

**化学工程与工艺专业**

**实 验 课 程 大 纲**

石家庄学院化工学院

2023年9月

目 录

[《无机化学实验》课程教学大纲 3](#_Toc149555805)

[《大学物理实验B》课程大纲 15](#_Toc149555806)

[《分析化学实验》课程大纲 20](#_Toc149555807)

[《有机化学实验1》课程大纲 30](#_Toc149555808)

[《物理化学实验1》课程大纲 47](#_Toc149555809)

[《仪器分析实验》课程大纲 61](#_Toc149555810)

[《化工原理实验1》课程大纲 72](#_Toc149555811)

[《物理化学实验2》课程大纲 86](#_Toc149555812)

[《化工原理实验2》课程大纲 97](#_Toc149555813)

[《电工与电子技术实验》课程大纲 108](#_Toc149555814)

[《专业实验1：绿色精细有机合成》课程教学大纲 114](#_Toc149555815)

[《专业实验2：化工单元仿真》课程大纲 126](#_Toc149555816)

[《专业实验3：经典化工单元过程》课程大纲 138](#_Toc149555817)

# 《无机化学实验》课程教学大纲

一、课程基本信息

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 课程名称 | 无机化学实验 | 课程代码 | 0711203 |
| 课程类别 | 专业基础课 | 学时/学分 | 32/1 |
| 开课单位 | 化工学院 | 适用专业 | 化学工程与工艺 |
| 课程负责人 | 陈丁龙、张萍、张雪红、孙丽、张云霄、刘会敏 |
| 大纲撰写人 | 陈丁龙 | 大纲审核人 | 吕立强 |
| 先修课程 | 无 |
| 课程网址 | 学习通 |

二、课程学习目标及与毕业要求的对应关系

（一）课程学习目标

1．能够对复杂工程问题相关的无机化学基础原理进行实验验证。**【毕业要求4 研究】**

2.能够正确理解在解决复杂工程问题中的多学科团队作用，能够在一个多角色团队中独立或合作开展工作；具有合作协调意识。**【毕业要求9 个人和团队】**

（二）课程学习目标与毕业要求指标点的对应关系

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **毕业要求** | **毕业要求指标点** | **课程目标** |
| 4.研究 | 4.1能够对复杂工程问题相关的物理和化学基础原理进行实验验证(H) | 课程目标1 |
| 9.个人和团队 | 9.1能够明确团队中的角色和责任，在多学科背景下的团队中充分发挥个人作用(M) | 课程目标2 |

三、课程学习内容及与课程学习目标的对应关系

**（一）课程学习内容**

**实验一、仪器的认领、洗涤和干燥**

**【学习目标】**

1. 认知类目标：牢记实验室规则和安全守则；

2. 过程与方法类目标：实验过程中把实验安全放在首位；

3. 情感、态度、价值观类目标：牢固树立环保意识。

**【学习内容】**

1.实验目的性、实验室规则和安全守则教育。

2.认领仪器。

3.仪器的洗涤和干燥。

**【重点】**

1.实验室规则和安全守则教育。

2.认领仪器。

**【难点】**

无

**【实施方式】**理论+实验

**【学习要求】**

1. 掌握实验室规则和安全守则，并能够严格执行。

2. 熟悉常用实验仪器的名称、规格、主要用途和使用注意事项。

3. 练习并掌握常用玻璃仪器的洗涤及干燥方法。

**【实验要求】**

1.实验属性：基本技能性实验

2.开出要求：必做

3.分组要求： 2人1组

4.实验准备

①实验设备：毛刷、试管架、烘箱、气流烘干器。

②预习要求：了解实验室规则和安全守则，了解常用实验仪器的名称。

5.其他要求：在今后实验中能严格遵守实验室规则和安全守则，实验后分组轮流值日，保持实验室整洁。

**实验二、灯的使用、玻璃管加工和塞子钻孔**

**【学习目标】**

1. 认知类目标：掌握酒精喷灯的正确使用方法，能够进行简单的玻璃工操作；

2. 过程与方法类目标：培养自制简单实验用品的能力；

3. 情感、态度、价值观类目标：加强学生的安全意识。

**【学习内容】**

1.观察酒精喷灯的各部分的构造、点燃并调试。

2.玻璃管棒的加工。

3.塞子钻孔。

**【重点】**

1. 酒精喷灯的各部分的构造及使用方法。

2. 玻璃管的加工。

**【难点】**

玻璃管的拉细

**【实施方式】**实验

**【学习要求】**

1.了解酒精喷灯的构造、掌握正确的使用方法。

2.练习玻璃管的截断、弯曲、拉细、熔光及塞子钻孔等操作。

3.学会制作滴管、玻璃搅拌棒和胶塞钻孔并插入合适玻璃管。

**【实验要求】**

1.实验属性：基本技能性实验

2.开出要求：必做

3.分组要求： 2人1组

4.实验准备

①实验设备：酒精灯、酒精喷灯、锉刀、石棉网、钻孔器。

②预习要求：了解酒精喷灯的构造，了解玻璃管的截断、弯曲、拉细、熔光及塞子钻孔等操作。

5.其他要求：严格按照操作规程进行实验，避免在实验中出现烧伤、烫伤、扎伤等危险情况。实验后分组轮流值日，保持实验室整洁。

**实验三、分析天平的使用与镁的相对原子质量的测定**

**【学习目标】**

1. 认知类目标：学会置换法测定镁的相对原子质量的原理和方法；

2. 过程与方法类目标：学会置换法测定金属相对原子质量和摩尔气体常数的原理和方法；

3. 情感、态度、价值观类目标：通过实验误差的分析，培养学生实事求是的科学态度。

**【学习内容】**

1．熟悉天平的基本构造。

2．称量练习。

3．准备镁条。

4．安装仪器。

5．装入镁条和稀硫酸。

6．开始反应。

7．记录数据。

**【重点】**

1.置换法测定镁的相对原子质量的原理和方法。

2.学习正确使用量气管和检验实验装置气密性的方法。

**【难点】**

正确使用量气管和检验实验装置气密性。

**【实施方式】**理论**+**实验

**【学习要求】**

1．了解台秤和分析天平的基本构造、熟悉天平的使用规则；了解置换法测定镁的相对原子质量的原理和方法。

2．学习正确使用量气管和检验仪器装置气密性的方法。

3．了解气压计的结构、学习气压计的使用方法。

**【实验要求】**

1.实验属性：验证性实验

2.开出要求：必做

3.分组要求： 2人1组

4.实验准备

①实验设备：台秤、分析天平、称量瓶、量气管、气压计、长颈漏斗、试管、铁架台、蝶形夹。

药品试剂：镁条、稀硫酸。

②预习要求：了解台秤和分析天平的基本构造，了解置换法测定镁的相对原子质量的原理和方法。

5.其他要求：实验态度严谨，通过实验得到可靠的验证性数据。实验后分组轮流值日，保持实验室整洁。

**实验四、粗食盐的提纯**

**【学习目标】**

1. 认知类目标：掌握粗食盐提纯的原理和方法；

2. 过程与方法类目标：掌握溶解、过滤、蒸发和结晶等基本操作；

3. 情感、态度、价值观类目标：培养学生严谨的工作作风。

**【学习内容】**

1．粗食盐的提纯

2．产品的检验

**【重点】**

粗食盐的提纯

**【难点】**

实验中酸度调节时加入碱或酸的量。

**【实施方式】**理论**+**实验

**【学习要求】**

1．学习粗盐提纯的方法。

2．通过粗食盐的提纯实验，练习并掌握溶解、过滤、蒸发、结晶等基本操作。

**【实验要求】**

1.实验属性：基本技能性及验证性实验

2.开出要求：必做

3.分组要求： 2人1组

4.实验准备

①实验设备：烧杯、量筒、普通漏斗、漏斗架、吸滤瓶、布氏漏斗、三角架、石棉网、台秤、表面皿、广口瓶、铁架台。

药品试剂：NaCl(粗)、Na2CO3(饱和)、BaCl2、Na2C2O4(饱和)、HCl、NaOH、镁试剂。

②预习要求：了解粗盐提纯的原理和方法。

5.其他要求：实验中调节酸度时，要与比色卡比较，避免药品加入过量。实验后分组轮流值日，保持实验室整洁。

**实验五、硫酸亚铁铵的制备**

**【学习目标】**

1. 认知类目标：掌握硫酸亚铁铵的制备原理和方法；

2. 过程与方法类目标：掌握溶解、过滤、蒸发和结晶等基本操作；

3. 情感、态度、价值观类目标：培养学生严谨的工作作风。

**【学习内容】**

1．制备硫酸亚铁。

2．制备硫酸亚铁铵。

**【重点】**

1.硫酸亚铁铵的制备的原理和方法。

2. 无机化合物制备中溶解、加热、蒸发、浓缩、结晶、减压过滤等基本操作。

**【难点】**

蒸发浓缩过程中掌握火候的大小以及时间的长短。

**【实施方式】**理论**+**实验

**【学习要求】**

1．了解由金属制备盐的一种方法。

2．掌握无机化合物制备中溶解、加热、蒸发、浓缩、结晶、减压过滤等基本操作。

**【实验要求】**

1.实验属性：基本技能性及验证性实验

2.开出要求：必做

3.分组要求： 2人1组

4.实验准备

①实验设备：抽滤装置、台秤、烧杯、量筒、蒸发皿等。

药品试剂：铁粉、硫酸、硫酸铵。

②预习要求：了解硫酸亚铁铵的制备原理和方法。

5.其他要求：蒸发浓缩过程中掌握火候的大小以及时间的长短。实验后分组轮流值日，保持实验室整洁。

**实验六、二氧化碳相对分子质量的测定**

**【学习目标】**

1. 认知类目标：掌握气体相对密度法测定二氧化碳相对分子量的原理和方法；

2. 过程与方法类目标：掌握气体相对密度法测定气体相对分子量的原理和方法；

3. 情感、态度、价值观类目标：通过实验误差的分析，培养学生实事求是的科学态度。

**【学习内容】**

1．安装气体的发生、净化和收集装置。

2．利用气体发生器制备二氧化碳气体。

3．称量二氧化碳气体的质量。

4．数据记录和处理。

**【重点】**

1.控制气体发生装置，收集二氧化碳气体。

2. 分析天平准确称量质量。

**【难点】**

两次收集二氧化碳气体质量在1mg误差范围。

**【实施方式】**理论**+**实验

**【学习要求】**

1．了解运用气体相对密度法测定二氧化碳相对分子量的原理和方法。

2．练习气体发生器的使用，掌握制备、净化和收集二氧化碳气体的操作。

**【实验要求】**

1.实验属性：基本技能性及验证性实验

2.开出要求：必做

3.分组要求： 2人1组

4.实验准备

①实验设备：分析天平、气体发生器、台秤、洗气瓶、锥形瓶。

药品试剂：无水碳酸钠、盐酸、浓硫酸、碳酸氢钠。

②预习要求：了解气体相对密度法测定二氧化碳相对分子量的原理和方法。

5.其他要求：二氧化碳要收集满。实验后分组轮流值日，保持实验室整洁。

**实验七、五水合硫酸铜的制备与结晶水的测定**

**【学习目标】**

1. 认知类目标：掌握五水合硫酸铜的制备原理和方法；掌握五水合硫酸铜结晶水的测定原理和方法；

2. 过程与方法类目标：掌握无机化合物晶体及其结晶水的测定方法；

3. 情感、态度、价值观类目标：培养学生严谨的工作作风。

**【学习内容】**

1．制备硫酸铜粗品。

2．重结晶法提纯硫酸铜。

3．恒重坩埚

4．水合硫酸铜脱水

5．数据记录与处理

**【重点】**

1.五水合硫酸铜的制备。

2. 五水合硫酸铜结晶水的测定。

**【难点】**

五水合硫酸铜结晶水的测定过程中两次恒重操作。

**【实施方式】**理论**+**实验

**【学习要求】**

1、了解由金属制备盐的一种方法。

2、掌握无机化合物制备中溶解、加热、蒸发、浓缩、结晶、减压过滤等基本操作。

3、了解结晶水合物中结晶水含量的测定原理和方法。

4、学习干燥器等仪器的使用和恒重等基本操作。

**【实验要求】**

1.实验属性：基本技能性及验证性实验

2.开出要求：必做

3.分组要求： 2人1组

4.实验准备

①实验设备：抽滤装置、台秤、烧杯、量筒、蒸发皿、坩埚、干燥器等。

药品试剂：铜粉、硫酸、硝酸。

②预习要求：了解五水合硫酸铜的制备原理和方法，了解五水合硫酸铜结晶水的测定原理和方法。

5.其他要求：制备五水合硫酸铜时，要滴加浓硝酸。实验后分组轮流值日，保持实验室整洁。

**实验八、溶液的配制及酸碱滴定**

**【学习目标】**

1. 认知类目标：掌握溶液的配制及酸碱滴定的原理和操作；

2. 过程与方法类目标：掌握滴定的基本操作和测定方法；

3. 情感、态度、价值观类目标：培养学生严谨的工作作风。

**【学习内容】**

1．粗配溶液。

2．精配溶液。

3．滴定管的刷洗。

4．装液。

5．滴定。

6．数据处理。

**【重点】**

1.溶液的配制方法。

2. 酸碱滴定的原理和操作。

**【难点】**

酸碱滴定的规范操作。

**【实施方式】**理论**+**实验

**【学习要求】**

1．掌握一般溶液的配制方法的基本操作。

2．学习正确使用量筒、移液管、容量瓶、滴定管的方法。

3．掌握酸碱滴定的原理和操作，测定氢氧化钠和醋酸溶液的浓度。

**【实验要求】**

1.实验属性：基本技能性实验

2.开出要求：必做

3.分组要求： 2人1组

4.实验准备

①实验设备：台秤、分析天平、烧杯、量筒、移液管、容量瓶、吸量管、吸耳球、滴定管。

药品试剂：盐酸、氢氧化钠、酚酞。

②预习要求：了解一般溶液的配制方法，了解酸碱滴定的原理和操作。

5.其他要求：掌握酸碱滴定的规范操作。实验后分组轮流值日，保持实验室整洁。

（二）课程学习内容与课程学习目标的对应关系

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **课程学习内容** | **实施方式** | **支撑的课程目标** | **学时安排** |
| 实验一、仪器的认领、洗涤和干燥。 | 课堂讲授、小组实验 | 课程目标1、2 | 2 |
| 实验二、灯的使用、玻璃管加工和塞子钻孔。 | 课堂讲授、小组实验 | 课程目标1、2 | 4 |
| 实验三、分析天平的使用与镁的相对原子质量的测定。 | 课堂讲授、小组实验 | 课程目标1、2 | 4 |
| 实验四、粗食盐的提纯。 | 课堂讲授、小组实验 | 课程目标1、2 | 5 |
| 实验五、硫酸亚铁铵的制备。 | 课堂讲授、小组实验 | 课程目标1、2 | 4 |
| 实验六、二氧化碳相对分子质量的测定。 | 课堂讲授、小组实验 | 课程目标1、2 | 3 |
| 实验七、五水合硫酸铜的制备与结晶水的测定。 | 课堂讲授、小组实验 | 课程目标1、2 | 5 |
| 实验八、溶液的配制及酸碱滴定。 | 课堂讲授、小组实验 | 课程目标1、2 | 5 |
| **合计** | 32 |

四、课程考核及与课程学习目标的对应关系

（一）课程考核内容、考核方式与课程学习目标的对应关系

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程目标** | **考核内容** | **考核方式** |
| 课程目标1 | 实验一、仪器的认领、洗涤和干燥。实验二、灯的使用、玻璃管加工和塞子钻孔。实验三、分析天平的使用与镁的相对原子质量的测定。实验四、粗食盐的提纯。实验五、硫酸亚铁铵的制备。实验六、二氧化碳相对分子质量的测定。实验七、五水合硫酸铜的制备与结晶水的测定。实验八、溶液的配制及酸碱滴定。 | 1.课堂出勤2.平时操作3.实验报告4.实验考试 |
| 课程目标2 | 实验一、仪器的认领、洗涤和干燥。实验二、灯的使用、玻璃管加工和塞子钻孔。实验三、分析天平的使用与镁的相对原子质量的测定。实验四、粗食盐的提纯。实验五、硫酸亚铁铵的制备。实验六、二氧化碳相对分子质量的测定。实验七、五水合硫酸铜的制备与结晶水的测定。实验八、溶液的配制及酸碱滴定。 | 1.课堂出勤2.平时操作3.实验报告 |

（二）课程目标达成评价方式及考核比例

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程目标** | **考核方式及成绩比例（%）** | **合计** |
| **平时操作（包括实验预习）** | **实验报告** | **实验考试** |
| 课程目标1 |  | 20 | 50 | 70 |
| 课程目标2 | 30 |  |  | 30 |
| 合计 | 30 | 20 | 50 | 100 |

五、成绩评定

（一）总成绩评定

总成绩=平时成绩×50% + 期末成绩×50%

（二）平时成绩评定

平时成绩（100%）= 平时操作（包括实验预习）（60%） + 实验报告（40%）

（三）期末成绩评定

期末成绩（100%）= 实验操作（50%）+ 口头问答（50%）

六、使用教材、相关推荐书目及课程资源

（一）使用教材（或实验指导书）

李铭岫主编：《无机化学实验》（第一版），北京理工大学出版社，2009年版

（二）相关推荐书目

1. 北京师范大学无机化学教研室等编：《无机化学实验》（第二版），高等教育出版社，1991年版；

2. 徐家宁等合编：《基础化学实验》（上册），高等教育出版社，2006年版；

3. 申金山等编：《化学实验》（上、中册），化学工业出版社，2009年版。

（三）课程资源

在学习通在线网站建立了网络课程。

学习通上收集了无机化学实验的相关视频资料，学生可以结合视频资料提高自己在实验室进行实验的水平，使自己的实验能力得到有效的提高。

七、课程大纲制定依据

本课程大纲依据2023年化学工程与工艺专业人才培养方案制定。

# 《大学物理实验B》课程大纲

一、课程基本信息

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 课程名称 | 大学物理实验B | 课程代码 | 0600008 |
| 课程类别 | 实验（独立设置） | 学时/学分 | 32课时/1学分 |
| 开课单位 | 理学院 | 适用专业 | 化学工程与工艺 |
| 课程负责人 |  韩万强 |
| 大纲撰写人 | 韩万强 | 大纲审核人 | 史少辉 |
| 先修课程 | 先修《高等数学》《大学物理B》课程 |
| 课程网址 |  |

二、课程学习目标及与毕业要求的对应关系

（一）课程学习目标

通过本课程的学习，使学生达到以下目标：

1. 通过实验课程的学习，使学生能够熟练掌握仪器的使用方法，理解物理实验的基本原理，会设计和测量，从而提高学生的实验技能和解决问题的能力，培养学生交流合作能力，严肃认真、实事求是的科学态度，以及创新思维和综合应用能力。【毕业要求1.工程知识】【毕业要求4.研究】
2. 让学生了解物理规律相关发展史，培养学生的探索精神、创新意识和爱国情怀。培养学生的沟通交流能力与团队合作精神，养成理论与实践相结合的学习和研究习惯，养成认真、求实、勤奋的工作作风。【毕业要求9.个人与团队】
3. 课程学习目标与毕业要求指标点的对应关系

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **毕业要求** | **毕业要求指标点** | **课程目标** |
| 1工程知识 | 1.2能够运用物理和化学知识对化工过程中工程问题进行基础理论过程分析；（H） | 课程目标1 |
| 4研究 | 4.1 掌握基本实验方法，能够对电气工程相关的各类物理现象、元器件特性和单元性能进行研究和实验验证；（M） | 课程目标1 |
| 9个人和团队 | 9.1能够明确团队中的角色和责任，在多学科背景下的团队中充分发挥个人作用。（L） | 课程目标2 |

三、课程学习内容及与课程学习目标的对应关系

**（一）课程学习内容**

**【学习目标】**

1. 认知类目标：使学生了解和掌握物理实验的基本原理和测量，从而加深学生对大学物理理论的认识和理解。逐步学会常用的物理实验方法，掌握实验室常用仪器的性能，并能正确使用，同时掌握常用的实验操作技术，提高学生的实验技能和解决问题的能力。

2. 过程与方法类目标：提高学生的实验技能和解决问题的能力，培养学生严肃认真、实事求是的科学态度和工作作风。

3. 情感、态度、价值观类目标：培养学生的创新思维和综合应用能力。

**【学习内容】**

**除教学内容（1）之外任选7个实验项目以达到教学要求的32学时**

（1）实验误差与数据处理 （4学时）

（2）长度和体积的测量 （4学时）

（3）单摆的研究 （4学时）

（4）转动惯量的测定 （扭摆法） （4学时）

（5）伏安法测电阻 （4学时）

（6）磁场描绘 （4学时）

（7）静电场的描绘 （4学时）

（8）用箱式惠斯登电桥测电阻 （4学时）

（9）弦振动的研究（4学时）

（10）液体比热容的测定（4学时）

（11）热功当量的测定（4学时）

（12）用牛顿环测平凸透镜的曲率半径（4学时）

（13）用迈克尔逊干涉仪测激光的波长（4学时）

**3.重点：**主要训练学生正确使用力学、热、电磁学和光学基本实验仪器；了解仪器的基本原理、结构和使用方法。通过基本实验的训练使学生养成良好的实验习惯；掌握基本的实验方法和基本实验技能；学习基本的误差理论及实验数据处理方法；培养学生实验报告的写作能力。为后继课程的学习打下坚实的基础。

**4.难点：**以综合性、设计性为主的实验，应用综合实验方法和技能系统研究力、热、电、光学物理量的测量，并且逐步引进现代物理实验的方法，培养学生综合思维和综合应用知识和技术的能力。

【**实施方式**】

理论讲授+实验操作。

**【实验要求】**

1.实验属性:验证性实验

2.开出要求:必做实验4个、选做不少于3个

3.分组要求:1-2人1组

4.实验准备:实验室老师需提前将实验设备检查完好；学生需提前做好实验预习。

5.其他要求：注重理论教学与实践教学相结合，培养沟通合作交流的能力，注重新知识、新方法、新工艺、新技术的学习和应用。

（二）课程学习内容与课程学习目标的对应关系

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **课程学习内容** | **实施方式** | **支撑的课程目标** | **学时安排** |
| （1）实验误差与数据处理 | 课堂讲授 | 课程目标1 | 4 |
| （2）长度和体积的测量 | 课堂讲授、小组实验 | 课程目标1、2 | 4 |
| （3-13）中六个（力热光电）适当组合实验 | 课堂讲授、小组实验 | 课程目标1、2 | 24 |
| **合计** | 32 |

四、课程考核及与课程学习目标的对应关系

（一）课程考核内容、考核方式与课程学习目标的对应关系

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程目标** | **考核内容** | **考核方式** |
| 课程目标1 | 随堂表现（1）及所选的7个实验项目 | 1.实验预习2.上课表现3.实验报告4.期末考试 |
| 课程目标2 | 上课表现 | 1.上课表现 |

（二）课程目标达成评价方式及考核比例

1．单个实验项目考核办法

实验中，基本实验项目按100分计算成绩，成绩构成包括：

(1)预习实验，占成绩的10%。

(1)上课表现，按时上课，积极动手，操作规范，合作良好，占20%。

(2)具有一定的实验操作动手能力，实验态度认真，完成规定实验内容，合理记录实验数据并能规范书写实验报告，合理分析实验结果占70%。

2．实验总成绩考核办法

全部实验项目的平均成绩占60%，实验现场考核成绩占40%。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程目标** | **考核方式及成绩比例（%）** | **合计** |
| **实验预习** | **上课表现** | **实验报告** | **期末考试** |
| 课程目标1 | 6 |  | 42 | 40 | 88 |
| 课程目标2 |  | 12 |  |  | 12 |
| 合计 | 6 | 12 | 42 | 40 | 100 |

五、成绩评定

（一）总成绩评定

总成绩=平时成绩×60%+期末成绩×40%

（二）平时成绩评定

平时成绩（100%）=实验预习（10%）+ 上课表现（20%）+实验报告（70%）

（三）期末成绩评定

期末成绩（100%）=实验操作（70%）+数据处理（30%）

六、使用教材、相关推荐书目及课程资源

（一）实验指导书

史少辉等编：《大学物理实验》，北京理工大学出版社，2020年出版。

（二）相关推荐书目

1.张士欣主编：《基础物理实验》，北京科学技术出版社，1993年版；

2.吕斯骅主编：《基础物理实验》，北京大学出版社，2002年版 ；

3.孙闻东等主编：《物理化学实验》，东北师范大学出版社，2005年版；

4.王莱编：《大学物理实验》，国防科技大学出版社，2009年版；

5.[张映辉](http://book.jd.com/writer/%E6%88%90%E5%85%83%E5%8F%91_1.html)编：《大学物理实验》，机械工业出版社，2010年版；

6.褚润通主编：《大学物理实验》，复旦大学出版社，2016年版。

七、课程大纲制定依据

本课程大纲依据2023年化学工程与工艺专业人才培养方案制定。

# 《分析化学实验》课程大纲

一、课程基本信息

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 课程名称 | 分析化学实验 | 课程代码 | 0700208 |
| 课程类别 | 实验 | 学时/学分 | 32/1 |
| 开课单位 | 化工学院 | 适用专业 | 化学工程与工艺 |
| 课程负责人 | 分析化学课程组 |
| 大纲撰写人 | 王惠英 | 大纲审核人 | 吕立强 |
| 先修课程 | 《无机化学》、《分析化学》 |
| 课程网址 |  |

二、课程学习目标及与毕业要求的对应关系

（一）课程学习目标

1. 能够对复杂工程问题相关的物理和化学基础原理进行实验验证。**【毕业要求4研究】**

2. 能够明确团队中的角色和责任，在多学科背景下的团队中充分发挥个人作用。**【毕业要求9 个人和团队】**

（二）课程学习目标与毕业要求指标点的对应关系

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **毕业要求** | **毕业要求指标点** | **课程目标** |
| 4. 研究 | 4.1能够对复杂工程问题相关的物理和化学基础原理进行实验验证。（H） | 课程目标1 |
| 9. 个人和团队 | 9.1能够明确团队中的角色和责任，在多学科背景下的团队中充分发挥个人作用。（M） | 课程目标2 |

