



iCourse · 教材
高等农林院校基础课程系列



自主创新
方法先行

有机化学实验



10111010110

主编 侯士聪

01011010101010101

010110101010101011

高等教育出版社




iCourse · 教材
高等农林院校基础课程系列



自主创新
方法先行

有机化学实验



主 编 侯士聪
副主编 董燕红 边庆花 赵华绒 陈红艳
参 编 肖玉梅 马晓东 张志霞 袁德凯
李 莉 张振华 李佳奇 吴艳华

高等教育出版社·北京

内容简介

本书是在原普通高等教育“十一五”国家级规划教材《基础有机化学实验》(侯士聪主编)的基础上,结合近年来的教学经验,并借鉴国内外优秀教材,重新编写的有机化学实验教材。内容分层次模块化,按呈现顺序由基础知识到综合及设计性实验,依次包括:有机化学实验的基础知识、有机化学实验的基本操作、有机化合物的基本化学鉴定、有机化合物的基本制备、综合性有机化学实验、设计性及研究性有机化学实验。实验规模主要采用小量或微型,并注重实验的绿色化和操作的安全性。选取的实验内容大多与生产和生活密切相关。本书加强对实验文献的介绍,以帮助学生检索和利用文献。

本书是侯士聪、徐雅琴主编《有机化学》的配套教材,可作为高等农林院校生物类及其相关专业本科生开设的有机化学实验教学参考书,以及进行开放性实验的主要参考书,亦可供相关专业人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

有机化学实验 / 侯士聪主编. -- 北京: 高等教育出版社, 2016. 9

iCourse · 教材

ISBN 978-7-04-046402-3

I. ①有… II. ①侯… III. ①有机化学—化学实验—高等学校—教材 IV. ①O62-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 206114 号

Youji Huaxue Shiyān

项目策划 王 瑜 李光跃 陈琪琳 李艳馥 吴雪梅

策划编辑 郭新华 责任编辑 沈晚晴 封面设计 张 楠 版式设计 童 丹

插图绘制 杜晓丹 责任校对 陈 杨 责任印制 朱学忠

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市西城区德外大街 4 号

邮政编码 100120

印 刷 高教社(天津)印务有限公司

开 本 850mm×1168mm 1/16

印 张 19.25

字 数 420 千字

购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

<http://www.hep.com.cn>

网上订购 <http://www.hepmall.com.cn>

<http://www.hepmall.com>

<http://www.hepmall.cn>

版 次 2016 年 9 月第 1 版

印 次 2016 年 9 月第 1 次印刷

定 价 32.40 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物料号 46402-00

iCourse · 数字课程 (基础版)

有机化学实验

主编 侯士聪

<http://abook.hep.com.cn/1248046>

登录方法:

1. 访问 <http://abook.hep.com.cn>, 点击“注册”。在注册页面输入用户名、密码及常用的邮箱进行注册。已注册的用户直接输入用户名和密码登录即可进入“我的课程”界面。
2. 课程绑定: 登录后点击右上方“绑定课程”图标, 正确输入教材封底标签上的明码和密码, 点击“确定”完成课程充值。
3. 在“我的课程”列表中选择已绑定的数字课程, 点击“进入课程”即可开始课程学习。

账号自登录之日起一年内有效, 过期作废。

使用本账号如有任何问题, 请发邮件至:

eCourse@hep.com.cn。

iCourse · 教材
高等农林院校基础课程系列

自主创新
方法先行

有机化学实验

主编 侯士聪

用户名

密码

验证码

7026

进入课程

注册

内容介绍

纸质教材

版权信息

联系方式

“有机化学实验”数字课程与纸质教材一体化设计, 紧密配合。数字课程涵盖课程介绍、实验录像等板块。充分运用多种形式媒体资源, 极大地丰富了知识的呈现形式, 拓展了教材内容。在提升课程教学效果同时, 为学生学习提供思维与探索的空间。



扫描下载移动版

注册

登录

绑定课程

高等教育出版社

出版说明

“十二五”是继续深化高等教育教学改革、走以提高质量为核心的内涵式发展道路和农林教育综合改革深入推进的关键时期。教育教学改革的核心是课程建设,课程建设水平对教学质量和人才培养质量具有重要影响。2011年10月12日教育部发布了《教育部关于国家精品开放课程建设的实施意见》(教高[2011]8号),开启了信息技术和网络技术条件下校、省、国家三级精品开放课程建设的序幕。作为国家精品开放课程展示、运行和管理平台的“爱课程(iCourse)”网站也逐渐为高校师生和社会公众认知和使用。截至目前,已启动2911门精品资源共享课和696门精品视频公开课的立项建设,其中的1000多门精品资源共享课和600多门精品视频公开课已经在“爱课程(iCourse)”网站上线。

