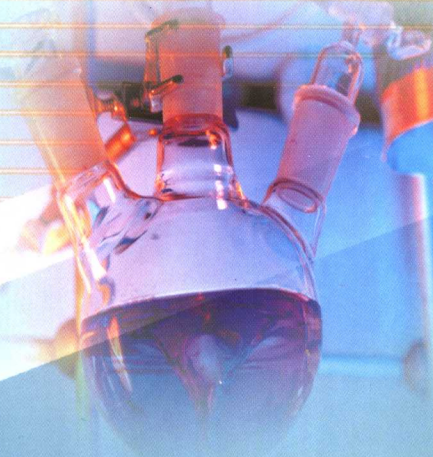




普通高等教育“十一五”国家级规划教材

基础有机化学实验

侯士聪 主编



中国农业大学出版社

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

中国农业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

基础有机化学实验/侯士聪主编. —北京:中国农业大学出版社,2006.9
(普通高等教育“十一五”国家级规划教材)

ISBN 7-81117-066-3

I. 基… II. 侯… III. 有机化学-化学实验 IV. 062-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 088986 号

书 名 基础有机化学实验

作 者 侯士聪 主编

策划编辑 张秀环

责任编辑 田树君

封面设计 郑 川

责任校对 王晓凤 陈 莹

出版发行 中国农业大学出版社

社 址 北京市海淀区圆明园西路 2 号

邮政编码 100094

电 话 发行部 010-62731190,2620

读者服务部 010-62732336

编辑部 010-62732617,2618

出版部 010-62733440

网 址 <http://www.cau.edu.cn/caup>

e-mail [cbsszs @ cau.edu.cn](mailto:cbsszs@cau.edu.cn)

经 销 新华书店

印 刷 北京鑫丰华彩印有限公司

版 次 2006 年 9 月第 1 版 2006 年 9 月第 1 次印刷

规 格 787×980 16 开本 15.75 印张 286 千字

印 数 1~4 000

定 价 19.00 元

图书如有质量问题本社发行部负责调换

主 编 侯士聪

副主编 董燕红

参 编 张曙生 金淑惠 肖玉梅 边庆花 赵华绒
刘吉平 吴艳华 牛草原

主 审 李 楠

内 容 简 介

本教材是普通高等教育“十一五”国家级规划教材。全书共分 8 章,内容主要包括:有机化学实验的基本知识、有机化合物的分离纯化技术、物理性质和分子结构测定、定性鉴定、基本合成、天然有机物的提取及分离、综合性实验、设计性及研究性实验和附录。教材内容分层次模块化,如基本实验模块、综合与应用实验模块、设计实验模块。实验进一步小量或微型化、绿色化,并注重实验的安全问题。增加有机化学实验常用名词术语及实验题目中英对照等内容,便于学生检索和利用。

本书是基础有机化学的配套教材,可作为高等农林院校非化学专业大学本科开设的基础有机化学实验教材,亦可作为从事有机化学实验工作人员的参考书。

前 言

“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。随着生命科学的飞速发展,相关课程内容及教材的更新对有机化学实验提出了新的挑战,要求我们重新设计课程体系,改革教学内容。因此,对现行实验教材进行全面修订,删除陈旧的内容,补充有创新意识、实用性强的实验是十分必要的。

本教材是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,作为高等农林院校生命科学相关专业的教学参考书,供非化学专业大学本科开设的基础有机化学实验使用。适用于70学时以内的实验教学要求。

本实验教材是在李楠等主编的《基础有机化学实验》教材的基础上,结合编者多年教学经验和参考国内外有关教材内容修订而成的。特别是最近几年的实验教学,我们积极推广实验的绿色化,开展综合性实验、科研性实验,力图为生命科学相关专业培养复合型人才,为后续生物化学、食品化学等课程的学习打下良好基础。我们根据教育部关于高等农林院校有机化学实验课教学基本要求以及学生所学专业的需要,精心选择实验内容。与前一版相比,增加了一些新的反应类型;实验微型化、绿色化的理念得到进一步体现。丰富了天然产物中有效成分的提取等实验。教材注重学生的实验基本技能训练,并在有机化合物的合成、分离提纯、分析鉴定中运用这些基本技能。结合本专业教学特点,提供选做实验、设计实验,引导学生发散性思维,学会举一反三,从而增强其独立从事相关工作的能力。总之,我们的培养目标是“创新型人才”,鼓励学生“个性”发展。

