

# 《有机化学实验I、II (Organic Synthesis ExperimentI、II)》

## 教学大纲

制定时间：2025 年 3 月

### 一、课程基本信息

(一) 适用专业：化学

(二) 课程代码：3HG1161C、D

(三) 学分/课内学时：4 学分/64 学时

(四) 课程类别：专业教育

(五) 课程性质：必修/实验课

(六) 先修课程：无机化学、分析化学、有机化学

(七) 后续课程：生物化学、物理化学等

### 二、课程教学目标

本课程是本科化学专业学生在完成相应《有机化学》理论课程内容后进行的一个重要的独立性实践教学环节，它是有机化学教学的重要组成部分，经长期发展，已经形成了独立的教学体系。本课程的目的和任务是使学生通过本课程的学习，在科学实验方法上得到初步的训练，培养综合分析问题解决的能力，以及实验操作技能，养成严肃认真，实事求是的科学态度和严谨的工作作风。课程目标及能力要求具体如下：

#### (一) 具体目标

目标 1：学生能够执行多步骤有机合成反应，构建标准化实验装置，设计从原料预处理到产物纯化的全流程工艺方案，整合副产物绿色化处置方法，掌握鉴别表征技术，解析物质结构特征与纯度指标，发明新型环保合成路径，预测反应条件对能耗与效率的影响规律。引导学生通过绿色化学理念理解可持续发展的重要性，培养社会责任感和环保意识；通过介绍中国在有机合成领域的创新成果，增强学生的民族自豪感和爱国情怀；强调科学研究中的诚信与责任，帮助学生树立正确的职业道德观。

目标 2：发展化学实践素养与工程思维。学生能够实施复杂有机化合物分离

提纯项目，诊断色谱分离异常现象成因，优化危险化学品操作流程，制定实验室EHS（环境-健康-安全）应急预案；批判性评估合成路线创新性，论证绿色化学十二原则的实践应用；自主完成“设计-操作-故障排除-数据溯源”完整实验循环。培养学生严谨的科学态度和良好的科学素养，通过团队合作与创新实践，培养学生的协作精神和工程思维；结合绿色化学原则的应用，引导学生关注环境保护与资源高效利用，树立可持续发展理念；通过介绍中国科学家在化学实践中的杰出贡献，激发学生的爱国主义情怀和科技报国志向，为培养具有家国情怀、实践能力和职业道德的高素质化学人才奠定基础。

## （二）课程目标与毕业要求的对应关系

| 毕业要求                                                                                             | 毕业要求观测点                                                    | 课程目标   | 教学单元                                                                                                  | 评价方式                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| 3. 系统掌握化学学科的研究方法与实验技能，能够应用化学实验研究方法设计针对化学相关复杂问题的研究方案，具有较强的创新意识和实践能力，并能够充分考虑社会、健康、安全、法律、文化以及环境等因素。 | 3.1 能够掌握化学实验基本技能，具备良好的实验操作和方案设计能力。                         | 目标 1、2 | 1 蒸馏及沸点的测定实验<br>2 折光率的测定<br>3 水蒸气蒸馏<br>4 乙酸乙酯的制备<br>5 乙酰水杨酸的制备<br>6 环己烯的制备<br>7 乙酸正丁酯的制备<br>8 正溴丁烷的制备 | 预习报告<br>实验操作<br>实验报告 |
| 4. 能够基于化学专业相关基础知识和实验方法，采用科学方法对化学相关复杂问题进行研究，包括设计实验、分析和解释实验数据，并通过信息综合处理得到合理有效的结论。                  | 4.1 能够综合运用化学学科相关基础知识和实验方法，针对化学相关复杂问题进行实验研究、数据处理并得到合理的研究结论。 | 目标 1、2 | 9 己二酸的制备<br>10 苯甲酸的制备<br>11 肉桂酸的制备<br><br>12 甲基 橙的制备<br>13 8-羟 基喹啉的制备<br>14 安息香辅酶的制备                  | 预习报告<br>实验操作<br>实验报告 |