三、课程学习内容及与课程学习目标的对应关系

**（一）课程学习内容**

实验一 分析天平称量练习（4学时）

**【学习目标】**

1. 认知类目标：学习分析天平的基本操作和常用实验方法；

2. 过程与方法类目标：熟悉电子分析天平的原理和使用规则；

3. 情感、态度、价值观类目标：培养学生仔细观察和细微操作的能力以及准确、整齐、简明记录实验原始数据的习惯。

**【学习内容】**

1. 电子分析天平的原理和使用规则。

2. 学习分析天平的基本操作和常用实验方法。

**【重点】**

分析天平的规范使用

**【难点】**

分析天平的规范使用，分析化学实验数据的正确记录及处理。

**【实施方式】**

理论+实验

**【学习要求】**

1. 熟练分析天平的基本操作和常用称量方法；

2. 掌握直接称量法、固定质量称量法和递减称量法，并运用这三种方法进行称量。

**【实验要求】**

1. 实验属性：验证性实验

2. 开出要求：必做

3. 分组要求：2人1组

4. 实验准备

① Na2CO3试样；电子分析天平（精度0.0001g），表面皿，称量瓶，小烧杯， 小药匙。

② 预习要求，预习天平的基本结构和操作方法。

5. 其他要求：严格按规范操作进行实验；实验后分组轮流值日，保持天平室、实验室整洁。

实验二 酸碱溶液的配制与互相滴定（5学时）

**【学习目标】**

1. 认知类目标：学习滴定分析常用仪器的洗涤和正确使用方法；

2. 过程与方法类目标：学会确定以甲基橙、酚酞为指示剂的滴定终点；

3. 情感、态度、价值观类目标：培养学生仔细观察和手眼协调配合操作的能力。

**【学习内容】**

1. 滴定分析常用仪器的洗涤和正确使用方法。

2. 以甲基橙、酚酞为指示剂的滴定终点。

**【重点】**

滴定管、锥形瓶的规范使用，分析化学实验数据的正确记录及处理。

**【难点】**

滴定管、锥形瓶的规范使用

**【实施方式】**

理论+实验

**【学习要求】**

1. 掌握滴定分析常用仪器的洗涤和正确使用方法；

2. 通过练习滴定操作，初步掌握甲基橙、酚酞指示剂终点的确定。

**【实验要求】**

1. 实验属性：验证性实验

2. 开出要求：必做

3. 分组要求：2人1组

4. 实验准备

①HCl溶液，NaOH固体，甲基橙指示剂，酚酞指示剂，酸式和碱式滴定管，锥形瓶，烧杯，量筒，移液管。

②预习要求，预习滴定分析基本操作方法。

5. 其他要求：严格按规范操作进行实验；实验后分组轮流值日，保持天平室、实验室整洁。

实验三 碱灰中总碱度的的测定 (4学时)

**【学习目标】**

1. 认知类目标：了解酸碱过程中溶液pH的变化以及指示剂的选择；

2. 过程与方法类目标：学习碱灰中总碱度的测定方法和原理；

3. 情感、态度、价值观类目标：培养学生学以致用的思想。

**【学习内容】**

1. 强酸滴定弱碱过程中溶液pH的变化以及指示剂的选择。

2. 碱灰中总碱度的测定方法。

**【重点】**

强酸滴定弱碱过程中溶液pH的变化以及指示剂的选择。

**【难点】**

强酸滴定弱碱过程中溶液pH的变化

**【实施方式】**

理论+实验

**【学习要求】**

1. 学会用强酸滴定弱碱的方法测定碱灰中总碱度。

2. 通过对测量结果的分析，掌握数据处理的方法。

**【实验要求】**

1. 实验属性：验证性实验

2. 开出要求：必做

3. 分组要求：2人1组

4. 实验准备

① HCl（6mol/L），无水碳酸钠（AR），甲基橙指示剂，碱灰试样（工业碳酸钠）；电子分析天平，滴定管，移液管，锥形瓶，烧杯。

②预习要求，预习本节实验内容，复习滴定分析基本操作方法和天平的基本操作。

5. 其他要求：严格按规范操作进行实验；实验后分组轮流值日，保持天平室、实验室整洁。

实验四 自来水总硬度的测定（5学时）

**【学习目标】**

1. 认知类目标：了解水硬度的含义及其测定的实际意义；

2. 过程与方法类目标：学会用络合滴定法测定水硬度；

3. 情感、态度、价值观类目标：培养学生节约用水的习惯和环保意识。

**【学习内容】**

1. 水的硬度的含义、表示方法及其测定意义。

2. 配位滴定测定钙、镁含量的原理和操作技术。

3. 铬黑T和钙指示剂的应用条件和终点颜色变化。

**【重点】**

测定钙、镁含量的原理，铬黑T和钙指示剂应用条件和终点颜色变化。

**【难点】**

铬黑T和钙指示剂应用条件和终点颜色变化。

**【实施方式】**

理论+实验

**【学习要求】**

1. 学会用络合滴定法测定水硬度。

2. 通过对测量结果的分析，掌握数据处理的方法。

**【实验要求】**

1. 实验属性：验证性实验

2. 开出要求：必做

3. 分组要求：2人1组

4.实验准备

① EDTA二钠盐，NH3-NH4Cl缓冲溶液，铬黑T指示剂，ZnO固体， HCl溶液，甲基红指示剂，氨水，三乙醇胺溶液，钙指示剂，NaOH溶液；电子天平，酸式滴定管，锥形瓶，容量瓶，移液管。

②预习要求，熟悉自来水硬度测定的原理及方法。

5. 其他要求：严格按规范操作进行实验；实验后分组轮流值日，保持天平室、实验室整洁。

实验五 化学需氧量的测定（5学时）

**【学习目标】**

1. 认知类目标：了解环境分析的重要性及水样的保存方法；了解水样的化学需氧量与水体污染的关系；

2. 过程与方法类目标：用高锰酸钾法测定污染水样COD的方法；

3. 情感、态度、价值观类目标：培养学生辨别水体污染程度的能力，增强环保意识；培养学生的团队协作能力。

**【学习内容】**

1. 掌握KMnO4法测定水中化学耗氧量的方法。

2. 滴定法的操作。

**【重点】**

KMnO4法测定水中化学耗氧量的原理和方法。

**【难点】**

KMnO4法测定水中化学耗氧量的方法。

**【实施方式】**

理论+实验

**【学习要求】**

1. 学会用氧化还原滴定法测定水样COD；

2. 通过对测量结果的分析，掌握数据处理的方法。

**【实验要求】**

1. 实验属性：综合性实验

2. 开出要求：必做

3. 分组要求：2人1组

4. 实验准备

① KMnO4溶液，基准Na2C2O4，H2SO4溶液，水样；电子分析天平，容量瓶，移液管，酸式滴定管，锥形瓶，酒精灯，石棉网。

②预习要求，KMnO4法测定水中化学耗氧量的原理和方法，终点的判断。

5. 其他要求：严格按规范操作进行实验；实验后分组轮流值日，保持天平室、实验室整洁。

实验六 莫尔法测定可溶性氯化物中氯含量（4学时）

**【学习目标】**

1. 认知类目标：了解此方法对酸度的要求及酸度的变化对测定结果的影响；

2. 过程与方法类目标：掌握配制和标定AgNO3标准溶液的方法；掌握莫尔法测定氯含量的原理与方法；

3. 情感、态度、价值观类目标：掌握回收重金属方法，增强节约药品及环保意识。

**【学习内容】**

1. 学会AgNO3标准溶液的配制及标定。

2. 莫尔法测定氯的原理、滴定条件及操作方法。

**【重点】**

掌握莫尔法测定氯的原理、滴定条件及操作方法。

**【难点】**

莫尔法滴定终点时颜色突变的把握。

**【实施方式】**

理论+实验

**【学习要求】**

1. 学会用沉淀滴定法测定氯含量。

2. 掌握配制和标定AgNO3标准溶液的方法。

3. 掌握莫尔法滴定的原理和实验操作。

**【实验要求】**

1. 实验属性：验证性实验

2. 开出要求：必做

3. 分组要求：2人1组

4. 实验准备

① NaCl基准试剂，AgNO3溶液，K2CrO4溶液，NaCl试样；酸式滴定管，容量瓶，移液管，锥形瓶，烧杯。

②预习要求，预习莫尔法测定氯含量的原理及操作方法。

5. 其他要求：严格按规范操作进行实验；实验后分组轮流值日，保持天平室、实验室整洁。

实验七 邻二氮菲分光光度法测定铁的含量（5学时）

**【学习目标】**

1. 认知类目标：了解分光光度计的结构；

2. 过程与方法类目标：掌握分光光度计的使用方法；掌握分光光度法测定铁的原理和方法；

3. 情感、态度、价值观类目标：培养学生使用仪器进行微量组分分析测试的能力，培养学生严谨的作风和实事求是的科学态度，培养学生的团队协作能力。

**【学习内容】**

1. 光度法中标准曲线的绘制和试样的测定方法。

2. 分光光度计的性能、结构及使用方法。

**【重点】**

光度法测定铁的原理及方法；标准曲线的绘制。

**【难点】**

分光光度计的使用方法。

**【实施方式】**

理论+实验

**【学习要求】**

1. 掌握分光光度计的使用方法。

2. 掌握用分光光度法测定铁含量的原理及方法。

**【实验要求】**

1. 实验属性：验证性实验

2. 开出要求：必做

3. 分组要求：2人1组

4.实验准备

① 100mL烧杯、50mL容量瓶、吸量管(5mL、2mL、10mL)、玻棒、分光光度计、铁标准工作溶液（10ug·mL-1）、邻二氮菲溶液、盐酸羟胺溶液、NaAc溶液。

②预习要求，预习分光光度法测定铁的原理，分光光度计的基本操作方法。

5. 其他要求：严格按规范操作进行实验；实验后分组轮流值日，保持天平室、实验室整洁。

（二）课程学习内容与课程学习目标的对应关系

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **课程学习内容** | **实施方式** | **支撑的课程目标** | **学时安排** |
| 实验一 分析天平称量练习 | 课堂讲授、小组实验 | 课程目标1、2 | 4 |
| 实验二 酸碱溶液的配制与互相滴定 | 课堂讲授、小组实验 | 课程目标1、2 | 5 |
| 实验三 碱灰中总碱度的的测定 | 课堂讲授、小组实验 | 课程目标1、2 | 4 |
| 实验四 自来水总硬度的测定 | 课堂讲授、小组实验 | 课程目标1、2 | 5 |
| 实验五 化学需氧量的测定 | 课堂讲授、小组实验 | 课程目标1、2 | 5 |
| 实验六 莫尔法测定可溶性氯化物中氯含量 | 课堂讲授、小组实验 | 课程目标1、2 | 4 |
| 实验七 邻二氮菲分光光度法测定铁的含量 | 课堂讲授、小组实验 | 课程目标1、2 | 5 |
| **合计** | 32 |

四、课程考核及与课程学习目标的对应关系

（一）课程考核内容、考核方式与课程学习目标的对应关系

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程目标** | **考核内容** | **考核方式** |
| 课程目标1 | 实验一 分析天平称量练习实验二 酸碱溶液的配制与互相滴定实验三 碱灰中总碱度的的测定实验四 自来水总硬度的测定实验五 化学需氧量的测定实验六 莫尔法测定可溶性氯化物中氯含量实验七 邻二氮菲分光光度法测定铁的含量 | 1.出勤情况2.实验操作3.实验报告4.实验考试 |
| 课程目标2 | 实验一 分析天平称量练习实验二 酸碱溶液的配制与互相滴定实验三 碱灰中总碱度的的测定实验四 自来水总硬度的测定实验五 化学需氧量的测定实验六 莫尔法测定可溶性氯化物中氯含量实验七 邻二氮菲分光光度法测定铁的含量 | 1.出勤情况2.实验操作3.实验报告4.实验考试 |

（二）课程目标达成评价方式及考核比例

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程目标** | **考核方式及成绩比例（%）** | **合计** |
| **出勤情况** | **实验操作（包括实验预习）** | **实验报告** | **实验考试** |
| 课程目标1 | 5 | 10 | 10 | 25 | 50 |
| 课程目标2 | 5 | 10 | 10 | 25 | 50 |
| 合计 | 10 | 20 | 20 | 50 | 100 |

五、成绩评定

（一）总成绩评定

总成绩=平时成绩×50% + 期末成绩×50%

（二）平时成绩评定

平时成绩（100%）=出勤情况（20% ）+ 实验操作（包括实验预习）（40%） + 实验报告（40%）

（三）期末成绩评定

期末成绩（100%）= 实验操作（100%）

六、使用教材、相关推荐书目及课程资源

（一）使用教材（或实验指导书）

柳玉英等主编：《分析化学实验》，化学工业出版社，2018年版

（二）相关推荐书目

1. 武汉大学主编：《分析化学实验》第5版，高等教育出版社，2012年版；

2. 武汉大学主编：《分析化学实验》第6版，高等教育出版社，2021年版；

3. 王亦军，李月云等主编：《分析化学实验》，化学工业出版社，2012；

4. 申金山、许明远等主编：《化学实验》上、中册，化学工业出版社，2009；

5. 徐家宁，门瑞芝等主编：《基础化学实验》上册，高等教育出版社，2006。

（三）课程资源

1. 在学习通平台建立《分析化学实验》网络课程，上传了课程的讲义、相关实验视频资料和电子课本等资源。

七、课程大纲制定依据

本课程大纲依据2023年化学工程与工艺专业人才培养方案制定。

# 《有机化学实验1》课程大纲

一、课程基本信息

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 课程名称 | 有机化学实验 | 课程代码 | 0700206 |
| 课程类别 | 实验 | 学时/学分 | 48/1.5 |
| 开课单位 | 化工学院 | 适用专业 | 化学工程与工艺 |
| 课程负责人 | 有机化学课程组 |
| 大纲撰写人 | 陈硕 | 大纲审核人 | 吕立强 |
| 先修课程 | 《无机化学实验》、《分析化学实验》、《有机化学》 |
| 课程网址 | 学习通平台有机化学实验（化学工艺与工程） |

二、课程学习目标及与毕业要求的对应关系

（一）课程学习目标

通过本课程的学习，使学生达到以下目标：

1.培养学生实事求是、严谨务实的科学态度和良好的实验室工作习惯，强化安全与环保意识，倡导团队协作和互助精神。【毕业要求9 个人和团队】

2.掌握有机化学实验的基本操作和技能，掌握合成实验的基本步骤和常见实验装置，学会正确选择有机化合物的合成、分离、提纯和分析鉴定的方法。【毕业要求4 研究】

3.验证和巩固化学基础理论知识，增强运用理论知识解决实际问题的能力，加强学生实验现象观察、实验过程记录、实验数据处理的能力，为今后从事科学研究工作打下良好的实验基础。【毕业要求4 研究】

（二）课程学习目标与毕业要求指标点的对应关系

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **毕业要求** | **毕业要求指标点** | **课程目标** |
| 4.研究 | 4.1能够对复杂工程问题相关的物理和化学基础原理进行实验验证。（H） | 课程目标2课程目标3 |
| 9.个人和团队 | 9.1 能够明确团队中的角色和责任，在多学科背景下的团队中充分发挥个人作用。(M) | 课程目标1 |

三、课程学习内容及与课程学习目标的对应关系

**（一）课程学习内容**

实验项目一 有机化学实验的一般知识

**【学习目标】**学习有机化学实验的一般知识；强化学生安全环保意识和责任意识，培养学生良好的实验习惯。

**【学习内容】**

1. 有机化学实验室规则和要求。
2. 有机化学实验室安全知识。
3. 有机化学实验室常用玻璃仪器的认知和清洗。
4. 实验预习、记录和实验报告的基本要求。

**【重点】**

1. 有机化学实验室规则和实验室的安全知识。

2. 实验记录和实验报告的书写。

**【难点】**

1. 实验记录和实验报告的书写。

**【实施方式】**

1. 线上讲授+线上测试。
2. 线下讲授+线下认知。

**【学习要求】**

1. 掌握有机化学实验室规则和实验室的安全知识。

2. 了解有机化学实验常用标准磨口仪器及常用设备使用方法。

3. 熟悉实验预习、实验记录和实验报告的书写。

**【实验要求】**

1. 实验属性：讲解性实验。
2. 开出要求：必做。
3. 分组要求：1人1组。
4. 实验准备：①线上教学平台的建立；②线上相关教学资源的建立；③要求学生预习。

实验项目二 蒸馏和沸点的测定

**【学习目标】**学习测定沸点和蒸馏的意义；学会蒸馏装置的安装及操作方法；培养学生实事求是的科学态度及良好的实验习惯。

**【学习内容】**

1. 蒸馏装置的组装，温度计的位置，冷凝水的流向，沸石的使用。

2. 用蒸馏法分离提纯液态有机混合物（乙醇和水的混合物）。

3. 测定有机化合物的沸点，并与文献值比较。

**【重点】**

1. 蒸馏法测定沸点的原理和方法。

**【难点】**

1. 蒸馏装置的组装和加热速度的控制。

**【实施方式】**

1. 线上预习+线上测试。
2. 线下讲授+线下实验。

**【学习要求】**

1. 理解蒸馏的含义，了解蒸馏操作分离有机物的适用范围。

2. 理解测定沸点的意义，学习常量法（即蒸馏法）测定沸点的原理和方法。

3. 掌握蒸馏装置的装配、拆卸和正确进行蒸馏的操作方法。

**【实验要求】**

1. 实验属性：基本操作实验。
2. 开出要求：必做。
3. 分组要求：2人1组。
4. 实验准备：①线上教学平台的建立；②线上相关教学资源的建立；③仪器设备：蒸馏实验装置、电热套、升降台、铁架台等，药品试剂：乙醇、自来水等；④要求学生预习。
5. 课下思考题

（1）什么叫沸点？液体的沸点和大气压有什么关系？

（2）蒸馏时加入沸石的作用是什么？如果蒸馏前忘记加沸石，能否立即将沸石加至将近沸腾的液体中？当重新蒸馏时，用过的沸石能否继续使用？

（3）在蒸馏装置中，把温度计水银球插至液面上或者在蒸馏头支管口上，是否正确？为什么？

（4）当加热后有馏出液出来时,才发现冷凝管未通水，请问能否马上通水？如果不行，应怎么办？

实验项目三 萃取和洗涤

**【学习目标】**学习萃取和洗涤的原理及应用；学会分液漏斗的使用方法；培养学生实事求是的科学态度及良好的实验习惯。

**【学习内容】**

1. 分液漏斗的洗涤和检漏。

2. 以乙酸乙酯为萃取剂，萃取醋酸水溶液中的醋酸，少量多次，放气。

3. 酸碱滴定，计算萃取率和分配系数。

**【重点】**

1. 萃取的原理。
2. 萃取的操作。

**【难点】**

1.操作规范。

**【实施方式】**

1. 线上预习+线上测试。
2. 线下讲授+线下实验。

**【学习要求】**

1. 理解萃取分离的基本原理。

2. 了解分液漏斗的分类、用途和维护。

3. 掌握正确的萃取与洗涤操作方法。

**【实验要求】**

1. 实验属性：基本操作实验。
2. 开出要求：必做。
3. 分组要求：1人1组。
4. 实验准备：①线上教学平台的建立；②线上相关教学资源的建立；③仪器设备：分液漏斗、移液管、碱式滴定管、铁圈、铁架台、锥形瓶等，药品试剂：醋酸水溶液、乙酸乙酯、氢氧化钠、酚酞等；④要求学生预习。
5. 课下思考题

（1）影响萃取法的萃取效率的因素有哪些？怎样才能选择好溶剂？

（2）下一层的液体从哪里放出来？放出液体时为了分离彻底，应该怎样操作？留在分液漏斗中的上层液体，应从哪里倾入另一容器中？

（3）萃取时发生乳化现象，有什么方法消除乳化？

（4）使用完毕分液漏斗，应怎样保存分液漏斗？

实验项目四 熔点的测定

**【学习目标】**学习测定熔点的意义；学会测定固态有机化合物熔点的b形管法；培养学生的实验观察能力和团队协作精神。

**【学习内容】**

1. 安装Thiele管(又叫b型管)，加入传热介质液体石蜡。

2. 熔点管中加入待测样品（纯净物、混合物），样品高度，多次自由落体。

3. 熔点测定，注意升温速度的控制。

4. 讲解熔点测定仪的使用方法。

**【重点】**

1. 样品的填装。

2. 熔点测定的操作。

**【难点】**

1. 样品熔化过程的观察。

2. 和升温速度的控制。

**【实施方式】**

1. 线上预习+线上测试。
2. 线下讲授+线下实验。

**【学习要求】**

1. 了解熔点测定的原理和意义。
2. 掌握毛细管法测定熔点的操作。

3. 了解熔点测定仪的使用方法。

**【实验要求】**

1. 实验属性：基本操作实验。
2. 开出要求：必做。
3. 分组要求：2人1组。
4. 实验准备：①线上教学平台的建立；②线上相关教学资源的建立；③仪器设备：b形管、表面皿、长玻璃管、铁架台、熔点管、切口木塞、温度计、酒精灯、熔点仪等，药品试剂：液体石蜡、苯甲酸、尿素等；④要求学生预习。
5. 课下思考题

（1）测定有机化合物的熔点有和意义？

（2）若样品研磨的不细，对装样品有什么影响？对测定有机物的熔点数据是否可靠？

1. 是否可以使用第一次测定熔点时已经熔化了的有机化合物再做第二次测定呢？为什么？

 （4）接近熔点时升温速度为何要控制得很慢？如升温太快，有什么影响？

实验项目五 薄层色谱

**【学习目标】**学习薄层色谱法的原理、操作方法，学习植物中天然成分提取的基本思路和过程；培养学生实事求是的科学态度及分析问题的初步能力。

**【学习内容】**

1. 薄层板的制备。

2. 菠菜色素的提取。

3. 薄层色谱法分离菠菜色素，点样，展开。

4. Rf的计算。

**【重点】**

1. 薄层色谱的原理、应用和操作。

**【难点】**

1. 薄层板的制备。

**【实施方式】**

1. 线上预习+线上测试。
2. 线下讲授+线下实验。

**【学习要求】**

1. 理解薄层色谱分离的原理及应用。

2. 掌握比移值（Rf）的计算方法。

3. 熟练掌握薄层色谱的操作步骤和方法。

4. 了解绿色植物色素的提取和分离过程。

**【实验要求】**

1. 实验属性：基本操作实验。
2. 开出要求：必做。
3. 分组要求：1人1组。
4. 实验准备：①线上教学平台的建立；②线上相关教学资源的建立；③仪器设备：载玻片、烘箱、研钵、层析缸、镊子、分液漏斗等，材料试剂：菠菜、硅胶G、CMC、石油醚、乙醇、苯、氯化钠、硫酸钠等；④要求学生预习。
5. 课下思考题

（1）怎样选择合适的展开剂?展开剂极性太大或太小会有什么影响？

（2）为什么样品斑点直径约为1～2mm？

（3）薄层板涂层不均匀会对分离有什么影响？

（4）为什么展开时，层析缸内蒸气要达到饱和？蒸气不饱和对薄层色谱有什么影响？

（5）为什么点样完毕后先令溶剂挥发后再进行展开？

实验项目六 从茶叶提取咖啡因

**【学习目标】**学习从茶叶中提取咖啡因的原理和方法；学习索氏提取和升华基本操作；培养学生从化学专业的角度思考、分析问题，提升化学专业素养；强化学生安全意识，培养学生的实验观察能力和良好的实验习惯。

**【学习内容】**

1. 利用索氏提取器提取茶叶中的咖啡因。

2. 浓缩蒸馏。

3. 加生石灰，炒干。

4. 咖啡因的升华。

**【重点】**

1. 索氏提取和升华。

**【难点】**

1. 升华温度的控制。

**【实施方式】**

1. 线上预习+线上测试

2. 线下讲授+线下实验。

**【学习要求】**

1. 学习从茶叶中提取咖啡因的基本原理和方法。

2. 了解咖啡因的一般性质。

3. 掌握用索氏提取器提取有机物的原理和方法。

4. 进一步熟悉萃取、蒸馏、升华等基本操作。

**【实验要求】**

1. 实验属性：基本操作实验。
2. 开出要求：必做。
3. 分组要求：2人1组。
4. 实验准备：①线上教学平台的建立；②线上相关教学资源的建立；③仪器设备：索氏提取器、烧瓶、冷凝管、三脚架、石棉网、蒸发皿、电热套、升降台、铁架台、漏斗等，材料试剂：茶叶、滤纸、乙醇、沸石、生石灰、棉花等；④要求学生预习。
5. 课下思考题

（1）索式提取器的工作原理和优点是什么?

1. 对于索式提取器滤纸筒的基本要求是什么?

（3）升华过程中,为什么必须严格控制温度?

（4）生石灰的作用是什么?