本书共分8章:第1章,有机化学实验的基本知识,增加了绿色化学简介和化学试剂与化学危险品相关知识、半微量有机实验的仪器装置;对有机化学实验相关文献进行精要概括,并列出一一些有用的化学网站以方便读者检索和利用。第2章,有机化合物的分离纯化技术。第3章,有机化合物的物理性质和分子结构测定,增加波谱分析的内容。第4章,有机化合物的定性鉴定,增加了原理说明,充实了实验内容。第5章,有机化合物的基本合成,保留了典型的有机物制备,增加了预习提示、安全提示,标准红外光谱图和核磁共振氢谱图,有的还列出了其他制备方法和参考文献。第6章,天然有机物的提取及分离,增加了牛奶中酪蛋白和乳糖的分离等三个实验。第7章,综合性实验,通过2-庚酮的制备、混合物的分离提纯和鉴

定等实验,有利于学生对有机化学实验的整体认识和把握。第8章,设计性及研究性实验,为学生探究式学习提供了有效的舞台,有利于学生分析、解决实际问题 and 创新精神的培养,也适当照顾学生个性的发展。附录增减了有机化学实验常用名词术语英汉对照表,常见危险化学品及相关知识,补充了主要基团的红外特征吸收峰、一些常见特征质子的化学位移等数据。

教材的主要特色如下:

1. 教材内容分层次模块化。基本实验模块约占3/4(基本操作、性质实验、基本合成、天然物提取),综合与应用实验模块、设计实验模块约占1/4。对于重要的基本操作单独安排训练,并在后续实验中加以运用和巩固。综合、设计性实验在基本实验模块后,学生可根据自己的能力和爱好进一步选做。

2. 实验小量化、微型化、绿色化。实验根据不同类型、反应难易、步骤多少等,分别采用微型化、半微型化或小量化,合理定位,可达到较好的实验效果。小量化和微型化实验的进行将大大地减少实验“三废”。增加催化剂的绿色化等实验(如己二酸的绿色合成),不仅具有较高的转化率,而且反应速度快;通过实验也使学生牢固树立起绿色化学和环境保护的意识。

3. 有机制备实验完整化、系列化。以一些制备实验为主干线,将化合物的制备—分离提纯—纯度测定—结构性质与表征串联起来,使学生得到有机化合物制备的完整知识。多个合成系列化后,第一个合成反应的产物是后续合成反应的原料,产物可被有效地利用,减少了废弃的化学药品。由于每一步产品的产率及纯度都关系到下一步实验能否正常进行,学生必须仔细地对待每一步操作。

4. 增加双语教学的基础内容。实验题目、仪器装置、化合物关键词中英文名称对照,便于学生检索和进一步学习与利用。

5. 既具有有机化学实验课自身的独立性、系统性,也照顾与各有关化学课程及其他专业课程的衔接。本教材可作基础有机化学的配套教材,也可供相关专业人员参考。

本实验教材是我们教研室团队十多年教学经验的积累和总结。由侯士聪任主编,董燕红任副主编。侯士聪负责全书的统稿。教研室李楠教授担任主审,对编写质量的提高起到了很大的推动作用。教研室多位长期从事有机化学实验教学的老师参加了本教材的编写工作。第1章中1.7由边庆花编写,其余由董燕红编写;第2章中2.5~2.12由肖玉梅编写,其余由侯士聪编写;第3章中3.5~3.6由侯士聪编写,其余由肖玉梅编写;第4章由刘吉平编写;第5章由边庆花编写;第6章由金淑惠编写;第7章、第8章由董燕红编写;附录由吴艳华编写。北京农学院基础

科学系赵建庄老师、中国农业大学张曙生老师、浙江大学理学院赵华绒老师、河南农业大学理学院牛草原老师对本书的编写给予了具体的指导。教材的编写还得到了中国农业大学教务处、理学院、中国农业大学出版社的领导和老师的大力支持和帮助,在此一并致以衷心的感谢!