高等教育出版社承担着“‘十二五’本科教学工程”中国家精品开放课程建设的组织实施和平台建设运营的重要任务,在与广大高校,特别是高等农林院校的调研和协作中,我们了解到当前高校的教与学发生了深刻变化,也真切感受到课程和教材建设所面临的挑战和机遇。如何建设支撑学生自主学习和校际共建共享的课程和新形态教材成为现实课题,结合我社2009年以来在数字课程建设上的探索和实践,我们提出了“高等农林院校基础课程精品资源共享课及系列教材”建设项目,并获批列入科技部“科学思维、科学方法在高等学校教学创新中的应用与实践”项目(项目编号:2009IM010400)。项目建设理念得到了众多农林高校的积极响应,并于2012年12月至2013年6月,分别在北京、扬州、武汉、哈尔滨、福建等地陆续召开了项目启动会议、研讨会和编写会议。2014年,项目成果“iCourse·教材:高等农林院校基础课程系列”陆续出版。

本系列教材涵盖数学、物理学、化学化工、计算机、生物学等系列基础课程,在出版形式、编写理念、内容选取和体系编排上有不少独到之处,具体体现在以下几个方面:

1. 采用“纸质教材+数字课程”的出版形式。纸质教材与丰富的数字教学资源一体化设计,纸质教材内容精炼适当,并以新颖的版式设计和内容编排,方便学生学习和使用;数字课程对纸质教材内容起到巩固、补充和拓展作用,形成以纸质教材为核心、数字教学资源配合的综合知识体系。

2. 创新教学理念,引导自主学习。通过适当的教学设计,鼓励学生拓展知识面和针对某些重要问题进行深入探讨,增强其独立获取知识的意识和能力,为满足学生自主学习和教师教学方法的创新提供支撑。

3. 强调基础课程内容与农林学科的紧密联系,始终抓住学生应用能力培养这一重要环节。教材和数字课程中精选了大量有实际应用背景的案例和习题,在概念引入和知识点讲授上也总是从实际问题出发,这不仅有助于提高学生基础课程的兴趣,也有助于加强他们的创新意识和创新能力。

4. 教材建设与资源共享课建设紧密结合。本系列教材是对各高校精品资源共享课和教学改革成果的集成和升华,通过参与院校共建共享课程资源,更可支持各级精品资源共享课的持续建设。

建设切实满足高等农林教育教学需求、反映教改成果和学科发展、纸质出版与资源共享课紧密结合

的新形态教材和优质教学资源,实现“校际联合共建,课程协同共享”是我们的宗旨和目标。将课程建设及教材出版紧密结合,采用“纸质教材+数字课程”的出版形式,是一种行之有效的方法和创新,得到了高校师生的高度认可。尽管我们在出版本系列教材的工作中力求尽善尽美,但难免存在不足和遗憾,恳请广大专家、教师和学生提出宝贵意见与建议。

高等教育出版社

2014年7月

前 言

根据教育部相关教学指导委员会制定的《高等农林院校有机化学实验课程教学基本要求》，我们在原普通高等教育“十一五”国家级规划教材《基础有机化学实验》的基础上，结合近年来的教学经验，并借鉴国内外优秀教材，重新设计课程体系，编写出版了这本新的有机化学实验教材。

有机化学实验是高等农林院校生物学、动植物生产类、生态环境、食品科学等专业本科生重要的基础课，是帮助学生探索物质世界的重要手段和方法。目前，有机化学实验教学已从辅助和验证有机理论，逐步发展为与理论学习相互促进，共同承担着培养学生学科综合素质的重任。化学实验室是实施全面化学教育最有效的场所，在这里不仅能传授知识与技能，更能训练科学思维、培养科学精神。

近十年来，我国高校有机化学实验教学发生的较大变化，主要源自于人们对化学品日趋的关注、实验条件的改善及教育理念的发展。在现有设备、仪器等条件允许的情况下，我们针对生物类相关专业有机化学实验的需求，主要采取小量化及微型化实验，多方面践行绿色化学理念，减轻实验对环境的压力。绿色化学是化学工作者的理想，但现实是在今后相当长的时间里，实验室和工业生产中，仍然会用到危险化学品。目前我们需要做的是在可能的条件下，实验设计趋向绿色化，并给学生提供机会，学习应对使用危险化学品的防护方法，以及使用后的恰当处理和合理废弃。本书实验内容选取尽量与生产和生活密切相关，力图开展具有生活和社会价值的学习实践。选择的各类有机官能团化学鉴定与理论学习相辅相成。制备实验以有机理论的关键反应为实验载体，引导学生掌握有机反应的能量规律。加强实验文献介绍，为学生从海量文献中检索和利用有用信息提供指导。从知识、技能和态度三个维度为学生提供实验室训练和思考的机会，为后续课程及未来相关的研究打下基础。

