

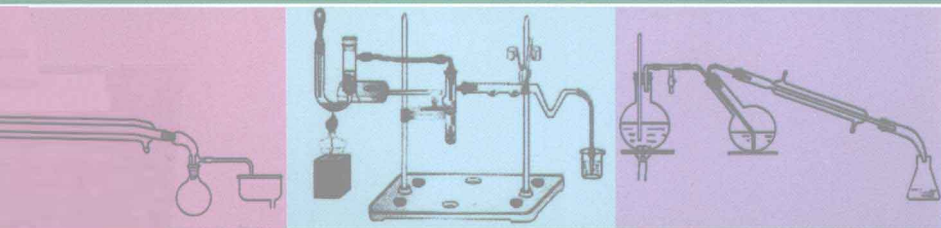
21世纪高等教育规划教材  
生物学系列

# 有机化学实验

(第二版)

YOUJI HUAXUE SHIYAN

■ 主编 范望喜



教育部直属师范大学  
华中师范大学出版社

SHENGWUXUE

# 有机化学实验

(第二版)

- 主 编：范望喜（武汉生物工程学院）  
副主编：秦中立（武汉生物工程学院）  
          李国平（湖北生物科技职业学院）  
          王志勇（咸宁职业技术学院）  
编 者：黄方一（武汉生物工程学院）  
          李蕙蕙（华中农业大学）  
          易海英（武汉电子信息职业技术学校）  
          赵秀琴（武汉生物工程学院）  
          陈 超（湖北生态工程职业技术学院）  
          李名钢（咸宁职业技术学院）

华中师范大学出版社

## 内 容 提 要

本书是《有机化学》的配套教材。本教材系统而精炼地讲解了有机化学实验基础知识、基本操作,有机化合物性质实验,有机化合物合成实验和天然有机物提取实验,规范了各类有机化学实验的实验报告格式,教材后设有附录。编者力求加强基础,突出重点,简明清晰,循序渐进,充分体现有机化学实验教与学的基本规律。

本书可作为化学、生物、环境、食品、医学、轻工业、水产、农学等专业的《有机化学实验》教程使用,也可供实验员或相关技术岗位人员参考、自学。

## 新出图证(鄂)字 10 号

### 图书在版编目(CIP)数据

有机化学实验/范望喜主编. —2 版. —武汉:华中师范大学出版社,2010. 8

ISBN 978-7-5622-4315-1

I. ①有… II. ①范… III. ①有机化学—化学实验 IV. ①O62-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 089883 号

书 名: 有机化学实验(第二版)

主 编: 范望喜◎

选题策划: 华中师范大学出版社第二编辑室 电话:027-67867362

出版发行: 华中师范大学出版社

地 址: 武汉市武昌珞喻路 152 号 邮编:430079

销售电话:027-67863426 67867076 67863040 67867371 67861549

邮购电话:027-67861321 传真:027-67863291

网址:<http://www.ccnpublish.com> 电子信箱:hschs@public.wh.hb.cn

印 刷 者: 武汉理工大印刷厂

督 印: 章光琼

责任编辑: 肖 颖 责任校对: 刘 峥

封面设计: 罗明波

开本/规格: 787mm×960mm 1/16

印张: 11 字数: 215 千字

版次/印次: 2010 年 8 月第 2 版 2010 年 8 月第 1 次印刷

印 数: 1-3 100

定 价: 19.00 元

敬告读者: 欢迎举报盗版, 请打举报电话 027-67861321。



## 前 言

进入 21 世纪,我国高等教育正在逐渐实现从精英教育向大众教育的转型。将高等教育进一步大众化、培养应用型人才已成为国家人才培养结构中的重要组成部分,也已得到社会各界的广泛支持。因此,以培养应用型人才为己任的高等学校取得了长足的发展。这类学校普遍具有的显著特点是按照新时代的要求和当地社会与经济建设的需要来培养学生,重视“产、学、研一条龙”意识,并紧密结合当地的经济状况,把为当地培养应用型人才作为学校办学的主攻方向;在教授理论与技术的同时,更注重技术、方法的教学;在教授理论与实践的同时,更注重理论指导下的实践和操作,更注意实际问题的解决。因此,他们培养出来的学生更善于解决生产中的实际问题,受到地方企事业单位的普遍欢迎。

