

《固体化学》课程教学大纲

一、课程概况

课程名称	固体化学	课程号	1412025
课程英文名称	Solid-state Chemistry	学时/学分	72/4
课程性质	必修	适用专业	材料化学
课程负责人	刘斌	教学团队	王育华
选用教材及参考书目	<p>教材：《固体化学》，王育华等著，兰州大学出版社，2008年</p> <p>主要参考书：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.《Solid State Chemistry and its Applications, Second Edition: Student Edition》[美] Anthony R. West 著 Wiley, Release Date 3/10/2014 2.《固体化学及其应用》[美] Anthony R. West 著，苏勉曾，谢高阳，申泮文等译，上海：复旦大学出版社，1989年 3.《固体化学导论》，苏勉曾著，北京大学出版社，1987年 4.《结晶化学导论》钱逸泰著，中国科技大学出版社，1988年 5.《无机材料化学（上册）》曾人杰著，厦门大学出版社，2002年 		
<p>课程简介：</p> <p>固体化学（Solid-state Chemistry）是研究固体物质的制备、组成、结构和性质及应用的，由物理、化学及材料等众多学科互相渗透交叉而产生的新兴学科。主要针对材料化学专业的本科生开设。通过对这门课程的学习，对无机材料的制备、结构确定、性能测试及其应用有一个系统和深入的认识，使学生能够了解固体材料的合成、结构、性质及其应用的基本原理，掌握相应的基础知识和基本技能，为今后从事材料科学领域的研究工作打下必要的理论基础。</p>			
课程目标（Course Objectives, CO）			
知识目标（CO1）	了解固体化学的基本概念、原理和应用，包括晶体学基础、固体中的化学键及能带理论、固体中的缺陷、固溶体、制备方法、无机固体的鉴定技术、固体材料的光性质、低维固体材料和沸石分子筛及其相关结构等方面的知识。		
	理解固体材料的合成方法、表征技术和性能测试方法。掌握各种晶体结构类型、化学键类型及其在固体材料中的表现。		
	了解固体材料在实际应用中的重要作用，如发光材料、激光、环境净化材料等。		
能力目标（CO2）	熟练运用固体物质的制备、组成、结构和性质及应用的知识，解决实际材料科学与工程领域的问题，展示出扎实的理论基础和实践能力。		
	灵活运用各种无机固体的鉴定技术，解决固体材料研究过程中遇到的各种问题。		
	能够深入分析和概括固体材料应用与制备过程中的关键问题，根据特定的材料性能要求，合理选择和优化制备方法。		
素质、情感价值观目标（CO3）	激发学生对固体材料结构与性能的兴趣和探索精神，使其认识到固		

		体材料在现代材料科学中的重要性、科学性和应用价值。					
		培养学生对材料科学研究的热情，以及对未来材料科学发展的期待和责任感，鼓励他们关注新材料在新能源、环保等领域的应用，为解决实际问题 and 推动社会发展贡献力量。					
		培养学生的团队合作精神，使其能够在团队中有效沟通、协作和分享知识，共同解决复杂的材料科学问题。					
教学方式 (Pedagogical Methods, PM)	<input checked="" type="checkbox"/> PM1 讲授法教学	54 学时	75 %	<input checked="" type="checkbox"/> PM2 研讨式学习	6 学时	8%	
	<input type="checkbox"/> PM3 案例教学	学时	%	<input checked="" type="checkbox"/> PM4 翻转课堂	12 学时	17%	
	<input type="checkbox"/> PM5 混合式教学	学时	%	<input type="checkbox"/> PM6 体验式学习	学时	%	
考核方式 (Evaluation Methods, EM)	考试课 必选	<input checked="" type="checkbox"/> EM1 课程作业	30%	<input type="checkbox"/> EM 2 单元测试	%	<input type="checkbox"/> EM3 课堂辩论	%
		<input type="checkbox"/> EM4 期中考试	%	<input checked="" type="checkbox"/> EM5 期末考试	50%	<input checked="" type="checkbox"/> EM6 撰写论文/实验报告	20%
	考查课 必选	<input type="checkbox"/> EM1 课程作业	%	<input type="checkbox"/> EM 2 单元测试	%	<input type="checkbox"/> EM3 课堂辩论	%
		<input type="checkbox"/> EM4 期末考试	%	<input type="checkbox"/> EM5 撰写论文/实验报告	%		
	自选	<input type="checkbox"/> EM10 课堂互动	%	<input type="checkbox"/> EM11 实验	%	<input type="checkbox"/> EM12 实训	%
		<input type="checkbox"/> EM13 实践	%	<input type="checkbox"/> EM14 期末考试	%		

