《无机合成化学》课程教学大纲

**一、课程基本信息**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **英文名称** | inorganic synthesis chemistry | **课程代码** | CHEM3001 |
| **课程性质** | 专业选修课程 | **授课对象** | 化学、应用化学 |
| **学 分** | 2.0 | **学 时** | 36 |
| **主讲教师** | 李宝宗 | **修订日期** | 2021-05-28 |
| **指定教材** | 无机合成化学(第二版) 张克立,孙聚堂,袁良杰,冯传启著 武汉大学出版社 2012 | | |

**二、课程目标**

（一）**总体目标：**

无机合成是化学和应用化学专业的一门选修课程。以培养学生无机合成技术技能为出发点，以培养学生独立从事科学研究能力为目标，从不同角度阐述无机合成的基本技术原理和当前受到普遍关注的合成技术问题。发展合成化学,不断地创造与开发新的物种,将为研究结构、性能(或功能)与反应以及它们间的关系,揭示新规律与原理提供基础,是推动化学学科与相邻学科发展的主要动力。从现代无机合成与制备的研究来看,具有特殊结构无机物的合成与制备,具有特种聚集态与功能的无机物和材料的制备,以及无机功能材料的复合、组装与杂化问题是当前发展的前沿。无机合成与有机合成相比较,后者注重分子水平上的加工,而前者更重视在固体或其它凝聚态结构上的精雕细刻,因而无机制备应该是现代无机合成化学中的重要内容。通过本课程学习，要求学生掌握无机合成原理、熟悉无机合成的各种主要方法、了解主要的实验技术手段，具备初步的无机合成设计能力。

（二）课程目标：

作为一门学科专业级课程，本课程旨在帮助学生对无机合成化学的核心概念、研究对象、主要研究问题、相应的基本理论及研究方法有个全面的框架性理解。要求学生能够理解无机合成化学概念的内涵与范畴；熟悉无机合成化学的各种合成方法及合成路线；掌握相关合成方法和技术路线的理论基础；能结合对无机合成化学实践领域的了解，体验无机合成技术的应用；并知道无机合成化学基本研究方法，从而提升其学科认同度，产生相应的研究兴趣，为后续从事科学研究和技术研发工作打下一定的知识基础。