本书在实验内容的呈现上符合学生的认知规律。按照“基础训练—综合应用—发散研究”的教学思路编写。以基础知识和基本操作为着力点，进行装置选配、分离提纯和结构表征等实验基本功的模块化训练。基本有机物的制备，包括人工合成和天然产物的提取，是目标化合物单元制备的模板，学习针对有机物的制备策略，引导学生体会和总结新化合物制备的一般思路。综合性实验主要是适应社会实际问题，进行基础操作模块的综合使用、基本制备的串联设计(通过多个步骤合成有机物)，引导学生提高文献查阅、实验设计、装置选用、分离纯化、结构鉴定的等综合能力。将前面已经习得的知识与技能进行系统化、规范化，全面提高学生的专业素养。本书最后为开放性实验，包括研究性及设计性实验，给学生提供更多主动学习的机会。由学生自由探索，应对新问题，灵活使用已学知识和技能，自己设计实验方案，并付诸实践，从而增强其独立从事相关研究工作的能力。总之，培养创新型人才，鼓励学生个性发展是我们的目标。

本书既与有机化学教材相配套，也保持了有机化学实验课程自身的独立性、系统性，并兼顾与各有关化学课程及其他专业课程的衔接，可作为高等农林院校生物类及其相关专业的本科生有机化学实验教学参考书，也可供相关专业人员参考使用。

本书的编写由中国农业大学、浙江大学、北京林业大学、甘肃农业大学四所院校具有丰富教学经验

的教师共同完成,是各参编高校有机化学及实验教学团队多年教学经验的积累和总结。由侯士聪担任主编,负责全书的编写设计和最后统稿。具体分工是:第1章1.5节由李佳奇编写,1.6节由张振华编写,其余内容由侯士聪编写;第2章由赵华绒、陈红艳、张志霞、马晓东、李莉编写;第3章由袁德凯编写;第4章由边庆花、肖玉梅编写;第5章、第6章由董燕红编写;附录由吴艳华编写。

本书承蒙中国农业大学李楠教授审阅,并提出了许多宝贵的修改意见和建议,在此致以衷心的感谢。中国农业大学张曙生老师对本书的编写给予了具体的指导;中国农业大学教务处和应用化学系的老师都给予了热情支持;高等教育出版社的领导和编辑给予了极大的帮助,使本书得以顺利出版,在此一并表达深深的谢意。

由于编者水平和经验所限,书中存在不当甚至错误之处,敬请读者和专家批评指正。

编 者

2016年4月

目 录

第 1 章 有机化学实验的基础知识

1.1 有机化学实验目标	002	1.5.1 温度控制	017
1.1.1 有机化学实验发展启示	002	1.5.2 搅拌操作	020
1.1.2 有机化学实验目标	004	1.5.3 干燥操作	021
1.1.3 致《有机化学实验》读者	004	1.5.4 仪器的选择与装配	025
1.2 有机化学实验仪器	006	1.5.5 有机化学实验常用的回流装置	025
1.2.1 普通玻璃仪器	006	1.5.6 无水无氧操作	027
1.2.2 标准接口玻璃仪器	006	1.6 有机化学实验文献	030
1.2.3 玻璃仪器的洗涤、干燥和保养	009	1.6.1 简介	030
1.3 有机化学实验试剂	011	1.6.2 常用印刷版词典、手册与大全	031
1.3.1 化学试剂的规格	011	1.6.3 国外化学期刊及数据库介绍	033
1.3.2 化学危险品的分类	012	1.6.4 国内化学期刊及数据库介绍	034
1.3.3 化学危险品的保存	012	1.6.5 国内外专利数据库介绍	034
1.3.4 化学试剂的取用	013	1.6.6 网络检索数据库	035
1.3.5 化学废弃物的处置	014	1.6.7 检索指导	036
1.4 有机化学实验安全	015	1.7 有机化学实验预习、记录和实验报告	036
1.4.1 有机化学实验室安全守则	015	1.7.1 有机化学实验预习	037
1.4.2 实验事故的预防和紧急处理	016	1.7.2 有机化学实验记录	037
1.5 有机化学实验控制	017	1.7.3 有机化学实验报告	041

