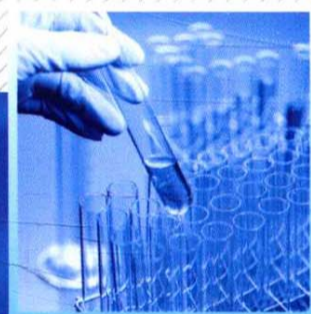
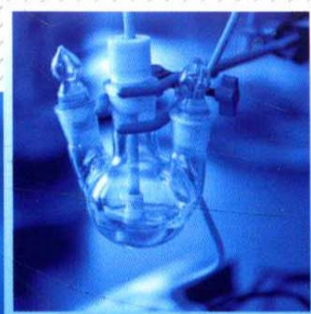
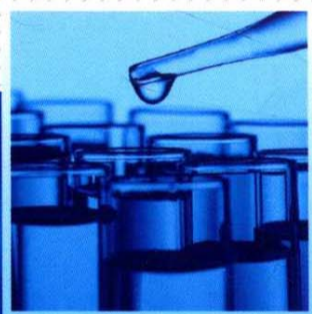


高 / 等 / 学 / 校 / 教 / 材

# 基础化学实验

张培青 主编

杨昕 栾锋 李桂枝 副主编



JICHU HUAXUE SHIYAN



化学工业出版社

高等学校教材

# 基础化学实验

张培青 主编

杨昕 栾锋 李桂枝 副主编



化学工业出版社

·北京·

《基础化学实验》首先介绍了化学实验安全知识、实验测量误差及实验数据处理方法，然后系统介绍了化学实验仪器设备的使用方法和基本测量技术，最后为实验部分，按无机化学实验、分析化学实验、有机化学实验、物理化学实验的顺序安排了72个实验项目。全书以化学实验基础理论、基本方法与技术引领实验内容，实验项目选取兼顾基础性和综合性，有利于培养学生的综合能力和创新意识。

本书可作为化学类及其相关专业如化工、生物、材料、食品、环境、药学、矿冶、轻工等本科生的教材，也可供相关实验人员参考。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

基础化学实验/张培青主编. —北京: 化学工业出版社, 2016.8  
高等学校教材  
ISBN 978-7-122-27432-8

I. ①基… II. ①张… III. ①化学实验-高等学校-教材 IV. ①O63

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 143296 号

责任编辑: 宋林青  
责任校对: 宋 夏

文字编辑: 陈 雨  
装帧设计: 关 飞

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 三河市航远印刷有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 23 彩插 1 字数 582 千字 2016 年 9 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 45.00 元

版权所有 违者必究

# 前言

化学是一门以实验为基础的学科，在化学教学中，实验教学占有相当重要的地位。对于高等学校化学教育而言，化学实验无疑是培养学生的科学思维方法、创新意识与能力，全面推进素质教育的最基本教学方式之一。多年来大学化学课堂教学是在无机化学、分析化学、有机化学和物理化学四个二级学科上分别进行的，实验课也是按现行的化学二级学科为架构分科设立课程体系和教材内容，这对于人才培养固然起着重要的作用，但也存在着为理论课教学配套多、实验教学的系统性和连贯性在一定程度上受到破坏、发挥自身主观能动性作用不足、教学实践中存在内容重复、统一性不足等局限性。这对学生综合素质和能力的培养以及实验教学课程的实施带来了诸多不利影响。随着教育改革的深入，“高等教育需要从单纯的知识传授为中心，转向以创新能力培养为中心”。因此，在进行化学教育培养观念转变的同时，对实验课程体系、教学内容和教学模式的改革也势在必行。

2014年以来，我们配合烟台大学无机化学、分析化学、有机化学和物理化学省级精品课以及基础化学化工实验中心的建设，边探究边实践，摸索出一条突破二级学科实验体系架构，按化学一级学科开设实验课程的道路，并在烟台大学基础化学化工实验中心原有四门二级学科实验教材的基础上，重新组织、更新内容编写了这本教材。

本教材立足于课程的基础性和整体性，以化学实验基础理论、基本方法与技术引领实验内容，全书共4章，较为详细地介绍了基础化学实验中涉及的大部分基础理论、基本方法与技术，以及它们的应用。按照这条主线，选编了72个实验项目。这样学生在预习实验内容时，可直接由本书获取所需要的理论、方法与操作技能要领，使基础实验真正独立于理论课之外。

按照“强化基础，提高创新”的原则，本教材将实验项目大体分为两类：一类为基础和验证性实验，旨在加强对学生基本理论、基础知识和基本技能的培养，这类实验项目约占总数的80%，充分反映了教材的基础性；另一类项目为综合性、设计性及计算机仿真实验，以提高学生的实验兴趣，培养学生解决复杂问题的综合能力和创新意识，也有结合教师科研成果移植来的新实验。完成全部实验项目所需的教学学时多于教育部化学类专业教学指导委员会制订的《化学专业实验教学基本内容》规定时数，以便在使用本教材时教师有更多的选择余地。

