《化工专业实验》课程教学大纲

一、课程基本信息

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **英文名称** | Chemical Engineering Laboratories I- Fine Chemical Experiments | **课程代码** | CHET4004 |
| **课程性质** | 专业必修课 | **授课对象** | 化学工程与工艺 |
| **学 分** | 1.5 | **学 时** | 54 |
| **主讲教师** | 李娜君等 | **修订日期** | 2022.11 |
| **指定教材** | 自编实验讲义 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **英文名称** | Chemical Engineering Laboratories II- Reaction Engineering Experiments | **课程代码** | CHET4004 |
| **课程性质** | 专业必修课 | **授课对象** | 化学工程与工艺 |
| **学 分** | 1.5 | **学 时** | 54 |
| **主讲教师** | 吴张雄、肖杰、孙胜鹏、李娜、傅楠、陈晓东 | **修订日期** | 2022 |
| **指定教材** | 《反应工程实验》自编讲义，吴张雄等编，2019年。 |

《化工专业实验》由《化工专业实验I：精细化工实验》与《化工专业实验II：反应工程实验》两部分组成。两门课的教学大纲分别如下：

《化工专业实验I：精细化工实验》

二、课程目标：

（一）总体目标：

《精细化工实验》是化学工程与工艺、应用化学、精细化工等专业学生必修的专业实验课。本课程的培养目标在于通过实验的训练，让学生充分认识和接触精细化学品生产过程中所涉及的基本化学反应和工艺，提高学生的操作技能，加深对所学理论知识的理解和学握，使学生养成理论联系实际的作风，实事求是、严格认真的科学态度，以及培养学生解决实际问题的能力和创新能力，为今后从事精细化工产品的研究、开发和生产打下良好的基础。

（二）课程目标：

《精细化工实验》是化学工程与工艺、应用化学等专业的一门专业必修实验课，是这些专业高级技术人才的整体知识结构及能力结构的重要组成部分，是学生获取专业知识的重要手段，可以使学生亲身接触该专业所涉及的具体工作的过程。它的主要任务是让学生了解精细化工产品的基本生产工艺，包括有机合成、高分子聚合反应以及各类精细化学品的复配合成，重点需要掌握各种聚合方法的特点及其应用场合、常见精细化学品的制备及其应用、各种精细化工产品中配方的组成及各组分的作用。激发学生的学习兴趣，加强理论和实践的联系，并充分考虑社会、健康、安全等因素对当前精细化工生产工艺流程日新月异的要求，以满足环境和社会的可持续发展。

**课程目标1：**能够熟练掌握精细化工生产中常用的单元操作以及典型的日用精细化学品的复配方法，并能综合运用本课程中涉及的基本配方、工艺及技术，解决实验中遇到的具体问题。

**课程目标2：**掌握染料、涂料等典型精细化学品的合成路线、工艺流程的设计原则及其适用范围。

**课程目标3：**能够充分考虑精细化学品制备及后处理等环节的生产工艺对环境和社会可持续发展的影响，结合与时俱进的实际需求，设计和调整精细化学品的实验配方、工艺流程及其实施方法。

（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** | **对应课程内容** | **对应毕业要求** |
| 课程目标1：能够熟练掌握精细化工生产中常用的单元操作以及典型的日常精细化学品制备方法，并能综合运用本课程中涉及的基本配方、工艺及技术，解决实验中遇到的具体问题。 | 理论课1、2, 实验7、8、9、10 | 4-2能基于专业理论针对特定需求，设计合理可行的实验方案 |
| 课程目标2：掌握染料、涂料等典型精细化学品的合成路线、工艺流程的设计原则及其适用范围。 | 实验1、3、6 | 6-2能够考虑社会、健康、安全、法律及文化的影响选择适当的化工工艺流程 |
| 课程目标3：能够充分考虑精细化学品制备及后处理等环节的生产工艺对环境和社会可持续发展的影响，结合与时俱进的实际需求，设计和调整精细化学品的实验配方、工艺流程及其实施方法。 | 实验2、4、5 | 7-1了解化学工程工艺流程中原料选取、“三废”排放及工艺环节对环境和社会可持续发展的影响 |

**三、教学内容**

本实验课程在内容选择上主要涉及日常生活中常用的几类精细化工产品（如：染料、涂料、采油助剂、日用化学品等）的生产工艺和配方，并结合实际的实验教学条件，开展一些污染小、容易实现的精细化工实验，目前所选取的10个合成及制备实验包括高分子聚合反应、有机合成以及各类精细化学品的复配合成。具体内容如下：

