

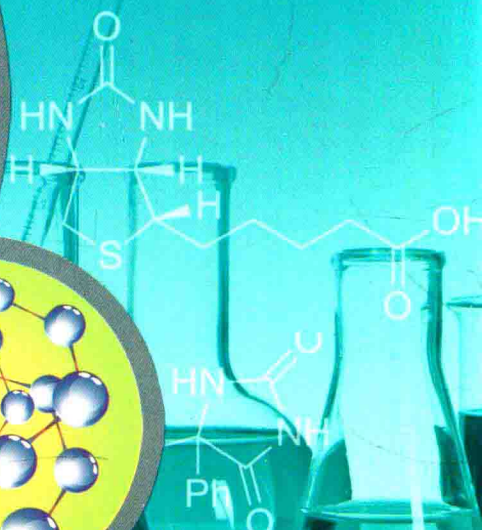
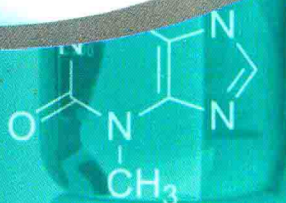
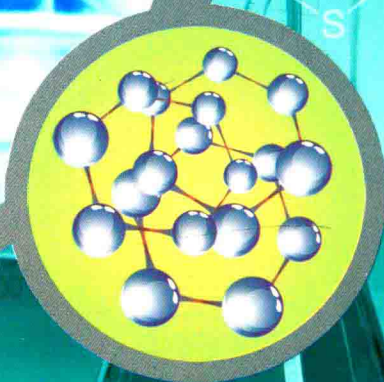
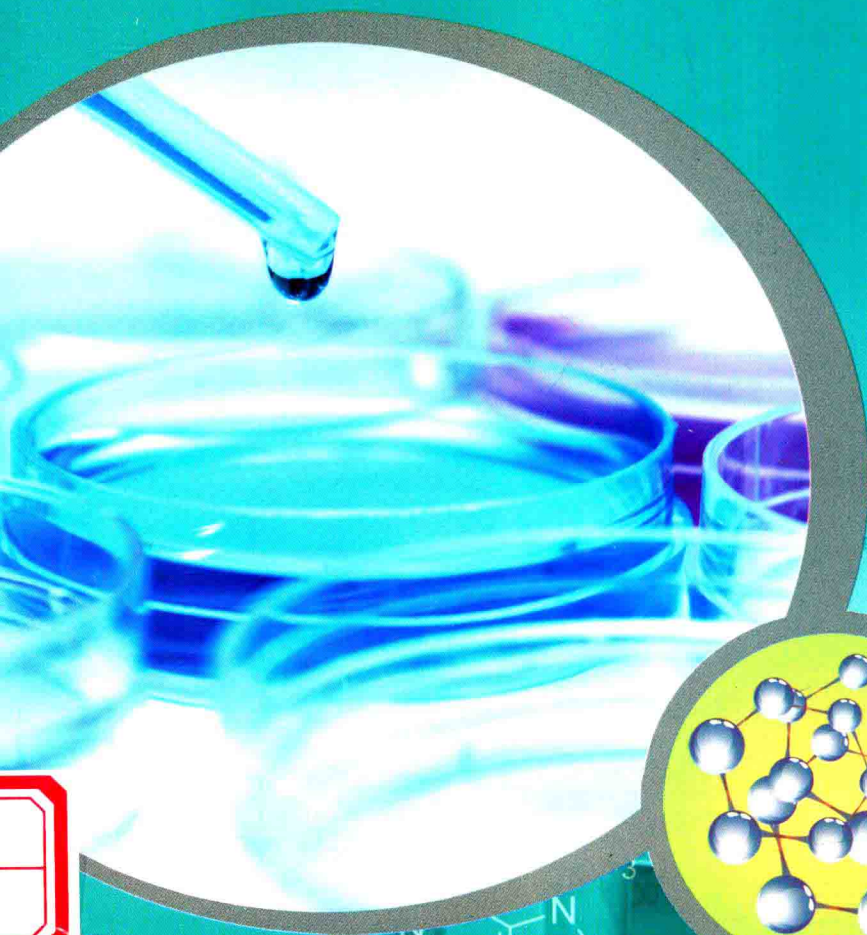


