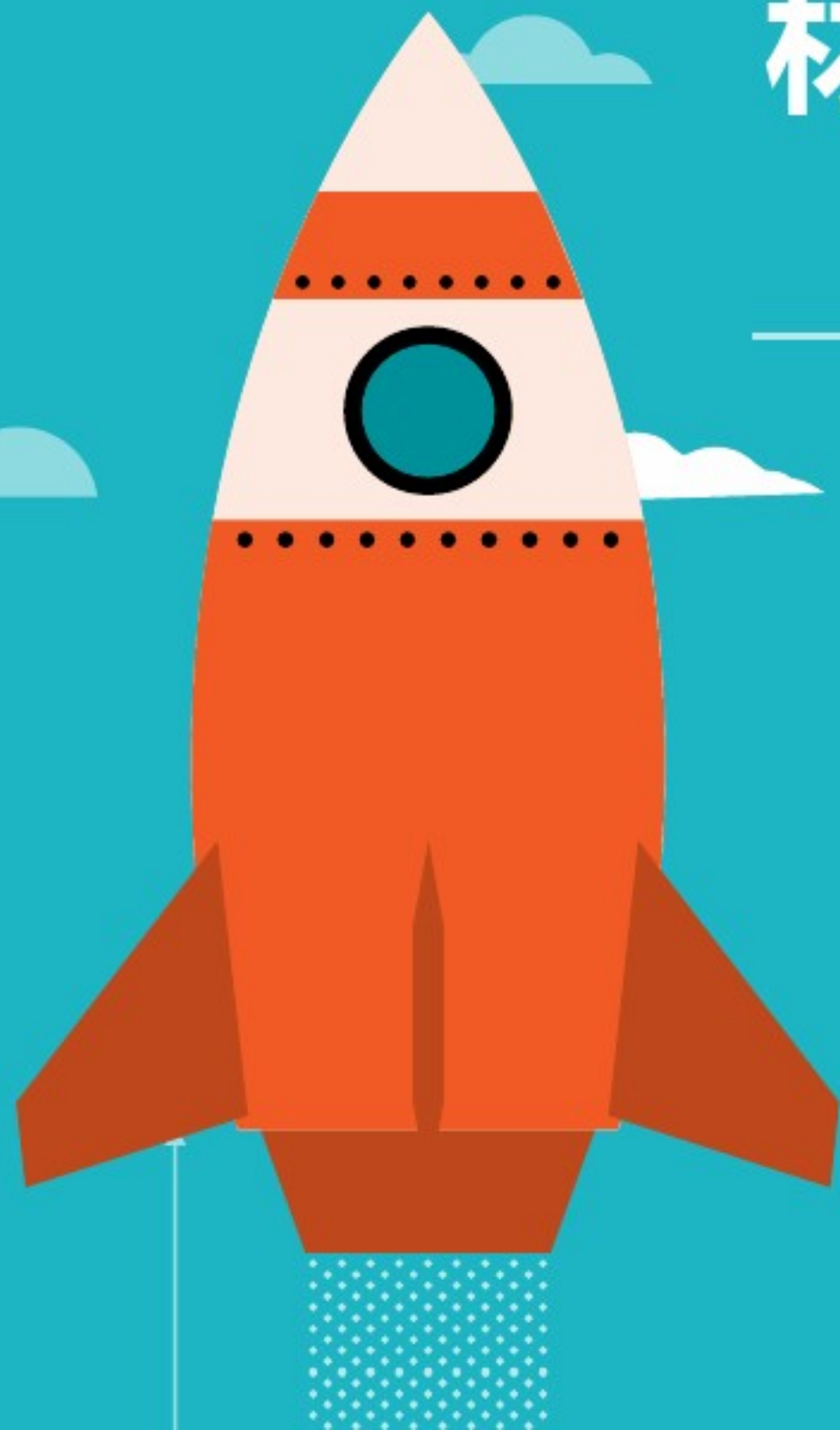
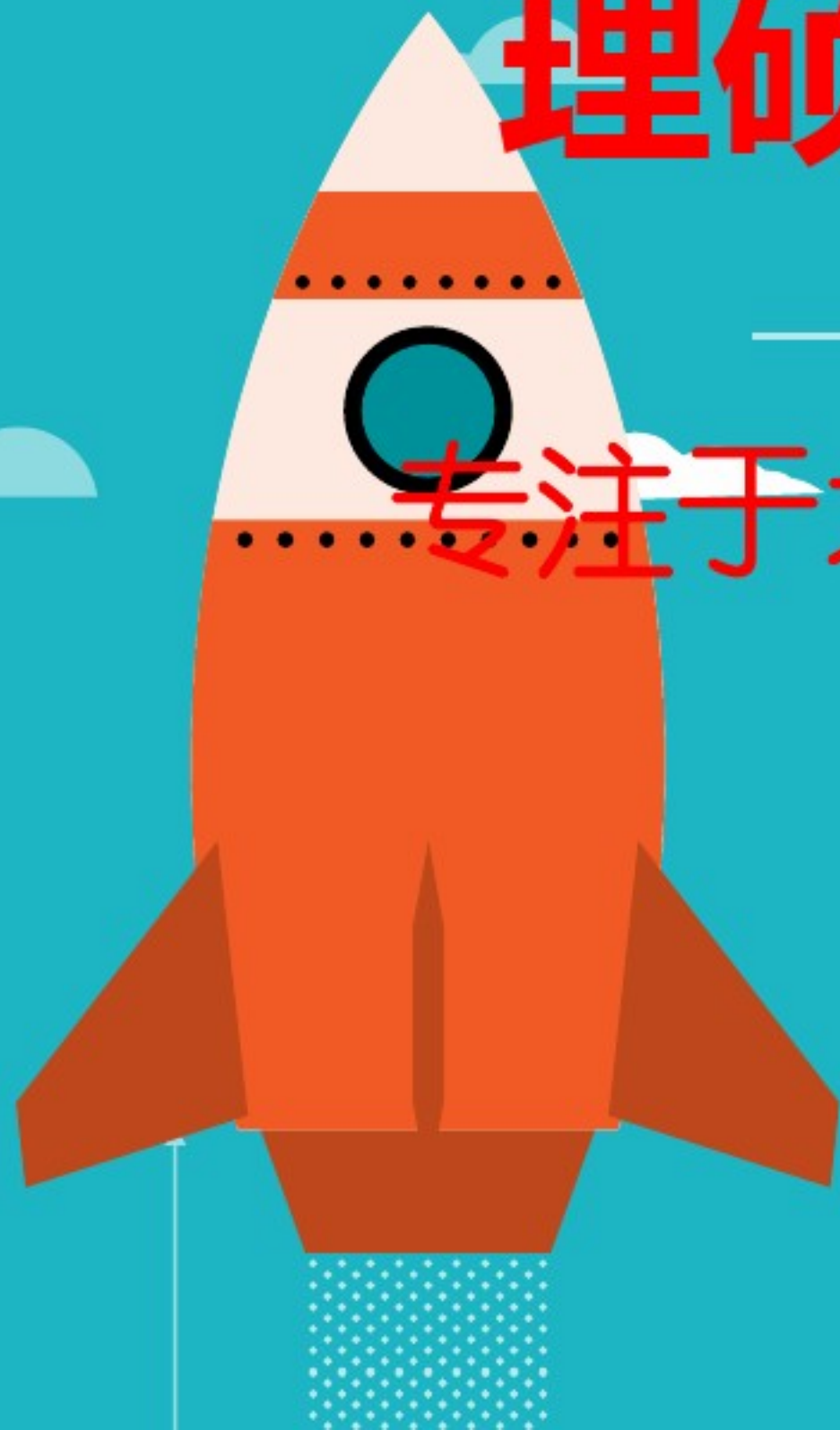