二、教学大纲的定位说明

(一) 课程教学目标与任务

课程教学目标:

知识:

1. 学生能够描述固体化学的基本概念、原理和应用, 包括晶体学基础、固体中的化学键及能带理论、固体中的缺陷、固溶体、制备方法、无机固体的鉴定技术、固体材料的光性质、低维固体材料和沸石分子筛及其相关结构等方面的知识。

2. 学生能够归纳、筛选固体材料的合成方法、表征技术和性能测试方法。熟悉并能充分运用各种晶体结构类型、化学键类型及其在固体材料中的表现。

3. 描述固体材料在实际应用中的重要作用, 如发光材料、激光、环境净化材料等。

能力:

1. 熟练运用固体物质的制备、组成、结构和性质及应用的知识, 解决实际材料科学与工程领域的问题, 展示出扎实的理论基础和实践能力。

2. 灵活运用各种无机固体的鉴定技术, 解决固体材料研究过程中遇到的各种问题。

3. 能够深入分析和概括固体材料应用与制备过程中的关键问题, 根据特定的材料性能要求, 合理选择和优化制备方法。

素质:

1. 激发学生对固体材料结构与性能的兴趣和探索精神, 使其认识到固体材料在现代材料科学中的重要性、科学性和应

用价值。

2.培养学生对材料科学研究的热情,以及对未来材料科学发展的期待和责任感,鼓励他们关注新材料在新能源、环保等领域的应用,为解决实际问题 and 推动社会发展贡献力量。

3.培养学生的团队合作精神,使其能够在团队中有效沟通、协作和分享知识,共同解决复杂的材料科学问题。

课程学习任务:

1.通过讲授、案例分析、翻转课堂、小组讨论,解释和概述各种晶体结构类型、化学键类型及其在固体材料中的表现。

2.通过讲授、翻转课堂和小组讨论,辨认并描述固体材料的合成方法、表征技术和性能测试方法。

3.通过讲授、案例分析和小组讨论,整合所学内容,预测新兴材料的发展趋势。

4.通过讲授和互动问答,识别并阐述材料科学在现代社会和科技中的价值。

5.通过讲授、案例分析、翻转课堂和小组讨论,评估固体材料在实际应用中的重要作用。

(二) 课程教学目标与培养目标的关系

培养目标	课程教学目标	关系描述	支撑强度
目标 1	素质 1、素质 2	通过识别固体材料的重要性、兴趣培养和未来发展的展望,强化社会主义核心价值观和服务社会的能力。	强
目标 2	知识 1、知识 2、知识 3、能力 1、能力 2、能力 3	通过固体化学的基本概念、原理和应用的理论学习,为解决材料与化学相关的复杂问题提供理论基础和实践技能。	强

目标3	知识1、知识2、知识3、 能力1、能力2、能力3	通过对固体材料的合成方法学习，培养学生具备科学和工程思维，并考虑经济、环境等多方面的因素。	中
目标4	素质3	通过团队合作完成学习任务，培养学生的沟通交流能力、国际视野、团队合作和组织管理能力。	弱
目标5	知识1、知识2、知识3、 能力1、能力2、能力3、 素质1、素质2、素质3	通过对固体材料结构与性能、合成与制备的综合理解和应用、前沿课题的追踪，帮助学生不断更新和调整核心知识和能力，适应技术和社会的发展。	中

