{AB} - (\varepsilon_{AA} + \varepsilon_{BB}) / 2$$



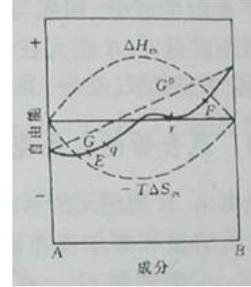
$$\Omega = 0, \varepsilon = 0, \Delta H = 0$$

无序固溶体, 无热效应



$$\Omega < 0, \varepsilon < 0, \Delta H < 0$$

有序固溶体,
放热反应



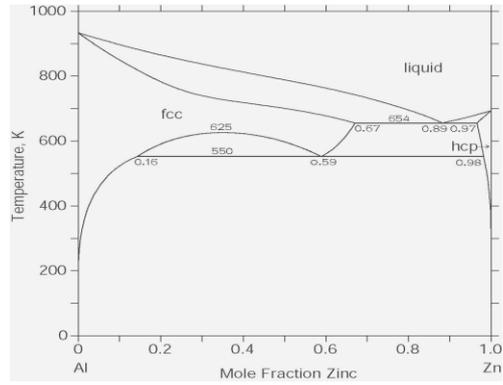
$$\Omega > 0, \varepsilon > 0, \Delta H > 0$$

不均匀固溶体
吸热反应

【分析】考察相平衡及相热力学，具体涉及二元熔体的自由焓-成分曲线。

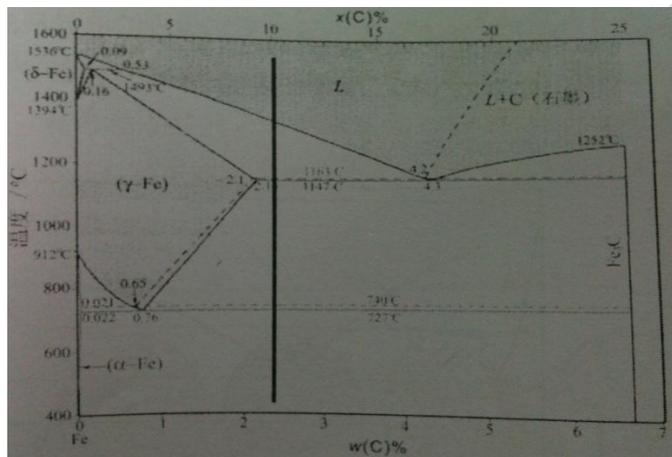
【题目】五、根据下面的 Al-Zn 相图，

- 1 写出其中的三相反应式 (4 分);
- 2 画出 $x(\text{Zn})=0.80$ 合金的缓慢冷却曲线，并写出各阶段相对应的组织 (8 分);
- 3 画出上述合金缓慢冷却到室温时的组织示意图，并计算各组织组成物的相对含量 (8 分)。(共 20 分)



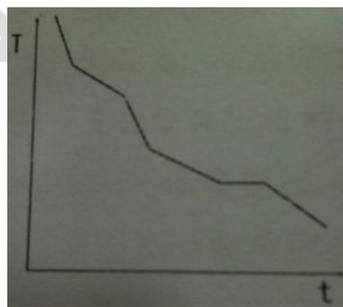
【解题】(1) 共晶反应

(2) 参考铁碳相图。如 1.1wt%铁碳合金。

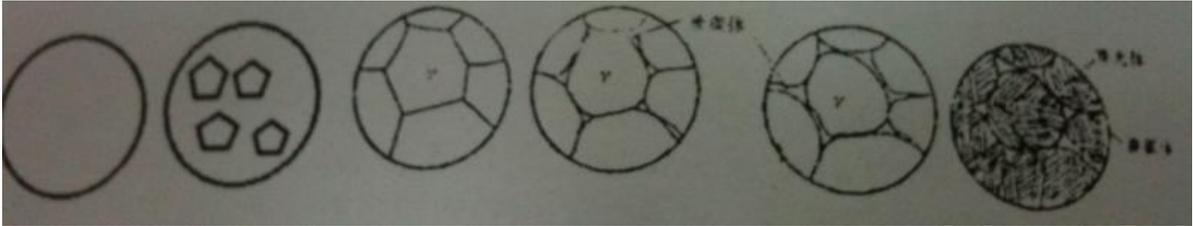


1.1%钢由液相区冷却，先进入 L+ γ 奥氏体两相区，形成枝晶或等轴状 γ 奥氏体相，之后进入奥氏体区；继续冷却，剩余奥氏体转化为珠光体，最后组织为珠光体+网状二次渗碳体。

步冷曲线：



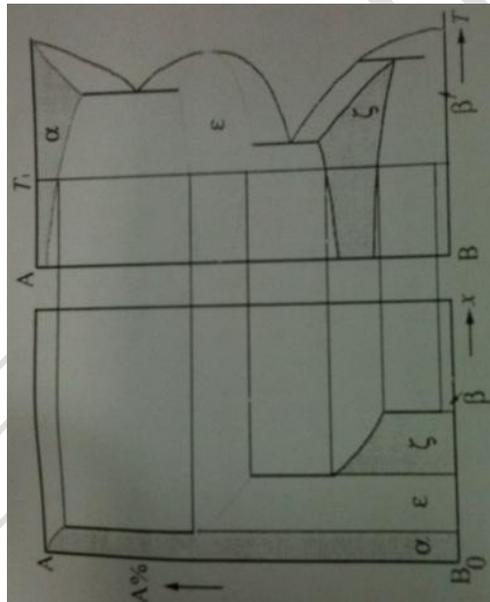
组织转变：



【分析】在材科基的教材中，详细地讲述了铁碳相图的相关知识，包括共晶反应、步冷曲线、组织的转变等。本题中的相图并未在课堂中详细地讲述。故本题考察的实质内容为铁碳相图的相关知识，包括共晶反应式及步冷曲线以及杠杆规则等。解答此题时需要对上述知识进行联系。

【题目】六、根据上面的 Al-Zn 相图，将纯 Al 和 Zn 形成扩散偶，在 600K 长时间保温，示意画出扩散层中 $x(\text{Zn})$ 随扩散距离 d 的变化曲线及相应出现的物相。（10 分）

【解题】



【分析】本题考察的知识点为反应扩散。主要考察 Al-Zn 扩散偶在一定温度下保温，扩散层中的元素扩散情况。在复合材料的制备与加工过程中，界面处常会发生冶金结合，本题考查的知识对于进行复合材料冶金结合扩散层厚度的推算具有理论依据的作用。这也体现了考研真题向实际靠拢的趋势。

【题目】七、一个多晶体试样经变形后，在再结晶温度以上退火，请画出位错密度、晶粒（不包括亚晶）平均尺寸、强度、塑性以及电阻率随退火时间变化的示意图（把各种变化分别画一个图，注意它们的对应关系），并对其作出简单说明。（10 分）

【解题】

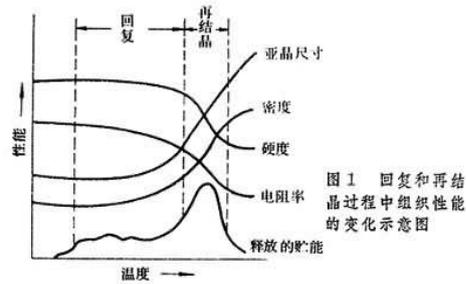


图1 回复和再结晶过程中组织性能的变化示意图

随退火温度的升高或退火时间的延长，形变组织中的位错缠结，演变为亚晶，亚晶进行合并并长大；在形变不均匀区内发生再结晶形核及长大，无位错的等轴再结晶晶粒取代长条状高位错密度的形变晶粒；随后是晶粒正常长大；储存能逐渐释放，特别是再结晶阶段释放的最显著。

性能变化：

硬度、强度：回复阶段的硬度变化很小，约占总变化的 20%，再结晶阶段硬度和强度下降较多。主要是与金属中的位错机制有关：回复阶段变形金属仍保持很高的位错密度；发生再结晶后，由于位错密度显著降低，硬度与强度显著降低。

电阻：变形金属的电阻在回复阶段已表现出明显的下降趋势。因为电阻率与晶体点阵中的点缺陷（空位、间隙原子等）密切相关。点缺陷引起的点阵畸变使传导电子发生散射，提高电阻率。故回复阶段由于点缺陷密度明显减少而导致电阻率明显下降。

内应力：回复阶段，宏观内应力可基本消除；再结晶阶段可消除全部微观内应力。

亚晶粒尺寸：回复前期变化不大；回复后期，尤其接近再结晶时，显著增大。

密度：再结晶阶段发生急剧升高，主要原因是再结晶中位错密度显著降低，此外，前期点缺陷数目减小。

储能释放：当冷变形金属加热到足以引起应力松弛的温度时，储能会得到释放。回复阶段各材料释放储能均较小，再结晶晶粒出现的温度对应于储能释放曲线的高峰处。

【分析】 本题主要考察回复、再结晶的相关知识，集中考察了多晶体试样经过回复、再结晶过程后，性能的变化。考生在解题中应明确组织决定性能的观念：性能的变化是由于再结晶过程中，晶体的组织，即晶粒的形貌与尺寸发生了变化，再由此得出晶粒尺寸变化会导致各方面性质发生什么样的具体变化。