高等学校化学实验精品教材系列丛书

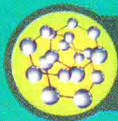
# 有机化学实验教程

## Organic Chemistry Experiments

熊非 编著



中国科学技术大学出版社



选题编辑 / 姚 硕  
责任编辑 / 姚 硕 查向平  
封面设计 / 刘俊霞

定价：35.00元

ISBN 978-7-312-04771-8



9 787312 047718 >

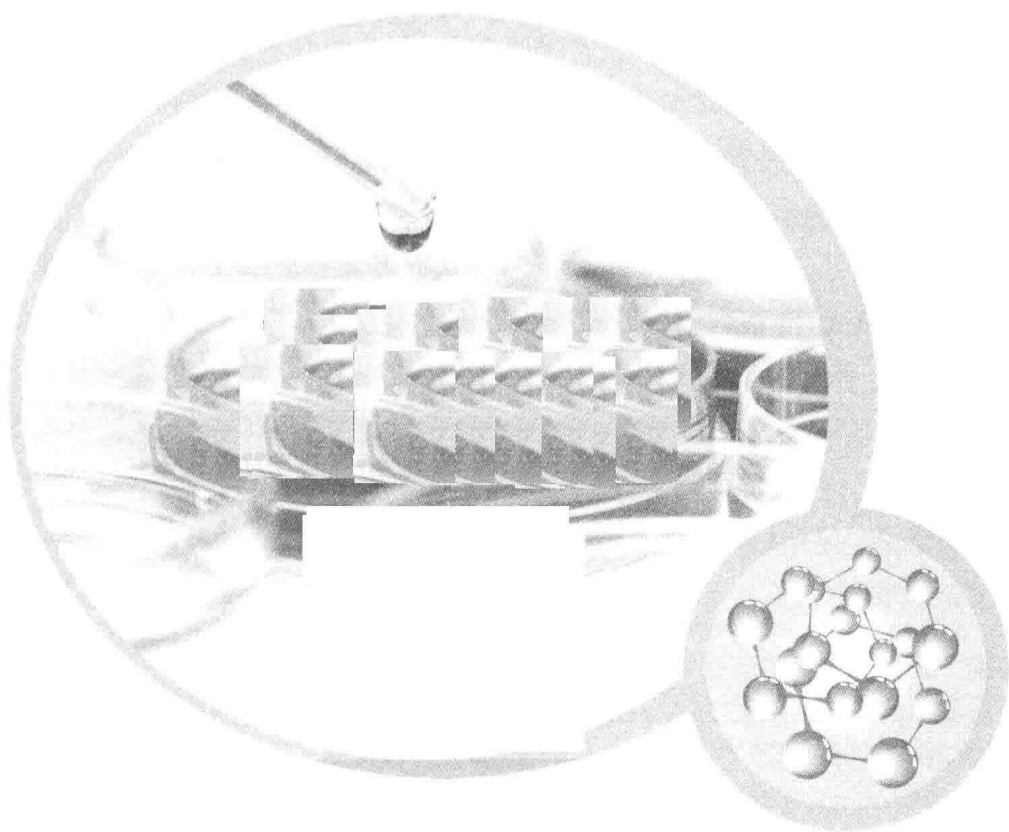


高等学校化学实验精品教材系列丛书

# 有机化学实验教程

Organic Chemistry Experiments

熊非 编著



中国科学技术大学出版社

## 内 容 简 介

本书是上海理工大学高水平大学课程建设的成果。本书根据应用化学、材料化学、环境工程、制药工程、生物医学工程等专业的有机化学实验教学大纲要求编写,是一本较为系统的有机化学实验教学用书。编著者参考了国内外有关实验教材和参考书,以“基础—综合—设计”为主线,选编了几十个实验规程可靠、实用性强、体现绿色化学理念、涉及的操作技术全面、便于训练学生基本操作技能、有利于提高动手能力的典型实验。全书内容丰富、条理清晰,体现了由浅入深、循序渐进的思路,实验类型分配合理,各个实验项目应涵盖的要素完整,实验项目内容难度适中,并包含综合性、设计性实验。全书采用最新国家标准规定的术语、符号和法定计量单位,每个实验都配套编写“预习报告”模块,内容详尽、格式合理,方便学生课前预习、记录和填写,有利于提高学生正确、规范撰写实验报告的能力。

本书可作为综合性大学、师范院校、理工科院校的应用化学、化工、材料、制药、食品、生物和环境等专业本科生的实验教材,各学校可根据实际教学需要从中选择合适的实验进行教学。本书也可供从事有机化学和相关专业的研究人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

有机化学实验教程/熊非编著. —合肥:中国科学技术大学出版社,2019.9  
ISBN 978-7-312-04771-8

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 194151 号

出版 中国科学技术大学出版社  
安徽省合肥市金寨路 96 号,230026  
<http://press.ustc.edu.cn>  
<https://zgkxjstxcbs.tmall.com>  
印刷 安徽省瑞隆印务有限公司  
发行 中国科学技术大学出版社  
经销 全国新华书店  
开本 787 mm×1092 mm 1/16  
印张 12.5  
字数 320 千  
版次 2019 年 9 月第 1 版  
印次 2019 年 9 月第 1 次印刷  
定价 35.00 元

# 前 言

我们的目的是通过改变传统有机化学实验教材内容繁、难、偏、旧和过于注重理论知识的现状,加强课程内容与学生职业需求及现代市场经济发展的联系,编写出针对性强、可操作性强、综合性强,并能适应不同专业学生发展需求,体现课程结构的均衡性、综合性和选择性,注重专业与职业必备的基础知识和操作技能的实验教材。

本教材的主要特色和创新点如下:

(1) 减少传统实验教材中独立的实验操作原理的内容介绍,将实验内容部分的版式更新为“正文”和“边栏”两部分,结合具体实验操作内容,在“边栏”以补充说明或附注的形式简要介绍所涉及的实验操作基本原理,可同时起到启发学习、引导思考的作用。

(2) 在具体的单元实验内容的整体框架编排方面,与按照课时安排的教材不同,本教材将实验分段完成,并为每一个单元实验设计了实验预习报告和课前思考题,有助于提高学生的预习效果。

(3) 为适应时代发展规律,符合绿色环保理念,体现关心师生健康、以人为本的精神,本教材注重实验内容的微型化和实验室的环境保护,从传统的常量实验到微型、半微型实验的设计转化,体现了实验技术、教学思维和观念的创新。