由于编者水平和经验所限,书中难免存在不当甚至错误之处,敬请有关专家和读者批评指正。

编 者

2006年6月

目 录

第 1 章 有机化学实验的基本知识	(1)
1.1 有机化学实验的重要性和目的	(1)
1.2 绿色化学(Green Chemistry)简介	(2)
1.3 化学试剂与化学危险品	(5)
1.4 有机化学实验室规则与安全知识	(6)
1.5 有机化学实验常用的仪器装置	(9)
1.6 有机化学实验常用的设备	(21)
1.7 实验预习、记录和实验报告	(24)
1.8 有机化学实验文献	(29)
第 2 章 有机化合物的分离纯化技术	(37)
2.1 常压蒸馏	(37)
2.2 分馏	(40)
2.3 减压蒸馏	(44)
2.4 水蒸气蒸馏	(48)
2.5 萃取	(51)
2.6 干燥和干燥剂的使用	(55)
2.7 过滤	(59)
2.8 重结晶	(62)
2.9 升华	(67)
2.10 柱色谱	(68)
2.11 纸色谱	(73)
2.12 薄层色谱	(75)
2.13 气相色谱	(79)
第 3 章 有机化合物的物理性质和分子结构测定	(85)
3.1 熔点的测定和温度计的校正	(85)
3.2 沸点的测定	(89)
3.3 液体化合物折射率的测定	(91)
3.4 旋光度的测定	(94)
3.5 红外光谱	(97)

3.6	核磁共振	(100)
第4章	有机化合物的定性鉴定	(105)
4.1	不饱和烃、卤代烃的性质鉴定	(105)
4.2	醇、酚的性质鉴定	(107)
4.3	醛、酮、羧酸及其衍生物的性质鉴定	(109)
4.4	胺、氨基酸与蛋白质的性质鉴定	(112)
4.5	糖的性质鉴定	(114)
第5章	有机化合物的基本合成	(117)
5.1	环己烯的制备	(117)
5.2	溴乙烷的制备	(120)
5.3	1-溴丁烷的制备	(124)
5.4	正丁醚的制备	(127)
5.5	对甲基苯乙酮的制备	(131)
5.6	2-甲基-2-己醇的制备	(134)
5.7	1-苯乙醇的制备	(138)
5.8	苄叉丙酮和二苄叉丙酮的制备	(141)
5.9	苯甲醇和苯甲酸的制备	(146)
5.10	安息香的辅酶合成	(150)
5.11	己二酸的绿色合成	(155)
5.12	乙酸乙酯的制备	(158)
5.13	乙酸异戊酯的制备	(161)
5.14	乙酰苯胺的制备	(164)
5.15	甲基橙的制备	(167)
第6章	天然有机物的提取及分离	(172)
6.1	从茶叶中提取咖啡因	(172)
6.2	从黄连中提取小檗碱	(177)
6.3	牛乳中酪蛋白和乳糖的分离	(180)
6.4	槐花米中芦丁的提取和鉴定	(183)
6.5	菠菜色素的提取和色谱分离	(187)
第7章	综合性实验	(192)
7.1	有机化合物的分离、提纯与鉴定	(192)
7.2	有机制备实验反应的控制	(194)
7.3	7,7-二氯双环[4.1.0]庚烷的制备	(197)

7.4	2-庚酮	(199)
7.5	乙酰水杨酸和水杨酸甲酯	(207)
第8章	设计性及研究性实验	(213)
8.1	混合物的分离与鉴定	(213)
8.2	有机化学反应的研究方法	(215)
8.3	甘氨酸和甘氨酸的合成	(217)
8.4	α -苯乙胺的制备与外消旋体的拆分	(218)
8.5	有机化学实验条件的研究	(219)
附录	(222)
附录 1	有机化学实验常用名词术语英汉对照表	(222)
附录 2	常用元素的相对原子质量	(223)
附录 3	水在不同温度下的饱和蒸汽压	(224)
附录 4	常用有机溶剂的熔沸点及相对密度	(224)
附录 5	部分共沸混合物的性质	(225)
附录 6	常用酸碱溶液的配制	(226)
附录 7	常用酸碱溶液的相对密度及百分组成	(227)
附录 8	一些特殊试剂的配制	(229)
附录 9	常用溶剂的纯化方法	(231)
附录 10	常见危险化学品及相关知识	(234)
附录 11	红外光谱中的一些特征吸收频率	(237)
附录 12	一些常见特征质子的化学位移	(237)
参考文献	(238)

第1章 有机化学实验的基本知识

1.1 有机化学实验的重要性和目的

1.1.1 有机化学实验的重要性

有机化学实验是有机化学理论的基础与实践;有机化学理论是在大量实验的基础上概括、总结出来的系统规律,并接受实验的检验而得到逐步的完善与发展。

长期以来,人类一直向自然界索取有用的天然有机物,并不断改进提取分离手段;随着有机化学的发展,人类可以在实验室中制备出多种多样的合成有机物,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,一般需要进行提取或合成、分离纯化、结构确定等步骤。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、蒸馏、重结晶、萃取、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。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。所以,掌握有机化学实验这门课程对于生命科学专业学生后续课程的学习,对于了解科学研究与应用的诸多方面(如材料、能源、药物、食品、环境、生命科学与技术等领域)的重要性是显而易见的。