除此之外，本教材还有如下一些特点：

1. 注意反映化学学科在实验方法和仪器方面的新进展。比如，我们用相当的篇幅介绍了化学实验基础知识、精密仪器以及专用测量技术等较为先进的方法和设备的原理与应用，而分析天平则只介绍电子天平。

2. 主编人员均由教学经验丰富和科研能力较强的教授、副教授担当，能够较准确把握目前化学实验教学的核心和学科发展前沿，使教材具有连贯性和前瞻性。所有编写人员均来自理论教学和实验教学第一线，基础实验仪器设备讲解清楚、药品用量准确，综合、设计性实验难度适中，可操作性强，使教材具有实用性。所有实验均经过教学验证，具有较好的重

复性。教材由基础、提高、综合设计实验组成，内容丰富，具有广泛性。

3. 实验前对于学生的预习作出明确的要求，并且体现到每一个具体实验项目中。

4. 大幅度增加了实验室安全、三废处理等方面的知识介绍，使学生牢固树立绿色化学、可持续发展的科学观念。

本书既可作为化学及近化学类本科专业基础化学实验课程教材使用，也可供材料、矿冶、轻工、环境、医学、农学等专业作为化学实验教材或参考书使用，对从事化学实验室工作的相关人士亦具有一定的参考价值。针对本书所涉及的基本操作、常规仪器使用及部分实验项目，烟台大学基础化学化工实验教学中心均制作了配套的多媒体视频课件。

本书在编写工作中，重点参考了烟台大学历年来编写的实验讲义，也参阅了兄弟院校的教材及专著。这些资料和专著中所包含的宝贵经验，是我国高等学校化学实验教学界几十年数代人辛勤耕耘和实践的结晶，编者从中汲取了丰富的营养，进行了有益的借鉴，在此向他们致以崇高的敬意！

参加本书编写工作的有杨昕、栾锋、李桂枝、焉炳飞、张培青等，全书最后由张培青统一定稿。在本书编写过程中，得到了烟台大学化学化工学院领导和实验中心老师的大力支持，化学工业出版社的编辑为本书的出版付出了艰辛的劳动，在此一并表示衷心感谢！

鉴于编者学识水平与经验有限，书中难免有不当之处，恳请有关专家和读者批评指正。

编者

2016年4月于烟台

# 目 录

<b>第 1 章 绪论</b> .....	1
1.1 基础化学实验的目的 .....	1
1.2 基础化学实验的学习方法 .....	1
1.2.1 预习 .....	1
1.2.2 操作 .....	2
1.2.3 实验报告 .....	2
1.2.4 实验成绩的评定 .....	3
1.3 化学实验安全知识 .....	3
1.3.1 基础化学实验守则 .....	3
1.3.2 常用危险化学品的安全使用 .....	4
1.3.3 电器的安全使用 .....	4
1.3.4 事故的预防 .....	5
1.3.5 意外事故的紧急处理 .....	7
1.3.6 实验室的“三废”处理 .....	8
<b>第 2 章 实验测量误差及数据处理</b> .....	10
2.1 有效数字 .....	10
2.1.1 有效数字的概念 .....	10
2.1.2 数字的修约 .....	10
2.1.3 有效数字的运算规则 .....	11
2.2 误差的分类及特点 .....	12
2.2.1 系统误差 .....	12
2.2.2 过失误差 .....	12
2.2.3 偶然误差 .....	12
2.3 误差分析 .....	13
2.3.1 实验数据的准确度、精密度和偶然误差的表示 .....	13
2.3.2 间接测量的误差传递及误差估计 .....	15
2.4 实验数据处理 .....	18
2.4.1 列表法 .....	18
2.4.2 图解法 .....	18
2.4.3 方程式法 .....	20