第 2 章 有机化学实验的基本操作

2.1 常压蒸馏	044	Steam Distillation	
Distillation		2.5 萃取	062
2.2 分馏	048	Extraction	
Fractional Distillation		2.6 过滤及重结晶	066
2.3 减压蒸馏	052	Filtration and Recrystallization	
Vacuum Distillation		2.7 升华	073
2.4 水蒸气蒸馏	058	Sublimation	

2.8 柱色谱 075 Column Chromatography	2.13 沸点的测定 101 Boiling Point Determination
2.9 薄层色谱 080 Thin Layer Chromatography	2.14 折射率的测定 104 Determination of Refractive Index
2.10 纸色谱 085 Paper Chromatography	2.15 旋光度的测定 107 Determination of Optical Rotation
2.11 气相色谱 089 Gas Chromatography	2.16 红外光谱 110 Infrared Spectroscopy
2.12 熔点的测定 095 Melting Point Determination	2.17 核磁共振 116 Nuclear Magnetic Resonance

第 3 章 有机化合物的基本化学鉴定

3.1 不饱和烃、卤代烃的性质鉴定 130	3.4 胺、氨基酸与蛋白质的性质鉴定 ... 137
3.2 醇、酚的性质鉴定 132	3.5 糖类的性质鉴定 139
3.3 醛、酮、羧酸及其衍生物的性质鉴定 ... 134	

第 4 章 有机化合物的基本制备

4.1 环己烯的制备 145 Synthesis of Cyclohexene	4.9 2-甲基-2-己醇的制备 171 Synthesis of 2-Methyl-2-hexanol
4.2 溴乙烷的制备 148 Synthesis of Bromoethane	4.10 苯甲醇和苯甲酸的制备 174 Synthesis of Benzyl Alcohol and Benzoic Acid
4.3 1-溴丁烷的制备 151 Synthesis of <i>n</i> -Butyl Bromide	4.11 (<i>E</i>)-苯亚甲基丙酮和(1 <i>E</i> , 4 <i>E</i>)-二苯亚甲基丙酮的制备 178 Synthesis of 4-Phenyl-3-butene-2-one and 1,5-Diphenyl-1,4-pentadiene-3-one
4.4 正丁醚的制备 154 Synthesis of <i>n</i> -Butyl Ether	4.12 对甲基苯磺酸钠的制备 183 Synthesis of Sodium 4-Methylbenzenesulfonate
4.5 2-叔丁基-1,4-苯二酚的制备 158 Synthesis of 2- <i>tert</i> -Butylbenzene-1,4-diol	4.13 己二酸的绿色制备 187 Green Synthesis of Adipic Acid
4.6 环己酮的制备 161 Synthesis of Cyclohexanone	4.14 乙酸乙酯的制备 190 Synthesis of Ethyl Acetate
4.7 对甲基苯乙酮的制备 164 Synthesis of <i>p</i> -Methyl Acetophenone	
4.8 1-苯乙醇的制备 168 Synthesis of 1-Phenylethanol	

4.15 乙酸异戊酯的制备	194	japonica L	
Synthesis of Isoamyl Acetate		4.21 从黄连中提取黄连素	213
4.16 对甲苯胺的制备	197	Extract Berberine from <i>Rhizoma</i>	
Synthesis of <i>p</i> -Toluidine		<i>coptidis</i>	
4.17 乙酰苯胺的制备	200	4.22 从茶叶中提取咖啡因	215
Synthesis of Acetanilide		Extraction of Caffeine from Tea	
4.18 甲基橙的制备	203	4.23 菠菜色素的提取和色谱分离	217
Synthesis of Methyl Orange		Extraction and Chromatographic	
4.19 从番茄酱中提取番茄红素	207	Separation of Phytochrom from	
Extraction of Lycopene from		Spinach	
Ketchup		4.24 牛乳中酪蛋白和乳糖的分离	221
4.20 从槐花米中提取芦丁	209	Separation and Extraction of	
Extraction of Rutin from <i>Sophora</i>		Casein and Lactose from Milk	