**理论课1：**精细化工实验的基本知识

1. 教学内容

（1）精细化工实验的基本知识，包括课程基本要求、基本操作和实验技术

（2）本课程的基本要求等

2. 教学目标

（1）了解精细化工实验的基本单元操作及其实施方式

（2）了解精细化工行业对社会、健康、安全、文化等领域的影响

**理论课2：**精细化工实验室基本安全教育及仪器领用

1. 教学内容

（1）实验室安全教育

（2）领取、辨识仪器，介绍仪器的使用场合和方法、常见的化工工艺流程

2. 教学目标

（1）了解实验室基本规范、安全预防措施及紧急事故处理办法

（2）熟悉加热、搅拌装置等化工仪器设备在常见化工工艺流程中的使用，以及实验中废液的后处理原则和方法

**实验1：**酸性红G的合成

1. 教学内容

合成一种常用的强酸性染料

2. 教学目标

（1）了解染料的分类、特性、用途等概况，重点了解典型的强酸性染料

（2）掌握强酸性染料的制备方法、化工生产中对染料废水的常用处置方法等

 3. 思考题

（1）强酸性染料按化学结构可分成哪几类？酸性红G属于哪一类？

（2）本实验中合成强酸性染料用了哪几步？

**实验2：**酸性红G的染色

1. 教学内容

使用实验项目3合成得到的酸性红G给羊毛染色

2. 教学目标

（1）了解强酸性染料在羊毛上的染色机理

（2）掌握强酸性染料染羊毛毛线的方法

3. 思考题：

（1）为什么羊毛要进行染前处理？处理时应注意什么？

（2）什么是羊毛等电点？

（3）羊毛还可以采用什么染料进行染色？

**实验3：**醋酸乙烯酯的乳液聚合（白乳胶的制备）

1. 教学内容

通过醋酸乙烯酯的乳液聚合合成白乳胶的基础成膜物质聚醋酸乙烯酯

2. 教学目标

（1）了解乳液聚合的特点、配方及各组分所起作用

（2）掌握聚醋酸乙烯酯胶乳的制备方法及用途

3. 思考题

（1）简述乳液聚合特点及其优缺点

（2）在乳液聚合过程中乳化剂的作用

（3）本实验操作的重要注意事项（醋酸乙烯酯为什么要分批加入）

**实验4：**聚醋酸乙烯酯乳胶涂料的配制

1. 教学内容

利用聚醋酸乙烯酯和其它助剂配制乳胶涂料

2. 教学目标

（1）了解乳胶涂料的特点

（2）掌握乳胶涂料的配制方法

3. 思考题

（1）乳胶涂料与传统涂料相比有哪些优势？

（2）简述配方中各种原料的作用

**实验5：**丙烯酰胺的溶液聚合

1. 教学内容

通过溶液聚合的方法合成水溶性高分子聚丙烯酰胺

2. 教学目标

（1）掌握溶液聚合的方法及原理

（2）掌握溶液聚合的溶剂选择方法和原则

（3）了解水溶性高分子的主要类型及其用途

3. 思考题

（1）简述溶液聚合的特点，与乳液聚合、悬浮聚合、本体聚合相比有何优缺点？

（2）聚丙烯酰胺作为用途最为广泛的水溶性高分子之一，主要用于哪些场合？

（3）进行溶液聚合时，选择溶剂应注意哪些问题？

**实验6：**肥皂的制备

1. 教学内容

以花生油和氢氧化钠为主要原料，通过皂化反应制得肥皂

2. 教学目标

（1）掌握皂化反应原理及肥皂的制备方法

（2）了解肥皂等表面活性剂的去污原理

3. 思考题

（1）如何检验油脂的皂化作用是否完全？

（2）在油脂皂化反应中，氢氧化钠起什么作用？乙醇又起什么作用？

（3）简述肥皂的去污原理

（4）实验中最后滤液中有哪些成分？如何分离？

**实验7：**雪花膏的配制

1. 教学内容

以硬脂酸及氢氧化钾为主要原料，通过部分皂化反应配制雪花膏

2. 教学目标

（1）了解雪花膏的配制原理和各组分的作用

（2）掌握雪花膏的配制方法

3. 思考题

（1）配方中各组分的作用是什么？

（2）配制雪花膏时，为什么必须将油相和水相的药品分别配制后再混合到一起？

**实验8：**液体洗衣剂的配制

1. 教学内容

利用各种助剂，按照通用配方配制液体洗衣液

2. 教学目标

（1）学习液体洗衣剂的配方原理；

（2）掌握配方中各组分的作用和配制工艺

3. 思考题

 （1）通用液体洗衣剂有哪些优良的性能？

（2）通用液体洗衣剂配方设计的原则有哪些？

（3）通用液体洗衣剂的pH值是怎样控制的？为什么？

**实验9：**液体香波的配制

1. 教学内容

利用各种助剂，按照基本配方配制液体香波

2. 教学目标

（1）了解洗发香波中各组分的作用和配方原理

（2）初步掌握配制洗发香波的工艺

3. 思考题

 （1）洗发香波配方中加入尼纳尔的作用是什么？

（2）配制洗发香波时对水质有什么要求？为什么？

**实验10：**含氟牙膏的制备

1. 教学内容

以单氟磷酸钠、水合氧化铝、羧甲基纤维素钠、二氧化钛等为原料制备单氟牙膏

2. 教学目标

（1）了解含氟牙膏的特点及用途

（2）了解含氟牙膏配方中各组分的作用

（3）掌握含氟牙膏的制备方法

3. 思考题

 （1）含氟牙膏的种类有哪些？

（2）配方中各组分的作用分别是什么？

**四、学时分配**

**表2：实验教学内容和学时分配表**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目名称 | 学时分配 | 每组人数 |
| 1 | 精细化工实验的基本知识 | 4 | 2 |
| 2 | 精细化工实验室基本安全教育及仪器领用 | 4 | 2 |
| 3 | 酸性红G的合成 | 6 | 2 |
| 4 | 酸性红G的染色 | 6 | 2 |
| 5 | 醋酸乙烯酯的乳液聚合（白乳胶的制备） | 6 | 2 |
| 6 | 聚醋酸乙烯酯乳胶涂料的配制 | 6 | 2 |
| 7 | 丙烯酰胺的溶液聚合 | 6 | 2 |
| 8 | 肥皂的制备 | 6 | 2 |
| 9 | 雪花膏的配制 | 6 | 2 |
| 10 | 液体洗衣剂的配制 | 6 | 2 |
| 11 | 液体香波的配制 | 6 | 2 |
| 12 | 含氟牙膏的制备 | 6 | 2 |
| 13 | 实验器材清点及整理 | 4 | 2 |

**五、教学进度**

**表3：教学进度表**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 实验名称 | 内容提要 | 授课时数 | 作业及要求 | 备注 |
| 精细化工实验的基本知识 | 介绍精细化工实验的基本知识，了解本课程基本要求 | 4 | 阅读讲义p1-7 |  |
| 精细化工实验室基本安全教育及仪器领用 | 了解实验室安全预防措施及紧急事故处理办法，仪器使用方法 | 4 | 阅读讲义p2-3 |  |
| 酸性红G的合成 | 了解酸性染料的概况，掌握强酸性染料的制备方法 | 6 | 思考题 讲义p17 |  |
| 酸性红G的染色 | 了解强酸性染料在羊毛上的染色机理及染羊毛毛线的方法 | 6 | 思考题 讲义p19 |  |
| 醋酸乙烯酯的乳液聚合（白乳胶的制备） | 了解乳液聚合的特点和配方，掌握聚醋酸乙烯酯胶乳的制备方法及用途 | 6 | 思考题 讲义p22 |  |
| 聚醋酸乙烯酯乳胶涂料的配制 | 了解乳胶涂料的特点，掌握乳胶涂料的配制方法 | 6 | 思考题 讲义p24 |  |
| 丙烯酰胺的溶液聚合 | 掌握溶液聚合的方法及原理，学习溶液聚合的溶剂选择方法 | 6 | 思考题 讲义p26 |  |
| 肥皂的制备 | 掌握皂化反应原理、肥皂的制备方法及其去污原理 | 6 | 思考题 讲义p28 |  |
| 雪花膏的配制 | 了解雪花膏配制原理和各组分的作用，掌握雪花膏的配制方法 | 6 | 思考题 讲义p31 |  |
| 液体洗衣剂的配制 | 学习液体洗衣剂的配方原理，掌握配方中各组分的作用和配制工艺 | 6 | 思考题讲义p34 |  |
| 液体香波的配制 | 了解洗发香波中各组分的作用和配方原理，初步掌握配制洗发香波的工艺 | 6 | 思考题 讲义p36 |  |
| 含氟牙膏的制备 | 了解含氟牙膏的特点及用途，了解含氟牙膏配方中各组分的作用及含氟牙膏的制备方法 | 6 | 思考题 讲义p38 |  |
| 实验器材清点及整理 |  | 4 |  |  |

