

《有机化学综合实验》课程实验教学大纲

(Comprehensive Experiment of Organic Chemistry)

大纲主撰人：杨丽敏 大纲审核人：陶兰

【课程代码】175147201

【课程修习类型】选修

【开课学院】材料与化学化工学院

【适用专业】制药工程

【学分数】2

【学时数】64

【建议修读学期】四秋

【先修课程】有机化学、分析化学实验、无机化学实验、化学文献检索等

一、课程说明

1. 课程介绍

《有机化学综合实验》作为制药专业的选修课程，是有机化学教学的重要组成部分，与有机化学理论教学相配合，以实践环节为主，理论教学为辅的技能应用型课程。本专业学生除了需要掌握《有机化学》方面的基本理论知识，还需要掌握基本的实验技能及初步的科学研究能力，同时还需要掌握化学文献检索方面的基本技能。通过实验，使学生训练并掌握有机化学实验的基本技能，学会正确选择的有机化合物的合成、分离、提纯和分析鉴定的方法。通过实验，培养学生观察现象，分析问题和解决实验中所遇到问题的能力。这门课程也是培养学生理论联系实际，实事求是，严格认真的科学态度与良好的工作习惯的一个重要环节。这门课程将有机化学理论知识，化学实验基本技能，查阅化学文献的基本能力很好的结合起来，为学生以后参加工作或者进行研究生学习打下初步基础。

Organic Chemistry Experiment is an independent compulsory course corresponding to Organic Chemistry. By preparing simple organic compounds, students should be able to be skilled at basic theories and skills including heating, stirring, distillation, refluxing, fractionating distillation, water vapor distillation, vacuum distillation, extraction, rinsing, filtration (including vacuum filtration), gas absorption, recrystallization purification; master the determination of physical constants (melting point, refraction rate) of simple organic compounds; learn the ways to search for physical constants, be familiar with the basic processes and methods of preparation, separation, purification and identification of simple organic compounds and data collection and procession during laboratories.

2. 课程内容及课时安排

序号	内 容	总学时	理论学时	实验、实践学时
1	苯妥英钠的合成	16		16
2	苯佐卡因的合成	16		16
3	丙戊酸钠的合成	16		16
4	(1R,2S)-1-氨基-2-茛醇的合成	16		16

3. 课程教学目标

(1) 课程教学目标:

(2) 课程教学目标:

目标 1: 通过本课程的学习,了解熔点仪、阿贝折射仪、循环水泵等的原理及使用方法;

目标 2: 掌握常用有机玻璃仪器的使用方法;

目标 3: 掌握蒸馏、分流、减压蒸馏、萃取、柱层析等分离方法的原理及操作。

目标 4: 通过本课程的学习,培养学生动手、观察、查阅、记忆、思维、想象和表达能力,培养学生理论联系实际的能力,进一步巩固和加深对所学基本理论的理解;

目标 5: 通过课程的学习,培养学生查阅文献,归纳整理文献,并提出可行的实验方案的能力;

目标 6: 通过实验的学习,培养学生归纳整理分析实验数据,撰写科学论文的能力。

目标 7: 通过本课程的学习,使学生具有学习、交流、协调能力和团队协作精神;

目标 8: 使学生具备良好的创新能力、实践能力及团队合作精神。

(2) 课程目标对培养要求的支撑:

培养要求	课程教学目标
1. 能够将自然科学、工程基础、专业基础知识和基本的经济和管理知识用于解决复杂制药工程问题	教学目标④
2. 能够应用制药工程专业知识进行识别、表达、并通过文献研究来分析和解决复杂的制药工程问题	教学目标⑤
4. 理解科学原理和方法,能够利用科学方法对复杂制药工程问题进行研究,包括设计实验、分析与解释数据等,通过信息综合与提炼得到合理有效的结论	教学目标⑤⑥
6. 掌握药物设计的基本原理,掌握有机合成的技巧,具有一定的新药研发能力	教学目标①②③
7. 能够就制药工程问题与业界同行及公众进行有效沟通和交流,具备一定的国际视野,能够在进行跨文化的沟通和交流	教学目标⑦
10. 具备沟通和团队协作能力,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	教学目标⑧
11. 具有人文社会科学素养,具有社会责任感,能够在制药工程实践中理解并遵守制药工程职业道德和规范,履行正确的责任	教学目标⑧
12. 具有自主和终身学习的意识和能力,具有适应发展的能力	教学目标⑦

