



四川理工学院课程实施大纲

课程名称：材料科学基础

授课班级：材料 2015(卓越)、防腐 20152

任课教师：崔学军；罗宏；豆雨辰

工作部门：材料科学与工程学院

联系方式：崔学军 13890098174（62155）；

联系方式：罗宏 13990060079（62186）；

联系方式：豆雨辰 15708149647（62223）

四川理工学院 制

2017年1月

《材料科学基础》课程实施大纲

基本信息

课程代码：17141002

课程名称：《材料科学基础》

学 分：4 学分

总 学 时：64 学时

学 期：第 4 学期

上课时间：周一(7,8)/周五(9,10)；周一(3,4)/周四(11,12)

上课地点：N1-220/N1-309；N1-112/N1-221

答疑时间和方式：周五(7,8)现场答疑/其它时间可电话预约

答疑地点：第二实验楼-3084

授课班级：材料 2015(卓越)、防腐 20152

任课教师：崔学军；罗宏；豆雨辰

学 院：材料科学与工程学院

邮 箱：cxj_2046@163.com

联系电话：崔学军 13890098174（62155）

目 录

1. 教学理念	1
1.1 关注学生的发展	1
1.2 关注教学的有效性	1
1.3 关注教学的策略	1
1.4 关注教学价值观	1
2. 课程介绍	3
2.1 课程的性质	3
2.2 课程在学科专业结构中的地位、作用	3
2.3 课程的历史与文化传统	3
2.4 课程的前沿及发展趋势	4
2.5 课程与经济社会发展的关系	4
2.6 课程内容可能涉及到的伦理与道德问题	5
2.7 学习本课程的必要性	5
3. 教师简介	1
3.1 教师的职称、学历	1
3.2 教育背景	1
3.3 研究兴趣（方向）	1
4. 先修课程	2
5. 课程目标	3
6. 课程内容	4
6.1 课程的内容概要	4

6.2 教学重点、难点及学时安排.....	5
7. 课程实施.....	9
7.1 教学单元一.....	9
7.2 教学单元二.....	10
7.3 教学单元三.....	12
7.4 教学单元四.....	14
7.5 教学单元五.....	16
7.6 教学单元六.....	18
7.7 教学单元七.....	20
7.8 教学单元八.....	22
7.9 教学单元九.....	24
7.10 教学单元十.....	26
7.11 教学单元十一.....	28
7.12 教学单元十二.....	30
7.13 教学单元十三.....	32
7.14 教学单元十四.....	34
7.15 教学单元十五.....	36
7.16 教学单元十六.....	38
7.17 教学单元十七.....	40
7.18 教学单元十八.....	42
7.19 教学单元十九.....	44
7.20 教学单元二十.....	46

7.21 教学单元二十一	48
7.22 教学单元二十二	50
7.23 教学单元二十三	52
7.24 教学单元二十四	54
7.25 教学单元二十五	56
7.26 教学单元二十六	58
7.27 教学单元二十七	59
7.28 教学单元二十八	61
7.29 教学单元二十九	63
7.30 教学单元三十	65
7.31 教学单元三十一	67
7.32 教学单元三十二	69
8. 课程要求	71
8.1 学生自学要求	71
8.2 课外阅读要求	71
8.3 课堂讨论要求	71
8.4 课程实践要求	71
9. 课程考核	72
9.1 出勤与迟到、早退、作业、报告等的要求	72
9.2 成绩的构成与评分规则说明	72
9.3 考试形式及说明	73
10. 学术诚信	74

10.1 考试违规与作弊处理	74
10.2 杜撰数据、信息处理等	74
10.3 学术剽窃处理等	74
11. 课堂规范	75
11.1 课堂纪律	75
11.2 课堂礼仪	75
12. 课程资源	76
12.1 教材与参考书	76
12.2 专业学术著作	76
12.3 专业刊物	76
12.4 网络课程资源	76
13. 教学合约	77
13.1 教师作出师德师风承诺	77
13.2 阅读课程实施大纲，理解其内容	77
13.3 同意遵守课程实施大纲中阐述的标准和期望	77
14. 其他说明	78

1. 教学理念

1.1 关注学生的发展

教学不是教师的“独台戏”，应是“以学生为中心”的互动过程。教师应关注学生的发展，倾听学生的需求。既对于材料科学与工程基础该课程的基本内容，如材料的结构和性能，合成与制备等进行详细的讲解，还要把材料的起源、应用和分析深入到材料科学的文化特点及历史变迁层面上与学生进行探讨和交流；重视材料在制备过程中的重现性、材料品质的一致性、人与自然的和谐性、资源与环境的可持续性非常重要的实际问题；培养学生的人文关怀和道德情操。使学生能从更广的角度学习知识，更深的层次掌握知识，从而得到全面的发展。

1.2 关注教学的有效性

教学过程还要重视教学的有效性。教学效果应以学生掌握知识的程度，灵活应用知识的能力作为评判的标准。教学过程要求教师要有时间与效益的观念。教师在教学时既不能跟着感觉走，又不能简单地把“效益”理解为“花最少的时间教最多的内容”。教学效益不取决于教师教多少内容，而是取决于对单位时间内学生的学习结果与学习过程综合考虑的结果。为了检验教学的效果，可对教学的目标和结果进行适当的量化，科学地将定量与定性，结果与过程相结合从而全面地检验“教”与“学”的效果。

1.3 关注教学的策略

为了达到有效的教学，教学过程应采用适宜的策略。教学策略是对完成特定教学目标而采取的教学活动程序、方法、形式和媒体等因素的总体考虑。怎样操作才能使教学取得更好的效果，这是教学策略所追求的目标。在教学过程中，必须重视教学策略的使用。例如：为了提高学生对该课程的兴趣，我们可以回避一味的讲解本课程重要作用，而提出一个与生活密切相关的问题，让学生提出解决的方案；再与该课程中给出的方案相对比，让学生自己体会建立在基本理论之上的方法的科学性和有效性，从而激发学生对该课程的兴趣。

1.4 关注教学价值观

教学的过程应有自身的教学价值观。教学的过程不应只是知识的传授，更应重视培养学生的个体主动性。个体主动性应表现为学生对自身的发展进行主动的思考、批判和

选择，能自我策划过程和付诸实施。当学生具有了对自身发展的主动性时，就具有了主动把握自己人生和命运的意识 and 能力。个体主动性是实现生命价值，获取幸福人生的内在保证。因此，培养学生的个体主动性是教育教学的最根本的任务。

材料科学基础

2. 课程介绍

2.1 课程的性质

《材料科学基础》是材料科学与工程专业的专业基础课程和必修课程。

2.2 课程在学科专业结构中的地位、作用

《材料科学基础》将以金属材料为主，系统、全面地阐述各种材料的共性基础，包括原子结构和晶体结构、晶体缺陷、凝固原理、固态扩散、塑性变形与再结晶、合金的相结构与结晶、铁碳合金与铁碳合金相图等内容。其基础性强，适应面宽，在基础课与专业课之间起着桥梁的作用，为材料科学与工程等专业学生的后续课程，如材料加工成型、材料热处理、材料力学性能、材料工程基础、材料测试、材料的近代研究方法、计算机在材料科学中的应用等奠定良好的学习基础。同时，该课程也是国内绝大多数高校材料类硕士研究生入学考试的必考专业课之一。

2.3 课程的历史与传统文化

人类使用材料的历史，从过去到现在共经历了七个时代，见表 2-1。但是材料科学成为一门独立的学科还是 20 世纪 60 年代的事。1957 年，苏联人造地球卫星发射成功之后，美国政府及科技界为之震惊，并认识到先进材料对于高技术发展的重要性，于是在一些大学相继成立了十余个材料科学研究中心，如 1955 年，美国西北大学设立了世界上第一个材料科学与工程系；美国麻省理工学院在 1967 年设立了材料科学与工程系，由原来的冶金专业改名而来，现在已处于世界材料科学的领袖地位。我国清华大学的材料科学与工程系建于 1988 年。自此，材料科学这一名词开始被人们广泛地引用。

随着人们在物理、化学、力学、生物学等学科上取得了卓越的成就，对物质结构、材料的理化性质和力学性能都有了更深入的了解，愈发认识到了对材料进行更深入研究的重要性，而不是仅停留在合成与利用层面上。与此同时，金属学、冶金学、工程陶瓷技术、高分子科学、半导体科学、复合材料科学以及纳米技术等新科学的发展促使了一系列新型材料的诞生，推进了人们对于材料的结构、生产工艺、性能以及相互作用的研究，这些前沿科学也为材料的设计、制造、加工与合理使用提供了充分的科学依据。现代的材料科学在以往的基础上，加强了对于复合材料、纳米材料的制备和创新，对于设计具有不同性能要求的材料复合工艺和纳米材料的凝聚过程，以及各类材料之间的相互渗透和交叉的性能以及综合性能的研究给予了更多的重视。现代材料科学不仅在材料的

本质与其理化性能、力学性能方面有深入的研究，还对材料的加工过程有较高要求，于是材料科学还涉及到了工程技术学科以及制造加工材料的工程学科。在此基础上，“材料科学与工程”逐步形成学科，并发展成为一门独立的一级学科。作为一级学科的“材料科学与工程”下分三个二级学科：材料物理、材料化学、材料加工工程。

表 2-1 人类使用材料的七个时代的开始时间

时间	时代
公元前 10 万年	石器时代
公元前 3000 年	青铜器时代
公元前 1000 年	铁器时代
公元 0 年	水泥时代
1800 年	钢时代
1950 年	硅时代
1990 年	新材料时代

2.4 课程的前沿及发展趋势

目前，随着科学技术的飞速发展，材料科学得到了迅猛的提高；许多新材料、新工艺层出不穷。如纳米材料出现和发展带给科学和日常生活巨大的进步：纳米材料制成的纳米材料多功能塑料，具有抗菌、除味、防腐、抗老化、抗紫外线等作用；纳米材料做成的存储设备可以实现存储容量较现有硬盘成千倍的增长；纳米金属涂层可以成倍提高材料的耐磨性。总的来看，材料科学的发展呈现从单一材料向复合材料转变、从单一功能向复合功能转变、从宏观尺度向微观尺度深入、从以实验研究为主转变到计算机辅助理论模拟计算与实验相结合。

2.5 课程与经济社会发展的关系

新材料技术已经成为一个国家工业水平与技术能力的重要标志。对材料的认识和利用能力，决定着社会的形态与人类生活的质量。而材料科学基础是进行材料科学研究的基础理论，它将各种材料（包括金属、陶瓷、高分子材料）的微观结构和宏观结构规律建立在共同的理论基础上，用于指导材料的研究、生产、应用和发展。它涵盖了材料科学和材料工程的基础理论。因此，材料科学基础课程的学习，将为国家培养各个领域的材料人才，有助于推动材料的研究和发展，对经济社会的进步起到巨大的牵引作用。

2.6 课程内容可能涉及到的伦理与道德问题

涉及到科研伦理问题，如科学道德、科研经费和学术规范等等。这是因为科学家处于两种科学（纯基础研究和满足实用目的的基础研究）之间，他们经常面临一种道德困境：是遵循科学的自由精神，还是遵从科学的社会功能。科学家陷入道德困境的一个客观原因是两种科学形态长期共存但存在着“张力”，在宏观上表现为科学是追求其社会功能的实现，在微观上却表现为科学家坚持自由精神。

2.7 学习本课程的必要性

《材料科学基础》作为材料类专业学生的一门重要的专业基础课，其任务是引导学生进入纷繁多彩的材料世界，领略材料和材料科学的无穷奥秘。本课程的学习，将为该专业学生的后续课程，如材料加工成型、材料热处理、材料力学性能、材料工程基础、材料测试、材料的近代研究方法、计算机在材料科学中的应用等奠定良好的学习基础。

3. 教师简介

3.1 教师的职称、学历

任课教师：崔学军，副教授，博士，硕士研究生导师。

任课教师：罗宏，教授，硕士，硕士研究生导师。

任课教师：豆雨辰，讲师，博士。

3.2 教育背景

崔学军

2015/12 - 2016/12, 美国 Arizona State University, 国家公派访问学者

2006/09 - 2009/06, 大连交通大学, 材料加工工程, 直博

2004/09 - 2006/06, 大连交通大学, 材料学, 硕士

1998/09 - 2002/06, 陕西科技大学, 无机非金属材料, 学士

罗宏

2004/09-2007/06, 四川理工学院, 材料化学与工程学院, 应用化学, 硕士

1988/09-1992/06, 浙江大学, 材料科学与工程学系, 铸造, 学士

豆雨辰

2010/09-2015/06, 重庆大学, 材料科学与工程学院, 金属材料, 硕博连读

2002/09-2006/06, 重庆大学, 材料科学与工程学院, 材料物理, 学士

3.3 研究兴趣（方向）

崔学军

①镁合金的腐蚀与防护：重点采用化学转化、微弧氧化、物理气相沉积等技术，并辅以涂层设计及制备的先进理念，研究和探索高性能涂层制备技术。

②材料表/界面构筑与性能关联性：材料表面功能化、智能化高性能涂层制备技术及特殊介质/变工况环境下的腐蚀、摩擦磨损行为和腐蚀磨损协同作用的性能演变过程。

罗宏

①材料腐蚀与防护：耐蚀金属材料、腐蚀试验

②金属材料及热处理：工具模具的热处理、焊后热处理

豆雨辰

金属材料塑性变形机理、计算材料学

4. 先修课程

需要修完《高等数学》、《普通物理》、《物理化学》、《材料力学》等课程。

材料科学基础

5. 课程目标

- (1) 掌握材料的内部原子排列的方式以及典型的晶体结构；掌握晶体缺陷基本理论，能够应用晶体缺陷基本理论分析其对材料性能的影响。
- (2) 掌握二元相图及其分析方法，能够利用二元相图分析材料的相转变过程。
- (3) 掌握并分析材料凝固时晶核的形成与长大过程；理解原子扩散理论，掌握回复与再结晶理论的实际应用。
- (4) 掌握材料塑性变形理论，正确应用材料强化理论分析材料的变形与断裂。
- (5) 具有与本课程有关的计算、分析、使用技术资料等方面的基本技能。
- (6) 通过课程实验，使学生与相应理论课相结合，加深理论的理解，具有相应设备仪器的操作方法和使用能力。

6. 课程内容

6.1 课程的内容概要

《材料科学基础》的授课内容共八部分，包括导论、第一章材料结构的基本知识、第二章材料中的晶体结构、第四章晶体缺陷、第五章材料的相结构及相图、第六章材料的凝固与气相沉积、第七章扩散与固态相变、第八章材料的变形与断裂。各部分教学的主要内容和基本要求，见表 6-1。

表 6-1 《材料科学基础》的授课内容概要

章节	主要内容	基本要求
导论	材料科学的重要地位；各种材料概况；材料性能与内部结构的关系；材料的制备与加工工艺对性能的影响；材料科学的定义。	了解材料科学的分类及其重要地位；了解材料科学的定义及任务；了解本课程的目的与要求。
第一章 材料结构的基本知识	材料的分类及各种材料的主要特点；原子之间的不同结合键，理解不同结合键形成的机理及其对材料性质的影响。	建立材料和材料科学与工程学科的基本概念，了解本课程的主要内容、要求和学习方法；理解材料中原子的电子状态对材料性能和行为的决定性作用，掌握原子间的相互作用形式、原子间距和空间排列对材料性能的影响。
第二章 材料中的晶体结构	材料中的晶体结构，晶向指数和晶面指数的标定；纯金属的晶体结构，体心立方、面心立方、密排六方；理解晶体中原子的堆垛方式，离子晶体结构和共价晶体结构。	了解晶体学的基础知识，掌握晶向指数、晶面指数的标定方法；掌握纯金属的常见的三种晶体结构，理解用于描述它们的参数；掌握常见的离子、共价晶体结构，理解离子晶体的结构规则。
第四章 晶体缺陷	体缺陷--点缺陷，点缺陷的分类及产生机制；位错的基本概念 位错的能量及交互作用，位错的基本类型和位错柏氏矢量；晶体中的界面，表面界面对材料性质影响。	了解晶体缺陷的类型，掌握点缺陷产生的机理；掌握位错的基本类型，理解位错运动和相互作用；掌握晶界能、表面能的概念了解界面能对显微组织的影响。
第五章	材料的相结构，不同相结构形成的机	掌握不同相结构形成的机制；掌握固溶体、中间

材料的相结构及相图	制；二元相图的基本类型及平衡结晶过程的分析，不平衡结晶分析；铁碳相图中不同成分合金的结晶过程分析。	相的定义、性质；掌握二元相图的基本类型，掌握匀晶、共晶、包晶相图及平衡结晶过程，能利用杠杆定理进行平衡相相对含量计算；掌握复杂相图的分析方法。
第六章 材料的凝固与气相沉积	材料凝固时晶核的形核及长大的机理；晶核长大的必要条件，晶核长大方式；固溶体及共晶合金的凝固的条件，凝固方程的推导及应用。	掌握材料凝固时晶核的形成与长大的机制；了解结晶的基本规律，晶核长大的必要条件；掌握固溶体及共晶合金的凝固的条件和机制；理解成分过冷及其影响。
第七章 扩散与固态相变	扩散定律及其应用，扩散机制，扩散第一、第二定律，扩散的微观机制；间隙机制，空位机制，柯肯达尔效应。	掌握扩散的主要机制，了解扩散系数的计算方法。
第八章 材料的变形与断裂	金属弹性变形的实质，金属拉伸变形的三个阶段；滑移与孪生的微观机制；单晶体和多晶体的塑性变形特点；施密特定律，交滑移，多晶体变形的特点，细晶强化及其机理；纯金属及合金的形变强化机理；掌握冷变形金属组织变化特点；冷变形金属组织变化的特点及金属断裂的断裂强度。 冷变形金属的回复和再结晶组织性能的变化，回复及再结晶的机制，金属的热变形、蠕变及超塑性特点，蠕变不同阶段的分析。	金属变形概述及弹性变形，掌握滑移与孪生的微观机制，掌握单晶体及多晶体塑性变形的特点，掌握形变强化的方法与机制，理解金属断裂理论断裂强度和实际断裂强度的差异，掌握冷变形金属组织变化特点。 掌握金属回复再结晶组织性能的变化，掌握金属热变形及蠕变的特点。

6.2 教学重点、难点及学时安排

《材料科学基础》课程教学重点、难点及学时安排，见表 6-2。

表 6-2 课程教学重点、难点及学时安排

章节	参考学时	教学重点、难点
导论	2 学时	重点: 1. 材料科学的定义与任务。 2. 材料分类及概况。 难点: 1. 材料科学与工程四要素的内涵。
第一章 材料结构的 基本知识	4 学时	重点: 1. 原子之间结合键的分类。 2. 结合键对材料性质的影响。 3. 晶体组织的重要性。 难点: 1. 结合键的本质。 2. 晶体与非晶体的区别。 3. 组织与相的区别。
第二章 材料中的 晶体 结构	8 学时	重点: 1. 空间点阵、晶胞、晶系和不拉菲点阵。 2. 晶向指数、晶面指数的标定方法。 3. 纯金属常见的三种晶体结构。 4. 多晶型性。 5. 常见的离子、共价晶体结构 难点: 1. 阵点与基元的差异。 2. 晶向指数和晶面指数的标定。 3. 常见金属的晶体结构。 4. 四面体间隙与八面体间隙。
第四章 晶体缺 陷	8 学时	重点: 1. 缺陷的类型与特点。 2. 点缺陷的形成与平衡浓度。

		<ol style="list-style-type: none"> 3. 位错的基本类型和特征。 4. 柏氏矢量的确定，物理意义及守恒性。 5. 位错运动的两种基本形式。 6. 小角度和大角度晶界模型。 7. 晶界能与晶界特性。 8. 孪晶界和相界。 9. 缺陷与材料性能之间的关系。 <p>难点：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 点缺陷产生的机理。 2. 位错运动和相互作用。 3. 界面能对显微组织的影响。
第五章 材料的 相结构 及相图	20 学时	<p>重点：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 固溶体与中间相的定义和分类。 2. 相图建立的方法及相律。 3. 匀晶、共晶、包晶相图及平衡结晶过程。 4. 杠杆定理进行平衡相相对含量计算。 5. 相图与性能的关系。 6. 复杂相图的分析方法。 7. 铁-碳合金相图。 <p>难点：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 相图分析。 2. 平衡结晶过程分析与描述。 3. 平衡相计算。
第六章 材料的 凝固与 气相沉 积	4 学时	<p>重点：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 均匀形核与非均匀形核。 2. 结晶的基本规律。 3. 合金的凝固的条件和机制。 4. 成分过冷及其影响。 5. 铸锭与铸件的凝固组织与偏析。

		<p>难点:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 材料凝固时晶核的形成与长大的机制。 2. 晶核长大的必要条件。 3. 凝固的影响因素与机理。
第七章 扩散与 固态相 变	4 学时	<p>重点:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 扩散第一定律。 2. 扩散机制。 3. 互扩散和柯肯达尔效应。 4. 扩散驱动力及其影响因素。 <p>难点:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 柯肯达尔效应。 2. 扩散机制。
第八章 材料的 变形与 断裂	14 学时	<p>重点:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 滑移与孪生的微观机制。 2. 单晶体及多晶体塑性变形的特点。 3. 形变强化的方法与机制。 4. 冷变形金属组织变化特点。 5. 再结晶温度及影响因素。 6. 回复、再结晶、晶粒长大和二次再结晶的驱动力。 7. 结晶、重结晶、再结晶和二次再结晶的区别。 8. 去应力退火与再结晶退火工艺的制定与应用。 9. 冷、热加工处理后对材料组织结构和性能的影响。 <p>难点:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 位错理论在解释各类塑性变形等问题的应用。如：①为何理论临界应力\gg实际测量的值；②各种强化机理（如：固溶强化、细晶（晶界）强化、弥散（沉淀）强化、形变强化（加工硬化）等）。 2. 施密特定律。 3. 位错的交割、反应与增殖。 4. 回复与再结晶动力学。