材料科学基础（839） 知识点梳理



理硕教育

专注于北理工考研



理硕教育简介

- ◎ 理硕教育是全国唯一专注于北理工考研辅导的学校，相对于其它机构理硕教育有得天独厚的优势。丰富的理工内部资料资源与人力资源确保每个学员都受益匪浅，确保理硕教育的学员初试通过率89%以上，复试通过率接近100%，理硕教育现开设初试专业课VIP一对一，假期集训营，复试VIP一对一辅导，满足学员不同的需求。因为专一所以专业，理硕教育助您圆北理之梦。

考试内容

（一）物质的组成及原子结合键

- ◉ 1. 原子结合键
- ◉ 2. 高分子链结构

（二）固体的结构

- ◉ 1. 晶体学基础
- ◉ 2. 金属的晶体结构
- ◉ 3. 合金的相结构
- ◉ 4. 常见离子晶体结构
- ◉ 5. 共价晶体结构

(三) 晶体中的缺陷

- ◉ 1. 点缺陷
- ◉ 2. 位错
- ◉ 3. 面缺陷

(四) 固体中的扩散

- ◉ 1. 扩散的表象理论
- ◉ 2. 扩散的热力学
- ◉ 3. 扩散的微观理论与机制
- ◉ 4. 扩散激活能
- ◉ 5. 影响扩散的因素
- ◉ 6. 反应扩散
- ◉ 7. 离子晶体中的扩散