从另一个角度看,有机化学是研究微观分子世界的科学,是通过宏观实验手段,经过直接观察与推理,得到有机分子的结构及其相关信息,从而为人类的发展提供服务。也就是说,整个有机化学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,为将来探索新的微观世界打下基础。

1.1.2 有机化学实验的目的

学习有机化学实验的目的,是使学生通过实验学习、操作、观察、思考、总结,达到以下目的:

(1)对有机化学的研究方法有初步的了解,验证和巩固理论课所学的有机化学知识,树立绿色化学的观念。

(2)正确熟练地掌握有机化学实验的基本知识与实验技术、一些经典的化合物制备方法,学会正确、合理地使用实验仪器和选择实验条件。

(3)培养严谨的科学态度和实事求是的工作作风,提高动手能力、观察记录及分析思考能力,培养耐心与毅力,培养同学间相互协作的意识与能力。

(4)培养理论联系实际,提高发现提出问题、分析解决问题的能力。养成良好的学习习惯,为后续课程的学习及走上社会独立工作打下良好的基础。

1.2 绿色化学(Green Chemistry)简介

化学创造了巨大的物质财富和无与伦比的现代文明,深刻地影响着人类社会的发展进程。但在造福于人类的同时,化学也对我们赖以生存的生态环境(土壤、江河湖海、大气等)造成了严重的污染和破坏。因此,只有重新检讨过去化合物的合成路线,研究新的对环境友好的反应条件和化合物,化学才能走出这种“何去何从”的困境。正是在这种情况下,20世纪90年代初化学家提出了“绿色化学”的概念。

绿色化学又称环境无害化学(environmentally benign chemistry)、环境友好化学(environmentally friendly chemistry)、清洁化学(clean chemistry)。是用化学方法消灭或减少那些对人类健康、生态环境有害的原料、催化剂、溶剂和试剂在生产过程中的使用。同时要求在生产过程中不产生有毒有害的副产物、废物和产品。绿色化学的理想在于不再使用有毒、有害的物质和不再产生和处理废物。它的核心内涵是在反应过程中,尽量减少或彻底消除使用和产生有害物质。绿色化学的着眼点是使污染消灭在生产的源头,使整个合成过程和生产工艺对环境友好,是从根本上消除污染的对策。

1.2.1 绿色化学的12条原则

Anastas R. T. 和 Waner J. C. 提出了绿色化学的12条原则,这些原则可作为开发和评估一条合成路线、一个生产过程、一个化合物是不是环境友好的指导方针:

(1)最好是防止废物的产生而不是产生废物后再来处理;

(2)设计合成方法时,应尽可能将所有的起始物质嵌并入最终产物中;

(3) 只要可能, 反应中使用和生成的物质应对人类健康和环境无毒或毒性很小;

(4) 设计的化学产品应在保持原有功效的同时, 尽量使其无毒或毒性很小;

(5) 应尽量避免使用辅助性物质(如溶剂、分离试剂等), 如果不可避免, 也应使用无毒物质;

(6) 能量消耗越少越好, 应能为环境和经济方面的考虑所接受, 最好采用在常温常压下的合成方法;

(7) 在技术和经济合理的前提下, 使用的原材料应是能再生的;

(8) 尽量避免不必要的衍生过程(如基团的保护与去保护等);

(9) 尽量使用选择性高的催化剂, 而不是靠提高反应物的配料比;

(10) 设计化学产品时, 应考虑当该物质完成其功效后, 不再滞留于环境中, 而可降解为无毒的物质;

(11) 进一步研究分析方法, 使其能实时、现场监控生产过程, 以防有害物质的形成;

(12) 一个化学过程中使用的物质或其形态, 应考虑尽量减少实验事故的潜在危险, 如气体释放、爆炸和着火等。

综合以上 12 条, 可以看出: 绿色化学提出的目标和任务不是被动地治理环境污染, 而是主动地防止化学污染的发生。这也是绿色化学与环境保护二者概念的不同之处。绿色化学是“防”, 环境保护是“治”, 只有从根本上切断污染源, 才能真正做到保护环境。