**课程目标1：**

1．1 掌握气体、溶剂的一般特性和安全使用。

1．2 熟悉高温、低温、高压和真空的获得和测量。

**课程目标2：**

2．1 熟悉无机合成化学中的典型和特殊合成方法以及极端条件下的合成化学。

2．2 掌握软化学和绿色合成方法。

**课程目标3：**

3．1 掌握典型无机材料的合成原理和方法，了解其组成、结构和性质的密切关系；了解典型无机化合物合成原理和方法。

3．2 了解无机合成化学的热点研究领域和合成功能材料的思想方法。

（三）课程目标与毕业要求、课程内容的对应关系（小四号黑体）

**表1：课程目标与课程内容、毕业要求的对应关系表** （五号宋体）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **课程目标** | **课程子目标** | **对应课程内容** | **对应毕业要求** |
| 课程目标1 | 1.1 | 教材的第2章内容。气体和溶剂的种类、特性以及安全使用。 | 基础知识：能够熟练掌握与化学相关的自然科学学科相关基础理论；系统掌握化学基础理论和基础知识；掌握化学实验的基本方法和技能 |
| 1.2 | 教材的第3章内容。高温的获得和测量；低温的获得、测量和控制；高压的获得、测量和控制；真空的获得、测量与实验室常用的真空装置；实验室中常用的真空装置和操作单元；低温下气体的分离。 | 掌握专业基础及专业知识，并能将其用于解决化学及化学工程领域的复杂工程问题。 |
| 课程目标2 | 2.1 | 教材的第3章部分内容、教材的第5章和第6章内容。以实验条件下的无机合成反应为纲来展开,讨论了在高温,低温与真空,高压与超高压,光、电、微波与等离子体等条件下的无机合成与制备化学,并详细介绍了上述条件下无机合成与制备的实验技术与设备。并且补充超声化学合成。 | 拥有分子设计、 制备和组装的实验设计和践行能力。能基于专业理论设计针对特定分子合成和性能研究的可行性实验方案。 |
| 2.2 | 教材的第4章内容。软化学合成方法是通过对化学反应过程、路径、机制的认识并加以控制，在较温和的条件下实现化学反应过程。软化学方法依靠人的知识、智慧、技能和创造力，是一个具有智力密集型特点的研究领域。绿色合成化学是全方位地要求达到高效、节能、经济、洁净。软化学强调反应条件的温和及反应设备的简单，从而达到节能、高效的目的，在某些条件下也是经济、洁净的，这与绿色合成一致。并且补充微乳液合成法。 | 了解环境保护的相关法律法规，了解化学产品对人类和环境的影响，并提出消除或减少负面影响的建议。了解化学学科发展趋势。 |
| 课程目标3 | 3.1 | 教材的第7章和第8章内容。选择了六类重要的无机材料:多孔、陶瓷、非晶态、纳米、无机膜与晶体材料作为代表,讨论了它们的制备化学问题。 | 理解化合物、新材料、新技术、新工艺的开发和应用对社会、健康、安全、法律以及文化的潜在影响及应承担的责任。 |
| 3.2 | 教材的第1章内容。无机合成(制备)化学与反应规律问题，无机合成(制备)中的实验技术和方法问题， 分离问题，结构鉴定和表征问题。无机合成与制备化学有关的专著和文献。 无机合成与制备化学中若干前沿课题。合成(制备)反应、路线与技术的开发及相关基础理论的研究。极端条件下的合成路线、反应方法与制备技术的基础性研究。仿生合成与无机合成中生物技术的。绿色(节能、洁净、经济)合成反应与工艺的基础性研究。 | 具有独立获取知识、运用知识、创新知识的基本能力和开拓进取的精神，养成科学研究的基本素养。了解化学学科发展趋势，并能与学术界同行及社会公众进行有效沟通。 |

**三、教学内容**

**第1章 绪论**

1.教学目标

通过本章的学习，学生能够对于无机合成(制备)化学与反应所涉及到的各方面问题有一个基本的了解。让学生开发一些思路：了解无机合成化学的发展和成果，学会如何查阅和使用科技文献，增长一些智慧和才能，拓宽学术视野，培养科学素质。

2.教学重难点

重点：合成(制备)反应、路线与技术的开发及相关基础理论的研究。极端条件下的合成路线、反应方法与制备技术的基础性研究。

难点：合成(制备)反应、路线与技术的开发及相关基础理论的研究。

3.教学内容

① 无机合成化学的内容

② 无机合成化学在经济建设中的作用

③ 无机合成化学与高新技术的关系

④ 进行无机材料合成的思想方法

⑤ 无机合成化学的热点领域

⑥ 无机合成化学课程的要求

4.教学方法

讲授法：相关概念、学科知识框架及方法概述。

5.教学评价

补充课后作业，要求按时完成，巩固本章学习内容。习题如下：①生物矿化。 ②生物矿化以生物的作用分类, 可以分为(1)生物( )矿化；(2)生物( )矿化。 ③简述生物体中生物矿化的四个阶段。④试述生物矿化的一般特点。⑤无机合成化学的内容包括哪些方面？⑥简述无机材料合成的思想方法。⑦无机合成化学的热点研究领域。

**第2章 气体和溶剂**

1.教学目标

通过本章的学习，学生能够掌握气体和溶剂的种类、特性以及安全使用等方面的知识。

2.教学重难点

重点：溶剂的作用、分类、选择和提纯

难点：无水无氧实验操作

3.教学内容

① 气体和溶剂在合成中的作用

② 气体。气体的准备、净化、安全使用和贮存，无水无氧实验操作。沸石分子筛对气体的吸附与分离、惰性气体保护技术与装置、提供惰性气流的装置、Schlenk类型的玻璃仪器、惰性气流手套袋和手套箱、液体转移技术。

③ 溶剂。溶剂的性质、分类、选择、提纯、安全使用、回收处理。

④ 其它溶剂。表面活性剂、超临界溶剂、离子液体。

4.教学方法

讲授法：相关概念、知识框架及非水溶剂在无机合成中的应用。

5.教学评价

课后作业：教材本章课后思考题。

**第3章 经典合成方法**

1.教学目标

通过本章的学习，学生能够熟悉高温、低温、高压和真空的获得和测量等相关实验技术。掌握相关的经典无机合成方法，如化学气相沉积法、高温合成法、低温合成法与低温分离技术、高压合成法以及真空技术的应用等。