专 注 北 理 工 考 研

(五) 材料的变形

- ◉ 1. 弹性变形
- ◉ 2. 粘弹性变形
- ◉ 3. 塑性变形
- ◉ 4. 回复与再结晶
- ◉ 5. 热加工

(六) 凝固

- ◉ 1. 相平衡与相律
- ◉ 2. 纯晶体的凝固
- ◉ 3. 合金的凝固
- ◉ 4. 铸锭组织与凝固技术



专 注 北 理 工 考 研

（七）相图

- ◉ 1. 相图基础
- ◉ 2. 二元相图
- ◉ 3. 三元相图

（八）材料的亚稳态

- ◉ 1. 纳米晶材料
- ◉ 2. 准晶
- ◉ 3. 非晶态



专 注 北 理 工 考 研

三、考试要求

- 要求深刻理解考试内容所涉及的基本概念、基本规律和基本结论，能够应用所掌握的内容综合分析有关材料科学与工程领域的相关问题，得出正确结论。
- 考试中可携带计算器（手机计算器除外）

四、参考书目

- 《材料科学基础》（第三版） 上海交通大学出版社 胡庚祥、蔡珣
- 《材料科学基础》 化学工业出版社 陶杰 姚正军

第一章 原子结构与键合 (★★)



- ◆ 1.1 原子结构 (了解)
- ◆ 1.2 原子的键合 (重点)

金属键、离子键、共价键、范德瓦耳斯力、氢键

每种键型的形成原理，特点，方向性饱和性问题，因为键型不同对材料造成的影响，哪些物质是那种键型。

真题再现

- ◉ 为什么金属具有良好的塑性，金属间化合物则要比金属脆，而陶瓷材料则具有更大的脆性？(6分) (2003，二，1)
- ◉ 金属元素间形成的化合物的硬度、熔点较其金属组元有何不同，其原因是什么？为什么中间相会表现出金属特性？金属与非金属元素间形成的化合物能否表现出金属特性，为什么？(8分) (2005，四，1)

◆ 1.3 高分子链（重点）

高分子的分类，化学组成，几何形态，连接方式，构型

以基本概念为主

真题再现

线性高分子链的存在方式有_____、_____、_____。（2014）



专 注 北 理 工 考 研

第二章 固体结构 (★★★)

◆ 2.1 晶体学基础 (基本概念)

什么是晶体？结构特征有哪些？

什么是阵点？什么是点阵？

什么是晶胞？选取原则是什么？几个晶系？几种点阵？

晶体结构和空间点阵有什么区别？

真题再现

密排六方点阵是一种空间点阵 (T or F ?)

- ◉ 晶向指数、晶面指数、六方晶系指数（基本功）

每年必考，给指数画图像或给图像标指数

- ◉ 晶带及晶带定律

真题再现

什么是晶带定理？适用于哪些晶系？（2001）

- ◉ 晶面间距（规律、计算）

真题再现

立方晶体中，若晶面指数越小，其面间距越大，并且其阵点密度越大。（T or F ?）

- ◉ 晶体对称性

宏观对称元素：回转对称轴，对称面，对称中心，回转反演

微观对称元素：滑动面，螺旋轴

- ◉ 32种点群及空间群

- ◉ 倒易点阵



理硕教育
Lishuo Education

专 注 北 理 工 考 研

◆ 2.2 金属的晶体结构

◉ fcc, bcc, hcp

三种结构的半径，配位数，致密度（会计算）……

《材科基》P36, 表2.5。要求能默写

◉ 堆垛方式和间隙

三种晶型的密排面和密排方向、堆垛顺序

间隙八面体和间隙四面体（表2.8）

◉ 多晶型性

Ex (2005, 2008)

1. (4分) 什么是晶体的多晶型性？纯铁由室温升温至熔点时发生哪些结构变化？

3. (6分) 在其他条件相同的情况下，Ni 原子在 α -Fe 中的扩散系数比在 γ -Fe 中的扩散系数是大还是小，原因是什么？



理硕教育
Lishuo Education

专 注 北 理 工 考 研

◆ 2.3 合金相结构

- ◉ 什么是固溶体？
- ◉ 什么是置换固溶体？影响溶解度的因素有哪些？
- ◉ 什么是间隙固溶体？条件有哪些？
- ◉ 什么是有序固溶体？完全有序？部分有序？条件？
- ◉ 固溶体有哪些性质？

- ◉ 什么是中间相？
- ◉ 有哪几种化合物？
- ◉ 形成电子化合物的因素？（形成不同相的原因，有能力的记住）
- ◉ 什么是间隙相？什么是间隙化合物？条件？
- ◉ 拓扑密堆相是什么？特点？ σ 相？
- ◉ 什么是超结构？类型？有序化的因素是什么？

◆ 2.4 离子晶体结构

- ◎ 离子晶体的结构规则。1、2、3、4、5。
- ◎ 典型的离子晶体结构

掌握各个结构的基本特点以及代表物

- ◎ 硅酸盐的晶体结构？有哪些组成方式（12345）？

真题再现

2. 构成硅酸盐的基本结构单元是什么？何谓硅酸盐孤岛结构？

◆ 2.5 共价晶体结构

第三章 晶体缺陷 (★★★★)



