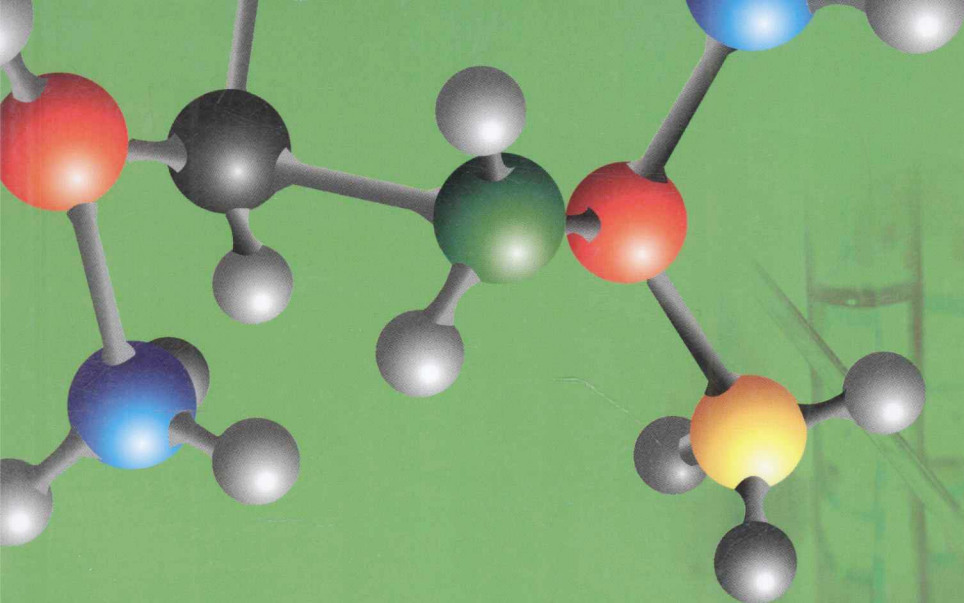




- 国家理科基础科学研究和教学人才培养基地教材
- 国家级实验教学示范中心教材

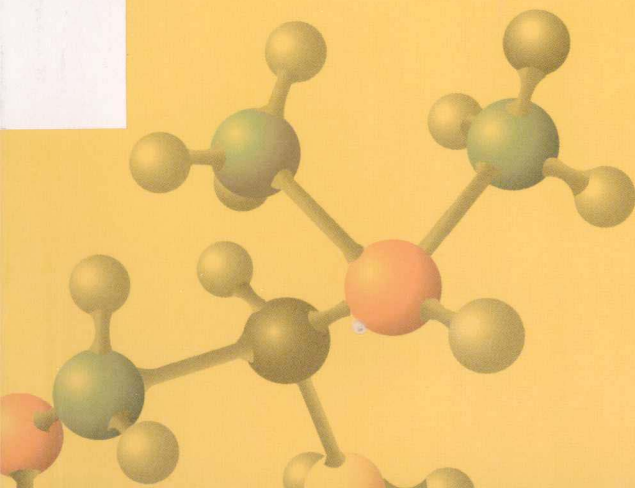
基础化学实验

JICHU HUAXUE
SHIYAN



高绍康 主编
陈建中 副主编

 化学工业出版社



013067187

06-3
273

- 国家理科基础科学研究和教学人才培养基地教材
- 国家级实验教学示范中心教材

基础化学实验

JICHU HUAXUE
SHIYAN



高绍康 主编
陈建中 副主编

06-3/273



化学工业出版社

· 北京 ·



北航

C1675188

781720810

本书为基础化学实验课程适用教材,分为上篇、下篇和附录三部分。上篇主要介绍化学实验基本知识、基本操作和基本技术;下篇为实验部分,内容包括基本操作与基本技能训练、物质的性质与鉴别、物质的合成与制备、物质的化学分析与仪器分析、基本物理量与物化参数的测定以及综合性、研究性和创新性实验;附录部分为化学实验常用数据表。本书在化学一级学科层面上,以化学实验基本操作和技能的训练为主线,以具体实验为载体,注重训练和培养学生的实验动手能力,并逐步锻炼学生进行综合实验和研究、设计实验的能力。全书实验安排由浅入深,由简单到综合,由综合到设计、研究、创新。在实验内容的选择上,既有反映基础化学实验知识和基本操作的实验,也有反映现代化学进展和新技术、新方法的实验。