实验项目七 1-溴丁烷的制备

**【学习目标】**学习由醇制备溴代烷的原理和方法；练习带有吸收有毒气体装置的回流加热操作；培养学生实事求是的科学态度和良好的实验习惯，引导学生清洁生产、绿色化学的理念。

**【学习内容】**

1. 安装带有尾气吸收装置的回流实验装置。

2. 用溴化钠、浓硫酸与正丁醇作用制1-溴丁烷。

3. 粗产品的纯化，计算产率。

**【重点】**

1. 卤代烃的制备原理和方法。

2. 带尾气吸收装置的回流操作。

**【难点】**

1. 分液漏斗中上下层液体的正确取舍。

**【实施方式】**

1. 线上预习+线上测试。
2. 线下讲授+线下实验。

**【学习要求】**

1. 了解以正丁醇、溴化钠和浓硫酸为原料制备正溴丁烷的基本原理和方法。

2. 掌握带有害气体吸收装置的加热回流操作。

3. 进一步熟悉巩固洗涤、干燥和蒸馏操作。

**【实验要求】**

1. 实验属性：合成实验。
2. 开出要求：必做。
3. 分组要求：2人1组。
4. 实验准备：①线上教学平台的建立；②线上相关教学资源的建立；③仪器设备：烧瓶、冷凝管、漏斗、电热套、分液漏斗、蒸馏头等，药品试剂：正丁醇、溴化钠、浓硫酸、碳酸氢钠、无水氯化钙等；④要求学生预习。
5. 课下思考题

（1）反应后的粗产物中含有哪些杂质？是如何除去的？各步洗涤的目的何在？

（2）用浓硫酸洗涤产品是除去哪些杂质？除杂质的依据是什么？

（3）加热后，反应瓶中的内容物常常出现红棕色，这是什么缘故？

（4）粗产品用浓硫酸洗涤后，为什么不直接用饱和碳酸氢钠洗涤而要用水洗，然后再用饱和碳酸氢钠洗涤？

（5）为什么在蒸馏前一定要滤除干燥剂CaCl2？

实验项目八 乙醚的制备

**【学习目标】**学习增大可逆反应进行程度的方法；学习低沸点易燃易爆液体蒸馏操作的要点及注意事项；形成变化观念和平衡思想，加深对化学平衡移动原理的理解。

**【学习内容】**

1. 安装边反应边滴加边蒸出的实验装置，滴液漏斗和温度计的位置，真空接引管的侧管与胶管相连，接收瓶浸入冰水浴中。

2. 乙醇在浓硫酸的催化作用下分子间脱水，得到乙醚。

3. 乙醚的精制，计算产率。

**【重点】**

1. 乙醚的制备。

2. 低沸点、易燃烧、易爆炸液体蒸馏操作的方法。

**【难点】**

1. 滴液漏斗中乙醇的滴加速度。

2. 乙醚理论产量的计算。

**【实施方式】**

1. 线上预习+线上测试。
2. 线下讲授+线下实验。

**【学习要求】**

1. 掌握由乙醇脱水（浓硫酸催化）制备乙醚的原理和方法。

1. 初步掌握低沸点、易燃烧、易爆炸液体蒸馏操作的要点及注意事项。

3. 熟练掌握洗涤、蒸馏、水浴加热等操作。

**【实验要求】**

1. 实验属性：合成实验。
2. 开出要求：必做。
3. 分组要求：2人1组。
4. 实验准备：①线上教学平台的建立；②线上相关教学资源的建立；③仪器设备：三口烧瓶、冷凝管、滴液漏斗、分液漏斗、温度计、电热套、蒸馏头、沸石等，药品试剂：乙醇、浓硫酸、氯化钠、氢氧化钠、无水氯化钙等；④要求学生预习。
5. 课下思考题

（1）在粗制乙醚中有哪些杂质？采用哪些措施可将它们一一除去？

（2）制备乙醚时，为什么滴液漏斗的末端应浸入反应液中？如果滴液漏斗的下端较短不能浸入反应液液面下应怎么办？

（3）制备乙醚时，反应温度已高于乙醇的沸点，为何乙醇不被蒸出？

（4）制备乙醚时，为何要控制滴加乙醇的速度？怎样的滴加速度才比较合适？

实验项目九 己二酸的制备

**【学习目标】**学习环己醇氧化制备己二酸的原理和方法；熟悉搅拌、抽滤、结晶等操作技术；培养学生的环保意识和良好的实验习惯，倡导团队协作精神。

**【学习内容】**

1. 高锰酸钾氧化环己醇。

2. 热过滤，浓硫酸酸化。

3. 加热浓缩，冷却析晶，过滤。

4. 计算产率。

**【重点】**

1. 氧化环醇制二酸的原理和方法。

**【难点】**

1. 氧化反应速度的控制。

**【实施方式】**

1. 线上预习+线上测试。

2. 线下讲授+线下实验。

**【学习要求】**

1. 学习用高锰酸钾氧化环己醇制备己二酸的原理和方法。

2. 熟练掌握液体的搅拌、浓缩、过滤等基本操作。

**【实验要求】**

1. 实验属性：合成实验。
2. 开出要求：必做。
3. 分组要求：2人1组。
4. 实验准备：①线上教学平台的建立；②线上相关教学资源的建立；③仪器设备：锥形瓶、温度计、布氏漏斗、吸滤瓶、真空泵、量筒等，材料试剂：环己醇、高锰酸钾、氢氧化钠、亚硫酸氢钠、浓硫酸、试纸、滤纸等；④要求学生预习。
5. 课下思考题

（1）制备己二酸时，为什么必须严格控制滴加环己醇的速度和反应的温度？

（2）用高锰酸钾法制备己二酸，怎样判断反应是否完全？若高锰酸钾过量将如何处理？

（3）本实验得到的溶液为什么要用硫酸酸化？除用硫酸酸化外，是否还可用其他酸酸化？

（4）如产物中混有少量MnO2，怎样除去？

实验项目十 苯甲酸乙酯的制备

**【学习目标】**学习酯化反应合成苯甲酸乙酯的原理和方法；练习分水器的使用，加深对酯化反应原理的理解；培养学生的实验观察能力和良好的实验习惯。

**【学习内容】**

1. 安装带有分水器的回流实验装置。

2. 以浓硫酸做催化剂，环己烷做带水剂，利用苯甲酸和乙醇的酯化反应制备苯甲酸乙酯。

3. 粗产品的纯化，计算产率。

**【重点】**

1. 苯甲酸乙酯的制备。

2. 分水器的使用。

**【难点】**

1. 回流时温度和时间的控制（反应初期小火加热、反应终点的判断）。

**【实施方式】**

1. 线上预习+线上测试。
2. 线下讲授+线下实验。

**【学习要求】**

1. 掌握酯化反应原理及苯甲酸乙酯的制备方法。

2. 了解共沸蒸馏的基本原理。

3. 掌握分水器的使用方法，进一步巩固回流、萃取、干燥等基本操作。

**【实验要求】**

1. 实验属性：合成实验。
2. 开出要求：必做。
3. 分组要求：2人1组。
4. 实验准备：①线上教学平台的建立；②线上相关教学资源的建立；③仪器设备：分水器、冷凝管、烧瓶、沸石、电热套等，药品试剂：苯甲酸、乙醇、环己烷、乙醚、碳酸钠等；④要求学生预习。
5. 课下思考题

（1）本实验采用何种措施提高酯的产率？

（2）浓硫酸的作用是什么？常用酯化反应的催化剂有哪些？

（3）在萃取和分液时，两相之间有时出现絮状物或乳浊液，难以分层，如何让解决？

（4）本实验中何种原料过量？为什么？为什么要加环己烷？

实验项目十一 减压蒸馏

**【学习目标】**学习减压蒸馏的原理及应用；学会减压蒸馏仪器的安装及减压蒸馏的规范操作；强化学生正确的仪器安装习惯，培养学生认真踏实的实验态度及分析问题的初步能力。

**【学习内容】**

1. 选择学习模式（练习模式、考核模式）。

2. 选择仪器、试剂、服装等。

3. 组装减压蒸馏装置（蒸馏装置、测压装置、保护装置、减压装置）。

4. 检查装置气密性，对选择的试剂进行减压蒸馏，记录沸点、压力和蒸馏速度。

5. 蒸馏结束，拆卸装置，归还药品。

**【重点】**

1. 减压蒸馏仪器的安装与应用。

**【难点】**

1. 减压蒸馏的原理并熟练操作。

**【实施方式】**

1. 虚拟仿真+线上测试。

**【学习要求】**

1. 理解减压蒸馏的原理，了解减压蒸馏操作的适用范围。

2. 掌握减压蒸馏装置的装配、拆卸和减压蒸馏的规范操作。

3. 减压蒸馏选定试剂，记录沸点和压力。

**【实验要求】**

1. 实验属性：虚拟仿真实验。
2. 开出要求：必做。
3. 分组要求：1人1组。
4. 实验准备：①线上教学平台的建立；②减压蒸馏虚拟仿真实验；③要求学生多次在练习模式下熟悉操作要点。
5. 课下思考题

（1）何谓减压蒸馏？一般在什么情况下使用减压蒸馏？

（2）减压蒸馏中毛细管的作用是什么？

（3）为什么减压蒸馏时须先抽气才能加热？

（4）怎样检查装置的气密性？

（二）课程学习内容与课程学习目标的对应关系

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **课程学习内容** | **实施方式** | **支撑的课程目标** | **学时安排** |
| 实验一 有机化学实验的一般知识 | 线上讲授+线上测试；线下讲授+线下认知。 | 课程目标1、2 | 2 |
| 实验二 蒸馏和沸点的测定 | 线上预习+线上测试。线下讲授+线下试验。 | 课程目标1、2 | 3 |
| 实验三 萃取和洗涤 | 线上预习+线上测试；线下讲授+线下试验。 | 课程目标1、2 | 3 |
| 实验四 熔点的测定 | 线上预习+线上测试；线下讲授+线下试验。 | 课程目标1、2、3 | 3 |
| 实验五 薄层色谱 | 线上预习+线上测试；线下讲授+线下试验。 | 课程目标1、2、3 | 6 |
| 实验六 从茶叶提取咖啡因 | 线上预习+线上测试；线下讲授+线下试验。 | 课程目标1、2、3 | 8 |
| 实验七 1-溴丁烷的制备 | 线上预习+线上测试；线下讲授+线下试验。 | 课程目标1、2 | 6 |
| 实验八 乙醚的制备 | 线上预习+线上测试；线下讲授+线下试验。 | 课程目标1、2 | 6 |
| 实验九 己二酸的制备 | 线上预习+线上测试；线下讲授+线下试验。 | 课程目标1、2 | 3 |
| 实验十 苯甲酸乙酯的制备 | 线上预习+线上测试；线下讲授+线下试验。 | 课程目标1、2、3 | 6 |
| 实验十一 减压蒸馏 | 虚拟仿真+线上测试。 | 课程目标1、3 | 2 |
| **合计** | 48 |

四、课程考核及与课程学习目标的对应关系

（一）课程考核内容、考核方式与课程学习目标的对应关系

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程目标** | **考核内容** | **考核方式** |
| 课程目标1 | 1.1实验现象、实验数据的记录1.2实验室操作表现 | 1. 实验报告
2. 实验操作
3. 期末现场考核
 |
| 课程目标2 | 2.1有机化学实验的基础知识和相关理论2.2有机化学实验的基本操作技能2.3合成有机化合物的典型实验装置2.4代表性有机化合物的制备过程2.5实验操作的规范化程度 | 1. 课前预习
2. 线上测试
3. 实验操作
4. 期末现场考核
 |
| 课程目标3 | 3.1操作过程中对反常实验现象的分析和应对3.2实验思考3.3实验室操作表现3.4实验报告的规范化程度 | 1. 实验报告
2. 实验操作
 |

1. 课程目标达成评价方式及考核比例

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程目标** | **考核方式及成绩比例（%）** | **合计** |
| **课前****预习** | **线上****测试** | **实验****操作** | **实验****报告** | **期末现场考核成绩** |  |
| 课程目标1 |  |  | 6 | 3 | 8 | 17 |
| 课程目标2 | 4 | 6 | 10 |  | 42 | 62 |
| 课程目标3 |  |  | 9 | 12 |  | 21 |
| 合计 | 4 | 6 | 25 | 15 | 50 | 100 |

五、成绩评定

（一）总成绩评定

总成绩=平时成绩×50%+期末成绩×50%

（二）平时成绩评定

平时成绩（100%）=课前预习（8%）+线上测试（12%）+实验操作（50%）+实验报告（30%）

考核方式: 课前预习、线上测试、实验操作、实验报告等。

课前预习：要求每位学生熟悉实验原理、实验步骤，查找有关试剂的物理常数，完成线上教学平台的预习任务点。

线上测试：通过学习通教学平台，向学生发放章节测试题，考察学生对实验的预习情况。

实验操作：要求每位学生实验过程中操作规范，其中包括仪器的选择，药品、试剂的称量与量取，操作的熟练程度，实验记录情况等方面；安装实验装置，其中包括实验装置安装的正确与否；仪器的清洗和整理。

实验报告：包括实验目的、实验原理、实验步骤、实验现象、实验数据处理、分析和讨论等。

（三）期末成绩评定

考核内容：主要考核对有机化学实验理论、基本知识、基本原理的掌握程度，对实验操作的规范程度以及对实验现象的分析和解释，具体包括以下内容：

1. 有机化学实验的一般知识。
2. 液态有机化合物沸点的测定。
3. 萃取和洗涤的实验操作。
4. 固体有机化合物熔点的测定。
5. 薄层色谱分离菠菜色素的操作。
6. 茶叶中咖啡因的提取（索氏提取，升华）。
7. 1-溴丁烷的制备（带尾气吸收的回流装置）。
8. 乙醚的制备（低沸点易燃易爆有机物的蒸馏操作）。
9. 己二酸的制备原理和步骤。。
10. 苯甲酸乙酯的制备（分水器的使用）。
11. 减压蒸馏的原理、操作及装置安装和拆卸。

考核方式：现场操作考核。

现场操作考核成绩评定：按《有机化学实验操作考试评分标准》评定。

六、使用教材、相关推荐书目及课程资源

（一）使用教材（或实验指导书）

何树华主编：《有机化学实验》（第二版），华中科技大学出版社，2021年版。

（二）相关推荐书目

1. 薛思佳主编：《有机化学实验》（双语版，第三版），科学出版社，2016年版；

2. 高占先主编：《有机化学实验》（第五版），高等教育出版社，2016年版；

3. 张锁秦等编：《基础化学实验》（第二版）（有机化学实验分册），高等教育出版社，2010年版；

4. 曾仁权，朱云云主编：《基础化学实验》，西南师范大学出版社，2008年版；

5. 曾和平主编：《有机化学实验》（第五版），高等教育出版社，2020年版。

（三）课程资源

学习通《有机化学实验（化学工程与工艺）》教学平台。

通过该学习平台，授课教师向学生发布预习实验的任务点，学生在规定的时间内，完成指定任务。为方便学生更好的预习实验，每一实验还提供了数量不等的优秀非任务点教学资源。为进一步强化学生的预习环节，每一实验后面还设置了10道以上的测试题，题型有选择、判断、填空、简答等。该测试题也可用于学生对有机化学实验基础知识、基本理论掌握程度的一种自我检验。

推荐的在线开放课程：MOOC网华东师范大学《有机化学实验1》和《有机化学实验2》。

七、课程大纲制定依据

本课程大纲依据2023年化学工程与工艺专业人才培养方案制定。

# 《物理化学实验1》课程大纲

一、课程基本信息

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 课程名称 | 物理化学1 | 课程代码 | 0701214 |
| 课程类别 | 专业基础课程 | 学时/学分 | 48/3 |
| 开课单位 | 化工学院 | 适用专业 | 化学工程与工艺 |
| 课程负责人 | 孙翠红 |
| 大纲撰写人 | 孙翠红 | 大纲审核人 | 吕立强 |
| 先修课程 | 无机化学、有机化学、分析化学、高等数学、大学物理 |
| 课程网址 |   |

二、课程学习目标及与毕业要求的对应关系

（一）课程学习目标

通过本课程的学习，使学生达到以下目标：

1.了解物理化学的前沿、发展趋势和应用前景；掌握热力学第一定律、热力学第二定律及其在相平衡、化学平衡中的应用，初步形成物理化学知识体系，具备爱国主义情怀和民族自豪感。【毕业要求1工程知识(H)】

2.掌握物理化学研究的原理、基本方法和手段，具备发现、提出、分析和解决物理化学及相关化学工程问题的能力，分析其影响因素，并获得有效结论。【毕业要求2问题分析(M)】

（二）课程学习目标与毕业要求指标点的对应关系

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 毕业要求 | 毕业要求指标点 | 课程目标 |
| 1.工程知识 | 1.2 能够运用物理和化学知识对化工过程中工程问题进行基础理论过程分析。(H) | 课程目标1 |
| 2.问题分析 | 2.2能够应用自然科学知识综合复杂工程问题的多种选择方案，并能寻求可替代的解决方案。(M) | 课程目标2 |

三、课程学习内容及与课程学习目标的对应关系

**（一）课程学习内容**

第一章 绪论及气体的PVT性质

**【学习目标】**

知识与技能：理解物理化学的学习和研究方法。掌握气体状态方程；掌握分压、分体积概念及计算；了解真实气体与理想气体的偏差,了解压缩因子的意义；掌握范德华方程, 能用范德华方程对中压实际气体进行计算；了解实际气体的液化及临界现象；掌握饱和蒸汽压概念；了解对比状态参数和对比状态原理。

过程与方法：掌握物理化学研究内容及方法。

情感态度与价值观：通过物理化学的发展史教育，使学生们具有家国情怀，树立为祖国发展而读书的志向，使个人的发展与国家的发展相统一；了解物理化学研究内容及方法后，初步培养学生的科学思维。

**【学习内容】**

**本章主要教学内容：**

1.理想气体及状态方程、分压定律、分体积定律；

2.范德华方程，范德华常数，维里方程；

3.饱和蒸气压，气体的等液化，临界状态；

4.压缩因子及压缩因子图，对应状态原理。

**本章教学重点及难点：**

**【重点】**

1.怎样学习物理化学；

2.理想气体状态方程；

3.分压、分体积概念及计算；

4.气体的液化。

**【难点】**

1.气体的液化及临界参数；

2.真实气体状态方程。

**【教学方法】**

1. 通过线上教学与线下多媒体教学相结合，阐明气体PVT性质基础理论知识；

2. 通过分析典型例题，促进学生知识整合能力，以及分析问题、解决问题能力；

3. 通过章节测试及随堂测试，巩固学生所学知识，了解学生的知识掌握情况。

**【复习思考】**

1. 课后思考题；

2. 课后练习题。

第二章 热力学第一定律

**【学习目标】**

知识与技能：掌握状态函数的特点，功和热，体积功的定义掌握热力学能的定义，热力学第一定律数学表达式。掌握准静态过程、可逆过程的特点掌握恒容热，焓定义，掌握热容的定义和热量计算，掌握理想气体内能、焓与温度的关系掌握相变及相变焓的定义，熟悉化学反应的Qp与Qv的关系，了解反应进度，掌握化学反应热的计算方法，掌握基尔霍夫定律。理解广度量与强度量的区别；功和热的正、负号的意义。理解热力学第一定律的意义，能运用热力学第一定律对过程功、热、内能进行计算。掌握几种常见过程的体积功的计算。熟悉Hess定律的运用。掌握几种过程的热量计算，能够运用理想气体绝热可逆过程式方程进行计算，能够运用相变焓与温度的关系的公式进行计算。熟悉气体、液体、固体的标准态，掌握化学反应热的计算。

过程与方法：了解热力学研究问题的方法和思路，初步学会发现问题、思考问题、解决问题的方法；并能结合热力学第一定律和生活实际，理解能量守恒定律。

情感态度与价值观：通过对热力学第一定律相关理论、定律的得出过程，引导学生用辩证唯物主义认识相关规律、分析相关理论，使学生树立正确的世界观和方法论；从焦耳实验到焦耳-汤姆逊实验的发展及进步切入，引导学生用辩证的方法分析问题，培养学生批判性思维精神的养成。

**【学习内容】**

**本章主要教学内容：**

1.系统、环境、状态和状态函数、过程、功和热；

2.热力学能，热力学第一定律的数学表达式；

3.几种常见过程的体积功，准静态过程,可逆过程；

4.恒容热，恒压热与焓；

5.热容和热量计算；

6.焦耳实验，内能、焓和温度的关系，理想气体绝热可逆过程及过程方程；

7.相变焓、相变焓与温度的关系；

8.化学反应恒容热与恒压热间的关系，反应进度，标准摩尔生成焓和标准摩尔燃烧焓，标准摩尔反应焓；

9.化学反应热与温度的关系。

**本章教学重点及难点：**

**【重点】**

1.热力学基本概念；

2.热力学第一定律的运用：理想气体在各种过程中的W、Q、ΔU和ΔH的计算；

3.反应热效应的计算。

**【难点】**

1. 理想气体热力学能、焓的计算；

2. 热力学第一定律的运用。

**【教学方法】**

1. 通过线上教学与线下教学相结合，阐明热力学第一定律基础理论知识；

2. 通过分析典型例题，与热化学工程实践相结合，促进学生的知识整合能力，以及分析问题、解决问题的能力；通过结合化学史，培养学生的科学精神。

3. 通过主题讨论、章节测试及随堂测试，反馈学生的知识掌握，巩固和拓展学生的知识应用，提高学生的反思意识。

**【复习思考】**

1. 课后思考题；

2. 课后练习题。

第三章 热力学第二定律

**【学习目标】**

知识与技能：掌握自发过程的特征，热力学第二定律。掌握卡诺循环与卡诺定理。掌握熵的定义、克劳修斯不等式、熵判据的应用。掌握单纯PVT变化过程的熵变，可逆与不可逆相变过程熵变的计算方法。掌握热力学第三定律的表述，熟悉化学反应标准摩尔熵变。掌握亥姆霍兹函数及吉布斯函数的定义及意义。熟悉热力学的基本方程。理解开尔文、克劳修斯的说法的本质，能运用可逆热机效率进行计算，熟练运用熵判据，熟练进行各种过程熵变的计算，熟悉不可逆相变过程熵变计算方案的设计，熟悉化学反应标准摩尔熵变的计算公式，掌握(ΔA)TV、(ΔG)TP判据的应用条件，熟悉麦克斯韦关系的应用。

过程与方法：进一步了解热力学研究问题的方法和思路，学会运用热力学第二定律相关内容对过程的方向和限度进行判断；并能结合热力学第二定律和生活实际，理解第二类永动机不可能性。

情感态度与价值观：介绍卡诺、克劳修斯、开尔文等科学家在热力学第二定律提出过程中的故事，培养学生科学精神和进取精神；通过介绍热机发展及我国高铁发展，增强学生民族自豪感和自信息；介绍世界各国在热机效率尤其是汽车发动机效率的现状，使学生了解国际动态，拓展国际视野。

**【学习内容】**

**本章主要教学内容：**

1、自发过程的共同特征，热力学第二定律的几种表述；

2、卡诺循环与卡诺定理，热机效率；

3、熵的定义及物理意义，克劳修斯不等式，熵增原理；

4、单纯pVT变化过程的熵变，可逆与不可逆相变过程熵变；

5、热力学第三定律的表述，化学反应标准摩尔熵变；

6、亥姆霍兹函数及吉布斯函数及其计算；

7、热力学的基本方程、麦克斯韦关系。

**本章教学重点及难点：**

**【重点】**

1. 热力学第二定律，熵、熵增原理；

2. 亥姆霍兹函数和吉布斯函数，热力学基本关系式；

3. 热力学第三定律，化学变化中热力学函数变化的计算，过程的方向和限度。

**【难点】**

1. 熵、亥姆霍兹函数和吉布斯函数的计算；

2. 过程方向和限度的判断。

**【教学方法】**

1. 通过线上教学与线下教学相结合，阐明热力学第二定律基础理论知识；

2. 通过分析典型例题，与热化学工程实践相结合，促进学生的知识整合能力，以及分析问题、解决问题的能力；

3. 通过主题讨论、章节测试及随堂测试，反馈学生的知识掌握，巩固和拓展学生的知识应用，提高学生的反思意识。

**【复习思考】**

1. 课后思考题；

2. 课后练习题。

第四章 多组分系统热力学

**【学习目标】**

知识与技能：熟悉化学势定义，掌握气体的化学势的表达式掌握拉乌尔定律和亨利定律，掌握理想液态混合物的性质掌握理想稀溶液的溶剂和溶质化学势的表达式。掌握稀溶液的依数性。掌握逸度和逸度系数、活度和活度系数的概念。掌握化学势的四种表达方式熟悉标准化学势的物理意义熟悉混合熵及混合吉布斯函数变的计算熟悉假想态的物理模型运用稀溶液的依数性进行相应计算，并解释相关现象。掌握真实溶液中溶剂、溶质的活度、活度系数的区别。

过程与方法：学会从单组分体系到多组分体系的知识迁移方法；通过选取标准态的方法，求算不可测得绝对值的物理量，使问题得到简化。

情感态度与价值观：通过介绍凝固点降低在医学和冷冻液方面的应用，渗透压在在工业上用于反渗透净化海水、在医疗中用于血液透析、生活中腌制食品等具体应用，让学生做到学以致用，激发他们的学习兴趣。

**【学习内容】**

**本章主要教学内容：**

1、偏摩尔量及其集合公式，吉布斯-杜亥姆方程；

2、化学势定义的四种表达式；

3、理想、真实气体的化学势的表达式；

4、Raoult定律、Henry定律，理想液态混合物的性质，组分的化学势；

5、理想稀溶液的溶剂和溶质化学势的表达式，假想态概念；

6、蒸气压下降、凝固点下降、渗透压；

7、逸度和逸度系数，活度和活度系数。

**本章教学重点及难点：**

**【重点】**

1. 偏摩尔量定义，偏摩尔量集合公式；
2. 化学势定义，平衡判据，拉乌尔定律和亨利定律，逸度，活度。

**【难点】**

1. 偏摩尔量和化学势的区别和联系；

2. 标准态的选取，假想态的概念；

3．理想体系、真实体系化学势的联系。

**【教学方法】**

1.通过线上平台与线下传统教学模式相结合，阐明多组分系统的基本理论知识；

2.通过典型案例，深入分析化学势的概念；

3.通过章节及随堂测试，巩固学生对知识的掌握，拓展学生的反思意识。

**【复习思考】**

1. 课后思考题；

2. 课后练习题。

第五章 相平衡

**【学习目标】**

知识与技能：熟悉相律及应用熟悉水的单组分系统的相图熟悉液相线、气相线，各区域的相态，杠杆规则的运用了解二组分真实液态混合物系统的气—液平衡相图熟悉部分互溶系统温度-组成图熟悉各区域的稳定相态及自由度，了解最低共熔物的意义。了解固溶体的概念了解生成化合物的二组分凝聚系统相图。熟练进行自由度、相数、组分数的求算熟悉水的三相点与冰点的区别熟悉第一个气泡、最后一滴液体组成的计算熟悉恒沸物的性质熟悉三相平衡线熟悉步冷曲线的作法及拐点、平台的意义。熟悉不同物系点的步冷曲线的作法熟悉稳定与不稳定化合物在相图中的区别。

过程与方法：学会相图的绘制和分析，利用相平衡知识分析、判断体系所处状态，归纳总结出相变焓、温度、压力之间的数学关系，学会通过图像得出结论。

情感态度与价值观：通过我国物理化学家黄子卿测定水的三相点故事，培养学生用严谨的方法论解决科学技术问题的意识，养成学生严谨求实的科研态度。

**【学习内容】**

**本章主要教学内容：**

1.自由度、相数、组分数的定义和求算；

2.p-T图中的线、点的意义，各区域的相态及自由度，过冷液体、过热蒸气；

3.定温p～x相图，定压T～x相图，杠杆规则；

4.二元非理想系的气～液平衡相图，正偏差、负偏差、恒沸混合物概念；

5.部分互溶液体的溶解度曲线，部分互溶系统温度-组成图；

6.步冷曲线，最低共熔点、最低共熔物；

7.固体溶液，各区域的相态及自由度；

8.稳定与不稳定化合物，生成不稳定化合物的二组分凝聚系统的相图。

**本章教学重点及难点：**

**【重点】**

1.相律推导及应用；

2.两组分系统的气-液、液-固平衡相图绘制及识图；

3.相平衡计算、克拉贝龙方程式的推导和应用。

**【难点】**

1.相律和相图的应用；

2.二组分系统的气-液、液-固平衡相图绘制及识图。

**【教学方法】**

1.通过线上平台与线下传统教学模式相结合，阐明相律和相图基本理论知识；

2.通过典型相平衡案例，深入分析相图，培养学生分析问题、解决问题的能力；

3.通过章节及随堂测试，巩固学生对知识的掌握，拓展学生的反思意识。

**【复习思考】**

1. 课后思考题；

2. 课后练习题。

第六章 化学平衡

**【学习目标】**

知识与技能：掌握化学反应的等温方程，掌握平衡常数及其各种表达形式，了解分解压力，掌握范特霍夫方程掌握压力、惰性气体对平衡移动的影响。熟练运用化学反应的等温方程，掌握平衡常数、平衡组成的计算。熟练运用范特霍夫方程进行相关计算。

过程与方法：综合已有知识，通过范特霍夫等温式的推导过程以及平衡常数的影响因素，使学生在合作学习中体验获得探索新知的经历，受到了科学方法的训练；通过对比标准平衡常数和经验平衡常数的异同，加深学生对标准态的选取的认识。

情感态度与价值观：结合反应温度、浓度等对化学平衡的影响，将辩证唯物主义的量变到质变的哲学思想贯穿于化学平衡的学习中，引导学生用辩证唯物主义的思想思考问题，并引导学生树立正确的世界观和方法论。

**【学习内容】**

**本章主要教学内容：**

1.化学反应的等温方程，亲和势；

2.平衡常数及其各种表示方法，多相反应的化学平衡，分解压概念；

3.范特霍夫方程的表达式；

4.温度、压力、惰性气体、原料比等对平衡移动的影响。

**本章教学重点及难点：**

**【重点】**

1.标准平衡常数的定义和特性；

2.化学反应等温方程的推导；

3.化学平衡理论的应用，平衡常数的影响条件。

**【难点】**

1.化学反应等温方程的推导；

2.化学平衡理论的应用，平衡常数的影响条件。

**【教学方法】**

1. 通过线上、线下相结合教学模式，阐明化学平衡基本理论知识；

2. 通过分析典型化学平衡案例，培养学生分析问题、解决问题的能力；

3. 通过随堂测试，及时了解学生的知识掌握情况，激发学生的反思意识。

**【复习思考】**

1.课后思考题6-1；

2.课后练习题6-1,6-2。

（二）课程学习内容与课程学习目标的对应关系

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **课程学习内容** | **教学方法** | **支撑的课程目标** | **学时安排** |
| 第一章 气体的PVT性质 | 讲授法、线上线下混合 | 课程目标1、2 | 4 |
| 第二章 热力学第一定律 | 讲授法、线上线下混合、主题讨论、案例教学 | 课程目标1、2 | 12 |
| 第三章 热力学第二定律 | 讲授法、线上线下混合、主题讨论、案例教学 | 课程目标1、2 | 8 |
| 第四章 多组分系统热力学 | 讲授法、线上线下混合、案例教学 | 课程目标1、2 | 10 |
| 第五章 相平衡 | 讲授法、线上线下混合、案例教学 | 课程目标1、2 | 8 |
| 第六章 化学平衡 | 讲授法、案例教学、线上线下混合 | 课程目标1、2 | 6 |
| **合计** | 48 |