专注北理工考研

- ◉ 什么是晶体缺陷？有几种存在方式？

- ◆ 3.1 点缺陷

- ◉ 点缺陷的形成有哪几种？离子晶体？

- ◉ 点缺陷的平衡浓度的形成原因？

真题再现

3. 什么是空位平衡浓度？为什么说空位是一种热力学上平衡的缺陷？

- ◉ 平衡浓度的公式

$$C = \frac{n}{N} = A \exp\left(-\frac{E_v}{kT}\right)$$

- ◉ 点缺陷的运动

- ◉ 3.2 位错
- ◉ 刃型位错和螺型位错的特点，混合位错。
- ◉ 伯氏矢量的确定？位错型的确定？特性？
- ◉ 位错的运动？滑移、攀移，交割。要求会判断运动方向等问题

真题再现

五、（15 分）假设某一 FCC 晶体中在(111)晶面上有一个 $\mathbf{b} = \frac{a}{2}[\bar{1} 0 1]$ 的单位位错。

1.（3 分）请用晶向指数表示该位错分别为纯刃型位错和纯螺型位错时位错线的方向。

3、（10 分）试指出下列说法的正确与否，若为错误，请说明为什么。

（1）柏氏矢量的方向代表了位错的滑移方向，而位错的滑移方向就是晶体的滑移方向。

- ◉ 位错的弹性性质（了解）
- ◉ 位错的生成（来源？）和增殖（机制？）
- ◉ 实际晶体的位错形式？单位位错？全位错？不全位错？堆垛层错？造成的影响？（表3.1）

真题再现

7、层错的存在不在晶格中产生畸变，所以层错的出现并不引起晶格能量升高。

- ◉ 不全位错
肖克利，弗兰克（P112整页要求理解，会背）
- ◉ 位错反应。几何条件，能量条件。

真题再现

1. (6 分) 当两根位错线的柏氏矢量依次为 $\mathbf{b}_1 = \frac{a}{2}[1\ 0\ \bar{1}]$ 和 $\mathbf{b}_2 = \frac{a}{2}[0\ 1\ 1]$ 时, 若两位错相遇, 判断二者问能否发生位错反应? 写出所形成位错的柏氏矢量。该位错能否在 $(1\ 1\ 1)$ 面上产生滑移, 为什么?
2. (10 分) 写出面心立方晶体中的肖克莱不全位错和弗兰克不全位错的柏氏矢量。在应力的作用下, 哪一种不全位错更易运动, 为什么?
2. (8 分) 在面心立方晶体中, 肖克莱不全位错能否发生攀移, 能否在 (110) 晶面上滑移, 为什么?
3. 试说明面心立方晶格中肖克莱不全位错和弗兰克不全位错各自可能的位错性质(刃型、螺型、混合型)。指出肖克莱不全位错和弗兰克不全位错各自可能发生的运动(滑移、攀移)方式, 并解释其理由。肖克莱不全位错和弗兰克不全位错各自的运动对层错有何影响? (12 分)

- ◉ 扩展位错，位错宽度计算。束集，交滑移。

$$d = \frac{Gb_1 \cdot b_2}{2\pi\gamma}$$

真题再现

(3) 层错能高的晶体中容易出现层错，故扩展位错不易交滑移。

- ◉ 位错网络，面角位错
- ◉ 其他晶体中的位错

- ◉ 3.3 表面及界面
- ◉ 表面能
- ◉ 晶界亚晶界
- ◉ 小角度晶界及结构
- ◉ 大角度晶界及结构
- ◉ 晶界的特性
- ◉ 孪晶界，晶界能的关系
- ◉ 相界：公格、半共格、非公格

真题再现

什么是共格相界？（2007）

什么是相界？有哪几种形式（2005）

第四章 固体中原子及分子的运动



专 注 北 理 工 考 研

◆ 4.1 表象理论

◎ 菲克第一定律

$$J = -D \frac{d\rho}{dx}$$

物理意义, 单位, 使用条件

◎ 菲克第二定律

使用条件, 理解其推导过程

◎ 化学扩散, 自扩散

◎ 渗碳厚度计算

$$\rho(x, t) = \rho_s - (\rho_s - \rho_0) \operatorname{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}}\right)$$

$$x = A\sqrt{Dt} \text{ 或 } x^2 = BDt$$

- ◎ 薄膜扩散衰减分布

$$\rho(x, t) = \frac{M}{2\sqrt{\pi Dt}} \exp\left(-\frac{x^2}{4Dt}\right)$$

- ◎ 置换固溶体中的扩散

柯肯达尔效应，互扩散系数 $\bar{D} = D_1x_2 + D_2x_1$

- ◆ 4.2 扩散的热力学分析

上坡扩散？原因？

引起上坡扩散的条件？

◎ 4.3 扩散的原子理论

◎ 扩散机制1、2、3、4

晶内，晶界，自由表面扩散系数的对比
短路扩散

◎ 扩散系数，扩散激活能

$$D = D_0 \exp\left(-\frac{\Delta U}{kT}\right) = D_0 \exp\left(-\frac{Q}{kT}\right)$$