4. 课程教学方法与手段

先进行文献查阅，拟定实验方案，再进行分组实验。

5. 课程资源

使用教材：

《有机化学实验》（第四版），兰州大学编，高等教育出版社，2017年5月

《有机化学实验》（第一版），章鹏飞主编，浙江大学出版社，2013年7月

参考书

《有机化学实验》（第四版），兰州大学，高等教育出版社，2010年1月

《有机化学实验》（第三版），曾昭琼主编，高等教育出版社出版，2003年5月

6. 学生成绩评定

(1) 考核方式：考查课

(2) 评价标准：

考核等级	评价标准
优秀（90-100）	实验预习及实验报告内容完整充实，填写工整规范，实验操作、实验结果、分析和结论准确无误。建立了认真、严谨的科学态度和准确的量的概念，具备了独立思考、相互沟通、合作学习的能力。综合评定成绩 ≥ 90
良好（80-89）	实验预习及实验报告内容完整，填写规范，实验操作、实验结果、分析和结论正确。较好地建立了认真、严谨的科学态度和准确的量的概念，较好地具备了独立思考、相互沟通、合作学习的能力。综合评定成绩 ≥ 80 和 < 90 。
中等（70-79）	实验预习及实验报告内容基本完整，填写较规范，实验操作、实验结果、分析和结论基本正确。基本建立了认真、严谨的科学态度和准确的量的概念，基本具备独立思考、相互沟通、合作学习的能力。综合评定成绩 ≥ 70 和 < 80 。
及格（60-69）	实验预习及实验报告内容基本完整，实验操作、实验结果、分析和结论存在明显问题。综合评定成绩 ≥ 60 和 < 70 。
不及格（低于60）	实验预习及实验报告内容不完整，实验操作、实验结果、分析和结论存在严重错误或报告全文抄袭现象明显。综合评定成绩 < 60 。

(3) 成绩构成：

实验指导教师根据学生整个实验过程的情况及实验结果给予评定成绩，共4个实验，每个实验分值占25%。另外，凡发现实验中有臆造、涂改、抄袭者，或重复实验未经同意一律以0分计。

具体评分标准：

序号	评分项目	比例
1	文献检索及文献报告（含检索记录）	30%
2	实验方案及实验操作（含实验记录）	40%
3	实验结果及实验报告（含产品鉴定结果）	30%
4	合计	100%

(4) 过程考核：

到课率：教师根据学生的每节课的出勤情况给分。

实验预习：学生针对每次实验内容进行提前预习，并书写预习报告，老师课堂上抽查提问。

依据：完成质量、学习态度。

实验操作：教师通过课堂提问、观察等方式判定每位学生的实验操作水平，现场打分。依据：操作规范性。

实验结果评价：每次实验结束前现场打分。依据：数据的真实性及产品的性状。

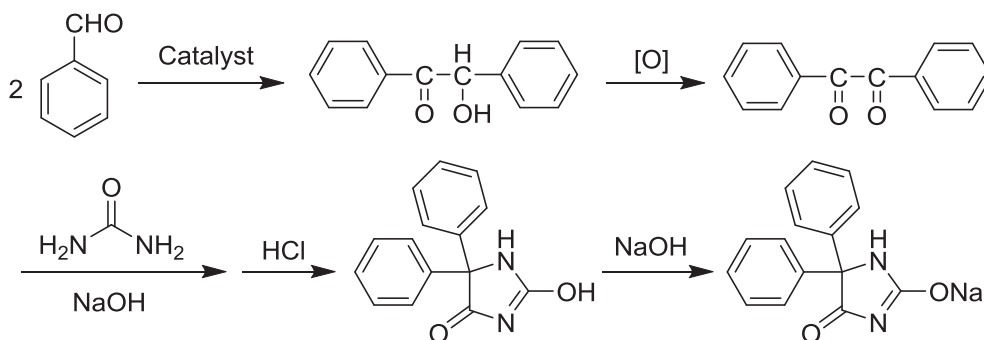
实验报告：实验完毕后，学生书写并上交实验报告，老师依据完成质量、学习态度和完成时间等进行判定。依据：完成质量、学习态度。