【题目】 八、叙述金属或合金塑性变形的主要方式，并分别写出 Al 和 Mg 合金的滑移系，同时说明每种合金经拉伸变形后的显微组织形貌特征及产生原因。（10 分）

【解题】 Al、Fe 分别为面心立方和体心立方金属，滑移系比较多，晶体变形主要以滑移为主，拉伸后表面呈现出滑移带；Mg 为密排六方金属，滑移系很少，拉伸后主要呈现出孪晶。

【分析】 本题主要考察不同类型金属的滑移、孪生等变形方式。我们经常提到塑性变形后，面心立方和体心立方金属由于滑移系比较多，晶体变形主要以滑移为主；密排六方金属滑移系很少，拉伸后主要呈现出孪晶。而拉伸变形也属于塑性变形的一种，故同学们复习时应活学活用，充分联系课堂讲述的知识。

【题目】 九、共析转变是典型的扩散型固态转变，指出其转变的驱动力和阻力，并讨论共析成分合金转变完成后可能出现的典型组织形态。(10分)

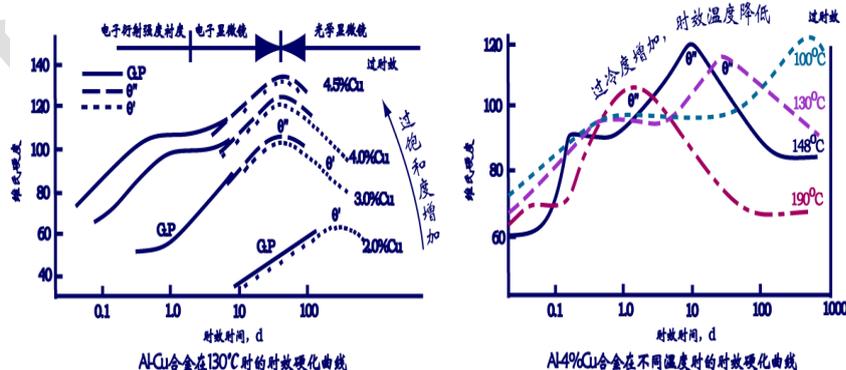
【解题思路】 固态相变本身属于相变，但是一种特殊的相变。固态相变与其它相变遵循着共同的相变规律（如驱动力、动力学等等），且具有自身的特殊性：由于新旧相之间密度不同而导致了弹性应变能的存在；为减小长大阻力而出现惯习现象等。

对于包括固态转变在内的相变：正温度梯度下，由于界面上即使有凸起部分伸入温度较高的液体中，其生长速度也会减缓甚至停止，周围过冷度会赶上来，导致凸起部分消失，故晶体生长以接近平面状向前推移。液相前沿温度梯度为负时，界面可凸出长大，并可呈树枝状生长。此外，此时界面前沿液体中实际温度低于溶质分布所决定的凝固温度时产生过冷，即成分过冷。

【分析】 考察知识点：

- ① 固态相变的特点：驱动力、阻力等；
- ② 金属相变，界面的形貌（正温度梯度下，负温度梯度下）。

【题目】 十、结合下面给出的 Al-Cu 合金时效硬化曲线，讨论在不同成分和热处理条件下可能出现的脱溶贯序，各阶段脱溶相的大小、形状和分布特点、与母相的界面关系及强化效果。(10分)



【解题】 (1) 脱溶贯序

固溶体的脱溶过程主要是指过饱和的固溶体不断形成一个成分不同的新相，母相则由过饱和状态逐渐变为饱和状态，当母相完全饱和时脱溶及宣告结束。

脱溶贯序过程：GP区 → θ' → θ' → θ 。

其中 GP 区是铜原子富集区； θ'' 、 θ' 是四方结构亚稳相，圆盘状，沿基体的 {100} 面析出，具有共格/半共格界面，与基体存在特定的取向关系； θ 是四方结构稳定相，不规则形状。

(2) 图中体现的规律

随铝中含铜量提高，过饱和度加大，脱溶驱动力加大，析出速度加快，硬度值增加。

时效温度低时，出现的硬度峰值比较高，但需要的时间比较长。时效温度越高，扩散速度加快，析出加快，但过饱和度减小，脱溶驱动力减小，有可能析出的贯序不完全，GP 区或亚稳相可能不出现。

时效强化主要靠 GP 区和 θ'' 相，因两者很细小、弥散，有共格或半共格界面，强化效果好。

【分析】 本题主要考察脱溶贯序的相关知识。固溶体的脱溶过程主要是指过饱和的固溶体不断形成一个成分不同的新相，母相则由过饱和状态逐渐变为饱和状态，当母相完全饱和时脱溶即宣告结束。而固溶体的脱溶过程应遵循一定的脱溶贯序。本题以具体的曲线为载体，考察了上述知识。复习中应掌握基本概念，并注重针对具体题目的应用。

1.2.2 2011 年真题

【点评】 本年份真题包括以下 2 种题型：8 道名词解释题，每道题 5 分，总计 40 分；9 道分析（含相图）题，每道题 10~15 分，总计 110 分；

和往年考试题目对比，题型变化很小。

一、名词解释

【题目】 1 空间点阵

【解题】 晶体是由结构单元在空间呈规则的三维周期排列而形成的。若把每个基元抽象为一个点，这些点具有完全相同的几何环境和物理环境，成为等同点。

由构成晶体的结构基元抽象出来的等同点在三维空间中的周期排列称为空间点阵。空间点阵中的各个点又叫做阵点。

空间点阵指几何点在三维空间作周期性的规则排列所形成的三维阵列，是人为的对晶体结构的抽象。

【分析】 本题主要考察空间点阵的相关知识，属于理解层次知识点。答题时需要说明“空间点阵”的概念，以及相关知识点，如“等同点”等。

【题目】 2 临界分切应力

【解题】 临界分切应力是滑移系开动所需要的最小分切应力；它是一个定值，与材料本身性质有关，与外力取向无关。

临界分切应力是使单晶体中的滑移系开动的分切应力值。在滑移面的滑移方向上，只有当分切应力的值达到或超过某一特定的大小以后，沿这一滑移系才能开始滑移，这个特定的值就是临界分切应力。

【分析】本题主要考察同学们对于临界分切应力的概念，属于理解层次的知识点。临界分切应力是滑移系开动所需的最小分切应力，为定值，与材料本身性质有关，与外力取向无关。临界分切应力是使单晶体中的滑移系启动的分切应力值。在滑移面的滑移方向上，只有当分切应力值达到或者超过某一特定的大小以后，沿这一滑移系才能开始滑移。

【题目】3 滑移系

【解题】晶体中一个滑移面及该面上的一个滑移方向的组合称一个滑移系。

【分析】本题主要考察同学们滑移面、滑移方向以及滑移系的概念，属于理解层次的知识点。

【题目】4 堆垛层错

【解题】实际晶体结构中，密排面的正常堆垛顺序有可能遭到破坏和错排，如密排面{111}由 ABCABC 堆垛变为 ABCABABC……，成为堆垛层错，简称层错。

【分析】本题主要考察同学们堆垛层错的概念，属于理解层次的知识点。答题中说明清楚堆垛层错即可。

【题目】5 调幅分解（上交《材料基》P398）

【解题】过饱和固溶体在一定温度下分解成结构相同、成分不同的两个相的过程。

调幅分解是自发的脱溶过程，它不需要形核，其成分在拐点线之间，母相的任何涨落都会导致吉布斯自由能的减小，系统自动地分解为富 A 和富 B 的两部分，通过上坡扩散使两部分的成分发生连续变化，直至达到形成成分不同、结构相同的两个相。

【分析】本题主要考察同学们调幅分解的概念，属于理解层次的知识点。需要说明调幅分解的概念，以及调幅分解是自发的脱溶过程等。

【题目】6 脱溶

【解题】一个固溶体体系在高温时是单相（未饱和），因为溶解度一般随温度降低而降低，这个单相体系冷却到低温时变成不稳定的过饱和固溶体。若条件允许，将会发生过饱和固溶体脱溶分解，从 α 母相中产生 β ， β 的产生和长大过程称为脱溶。

反应式： $\alpha_{\text{过饱和}} \rightarrow \alpha_{\text{饱和}} + \beta$

【分析】本题主要考察同学们脱溶的概念，属于理解层次的知识点。

【题目】7 上坡扩散（2009.9）

【解题】溶质原子从低浓度向高浓度扩散的过程。

表明扩散的驱动力是化学梯度而非浓度梯度。

【分析】本题主要考察同学们上坡扩散的概念，属于理解层次的知识点。需要答出上坡扩散的概念及其表明了什麼。

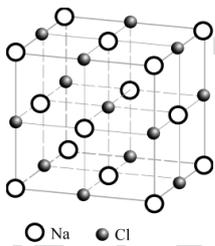
【题目】8 再结晶温度

【解题】形变金属在一定时间内刚好完成再结晶的最低温度。属于动力学概念。

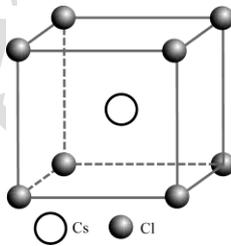
【分析】本题主要考察同学们再结晶温度的概念，属于理解层次的知识点。主要涉及金属材料回复、再结晶的相关知识。