真题再现

1、（8分）固溶体中溶质原子扩散的主要微观机制有哪些？其分别对应哪类溶质原子的扩散？在间隙溶质原子和置换型溶质原子中，哪一种原子更易扩散，为什么？

◎ 4.6 影响扩散的因素

1. 温度
2. 固溶体类型
3. 晶体结构
4. 晶体缺陷
5. 化学成分
6. 应力

◎ 4.7 反应扩散

概念，不存在两相混合区的解释

◎ 4.8 离子晶体中的扩散

真题再现

3. 试问金属原子在金属中扩散和金属离子在离子晶体中扩散，哪一种扩散更困难，为什么？

第五章 材料的形变和再结晶 (★★)



专 注 北 理 工 考 研

◆ 5.1 弹性和粘弹性

- ◉ 了解弹性形变的本质
- ◉ 弹性模量的物理意义和其对材料的影响

真题再现

(2) 弹性模量的大小代表了结构材料抵御外力作用产生弹性变形的能力。对于多晶材料，能否通过改变金属晶粒尺寸来明显改变材料弹性模量？，为什么？能否通过改变温度而明显改变金属的弹性模量？为什么？（8分）

- ◉ 弹性不完整性的现象
- ◉ 粘性流动和粘弹性的概念，性质，粘弹性的物理模型

◆ 5.2 晶体的塑性变形

- ◉ 什么是滑移线和滑移带？什么是滑移系？
- ◉ fcc, bcc, hcp的滑移系各是什么，会产生什么影响

真题再现

(1) 为什么在室温下，具有面心立方晶体结构的铝合金容易塑性加工成型，而具有密排六方晶体结构的镁合金则较难塑性加工成型？（4分）。

- ◉ 什么是临界切分应力？表达式是什么？施密特因子是什么，有何意义？
- ◉ 什么是多系滑移？实质？
- ◉ 滑移的阻力来自哪里？什么是派-纳力？有何物理意义？



- ◉ 什么是孪生？什么是栎晶？什么是栎晶界？方向？
- ◉ 孪生的特点有哪些？
- ◉ 栎晶的分类？各有什么特点。不同晶型的孪生面和孪生方向，有什么影响？
- ◉ 扭折
- ◉ 多晶体的塑性变形
- ◉ 影响因素
- ◉ 霍尔-佩奇公式

$$\sigma_s = \sigma_0 + Kd^{-\frac{1}{2}} \longrightarrow \text{晶粒细化对金属造成的影响}$$

- 合金的塑形形变
- 什么是固溶强化？影响因素
- 什么是屈服现象和应变时效？
- 柯垂气团的原理

真题再现

1.（8分）在固溶体中的刃型位错附近，间隙原子和尺寸比溶剂原子小的置换型溶质原子将趋向于如何分布，为什么？这种分布对位错的运动有何影响，为什么？

2.（5分）为什么低碳钢在拉伸时表现出上下屈服点，而纯金属却没有？

- 增值理论

- ◉ 多项合金的塑形形变的分类
- ◉ 弥散分布合金形变的分类
- ◉ 不可变强化的原理
- ◉ 可变强化的原理
- ◉ 变形对材料性能的影响
- ◉ 加工硬化的三个阶段
- ◉ 什么是形变织构？分类？影响？
- ◉ 残余应力的分类？

- ◉ 回复和再结晶
- ◉ 什么是回复？什么事再结晶？过程如何描述？晶粒如何变化
- ◉ 冷变形金属在退货过程中有哪些变化？

真题再现

4. (8 分) 冷变形金属在加热过程将经历哪三个阶段？在这三个阶段，金属内部的组织和性能将发生什么变化？

- ◉ 回复动力学及其特点。
- ◉ 三种回复机制不同的物理过程，位错的变化以及造成物理性能变化的原因

- ◉ 什么是再结晶？驱动力是什么？
- ◉ 形核机制（晶界弓出形核，亚晶形核）
- ◉ 亚晶形核机制（合并，迁移）
- ◉ 长大的动力学因素
- ◉ 再结晶动力学
- ◉ 再结晶温度及其影响因素

真题再现

2、阐述冷变形量大小、原始晶粒尺寸、微量溶质原子对冷变形金属再结晶开始温度的影响规律，并解释产生这些影响的原因。（9分）

- ◉ 再结晶晶粒大小及其硬性因素

- ◉ 晶粒长大的驱动力及物理过程
- ◉ 晶粒长大的影响因素
- ◉ 异常晶粒长大的原因
- ◉ 再结晶晶粒大小的规律
- ◉ 再结晶组织，三种情况，两种理论
- ◉ 退火孪晶的形成以及能量条件

