《结构化学》课程教学大纲

**一、课程基本信息**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **英文名称** | Structural Chemistry | **课程代码** | CHEM2017 |
| **课程性质** | 专业必修课程 | **授课对象** | 化学，化学（师范），应用化学 |
| **学 分** | 3 | **学 时** | 54 |
| **主讲教师** | 樊建芬 王会芳 鲍晓光 | **修订日期** | 2023.4.30 |
| **指定教材** | 王荣顺主编，《结构化学》，高等教育出版社，2016年，第2版 | | |

**二、课程目标**

（一）**总体目标：**

《结构化学》是化学学科的一个重要分支，主要研究原子、分子及晶体的结构以及结构与性质之间的关系。通过本课程的学习使学生掌握量子力学的基本原理及在原子、分子和晶体结构中的应用，理解并掌握微观粒子的运动规律，学会利用量子力学方法分析物质结构。在教学过程中培养学生独立思考、自主探究、实事求是、严谨认真的科学素养，使学生从更高水平上理解化学中的各种现象，为将来进一步学习量子化学以及从事科学研究及相关工作奠定基础。

（二）课程目标：

**课程目标1：**理解量子力学的基本概念、基本原理以及量子力学处理问题的基本方法；形成对微观粒子运动特征的正确认识以及电子、原子状态及其性质的描述。

1.1理解量子力学的基本概念、基本原理以及量子力学处理问题的基本方法。

1.2 形成对微观粒子运动特征的正确认识以及电子、原子状态及其性质的描述，进而培养学生从微观角度去认识和解决问题的能力。

**课程目标2：**理解分子对称性及其点群的描述，能够利用分子轨道理论在电子微观层次解释双原子及多原子分子（特别是共轭分子）以及络合离子等的结构与性质。

2.1理解分子对称性及其点群的描述。

2.2能够利用分子轨道理论在电子微观层次解释双原子及多原子分子（特别是共轭分子）以及络合离子等的结构与性质。

**课程目标3：**理解晶体结构的点阵理论及晶胞的描述，掌握金属晶体、原子晶体、分子晶体以及典型离子晶体的结构。

1.1理解晶体结构的点阵理论及晶胞的描述。

1.2掌握金属晶体、原子晶体、分子晶体以及典型离子晶体的结构。

**课程目标4：**通过原子、分子和晶体的学习养成良好的辩证思维方式，建立结构化学研究问题的思想和方法，构建“化学核心素养”基本理念，能从结构化学的视角分析与解决实际问题。

（三）课程目标与毕业要求、课程内容的对应关系

**表1：课程目标与课程内容、毕业要求的对应关系表**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **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 | 绪论  第一章 量子力学基础  §1.1 量子力学产生的背景  §1.2 量子力学基本原理  §1.3 量子力学基本原理的简单应用 | 对应毕业要求1：  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。 |
| 1.2 | 第二章 原子结构与原子光谱  §2.1 单电子原子的薛定谔方程及其解  §2.2 量子数与波函数  §2.3 多电子原子结构与原子轨道  §2.4 电子自旋与保里原理  §2.5 原子的状态与原子光谱 | 对应毕业要求1：  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。 |
| 课程目标2 | 2.1 | 第三章 分子的对称性与点群  §3.1 分子的对称性  §3.2 点群 | 对应毕业要求1：  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。 |
| 2.2 | 第四章 双原子分子结构与性质  §4.1 分子轨道理论与H2+结构  §4.2 双原子分子的结构与性质  第五章 多原子分子结构与性质  §5.1 饱和分子的离域、定域轨道和杂化轨道理论  §5.2 共轭分子结构与HMO法  §5.3 缺电子分子与多中心键  第六章 配位化合物和簇合物的结构与性质  §6.1 配位场理论简介  §6.2 CO和N2配位化合物的结构与性质  §6.3 有机金属配合物的结构与性质  §6.4 原子簇化合物的结构与性质 | 对应毕业要求1：  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。 |
| 课程目标3 | 3.1 | 第七章 晶体结构的点阵理论  §7.1 晶体的点阵结构与晶体的缺陷  §7.2 晶体结构的对称性 | 对应毕业要求1：  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。 |
| 3.2 | 第八章 晶体的结构与晶体材料  §8.1 晶体结构的能带理论与密堆积原理  §8.2 金属晶体的结构与应用  §8.3 离子晶体的结构与应用  §8.4 共价键型、分子型和混合键型晶体的结构与应用 | 对应毕业要求1：  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。 |
| 课程目标4 | / | 贯穿于整个课程 | 对应毕业要求2：  问题分析：能够应用化学学科的基本原理解释和分析化学反应现象和理解反应本质；熟练掌握获取专业信息的方法和渠道，并用以分析化学问题；能够通过专业课程学习深度分析出专业知识的发展方向以及明确其应用前景。 |