2.教学重难点

重点：化学气相沉积法、热电偶高温计、真空泵

难点：实验室常用的真空装置和操作单元

3.教学内容

① 化学气相沉积法。热分解反应、化学合成反应、化学输运反应。

② 高温合成。高温获得和测量、高温合成反应的类型、高温固相反应、高温还原反应。重要无机化合物的高压合成，金刚石的合成、立方氮化硼的合成、C3N4的合成、超导材料的合成、含有特殊氧化态过渡金属离子化合物的高压合成及性质

③ 低温合成和分离。低温的获得、测量和控制，冰盐共浴体系、干冰浴、液氮、相变致冷浴，低温下稀有气体化合物的合成，低温下的放电合成、低温水解合成、低温光化学合成，低温分离，低温下的分级冷凝、低温下的分级真空蒸发、低温吸附分离、低温下的化学分离、深冷精馏。

④ 高压合成。高压的产生和测量，高压下的无机合成，人造金刚石的高压合成 ，稀土复合氧化物的高压合成。

⑤ 低压合成。真空的产生，真空测量，实验室中常用的真空装置和操作单元，低压合成。

⑥ 热溶法。电弧法，熔渣法

4.教学方法

讲授法：相关概念、知识框架及合成方法的应用实例。

5.教学评价

课后作业：教材本章课后思考题。

**第4章 软化学和绿色合成方法**

1.教学目标

通过本章的学习，学生能够掌握软化学和绿色合成方法方法的原理及其实验技术与设备。软化学合成反应的开发,经济、无毒、不危害环境反应介质的研究与开发,以及从理论上研究“ 理想合成”与高选择性定向合成反应的实现等等,都已成为合成化学家们关心与研究的方向。深刻理解软化学制备路线起着的重要作用。软化学过程进行的机理及其与制备材料微结构形成的内在联系,优化工艺参数或是发展更新技术路线等等,将始终是材料研制和应用开发的核心课题。

2.教学重难点

重点：水热-溶剂热法

难点：溶胶-凝胶法

3.教学内容

① 概述。软化学、绿色化学以及两者之间的关系。

② 先驱物法。概述，某些经典先驱物，应用，先驱物法的特点和局限性，沉淀法。

③ 溶胶-凝胶法。概论、前驱体、溶胶—凝胶合成方法中的主要化学问题、溶胶—凝胶合成方法应用的近期进展。

④ 拓朴化学反应。概述，脱水反应、嵌入反应、离子交换反应、同晶置换反应、分解反应、氧化还原反应。

⑤ 低热固相反应。固相反应机理、低热固相化学反应的特有规律、固相反应与液相反应的差别，合成原子簇化合物、合成新的多酸化合物、合成新的配合物、合成固介化合物、合成功能材料、合成有机化合物。

⑥ 水热法。同时介绍溶剂热法。水热与溶剂热合成基础、合成化学与技术、合成的特点 、反应的基本类型、反应介质的性质反应釜、反应控制系统、水热与溶剂热合成程序，介稳材料的合成、人工水晶的合成、特殊结构与聚集态的制备、复合氧化物与复合氟化物的合成、低维化合物的合成、无机／有机杂化材料的合成。

⑦ 助熔剂法

⑧ 流变相反应法。流变学及其研究对象，流变相反应法，制备芳香酸盐发光材料，制备复合氧化物，制备纳米材料，生长单晶。

⑨ 微乳液法。概念，原理，应用，制备单分散纳米粒子。

4.教学方法

讲授法：相关概念、知识框架及合成方法的应用实例。

5.教学评价

课后作业：教材本章课后思考题。

**第5章 特殊合成方法**

1.教学目标

以特殊条件下的无机合成反应为纲来展开,讨论了在光、电、微波与超声波等条件下的无机合成与制备化学,并详细介绍了上述条件下无机合成与制备的实验技术与设备。通过本章的学习，学生能够掌握在光、电、微波与超声波等条件下的无机合成与制备化学。