课程教学目标	毕业要求	支撑强度
知识1、知识2、知识3、能力1、能力2、能力3	要求2指标点1、指标点3	H
知识1、知识2、知识3、能力1、能力2、能力3	要求4指标点2	H
知识1、知识2、知识3、能力1、能力2、能力3	要求5指标点2	L
素质1、素质2、素质3	要求6指标点2	L

(三) 支撑课程目标的教学内容与方法

教学内容:

1. 涵盖固体物质的制备、组成、结构和性质及应用。
2. 固体化学的基本概念、原理和应用，包括晶体学基础、固体中的化学键及能带理论、固体中的缺陷、固溶体、制备方法、无机固体的鉴定技术、固体材料的光性质、低维固体材料和沸石分子筛及其相关结构等方面的知识。
3. 各种固体材料的应用价值，材料科学对社会和科技发展的意义。结合实验和项目研究，培养学生的实际操作能力和跨学科思维，同时对新兴材料科学前沿与未来发展方向进行探讨。

教学方法:

1.讲授：教师讲授，帮助学生辨认并理解材料的基本问题和主要制备方法。

2.案例分析：通过实际应用场景，让学生深入解释和概述合成与制备的关键过程。

3.翻转课堂、小组讨论：鼓励学生分类、筛选和评估合成与制备方法，提高批判性思考能力。让学生实践所学，制定合成与制备策略，预测和探索新材料的应用前景。培养学生的团队合作精神，使其能够在团队中有效沟通和协作。

4.学生论文：学生独立研究、整合所学并公开展示，有助于培养其评估、概括和阐述能力。

5.互动问答：及时解决学生的疑问，鼓励他们识别、评估并阐述材料科学的重要性。

通过结合多种教学内容和方法，本课程确保学生不仅仅是对固体材料有深入的知识理解，而且能够培养他们的能力和素质，特别是解决实际问题的能力，从而支撑课程目标的达成。

（四）先修课程要求，与先修及后续相关课程之间的逻辑关系和内容衔接

先修相关课程：《普通物理》，《普通化学》。

后续相关课程：《材料合成与制备》，《材料性能与表征》

与先修相关课程之间的逻辑关系和内容衔接：

1.《普通化学》：为学生提供材料的化学基础知识，确保学生理解化学反应、化学成分和化学性质的基本概念，为理解固体材料的结构、性能、应用之间的关系打下基础。

2. 《普通物理》：学生需要了解物质的基本性质和状态。

《普通化学》和《普通物理》为学生提供了必要的科学背景，使他们能够更深入理解固体材料的基本概念和研究方法。

与后续相关课程之间的逻辑关系和内容衔接：《固体化学》帮助学生树立固体材料的结构、性能、应用之间相互关联的关系，后续通过《材料合成与制备》课程的学习，加深学生对通过不同制备方法对材料的结构进行设计、改性的理解和应用；并通过《材料性能与表征》的学习，学生将进一步学习如何测试和评估这些材料的性能。

总而言之，为确保学生能够充分理解和掌握本课程的内容，先修课程提供了必要的基础知识。而本课程为后续课程提供了扎实的基础，使学生能够在更高的层次上继续学习和应用材料科学的知识和技能。

（五）检验课程目标达成度的考核方法和评分标准

1.理论知识考核（50%）

期末考试（50%）：针对理论部分的知识，包括固体材料的制备、组成、结构和性质及应用。

评分标准：

优秀（85—100分）：能清晰解释和应用所学的基本概念和原理，展示对知识的深入理解和综合运用。

良好（70—84分）：能理解和解释基本概念和原理，存在少量理解不足。

及格（60—69分）：对基本概念和原理有基本了解，存在一些明显的理解不足。

不及格 (<60分)：不能理解基本概念和原理。

2.能力考核 (30%)

考核项目：翻转课堂 (10%)、课程作业 (20%)