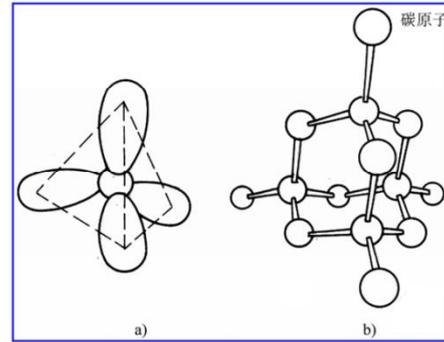
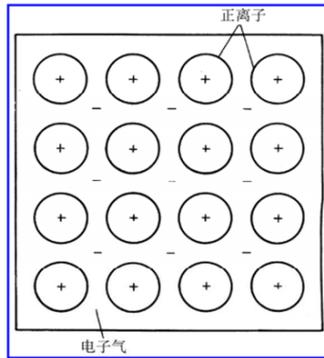
7. 课程实施

7.1 教学单元一

教学日期	第 1 次课	教学方法	讲授法、讨论法
教学目标	<ol style="list-style-type: none"> 1. 了解本课程的地位、性质、任务。 2. 了解本课程的主要内容和学习要求。 3. 掌握材料的定义及分类。 		
教学内容 (含重点、难点)	<p>导论 (2/2 学时)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 材料的定义及材料科学的重要地位 2. 材料性能与结构、制备与加工工艺的关系 3. 课程的地位、性质和任务以及课程内容及学习要求 <p>重点:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 材料科学的定义与任务。 2. 材料分类及概况。 <p>难点:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 材料科学与工程四要素的内涵。 		
课前准备 及其他相关要求	<p>阅读《材料科学基础》教材导论部分内容，并回答如下问题：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 材料科学在人类发展的历史上有什么重要作用？ 		
教学过程 (具体内容参见课件)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 自我介绍，说明本课程使用的教材及参考教材。 2. 以讲授法为主，从材料的定义、分类及材料科学的地位及发展历史，讲解材料的重要性。 师生互动 1: 讨论金属材料与陶瓷材料的性能差异 (5 分钟)。 3. 以讲授法为主，讲解材料性能与内部结构的关系、材料的制备与加工工艺对性能的影响及课程的地位、性质和任务等。 师生互动 2: 学生提问本课程相关内容。 		
课后作业 及思考	<p>作业: 预习下次课内容。</p> <p>思考: 材料科学的未来？</p>		
参考资料	《材料科学基础》导论内容，P1-11。		

7.2 教学单元二

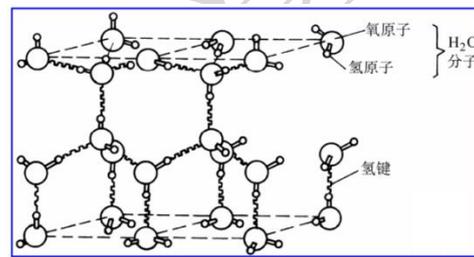
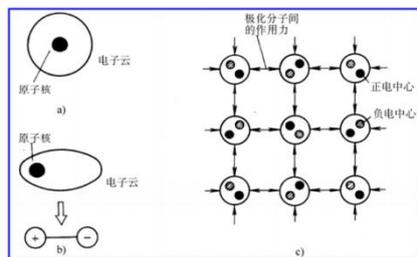
教学日期	第 2 次课	教学方法	讲授法、练习法
教学目标	1. 理解材料中原子的电子状态对材料性能和行为的决定性作用。 2. 掌握原子间的相互作用形式、原子间距和空间排列对材料性能的影响。		
教学内容 (含重点、 难点)	<p>第一章 材料结构的基本知识 (2/4 学时)</p> <p>1. 第一节 原子结构: 原子的电子排列、元素周期表及性能的周期性变化</p> <p>2. 第二节 原子结合键: 一次键、二次键、混合键、结合键的本质及原子间距、结合键与性能</p> <p>重点:</p> <p>1. 原子的电子排列规则。</p> <p>2. 原子结合键的分类。</p> <p>3. 结合键与材料的性能。</p> <p>难点:</p> <p>1. 结合键的本质及原子间距。</p>		
课前准备及 其他相关要 求	阅读《材料科学基础》教材第一章第一、二节内容，并回答如下问题： 1. 原子核外的电子排列遵循哪些规律？ 2. 原子之间的结合键有哪些？结合键和材料的性能有什么样的关系？		
教学过程 (具体内容 参见课件)	<p>1. 举例子，如纳米铜与普通铜片的延伸率、钻石与碳的性能，引入材料结构与性能的重要性。</p> <p>2. 利用讲授法，详细讲解原子的核外电子排列规则、一次键：离子键、共价键、金属键及二次键（范德瓦尔斯键、氢键）等内容。</p> <p>(1) 原子结构</p> <p>1) 原子的壳层结构</p> <p>2) 壳层中的电子能级</p> <p>(2) 原子之间的相互作用</p> <p>1) 一次键：</p> <p>离子键：正负离子吸引成键</p> <p>金属键：正离子与自由电子相互吸引成键：</p> <p>共价键：共用电子对成键</p> <div data-bbox="954 1509 1369 1771" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> </div> <div data-bbox="922 1783 1382 2029" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> </div>		



2) 二次键

范德华键：电偶极矩相互吸引成键

氢键：电偶极矩相互吸引成键



3) 混合键合

一次键混合、一次键与二次键混合

师生互动 1: 简述一次键和二次键的差异。

3. 利用讲授法，详细讲解混合键、结合键的本质与原子间距、结合键与材料的性能（物理性能、力学性能）。

师生互动 2: 金属材料、陶瓷材料及高分子材料之间的结合键、物理性能和力学性能比较。

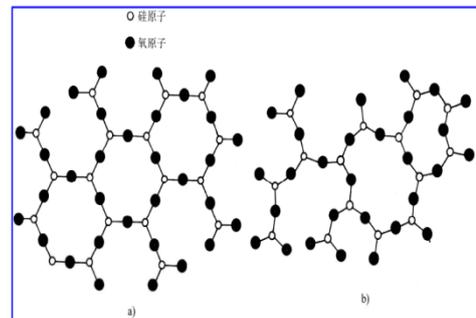
课后作业及作业: 教材 P36, 4、5。

思考 思考：材料的密度、熔点等物理性能随结合键的不同如何变化？

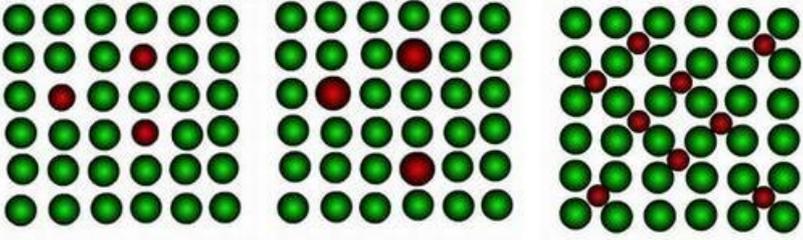
参考资料 《材料科学基础》第一章 材料结构的基本知识：P12-26。

7.3 教学单元三

教学日期	第 3 次课	教学方法	讲授法、练习法
教学目标	1. 了解原子的排列方式。 2. 掌握晶体材料的组织与结构。		
教学内容 (含重点、难点)	第一章 材料结构的基本知识 (4/4 学时) 1. 第三节 原子排列方式: 晶体与非晶体、原子排列的研究方法 2. 第四节 晶体材料的组织: 组织的显示与观察、单相组织、多相组织 3. 第五节 材料的稳态结构与亚稳态结构 重点: 1. 晶体与非晶体的区别。 2. 晶体组织的重要性。 3. 稳态结构与亚稳态结构。 难点: 1. 组织与相的区别。 2. 从热力学角度理解材料结构的多样性。		
课前准备及其他相关要求	阅读《材料科学基础》教材第一章第三、四、五节内容，并回答如下问题： 1. 晶体与非晶体的区别？ 2. 稳态结构与亚稳态结构的差异？		
教学过程 (具体内容参见课件)	通过对上一节内容的回忆，利用讲授法和练习法，讲述本节内容。 1. 原子的排列方式 (1) 晶体与非晶体 晶体是有明确衍射图案的固体，其原子或分子在空间按一定规律周期重复地排列。晶体中原子或分子的排列具有三维空间的周期性，隔一定的距离重复出现，这种周期性规律是晶体结构中最基本的特征。 非晶体是指组成物质的分子(或原子、离子)不呈空间有规则周期性排列的固体。它没有一定规则的外形，如玻璃、松香、石蜡、塑料等。它的物理性质在各个方向上是相同的，叫“各向同性”。它没有固定的熔点。所以有人把非晶体叫做“过冷液体”或“流动性很小的液体”。		



二氧化硅结构示意图 a) 晶体 b) 非晶体

	<p>师生互动 1: 讨论晶体与非晶体的区别。</p> <p>(2) 原子排列的研究方法</p> <p>2. 晶体材料的组织</p> <p>(1) 组织的显示与观察</p> <p>(2) 单相组织: 单相组织包括纯金属和单相合金, 在显微镜下看到的是许多边形晶粒组成的多晶体组织。例如经常看到的工业纯铁, Fe-Si 和 Cu-Ni 等合金的组织。研究晶粒界, 晶粒形状、大小, 以及晶粒内出现的亚结构。固溶体分为三种: 置换固溶体、间隙固溶体和缺位式固溶。</p>  <p>(3) 多相组织: 弥散强化。</p> <p>3. 材料的稳态、亚稳态结构</p> <p>同种材料在不同条件下可以得到不同的结构, 其中能量最低的结构成为稳定态结构。而能量相对较高的结构则称为亚稳态结构。从热力学的角度来看, 能量最低的结构最稳定, 因此在得稳志结构最有利。然而, 实际上体系存在的结构并不一定是稳态的, 很多情况下得到的却是能量较高的亚稳态, 这是由结构转变的动力学条件所决定的, 因此, 材料最终得到什么结构必须综合考虑结构形成的热力学条件及动力学条件。</p> <p>师生互动 2: 说明材料的稳态结构与亚稳态结构之间的关系。</p>
课后作业	作业: 教材 P36: 6、9。
及思考	思考: 组织和相的区别?
参考资料	《材料科学基础》第一章 材料结构的基本知识: P26-36。

7.4 教学单元四

教学日期	第4次课	教学方法	讲授法、练习法
教学目标	1. 理解空间点阵、晶胞、晶系、布拉菲点阵和晶带的含义。 2. 掌握晶向指数的表示方法。		
教学内容 (含重点、难点)	第二章 材料中的晶体结构 (2/8 学时) 第一节 晶体学基础：空间点阵和晶胞、晶系和不拉菲点阵、晶向指数 重点： 1. 空间点阵、晶胞、晶系和不拉菲点阵。 2. 晶向指数的标定方法。 3. 晶向族。 难点： 1. 阵点与基元的差异。 2. 晶向指数的标定。 3. 晶向族与晶向组的差异。		
课前准备 及其他相关要求	阅读《材料科学基础》教材第二章第一节内容，并回答如下问题： 1. 什么是空间点阵，阵点代表什么？ 2. 晶向指数的表示方法是什么？		
教学过程 (具体内容参见课件)	通过举例，引入晶体学研究的思路，并利用讲授法和练习法，引导学生。 1. 空间点阵和晶胞： 空间点阵： 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。每个点称为阵点或结点。 基元： 晶体中在空间有规则的周期重复排列的基本单元，即构成晶体结构的基本单元。 晶胞： 构成晶格的最基本单元称为晶胞，即晶格中最小的几何单元。 师生互动 1： 思考如何选取一个晶胞？其应该遵循哪些原则？ 2. 晶系和不拉菲点阵：七大晶系，14种不拉菲格子。 晶系：按 a 、 b 、 c 是否相等， α 、 β 、 γ 是否为直角，是否相等因素，将全部晶体分为7个晶系。 思考：为什么只有14种？		

晶系	布拉菲点阵	晶系	布拉菲点阵
三斜 Triclinic $a \neq b \neq c$, $\alpha \neq \beta \neq \gamma$	简单三斜	六方 Hexagonal $a_1 = a_2 = a_3 \neq c$, $\alpha = \beta = 90^\circ$, $\gamma = 120^\circ$	简单六方
单斜 Monoclinic $a \neq b \neq c$, $\alpha = \gamma = 90^\circ \neq \beta$	简单单斜 底心单斜	菱方 Rhombohedral $a = b = c$, $\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$	简单菱方
正交 $a \neq b \neq c$, $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	简单正交 底心正交 体心正交 面心正交	四方 (正方) Tetragonal $a = b \neq c$, $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	简单四方 体心四方
		立方 Cubic $a = b = c$, $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	简单立方 体心立方 面心立方

师生互动 2: 为什么布拉菲点阵中没有面心和底心四方点阵?

3. 晶向指数

晶向: 在晶胞中, 通过若干原子中心 (结点) 连接一起的具有不同空间方位的直线。

晶向指数的标定方法:

- 1) 以晶胞中某一原子为原点, 建立坐标系, 以三棱边为坐标轴; 以 a , b , c 为单位矢量;
- 2) 在待测晶向上确定坐标为: (x_1, y_1, z_1) (x_2, y_2, z_2) ;
- 3) 用终点坐标减去起点的坐标, 即: $x_2 - x_1$ 、 $y_2 - y_1$ 、 $z_2 - z_1$;
- 4) 按比例化成最小整数;
- 5) 放在方括号 $[uvw]$ 中, 不加逗号, 负号记在上方。

师生互动 3: 通过练习熟悉晶向指数的标定方法。

晶向族: 由于晶体中原子排列的对称性, 存在许多原子排列相同, 但方向不同的晶向, 在晶体学上, 这些晶向是同等的, 统称为晶向族, 用 $\langle uvw \rangle$ 表示。

课后作业 作业: 预习下节课内容。

及思考 思考: 布拉菲点阵的基本特点是什么?

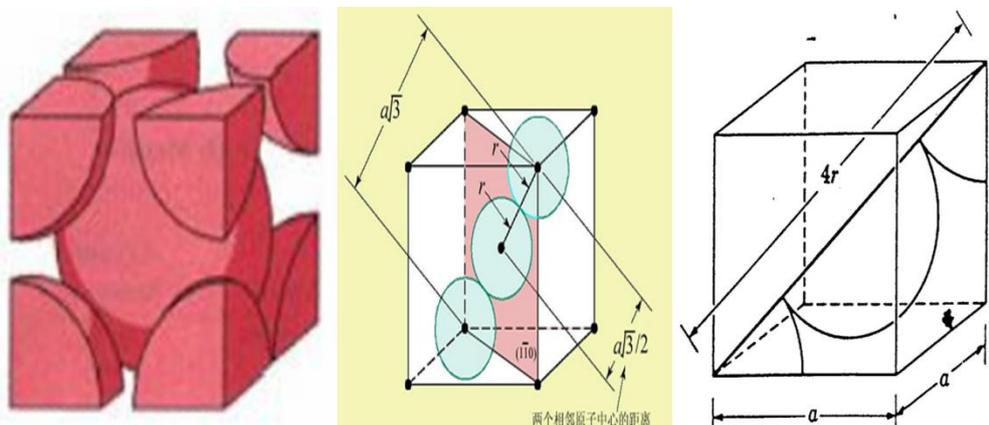
参考资料 《材料科学基础》第二章 材料中的晶体结构: P38-41。

7.5 教学单元五

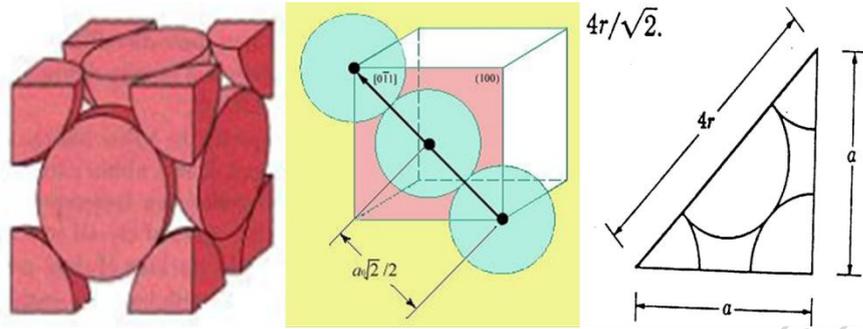
教学日期	第 5 次课	教学方法	讲授法、练习法
教学目标	1. 掌握晶面指数的表示方法。 2. 掌握晶面间距的计算方法。 3. 熟悉晶带定理。 4. 了解六方晶系的晶向指数和晶面指数表示方法，了解晶体学几个重要公式。		
教学内容 (含重点、难点)	第二章 材料中的晶体结构 (4/8 学时) 第一节 晶体学基础：晶面指数 (晶面指数标定、六方晶系的晶面指数与晶向指数、晶面间距、晶带、几个重要的公式) 重点： <ol style="list-style-type: none"> 晶面指数的标定方法。 晶面间距计算方法。 晶体学的几个重要公式。 晶带定理。 难点： <ol style="list-style-type: none"> 晶面指数的标定。 复杂晶胞的面间距计算。 晶面指数与晶面间距的关系。 晶体共带面的判断。 		
课前准备及其他相关要求	阅读《材料科学基础》教材第二章第一节内容，并回答如下问题： <ol style="list-style-type: none"> 晶面指数的表示方法是什么？如何确定已知指数的晶面？ 如何确定晶面的间距？如何确定两个晶面的夹角？ 		
教学过程 (具体内容参见课件)	在回忆上节课内容的基础上，以提问的方式，通过讲授法和练习法，引导学生学习。 <ol style="list-style-type: none"> 晶面指数的标定： <ol style="list-style-type: none"> 建立坐标系：以一个原子中心为原点，以三棱边为坐标轴，以 a, b, c 为单位矢量 求出待标定晶面在三个坐标轴上的截距，如 x、y、z 计算其倒数 $1/x$、$1/y$、$1/z$ 化成最小、整数比 $h:k:l$ 		

	<p>⑤ 放在圆方括号(hkl)，不加逗号，负号记在上方。</p> <p>师生互动 1: 通过写出立方晶体的密排面等练习，熟悉晶面指数的标定方法。</p> <p>2. 晶面族：表示方法及如何找出所包含晶面。</p> <p>3. 六方晶系的晶向指数与晶面指数的标定（自学为主）。</p> <p>师生互动 2: 晶面族包含晶面的练习。</p> <p>4. 晶向、晶面的原子密度。</p> <p>晶向原子密度：该晶向上单位长度上的原子数</p> <p>5. 晶面间距：两相邻近平行晶面间的垂直距离。用 d_{hkl} 表示从原点作 (h k l) 晶面的法线，则法线被最近的 (h k l) 面所交截的距离即是。</p> <p>6. 简单晶胞与复杂晶胞的晶面间距计算。</p> <p>7. 晶面指数与晶面间距的关系。</p> <p>立方晶系: $d_{hkl} = a/[h^2 + k^2 + l^2]^{1/2}$</p> <p>四方晶系: $d_{hkl} = 1/[(h^2 + k^2)/a^2 + (l/c)^2]^{1/2}$</p> <p>正交晶系: $d_{hkl} = 1/[(h/a)^2 + (k/b)^2 + (l/c)^2]^{1/2}$</p> <p>六方晶系: $d_{hkl} = 1/[4/3(h^2 + hk + k^2)/a^2 + (l/c)^2]^{1/2}$</p> <p>8. 晶体学的几个重要公式，如晶面的夹角计算。</p> <p>9. 晶带、晶带轴和晶带定理。</p> <p>相交或平行于某一晶向直线的所有晶面的组合称为晶带。此直线称为晶带轴，所有的这些晶面都称为共带面。晶带轴[u v w]与该共带面 (h k l) 之间存在以下关系：$hu + kv + lw = 0$（晶带定理）。凡满足此关系的晶面都属于以[u v w]为晶带轴的晶带</p> <p>师生互动 3: 晶向、晶面及晶带定律的相关练习。</p>
课后作业	作业：教材 P62：1（3）；P63：3、9（1）。
及思考	思考：立方晶系 {111} 晶面族中的晶面，是否属于同一个晶带？若是，写出晶带轴。
参考资料	《材料科学基础》第二章 材料中的晶体结构：P41-45。

7.6 教学单元六

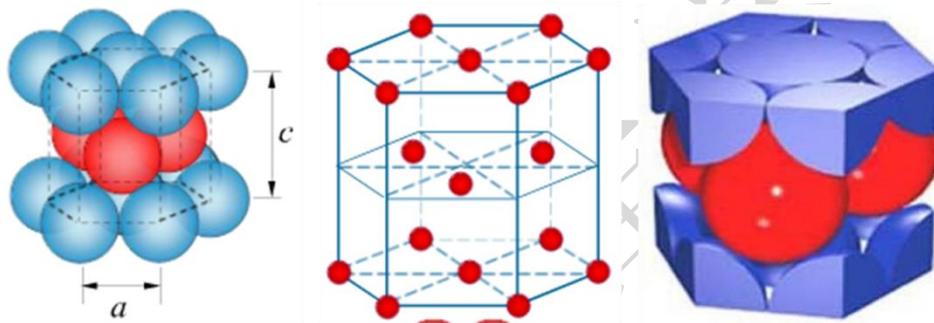
教学日期	第 6 次课	教学方法	讲授法、练习法
教学目标	1. 了解密排六方晶体结构。 2. 掌握体心立方、面心立方晶体的堆垛方式、晶胞原子数、配位数、致密度。 3. 了解间隙的类型，学会分析间隙的位置及其半径。		
教学内容 (含重点、难点)	第二章 材料中的晶体结构 (6/8 学时) 第二节 纯金属的晶体结构：典型金属的晶体结构 (原子堆垛方式、点阵常数、晶胞中的原子数、配位数、致密度、间隙) 重点： 1. 计算体心立方、面心立方晶体晶胞原子数、配位数、致密度。 2. 晶体点阵常数与原子半径的关系。 3. 晶体结构的间隙。 难点： 1. 晶体结构中原子的堆垛方式。 2. 晶面结构的间隙位置及半径的确定。		
课前准备 及其他相关要求	阅读《材料科学基础》教材第二章第二节内容，并回答如下问题： 1. 体心立方结构的最密排面和最密排方向是什么？ 2. 密排六方结构和面心立方结构的原子堆垛方式有何不同？		
教学过程 (具体内容参见课件)	提问的方式回忆上节课内容，以讲授法和练习法为主，学习本节课内容。 1. 纯金属的三种典型晶体结构：面心立方、体心立方和密排六方。 2. 体心立方晶体的堆垛方式、晶胞原子数、配位数、致密度。 		