2.教学重难点

重点：电化学合成法

难点：光化学合成法

3.教学内容

① 电化学合成。相关电化学基础，水溶液电解，熔盐电解和熔盐技术，非水溶剂中无机物的电解合成。

② 光化学合成。基本概念，实验方法，光源、狭窄波长宽度光的获得、光化学研究装置、光量计，光化学合成:金属有机配合物的光化学合成、光敏化反应制取硅烷、硼烷、氯气、激光光助镀膜、光化学沉积制膜、光化学合成纳米材料、光解水制备H2。

③ 微波合成。基本概念与原理，微波合成的技术和装置，微波燃烧/烧结、微波水热合成、微波无机固相合成。

④ 自蔓延高温合成。SHS反应，外场活化下的SHS反应。

⑤ 生物合成法

⑥ 超声合成法。概述，促使氧化、还原、分解和水解等反应的进行来制备纳米粒子。

4.教学方法

讲授法：相关合成方法的内涵、外延及其应用实例。

5.教学评价

课后作业：教材本章课后思考题。

**第6章 极端条件下的合成化学**

1.教学目标

通过本章的学习，学生能够了解在超高温与超高压,激光、等离子体以及失重等极端条件下的无机合成与制备化学,以及上述条件下无机合成与制备的实验技术与设备。

2.教学重难点

重点：等离子体化学合成法

难点：等离子体化学合成

3.教学内容

① 超高温超高压合成

② 等离子体化学合成。概述、等离子体的合成装置、等离子体在有机合成中的应用。

③ 溅射合成法

④ 离子束合成法

⑤ 激光物理气相沉积法

⑥ 失重合成

4.教学方法

讲授法：相关合成方法的内涵、外延及其应用实例。

5.教学评价

课后作业：教材本章课后思考题。

**第7章 单晶生长**

1.教学目标

通过本章的学习，学生能够熟悉生长晶体的多种方法或策略，掌握从溶液中生长晶体的各种方法。

2.教学重难点

重点：从溶液中生长晶体的各种方法和策略

难点：生长晶体方法的选择及其实施细节

3.教学内容

① 从溶液中生长晶体。降温法、温差法、蒸发法、凝胶法、电解溶剂法。

② 水热法生长晶体

③ 从熔体中生长晶体。熔体中晶体生长过程的特点，提拉法、坩埚移动法、区熔法、助熔剂法、焰熔法。

④ 高温固相生长

⑤ 流变相反应法

4.教学方法

讲授法：介绍生长单晶的各种方法的内涵、外延及其应用实例。

5.教学评价

课后作业：教材本章课后思考题。

**第8章 典型无机材料的合成**

1.教学目标

通过本章的学习，学生能够根据所需新型无机材料的性状和特征设计出合成及制备路线。

2.教学重难点

重点：纳米粉体材料的合成

难点：沸石分子筛催化材料的合成

3.教学内容

① 精细陶瓷材料的合成。精细陶瓷概念,精细陶瓷特点,分类和制备方法,精细 陶瓷的制备工艺,性能和应用领域。

② 纳米粉体材料的合成。物理方法：真空冷凝法、物理粉碎法、机械球磨法，化学方法：气相沉积法、沉淀法、水热合成法、溶胶凝胶法、微乳液法（两种互不相溶的溶剂在表面活性剂的作用下形成乳液，在微泡中经成核、聚结、团聚、热处理后得纳米粒子。其特点粒子的单分散和界面性好，Ⅱ～Ⅵ族半导体纳米粒子多用此法制备）。