(4) 本教材着眼于学生实验创新能力和综合科研能力的培养,从传统的设计经典实验教学向以科研促进实验教学内容的编撰转变,注重将体现先进科学理念和实验技术的最新科研成果作为实验教学案例,在传播最新科研进展的同时,激发学生的求知欲和科研兴趣。

(5) 本教材重新编写了文献查阅的最新方法,让学生对当前主流文献检索方法和手段有一定的了解和掌握,有利于帮助学生建立更为顺畅的学习模式,同时也有助于研究型开放性实验的授课。

(6) 由于有机化学与人类生活和工农业生产的关系十分密切,本教材在内容取材方面注重实验教学与现实生活、工业生产与环境效益的联系,注意引导学生思考和关注化学工作者应负有什么样的社会责任,能解决什么样的社会问题,能扮演什么样的社会角色,能发挥什么样的社会影响,以及能创造什么样的社会

和经济价值。

本书由上海理工大学化学系熊非编著,各类仪器图和插图由习长城、洪丹凤、刘文广和王文强拍摄或绘制。书中“磺胺类抗菌素的合成”和“(4*S*,5*R*)-半酯的不对称合成”两个实验项目先后获得了上海高校化学实验教学指导委员会授予的第二届上海高校化学新实验展示会项目二等奖和上海高校化学实验教学研讨会优秀论文奖等;原创设计的“(±)-苯乙醇酸(扁桃酸)的合成和化学拆分”实验项目入选四川大学主编、化学工业出版社出版的“十一五”国家级规划教材《制药工程专业实验》(第3版),在此一并表示感谢。另外,感谢上海理工大学化学系应用化学教研室的同仁们对本书的编写和正式出版前的内部试用提供的建议与帮助。

由于编者水平有限,书中难免存在疏漏或不妥之处,希望选用本教材的教师和同学提出宝贵的意见。

熊 非

2019年3月31日

# 目 录

前言 .....	( i )
<b>第 1 章 有机化学实验的基本知识 .....</b>	<b>( 1 )</b>
1.1 实验室守则 .....	( 1 )
1.2 有机化学实验的要求 .....	( 2 )
1.3 化学试剂与化学危险品 .....	( 4 )
1.4 常见事故的预防与处理 .....	( 9 )
1.5 实验室环境保护 .....	( 12 )
1.6 常用文献查阅方法简介 .....	( 16 )
1.7 常用玻璃仪器和配件 .....	( 29 )
1.8 常用仪器设备 .....	( 33 )
1.9 常用分离装置和化学反应装置 .....	( 40 )
1.10 常用有机溶剂的极性顺序和纯化方法 .....	( 45 )
<b>第 2 章 合成实验 .....</b>	<b>( 51 )</b>
2.1 乙酰水杨酸(阿司匹林)的合成 .....	( 51 )
2.2 2-氯丁烷的合成 .....	( 58 )
2.3 柱层析分离甲基橙与亚甲基蓝 .....	( 65 )
2.4 从茶叶中提取咖啡因 .....	( 69 )
2.5 苯甲酸乙酯的合成 .....	( 74 )
2.6 苯甲酸和苯甲醇的合成 .....	( 80 )
2.7 对甲苯乙酮的合成 .....	( 85 )
2.8 3-苯基-1-(4-甲基苯基)丙烯酮的合成 .....	( 89 )
2.9 外消旋 $\alpha$ -苯乙胺的拆分 .....	( 93 )
2.10 离子液体的合成及应用 .....	( 97 )
2.11 (±)-苯乙醇酸(扁桃酸)的合成和化学拆分 .....	(100)
2.12 (4 <i>S</i> ,5 <i>R</i> )-半酯的不对称合成 .....	(109)
2.13 苯妥英(3,3-二苯基-2,5-二氮杂环戊酮)的合成 .....	(115)
2.14 磺胺类抗菌素(对氨基苯磺酰胺)的合成 .....	(123)
<b>第 3 章 微型合成实验 .....</b>	<b>(131)</b>
3.1 环己烯的微量合成 .....	(131)
3.2 7,7-二氯双环[4.1.0]庚烷的微量合成 .....	(134)

---

3.3 丁酸正丁酯的半微量合成 .....	(137)
3.4 乙酰苯胺的微量合成 .....	(140)
<b>第4章 设计性实验 .....</b>	<b>(143)</b>
4.1 2-氯烟酸的合成 .....	(143)
4.2 复方止痛药片成分的分离与鉴定 .....	(144)
4.3 茉莉醛的合成 .....	(145)
4.4 苹果酯的合成 .....	(146)
4.5 内消旋环酸酐的合成 .....	(147)
附录 .....	(149)
实验预习报告 .....	(157)
参考文献 .....	(193)

# 第 1 章 有机化学实验的基本知识

## 1.1 实验室守则

有机化学实验是大学化学实验课程体系的重要组成部分,同时也是化学类专业学生必修的重要基础实验课程之一。教学的目的不仅是验证基础有机化学的理论知识,更重要的是训练学生们的实验动手操作能力,使他们熟悉有机化合物的基本合成方法、分离提纯、结构与性质鉴定的手段和方法,使他们的专业知识、实验技能和创新能力得到同步提高。为了确保实验正常有序地进行和培养良好的实验习惯,实验指导教师和学生必须遵守以下实验室基本守则。