**六、教材及参考书目**

1. 李娜君主编，《精细化工实验讲义》，苏州大学材料与化学化工学部，2020

2. 何自强, 刘桂艳, 张惠玲主编，《精细化工实验》，北京：化学工业出版社，2015

3. 王捷主编，《精细化工实验》，北京：中国石化出版社，2016

**七、教学方法**

授课方式：实验前讲述和演示，实验中现场指导和讨论

基本要求：

1. 课前通过自学讲义内容熟悉实验内容，做好预习报告。

2. 通过讲授，明确精细化工实验的特点、任务及其重要性；了解实验工艺流程的基本设计原则，明确实验安全规范。

3. 通过实际操作训练，掌握精细化工实验的基本方法，包括乳液聚合、溶液聚合等高分子聚合反应，缩合、重氮偶合等有机合成反应、染料、涂料的制备以及各类日用化学品的复配合成。

**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 | 实验方案设计及实施 | 预习报告，课堂操作，理论考试 |
| 课程目标2 | 掌握工艺流程及其注意事项 | 课堂操作，实验报告，理论考试 |
| 课程目标3 | 实验方案运用及调整 | 课堂操作，实验报告，理论考试 |

**（二）评定方法**

**1．评定方法**

本课程为实验课，考核成绩构成为：平时成绩10% + 实验成绩60% + 期末考试成绩30%。

（1）平时成绩主要根据预习报告、理论课的课堂表现和课后作业完成情况进行综合评定；

（2）实验成绩主要按课堂实验操作和实验报告完成情况进行综合评定；

（3）期末考试成绩为闭卷形式理论考试。

**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（10%）** | **实验（60%）** | **期末（30%）** | **总评达成度** |
| 课程目标1 | 10% | 20% | 10% | {0.10ｘ平时目标1成绩+0.20ｘ实验目标1成绩+0.10ｘ期末目标1成绩}/目标1总分。 |
| 课程目标2 | 0% | 20% | 10% | {0.20ｘ实验目标2成绩+0.10ｘ期末目标2成绩}/目标2总分。 |
| 课程目标3 | 0% | 20% | 10% | {0.20ｘ平时目标3成绩+0.10ｘ期末目标3成绩}/目标3总分。 |

**（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 | 能够熟练掌握精细化工生产中常用的单元操作及典型的日常精细化学品制备方法，并能综合运用本课程中涉及的基本配方、工艺及技术，熟练地解决实验中遇到的具体问题。 | 比较熟练地掌握精细化工生产中常用的单元操作及典型的日常精细化学品制备方法，并能综合运用本课程中涉及的基本配方、工艺及技术，较为熟练地解决实验中遇到的具体问题。 | 基本掌握精细化工生产中常用的单元操作及典型的日常精细化学品制备方法，并能综合运用本课程中涉及的基本配方、工艺及技术解决实验中遇到的具体问题。 | 经过指导，能掌握精细化工生产中常用的单元操作及典型的日常精细化学品制备方法，并能运用本课程中涉及的基本配方、工艺及技术解决实验中遇到的具体问题。 | 不能够熟练掌握精细化工生产中常用的单元操作及典型的日常精细化学品制备方法，不能综合运用本课程中涉及的基本配方、工艺及技术解决实验中遇到的具体问题。 |
| 课程目标2 | 能够熟练掌握每个实验流程的重点和要点，充分了解每个实验配方和工艺流程的设计原则及其适用范围。 | 比较熟练地掌握每个实验流程的重点和要点，较好地了解每个实验配方和工艺流程的设计原则及其适用范围。 | 能掌握每个实验流程的重点和要点，了解每个实验配方和工艺流程的设计原则及其适用范围。 | 经过指导，能掌握每个实验流程的重点和要点，了解每个实验配方和工艺流程的设计原则及其适用范围。 | 不能掌握每个实验流程的重点和要点，不了解每个实验配方和工艺流程的设计原则及其适用范围。 |
| 课程目标3 | 能够充分考虑精细化学品制备及后处理等环节的生产工艺对环境和社会可持续发展的影响，结合与时俱进的实际需求，熟练地设计和调整精细化学品的实验配方、工艺流程及其实施方法。 | 能够考虑精细化学品制备及后处理等环节的生产工艺对环境和社会可持续发展的影响，结合与时俱进的实际需求，较为熟练地设计和调整精细化学品的实验配方、工艺流程及其实施方法。 | 能一定程度考虑精细化学品制备及后处理等环节的生产工艺对环境和社会可持续发展的影响来设计和调整精细化学品的实验配方、工艺流程及其实施方法。 | 经过指导，可以考虑精细化学品制备及后处理等环节的生产工艺对环境和社会可持续发展的影响来设计和调整精细化学品的实验配方、工艺流程及其实施方法。 | 不能根据精细化学品制备及后处理等环节的生产工艺对环境和社会可持续发展的影响来调整精细化学品的实验配方、工艺流程及其实施方法。 |

执笔人：李娜君

2022.11

《化工专业实验II：反应工程实验》

**二、课程目标**

（一）**总体目标：**

《反应工程实验》是化学工程与工艺专业学生的必修课，是加强学生实践能力的一个重要教学环节。本课程涵盖计算机仿真模拟实验、化学反应工程实验、环境反应工程实验、吸附与分离工程实验以及生物与食品反应工程实验，旨在培养学生将反应工程基本原理应用于不同学科领域的能力。通过该课程的学习，学生能加深对反应工程专业知识的理解，掌握反应工程实验的基本方法，了解计算机编程与数值模拟，熟悉一种数值计算语言；能基于专业知识针对实验需求实施或设计实验方案、搭建实验装置并规范地完成实验；能相互协作完成实验数据的采集、分析与讨论，得出合理的实验结论；能科学地撰写实验报告并通过小组协作熟练地以口头和书面的方式汇报实验结果；能掌握反应工程中涉及到的原材料、仪器、产品与安全管理原理并能在多学科环境中应用。从而提高学生的科学素养和研究能力，使学生养成规范严谨的实验习惯、实事求是的科学态度、分工协作的团队精神、多学科的学术视角以及勇于探索的创新精神。