2.5	计算机作图与待定参数的非线性拟合	22
2.5.1	Origin 对溶液 $\sigma$ - $c$ 关系的非线性拟合	23
2.5.2	Excel 在乙酸乙酯皂化反应参数非线性拟合中的应用	26
<b>第3章</b>	<b>化学实验仪器设备的使用方法和基本测量技术</b>	<b>30</b>
3.1	基本知识	30
3.1.1	实验室用水的规格、制备及检验方法	30
3.1.2	常用气体的获得与纯化	31
3.1.3	化学试剂的分类	33
3.2	常用仪器及基本操作	35
3.2.1	基础实验常用仪器及基本操作	35
3.2.2	加热、灼烧、干燥用仪器	51
3.3	专用仪器及测量技术	53
3.3.1	温度的测量	53
3.3.2	温度的控制	59
3.3.3	大气压计	65
3.3.4	真空技术	70
3.3.5	气体钢瓶及减压阀	74
3.3.6	气体流量的测定及控制	76
3.3.7	电位差计的原理和使用	78
3.3.8	酸度计的原理及使用	84
3.3.9	电导率的测定	87
3.3.10	恒电位仪	91
3.3.11	电容仪的测定原理及使用	95
3.3.12	阿贝折光仪的原理和使用	98
3.3.13	旋光仪的原理和使用	99
3.3.14	分光光度计的原理及使用	101
3.3.15	CTP-I 型古埃磁天平	108
3.3.16	JX-3D8 型金属相图(步冷曲线)测定实验装置	112
3.3.17	ZCR 差热实验装置的使用	116
3.3.18	气相色谱工作原理及使用	119
3.3.19	TP-5076 TPD/TPR 动态吸附仪的使用	125
<b>第4章</b>	<b>实验部分</b>	<b>128</b>
I.	无机化学实验	128
实验1	实验室安全教育、常用仪器的洗涤与干燥、一般溶液的配制	128
实验2	置换法测定气体摩尔常数 $R$	135
实验3	氯化铵生成焓的测定	138
实验4	化学反应速率、反应级数和活化能的测定	139

实验 5	氯化钠的提纯 .....	142
实验 6	三草酸合铁酸钾的制备实验 (虚拟仿真) .....	150
实验 7	氯化亚铜的制备实验 (虚拟仿真) .....	152
实验 8	硫酸亚铁铵的制备 .....	154
实验 9	氧化还原反应和电化学 .....	155
实验 10	草酸亚铁的制备及组成测定 .....	158
实验 11	硝酸钾的制备和提纯 .....	159
实验 12	溶解度的测定 .....	161
实验 13	溶度积常数的测定 .....	162
实验 14	配合物稳定常数的测定 .....	170
实验 15	$K_x Fe_y (C_2O_4)_z \cdot \omega H_2O$ 的制备及组成测定 .....	175
实验 16	铜化合物的制备、组成分析及铜含量测定 .....	176
实验 17	三氯化六铵合钴 (III) 的制备及组成测定 .....	180
实验 18	镍配合物的制备、组成测定及物性分析 .....	183
实验 19	十二钨硅酸的制备、萃取分离及表征 .....	185
II.	分析化学实验 .....	189
实验 1	滴定练习 .....	189
实验 2	邻苯二甲酸氢钾 (KHP) 标定 NaOH 溶液 .....	191
实验 3	有机酸摩尔质量的测定 .....	192
实验 4	混合碱含量的双指示剂法测定 .....	193
实验 5	碳酸钙为基准物质标定 EDTA .....	197
实验 6	水硬度的测定 .....	199
实验 7	锌化合物中锌含量的测定 .....	201
实验 8	离子交换柱始漏量与总交换量的测定 .....	202
实验 9	$K_2Cr_2O_7$ 标定硫代硫酸钠 ( $Na_2S_2O_3$ ) 溶液 .....	204
实验 10	铜盐中铜含量的测定 .....	206
实验 11	硫代硫酸钠的标定和维生素 C 片 (粒) 中维生素 C 含量的测定 .....	207
实验 12	邻二氮菲分光光度法测定微量铁 .....	209
实验 13	光度分析条件实验 .....	211
实验 14	乙酸的电位滴定分析及解离常数的测定 .....	212
实验 15	莫尔法测定自来水中氯的含量 .....	214
实验 16	方案设计实验 .....	216
III.	有机化学实验 .....	218
实验 1	熔点测定及温度计校正 .....	218
实验 2	沸点的测定 .....	221
实验 3	普通蒸馏 .....	222
实验 4	重结晶 .....	224
实验 5	两组分混合物的分离 .....	226
实验 6	阿司匹林的制备 .....	228
实验 7	1-溴丁烷的制备 .....	230
实验 8	肉桂酸的制备 .....	232