**三、教学内容**

绪论

**1.教学目标**

了解《物质结构》的任务及研究发展简史，明晰本课程的内容安排及主要参考书目。

**2.教学重难点**

无

**3.教学内容**

一、《物质结构》的任务

二、物质结构研究发展简史

三、本课程的内容安排

四、本课程的主要参考书

**4.教学方法**

（1）讲授法：通过教师在课堂上讲授，帮助学生明确《物质结构》的研究任务，物质结构研究发展简史。

（2）读书指导法：指导学生阅读课外参考书、网上相关知识以及相关视频教学。

**5.教学评价**

每一位学生应了解《物质结构》的任务及研究发展简史。

第一章 量子力学基础

**1.教学目标**

了解量子力学产生背景，掌握量子力学基本原理及量子力学对势箱中运动粒子的应用。

**2.教学重难点**

（1）态叠加原理

（2）势箱中自由粒子的薛定谔方程的求解

**3.教学内容**

§1.1 量子力学产生的背景

1.1.1 经典物理学的困难与旧量子论的诞生

1.1.2 实物微粒的波粒二象性

1.1.3 不确定关系

§1.2 量子力学基本原理

1.2.1 波函数与微观粒子的状态

1.2.2 力学量和算符

1.2.3 量子力学的基本方程

1.2.4 态叠加原理

§1.3 量子力学基本原理的简单应用

1.3.1 势箱中运动的自由粒子

1.3.2量子力学处理微观体系的一般步骤与量子效应

**4.教学方法**

（1）讲授法：通过教师在课堂上讲授结构化学相关的基本概念和基本原理，帮助学生理解量子力学产生的背景、掌握波粒二象性、不确定关系、以及量子力学中的波函数、算符、态叠加原理、薛定谔方程及对势箱中自由粒子的应用。

（2）讨论法：组织学生讨论量子力学的产生背景。

（3）读书指导法：指导学生阅读课外参考书、网上相关知识以及相关视频教学。

**5.教学评价**

要求每位学生完成10个书面作业，从中掌握波粒二象性、不确定关系、以及量子力学中的波函数、算符、态叠加原理、薛定谔方程及对势箱中自由粒子的应用。

**第二章 原子结构与原子光谱**

**1.教学目标**

掌握单电子原子的薛定谔方程及其解、量子数和波函数的物理意义、轨道图像，了解多电子原子结构，掌握电子自旋与保里原理、原子的量子数及原子光谱项。

**2.教学重难点**

（1）实波函数与复波函数

（2）径向分布函数及角度分布函数的物理意义

（3）原子谱项

**3.教学内容**

§2.1 单电子原子的薛定谔方程及其解

2.1.1 单电子原子的定态薛定谔方程

2.1.2 变量分离

2.1.3 单电子原子薛定谔方程的一般解

§2.2 量子数与波函数

2.2.1 量子数*n、l、m*的物理意义

2.2.2 波函数的物理意义

2.2.3 波函数与电子云的图形表示

§2.3 多电子原子结构与原子轨道

2.3.1 多电子原子的薛定谔方程与单电子近似

2.3.2 中心势场模型

§2.4 电子自旋与Pauli原理

2.4.1 电子自旋的假设

2.4.2 Pauli原理

§2.5 原子的状态和原子光谱

2.5.1 基态原子的电子组态

2.5.2 原子的量子数与原子光谱项

2.5.3 原子光谱项的确定

2.5.4 Hund规则与基谱项的确定

2.5.5 原子光谱

**4.教学方法**

（1）讲授法：通过教师在课堂上的讲授，帮助学生掌握量子力学对单电子原子的应用，理解量子数、波函数以及轨道图像的表示，掌握电子自旋与保里原理、原子的量子数及原子光谱项。

（2）讨论法：组织学生讨论原子轨道图像等。

（3）读书指导法：指导学生阅读课外参考书、网上相关知识以及相关视频教学。

**5.教学评价**

要求每位学生完成约10个书面作业，从中理解单电子原子的薛定谔方程及其解，掌握量子数和波函数的物理意义、轨道图像，了解多电子原子结构，掌握电子自旋与保里原理、原子的量子数及原子光谱项。