为了满足这类高校的教学要求,达到培养应用型人才的目的,根据教育部有关重点建设项目的规定和相关的教学大纲,我们组织了多年来在这类高校中任教并具有丰富工程实验、实践经验的教师来编写这套教材。

在编写过程中,我们提倡“实用、适用、先进”的编写原则和“通俗、精炼、可操作”的编写风格,以解决多年来在教材中存在的部分知识点、实验操作技术陈旧过时且偏离实际的问题。编者力求加强基础、突出重点、突破难点,简明清晰,循序渐进,充分体现有机化学实验教与学的基本规律;力求使本书具有较高的科学性、系统性和时代性,能充分反映有机化学实验理论、技术和方法的新进展,以及有机化学实验技术在生命科学、食品科学、环境科学、医学、农业等学科中的应用与发展。

本书的编写强调以有机化学实验的基础知识为主体,以所学的有机化学理论知识满足“适用”为原则,旨在培养学生发现问题、分析问题和解决问题的能力。本书全面、系统而精炼地讲解了有机化学实验基础知识、基本操作,有机化合物性质实验,有机化合物合成实验和天然有机物提取实验等方面的内容,规范了各类有机化学实验的预习报告和实验报告格式。对具体的每个实验,又根据实验教学规律分解为实验目的、实验原理、仪器和试剂、实验内容、注释或注意事项、思考题等几部分,减轻了教与学的双重负担。教材后设有附录部分,尤其是“附录一 部分试剂手册”,较全面地介绍了常见有机试剂的理化性质及其参数、保存方法、使用范围及其注意事项,可供师生在教学中查证。

本教材全面采用法定计量单位(SI 制),但根据需要也保留了一些允许与 SI



制暂时并用的其他单位。

考虑到教材除应适应教学计划的需要外,还应对师生有一定的参考价值,因此书中所编内容较目前教学学时为多,各校可根据需要和实验条件自行取舍。

本教材由武汉生物工程学院的教师主持编写。参加编写的有范望喜(基本操作部分、有机化合物合成部分、附录部分)、秦中立(基础知识部分、有机化合物性质部分)、李国平(天然有机物提取部分)。咸宁职业技术学院的王志勇、李名钢,武汉生物工程学院的黄方一、赵秀琴,华中农业大学食品科学学院的李蕙蕙,武汉电子信息职业技术学院的易海英,湖北生态工程职业技术学院的陈超等老师参加了全书的编写及书稿整理、校对工作。全书由范望喜统稿。

在编写过程中,还得到了武汉生物工程学院化学与环境工程系主任万家亮教授、廖振环教授及许多同事的大力支持,在此一并致谢。

鉴于编者水平,书中难免存在错误及不足之处,望读者批评指正。

编 者

2010年5月于武汉



## 目 录

<b>第一部分 有机化学实验基础知识</b> .....	1
有机化学实验预习报告格式(仅供参考).....	3
<b>一、有机化学实验的基本要求</b> .....	4
1. 明确实验目的 .....	4
2. 掌握学习方法 .....	4
3. 遵守实验守则 .....	6
<b>二、有机化学实验室安全知识</b> .....	8
1. 有机化学实验室一般注意事项 .....	8
2. 有机化学实验中常见事故及其处理 .....	8
<b>三、常用仪器与装置</b> .....	12
1. 玻璃仪器 .....	12
2. 主要仪器设备 .....	15
3. 其他仪器和器具 .....	17
4. 有机化学实验的一般装置 .....	17
<b>四、仪器的清洗与干燥</b> .....	21
1. 仪器的清洗 .....	21
2. 仪器的干燥 .....	21
<b>第二部分 有机化学实验基本操作</b> .....	23
基本操作实验报告格式(仅供参考) .....	25
<b>实验一 塞子的钻孔和简单玻璃工操作</b> .....	26
<b>实验二 熔点的测定技术与温度计的校正</b> .....	31
<b>实验三 沸点的测定技术</b> .....	37
<b>实验四 简单蒸馏</b> .....	40
<b>实验五 水蒸气蒸馏</b> .....	44
<b>实验六 减压蒸馏</b> .....	48