本书既可作为高等院校化学类各专业的基础化学实验课程教学用书,也可作为化工与制药类、材料类、环境科学与工程类、生物科学类及相关专业的基础化学实验教材或教学参考书,对有关专业技术人员也有一定参考价值。



图书在版编目(CIP)数据

基础化学实验/高绍康主编. —北京:化学工业出版社, 2013.9

国家理科基础科学研究和教学人才培养基地教材

国家级实验教学示范中心教材

ISBN 978-7-122-18122-0

I. ①基… II. ①高… III. ①化学实验-教材 IV. ①06-3

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第175775号

责任编辑:杜进祥

文字编辑:向东

责任校对:宋夏

装帧设计:韩飞

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:三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张41½ 字数1090千字 2013年10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:98.00元

版权所有 违者必究

前言

化学是一门以实验为基础、富有创造性的中心学科。化学实验教学是现代化学教育过程中不可缺少的重要环节,在培养学生的实践能力、科学思维与方法、创新意识与能力,全面推进素质教育等方面都有着重要的作用。为适应化学学科迅速发展、满足培养新世纪人才的需要,我们根据教育部高等学校化学类专业教学指导分委员会制定的“高等学校化学类专业指导性专业规范”中有关“化学类专业化学教学基本内容”的要求,结合我校“以工为主、理工结合”的办学特点和多年积累的实验教学经验,参考本校及国内外有关实验教材和参考书,组织编写了本教材。

本书由上、下两篇及附录三部分组成。上篇主要介绍化学实验基本知识、基本原理、基本技术和方法;下篇为实验部分,按照“基础实验-综合实验-研究性、创新性实验”三个层次进行编排,由基本操作与基本技能训练、物质的性质与鉴别、物质的合成与制备、物质的化学分析与仪器分析、基本物理量和物化参数的测定以及综合性、研究性和创新性实验六个实验模块构成,共编入 143 个实验。在实验内容安排上,由浅入深,由简单到综合,由综合到设计、研究、创新;既有反映基础化学实验知识和基本操作的实验,也有反映现代化学进展和新技术、新方法的实验,并尽可能体现应用性、先进性和综合性。在附录部分选编了化学实验中必需的一些重要数据表,便于学生在预习和实验中查阅和应用。

本教材有如下特点:

1. 打破传统的二级学科实验体系框架和实验教学依附理论教学的实验教学模式,在化学一级学科层面上,对原有的无机化学实验、有机化学实验、化学分析及仪器分析实验、物理化学实验内容进行重新组织,优化组合,并将它们有机地融合起来,形成理论教学和实验教学既相对独立又有机结合的完整的化学实验教学新体系和新模式。

2. 着重介绍化学实验的基本知识、基本操作和基本技术,注重学生实验动手能力的训练和培养。对化学实验基本知识和基本技术单独进行介绍,同时又将这些内容贯穿于各个实验项目之中,这样编排既便于学生纵观化学实验的全貌,又有利于强化学生基本技能的训练。

3. 注重于学生自主学习能力的培养和综合素质的提高。在每一个实验前面提出“目的与要求”和“预习与思考”,以针对实验独立设课及实验课超前于理论课的实际情况,引导学生自主地进行学习。此外,在一些实验中还设置了“小设计实验”,以引导学生拓展思维空间和知识面,培养学生的创新意识。

4. 注重教学与科研的互动,突出学生综合能力的培养。本书第 12 章综合性、研究性和创新性实验内容大部分是由我校教师近年来的科研课题和研究成果凝练转化而来的,通过这些实验,在促进教学与科研互动的同时,不仅可以使学生获得专业技术知识,受到科学研究的初步训练,还可以使学生尽早地接触和了解化学及相关研究领域的最新知识和学科发展前沿,扩大学生的知识面,充分调动学生主动学习的热情,培养学生的科研精神、创新意识和独立开展化学实验的能力以及团队协作精神。