实验 9	从茶叶中提取咖啡因 .....	234
实验 10	APC 药片的薄层色谱分析 .....	236
实验 11	乙酸异戊酯的制备 .....	238
实验 12	环己酮的合成 .....	240
实验 13	己二酸的合成 .....	242
实验 14	呋喃甲醇及呋喃甲酸的制备 .....	244
实验 15	苯甲酸乙酯的制备 .....	246
实验 16	甲基橙的制备 .....	248
IV.	物理化学实验 .....	250
实验 1	燃烧热的测定 .....	250
实验 2	液体饱和蒸气压的测定 .....	254
实验 3	电导滴定 .....	257
实验 4	完全互溶双液系的平衡相图 .....	261
实验 5	凝固点降低法测物质的摩尔质量 .....	264
实验 6	一级反应——蔗糖转化 .....	267
实验 7	原电池电动势的测定 .....	269
实验 8	表面张力的测定 .....	272
实验 9	$\text{BF}_3\text{-Na}$ 体系量子化学计算 .....	277
实验 10	二级反应——乙酸乙酯皂化反应 .....	279
实验 11	B-Z 振荡反应 .....	282
实验 12	吸附柱色谱 .....	285
实验 13	甲基红溶液电离平衡常数的测定 .....	290
实验 14	二组分金属相图的绘制 .....	294
实验 15	测定萘在硫酸铵水溶液中的活度因子 .....	296
实验 16	固-液吸附法测定比表面积 .....	299
实验 17	色谱法测定固体比表面积 .....	301
实验 18	黏度法测定高聚物的摩尔质量 .....	305
实验 19	偶极矩的测定 .....	309
实验 20	多相催化——甲醇分解 .....	315
实验 21	维生素 C 注射液稳定性和有效期测定 .....	318
附录	.....	321
1.	法定计量单位 .....	321
2.	国际相对原子质量表 .....	322
3.	常见无机化合物性质 .....	323
4.	常见有机化合物的性质 .....	326
5.	常见化合物的摩尔质量表 .....	329
6.	常见基准物质 .....	331
7.	常见指示剂 .....	331
8.	常见缓冲溶液 .....	335

9. 常见标准缓冲溶液 .....	336
10. 常见酸碱浓度 .....	336
11. 水溶液中某些离子的颜色 .....	337
12. 弱酸、弱碱的解离常数 .....	337
13. 配合物稳定常数 .....	339
14. 物理化学常用数据表 .....	341
15. 常用溶剂及纯化处理方法 .....	347

参考文献 .....	355
------------	-----

# 第1章

## 绪论

### 1.1 基础化学实验的目的

基础化学实验是针对 21 世纪化学化工等专业人才培养目标的要求而设置的实践性独立基础课程，是化学及相关专业本（专）科生的必修课。开设实验课的目的主要是：① 巩固和加深理解化学理论课程中所学的某些理论和概念；② 使学生初步了解化学的研究方法，学习和掌握有关的实验技能及测试仪器的使用方法；③ 培养学生由所学基础理论的原理进行实验方案的设计，正确记录和处理实验数据，判断所得实验结果的可靠性，分析主要误差的来源及如何减小或消除实验误差等。学生经过基本实验的严格训练，能够规范地掌握实验的基本操作、基本技术和基本技能，巩固并加深对化学基本理论和基本知识的理解。通过实验，学生可以直接观察到大量的化学现象，经过思考、归纳、总结，从感性认识上升到理性认识。学习化学实验的全过程，综合培养学生动手、观测、查阅、记忆、思考、想象及表达等全部智力因素，从而使学生具备分析问题、解决问题的独立工作能力。在设计实验中，学生由提出问题、查阅资料、设计方案、动手实验、观察现象、测定数据，到正确处理和概括实验结果并用文字表达实验结果，练习解决化学问题、培养逻辑思维和训练科学研究能力，为今后学生的学习和开展科学研究工作奠定坚实的基础。通过严格认真的实验训练，还要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；培养敬业、一丝不苟和团队协作的工作精神，养成良好的实验室工作习惯；培养学生的素质和创新能力。

### 1.2 基础化学实验的学习方法

化学实验是在教师的正确引导下由学生独立完成的，学生要在实验技能方面取得成功，必须付出辛苦劳动，实事求是、认真细致。指导教师要抓好实验教学的每一环节，提高学生的实验课效率，因为好的实验效果与正确的学习态度和学习方法密切相关。对于基础化学实验的学习方法，应抓住以下四个重要环节。

#### 1.2.1 预习

实验前预习是必要的准备工作，是做好实验的前提。为了确保实验质量，实验前任课教

教师要检查每个学生的预习情况，查看学生的预习笔记，对没有预习或预习不合格者，任课教师有权不让他参加本次实验。

实验预习一般应达到下列要求：

① 认真阅读实验教材及相关参考资料，做到明确实验目的、理解实验原理、熟悉实验内容、掌握实验方法、切记实验中有关的注意事项，预习或复习基本操作、有关仪器的使用，在此基础上简明扼要地完成预习笔记；

② 在实验报告中，预习部分的书写是进行实验的首要环节，应在熟悉内容后简要填写实验的基本原理、实验步骤与操作、定量实验的计算等，并按照要求回答实验预习问题，回答不出来的，可以带着问题做实验，在实验中观察、思考，书写要求简明扼要，切忌抄书，实验方法步骤按不同实验要求，用方框、箭头或表格形式表示；