## 三、教学内容与方法

### （一）教学内容及要求

| 序号 | 教学单元     | 教学内容（知识点）               | 学习产出要求                                   | 推荐学时 | 推荐教学方式   | 支撑教学目标       | 备注 |
|----|----------|-------------------------|------------------------------------------|------|----------|--------------|----|
| 1  | 熔点测定及温度计 | 毛细管法测定有机化合物的熔点，判断化合物的纯度 | 1.规范操作显微熔点仪，独立完成样品装填、升温速率控制及相变观测 - 绘制温度校 | 4    | 讲授<br>实操 | 目标 1<br>目标 2 | 验证 |

|   |               |                                |                                                                                                                               |   |          |              |      |
|---|---------------|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|----------|--------------|------|
|   | 校正            |                                | 正曲线, 分析仪器系统误差并控制测定误差在 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 范围内。                                                                            |   |          |              |      |
| 2 | 液态有机化合物折光率的测定 | 折光率的测定原理及方法, 玻璃管的加工操作步骤        | 1. 熟悉玻璃管的加工操作。<br>2. 规范折光率的测定方法及应用。<br>3. 学习 Abbe 折光仪的使用方法                                                                    | 2 | 讲授<br>实操 | 目标 1<br>目标 2 | 验证   |
| 3 | 蒸馏及沸点的测定      | 蒸馏的基本原理和方法, 分离提纯液态有机化合物并测定其沸点  | 1. 实施蒸馏与沸点测定实验。搭建标准蒸馏装置, 规范操作温度计、冷凝管等关键部件, 测定液体沸点, 分析沸程数据, 判断样品纯度<br>2. 完成液体有机物分离提纯。设计蒸馏方案, 优化加热速率与冷却条件, 收集馏分, 计算回收率, 评估分离效果。 | 4 | 讲授<br>实操 | 目标 1<br>目标 2 | 基本操作 |
| 4 | 水蒸气蒸馏         | 水蒸气蒸馏的基本原理以及仪器的安装, 水蒸气蒸馏的规范操作。 | 1. 解析水蒸气蒸馏原理与应用。<br>2. 实施水蒸气蒸馏的操作。                                                                                            | 4 | 讲授<br>实操 | 目标 1<br>目标 2 | 基本操作 |
| 5 | 环己烯的制备        | 分馏的基本原理和操作步骤, 实验室制备环乙烯的原理和方法。  | 1. 学习由环己醇制备环己烯的原理及方法<br>2. 熟悉分馏的原理及实验操作。<br>3. 练习并掌握蒸馏、分液、干燥等实验操作方法。                                                          | 4 | 讲授<br>实操 | 目标 1<br>目标 2 | 综合   |
| 6 | 正溴丁烷的制备       | 学习以溴化钠、浓硫酸和正丁醇制备正溴丁烷的原理和方法     | 1. 学习实验室制备伯卤代烷的原理和方法<br>2. 学会回流及气体吸收装置和分液漏斗的使用<br>3. 练习并掌握回流、蒸馏、分液、干燥等实                                                       | 6 | 讲授<br>实操 | 目标 1<br>目标 2 | 设计   |