第三章 分子的对称性与点群

**1.教学目标**

掌握分子的对称元素及对称操作、分子点群的确定。

**2.教学重难点**

（1）象转轴

（2）群的乘法表

**3.教学内容**

§3.1 分子的对称性

3.1.1 对称操作和对称元素

3.1.2 分子的对称操作

§3.2 分子点群

3.2.1 群的定义

3.2.2 分子的点群

3.2.3 群的乘法表

3.2.4 分子的偶极矩和旋光性的预测

**4.教学方法**

（1）讲授法：通过教师在课堂上的讲授，帮助学生掌握分子对称性的描述，包括对称元素、对称操作以及分子点群的确定方法。

（2）演示法：通过课堂展示多种多原子分子的结构，帮助学生理解对称元素、对称操作以及分子点群。

（3）读书指导法：指导学生阅读课外参考书、网上相关知识以及相关视频教学。

**5.教学评价**

要求每位学生完成约3个书面作业，从中掌握分子的对称元素、对称操作以及分子点群的确定，理解分子对称性与分子偶极矩、旋光性之间的关系。

**第四章 双原子分子结构与性质**

**1.教学目标**

从线性变分法处理H2+结构引出分子轨道理论，掌握同核及异核双原子分子的结构与性质。

**2.教学重难点**

（1）线性变分法处理基态H2+

（2）异核双原子分子的结构与性质

**3.教学内容**

§4.1 分子轨道理论与H2+结构

4.1.1 H2+的基态

4.1.2 分子轨道理论

§4.2 双原子分子的结构与性质

4.2.1 同核双原子分子

4.2.2 异核双原子分子

**4.教学方法**

（1）讲授法：通过教师在课堂上的讲授，帮助学生理解线性变分法处理H2+,掌握分子轨道理论核心内容以及对同核和异核双原子分子的应用。

（2）读书指导法：指导学生阅读课外参考书、网上相关知识以及相关视频教学。

**5.教学评价**

要求每位学生完成约6个书面作业，从中理解分子轨道理论，掌握同核及异核双原子分子的结构与性质。

**第五章 多原子分子结构与性质**

**1.教学目标**

理解饱和多原子分子中电子运动状态（定域轨道、离域轨道）的描述，掌握共轭分子结构与HMO法、缺电子分子与多中心键。

**2.教学重难点**

（1）离域轨道与定域轨道

（2）分子图（电荷密度、键级、自由价）

（3）离域π键类型

（4）多中心键

**3.教学内容**

§5.1 饱和分子的离域、定域轨道

5.1.1 甲烷的离域、定域分子轨道

5.1.2 杂化轨道理论

§5.2 共轭分子结构与HMO法

5.2.1 HMO法概述

5.2.2 丁二烯的解

5.2.3单环共轭多烯( CnHn)的解

5.2.4 分子图

5.2.5 离域π键形成的条件及分类

5.2.6 HMO法的局限性

§5.3 缺电子分子与多中心键

5.3.1 缺电子分子

5.3.2 二硼烷的结构

5.3.3 多硼烷和其他缺电子分子

**4.教学方法**

（1）讲授法：通过教师在课堂上的讲授，帮助学生理解饱和分子的离域/定域轨道，掌握共轭分子与HMO法，理解缺电子分子与多中心键。

（2）讨论法：组织学生讨论杂化轨道理论。

（3）演示法：通过课堂展示硼烷和多硼烷的结构，帮助学生理解多中心缺电子键。

（4）读书指导法：指导学生阅读课外参考书、网上相关知识以及相关视频教学。

**5.教学评价**

要求每位学生完成约8个书面作业，从中掌握杂化轨道理论、共轭分子结构与HMO法、缺电子分子与多中心键。

**第六章 配位化合物和簇合物的结构与性质**

**1.教学目标**

掌握配位场理论、CO和N2配合物、有机金属配合物以及原子簇合物的结构与性质。

**2.教学重难点**

（1）配合物的分子轨道理论

（2）σ-π电子授受键的形成机制

（3）过渡金属簇合物的结构

**3.教学内容**

§6.1 配位场理论简介

6.1.1 晶体场理论

6.1.2配合物的分子轨道理论

§6.2 CO和N2配位化合物的结构与性质

6.2.1 羰基配合物

6.2.2 N2的配合物

§6.3 有机金属配合物的结构与性质

6.3.1 蔡斯盐

6.3.2 夹心式配合物

§6.4 原子簇化合物的结构与性质

6.4.1 过渡金属簇合物

6.4.2 富勒烯

**4.教学方法**

（1）讲授法：通过教师在课堂上的讲授，帮助学生掌握配位场理论（包括杂化轨道理论、晶体场理论及分子轨道理论），理解典型配合物（CO和N2配合物、有机金属配合物、簇合物）结构及其化学键特征。