（二）课程目标：

《反应工程实验》是化学工程与工艺专业学生的必修课，是该专业学生整体知识结构与能力结构的重要组成部分，是学生通过亲身实验操作深入理解专业知识的重要手段。它的主要任务是让学生掌握反应工程的基本原理、工艺流程与实验方法，主要内容包括计算机仿真模拟实验、化学反应工程实验、环境反应工程实验、吸附与分离工程实验以及生物与食品反应工程实验。这些实验教学旨在提高学生对专业知识的理解与运用，提高学生的实验操作能力、分析和解决问题的能力，激发学生的研究兴趣，培养学生严谨的科学态度、宽阔的学术视野、良好的协作精神以及勇于探索的创新精神。

**课程目标1：**掌握实验的基本原理及相关专业知识，根据实验需求，合理实施或设计数值模型与实验方案，熟练运用实验涉及到的模型、配方与工艺路线，解决实验中遇到的问题。

**课程目标2：**针对需要团队进行的实验，明确各自任务、角色与目标。掌握实验涉及到的工艺流程与操作要点，做到有条不紊、团队协作、分工完成。

**课程目标3：**能够就实验原理、背景、操作与结果展开交流讨论，并能以口头和书面的形式科学、客观地汇报实验结果。

**课程目标4：**能够综合掌握实验所涉及到的原材料、仪器、产品与安全管理原理，并将其应用到多学科环境中，培养多学科视野与工程思维。

（三）课程目标与毕业要求、课程内容的对应关系：

本课程可支撑毕业要求指标点4-2、9-2、10-1和11-1 (参见化学工程与工艺专业各门课程指标点-2021版本)。课程目标、指标点具体内容、教学内容以及它们的对应关系见表1、2、3。

**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** | **对应课程内容** | **对应毕业要求** |
| 课程目标1 | 实验理论课，实验1，6-9 | 毕业要求4-2能基于专业理论针对特定需求，设计合理可行的实验方案 |
| 课程目标2 | 实验2-7 | 毕业要求9-2能够在从事化学工程与工艺的生产、研究和开发的团队中承担相应角色，包括负责人的角色 |
| 课程目标3 | 实验1-9、汇报与讨论课 | 毕业要求10-1能够就化学工程与工艺生产及研究中出现的复杂工程问题进行书面和口头的清晰表达 |
| 课程目标4 | 实验理论课，实验2-5，8，9 | 毕业要求11-1理解并掌握化学工程与工艺活动中涉及的管理原理，并能在多学科环境中应用 |

**表2：教学内容和要求**

|  |
| --- |
| **实验理论课**（16学时） |
| 教学内容 | 对应的毕业要求指标点 |
| 1. 理论课讲授、实验室安全与管理培训
2. 学习安全规则，理解反应工程实验的特点
3. 学习各实验的背景知识、实验目的、原理与步骤
4. 熟悉对实验操作、数据记录、数据处理、结果分析与讨论、结果汇报与交流等方面的要求
 | 4-2、11-1 |
| **实验一、化工过程的计算机仿真模拟**（12学时） |
| 教学内容 | 对应的毕业要求指标点 |
| 1、化工过程数学建模与计算机模拟介绍2、数值计算软件Scilab编程语言介绍3、代表性化工生产动态过程的模拟与分析 | 4-2、10-1 |
| **实验二、沸石分子筛ZSM-5催化环己酮与甲醇缩醛反应实验**（4学时） |
| 教学内容 | 对应的毕业要求指标点 |
| 1、ZSM-5的组成、结构与物化性质2、ZSM-5的水热合成与实验操作3、离子交换实验与氨气TPD酸性表征实验4、ZSM-5催化环己酮与甲醇缩醛反应的操作与动力学测试 | 9-2、10-1、11-1 |
| **实验三、负载型贵金属Pt催化剂催化产氢实验**（4学时） |
| 教学内容 | 对应的毕业要求指标点 |
| 1、负载型Pt催化剂的性质与应用2、负载型Pt催化剂的制备方法与实验操作3、X-射线衍射实验与CO脉冲化学吸附实验4、负载型Pt催化剂催化硼氢化钠水解产氢的动力学实验 | 9-2、10-1、11-1 |
| **实验四、BiOCl光催化降解有机污染物实验**（4学时） |
| 教学内容 | 对应的毕业要求指标点 |
| 1、光催化的基本原理2、BiOCl材料的基本性质与溶剂热制备3、光催化反应器的构造与实验操作4、BiOCl光催化降解罗丹明B的动力学实验 | 9-2、10-1、11-1 |
| **实验五、芬顿与类芬顿高级氧化污水处理实验**（8学时） |
| 教学内容 | 对应的毕业要求指标点 |
| 1. 介绍典型Fenton与类Fenton反应的基本概念
2. 重点讲述羟基自由基的产生机理，分析影响典型Fenton与类Fenton反应动力学的重要参数
3. 开展Fenton与类Fenton氧化法对水体中罗丹明B的降解动力学研究，获得相关降解速率常数
 | 9-2、10-1、11-1 |
| **实验六、活性炭及改性活性炭对模拟油品中氮化物的吸附实验**（4学时） |
| 教学内容 | 对应的毕业要求指标点 |
| 1、了解常用活性炭吸附剂的制备与改性及汽柴油中常见氮化物的种类2、模拟油品的精确配置、标准溶液的制备及标准曲线的画。3、吸附等温线实验的详细操作过程，掌握如何绘制吸附等温线4、物理吸附仪测量活性炭比表面积等参数的基本原理和仪器的基本操作流程5、理解并掌握改性后活性炭与原始活性炭材料吸附能力差别的原理 | 4-2、9-2、10-1 |
| **实验七、喹啉等氮化物在固定床的吸附曲线的测量与表征实验**（4学时） |
| 教学内容 | 对应的毕业要求指标点 |
| 1. 固定床实验设备的搭建，如固定床的填料、安装与流量控制