二、分析题

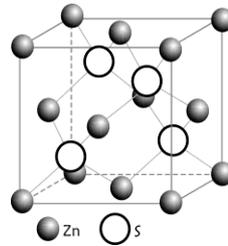
【题目】1、分别给出下列离子晶体的布拉菲点阵类型和下面晶胞中正、负离子的个数。（下图中的点阵参数均为 $a=b=c$ ， $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ ）（15 分）



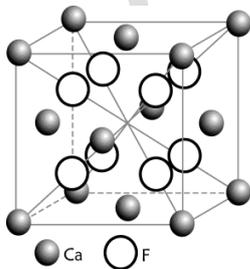
NaCl



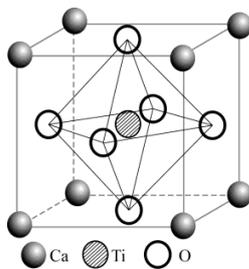
CsCl



ZnS



CaF₂



CaTiO₃

【解题】

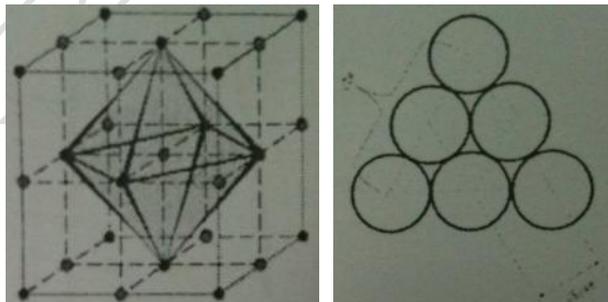
离子晶体	布拉菲点阵类型	正离子个数	负离子个数
NaCl	面心立方 (fcc)	4	4
CsCl	简单立方	1	1
ZnS	面心立方 (fcc)	4	4
CaF ₂	面心立方 (fcc)	4	8
CaTiO ₃	简单立方	1+1	3

【分析】 本题主要考查晶体学的相关知识，主要针对同学们是否能根据离子晶体的模型抽象出相应的布拉菲点阵。解题中，应首先对给出的模型进行抽象，将同种原子进行归类；之后对于点阵类型进行判断，继而判断出正、负离子的个数。

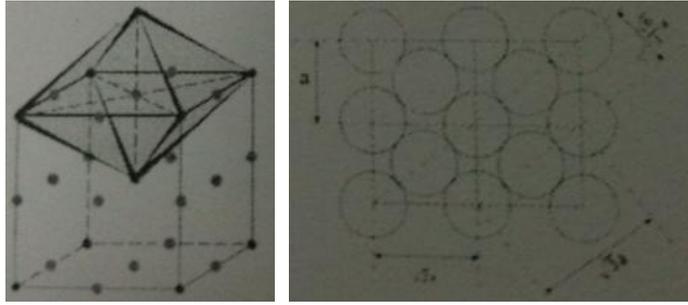
【题目】 2、写出面心立方结构和体心立方结构金属的密排面(或相对密排面)的晶面指数、画出密排面(或相对密排面)上原子的具体排列情况，并在晶胞中标出所有八面体间隙的位置。(15分)(2007.7、2008.3)

【解题】

(1) 面心立方：密排面晶面指数 {111}；密排面原子排列状况：八面体间隙中心位置为 $1/2, 1/2, 1/2$ 及其等效位置，即晶胞各棱的中点，每个晶胞含有 4 个八面体间隙。



(2) 体心立方：密排面 {110}，相对密排面 {112} {123}；密排面原子排列情况：八面体间隙位置位于 $1/2, 1/2, 0$ 及其等效位置，即晶胞立方体棱边的中心及立方体 6 个面的中心。每个晶胞内含有 6 个八面体间隙。体心立方的八面体不是正八面体，而是在一个方向上略受压缩的扁八面体。



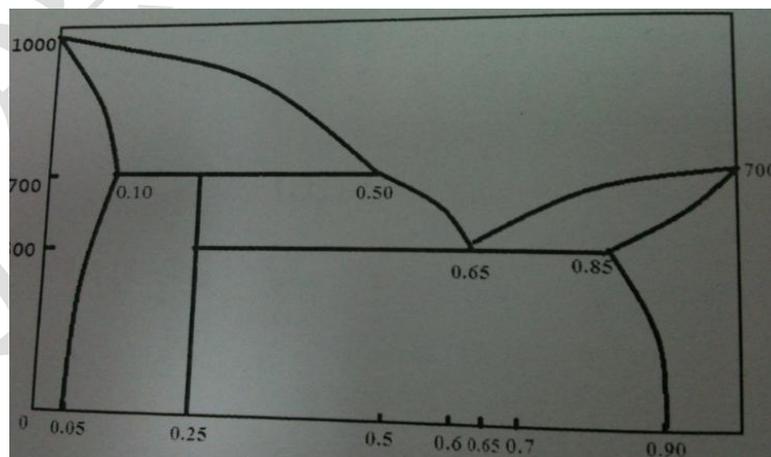
【分析】 考察知识点：面心立方 (A1) 与体心立方 (A2) 晶体结构。考察四面体、八面体间隙位置及其半径；密排面原子排列；体密度、面密度、线密度；画出晶面、晶向等。

【题目】 3、组元 A 和组元 B 的熔点分别为 1000°C 和 700°C ，室温时 B 在 A 的固溶体 α 中的固溶度是 $x_B=0.05$ ，A 在 B 的固溶体 β 中的固溶度是 $x_A=0.10$ ；在 700°C 时有一个三相平衡，在此温度 α 固溶体的成分是 $x_B=0.1$ ，一个成分为 $x_B=0.30$ 的合金在稍高于 700°C 时存在 50% α 相和 50% 液相，在稍低于 700°C 时则存在液相和化合物 A_3B 两相；在 500°C 时存在另一个三相平衡，液相 ($x_B=0.65$) 分解为化合物 A_3B 和 β 固溶体 ($x_B=0.85$) 两相。试构造一个合理的 A-B 二元相图。(15 分)

【解题】 由一个成分为 $x_B=0.30$ 的合金在稍高于 700°C 时存在 50% α 相和 50% 液相，通过杠杆定律得出液相成分为 0.50；

由化合物 A_3B ，得出 $x_B=0.25$ ；

绘制相图：

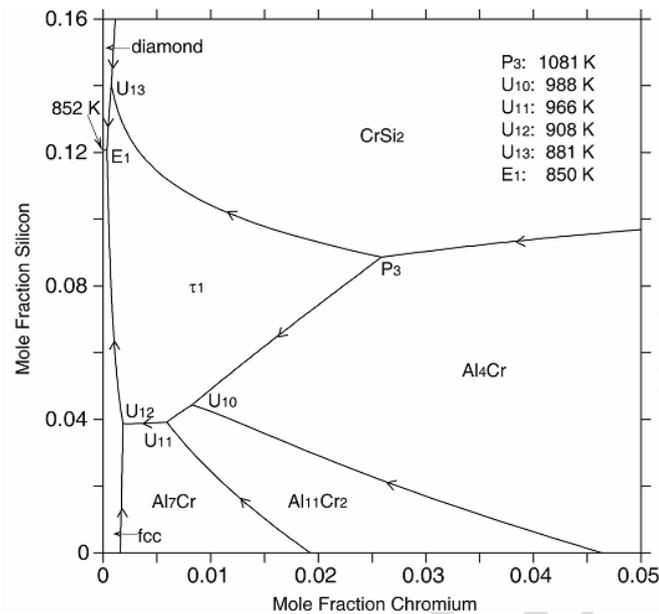


【分析】 考查知识点：绘制二元相图。

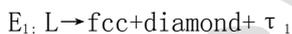
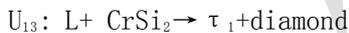
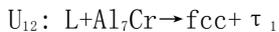
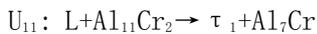
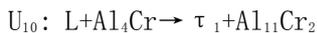
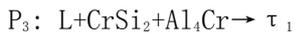
绘制二元相图的根据：相的成分、杠杆定律；关键：确定几处关键点（共晶点、包晶点）的温度、成分。最后根据反应式定出曲线。

【题目】 4、根据下面的 Al-Cr-Si 体系的局部液相面投影图，写出该图中的四相不变反应式。(15 分)

(引自 J. Phase Equili. Diff. 2009, 30(5):462-479)



【解题】 不变反应式:



【分析】 考查知识点: 三元相图, 不变反应。

本题为北科材料科基考研中首次涉及三元相图相关知识。考察三种不变反应, 不变反应就是四相平衡反应。同学们在今后复习中, 应注重全面性。

【题目】 5、按热力学参数变化特征, 固态相变可以分为一级相变和二级相变两类。阐述发生一级相变和二级相变时热力学参数的变化特征及相关性质的变化特点。(10 分)