（2）读书指导法：指导学生阅读课外参考书、网上相关知识以及相关视频教学。

**5.教学评价**

要求学生完成约6个书面作业，从中理解配位场理论（包括杂化轨道理论、晶体场理论及分子轨道理论），理解典型配合物（CO和N2配合物、有机金属配合物、簇合物）的结构及其化学键特征。

**第七章 晶体结构的点阵理论**

**1.教学目标**

掌握晶体的点阵结构理论，了解晶体结构的对称性。

**2.教学重难点**

（1）正当晶胞

（2）晶面指数

（3）晶体的宏观对称性

**3.教学内容**

§7.1 晶体的点阵结构与晶体的缺陷

7.1.1 晶体概述

7.1.2 晶体的点阵结构理论

§7.2 晶体结构的对称性

7.2.1 晶体的宏观对称性

7.2.2晶体宏观对称性的分类

7.2.3晶体的微观对称性

**4.教学方法**

（1）讲授法：通过教师在课堂上的讲授，帮助学生掌握晶体的点阵结构理论，了解晶体结构的对称性。

（2）演示法：通过课堂展示，帮助学生理解晶体中微粒的空间结构特征。

（3）读书指导法：指导学生阅读课外参考书、网上相关知识以及相关视频教学。

**5.教学评价**

要求每位学生完成约5个书面作业，从中掌握晶体的点阵结构理论，包括正当晶胞、晶面指数、宏观对称性。

**第八章 晶体的结构与晶体材料**

**1.教学目标**

理解晶体结构的能带理论及密堆积原理；掌握金属晶体、离子晶体、原子晶体及分子晶体的结构特征。

**2.教学重难点**

（1）密堆积原理

（2）离子晶体的典型结构型式

**3.教学内容**

§8.1 晶体结构的能带理论与密堆积原理

8.1.1 晶体结构的能带理论

8.1.2 晶体结构的密堆积原理

8.1.3 各类常见晶体化学键特征

§8.2 金属晶体的结构与应用

8.2.1 金属晶体的性质与金属键的本质

8.2.2金属晶体能带结构

8.2.3金属晶体中原子的堆积方式

§8.3 离子晶体的结构与应用

8.3.1离子晶体中微粒堆积特征

8.3.2离子晶体的典型结构型式

§8.4 共价键型晶体、分子型晶体和混合键型晶体的结构与应用

8.4.1 共价键型晶体的结构

8.4.2 分子型晶体的结构

8.4.3 混合键型晶体的结构

**4.教学方法**

（1）讲授法：通过教师在课堂上的讲授，帮助学生理解晶体结构的密堆积原理；掌握金属晶体、离子晶体、原子晶体及分子晶体的结构特征。

（2）演示法：通过课堂展示，帮助学生理解各类晶体的结构特征。

（3）读书指导法：指导学生阅读课外参考书、网上相关知识以及相关视频教学。

**5.教学评价**

要求每位学生完成约4个书面作业，从中理解晶体结构的密堆积原理，掌握金属晶体、离子晶体、原子晶体及分子晶体的结构特征。

**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 |
| 绪论 | 绪论 | 1 |
| 第一章 | 量子力学基础 | 9 |
| 第二章 | 原子结构与原子光谱 | 9 |
| 第三章 | 分子的对称性与点群 | 4 |
| 第四章 | 双原子分子结构与性质 | 5 |
| 第五章 | 多原子分子结构与性质 | 8 |
| 第六章 | 配位化合物和簇合物的结构与性质 | 8 |
| 第七章 | 晶体结构的点阵理论 | 5 |
| 第八章 | 晶体的结构与晶体材料 | 5 |
| 总计 | | 54 |