二、教学内容和学时分配

实验一 苯妥英钠 (Phenytoin Sodium) 的合成

1. **教学要求：**掌握安息香缩合反应的原理和应用维生素 B₁ 为催化剂进行反应的实验方法。掌握由安息香为原料制备药物苯妥英钠的实验原理和方法。熟悉用稀硝酸氧化的实验方法。

2. **主要内容：**合成路线如下：



实验步骤

(1) 安息香的制备

在 50 mL 圆底烧瓶中依次加入 1.2 g 维生素 B₁、3.0 mL 蒸馏水，摇匀溶解，再往该澄清透明溶液中加入 10.0 mL 95% 乙醇，将烧瓶置于冰水浴中冷却。同时取 10%NaOH 溶液 2.5 mL 于一支试管中也置于冰水浴中冷却。然后在冰浴下将 10%NaOH 溶液逐滴加入圆底烧瓶中（约在 10 min 内加完），并持续搅拌，溶液呈淡黄色，再调节溶液 pH 值为 9~10，此时溶液呈黄色。

去掉冰水浴，搅拌下，缓慢加入 7.5 mL 新蒸的苯甲醛，用 10%NaOH 溶液调 pH = 9~10，装上回流冷凝管，加几粒沸石，将混合物置于水浴上温热 0.5 h，水浴温度保持在 60~75 °C，溶液颜色慢慢变为深黄色。再用 10%NaOH 溶液调 pH = 9~10，继续将混合物置于 60~75 °C 水浴上反应 1.0 h。此时反应混合物呈橘黄或橘红色均相溶液。

将反应混合物冷至室温后冰水冷却，使结晶析出完全，晶体为浅黄色（若产物呈油状物析出，应重新加热使其变成均相，再慢慢冷却重新结晶）。抽滤，用 25 mL 冷水分两次洗涤结晶。粗产物可用 95% 乙醇重结晶。如产物呈黄色，可用少量活性炭脱色。纯安息香为白色针状结晶，熔点为 134~136 °C。

(2) 二苯乙二酮的制备

在装有搅拌、温度计、球型冷凝器（顶端安装气体吸收装置）的 100 mL 三颈瓶中，投入安息香 3.0 g 左右，稀硝酸（HNO₃: H₂O = 1 : 0.6）7.5 mL。开动搅拌，用油浴加热，逐渐升温至

110~120℃, 黄色固体逐渐溶解, 反应 2 h, 反应过程中有红色氧化氮气体产生, 须采用气体吸收装置吸收后排出。反应完毕后呈黄色澄清溶液, 在搅拌下, 将该反应液倾入 20 mL 热水中, 搅拌至结晶全部析出。抽滤, 结晶用少量水洗, 干燥, 得黄色粗品。产物二苯乙二酮的熔点为 94~95 ℃。

(3) 苯妥英的制备

在装有磁力搅拌、温度计、球型冷凝器的 100 mL 三颈瓶中, 投入二苯乙二酮 2.0 g, 脲素 0.70 g, 20% NaOH 6 mL, 50% 乙醇 10 mL, 开动搅拌, 加热回流反应 30 min, 黄色固体逐渐溶解, 且溶液颜色慢慢变深。反应完毕后, 将反应液倾入到 60 mL 沸水中, 加入活性炭, 煮沸 10 min, 放冷, 抽滤。滤液用 10% 盐酸调至 pH 6, 放置析出结晶, 抽滤, 结晶用少量水洗, 得苯妥英粗品。

(4) 成盐与精制

将苯妥英粗品置 100 mL 烧杯中, 按粗品与水为 1: 4 之比例加入水, 水浴加热至 40 ℃, 加入 20% NaOH 至全溶, 呈黄色澄清溶液, 加活性炭少许, 在搅拌下加热 5 min, 趁热抽滤, 滤液加氯化钠至饱和。放冷, 析出结晶, 抽滤, 少量冰水洗涤, 干燥得苯妥英钠, 称重, 计算收率。