【解题】 按相变时热力学参数变化的特征, 将相变分为一级相变和高级相变。

相变时, 两相化学势相等, 但化学势的一阶偏微商不一定相等, 这类相变称为一级相变。因为化学势的一阶偏微商可能是体积、熵(焓), 故发生此类相变时, 体积、熵(焓)等有突变。如晶体的凝固、升华、熔化以及金属、合金中的大多数固态相变均属于一级相变。

相变时, 两相化学势相等, 化学势的一阶偏微商也相等, 但化学势的二阶偏微商不相等, 这类相变称为二级相变。因为化学势的二阶偏微商可为材料的压缩系数、膨胀系数、比热容等, 故相变时材

料的压缩系数、膨胀系数、比热容等有突变。如磁性转变、一些合金中的有序、无序转变及超导态转变等属于二级相变。

【分析】 考查知识点：一级相变，二级相变。本题考查同学们对于一级相变与二级相变概念的理解。相变时，两相化学势相等，但化学势的一阶偏微商不一定相等，这类相变称为一级相变。因为化学势的一阶偏微商可能是体积、熵（焓），故发生此类相变时，体积、熵（焓）等有突变。如晶体的凝固、升华、熔化以及金属、合金中的大多数固态相变均属于一级相变。

相变时，两相化学势相等，化学势的一阶偏微商也相等，但化学势的二阶偏微商不相等，这类相变称为二级相变。因为化学势的二阶偏微商可为材料的压缩系数、膨胀系数、比热容等，故相变时材料的压缩系数、膨胀系数、比热容等有突变。如磁性转变、一些合金中的有序、无序转变及超导态转变等属于二级相变。

【题目】 6、从热力学（能量）角度分析纯金属在凝固过程中均匀形核时的临界晶核形成过程。（10 分）（2007.2）

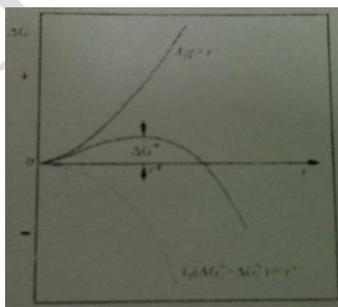
【解题】 凝固过程中，液相中存在结构起伏，形成短程有序原子集团。在过冷液体中出现晶坯能量变化：

(1) 新相形成使系统自由能降低，降低量为 $V_{\beta} \Delta G_v = 4/3 \pi r^3 \Delta G_v$ ，为相变的驱动力；

(2) 晶坯构成新的表面，引起表面自由能的升高，增加量为 $A_{\beta} \gamma = 4 \pi r^2 \gamma$ ，为相变的阻力。

固液相变，体积应变能完全释放掉，其值为 0。故总自由能变化为上述二者之和：

$$\Delta G = V_{\beta} \Delta G_v + A_{\beta} \gamma = 4/3 \pi r^3 \Delta G_v + 4 \pi r^2 \gamma$$



存在临界半径 r^* ， ΔG 在 $r=r^*$ 时达到最大值； $r < r^*$ 时，晶核的长大会使自由能增加，晶坯不稳定，最终熔化消失； $r > r^*$ 时，晶坯长大会使自由能降低，从而成为稳定的晶核。因此，晶坯只有达到临界半径才能成为稳定的晶核。

【分析】 考查知识点：凝固形核的热力学条件。母相中通过涨落形成的原子集团，若能长成稳定或亚稳定的结构，或核心达到一定的尺寸，即可成为新相的核心。驱动力：新相与旧相之间的自由能差；

阻力：新增的界面能。

【题目】7、简述金属和合金回复与再结晶概念，并讨论在回复与再结晶过程中组织与性能的变化情况。（10分）（2007.5）

【解题】回复：新的无畸变晶粒出现之前所产生的亚结构和性能变化的阶段。

再结晶：冷变形后的金属加热到一定温度之后，在原变形组织中重新产生了无畸变的新晶粒，性能也发生明显变化，并恢复到变形前的状态。（无畸变的等轴晶粒逐步取代变形晶粒。）

随退火温度的升高或退火时间的延长，形变组织中的位错缠结，演变为亚晶，亚晶进行合并并长大；在形变不均匀区内发生再结晶形核及长大，无位错的等轴再结晶晶粒取代长条状高位错密度的形变晶粒；随后是晶粒正常长大；储存能逐渐释放，特别是再结晶阶段释放的最显著。

性能变化：

硬度、强度：回复阶段的硬度变化很小，约占总变化的 20%，再结晶阶段硬度和强度下降较多。主要是与金属中的位错机制有关：回复阶段变形金属仍保持很高的位错密度；发生再结晶后，由于位错密度显著降低，硬度与强度显著降低。

电阻：变形金属的电阻在回复阶段已表现出明显的下降趋势。因为电阻率与晶体点阵中的点缺陷（空位、间隙原子等）密切相关。点缺陷引起的点阵畸变使传导电子发生散射，提高电阻率。故回复阶段由于点缺陷密度明显减少而导致电阻率明显下降。

内应力：回复阶段，宏观内应力可基本消除；再结晶阶段可消除全部微观内应力。

亚晶粒尺寸：回复前期变化不大；回复后期，尤其接近再结晶时，显著增大。

密度：再结晶阶段发生急剧升高，主要原因是再结晶中位错密度显著降低，此外，前期点缺陷数目减小。

储能释放：当冷变形金属加热到足以引起应力松弛的温度时，储能会得到释放。回复阶段各材料释放储能均较小，再结晶晶粒出现的温度对应于储能释放曲线的高峰处。

【分析】考察知识点：回复，再结晶。从各阶段组织的变化入手，得出组织变化影响性能，对相关内容进行识记和理解。深化组织决定性能的理念，从性能发生变化，得出组织（晶粒形貌或大小）发生变化，进而由组织的变化得到性能具体如何发生变化。

【题目】8、讨论点缺陷与位错的交互作用及对位错运动的影响。这种交互作用在低碳钢应力-应变曲线和材料加工过程中会出现什么现象？有何防止方法？（10分）

【解题】C、N 间隙溶质原子在位错附近与位错发生弹性交互作用形成柯垂尔气团，被柯垂尔气团钉

扎的位错需要更大的应力使它们摆脱气团，出现上屈服点；挣脱气团后，位错运动比较容易，应力减小，形成下屈服点。开动位错产生塑性变形逐渐转移到其它未发生塑性变形的区域，产生不均匀变形带，即吕德斯带。

防止方法：去除 C、N 元素，形成 IF 钢；预变形使位错摆脱钉扎。

出现上下屈服现象的原因是 C、N 作为间隙溶质原子在位错形成柯垂尔气团，避免这一现象的方法是采取预应变，变形量不超过下屈服点的应变量，此时位错摆脱钉扎，工件进入均匀变形阶段，再进行最终变形。

另一种方法：加入 V、Nb、Ti 等微量合金元素，将 C、N 固定在化合物中，形成无间隙原子钢，即 IF 钢。

【分析】考察知识点：应力-应变曲线，上下屈服点效应。

低碳钢为 bcc 结构，间隙原子或空位聚集在位错周围松弛了各自的弹性应变，形成低能、稳定的结构，即柯垂尔气团，它是上下屈服点形成的主要原因。屈服现象使钢件塑性变形不均匀，形成吕德斯带的表面缺陷，常加入 V、Nb、Ti 等元素形成 IF 钢来改善。

【题目】9、液体冷却时形成晶体或非晶玻璃体的内部原因和外部条件是什么？解释为什么金属材料凝固时大多形成晶体，而陶瓷材料易于形成非晶玻璃体？（10 分）

【解题】决定液体冷却时能否结晶外部条件：冷却速度；内部条件：粘度。若冷速足够高，任何液体原则上均可转化为玻璃。

金属材料晶体结构比较简单，熔融时粘度较小，冷却时难阻止结晶过程发生，固态下大多为晶体。

陶瓷材料分子结构复杂，材料熔融时粘度很大，结晶动力学迟缓，冷却时原子迁移扩散困难，晶体组成过程很难进行，降低至某一临界温度以下时，固化成玻璃。

【分析】考查知识点：非晶态形成条件。非晶态转变实现了原子从非定域性到定域性的转变（固化），原子被冻结在无序结构中，保留了液体的无序。若晶体结构非常复杂，液体粘度很高，使其晶化能力很低，易形成非晶玻璃体。