实验七 分 馏 .....	53
实验八 萃 取 .....	56
实验九 折光率的测定 .....	61
实验十 旋光度的测定 .....	65
实验十一 升 华 .....	69
实验十二 重结晶 .....	73
实验十三 薄层色谱 .....	76
<b>第三部分 有机化合物性质实验 .....</b>	<b>79</b>
性质实验报告格式(仅供参考) .....	81
实验十四 元素定性分析 .....	82
实验十五 甲烷和烷烃的性质 .....	86
实验十六 不饱和烃的制备和性质 .....	89
实验十七 芳香烃的性质 .....	92
实验十八 醇和酚的性质 .....	94
实验十九 醛和酮的性质 .....	97
实验二十 羧酸及其衍生物的性质 .....	99
实验二十一 糖类物质的性质 .....	102
实验二十二 氨基酸和蛋白质的性质 .....	105
<b>第四部分 有机化合物合成实验 .....</b>	<b>107</b>
合成实验报告格式(仅供参考) .....	109
实验二十三 乙酸乙酯的制备 .....	110
实验二十四 无水乙醇的制备 .....	113
实验二十五 乙醚的制备 .....	115
实验二十六 甲基橙的制备 .....	118
实验二十七 乙酰水杨酸的制备 .....	120
实验二十八 十二烷基硫酸钠的合成及应用 .....	123
实验二十九 乙酰苯胺的制备 .....	125
实验三十 溴乙烷的制备 .....	127
实验三十一 环己酮的制备 .....	129
<b>第五部分 天然有机物提取实验 .....</b>	<b>131</b>
实验三十二 从茶叶中提取咖啡碱 .....	133

实验三十三 从黄连中提取黄连素.....	136
附录一 部分试剂手册.....	138
附录二 常用试剂的纯化.....	153
附录三 常用试剂的配制.....	158
附录四 “三酸两碱”的相对密度与质量百分数对照表.....	160
附录五 乙醇的相对密度与乙醇含量对照表.....	163
附录六 水的蒸气压表(1℃~100℃).....	164
参考文献.....	165





# 第一部分

## 有机化学实验基础知识

- ◆ 有机化学实验的基本要求
- ◆ 有机化学实验室安全知识
- ◆ 常用仪器与装置
- ◆ 仪器的清洗与干燥





## 有机化学实验预习报告格式(仅供参考)

### 一、实验目的

### 二、所用主要仪器的特点及适用范围

(此项目要列举本次实验所用主要仪器的结构特点和适用范围,如蒸馏实验中对热源的选择、对温度计的选择、对冷凝管的选择、对蒸馏烧瓶的选择、对尾接管的选择等。)

### 三、所用试剂的主要性质及注意事项

(此项目要列举本次实验所用试剂的物理、化学性质,如熔点与凝固点、沸点与挥发性、相对密度、折光率、闪点、可燃性、爆炸极限、毒性强弱及使用时的注意事项等。)

### 四、实验主要步骤及注意事项

(此项目要简单列举本次实验的主要步骤及每一步中的注意事项,可用箭头表示实验步骤,要求简洁易懂;要充分考虑实验中可能出现的事故及其预防方法等;还要在相应的地方留出空白记录实验现象与数据。)

### 五、预习中遇到的疑问

(此项目要将在预习中遇到的疑问、想法或建议记录下来,以便在实验前向老师请教、交流或通过实验自己来回答。)



## 一、有机化学实验的基本要求

有机化学是一门以实验为基础的科学。有机化学实验和有机化学理论一起构成了有机化学课程教学的全部内容。二者处于同等重要的地位,是相辅相成、相互促进、相互推动的。有机化学实验教学可以看作是有机化学理论知识教学的应用与检验过程,是理论知识的形象化与深化过程,因此,对每个学生来说,重视并学好有机化学实验课是非常关键的。

### 1. 明确实验目的

有机化学实验教学是有机化学教学的一个重要组成部分,实验教学对人才综合素质培养具有重要的意义。它的主要目的有:

(1) 深入了解有机化学的基本理论和概念。

(2) 进一步熟悉各类有机化合物的重要性质。

(3) 通过学生亲自动手实验,训练各种操作,可以培养学生正确地掌握化学实验的基本操作和技能技巧。

(4) 通过实验,培养学生独立思考和独立工作的能力。如独立准备和进行实验的能力;细致地观察和记录现象,归纳、综合、正确处理数据的能力;分析实验和用语言表达实验结果的能力以及一定的组织实验、研究实验的能力。

(5) 通过实验,培养学生实事求是的科学态度,准确、细致、整洁等良好的科学学习习惯以及科学的思维方法,从而使学生逐步掌握初步的科学研究的方法。

有机化学实验的任务就是要通过整个实验教学,逐步达到上述各项目的,为学生进一步学习后续化学课程和实验、培养初步的科研能力打下坚实的基础。

### 2. 掌握学习方法

要达到上述目的,不仅要有端正的学习态度,而且要有正确的学习方法。要学好有机化学实验,必须从以下几个方面入手:

(1) 实验前要做好充分的准备工作

一次成功的实验,开始于实验前的准备,没有准备就到实验室去现看现做,是不会收到很好的效果的。实验前的准备工作包括:

复习有机化学理论教材中有关本次实验的理论知识,还要预习实验教材中本次实验的目的、仪器及试剂、内容、步骤和方法等,完成本教材中“预习与思考”部分的各项要求,力求做到目的明确,相关的理论透彻,做法清楚,注意事项铭记于心。

在预习的基础上写好预习报告。预习报告不是照抄实验教材的内容,而是它



的提炼、简化,是通过自己的理解写下来的,能使自己看了以后一目了然。一般可以写在记录本上,并留适当的空白处记录实验现象和结果,以便省去在实验室做记录时要写很多字的负担。为了防止实验事故的发生,有机化学实验必须写预习报告。预习报告格式可以自定,并在实践中不断改进,但通常要求查阅相关的试剂手册(附录一为本书中部分试剂手册),了解此次实验所用试剂的相关理化性质、毒性、保存方法、使用时的注意事项等,预习报告交指导教师批阅后方可进行实验。

进入实验室后,首先明确消防设施和急救设备的摆放位置。再利用上课前的时间清查本次实验所要用到的仪器是否完整无缺、药品是否充足,否则就要及时进行更换与补充。

(2) 在实验过程中要认真操作,仔细观察,详细记录,一丝不苟,培养良好的实验习惯,实验的成败和工作效率的高低同实验者的科学习惯与操作技术水平有很大的关系。在初学者中,由于不注意这些问题而实验失败的事例很多。为此,在实验过程中要按照以下几点来做:

① 整齐清洁,有条不紊 有机实验室中,经常使用的是一些易燃溶剂、有毒药品、易燃易爆气体以及一些具有腐蚀性的药品。为了防止实验事故的发生,同时保证实验有条理地进行,实验者要时时刻刻注意实验室的整洁,特别是各种试剂的取用,要严格遵守操作规则,如在指定点使用试剂、随手盖好试剂瓶等。否则,乱拿乱放很容易导致实验事故以及实验的失败。

② 认真实验,细致观察,深入思考 认真实验、细致观察是掌握和积累知识的重要手段。观察实验现象要做到明察秋毫。不进行直接、细致的观察,仅仅熟记教材上的现象描述,是得不到完全的知识的。观察也是发现问题、解决问题的开始,有了问题就要深入思考,实事求是地去解决。在实验过程中,由于实验的具体环境和所加的试剂等有差别,我们所观察的现象也会有所差别,有时候还可能和教材上所讲不尽相同,这时就需要我们自己去仔细分析,找到其中的原因。

③ 实事求是,详细记录 在实验过程中,实验者除了要认真地完成每项操作、细致观察实验现象外,做好实验记录也是实验过程中的一个重要环节,只做实验而不记录是不允许的。特别要注意的是实验记录要忠于实验中所观察到的事实,如实地反映实验中所发生的现象和所得到的结果,既要避免繁琐,又要防止什么都不记录。

### (3) 做好实验后的结束工作

① 整理、清洁好仪器 实验完毕后,不管时间有多紧,都要把用过的仪器清洗干净,放回原处;用过的试剂瓶,看是否放在原来的位置,试剂瓶的盖子是否盖好;检查实验台是否收拾干净等。