1.2.2 “原子经济”概念

“原子经济”这一术语是由斯坦福大学 Barry Trost 教授提出来的。这是一个关于有多少反应物转变成最终产物的概念。原子经济考查反应物中的原子有多少能嵌入期望的产物中, 有多少变成了废弃的副产物。最理想的原子经济当然是全部反应物的原子嵌入期望的最终产物中, 不产生任何废弃物, 这时的原子经济便是 100%。原子经济的定量表述就是原子利用率:

$$\text{原子利用率}(\%) = \frac{\text{期望产物式量} \times 100}{(\text{期望产物} + \text{废弃副产物}) \text{式量}}$$

由于反应中生成的副产物通常并不很清楚或者不易确定, 故有人提出“原子经济百分数”概念:

$$\text{原子经济}(\%) = \frac{\text{被利用的原子总式量} \times 100}{\text{使用的所有反应物的总式量}}$$

即嵌并入最终产物的所有原子的总式量除以所有反应物的总式量。例如,对于有机化学中的分子重排反应、加成反应,原子经济百分数可达100%。

1.2.3 绿色化学的活动

以美国为例,1990年美国就颁布了污染防治法案,将污染防治立为国策。所谓污染防治就是使废物不再产生、不再有废物处理的问题。该法案条文中第一次出现了“绿色化学”一词,其定义是实现最少的资源和能源消耗,并产生最少的排放量的工艺过程。绿色化学是实现防止环境污染的基础和重要工具。1995年,美国副总统戈尔宣布了国家环境技术战略。其目标为:至2020年地球日时,将废弃物减少40%~50%,每套装置消耗原材料减少20%~25%。1996年,美国设立并颁发了“总统绿色化学挑战年度奖”。该奖共分5项,即小企业奖,学术奖,设计安全化学品奖,更新合成线路奖以及改进溶剂奖和反应条件奖。表彰在绿色化学研究和开发中有重大突破和成就的个人和单位,重点奖励那些有革新性的可以用于工业中控制化学污染、减少或消除有害物质的使用和产生的方法。

以美国化学会、美国化学工程师协会等多家单位发起的第一届“绿色化学与工程会议”,于1997年6月在华盛顿国家科学院召开,主题为“2020年的应用展望”。此后每年举行的历届会议均包括绿色化学的内容。2000年6月召开的第四届会议的主题是“可持续发展的技术:由研究到工业应用”。由美国环保局Anastas P. T.等编写的《绿色化学》丛书1996年出版的第一辑副标题为“为环境设计化学”;1998年出版的第二辑副标题为“无害化学合成和工艺的前沿”。此外,Anastas等在1998年出版的《绿色化学——理论与实践》一书中,详细阐述了绿色化学的定义、原则、评估方法及发展趋势,使之成为绿色化学的经典之作。站在现代化学研究前沿的、由英国皇家化学会主办的国际性杂志《绿色化学》,于1999年1月创刊。其内容涉及清洁化工生产技术各个方面的研究成果和综述,其信息涵盖了通过化学品的应用或加工来减轻对环境影响的所有研究活动。

绿色化学从原理和方法上给传统的化学工业带来了革命性的变化。在设计新的化学工艺方法和设计新的环境友好产品两个方面,通过使用原子经济反应、无毒无害原料、催化剂和溶(助)剂等来实现化学工艺的清洁生产,通过加工、使用新的绿色化学品,使其对人身健康、社区安全和生态环境无害化。21世纪绿色化学的进步将证明我们有能力为我们生存的地球负责。随着绿色化学的发展,21世纪的化学工业将逐渐改变面貌。化学家能创造各种有用的物质,也一定能避免无用有害物质的产生。化学家手中的“剪刀”可以巧妙地“剪裁”分子,也可以“天衣无缝”

地“缝制”理想的化合物。

1.3 化学试剂与化学危险品

1.3.1 化学试剂的纯度与分类

目前,化学试剂已广泛应用于工业、农业、医疗卫生、生命科学与生物技术、环境保护、能源开发、国防军工等科研领域和国民经济发展的各个行业。一般认为“在科学实验中使用的化学药品”都可称为“化学试剂”。在我国通用的化学试剂一般分为4个纯度等级。市售化学试剂在瓶子的标签上用不同的符号和颜色标明它的纯度等级。以下是国内试剂的纯度及其适用范围。