|    |          |                                        |                                                                                                                                        |   |          |              |    |
|----|----------|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|----------|--------------|----|
|    |          |                                        | 验操作步                                                                                                                                   |   |          |              |    |
| 7  | 乙酸乙酯的制备  | 实验室制备羧酸酯的方法，进一步熟悉恒压滴液漏斗的使用。            | 1、熟悉从有机酸合成酯的基本原理及方法。<br>2、熟练蒸馏和分液漏斗的操作方法。<br>3、学会提高平衡反应目标产物收率的常规方法                                                                     | 4 | 讲授<br>实操 | 目标 1<br>目标 2 | 综合 |
| 8  | 乙酸正丁酯的制备 | 实验室制备羧酸酯的方法，进一步熟悉分水器的使用。               | 1、学习从有机酸合成酯的基本原理及方法。<br>2、联系分水器的使用方法。                                                                                                  | 4 | 讲授<br>实操 | 目标 1<br>目标 2 | 综合 |
| 9  | 苯甲酸的制备   | 羧酸的制备原理和方法，巩固结晶和减压过滤的操作。               | 1、学习 Cannizzaro 反应的基本原理和使用条件。<br>2、学习重结晶的基本操作。                                                                                         | 4 | 讲授<br>实操 | 目标 1<br>目标 2 | 综合 |
| 10 | 甲基橙的制备   | 通过甲基橙的制备掌握芳香族的伯胺重氮化反应和重氮盐偶联反应的原理和实验操作。 | 1.解析重氮盐偶联反应机理。阐述重氮化反应与偶联反应的化学过程，推测反应条件对产物结构的影响，设计反应路径，预测副产物生成机制并提出抑制方案<br>2.应用偶氮染料特性。制备典型偶氮染料，表征其光吸收特性与染色性能；评估偶氮染料在纺织印染中的适用性，优化染色工艺参数。 | 4 | 讲授<br>实操 | 目标 1<br>目标 2 | 综合 |
| 11 | 乙酰水杨酸的制备 | 实验室制备乙酰水杨酸的原理和方法以及水分离器的使用方法。           | 1、通过本实验了解乙酰水杨酸（阿斯匹林）的制备原理和方法。<br>2、进一步熟悉重结晶、熔点测定、抽滤等基本操作。                                                                              | 4 | 讲授<br>实操 | 目标 1<br>目标 2 | 综合 |
| 12 | 己二酸的制备   | 实验室制备己二酸的原理和方法以及恒压分液漏斗的使用。             | 1、识记用环己醇氧化制备己二酸的基本原理和方法。<br>2、规范电动搅拌器的使用方法及浓缩、过                                                                                        | 6 | 讲授<br>实操 | 目标 1<br>目标 2 | 综合 |

|    |           |                                               |                                                                                                                                 |   |          |              |    |
|----|-----------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|----------|--------------|----|
|    |           |                                               | 滤、重结晶等基本操作                                                                                                                      |   |          |              |    |
| 13 | 肉桂酸的制备    | 实验室制备肉桂酸的原理和方法及水蒸气蒸馏的原理和基本操作。                 | 1、学习以溴化钠、浓盐酸和正丁醇制备正溴丁烷的方法。<br>2、学习水蒸气蒸馏的操作方法。<br>3、练习普通蒸馏的操作方法。                                                                 | 8 | 讲授<br>实操 | 目标 1<br>目标 2 | 综合 |
| 14 | 咖啡因的提取    | 生物碱的提取和提纯方法。                                  | 1. 设计天然产物提取方案, 选择适配的分离技术 (如萃取、层析), 评估不同提取方法的效率与成本, 优化工艺流程。<br>2. 实施升华操作, 控制加热速率与冷却条件, 分析升华产物纯度, 评估提纯效果                          | 6 | 讲授<br>实操 | 目标 1<br>目标 2 | 设计 |
| 15 | 8-羟基喹啉的制备 | 回流、水蒸气蒸馏、重结晶和升华等基本操作。                         | 1. 巩固 8-羟基喹啉杂环化合物的合成原理及方法,<br>2. 巩固回流加热和水蒸气蒸馏等基本操作技能。                                                                           | 6 | 讲授<br>实操 | 目标 1<br>目标 2 | 综合 |
| 16 | 安息香的辅酶合成  | 亲核加成和缩合的反应机理, 利用该机理学习利用醛合成安息香, 练习重结晶和抽滤等基本操作。 | 1、学习安息香缩合反应及安息香转化的基本原理。<br>2、学习以维生素 B1 为催化剂合成安息香的实验原理和操作过程。<br>3、练习采用冰水浴控温。<br>4、巩固有机溶剂进行重结晶的操作方法和注意事项。<br>5、学习薄层色谱在跟踪反应进程中的应用。 | 6 | 讲授<br>实操 | 目标 1<br>目标 2 | 综合 |