③ 非晶态材料的合成。熔体急冷和从气相淀积(如蒸发、离子溅射、辉光放电等)。近年来又发展了离子轰击、强激光辐射和高温爆聚等新技术。

④ 沸石分子筛催化材料的合成。合成方法：水热晶化法、非水体系合成法、干胶转换法、无溶剂干粉体系合成法、微波辐射合成法、蒸汽相体系合成法。

⑤ 色心晶体的合成

⑥ 无机膜的合成。反应膜、离子交换膜、渗透膜；中空纤维膜、平板膜、管式膜、卷式膜。

4.教学方法

讲授法：简要介绍制备每一类无机材料各种方法的内涵和外延。

5.教学评价

课后作业：教材本章课后思考题。

**四、学时分配**

**表2：各章节的具体内容和学时分配表**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 章节 | 章节内容 | 学时分配 |
| 第1章 | 绪论 | 2 |
| 第2章 | 气体和溶剂 | 2+2 |
| 第3章 | 经典合成方法 | 4 |
| 第4章 | 软化学和绿色合成方法 | 8+2 |
| 第5章 | 特殊合成方法 | 6 |
| 第6章 | 极端条件下的合成化学 | 2 |
| 第7章 | 单晶生长 | 2 |
| 第8章 | 典型无机材料的合成 | 6 |
| 总计 | | 32+4 |

**五、教学进度**

**表3：教学进度表**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 周次 | 日期 | 章节名称 | 内容提要 | 授课时数 | 作业及要求 | 备注 |
| 1 |  | 第1章 绪论 | 第1节 无机合成化学的内容  第2节 无机合成化学在经济建设中的作用  第3节 无机合成化学与高新技术的关系  第4节 进行无机材料合成的思想方法  第5节 无机合成化学的热点领域  第6节 无机合成化学课程的要求 | 2 | 作业：补充。  要求：按时保质完成。 |  |
| 2 |  | 第2章 气体和溶剂 | 第1节 气体和溶剂在合成中的作用  第2节 气体  第3节 溶剂 | 2 | 作业：本章思考题。  要求：按时保质完成。 |  |
| 3-4 |  | 第3章 经典合成方法 | 第1节化学气相沉积法  第2节 高温合成  第3节 低温合成和分离  第4节 高压合成  第5节 低压合成  第6节 热溶法 | 4 | 作业：本章思考题。  要求：按时保质完成。 |  |
| 5-8 |  | 第4章 软化学和绿色合成方法 | 第1节 概述  第2节 先驱物法  第3节溶胶-凝胶法  第4节 拓朴化学反应  第5节 低热固相反应  第6节 水热法  第7节 助熔剂法  第8节 流变相反应法 | 8 | 作业：本章思考题。  要求：按时保质完成。 |  |
| 9-11 |  | 第5章 特殊合成方法 | 第1节 电化学合成  第2节 光化学合成  第3节 微波合成  第4节 自蔓延高温合成  第5节 生物合成法 | 6 | 作业：本章思考题。  要求：按时保质完成。 |  |
| 12 |  | 第6章 极端条件下的合成化学 | 第1节 超高温超高压合成  第2节等离子体化学合成  第3节 溅射合成法  第4节 离子束合成法  第5节 激光物理气相沉积法  第6节 失重合成 | 2 | 作业：本章思考题。  要求：按时保质完成。 |  |
| 13 |  | 第7章 单晶生长 | 第1节 从溶液中生长晶体  第2节 水热法生长晶体  第3节 从熔体中生长晶体  第4节 高温固相生长  第5节 流变相反应法 | 2 | 作业：本章思考题。  要求：按时保质完成。 |  |
| 14-16 |  | 第8章 典型无机材料的合成 | 第1节 精细陶瓷材料的合成  第2节纳米粉体材料的合成  第3节非晶态材料的合成  第4节沸石分子筛催化材料的合成  第5节 色心晶体的合成 | 6 | 作业：本章思考题。  要求：按时保质完成。 |  |
| 17 |  | 机动 |  |  |  |  |

**六、教材及参考书目**

1．张克立等，无机合成化学(第二版)[M]，武汉：武汉大学出版社，2012.

2．徐如人等，无机合成与制备化学(第二版)[M]，北京：高等教育出版社,2009.

3. 高胜利等，无机合成化学简明教程[M]，北京：科学出版社,2010.

4. 宁桂玲等，高等无机合成[M]，上海:华东理工大学出版社，2007.

5. 刘海涛等，无机材料合成(第二版)[M]，北京:化学工业出版社，2011.