1.2.3 2010 年真题

【点评】本年份真题包括以下 2 种题型：4 道简述题，每道题 5 或 10 分，总计 30 分；7 道分析论述题，每道题 15~20 分，总计 120 分；

和往年考试题目对比，题型变化很小。

一、简述

【题目】1 低碳钢应力-应变曲线的屈服现象发生的原因（10 分）

【解题】低碳钢在一定条件下变形时，应力-应变曲线的大致规律是首先发生线性弹性变形，达到屈服时发生塑性变形直至断裂。

特殊的地方在于应力-应变曲线上常常出现上下屈服点，这与间隙原子对位错的钉扎作用有关。

滑移开动时抗力较大，（上屈服点）。原因：间隙原子聚集在位错上（柯氏气团）钉扎了位错。

滑移进行时抗力较小（下屈服点），位错一旦摆脱了钉扎后便不受影响。

【分析】本题主要考察同学们应力-应变曲线的屈服现象发生的原因，属于理解层次的知识点。需要说明应力-应变曲线的大致规律以及低碳钢应力-应变曲线特殊之处及其发生的原因。

【题目】2 金属及合金凝固时形成树枝状晶发生的原因（10 分）（2009.4）

【解题】金属及合金由液体变为固体的过程称为凝固，凝固包含形核和晶体长大的过程。金属晶体凝固时具有粗糙型固液界面且各向异性较弱，形貌主要受温度场控制。在负温度梯度下，粗糙界面的金属局部一旦有突出，便深入过冷区以树枝状快速伸向液体形成枝晶；固溶体合金的凝固，成分过冷（包括由温度引起的过冷和浓度引起的过冷）变大，生长速率变大，成分过冷区域的范围增加，界面由胞状转为枝晶生长。

【分析】本题主要考察同学们金属及合金凝固时形成树枝状晶发生的原因，属于理解层次的知识点。树枝状晶发生需要负温度梯度，以及合金的成分过冷等条件。

【题目】3 上坡扩散发生的原因（5 分）（2009.9）

【解题】与一般的扩散方式不同，扩散向着高浓度方向（即和浓度梯度相同的方向）而进行，说明扩散驱动力不是浓度梯度而是化学位梯度。如 Si 在碳钢中的扩散。

【分析】本题主要考察同学们上坡扩散发生的原因，属于理解层次的知识点。需要说明上坡扩散现象及其驱动力。

【题目】4 二次再结晶发生的原因（5 分）

【解题】物质发生回复再结晶结束后，在再结晶晶粒的长大阶段正常长大过程被抑制而发生少数晶粒异常长大的现象。

二次再结晶是一种晶粒的异常长大，发生异常晶粒长大的基本条件是正常晶粒长大过程被某些抑制因素（如弥散相抑制，织构抑制，厚度抑制等）所阻碍。继续延长退火时间，加热到更高温度，局

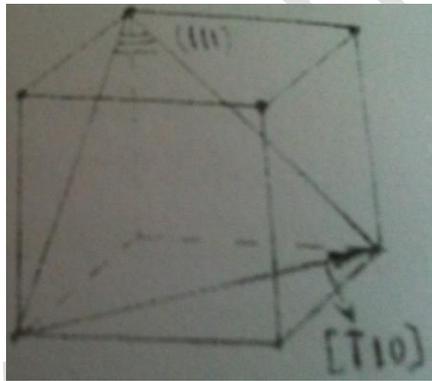
部地方晶粒会摆脱抑制而发生快速长大，不断吞并周围正常的晶粒，直到相互接触为止。

【分析】 本题主要考察同学们二次再结晶发生的原因，属于理解层次的知识点。需要明确二次再结晶的概念，及其产生原因。

二、分析论述

【题目】 1 在面心立方结构的金属中 (111) 面上运动着柏氏矢量为 $b = a/2[\bar{1}10]$ 的位错，位错线方向也是 $[\bar{1}10]$ ，请在单胞中画出 (111) 晶面和 $[\bar{1}10]$ 晶向，并说明该位错属于什么类型。若该位错的运动受阻，请判断是否有可能转移到 $(\bar{1}11)$ 、 $(1\bar{1}1)$ 、 $(11\bar{1})$ 各晶面上继续运动？为什么？

【解题】 画出一个 FCC 单胞在 (111) 上画一条 $\langle 110 \rangle$ 直线即可（如下图）。



位错类型为螺型位错，因为位错线方向和柏氏矢量方向平行（右螺）。

位错运动受阻后，可能转移到 $(11\bar{1})$ 晶面继续运动，不能转移到 $(\bar{1}11)$ 、 $(1\bar{1}1)$ 上继续运动。因为对于螺型位错，包含位错线的晶面都可成为其滑移面，当其在滑移面受阻时，有可能转移到与之相交的另一滑移面继续运动，即交滑移。易知只有 $(11\bar{1})$ 包含位错线，则位错只可能转移到 $(11\bar{1})$ 面上去。

【分析】 考查知识点：晶体缺陷（位错，交滑移）

位错 { 刃型: $\vec{t} \perp \vec{b}$
螺型: $\vec{t} \parallel \vec{b}$
混合型: $\vec{t} \wedge \vec{b}$

位错属于晶体缺陷的一种，主要分为刃型位错、螺型位错以及二者混合。刃型位错位错线与柏氏矢量垂直；螺型位错位错线与柏氏矢量平行。

交滑移只能从包含位错的几个滑移面之间发生。

【题目】2 以含 Al-4wt%Cu 合金为例，给出其经过不同固溶时效工艺处理后的脱溶贯序；定性说明各阶段脱溶相的尺寸及分布特点、与母相的界面匹配关系及其强化效果等。（20 分）

【解题】固溶体的脱溶过程主要是指过饱和的固溶体不断形成一个成分不同的新相，母相则由过饱和状态逐渐变为饱和状态，当母相完全饱和时脱溶及宣告结束。

脱溶贯序过程： $GP \text{ 区} \rightarrow \theta'' \rightarrow \theta' \rightarrow \theta$ 。

其中 GP 区是铜原子富集区； θ'' 、 θ' 是四方结构亚稳相，圆盘状，沿基体的 {100} 面析出，具有共格/半共格界面，与基体存在特定的取向关系； θ 是四方结构稳定相，不规则形状。

脱溶强化时存在时效硬化曲线，硬度随时间变化先增大，达到峰值后逐渐降低，硬度峰值大多位于 θ'' 充分发展阶段， θ' 出现后硬度开始下降；合金饱和度越大，硬化开始越早，达到的峰值越大。

【分析】考查知识点：脱溶，脱溶贯序，时效强化。

脱溶分解在足够的过饱和度下，有完全的脱溶贯序：先析出一系列亚稳相，然后再析出稳定相，过渡析出物有很强的强化效果，位错通过 GP 区和 θ'' 需要额外的应力，使合金的硬度上升，当 θ' 长大的时候，它们的间距变大，位错可以在脱溶物之间拱弯绕过，硬度开始降低。

【题目】3 讨论晶体结构和空间点阵之间的关系。（15 分）

【解题】晶体结构指的是晶体内部原子实际的排列方式；空间点阵是在空间由点排列成的无限阵列，其中每一个点都和其他所有点具有相同的环境；两者之间的关系可用“空间点阵+基元=晶体结构”来描述。

空间点阵只有 14 种，基元可以是无穷多种，因而构成的具体的晶体结构也是无穷多种。

【分析】考察知识点：晶体结构，空间点阵。

本题主要考察晶体学的相关知识。晶体学部分主要考察做图，即对晶体结构的理解；以及晶体学中的相关概念的深入理解（如本题）。晶体结构是具有物质内容的空间点阵结构，每个结构单元的相应等同原子可以作为等同点抽象构成点阵。

【题目】4 与液态结晶过程相比，固态相变有什么特点？这些特点对固态相变后形成的组织有什么影响？（15 分）

【解题】相同点：

- (1) 都是相变，由形核、长大组成；
- (2) 临界形核半径、临界形核功形式相同；

- (3) 转变动力学也相同;
- (4) 相变的驱动力都是新旧两相化学位差。

不同点:

- (1) 固态相变阻力多了应变能一项, 造成固态相变的临界半径和形核功增大;
- (2) 非均匀形核存在特定的取向关系, 形成共格半共格界面;
- (3) 生长方面出现惯习现象, 形成特殊的组织形态, 如片状组织; 亚稳态的出现减小相变阻力。

【分析】考察知识点: 固态相变, 凝固。

固态相变本身属于相变, 但是一种特殊的相变。固态相变与其它相变遵循着共同的相变规律(如驱动力、动力学等等), 且具有自身的特殊性: 由于新旧相之间密度不同而导致了弹性应变能的存在; 为减小长大阻力而出现惯习现象等。

【题目】5 叙述离子晶体的结构规则。(15 分)(上交《材科基》P51-52)

【解题】(1) 负离子配位多面体规则;

- (2) 电价规则, 即电中性;
- (3) 负离子多面体共用顶、棱和面的规则;
- (4) 不同种类正离子配位多面体间连接规则;
- (5) 节约规则。

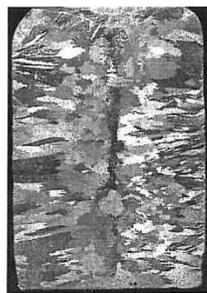
【分析】考查知识点: 鲍林规则。

鲍林规则: 离子晶体中, 最低能量的排列是离子的稳定排列, 正负离子达到最大静电引力和最小静电斥力。

【题目】6 分析形成下列不同铸态组织的可能原因, 并说明要得到细小的等轴晶, 可采取哪些办法?(20 分)