## (二) 教学方法

(1) 重视方法、能力教育:作为一门自然科学,通过有机化学实验的学习要学会学习的方法及实事求是的科学态度。教学中应注意培养学生的创新意识、探究能力及创新能力。

(2) 在必修实验的基础上,将传统的实验内容予以扩展,在学生已掌握知识与技能的基础上,鼓励学生设计实验至完成实验,由学生以个人或小组为单位进行实验仪器的准备、试剂的配置,直到完成实验报告,并允许改进实验方法,初步培养学生的科学研究能力。

(3) 积极运用现代教学手段:多媒体技术和网络技术具有强大的信息传播功能,为有机化学实验进行教学改革和提高教学质量提供了极为有利的条件。在教学过程中,应从实际出发,积极运用多媒体教学手段,提高教学效率。

## 四、考核及成绩评定

### (一) 考核内容及成绩构成

课程考核以考核学生能力培养目标的达成为主要目的,以检查学生对各实验原理、实验方法的掌握程度及其应用能力为重要内容,考核采用预习报告、实验操作及实验报告等方式评定学生成绩;从所列考核内容中选择 64 学时的实验项目作为该课程的考核内容,内容分上下两学期完成,各为 32 学时,上学期实验项目选 1-8;下学期实验项目选 9-14,各课程目标的考核内容、成绩评定方式、目标分值建议如下:

| 课程目标                                                                                                      | 考核内容         | 成绩<br>评定<br>方式 | 成绩<br>占总<br>评分<br>比例 | 目标成<br>绩占当<br>次考核<br>比例 | 学生当<br>次考核<br>平均得<br>分 | 目标达成情况计算<br>公式                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|----------------|----------------------|-------------------------|------------------------|------------------------------------------------|
| 目标 1：学生能够执行多步骤有机合成反应，构建标准化实验装置，设计从原料预处理到产物纯化的全流程工艺方案，整合副产物绿色化处置方法，掌握鉴别表征技术，解析物质结构特征与纯度指标，发明新型环保合成路径，预测反应条 | 1 蒸馏及沸点的测定实验 | 预习<br>报告       | 10%                  | 100%                    | A <sub>1</sub>         | [(A1/100%)*10%+(B1/100%)*30% (C1/100%)*10%]/50 |
|                                                                                                           | 2 折光率的测定     |                |                      |                         |                        |                                                |
|                                                                                                           | 3 水蒸气蒸馏      | 实验<br>报告       | 30%                  | 100%                    | B <sub>1</sub>         |                                                |
|                                                                                                           | 4 乙酸乙酯的制备    |                |                      |                         |                        |                                                |
|                                                                                                           | 5 乙酰水杨酸的制备   |                |                      |                         |                        |                                                |
|                                                                                                           | 6 环己烯的制备     |                |                      |                         |                        |                                                |
|                                                                                                           | 7 乙酸正丁酯的制备   |                |                      |                         |                        |                                                |
|                                                                                                           | 8 正溴丁烷的制备    | 实验<br>操作       | 10%                  | 100%                    | C <sub>1</sub>         |                                                |
|                                                                                                           | 9 己二酸的制备     |                |                      |                         |                        |                                                |
|                                                                                                           | 10 苯甲酸的制备    |                |                      |                         |                        |                                                |
|                                                                                                           | 11 肉桂酸的制备    |                |                      |                         |                        |                                                |
|                                                                                                           | 12 甲基 橙的制备   |                |                      |                         |                        |                                                |
|                                                                                                           | 13 8-羟 基喹啉的制 |                |                      |                         |                        |                                                |