**七、教学方法**

1．讲授法：通过讲授本课程的基本概念、基本原理、各种合成方法、合成路线、合成过程、所用仪器和合成对象，帮助学生了解并掌握无机合成化学的相关知识。

2．读书指导法：指导学生阅读教材的第9章和第10章，帮助学生了解典型无机化合物的合成化学、无机化合物的分离和提纯化学的相关知识。。

**八、考核方式及评定方法**

**（一）课程考核与课程目标的对应关系**

**表4：课程考核与课程目标的对应关系表**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程目标** | **考核要点** | **考核方式** |
| 课程目标1 | 气体、溶剂的一般特性和安全使用。  高温、低温、高压和真空的获得和测量。 | 作业和试卷 |
| 课程目标2 | 典型和特殊合成方法以及极端条件下的合成化学。  软化学和绿色合成方法。 | 作业和试卷 |
| 课程目标3 | 典型无机材料的合成原理和方法。  无机合成化学的热点研究领域和合成功能材料的思想方法。 | 作业和试卷 |

**（二）评定方法**

**1．评定方法**

平时成绩：20%（考勤与提问、考察）

期中考试：20%（论文或试卷）

期末考试：60%（闭卷）

**2．课程目标的考核占比与达成度分析** （五号宋体）

**表5：课程目标的考核占比与达成度分析表**（五号宋体）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **考核占比**  **课程目标** | **平时** | **期中** | **期末** | **总评达成度** |
| 课程目标1 | 30% | 30% | 30% | （例：课程目标1达成度={0.2ｘ平时目标1成绩+0.2ｘ期中目标1成绩+0.6ｘ期末目标1成绩}/目标1总分。按课程考核实际情况描述） |
| 课程目标2 | 50% | 50% | 50% |
| 课程目标3 | 20% | 20% | 20% |

**（三）评分标准**

| **课程**  **目标** | **评分标准** | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **90-100** | **80-89** | **70-79** | **60-69** | **＜60** |
| **优** | **良** | **中** | **合格** | **不合格** |
| **A** | **B** | **C** | **D** | **F** |
| **课程**  **目标1** | 能够全面深入地掌握气体、溶剂的一般特性和安全使用。熟悉高温、低温、高压和真空的获得和测量。 | 能够较好地掌握气体、溶剂的一般特性和安全使用。熟悉高温、低温、高压和真空的获得和测量。 | 基本能够掌握气体、溶剂的一般特性和安全使用。熟悉高温、低温、高压和真空的获得和测量。 | 基本不能够掌握气体、溶剂的一般特性和安全使用。熟悉高温、低温、高压和真空的获得和测量。 | 不能够掌握气体、溶剂的一般特性和安全使用。熟悉高温、低温、高压和真空的获得和测量。 |
| **课程**  **目标2** | 能够全面深入地熟悉无机合成化学中的典型和特殊合成方法以及极端条件下的合成化学。掌握软化学和绿色合成方法。 | 能够较好地熟悉无机合成化学中的典型和特殊合成方法以及极端条件下的合成化学。掌握软化学和绿色合成方法。 | 基本能够熟悉无机合成化学中的典型和特殊合成方法以及极端条件下的合成化学。掌握软化学和绿色合成方法。 | 基本不能够熟悉无机合成化学中的典型和特殊合成方法以及极端条件下的合成化学。掌握软化学和绿色合成方法。 | 不能够熟悉无机合成化学中的典型和特殊合成方法以及极端条件下的合成化学。掌握软化学和绿色合成方法。 |
| **课程**  **目标3** | 能够全面深入地掌握典型无机材料的合成原理和方法，了解其组成、结构和性质的密切关系；了解无机合成化学的热点研究领域和合成功能材料的思想方法。 | 能够较好地掌握典型无机材料的合成原理和方法，了解其组成、结构和性质的密切关系；了解无机合成化学的热点研究领域和合成功能材料的思想方法 | 基本能够掌握典型无机材料的合成原理和方法，了解其组成、结构和性质的密切关系；了解无机合成化学的热点研究领域和合成功能材料的思想方法 | 基本不能够掌握典型无机材料的合成原理和方法，了解其组成、结构和性质的密切关系；了解无机合成化学的热点研究领域和合成功能材料的思想方法 | 不能够掌握典型无机材料的合成原理和方法，了解其组成、结构和性质的密切关系；了解无机合成化学的热点研究领域和合成功能材料的思想方法 |