◆ 5.4 热变形与动态回复、再结晶

- ◉ 什么是热加工，温加工，冷加工？
- ◉ 热加工区别与冷加工的地方在哪？
- ◉ 动态回复的三个阶段，动态再结晶的三个阶段。
- ◉ 动态再结晶的机制和组织结构。
- ◉ 热加工对力学性能的影响有哪些？
- ◉ 热加工材料的组织特征有哪些，各有什么特点？
- ◉ 什么是蠕变？蠕变机制有哪些？
- ◉ 什么是超塑性？形成条件有哪些？
- ◉ 超塑性的本质是什么？

第六章 单组元相图及纯晶体的凝固 (★)



专 注 北 理 工 考 研

◆ 6.1 单元系相变的热力学及相平衡

- ◎ 相律及其意义 $f = C - P + 1$
- ◎ 对水相图的分析加深对相律的理解
- ◎ 克劳修斯-克拉伯龙方程

$$\frac{dp}{dT} = \frac{\Delta H}{T\Delta V_m}$$

◆ 6.2 纯晶体的凝固

- ◎ 什么是结构起伏？
- ◎ 什么是均匀形核？非均匀形核？
- ◎ 均匀形核的临界半径（公式会推倒）

- 形核率以及形核率出现峰值的原因

$$N = K \exp\left(-\frac{\Delta G^*}{kT}\right) \cdot \exp\left(-\frac{Q}{kT}\right)$$

真题再现

2、是否过冷度越大，结晶形核率越高，为什么？

- 非均匀形核的条件
- 非均匀形核的形核功的推倒
- 液-固界面的构造
- 晶体长大方式和长大速率

- ◉ 纯晶体凝固的生长形态
- ◉ 正温度梯度，光滑界面，粗糙界面
- ◉ 负温度梯度，光滑界面，粗糙界面
- ◉ 细晶的获得方式，单晶的制备

第七章 二元系相图和合金的凝固与制备

(★★★★★)



专 注 北 理 工 考 研

- ◉ 自由能-成分曲线的物理意义
- ◉ 公切线原理
- ◉ 杠杆定理
- ◉ 二元相图的几何规律
- ◉ 匀晶相图，无限相图的条件
- ◉ 固溶体的平衡凝固和凝固过程
- ◉ 固溶体的非平衡凝固及几点结论
- ◉ 共晶相图，性质
- ◉ 共晶相图的平衡凝固和组织



- ◉ 共晶合金的非平衡凝固
- ◉ 什么是伪共晶，非平衡共晶组织
- ◉ 包晶相图，报警合金的凝固及平衡组织
- ◉ 包晶合金的非平衡凝固
- ◉ 稳定化合物和不稳定化合物相图的特点
- ◉ 偏晶转变，合金转变，熔晶转变，共析转变，包析转变，脱熔过程
- ◉ 复杂二元相图的分析方法
- ◉ 根据相图判别合金的性能



- 铁碳相图 (★★★★★)

(7.50, 7.51, 7.61) 会默写, 各种凝固过程都要掌握

- 二元合金的凝固理论

- 正常凝固, 平衡分配系数

- 非平衡凝固的五个假设

- 正常凝固方程

- 理解区域熔炼, 有效分配系数以及对公式的讨论

- 成分过冷的概念, 临界条件, 对晶体形态的影响

固
溶
体
凝
固
理
论

- ◉ 共晶凝固理论
- ◉ 共晶组织的分类和形成机制
- ◉ 金-金共晶，形状以及两个因素
- ◉ 金-非金共晶，组织形状
- ◉ 共晶界面的稳定性（纯二元，含杂质的二元，二元伪共晶）
- ◉ 铸件的宏观组织
- ◉ 铸件的缺陷：缩孔，偏析
- ◉ 偏析：宏观偏析，显微偏析。平衡分配系数的影响

真题再现

六、若 A 组元熔点为 600°C ，B 组元熔点为 700°C ，问当两者形成匀晶合金时，匀晶合金的熔点是什么温度范围内？又当二者形成什么类型的合金时，可使该合金的熔点低于 600°C ？此时该合金在室温下是单相还是多相组织？（8 分）