(5) 结构表征

①熔点法、红外吸收光谱法、标准物 TLC 对照法。

②核磁共振光谱法。

3. 教学方法: 文献查阅与实验相结合

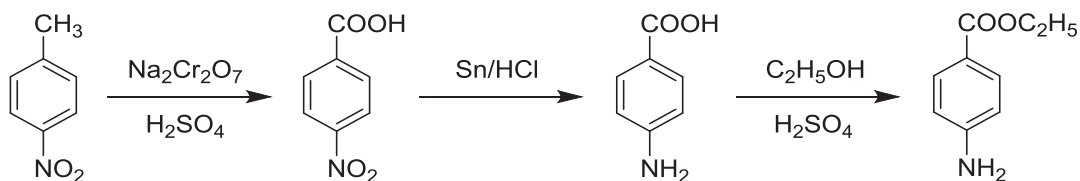
4. 学习资料: 本课程是文献查阅与实验相结合的课程, 故学生需自行进行资料查阅(推荐查阅软件: Scifinder, reaxys, web of knowledge 等)

5. 思考题: 苯甲醛使用前为什么要蒸馏? 在安息香缩合反应中, 为什么维生素 B1 可以替代 KCN (或 NaCN)? 为什么要向维生素 B1 溶液中加入氢氧化钠? 为什么控制 pH 在 9~10 之间? 制备二苯乙二酮时, 反应温度为什么要逐渐升高? 氧化剂为什么不用硝酸, 而用稀硝酸?

实验二 苯妥英钠 (Phenytoin Sodium) 的合成

1. 教学要求: 掌握氧化、酯化和还原反应的原理及基本操作。通过苯佐卡因的合成, 了解药物合成的基本过程。了解苯佐卡因的性质。

2. 主要内容: 合成路线如下:



实验步骤

(1) 对硝基苯甲酸的制备 (氧化)

在装有磁力搅拌和球型冷凝器的 250 mL 三口烧瓶中, 加入重铬酸钠 (含两个结晶水) 23.6 g、水 50 mL, 搅拌使重铬酸钠溶解后, 加入对硝基甲苯 8.0 g, 用滴液漏斗滴加 32 mL 浓硫酸。滴加完毕, 加热使反应液保持微沸 60~90 min (反应中, 球型冷凝器中可能有白色针状的对硝基甲苯析出, 可适当关小冷凝水, 使其熔融)。冷却后, 将反应液倾入 80 mL 冷水中, 抽滤。残渣用 45 mL 水分三次洗涤。将滤渣转移到烧杯中, 加入 5% 硫酸 35 mL, 在沸水浴上加热 10 min, 并不时搅拌, 冷却后抽滤, 滤渣溶于温热的 5% 氢氧化钠溶液 70 mL 中, 在 50 ℃ 左右加入活性炭 0.5 g

脱色 (5~10 min), 趁热抽滤。冷却, 在充分搅拌下, 将滤液慢慢倒入 15% 硫酸 50 mL 中, 抽滤, 用水洗涤三次, 干燥得本品, 计算收率。

(2) 对氨基苯甲酸的制备 (还原)

在装有回流冷凝器和滴液漏斗的 100 mL 三口烧瓶中加入 4.0 g 对硝基苯甲酸、9.0 g 锡粉和磁力搅拌子, 滴液漏斗中加入 20 mL 浓 HCl。开动磁力搅拌, 从滴液漏斗中滴加浓 HCl, 反应立即开始。如有必要可稍稍加热以维持反应正常进行 (反应液中锡粉逐渐减少)。约 20~30 min 后反应接近终点, 反应液呈透明状。稍冷后, 将反应液倾入 250 mL 烧瓶中。待反应液冷至室温后, 在不断搅拌下慢慢滴加浓氨水, 使溶液刚好呈碱性, 注意总体积不要超过 55 mL, 可加热浓缩。向滤液中小心地滴加冰醋酸, 即有白色晶体析出。继续滴加少量冰醋酸, 则有更多的固体析出, 用蓝色石蕊试纸检验直到呈酸性为止。在冷水浴中冷却后抽滤得白色固体, 干燥, 计算收率。产量约为 2 g。纯对氨基苯甲酸为黄色晶体, m. p. 为 184~186 °C。