本书既可作为高等院校化学、应用化学专业基础化学实验课程教学用书,也可作为化工

类、材料科学类、环境科学类、生命科学类及相关专业化学实验教材或教学参考书，对有关专业技术人员也有一定参考价值。

本书由高绍康主编，陈建中副主编。第1~6章由高绍康编写；第7~9章无机实验部分由赵斌、易心正编写，有机实验部分由方昕、游毅、柯子厚编写；第10章化学分析部分由林翠英编写，仪器分析部分由王建编写；第11章由李浩宏、庄乃锋、李奕编写；第12章由赵剑曦、王建组织、策划，赵剑曦、王建、林树坤等10多位老师参与编写，各实验的编写者列在实验内容之后；附录部分由袁锡文、王桂美编写；全书由高绍康、陈建中统稿、定稿。

本书的编写是福州大学化学化工学院长期从事实验教学工作的教师们共同努力的结果。在本书编写过程中，参考了本校和一些兄弟院校实验教材的相关内容；化学工业出版社的领导和编辑对本书的编写给予了极大的帮助和支持；在此一并表示衷心的感谢！同时感谢国家自然科学基金委国家基础科学人才培养基金的资助！感谢福州大学教务处对本书的编写给予的立项支持！

由于编者水平所限，书中疏漏和不当之处在所难免，恳请专家和读者批评指正。

编者 2013年5月于福州大学旗山校区

目 录

上篇 化学实验的基本知识、基本操作和基本技术

第1章 绪论 1

1.1 化学实验的目的与要求 1

1.1.1 化学实验的目的 1

1.1.2 化学实验的基本要求 2

1.2 化学实验室基本知识 3

1.2.1 学生实验守则 3

1.2.2 化学实验室安全规则 4

1.2.3 化学危险品的分类及其使用规则 5

1.2.4 化学实验意外事故的预防和急救处理 6

1.2.5 化学实验室消防安全知识 8

1.2.6 实验室“三废”的处理 9

1.3 化学文献基础知识 11

1.3.1 化学文献的分类 11

1.3.2 化学文献检索简介 11

1.3.3 图书目录简介 12

1.3.4 化学文献与资料 12

1.3.5 化学文摘 18

1.3.6 网络上的化学信息资源 19

第2章 化学实验基本知识 21

2.1 常用玻璃仪器 21

2.1.1 常用玻璃仪器及器皿 21

2.1.2 有机化学实验常用玻璃仪器 24

2.1.3 玻璃仪器的洗涤和干燥 28

2.2 化学试剂 32

2.2.1 化学试剂的规格 32

2.2.2 化学试剂的存放 33

2.2.3 化学试剂的取用 33

2.2.4 溶液的配制 35

2.3 试纸与滤纸 37

2.3.1 试纸及使用方法 37

2.3.2 滤纸 39

2.4 实验用水及纯水的制备 39

2.4.1 实验用水的规格和检验 40

2.4.2 纯水的制备 41

2.5 气体的制备与纯化 42

2.5.1 气体的制备 42

2.5.2 气体的收集 44

2.5.3 气体的纯化与干燥 44

2.5.4 气体钢瓶及其使用 46

第3章 化学实验基本操作 48

3.1 简单玻璃工操作和塞子的加工 48

3.1.1 玻璃管(棒)的清洗和干燥 48

3.1.2 玻璃管(棒)的切割 48

3.1.3 拉玻璃管与滴管的制作 49

3.1.4 弯玻璃管 49

3.1.5 塞子的配置与打孔 50

3.2 称量仪器及其使用 52

3.2.1 托盘天平 52

3.2.2 电子天平 52

3.2.3 试样的称量方法 53

3.3 玻璃量器及其使用 55

3.3.1 滴定管 55

3.3.2 移液管和吸量管 60

3.3.3 容量瓶 62

3.3.4 微量进样器 64

3.3.5 量筒和量杯 64

3.3.6 量器的校准 65

3.4 加热与冷却 66