3. 面心立方晶体的堆垛方式、晶胞原子数、配位数、致密度。



师生互动 1: 计算铜原子体密度, 熟悉金属的典型结构。

4. 密排六方晶体的堆垛方式、晶胞原子数、配位数、致密度。(了解)



5. 三种晶体结构的数据比较。

晶体结构	晶胞原子数	原子半径	配位数	致密度	密排晶面 密排晶向	金属
bcc	2	$r = \frac{\sqrt{3}}{4}a$	8	0.68	{110} <111>	α -Fe, Cr, Mo, W, V, Nb, β -Ti
fcc	4	$r = \frac{\sqrt{2}}{4}a$	12	0.74	{111} <110>	γ -Fe, Cu, Al, Ni, Ag, Au, Co
hcp	6	$r = \frac{a}{2}$	12	0.74	{0001} <1120>	α -Ti, Mg, Be, Zn, Cd

6. 四面体间隙与八面体间隙: 分别按体心立方、面心立方、密排六方分类讲解间隙。

师生互动 2: 熟悉典型晶体结构, 致密度, 间隙半径等基本概念。

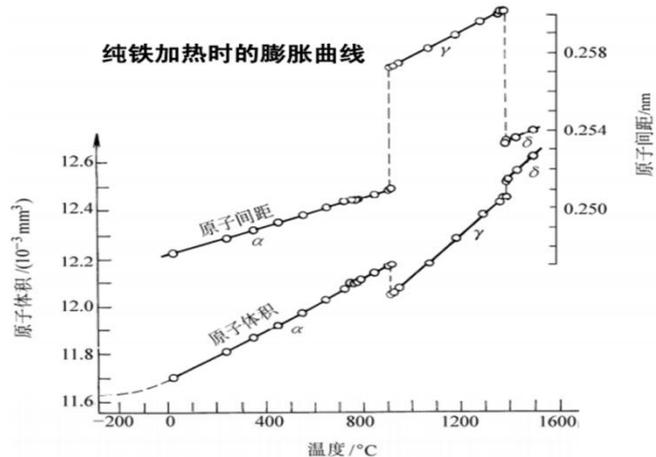
课后作业 作业: 教材 P63: 6、7 (1)。

及思考 思考: 不同的晶体结构会对材料的性质产生什么样的影响?

参考资料 《材料科学基础》第二章 材料中的晶体结构: P45-51。

7.7 教学单元七

教学日期	第 7 次课	教学方法	讲授法、练习法
教学目标	1. 了解金属的多晶型性和晶体原子半径的影响因素。 2. 了解离子晶体的结构规则和共价晶体的主要特点。 3. 熟悉典型共价晶体的结构及常见的离子晶体的结构，		
教学内容 (含重点、难点)	第二章 材料中的晶体结构 (8/8 学时) 第二节 纯金属的晶体结构: 多晶型性、晶体结构中的原子半径 第三节 离子晶体的结构: 离子晶体的主要特点、离子半径、配位数和离子的堆积、离子晶体的结构规则、典型离子晶体的结构 第四节: 共价晶体的结构: 共价晶体的主要特点、典型共价晶体的结构 重点: 1. 金属晶体的多晶型性。 2. 原子半径的影响因素。 3. 典型离子晶体和共价晶体的结构。 难点: 1. 晶体的多晶型性。 2. 离子晶体的结构规则。		
课前准备及其他相关要求	阅读《材料科学基础》教材第二章第二、三、四节内容，并回答如下问题： 1. 什么是多晶型性？ 2. 典型离子晶体和共价晶体的结构有哪些？		
教学过程 (具体内容参见课件)	以提问方式引导学生回忆上节课内容，以讲授法和练习法为主，讲解本节内容。 1. 多晶型性的定义，与同素异构的区别。以铁的结构随温度的变化为例讲解多晶型性。		



2. 晶体结构中的原子半径的影响因素：温度与压力、结合键、配位数。

师生互动 1: 计算 912°C 时, γ -Fe 转变 α -Fe 时的体积膨胀量。(假设原子直径不变)

3. 离子晶体的主要特点：离子键结合，键合力强，高熔点，小热胀系数，高硬度，高脆性，绝缘性，无色透明。

思考: 与前面的纯金属晶体有何差异？

4. 离子半径、配位数和离子的堆积

思考: 请与前面的纯金属晶体相对照？

5. 离子晶体的结构规则：如何利用鲍林三大准则来判定离子晶体的结构？

6. 典型离子晶体的结构：NaCl 晶型、CsCl 晶型、闪锌矿（立方 ZnS）晶型、纤锌矿（六方 ZnS）晶型、萤石（CaF₂）晶型

7. 共价晶体的主要特点：共价键的饱和性和方向性，配位数低于金属和离子晶体，高熔点、高硬度、高脆性、绝缘性。

思考: 比较金属晶体，离子晶体，共价晶体的结构特点。

8. 典型共价晶体的结构：

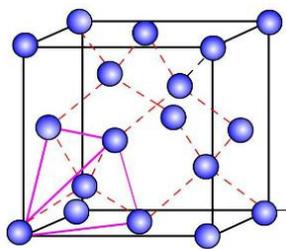
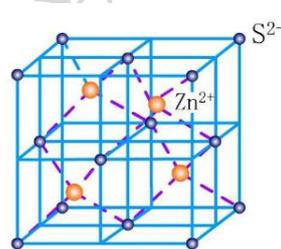


图 金刚石型结构



(3) 立方 ZnS 型

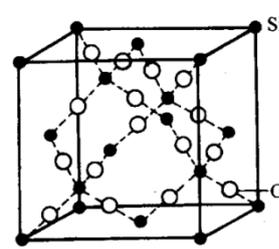


图 2-26 白硅石 (SiO₂) 的结构

思考: 想一想，它们的结构对其性质产生了怎样的影响？

师生互动 2: 想一想 NaCl 晶体的正负离子的配位数各是多少？

课后作业 作业：复习本章内容。

及思考 思考：典型离子晶体结构的点阵类型是什么，正负离子的配位数各是多少？

参考资料 《材料科学基础》第二章 材料中的晶体结构：P51-62。

7.8 教学单元八

教学日期	第 8 次课	教学方法	讲授法、练习法、演示法
教学目标	1. 了解晶体缺陷的概念与分类。 2. 熟悉点缺陷的类型；理解点缺陷对材料性能的影响。 3. 掌握点缺陷产生的机理及平衡点缺陷的计算方法。		
教学内容 (含重点、难点)	第四章 晶体缺陷 (2/8 学时) 第一节 点缺陷： 点缺陷的类型、点缺陷的产生、点缺陷与材料行为 重点： 1. 点缺陷的类型。 2. 点缺陷产生的机理。 3. 点缺陷与材料的行为。 难点： 1. 平衡点缺陷的计算。		
课前准备 及其他相关要求	阅读《材料科学基础》教材第四章第一节内容，并回答如下问题： 1. 晶体的缺陷可以分为几类？ 2. 点缺陷对材料行为的影响有哪些？		
教学过程 (具体内容参见课件)	以提问方式引导学生，以讲授法、练习法和演示法为主，讲解本节内容。 1. 晶体的缺陷：实际晶体中偏离理想结构的不完整区域 <div style="display: flex; align-items: center; margin-left: 40px;"> <div style="margin-right: 10px;">晶体缺陷</div> <div style="margin-right: 10px;">{</div> <div style="margin-right: 10px;">点缺陷</div> <div style="margin-right: 10px;">{</div> <div style="margin-right: 10px;">空位 Vacancy</div> <div style="margin-right: 10px;">间隙原子 Interstitial atom</div> </div> <div style="margin-left: 40px; margin-top: 10px;"> <div style="margin-right: 10px;">线缺陷</div> <div style="margin-right: 10px;">位错 Dislocation</div> </div> <div style="margin-left: 40px; margin-top: 10px;"> <div style="margin-right: 10px;">面缺陷</div> <div style="margin-right: 10px;">{</div> <div style="margin-right: 10px;">晶界 Grain boundary</div> <div style="margin-right: 10px;">亚晶界 Subgrain boundary</div> <div style="margin-right: 10px;">孪晶界 Twin boundary</div> <div style="margin-right: 10px;">相界 Phase boundary</div> <div style="margin-right: 10px;">堆垛层错 Stacking fault</div> <div style="margin-right: 10px;">表面 Surface</div> </div>		

- ② 杂质缺陷：外来杂质引起，非本征缺陷
- ③ 非化学计量结构缺陷：杂质非外加离子，电荷缺陷
- 按缺陷结构分类：位置缺陷、组成缺陷和电荷缺陷。

3. 视频演示点缺陷。

师生互动 1：通过练习题，熟悉点缺陷类型。

4. 点缺陷的产生

(1) 平衡点缺陷及其浓度

平衡点缺陷的浓度：
$$C_e = \frac{n_e}{N} = A \exp \frac{-u}{kT}$$

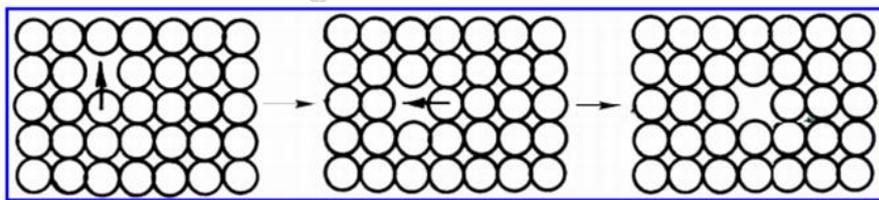
思考：平衡点缺陷浓度对晶体能量的影响

(2) 过饱和点缺陷的产生

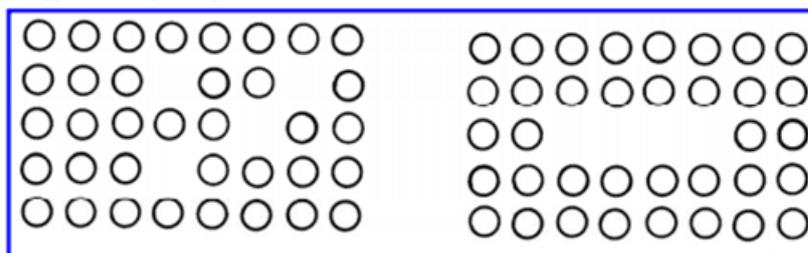
师生互动 2：通过练习题，熟悉点缺陷浓度的计算。

5. 点缺陷与材料行为

(1) 点缺陷的运动：空位的运动



间隙原子的运动：空位片的形成



(2) 点缺陷对材料性能的影响

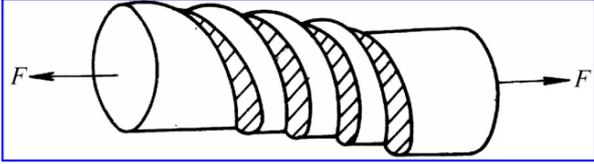
思考：点缺陷对材料物理性能、力学性能产生怎样的影响？

课后作业 作业：P134, 2; P135, 3。

及思考 思考：材料中为什么会存在缺陷？

参考资料 《材料科学基础》第四章 晶体缺陷：P92-97。

7.9 教学单元九

教学日期	第9次课	教学方法	讲授法、练习法、演示法
教学目标	1. 了解位错学产生的历史。 2. 掌握位错的两种类型：刃型位错和螺型位错。 3. 掌握位错的表示方法。		
教学内容 (含重点、难点)	第四章 晶体缺陷 (4/8 学时) 第二节 位错的基本概念：位错与塑性变形、晶体中位错模型及位错易动性、柏氏矢量。 重点： 1. 位错的定义与分类。 2. 刃型位错与螺型位错的特点。 3. 柏氏矢量的表示方法。 难点： 1. 刃型位错与螺型位错的运动。 2. 柏氏矢量的表示方法。		
课前准备 及其他相关要求	阅读《材料科学基础》教材第四章第二节内容，并回答如下问题： 1. 位错学是怎样形成的？ 2. 如何用物理参量描述位错？		
教学过程 (具体内容参见课件)	以提问方式引导学生，以讲授法、练习法和演示法为主，讲解本节内容。 1. 位错与塑性变形。 (1) 理想晶体的理论剪切强度的估算  单晶体塑性变形时外形的变化 (2) 按照“刚性滑移”模型进行塑性变形，估算出理想晶体的理论剪切屈服强度为： $\tau_m \approx \frac{G}{30}$ <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="margin-right: 20px;"> $\tau_m \approx \frac{G}{30}$ </div> <div style="text-align: center;"> <p>相差数量级</p>  </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-left: 20px;"> 实际晶体的剪切强度 </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">  <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> 实际晶体中存在位错，且其具有易动性 </div> </div>		

2. 晶体中的位错模型及位错易动性。

位错：晶体中两个尺度较小、一个尺度较大的原子位置错排区

(1) 位错的基本类型

位错 { 刃型位错 Edge dislocation
螺型位错 Screw dislocation
混合位错 Mixed dislocation

思考：三种位错的主要区别在哪里？

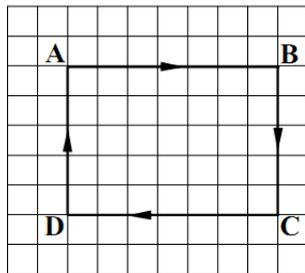
(2) 刃位错：晶体中半原子面边缘周围的原子位置错排区

视频演示刃型位错的形成。

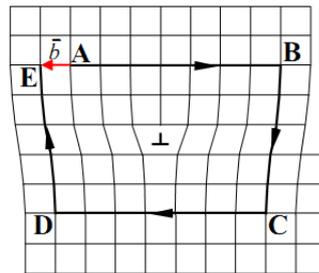
(3) 螺型位错：视频演示螺型位错的形成。

3. 柏氏矢量

(1) 柏氏矢量的确定方法及意义：刃位错的柏氏矢量垂直于位错线

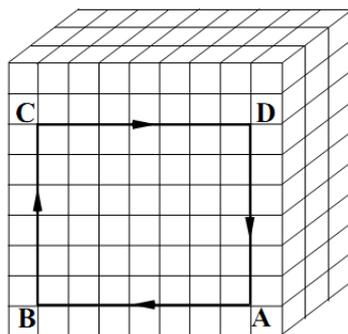


a) 完整晶体中的柏氏回路

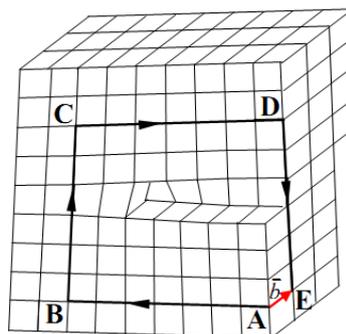


b) 环绕位错的柏氏回路

螺位错的柏氏矢量平行于位错线



a) 完整晶体中的柏氏回路



b) 环绕位错的柏氏回路

(2) 柏氏矢量的特点及其与位错类型的关系。

师生互动 1：通过练习题，掌握位错类型的判断方法。

课后作业

作业： P135, 5。

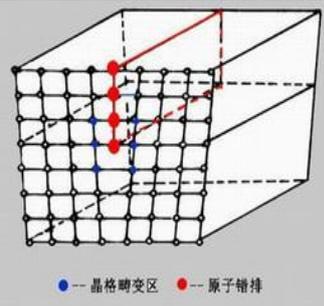
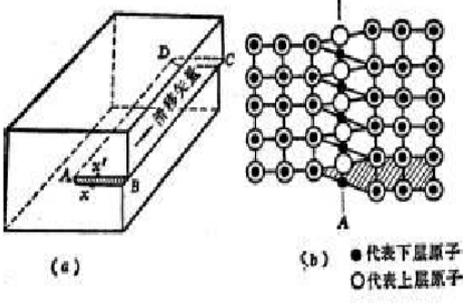
及思考

思考：三种类型位错的柏氏矢量有哪些特点？

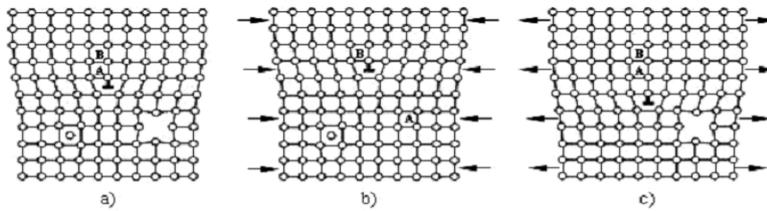
参考资料

《材料科学基础》第四章 晶体缺陷： P97-103。

7.10 教学单元十

教学日期	第 10 次课	教学方法	讲授法、练习法
教学目标	<ol style="list-style-type: none"> 1. 掌握柏氏矢量的表示方法。 2. 熟悉位错运动的两种方式：滑移和攀移。 3. 了解位错密度及观察方法。 4. 掌握位错的分解与合成条件。 		
教学内容 (含重点、难点)	<p>第四章 晶体缺陷 (6/8 学时)</p> <p>第二节 位错的基本概念： 柏氏矢量的表示方法、位错的运动 (位错的滑移、攀移及作用在位错上的力)、位错密度、位错的观察</p> <p>第三节 位错的能量及交互作用： 位错的应力场与其它缺陷的交互作用、位错的分解与合成</p> <p>重点：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 柏氏矢量的表示方法。 2. 位错运动的两种方式：滑移和攀移。 3. 位错的分解与合成的判断条件。 <p>难点：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 位错运动与缺陷的交互作用。 2. 位错分解与合成的判断条件。 		
课前准备 及其他相关要求	阅读《材料科学基础》教材第四章第二、三节内容，并回答如下问题： <ol style="list-style-type: none"> 1. 为什么要人为地规定位错线及其柏氏矢量的正方向？ 2. 位错为什么易动？ 		
教学过程 (具体内容参见课件)	<p>回忆上节课内容，以讲授法、练习法为主，讲解本节内容。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 位错的表示方法 思考： 柏氏矢量与晶向指数的区别？ 2. 位错密度及观察方法 3. 位错的运动 <p>位错运动 { 滑移运动 攀移运动</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-end;">   </div>		

(2) 刃位错的攀移



刃位错的攀移 a) 攀移前; b) 正攀移; c) 负攀移

思考: 正负攀移产生的条件有何不同, 它们对材料的体积有何影响?

4. 位错的能量及交互作用

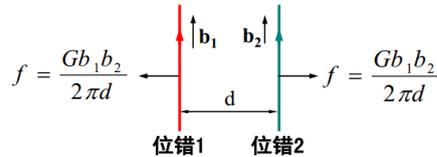
(1) 位错应变能: 位错线周围原子间的相对位移使晶体的能量明显升高, 这部分能量称为位错的应变能。

单位长度螺位错的应变能; 单位长度刃位错的应变能

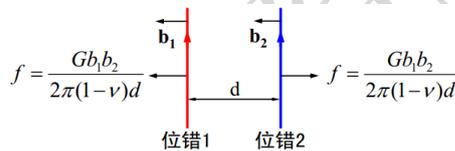
(2) 位错线张力: 位错线抵抗自身伸长或弯曲的力, 数值上等于单位长度位错的应变能

(3) 位错线相互作用

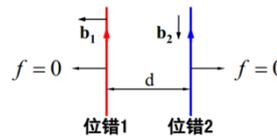
两平行螺位错间的互作用力



同一滑移面内两平行刃位错间



平行刃位错与螺位错间无互作用力



(4) 位错反应

位错反应的条件

① 几何条件: $\sum_{i=1}^n \vec{b}_i = \sum_{j=1}^m \vec{b}'_j$

② 能量条件: $\sum_{i=1}^n |\vec{b}_i|^2 > \sum_{j=1}^m |\vec{b}'_j|^2$

师生互动 1: 通过练习题, 掌握位错分解合成的判断方法。

师生互动 2: 位错为什么易动?

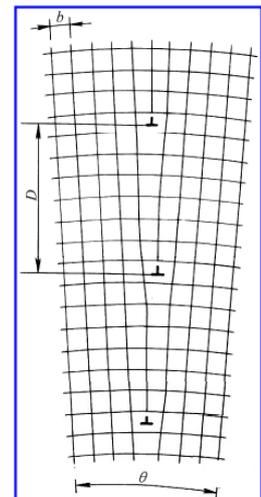
课后作业 作业: P135, 10 (1) 和 (2)。

及思考 思考: 位错与材料力学性能的关系?