(a)



(b)

【解题】两图的铸态组织都包括细晶区，柱状晶区和等轴晶区。

两幅图的不同主要是等轴晶区和柱状晶区的范围不同，前图柱状晶区范围大，等轴晶区小；后图与之相反。

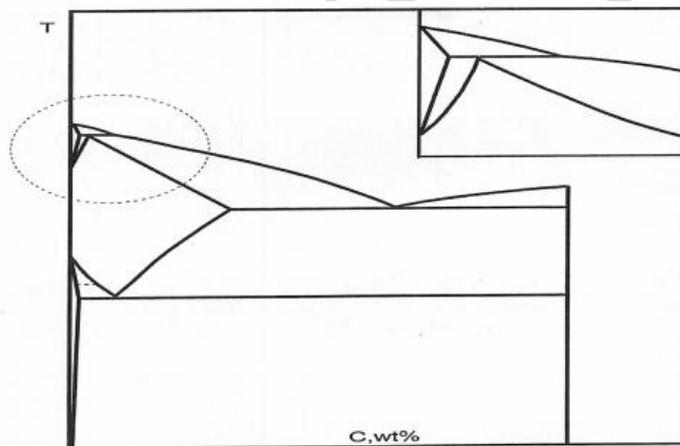
造成这种差异主要是合金组分和搅拌、孕育剂等的加入，浇注温度等有关。合金的熔点低，利于等轴晶的形成；浇铸温度低。温度梯度越小，搅拌加孕育剂等都有利于等轴晶的形成。

【分析】考查知识点：铸锭三晶区。

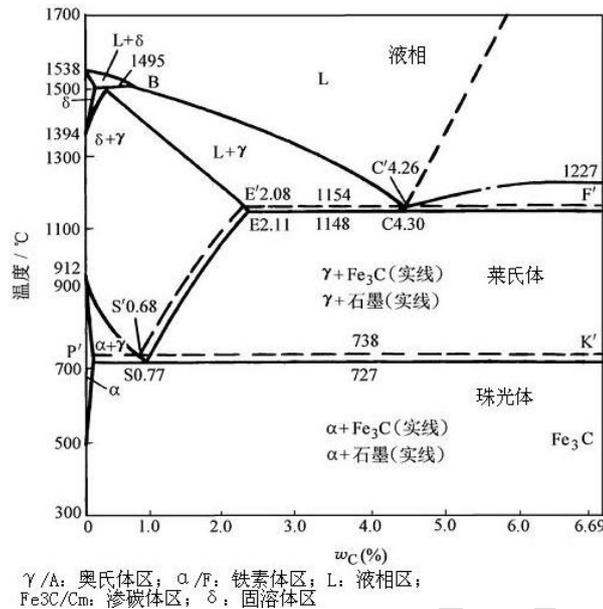
等轴晶区的形成需要游离到中心的自由细晶体。促进等轴晶形成的方法：

- (1) 通过搅拌破碎枝晶得到游离细晶；
- (2) 加入形核剂作为形核的靠背；
- (3) 降低浇注温度防止游离细晶重新熔化。

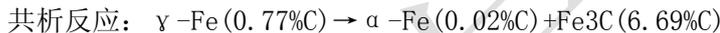
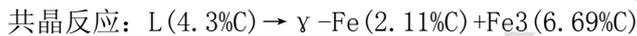
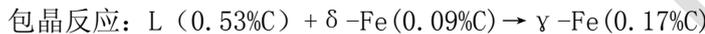
【题目】7 参考下面提供的示意图，画出按组织分区的 Fe-Fe₃C 相图，写出各三相反应，并说明分别为 1.0wt%C 和 3.0wt%C 的铁碳合金经过缓慢冷却在相关三相反应完成后形成的各组织特点。（20 分）



【解题】



三相反应：



1. 0%的钢由液相冷却时先进入 L+ γ 奥氏体两相区，形成枝晶或等轴状 γ 奥氏体，然后进入奥氏体单相区；继续冷却到 $\sim 760^\circ\text{C}$ 剩余的奥氏体转变为珠光体，最后的组织是珠光体+网状二次渗碳体。

3. 0%的铁碳合金（铸铁）结晶后组织为莱氏体+先共晶奥氏体，缓冷后的室温组织为珠光体、二次渗碳体和变态莱氏体。树枝状分布的黑色区域是由先共晶奥氏体转变成的珠光体。其周围一圈白色组成物是由先共晶奥氏体析出的二次渗碳体，其余部分为变态莱氏体。

【分析】 考查知识点：铁碳相图，三相反应。

铁碳相图是金属学相关课程中讲述最为详细的一种相图，要求熟记铁碳相图各个点的成分及温度和各区间的相，熟悉成分含量不同的各合金冷却到一定温度和冷却到室温时的组织，并会画出步冷曲线，会运用杠杆规则解决冷却后各组分的元素含量。在后续的北科考研题目中，出现了诸如 Al-Zn 相图等，其原理均与铁碳相图相同。

1.3 真题剖析要点总结

1.3.1 常考题型分析总结

经过以上分析，各位同学已经清楚了该科目每年考试题型有名词解释题、分析论述题（包括相图题），

下面简单总结一下各种题型的答题方法、技巧和注意事项，帮助考生在掌握知识点的基础上提高大家的应试能力。

名词解释题，首先要明确所要解释名词的基本概念，以此作为基础；再答出与所给出词语相关的知识，如产生的原因、导致的结果等；最后对相关知识点进行联想并综合阐述。此外，答题时要注意详略得当，切不可花过多篇幅进行阐述，否则会影响后面分析论述题的答题时间。

分析论述题大多是针对某一模块的内容进行提问，如晶体学、回复、再结晶等。答题时，首先要定位知识点，看看是考察哪方面的知识，在头脑中搜寻相关知识点，理清思路后再作答。由于近两年分析题有向灵活方向发展的趋势，故更要求了同学们要对书本上的知识活学活用，不可死记硬背。

相图题主要考察根据相图获取信息的能力。铁碳相图是基础，复习时应给予充分地重视；但不能拘泥于铁碳相图的相关知识，而应以此为媒介，学会相图中点、线、面的意义，并学会画步冷曲线并掌握杠杆规则的应用。

1.3.2 常考知识点总结

课本	章节	内容	题型	分值
金属学	2	金属和合金的固态结构	名词解释、分析	30 左右
	3	金属及合金的相图	相图	10~20
	4	金属及合金的凝固与组织	名词解释、分析	10~30
	5	金属及合金的形变	名词解释、分析	10~20
	6	金属及合金的扩散	名词解释、分析	10~30
	7	金属及合金的回复与再结晶	分析	10~30
	8	金属及合金的固态转变	分析	10~20
	9	铁碳相图	相图	10~30
材料科学基础 (上海交大)	2	固体结构	名词解释	20 左右
	3	晶体缺陷	名词解释、分析	20 左右
	4	固体中原子及分子的运动	名词解释、分析	10~20
	5	材料的形变与再结晶	名词解释、分析	30~50
	6	单组元相图、纯晶体凝固	名词解释、分析	10~30
	7	二元相图、合金凝固	相图	10~30
	8	三元相图	相图	仅考过一次
	9	材料的亚稳态	分析	10~20

1.4 历年真题汇总

1.4.1 2012 年真题

一、简答题 (8 分/题, 共 40 分)

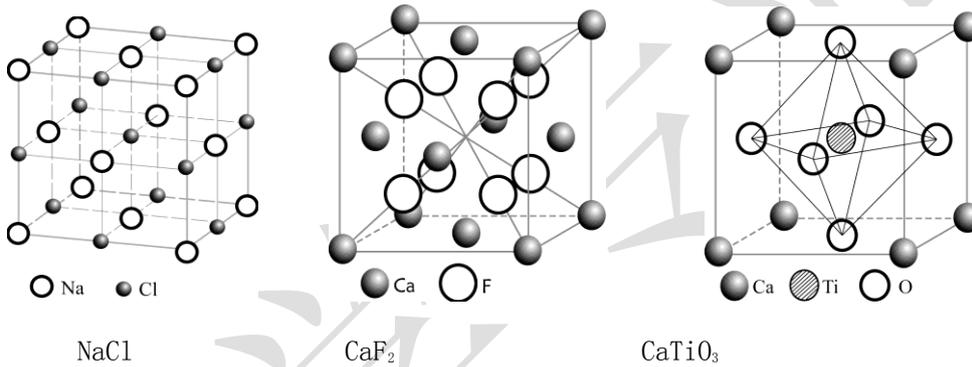
1. 写出七种晶系的名称及点阵参数之间的关系;