3.4.1 加热装置 67

3.4.2 加热方法 70

3.4.3 冷却方法 72

3.5 物质的干燥 73

3.5.1 干燥分类及原理 73

3.5.2 干燥仪器和设备 74

3.5.3 物质的干燥和干燥剂 76

3.6 熔点的测定和温度计的校正 78

3.6.1 基本原理 78

3.6.2 熔点的测定方法 79

3.6.3 温度计的校正 82

第4章 化学实验基本技术 84

4.1 固液分离 84

4.1.1 溶液的蒸发与浓缩 84

4.1.2 结晶 84

4.1.3	固液分离的方法	85
4.1.4	重量分析的基本操作	90
4.2	重结晶	93
4.2.1	溶剂的选择	93
4.2.2	重结晶操作	94
4.3	升华	97
4.3.1	基本原理	97
4.3.2	操作方法	97
4.4	蒸馏	98
4.4.1	简单蒸馏原理	98
4.4.2	简单蒸馏操作	99
4.4.3	微量法测定沸点	101
4.5	分馏与精馏	102
4.5.1	理想溶液的分馏原理	102
4.5.2	共沸混合物分馏原理简介	103
4.5.3	分馏柱与填料	104
4.5.4	分馏装置与操作	104
4.6	减压蒸馏	105
4.6.1	减压蒸馏原理	105
4.6.2	减压蒸馏装置及操作	106
4.6.3	旋转蒸发器与溶剂的蒸除	108
4.7	水蒸气蒸馏	109
4.7.1	水蒸气蒸馏原理	109
4.7.2	水蒸气蒸馏装置与操作	111
4.8	萃取和洗涤	112
4.8.1	基本原理	113
4.8.2	实验方法	114
4.8.3	液-液萃取操作	114
4.9	色谱分离技术	116
4.9.1	薄层色谱	116
4.9.2	纸色谱	120
4.9.3	柱色谱	121
4.10	反应操作技术	123
4.10.1	试管实验基本技术	123
4.10.2	搅拌	125
4.10.3	无水无氧操作	127
4.10.4	高压操作	129

第5章 化学实验中的基本原理与基本方法

5.1	定量分析的原理与方法	132
-----	------------	-----

5.1.1	试样的采集与制备	132
5.1.2	分析测定方法的选择	135
5.1.3	滴定分析	135
5.1.4	重量分析	137
5.2	误差与实验数据处理	138
5.2.1	实验记录	138
5.2.2	误差的概念	138
5.2.3	实验数据处理与结果表达	144

第6章 基本物理量的测定技术

6.1	温度的测量	156
6.1.1	温标	156
6.1.2	温度的测量和温度计	158
6.1.3	量热技术	169
6.2	温度的控制技术	170
6.2.1	常温控制	171
6.2.2	高温控制	174
6.2.3	低温控制	176
6.3	压力的测量与真空技术	177
6.3.1	概述	177
6.3.2	常用测压仪表	178
6.3.3	气压计	180
6.3.4	真空技术简介	184
6.4	黏度和密度的测定	191
6.4.1	流体黏度的测定	191
6.4.2	物质密度的测定	193
6.5	光学测量技术	196
6.5.1	折射率与阿贝折射仪	196
6.5.2	旋光仪与旋光度的测定	200
6.5.3	分光光度计	202
6.6	电化学测量技术	207
6.6.1	电导的测量与电导率仪	207
6.6.2	电池电动势的测量	210
6.6.3	酸度计与pH的测定	215
6.6.4	检流计	217
6.6.5	直流电位差计	218
6.7	热分析测量技术	221
6.7.1	热重分析	221
6.7.2	差热分析法	222
6.7.3	差示扫描量热法	224