### 1.1.1 实验室安全守则

(1) 实验室应制定安全制度、特殊设备安全操作规程,落实防火、防爆、防盗、防事故等方面的安全措施,定期进行安全检查。

(2) 实验人员必须保持高度的安全意识和责任感,熟悉实验室及周边环境,如安全门、灭火器、水电开关和室内外水源的具体位置和使用方法。

(3) 易燃易爆、具有放射性以及有毒有害的物品,要严格按照相关规定领用、存放和保管,使用时应注意安全操作。

(4) 凡有危害性的实验,任课教师必须首先讲清楚操作规程和安全操作注意事项,之后必须有两人以上进行实验,不得随意让非实验人员操作。

(5) 凡需持证上岗的岗位,严禁无证人员上岗操作。

(6) 实验进行时,不得随意离开岗位,要密切注意实验的进展情况。

(7) 实验室产生的废弃物应分类收集存放,严禁随意丢弃或倒入下水道。

(8) 未经指导教师许可,不能擅自搬动或使用实验室内非本实验所需的其他仪器或设备。

(9) 实验结束后,应整理好实验设备和实验台;离开实验室前,应检查水、电、门窗、气等是否关闭。

(10) 出现意外事故时应保持镇静,并采取有效的自救措施及时逃生报警,如有可能,采取力所能及的控制措施。

### 1.1.2 学生实验守则

(1) 学生进入有机化学实验室后,应立即穿上长袖白大褂,佩戴防护眼镜,女同学的长

发须扎在背后,必须严格遵守实验室的各项规章制度,听从指导,服从管理。

(2) 实验前必须接受安全教育,增强安全意识,掌握安全知识。实验时必须注意安全,防止人身和设备事故的发生。

(3) 实验室内必须保持安静和整洁,不准高声喧哗、打闹;不准抽烟、随地吐痰、乱丢纸屑杂物;不准做与实验无关的事;不准穿背心、裤衩、拖鞋(除规定须换专门拖鞋外)或赤脚进入实验室。

(4) 爱护公共财物,节约水电和试剂耗材,未经允许不得动用其他组的仪器、工具材料及与本实验无关的仪器或设备。

(5) 使用仪器设备时,应严格遵守操作规程,若发现异常现象,应立即停止使用,并及时向实验指导教师报告。如违反操作规程或不听从指导而造成仪器设备损坏等事故的,按相关规定进行处理。

(6) 增强安全环保意识,按有关规定领用、存放和处理生化试剂,放射性、剧毒物品,病菌,活体动物等实验用品。

(7) 实验完毕后,应清理实验场地,并将仪器、工具等放还原位,最后经指导教师签字同意后,方可离开实验室。

## 1.2 有机化学实验的要求

### 1.2.1 课前简介

安全实验是化学实验的基本要求,实验前必须了解和掌握实验室安全与急救常识;熟悉实验室水电阀门、消防器材以及紧急淋浴器械的位置和使用方法;熟悉实验室安全出口和紧急情况下的逃生路线。原则上要求每一位学生必须通过“安全准入考试”方可进入后续实验课程学习阶段。

### 1.2.2 实验预习

进入具体的有机化学实验操作前必须预习相关实验内容,明确实验的目的、原理、步骤和方法,理清实验的流程和思路,充分了解实验中需要使用的药品的性质和有可能引起的危害和注意事项,写出预习报告。预习报告的内容包括:实验名称、实验地点、实验时间、实验目的与要求、实验原理、主要试剂及产物的物理常数、实验步骤及现象等。本教材中的后续章节已设计与具体实验内容相对应的独立预习报告模块和课前思考题,学生可填空式地写入具体内容即可完成预习报告。学生在完成预习报告的过程中应将教材中的文字步骤改写成简单明了的实验步骤(不能照抄实验内容),步骤中的文字可用符号或图形简化,例如化学名改为结构式,克→g,毫升→mL,加→+,加热→ $\Delta$ ,结构简单的小型玻璃仪器以示意图代替;指导教师可通过批阅思考题来考察学生的课前预习效果。学生在实验进行过程中原则上要求以自己的预习报告,就能完成具体的实验操作流程。若指导教师发现学生未完成预习报告,应责令该学生暂停实验,补写并达到预习基本要求后方可继续做实验。

### 1.2.3 实验操作

课前指导教师应对实验内容和操作注意事项进行系统讲解,并现场演示相关实验装置的搭建和拆卸,在条件允许的情况下结合多媒体教学,让学生对实验内容有更立体、更直观的了解和掌握。

在“基本实验操作技能训练”教学阶段,原则上要求学生在指导教师的指导下独立进行实验,应按照教师的讲解,教材中提示的步骤、方法、手段、试剂用量和反应条件来进行。在后期的“多步骤连续合成实验”和“综合设计性实验”教学阶段,学生在前期已掌握了一定的实验操作技能并能独立完成实验,若能提出新的实验设计方案,可与指导教师进行讨论,在得到教师认可后,方可进行实验方案的更改。