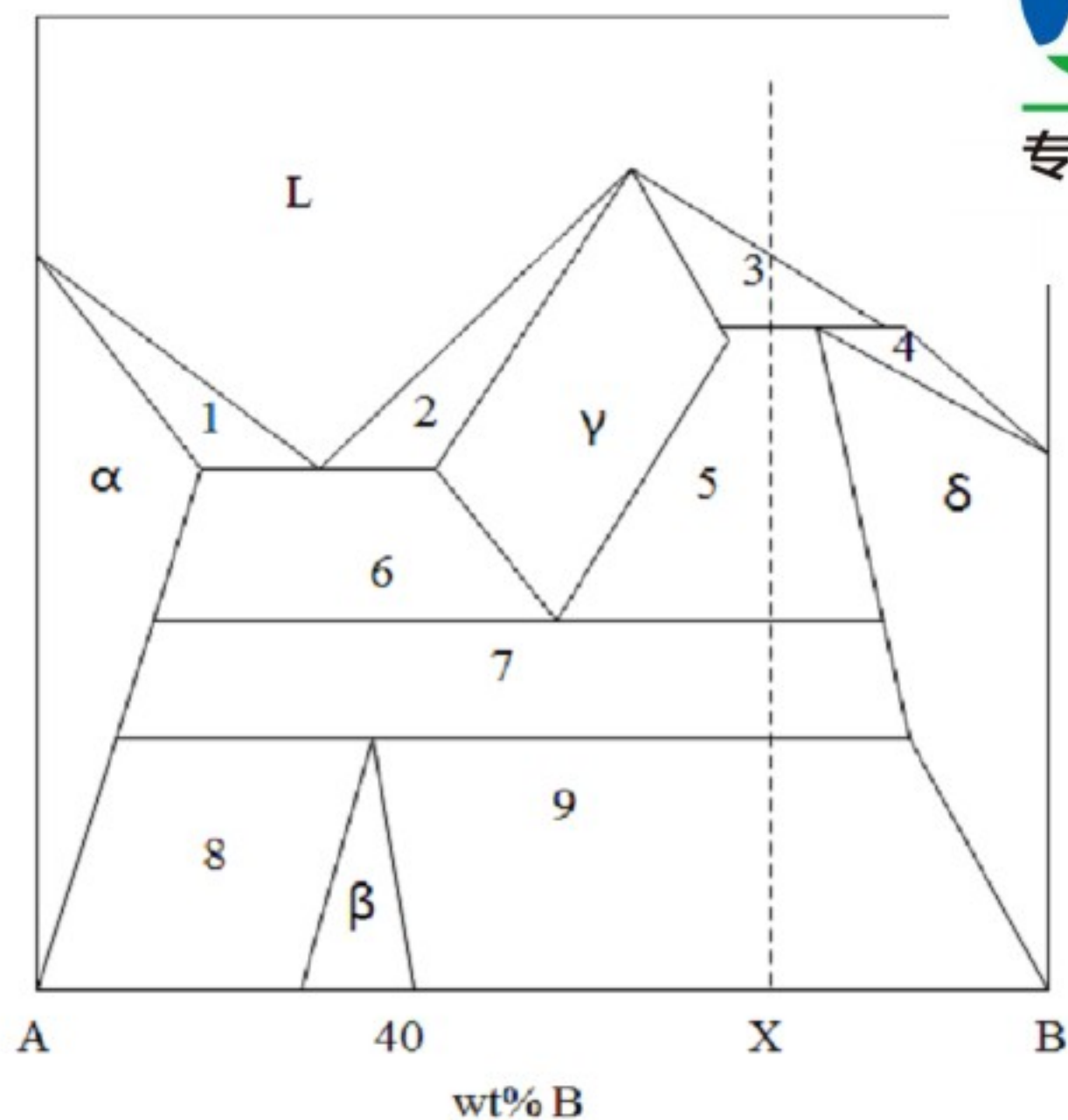
2.（6 分）由 A、B 组元组成甲、乙两种合金，其中甲合金成分为共晶成分，乙合金成分远离共晶成分，这两种合金铸造成型时，（1）哪种合金的流动性好，为什么？（2）哪种合金得到的组织更加致密，为什么？