② 打扫清洁,检查安全 值日生要进行最后的整理检查。擦净实验台,清扫实验室,将废液、废渣等倒入指定容器。然后检查水、电、煤气的开关是否关好,门



窗是否关好。

③ 写好实验报告 写好实验报告是对实验深化认识的过程,也是对今后撰写科研论文的初步训练。

实验报告只能在实验完毕后如实、完整地报告自己的实验情况,不能在实验前写好。实验后必须及时地将实验报告交指导教师批阅。书写实验报告应字迹端正,简明扼要,整齐清洁。实验报告的格式可以不拘一格。实验类型不同,考察学生的目的就不同,实验报告格式也就稍有不同。在教学实践中,教师应该鼓励学生创造性地自拟各种富有表现力的格式。本书各部分之前都提供了一份实验报告样本,仅供参考。

### 3. 遵守实验守则

有机化学实验中经常要用到易燃、易爆、腐蚀性和有毒的试剂,因此有机化学实验室可以说是一个很危险的地方。当这些试剂使用不当时,极易导致各种实验事故。有机化学实验室守则是人们从长期的实验室工作中归纳总结出来的,它是保证实验工作能够正常进行的一个重要前提,人人都必须遵守。

实验前必须认真预习有关实验的全部内容,并做好预习笔记。通过预习,明确实验的目的和要求、基本原理、步骤和有关的操作技术,熟悉实验所需的药品、仪器和装置及实验注意事项。

进入实验室时,应该熟悉实验室及其周围的环境,熟悉灭火器材、急救药箱的使用方法和放置地点。严格遵守实验室的安全守则和每个具体实验操作中的安全注意事项。如有意外事故发生,应立即报请指导教师处理。

必须遵守实验室的纪律和各种规章制度。在实验过程中不得大声喧哗,不擅离实验岗位、到处乱走,不要乱拿乱放,不能将实验中物品带出实验室,借用实验室的物品要自觉归还,损坏东西要如实登记,照价赔偿。

遵从指导教师和实验工作人员的指导,若有疑难问题或发生意外事故,必须立即报告教师及时处理和解决。

在实验进行的过程中,要遵从实验指导教师的指导,按照实验指导书规定的步骤、试剂的规格和用量进行实验。若要改变,须征求指导教师的同意。做规定以外的实验,应先经指导教师允许。

应自始至终保持实验室的清洁。实验台上的仪器、试剂瓶应整齐地放在一定的位置上,废纸、火柴梗、碎玻璃等应放入垃圾箱,酸性废液应倒入废液缸,切勿倒入水槽,以防止堵塞或锈蚀下水管道。碱性废液倒入水槽后应及时用水冲洗。可回收试剂倒入指定容器。

公用的仪器、药品和工具,应在指定的地点使用,使用后应立即归还原处并保持其整洁。节约水、电、煤气和药品。严格控制药品的用量和规格。



实验完毕后,要及时做好实验后的处理工作,将实验记录交给指导教师检查,待指导教师签字认可后方可离开。

每次实验后,必须及时地、认真地写出实验报告交指导教师批阅。

轮流值日,值日生负责整理公用仪器,打扫卫生,清理废物,并协助指导教师检查和关好水、电、煤气以及门窗。



## 二、有机化学实验室安全知识

有机化学实验中,经常使用一些易燃、易爆、腐蚀性和有毒的药品,这些药品使用不当就会导致各种实验事故。发生事故后不仅会损害个人的健康,还会危及周围的人们,并使国家的财产受到损失。因此,进行有机化学实验时必须注意实验安全。

各种事故的发生往往是由于不熟悉仪器的性能、不熟悉药品的性质、未按操作规程进行实验或者思想麻痹大意等所引起的。只要实验前充分预习,实验中认真操作,加强安全措施,实验后认真检查,事故是可以避免的。为了防止事故发生,就要重视实验室的安全,熟悉实验室一般的安全知识,同时还应该学会一些救护措施。一旦发生了意外事故,可以及时处理。

### 1. 有机化学实验室一般注意事项

(1) 实验开始前,应按照要求认真地进行实验预习,写好预习报告,交指导教师检查。经老师同意后方可按时进入实验室。认真听老师讲解实验,思考、回答问题。预习中出现的疑难问题要及时提出向老师请教。仔细检查仪器是否完整无损、是否齐全,装置是否正确稳妥,如有问题及时向老师报告。