| 课程目标                                                                                                                                                     | 考核内容                                                                                                                    | 成绩<br>评定<br>方式 | 成绩<br>占总<br>评分<br>比例 | 目标成<br>绩占当<br>次考核<br>比例 | 学生当<br>次考核<br>平均得<br>分 | 目标达成情况计算<br>公式                                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------------------------------------------|
| 件对能耗与效率的影响规律。引导学生通过绿色化学理念理解可持续发展的重要性，培养社会责任感和环保意识；通过介绍中国在有机合成领域的创新成果，增强学生的民族自豪感和爱国情怀；强调科学研究中的诚信与责任，帮助学生树立正确的职业道德观。                                       | 备<br>14 安息香辅酶的制备                                                                                                        |                |                      |                         |                        |                                                           |
| 目标 2：发展化学实践素养与工程思维。学生能够实施复杂有机化合物分离提纯项目，诊断色谱分离异常现象成因，优化危险化学品操作流程，制定实验室 EHS（环境-健康-安全）应急预案；批判性评估合成路线创新性，论证绿色化学十二原则的实践应用；自主完成“设计-操作-故障排除-数据溯源”完整实验循环。培养学生严谨的 | 1 蒸馏及沸点的测定实验                                                                                                            | 预习<br>报告       | 10%                  | 100%                    | A <sub>2</sub>         | $[(A_2/100\%)*10\%+(B_2/100\%)*30\%+(C_2/100\%)*10\%]/50$ |
|                                                                                                                                                          | 2 折光率的测定<br>3 水蒸气蒸馏<br>4 乙酸乙酯的制备<br>5 乙酰水杨酸的制备                                                                          | 实验<br>报告       | 30%                  | 100%                    | B <sub>2</sub>         |                                                           |
|                                                                                                                                                          | 6 环己烯的制备<br>7 乙酸正丁酯的制备<br>8 正溴丁烷的制备<br>9 己二酸的制备<br>10 苯甲酸的制备<br>11 肉桂酸的制备<br>12 甲基 橙的制备<br>13 8-羟 基喹啉的制备<br>14 安息香辅酶的制备 | 实验<br>操作       | 10%                  | 100%                    | C <sub>2</sub>         |                                                           |

| 课程目标                                                                                                                                                     | 考核内容 | 成绩<br>评定<br>方式 | 成绩<br>占总<br>评分<br>比例 | 目标成<br>绩占当<br>次考核<br>比例 | 学生当<br>次考核<br>平均分 | 目标达成情况计算<br>公式               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----------------|----------------------|-------------------------|-------------------|------------------------------|
| 科学态度和良好的科学素养，通过团队合作与创新实践，培养学生的协作精神和工程思维；结合绿色化学原则的应用，引导学生关注环境保护与资源高效利用，树立可持续发展理念；通过介绍中国科学家在化学实践中的杰出贡献，激发学生的爱国主义情怀和科技报国志向，为培养具有家国情怀、实践能力和职业道德的高素质化学人才奠定基础。 |      |                |                      |                         |                   |                              |
| 总评成绩（100%）=预习报告（20%）+实验操作（20%）+实验报告（60%）                                                                                                                 |      |                | 100%                 | ——                      | ——                | $\frac{\text{学生总评平均分}}{100}$ |