2. 简述临界分切应力的概念；
3. 给出一级相变和二级相变的分类原则和相变特征；
4. 分析金属或合金的结晶形态；
5. 给出再结晶温度的定义。

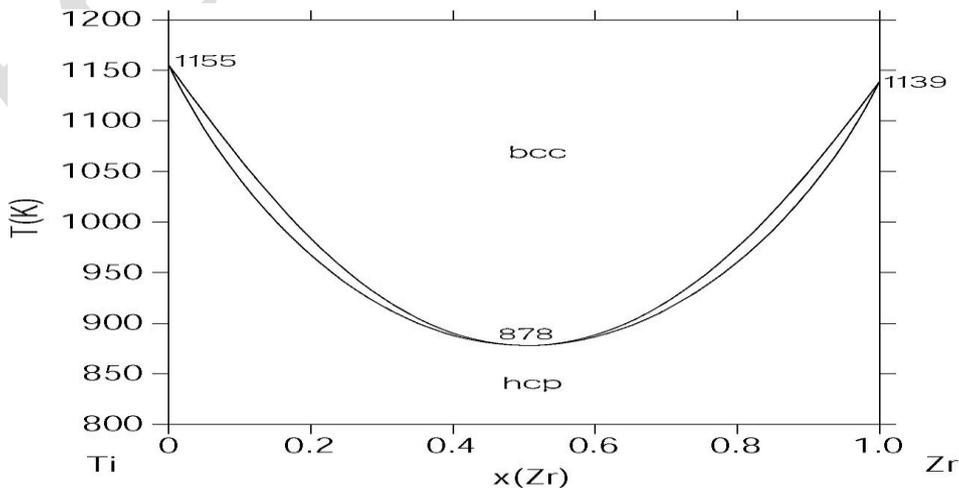
二、纯 Cu 晶体在常温下的点阵常数为 $a=0.3615\text{nm}$ ：

1. 指出其晶体结构类型和配位数（3 分）；
2. 简略计算 Cu 原子半径、原子致密度和两类间隙半径（6 分）；
3. 画出 Cu 原子在 (111) 晶面的分布情况，并计算其晶面间距和原子在晶面上的致密度（6 分）。（共 15 分）

三、分别画出下列离子晶体的布拉菲点阵（下图中的点阵参数均为 $a=b=c$ ， $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ ）。（10 分）

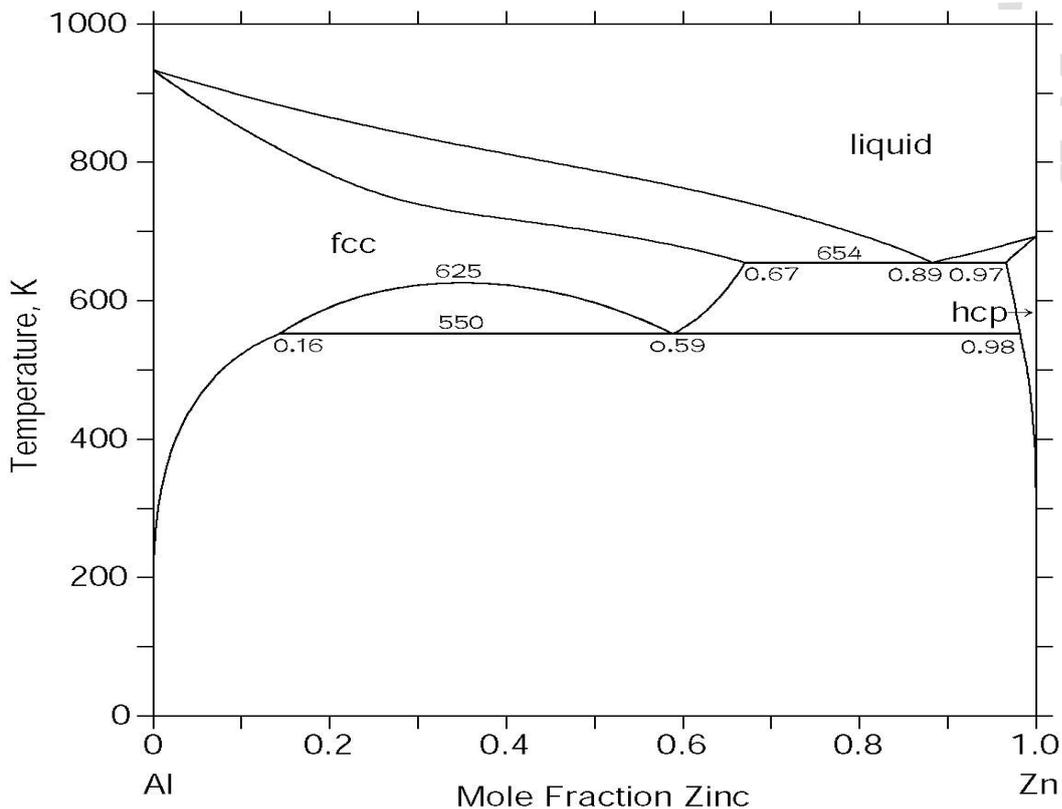


四、示意画出下面的 Ti-Zr 体系中 bcc 和 hcp 相在 1155、1139、1000 和 878K 时的 Gibbs 自由焓-成分曲线。（15 分）



五、根据下面的 Al-Zn 相图,

1. 写出其中的三相反应式 (4 分);
2. 画出 $x(\text{Zn})=0.80$ 合金的缓慢冷却曲线, 并写出各阶段相对应的组织 (8 分);
3. 画出上述合金缓慢冷却到室温时的组织示意图, 并计算各组织组成物的相对含量 (8 分)。(共 20 分)



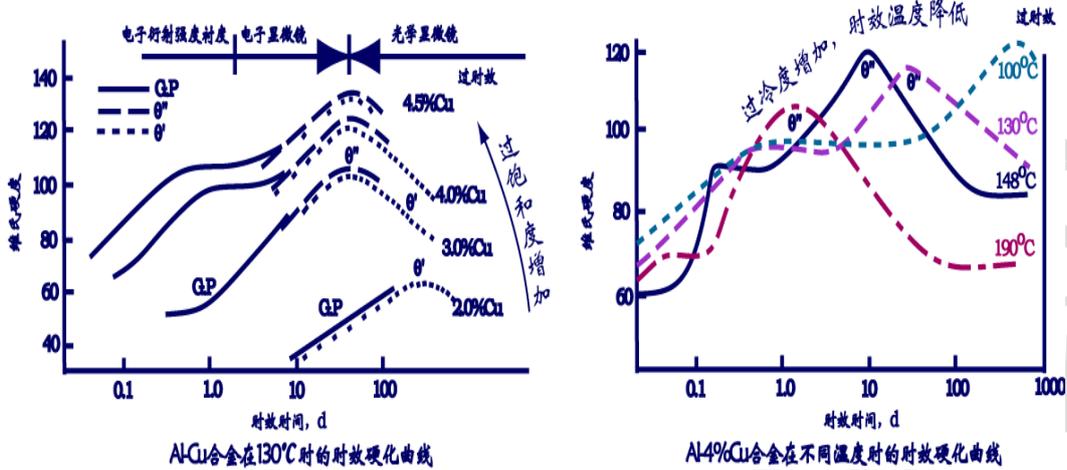
六、根据上面的 Al-Zn 相图, 将纯 Al 和 Zn 形成扩散偶, 在 600K 长时间保温, 示意画出扩散层中 $x(\text{Zn})$ 随扩散距离 d 的变化曲线及相应出现的物相。(10 分)

七、一个多晶体试样经变形后, 在再结晶温度以上退火, 请画出位错密度、晶粒 (不包括亚晶) 平均尺寸、强度、塑性以及电阻率随退火时间变化的示意图 (把各种变化分别画一个图, 注意它们的对应关系), 并对其作出简单说明。(10 分)

八、叙述金属或合金塑性变形的主要方式, 并分别写出 Al 和 Mg 合金的滑移系, 同时说明每种合金经拉伸变形后的显微组织形貌特征及产生原因。(10 分)

九、共析转变是典型的扩散型固态转变, 指出其转变的驱动力和阻力, 并讨论共析成分合金转变完成后可能出现的典型组织形态。(10 分)

十、结合下面给出的 Al-Cu 合金时效硬化曲线，讨论在不同成分和热处理条件下可能出现的脱溶贯序，各阶段脱溶相的大小、形状和分布特点、与母相的界面关系及强化效果。(10 分)



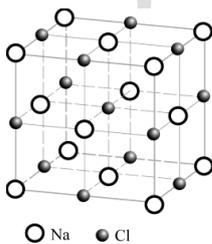
1. 4. 2 2011 年真题

一、名词解释 (5 分/题, 共 40 分)

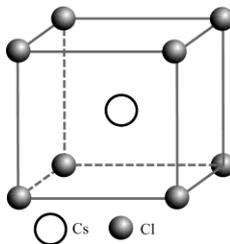
- 1) 空间点阵
- 2) 临界分切应力
- 3) 滑移系
- 4) 堆垛层错
- 5) 调幅分解
- 6) 脱溶
- 7) 上坡扩散
- 8) 再结晶温度

二、分析题 (每道题 10~15 分, 总计 110 分)

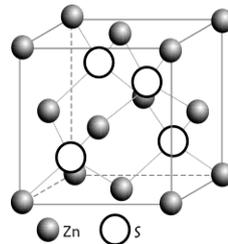
1、分别给出下列离子晶体的布拉菲点阵类型和下面晶胞中正、负离子的个数。(下图中的点阵参数均为 $a=b=c$, $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$) (15 分)