第 5 章 综合性有机化学实验

5.1 混合物的分离、提纯和鉴定	226	5.5.2 外消旋 α -苯乙胺的拆分	241
Separation, Purification and		Resolution of α -Phenyl	
Identification of Mixture		Ethylamine	
5.2 肉桂皮中肉桂醛的提取和鉴定	228	5.6 2-庚酮的制备	243
Extraction and Identification of		Preparation of 2-Heptone	
Cinnamaldehyde from Cinnamon Bark		5.6.1 无水乙醇和绝对乙醇的制备	
5.3 7,7-二氯双环[4.1.0]庚烷的制备		.....	243
.....	231	Preparation of Anhydrous and	
Preparation of 7, 7-dichlorobicyclo		Absolute Ethanol	
[4.1.0]heptane		5.6.2 乙酰乙酸乙酯的制备	246
5.4 2-苯基吲哚的制备	235	Preparation of Ethyl Acetoacetate	
Preparation of Methyl 2-Phenyl-		5.6.3 2-庚酮的制备	248
1H-indole		Preparation of 2-Heptone	
5.5 α -苯乙胺的制备与外消旋体的拆分		5.7 乙酰水杨酸和水杨酸甲酯的制备	
.....	238	.....	251
Preparation and Resolution of		Preparation of Acetyl Salicylic Acid	
α -Phenyl Ethylamine		and Methyl 2-Hydroxybenzoate	
5.5.1 α -苯乙胺的制备	238	5.7.1 乙酰水杨酸的制备	251
Preparation of α -Phenyl		Preparation of Acetyl Salicylic Acid	
Ethylamine		5.7.2 水杨酸甲酯的制备	253

Preparation of Methyl 2-Hydroxybenzoate	5.9 苯佐卡因(对氨基苯甲酸乙酯)的制备
5.8 2,4-二氯苯氧乙酸丁酯的制备	..... 259
Preparation of 2,4-Dichlorophenoxy Acetate	Preparation of Ethyl <i>p</i> -Aminobenzoate
	5.10 5,5-二苯基乙内酰脲的制备
	..... 263
	Preparation of Phenytoin

第 6 章 设计性及研究性有机化学实验

6.1 取代烷基苯的氧化反应研究 ——苯甲酸的制备	6.5 乙酰乙酸乙酯的互变异构研究
..... 270	..... 273
Synthesis of Benzoic Acid	Study on Tautomer of Ethyl Acetoacetate
6.2 三级氯丁烷的制备及其水解 反应速率测定	6.6 复方止痛药片成分的分离与鉴定
..... 270	..... 274
Preparation of <i>tert</i> -Butyl Chloride and Determination of Hydrolytic Rate	Isolation and Identification of Compound Analgesic Tablet
6.3 环己酮、呋喃甲醛与氨基脲的竞争反应	6.7 未知物的鉴定
..... 271	..... 275
Competing Reaction of Semicarbazide with Cyclohexanone and 2-Furaldehyde	Identification of Unknown Compound
6.4 乙酸己酯的制备实验条件的研究	6.8 茉莉醛的制备
..... 273	..... 276
Study on the Experimental Condition in Preparation of Hexyl Acetate	Preparation of Jasminaldehyde
	6.9 双氧威的制备
	..... 277
	Preparation of Fenoxycarb
	6.10 甘氨酸的合成
	..... 278
	Synthesis of Glycylglycine

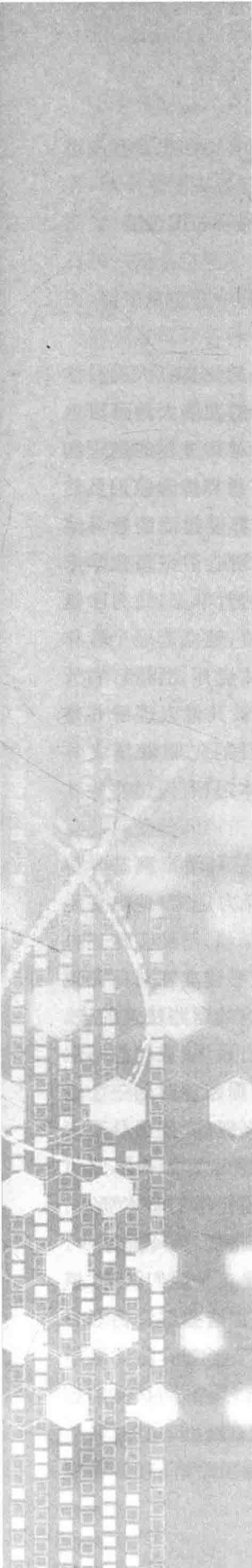
附 录

附录 1 有机化学实验常用名词术语 英汉对照表	附录 6 常用酸碱溶液的相对密度及组成
..... 280	..... 283
附录 2 常用元素的相对原子质量	附录 7 常用有机溶剂的物理常数
..... 281	..... 286
附录 3 水在不同温度下的饱和蒸气压	附录 8 常用溶剂的纯化方法
..... 281	..... 287
附录 4 部分共沸混合物的性质	附录 9 一些特殊试剂的配制
..... 282	..... 290
附录 5 常用酸碱溶液的配制	附录 10 常见危险化学品及相关知识
..... 283	..... 292