③ 按时到达实验室，观看实验讲解演示，专心听指导教师的讲解和示范操作，使基本操作规范化，迟到 10min 以上者禁止进行此次实验。

## 1.2.2 操作

实验是培养独立工作和思维能力的重要环节，必须严格按实验内容与操作规程进行，认真、独立地完成实验。

① 在充分预习的基础上规范操作，胆大心细；认真仔细地观察实验中的现象。实验过程中，应认真操作，详细准确地记录实验条件、实验现象和实验数据。在整个实验过程中要持有严谨的科学态度，做到清洁整洁，有条有理，一丝不苟，积极思考，善于发现和解决实验中出现的各种问题。及时地记录原始实验数据与实验现象。实验结束前应核对实验数据，对最终结果进行估算，若发现有疑点，可补测或重测。

② 对于设计性实验，审题要确切，方案要合理，现象要清晰。在实验中发现设计方案存在问题时，应分析并解决问题，及时修改方案，直至达到满意的结果，逐步提高思维能力。

③ 在实验中遇到疑难问题或者“反常现象”，应认真分析操作过程，思考其原因。为了正确说明问题，可在教师指导下，重做或补充进行某些实验。以培养独立分析、解决问题的能力。善于对实验中产生的现象进行理性探讨，倡导学生之间或师生之间的讨论，提高每次实验的效率。

④ 实验中自觉养成良好的科学习惯，遵守实验工作规则。按要求处理好废弃物，对使用的公用仪器按要求自觉管理好，并在相关记录本上登记，查漏补失。实验过程中应始终保持桌面布局合理、环境整洁。这是养成良好科学习惯必需的训练。

⑤ 实验结束后，须经教师在原始记录本上签字后才能离开实验室。

## 1.2.3 实验报告

实验报告是对每次所做实验的概括和总结，是培养学生思维能力、书写能力和总结能力的有效方法，必须严肃认真如实书写。实验报告要按一定格式书写，字迹端正，叙述简明扼要，实验记录真实，数据处理规范合理，表格形式和作图图形准确清楚，报告整齐洁净。

一份合格的报告应包括以下几部分内容。

① 实验预习 实验预习包括实验目的、原理、步骤等基本内容。实验原理应简述实验有关基本原理和主要反应方程式；实验步骤应简述实际操作要点，尽量用表格、框图、符号等形式清晰明了的表示。在熟悉实验内容基础上，回答预习思考题。

② 实验现象和数据记录 实验现象表达要详尽正确，数据记录要完整；不得主观臆造实验数据或抄袭他人的报告。

③ 解释、结论或数据计算 对实验现象进行解释，写出主要反应方程式，分标题小结或者最后得出结论；数据计算要表达清晰；完成实验教材中规定的作业。

④ 问题讨论 对实验进行小结，包括对实验条件与结果的讨论。分析产生误差的原因，针对实验中遇到的疑难问题提出自己的见解。对实验方法、教学方法和实验内容等提出意见或建议。结果讨论要针对本次实验，提出自己的见解，找出自己的不足，这也是实验报告的重要内容。回答实验后的思考题，进一步加深对实验的理解。

每次到达实验室后应主动及时地上交实验报告。

#### 1.2.4 实验成绩的评定

学生实验成绩主要依据其平时每次实验的成绩，平时成绩的平均值即为其最后的实验课成绩。每次实验课成绩评定的主要依据如下：

- ① 对实验原理和基本知识的理解；
- ② 对基本操作、基本技术的掌握，对实验方法的掌握；
- ③ 实验结果（合理的产量、纯度、准确度、精密度等）；
- ④ 原始数据的记录（及时、正确，包括表格的设计），数据处理的正确性、有效数字、作图技术的掌握，实验报告的书写与完整性；
- ⑤ 实验过程中的综合能力、科学品德和科学精神；
- ⑥ 自主完成实验，遵守实验守则，不大声喧哗、打闹，不干扰他人。

## 1.3 化学实验安全知识

化学实验室是学习、研究化学的重要场所。在实验室中，经常接触到各种化学药品和仪器。大家知道，化学试剂使用不当会引起中毒、爆炸、燃烧和灼伤等各种事故，因此实验室常常存在着诸如发生爆炸、着火、中毒、灼烧、割伤、触电等事故的危险性。因此，在每次实验前，要求实验者预先了解实验中所用化学试剂的规格、性能及使用时可能产生的危害，并做好预防措施。实验者必须特别重视实验安全。

### 1.3.1 基础化学实验守则

① 实验前一定要做好准备工作，认真预习，明确实验目的，了解实验原理，熟悉实验内容、方法和步骤。若准备工作未做好，不得进入实验室。

② 严格遵守实验室的规章制度。听从教师的指导，遵守一切必要的安全守则，保证实验安全。实验中要保持安静，有条不紊，实验过程中不能擅自离开岗位，……保持实验室的整洁。