**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 |  | 绪论 | 一、《物质结构》的任务  二、物质结构研究发展简史  三、本课程的内容安排  四、本课程的主要参考书 | 1 | 要求：了解《物质结构》的任务及研究发展简史，明晰本课程的内容安排及主要参考书目 |  |
| 1-4 |  | 第一章 量子力学基础 | §1.1 量子力学产生的背景  §1.2 量子力学基本原理  §1.3 量子力学基本原理的简单应用 | 9 | 作业：约10个书面作业  要求：了解量子力学产生背景，掌握量子力学基本原理及量子力学对势箱中运动粒子的应用 |  |
| 4-7 |  | 第二章 原子结构与原子光谱 | §2.1 单电子原子的薛定谔方程及其解  §2.2 量子数与波函数  §2.3 多电子原子结构与原子轨道  §2.4 电子自旋与保里原理  §2.5 原子的状态和原子光谱 | 9 | 作业：约10个书面作业  要求：掌握单电子原子的薛定谔方程及其解、量子数和波函数的物理意义、轨道图像，了解多电子原子结构；掌握电子自旋与保里原理，掌握原子的量子数及原子光谱项 |  |
| 7-8 |  | 第三章 分子的对称性与点群 | §3.1 分子的对称性  §3.2 分子点群 | 4 | 作业：约3个书面作业  要求：掌握分子的对称元素及对称操作、分子点群的确定 |  |
| 8-10 |  | 第四章 双原子分子结构与性质 | §4.1 分子轨道理论与H2+结构  §4.2 双原子分子的结构与性质 | 5 | 作业：约6个书面作业  要求：从H2+结构理解分子轨道理论，掌握同核和异核双原子分子的结构与性质 |  |
| 10-12 |  | 第五章 多原子分子结构与性质 | §5.1 饱和分子的离域、定域轨道  §5.2 共轭分子结构与HMO法  §5.3 缺电子分子与多中心键 | 8 | 作业：约8个书面作业  要求：理解饱和多原子分子中电子运动状态的描述，掌握共轭分子结构与HMO法、缺电子分子与多中心键 |  |
| 13-15 |  | 第六章 配位化合物和簇合物的结构与性质 | §6.1 配位场理论简介  §6.2 CO和N2配位化合物的结构与性质  §6.3 有机金属配合物的结构与性质  §6.4 原子簇化合物的结构与性质 | 8 | 作业：约6个书面作业  要求：掌握配位场理论、CO和N2配合物、有机金属配合物以及原子簇合物的结构与性质 |  |
| 15-17 |  | 第七章 晶体结构的点阵理论 | §7.1 晶体的点阵结构与晶体的缺陷  §7.2 晶体结构的对称性 | 5 | 作业：约5个书面作业  要求：掌握晶体的点阵结构理论，理解晶体结构的对称性 |  |
| 17-18 |  | 第八章 晶体的结构与晶体材料 | §8.1 晶体结构的能带理论与密堆积原理  §8.2 金属晶体的结构与应用  §8.3 离子晶体的结构与应用  §8.4 共价键型晶体、分子型晶体和混合键型晶体的结构与应用 | 5 | 作业：约4个书面作业  要求：了解晶体结构的能带理论，掌握晶体结构的密堆积原理；理解各类晶体的结构特征 |  |

**六、教材及参考书目**

1．周公度，段连运，《结构化学基础》（第五版），北京大学出版社，2017

2．李炳瑞，《结构化学（多媒体版·第二版）》，高等教育出版社，2016

3．林梦海，林银钟，《结构化学》，科学出版社，2005

4．陈启明，高剑南，倪行，《物质结构学习指导》（第二版），科学出版社，2013

5．潘道皑，《物质结构》（第二版），高等教育出版社，2008

6．周公度，段连运，《结构化学基础习题解析》（第五版），北京大学出版社，2017

7．李炳瑞，《结构化学学习指导与习题解答》，高等教育出版社，2015

**七、教学方法**

**1．讲授法**：本课程以“结构决定性能，性能反映结构”为原则，从原子、分子以及晶体的结构揭示物质的性质。通过教师在课堂上讲授结构化学相关的基本概念和基本原理，帮助学生掌握量子力学基础和原子结构以及对简单体系的应用、分子的对称性原理以及双原子分子、共轭分子和多原子分子的分子轨道理论、配位场理论、晶体结构等有关内容。