(3) 对氨基苯甲酸乙酯的制备 (酯化)

在装有回流冷凝管的 100 mL 三口烧瓶中加入 2.0 g 对氨基苯甲酸、20 mL 无水乙醇和磁力搅拌子。开动磁力搅拌, 加入 2.0 mL 浓硫酸, 加热回流 90 min, 反应液呈无色透明状。趁热将反应液倒入盛有 85 mL 水的烧杯中。溶液稍冷后, 慢慢加入 Na_2CO_3 固体粉末, 边加边用玻璃棒搅拌, 使 Na_2CO_3 粉末充分溶解。当液面上有少许白色沉淀出现时, 再慢慢滴加 10% Na_2CO_3 溶液, 将溶液的 pH 值调至 9 左右。所得固体产品用布氏漏斗抽滤, 干燥, 计算收率。产量为 1~2 g。

(4) 精制

将粗品置于装有球形冷凝器的 100 mL 圆底瓶中, 加入 10~15 倍 (mL/g) 50% 乙醇, 在水浴上加热溶解。稍冷, 加活性炭脱色 (活性炭用量视粗品颜色而定), 加热回流 20 min, 趁热抽滤 (布氏漏斗、抽滤瓶应预热)。将滤液趁热转移至烧杯中, 自然冷却, 待结晶完全析出后, 抽滤, 用少量 50% 乙醇洗涤两次, 压干, 干燥, 计算收率。

(5) 结构表征

① 熔点法、红外吸收光谱法、标准物 TLC 对照法。

② 核磁共振光谱法。

3. 教学方法: 文献查阅与实验相结合

4. 学习资料: 本课程是文献查阅与实验相结合的课程, 故学生需自行进行资料查阅 (推荐查阅软件: Scifinder, reaxys, web of knowledge 等)

5. 思考题: 试提出其它合成苯佐卡因的路线并比较它们的优缺点。氧化反应完毕, 将对硝基苯甲酸从混合物中分离出来的原理是什么? 酯化反应为什么需要无水操作? 锡粉还原反应的机理是什么? 如何以对氨基苯甲酸为原料合成普鲁卡因 (Procaine)?

实验三 设计实验: 丙戊酸钠的合成

1. 教学要求: 本实验属设计性实验, 按给定实验目的、要求和实验条件, 由实验者自己设计实验方案并加以实现。

通过做本实验使学生对药物合成的理论、实验技能、实验方法以及具体应用得到一定的了解与掌握, 培养学生在文献检索与应用及药物合成方面的基本素质和能力。

2. 主要内容:

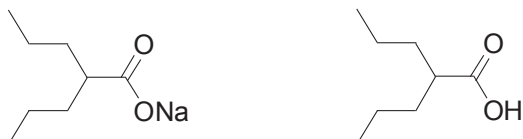
(1) 文献检索 (第一阶段) —— 课外完成

查阅抗癫痫药丙戊酸钠 (含丙戊酸) 的理化性质、主要用途、各种制备方法以及涉及的原料、中间产物的文献资料。

推荐检索项目或检索词:

① 分子式: $C_8H_{15}O_2Na$ 和 $C_8H_{16}O_2$

② 结构式:



③ 化学名称:

中文名: 丙戊酸 (钠)、2-丙基戊酸 (钠)

英文名: Valproic Acid Propylvaleric acid or Pentatonic acid, 2-propyl-

CA Name: ? (请自己查)

④ 通用名称: 丙戊酸钠/SODIUM VALPROATE

⑤ CAS 号: 99-66-1

⑥ 其他检索词 (制备/preparation、合成/synthesis、各种合成中间体及商品名等) 等。

推荐检索工具或检索途径:

① 基本物性参数和基本文献

(a) 网上免费数据库: <http://chemfinder.cambridgesoft.com/>

(b) 大型工具书 (及电子出版物): The Merck Index 14th ed、The Combined Chemical Dictionary 2004 (简称 CCD2004) <http://www.chemnetbase.com/scripts/ccdweb.exe> (CCD on the Web)、ChemDAT2005 (the Merck Chemical Database) 等

(c) 有机物光谱数据库 (Spectral Database for Organic Compounds) (http://www.aist.go.jp/RIODB/SDBS/cgi-bin/cre_index.cgi) (免费)