③ 实验前应检查仪器设备是否存在破损、漏气、漏电等不安全因素，实验中应注意观察现象，如发现异常，应立即中断实验。

④ 实验中要规范操作，仔细观察，认真思考，如实记录。不得伪造实验现象和涂改实验数据。

- ⑤ 根据原始记录，独立完成实验报告，交给指导教师批阅。
- ⑥ 处理有毒或有强刺激性气体时要在通风橱中进行。
- ⑦ 减压操作或处理爆炸性物质及强腐蚀性物质等可能发生危险的实验，应使用防护眼镜、面罩、手套等防护设备。
- ⑧ 公用仪器及药品用后立即归还原处。药品及实验后的产品不能随意丢弃，以免酿成事故。试剂瓶用后，应立即盖上盖子，放回原处，以免和其他瓶上的塞子搞错，混入杂质。
- ⑨ 爱护仪器，节约水、电、煤气和试剂药品。
- ⑩ 废纸、火柴梗、碎玻璃和各种废液倒入废物桶或其他规定的回收容器中。严禁倒在水槽内，以防水槽堵塞和腐蚀。
- ⑪ 损坏仪器应填写仪器破损单，按规定进行赔偿。
- ⑫ 发生意外事故应保持镇定，立即报告教师，及时处理。
- ⑬ 实验完毕，由同学轮流值日，整理好仪器、药品和台面，清扫实验室，最后检查煤气开关和水龙头是否关紧，电闸是否拉掉，门窗是否关好。
- ⑭ 严禁在实验室内进食、饮用水或其他饮料，禁止穿拖鞋，不得吸烟。实验后应将手洗净再离开实验室。

### 1.3.2 常用危险化学品的安全使用

- ① 避免浓酸、浓碱等强腐蚀性试剂溅在皮肤、衣物上，尤其应注意保护眼睛。稀释浓硫酸时，应将浓硫酸慢慢注入水中，并不断搅拌，切勿将水注入浓硫酸中，以免迸溅，发生危险。
- ② 不纯的氢气遇火易爆炸，操作时必须严禁接近烟火。点燃前，必须先检验以确保纯度。银氨溶液不能保存，久置后也易爆炸。
- ③ 凡涉及有毒或有刺激性气体（如  $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{Cl}_2$ 、 $\text{CO}$ 、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{Br}_2$  等）的实验，以及加热或蒸发盐酸、硝酸、硫酸，溶解或硝化试样时，都应在通风橱中进行；涉及挥发性物质和易燃物质的实验，都应在离火较远的地方进行，并尽可能在通风橱中进行。通风橱开启后，不要把头伸入橱内，并保持实验室内通风良好。嗅闻气体时，应用手轻拂气体，把少量气体扇向自己，不能将鼻子直接对着瓶口。
- ④ 金属汞易挥发，当被人吸到体内后，易引起慢性中毒。一旦把汞洒落在桌面或地上，必须尽可能收集起来（用滴管或胶带纸），难以收集起来的汞用硫黄粉、多硫化钙或漂白粉盖在洒落的地方，使汞生成不挥发的难溶盐，并扫除干净。
- ⑤ 有机溶剂（如乙醇、乙醚、苯、丙酮等）易燃，使用时一定要远离火焰，用后应把瓶塞塞严，放在阴凉的地方。钠、钾、白磷等暴露在空气中易燃烧，活泼金属钠、钾应保存在煤油中，白磷应保存在水中，取用时用镊子夹取。
- ⑥ 有毒试剂（如氰化物、汞盐、铅盐、钡盐、重铬酸钾等）要严防进入口内或接触伤口，废物不能倒入水槽，应回收处理。
- ⑦ 禁止随意混合各种试剂药品，以免发生意外事故。
- ⑧ 禁止用手直接取用任何化学药品，使用有毒品时，除用药匙、量器外，必须佩戴橡皮手套。实验后马上清洗仪器用具，并立即用肥皂洗手。

### 1.3.3 电器的安全使用

在化学实验中，要使用大量的仪器设备。使用仪器设备的安全防护意识主要包括仪器设

备的安全和使用者的 人身安全两个方面。

### (1) 仪器设备的安全防护

① 使用者在使用仪器设备前应仔细阅读使用说明书及使用注意事项。选用某一级别的仪器设备不仅要保证测量精度和测量范围，还应了解仪器对电源的要求，是直流电还是交流电，是三相电还是单相电，电源电压是 380V、220V、110V 的高电压还是 36V 以下的低电压等。还有电器的功率大小是否合适，接地要求等。

② 使用功率很大的仪器设备时应事先计算电流量。按规定的安培数接到相应的电源上，并接上相应的保险熔断丝。接保险时应先断电，不要用其他的金属丝代替青铅合金或铅锡合金熔断丝。使用的电源线也应与仪器设备的功率相匹配。

③ 使用仪器仪表时应注意它们的量程。待测量的数据必须与仪器的量程相适应，若待测量大小不清楚时，必须先从仪器仪表的最大量程开始，例如某一毫安表的量程为 7.5-3-1.5mA，应先将接线接在最大量程 7.5mA 的接头上，若灵敏度不够，可逐次降到 3mA、1.5mA。