四、课程考核及与课程学习目标的对应关系

（一）课程考核内容与课程学习目标的对应关系

|  |  |
| --- | --- |
| **课程目标** | **考核内容** |
| 课程目标1 | 1.1理想气体状态方程及其运用；1.2热力学基本概念；热力学第一定律及其运用；具体过程中功、热、内能变、焓变的计算；1.3热力学第二定律及其运用，熵、亥姆霍兹函数和吉布斯函数的定义及其计算，过程方向和限度的判断；1.4偏摩尔量、化学势的概念，Raoult定律和Henry定律，稀溶液依数性；1.5相律的应用：自由度、相数、组分数的定义和求算，相图的分析；1.6标准平衡常熟的定义；化学反应等温方程的运用；平衡常数影响条件  |
| 课程目标2 | 2.1理想气体状态方程、气体的液化等知识的运用；2.2热力学第一定律的运用；2.3热力学第二定律的运用；2.4 Raoult定律和Henry定律的运用；2.5相律和相图知识的运用；2.6 化学平衡知识的运用 |

（二）课程考核方式

1．期末理论课考试成绩（笔试，闭卷）

2．平时成绩 （学习参与+随堂测验+作业完成情况）

学生最后总成绩由期末闭卷考试成绩（50%）＋平时成绩（50%）的总和确定。（三）课程目标达成评价方式及考核比例

课程考核方式及成绩比例为：学习参与10%+随堂测验15%+作业完成情况25%+期末考试50%；本课程共有两个课程目标，考核方式及成绩比例分别为：

课程目标1：学习参与10%+随堂测验15%+期末考试20%

课程目标2：作业完成情况25%+期末考试30%

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程目标** | **考核方式及成绩比例（%）** | **合计** |
| **学习参与** | **随堂测验** | **作业完成情况** | **期末考试** |
| 课程目标1 | 10 | 15 |  | 20 | 45 |
| 课程目标2 |  |  | 25 | 30 | 55 |
| 合计 |  |  |  |  | 100 |

五、成绩评定

（一）总成绩评定

总成绩=平时成绩×50%+期末成绩×50%

（二）平时成绩评定

平时成绩100%=学习参与20%+线上测试30%+作业完成情况50%

（1）学习参与：学生参与预习、线上学习的情况。

（2）作业完成情况：围绕课程的章节知识点及学习目标进行的作业设计，考核学生对于概念的理解情况、对公式的运用情况，帮助学生理解基础知识，并运用知识解决实际问题。

（3）随堂测验：考察学生对基础知识的掌握情况；

（三）期末成绩评定

**1．课程考核的方式：**

期末闭卷考试

**2．课程考核的范围：**

第一章 气体的PVT性质

①掌握气体状态方程。

②掌握分压、分体积概念及计算

③了解范德华方程

④了解实际气体的液化及临界现象

⑤掌握饱和蒸汽压概念。

第二章 热力学第一定律

①明确热力学的一些基本概念，如体系、环境、功、热、变化过程等。

②掌握热力学第一定律和内能的概念。熟知功和热正负号的取号惯例，功和热是与过程有关的量。

③明确准静态过程与可逆过程的意义。

④掌握U及H都是状态函数以及状态函数的特性。

⑤熟练应用热力学第一定律计算理想气体在自由膨胀、等温、等压、等容、绝热、相变等过程中的ΔU、ΔH、Q和W，掌握摩尔等压、等容热容的概念。

⑥熟练应用生成焓、燃烧焓来计算反应热。

⑦会应用赫斯定律和基尔霍夫定律。

第三章 热力学第二定律

①明确热力学第二定律的意义。

②了解卡诺循环的意义，掌握卡诺定理。理解克劳修斯不等式的重要性。

③熟记热力学函数U、H、S、F、G的定义，并了解其物理意义。

④明确ΔA和ΔG在特殊条件下的物理意义，会用它来判别变化的方向和平衡条件。熟练计算一些简单过程的ΔS、ΔH和ΔG。

⑤了解热力学第三定律的内容，明确规定熵值的意义、计算及其应用。掌握熵增加原理和各种平衡判据。

第四章 多组分系统热力学

①熟悉溶液浓度的各种表示法及其相互关系。

②理解理想溶液、稀溶液与实际溶液三者的区别和联系。掌握拉乌尔定律和亨利定律以及它们的应用。

③理解理想体系（理想气体、理想溶液、理想稀溶液）中各组分化学势的表达式及其应用。

④了解逸度和活度的概念及逸度系数、活度系数的简单计算。

⑤了解稀溶液依数性公式的推导，熟知稀溶液的依数性。

第五章 多相平衡

①明确相、组分数和自由度的概念，理解相律并掌握其简单应用。

②掌握杠杆规则在相图中的应用。

③掌握单组分系统和二组分系统典型相图的特点。在双液系中以完全互溶的双液系为重点了解其p-x图和T-x图。

④了解蒸馏和精馏的基本原理。

⑤二组分液-固体系中，以简单低共溶物相图为重点，了解相图的绘制及其应用。

⑥熟练运用克拉贝龙方程和克劳修斯-克拉贝龙方程。

第六章 化学平衡

①能够从化学势的角度理解化学平衡的意义。

②了解均相和多相反应的平衡常数表示式的区别。

③理解等温方程式的意义，会估计反应发生的可能性。

④了解平衡常数与温度、压力的关系和惰性气体对平衡组成的影响，并掌握其计算方法。

⑤熟练掌握用热力学方法计算化学反应标准平衡常数。掌握反应物平衡转化率及体系平衡组成的计算。

六、使用教材、相关推荐书目及课程资源

（一）使用教材

《物理化学》张雄飞等，华中科技大学出版社，2012年。

（二）相关推荐书目

1.《物理化学》（第五版）南京大学傅献彩等，高等教育出版社，2008年。

2.《物理化学学习指导》孙德坤、沈文霞等， 高等教育出版社，2007年。

3.《物理化学简明教程》印永嘉等，高等教育出版社，1992年。

4.《物理化学》王正烈等，高等教育出版，2003年。

5.《物理化学》（第四版）胡英，高等教育出版社，1999年。

6.《物理化学学习及考研指导》沈文霞编著，科学出版社，2007年。

（三）课程资源

在学习通平台建立《物理化学》网络课程，上传了课程的PPT、相关视频资料和电子课本等资源。每个章节设置了PPT、视频学习、以及章节测试的任务点，学生通过自主预习PPT和视频资料，完成相应的章节测试。

七、课程大纲制定依据

本课程大纲依据2023级化学工程与工艺专业人才培养方案制定。

《仪器分析实验》课程大纲

一、课程基本信息

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 课程名称 | 仪器分析实验 | 课程代码 | 0706610 |
| 课程类别 | 实验 | 学时/学分 | 16学时/0.5学分 |
| 开课单位 | 化工学院 | 适用专业 | 化学工程与工艺 |
| 课程负责人 | 胡瑞省、郧海丽、雷霓、陆敏、袁帅 |
| 大纲撰写人 | 胡瑞省 | 大纲审核人 |  于宏伟 |
| 先修课程 | 《无机化学实验》、《分析化学实验》、《有机化学》 |
| 课程网址 |  |

二、课程学习目标及与毕业要求的对应关系

（一）课程学习目标

通过本课程的学习，使学生达到以下目标：

1. 掌握仪器分析方法的基本原理、相关仪器结构、主要部件功能以及操作方法。培养学生观察实验现象、记录实验过程、分析实验数据以及撰写实验报告的能力，学会用所学知识对实验现象和结果进行分析讨论，增强运用理论知识解决化学工程与工艺相关领域实际问题的能力，使学生具备一定的发散思维和创新意识。【毕业要求4：研究】

2. 掌握各种仪器分析方法的应用范围及所适用的分析对象，能根据实际技术需求选择相关分析仪器，并具备运用现代分析仪器进行分析检测的能力，培养学生严谨的科学作风和良好的实验素养，使学生具有良好的工程及技术能力。【毕业要求5：使用现代工具】

（二）课程学习目标与毕业要求指标点的对应关系

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **毕业要求** | **毕业要求指标点** | **课程目标** |
| 4. 研究 | 4.3掌握不同分析仪器的基本原理、结构及操作方法。能够采用科学方法完成实验操作、数据采集和整理。(H) | 课程目标1 |
| 5.使用现代工具 | 5.2了解各种仪器分析方法的应用范围，能根据实际技术需求选择运用现代分析方法辅助相关研究。(H) | 课程目标2 |

三、课程学习内容及与课程学习目标的对应关系

**（一）课程学习内容**

实验项目一 有机化合物的紫外吸收光谱及溶剂的性质

对吸收光谱的影响

**【学习目标】**熟悉紫外可见分光光度计的结构，掌握光度计的实验原理；熟练掌握紫外可见分光光度计的使用方法；理解溶剂极性对吸收光谱的影响。

**【学习内容】**

1. 紫外可见分光光度计的结构。

2. 紫外可见分光光度计工作原理。

3. 紫外可见分光光度计的使用方法及操作规程。

4. 紫外可见分光光度计测定样品的方法。

5. 紫外可见分光光度计的维护及注意事项。

**【重点】**

1. 紫外可见分光光度计的使用方法。

2. 紫外可见分光光度计测定样品的方法。

**【难点】**

1. 紫外可见分光光度计的操作规程。

2. 紫外可见分光光度计测定样品的方法。

**【实施方式】**

1. 讲授+实验。

**【实验要求】**

1. 实验属性：综合性实验

2. 开出要求：必做

3. 分组要求：4人1组

4. 实验准备：①仪器设备：紫外-可见分光光度计，药品试剂：丁酮、异亚丙基丙酮、无水乙醇；②要求学生预习；③要求实验结束整理实验室卫生。

5. 课下思考题

(1) 紫外-可见分光光度计在有什么用途？

(2) 影响紫外-可见分光光度计测量结果的主要因素是什么？

(3) 溶剂对n→π\*跃迁产生的影响是什么？

(4) 溶剂对π→π\*跃迁产生的影响是什么？

实验项目二 红外光谱测定有机化合物的结构

**【学习目标】**学习红外光谱仪的结构及工作原理；掌握红外光谱仪的使用方法、测定样品的方法；培养学生实事求是的科学态度及良好的实验习惯。

**【学习内容】**

1. 红外光谱仪的结构。
2. 红外光谱仪的工作原理。
3. 红外光谱仪的使用方法及操作规程。
4. 红外光谱仪测定样品的方法。
5. 红外光谱仪的维护及注意事项。

**【重点】**

1. 红外光谱仪的使用方法。
2. 红外光谱仪测定样品的方法。

**【难点】**

1. 红外光谱仪的操作规程。
2. 红外光谱仪测定样品的方法。

**【实施方式】**

1. 讲授+实验。

**【实验要求】**

1. 实验属性：综合性实验
2. 开出要求：必做
3. 分组要求：4人1组
4. 实验准备：①WQF-310型付立叶变换红外光谱仪，药品试剂：苯甲酸、溴化钾；②要求学生预习；③要求实验结束整理实验室卫生。
5. 课下思考题

(1) 什么是红外光谱仪？

(2) 红外光谱仪有什么用途？

(3) 红外光谱仪测定液体样品有几种方法？应注意什么？

(4) 红外光谱仪测定固体样品有几种方法？应注意什么？

(5) 用压片法制样时，为什么要求将固体试样研磨到颗粒粒度在2μm左右？

(6) 用压片法制样测定固体样品时，为什么要求KBr粉末干燥、避免吸水受潮？

(7) 用红外光谱仪测定样品时，为什么要测背底吸收？

实验项目三 气相色谱法定量定性分析

**【学习目标】**巩固所学的气相色谱理论知识，熟悉仪器的结构、原理以及使用方法，掌握根据色谱图数据进行定性、定量分析的方法。

**【学习内容】**

1. 气相色谱的分离原理与适用范围。
2. 气相色谱主要部件、作用及使用注意事项。
3. 色谱图相关参数与计算方法。

**【重点】**

1. 气相色谱的原理、应用和操作。

**【难点】**

1. 色谱图数据的定量分析计算。

**【实施方式】**

1. 讲授+实验。

**【学习要求】**

1. 理解气相色谱主要部件、分离的原理及应用。

2. 掌握气相色谱的操作步骤和方法。

3. 掌握根据色谱图数据进行定性定量分析。

**【实验要求】**

1. 实验属性：综合性实验。
2. 开出要求：必做。
3. 分组要求：4人1组。
4. 实验准备：①仪器设备：气相色谱仪，氢气发生器，全自动空气源，试剂瓶。材料试剂：异丙醇，正己烷，氮气。②要求学生预习；③要求实验结束整理实验室卫生。
5. 课下思考题
6. 为什么实验开始时先打开氮气？

(2) 样品的保留时间随柱箱温度升高怎样变化？

(3) 面积归一法所得到的含量是样品含量的真实值吗？

实验项目四 火焰原子吸收光谱法灵敏度和自来水中钙、镁的测定

**【学习目标】**掌握原子吸收光谱法的基本原理。了解原子吸收分光光度计的主要

结构及工作原理。学习原子吸收分光光度计的操作。培养学生良好的实验习惯，增强学生的团队协作能力。

**【学习内容】**

1. 元素标准溶液和待测溶液的配制。

2. 原子吸收光谱法的原理。

3. 原子吸收分光光度计的结构及参数设置。

4. 待测溶液元素含量的测定。

**【重点】**

1. 原子吸收光谱法的原理。
2. 原子吸收分光光度计的操作。

**【难点】**

标准溶液的配制。

元素测定最优条件的确定。

**【实施方式】**

1. 讲授+实验。

**【学习要求】**

1. 要求学生能够配制元素标准溶液，满足良好的线性关系。

2. 掌握原子吸收分光光度计的操作，能够完成样品溶液中元素含量的测定。

**【实验要求】**

1. 实验属性：综合性实验。
2. 开出要求：必做。
3. 分组要求：4人1组。
4. 实验准备：①仪器设备：原子吸收分光光度计、乙炔等，材料耗材：玻璃棒、烧杯、容量瓶、洗瓶、滴管、等；药品试剂：镁元素标准储备溶液、去离子水等；②要求学生预习；③要求实验结束整理实验室卫生。
5. 课下思考题：
6. 原子吸收光谱分析为什么用待测元素的空心阴极灯做光源？

(2) 空白溶液的含义是什么？

(3) 标准溶液的配制对实验结果有无影响，为什么？

实验项目五 高效液相色谱分析

**【学习目标】**学习高效液相色谱仪的正确使用方法；了解高效液相色谱仪在日常分析中的应用；培养学生科学严谨的学习态度.

**【学习内容】**

1. 高效液相色谱流动相的准备。

2. 高效液相色谱的开关机顺序及各部件的工作原理。

3. 高效液相色谱分离条件的选择。

4. 高效液相色谱的定性定量方法。

**【重点】**

1. 高效液相色谱分离条件的选择。

2. 高效液相色谱标准曲线的制作。

**【难点】**

1. 高效液相色谱标准曲线的制作。

**【实施方式】**

1. 讲授+实验。

**【学习要求】**

1. 掌握高效液相色谱流动相的准备。

2. 掌握高效液相色谱仪器的基本构成部件。

3. 初步熟悉影响分离的因素。

**【实验要求】**

1. 实验属性：综合性实验。
2. 开出要求：必做。
3. 分组要求：4人1组。
4. 实验准备：①仪器设备：岛津LC-10ATvp高效液相色谱仪、 C18柱、超声波清洗器、0.45μm微孔滤膜、容量瓶等，材料试剂：邻苯二甲酸二甲酯、邻苯二甲酸二乙酯、邻苯二甲酸二丁酯、色谱甲醇、超纯水等；②要求学生预习；③要求实验结束整理实验室卫生。
5. 课下思考题
6. 高效液相色谱的分离原理是什么？
7. 高效液相色谱仪一般有哪些部件？
8. 简述高效液相色谱仪的工作流程？
9. 何谓化学键合相固定相？

(5) 反相键合相色谱流动相一般由哪些种类组成？

(6) 流动相的纯度有何要求？

(7) 色谱定量的依据是什么？

(8) 紫外可见检测器的作用原理是什么？

（二）课程学习内容与课程学习目标的对应关系

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **课程学习内容** | **实施方式** | **支撑的课程目标** | **学时安排** |
| 实验一 有机化合物的紫外吸收光谱及溶剂的性质对吸收光谱的影响 | 讲授+实验 | 课程目标1、2 | 3 |
| 实验二 红外光谱测定有机化合物的结构 | 讲授+实验 | 课程目标1、2 | 3 |
| 实验三 气相色谱的定性定量分析 | 讲授+实验 | 课程目标1、2 | 3 |
| 实验四 火焰原子吸收光谱法灵敏度和自来水中钙、镁的测定 | 讲授+实验 | 课程目标1、2 | 4 |
| 实验五 高效液相色谱分析 | 讲授+实验 | 课程目标1、2 | 3 |
| **合计** | 16 |

四、课程考核及与课程学习目标的对应关系

（一）课程考核内容、考核方式与课程学习目标的对应关系

|  |  |
| --- | --- |
| **课程目标** | **考核内容** |
| 课程目标1 | 1.1实验仪器的基本操作技能1.2 对仪器结构及原理的掌握程度1.3实验操作的规范化程度1.4实验室过程表现1.5实验现象、实验数据的记录 |
| 课程目标2 | 2.1操作过程中对反常实验现象的分析和应对2.2实验报告的规范化程度2.3对实验数据的解析分析 |

（二）课程考核方式

1．期末考核（理论考核，实验操作考核）

2．平时考核 （课前预习、实验操作、实验报告）

（三）课程目标达成评价方式及考核比例

本课程考核方式及成绩比例为：课前预习10 % + 实验操作25 % + 实验报告15% +期末现场操作考核35 % + 期末理论考核 15%；本课程共有2个课程目标，考核方式及成绩比例分别为：

课程目标1：课前预习5%+实验操作15% +实验报告10%+期末现场操作考核20%+期末理论考核10%

课程目标2：课前预习5%+实验操作10%+实验报告5%+期末现场操作考核10%+期末理论考核5%。

如下图：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程目标** | **考核方式及成绩比例（%）** | **合计** |
| **平时成绩** | **期末成绩** |
| **课前****预习** | **实验****操作** | **实验****报告** | **期末现场****操作考核** | **期末理论考核** |
| 课程目标1 | 5 | 15 | 10 | 20 | 10 | 60 |
| 课程目标2 | 5 | 10 | 5 | 15 | 5 | 40 |
| 合计 | 10 | 25 | 15 | 35 | 15 | 100 |

五、成绩评定

（一）总成绩评定

总成绩=平时成绩×50%+期末成绩×50%

（二）平时成绩评定

平时成绩（100%）= 课前预习（20%）+ 实验操作（50%）+ 实验报告（30%）

考核方式: 课前预习、 实验操作、实验报告等。

课前预习：要求每位学生熟悉仪器构造、工作原理、实验步骤，了解不同仪器的应用范围及性能特点。

实验操作：要求每位学生实验过程中操作规范，其中包括熟悉仪器的性能特点、组成结构，操作熟练，掌握仪器参数设置方法，实验记录准确、详细等方面；实验完毕仪器的清洗和整理。

实验报告：包括实验目的、实验原理、实验步骤、实验现象、实验数据处理、分析和讨论等。

（三）期末成绩评定

**1．课程考核的方式：**

理论考核+实验操作考核

**2．课程考核的范围：**

主要考核对仪器分析实验理论、基本知识、仪器构造、基本原理的掌握程度，实验操作的规范程度以及对实验现象、实验数据、实验结果的分析和解析，具体包括以下内容：

实验项目一 有机化合物的紫外吸收光谱及溶剂的性质对吸收光谱的影响

1. 紫外可见分光光度计的结构。

2. 紫外可见分光光度计工作原理。

3. 紫外可见分光光度计的使用方法及操作规程。

4. 紫外可见分光光度计测定样品的方法。

实验项目二 红外光谱测定有机化合物的结构

1. 红外光谱仪的结构。
2. 红外光谱仪的工作原理。
3. 红外光谱仪的使用方法及操作规程。
4. 红外光谱仪测定样品的方法。
5. 红外光谱法制样方法及注意事项。

实验项目三 气相色谱法定量定性分析

1. 气相色谱的分离原理与适用范围。
2. 气相色谱主要部件、作用及使用注意事项。
3. 色谱图相关参数与计算方法。

实验项目四 火焰原子吸收光谱法灵敏度和自来水中钙、镁的测定

1. 元素标准溶液和待测溶液的配制。

2. 原子吸收光谱法的原理。

3. 原子吸收分光光度计的结构及参数设置。

4. 待测溶液元素含量的测定。

实验项目五 高效液相色谱分析

1. 高效液相色谱的开关机顺序及各部件的工作原理。

2. 高效液相色谱流动相的准备。

3. 高效液相色谱分离条件的选择。

4. 高效液相色谱的定性定量方法。

期末成绩（100%）= 现场操作考核成绩（70%）+ 理论考核成绩（30%）

考核方式：现场操作考核、理论考核。

现场操作考核成绩评定：按《仪器分析实验操作考试评分标准》评定。

六、使用教材、相关推荐书目及课程资源

（一）使用教材（或实验指导书）

胡瑞省、郧海丽、雷霓、陆敏、袁帅：《仪器分析实验讲义》，自编，2020年版。

（二）相关推荐书目

1. 孙尔康、张剑荣、陈国松、陈昌云主编：《仪器分析实验》，[南京大学出版社](https://baike.baidu.com/item/%E5%8D%97%E4%BA%AC%E5%A4%A7%E5%AD%A6%E5%87%BA%E7%89%88%E7%A4%BE/9005705)，2009年版；

2. 万益群、倪永年主编：《仪器分析实验》（第三版），[江西高校出版社](https://baike.baidu.com/item/%E5%8D%97%E4%BA%AC%E5%A4%A7%E5%AD%A6%E5%87%BA%E7%89%88%E7%A4%BE/9005705)，2003年版；

3. 谢能泳、陆为林、陈玄杰主编：《分析化学实验》，高等教育出版社，1995年版；

（三）课程资源

1. 中国大学慕课《仪器分析实验》 华东师范大学

网址：https://www.icourse163.org/course/ECNU-1206887802

主讲人：楚清脆、张琪伟、徐志爱

2. 中国大学慕课《仪器分析实验》 华中农业大学

网址：https://www.icourse163.org/spoc/course/HZAU-1205810803

主讲人：李生清、康勤书、陆冬莲

七、课程大纲制定依据

本课程大纲依据2023年化学工程与工艺专业人才培养方案制定。

《化工原理实验1》课程大纲

一、课程基本信息

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 课程名称 | 化工原理实验1 | 课程代码 | 0701222 |
| 课程类别 | 实验 | 学时/学分 | 32/1 |
| 开课单位 | 化工学院 | 适用专业 | 化学工程与工艺 |
| 课程负责人 | 韩卫荣 |
| 大纲撰写人 | 许保恩 | 大纲审核人 |  |
| 先修课程 | 无机化学实验、分析化学实验、物理化学实验，化工原理 |
| 课程网址 | 化工原理实验课程平台-学习通泛雅https://mooc1-1.chaoxing.com/course/215062543.html |

二、课程学习目标及与毕业要求的对应关系

（一）课程学习目标

化工原理实验是一门实践性很强的技术基础课，是用自然科学的基本原理和工程实验方法来解决化工单元过程的工程实际问题。作为化工原理课程的重要实践环节，本课程主要通过实验设计、实验操作、数据处理和结果分析，让学生较为直观掌握流体流动、热量传递、质量传递等过程单元和设备的特点及工程应用要求。巩固和加深化工原理基本理论知识的理解，培养学生应用工程基础知识分析和解决工程问题的能力，注重学生工程实践能力的培养。为学生从事化工过程和设备的设计、分析计算和实际操作及新技术的研发奠定基础。实验课程中，注重学生规范操作和安全意识培养，引导学生树立绿色化工、洁净化工和可持续科学发展理念。培养学生团队协作、科学严谨的“工匠精神”。增强学生环保意识和法治观念。培养学生从大量实验数据中总结出一般实验规律，培养学生尊重事实、严谨认真、辩证分析的科学方法和科学精神等。

通过本课程的学习，使学生达到以下目标：

1. 能够利用自然科学原理、化工过程基本理论以及工程问题的实验研究方法，对化工单元过程中的复杂工程问题进行实验研究，通过实验设计、实验操作、数据采集，实验结果的分析和解释，获得合理有效的实验结论。主要涉及：(1)学习处理工程问题的实验研究方法；(2)熟悉化工数据的基本测试技术和仪表的应用；(3)熟悉并掌握典型单元操作的工艺流程及设备(如流体流动管路、离心泵、旋风分离器、过滤机、换热器、填料塔、精馏塔、萃取塔、干燥器等)的操作；(4)学习实验流程的设计方法；(5)熟悉并掌握实验数据记录及处理方法，以及分析、归纳总结得到实验结论能力。(6)培养撰写工程实验报告的能力，培养学生从事科学研究的初步能力。**【毕业要求4 研究】**

2. 能够在实验团队中明确个体、组成以及负责人的角色。从实验工艺设计、实验操作、测试分析、仪表控制等方面分工协作，培养团队意识，合作完成实验工作。**【毕业要求9 个人和团队】**

1. 课程学习目标与毕业要求指标点的对应关系

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **毕业要求** | **毕业要求指标点** | **课程目标** |
| 4.研究 | 能够基于科学原理并采用科学方法对化工过程中复杂工程问题进行研究，包括设计实验、分析与解释数据、并通过信息综合得到合理有效的结论。4.2 能够对复杂工程问题通过文献研究，进行设计或优化实验方案(H)。 | 课程目标1 |
| 9.个人和团队  | 能够在多学科背景下的团队中承担个体、团队成员以及负责人的角色。9.2 能够正确理解在解决复杂工程问题中的多学科团队作用，具有合作协调意识(M)。 | 课程目标2 |

三、课程学习内容及与课程学习目标的对应关系

**（一）课程学习内容**

实验一 化工原理实验基础及安全知识

**【学习目标】**

让学生了解实验误差的估算及产生原因，熟悉实验数据的有效数字和记数法；掌握实验数据处理方法及常用软件的使用；掌握常用化工仪表如压力、流量、温度等的测量技术。掌握实验报告撰写的基本内容和要求。让学生认识化工实验基本规范，熟悉化工基本安全知识，强化安全环保意识。