参考资料 《材料科学基础》第四章 晶体缺陷: P103-124。

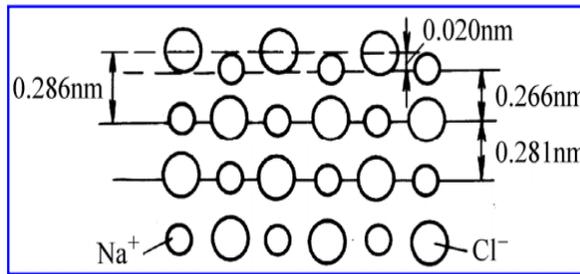
7.11 教学单元十一

教学日期	第 11 次课	教学方法	讲授法、练习法
教学目标	1. 了解材料的润湿行为及界面能对显微组织的影响。 2. 理解晶界的结构与晶界能、表面及表面能。 3. 掌握晶界能、表面能、内吸附、材料接触角等概念。		
教学内容 (含重点、难点)	第四章 晶体缺陷 (8/8 学时) 第四节 晶体中的界面：界面的结构与晶界能 (小角度晶界、大角度晶界、晶界能)、表面及表面能、表面吸附与晶界内吸附、润湿行为、界面能与显微组织的变化 重点： 1. 小角度晶界和大角度晶界。 2. 晶界能、内吸附和表面能及的概念。 3. 界面能对材料显微组织的影响。。 难点： 1. 晶界能及其特性。 2. 接触角与润湿行为。		
课前准备及其他相关要求	阅读《材料科学基础》教材第四章第四节内容，并回答如下问题： 1. 材料的界面结构有哪些？ 2. 什么是晶界内吸附？与表面吸附有什么区别？		
教学过程 (具体内容参见课件)	回忆上节课内容，以讲授法、练习法为主，讲解本节内容。 1. 晶界的结构与晶界能 (1) 小角度晶界：是指相邻晶粒间界面两侧晶粒的位向差小于 10° 的界面， 典型的结构 是由多个柏氏矢量相同的刃位错排列成的位错墙。位错间距 D 为： $D = \frac{b}{2 \sin \frac{\theta}{2}} \approx \frac{b}{\theta}$ (2) 大角度晶界：相邻晶粒间界面两侧晶粒的位向差大于 10° 的界面。 (3) 晶界能：单位面积晶界使晶体能量增高的部分 思考： 如何计算大小角度晶界的晶界能？		



2. 表面及表面能 (1) 晶体表面原子结合的特点

思考：想一想与内部原子相比，表面原子有何特点？



NaCl表面原子的切面图

(2) 表面能 γ_s : 单位面积表面使晶体能量增高的部分 $\gamma_s \approx 3\gamma_G \approx 0.05Eb$

(3) 晶体的表面形貌

(4) 表面能对材料性能的影响

思考：想一想表面能会对材料的性质产生怎样的影响？

3. 表面吸附与晶界内吸附

(1) 吸附现象: 外来原子或气体分子在界面上富集的现象

思考：生活中那些现象是吸附现象呢？

(2) 表面吸附

物理吸附
化学吸附

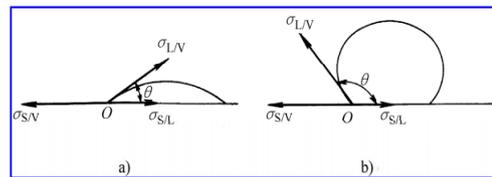
4. 材料的润湿行为

(1) 润湿性与界面张力

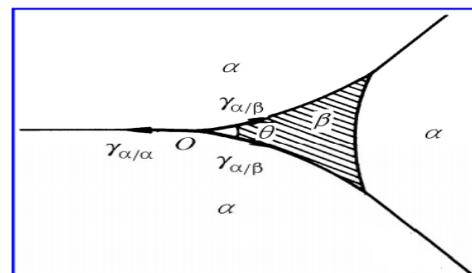
(2) 润湿性对显微组织的影响

师生互动 1：怎样才能看到晶界？

师生互动 2：生活中有哪些现象与材料的表面润湿性有关？



液滴在固体表面润湿(a)与不润湿(b)的情况



第二相 β 处于三个 α 晶粒交点时晶界能与相界能的平衡

课后作业 作业: P137, 19。

及思考 思考: 如何从热力学角度解释润湿现象的本质？

参考资料 《材料科学基础》第四章 晶体缺陷: P124-134。

7.12 教学单元十二

教学日期	第 12 次课	教学方法	讲授法、练习法
教学目标	1. 了解相的定义及其分类。 2. 理解固溶体和中间相的概念和分类。 3. 掌握固溶体和中间相的形成机制。		
教学内容 (含重点、难点)	第五章 材料的相结构及相图 (2/20 学时) 第一节 材料的相结构 1. 固溶体: 置换固溶体、间隙固溶体、陶瓷材料中的固溶方式、偏聚与有序 2. 中间相: 正常价化合物、电子化合物、尺寸因素化合物 重点: 1. 相、固溶体、中间相的定义及其分类。 2. 置换型固溶体溶解度的主要影响因素。 难点: 1. 间隙相与间隙型固溶体的异同。		
课前准备 及其他相关要求	阅读《材料科学基础》教材第五章第一节内容, 并回答如下问题: 1. 什么是固溶体? 什么是中间相? 两者的区别是什么?		
教学过程 (具体内容参见课件)	通过提出问题, 引导学生理解纯金属与合金, 以讲授法和练习法为主讲解本节内容。 1. 相: 由两种或两种以上的金属或金属与非金属, 经熔炼、烧结或其它方法组合而成并具有金属特性的物质。三层含义: 1.合金组成; 2.制备方法; 3.金属特性 碳钢和铸铁: Fe、C 组成的合金 合金中的相 { 固溶体 { 化合物 (中间相) 2. 固溶体: 以合金中某一组元作为溶剂, 其它组元为溶质, 所形成的与溶剂有相同晶体结构、晶格常数稍有变化的固相。其实质是固态溶液。是合金的重要组成相。 (1) 固溶体 固溶体 { 间隙固溶体 { 置换固溶体		

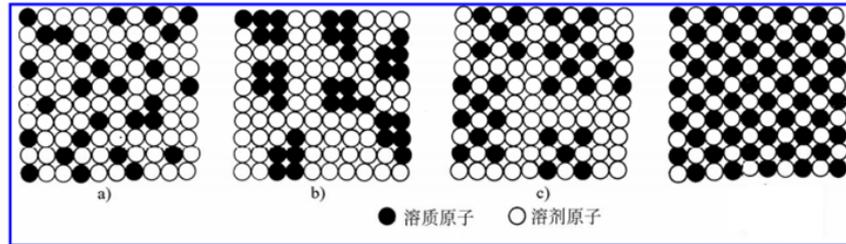
- ①间隙固溶体：半径较小的溶质原子位于溶剂原子的间隙中所形成的固溶体。
- ②置换固溶体：半径较大的溶质原子占据溶剂晶格的某些结点所形成的固溶体。

思考：这两种固溶体形成时，各自的条件是什么？

- ③固溶体中溶质原子的偏聚与有序

- a. 溶质原子分布的微观不均匀性

思考：这种有序结构会对材料的性质带来怎样的影响？



- b. 有序固溶体（超结构）

形成条件	{	能量条件 $E_{AB} < \frac{1}{2}(E_{AA} + E_{BB})$
		成分条件 A、B成一定比例
		温度条件 低于一定温度

- 3. 化合物（中间相）：合金中其晶体结构与组成元素的晶体结构均不相同的固相称金属间化合物（中间相）。金属化合物具有较高的熔点、硬度和脆性，并可用分子式 A_xB_y 表示其组成，也是合金的重要组成相

- 正常价化合物
- 电子化合物化合物
- 尺寸因素化合物

思考：各种化合物形成的条件，晶体结构，结合键各是什么？

师生互动 1：间隙相与间隙化合物的异同点是什么？

课后作业 作业：P229，1、3（1）。

及思考 思考：材料的相与组织之间存在怎么的关系？

参考资料 《材料科学基础》第五章 材料的相结构及相图：P138-149。

7.13 教学单元十三

教学日期	第 13 次课	教学方法	讲授法、练习法
教学目标	1. 了解相图的基本知识。 2. 掌握相律及杠杆定律。 3. 掌握匀晶相图的平衡结晶过程。		
教学内容 (含重点、难点)	第五章 材料的相结构及相图 (4/20 学时) 第二节 二元相图及其类型 1. 相图的基本知识: 相律、相图的建立方法、杠杆定律 2. 二元系相图: 匀晶相图及其平衡凝固过程 重点: 1. 相图建立的方法及相律。 2. 杠杆定律的应用。 3. 匀晶相图及其平衡结晶过程。 难点: 1. 利用相律计算平衡结晶过程的相数、组元数和自由度之间的关系。 2. 杠杆定律的应用。		
课前准备 及其他相关要求	阅读《材料科学基础》教材第五章第二节内容, 并回答如下问题: 1. 描述相律表达式中各部分的含义。 2. 什么是平衡凝固?		
教学过程 (具体内容参见课件)	回忆上节课内容, 并通过引导, 以讲授法和练习法为主讲解本讲内容。 1. 相图: 即相平衡图, 指在热力学平衡状态下, 材料相的状态和温度及成分关系的综合图形, 是研究多组分 (或单组分) 多相体系的平衡状态如何随影响平衡的因素变化而改变的规律。 2. 建立相图的方法: 实验测定和理论计算。 3. 相律: 是分析和使用相图的重要理论依据, 它表示在平衡条件下, 系统的自由度、组元数和平衡相数之间的关系式。其数学表达式为: $f = c - p + n$ 。 f — 自由度 c — 独立组分数 p — 相数		

n— 外界因素（温度和压力、电场、磁场等）

由于凝聚系统只涉及到固液相平衡，所以，压力对系统的影响忽略，因此，相律为：

$$f = c - p + 1$$

最大自由度数：

①纯金属： $f=2-P \rightarrow 1$ 个 \rightarrow 温度可变（成份不可变）

②二元合金： $f=3-P \rightarrow 2$ 个 \rightarrow 温度，一个成分

③三元合金： $f=4-P \rightarrow 3$ 个 \rightarrow 温度，两个成分。

当 $f=0$ 时，温度、成分都固定。

对二元凝聚系统，则当 $f=0, p=3$ 平衡共存最大相数为 3； $P=1, f=2$ ，系统最大自由度为 2；

4. 杠杆定律：只适用于两相区。

师生互动 1： 杠杆定律的应用举例。

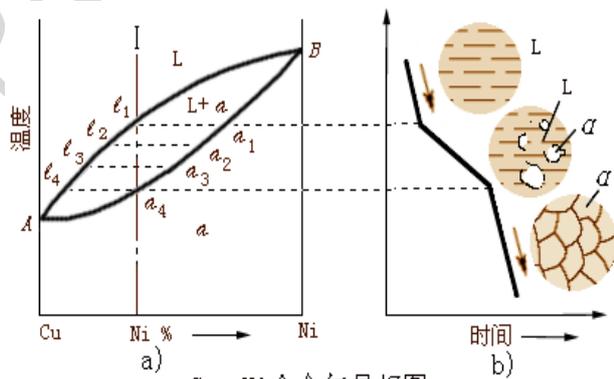
5. 一元系相图（自学为主）

6. 二元凝聚系统相图的类型：

（1）匀晶相图；（2）共晶相图；（3）包晶相图；（4）熔晶转变。

7. 匀晶相图：当两个组元化学性

质相近，晶体结构相同，晶格常数相差不大时，它们不仅可以在液态或熔融态完全互溶，而且在固态也完全互溶，形成成分连续可变的固溶体，称为无限固溶体或连续固溶体，它们形成的相图即为匀晶相图。



Cu-Ni合金匀晶相图

8. 匀晶相图的平衡结晶过程

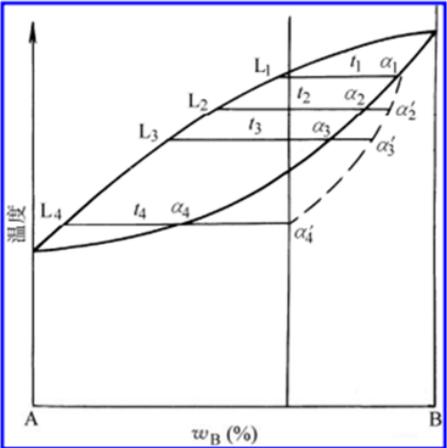
9. **师生互动 2：** 纯金属和固溶体的平衡凝固过程有哪些异同点？

课后作业 作业： P229, 5。

及思考 思考： 固溶体平衡凝固的特点有哪些？

参考资料 《材料科学基础》第五章 材料的相结构及相图： P149-155。

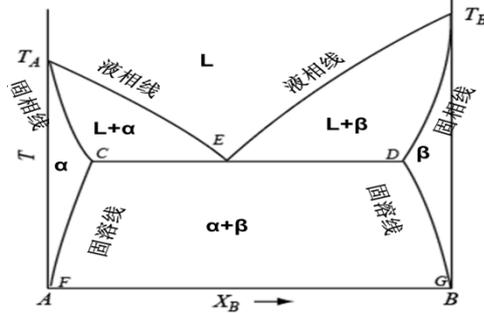
7.14 教学单元十四

教学日期	第 14 次课	教学方法	讲授法、练习法
教学目标	1. 了解匀晶相图的非平衡凝固过程。 2. 掌握枝晶偏析的原因及消除办法。 3. 掌握二元共晶相图的平衡结晶过程。		
教学内容 (含重点、难点)	<p>第五章 材料的相结构及相图 (6/20 学时)</p> <p>第二节 二元相图及其类型</p> <p>二元系相图：匀晶相图的非平衡凝固；共晶相图及其结晶。</p> <p>重点：</p> <ol style="list-style-type: none"> 枝晶偏析的原因及消除办法。 共晶相图的平衡结晶过程。 <p>难点：</p> <ol style="list-style-type: none"> 共晶相图平衡结晶过程的描述与分析。 杠杆定律在共晶相图平衡结晶过程中的应用。 		
课前准备 及其他相关要求	阅读《材料科学基础》教材第五章第二节内容，并回答如下问题： <ol style="list-style-type: none"> 什么是共晶转变？什么是共晶体？ 如何分析共晶相图的平衡凝固过程？ 		
教学过程 (具体内容参见课件)	<p>引导学生回忆上节课内容，以讲授法和练习法为主讲解本节课内容。</p> <ol style="list-style-type: none"> 固溶体的不平衡结晶与枝晶偏析 <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin-left: 20px;"> <p>思考：产生不平衡结晶的原因是什么，它的危害是什么，有什么办法来消除它？</p> </div> </div> <ol style="list-style-type: none"> 共晶转变：由一定成分的液相同时结晶出成分不同、结构不同的两个固相的转变（共晶反应），$LE \rightarrow \alpha + \beta$ 		

共晶组织（共晶体）：共晶转变产物（是两相混合物）

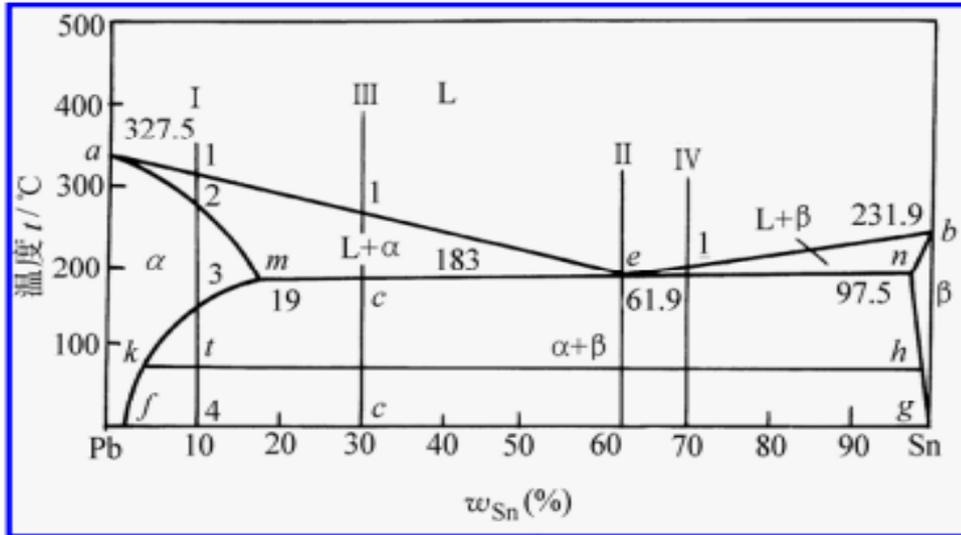
共晶相图：具有共晶转变特征的相图。

(1) 相图分析



3. 共晶系合金的平衡结晶及组织：以 Pb-Sn 合金为例，详细讲解。

- 1) 边际（端部）固溶体合金
- 2) 共晶合金
- 3) 亚共晶合金
- 4) 过共晶合金



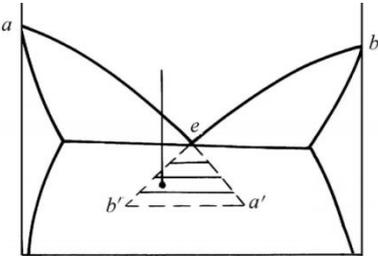
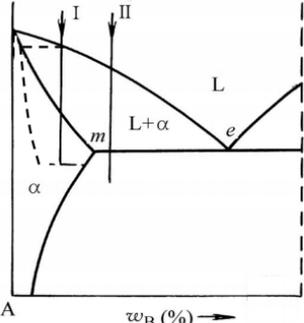
师生互动：通过共晶相图平衡凝固练习和讲解，掌握描述平衡结晶过程的方法，学会利用杠杆规则计算相和组织的相对含量。

课后作业 作业：预习下一节内容。

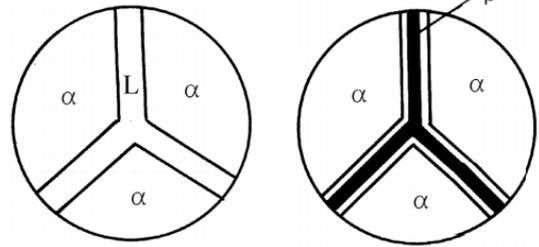
及思考 思考：共晶相图非平衡凝固过程是怎样的？

参考资料 《材料科学基础》第五章 材料的相结构及相图：P155-161。

7.15 教学单元十五

教学日期	第 15 次课	教学方法	讲授法、练习法
教学目标	1. 了解匀晶相图的非平衡凝固过程。 2. 掌握枝晶偏析的原因及消除办法。 3. 掌握二元共晶相图的平衡结晶过程。		
教学内容 (含重点、难点)	第五章 材料的相结构及相图 (8/20 学时) 第二节 二元相图及其类型 二元系相图：共晶相图及其结晶（不平衡结晶及其组织）、包晶相图及其结晶 重点： 1. 伪共晶、离异共晶、不平衡共晶的概念与区别。 2. 包晶相图的结晶过程。 难点： 1. 包晶线与共晶线的差异。 2. 杠杆定律在包晶相图平衡结晶过程中的应用。		
课前准备 及其他相关要求	阅读《材料科学基础》教材第五章第二节内容，并回答如下问题： 1. 什么是包晶转变？ 2. 如何分析包晶相图的平衡凝固过程？		
教学过程 (具体内容参见课件)	以提问方式引导学生，以讲授法、练习法为主，讲解本节内容。 1. 不平衡结晶及其组织 伪共晶： 非共晶成分的共晶体 不平衡共晶： 靠近共晶线两端点外侧的合金，在不平衡凝固时所得到的少量共晶体。 <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>伪共晶区</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>不平衡共晶形成原因分析</p> </div> </div> 离异共晶： 靠近固溶体极限的亚(过)共晶合金，由于初生晶量很多，而共晶量很少，共晶转变时，共晶中与初晶相同的那个相即附着在初晶相上，剩下的另一相则单独存在		

于初晶晶界处，从而失去了共晶组织的特征，这两相分离的共晶组织称为离异共晶。离异共晶可在平衡或非平衡条件下获得。



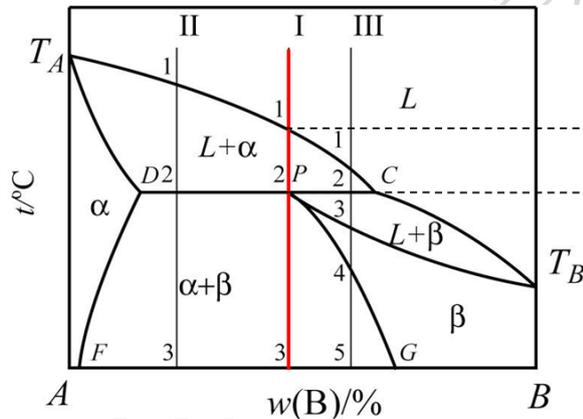
离异共晶形成示意图

师生互动 1: 想一想这三种不平衡结晶形成的条件是什么？

2. 包晶相图及结晶分析

①包晶转变：一个液相与一个成分不同的固相在确定的恒温下生成另一个成分不同的固相 $L_b + \alpha_d \xrightarrow{T} \beta_P$

②典型合金平衡结晶过程分析：包晶合金、亚包晶合金和过包晶合金。



思考: 请学会分析具有不同组元含量的合金的平衡结晶过程，会利用杠杆定律计算某温度下平衡时各相的相对含量，能指出室温下的组织成分。

③包晶系合金的不平衡结晶

- a.包晶转变不完全
- b.室温下包晶产物相的成分不均匀—包晶偏析
- c.不平衡包晶

师生互动 2: 利用杠杆规则计算包晶合金的相和组织的相对含量。

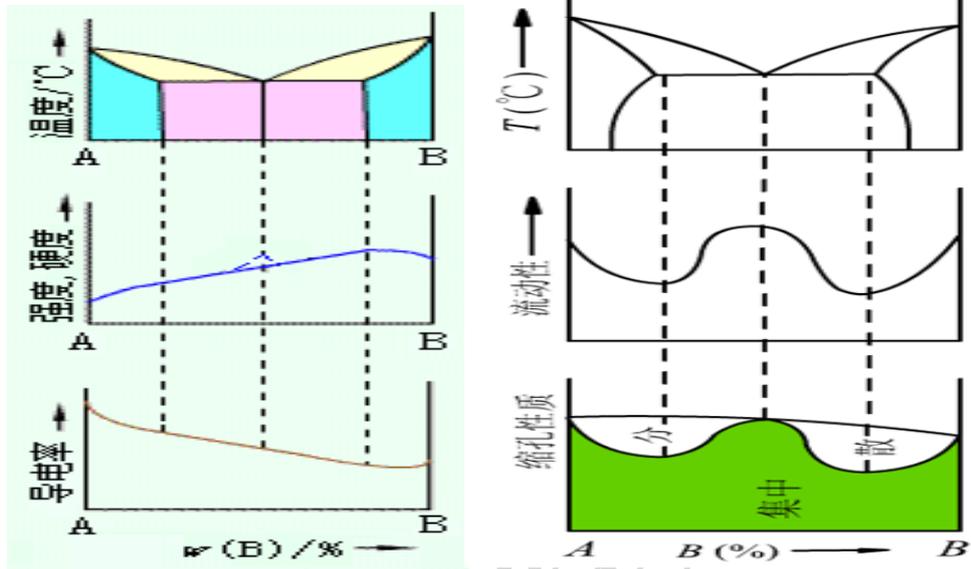
课后作业	作业：预习下一节内容。
及思考	思考：如何消除包晶合金非平衡凝固过程形成的相？
参考资料	《材料科学基础》第五章 材料的相结构及相图：P161-167。