2、根据实验结果绘制突破曲线及相关吸附参数的求解3、气相色谱的基本原理和使用4、理解并掌握不同材料的吸附机理差异，及相同吸附材料对不同物质吸附性能的差异 | 4-2，9-2、10-1 |
| **实验八、生物催化反应：采用乳酸菌催化葡萄糖生成乳酸**（4学时） |
| 教学内容 | 对应的毕业要求指标点 |
| 1、采用一株纯乳酸菌与葡萄糖混合后进行生物催化，采用滴定方式监测反应进程中乳酸的生成量随时间的变化，计算乳酸菌的产量和产率2、监测加入新陈代谢抑制剂NaF后，催化反应速率的变化，结合文献研究，探索现象后的可能机理3、对比同样实验条件下，pH计记录的反应进程与滴定结果的异同，解释差异的原因，了解可滴定酸度的概念 | 4-2、10-1、11-1 |
| **实验九、水煮马铃薯测定淀粉糊化反应的特征参数的实验**（4学时） |
| 教学内容 | 对应的毕业要求指标点 |
| 1、理解以土豆为代表的淀粉类食品烹饪原理以此了解食品加工的主要过程2、应用反应工程原理，对土豆烹煮进行适当操作后进行分析3、在文献的指导下，推导Fraser 的数学模型，讨论该模型的缺陷和日常生活中煮熟与否的判据 | 4-2、10-1、11-1 |
| **汇报与讨论课**（8学时） |
| 教学内容 | 对应的毕业要求指标点 |
| 1、实验相关背景资料的调研、阅读与总结2、PPT汇报实验结果3、交流与讨论，分享实验心得，总结经验教训 | 10-1 |

**表3. 本课程支撑的各个毕业要求指标点具体内容**

|  |  |
| --- | --- |
| 毕业要求指标点 | 课程教学目的、达成途径和评价依据 |
| 4-2 能基于专业理论针对特定需求设计合理可行的实验方案 | 教学目标：掌握实验所涉及的专业知识，针对实验需求，合理设计实验方案，熟练操作实验，掌握实验的基本原理以及实验的关键点与难点，对实验方案及预期结果有整体而全面的认识。达成途径：实验设计与操作、原始数据、实验现象与数据记录、数据处理与分析评价依据：实验过程、实验数据与结果、实验报告评价方式：操作、数据、结果、报告、综合评定 |
| 9-2 能够在从事化学工程与工艺的生产、研究和开发的团队中承担相应角色 | 教学目标：针对需要团队进行的实验，能够明确各自任务、角色与目标。清晰掌握实验涉及到的工艺流程与操作要点，做到有条不紊、团队协作、分工完成达成途径：团队实验的实验操作、协调与分工、数据的采集与共享、实验现象与数据分析评价依据：实验过程、实验数据与结果、实验报告评价方式：操作、分工与协调、数据、结果、报告、综合评定 |
| 10-1 能够就化学工程与工艺生产及研究中出现的复杂工程问题进行书面和口头的清晰表达 | 教学目标：能够就反应涉及的实验原理、实验操作与实验结果展开交流讨论，并能科学、客观地汇报实验结果。达成途径：报告、汇报、交流讨论评价依据：报告、口头汇报、交流情况评价方式：报告、课件质量、交流讨论情况、综合评定 |
| 11-1 理解并掌握化学工程与工艺活动中涉及的管理原理，并能在多学科环境中应用 | 教学目标：能够综合掌握反应工程实验所涉及到的原材料、仪器、产品与安全管理原理，将其应用到多学科环境中。达成途径：实验原材料管理、产品管理、安全意识与管理、仪器管理与维护、数据管理评价依据：实验操作、仪器设备的使用、材料与样品处理、异常情况处理、实验数据与结果评价方式：操作、数据、报告、综合评定 |

**三、教学内容**

**实验理论课**

1.教学目标

（1）熟悉课程的基本要求和实验室安全规则

（2）熟悉各实验的背景、实验目的、实验原理、实验步骤、实验数据记录和处理

2.教学重难点

实验背景与实验原理，实验操作、实验数据处理与实验报告的要求

3.教学内容

介绍课程的基本要求和实验室安全与管理知识，讲授各实验的研究背景，学习各实验的原理、实验操作与数据处理的方法等。

**实验一：化工过程的计算机仿真模拟**

1.教学目标

（1）了解化工过程的数学建模与计算机模拟

（2）初步掌握一种数值计算编程语言

（3）能够使用编程语言对一个典型化工过程进行建模，模拟与分析

2.教学重难点

使用编程语言实现对化工过程的建模，模拟与分析

3.教学内容

讲解化工过程数学建模与计算机模拟的基本原理，介绍数值计算软件Scilab编程语言，代表性化工生产动态过程的模拟与分析

**实验二：沸石分子筛ZSM-5催化环己酮与甲醇缩醛反应实验**

1. 教学目标

（1）熟悉沸石分子筛的组成、结构与物化性质

（2）掌握沸石分子筛ZSM-5的水热合成方法与实验操作

（3）掌握离子交换实验的基本操作，学会氨气TPD测酸性质的原理与实验操作

（4）掌握ZSM-5催化环己酮与甲醇缩醛化反应的原理、实验操作与动力学测定

2. 教学重难点

沸石分子筛的结构与酸性来源，水热合成与反应釜的操作，离子交换的原理与实验操作，缩醛反应的基本原理，反应动力学的测定与动力学模型拟合

3. 教学内容

沸石分子筛的结构与性质，ZSM-5的水热合成，高温高压反应釜的操作，离子交换实验，NH3-TPD测量酸性质，化学吸附仪的操作，测试ZSM-5催化环己酮与甲醇缩醛反应的转化率随时间的变化趋势，利用合理的动力学模型拟合实验数据

**实验三：负载型贵金属Pt催化剂催化产氢实验**

1.教学目标

（1）熟悉贵金属纳米催化剂的性质与用途

（2）掌握湿法浸渍制备负载型贵金属Pt纳米催化剂的方法

（3）学会贵金属纳米催化剂粒径与分散度的测定方法

（3）掌握贵金属Pt催化剂催化硼氢化钠水解产氢的原理、实验操作与动力学的测试

2.教学重难点

湿法浸渍的原理，X-射线衍射实验与谢乐公式的使用，金属分散度的测定，硼氢化钠水解产氢的原理，氢气体积的测定与装置

3.教学内容

负载型Pt纳米催化剂的湿法浸渍制备，X-射线衍射实验，谢乐公式计算粒径大小，CO脉冲吸附测试贵金属的分散度，催化硼氢化钠水解产氢量的测定，产氢量随时间的变化趋势及动力学模型拟合

**实验四：BiOCl光催化降解有机污染物实验**

1.教学目标

（1）掌握光催化的基本原理与光催化反应仪的基本构造

（2）学会溶剂热制备方法及BiOCl光催化剂的制备与晶相表征

（3）掌握有机污染物光催化降解实验的原理，实验操作与降解动力学测定

2.教学重难点

半导体光催化剂的基本概念，光生载流子分离与利用的原理，光催化反应器的构造与操作，有机污染物的降解与动力学拟合

3.教学内容

BiOCl材料的溶解热合成方法与反应釜的实验操作，BiOCl晶相表征，光催化降解罗丹明B等的实验操作，测定有机污染物的降解率随时间的变化趋势，并用合适的动力学模型对数据进行拟合