**【学习内容】**

1. 实验误差的估算及产生原因，熟悉实验数据的有效数字和记数法；

2. 实验数据处理方法及常用软件的使用；

3. 常用化工仪表如压力、流量、温度等的测量技术。

4. 实验报告撰写的基本内容和要求。

5. 学习化工基本安全知识，强化安全环保意识。

**【重点】**

1. 化工基本安全知识，强化安全环保意识。

2. 实验数据处理方法及常用软件的使用；

3. 常用化工仪表如压力、流量、温度等的测量技术。

4. 实验报告撰写的基本内容和要求。

**【难点】**

1. 实验误差的估算及产生原因，数据的有效数字和记数法；

2. 常用化工仪表如压力、流量、温度等的测量技术。

**【实施方式】**

理论（线上线下混合）

**【学习要求】**

1. 了解实验误差的估算及产生原因，熟悉实验数据的有效数字和记数法；

2. 掌握实验数据处理方法及常用软件的使用；

3. 掌握常用化工仪表如压力、流量、温度等的测量技术。

4. 掌握实验报告撰写的基本内容和要求。

5. 熟悉化工基本安全知识，强化安全环保意识。

**【实验要求】**

1. 实验属性：验证性实验和综合性实验；

2. 开出要求：必做；

3. 分组要求：不分组

4. 实验准备：①化工原理实验教学平台的更新和维护。②预习要求：学习通平台预习实验，完成相应任务点及章节测验。③进行实验前要有实验预习报告。

5. 其他要求：注重实验教学与工程实际相结合；强化健康、安全、环境意识。

实验二 流体机械能守恒与转化实验(伯努力实验)

**【学习目标】**

熟悉伯努力实验装置的构造和流程；掌握流体流动过程中各种能量形式和压头的概念及其之间的转换关系，掌握验证伯努力方程方法；通过实验观察和分析流体在导管内静止和流动时上下游截面各压头的变化情况。通过实验观察和分析流体流经收缩、扩大管段时各截面上静压头的变化情况。理论与实际相联系，在流体流动操作中展现能量守恒与转化自然规律。

**【学习内容】**

1. 测定流体流动时各截面的静压强、冲压强，计算各截面处总压头，验证方程是否守恒及分析各压头转化情况。

2. 绘制出各测量点的压强变化图。

**【重点】**

1. 试验导管中流体流动过程中各种压头形式的表示及转换。

2. 伯努力方程的验证方法。

**【难点】**

1. 试验导管中流体流动过程中各种压头形式的表示及转换。

2. 文丘里测量段压强转换分析。

3. 装置的误差分析。

**【实施方式】**

实验理论（线上线下混合）+ 实验（线下）

**【学习要求】**

1. 熟悉伯努力实验装置的构造和流程；

2. 熟悉导管中各个测压管的作用和压头测量。

3. 理解文丘里测量段压强转换关系。

3. 掌握伯努力方程的验证方法，加深对能量转化概念的理解。

**【实验要求】**

1. 实验属性：验证性实验

2. 开出要求：必做

3. 分组要求：4人1组

4. 实验准备：①仪器设备正常；②预习要求：在实验课程平台预习实验项目，完成预习任务，撰写预习报告；③学生复习相应理论知识。

5. 其他要求：注重实验教学与工程实际相结合；强化健康、安全、环境意识。

实验三 流体流动型态及临界雷诺准数的测定

**【学习目标】**

通过实验观察流体在管内作层流、过渡流、湍流时的流动型态，掌握影响流体流动型态的因素。掌握测定流体不同流型时的雷诺准数Re方法。掌握测定流型转变时的临界雷诺准数Re方法。通过实验揭示流体流动的“物质运动规律”，与实际结合激发学生的探索精神。

**【学习内容】**

1. 观察流体在管内作层流、过渡流、湍流时的流动型态，及层流、湍流时管路流速分布。

2. 测定流体不同流型时的雷诺准数Re及临界雷诺准数Re。

**【重点】**

1. 通过实验理解流体在管内作层流、过渡流、湍流时的流动型态，以及测定不同流型时的雷诺准数。

**【难点】**

1. 临界雷诺准数Re的确定。

**【实施方式】**

实验理论（线上线下混合）+ 实验（线下）

**【学习要求】**

1. 通过实验观察流体在管内的不同流动型态，雷诺准数的测定，理解圆管中流速的分布。

**【实验要求】**

1. 实验属性：验证性实验

2. 开出要求：必做

3. 分组要求：4人1组

4. 实验准备：①仪器设备正常，红墨水；②预习要求：在实验课程平台预习实验项目，完成预习任务，撰写预习报告；③学生复习相应理论知识。

5. 其他要求：注重实验教学与工程实际相结合；强化健康、安全、环境意识。

实验四 管道阻力实验

**【学习目标】**

熟悉流体流动管路测量系统的构造和流程，了解组成管路中各个部件、阀门的作用；掌握流体流经光滑直管、粗糙直管时摩擦系数λ的测定方法及变化规律，并确定摩擦系数λ与雷诺数Re和相对粗糙度之间的关系；掌握流体流经管件（各种状态的阀门）的局部阻力系数的测量方法；学习压差的几种测量方法和技巧；掌握坐标系的选用和对数坐标系的使用方法。通过实验揭示流体阻力的客观存在，与实际结合激发学生的探索精神。

**【学习内容】**

1. 测定流体流经光滑直管、粗糙直管时摩擦系数λ与雷诺数Re以及相对粗糙度之间的关系。

2. 测定流体流经管件（阀门或各开度阀门）的局部阻力系数。

**【重点】**

1. 测定流体在光滑直管、粗糙直管中流动时流动阻力和直管摩擦系数，确定λ与Re和相对粗糙度之间的关系及其变化规律。

**【难点】**

1. 认识流体流动管路测量系统，了解组成管路中各个部件、阀门的作用。

2. 使用计算机软件绘制λ和Re关系曲线，拟合λ和Re关系式并与理论值比较。

**【实施方式】**

实验理论（线上线下混合）+ 实验（线下）

**【学习要求】**

1. 熟悉流体流动管路测量系统的构造和流程，了解流体流动管路中各个部件、阀门的作用。

2. 掌握直管及局部管件摩擦系数的实验测定方法，并能运用摩擦阻力系数与Re变化规律指导实验测定操作并相互验证。

3. 掌握压差的测量方法和技巧。

4. 掌握坐标系的选用方法和对数坐标系的使用方法。

**【实验要求】**

1. 实验属性：综合性实验

2. 开出要求：必做

3. 分组要求：4人1组

4. 实验准备：①仪器设备正常；②预习要求：在实验课程平台预习实验项目，完成预习任务，撰写预习报告；③学生复习相应理论知识。

5. 其他要求：注重实验教学与工程实际相结合；强化健康、安全、环境意识。

实验五 离心泵特性曲线的测定实验

**【学习目标】**

了解离心泵的结构特点和管路流程，熟悉并掌握离心泵的工作原理和操作方法；掌握离心泵特性曲线的测定方法，加深对离心泵性能的了解；掌握管路特性曲线的测定方法。通过实验促进学生实验方法的培养，激发学生严谨认真的科学精神。

**【学习内容】**

1. 离心泵的正确操作方法。

2. 测定一定转速下离心泵的特性曲线。

3. 测定某一流量下的管路特性曲线。

**【重点】**

1. 离心泵的工作原理和操作方法。

2. 测定一定转速下离心泵的特性曲线。

**【难点】**

1. 离心泵的工作原理、操作方法及注意事项。

2. 离心泵的特性曲线绘制。

**【实施方式】**

实验理论（线上线下混合）+ 实验（线下）

**【学习要求】**

1. 了解离心泵的结构特点，熟悉并掌握离心泵的工作原理和操作方法。

2. 掌握离心泵特性曲线的测定方法并理解其工程意义。

3. 使用软件进行数据处理并绘离心泵特性曲线。

**【实验要求】**

1. 实验属性：综合性实验

2. 开出要求：必做

3. 分组要求：4人1组

4. 实验准备：①仪器设备正常；②预习要求：在实验课程平台预习实验项目，完成预习任务，撰写预习报告；③学生复习相应理论知识。

5. 其他要求：注重实验教学与工程实际相结合；强化健康、安全、环境意识。

实验六 旋风分离实验

**【学习目标】**

认识标准旋风分离器的结构；实验观察含尘气体通过旋风分离器时，含尘气体、固体尘粒和除尘后气体的运动路线；理解旋风分离器的工作原理；掌握旋风分离器内静压力分布状况，认清排灰管和集尘室良好密封的必要性。了解进口气速对旋风分离器分离性能的影响。

**【学习内容】**

1. 测定旋风分离器在径向、轴向和管壁处的静压强分布，弄清楚排灰管和集尘室密封的必要性。

2. 测定进口气速对旋风分离器分离性能的影响，理解适宜操作气速的计算方法。

3. 分析实验用含尘气体的形成原理，理解伯努力方程在文丘里管处的应用。

**【重点】**

1. 基于观察旋风分离器内含尘气体、固体尘粒和除尘后气体的运动路线加深旋风分离器工作原理的理解。

2. 测定旋风分离器在径向、轴向和管壁处的静压强分布，弄清楚排灰管和集尘室密封的必要性。

**【难点】**

1. 测定进口气速对旋风分离器分离性能的影响。

**【实施方式】**

实验理论（线上线下混合）+ 实验（线下）

**【学习要求】**

1. 熟悉标准旋风分离器的结构。

2. 了解旋风分离器内含尘气体、固体尘粒和除尘后气体的运动路线，加深旋风分离器工作原理的理解。

3. 掌握旋风分离器内不同位置静压强的测定方法及分布情况。

**【实验要求】**

1. 实验属性：验证性实验

2. 开出要求：必做

3. 分组要求：4人1组

4. 实验准备：①仪器设备正常，准备洗衣粉颗粒；②预习要求：在实验课程平台预习实验项目，完成预习任务，撰写预习报告；③学生复习相应理论知识。

5. 其他要求：注重实验教学与工程实际相结合；强化健康、安全、环境意识。

实验七 恒压过滤常数测定实验

**【学习目标】**

熟悉板框过滤设备及操作方法；掌握恒压过滤常数K、qe的测定方法，加深对K、qe概念和影响因素的理解。掌握滤饼的压缩性指数s和物料特性参数k的测定方法。通进学生实验方法的培养，激发学生团队协作、严谨认真的科学精神。

**【学习内容】**

1. 测定过滤常数K，介质常数θe和qe，滤饼的压缩性指数s，物料特性常数k。

**【重点】**

1. 测定恒压操作条件下的过滤常数K、qe。

2. 测定滤饼的压缩性指数s和物料特性参数k

**【难点】**

1. 板框过滤机的构造及操作方法、滤液及洗液的流动路线。

2. 过滤原理及数据处理方法。

**【实施方式】**

实验理论（线上线下混合）+ 实验（线下）

**【学习要求】**

1. 熟悉板框过滤机的构造及操作方法。

2. 掌握恒压过滤常数K、qe的测定方法，加深对K、qe概念和影响因素的理解。

3. 利用数值分析方法对数据进行处理求过滤常数。

**【实验要求】**

1. 实验属性：综合性实验

2. 开出要求：必做

3. 分组要求：4人1组

4. 实验准备：①仪器设备正常，碳酸钙悬浮液的准备；②预习要求：在实验课程平台预习实验项目，完成预习任务，撰写预习报告；③学生复习相应理论知识。

5. 其他要求：注重实验教学与工程实际相结合；强化健康、安全、环境意识。

实验八 气-汽对流传热综合实验

**【学习目标】**

让学生熟悉过程工程方法在研究间壁式对流传热问题时的应用，了解间壁式传热过程给热系数测定的实验组织方法。了解影响给热系数的工程因素和强化传热操作的工程途径。熟悉借助热电偶测量壁面温度的方法。掌握间壁式换热设备给热系数和总传热系数的实验测定方法，了解给热系数测定的工程意义。通过实验促进学生理论与实践相结合，激发学生团队协作、严谨认真的科学精神。

**【学习内容】**

1. 了解列管换热器的结构和工作原理。

2. 测定空气在列管换热器实验中的总传热系数*K*o。

3. 比较并流流动传热和逆流流动传热的特点。

4. 计算管程流体的对流传热系数*α*值。

**【重点】**

1. 测定空气在列管换热器实验中的总传热系数*K*o。

2. 比较并流流动传热和逆流流动传热的特点。

**【难点】**

1. 过程工程方法在研究间壁式对流传热问题时的应用，以及间壁式换热器传热过程中总传热系数测定实验组织方法。

2. 数据处理过程。

**【实施方式】**

实验理论（线上线下混合）+ 实验（线下）

**【学习要求】**

1. 掌握测定空气在列管换热器中总传热系数测定的实验方法，加深对其工程基础知识和影响因素的理解。

2. 运用计算数值分析方法对数据进行处理求取测定常数。

**【实验要求】**

1. 实验属性：综合性实验

2. 开出要求：必做

3. 分组要求：4人1组

4. 实验准备：①仪器设备正常；②预习要求：在实验课程平台预习实验项目，完成预习任务，撰写预习报告；③学生复习相应理论知识。

5. 其他要求：注重实验教学与工程实际相结合；强化健康、安全、环境意识。

（二）课程学习内容与课程学习目标的对应关系

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **课程学习内容** | **实施方式** | **支撑的课程目标** | **学时****操作/线上** |
| 实验一 化工原理实验基础及安全知识 | 理论（线上线下混合） | 课程目标1 | 3 | 1 |
| 实验二 流体机械能守恒与转化实验  | 实验理论（线上线下混合）+ 实验（线下） | 课程目标1,2 | 3 | 1 |
| 实验三 流体流动型态及临界雷诺准数的测定 | 实验理论（线上线下混合）+ 实验（线下） | 课程目标1,2 | 2 | 1 |
| 实验四 管道阻力实验 | 实验理论（线上线下混合）+ 实验（线下） | 课程目标1,2 | 4 | 1 |
| 实验五 离心泵特性曲线的测定实验 | 实验理论（线上线下混合）+ 实验（线下） | 课程目标1,2 | 3 | 1 |
| 实验六 旋风分离实验 | 实验理论（线上线下混合）+ 实验（线下） | 课程目标1,2 | 2 | 1 |
| 实验七 恒压过滤常数测定实验 | 实验理论（线上线下混合）+ 实验（线下） | 课程目标1,2 | 3 | 1 |
| 实验八 气-汽对流传热综合实验 | 实验理论（线上线下混合）+ 实验（线下） | 课程目标1,2 | 4 | 1 |
| **合计** | 24 | 8 |

四、课程考核及与课程学习目标的对应关系

（一）课程考核内容、考核方式与课程学习目标的对应关系

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程目标** | **考核内容** | **考核方式** |
| 课程目标1 | 1.1 化工原理实验基础知识、实验研究方法和化工实验安全知识。1.2 流体流动、传热的基础知识、基本原理及输送机械和换热设备设备。流体在管道中流动形态、流动阻力及能量转换，压强计的使用、流量计的使用、测温仪表、离心泵的操作及风机的操作、阀的操作等实验基本操作技能。1.3 典型单元操作设备的构造、流程及操作原理，实验流程的分析和实验操作的正确性。1.4 实验现象的观察和分析，实验数据记录与处理、实验结果结论的归纳与分析。1.5 预习及实验操作报告的撰写质量。1.6 实验报告的规范化程度。 | 1 实验预习及预习报告2 线上测试3 实验操作4 实验报告5 实验考试 |
| 课程目标2 | 2.1 线上实验理论、视频及任务点的完成效果2.2 实验项目的分工与协作2.3 实验操作时团队表现 | 1 线上测试2 实验操作 |

（二）课程目标达成评价方式及考核比例

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程目标** | **考核方式及成绩比例（%）** | **合计** |
| **实验预习** | **实验操作** | **实验报告** | **实验考试** |
| 课程目标1 | 10 | 5 | 50 | 20 | 85 |
| 课程目标2 | 10 | 5 |  |  | 15 |
| 合计 | 20 | 10 | 50 | 20 | 100 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程目标** | **考核方式及成绩比例（%）** | **合计** |
| **实验预习** | **实验操作** | **实验报告** | **实验考试** |
| 课程目标1 | 10 | 10 | 40 | 20 | 80 |
| 课程目标2 | 10 | 10 |  |  | 20 |
| 合计 | 20 | 20 | 40 | 20 | 100 |

五、成绩评定

（一）总成绩评定

总成绩＝实验预习(20%)+实验操作(20%)+实验报告(40%)+实验考试(20%)

（二）实验预习成绩评定

实验预习成绩（100%）＝预习报告（50%）＋线上实验任务学习(50%)

考试方式：

1. 预习报告（50%）：要求每位学生写出实验预习报告，包括实验内容与目的，实验原理，实验装置与流程，实验步骤或操作要点，实验操作注意事项，数据记录空表等。由实验指导老师签字。

2. 线上实验任务学习（50%）：完成课程平台所开设实验项目的任务点，包括课程视频(40%)、预习小测(5%)、主题讨论(5%)等，由课程平台记录。

（二）实验操作成绩评定

实验操作成绩（100%）＝实验操作（100%）＋出勤(0%)

考试方式：

1. 实验操作（100%）：由本组现场实验操作质量，分工与协作，实验数据合理性，由指导老师综合给分。

要求每位学生实验过程中操作规范，其中包括 实验设备操作的熟练程度，药品、试剂的称量与量取，实验记录情况等方面。

2. 出勤（0%）：由课程平台记录签到记录出勤情况。

（三）实验报告成绩评定

实验报告（100%）：

考核方式：包括实验内容与目的，实验原理，实验装置与流程，实验步骤或操作要点，实验操作注意事项，数据记录与处理，实验结论与分析，思考题。

评阅标准：(1)有预习报告，且有指导教师签字(10%)；(2)实验报告的内容完整性(30%)；(3)装置及流程图是否规范(10%)；(4)数据记录是否详实(10%)；(5)数据处理是否符合要求，是否有关键的数据表及图(10%)；(6)实验结论归纳是否合理、完整，思考题回答是否正确(20%)；(7)文档撰写整齐、符合规范(10%)。

（四）实验考试成绩评定

实验考试成绩（100%）＝理论测试（40%）＋操作考试(60%)

考核方式：

1. 理论测试（40%）：对实验原理、实验设备、实验操作、数据处理的方法、实验现象、结果或结论及注意事项等内容，进行线上课程平台考核。

2. 实验现场考核(60%)：学生随机抽取开设实验项目的某一环节或某一操作进行现场考核，写出实验操作步骤（33%），实验项目的操作（67%）。

六、使用教材、相关推荐书目及课程资源

（一）使用教材（或实验指导书）

化学工程与工艺教研室自编：《化工原理实验》讲义；

（二）相关推荐书目

1. 郭翠梨主编：《化工原理实验》(第二版)，高等教育出版社，2013年版；

2. 史贤林，张秋香，周文勇，等主编：《化工原理实验》(第二版)，华东理工大学出版社，2015年版；

（三）课程资源

**1. 课程团队教师自建：《化工原理实验》课程平台，学习通泛雅。**

该课程平台包括：课程视频、PPT教案、讲义、参考资料、章节测验、课堂讨论、作业等内容，视频包含教研室教师自录视频和天津大学部分《化工原理实验》精品课程视频。教师提前给学生明确学习时间、学习内容、学习方法和要求。课前学习实验课程视频，完全任务点操作并撰写预习报告。作为本专业学生实验前/实验中学习，课程管理，课后讨论、测验的管理平台。

七、课程大纲制定依据

本课程大纲依据2023年化学工程与工艺专业人才培养方案制定。

《物理化学实验2》课程大纲

一、课程基本信息

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 课程名称 | 物理化学实验2 | 课程代码 | 0717B16 |
| 课程类别 | 实验 | 学时/学分 | 24/0.75 |
| 开课单位 | 化工学院 | 适用专业 | 化学工程与工艺 |
| 课程负责人 | 物理化学课程组 |
| 大纲撰写人 | 物理化学课程组 | 大纲审核人 | 吕立强 |
| 先修课程 | 《无机化学实验》、《分析化学实验》、《物理化学》 |
| 课程网址 | 学习通平台物理化学实验2  |

二、课程学习目标及与毕业要求的对应关系

（一）课程学习目标

通过本课程的学习，使学生达到以下目标：

1. 通过实验，加深学生对物理化学课程基本理论的理解。能用所学知识对实验现象和结果进行分析讨论，增强学生运用理论知识解决实际问题的能力，具备一定科学探究与创新意识。加强学生观察实验现象、记录实验过程、数据处理与分析以及实验报告撰写的能力，使学生初步具有独立进行实验工作的能力，为今后的工作打下良好的实验基础。【毕业要求4研究 (M)】

2. 培养学生严谨求实、踏实认真的科学态度和良好的实验室工作习惯，加强学生团队协作意识，提高小组成员之间的沟通能力。【毕业要求9个人和团队(M)】

1. 课程学习目标与毕业要求指标点的对应关系

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **毕业要求** | **毕业要求指标点** | **课程目标** |
| 4.研究 | 4.1能够对复杂工程问题相关的物理和化学基础原理进行实验验证。(M) | 课程目标1 |
| 9.个人和团队 | 9.1能够明确团队中的角色和责任，在多学科背景下的团队中充分发挥个人作用。(M) | 课程目标2 |

三、课程学习内容及与课程学习目标的对应关系

**（一）课程学习内容**

实验项目一 电极制备和原电池的电动势测定

**【学习目标】**

学习铜电极、锌电极的制备和处理方法；掌握电位差计的测量原理和测定电动势的方法。

**【学习内容】**

1. 电极反应和电池反应；

2. 电极电势和电池电动势；

3. 参比电极的选择；

4. 对消法测量电池电动势；

5. 铜、锌电极电势的求算。

**【重点】**

1. 对消法测量电池电动势；

2. 铜、锌电极电势的求算。

**【难点】**

1. 对消法测量电池电动势；

2. 铜、锌电极电势的求算。

**【实施方式】**

理论（线上线下混合）+ 实验（线下）

**【学习要求】**

1. 学会铜电极、锌电极的制备和处理方法；

2. 掌握电位差计的测量原理和测定电动势的方法；

3. 运用能斯特方程计算电极电势，加深对原电池、电极电动势等概念的理解。

**【实验要求】**

1. 实验属性：综合性实验；

2. 开出要求：必做；

3. 分组要求：2人1组；

4. 实验准备：①线上教学平台和资源的建立；②仪器设备：电位差计、铜片、锌片、电极管、标准电池、饱和甘汞电极，药品试剂：CuSO4(0.1000mol·kg-1)、ZnSO4(0.100mol·kg-1)、KCl饱和溶液、硝酸亚汞溶液、镀铜液。③预习要求：学生在课程平台预习实验，完成相应的章节测试。

5. 课下思考题：

① 参比电极应具备什么条件？

② 盐桥有什么作用？

实验项目二 一级反应-蔗糖的转化

**【学习目标】**

测定不同温度时蔗糖转化反应的速率常数和半衰期，并求算蔗糖转化反应的活化能；了解旋光仪的构造、工作原理，掌握旋光仪的使用方法。

**【学习内容】**

1. 蔗糖一级水解反应的实验原理；

2. 旋光仪的构造、工作原理，以及旋光仪的使用方法；

3. 蔗糖水解过程中αt和α∞的测定。

**【重点】**

1. 掌握旋光仪的使用方法；

2. 实验记录和实验报告的书写。

**【难点】**

1. 蔗糖水解过程中αt和α∞的测定的读数问题。

**【实施方式】**

理论（线上线下混合）+ 实验（线下）

**【学习要求】**

1. 掌握蔗糖一级水解反应的实验原理；

2. 了解旋光仪的构造、工作原理，掌握旋光仪的使用方法；

3. 实验预习报告的书写。

**【实验要求】**

1. 实验属性：讲解性实验；

2. 开出要求：必做；

3. 分组要求：2人1组；

4. 实验准备：①线上教学平台和资源的建立；②仪器设备：旋光仪1台、恒温槽1套、恒温旋光管1只、烧杯若干、移液管若干、容量瓶若干、叉形管(25ml)1只，药品试剂：HCl溶液(2.0 mol·L-1)、蔗糖(分析纯)；③预习要求：学生在课程平台预习实验，完成相应的章节测试。

5. 课下思考题

① 蔗糖浓度、盐酸浓度对反应速率常数k有什么影响？

② 配制蔗糖溶液时不够准确，对测量结果是否有影响？

③ 本实验要想减少误差，应注意什么？

实验项目三 二级反应-乙酸乙酯皂化

**【学习目标】**

掌握测定乙酸乙酯造化反应速率常数和活化能的物理方法-电导法；了解二级反应的特点，学会用作图法求二级反应的速率常数；熟悉测量电导的方法和电导率仪的使用。

**【学习内容】**

1. 电导率仪的校准和使用；
2. 恒温水浴箱的使用；

3. 乙酸乙酯溶液的配制；

4. 作图法求二级反应的速率常数。

**【重点】**

1. 仪器的校准和使用；

2. 实验原理。

**【难点】**

1. 乙酸乙酯溶液的配制；

2. 作图法求二级反应的速率常数。

**【实施方式】**

理论（线上线下混合）+ 实验（线下）

**【学习要求】**

1. 掌握电导率仪的使用；

2. 能够运用作图法求直线斜率，进而得到反应速率常数。

**【实验要求】**

1.实验属性：综合性实验；

2.开出要求：必做、选做；

3.分组要求：2人1组；

4.实验准备：①线上教学平台和资源的建立；②仪器设备：电导率仪1台、恒温水浴1套、容量瓶若干、移液管若干、叉型管1只等，药品试剂：氢氧化钠、乙酸乙酯等；③预习要求：学生在课程平台预习实验，完成相应的章节测试。

5.课下思考题

① 在本实验中，如何测定乙酸乙酯皂化反应的活化能？

② 在本实验中，为什么测k0用0.01mol•L-1氢氧化钠，与乙酸乙酯反应用0.02 mol•L-1氢氧化钠？

实验项目四 胶体的制备和电泳

**【学习目标】**

掌握水解法制备Fe(OH)3溶胶的实验方法；测定Fe(OH)3溶胶的电泳速率，并计算ζ电势；熟悉溶胶带电的原因并判断其带电性以及胶团结构。

**【学习内容】**

1. Fe(OH)3溶胶的特性和电泳的原理；

2. 水解法制备Fe(OH)3溶胶；

3. Fe(OH)3溶胶的渗析法纯化；

4. 电泳速率u的测定。

**【重点】**

1. Fe(OH)3溶胶的特性和电泳的原理；

2. 实验记录和实验报告的书写。

**【难点】**

1. 实验数据的处理。

**【实施方式】**

理论（线上线下混合）+ 实验（线下）

**【学习要求】**

1. 掌握水解法制备Fe(OH)3溶胶的实验方法；

2. 测定Fe(OH)3溶胶的电泳速率，并计算ζ电势。熟悉溶胶带电的原因并判断其带电性以及胶团结构。

**【实验要求】**

1. 实验属性：讲解性实验；

2. 开出要求：必做；

3. 分组要求：2人1组；

4. 实验准备：①线上教学平台和资源的建立；②仪器设备：DYY-Ⅲ9B电泳仪1台、DDS-11C电导率仪1台、恒温水浴锅1台、电吹风1支、锥形瓶2个、电炉1台、烧杯若干、离心试管若干、250ml棕色试剂瓶1个，药品试剂：FeCl3溶液（w=0.10）、AgNO3溶液（w=0.01）、KSCN溶液（w=0.01）、火胶棉溶液（w=0.05）、盐酸溶液（1mol•L-1）；③预习要求：学生在课程平台预习实验，完成相应的章节测试。

5.课下思考题

① 电泳速度的快慢与哪些因素有关？

② 如果电泳仪器没洗净，管壁上残留微量电解质，对电泳测量结果将有什么影响？

1. Fe(OH)3胶粒带何种符号的电荷？为什么它会带此种符号的电荷？

实验项目五 希托夫法测定离子的迁移数

**【学习目标】**

掌握希托夫法测定离子迁移数的原理及方法；明确迁移数的概念；了解电量计的使用原理及方法。

**【学习内容】**

1. 迁移管的清洁及安装；
2. 铜片的清洁及安装；
3. 线路的连接；
4. 分光光度仪的使用。

**【重点】**

1. 仪器的校准和使用；

2. 希托夫法测定离子迁移数的原理。

**【难点】**

1. 希托夫法测定离子迁移数的原理；

2. 数据处理方法。

**【实施方式】**

理论（线上线下混合）+ 实验（线下）

**【学习要求】**

1. 掌握希托夫离子迁移数测定装置使用；

2. 掌握希托夫法测定离子迁移数的原理。

**【实验要求】**

1.实验属性：综合性实验；

2.开出要求：必做、选做；

3.分组要求：2人1组；

4.实验准备：①线上教学平台和资源的建立；②仪器设备：迁移管、铜电极、希托夫离子迁移数测定装置、铜电量计、容量瓶、移液管、天平等，药品试剂：硫酸铜、无水乙醇、已知浓度的硫酸铜溶液等；③预习要求：学生在课程平台预习实验，完成相应的章节测试。

5.课下思考题

① 为什么电量计的阴极铜片要用无水乙醇淋洗？

② 本实验中，通过阴极区和阳极区的电量是否相同？

实验项目六 表面张力的测定

**【学习目标】**

掌握最大气泡法测定表面张力的原理，了解影响表面张力测定的因素。

**【学习内容】**

1. 安装实验仪器，检查是否漏气；

2. 毛细管常数的测定；

3. 不同浓度正丁醇溶液压差值的测量；

4. 标准浓度正丁醇溶液折光率曲线的绘制。

**【重点】**

1. 掌握最大气泡法测定表面张力的原理。

**【难点】**

1. 由表面张力的实验数据求分子的截面积及吸附层的厚度。

**【实施方式】**

理论（线上线下混合）+ 实验（线下）

**【学习要求】**

1. 理解表面张力测量的基本原理；

2. 计算吸附量，测定不同浓度正丁醇溶液的表面张力；

3. 由表面张力的实验数据求分子的截面积及吸附层的厚度。

**【实验要求】**

1. 实验属性：综合性实验；

2. 开出要求：必做；

3. 分组要求：2人1组；

4. 实验准备：①线上教学平台和资源的建立；③仪器设备：表面张力测定仪1套、阿贝折射仪1台等，药品试剂：正丁醇、去离子水等；④学生在课程平台预习实验，完成相应的章节测试。

5. 课下思考题

① 为什么液体的表面张力随温度的升高而减少?