7.16 教学单元十六

教学日期	第 16 次课	教学方法	讲授法、练习法																											
教学目标	1. 了解其它类型的二元系相图。 2. 了解复杂相图的分析方法。 3. 理解相图与性能的关系。																													
教学内容 (含重点、难点)	<p>第五章 材料的相结构及相图 (10/20 学时)</p> <p>第二节 二元相图及其类型</p> <p>1. 二元系相图：其它类型的二元系相图</p> <p>2. 相图与性能的关系</p> <p>第三节 复杂相图分析：分析方法、复杂相图分析举例</p> <p>作业题讲解</p> <p>重点：</p> <p>1. 其它类型二元系相图的反应式。</p> <p>2. 相图与性能的关系。</p> <p>难点：</p> <p>1. 相图与性能的关系。</p>																													
课前准备 及其他相关 要求	阅读《材料科学基础》教材第五章第二节内容，并回答如下问题： 1. 其它类型的二元系相图有哪些？ 2. 如何利用相图分析材料的物理性能？																													
教学过程 (具体内容 参见课 件)	<p>以提问方式引导学生，以讲授法、练习法为主，讲解本节内容。</p> <p>1. 其他类型的二元系相图</p> <div style="text-align: center;"> <p>二元系各类恒温转变、反应类型和相图特征</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;"></th> <th style="width: 25%;">恒温转变类型</th> <th style="width: 25%;">反应式</th> <th style="width: 35%;">相图特征</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4" style="text-align: center; vertical-align: middle;">分解型</td> <td>共晶转变 eutectic</td> <td>$L \rightleftharpoons \alpha + \beta$</td> <td></td> </tr> <tr> <td>共析转变 eutectoid</td> <td>$\gamma \rightleftharpoons \alpha + \beta$</td> <td></td> </tr> <tr> <td>偏晶转变 monotectic</td> <td>$L_1 \rightleftharpoons L_2 + \delta$</td> <td></td> </tr> <tr> <td>熔晶转变 catatectic</td> <td>$\delta \rightleftharpoons L + \gamma$</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="3" style="text-align: center; vertical-align: middle;">合成型</td> <td>包晶转变 peritectic</td> <td>$L + \alpha \rightleftharpoons \beta$</td> <td></td> </tr> <tr> <td>包析转变 peritectoid</td> <td>$\gamma + \alpha \rightleftharpoons \beta$</td> <td></td> </tr> <tr> <td>合晶转变 syntectic</td> <td>$L_1 + L_2 \rightleftharpoons \delta$</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> </div>				恒温转变类型	反应式	相图特征	分解型	共晶转变 eutectic	$L \rightleftharpoons \alpha + \beta$		共析转变 eutectoid	$\gamma \rightleftharpoons \alpha + \beta$		偏晶转变 monotectic	$L_1 \rightleftharpoons L_2 + \delta$		熔晶转变 catatectic	$\delta \rightleftharpoons L + \gamma$		合成型	包晶转变 peritectic	$L + \alpha \rightleftharpoons \beta$		包析转变 peritectoid	$\gamma + \alpha \rightleftharpoons \beta$		合晶转变 syntectic	$L_1 + L_2 \rightleftharpoons \delta$	
	恒温转变类型	反应式	相图特征																											
分解型	共晶转变 eutectic	$L \rightleftharpoons \alpha + \beta$																												
	共析转变 eutectoid	$\gamma \rightleftharpoons \alpha + \beta$																												
	偏晶转变 monotectic	$L_1 \rightleftharpoons L_2 + \delta$																												
	熔晶转变 catatectic	$\delta \rightleftharpoons L + \gamma$																												
合成型	包晶转变 peritectic	$L + \alpha \rightleftharpoons \beta$																												
	包析转变 peritectoid	$\gamma + \alpha \rightleftharpoons \beta$																												
	合晶转变 syntectic	$L_1 + L_2 \rightleftharpoons \delta$																												

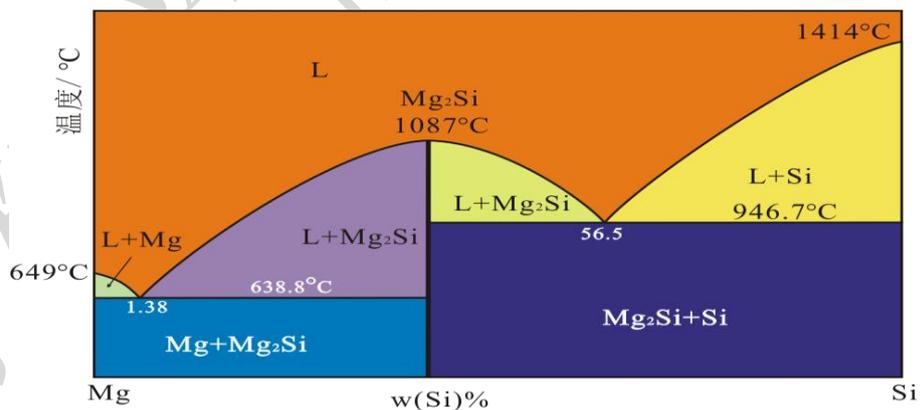
2. 相图与性能的关系

- (1) 判断合金的力学性能和物理性能
- (2) 根据相图判断合金的工艺性能



3. 复杂相图的分析方法

- (1) 以稳定的化合物-----分割相图。
- (2) 根据相区接触法则，区别各相区（确定各点、线、区的意义）。
- (3) 找出三相共存水平线，分析恒温转变。
- (4) 应用相图分析具体合金随温度改变而发生的相转变和组织变化规律



师生互动 1: 作业讲解。

师生互动 2: 课堂练习。

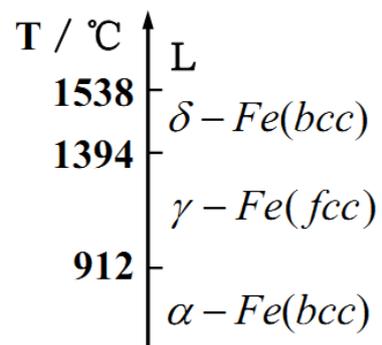
课后作业 作业: 预习第三节内容。

及思考 思考: 不平衡结晶产生的条件及其对材料性能的影响?

参考资料 《材料科学基础》第五章 材料的相结构及相图: P167-175。

7.17 教学单元十七

教学日期	第 17 次课	教学方法	讲授法、练习法
教学目标	1. 了解铁-碳合金相图的两种存在形式。 2. 掌握铁-碳合金的组元、基本相及相图中点线面的含义。 3. 掌握铁-碳合金的三个恒温转变类型及反应式。		
教学内容 (含重点、难点)	第五章 材料的相结构及相图 (12/20 学时) 第三节 复杂相图分析 铁-碳合金相图: 铁-碳合金的组元与基本相、Fe-Fe ₃ C 相图介绍 重点: 1. 铁-碳合金的组元和基本相。 2. 铁-碳合金相图中点线面的含义。 难点: 1. 铁-碳合金相图中的三个恒温转变线的含义及反应式。		
课前准备 及其他相关 要求	阅读《材料科学基础》教材第五章第三节内容，并回答如下问题： 1. 铁-碳合金中的碳有几种存在形式？ 2. 铁-碳合金相图中有几种基本相？		
教学过程 (具体内容 参见课 件)	以提问方式引导学生，以讲授法、练习法为主，讲解本节内容。 1. 钢和铸铁是现代工业中应用最广泛的材料，其基本组成元素是铁和碳，故称为铁碳合金。 2. 铁-碳合金组元与基本相 铁-碳合金的组元: 纯铁, 石墨, 渗碳体 基本相: 铁素体、奥氏体、渗碳体和石墨相 3. 铁碳合金的基本相和组织: 铁素体、奥氏体、渗碳体、珠光体、莱氏体 4. Fe- Fe ₃ C 相图介绍 ①相图中的区: 单相区 (5 个)、两相区 (7 个)、三相区 (3 个) ②相图中的线: 液相线, 固相线, 同素异构转变线, 奥氏体饱和固溶度线, 铁素体饱和固溶度线, 包晶反应线, 共晶反应线, 共析反应线, 铁素体磁性转变线, 渗碳体磁性转变线		



③相图中的点

Fe-Fe₃C 相图中各主要点的温度、碳的质量分数及意义

点的符号	温度/℃	ω _C (%)	说明
A	1538	0	纯铁熔点
B	1495	0.53	包晶反应时液态合金的浓度
C	1148	4.30	共晶点,
D	1227	6.69	渗碳体熔点 (计算值)
E	1148	2.11	碳在 γ-Fe 中的最大溶解度
F	1148	6.69	渗碳体
G	912	0	同素异构转变点 (A3)
H	1495	0.09	碳在 δ-Fe 中的最大溶解度
J	1495	0.17	包晶点
K	727	6.69	渗碳体
N	1394	0	同素异构转变点 (A4)
P	727	0.0218	碳在 α-Fe 中的溶解度
S	727	0.77	共析点,
Q	室温	0.0008	碳在 α-Fe 中的溶解度

小结:

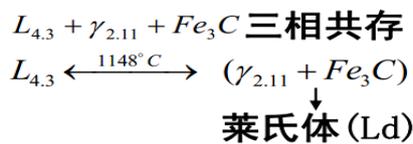
五个重要的成份点: P、S、E、C、Q。

五条重要的线: EF、PK、ES、GS、PQ

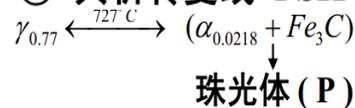
二个重要温度: 1148 °C、727 °C。

三个重要转变: 包晶转变、共晶转变、共析转变。

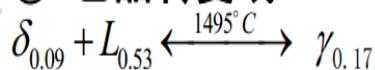
① 共晶转变线 ECF



② 共析转变线 PSK



③ 包晶转变线 HJB



师生互动: 熟悉铁碳合金相图, 找出点线面及其含义。

课后作业 作业: 预习铁-碳合金平衡凝固过程。

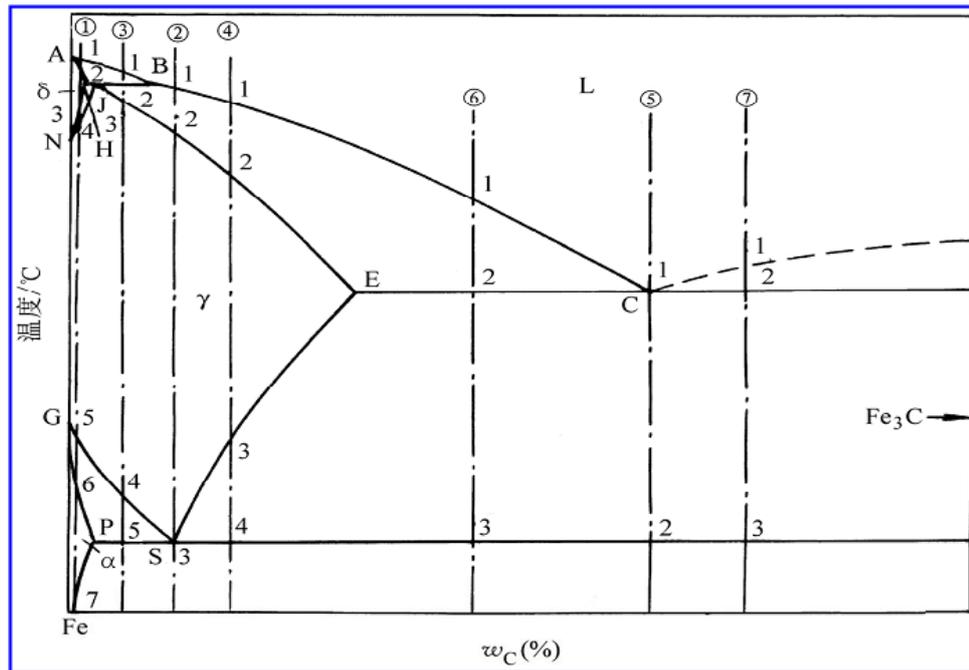
及思考 思考: 碳含量对合金性能的影响?

参考资料 《材料科学基础》第五章 材料的相结构及相图: P175-179。

7.18 教学单元十八

教学日期	第 18 次课	教学方法	讲授法、练习法
教学目标	1. 了解铁-碳合金的分类。 2. 学会利用冷却曲线和组织示意图说明铁-碳合金的平衡凝固过程。 3. 熟悉利用杠杆定律计算平衡相和组织的相对含量。		
教学内容 (含重点、难点)	<p>第五章 材料的相结构及相图 (14/20 学时)</p> <p>第三节 复杂相图分析</p> <p>铁-碳合金相图: 铁-碳合金的平衡结晶过程及组织</p> <p>重点:</p> <ol style="list-style-type: none"> 铁-碳合金的分类。 铁-碳合金的平衡结晶过程。 利用杠杆定律计算各平衡过程的平衡相和组织的相对含量。 <p>难点:</p> <ol style="list-style-type: none"> 平衡结晶过程的描述及平衡相和组织的相对含量的计算。 		
课前准备及其他相关要求	阅读《材料科学基础》教材第五章第三节内容，并回答如下问题： 1. 亚共晶白口铸铁室温组织有哪些，相有哪些？		
教学过程 (具体内容参见课件)	<p>以提问方式引导学生，以讲授法、练习法为主，讲解本节内容。</p> <p>1. 铁-碳合金的分类</p> <p>The diagram illustrates the iron-carbon phase diagram with temperature on the y-axis (0 to 1600°C) and carbon content on the x-axis (0 to 6.69 wt%). Key features include: - Steel regions: Sub-eutectoid steel (0 to 0.8% C) and super-eutectoid steel (0.8 to 2.11% C). - Cast iron regions: Sub-eutectoid cast iron (2.11 to 4.3% C) and super-eutectoid cast iron (4.3 to 6.69% C). - Key points: A (1538°C, 0% C), B (1148°C, 4.3% C), C (1148°C, 4.3% C), D (1148°C, 6.69% C), E (1148°C, 2.11% C), F (727°C, 0.8% C), G (912°C, 0% C), H (912°C, 0% C), I (912°C, 0.8% C), J (727°C, 0.8% C), K (727°C, 6.69% C), L (1148°C, 4.3% C), M (1148°C, 4.3% C), N (1148°C, 6.69% C), O (1148°C, 6.69% C), P (727°C, 0% C), Q (727°C, 0.8% C), R (727°C, 6.69% C), S (727°C, 0.8% C), T (727°C, 6.69% C), U (727°C, 6.69% C), V (727°C, 6.69% C), W (727°C, 6.69% C), X (727°C, 6.69% C), Y (727°C, 6.69% C), Z (727°C, 6.69% C). - Phases: L (liquid), A (ferrite), F (pearlite), Fe₃C (cementite), K (ledeburite). - Reaction lines: A-B-C-D (liquidus), A-E-F (solidus), G-H-I (ferrite formation), J-K (cementite formation), L-M-N (eutectic reaction), O-P-Q (eutectoid reaction). - Labels: 铁碳合金的分类, 共析钢, 过共析钢, 亚共晶白口铁, 过共晶白口铁.</p>		

2. 典型铁-碳合金平衡结晶过程分析



- 1) 工业纯铁($<0.0218\% \text{ C}$) 组织为单相铁素体。
- 2) 钢($0.0218\text{-}2.11\% \text{ C}$) 高温组织为单相 γ ，易于变形，
 - ② 共析钢($0.77\% \text{ C}$)
 - ③ 亚共析钢($0.0218\text{-}0.77\% \text{ C}$)
 - ④ 过共析钢($0.77\text{-}2.11\% \text{ C}$)
- 3) 白口铸铁($2.11\text{-}6.69\% \text{ C}$) 铸造性能好，硬而脆
 - ⑤ 共晶白口铸铁 ($4.3\% \text{ C}$)
 - ⑥ 亚共晶白口铸铁 ($2.11\text{-}4.3\% \text{ C}$)
 - ⑦ 过共晶白口铸铁 ($4.3\text{-}6.69\% \text{ C}$)

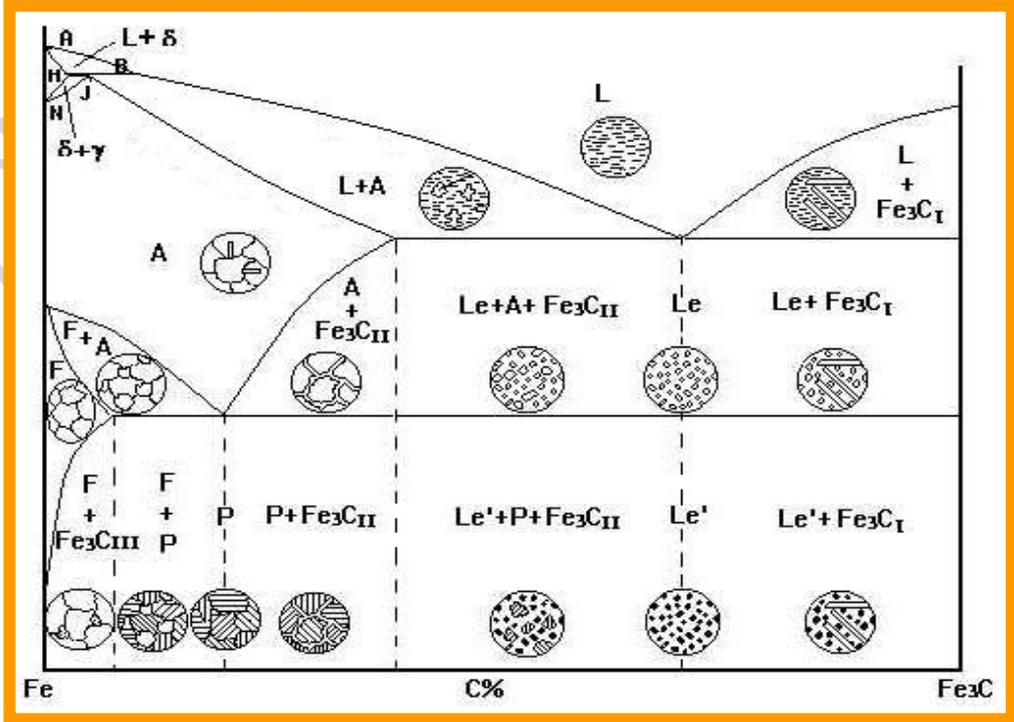
师生互动：利用杠杆定律计算平衡相和组织的相对含量？

课后作业 作业：P230，9、10。

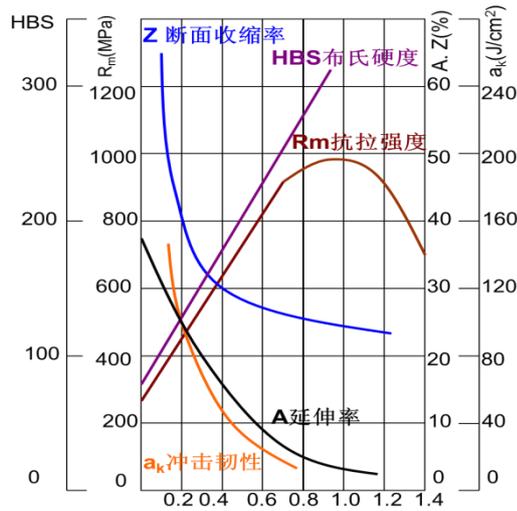
及思考 思考：铁-碳合金的成分、组织和性能之间有怎样的关系？

参考资料 《材料科学基础》第五章 材料的相结构及相图：P179-185。

7.19 教学单元十九

教学日期	第 19 次课	教学方法	讲授法、练习法
教学目标	1. 了解钢中的杂质元素及其对性能的影响。 2. 掌握含碳量对平衡组织、力学性能、可锻性及流动性的影响。		
教学内容 (含重点、难点)	<p>第五章 材料的相结构及相图 (16/20 学时)</p> <p>第三节 复杂相图分析</p> <p>铁-碳合金相图: 含碳量对铁碳合金平衡组织和性能的影响、钢中的杂质元素及其对性能的影响。</p> <p>重点:</p> <p>1. 含碳量对平衡组织、力学性能、可锻性及流动性的影响。</p> <p>难点:</p> <p>1. 铁碳合金的成分与组织的关系图。</p>		
课前准备及其他相关要求	阅读《材料科学基础》教材第五章第三节内容，并回答如下问题： 1. 含碳量对平衡组织、力学性能、可锻性及流动性的影响有哪些？		
教学过程 (具体内容参见课件)	<p>以提问方式引导学生，以讲授法、练习法为主，讲解本节内容。</p> <p>1. 含碳量对铁碳合金平衡组织和性能的影响</p> <p> 1) 对组织的影响</p> 		