下篇 实验

第7章 基本操作与基本技能训练

实验一	仪器的洗涤、干燥与玻璃工 操作	227
-----	--------------------	-----

实验二 电子分析天平的使用

实验三 溶液的配制

实验四 酸碱滴定

230
231
234

实验五 氯化钠的提纯	239	实验四十二 高锰酸钾的制备及纯度 测定	350
实验六 阿伏加德罗常数的测定	241	实验四十三 十二钨硅酸的制备、萃取、分离 及表征	353
实验七 摩尔气体常数的测定	243	实验四十四 二茂铁的制备	355
实验八 蒸馏及沸点的测定	246	实验四十五 醋酸铬(Ⅱ)水合物的 制备	358
实验九 简单分馏	248	实验四十六 反尖晶石类型化合物铁(Ⅲ) 酸锌的制备及表征	359
实验十 减压蒸馏	251	实验四十七 碘酸钾的合成	362
实验十一 重结晶	253	实验四十八 一种钴(Ⅲ)配合物的制备及 组成的测定	364
实验十二 熔点测定及温度计校正	256	实验四十九 三草酸合铁(Ⅲ)酸钾的制备 及组成的测定	367
实验十三 萃取	257	实验五十 乙酰丙酮锰的制备和磁化率 测定	370
实验十四 从茶叶中提取咖啡因	259	实验五十一 席夫碱的制备与组分鉴定 (设计实验)	372
实验十五 生姜中生姜油的提取	262	实验五十二 铝矾土中主要成分的提取与应用 (设计实验)	373
实验十六 色谱技术	264	实验五十三 乙酰苯胺的制备	373
第 8 章 物质的性质与鉴别	268	实验五十四 正溴丁烷的制备	376
实验十七 解离平衡与缓冲溶液	268	实验五十五 环己烯的制备	380
实验十八 配合物与沉淀-溶解平衡	271	实验五十六 肉桂酸的制备	382
实验十九 氧化还原反应与电化学	276	实验五十七 苯甲酸乙酯的制备	384
实验二十 弱酸解离常数和解离度的 测定	279	实验五十八 乙酸正丁酯的制备	387
实验二十一 碱金属和碱土金属	281	实验五十九 乙醚的制备	389
实验二十二 卤素	284	实验六十 乙酰乙酸乙酯的制备	391
实验二十三 过氧化氢、硫及其化合物	287	实验六十一 2-甲基-2-己醇的制备	394
实验二十四 碳、硅、硼、铝	292	实验六十二 对氯甲苯的制备	397
实验二十五 氮、磷	297	实验六十三 甲基橙的制备	401
实验二十六 锡、铅、砷、锑、铋	301	实验六十四 苯甲醇和苯甲酸的制备	403
实验二十七 ds 区元素化合物的性质	305	实验六十五 苯乙酮的制备	405
实验二十八 d 区元素化合物的性质 (一)	308	实验六十六 硝基苯的制备	407
实验二十九 d 区元素化合物的性质 (二)	314	实验六十七 苯胺的制备	409
实验三十 常见阳离子的分离与鉴定 (设计实验)	316	第 10 章 物质的化学分析和仪器 分析	412
实验三十一 常见阴离子的分离与鉴定	324	实验六十八 酸碱溶液的配制和浓度的 比较	412
实验三十二 未知无机固体混合物的鉴定 (设计实验)	328	实验六十九 酸碱标准溶液浓度的标定	414
实验三十三 有机物元素的定性分析	328	实验七十 混合碱的测定(双指示 剂法)	416
实验三十四 烷、烯、炔的鉴定	331	实验七十一 有机酸摩尔质量的测定	418
实验三十五 卤代烃、酚、醇的鉴定	332	实验七十二 硫酸铵中含氮量的测定 (甲醛法)	419
实验三十六 醛、酮和糖的鉴定	336		
第 9 章 物质的合成与制备	341		
实验三十七 由胆矾精制五水硫酸铜	341		
实验三十八 硫酸亚铁铵的制备	342		
实验三十九 转化法制备硝酸钾	345		
实验四十 用废旧易拉罐制备硫酸铝钾 (设计实验)	347		
实验四十一 四碘化锡的制备	348		