**实验五：芬顿与类芬顿高级氧化污水处理实验**

1.教学目标

（1）掌握典型Fenton与类Fenton反应的基本原理

（2）了解影响典型Fenton与类Fenton反应动力学的重要参数

（3）掌握Fenton与类Fenton氧化法对水体中罗丹明B的降解动力学测定方法

2.教学重难点

典型Fenton与类Fenton反应的基本概念，羟基自由基的产生机理，重要影响参数

3.教学内容

介绍典型Fenton与类Fenton反应的基本概念，重点讲述羟基自由基的产生机理，分析影响典型Fenton与类Fenton反应动力学的重要参数，开展Fenton与类Fenton氧化法对水体中罗丹明B的降解动力学研究，获得相关降解速率常数。

**实验六：活性炭及改性活性炭对模拟油品中氮化物的吸附实验**

1.教学目标

（1）熟悉常见吸附剂活性炭的制备及改性过程，及物化性质

（2）掌握静态吸附实验的操作方法、注意事项及吸附等温线的绘制方法

（3）掌握模拟吸附溶液的配置方法及标准溶液的计算及配置方法

（4）熟悉物理吸附仪器测量多孔材料表面积与孔体积的基本原理及仪器操作流程

2.教学重难点

活性炭是常见的多孔材料，典型的吸附剂，本次实验所采用的活性炭表面积高达2000m2/g。采用物理吸附仪器测量其孔结构的性；精确的配置模拟油及标准液；静态吸附实验制备标准曲线；比较不同材料吸附性能差异等

3.教学内容

活性炭物化性质、孔道结构；采用物理吸附仪标准活性炭等材料的孔道结构；精确常量固体、液体物质，并制备浓度精确的吸附溶液；气相色谱测量所需要的标准溶液的配置；静态吸附实验的操作，并根据气相色谱测量结果绘制吸附等温线；比较并解释不同活性炭及改性活性炭对同一种目标氮化物的吸附能力差异的原因。

**实验七：喹啉等氮化物在固定床的吸附曲线的测量与表征实验**

1.教学目标

（1）熟悉固定床设备的搭建、固定床的填料、吸附溶液流量控制等。实验过程中遇到仪器漏液等问题可以找到原因并解决

（2）固定床实验的操作流程。多组分模拟溶液的配置

（3）固定床突破曲线的绘制及相关参数的求解

（4）掌握同一种吸附剂对溶液中不同物质吸附容量和选择性的差异的机理

2.教学重难点

固定床实验设备的搭建、固定床填料、溶液流量控制、选择合理的接样时间，突破曲线的绘制及相关参数的求解，吸附机理的解释，不同物质吸附作用力的不同等

3.教学内容

利用实验室已有设备搭建一套简易的固定床吸附设备，均匀填料，调试合适的吸附溶液流量；实验过程遇到问题例如漏液时可以找出原因并合理解决；合理选择接样时间，利用气相色谱及标准溶液计算吸附后溶液的浓度，并绘制出固定床突破曲线；利用突破曲线计算相关的吸附参数，并能解释同一种吸附剂对不同吸附质吸附能力差异的原因，并解释其吸附机理。

**实验八：生物催化反应：采用乳酸菌催化葡萄糖生成乳酸**

1.教学目标

（1）了解全细胞生物催化的原理，了解乳酸菌的概念以及乳酸菌转化葡萄糖生成乳酸的基本原理

（2）掌握时间进程实验（time course experiment）中监测底物消耗、产物生成的方法，能够根据底物和产物的性质，合理地选择监测方法；掌握乳酸产率的计算方法，并能够以图、表的形式正确地表示

（3）培养学生独立进行文献查阅，并对所得实验结果进行分析评价的能力

（4）培养学生与其他小组成员合作完成实验与口头报告的团队合作能力

2.教学重难点

了解微生物细胞催化底物生成新陈代谢产物的原理，了解影响微生物细胞新陈代谢过程的主要因素，并可以利用相关原理对实验现象进行分析

3.教学内容

用一株纯乳酸菌与葡萄糖混合后进行生物催化，采用滴定方式监测反应进程中乳酸的生成量随时间的变化，计算乳酸菌的产量和产率；监测加入新陈代谢抑制剂NaF后，催化反应速率的变化，结合文献研究，探索现象后的可能机理；对比同样实验条件下，pH计记录的反应进程与滴定结果的异同，解释差异的原因，了解可滴定酸度的概念。

**实验九：水煮马铃薯测定淀粉糊化反应的特征参数的实验**

1.教学目标

（1）理解以土豆为代表的淀粉类食品烹饪原理以此了解食品加工的主要过程

（2）应用反应工程原理，对土豆烹煮进行适当操作后进行分析

（3）在文献的指导下，推导Fraser 的数学模型，讨论该模型的缺陷和日常生活中煮熟与否的判据

2.教学重难点

如何在数学模型上处理不规则样品形状；如何用有限的实验数据得出比较实际的反应工程参量

3.教学内容

解释在固体里的反应工程基本模型，以及对其在食品加工中的应用（作为一个实例）进行检验。

**汇报与讨论课**

1.教学目标

（1）考核实验原理、数据的处理及实验结果的分析能力

（2）考核文献资料的调研、阅读、理解与分析的能力

2.教学重难点

课件制作与演讲，实验结果的分析与讨论，文献资料调研

3.教学内容

文献资料的调研与分析，实验结果的表达，课件的制作、讲演与讨论交流。

**四、实验项目及学时分配**

**表4. 实验项目的具体内容和学时分配表**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目名称 | 学时分配 | 每组人数 | 必修/选修 |
| 1 | 实验理论课 | 16 | 不分组 | 必修 |
| 2 | 化工过程的计算机仿真模拟实验 | 12 | 不分组 | 必修 |
| 3 | 沸石分子筛ZSM-5催化环己酮与甲醇缩醛反应实验 | 4 | 4 | 必修 |
| 4 | 负载型贵金属Pt催化剂催化产氢实验 | 4 | 4 | 必修 |
| 5 | BiOCl光催化降解有机污染物实验 | 4 | 4 | 必修 |
| 6 | 芬顿与类芬顿高级氧化污水处理实验 | 8 | 4 | 必修 |
| 7 | 活性炭及改性活性炭对模拟油品中氮化物的吸附实验 | 4 | 4 | 必修 |
| 8 | 喹啉等氮化物在固定床的吸附曲线的测量与表征实验 | 4 | 4 | 必修 |
| 9 | 生物催化反应：采用乳酸菌催化葡萄糖生成乳酸 | 4 | 4 | 必修 |
| 10 | 水煮马铃薯测定淀粉糊化反应的特征参数的实验 | 4 | 4 | 必修 |
| 11 | 汇报与交流讨论课 | 8 | 4 | 必修 |