2)碳的质量分数对力学性能的影响



3)碳的质量分数对可锻性的影响

金属具有热塑性，在加热状态(各种金属要求温度不同)，可以进行压力加工，称为具有可锻性。可锻性:指金属材料在压力加工时，能改变形状而不产生裂纹的性能。

4)碳的质量分数对流动性的影响

当浇注温度一定时，钢液的流动性随含碳量的提高而提高。

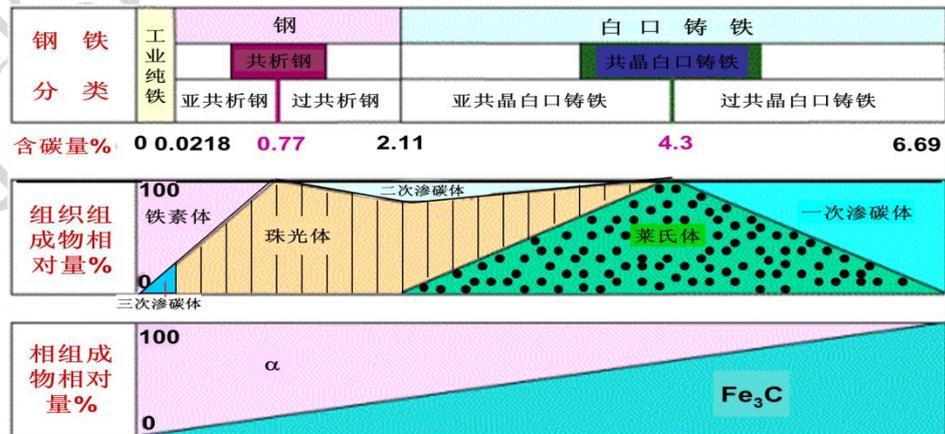
白口铸铁的结晶温度最低，结晶温度间隔最小，流动性最好。

2. 钢中的杂质元素及其对性能的影响

钢中除 Fe、C 外，还不可避免存在杂质元素，Mn、Si、S、P、N、H、O.....。

杂质元素：不是有意加入，在冶炼时残余在钢中的元素。

师生互动：讨论铁-碳合金的成分与组织的关系？



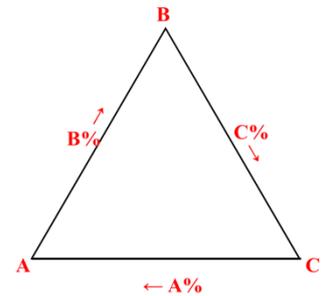
课后作业 作业：复习铁碳合金相图及其平衡凝固过程。

及思考 思考：如何估算钢中的含碳量？

参考资料 《材料科学基础》第五章 材料的相结构及相图：P185-189。

7.20 教学单元二十

教学日期	第 20 次课	教学方法	讲授法、练习法
教学目标	1. 了解三元相图的建立及其表示方法。 2. 掌握三元相图中的法则及匀晶相图等温截面、变温截面和平衡结晶过程的分析。		
教学内容 (含重点、难点)	第五章 材料的相结构及相图 (18/20 学时) 第五节 三元系相图及其类型: 三元相图的表示方法、三元相图的建立、三元系相图中存在的一些法则、三元匀晶相图 重点: 1. 三元相图中存在的法则。 2. 三元匀晶相图等温截面、变温截面及平衡结晶过程分析。 难点: 1. 三元匀晶相图等温截面、变温截面及平衡结晶过程分析。		
课前准备 及其他相关要求	阅读《材料科学基础》教材第五章第五节内容，并回答如下问题： 1. 三元相图有几种表示方法？ 2. 三元相图中存在哪些法则？		
教学过程 (具体内容参见课件)	以讲授法和练习法为主，详细讲解本节课内容。 三元合金由于有三个独立参数：温度和两个成分参数，所以是空间立体图形，图形比较复杂。 1. 三元相图成分的表示法：等边三角形、等腰三角形、直角三角形。 顶点：单元系统或纯组分； 边：二元系统； 内部：三元系统。 应用：1、已知组成点确定各物质的含量； 2、已知含量确定其组成点的位置。 2. 三元系统组成中的一些法则 (1) 等含量规则 (2) 定比例规则 (3) 直线法则 (4) 重心规则		

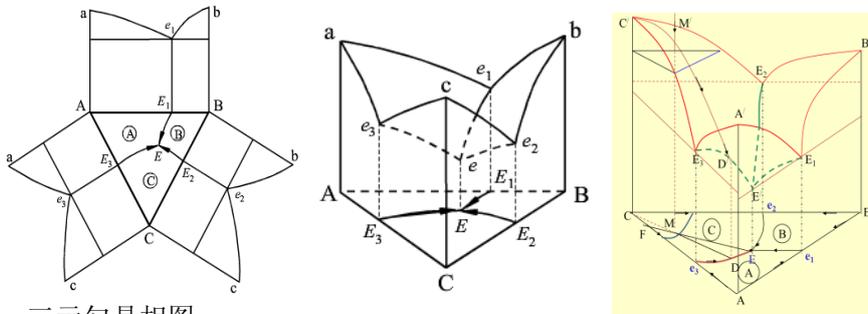


(5) 交叉位置规则

(6) 共轭位置规则

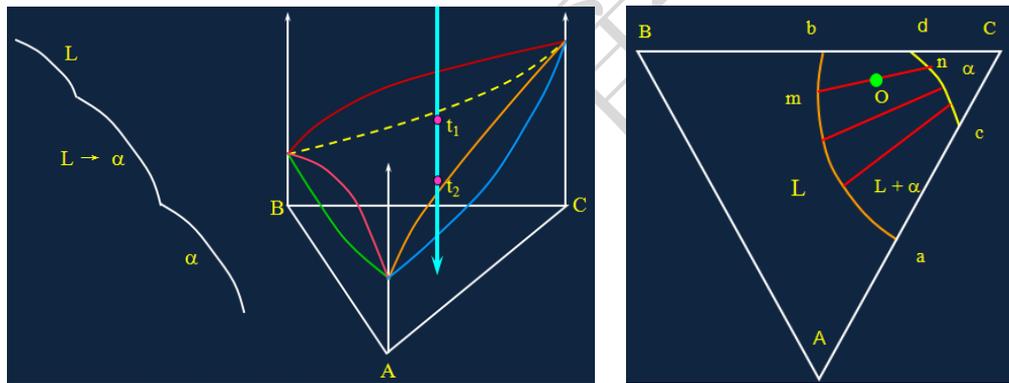
师生互动 1: 通过练习, 熟悉上述规则。

3. 相图的建立: **立体状态图、平面投影图、等温截面图、变温截面图**



4. 三元匀晶相图

匀晶转变: 由液相直接结晶出单相固溶体的转变(相变), 结晶过程如下左图:



等温截面及投影, 如上右图: 连接线是等温截面图上两相区中很重要的线。可以用连接线来确定两组成相的相成分及两相的相对重量。如图, 合金 O 位于两相区(L+alpha)

连接线 mn 上。则可以判定:

- ① 合金 O 在 t_1 温度下由成分为 m 的液相和成分为 n 的 α 相组成。
- ② 所有位于 mn 连接线上的合金, 液相的成分都是 m, 固相(α)的成分都是 n。

师生互动 2: 通过练习, 熟悉等温、变温截面分析。

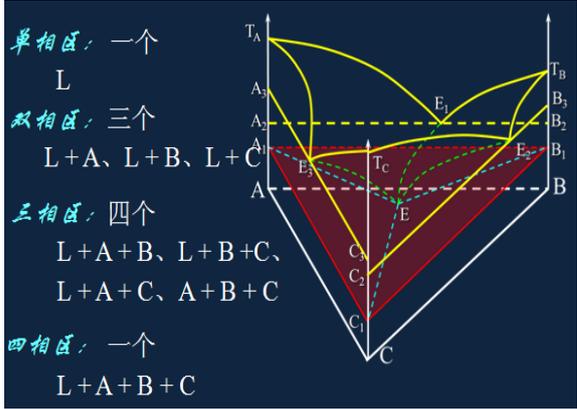
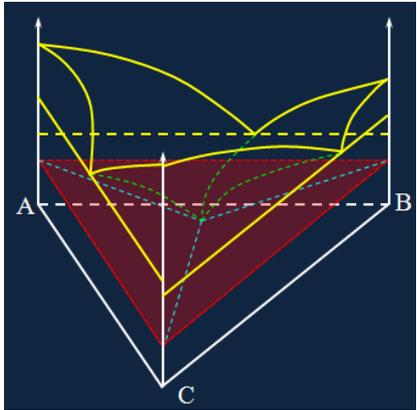
课后作业 作业: 教材 P230, 12。

及思考 思考: 三元系统相图为什么是立体相图?

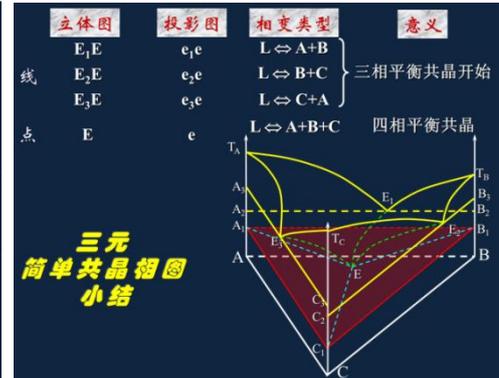
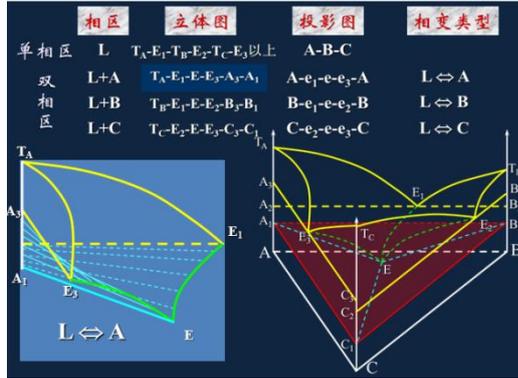
参考资料 《材料科学基础》第五章 材料的相结构及相图: P199-209。

7.21 教学单元二十一

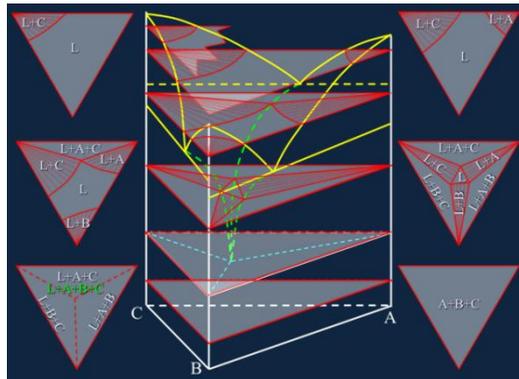
教学日期	第 21 次课	教学方法	讲授法、练习法
教学目标	1. 了解三元共晶相图反应图的分离图。 2. 掌握三元共晶相图中点、线、面含义和平衡结晶过程及结晶产物。		
教学内容 (含重点、难点)	第五章 材料的相结构及相图 (20/20 学时) 第五节 三元系相图及其类型: 三元共晶相图 重点: 1. 三元共晶相图的点、线、面含义。 2. 三元共晶相图反应图的分离图及其投影。 难点: 1. 三元共晶相图反应图的分离图及其投影。		
课前准备及其他相关要求	阅读《材料科学基础》教材第五章第五节内容, 并回答如下问题: 1. 三元共晶相图平衡结晶的产物有哪些?		
教学过程 (具体内容参见课件)	回忆上节内容, 以讲授法和练习法为主, 详细讲解本节课内容。 1. 三元共晶相图 由图可见立体相图的三个侧面是三个固态下组元不溶的二元共晶相图。立体图可看作是这三个二元相图向空间的延伸。六条液相线延伸得三个液面。 三个二元共晶点延伸为三条三相平衡共晶转变沟线; 三条共晶水平线向空间延伸为六个三相平衡共晶转变曲面; 过 E 点的水平三角形为四相平衡共晶转变面。 2. 三元共晶相图分析 立体图: 相区的立体图 曲面的立体图 曲线的立体图 点		



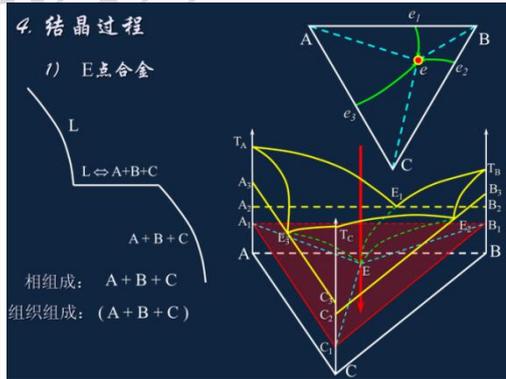
投影图：投影图有两种，一种是把空间相图中所有相区间交线都投影到浓度三角形中，借助对立体图空间构造的了解，用投影图来分析合金的冷却和加热过程。另一种是把一系列水平截面中的相界线投影到浓度三角形中，在每一条线上注明相应的温度，这样的投影图叫等温线投影图。等温线相当于地图上的等高线，可以反映空间相图中各种相界面的变化趋势。等温线越密，表示这个相面越陡。



3. 等温截面及其投影



4 结晶过程



师生互动 1：三元简单共晶相图不同区域平衡结晶产物是什么？

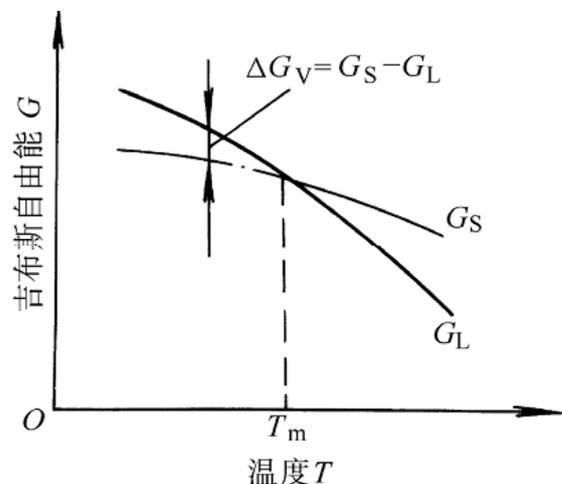
课后作业 作业：教材 P231，13。

及思考 思考：如何利用投影图分析三元系合金的平衡凝固过程？

参考资料 《材料科学基础》第五章 材料的相结构及相图：P209-228。

7.22 教学单元二十二

教学日期	第 22 次课	教学方法	讲授法、练习法、演示法
教学目标	1. 了解材料的凝固概念及凝固与结晶的差异。 2. 理解均匀和非均匀形核。 3. 掌握材料凝固的必要条件。		
教学内容 (含重点、难点)	第六章 材料的凝固与气相沉积 (2/4 学时) 第一节 材料的凝固时晶核的形成 1. 均匀形核 2. 形核率 3. 非均匀形核 重点: 1. 均匀形核与非均匀形核。 2. 形核的必要条件。 3. 形核率。 难点: 1. 形核功与过冷度的关系。 2. 临界形核半径。		
课前准备 及其他相关要求	阅读《材料科学基础》教材第六章第一节内容，并回答如下问题： 1. 均匀形核与非均匀形核的异同点？		
教学过程 (具体内容参见课件)	以提问方式引导学生，以讲授法、练习法为主，讲解本节内容。 1. 金属结晶的条件和一般过程 (1) 冷却曲线与过冷现象 (2) 结晶的热力学条件 (3) 结晶的微观过程 视频演示。		



均匀形核

①晶胚形成时的自由能变化:

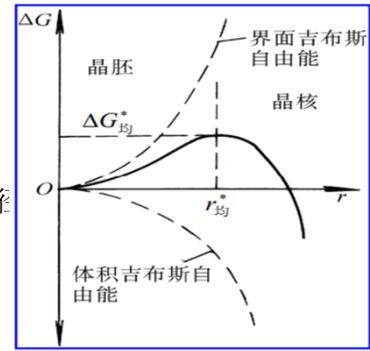
$$\Delta G = V \cdot \Delta G_V + \sigma \cdot A$$

②临界晶核半径 $r_{均}^*$ (能成为晶核的晶胚的最小半径)

$$r_{均}^* = \frac{-2\sigma}{\Delta G_V} = \frac{2\sigma \cdot T_m}{L_m \cdot \Delta T}$$

③临界形核功 $\Delta G_{均}^*$ (将 $r_{均}^*$ 代入 ΔG 得:)

$$\Delta G^* = \frac{16\pi\sigma^3 T_m^2}{3L_m^2 \cdot \Delta T^2} \text{ 称为临界形核功}$$



ΔG 与晶胚半径 r 的关系

2. 形核率: 指单位时间、单位体积液相中所形成的晶核数目,用 N 表示。 $N \uparrow$, 结晶后晶粒越细, 力学性能越好。

$$N = B \exp \frac{-\Delta G^*}{kT} \exp \frac{-\Delta G_A}{kT}$$

3. 非均匀形核

①晶胚形成时的自由能变化:

$$\Delta G_{非} = V \cdot \Delta G_V + \Delta G_S$$

②临界晶核半径 $r_{非}^*$

$$r_{非}^* = \frac{-2\sigma_{L/S}}{\Delta G_V}$$

③临界形核功 $\Delta G_{非}^*$

$$\Delta G_{非}^* = \frac{16\pi\sigma_{L/S}^3}{3(\Delta G_V)^2} \frac{2 - 3\cos\theta + \cos^3\theta}{4}$$

师生互动 1: 能够形核的充分必要条件是什么?

师生互动 2: 在什么条件下均匀形核, 什么条件下非均匀形核?

课后作业 作业: 预习下节课内容。

及思考 思考: 形核的充分必要条件是什么?

参考资料 《材料科学基础》第六章 材料的凝固与气相沉积: P232-238。

7.23 教学单元二十三

教学日期	第 23 次课	教学方法	讲授法、练习法
教学目标	1. 了解晶体生长的三种情况。 2. 理解成分过冷及其影响。 3. 掌握材料凝固时晶核的形成与长大的机制。		
教学内容 (含重点、难点)	第六章 材料的凝固与气相沉积 (2/4 学时) 第二节 材料凝固时晶体的生长 1. 材料的熔化熵对晶体生长的影响 2. 温度梯度对晶体生长的影响 第五节 制造工艺与凝固组织 3. 铸锭与铸件的凝固组织及偏析 第六节 用凝固法材料的制备技术 (自学) 重点: 1. 晶核的形成与长大的机制。 2. 温度梯度对晶体生长的影响。 3. 铸锭与铸件的凝固组织及偏析。 难点: 1. 晶核的形成与长大的机制。 2. 负温度梯度对晶体生长的影响。		
课前准备 及其他相关要求	阅读《材料科学基础》教材第六章第二、五、六节内容，并回答如下问题： 1. 铸锭的典型宏观组织由哪几个区组成？说明等轴晶区性能特点，为了扩大等轴晶区，应采取哪些措施？		
教学过程 (具体内容参见课件)	以提问方式引导学生，以讲授法、练习法为主，讲解本节内容。 1. 固液界面的微观构造 光滑界面：原子尺度内光滑平整，在界面处固液两相截然分开；显微尺度，光滑界面参差不齐，由若干曲折的小平面组成，因此光滑界面又称小平界面。非金属、类金属、半导体及化合物多属于此类。 粗糙界面：原子尺度内，固液界面大约有一半位置被固相原子占据，液相与固相原子犬牙交错分布，称为非小平界面；显微尺度上，粗糙界面是平整的。典型金属结晶界面。		