② 中文期刊 (全文) 数据库 (含简单检索工具)

(a) 维普中文期刊数据库 (校内网络开通)

(b) 中国知网 (CNKI) 中文期刊全文数据库 (校内网络开通)

③ 专利文献数据库 (含简单专利检索工具)

(a) 中文专利数据库 <http://www.sipo.gov.cn/sipo/zljs/default.htm> (全文免费)

(b) 欧洲专利局专利文献库 <http://ep.espacenet.com/> (全文免费)

(c) Download U.S. patents (in PDF) (<http://www.pat2pdf.org/>) (A FREE patent search tool) (全文免费)

④ 外文数据库检索

(a) 美国化学文摘 (Scifinder) (校内网络开通);

(b) Web of Science (<http://apps.webofknowledge.com>)。

文献检索要求:

① 检索到的大部分相关文献要求做文摘记录 (也允许做成电子文档);

②部分具有重要参考价值的文献要求索取并阅读原文全文，并做摘要，以上文摘记录和原文阅读摘要是撰写文献报告的基础材料，也是评定文献部分工作成绩的依据之一。

2.2. 文献总结并提出初步的实验方案（第二阶段）——2 课时（与指导教师讨论定稿）

(1) 撰写文献报告（或文献综述）：文献报告要对丙戊酸（及钠盐）的理化性质及主要用途作一个概括性的介绍，主要对查得的关于丙戊酸（及钠盐）合成（或制备）的相关文献方法进行分析、比较和评价。要求字数 2000 以上，并直引参考文献。

(2) 设计或优选适当的制备方法，并制定详细的合成实验操作方案。

3.3. 实验方案讨论及实施（第三阶段）——13 课时（采购及完成实验）

向实验指导教师递交文献分析报告及初步实验操作方案，与指导教师讨论并确定选择的制备方法（或自己设计的合成方法），进一步完善具体的实验操作步骤及注意事项，然后认真实施实验方案并完成制备目的物、获得合格产品（质和量）的任务。

注：与指导教师讨论选定实验方案时，需要关注相关试剂的采办及仪器设备的许可等条件，必须是经综合评价为切实可行的方案。

4. 实验结果的总结与评价（第四阶段）——1 课时（汇报及教师讲评）

撰写实验报告，并对自己的制备实验过程及结果作出全面的总结评价。实验指导教师根据学生整个实验过程的情况及实验结果给予评定成绩。具体评分标准：

序号	评分项目	比例
1	文献检索及文献报告（含检索记录）	30%
2	实验方案及实验操作（含实验记录）	40%
3	实验结果及实验报告（含产品鉴定结果）	30%
4	合计	100%

5. 完成本实验后，需要提交以下的文件和实物

- (1) 文献报告修改稿及检索记录
- (2) 实验方案
- (3) 实验记录
- (4) 产品鉴定（结构鉴定和含量鉴定）
- (5) 实验总结报告
- (6) 最终产品（实物）

3. 教学方法：文献查阅与实验相结合

4. 学习资料：本课程是文献查阅与实验相结合的课程，故学生需自行进行资料查阅（推荐查阅软件：Scifinder, reaxys, web of knowledge 等）

5. 思考题：无

实验四 设计实验：(1R, 2S)-1-氨基-2-茛醇的合成

1. 教学要求：本实验属设计性实验，按给定实验目的、要求和实验条件，由实验者自己设计实验方案并加以实现。

通过做本实验使学生对药物合成的理论、实验技能、实验方法以及具体应用得到一定的了解

与掌握，培养学生在文献检索与应用及药物合成方面的基本素质和能力。

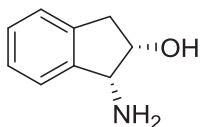
2. 主要内容

(1) 文献检索（第一阶段）——课外完成

查阅抗艾滋病药物茚地那韦（Indinavir）关键中间体（1*R*,2*S*）-1-氨基-2-茚醇的理化性质、主要用途、各种制备方法以及涉及的原料、中间产物的文献资料。