## (二) 平时考核成绩评定

课程目标 1、目标 2 中每项考核内容（每个教学单元）评分标准如下：

|       |           |                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                               |
|-------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| 对应目标  |           | <p>目标 1：学生能够执行多步骤有机合成反应，构建标准化实验装置，设计从原料预处理到产物纯化的全流程工艺方案，整合副产物绿色化处置方法，掌握鉴别表征技术，解析物质结构特征与纯度指标，发明新型环保合成路径，预测反应条件对能耗与效率的影响规律。引导学生通过绿色化学理念理解可持续发展的重要性，培养社会责任感和环保意识；通过介绍中国在有机合成领域的创新成果，增强学生的民族自豪感和爱国情怀；强调科学研究中的诚信与责任，帮助学生树立正确的职业道德观。</p> | <p>目标 2：发展化学实践素养与工程思维。学生能够实施复杂有机化合物分离提纯项目，诊断色谱分离异常现象成因，优化危险化学品操作流程，制定实验室 EHS（环境-健康-安全）应急预案；批判性评估合成路线创新性，论证绿色化学十二原则的实践应用；自主完成“设计-操作-故障排除-数据溯源”完整实验循环。培养学生严谨的科学态度和良好的科学素养，通过团队合作与创新实践，培养学生的协作精神和工程思维；结合绿色化学原则的应用，引导学生关注环境保护与资源高效利用，树立可持续发展理念；通过介绍中国科学家在化学实践中的杰出贡献，激发学生的爱国主义情怀和科技报国志向，为培养具有家国情怀、实践能力和职业道德的高素质化学人才奠定基础。</p> |                                                               |
| 考查点   |           | 实验预习                                                                                                                                                                                                                               | 实验操作                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 实验报告                                                          |
| 总评分占比 |           | 20%                                                                                                                                                                                                                                | 20%                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 60%                                                           |
| 评分标准  | 100%至90%  | 明确实验目的和原理，熟悉实验基本仪器装置及实验内容，能认真撰写预习报告。                                                                                                                                                                                               | 能够根据实验内容设计实验方案，正确搭建实验装置，熟练地完成实验。实验态度认真，操作能力强，操作、记录规范，沟通、协作很好。                                                                                                                                                                                                                                                           | 有很强的总结实验和撰写报告的能力，实验报告内容完整、正确，有很好的分析与见解。文本表述清晰，书写工整，格式规范。      |
|       | 89.9%至80% | 明确实验目的和原理，比较熟悉实验基本仪器装置及实验内容，能够较认真的撰写预习报告。                                                                                                                                                                                          | 能够根据实验内容设计实验方案，正确搭建实验装置，熟练地完成实验。实验态度认真，操作能力强，操作、记录规范，沟通、协作良好。                                                                                                                                                                                                                                                           | 有较强的总结实验和撰写报告的能力，实验报告内容完整、正确，有较好的分析与见解。文本表述较清晰，书写较工整，格式规范。    |
|       | 79.9至70%  | 了解实验目的和原理，了解熟悉实验基本仪器装置及实验内容，能撰写预习报告。                                                                                                                                                                                               | 能够根据实验内容设计实验方案，正确搭建实验装置，比较熟练地完成实验。实验态度比较认真，操作能力较强，操作、记录规范，沟通、协作正常。                                                                                                                                                                                                                                                      | 有良好的总结实验和撰写报告的能力，实验报告内容较完整、正确，有自己的分析与见解。文本表述较清晰，书写较工整，格式较为规范。 |

|                   |                                      |                                                                  |                                                                |
|-------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| 69.9%<br>至<br>60% | 基本了解实验目的和原理,熟悉实验基本仪器装置及实验内容,能撰写预习报告。 | 能够根据实验内容设计实验方案,基本正确搭建实验装置,完成实验。实验态度不太认真,操作能力一般,操作、记录基本规范,有沟通、协作。 | 有一定的总结实验和撰写报告的能力,实验报告内容基本完整、正确,没有分析或见解。文本表述基本清晰,书写基本工整,格式基本规范。 |
| 59.9%<br>至<br>0   | 不了解实验目的和原理,不了解实验基本仪器装置及实验内容,未撰写预习报告。 | 动手操作能力差;操作、记录不规范,实验中不能与合作者进行沟通、协作,不能正确地完成实验。                     | 总结实验和撰写报告的能力差,实验报告内容不完整、错误多。文本表述不清晰,书写潦草、格式不规范。                |

## 五、参考学习资料

### (一) 推荐教材

推荐教材 1:《有机化学实验》,兰州大学,高等教育出版社,2017,第4版,书号:9787040475197

推荐教材 2:《有机化学实验》,王梅、王艳华、高占先,高等教育出版社,2011,第2版,书号:9787040300932

推荐教材 3:《有机化学实验》,李明,科学出版社,2010,第1版,书号:9787030280329

参考资料 1:《有机化学实验》,彭松、林辉,中国中医药出版社,2010,第2版,书号:9787801568090

参考资料 2:《有机化学实验》,谷亨杰、刘妙昌、丁金昌,高等教育出版社,2017,第3版,书号:9787040470345

参考资料 3:《有机化学实验》,俞晔,华东理工大学出版社,2015,第1版,书号:9787562843375

制订人: 遇丽

审核人: 苏小东