**2．讨论法：**组织学生讨论量子力学产生背景、原子轨道图像、杂化轨道理论等

**3．演示法：**通过课堂展示多原子分子、硼烷和多硼烷以及各类晶体的结构，帮助学生理解分子点群及各类分子、晶体的结构特征。

**4．读书指导法：**指导学生阅读课外参考书、网上相关知识以及相关视频教学。

**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 | 量子力学的基本概念、基本原理以及量子力学处理问题的基本方法；微观粒子运动特征以及电子、原子状态及其性质的描述。 | 平时作业  期中和期末试卷测试 |
| 课程目标2 | 分子对称性及其点群的描述；分子轨道理论；双原子及多原子分子（特别是共轭分子）以及络合离子等的结构与性质。 | 平时作业  期中和期末试卷测试 |
| 课程目标3 | 晶体结构的点阵理论及晶胞的描述；金属晶体、原子晶体、分子晶体以及典型离子晶体的结构与性质。 | 平时作业  期末试卷测试 |
| 课程目标4 | 综合应用原子、分子和晶体方面所学知识，从结构化学的视角分析与解决实际问题。 | 平时作业  期中和期末试卷测试 |

**（二）评定方法**

**1．评定方法**

平时成绩：20%（考勤与提问、考察，平时作业等）

期中考试：30%（试卷测试）

期末考试：50%（试卷测试）

**2．课程目标的考核占比与达成度分析**

**表5：课程目标的考核占比与达成度分析表**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **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% | 65% | 10% | 分目标达成度={0.2ｘ平时分目标成绩+0.3ｘ期中分目标成绩+0.5ｘ期末分目标成绩}/分目标总分 |
| 课程目标2 | 33% | 20% | 45% |
| 课程目标3 | 22% | 0% | 35% |
| 课程目标4 | 15% | 15 | 10 |

**（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** | 扎实理解量子力学的基本概念、基本原理，熟练掌握量子力学处理问题的基本方法，正确认识微观粒子运动特征以及电子、原子状态及其性质的描述。 | 较好理解量子力学的基本概念、基本原理，较好掌握量子力学处理问题的基本方法，较深刻理解微观粒子运动特征以及电子、原子状态及其性质的描述。 | 能理解量子力学的基本概念、基本原理，以及处理问题的基本方法，能较好理解微观粒子运动特征以及电子、原子状态及其性质的描述。 | 对量子力学的基本概念、基本原理有一个基本的认识，基本掌握量子力学处理问题的基本方法，基本理解微观粒子运动特征以及电子、原子状态及其性质的描述。 | 没有理解量子力学的基本概念、基本原理，没能掌握量子力学处理问题的基本方法，不能正确认识微观粒子运动特征以及电子、原子状态及其性质的描述。 |
| **课程**  **目标2** | 能深刻理解分子对称性及其点群的描述，熟练应用分子轨道理论在电子微观层次解释双原子和多原子分子（特别是共轭分子）以及络合离子等的结构与性质。 | 能较好理解分子对称性及其点群的描述，能较熟练应用分子轨道理论在电子微观层次解释双原子和多原子分子（特别是共轭分子）以及络合离子等的结构与性质。 | 可以理解分子对称性及其点群的描述，可以应用分子轨道理论在电子微观层次解释某些双原子和多原子分子（特别是共轭分子）以及络合离子等的结构与性质。 | 基本理解分子对称性及其点群的描述，基本可以应用分子轨道理论在电子微观层次解释双原子和多原子分子（特别是共轭分子）以及络合离子等的结构与性质。 | 不理解分子对称性及其点群的描述，不能应用分子轨道理论在电子微观层次解释双原子和多原子分子（特别是共轭分子）以及络合离子等的结构与性质。 |
| **课程**  **目标3** | 能深刻理解晶体结构的点阵理论及晶胞的描述，扎实掌握金属晶体、原子晶体、分子晶体以及典型离子晶体的结构。 | 较好理解晶体结构的点阵理论及晶胞的描述，较好掌握金属晶体、原子晶体、分子晶体以及典型离子晶体的结构。 | 能理解晶体结构的点阵理论及晶胞的描述，一定程度上掌握了金属晶体、原子晶体、分子晶体以及典型离子晶体的结构。 | 基本理解晶体结构的点阵理论及晶胞的描述，基本掌握金属晶体、原子晶体、分子晶体以及典型离子晶体的结构。 | 不能理解晶体结构的点阵理论及晶胞的描述，没有掌握金属晶体、原子晶体、分子晶体以及典型离子晶体的结构。 |
| **课程**  **目标4** | 能熟练地从结构化学的视角分析与解决实际问题。 | 能较好地从结构化学的视角分析与解决实际问题。 | 可以从结构化学的视角分析与解决实际问题。 | 基本可以从结构化学的视角分析与解决实际问题。 | 不能从结构化学的视角分析与解决实际问题。 |