八、（10 分，每题 5 分）A、B 两组元可以形成共晶合金，回答下列问题：

1. 现有一合金样品（其成分未知），观察其室温显微组织为 100% 的共晶组织，是否可据此认为该样品成分一定为共晶成分，为什么？

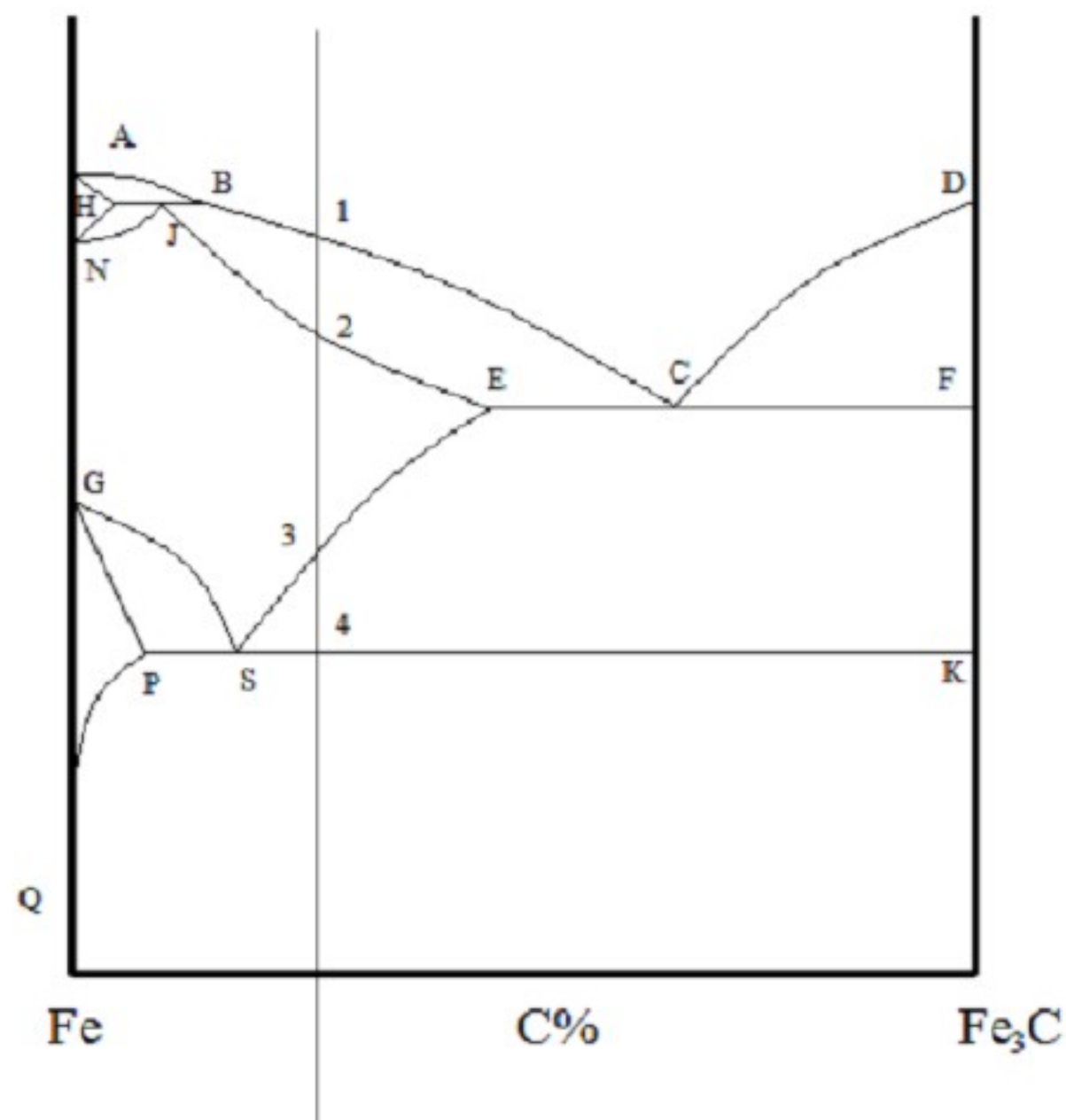
2. 对在平衡凝固时不发生共晶转变的某成分该合金，在其非平衡凝固时是否有可能得到含有共晶体的室温组织，为什么？

七、(15 分) 有 A、B 两组元的相图，如图所示，请回答下列问题



1. 写出上述 1-9 相区的相。
2. 写出各水平线的反应式和反应类型。
3. 画出成分为 X 的合金的冷却曲线，并分析其相变过程，指出室温平衡组织。
4. 假设该合金成分为 63% B，求室温平衡组织中两相的含量。

四、(22 分) 下图为 Fe-Fe₃C 相图，回答下列问题：



1. (7 分) 在 Fe-Fe₃C 相图中填写相区，在相图中标出共晶点、共析点和 Fe₃C 的成分。
2. (9 分) 写出所有水平线反应式，并指出在水平线温度所发生的反应类型和反应产物的名称。
3. (6 分) 分析含碳量为 1.2wt% 的合金由液态到室温的结晶过程，指出其室温下平衡组织组成物，并计算组织组成物的相对量。

八、(11 分) 什么是凝固时的成分过冷现象? 成分过冷对合金凝固凝固时固-液界面前沿液相中正的温度梯度对成分过冷区有何影响

七、(12 分, 每题 6 分) 纯金属和固溶体合金凝固时:

1. 在正的温度梯度下凝固时, 可能以什么方式生长, 为什么?
2. 在负的温度梯度下凝固时, 可能以什么方式生长, 为什么?

4、合金凝固时, 在负的温度梯度下将形成枝晶。但在正的温度梯度下不会形成枝晶。

第八章 三元相图 (★★★)

- ◉ 三元相图特点
- ◉ 表示法
- ◉ 特殊线
- ◉ 截面，投影图
- ◉ 杠杆定律及重心定律



理硕教育
Lishuo Education

专 注 北 理 工 考 研

第九章 材料的亚稳态 (★★★)

- ◉ 纳米晶材料的结构，性能，形成
- ◉ 非晶态材料形成，性能
- ◉ 亚稳相，脱溶对性能的影响
- ◉ 马氏体，贝氏体结构，转变，动力学



理硕教育
Lishuo Education

专 注 北 理 工 考 研