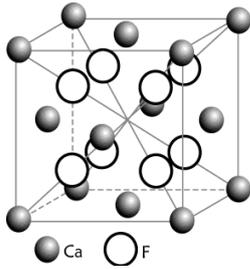
NaCl



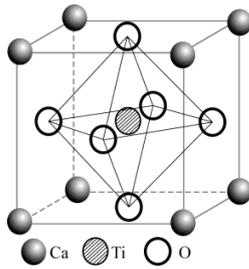
CsCl



ZnS

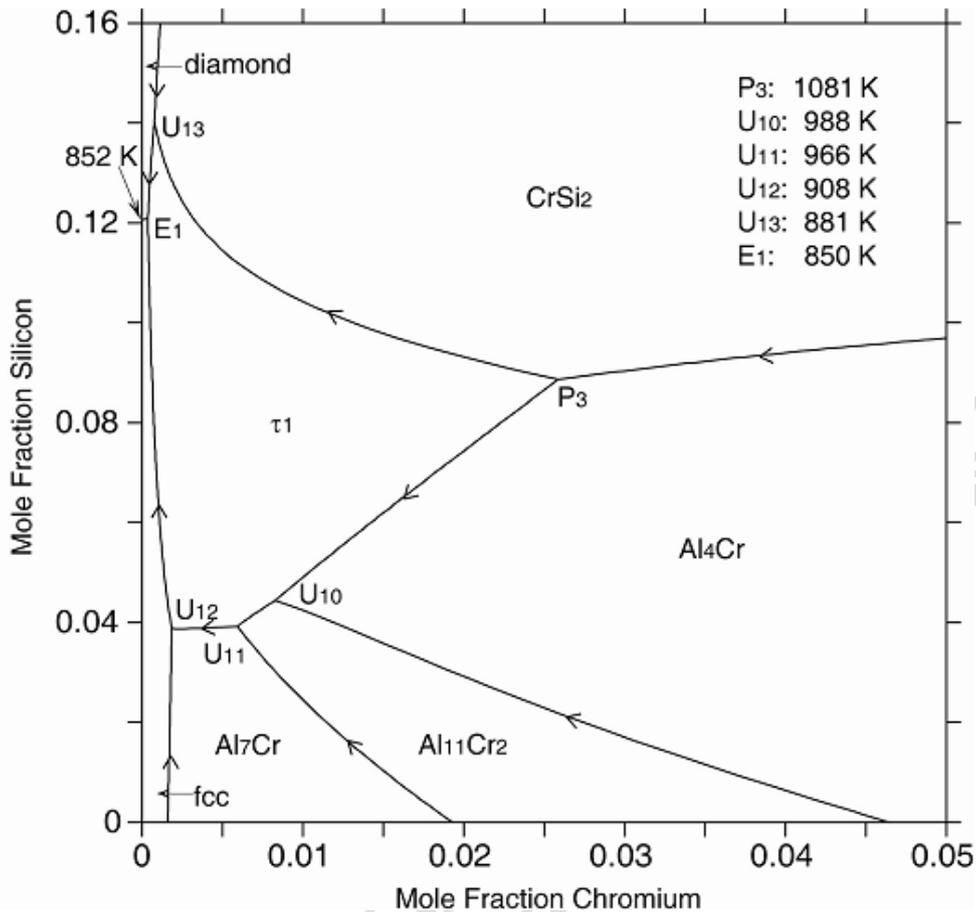


CaF₂



CaTiO₃

- 2、写出面心立方结构和体心立方结构金属的密排面(或相对密排面)的晶面指数、画出密排面(或相对密排面)上原子的具体排列情况,并在晶胞中标出所有八面体间隙的位置。(15分)
- 3、组元 A 和组元 B 的熔点分别为 1000°C 和 700°C, 室温时 B 在 A 的固溶体 α 中的固溶度是 $x_B=0.05$, A 在 B 的固溶体 β 中的固溶度是 $x_A=0.10$; 在 700°C 时有一个三相平衡, 在此温度 α 固溶体的成分是 $x_B=0.1$, 一个成分为 $x_B=0.30$ 的合金在稍高于 700°C 时存在 50% α 相和 50% 液相, 在稍低于 700°C 时则存在液相和化合物 A₃B 两相; 在 500°C 时存在另一个三相平衡, 液相 ($x_B=0.65$) 分解为化合物 A₃B 和 β 固溶体 ($x_B=0.85$) 两相。试构造一个合理的 A-B 二元相图。(15分)
- 4、根据下面的 Al-Cr-Si 体系的局部液相面投影图, 写出该图中的四相不变反应式。(15分) (引自 J. Phase Equili. Diff. 2009, 30(5):462-479)



- 5、按热力学参数变化特征，固态相变可以分为一级相变和二级相变两类。阐述发生一级相变和二级相变时热力学参数的变化特征及相关性质的变化特点。（10分）
- 6、从热力学（能量）角度分析纯金属在凝固过程中均匀形核时的临界晶核形成过程。（10分）
- 7、简述金属和合金回复与再结晶概念，并讨论在回复与再结晶过程中组织与性能的变化情况。（10分）
- 8、讨论点缺陷与位错的交互作用及对位错运动的影响。这种交互作用在低碳钢应力-应变曲线和材料加工过程中会出现什么现象？有何防止方法？（10分）
- 9、液体冷却时形成晶体或非晶玻璃体的内部原因和外部条件是什么？解释为什么金属材料凝固时大多形成晶体，而陶瓷材料易于形成非晶玻璃体？（10分）

1.4.3 2010 年真题

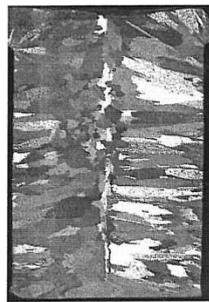
一、简答题：分析发生下列现象的原因（30分）

- 1 低碳钢应力-应变曲线的屈服现象（10分）
- 2 金属及合金凝固时形成树枝状晶（10分）
- 3 上坡扩散（5分）

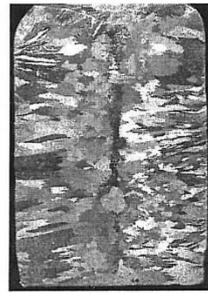
4 二次再结晶 (5 分)

二、分析论述

- 1 在面心立方结构的金属中 (111) 面上运动着柏氏矢量为 $b=a/2[\bar{1}10]$ 的位错, 位错线方向也是 $[\bar{1}10]$, 请在单胞中画出 (111) 晶面和 $[\bar{1}10]$ 晶向, 并说明该位错属于什么类型。若该位错的运动受阻, 请判断是否有可能转移到 $(\bar{1}11)$ 、 $(1\bar{1}1)$ 、 $(11\bar{1})$ 各晶面上继续运动? 为什么?
- 2 以含 Al-4wt%Cu 合金为例, 给出其经过不同固溶时效工艺处理后的脱溶贯序; 定性说明各阶段脱溶相的尺寸及分布特点、与母相的界面匹配关系及其强化效果等。(20 分)
- 3 讨论晶体结构和空间点阵之间的关系。(15 分)
- 4 与液态结晶过程相比, 固态相变有什么特点? 这些特点对固态相变后形成的组织有什么影响? (15 分)
- 5 叙述离子晶体的结构规则。(15 分)
- 6 分析形成下列不同铸态组织的可能原因, 并说明要得到细小的等轴晶, 可采取哪些办法? (20 分)

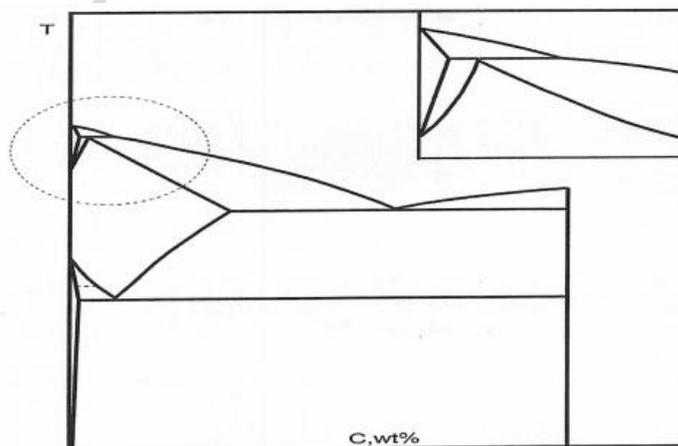


(a)



(b)

- 7 参考下面提供的示意图, 画出按组织分区的 Fe-Fe₃C 相图, 写出各三相反应, 并说明分别为 1.0wt%C 和 3.0wt%C 的铁碳合金经过缓慢冷却在相关三相反应完成后形成的各组织特点。(20 分)





总部地址：北京市海淀区北四环西路 66 号中国技术交易所大厦 A 座 17 层
万学考研专业课频道：<http://a.wanxue.cn>
万学主网：<http://www.wanxue.cn> 考研频道