1) 翻转课堂：学生需在课前研究和理解指定的材料，课堂上将主要进行深入的讨论和问题解决。

评分标准：

优秀 (85—100分)：深入研究和理解了课前分配的材料。在课堂讨论中提供独到的见解和深入的问题。积极参与讨论，与同学互动积极。

良好 (70—84分)：研究和理解了大部分课前材料。在课堂讨论中有所贡献，提出了相关问题。适度参与课堂讨论。

及格 (60—69分)：对课前材料有基本的理解。在课堂讨论中偶尔发言，但可能缺乏深度。参与度一般。

不及格 (<60分)：未能理解或未预先学习课前材料。在课堂讨论中沉默或者发言与主题不符。

2) 课程作业：布置相关的课程作业 (包括课本上的题目和随堂作业)，并要求学生按时提交，展示他们对知识点的掌握程度，及理解和分析问题的能力。

评分标准：

优秀 (85—100分)：能清晰解释和应用所学的基本概念和原理，展示对知识的深入理解和综合运用。

良好 (70—84分)：能理解和解释基本概念和原理，存在少量理解不足和错误。

及格 (60—69分)：对基本概念和原理有基本了解，存在一些明显的理解不足，解答错误较多。

不及格 (<60 分): 不能在规定的时间内按时提交作业, 或者有明显的原则性错误。

3. 论文考核 (20%) :

论文分析与综述: 学生需要提交一篇关于固体化学课程体系的论文, 反映其对于所学知识的深入研究和实践应用。重点评估其对文献的解读能力、对研究的深度和广度的理解, 以及写作和表达能力。

评分标准:

优秀 (85—100 分): 深入分析了固体化学课程体系中的基本问题和前沿课题。文章结构严谨, 逻辑清晰, 论证有力。对固体化学课程体系知识点有详尽的解释和探讨。文献引用全面, 表达清晰流畅。

良好 (70—84 分): 分析了固体化学课程体系中的基本问题。文章大部分结构清晰, 可能存在少量逻辑不连贯之处。对固体化学课程体系涉及的知识点有所解释和探讨。

及格 (60—69 分): 基本描述了固体化学课程体系。文章结构和逻辑存在明显的不足, 但主题仍可辨认。对固体化学课程体系内容有所了解。

不及格 (<60 分): 未能清晰描述主题思想。文章缺乏结构和逻辑。对固体化学课程体系的理理解存在明显的不足。

总分将综合以上各部分, 达到 60 分及格, 反映出课程目标的底线要求。评分标准能明晰学生能力达成的观测点, 体现课程目标的要求, 并与考核方式相匹配, 展示学生能力达成的差异度。

三、课程内容与安排

第一章 晶体学基础 (6 学时)

第一节 绪论

第二节 晶体与非晶体

第三节 若干重要的晶体结构类型

1. 岩盐 (NaCl)、闪锌矿或立方硫化锌 (ZnS) 和反式萤石 (Na_2O)

2. 金刚石结构

3. 纤锌矿 (ZnS) 和砷化镍 (NiAs)

4. 氯化铯 (CsCl_2) 及其他 AX 化合物

5. 金红石 (TiO_2)、 CdI_2 、 CdCl_2 和 Cs_2O 结构

6. 钙钛矿 (SrTiO_3) 结构

7. 硅酸盐结构

第四节 准晶

学习目标:

知识: 晶体与非晶体和分子型物质的区别; 几种典型的晶体结构。

能力: 熟悉几种典型的晶体结构, 并能够根据将其与具体的晶体材料相对应。

情感价值观: 通过前沿研究实例引导学生建立“缺陷的化学是固体化学的核心问题”的感性认识; 认识到晶体结构理论的建立对现代材料学发展的意义和重要性。

教学重点: 晶体点阵结构的描述及若干重要的结构类型。

教学难点: 晶体结构的描述及若干重要的结构类型; 准晶

教学方法:

讲授+案例分析

小组讨论

第二章 固体中的化学键及能带理论简介（12学时）

第一节 晶体结构中的键型

第二节 晶体结构的球体密堆及其基本类型

第三节 离子和离子半径，半径比规则

第四节 鲍林规则

第五节 晶体结合的类型

第六节 结合能

第七节 离子晶体的结合能：Born - Landé方程、Kapustinskii 方程、Born-Haber 循环和热力学计算

第八节 分子晶体的结合能

第九节 固体中的能带模型简介

第十节 简单能带结构理论的改进——K 空间和 Brillouin 区

第十一节 导体的能带结构——简单金属

第十二节 绝缘体的能带结构

第十三节 半导体的能带结构——硅和锗

第十四节 可控价半导体、杂质半导体

第十五节 化合物——GaAs 中的能带

第十六节 d 区化合物——过渡金属氧化物的能带

学习目标：

知识：从原子结构出发，掌握固态物质中的五种基本化学键（金属键、离子键、共价键、范德华力、氢键）以及相应晶体的物理学特性；鲍林规则，晶格能的计算，能带理论

的几个基本概念，金属、半导体以及绝缘体的区别。

能力：熟悉鲍林规则，晶格能的计算，能带理论的基本概念，并会利用其预测固体的性能。

情感价值观：对能带理论的科学性和其在固体材料研究中的应用价值有深入的理解。

教学重点：固态物质中的五种基本化学键（金属键、离子键、共价键、范德华力、氢键）以及相应晶体的物理学特性，鲍林规则，晶格能的计算，能带理论的几个基本概念，金属、半导体以及绝缘体的区别

教学难点：能带理论及其实际应用

教学方法：

讲授+案例分析

翻转课堂+小组讨论

第三章 固体中的缺陷（12学时）

第一节 缺陷的分类

第二节 缺陷的表示符号

第三节 本征点缺陷

第四节 杂质点缺陷

第五节 电子和空穴

第六节 点缺陷的局域能级

第七节 点缺陷的缔合

第八节 缺陷和色心

第九节 价键和点缺陷

学习目标：

知识：固体中的各种缺陷的分类、定义、表示方法以及

两种基本本征点缺陷。

能力：能够列举并对比不同的点缺陷对材料性能的影响。

情感价值观：对“缺陷的化学是固体化学的核心问题”这一观点有深入的理解。

教学重点：两种基本本征点缺陷（弗兰克尔缺陷和肖特基缺陷），杂质缺陷以及反应缺陷方程式，点缺陷的局域能级，缺陷缔合体及色心的概念

教学难点：点缺陷方程式，点缺陷的局域能级，价键类型与点缺陷的关系

教学方法：

讲授+案例分析

翻转课堂+小组讨论

第四章 固溶体（6学时）

第一节 取代固溶体

第二节 填隙固溶体

第三节 更复杂的固溶体机理

第四节 对固溶体形成要求的概述

第五节 固溶体形成条件的进一步讨论

第六节 研究固溶体的实验方法

第七节 非化学计量比化合物

学习目标：

知识：固溶体的概念，固溶机理，非化学计量化合物及其物理特性。

能力：熟悉固溶体的分类，固溶体的形成条件，能结合晶体缺陷和能带理论知识解释非化学计量化合物及其物

理特性。

情感价值观：对几种典型的研究固溶体的实验方法及其应用价值有深入的理解。

教学重点：变价取代固溶体机理，非化学计量化合物，固溶体研究方法

教学难点：变价取代固溶机理

教学方法：

讲授+案例分析

翻转课堂+小组讨论

第五章 制备方法（8学时）

第一节 固态反应

第二节 纳米粉体制备方法

第三节 多孔材料的制备方法

第四节 薄膜的制备

第五节 单晶的制备

学习目标：

知识：固相反应、液相合成技术、气相合成技术其应用于不同材料的方法。

能力：熟悉固相反应、水热与溶剂热法、溶胶凝胶法，能够列举粉体、单晶、薄膜等的合成与制备方法。

情感价值观：对各种反应方法的反应机理和应用价值有深入的理解。

教学重点：固相反应、水热与溶剂热合成、溶胶凝胶法、薄膜制备方法及其生长机理，单晶生长方法

教学难点：各种反应方法的反应机理

教学方法:

讲授+案例分析

翻转课堂+小组讨论

第六章 无机固体的鉴定技术 (10 学时)

第一节 衍射技术——X 射线粉末衍射

第二节 衍射技术——高温 X 射线粉末衍射、单晶 X 射线衍射、电子衍射、中子衍射

第三节 显微镜技术——光学显微镜及电子显微镜

第四节 显微镜技术——STM 及 AFM

第五节 光谱技术——IR 和 Raman; 可见和紫外光谱

第六节 光谱技术——NMR 和 ESR 谱

第七节 光谱技术——X 射线光谱 (XRF、AEFS、EXAFS); 电子光谱 (ESCA、XPS、UPS、AES、EELS) 和 Mossbauer 谱

第八节 热分析技术——热重分析

第九节 热分析技术——差热分析 (DTA) 及示差扫描量热分析 (DSC)

第十节 制备方法及鉴定技术在材料研究中的综合应用

学习目标:

知识: 衍射技术、显微镜技术、光谱技术和热分析技术原理、特点和它们的应用。

能力: 熟悉上述各种分析技术的原理、特点和它们的应用, 重点掌握这些方法在固体化学中能解决什么样的问题。

情感价值观：对现代分析技术在材料科学中的重要性和应用价值有深入地理解。

教学重点：XRD，IR-Raman，UV-Vis，XPS，TG-DTA等方法在固体化学中能解决什么样的问题

教学难点：XRD，XPS等的原理及其在实际中的应用

教学方法：

讲授+案例分析

翻转课堂+小组讨论

第七章 材料的光学性质（6学时）

第一节 发光现象和发光体

第二节 典型的发光材料介绍

第三节 反-Stokes 发光现象及上转换发光材料

第四节 LED、太阳能电池和光伏技术

第五节 透明导电氧化物及智能窗

学习目标：

知识：讨论材料的基本光学性质，主要介绍发光现象、激光等。

能力：熟悉发光原理、反-Stokes 发光现象及上转换发光材料及其应用。

情感价值观：对发光材料的应用价值有深入地理解。

教学重点：发光原理

教学难点：发光原理及其应用

教学方法：

讲授+案例分析

翻转课堂+小组讨论

第八章 低维固体材料（6学时）

第一节 零维材料及量子点材料

第二节 一维固体材料

第三节 二维固体材料

学习目标:

知识：了解零维材料、一维固体材料和二维材料。

能力：熟悉石墨烯、量子点的合成与制备方法。

情感价值观：对二硫化钼、石墨插层化合物、MXenes等低维材料的应用价值有深入地理解。

教学重点：石墨，石墨烯、量子点，MXenes

教学难点：零维、一维固体材料及其应用

教学方法:

讲授+案例分析

翻转课堂+小组讨论

第九章 沸石分子筛及其相关结构（6学时）

第一节 引言

第二节 沸石分子筛的化学组成及结构

第三节 沸石分子筛的合成

第四节 沸石分子筛的表征方法

第五节 沸石分子筛的应用

第六节 其他骨架类型的沸石分子筛

第七节 粘土

学习目标:

知识：了解沸石分子筛合成与制备策略制定的模式和材料科学的未来发展趋势。

能力：熟悉沸石分子筛的表征方法，能够列举并对比沸石分子筛的常见应用。

情感价值观：了解沸石分子筛结构在环境净化材料中的应用，培养对分子筛材料研究的热情和对未来发展的期待。

教学重点：

沸石分子筛的应用

沸石分子筛的合成方法，表征方法

教学难点：沸石分子筛的化学组成及结构

教学方法

讲授+案例分析

翻转课堂+学生报告

制定人：刘斌

审定人：赵争妍

批准人：贺德行

日期：2024.10.10