我国著名化学家卢嘉锡院士曾说过:“一个优秀化学工作者的‘元素组成’应当是‘C<sub>3</sub>H<sub>3</sub>’,即 Clear Head(清醒的头脑),Clever Hands(灵巧的双手)和 Clean Habits(清洁的习惯)。”学生在实验过程中,应做到:认真操作、仔细观察、勤于思考、及时和如实地记录原始数据和实验现象。通过实验技能的训练,提高解决实际问题的能力。实验过程中产生的废弃物应分类收集,时刻保持桌面、地面和水槽清洁有序,养成良好的实验习惯。

### 1.2.4 实验报告

撰写实验报告是对已完成的实验内容进行从感性认识到理性认识的思考与总结过程,对后续毕业论文和科研论文的写作也是一种良好的基本技能训练。正式的实验报告应在预习报告的基础上增加部分内容,一般包括以下内容:实验名称、实验地点、实验时间、实验目的与要求、实验原理、主要试剂及产物的物理常数、实验步骤及现象、数据处理、实验流程图、实验结果与讨论、参考文献等。

“实验步骤”中应体现实验过程中实际操作的步骤和试剂用量,而不能照着教材或预习报告抄,同时各类试剂的具体用量记录应体现出称量有效数字。

“实验结果”中包括产率的计算,百分产率=(实际产量/理论产量)×100%,理论产量是根据反应方程式来计算原料全部转化成产物后的质量,在有机合成反应中,为了提高产率,往往需要增加某一反应物的用量,这时理论产量的计算应按原来使用量最少的反应物的物质的量来计算。由于部分原料消耗在副反应中、反应物转移和分离纯化过程中的损失等原因,实际产量往往会低于理论产量。

“实验讨论”中应体现自己实验过程中存在的问题或对实验内容提出进一步优化改进的意见和建议,另外,还需要对观察到的实验现象及所得实验结果进行必要的分析和总结。

### 1.2.5 实验考核

有机化学实验作为实践性教学课程,在考核过程中主要从实验操作能力、观察思考能力、分析和解决问题能力、书面表达能力、实事求是的科学素养和良好的实验习惯等方面进行综合考查。学期末进行具体实验操作的考核,与平时成绩进行综合评分。

## 1.3 化学试剂与化学危险品

### 1.3.1 化学试剂的分级

化学试剂按用途不同分为通用试剂和专用试剂;按结构类型分为无机试剂和有机试剂两大类。我国生产的无机化学试剂有数十万种,有机试剂已达百万余种,并且二者还在与日俱增。我国关于试剂的标准有国家标准(GB)、化学工业部部颁标准(HG)、化学工业部暂行标准(HGB)以及地方企业标准(QB)和厂订标准。近年来,一部分试剂的国家标准采用了国际标准或国外先进标准。通常化学试剂按纯度分为四级:

(1) 一级试剂,又称保证试剂,瓶签以绿色为标记,代号为 GR(Guaranteed Reagent),又称优级纯,基准试剂也属于一级试剂;

(2) 二级试剂,又称分析纯试剂,瓶签以红色为标记,代号为 AR(Analytical Reagent);

(3) 三级试剂,又称化学纯试剂,瓶签以蓝色为标记,代号为 CP(Chemical Pure);

(4) 四级试剂,又称实验试剂,瓶签以棕色为标记,代号为 LR(Laboratorial Reagent),也称工业试剂。

此外,还有光谱纯试剂(SP)、色谱纯试剂(包括气相色谱(GC)和液相色谱(LC))、生物试剂(BR)、生物染色剂(BS)和国家标准物质(GBW)等规格标记,如表 1.3.1 所示。

表 1.3.1 化学试剂等级对照表

等级	名称	英文名称	简写	适用范围	瓶签颜色
一级试剂	优级纯 (保证试剂)	Guaranteed Reagent	GR	精密分析工作和科学研究	绿色
二级试剂	分析纯 (分析试剂)	Analytical Reagent	AR	多数分析工作和科学研究	红色
三级试剂	化学纯	Chemical Pure	CP	一般分析工作和化学教学实验	蓝色
四级试剂	实验试剂 (工业试剂)	Laboratorial Reagent	LR	要求不高的实验和辅助试剂	棕色
其他	生物试剂	Biological Reagent	BR		黄色

基准试剂是一类用于标定滴定分析中标准溶液的标准物质,可作为滴定分析中的基准物使用,也可精确称量后用直接法配制标准溶液,实验室暂无储备时,一般可由优级纯试剂充当。基准试剂的主成分含量一般在 99.95% 以上,杂质略低于优级纯或与优级纯相当。

高纯、光谱纯及纯度 99.99%(4 个 9 也用 4N 表示)以上的试剂主成分含量高,杂质含量比优级纯低,且规定的检验项目多。它主要用于微量及痕量分析中试样的分解及试液的制备。分光纯试剂要求在一定的波长范围内干扰物质的吸收小于规定值。国际纯粹化学和应用化学联合会(IUPAC)对化学标准物质分级的规定如表 1.3.2 所示。

表 1.3.2 IUPAC 对化学标准物质的分级

A 级	原子量标准
B 级	和 A 级最接近的基准物质
C 级	含量为(100±0.02)%的标准试剂
D 级	含量为(100±0.05)%的标准试剂
E 级	以 C 级或 D 级试剂为标准进行的对比测定所得的纯度或相当于这种纯度的试剂,比 D 级的纯度低