**五、教学进度**

**表5. 教学进度表**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 章节名称 | 内容提要 | 学时分配 | 作业及要求 | 备注 |
| 实验理论课 | 通过讲授与实验室培训，学习安全规则，熟悉实验研究背景，学习实验目的、原理与步骤，熟悉数据记录、数据处理、报告撰写、资料调研、结果汇报等的要求 | 16 | **作业：**1.实验室规则和安全知识2.各实验的理论知识与研究背景。3.各实验原理及数据处理过程**要求：**1.熟悉实验室规则和安全知识2.熟悉实验原理和方法3.熟悉各实验操作、数据记录及处理、实验报告撰写等的要求。 |  |
| 实验一：化工过程的计算机仿真模拟实验 | 化工过程数学建模与计算机模拟介绍，数值计算软件Scilab编程语言介绍，代表性化工生产动态过程的模拟与分析 | 12 | **作业：**代表性化工过程的建模与模拟**要求：**根据提供的化工过程描述及要求查找相关文献中的过程模型，建立数学模型，并利用所学的编程语言对过程进行建模并分析，撰写完整报告，并提供源程序 |  |
| 实验二：沸石分子筛ZSM-5催化环己酮与甲醇缩醛反应实验 | ZSM-5的制备，离子交换实验，酸性表征，催化环己酮与甲醇缩醛化反应 | 4 | **作业与要求** 1.解释沸石分子筛的酸性类型与来源2.NH3-TPD实验如何判断酸性的强度与容量？3.将ZSM-5中的阳离子交换为质子，为什么不直接用盐酸？4.绘制环己酮与甲醇缩醛化反应的动力学曲线，获得动力学参数。 |  |
| 实验三：负载型贵金属Pt催化剂催化产氢实验 | 负载型Pt纳米催化剂的制备，粒径与分散度表征，催化硼氢化钠水解产氢 | 4 | **作业与要求** 1.利用谢乐公式计算纳米颗粒的粒径时需要注意哪些方面？2.分散度与粒径存在什么样的联系？3.测试硼氢化钠水解产生的氢气体积时要注意什么？ 4.绘制产氢的动力学曲线，获得动力学参数。 |  |
| 实验四：BiOCl光催化降解有机污染物实验 | BiOCl催化剂的制备，晶相表征，有机污染物的降解动力学测试 | 4 | **作业与要求** 1.阐述光催化的原理与光生载流子的去向。2.半导体带宽与光的吸收存在什么样的定量关系？3.利用反应釜进行溶剂热实验时要注意哪些安全问题？4.绘制光催化降解罗丹明B的动力学曲线，获得动力学参数。 |  |
| 实验五：芬顿与类芬顿高级氧化污水处理实验 | 典型Fenton与类Fenton反应的基本概念，羟基自由基的产生机理及影响因素，典型Fenton与类Fenton反应降解水体中罗丹明B的降解动力学实验 | 4 | **作业：**绘制并分析罗丹明B的降解动力学曲线。**要求：**获得罗丹明B的降解动力学速率常数 |  |
| 实验六：活性炭及改性活性炭对模拟油品中氮化物的吸附 | 高比面积活性炭对模拟油品中喹啉的静态吸附实验、标准溶液的配置与测量、气相色谱数据的处理等。 | 4 | **作业：**不同浓度溶液的浓度计算、静态吸附等温线的绘制、气相色谱标准曲线的绘制、样品浓度的计算。 **要求：**固体液体样品的精确称量及计算、等温线的绘制及吸附机理的解释、标准曲线的精确度。 |  |
| 实验七：喹啉等氮化物在固定床的吸附曲线的测量与表征 | 活性炭对于模拟油中不同种类氮化物硫化物等吸附性能的测试、固定床搭建及操作，突破曲线的绘制及解析等。吸附机理差异的解释。 | 4 | **作业：**固定床吸附突破曲线的绘制，不同样品浓度的计算、同一种吸附剂对于结构类似物质的吸附能力差异的实验结果归纳总结。**要求：**突破曲线的精确绘制，突破点，吸附量的标定。样品浓度的精确计算及规律寻找。不同物质吸附量和选择性的计算，及机理的解释。 |  |
| 实验八：生物催化反应：采用乳酸菌催化葡萄糖生成乳酸 | 乳酸生成量随反应时间的监测，NaF对乳酸生成速率的影响，pH监测反应进程的结果与滴定实验结果的比较 | 4 | **作业与要求：**1.以表格形式对比标准反应与添加NaF两个反应中，随反应时间而滴定的NaOH体积。2.已知1 mL 0.01 M NaOH能够中和10 μM 的乳酸，对两个反应中的乳酸含量随时间的变化以及pH变化进行制图，所生成乳酸的量用质量（mg，μg）进行计算。3.回答思考题。回答时可加入适当的参考文献如教科书或期刊论文，但不应引用百度百科、维基百科等未经过同行评议的资料 |  |
| 实验九：水煮马铃薯测定淀粉糊化反应的特征参数的实验 | 准备实验用的土豆以及热电偶，绘出时间（t）-熟化宽度（ro-ri）的折线图，时间（t）-未熟区域半径ri 的折线图，根据Fraser 模型绘出理论情况下时间（t）-未熟区域半径ri 的折线图，与实验所得折线图进行比较，验证Fraser 数学模型的适用性 | 4 | **作业：**1.为什么煮土豆一般不去皮？2.如何用其他方法判断土豆熟还是不熟? 例如硬度，有什么科学依据？**要求：** 结合实际情况，运用专业知识进行科学解答。 |  |
| 汇报与交流讨论课 | 实验相关背景资料的调研、阅读与总结，PPT汇报实验结果，交流与讨论 | 8 | **作业：** 1.与实验相关的文献资料调研2.汇报PPT制作**要求：**1.会调研与实验相关的研究背景资料，并进行阅读、分析与总结2.PPT简明扼要，汇报清晰流畅 |  |

1. **教材及参考书目**

1.教 材：《反应工程实验》自编讲义，吴张雄等编，2019年.