比较：

(1) 光滑界面：原子尺度上：液-固相界分开，固相表面为光滑密排；微观尺度上：曲折小平面组成。→小平界面。

(2) 粗糙界面：原子尺度上：原子在界面上排列高低不同，→粗糙；微观尺度上界面平整→非小平界面。

2. 晶体长大机理

(1) 粗糙界面的晶体长大机理：垂直长大

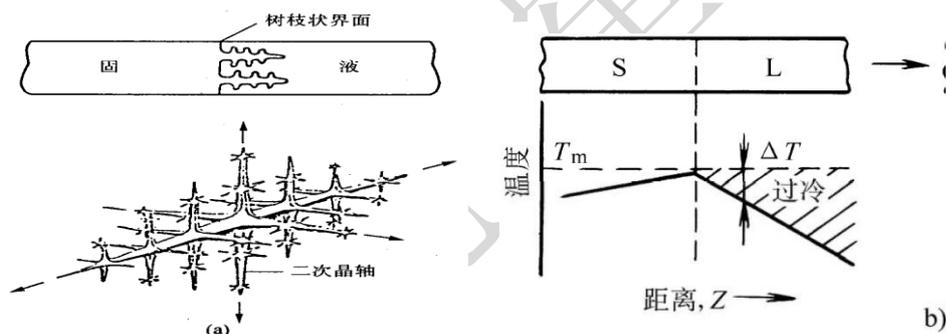
(2) 光滑界面的晶体长大机理：二维晶核长大机制和螺位错台阶长大机制。

3. 晶体长大方式

(1) 决定纯金属生长的界面形态的因素有：

①液-固界面的微观结构；②液-固界面前沿温度梯度。

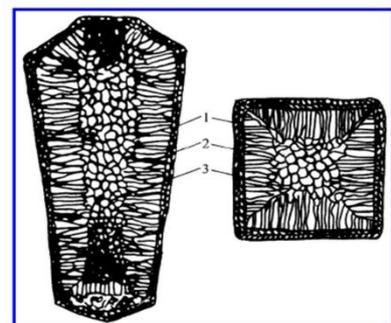
(2) 在负的温度梯度下： $dT/dx < 0$ ，结晶潜热流向周围的液体。



4. 制造工艺与凝固组织

表面细晶粒区形成的简单过程是：金属液浇入铸型后，液体受到很大过冷→非均匀形核与生长→同时又从其上脱落与游移→从而在型壁附近沉积成细小晶粒，构成表面细晶粒区；

柱状晶区形成的简单过程是：表层细晶层形成后→在晶体生长前沿产生负温度梯度→柱状晶。



镇静钢锭宏观组织示意图
1—表层细晶区 2—柱状晶区
3—中心等轴晶区

师生互动 1：晶粒大小的表示方法？

师生互动 2：晶粒大小与金属的性能有什么关系？

课后作业 作业：预习下节课内容。

及思考 思考：形核的充分必要条件是什么？

参考资料 《材料科学基础》第六章 材料的凝固与气相沉积：P239-242、P253-273。

7.24 教学单元二十四

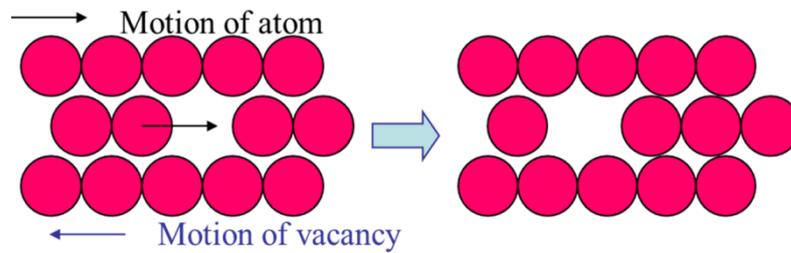
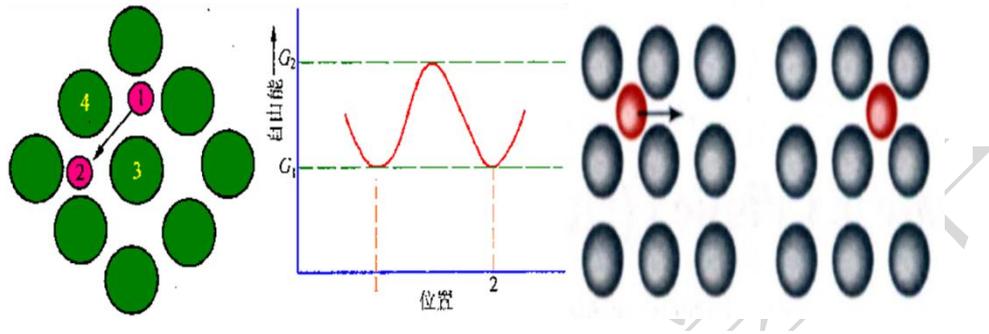
教学日期	第 24 次课	教学方法	讲授法、练习法
教学目标	1. 了解扩散第一、第二定律的推到过程。 2. 熟悉扩散第一、第二定律表达式。 3. 掌握扩散的主要机制。		
教学内容 (含重点、难点)	第七章 扩散与固态相变 (2/4 学时) 第一节 扩散定律及其应用 1. 扩散第一定律 2. 扩散第二定律 第二节 扩散机制 3. 间隙扩散和空位扩散 4. 互扩散和柯肯达尔效应 重点: 1. 扩散第一定律。 2. 扩散机制。 3. 互扩散和柯肯达尔效应。 难点: 1. 扩散定律的推导和柯肯达尔效应。		
课前准备 及其他相关要求	阅读《材料科学基础》教材第七章第一、二节内容，并回答如下问题： 1. 如何解释柯肯达尔效应？ 2. 扩散的主要机制有哪些？		
教学过程 (具体内容参见课件)	以提问方式引导学生，以讲授法、练习法为主，讲解本节内容。 扩散：在一个相内因分子或原子的热激活运动导致成分混合或均匀化的分子动力学过程。本质是原子依靠热运动从一个位置迁移到另一个位置。 1. 扩散第一定律(稳态扩散) $J = -D \frac{dC}{dx}$ 2. 扩散第二定律(非稳态扩散, $dc/dt \neq 0$) ①扩散第二方程		

②扩散第二方程的应用

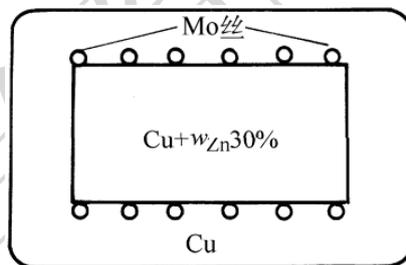
师生互动 1: 想一想两个定律的适用条件有何不同? 练习题。

3. 扩散机制

换位机制、间隙机制、空位机制



4. 互扩散和柯肯达尔效应



师生互动 2: 两个扩散偶中的标志面在扩散过程中是否移动? 如果移动, 朝什么方向移动?

课后作业 作业: P321, 1。

及思考 思考: 扩散的驱动力是什么?

参考资料 《材料科学基础》第七章 扩散与固态相变: P277-286。

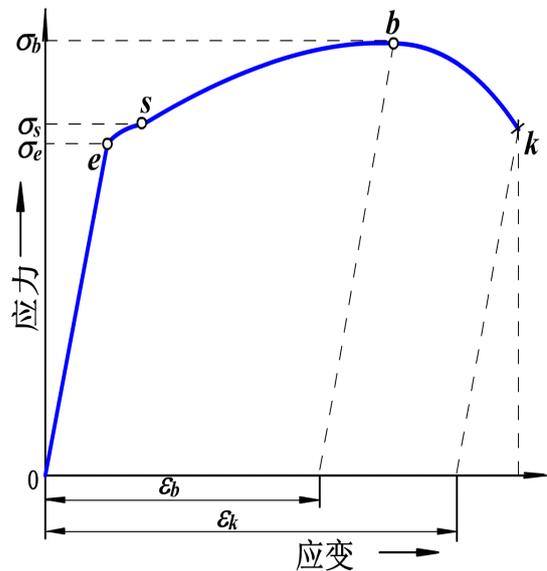
7.25 教学单元二十五

教学日期	第 25 次课	教学方法	讲授法、练习法
教学目标	1. 了解扩散系数的计算方法。 2. 掌握扩散驱动力及其影响因素。		
教学内容 (含重点、难点)	第七章 扩散与固态相变 (4/4 学时) 第二节 扩散机制 1. 扩散系数的计算 第三节 影响扩散的因素与扩散驱动力 2. 影响扩散的因素 3. 扩散驱动力 习题课：作业讲解 重点： 1. 扩散系数表达式。 2. 扩散驱动力及其影响因素。 难点： 1. 影响扩散的因素与扩散驱动力。		
课前准备 及其他相关要求	阅读《材料科学基础》教材第七章第二、三节内容，并回答如下问题： 1. 影响扩散的因素有哪些？ 2. 扩散的驱动力是什么？		
教学过程 (具体内容参见课件)	以提问方式引导学生，以讲授法、练习法为主，讲解本节内容。 1. 扩散系数的计算 扩散系数的一般表达式： $D=D_0\exp(-Q/RT)$ 对于不同的扩散机制，扩散常数 D_0 和扩散激活能 Q 不同，与温度无关，只随合金成分和结构有关； 扩散系数对温度非常敏感。 扩散激活能的测定？ 2. 扩散的驱动力 菲克定律指出扩散总是向浓度降低的方向进行的。但事实上很多情况，扩散是由低		

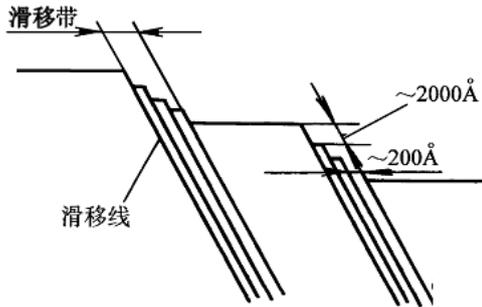
	<p>浓度处向高浓度处进行的。如固溶体中某些元素的偏聚或调幅分解。这种扩散被称为“上坡扩散”。</p> <p>上坡扩散说明从本质上来说浓度梯度并非扩散的驱动力。</p> <p>扩散的目的是为了使系统的能量（Gibbs 自由能）降低，</p> <p>扩散的原因是因为体系能量的不均匀，即扩散的驱动力来自体系的化学位（偏摩尔吉布斯自由能）梯度。</p> <p>3. 影响扩散的因素</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 温度 (2) 晶体结构 (3) 固溶体类型 (4) 晶体缺陷 (5) 第三组元/合金元素 <p>师生互动：本讲习题和上一章的作业题。</p>
课后作业及思考	<p>作业：复习本章内容。</p> <p>思考：扩散时间与扩散深度有怎样的关系？</p>
参考资料	<p>《材料科学基础》第七章 扩散与固态相变：P286-201。</p>

7.26 教学单元二十六

教学日期	第 26 次课	教学方法	讲授法、练习法、演示法
教学目标	1. 了解金属材料变形与断裂的检测方法。 2. 掌握金属变形的主要阶段，理解弹性变形的实质。		
教学内容 (含重点、难点)	第八章 材料的变形与断裂 (2/14 学时) 第一节 金属变形概述 第二节 金属的弹性变形 重点: 1. 应力-应变曲线各阶段的描述。 2. 金属弹性变形的实质 难点: 金属弹性变形的实质和力学概念的理解，如屈服强度、抗拉强度、弹性模量等。		
课前准备 及其他相关要求	阅读《材料科学基础》教材第八章第一、二节内容，并回答如下问题： 1. 金属变形可以分为几个阶段？ 2. 金属弹性变形的实质是什么？		
教学过程 (具体内容参见课件)	1. 金属变形概述 (1) 应力-应变曲线 弹性变形阶段 塑性变形 颈缩阶段 断裂 真应力-真应变曲线与 工程应力-应变曲线的区别 (2) 断裂的类型 2. 视频演示应力-应变曲线。 师生互动: 金属弹性变形的实质是什么？		
课后作业 及思考	作业: 预习下一节内容。 思考: 怎样利用双原子模型来理解弹性模量的物理意义？		
参考资料	《材料科学基础》第八章 材料的变形与断裂 : P323-325。		



7.27 教学单元二十七

教学日期	第 27 次课	教学方法	讲授法、练习法、演示法
教学目标	1. 了解理想晶体中位错运动的阻力及其表达式。 2. 掌握金属塑性变形的两种方式及其微观机制。		
教学内容 (含重点、难点)	第八章 材料的变形与断裂 (4/14 学时) 第三节 滑移与孪晶变形 1. 滑移观察 2. 滑移机制 3. 滑移面和滑移方向 4. 孪晶变形 重点: 1. 滑移与孪生的微观机制 难点: 1. 滑移与孪生的微观机制		
课前准备 及其他相关要求	阅读《材料科学基础》教材第八章第三节内容，并回答如下问题： 1. 滑移与孪生的微观机制有什么不同？		
教学过程 (具体内容参见课件)	以提问方式引导学生，以讲授法、练习法为主，讲解本节内容。 1. 晶体的滑移与观察 (1) 晶体的滑移—晶体中特定晶面两侧的晶体沿该面内特定方向的相对滑动 (2) 晶体滑移的观察 滑移线 — 晶体滑移在晶体表面形成的台阶称为滑移线 滑移带 — 聚集在一起的滑移线称为滑移带 		

2. 滑移机制：晶体的滑移是通过晶体中位错线的滑移而进行的

晶体的滑移面应是晶体的最密排面，滑移方向应是晶体的最密排方向

师生互动 1：想一想为什么滑移面是晶体的最密排面，滑移方向是晶体的最密排方向？

3. 晶体的滑移系—晶体的滑移面与该面内的一个滑移方向的组合

(1) 晶体的常见滑移系

思考：面心立方、体心立方、密排六方各有多少个滑移系？

(2) 滑移系数目对金属塑性的影响

滑移系数目越多，金属的塑性越好

$$\text{fcc} > \text{bcc} > \text{cph}$$

4. 孪生变形（以面心立方晶体为例）

孪生变形—晶体中部分区域通过均匀切变，与未均匀切变区的晶体位向形成镜面对称的塑性变形方式

(1) 孪生变形过程

晶体中相邻的孪生面沿面内的孪生方向依次滑移特定的距离

(2) 孪生机制(以面心立方为例)— 极轴位错机制

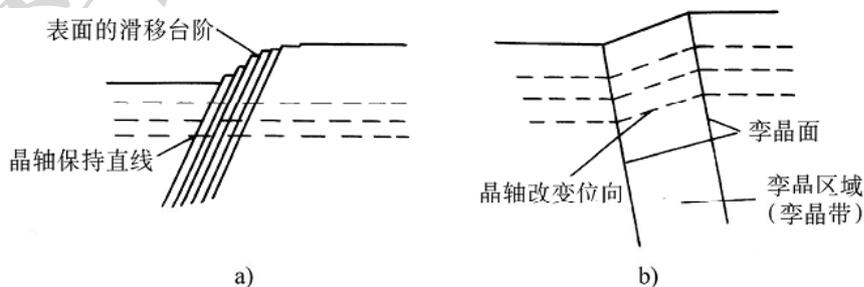
(3) 影响孪生变形的因素

晶体滑移系数目越少，越容易孪生

层错能越低，孪生应力也越低，孪生越容易

(4) 孪晶的观察

(5) 孪生与滑移的比较



师生互动 2：想一想 BCC 的 α -Fe 与 FCC 的 Al 或 Cu，哪种金属的塑性好？

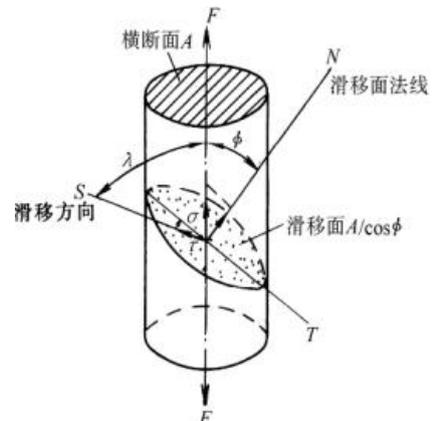
课后作业 作业：P374，2。

及思考 思考：为什么滑移面是晶体的最密排面，滑移方向是晶体的最密排方向？

参考资料 《材料科学基础》第八章材料的变形与断裂：P325-331。

7.28 教学单元二十八

教学日期	第 28 次课	教学方法	讲授法、练习法
教学目标	1. 了解单晶体和多晶体塑性变形的特点。 2. 了解多晶体塑性变形的影响因素。 3. 掌握施密特定律和霍尔-佩奇关系式。		
教学内容 (含重点、难点)	<p>第八章 材料的变形与断裂 (6/14 学时)</p> <p>第四节 单晶体的塑性变形</p> 1. 施密特定律 2. 单滑移、多滑移和交滑移 <p>第五节 多晶体的塑性变形</p> 3. 晶界和晶体位向对塑性变形的影响 4. 晶粒大小对材料强度和塑性的影响 <p>重点:</p> 1. 施密特定律。 2. 单滑移、多滑移和交滑移。 3. 多晶体滑移的影响因素。 <p>难点:</p> 1. 施密特定律和霍尔-佩奇关系式		
课前准备 及其他相关要求	阅读《材料科学基础》教材第八章第四、五节内容，并回答如下问题： 1. 单晶体和多晶体塑性变形的特点是什么？ 2. 多晶体塑性变形的影响因素有哪些？		
教学过程 (具体内容参见课件)	以提问方式引导学生，以讲授法、练习法为主，讲解本节内容。 1. 单晶体的塑性变形 (1) 施密特定律 ①作用在滑移系上的分切应力 $\tau = \sigma \cos \phi \cos \lambda$ ②施密特定律----作用在分切应力最大的滑移系上的应力达到晶体滑移的临界分切应力时，该滑移系开动。		



(2) 晶体的始滑移系

晶体滑移的临界分切应力相同的条件下，分切应力最大的滑移系首先开动，该滑移系称为晶体的始滑移系

① 计算比较法：逐一计算并比较各滑移系的取向因子，取向因子最大的为始滑移系

②标准投影图解法（了解）

师生互动 1： 练习题掌握施密特定律的应用。

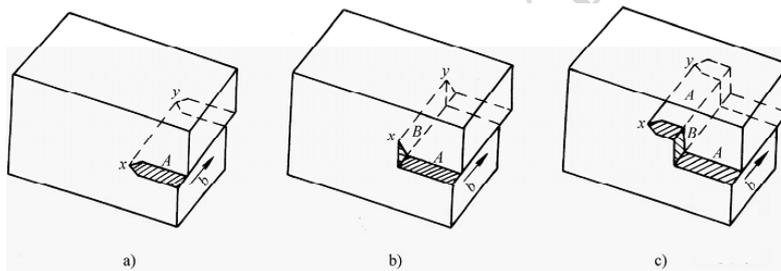
(3) 晶体滑移的种类

①单滑移----只有一个滑移系开动的滑移

②多滑移----多个滑移系同时开动的滑移

③交滑移

当晶体滑移受阻时，另一个与原滑移方向相同但滑移面不同的交滑移系开动使滑移继续进行的滑移



2 多晶体的塑性变形

(1) 多晶体变形的特点

- ①各晶粒开始滑移的不同时性；
- ②晶界阻碍晶体滑移；
- ③相邻晶粒滑移的传递性
- ④各晶粒间的滑移变形需要协调；

(2) 细晶强化及其机理

- ①Hall-petch 公式----屈服强度与晶粒尺寸的关系
- ② 细晶强化----唯一能同时提高材料强度和韧性的强化途径
- ③细晶强化的位错理论解释

师生互动 2： 为什么细化晶粒能够同时增加材料的强度和韧性？

课后作业
及思考

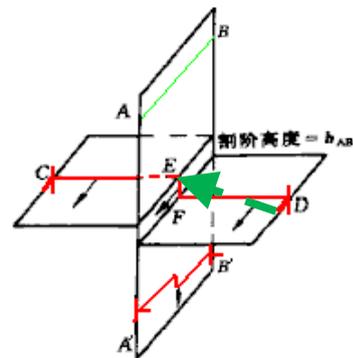
作业：P374， 8。
思考：想一想单滑移与多滑移产生时，晶体表面有何不同？

参考资料

《材料科学基础》第八章材料的变形与断裂：P331-338。

7.29 教学单元二十九

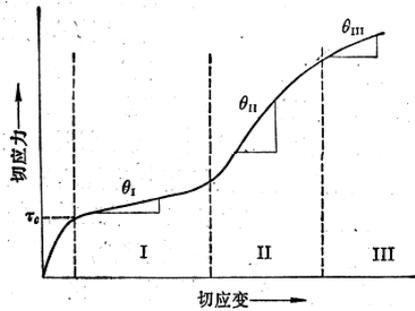
教学日期	第 29 次课	教学方法	讲授法、练习法
教学目标	1. 了解纯金属与合金变形强化的差异。 2. 掌握纯金属和合金变形强化的原因及其机理。		
教学内容 (含重点、难点)	<p>第八章 材料的变形与断裂 (8/14 学时)</p> <p>第六节 纯金属的变形强化</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 位错的交割 2. 位错的增殖 <p>第七节 合金的变形与强化</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. 单相合金的变形与强化 4. 低碳钢的屈服和应变时效 (自学) 5. 第二相对合金变形的影响 <p>重点:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 纯金属和合金变形强化的原因。 <p>难点:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 形变强化的原因和机理。 		
课前准备 及其他相关要求	阅读《材料科学基础》教材第八章第六、七节内容，并回答如下问题： <ol style="list-style-type: none"> 1. 为什么材料的变形会使材料产生强化？ 2. 纯金属与合金的变形强化有何不同？ 		
教学过程 (具体内容参见课件)	<p>以提问方式引导学生，以讲授法、练习法为主，讲解本节内容。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 纯金属的形变强化 <ol style="list-style-type: none"> (1) 形变强化：金属在塑性变形过程中，流变应力随应变增加而增大的现象。 (2) 形变强化的位错机理 <ol style="list-style-type: none"> ①位错交割形成割阶 ②位错反应形成固定位错 <p>师生互动 1: 想一想位错反应的条件是什么？</p> <ol style="list-style-type: none"> ③位错增殖形成更多位错 		



位错增殖机制 { 弗兰克-瑞德 (F-R) 源机制
L 源机制
双交滑移机制

(3) 单晶体的形变强化

①单晶体的典型应力—应变曲线；②位向对单晶体加工硬化曲线的影响；单晶体流变应力与位错密度的关系



(4) 形变强化的工程意义

- ①重要的强化手段；②使金属均匀塑性变形顺利进行；③使零件能抵抗偶然过载
- ④使材料的进一步塑性变形难以进行；

2. 合金的变形与强化

(1) 单相合金的变形与强化

①固溶强化；②固溶强化机理：溶质与溶剂原子的尺寸差引起晶格畸变，所产生的应力场阻碍位错运动；③影响固溶强化的主要因素：原子相对尺寸；溶质原子浓度；溶质原子造成晶格畸变的对称性

(2) 多相合金的变形与强化

多相合金 { 聚合型多相合金
弥散分布型多相合金

- ①聚合型两相合金的塑性变形与强化
- ②弥散分布型两相合金的塑性变形与强化

可变形微粒的强化机理——切过机制

不可变形微粒的强化机理——绕过机制或奥罗万 (Orowan) 机制

③时效强化 (沉淀强化)

师生互动 2: 为什么细化晶粒能够同时增加材料的强度和韧性?

课后作业 作业: 预习下一节内容。

及思考 思考: 固溶强化的影响因素有哪些?