④ 安装仪器设备时，接线要正确、牢固。接线安装完毕后还应仔细检查，确实无误后才能接通电源。在通电瞬间，还要根据仪器仪表的指针、示数、方向及大小加以判断安装接线是否正确，当确定无误后才能正式接通电源进行实验。

### (2) 实验者人身安全防护

① 我国规定频率为 50Hz 的交流电 36V 以下是安全电压，超过 45V 都是危险电压。电气设备的外壳应接地，一切电源裸露部分都应有绝缘装置。

② 检修和安装电气设备时必须切断电源。

③ 不能用潮湿有汗的手去操作电器，也不能用湿毛巾去擦开着的电气设备，因为潮湿时电阻减小，容易引起触电。

④ 通常不能用两手同时触及电气设备。因为用一只手时，万一发生触电，可以减小电流通过心脏的可能性。

⑤ 使用高压电源要采取专门的安全防护措施，切不可用电笔去试高压电。

⑥ 进入任何一个实验室，都应对该实验室的电源总开关位置十分清楚。一旦发生事故能及时拉下电闸，切断电源。

## 1.3.4 事故的预防

### (1) 防毒

大多数化学试剂都具有不同程度的毒性。毒物可以通过呼吸道、消化道和皮肤进入人体内。所以，防毒的关键是尽量杜绝和减少毒物进入人体内的途径。因此，使用化学试剂时应注意以下几点。

① 实验前应了解所用药品的性能、毒性和应采取的防护措施。

② 使用有毒气体应在通风橱中进行。

③ 苯、四氯化碳、乙醚、硝基苯等的蒸气会引起中毒，虽然它们都有特殊的气味，但吸入一定量后会使人嗅觉减弱，因此使用时必须提高警惕。

④ 用移液管移取液体时，要按照操作要求进行，严禁用嘴吸吹。

⑤ 有些试剂（如苯、汞等）能穿过皮肤进入人体内，使用时应该避免其直接与皮肤接触。

⑥ 高汞盐 [ $\text{HgCl}_2$ 、 $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$  等]、可溶性钡盐 ( $\text{BaCO}_3$ 、 $\text{BaCl}_2$ )、重金属盐（镉

盐、铅盐)以及氰化物、三氧化二砷等剧毒物,应妥善保管,小心使用。

⑦ 不允许在实验室吃东西、喝水、抽烟。饮食用具、食物不得带到实验室内,以防被毒物污染。离开实验室时要用肥皂洗净双手。

## (2) 防火

防火就是防止意外燃烧。燃烧是一种伴有发热和发光的剧烈氧化反应,它必须同时具备下列三个条件:可燃物、助燃物(如空气中的氧气)和火源(如明火、火花、灼热的物体等),三者缺一不可。控制或消除已经产生的燃烧条件,就可以控制或防止火灾。

化学实验室常用的一些有机试剂和溶剂的闪点很低,许多都属于一级易燃液体。

闪点是液体表面上的蒸气和周围空气的混合物与火接触,初次出现蓝色火焰的闪光时的温度。它是表征液体可燃性的一个重要指标。显然,闪点越低,越容易发生燃烧。按照我国规定,凡是闪点在 $45^{\circ}\text{C}$ 以下的液体都属于易燃液体。其中闪点在 $28^{\circ}\text{C}$ 以下的,称为一级易燃液体,在 $28.1\sim 45^{\circ}\text{C}$ 的称为二级易燃液体。某些有机物的闪点和沸点见表1-1。

表 1-1 某些有机物的闪点和沸点

名 称	闪点/ $^{\circ}\text{C}$	沸点/ $^{\circ}\text{C}$	名 称	闪点/ $^{\circ}\text{C}$	沸点/ $^{\circ}\text{C}$
乙醚	-45.0	34.8	苯	-11.0	80.1
乙醛	-38.0	20.8	环己烷	-6.0	80.7
二硫化碳	-30.0	46.5	甲醇	11.0	64.8
丙酮	-18.0	56.5	乙醇	2.0	78.4
石油醚	-17.0	40.0~80.0			

实验室使用易燃液体时,应特别小心,周围环境必须避免明火。对沸点低于 $80^{\circ}\text{C}$ 的液体,一般在蒸馏时应采用水浴加热,不能直接用火加热。蒸馏或回流操作前,应预先加沸石,以防止因暴沸引起意外。实验操作时,应防止有机物蒸气泄漏出来,也不要敞口装置加热。若要进行除去溶剂的操作,则必须在通风橱里进行。最后还应注意,不要把这些废弃液体倒入废液缸中。