参考文献 295
------	-----------

第 1 章

有机化学实验的基础知识



1.1 有机化学实验目标

1.1.1 有机化学实验发展启示

科学技术无与伦比地改变了世界,给人类带来了舒适的生活和无尽的财富。人类科学技术的产生和发展来自于利用自然和改造自然的生产实践。实验技术的发端大约可以追溯到人们对火的利用。有了火,制陶、冶金、酿造等工作逐步开展起来;对其过程的物理和化学变化的探索和传承,使人们的生产和生活天地不断丰富。其后的炼丹和炼金家们虽然没能如愿以偿,但他们进行初级化学实验时,发明了蒸馏器、加热锅、烧杯及过滤装置等实验仪器,制造出了大量的酸、碱和盐等化学试剂,记录实验的过程中还创造了许多化学术语,为现代化学科学大厦奠定了基石。1645年,一群居住在伦敦的自然哲学家,致力于通过实验的方法来获取知识,通过对群体的假设与工作方法的分享及审查,建立起一个合作圈。这就是英国皇家学会的前身,他们自己称为“我们的无形学院”。从烧杯、酒精灯和天平工具起步,无形学院的研究者得到的方法和成果通过共享能很快被其他人理解并整合,这正是他们超越炼金术士们的主要原因。在此基础上,化学学科的先驱者波义耳(Boyle R, 1627—1691)在1661年首先提出,元素实际上是一种物质实体,只有通过实验才能被提取出来。这为接下来几个世纪诸多元素的发现创造了条件。

提出问题并且尝试阐释其中的机理,是人类最基本的特征。古希腊科学家阿基米德(Archimedes, 公元前287—前212)通过直接感觉、观察和思考验证了浮力定律,他也许是用实验验证假说的最早的科学家。17世纪英国哲学家培根(Bacon F, 1561—1626)论述科学探究的方法时指出,研究者必须客观思考,不被已有的成见左右,结论要建立在在对研究现象进行观察、实验和数据收集的基础上。然而,科学家并不总是沿着正确的道路快速前进。科学家提出的理论有时正确,有时错误。他们往往先根据实验现象,提出假说(或猜想),然后通过实验反复验证和评价,假说才可能成为理论。“燃素说”是化学蹒跚起步时的一个错误,但也可以看作是学科前行中的一块垫脚石。1703年,为了解释燃烧现象,德国科学家斯塔耳(Stahl G E, 1660—1734)提出“燃素说”,认为“燃素”包含在所有的可燃物体中,并可以从燃烧的物体中快速逸出。在此之后,“燃素说”被广泛接受,并成为了化学的基本要义。但是,其后的实验逐渐暴露出许多问题,如金属在氧化过程中,质量总是增加,而不是减少。为了能用“燃素说”解释这些现象,学说的卫道士们又进行了多种理论修正。他们认为“燃素”和磁性、热和光一样,都是没有质量的,有的甚至认为有负质量。尽管这些解释仍然令人费解,但那时大多数化学家还是继续相信“燃素说”。在1772年至1774年间,法国科学家拉瓦锡(Lavoisier A, 1743—1794)进行了一系列实验,演示在受控条件下不同物质的燃烧。他在密闭容器里燃烧金刚石、锡和铅。当这些物质加热时,正如人们已经知道的那样,得到产物“生石灰”或者“金属灰”,其质量要超过原来的金属。但是称量整个容器时,其中