② 仪器的清洁与否对所测数据有无影响？

③ 设一毛细管插人水中，管内液面可以上升至一定高度，如设想在一定的高度处把毛细管下弯，则水会下滴吗？

（二）课程学习内容与课程学习目标的对应关系

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **课程学习内容** | **实施方式** | **支撑的课程目标** | **学时安排** |
| 实验项目一 电极制备和原电池的电动势测定 | 理论+实验 | 课程目标1、2 | 4 |
| 实验项目二 一级反应——蔗糖的转化 | 理论+实验 | 课程目标1、2 | 4 |
| 实验项目三 二级反应——乙酸乙酯皂化 | 理论+实验 | 课程目标1、2 | 4 |
| 实验项目四 胶体的制备和电泳 | 理论+实验 | 课程目标1、2 | 4 |
| 实验项目五 希托夫法测定离子的迁移数 | 理论+实验 | 课程目标1、2 | 4 |
| 实验项目六 表面张力的测定 | 理论+实验 | 课程目标1、2 | 4 |
| **合计** | 24 |

四、课程考核及与课程学习目标的对应关系

（一）课程考核内容、考核方式与课程学习目标的对应关系

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程目标** | **考核内容** | **考核方式** |
| 课程目标1 | 1.1物理化学实验的基础知识和相关理论1.2实验现象、实验数据的记录1.3实验室操作表现1.4实验报告的规范化程度 | 1. 课前预习
2. 线上测试
3. 实验操作
4. 实验报告
5. 期末考试
 |
| 课程目标2 | 2.1实验现象、实验数据的记录2.2实验室操作表现 | 1.实验操作2.实验报告 |

（二）课程目标达成评价方式及考核比例

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **课程目标** | **考核方式及成绩比例（%）** |  | **合计** |
| **课前预习** | **线上测试** | **实验操作** | **实验报告** | **期末考试** |
| 课程目标1 | 12 | 9 | 3 | 10 | 40 | 74 |
| 课程目标2 |  |  | 6 | 20 |  | 26 |
| 合计 | 12 | 9 | 9 | 30 | 40 | 100 |

五、成绩评定

（一）总成绩评定

总成绩=平时成绩×60%+期末成绩×40%

（二）平时成绩评定

平时成绩（100%）=课前预习（20%）+线上测试（15%）+实验操作（15%）+实验报告（50%）

考核方式: 课前预习、线上测试、实验操作、实验报告等。

课前预习：要求每位学生熟悉实验原理、实验步骤，查找有关的物理常数，完成线上教学平台的预习任务点。

线上测试：通过学习通教学平台，向学生发放章节测试题，考察学生对实验的预习情况。

实验操作：要求每位学生实验过程中操作规范，其中包括仪器的正确使用，药品、试剂的称量与量取，操作的熟练程度，实验数据记录情况等方面；仪器的清洗和实验台的整理。

实验报告：包括实验目的、实验原理、实验步骤、实验现象、实验数据处理、分析和讨论等。

（三）期末成绩评定

考核内容：主要考核对物理化学实验理论、基本知识、基本原理的掌握程度，对实验操作的规范程度以及对实验现象的分析和解释，具体包括以下内容：

1. 电极制备和原电池的电动势测定；

2. 一级反应——蔗糖的转化；

3. 二级反应——乙酸乙酯皂化；

4. 胶体的制备和电泳；

5. 希托夫法测定离子的迁移数；

6. 表面张力的测定。

六、使用教材、相关推荐书目及课程资源

（一）使用教材（或实验指导书）

侯炜、戴莹莹主编：《物理化学实验》（第一版），北京理工大学出版社，2016年.

（二）相关推荐书目

1. 庄继华主编：《物理化学实验》（第三版）；高等教育出版社，2004年.

2. 易平贵、郑柏树主编：《物理化学实验》；中国矿业大学出版社，1990年.

3. 夏海涛主编：《物理化学实验》；南京大学出版社，2006年.

（三）课程资源

学习通《物理化学实验2（化学工程与工艺专业）》教学平台。

通过该学习平台，授课教师向学生发布预习实验的任务点，学生在规定的时间内，完成指定任务。为方便学生更好的预习实验。为进一步强化学生的预习环节，每一实验后面还设置了章节测试题。该测试题可用于学生对物理化学实验基础知识、基本理论掌握程度的一种自我检验。

七、课程大纲制定依据

本课程大纲依据2023年化学工程与工艺专业人才培养方案制定。

《化工原理实验2》课程大纲

一、课程基本信息

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 课程名称 | 化工原理实验 | 课程代码 | 0701240 |
| 课程类别 | 实验 | 学时/学分 | 32(24操作+8线上)/1 |
| 开课单位 | 化工学院 | 适用专业 | 化学工程与工艺 |
| 课程负责人 | 许保恩 |
| 大纲撰写人 | 许保恩 | 大纲审核人 | 于宏伟 |
| 先修课程 | 无机化学实验、分析化学实验、物理化学实验，化工原理 |
| 课程网址 | 化工原理实验课程平台-学习通泛雅https://mooc1-1.chaoxing.com/mooc-ans/course/236008040.html |

二、课程学习目标及与毕业要求的对应关系

（一）课程学习目标

化工原理实验是一门实践性很强的技术基础课，是用自然科学的基本原理和工程实验方法来解决化工单元过程的工程实际问题。作为化工原理课程的重要实践环节，本课程主要通过实验设计、实验操作、数据处理和结果分析，让学生较为直观掌握流体流动、热量传递、质量传递等过程单元和设备的特点及工程应用要求。巩固和加深化工原理基本理论知识的理解，培养学生应用工程基础知识分析和解决工程问题的能力，注重学生工程实践能力的培养。为学生从事化工过程和设备的设计、分析计算和实际操作及新技术的研发奠定基础。

实验课程中，注重学生规范操作和安全意识培养，引导学生树立绿色化工、洁净化工和可持续科学发展理念。培养学生团队协作、科学严谨的“工匠精神”。增强学生环保意识和法治观念。培养学生从大量实验数据中总结出一般实验规律，培养学生尊重事实、严谨认真、辩证分析的科学方法和科学精神等。

通过本课程的学习，使学生达到以下目标：

1. 能够利用自然科学原理、化工过程基本理论以及工程问题的实验研究方法，对化工单元过程中的复杂工程问题进行实验研究，通过实验设计、实验操作、数据采集，实验结果的分析和解释，获得合理有效的实验结论。主要涉及：(1)学习处理工程问题的实验研究方法；(2)熟悉化工数据的基本测试技术和仪表的应用；(3)熟悉并掌握典型单元操作的工艺流程及设备(如流体流动管路、离心泵、旋风分离器、过滤机、换热器、填料塔、精馏塔、萃取塔、干燥器等)的操作；(4)学习实验流程的设计方法；(5)熟悉并掌握实验数据记录及处理方法，以及分析、归纳总结得到实验结论能力。(6)培养撰写工程实验报告的能力，培养学生从事科学研究的初步能力。**【毕业要求4 研究】**

2. 能够在实验团队中明确个体、团队成员以及负责人的角色。从实验工艺设计、实验操作、测试分析、仪表控制等方面分工协作，培养团队意识，合作完成实验工作。**【毕业要求9 个人和团队】**

1. 课程学习目标与毕业要求指标点的对应关系

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **毕业要求** | **毕业要求指标点** | **课程目标** |
| 4.研究 | 能够基于科学原理并采用科学方法对化工过程中复杂工程问题进行研究，包括设计实验、分析与解释数据、并通过信息综合得到合理有效的结论。4.2 能够对复杂工程问题通过文献研究，进行设计或优化实验方案**(H)**。 | 课程目标1 |
| 9.个人和团队  | 能够在多学科背景下的团队中承担个体、团队成员以及负责人的角色。9.2 能够正确理解在解决复杂工程问题中的多学科团队作用，具有合作协调意识**(M)**。 | 课程目标2 |

三、课程学习内容及与课程学习目标的对应关系

**（一）课程学习内容**

实验一 流化床干燥操作实验

**【学习目标】**

(1)熟悉流化床干燥设备的结构与流程；(2)熟悉流化床连续干燥固体湿物料的方法和流程。(3)掌握流化床连续干燥湿硅胶颗粒时的干燥速率的测定方法。

**【学习内容】**

1. 测定流化床连续干燥湿硅胶颗粒时的干燥速率(单位时间的去水率)，并与箱式干燥器的干燥速率进行比较。

**【重点】**

1. 流化床连续干燥湿硅胶颗粒时的干燥速率的测定方法。

**【难点】**

1. 流化床连续干燥湿硅胶颗粒时的干燥速率的测定方法。

**【实施方式】**

实验理论（线上线下混合）+ 实验（线下）

**【学习要求】**

1. 学习流化床连续干燥湿硅胶颗粒时的干燥速率的测定方法。

**【实验要求】**

1. 实验属性：综合性实验

2. 开出要求：必做

3. 分组要求：4人1组

4. 实验准备：①仪器设备正常，硅胶颗粒准备；②预习要求：在实验课程平台预习实验项目，完成预习任务，撰写预习报告；③学生复习相应理论知识。

5. 其他要求：注重实验教学与工程实际相结合；强化健康、安全、环境意识。

实验二 填料塔二氧化碳吸收及解吸实验

**【学习目标】**

(1)让学生了解填料吸收塔的结构，熟悉吸收过程的流程，掌握吸收塔的操作方法。(2)通过实验观察不同空塔气速下填料塔的流体力学状态。(3)掌握吸收总传质系数的测定方法。(4)考察并分析吸收剂流量变化对吸收传质效果的影响。

**【学习内容】**

1. 在不同空塔气速下，观察填料塔的流体力学状态，测定气体通过干、湿填料层的压力降与气速的关系曲线，确定填料塔的液泛速率。

2. 实验测定水吸收CO2时的总吸收系数、传质单元高度和填料塔的液膜侧体积吸收系数k*l*a，确立k*l*a与各项操作条件的关系。

3. 分析吸收剂流量变化对吸收传质效果的影响。

**【重点】**

1. 吸收总传质系数KLa的测定方法。

2. 吸收剂流量变化对吸收传质效果的影响。

**【难点】**

1. 吸收总传质系数KLa的测定方法。

2. 吸收与解吸过程的稳定操作。

**【实施方式】**

实验理论（线上线下混合）+ 实验（线下）

**【学习要求】**

1. 通过改变气速，观察填料塔的流体力学状态，能够测定和标绘气体通过干、湿填料层的压力降与气速的关系曲线，并能对∆p/z～u曲线进行分析。

2. 学会测定水吸收CO2的液侧体积吸收系数的方法，能够分析水喷淋量的改变对吸收传质效果的影响。

**【实验要求】**

1. 实验属性：综合性实验

2. 开出要求：必做

3. 分组要求：4人1组

4. 实验准备：①仪器设备正常，CO2钢瓶；②预习要求：在实验课程平台预习实验项目，完成预习任务，撰写预习报告；③学生复习相应理论知识。

5. 其他要求：注重实验教学与工程实际相结合；强化健康、安全、环境意识。

实验三 连续精馏操作和全塔效率测定的设计型实验

**【学习目标】**

(1)了解板式精馏塔的结构及精馏流程。(2)掌握精馏塔的操作及调节方法。理论联系实际，加深对精馏基础知识的理解，培养分析和解决精馏操作中所遇问题的能力。(3)掌握回流比改变(或其他因素，如进料位置、xF、塔釜加热电压)对精馏操作的影响。(4)掌握全回流、部分回流操作下全塔效率的测定方法。(5)自行设计实验参数，在部分回流条件下完成指定要求的精馏分离操作。(6)观察塔板上气、液相接触状态。

**【学习内容】**

1. 熟悉精馏塔的结构和流程，掌握精馏塔的操作与调节方法。

2. 进行全回流操作，并测定全塔效率。

3. 进行部分回流操作，采用冷液进料，考察不同回流比对精馏操作、分离能力和全塔效率的影响，并计算全塔效率。

4. 对于指定的产品分离要求，设计合适回流比，完成达到该要求的精馏分离操作，计算全塔效率。

5. 观察塔板上气、液相接触状态，分析漏液、夹带、液泛等现象对精馏操作的影响。

**【重点】**

1. 熟悉精馏塔的结构和精馏流程。

2. 精馏的全回流操作，并测定全塔效率。

3. 精馏的部分回流操作，测定并分析不同回流比对精馏操作和分离能力的影响。

**【难点】**

1. 对于指定的产品分离要求 xD，设计合适回流比，完成达到该要求的精馏分离操作，计算全塔效率。

2. 利用计算机软件或编程进行理论塔板数的求算。

**【实施方式】**

实验理论（线上线下混合）+ 实验（线下）

**【学习要求】**

1. 通过实验，熟悉板式精馏塔的结构及精馏流程。

2. 掌握精馏塔的全回流及部分回流时的操作及调节方法。

3. 分析回流比改变对精馏操作的影响。

4. 通过实验测定掌握全回流、部分回流操作下全塔效率的测定方法。

5. 完成指定分离要求(塔顶组成)下的部分回流操作，并计算全塔效率。

**【实验要求】**

1. 实验属性：综合性实验

2. 开出要求：必做

3. 分组要求：4人1组

4. 实验准备：①仪器设备正常，乙醇-正丙醇混合液的准备，气相色谱或阿贝尔折射仪；②预习要求：在实验课程平台预习实验项目，完成预习任务，撰写预习报告；③学生复习相应理论知识。

4. 实验准备：①仪器设备正常， ②撰写预习报告 ③复习相应理论知识。

5. 其他要求：注重实验教学与工程实际相结合；强化健康、安全、环境意识。

实验四 液-液萃取实验

**【学习目标】**

(1)了解液-液萃取设备的结构和特点。(2)掌握液-液筛板萃取塔的操作方法。(3)观察萃取塔两相流动现象。(4)掌握测定液-液萃取塔的传质单元高度或总体积传质系数的测定原理和方法。(5)了解强化传质的方法。

**【学习内容】**

以水为萃取剂，萃取煤油中的苯甲酸，选用萃取剂与原料液体积流量之比为1:1。

1. 以煤油为分散相，水为连续相，进行萃取过程的操作

2. 测定往复振动筛板式萃取塔的传质单元高度、传质单元数、传质系数。

**【重点】**

1. 液-液筛板萃取塔的操作方法。

2. 往复振动筛板式萃取塔的传质单元高度测定方法。

**【难点】**

1. 液-液筛板萃取塔的操作方法。

2. 由实验数据求解传质单元数据。

**【实施方式】**

实验理论（线上线下混合）+ 实验（线下）

**【学习要求】**

1. 通过实验，熟悉液-液萃取设备的结构和特点。

2. 掌握液-液筛板萃取塔的操作方法。

3. 掌握测定液-液萃取塔的传质单元高度或总体积传质系数的测定原理和方法，了解强化传质的方法。

**【实验要求】**

1. 实验属性：综合性实验

2. 开出要求：必做

3. 分组要求：4人1组

4. 实验准备：①仪器设备正常，滴定分析装置及试剂；②预习要求：在实验课程平台预习实验项目，完成预习任务，撰写预习报告；③学生复习相应理论知识。

5. 其他要求：注重实验教学与工程实际相结合；强化健康、安全、环境意识。

实验五 洞道干燥实验

**【学习目标】**

(1)让学生熟悉洞道干燥器的结构特点及操作方法。(2)掌握测定干燥曲线、干燥速率曲线的基本原理和实验方法。(3)掌握干湿球温度湿度计的使用方法，了解被干燥物料与热空气之间对流传热系数的测定方法。(4)了解影响干燥速率的相关工程因素，实验研究恒速干燥速率，临界湿含量，平衡湿含量随其影响因素的变化规律。

**【学习内容】**

1. 实验测定干燥曲线、干燥速率曲线和临界湿含量，了解测定干燥速率曲线的工程意义。

2. 学会干湿球温度湿度计的使用，熟悉被干燥物料与热空气之间对流传热系数的测定方法。

3. 实验分析恒速干燥速率、临界湿含量、平衡湿含量随其影响因素的变化规律。

**【重点】**

1. 实验测定干燥曲线、干燥速率曲线和临界湿含量。

**【难点】**

1. 实验测定干燥曲线、干燥速率曲线和临界湿含量。

2. 影响干燥速率的相关工程因素分析。

**【实施方式】**

实验理论（线上线下混合）+ 实验（线下）

**【学习要求】**

1. 掌握实验测定干燥曲线、干燥速率曲线及临界湿含量的方法，加深对干燥操作过程及其机理的理解。

2. 通过改变实验条件，如加热空气的温度、湿度及气速等，分析对干燥的影响。

3. 通过干燥物料与热空气之间对流传热系数的求解，理解干燥热质传递的机理。

**【实验要求】**

1. 实验属性：综合性实验

2. 开出要求：必做

3. 分组要求：4人1组

4. 实验准备：①仪器设备正常；②预习要求：在实验课程平台预习实验项目，完成预习任务，撰写预习报告；③学生复习相应理论知识。

5. 其他要求：注重实验教学与工程实际相结合；强化健康、安全、环境意识。

（二）课程学习内容与课程学习目标的对应关系

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **课程学习内容** | **实施方式** | **支撑的课程目标** | **学时安排** |
| 实验一 流化床干燥操作实验 | 实验理论（线上线下混合）+ 实验（线下） | 课程目标1,2 | 3 | 1 |
| 实验二 填料塔二氧化碳吸收及解吸实验 | 实验理论（线上线下混合）+ 实验（线下） | 课程目标1,2 | 4 | 1 |
| 实验三 连续精馏操作和全塔效率测定的设计型实验 | 实验理论（线上线下混合）+ 实验（线下） | 课程目标1,2 | 9 | 2 |
| 实验四 液-液萃取实验 | 实验理论（线上线下混合）+ 实验（线下） | 课程目标1,2 | 4 | 2 |
| 实验五 洞道干燥实验 | 实验理论（线上线下混合）+ 实验（线下） | 课程目标1,2 | 4 | 2 |
| **合计** | 24 | 8 |

四、课程考核及与课程学习目标的对应关系

（一）课程考核内容、考核方式与课程学习目标的对应关系

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程目标** | **考核内容** | **考核方式** |
| 课程目标1 | 1.1 传质单元操作如蒸馏、吸收、萃取及干燥的基础知识、基本原理及典型设备。物料在设备中流动时压强计、流量计、测温仪、离心泵及风机、阀门等实验基本操作技能。1.3 典型单元操作设备的构造、流程及操作原理，实验流程的分析和实验操作的正确性。1.4 实验现象的观察和分析，实验数据记录与处理、实验结果结论的归纳与分析。1.5 预习及实验操作报告的撰写质量。1.6 实验报告的规范化程度。 | 1 实验前预习、预习报告2 实验操作3 实验报告4 实验考试 |
| 课程目标2 | 2.1 线上实验理论、视频及任务点的完成效果2.2 实验项目的分工与协作2.3 实验操作时团队表现 | 1 线上学习参与、相关线上测试等2实验操作分工协作  |

（二）课程目标达成评价方式及考核比例

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程目标** | **考核方式及成绩比例（%）** | **合计** |
| **实验预习** | **实验操作** | **实验报告** | **实验考试** |  |
| 课程目标1 | 10预习报告 | 10实验现场操作 | 40实验报告 | 20理论测试(40%)操作测试(60%) | 80 |
| 课程目标2 | 15线上学习参与 | 5操作现场及后期团队协作 |  |  | 20 |
| 合计 | 25 | 15 | 40 | 20 | 100 |

五、成绩评定

（一）总成绩评定

总成绩＝实验预习×25% +实验操作×15%+实验报告×40%+实验考试×20%

（二）实验预习成绩评定

实验预习成绩（100%）＝预习报告（40%）＋线上实验任务学习(60%)

考试方式：

1. 预习报告（40%）：每位学生写出实验预习报告，包括实验目的，基本原理，实验装置与流程，实验操作要点及注意事项，准备原料数据记录表及数据处理过程表格等。由实验指导老师确认。

2. 线上实验任务学习（60%）：完成课程平台所开设实验项目的任务点，包括课程视频、预习测验、主题讨论等，由课程平台记录。

（二）实验操作成绩评定

实验操作成绩（100%）＝实验操作（67%）＋团队协作（33%）＋出勤(0%)

考试方式：

1. 实验现场操作（67%）：根据各组在实验现场的分工协作、出勤、实验操作质量，原始数据记录完整度、实验现场数据处理呈现程度，由指导老师综合给分。

2. 团队协作（33%）：根据实验组的分工协作情况、实验操作是否符合要求，实验数据记录与测试的合理性、报告数据处理贡献，由实验组组长综合给分。

注：出勤情况将直接影响实验操作分值，未到现场给0分。

（三）实验报告成绩评定

实验报告（100%）：

考核方式：一份完整的实验报告，包括：预习报告部分(1实验目的，2基本原理，3装置与流程，4操作要点及注意事项)，5原始数据，6数据处理，7实验结果分析与结论，8误差分析，9思考题，参考文献等。

评阅标准：(1)有预习报告，有指导教师确认(20%)；(2)实验报告内容完整性(10%)；(3)摘要与关键词是否概括及准确(5%)；(4)装置及流程图是否规范(8%)；(5)原始数据记录是否详实(5%)；(6)数据处理是否符合要求，是否有关键的数据表及图，是否独立完成(15%)；(7)实验结论归纳是否合理、完整，误差分析是否合理(20%)；(8)思考题回答是否正确(10%)；(9)文档撰写整齐、符合规范(7%)。

（四）实验考试成绩评定

实验考试成绩（100%）＝理论测试（40%）＋操作考试(60%)

考核方式：

1. 理论测试（40%）：对实验原理、实验设备、实验操作、数据处理的方法、实验现象、结果或结论及注意事项等内容，进行线上课程平台考核。

2. 实验现场考核(60%)：学生随机抽取开设实验项目的某一环节或某一操作进行现场考核，写出实验操作步骤（33%），实验项目的操作（67%）。

六、使用教材、相关推荐书目及课程资源

（一）使用教材（或实验指导书）

化学工程与工艺教研室自编：《化工原理实验》讲义；

（二）相关推荐书目

1. 郭翠梨主编：《化工原理实验》(第二版)，高等教育出版社，2013年版；

2. 史贤林，张秋香，周文勇，等主编：《化工原理实验》(第二版)，华东理工大学出版社，2015年版；

（三）课程资源

**1. 课程团队教师自建：《化工原理实验》课程平台，学习通泛雅。**

该课程平台包括：课程视频、PPT教案、讲义、参考资料、章节测验、课堂讨论、作业等内容，视频包含教研室教师自录视频和天津大学部分《化工原理实验》精品课程视频。教师提前给学生明确学习时间、学习内容、学习方法和要求。课前学习实验课程视频，完全任务点操作并撰写预习报告。作为本专业学生实验前/实验中学习，课程管理，课后讨论、测验的管理平台。

七、课程大纲制定依据

本课程大纲依据2023年化学工程与工艺专业人才培养方案制定。

《电工与电子技术实验》课程大纲

一、课程基本信息

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 课程名称 | 电工与电子技术实验 | 课程代码 | 0717B17 |
| 课程类别 | 实践教育课程 | 学时/学分 | 16/0.5 |
| 开课单位 | **机电学院** | 适用专业 | 化学工程与工艺 |
| 课程负责人 | 周娟、于宏伟 |
| 大纲撰写人 | 周娟 | 大纲审核人 | 于宏伟 |
| 先修课程 | 《大学物理实验B》 |
| 课程网址 |  |

二、课程学习目标及与毕业要求的对应关系

（一）课程学习目标

《电工与电子技术实验》是针对化学工程与工艺专业的一门基础实验课。本课程主要为了让学生了解电工与电子技术实验室的基本工作要求，熟悉电工电子技术实验操作的基本程序和工作常识，培养良好的实验习惯。使学生通过实验验证理论，加深对电工电子电路基础理论的理解，培养学生的实验操作技能和提高学生分析问题与解决问题的能力。通过综合性实验，学会根据给定的精确度要求选择合适的仪器和方法，正确处理实验数据及结果，提高分析实验结果的能力，培养学生的观察和分析实验现象的本领及独立动手的能力。通过本课程的学习，使学生达到以下目标：

1. 培养学生的观察和分析实验现象的本领及独立动手的能力，和分析问题解

问题的能力；【**毕业要求4：研究】**

1. 培养学生实验独立操作能力，在多学科背景下的团队中充分发挥个人作用。【**毕业要求9：个人和团队】**
2. 课程学习目标与毕业要求指标点的对应关系

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **毕业要求** | **毕业要求指标点** | **课程目标** |
| 4.研究 | 4.2 能够对复杂工程问题通过文献研究，进行设计或优化实验方案。（H） | 教学目标1 |
| 9.个人和团队 | 9.1能够明确团队中的角色和责任，在多学科背景下的团队中充分发挥个人作用。（L） | 教学目标2 |