参考资料 《材料科学基础》第八章材料的变形与断裂: P338-348。

7.30 教学单元三十

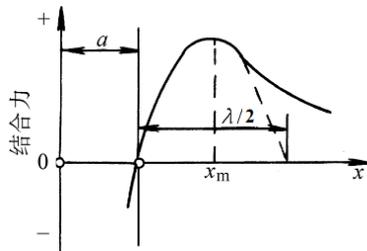
教学日期	第 30 次课	教学方法	讲授法、练习法
教学目标	1. 了解冷变形及残余应力对金属力学性能的影响。 2. 掌握冷变形金属组织变化特点。 3. 理解金属断裂理论断裂强度和实际断裂强度的差异。		
教学内容 (含重点、难点)	第八章 材料的变形与断裂 (10/14 学时) 第八节 冷变形金属的组织与性能: 冷变形金属的力学性能、冷变形金属的组织、形变组织、残余应力 第九节 金属的断裂: 理论断裂强度、实际断裂强度 重点: 1. 残余应力及冷变形对金属力学性能的影响。 2. 冷变形金属组织变化的特点。 3. 金属断裂的断裂强度纯金属和合金变形强化的原因。 难点: 1. 实际金属的断裂强度计算。		
课前准备 及其他相关要求	阅读《材料科学基础》教材第八章第八、九节内容，并回答如下问题： 1. 什么是形变组织？ 2. 为什么金属的实际断裂强度要比理论值低很多？		
教学过程 (具体内容参见课件)	以提问方式引导学生，以讲授法、练习法为主，讲解本节内容。 1. 冷变形金属的组织与性能 (1) 冷变形金属的组织变化 ①晶粒形状：等轴晶粒→拉长晶粒→纤维组织 ②点缺陷及位错密度大大提高 ③位错组态 高层错能金属：位错缠结→位错胞→变形胞 低层错能金属：复杂的位错网络 ④形成形变孪晶 ⑤形成形变组织 (2) 冷变形金属的性能变化		

- ①产生加工硬化
- ②产生各向异性
- ③ 产生残余应力
- ④ 改变理化性能

师生互动 1: 加工硬化对实际生产有何影响？

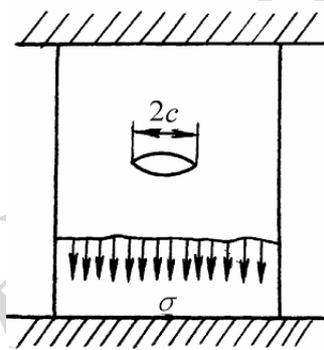
2.金属的断裂

(1) 理论断裂强度



(2) 实际断裂强度

- ①实际断裂强度远低于理论断裂强度
- ②原因---材料中存在微裂纹
- ③Griffith 理论



④塑性修正

师生互动 2: 想一想如何利用双原子模型来推导理论断裂强度？

课后作业
及思考

作业：预习下一节内容。
思考：如何推导实际断裂强度？

参考资料

《材料科学基础》第八章材料的变形与断裂：P349-355。

7.31 教学单元三十一

教学日期	第 31 次课	教学方法	讲授法、练习法																
教学目标	1. 了解回复再结晶过程组织变化的特点。 2. 掌握回复和再结晶机制及其动力学。 3. 掌握再结晶驱动力及其与二次再结晶的差异。																		
教学内容 (含重点、难点)	第八章 材料的变形与断裂 (12/14 学时) 第十节 冷变形金属的回复阶段: 回复阶段性能与组织的变化、回复动力学、回复机制 第十一节 冷变形金属的再结晶: 再结晶的形核、再结晶动力学、影响再结晶的因素、再结晶后的晶粒长大 重点: 1. 回复和再结晶过程组织和性能变化特点。 2. 回复机制及其动力学、再结晶机制及其动力学。 3. 再结晶后的晶粒长大类型及其原因。 难点: 1. 回复和再结晶机制及其动力学。																		
课前准备及其他相关要求	阅读《材料科学基础》教材第八章第十、十一节内容，并回答如下问题： 1. 在不同的温度范围主要的回复机制是什么？ 2. 再结晶与二次再结晶的差异是什么？																		
教学过程 (具体内容参见课件)	以提问方式引导学生，以讲授法、练习法为主，讲解本节内容。 1. 冷变形金属加热时的组织和性能变化 <table border="1" data-bbox="493 1507 1209 1966"> <thead> <tr> <th></th> <th>回 复</th> <th>再 结 晶</th> <th>晶粒长大</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>显微组织</td> <td>无明显变化</td> <td>通过形核及长大变成结构未变的新的等轴晶</td> <td>等轴晶粒进一步长大</td> </tr> <tr> <td>亚 结 构</td> <td>点缺陷密度有所降低，位错密度有所降低且重新分布形成亚晶</td> <td>位错密度大大降低</td> <td>无变化</td> </tr> <tr> <td>性 能</td> <td>强度略下降，塑性略提高，内应力基本消除，电阻率明显降低</td> <td>强度大大降低，塑性大大提高，内应力完全消除，电阻率降至退火态</td> <td>强度有所降低，塑性先升后降</td> </tr> </tbody> </table>				回 复	再 结 晶	晶粒长大	显微组织	无明显变化	通过形核及长大变成结构未变的新的等轴晶	等轴晶粒进一步长大	亚 结 构	点缺陷密度有所降低，位错密度有所降低且重新分布形成亚晶	位错密度大大降低	无变化	性 能	强度略下降，塑性略提高，内应力基本消除，电阻率明显降低	强度大大降低，塑性大大提高，内应力完全消除，电阻率降至退火态	强度有所降低，塑性先升后降
	回 复	再 结 晶	晶粒长大																
显微组织	无明显变化	通过形核及长大变成结构未变的新的等轴晶	等轴晶粒进一步长大																
亚 结 构	点缺陷密度有所降低，位错密度有所降低且重新分布形成亚晶	位错密度大大降低	无变化																
性 能	强度略下降，塑性略提高，内应力基本消除，电阻率明显降低	强度大大降低，塑性大大提高，内应力完全消除，电阻率降至退火态	强度有所降低，塑性先升后降																

	<p>2. 冷变形金属的回复</p> <p>(1) 回复阶段性能与组织的变化。</p> <p>(2) 回复动力学：驱动力——冷变形储藏能。</p> <p>(3) 回复机制：①低温回复②中温回复③高温回复</p> <p>师生互动 1：想一想在不同的温度其回复机制有何不同？</p> <p>3. 冷变形金属的再结晶</p> <p>(1) 再结晶的驱动力——冷变形储藏能的降低。</p> <p>(2) 再结晶的形核</p> <p>(3) 再结晶动力学</p> <p>(4) 再结晶的影响因素</p> <p>①冷变形度</p> <p style="padding-left: 40px;">< 临界变形度不发生再结晶</p> <p style="padding-left: 40px;">> 临界变形度发生再结晶</p> <p>②退火温度 退火温度↑，则临界变形度↓，晶粒尺寸↑</p> <p>③原始晶粒尺寸 原始晶粒尺寸↓，则冷变形储藏能↑，再结晶晶粒尺寸↓</p> <p>④第二相粒子</p> <p style="padding-left: 40px;">大而稀,促进再结晶</p> <p style="padding-left: 40px;">小而密,阻碍再结晶</p> <p>⑤微量溶质元素 溶质浓度↑晶粒尺寸↓</p> <p>4. 再结晶后的晶粒长大</p> <p>(1) 晶粒的正常长大</p> <p>(2) 二次再结晶----再结晶晶粒长大过程中，当温度升高到某一温度时，个别晶粒会突然剧烈长大</p> <p>师生互动 2：结晶、再结晶与二次再结晶的区别是什么？</p>
课后作业	作业：预习下一节内容。
及思考	思考：二次再结晶对材料的组织和性能有哪些影响？
参考资料	《材料科学基础》第八章材料的变形与断裂：P355-365。

7.32 教学单元三十二

教学日期	第 32 次课	教学方法	讲授法、练习法
教学目标	1. 了解材料的超塑性。 2. 理解热变形过程及其对材料组织和性能的影响。 3. 掌握金属热变形及蠕变的特点。		
教学内容 (含重点、难点)	第八章 材料的变形与断裂 (14/14 学时) 第十二节 金属的热变形、蠕变与超塑性 1. 金属热变形过程以及对组织与性能的影响 2. 金属的蠕变 3. 金属的超塑性 作业题讲解 重点: 1. 金属热变形过程以及对组织与性能的影响 2. 金属的蠕变及超塑性。 难点: 1. 热变形和蠕变不同阶段的分析。		
课前准备 及其他相关要求	阅读《材料科学基础》教材第八章第十二节内容，并回答如下问题： 1. 金属热变形过程对材料的组织和性能有什么影响？ 2. 什么是金属的蠕变现象？		
教学过程 (具体内容参见课件)	以提问方式引导学生，以讲授法、练习法为主，讲解本节内容。 1. 金属的热变形 ①热变形——再结晶温度以上的塑性变形 ②热变形过程 ③组织变化 焊合气孔和疏松；打碎粗大的树枝晶；改善夹杂物形状、大小和分布 形成热加工流线 形成带状组织 ④性能变化		

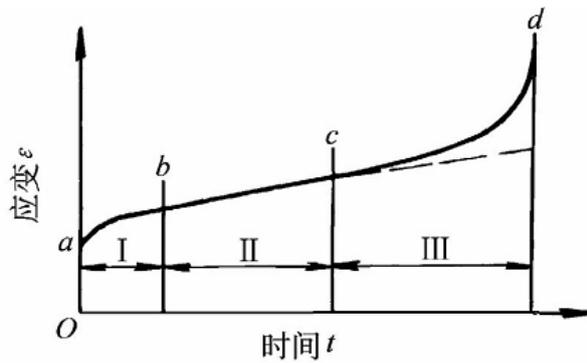
强度、特别是塑性和韧性得到提高；产生各向异性

2. 金属的蠕变

(1) 蠕变现象金属在较高恒温恒应力作用下，其应变随时间延长而增大的现象。

(2) 蠕变曲线

师生互动 1：想一想三个阶段的不同特点？



(3) 蠕变机理

扩散蠕变

位错蠕变

3. 金属的超塑性

(1) 现象——金属在特定条件下具有极高延伸率和优异塑性变形能力

(2) 应变速率敏感指数 m 与超塑性

金属的 m 越大，越易发生超塑性

(3) 超塑变形机制——扩散协助下的晶界滑动及晶粒转动

(4) 实现超塑性的条件

(5) 组织变化

仍保持细小等轴晶

位错密度无明显增加；

不形成位错胞和亚晶

师生互动 2：想一想实现超塑性的条件有哪些

4. 作业讲解。

课后作业 作业：复习本章内容。

及思考 思考：金属的冷变形与热变形有哪些差异？

参考资料 《材料科学基础》第八章材料的变形与断裂：P365-369。

8. 课程要求

8.1 学生自学要求

为提高学生自我获取知识的能力,本课程关于材料工程基础部分的内容要求学生进行自学。要求每堂课前,自学课堂要讲解的内容;对于预习的内容能提出问题和自己的想法。课外,要求对教师提出的参考书籍和文献进行阅读,并做好相关的读书笔记。对于教师提出自学内容要求在做好读书笔记的同时,还要做好用于讲解的课件用于讨论课上进行讨论交流;并对讲解、交流的情况进行打分,并作为平时成绩的一部分。

8.2 课外阅读要求

为了提高学生知识面,加深对材料科学内涵及外延的理解,开阔视野,紧跟材料科学最前沿的发展,要求学生在课外能积极主动的阅读材料类相关的专著、期刊和文献。在学年的中期,要求每位同学提交一份读书心得,总结课外阅读后对材料科学的现状、发展趋势的认识。在要求 12 中,推荐了一些相关的资料,提供了一些查找相关资料的方法,供同学们参考。

此外,为了提高同学的人文修养,加强同学多角度思考问题的能力,拓展同学们的想象力,建议同学们课后阅读一些人文、哲学、艺术类的书籍。在要求 12 中推荐了一些书籍,供同学参考。

8.3 课堂讨论要求

本课程中,根据课程内容,安排了多次师生互动内容,要求学生积极参与。同时,有部分课堂讨论,要求上课同学分组讨论。也要求同学课前认真准备,课堂上积极发言提问。根据回答问题、讨论等情况进行打分,计入平时成绩。

8.4 课程实践要求

本课程修完后,需要完成材料科学与工程专业基础实验课。

9. 课程考核

9.1 出勤与迟到、早退、作业、报告等的要求

(1) 出勤与迟到、早退要求

出勤：选课同学务必遵守四川理工学院学生管理条例中关于出勤的相关政策规定。本课程将采用倒扣分的形式，即对无故缺席的同学（包括课后补假的同学），每缺席 1 次都将按要求扣分，直至扣完。此外，本课程允许每一位同学请假 1 次，但需在授课前提交请假条。根据《四川理工学院本、专科学生学籍管理实施细则》（2014）规定，缺勤学时达到该门课程总学时的 20% 者，取消本课程考试资格。

迟到与早退：上课铃后进入教室的同学算迟到，下课铃前擅自离开教室的同学算早退。无故迟到 10 分钟及 10 分钟以上的同学算缺席 1 次。如果迟到 15 分钟以上请您不要进入课堂。

(2) 作业、报告要求

所有作业必须在指定时间前上交，不允许迟交。作业相关评分标准如下：

- (a) 作业（含报告）一次不交，扣 10 分；
- (b) 作业（含报告）不按时交（即事后补交），扣 5 分；
- (c) 作业（含报告）评分细则如下：A-优秀（-0）；B-良好（-2）；C-合格（-3）；D-补交（-5）；E-雷同或未交（-10）；F-重做。
- (d) 作业（含报告）重做上交后，最高给 B。
- (e) 因学术诚信问题出现作业（含报告）雷同的情况，涉事学生的作业成绩除扣分外，一律重做。

9.2 成绩的构成与评分规则说明

课程的最终成绩实行百分制，由平时成绩和期末考试成绩两部分组成。其中，平时成绩占总成绩的 30%，期末考试成绩占总成绩的 70%，两部分成绩均采用 100 分制。

即：课程成绩=平时成绩×30%+期末考试成绩×70%

(一) 平时成绩

1、平时成绩构成

平时成绩由考勤、课外作业、课堂表现和期中考试组成，满分 100 分。

- 1) 考勤总分 10 分，共考勤 5 次，实行扣分机制，低于 8 分不得参加期末考试。
- 2) 课外作业总分 30 分，约 8-10 次，实行扣分机制。
- 3) 课堂表现总分 10 分，共 5 次，实行奖励机制。
- 4) 期中考试总成绩总分 50 分，以卷面成绩为准。

2、平时成绩评分规则

- 1) 考勤： \surd -签到 (-0)； \times -旷课 (-5)； \otimes -迟到 (-2)； \boxtimes -早退 (-2)； Δ -请假 (-0)。

第一次考勤为完全点名。平时考勤为节约时间，点名由教师随机抽查。

- 2) 课外作业：每次抽查 30% 批改，评分标准按 9.1 (2) 进行。
- 3) 课堂表现：共 5 次机会，参与并回答问题一次得 2 分，记作 A+。
- 4) 期中考试，按卷面评分标准进行，得分以卷面成绩为准。

(二) 期末考试成绩

期末考试，按卷面评分标准进行，得分以卷面成绩为准。

9.3 考试形式及说明

期中考试采取随堂考试，考试时间为第 9 周。期末考试的形式为教师统一命题，限时闭卷考试。如果课程最终成绩没有达到 60 分，将在下学期开学前一周进行补考，补考以限时闭卷考试形式进行。如补考不及格，则需要重修本课程。

10. 学术诚信

10.1 考试违规与作弊处理

考试中，任何形式的违规和作弊将导致成绩不合格，学生将会被提交给合适的学院和学校有关部门采取行动。学生应仔细阅读《四川理工学院学生考试违纪或作弊界定与处理标准（修订）》的相关规定。

10.2 杜撰数据、信息处理等

杜撰数据、信息主要表现在：

- (1) 单独或与其他人合作伪造记录或获得不诚实的成绩、荣誉、奖励和推荐等。
- (2) 编造或伪造数据、研究过程或数据分析。

凡是具有上述行为的，所获取的成绩、荣誉、奖励和推荐等都将作废，所发表的研究成果将被视为欺诈，都将收到严惩。

10.3 学术剽窃处理等

学术剽窃定义为把别人的作品或想法作为己用，是指参与未经授权的学术合作，其中包括：

- (1) 没有教师允许使用考试资料。
- (2) 递交错误的或未完成的学术成果。
- (3) 使用未经授权或公开发表的学术论文、专著和专利等他人取得的学术成果内容。

因此，所有与本课程有关的作业、报告等都应学生自己完成。任何形式的剽窃将导致成绩不合格。

11. 课堂规范

11.1 课堂纪律

- (1) 不得迟到、早退、旷课，请假必须向教师出示请假条。
- (2) 学生上课必须关闭手机等通讯工具。
- (3) 遵守课堂纪律，认真听课，不交头接耳。
- (4) 积极参与课堂讨论，积极提问或发言，配合教师搞好教学，认真完成教师布置的教学任务。
- (5) 保持教室整洁，严禁在桌、椅上刻画。
- (6) 学生下课应主动擦黑板。
- (7) 不得早退。有特殊情况，须经老师允许才能提前离开课堂。

11.2 课堂礼仪

- (1) 学生进入教室须着装整洁、得体，不准穿拖鞋或其他不庄重的服饰进入教室。
- (2) 迟到者，得到允许后才能入座。

12. 课程资源

12.1 教材与参考书

本课程使用教材：

石德珂主编，《材料科学基础》（第2版），北京：机械工业出版社，2014。

推荐参考书：

（1）胡庚祥，蔡珣，戎咏华编著，《材料科学基础》（第3版），上海：上海交通大学出版社，2013。

（2）刘智恩主编，《材料科学基础》（第3版），西安：西北工业大学出版社，2010。

（3）文九巴主编，《材料科学与工程》，哈尔滨：哈尔滨工业大学出版社，2007。

12.2 专业学术著作

（1）冯端，师昌绪，刘治国主编，《材料科学导论》，北京：化学工业出版社，2004。

（2）顾宜，赵长生主编，《材料科学与工程基础》（第2版），北京：化学工业出版社，2011。

（3）[美]凯里斯特（William D. Callister, Jr.）著，材料科学与工程基础（影印本，第5版）（Fundamentals of Materials Science and Engineering, Fifth Edition），北京：化学工业出版社，2014。

12.3 专业刊物

（1）国内学术期刊：《中国科学 技术科学》、《科学通报》、《金属学报》、《中国有色金属学报》、《材料科学与工程学报》、《材料研究学报》、《中国腐蚀与防护学报》等。

（2）国外学术期刊：可登陆 ScienceDirect、Springer 等外文数据库查询以下推荐期刊：《SCIENCE CHINA Materials》、《Advanced Materials》、《Nature Materials》、《Science and Technology of Advance Materials》、《Materials Letters》、《Corrosion Science》、《Acta Materialia》、《Journal of Materials Science》等。

12.4 网络课程资源

（1）中国大学精品开放课程：<http://www.icourses.cn>。

（2）小木虫论坛：<http://emuch.net/bbs>。

（3）科学网：<http://www.sciencenet.cn>。

13. 教学合约

13.1 教师作出师德师风承诺

作为四川理工学院材料科学与工程学院一名普通教师,我将以捍卫教师尊严为己任,认真贯彻落实《教师法》,遵守《教师职业道德规范》,形成自己良好的师德师风,争做一名师德高尚的教育工作者。我承诺如下:

1. 爱岗敬业:热爱自己的工作,认真备课、上课、批改作业、辅导答疑,切实为学生服务,高质量地完成教学工作。

2. 教书育人:以培养创新能力为目标,造就有理想、有道德、有文化、有纪律的社会主义建设者和接班人;自觉抵制封建迷信和邪教活动,不传播有害学生身心健康的思想;不以各种名义向学生罚款、摊派钱物、设立收费项目等。

3. 为人师表:衣着得体,语言规范,举止文明;坚守高尚情操,遵守社会公德,知荣明耻,身体力行、言行一致;决不在课堂上接听电话或其他影响教学的事情。

4. 关爱学生:尊重学生人格和个性,信任、亲近、理解学生,不讽刺、挖苦、歧视学生,不体罚和变相体罚学生,杜绝任何有损学生身心健康的行为,并保护学生避免受到他人伤害。

5. 自身学习:积极参加教改实验和教育科研,探索教育教学规律,改进教育教学方法;刻苦钻研业务,精益求精,不断提高自身素质,提升个人业务能力。

6. 关心学校:严格遵守上级和学校的有关规定,在贯彻执行上级和学校决策部署上不打折扣、不做选择、不搞变通,服从组织领导。

以上承诺,保证自觉遵守,如有违反,愿意接受学校和教育行政主管部门或其他有关部门的处理。

13.2 阅读课程实施大纲,理解其内容

请同学认真阅读课程实施大纲中的内容,把其作为帮助自己学习的助手,同时对老师的教学过程进行监督。

13.3 同意遵守课程实施大纲中阐述的标准和期望

同学阅读完以上所有内容后,如果存在疑惑和异议可与任课老师联系,进行沟通、解决;如果没有异议代表你同意遵守课程实施大纲中阐述的标准和期望,并严格按照里面的要求执行。

14. 其他说明

如遇特殊情况（如学校安排其他工作任务耽搁等），教师保留在学期期间变更课程和课程实施大纲的权利，但会按学校教务处规定程序办理。任何关于课程和/或课程实施大纲的修改都会在上课期间通知，以及通过邮件和电话交流。

针对学生通过邮件提问要求，教师将尽可能在 24 小时内回复你的邮件。

材料科学基础