包括容器里的所有东西——空气、金属、生石灰和容器本身,他发现质量没有变化。这就表明,整个系统中必定有某一部分损失了质量,这一部分也许就是空气。如果空气确实有所损失,在密闭的容器里就会产生部分真空。果然,当他打开容器时,空气冲了进去。所以生石灰一定是空气和金属的生成物。因此可以得知,生锈和燃烧的过程并不涉及燃素的损失,而是从空气中获得了什么。“燃素说”从此灭亡了。但从客观角度看,“燃素说”能用统一的观点解释各种看起来千差万别的化学变化,引发了其后几代化学家从事系列科学实验,去研究燃烧、氧化、呼吸和光合作用。“燃素说”为科学的燃烧理论的建立准备了条件,也充分地体现出科学的自纠正特征。在研究燃烧实验的正常观察和数据分析的基础上,提出“燃素说”来解释氧化和燃烧。出现铁生锈质量增加等反常现象时,不断修正“燃素说”。拉瓦锡的燃烧实验,以新的实验事实和数据推翻“燃素说”,实现了科学的范式转化和突破。物质是由元素组成的得到公认后,接着的问题是:元素又是由什么组成的? 1803年,英国科学家道尔顿(Dalton J, 1766—1844)以拉瓦锡等人的研究为基础,创立了原子学说,很好地回答了这一问题。1811年,意大利科学家阿伏加德罗(Avogadro A, 1776—1856)补充和发展了原子论,创立了分子学说。科学的自我纠错特性,使其成为人类理解自然机制最为严谨、最为有效的手段。这种批判性思维也正是科学工作的关键要素。英国科学家布莱克(Black J, 1728—1799)说:“化学和其他所有学科一样,源于聪明人对于日常生活不同技能中大量事实的反思。”在大量实验事实的基础上,进行思考、归纳和推理,并不断进行自我纠正,这就是科学技术前进的足迹。对学习者的而言,最重要的是从他人的错误中吸取教训,学会如何检验和纠正,如何简化和利用这些理论。

在高等农林院校生物类及其相关专业的教学体系中,有机化学与有机化学实验是两门独立的基础课。有机化学形成于实验技术,即仪器、方法、过程和解释,是在大量实验经验的基础上概括、总结出来的系统规律,并在不断接受实验检验的过程中得到完善与发展。而有机化学实验是理论的原始材料来源,是从科学指导和技术经验两个方面建立和发展的。有机化学与实验技术以一种共生的方式进化着,技术是科学的应用,同时技术也引领着科学的发展。从另外一个角度看,有机化学及实验是研究微观分子世界的科学技术,是通过宏观实验手段,经过直接观察与推理,得到有机分子结构及其相关知识的信息。整个有机化学及实验的发展是由宏观的观察和测定来推断微观分子世界的过程。有机化学实验就是训练学生的观察、推理能力,即如何由实验提供的素材总结、理解系统的理论,为探索新的微观世界打下基础,从而为社会发展提供所需的有机化合物及其使用经验。

长期以来,人们一直向自然界索取天然有机物,并不断改进加工方式。随着有机化学的发展,人们制备出许多合成有机物,如药物、香料、染料、合成纤维等,满足生活的需要。在研究天然或合成有机物时,一般都需要进行提取或合成、分离纯化、结构鉴定等步骤。这些步骤的实施与有机化学实验的基本操作(如加热或冷却、搅拌、回流、萃取、重结晶、色谱法、物理常数的测定等)密切相关,大多是这些基本操作的合理、恰当利用。可以说,有机化学实验技术是制备和使用有机化合物的一种手段,可以是一种装置、一种方法或一个流程,或者是它们的组合甚至集成。实验技术的建构往往来自已有技术的组合。化学家在寻找

解决问题的方案设计过程中,把适宜的构件选择出来,组合在一起工作。将技术进行功能性分组,将其构件“模块化”可以大大简化设计过程。实验的基本操作和基本制备,就如同围棋的定式或武术的套路,作为人们实践的智慧结晶,是在长期的工作中凝固而成的最佳策略,是经过化学家精心设计,并在实际中得到验证的产物。当然,在变化无穷的实践中,完全套用模块是教条的做法,只能把它们看作是确立的一些实用原则,而将具体的应对策略留给学习者自行发挥。在武学的发展中还有招式的破解,或防止破解的补丁定式;在化学实验中可以近似地理解为实验模块的不断进化发展。当能达到“以无招胜有招”,不拘泥于“招式”的形式,灵活运用已有知识和技能应对新的挑战时,说明学习者已经进入有机化学实验的高级境界。生物体的生长过程实际上是无数有机分子的合成与分解过程,正是这些连续不断并相互依赖的化学变化构成了生命现象。生物体中的化学变化与实验室中进行的有机反应在一定程度上有其相似性。掌握有机化学实验技术与策略对于学生后续课程的学习,对于生物、药物、食品、环境、能源等科学与技术领域研究的重要性是显而易见的。

1.1.2 有机化学实验目标

1. 正确熟练地掌握有机化学实验的基础知识、基本实验技术及化合物制备方法,合理地选择实验条件和使用实验仪器。
2. 将有机化学的研究方法付诸实践。同时,通过实验直接经验的获得,为理论课间接经验的学习提供着力点和重要支撑。
3. 提高观察现象、推理思考和及时反思的能力;培养耐心、意志及相互协作的团队精神。以良好的科学研究素质,为后续课程的学习及走上社会独立工作打下坚实基础。
4. 进行具有生活价值的学习实践,以更好地应对未来生活。针对社会需求,发现问题、解决问题。树立可持续发展的绿色化学观念,为社会服务的同时,尽力降低对环境的压力。