化学实验室常用的明火源是酒精灯火焰和非封闭的电炉,它们都应远离易燃液体,远离盛有有机物的器具。此外还应注意,不要把未熄灭的火柴梗乱丢,不要在充满有机物蒸气的实验室里(这种情况常发生在物料泄漏时)启动没有防爆设施的电器,以免引燃(爆)。对于易发生自燃的物质及沾有它们的滤纸,不能随意丢弃,以免成为新的火源,引起火灾。

发现烘箱有异味或冒烟时,应迅速切断电源,使其慢慢降温,并准备好灭火器备用。千万不要急于打开烘箱门,以免突然供入空气助燃(爆),引起火灾。

实验室万一起火,首先不要惊慌失措,要立即关闭电源开关,然后设法灭火。当装有可燃性物质的器皿着火时,可用石棉布、表面皿、大烧杯等将其盖住,使之与空气隔绝而熄灭。当衣服着火时,千万不要奔跑,可用灭火毯裹住身体灭火,或者迅速脱下衣服,或者人在地上打滚以扑灭火焰。火灾发生时,应迅速就近用黄沙、灭火器等灭火,一般不用水来灭火。

化学实验室常用的灭火器是二氧化碳灭火器,它对扑灭轻微的火灾最为有效,而且也不损坏仪器。但它不能用来扑灭钠、钾、镁等金属及其氢化物引起的火灾。在使用二氧化碳灭火器时,应注意不要被喷出的二氧化碳冻伤。

为了保证安全,实验室特别是有机化学实验室应备有黄沙、石棉布、灭火器等灭火用具,学生实验前应清楚灭火用具的安放位置和使用方法。



### (3) 防爆

可燃气体和空气混合时，当两者的比例处于爆炸极限，只要有一个适当的热源或火星，将引起爆炸。一些可燃气体与空气混合的爆炸极限见表 1-2。

表 1-2 一些可燃气体与空气混合的爆炸极限 (293K, 101.3kPa)

气体	爆炸高限 体积分数/%	爆炸低限 体积分数/%	气体	爆炸高限 体积分数/%	爆炸低限 体积分数/%
氢气	74.2	4.0	磺酸	—	4.1
乙烯	28.6	2.8	乙酸乙酯	11.4	2.2
乙炔	80.0	2.5	一氧化碳	74.2	12.5
苯	6.8	1.4	水煤气	72.0	7.0
乙醇	19.0	3.3	煤气	32.0	5.3
乙醚	36.5	1.9	氨	27.0	15.5
丙酮	12.8	2.6	甲醇	36.5	6.7

另外有些化学试剂如叠氮铅、乙炔银、高氯酸盐、过氧化物等受到震动或受热容易引起爆炸。特别应防止强氧化剂和还原剂存放在一起。久藏的乙醚使用前应设法除去其中可能产生的过氧化物。在操作可能发生爆炸的实验时，应有防爆措施。

### (4) X 射线的防护

X 射线被人体组织吸收后，对健康是有害的。一般晶体 X 射线衍射分析用的软 X 射线（波长较长、穿透能力较低）比医院透视用的硬 X 射线（波长较短、穿透能力较强）对人体组织伤害更大。轻者造成局部灼伤，如果长时间接触可造成白细胞含量下降，毛发脱落，发生严重的射线病。但若采取适当的防护措施，上述危害是可以防止的。

防护时最基本的一条是防止身体各部分（特别是头部）受到 X 射线照射，尤其是受到 X 射线的直接照射。因此要注意在 X 射线管窗口附近用铅皮（厚度在 1mm 以上）挡好，使 X 射线尽量限制在一个小范围内，不让它散射到整个房间。在进行操作（尤其是对光）时，应戴上防护用具（特别是铅玻璃眼睛）。操作人员站的位置应避免直接照射。操作完，用铅屏把人与 X 射线机隔开；暂不工作时，应关好窗口。非必要时，人员应尽量离开 X 射线实验室。室内应保持良好通风，以减少由于高电压和 X 射线电离作用产生的有害气体对人体的影响。

## 1.3.5 意外事故的紧急处理

① 割伤 割伤大多是玻璃划伤。较小的割伤，如伤口中有玻璃碎片，先挑出伤口内的异物，用水洗涤伤口后涂上红汞水；较大的割伤，应立即用绷带扎紧伤口上部，压迫止血，并急送医疗部门。

② 烫伤 切勿用水冲洗。不要将烫起的水泡挑破，可在伤处涂上烫伤药膏，包扎后送医院治疗，对轻微烫伤，可用浓高锰酸钾溶液润湿伤口至皮肤变为棕色，然后涂上獾油或烫伤膏；重者应急送医疗部门。

③ 酸腐蚀 先用大量水冲洗，以免深度烧伤，再用饱和碳酸氢钠溶液或稀氨水冲洗，最后用水冲洗。

④ 碱腐蚀 先用大量水冲洗，再用醋酸（ $20\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$ ）或硼酸溶液冲洗，最后用水冲洗。