(2) 实验中必须做到熟悉药品和仪器的性能及装配要点。弄清实验室内水、电、煤气的管线开关和各种灭火器材、急救箱的放置地点。

(3) 实验进行时,不得离开岗位,要仔细观察,认真思考,如实记录实验情况,经常注意实验反应的情况和有无漏气、碎裂等。

(4) 当进行有可能发生危险的实验时,更应该提高安全意识,根据实际情况,采取必要的防护措施,如使用防护眼镜、面罩、手套等。使用易燃、易爆药品时要远离火源。

(5) 实验进行中,各种药品不得散失或丢弃,该回收的一定要回收,反应中所产生的有害气体必须按规定进行处理,以免污染环境。绝对不允许随意混合各种化学药品,以免发生意外事故。

(6) 严禁在实验室内吸烟、饮食。

(7) 正确地使用玻璃管、玻璃棒和温度计等。损坏仪器要及时告诉老师,并及时进行处理,尤其是水银温度计等。

(8) 熟练使用各种安全用具(例如灭火器等)及有关材料。

### 2. 有机化学实验中常见事故及其处理

(1) 火灾





有机化学实验室中使用的溶剂大多数是具有挥发性且易燃的,同时在进行有机化学实验的过程中又不可避免使用酒精灯、煤气灯、电炉等加热设备。因此,着火是有机化学实验室中常见的事故之一。预防着火要注意以下几点:

① 勿用烧杯或其他敞口容器盛装易燃物直接加热,应该根据实验要求及易燃物的特点选择热源,注意远离明火。

② 回流或蒸馏操作过程中,要放数粒沸石或素烧瓷瓦片或一端封口的毛细管,以防止液体暴沸,冲出瓶外被火点燃。蒸馏易燃有机物时,装置不能漏气,如发现漏气,要及时停止加热,检查原因,解决问题后方可继续。加热时宜慢不宜快。严禁直接加热。

③ 防止煤气管、阀漏气,尽量防止或减少易燃气体外逸,倾倒时要关掉火源,并且注意室内的通风,及时排出室内的有机物蒸气。

④ 易燃及易挥发物,不得倒入废液缸内。量大的要专门回收处理,量少的可倒入水槽用水冲走(与水有猛烈反应者除外,例如金属钠残渣要用乙醇销毁)。

⑤ 大量易燃物不准存放在实验室。

⑥ 在处理大量可燃液体时,应在通风橱中或在指定地方进行,室内应无火源。

实验室如果发生了火灾,千万不可惊慌失措,应该沉着、镇静、及时地进行处理,以防事故的扩大。首先,立即熄灭附近所有火源,切断电源,移开未着火的易燃物,然后根据易燃物的性质和火势的大小设法灭火。小火可用湿布、黄沙盖熄,绝对不能用水浇;火势较大时,可采用灭火器。

实验室中常用的灭火剂有二氧化碳、四氯化碳和泡沫灭火剂等。干沙和石棉布也是实验室中常用的一种经济型灭火材料。

有机化学实验室灭火时应该注意:

① 一般不可用水灭火,因为有机物都比水轻,会浮在水面上继续燃烧并随水的流动迅速扩散。地面或桌面着火,如火势不大,可用淋湿的抹布盖灭;若反应瓶内的有机物着火,可用石棉板盖住瓶口,火即熄灭;身上着火时,切勿在实验室内乱跑,应就近卧倒,用石棉布等把着火部位包起来,或在地上滚动以灭火焰。

② 金属钠、钾造成的着火事故不可用灭火器扑灭,更不能用水,只能用干沙或石棉布盖熄。

③ 不管用哪一种灭火器都是从火的周围开始向中心扑灭。

## (2) 爆炸

爆炸也是有机化学实验中常见的实验事故。以下简单介绍常见爆炸的发生原因和预防方法。

① 常压操作时,在封闭系统内进行放热反应或加热液体时容易发生爆炸。所以在反应进行时,必须经常检查仪器装置的各部分有无堵塞现象。

② 减压蒸馏时,若使用一些机械强度不大的仪器(如锥形瓶、平底烧瓶、