## 1.3.2 化学试剂的一般性质及安全管理

### 1. 化学试剂的一般性质

有机溶剂常具有熔沸点低、易燃、易挥发、难溶于水而易溶于有机溶剂等特点,大多为危险化学试剂,在保管和使用过程中要密切关注它们的危险性。而在无机试剂中要关注的是具有强腐蚀性的酸碱和有强氧化还原性的试剂。

### 2. 化学试剂的分类

化学试剂按照毒性可分为三类:第一类溶剂指已知可以致癌并被强烈怀疑对人和环境有害的溶剂,如苯、四氯化碳、1,2-二氯乙烷、1,1-二氯乙烷、1,1,1-三氯乙烷等;第二类溶剂指无基因毒性但对动物有致癌性的溶剂,如甲醇、甲苯、二甲苯、氯仿、乙腈、甲酰胺、环己烷、正己烷等;第三类溶剂指对人体低毒的溶剂,如甲酸、乙酸、乙醚、丙酮、甲酸乙酯、乙酸乙酯、乙酸甲酯、乙酸丙酯等。

按安全管理之需,化学试剂传统上分为六类:易爆品、易燃品、强氧化剂、强腐蚀剂、剧毒品及放射性试剂。此外,随着用途需要的变化,某些本来安全的试剂会成为一定时期的管制品,如乙酸酐、甲苯、丙酮等本无危险,但成为毒品制造原料后,就成为安全管理中的管制品了。

表 1.3.3 化学试剂毒性符号说明标准图

E	易爆		F	易燃	
T	有毒		F <sup>+</sup>	很易燃	
T <sup>+</sup>	极毒		F <sup>++</sup>	极易燃	
O	氧化剂		C	腐蚀	
X <sub>n</sub>	有害		N	危害环境	
Xi	刺激				

易燃性物质分为:(1)高度易燃性物质(闪点在 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下):(第1类石油产品)石油醚、汽油、轻质汽油、挥发油、己烷、庚烷、辛烷、戊烯、邻二甲苯、醇类(甲基-戊基)、二甲醚、二氧杂环己烷、乙缩醛、丙酮、甲乙酮、三聚乙醛等;甲酸酯类(甲基-戊基)、乙酸酯类(甲基-戊基)、乙腈( $\text{CH}_3\text{CN}$ )、吡啶、氯苯等。(2)中度易燃性物质(闪点在 $20\sim 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围):(第2类石油产品)煤油、轻油、松节油、樟脑油、二甲苯、苯乙烯、烯丙醇、环己醇、2-乙氧基乙醇、苯甲醛、甲酸、乙酸等;(第3类石油产品)重油、杂酚油、锭子油、透平油、变压器油、1,2,3,4-四氯化萘、乙二醇、二甘醇、乙酰乙酸乙酯、乙醇胺、硝基苯、苯胺、邻甲苯胺等。(3)低度易燃性物质(闪点在 $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上):(第4类石油产品)齿轮油、马达油之类的重质润滑油;邻苯二甲酸二丁酯、邻苯二甲酸二辛酯之类的增塑剂;(动植物油类产品)亚麻仁油、豆油、椰子油、沙丁鱼油、鲸鱼油、蚕蛹油等。

使用易燃性物质的注意事项:(1)由电源开关或静电产生的火花、赤热物体及烟头残火等,都容易引起易燃性物质着火燃烧,需注意不要将其靠近火源,或用明火直接加热。(2)高温加热时分解放出的气体,容易引起着火;如果混入水之类的杂物,即会产生爆沸,致使引起热溶液飞溅而着火。(3)当易燃物产生的蒸气比重较大时,则其蒸气容易滞留,必须保持使用地点通风良好。(4)闪点高的物质,如果着火,因其溶液温度很高,一般难以扑灭。(5)当容器中贮存的易燃物减少了时,往往容易着火爆炸,要加以注意。

可燃液体能挥发变成蒸气进入空气中,随着温度升高,挥发速率加快,当挥发的蒸气和空气的混合物与火源接触能够闪出火花时,这种短暂的燃烧过程叫作闪燃,发生闪燃的最低温度叫作闪点。闪点越低,引起火灾的危险性越大。闪点温度比着火点温度低一些。闪点是可燃性液体贮存、运输和使用的-一个安全指标,同时也是可燃性液体的挥发性指标。闪点低的可燃性液体,挥发性高,容易着火,使用和贮存的安全性较差。一般要求可燃性液体的闪点比使用温度高 $20\sim 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,以保证使用安全和减少挥发损失。当可燃性液体液面上挥发出的燃气与空气的混合物浓度增大时,遇到明火可形成连续燃烧(持续时间不小于 $5\text{ s}$ )的最低温度称为燃点。燃点一般高于闪点。

沸点为单一物质在一定压力下由液态转变为气态的温度值,转换过程中的温度不变,如水的沸点在标准大气压下为 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,沸腾过程中始终为 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。闪点和沸点越低表示其挥发性越强。区别是只有易燃液体有闪点。水是没有闪点的,即使把水烧开了也不能点燃水蒸气。闪点是液体危险性指数,闪点越低越容易引发火灾。

消防工程设计及应用中,根据闪点的不同将可燃液体分为三类:(1)甲类液体:闪点小于 $28\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的液体(如原油、汽油等)。(2)乙类液体:闪点大于或等于 $28\text{ }^{\circ}\text{C}$ 但小于 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的液体(如喷气燃料、灯用煤油)。(3)丙类液体:闪点大于 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的液体(重油、柴油、润滑油等)。