(1) 优级纯试剂(一级试剂): 标签为绿色, 简称 GR, 用于精密分析实验, 每一批产品都受到严格的质量控制以保证一致性的分析结果。

(2) 分析纯试剂(二级试剂): 标签为红色, 简称 AR, 用于分析及测试实验。

(3) 化学纯试剂(三级试剂): 标签为蓝色, 简称 CP, 用于化学合成实验。

(4) 实验试剂(四级试剂): 标签为黄色, 简称 LR, 用于一般化学实验。

1.3.2 化学危险品的分类

凡是能发生燃烧、爆炸、中毒、灼烧等灾害的化学试剂都属于化学危险品。化学危险品具有易燃、易爆、有毒和腐蚀等特性, 如果受到摩擦、撞击、振动、热源或火源、暴晒、潮湿等外部因素的影响, 就可能引起燃烧、爆炸、中毒、灼伤等人身伤害及财产损失。化学危险品从生产到使用, 要经过许多环节, 无论哪一个环节掉以轻心, 都有可能酿成重大事故。为使其生产、运输、储存、销售和使用纳入标准化、规范化的轨道, 国家先后颁布了一系列危险品的管理办法和条例。

依据国家标准(GB 13690—1992)《常用危险化学品的标志及分类》的规定, 化学危险品分为8类: ①爆炸品; ②压缩气体和液化气体; ③易燃液体; ④易燃固体、自燃物品和遇湿易燃物品; ⑤氧化剂和有机过氧化物; ⑥毒害品; ⑦腐蚀品; ⑧放射性物品。常见危险化学品及相关知识见附录10。

1.3.3 化学试剂、化学危险品的储存

化学危险品的保存要严格遵守公安部门的使用规定。化学危险品储存(GB 15603—1995)的基本要求:

(1) 储存化学危险品必须遵照国家法律、法规和其他有关的规定。

(2) 化学危险品必须储存在经公安部门批准设置的专门的化学危险品仓库中, 经销部门自管仓库储存化学危险品及储存数量必须经公安部门批准。未经批准不得随意设置化学危险品储存仓库。

(3) 化学危险品露天堆放, 应符合防火、防爆的安全要求。爆炸物品、一级易燃物品、遇湿燃烧物品、剧毒物品不得露天堆放; 受阳光照射易燃烧、易爆炸或产生有毒气体的化学危险品和桶装、罐装等易燃液体、气体应当在阴凉通风地点存放; 化学性质防护和灭火方法相互抵触的化学危险品, 不得在同一仓库或同一储存室内存放; 存放剧毒物品的部门必须备有保险箱, 存放剧毒物品的保险箱钥匙应安全保存; 化学危险品的存放区域应设置醒目的安全标志。

(4) 储存化学危险品的仓库必须配备有专业知识的技术人员, 其库房及场所应设专人管理, 管理人员必须配备可靠的个人安全防护用品。

1.3.4 化学危险品的申购与运输

化学危险品是一种特殊的商品。剧毒危险品的购买必须报单位保卫处和设备处安全办公室批准备案, 使用“剧毒物品购买使用许可证”, 通过正常渠道在指定的化学危险品商店购买。

运输化学危险品时必须委托专门的人员与车辆, 装运化学危险品时不得客货混装。禁止随身携带、夹带化学危险品乘坐公共交通工具。

1.4 有机化学实验室规则与安全知识

有机化学实验中, 经常使用的易燃溶剂有乙醚、乙醇、丙酮、苯和石油醚等; 有毒药品有氰化物、硝基苯和某些有机磷化合物等; 易燃易爆气体或药品有氢气、乙炔和干燥的苦味酸(2,4,6-三硝基苯酚)等; 腐蚀性的药品有浓硫酸、浓盐酸、浓硝酸、烧碱、溴和氯磺酸等。这些药品如使用不当, 就有可能发生着火、爆炸、烧伤或中毒等事故。同时, 进行有机化学实验, 一般所使用的仪器大都是玻璃制品, 如不注意容易发生破损, 从而引起割伤等各种事故。此外, 使用电器设备时, 如处理不当, 也会发生各种事故。因此, 进行有机化学实验时, 必须注意安全。

各种事故的发生往往是由于不熟悉仪器、药品的性能, 未按操作规程或思想麻痹大意所引起的。只要实验前充分预习, 实验中认真操作, 加强安全措施, 事故是可以避免的。为了防止事故的发生及事故后做好及时处理, 学生应了解实验室安全知识, 严格遵守实验室安全规则。