三、课程学习内容及与课程学习目标的对应关系

**【学习内容】**

本课程实验共计16学时，0.5学分。本实验课配合理论授课内容，加深理解并巩固所学的有关电工基础电路、模拟电路、数字电路的理论知识。1.掌握基础电路测试方法，元件参数（R、L、C）及伏安特性的测量；2.熟悉模拟电路与数字电路中所用到的元件、器件集成电路的性能和功能；掌握示波器、毫伏表、数字万用表的使用方法；掌握电子电路测量的基本原理和方法。3.掌握模拟电路与数字电路调试技术以及基本电路的设计方法和技巧等。4.学会处理实验数据，分析实验结果，编写实验报告，并得到有效的结论。

主要实验项目如下：

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目序号 | 实验项目名称 | 计划学时 | 每组人数 | 实验类型 | 必选/可选 |
| 01020233015 | R、L、C元件性能的研究 | 专业基础 | 2 | 综合性 | 必选 |
| 01020215001 | 熟悉模拟电路实验设备 | 专业基础 | 2 | 综合性 | 必选 |
| 01020215003 | 晶体管放大电路（一） | 专业基础 | 2 | 验证性 | 必选 |
| 01020216001 | 熟悉数字电路实验设备 | 专业基础 | 2 | 综合性 | 必选 |
| 01020216002 | TTL各种门电路功能测试 | 专业基础 | 2 | 验证性 | 必选 |
| 01020216003 | 组合逻辑电路分析 | 专业基础 | 2 | 综合性 | 必选 |

注：实验类型指演示、验证、设计、综合等。

**【重点】**

1. 示波器、毫伏表、数字万用表的使用方法。

2. R、L、C参数及伏安特性的测量。

3. 模拟电路与数字电路调试技术。

**【难点】**

1. 模拟电路与数字电路调试技术以及基本电路的设计方法和技巧；

2. 处理实验数据，分析实验结果，与授课内容如何对应。

**【实施方式】**

讲授+实验操作。

**【实验要求】**

1.实验属性：验证性实验

2.开出要求：必做

3.分组要求：2人1组

4.实验准备：

①仪器准备，检查各个仪器设备运行状况；

②预习要求，结合授课内容，预习实验内容。

5.其他要求：注重理论教学与实践教学相结合、课内学习和课外实践相结合。

（三）课程学习内容与课程学习目标的对应关系

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **课程学习内容** | **教学方法** | **支撑的课程目标** | **学时安排** |
| R、L、C元件性能的研究 | 讲授法、小组实验 | 课程目标1、2 | 2 |
| 熟悉模拟电路实验设备 | 讲授法、小组实验 | 课程目标1、2 | 2 |
| 晶体管放大电路（一） | 讲授法、小组实验 | 课程目标1、2 | 3 |
| 熟悉数字电路实验设备 | 讲授法、小组实验 | 课程目标1、2 | 2 |
| TTL各种门电路功能测试 | 讲授法、小组实验 | 课程目标1、2 | 2 |
| 组合逻辑电路分析 | 讲授法、小组实验 | 课程目标1、2 | 2 |
| **合计** | 16 |

四、课程考核及与课程学习目标的对应关系

（一）课程考核内容与课程学习目标的对应关系

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程目标** | **考核内容** | **考核方式** |
| 课程目标1 | 课堂表现 6个实验项目操作 | 1.课堂操作2.上课表现 |
| 课程目标2 | 课堂表现 6个实验项目操作 | 1.课堂操作2.上课表现 |

（二）课程考核方式

1．单个实验项目考核办法

实验中，基本实验项目按100分计算成绩，成绩构成包括：

(1)预习实验讲义10分

(2)具有一定的实验操作动手能力，实验态度认真，完成规定实验内容30分

(3) 实验中观察、提出问题，实验数据记录合理20分

(4) 实验报告书写规范、分析合理40分

2．实验总成绩考核办法

全部实验项目的平均成绩占60%，实验现场考核成绩占40%。

（三）课程目标达成评价方式及考核比例：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程目标** | **考核方式及成绩比例（%）** | **合计** |
| **预习实验** | **实验操作** | **实验报告** | **期末考试** |
| 课程目标1 | 5 | 15 | 10 | 20 | 50 |
| 课程目标2 | 5 | 15 | 10 | 20 | 50 |
| 合计 | 10 | 30 | 20 | 40 | 100 |

五、成绩评定

（一）总成绩评定

总成绩=平时成绩×60%+期末成绩×40%

（二）平时成绩评定

平时成绩（100%）=实验预习（10%）+实验操作（30%）+实验报告（20%）

（三）期末成绩评定

期末考核主要考察学生对电工与电子技术基础的基本概念、电路工作原理和电路分析方法的理解与运用等。考察学生根据需求运用实验器材设计电路及解决电路基本问题的能力，方式为现场操作。

六、使用教材、相关推荐书目及课程资源

（一）使用教材

1.实验课教材《电工学实验讲义》（自编）。《模拟电路与数字电路实验》讲义。

（二）相关推荐书目

1. 康华光主编：《电子技术基础（模拟部分第4版）》，高等教育出版社，1999年版；

2. 王远主编：《模拟电子技术》，机械工业出版社，2001年版；

3. 杨素行主编：《模拟电子技术基础简明教程》，高等教育出版社，2006年版；

4. 余孟尝主编：《数字电子技术基础简明教程》，高等教育出版社，2006年版。

（三）课程资源

1.在线学习：https://www.icourse163.org/course/XMU-1205792815。

七、课程大纲制定依据

本课程大纲依据2023年化学工程与工艺专业人才培养方案制定。

《专业实验1：绿色精细有机合成》课程教学大纲

一、课程基本信息

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 课程名称 | 专业实验1：绿色精细有机合成 | 课程代码 | 0717729 |
| 课程类别 | 实验 | 学时/学分 | 48/1.5 |
| 开课单位 | 化工学院 | 适用专业 | 化学工程与工艺 |
| 课程负责人 | 于宏伟 |
| 大纲撰写人 | 于宏伟 | 大纲审核人 | 于宏伟 |
| 先修课程 | 有机化学实验 |
| 课程网址 | http://sjzc.fanya.chaoxing.com/portal |

二、课程学习目标及与毕业要求的对应关系

（一）课程学习目标

通过本课程的学习，使学生达到以下目标：

1. 能够采用科学方法完成绿色精细有机合成实验操作、数据采集和整理。**【毕业要求4 研究】**
2. 能够正确理解在解决复杂绿色精细有机工程问题中的多学科团队作用，具有合作协调意识。**【毕业要求9 个人和团队】**
3. 课程学习目标与毕业要求指标点的对应关系

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **毕业要求** | **毕业要求指标点** | **课程目标** |
| 4.研究 | 4.3能够采用科学方法完成实验操作、数据采集和整理。（H） | 课程目标1 |
| 9.个人和团队 | 9.2能够正确理解在解决复杂工程问题中的多学科团队作用，具有合作协调意识。（H） | 课程目标2 |

三、课程学习内容及与课程学习目标的对应关系

**（一）课程学习内容**

第一章 氯乙酰胺合成

**【学习目标】**

学习并掌握酰胺化反应机理、合成方法、提纯及结构表征方法。

**【学习内容】**

1. 氯乙酰胺的性质及应用；

2. 氯乙酰胺合成原理及合成方法；

3. 氯乙酰胺的结构表征方法。

**【重点】**

1. 氯乙酰胺合成原理及合成方法；

2. 氯乙酰胺的结构表征方法。

**【难点】**

1. 氯乙酰胺的结构表征方法。

**【实施方式】**

… 实验… ……

**【学习要求】**

1. 理解氯乙酰胺的性质及应用；

2. 掌握氯乙酰胺合成原理及合成方法；

3. 运用红外光谱方法表征氯乙酰胺结构。

**【实验要求】。**

1. 实验属性：综合性实验。
2. 开出要求：必做。
3. 分组要求：2人1组。
4. 实验准备

①仪器设备：电动搅拌器、塑料水槽；药品试剂：氯乙酸乙酯、浓氨水等。

②预习要求：掌握氯乙酰氨的合成原理及合成方法。

5.其他要求：掌握氯乙酰氨的绿色合成工艺，如何进一步提高产品收率。

第二章 十二烷基二甲基苄基氯化铵合成

**【学习目标】**

学习并掌握季铵化反应机理、合成方法、及泡高性能测定。

**【学习内容】**

1. 十二烷基二甲基苄基氯化铵性质及应用；

2. 十二烷基二甲基苄基氯化铵合成原理及合成方法；

3. 十二烷基二甲基苄基氯化铵泡高性检测。

**【重点】**

1. 十二烷基二甲基苄基氯化铵合成原理及合成方法；

2. 十二烷基二甲基苄基氯化铵泡高性检测。

**【难点】**

1. 十二烷基二甲基苄基氯化铵泡高性检测。

**【实施方式】**

… 实验… ……

**【学习要求】**

1. 理解十二烷基二甲基苄基氯化铵的性质及应用；

2. 掌握十二烷基二甲基苄基氯化铵合成原理及合成方法；

3. 运用泡高仪检测十二烷基二甲基苄基氯化铵泡高。

**【实验要求】**

1. 实验属性：综合性实验。

2. 开出要求：必做。

3. 分组要求：2人1组。

4. 实验准备

①仪器设备：电动搅拌器、水浴锅；药品试剂：十二烷基二甲基叔胺、氯化苄。

②预习要求：掌握十二烷基二甲基苄基氯化铵的合成原理及合成方法。

1. 其他要求：掌握十二烷基二甲基苄基氯化铵的绿色合成工艺，如何进一步提高产品收率。

第三章 乙二醇硬脂酸酯合成

**【学习目标】**

学习并掌握季铵化反应机理、合成方法。

**【学习内容】**

1. 乙二醇硬脂酸酯性质及应用；

2. 乙二醇硬脂酸酯合成原理及合成方法；

3. 乙二醇硬脂酸酯的结构表征方法。

**【重点】**

1. 乙二醇硬脂酸酯合成原理及合成方法；

2. 乙二醇硬脂酸酯的结构表征方法。

**【难点】**

1. 乙二醇硬脂酸酯的结构表征方法。

**【实施方式】**

… 实验… ……

**【学习要求】**

1. 理解乙二醇硬脂酸酯性质及应用；

2. 掌握乙二醇硬脂酸酯合成原理及合成方法。

**【实验要求】**

1. 实验属性：综合性实验。
2. 开出要求：必做。
3. 分组要求：2人1组。
4. 实验准备

①仪器设备：电动搅拌器、电热套；药品试剂：乙二醇、硬脂酸。

②预习要求：掌握乙二醇硬脂酸酯的合成原理及合成方法。

5.其他要求：掌握乙二醇硬脂酸酯的绿色合成工艺，如何进一步提高产品收率。

第四章 苯甲醇合成

**【学习目标】**

学习并掌握水解反应机理、合成方法。

**【学习内容】**

1. 苯甲醇性质及应用；

2. 苯甲醇合成原理及合成方法。

**【重点】**

1. 苯甲醇合成原理及合成方法。

**【难点】**

1. 苯甲醇合成原理及合成方法。

**【实施方式】**

… 实验… ……

**【学习要求】**

1. 理解苯甲醇性质及应用；

2. 掌握苯甲醇合成原理及合成方法。

**【实验要求】**

1. 实验属性：综合性实验。

2. 开出要求：必做。

3. 分组要求：2人1组。

4. 实验准备

①仪器设备：电动搅拌器、电热套；药品试剂：苄氯、碳酸钾、四乙基溴化铵。

②预习要求：掌握苯甲醇的合成原理及合成方法。

5.其他要求：掌握苯甲醇的绿色合成工艺，如何进一步提高产品收率。

第五章 水溶性酚醛树脂胶合成

**【学习目标】**

学习并掌握酚醛树脂聚合反应机理、合成方法。

**【学习内容】**

1. 水溶性酚醛树脂胶性质及应用；

2. 水溶性酚醛树脂胶合成原理及合成方法；

3. 水溶性酚醛树脂胶粘度测定方法。

**【重点】**

1. 水溶性酚醛树脂胶合成原理及合成方法；
2. 水溶性酚醛树脂胶粘度测定方法

**【难点】**

1. 水溶性酚醛树脂胶合成原理及合成方法。

**【实施方式】**

… 实验… ……

**【学习要求】**

1. 理解水溶性酚醛树脂胶性质及应用；

2. 掌握水溶性酚醛树脂胶合成原理及合成方法；

3. 掌握水溶性酚醛树脂胶粘度测定方法。

**【实验要求】**

1. 实验属性：综合性实验。
2. 开出要求：必做。
3. 分组要求：2人1组。
4. 实验准备

①仪器设备：电动搅拌器、电热套；药品试剂：苯酚、甲醛。

②预习要求：掌握水溶性酚醛树脂胶的合成原理及合成方法。

1. 其他要求：掌握苯水溶性酚醛树脂胶的绿色合成工艺，如何进一步提高产品收率。

第六章 柱层析分离提纯

**【学习目标】**

学习并掌握柱层析分离提纯原理及方法。

**【学习内容】**

1. 柱层析分离原理及应用；

2. 掌握柱层析分离提纯方法。

**【重点】**

1. 柱层析分离原理及应用；
2. 柱层析分离提纯方法。

**【难点】**

1. 柱层析分离提纯方法。

**【实施方式】**

… 实验… ……

**【学习要求】**

1. 理解柱层析分离原理及应用；

2. 柱层析分离提纯方法。

**【实验要求】**

1. 实验属性：综合性实验。
2. 开出要求：必做。
3. 分组要求：2人1组。
4. 实验准备

①仪器设备：铁架台；药品试剂：硅胶、甲基橙。

②预习要求：掌握柱层析分离原理及应用。

1. 其他要求：掌握柱层析分离提纯方法，如何进一步提高产品收率。

第七章 松针精油水蒸气蒸馏提取

**【学习目标】**

学习并掌握水蒸气蒸馏原理及方法。

**【学习内容】**

1. 水蒸气蒸馏原理及应用；

2. 松针精油水蒸气蒸馏提取方法；

3. 香型判断方法。

**【重点】**

1. 水蒸气蒸馏原理及应用；

2. 松针精油水蒸气蒸馏提取方法。

**【难点】**

1. 松针精油水蒸气蒸馏提取方法。

**【实施方式】**

… 实验… ……

**【学习要求】**

1. 理解水蒸气蒸馏原理及应用；

2. 掌握松针精油水蒸气蒸馏提取方法。

**【实验要求】**

1. 实验属性：综合性实验。

2. 开出要求：必做。

3. 分组要求：2人1组。

4. 实验准备

①仪器设备：铁架台、加热套；药品试剂：松针、水。

②预习要求：掌握松针精油水蒸气蒸馏提取方法。

1. 其他要求：掌握水蒸气蒸馏提纯方法，如何进一步提高产品收率。

第八章 橙皮苷粗提与精制

**【学习目标】**

学习并掌握橙皮苷粗体与精制的原理及方法。

**【学习内容】**

1. 橙皮苷性质及应用；

2. 橙皮苷粗提与精制提取工艺；

3. 橙皮苷的结构表征方法。

**【重点】**

1. 橙皮苷粗提与精制提取工艺；

2. 橙皮苷的结构表征方法。

**【难点】**

1. 橙皮苷粗提与精制提取工艺。

**【实施方式】**

… 实验… ……

**【学习要求】**

1. 理解橙皮苷性质及应用；

2. 掌握橙皮苷粗提与精制提取工艺；

**3.** 掌握橙皮苷的结构表征方法。

**【实验要求】**

1. 实验属性：设计性实验。

2. 开出要求：必做。

3. 分组要求：2人1组。

4. 实验准备

①仪器设备：铁架台、加热套；药品试剂：橘皮、水、氢氧化钙、氢氧化钠。

②预习要求：掌握橙皮苷粗提与精制提取工艺。

1. 其他要求：掌握橙皮苷粗提与精制提取工艺，如何进一步提高产品收率。

（二）课程学习内容与课程学习目标的对应关系

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **课程学习内容** | **实施方式** | **支撑的课程目标** | **学时安排** |
| 实验安全教育 | 课堂讲授 | 课程目标1 | 1学时 |
| 第一章氯乙酰胺合成 | 小组实验 | 课程目标1 | 2学时 |
| 第二章十二烷基二甲基苄基氯化铵合成 | 小组实验 | 课程目标1 | 3学时 |
| 第三章乙二醇硬脂酸酯合成 | 小组实验 | 课程目标1 | 3学时 |
| 第四章苯甲醇合成 | 小组实验 | 课程目标1 | 3学时 |
| 第五章水溶性酚醛树脂胶合成 | 小组实验 | 课程目标1 | 4学时 |
| 第六章柱层析分离提纯 | 小组实验 | 课程目标1 | 4学时 |
| 第七章松针精油水蒸气蒸馏提取 | 小组实验 | 课程目标1 | 4学时 |
| 第八章橙皮苷粗提与精制 | 小组实验 | 课程目标2 | 24学时 |
| **合计** | 48学时 |

四、课程考核及与课程学习目标的对应关系

（一）课程考核内容、考核方式与课程学习目标的对应关系

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程目标** | **考核内容** | **考核方式** |
| 课程目标1 | 1.1 氯乙酰胺合成1.2 十二烷基二甲基苄基氯化铵合成1.3 乙二醇硬脂酸酯合成1.4 苯甲醇合成1.5 水溶性酚醛树脂胶合成1.6 柱层析分离提纯1.7 松针精油水蒸气蒸馏提取 | 平时作业，实验操作考试，实验报告 |
| 课程目标2 | 1.8 橙皮苷粗提与精制  | 平时作业，实验操作考试，实验报告 |

（二）课程目标达成评价方式及考核比例。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程目标** | **考核方式及成绩比例（%）** | **合计** |
| **线上学习** | 平时作业 | 实验操作考试 | 实验报告 |
| 课程目标1 | 10 | 15 | 10 | 25 | 60 |
| 课程目标2 |  | 15 |  | 25 | 40 |
| 合计 |  |  |  |  | 100 |

五、成绩评定

（一）总成绩评定

总成绩=平时成绩×50%+期末成绩×50%

（二）平时成绩评定

平时成绩（100%）=线上学习（20%）+平时作业（60%）+实验操作考试（20%）

考核方式: 线上学习、平时作业、实验操作考试。

（1）线上学习：通过“学习通”等线上教学平台，自主学习绿色精细有机合成的教学内容。

按完成任务点的个数计分，全部完成得满分。

（2）平时作业：围绕课程的学习目标进行作业的设计。如让学生简述对知识的认识，考核学生对于概念的理解情况，帮助学生将定义转化为自己的理解。

 按照标准答案评分。

（3）实验操作考试：考核学生实验操作能力（60%）及基本实验原理（40%）。

 实验操作能力按照操作步骤评分，基本实验原理按照标准答案评分。

（三）期末成绩评定

期末成绩（100%）=实验报告（100%）。

考核方式：实验报告。

|  |  |
| --- | --- |
| 分数 | 评分标准 |
| 90-100 | 学生具有优秀的收集资料能力，研究设计能力，解决实际问题能力和研究能力，实验报告写作非常规范。 |
| 80-90 | 学生具有良好的收集资料能力，研究设计能力，解决实际问题能力和研究能力，实验报告写作规范。 |
| 70-80 | 学生具有中等的收集资料能力，研究设计能力，解决实际问题能力和研究能力，实验报告写作比较规范。 |
| 60-70 | 学生具有基本的收集资料能力，研究设计能力，解决实际问题能力和研究能力，实验报告写作基本规范。 |
| 60分以下 | 学生不具有收集资料能力，研究设计能力，解决实际问题能力和研究能力，实验报告写作不规范。 |

六、使用教材、相关推荐书目及课程资源

（一）使用教材（或实验指导书）

于宏伟主编：《专业实验1：绿色精细有机合成》，自编讲义；

（二）相关推荐书目

1. 程侣柏主编：《精细化工产品的合成及应用》，大连理工大学出版社，2007年版；

2. 宋启煌主编：《精细化工工艺学》，化学工业出版社，2010年版；

3. 李和平主编：《精细化工工艺学》，科学出版社，2006年版；

4. 陈孔常主编：《高等精细化学品化学》，中国轻工业出版社，1999年版；

5. 赵亚娟主编：《精细化学品合成与技术》，中国科学技术出版社，2010年版；

（三）课程资源

1. 对本课程的学习资源、学生自主学习的途径主要通过在线开放课程学习资源：石家庄学院网络教学平台学习。

2. 在线开放课程学习资源：石家庄学院网络教学平台 http://sjzc.fanya.chaoxing.com/portal

必读书目：

（1） 程侣柏主编：《精细化工产品的合成及应用》，大连理工大学出版社，2007年版；

（2） 宋启煌主编：《精细化工工艺学》，化学工业出版社，2010年版；

（3） 李和平主编：《精细化工工艺学》，科学出版社，2006年版；

（4） 陈孔常主编：《高等精细化学品化学》，中国轻工业出版社，1999年版；

（5） 赵亚娟主编：《精细化学品合成与技术》，中国科学技术出版社，2010年版；

七、课程教学大纲制定依据

本课程教学大纲依据2023年化学工程与工艺专业人才培养方案制定。

《专业实验2：化工单元仿真》课程大纲

一、课程基本信息

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 课程名称 | 化工单元仿真 | 课程代码 | 0717730 |
| 课程类别 | 实践环节课程 | 学时/学分 | 48/1.5 |
| 开课单位 | 化工学院 | 适用专业 | 化学工程与工艺 |
| 课程负责人 | 刘会茹、王欣、韩卫荣、牟微 |
| 大纲撰写人 | 刘会茹 | 大纲审核人 | 于宏伟 |
| 先修课程 | 《化工原理》、《化工仪表自动化》、《化工工艺学》 |
| 课程网址 |  |

二、课程学习目标及与毕业要求的对应关系

（一）课程学习目标

通过本课程的学习，使学生达到以下目标：

1. 能够基于科学原理并采用科学方法对复杂工程问题进行研究，包括设计实验、分析与解释数据、并通过信息综合得到合理有效的结论。通过本课程的学习，使学生进一步认识和掌握工艺以及自动控制中的有关概念和原理，并且能够熟练完成对DCS仿真单元以及典型工段的操作，进一步验证化工原理、自动化仪表、化工工艺学等理论知识，体会工厂的实践环节。【毕业要求4 研究】

2. 能够针对复杂工程问题，开发、选择与使用恰当的技术、资源、现代工程工具和信息技术工具，包括对复杂工程问题的预测与模拟，并能够理解其局限性。学生在正确理解相关的概念和理论基础上，对工厂的工艺运行规律有正确的和身临其境现场操作的感受。同时也培养学生应用计算机解决化工过程问题的兴趣和能力。【毕业要求5 使用现代工具】

3. 能够在多学科背景下的团队中承担个体、团队成员以及负责人的角色。在仿真系统开停车及故障处理的操作，通过学生互助协作，共同提升操作能力，同时对学生的操作过程实时跟踪测评，体现学生的团队合作意识及个人动手能力。【毕业要求9 个人和团队】

二、课程学习目标与毕业要求指标点的对应关系

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **毕业要求** | **毕业要求指标点** | **课程目标** |
| 4.研究 | 4.3 能够采用科学方法完成实验操作、数据采集和整理。（H） | 课程目标1 |
| 5. 使用现代工具 | 5.3能够选择运用化工模拟软件对化工过程进行预测与模拟，并能够理解其局限性。（H） | 课程目标2 |
| 9.个人和团队 | 9.2能够正确理解在解决复杂工程问题中的多学科团队作用，具有合作协调意识。（H） | 课程目标3 |

三、课程学习内容及与课程学习目标的对应关系

**（一）课程学习内容**

第一章 离心泵单元

**【学习目标】**

了解输送单元的基本流程，掌握输送设备的开停步骤；培养学生现场操作和控制室操作的能力和意识，理解操作不当引起的离心泵的气缚和气蚀现象；培养学生操作规范的意识。

**【学习内容】**

1. 离心泵的开启。

2. 输送单元的流程。

3. 控制阀如何控制。

4. 现场控制和DCS控制的区别。

**【重点】**

1. 离心泵的开启。

2. 控制阀的双程控制。

**【难点】**

1. 控制阀的双程控制。

2. 现场控制和DCS控制的区别。

**【实施方式】**

采用计算机仿真软件进行单元的模拟操作及进行讲解。

**【学习要求】**

1. 通过理论知识和虚拟现场流程的结合，让学生了解输送单元的基本流程及操作原理。

2. 通过学生自己模拟操作让学生掌握输送设备的开停步骤，理解现场操控和DSC操控及培养学生操控能力和意识。

3. 通过操作不当引起的现象，让学生意识到规范操作的重要性。

**【实验要求】**

1.实验属性：验证性实验。（如验证性实验、设计性实验、综合性实验等等）

2.开出要求：必做。（如必做、选做等）

3.分组要求：1-2人1组。（如1人1组）

4.实验准备

①计算机仿真软件的安装。

②学生上课之前，需准备好计算机开机。

5.其他要求

要求学生预习相关的离心泵的理论知识，在模拟过程中把理论知识和虚拟现场相结合。

第二章 精馏塔单元

**【学习目标】**

了解精馏单元的基本流程，掌握精馏单元的开停车；培养学生现场发生故障时的解决能力和工程实践能力；培养学生安全操作；理解节能降耗的意义。

**【学习内容】**

1. 精馏单元的流程。

2. 精馏单元的开停车。

3. 精馏过程中发生各种故障时的影响及解决方法。

**【重点】**

1. 精馏单元的开停车。

2. 精馏过程中发生各种故障时的影响及解决方法。

**【难点】**

精馏过程中发生各种故障时的影响及解决方法。

**【实施方式】**

针对单元过程进行讲解，采用仿真虚拟软件进行单元的模拟操作。

**【学习要求】**

1. 通过理论知识和虚拟现场流程的结合，让学生了解精馏单元的基本流程及操作原理。

2. 通过学生自己模拟操作让学生掌握精馏单元的开停车，了解精馏过程中发生故障时对精馏的影响及处理方法，以及安全操作的重要性。

**【实验要求】**

1.实验属性：验证性实验。（如验证性实验、设计性实验、综合性实验等等）

2.开出要求：必做。（如必做、选做等）

3.分组要求：1-2人1组。（如1人1组）

4.实验准备

①计算机仿真软件的安装。

②学生上课之前，需准备好计算机开机。

5.其他要求

要求学生预习相关的精馏知识，如，精馏塔的结构，操作原理等；在模拟过程中把理论知识和虚拟现场相结合。

第三章 吸收解析单元

**【学习目标】**

了解吸收解析单元的基本流程，掌握吸收解析单元的开停车；培养学生现场发生故障时的解决能力和工程实践能力；通过流程和数据的分析，思考化工绿色生产，减少污染物的排放的重要性。