### 3. 化学试剂的贮存

实验室除了需要日常使用到各类化学试剂以外,还需要贮存一定量的化学试剂,它们大多具有一定的毒性,且部分是易燃易爆危险品,因此必须设专人保管。《全球化学品统一分类和标签制度》(GHS)规定,化学品存放时,非危险试剂按分类特点存放于一般的柜体中。危险试剂一般应储藏在地下室或增设特殊柜放在其他房间。对于闪点较低的危险品,特别是挥发性组分较多的样品,需要低温贮存,以最大限度地减少蒸发作用所导致的挥发性组分的流失。对于易发生危险反应及相抵触的试剂应隔开存放,并且药品柜外应按种类分别标明柜内所存放的试剂,标签应书写工整。

#### 4. 危险性试剂或化学危险品的贮存方法

(1) 爆炸品:三硝基甲苯、硝化甘油、硝化纤维、苦味酸、雷汞等。

特性:摩擦、震动、撞击、接触火源、高温能引起激烈的爆炸。

保管及使用时的注意事项:单独装瓶并存放在安全处。使用时要避免摩擦、震动、撞击、接触火源。为避免造成有危险性的爆炸,实验中的用量要尽可能少。

(2) 强氧化剂:过氧化氢、过氧化钡、过硫酸盐、硝酸盐、高锰酸盐、重铬酸盐、氯酸盐等。强氧化性化学试剂包括过氧化物和含有强氧化能力的含氧酸及其盐,如高氯酸及其盐、高锰酸及其盐、重铬酸及其盐、五氧化二磷等。强氧化性化学试剂在适当条件下可放出氧气而发生爆炸,使用此类物质时,周边环境温度不能高于 30℃,且通风要良好。

特性:与还原剂接触易发生爆炸。

保管及使用时的注意事项:与酸类、易燃物、还原剂分开存放于阴凉通风处。使用时要注意其中切勿混入木屑、炭粉、金属粉、硫、硫化物、磷、油脂、塑料等易燃物。

事故例子:当拔出 30%浓度的过氧化氢试剂瓶的塞子时,常出现爆炸现象。

(3) 自燃品:白磷(白磷同时也是剧毒品)。

特性:跟空气接触易因缓慢氧化而引起自燃。

保管及使用时的注意事项:放在盛水的瓶中,白磷全部浸没在水下,具塞保存于阴凉处。使用时注意不要与皮肤接触,防止体温引起其自燃而造成难以愈合的烧伤。

(4) 遇水燃烧物:钾、钠、碳化钙、磷化钙、硅化镁、氢化钠等。

特性:与水激烈反应,产生可燃性气体并放出大量热。

保管及使用时的注意事项:贮存在坚固的密闭容器中,并存放于阴凉干燥处。少量的金属钾或钠应放在盛煤油的瓶中贮存,使钾或钠全部浸没在煤油中,并加盖或具塞存放。

(5) 易燃液体:汽油、苯、甲苯、乙醇、乙醚、乙酸乙酯、丙酮、乙醛、氯乙烷、二硫化碳等。

特性:易挥发,遇明火易燃烧;蒸气与空气的混合物达到爆炸极限范围,遇明火、火星或电火花均能发生猛烈的爆炸。

保管及使用时的注意事项:盖紧瓶塞,防止倾倒和外溢;存放在阴凉通风的专用橱中,并远离火种(包括易产生火花的器物)和氧化剂。

事故例子:乙醚从贮存瓶中渗出,由距离 2 m 以外燃烧器的火焰引起着火。

(6) 易燃固体:硝化棉、萘、樟脑、硫黄、红磷、镁粉、锌粉、铝粉等。

特性:着火点低,易点燃,其蒸气或粉尘与空气混合达一定程度,遇明火、火星或电火花均能激烈燃烧或爆炸;跟氧化剂接触易燃烧或爆炸。

保存及使用时的注意事项:跟氧化剂分开存放于阴凉处,并远离火源。

(7) 有毒化学试剂(毒品):氰化钾、氰化钠等氰化物;三氧化二砷、硫化砷等含砷化合物;升汞及其他汞盐;汞单质和白磷等均为剧毒品,人体摄入极少量即能中毒致死。可溶性或酸溶性重金属盐以及苯胺、硝基苯等也为毒品。一般的化学试剂对人体均有毒害,使用时应避免吸入,使用后要及时洗手。

特性:人体摄入造成致命的毒害。

保管及使用时的注意事项:剧毒品必须锁在固定的铁橱中,由专人保管,购买和使用均要有台账记录,一般毒品也要妥善保管。使用过程中要严防摄入和直接接触身体。

(8) 腐蚀性化学试剂:浓酸(包括有机酸中的甲酸、乙酸等)、固态强碱或浓碱溶液、液溴、苯酚等。任何化学试剂碰到皮肤、黏膜、眼睛、呼吸器官时都要及时清洗,特别是触碰到