1.1.3 致《有机化学实验》读者

人类的发明创造往往发端于对社会需求的解决或对捕捉现象的追问。新的技术可以是因应某个需求发现一个可以实现的原理,进而提供一套技术集成件或模块去执行原理。而所使用的原理和技术一般已经存在于其他设备、方法、理论或功能之中。新技术也可以是从某个新现象出发,关注其中的细节,甚至一些“异常”,通过理论推理,找到如何使用这种现象的办法。此时,技术的建构是对现象的捕捉和征服,最终以技术元件组合的形式表达出来。为解决老问题去采用新技术,新技术又引起新问题,新问题的解决又要诉诸更新的技术。技术的发展机制是组合进化。选择一些已经存在的技术,按照设想把它们与众不同地组合起来,用以解释自然现象或满足甚至引领社会需求——这就是我们所说的那个神圣的过程——创新。

知识与技能是关于世界的事实及问题解决的程序集合。通过观察、聆听和触摸等感知世界,运用自己掌握的知识和方法,对所得经验体会进行理性梳理,获得直接经验。通过书本等语言文字记载从他人那里获得的已经结构化的知识就是间接经验。直接经验为间接经验的获取提供生长点,当然这也需要耗费大量的精力,所以直接经验是关键的,也是昂贵的。而间接经验是学习者系统掌握海量人类文明成果的重要来源。通过直接经验与间接经验挂钩连接,提升并系统化自己的记忆、理解和解决问题的策略,所以间接经验是十分宝贵的。我国古代把“学习”看作是包含“学”与“习”两个独立环节的过程。“学”是指人获得直接和间接经验的认识活动,兼有思的含义;“习”是指巩固知识、技能等实践活动,兼有行的意思。学校教育的目的主要是将前人系统化的知识、技能传授给学生。但学生学习的第一要义是获取知识的方法以及过程中的思维。最关键的是如何观察和感知,如何整理得到的素材,通过思考分析、比较推导出其中的规律,也即如何以已有材料和素养为工具,为解决新问题而发明创造新的知识技能。

本书以科学技术前行足迹的关键片段回顾开头,为有机化学实验的学习提供启示。技术的发展从实践中来,技术的结论要建立在对外观现象进行观察、实验和数据收集的基础上,通过思考推理、验证提出假说,并不断进行自我纠正。其中,研究者的自由意志、研究的开放性和正反馈,对于形成学术的群体智慧,对学科的突破性进展尤为重要。

有机化学实验的学习实践环节是夯实有机化学理论理解的基础。理论上的概念、官能团、反应的理解是抽象和困难的,当这些作为自己的操作过程或自己的产品时,理解一定会更为深刻。另外,挑战、失败或成功充斥于实验操作过程、收集数据、理解实验现象和反应过程中,这种“有机化学实验的感觉”是在理论课上学不到的。这里更重要的不仅是验证和巩固理论知识,而且是实验技术使用过程与成功的关系体验。

在有机化学实验室中,我们将训练如何安全高效地转移有机物,如何操作仪器及装置,如何理解、解释实验。本书主体内容分为六个部分。首先是必须具备的有机化学实验的基础知识:实验试剂及实验仪器的安全使用,实验文献的检索和利用,实验的预习、记录和实验报告。然后是有机化学实验的基础操作。在每个实验认知循环中,建议学习者通过明确目标、刻意训练,及时反馈,形成自己的基本技术模块。有机化合物的基本化学鉴定部分,能为我们深刻理解理论规律,系统总结有机化学理论知识提供重要基础。综合性实验部分,是习得基本技术模块之后的示范应用。引领学习者如何使用基本模块,针对问题构建可能的应对方案,进而通过实验反馈,打磨完善出最佳方案。最后的设计性及研究性实验部分,为学生提供机会,自己提出解决问题的策略并付诸实践。当然,真正的发明创造一般需要很多次富有创造性的认知循环。希望这些实验能够激发学生进一步探索有机化学相关领域的兴趣,进入专业实验室进行研究,甚至成为一名化学工作者。

本书中化合物的制备,从混合物分离、结构确定、减少环境压力和花费等方面考虑,一般采取小量实验规模。产物首先测定熔点、沸点,与文献对照;进而使用红外光谱、核磁共振谱等确证。要使学习者体验一个真实的有机反应过程,训练扎实的实验素养,一定的化合物量(如5~10 g)和一定的实验时间是必要的。半微量实验需要特殊的仪器条件,一般