2.参考书：

《化学反应工程实验》，李犇，北京：化学工业出版社，2016。

《生物技术》课程实践手册，澳大利亚西悉尼大学，2010。

**七、教学方法**

本课程为实验课，采用教师讲解、提问、演示和学生回答问题、讨论、动手操作相结合的模式进行。要求学生在实验课前完成理论知识和实验操作的学习，并完成相应的预习报告，明确实验目的、原理、步骤及实验数据的测定或数值模拟的过程。

1. 讲授法：教师讲解背景知识、实验原理、实验步骤及其注意事项、规范操作要领，对具有一定安全隐患的实验操作重点讲解。

2. 演示法：教师演示主要的、重要的实验操作步骤、主要实验仪器的规范操作。

3. 讨论法：教师在讲解和演示过程中，结合教学内容，组织学生进行讨论：对实验原理等的理解，实验操作步骤和实验仪器操作是否规范等；也可以在实验结束后进行分组讨论。

4. 个别指导：学生按照实验原理进行实验，教师对学生一对一进行指导，及时纠正不规范的操作。

5. 完成实验报告，包括实验目的、原理、步骤及实验数据测定、实验数据记录及处理，完成对实验结果的分析与讨论。

6. 汇报与讨论：学生就实验的研究背景、实验原理、实验操作、实验结果与实验结论进行PPT展示与汇报，并展开讨论，分享经验。

**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6. 课程考核与课程目标对应关系**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 考核方式 | 考核要点 | 课程目标 |
| 预习报告、实验操作、实验结果与报告 | 实验原理、实验方案、实验实施情况及实验结果 | 课程目标1 |
| 实验操作、实验结果、实验报告 | 实验的分工与协作、各工艺流程的操作与衔接 | 课程目标2 |
| PPT内容、汇报与讨论情况、实验报告 | 口头与书面汇报的质量 | 课程目标3 |
| 实验操作、实验方案的调整及应变能力、安全与管理意识、实验报告 | 原材料与产品管理、仪器管理与维护、安全管理 | 课程目标4 |

**（二）评定方法**

**1．评定方法**

该课程成绩由实验成绩和期末汇报成绩组成，成绩构成为：实验成绩90% + 期末汇报成绩10%。

（1）实验成绩主要根据预习报告、理论课课堂表现、实验操作、实验结果、实验报告与课后作业完成情况进行综合评定。要求独立撰写实验报告。实验报告的内容应包括实验目的、实验原理、实验步骤（流程图）、实验主要装置图、数据记录与处理、结果与讨论、有关实验习题、分析意外情况，总结对实验的体会和改进等内容。用反应工程的专业语言解释实验现象，数据处理完整准确；回答问题言简意赅。

（2）期末汇报成绩依据PPT的质量、对实验的掌握情况、讲演情况、讨论与交流的情况等进行综合评定。

 （3）成绩评定

不同指导教师对各自负责的实验进行独立评分。每个实验的实验成绩为100分，由负责该实验的老师根据理论课、预习报告、实验操作、实验结果与实验报告等的表现进行综合评定。最终实验成绩取九个实验的平均值。

期末汇报成绩为100分，由学生汇报，进行交流讨论后，由承担实验教学的老师进行评分，最终成绩为老师评定的平均分。

最终成绩=最终实验成绩×90%+期末汇报成绩×10%

**2．课程目标的考核占比与达成度分析**

**表7. 课程目标的考核占比与达成度分析表**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **考核占比****课程目标** | **实验成绩（90%）** | **期末汇报成绩 （10%）** | **总评达成度** |
| 课程目标1 | 25% | 0% | 达成度={0.25×平时目标1成绩 + 0×期末目标1成绩}/目标1总分。 |
| 课程目标2 | 25% | 0% | 达成度={0.25×平时目标2成绩 + 0×期末目标2成绩}/目标2总分。 |
| 课程目标3 | 15% | 10% | 达成度={0.15×平时目标3成绩 + 0.1×期末目标3成绩}/目标3总分。 |
| 课程目标4 | 25% | 0% | 达成度= {0.25×平时目标4成绩 + 0×期末目标4成绩}/目标4总分。 |

**九、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 | 合理实施或设计实验方案，可以安全开展实验并正确采集数据并记录 | 比较合理地实施或设计实验方案，安全开展实验并正确采集数据并记录 | 能实施或设计实验方案，安全开展实验并正确采集数据并记录 | 经指导，能实施或设计实验方案并安全开展实验并正确采集数据并记录 | 不会实施或设计实验方案，不能安全开展实验并正确采集数据并记录 |
| 课程目标2 | 分工明确，团队协作，衔接有序，清楚各自在实验过程中承担的任务，使实验能够有条不紊展开 | 比较合理的分工，团队协作，衔接有序，清楚各自在实验过程中承担的任务，使实验能够顺利展开 | 能够合理分工，团队协作，衔接有序，清楚各自在实验过程中承担的任务，使实验能够顺利展开 | 经指导可以进行分工与，衔接较有序，比较清楚在实验过程中承担的任务，使实验能够顺利展开 | 不能够进行合理分工与协作，衔接不好有序，不清楚在实验过程中承担的任务，实验不能顺利展开 |
| 课程目标3 | 完整、准确处理实验数据、正确解释实验结果，得到合理结论，科学地表达实验结果 | 比较完整准确处理实验数据和解释实验结果，得到合理结论，并能比较有效地表达实验结果 | 可处理实验数据和解释实验结果，并通过信息综合得到合理结论，能客观地表达实验结果 | 经指导，能处理实验数据、对实验结果进行解释，得到合理结论，能较好地表达实验结果 | 不会准确处理实验数据并对实验结果解释，不会得到合理有效的结论，不能准确表达实验结果 |
| 课程目标4 | 全面掌握并综合理解实验，掌握原材料、安全、仪器运行与产品等的管理原理，具有多学科视野与工程思维 | 比较全面掌握并综合理解实验，掌握原材料、安全、仪器运行与产品等的管理原理，具有多学科视野与工程思维 | 可以掌握并综合理解实验，掌握原材料、安全、仪器运行与产品等的管理原理，具有多学科视野与工程思维 | 在指导下能较好理实验，掌握原材料、安全、仪器运行与产品等的管理原理，具有多学科视野与工程思维 | 不能掌握与理解实验，不能掌握原材料、安全、仪器运行与产品等的管理原理，不具有多学科视野与工程思维 |

执笔人：吴张雄、肖杰、孙胜鹏、李娜、傅楠、陈晓东

2021年