推荐检索项目或检索词：

- ① 分子式：C₉H₁₁NO
- ② 结构式：



③ 化学名称：

中文名：（1*R*,2*S*）-1-氨基-2-茚醇

英文名：（1*R*,2*S*）-1-Amino-2-indanol

CA Name: ? （请自己查）

④ 通用名称：

⑤ CAS 号：72509-76-3

⑥ 其他检索词（制备/preparation、合成/synthesis、各种合成中间体及商品名等）等。

推荐检索工具或检索途径：

① 基本物性参数和基本文献

(a) 网上免费数据库：<http://chemfinder.cambridgesoft.com/>

(b) 大型工具书（及电子出版物）：The Merck Index 14th ed、The Combined Chemical Dictionary 2004（简称 CCD2004）<http://www.chemnetbase.com/scripts/ccdweb.exe>（CCD on the Web）、ChemDAT2005（the Merck Chemical Database）等

(c) 有机物光谱数据库（Spectral Database for Organic Compounds）（http://www.aist.go.jp/RIODB/SDBS/cgi-bin/cre_index.cgi）（免费）

② 中文期刊（全文）数据库（含简单检索工具）

(a) 维普中文期刊数据库（校内网络开通）

(b) 中国知网（CNKI）中文期刊全文数据库（校内网络开通）

③ 专利文献数据库（含简单专利检索工具）

(a) 中文专利数据库 <http://www.sipo.gov.cn/sipo/zljs/default.htm>（全文免费）

(b) 欧洲专利局专利文献库 <http://ep.espacenet.com/>（全文免费）

(c) Download U.S. patents（in PDF）（<http://www.pat2pdf.org/>）（A FREE patent search tool）（全文免费）

④ 外文数据库检索

(a) 美国化学文摘（Scifinder）（校内网络开通）；

(b) Web of Science（<http://apps.webofknowledge.com>）。

文献检索要求:

- ① 检索到的大部分相关文献要求做文摘记录（也允许做成电子文档）；
- ② 部分具有重要参考价值的文献要求索取并阅读原文全文，并做摘要，以上文摘记录和原文阅读摘要是撰写文献报告的基础材料，也是评定文献部分工作成绩的依据之一。

2. 文献总结并提出初步的实验方案（第二阶段）——2 课时（与指导教师讨论定稿）

(1) 撰写文献报告（或文献综述）：文献报告要对茛地那韦和（1R,2S）-1-氨基-2-茛醇的理化性质及主要用途作一个概括性的介绍，主要对查得的关于（1R,2S）-1-氨基-2-茛醇合成（或制备）的相关文献方法进行分析、比较和评价。要求字数 2000 以上，并直引参考文献。

(2) 设计或优选适当的制备方法，并制定详细的试剂清单和合成实验操作方案。

3. 实验方案讨论及实施（第三阶段）——13 课时（采购及完成实验）

向实验指导教师递交文献分析报告及初步实验操作方案，与指导教师讨论并确定选择的制备方法（或自己设计的合成方法），进一步完善具体的实验操作步骤及注意事项，然后认真实施实验方案并完成制备目的物、获得合格产品（质和量）的任务。

注：与指导教师讨论选定实验方案时，需要关注相关试剂的采办及仪器设备的许可等条件，必须是经综合评价为切实可行的方案。

4. 实验结果的总结与评价（第四阶段）——1 课时（汇报及教师讲评）

撰写实验报告，并对自己的制备实验过程及结果作出全面的总结评价。实验指导教师根据学生整个实验过程的情况及实验结果给予评定成绩。具体评分标准：

序号	评分项目	比例
1	文献检索及文献报告（含检索记录）	30%
2	实验方案及实验操作（含实验记录）	40%
3	实验结果及实验报告（含产品鉴定结果）	30%
4	合计	100%

5. 完成本实验后，需要提交以下的文件和实物

- (1) 文献报告修改稿及检索记录
- (2) 实验方案
- (3) 实验记录
- (4) 产品鉴定（结构鉴定和含量鉴定）
- (5) 实验总结报告
- (6) 最终产品（实物）

3. 教学方法：文献查阅与实验相结合

4. 学习资料：本课程是文献查阅与实验相结合的课程，故学生需自行进行资料查阅（推荐查阅软件：Scifinder, reaxys, web of knowledge 等）

5. 思考题：无