**【学习内容】**

1. 吸收解析单元的流程。

2. 吸收解析单元的开停车。

3. 吸收解析过程中发生各种故障时的影响及解决方法。

4. 吸收和解析操作过程的区别。

**【重点】**

1. 吸收解析单元的开停车。

2. 吸收解析过程中发生各种故障时的影响及解决方法。

**【难点】**

吸收解析过程中发生各种故障时的影响及解决方法。

**【实施方式】**

针对单元过程进行讲解，采用仿真软件进行单元的模拟操作。

**【学习要求】**

1. 通过理论知识和虚拟现场流程的结合，让学生了解吸收解析单元的基本流程及操作原理，了解吸收和解析流程的区别。

2. 通过学生自己模拟操作让学生掌握吸收解析单元的开停车，了解吸收解析过程中发生故障时对吸收解析的影响及处理方法。

3. 通过分析流程，明确循环过程的目的和意义。

**【实验要求】**

1.实验属性：验证性实验。（如验证性实验、设计性实验、综合性实验等等）

2.开出要求：必做。（如必做、选做等）

3.分组要求：1-2人1组。（如1人1组）

4.实验准备

①计算机仿真软件的安装。

②学生上课之前，需准备好计算机开机。

5.其他要求

要求学生预习相关的吸收解析知识，如，吸收-解析塔的结构，进料位置，操作原理等；了解吸收解析和精馏过程的不同之处；在模拟过程中把理论知识和虚拟现场相结合。

第四章 管式加热炉单元

**【学习目标】**

了解管式加热炉单元的基本流程，掌握管式加热炉单元的开停车；理解管式加热炉串级控制的控制原理，及采取串级控制的作用；了解参数及时准确控制的意义，培养学生严谨的科学态度。

**【学习内容】**

1. 管式加热炉单元的流程。

2. 管式加热炉单元的开停车。

3. 管式加热炉的串级控制原理。

4. 管式加热炉延迟控制时对加热物料的影响。

**【重点】**

1. 管式加热炉单元的开停车。

2. 管式加热炉延迟控制时对加热物料的影响。

**【难点】**

管式加热炉延迟控制时对加热物料的影响。

**【实施方式】**

针对单元过程进行讲解，采用仿真虚拟软件进行单元的模拟操作。

**【学习要求】**

1. 通过理论知识和虚拟现场流程的结合，让学生了解管式加热炉单元的基本流程及操作原理。

2. 通过学生自己模拟操作让学生掌握管式加热炉单元的开停车，了解管式加热炉的串级控制的原理及延迟控制对加热物料的影响及处理方法，以及化工生产中参数的偏差引起的后果。

**【实验要求】**

1.实验属性：验证性实验。（如验证性实验、设计性实验、综合性实验等等）

2.开出要求：必做。（如必做、选做等）

3.分组要求：1-2人1组。（如1人1组）

4.实验准备

①计算机仿真软件的安装。

②学生上课之前，需准备好计算机开机。

5.其他要求

要求学生预习相关的管式加热炉知识，如，加热炉的结构，操作原理等；在模拟过程中把理论知识和虚拟现场相结合。

第五章 CO2压缩机单元

**【学习目标】**

了解CO2压缩机单元的基本流程，掌握CO2压缩机单元的开停车；理解压缩机的工作原理。

**【学习内容】**

1. CO2压缩机单元的流程。

2. CO2压缩机单元的开停车。

3. CO2压缩机工作原理。

**【重点】**

1. CO2压缩机单元的开停车。

2. CO2压缩机工作原理。

**【难点】**

CO2压缩机的操控及工作原理。

**【实施方式】**

针对单元过程进行讲解，采用仿真虚拟软件进行单元的模拟操作。

**【学习要求】**

1. 通过理论知识和虚拟现场流程的结合，让学生了解CO2压缩机单元的基本流程及操作原理。

2. 通过学生自己模拟操作让学生掌握CO2压缩机单元的开停车。

**【实验要求】**

1.实验属性：验证性实验。（如验证性实验、设计性实验、综合性实验等等）

2.开出要求：必做。（如必做、选做等）

3.分组要求：1-2人1组。（如1人1组）

4.实验准备

①计算机仿真软件的安装。

②学生上课之前，需准备好计算机开机。

5.其他要求

要求学生预习相关的CO2压缩机知识，如，CO2压缩机的结构，操作原理等；在模拟过程中把理论知识和虚拟现场相结合。

第六章 固定床反应单元

**【学习目标】**

了解固定床反应单元的基本流程，掌握固定床反应单元的开停车；培养学生现场发生故障时的解决能力和工程实践能力。

**【学习内容】**

1. 固定床反应单元的流程。

2. 固定床反应单元的开停车。

3. 固定床反应中发生各种故障时的影响及解决方法。

4. 固定床反应单元中比例控制原理。

**【重点】**

1. 固定床反应单元的开停车。

2. 固定床反应过程中发生各种故障时的影响及解决方法。

**【难点】**

固定床反应过程中发生各种故障时的影响及解决方法。

固定床反应单元中比例控制原理。

**【实施方式】**

针对单元过程进行讲解，采用仿真软件进行单元的模拟操作。

**【学习要求】**

1. 通过理论知识和虚拟现场流程的结合，让学生了解固定床反应单元的基本流程及操作原理，了解比例控制的控制过程。

2. 通过学生自己模拟操作让学生掌握固定床反应单元的开停车，了解固定床反应过程中发生故障时对反应的影响及处理方法。

**【实验要求】**

1.实验属性：验证性实验。（如验证性实验、设计性实验、综合性实验等等）

2.开出要求：必做。（如必做、选做等）

3.分组要求：1-2人1组。（如1人1组）

4.实验准备

①计算机仿真软件的安装。

②学生上课之前，需准备好计算机开机。

5.其他要求

要求学生预习相关的固定床反应知识，如，固定床反应器的结构，操作原理等；在模拟过程中把理论知识和虚拟现场相结合。

第七章 间歇反应釜单元

**【学习目标】**

了解间歇反应釜单元的基本流程，掌握间歇反应釜单元的开停车；培养学生现场发生故障时的解决能力和工程实践能力；培养学生规范操作意识。

**【学习内容】**

1. 间歇反应釜单元的流程。

2. 间歇反应釜单元的开停车。

3. 间歇反应釜中发生各种故障时的影响及解决方法。

**【重点】**

1. 间歇反应釜单元的开停车。

2. 间歇反应釜过程中发生各种故障时的影响及解决方法。

**【难点】**

间歇反应釜过程中发生各种故障时的影响及解决方法。

**【实施方式】**

针对单元过程进行讲解，采用仿真软件进行单元的模拟操作。

**【学习要求】**

1. 通过理论知识和虚拟现场流程的结合，让学生了解间歇反应釜单元的基本流程及操作原理。

2. 通过学生自己模拟操作让学生掌握间歇反应釜单元的开停车，了解间歇反应釜过程中发生故障时对反应的影响及处理方法，规范操作的重要性。

**【实验要求】**

1.实验属性：验证性实验。（如验证性实验、设计性实验、综合性实验等等）

2.开出要求：必做。（如必做、选做等）

3.分组要求：1-2人1组。（如1人1组）

4.实验准备

①计算机仿真软件的安装。

②学生上课之前，需准备好计算机开机。

5.其他要求

要求学生预习相关的间歇反应釜知识，如，间歇反应釜器的结构，操作原理等；在模拟过程中把理论知识和虚拟现场相结合。

第八章 催化剂萃取单元

**【学习目标】**

了解催化剂萃取单元的基本流程，掌握催化剂萃取单元的开停车；培养学生现场发生故障时的解决能力和工程实践能力。

**【学习内容】**

1. 催化剂萃取单元的流程。

2. 催化剂萃取单元的开停车。

3. 催化剂萃取中发生各种故障时的影响及解决方法。

**【重点】**

1. 催化剂萃取单元的开停车。

2. 催化剂萃取过程中发生各种故障时的影响及解决方法。

**【难点】**

催化剂萃取过程中发生各种故障时的影响及解决方法。

**【实施方式】**

针对单元过程进行讲解，采用仿真软件进行单元的模拟操作。

**【学习要求】**

1. 通过理论知识和虚拟现场流程的结合，让学生了解催化剂萃取单元的基本流程及操作原理。

2. 通过学生自己模拟操作让学生掌握催化剂萃取单元的开停车，了解催化剂萃取过程中发生故障时对反应的影响及处理方法。

**【实验要求】**

1.实验属性：验证性实验。（如验证性实验、设计性实验、综合性实验等等）

2.开出要求：必做。（如必做、选做等）

3.分组要求：1-2人1组。（如1人1组）

4.实验准备

①计算机仿真软件的安装。

②学生上课之前，需准备好计算机开机。

5.其他要求

要求学生预习相关的催化剂萃取知识，如，催化剂萃取器的结构，操作原理等；在模拟过程中把理论知识和虚拟现场相结合。

（二）课程学习内容与课程学习目标的对应关系

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **课程学习内容** | **实施方式** | **支撑的课程目标** | **学时安排** |
| 第一章离心泵单元 | 课堂讲授、现场指导、学生模拟操作 | 课程目标1,2,3 | 5 |
| 第二章精馏塔单元 | 课堂讲授、现场指导、学生模拟操作 | 课程目标1,2,3 | 9 |
| 第三章吸收解析单元 | 课堂讲授、现场指导、学生模拟操作 | 课程目标1,2,3 | 8 |
| 第四章管式加热炉单元 | 课堂讲授、现场指导、学生模拟操作 | 课程目标1,2,3 | 5 |
| 第五章CO2压缩机单元 | 课堂讲授、现场指导、学生模拟操作 | 课程目标1,2,3 | 5 |
| 第六章固定床反应单元 | 课堂讲授、现场指导、学生模拟操作 | 课程目标1,2,3 | 5 |
| 第七章间歇反应釜单元 | 课堂讲授、现场指导、学生模拟操作 | 课程目标1,2,3 | 5 |
| 第八章催化剂萃取单元 | 课堂讲授、现场指导、学生模拟操作 | 课程目标1,2,3 | 6 |
| **合计** | 48 |

四、课程考核及与课程学习目标的对应关系

（一）课程考核内容、考核方式与课程学习目标的对应关系

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程目标** | **考核内容** | **考核方式** |
| 课程目标1 | 各仿真单元的开停车。 | 上机操作进行 |
| 课程目标2 | 各仿真单元的故障处理. | 上机操作进行 |
| 课程目标3 | 控制系统的控制熟练程度。 | 上机操作进行时长 |

（二）课程目标达成评价方式及考核比例

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程目标** | **考核方式及成绩比例（%）** | **合计** |
| **上机操作** |  |
| 课程目标1 | 40 | 40 |
| 课程目标2 | 40 | 40 |
| 课程目标3 | 20 | 20 |
| 合计 | 100 | 100 |

五、成绩评定

（一）总成绩评定

总成绩=平时成绩×100%

（二）平时成绩评定

平时成绩（100%）=上机操作（100%）

（三）期末成绩评定

期末成绩（100%）=平时成绩（100%）

上机操作：8个单元操作成绩取平均值，作为上机操作的百分制成绩。

六、使用教材、相关推荐书目及课程资源

（一）使用教材（或实验指导书）

赵刚主编：《化工仿真实训指导》（第三版），北京：化学工业出版社。

（二）相关推荐书目

1. 陈群主编：《化工仿真操作实训》，北京：化学工业出版社

2. 吴重光等主编：《化工仿真实习指南》，北京：化学工业出版社

3. 厉玉鸣主编：《化工仪表及自动化》，北京：化学工业出版社

（三）课程资源

1.仿真实验室对外开放，学生在开课期间随时进行练习。

2. 采用北京东方仿真系统平台进行练习。

七、课程大纲制定依据

本课程大纲依据2023年化学工程与工艺专业人才培养方案制定。

《专业实验3：经典化工单元过程》课程大纲

一、课程基本信息

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 课程名称 | 专业实验3 经典化工单元过程 | 课程代码 | 0717731 |
| 课程类别 | 实验 | 学时/学分 | 48/1.5 |
| 开课单位 | 化工学院 | 适用专业 | 化学工程与工艺 |
| 课程负责人 | 王欣、刘会茹、徐元媛、周娟、董丽华、谷占勇、杨姗姗 |
| 大纲撰写人 | 董丽华 | 大纲审核人 | 于宏伟 |
| 先修课程 | 《化工原理》、《分离工程》、《化学反应工程》 |
| 课程网址 | https://mooc1.chaoxing.com/course-ans/ps/214647639 |

二、课程学习目标及与毕业要求的对应关系

（一）课程学习目标

通过本课程的学习，使学生达到以下目标：

1. 通过专业实验课程教学和实验，培养学生分析问题和解决问题的能力，通过合理的数据处理获取有效的实验结论。**【毕业要求4 研究】**

2. 掌握团队协作的相关技能，善于与小组成员互助、合作学习、教研讨论并完成工作。**【毕业要求9 个人和团队】**

1. 课程学习目标与毕业要求指标点的对应关系

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **毕业要求** | **毕业要求指标点** | **课程目标** |
| 1. 研究
 | 4.4能够运用工程基础和专业知识对实验结果进行分析和解释，获得合理有效的结论。(H) | 课程目标1 |
| 1. 个人和团队
 | 9.3 善于表达和沟通，能够在多学科背景下的团队中组织协调成员完成工作。(H) | 课程目标2 |

三、课程学习内容及与课程学习目标的对应关系

**（一）课程学习内容**

第一章 气-液平衡实验

**【学习目标】**

掌握简易二元溶液的汽液平衡数据测定方法；通过分组实验，使学生掌握团队协作的相关技能，善于与小组成员互助、合作学习、教研讨论并完成工作。

**【学习内容】**

1. 学习阿贝折光仪的使用方法；

2. 利用理想的一种实验仪器---小型平衡釜测定苯和正庚烷二元溶液的汽液平衡数据。

**【重点】**

苯和正庚烷二元溶液的汽液平衡数据的测定和平衡相图的绘制

**【难点】**

苯和正庚烷二元溶液的汽液平衡数据的测定和平衡相图的绘制

**【实施方式】**

1. 线上预习+线上测试。
2. 线下讲授+线下实验。

**【学习要求】**

1. 通过理论学习，掌握气液平衡数据测定方法。

2. 了解实验流程、掌握实验操作方法。

3. 会使用阿贝折光仪检测样品浓度。

4. 在实际教学中，结合马克思主义哲学中的理想和现实的辩证关系，对气液平衡数据测定仪器深入剖析，并有机融入劳动教育内容，同时培养学生沟通合作交流的能力。

**【实验要求】**

1. 实验属性：综合性实验。
2. 开出要求：必做。
3. 分组要求：7-9人一组。
4. 实验准备：（1）实验仪器能正常运转。（2）要求学生写预习报告，预习实验。
5. 课下思考题：

（1）常用的气液相平衡关系是什么？

（2）两组分理想物系的具体含义，分别服从什么定律？

第二章 乙苯脱氢与产物分析实验

**【学习目标】**

了解以乙苯为原料在铁系催化剂上进行固定床制备苯乙烯的过程，学会设计实验流程和操作；掌握乙苯脱氢操作条件对产物收率的影响，学会获取稳定的工艺条件之方法；掌握催化剂的填装、活化、反应使用方法；掌握色谱分析方法。

**【学习内容】**

1. 经相关文献的筛选，确定一种乙苯脱氢催化剂的制备方法、催化剂活化的反应条件、乙苯脱氢反应的反应条件；

2. 采用气相色谱进行分析产物中各组分含量。

**【重点】**

1. 设计合理的乙苯脱氢实验方案
2. 掌握色谱分析方法

**【难点】**

设计合理的乙苯脱氢实验方案

**【实施方式】**

1. 线上预习+线上测试。
2. 线下讲授+线下实验。

**【学习要求】**

1. 通过查阅相关资料，设计合理的乙苯脱氢实验方案。

2. 了解实验流程、掌握实验操作方法。

3. 掌握色谱分析方法。

4. 结合本实验在实际教学中有机融入催化剂制取新方法、新工艺，注重培养学生动手实践和沟通合作交流的能力。

**【实验要求】**

1. 实验属性：综合性实验。
2. 开出要求：必做。
3. 分组要求：7-9人一组。
4. 实验准备：（1）实验仪器能正常运转。（2）要求学生写预习报告，预习实验。
5. 课下思考题：

（1）乙苯催化脱氢反应是吸热还是放热反应？如何判断。

（2）试推测本实验中有哪几种液体产物生成？有哪几种气体产物生成？

第三章 流化床催化反应

**【学习目标】**

掌握乙醇脱水实验的反应过程和反应机理、特点，了解针对不同目的产物的反应条件对正、副反应的影响规律和生成的过程；掌握色谱的正确使用。

**【学习内容】**

1. 学习反应器的构造、原理和使用方法；
2. 学习反应器正常操作和安装，掌握催化剂评价的一般方法和获得适宜工艺条件的研究步骤和方法；
3. 学习动态控制仪表、微量泵和湿式流量计的使用；
4. 学习气体在线分析的方法和定性、定量分析，学习如何手动进样分析液体成分；

5. 学习使用气相色谱分析产物中各组分含量。

**【重点】**

1. 乙醇脱水实验的反应过程和反应机理；
2. 气相色谱分析产物含量

**【难点】**

不同目的产物的反应条件对正、副反应的影响规律

**【实施方式】**

1. 线上预习+线上测试。
2. 线下讲授+线下实验。

**【学习要求】**

1. 掌握乙醇脱水实验的反应过程和反应机理、特点。

2. 了解实验流程、掌握实验操作方法。

3. 掌握色谱分析方法。

4. 运用辩证唯物法的观点，认识事物就要透过现象认识本质，把握事物的发展规律，结合本实验掌握乙醇脱水实验的反应过程和反应机理。

**【实验要求】**

1. 实验属性：综合性实验。
2. 开出要求：必做。
3. 分组要求：7-9人一组。
4. 实验准备：（1）实验仪器能正常运转。（2）要求学生写预习报告，预习实验。
5. 课下思考题：

（1）改变哪些实验条件可以提高乙醇的反应转化率？

（2）怎样使反应平衡向有利于产物乙烯生成的方向发展？

（3）怎样对液体产物进行定性和定量分析？

第四章 反应精馏实验

**【学习目标】**

以乙醇、乙酸为原料，硫酸为催化剂，采用间歇反应精馏制备乙酸乙酯

**【学习内容】**

1. 掌握反应精馏装置的操作方法，通过观察精馏塔内的温度分布、判断组成的变化趋势，并能采取正确调控手段；
2. 学会分析塔内物料组成，能够进行全塔物料衡算和塔操作的过程分析；
3. 了解气相色谱的基本原理、基本构造、常用计算方法以及适用条件；

**【重点】**

1. 掌握反应精馏装置的操作方法；
2. 分析塔内物料组成，能够进行全塔物料衡算和塔操作的过程分析；
3. 气相色谱定量分析法

**【难点】**

分析塔内物料组成、全塔物料衡算和塔操作的过程分析

**【实施方式】**

1. 线上预习+线上测试。
2. 线下讲授+线下实验。

**【学习要求】**

1. 掌握反应精馏装置的操作方法。

2. 了解实验流程、掌握实验操作方法。

3. 掌握色谱分析方法。

4. 结合本实验在实际教学中介绍节能降耗的复合新技术---反应精馏，培养学生创新意识。

**【实验要求】**

1. 实验属性：综合性实验。
2. 开出要求：必做。
3. 分组要求：7-9人一组。
4. 实验准备：（1）实验仪器能正常运转。（2）要求学生写预习报告，预习实验。
5. 课下思考题：

（1）什么是反应精馏？其特点是什么？可应用于什么样的体系？

（2）若某一反应为可逆反应，反应物为A和B，产物为C和D，试从各种物质的沸点情况分析是否可采用反应精馏？

（3）如何将本实验得到的粗乙酸乙酯提纯得到无水乙酸乙酯？

第五章 苄基氯水解反应实验

**【学习目标】**

熟悉反应釜的使用方法；测定苄基氯水解反应的转化率；了解苄基氯水解反应的历程。

**【学习内容】**

1. 学习反应釜的使用；
2. 通过记录反应时间、反应温度和盐酸用量计算苄基氯水解反应的转化率；
3. 了解苄基氯水解反应的历程。

**【重点】**

1. 掌握反应釜的使用方法；
2. 苄基氯水解反应的转化率的计算

**【难点】**

苄基氯水解反应的转化率的计算

**【实施方式】**

1. 线上预习+线上测试。
2. 线下讲授+线下实验。

**【学习要求】**

1. 掌握反应釜的使用方法。

2. 了解实验流程、掌握实验操作方法。

3. 掌握苄基氯水解反应的转化率的计算方法。

4. 在实际教学中，大力宣扬踏实耐劳的工作作风，初步培养学生严谨求实的科研态度。

**【实验要求】**

1. 实验属性：综合性实验。
2. 开出要求：必做。
3. 分组要求：7-9人一组。
4. 实验准备：（1）实验仪器能正常运转。（2）要求学生写预习报告，预习实验。
5. 课下思考题：

（1）实验中影响转化率的因素有哪些？

（2）苄基氯水解反应的历程有哪些？

第六章 多釜串联返混性能测定实验

**【学习目标】**

了解停留时间分布测定的基本原理和实验方法；掌握停留时间分布的统计特征值的计算方法； 通过分组实验，使学生掌握团队协作的相关技能，善于与小组成员互助、合作学习、教研讨论并完成工作。

**【学习内容】**

1. 学习脉冲法测定反应器内停留时间分布；

2. 掌握停留时间分布的统计特征值的计算方法

**【重点】**

1. 停留时间分布测定实验中，常用的示踪剂加入方式；

2. 停留时间分布的统计特征值的计算方法

**【难点】**

停留时间分布的统计特征值的计算方法

**【实施方式】**

1. 线上预习+线上测试。
2. 线下讲授+线下实验。

**【学习要求】**

1. 通过理论学习，掌握测定反应器内停留时间分布的方法。

2. 了解实验流程、掌握实验操作方法。

3. 掌握停留时间分布的统计特征值的计算方法。

4. 结合马克思主义哲学中的理想和现实的辩证关系以及主要矛盾和次要矛盾的问题，深入理解利用多釜串联模型测定停留时间分布的实验原理及方法。

**【实验要求】**

1. 实验属性：综合性实验。
2. 开出要求：必做。
3. 分组要求：7-9人一组。
4. 实验准备：（1）实验仪器能正常运转。（2）要求学生写预习报告，预习实验。
5. 课下思考题：

（1）测定反应器内停留时间分布实验中，示踪剂的加入方式有几种？并举例简述其中两种。

（2）非理性流动模型有哪几种模型?简述各模型特点。

第七章 乙醇缩合制备丁醇设计实验

**【学习目标】**

1.掌握乙醇缩合制备丁醇的反应过程和反应机理，了解不同产物的反应条件对正、副反应的影响规律。

2.掌握乙醇缩合催化剂的体系和对应的特点，掌握催化活性评价的一般方法和探究适宜工艺条件的方法。

3.掌握固定床催化剂装置的操作和气象色谱的使用。

4.结合化工知识和思维，设计出合理的催化剂制备、活性评价方案，完成制备催化剂、装填催化剂、工艺条件考察、催化活性评价整个实验过程。

**【学习内容】**

1. 学习乙醇缩合制备丁醇的反应过程和反应机理、特点。
2. 学习催化剂的制备方法。
3. 学习气固相固定床装置的结构和操作。
4. 学习使用湿式流量计测量流体流量。
5. 学习气体在线分析的方法和定性、定量分析。
6. 学习催化剂评价的一般方法和优化工艺条件的研究步骤。

**【重点】**

乙醇缩合催化剂的设计和制备；通过气、液产物的色谱分析建立催化活性评价量表。

**【难点】**

乙醇缩合催化剂的设计和制备；目标产物丁醇的选择性、收率分析计算。

**【实施方式】**

1. 线上预习+线上测试。
2. 文献调研+小组讨论+设计实验方案
3. 线下讲授+线下实验。

**【学习要求】**

1. 通过文献调研和小组讨论，掌握乙醇缩合制备丁醇的反应过程和反应机理。

2. 掌握实验流程、掌握实验操作方法。

3. 掌握催化剂的制备和活性评价方法。

4. 结合马克思主义哲学中的理想和现实的辩证关系以及主要矛盾和次要矛盾的问题，深入理解乙醇缩合制备丁醇的固定床反应过程，利用化工知识和思维，设计出合理的催化剂制备、活性评价方案，完成制备催化剂、装填催化剂、工艺条件考察、催化活性评价整个实验过程。

**【实验要求】**

1. 实验属性：设计性实验。
2. 开出要求：必做。
3. 分组要求：7-9人一组。
4. 实验准备：（1）实验仪器能正常运转。（2）要求学生写催化剂的制备方案，催化评价方案。（3）提供制备和评价所需的试剂、耗材和仪器。
5. 课下思考题：

（1）乙醇缩合制备丁醇的反应类型和对应机理。

（2）乙醇缩合制备丁醇的催化剂体系及催化活性评价条件。

（3）影响乙醇缩合制备丁醇的催化活性的因素。

（4）乙醇缩合制备丁醇的副产物。

（5）活性评价中，物料平衡和碳平衡如何实现？

（6）催化剂的制备和活性评价中的一些规律认识和反思。

（二）课程学习内容与课程学习目标的对应关系

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **课程学习内容** | **实施方式** | **支撑的课程目标** | **学时安排** |
| 第一章 气-液平衡实验 | 线上预习+线上测试；线下讲授+线下实验。 | 课程目标1、2 | 5 |
| 第二章 乙苯脱氢与产物分析实验 | 线上预习+线上测试；线下讲授+线下实验。 | 课程目标1、2 | 7 |
| 第三章 流化床催化反应实验 | 线上预习+线上测试；线下讲授+线下实验。 | 课程目标1、2 | 5 |
| 第四章 反应精馏实验 | 线上预习+线上测试；线下讲授+线下实验。 | 课程目标1、2 | 5 |
| 第五章 苄基氯水解反应实验 | 线上预习+线上测试；线下讲授+线下实验。 | 课程目标1、2 | 7 |
| 第六章 多釜串联返混性能测定实验 | 线上预习+线上测试；线下讲授+线下实验。 | 课程目标1、2 | 5 |
| 第七章 乙醇缩合制备丁醇设计实验 | 线上预习+线上测试；线下讲授+线下实验。 | 课程目标1、2 | 14 |
| **合计** | 48 |

四、课程考核及与课程学习目标的对应关系

（一）课程考核内容、考核方式与课程学习目标的对应关系

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程目标** | **考核内容** | **考核方式** |
| 课程目标1 | * 1. 通过专业实验课程教学和实验，培养学生分析问题和解决问题的能力
	2. 通过合理的数据处理获取有效的实验结论。
 | 1.实验报告2.期末考核 |
| 课程目标2 | 掌握团队协作的相关技能，善于与小组成员互助、合作学习、教研讨论并完成工作。 | 实验报告 |

（二）课程目标达成评价方式及考核比例

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程目标** | **考核方式及成绩比例（%）** | **合计** |
| **实验报告** | **现场考核** |
| 课程目标1 | 15 | 40 | 55 |
| 课程目标2 | 45 | 0 | 45 |
| 合计 | 60 | 40 | 100 |

五、成绩评定

（一）总成绩评定

总成绩（100%）=实验报告×60%+期末考核×40%

（二）实验报告评定

实验报告：包括实验目的、实验原理、实验步骤、实验现象、实验数据处理、分析和讨论等。

（三）期末考核评定

期末考核（100%）=线上考试（60%）+现场考核（40%）

线上考试使用学习通进行答题，系统自动给出成绩。

现场考核由学生现场进行实验项目的操作，根据操作的情况给出成绩。

六、使用教材、相关推荐书目及课程资源

化学工程与工艺教研室编写，《化学工程与工艺专业实验讲义》。

七、课程大纲制定依据

本课程大纲依据2023年化学工程与工艺专业人才培养方案制定。