腐蚀性极强的化学试剂。

特性:对衣物、人体等有强腐蚀作用。

保管与使用时的注意事项:盛于带盖或具塞的玻璃或塑料容器中,并存放在低温阴凉处。使用时切勿接触衣物和皮肤,严防溅入眼睛中造成失明。

### 5. 化学试剂的处理

#### (1) 固体废弃物

分类:干燥的固体试剂;色谱分离使用过的吸附剂;使用过的滤纸片;测定熔点的废玻璃管以及一些碎玻璃。

处理方法:盛放在贴有合适标签的容器中回收,其中有毒性的固体废弃物应提前做好预处理,减少其毒性。

#### (2) 水溶性废弃物

特点:具有水溶性和一定的毒性。

处理方法:采用化学方法处理,用酸性或碱性物质先中和,并且用大量清水冲洗干净,不能随意倒入下水道中。

#### (3) 有机溶剂

特点:通常不溶于水;有较高的易燃性。

处理方法:倒入贴有合适标签的容器中分类存放;在合适的地方将这些溶剂点燃处理,而不应直接倒入下水道中。

## 1.3.3 实验室安全守则

化学药品中有很很大一部分是易燃、易爆、有毒或有腐蚀性的。所以在实验室工作时,必须在思想上高度重视安全问题,绝不能麻痹大意。

(1) 所用药品、标样、溶液均须贴有标签。绝对不允许在容器内装入与标签不相符的物品。

(2) 对于易燃、易爆的物质要安放在离火源较远又安全的地方,操作时要严格遵守操作规程。

(3) 涉及有毒、有刺激性的气体要在通风橱内或室内通风性较好的地方进行实验。需要借助于嗅觉判别少量气体时,绝不能将鼻子直接对着瓶口或管口,而应当用手将少量气体轻轻扇向自己的鼻孔后再嗅。

(4) 加热、浓缩液体的操作须十分小心,不能俯视加热的液体或加热的试管口,更不能对着自己或他人。

(5) 重铬酸钾、钡盐、铅盐、砷的化合物、汞及汞的化合物、氰化物等有毒药品不得进入口内或接触伤口,剩余的废液及金属片不许倒入下水道,应倒入贴有合适标签的回收容器后集中处理。

(6) 浓酸和浓碱具有强腐蚀性,使用时,切勿溅入衣物、皮肤或眼睛。稀释时应在不断搅拌下将其缓慢倒入水中,必要时加以冷却。特别是稀释浓硫酸时更要小心,千万不可将水倒入浓硫酸中,以免溅出烧伤。

(7) 实验结束后需及时将剩余试剂放回试剂贮存室。

(8) 严格按照实验的操作规程进行实验,绝对不允许随意混合各类化学试剂和药品。

- (9) 水、电和各类气体钢瓶使用完毕后应立即关闭。
- (10) 实验室内严禁吃喝东西和吸烟,实验完毕应洗净双手后再离开实验室。

## 1.4 常见事故的预防与处理

化学实验室贮存有各类化学试剂,包括腐蚀性、易燃、易爆和有毒化学试剂。实验过程中容易发生失火、爆炸、燃烧和中毒等事故。为了确保实验室的安全,现将这些化学试剂发生事故的主要原因、预防措施和处理方法分述如下:

### 1.4.1 防火

#### 1. 发生原因

- (1) 点燃的酒精灯碰翻或使用不当。
- (2) 可燃性物质如汽油、酒精、乙醚等因接触火焰或处于较高温度下起火燃烧。
- (3) 白磷等易自燃的物质由于接触空气或长时间氧化作用而燃烧。
- (4) 化学反应引起燃烧或爆炸。

#### 2. 预防措施

- (1) 易燃物和强氧化剂分开放置,酸性和碱性试剂分开放置。
- (2) 进行加热或燃烧实验时,要求严格遵守操作流程。
- (3) 使用易挥发的可燃物质,实验装置要严密不漏气,严禁在燃烧的火焰附近转移或添加易燃溶剂。

(4) 易挥发的可燃废液采用瓶装回收,待集中处理。可燃废物如浸过可燃性液体的滤纸、棉花等,不得随意倒入废液桶内,而应及时在屋外烧掉。

- (5) 实验室内严禁吸烟。
- (6) 实验室内经常备有沙桶、灭火器、灭火毯等灭火器械。
- (7) 实验结束离开实验室前,仔细检查火源是否熄灭、电源开关是否关闭。

#### 3. 处理方法

- (1) 迅速移走一切可燃物,切断电源,关闭通风器,防止火势蔓延。
- (2) 如果是酒精等易燃有机溶剂泼洒在实验台面上着火燃烧,用湿抹布、沙桶盖灭,或用灭火器扑灭。二氧化碳灭火器是有机实验室最常用的一种灭火器,用以扑灭忌水的化学物品和电器设备的着火。四氯化碳灭火器用以扑灭电器内或电器附近的火,由于四氯化碳高温时易形成剧毒的光气,注意不能在通风不良的实验室使用。泡沫灭火器适用于油类起火,因后处理比较麻烦,非大火通常不用泡沫灭火器。

(3) 如果衣服着火,立即用湿抹布蒙盖,使之与空气隔绝而熄灭。衣服的燃烧面积较大,应立即打开喷淋器(图 1.4.1)淋水灭火,或就地躺倒在地上打滚,在使火焰不至向上烧着头部的同时,也可快速使火熄灭。

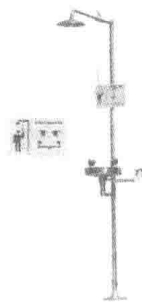


图 1.4.1 喷淋装置