实验七十三	EDTA 标准溶液的配制和 标定	421	实验九十八	稠环芳烃的高效液相色谱法分析 及柱效能评价	466
实验七十四	水的硬度的测定 (配位滴 定法)	423	实验九十九	五水硫酸铜热重曲线的 测定	468
实验七十五	铅铋混合液中铅铋含量的连续 测定	425	实验一〇〇	X 射线衍射法物相分析	471
实验七十六	铝合金中铝含量的测定	427	第 11 章 基本物理量与物化参数的 测定		474
实验七十七	高锰酸钾标准溶液的配制和 标定	428	实验一〇一	液体饱和蒸气压的测定	474
实验七十八	过氧化氢含量的测定 (高锰酸钾法)	430	实验一〇二	凝固点降低法测定蔗糖的摩尔 质量	476
实验七十九	水样中化学耗氧量 (COD) 的测定 (高锰酸钾法)	431	实验一〇三	分解反应平衡常数的测定	479
实验八十	碘和硫代硫酸钠标准溶液的配制 和标定	433	实验一〇四	燃烧热的测定	482
实验八十一	硫酸铜中铜含量的测定	436	实验一〇五	双液系气-液相图的绘制	485
实验八十二	水果中维生素 C 含量的 测定	438	实验一〇六	二组分固-液相图的绘制	490
实验八十三	重铬酸钾法测定铁矿石中 铁含量 (无汞法)	439	实验一〇七	差热分析	493
实验八十四	工业苯酚纯度的测定	441	实验一〇八	分光光度法测定配合物的稳定 常数	495
实验八十五	氯化物中氯含量的测定 (莫尔法)	443	实验一〇九	离子迁移数的测定 (界面 移动法)	499
实验八十六	二水合氯化钡含量的测定 (重量法)	444	实验一一〇	电动势的测定及其应用	501
实验八十七	工业漂白精中有效氯和固体总钙量 的测定 (设计实验)	446	实验一一一	氢超电势的测定	504
实验八十八	邻二氯菲分光光度法测定微 量铁	447	实验一一二	蔗糖水解速率常数的测定	507
实验八十九	紫外吸收光谱法同时测定邻位和 对位甲苯磺酰胺的含量	449	实验一一三	乙酸乙酯皂化反应速率常数的 测定	510
实验九十	荧光分光光度法测定 维生素 B ₂	452	实验一一四	丙酮碘化反应速率常数的 测定	512
实验九十一	原子吸收分光光度法测定自来水 中钙、镁的含量	453	实验一一五	B-Z 振荡反应	516
实验九十二	有机化合物红外光谱的 测定	457	实验一一六	黏度法测定高聚物的相对分子 质量	519
实验九十三	离子选择性电极测定试样中 的氟含量	458	实验一一七	溶液表面吸附的测定	524
实验九十四	单扫描极谱法测定铜的 含量	460	实验一一八	胶体制备及 ζ 电位的测定	527
实验九十五	循环伏安法判断电极过程	462	实验一一九	电渗与电泳	529
实验九十六	气相色谱定性定量分析	463	实验一二〇	磁化率——配合物结构的 测定	532
实验九十七	醇系物的分离 (程序升温气 相色谱法)	465	实验一二一	偶极矩的测定	537
			实验一二二	分子结构模型的构建及优化 计算	543
			实验一二三	物理化学设计实验	547
			第 12 章 综合性、研究性和创新性 实验		549
			实验一二四	非线性光学晶体磷酸二氢钾 (KDP) 的单晶生长与光学性能 测定	549
			实验一二五	掺杂钼酸盐晶体的合成、结构 鉴定和性能表征	554

实验一二六	无机-有机杂化材料的合成与结构	558	附录 4	可与国际单位制并用的我国法定计量单位	626
实验一二七	二聚钨团簇的化学键分析	560	附录 5	一些物理和化学的基本常数	627
实验一二八	双原子分子振动频率的计算模拟	564	附录 6	元素的相对原子质量 (1999 年)	628
实验一二九	膨化食品中微量铅残留的测定分析	567	附录 7	不同温度下水的折射率	629
实验一三〇	应用化学发光法研究酞菁光敏剂单态氧相对量子产率	570	附录 8	不同温度下水的表面张力	629
实验一三一	重金属污染物(汞离子)的可视化传感器的制备与应用	574	附录 9	不同温度下水的黏度	630
实验一三二	毛细管电泳安培检测法分离测定多巴胺和儿茶酚	577	附录 10	不同温度下水的饱和蒸气压	630
实验一三三	金属有机化合物的制备与应用——格氏试剂用于染料合成	580	附录 11	不同温度下某些液体的密度	632
实验一三四	天然产物的合成与结构鉴定——蟑螂信息素的制备	583	附录 12	常用酸碱溶液的密度和浓度	632
实验一三五	载药乳状液制备与乳液稳定性	586	附录 13	常用指示剂	633
实验一三六	表面活性剂水溶液在固体表面的润湿作用及其构效关系	590	附录 14	常用缓冲溶液的配制	636
实验一三七	铜离子对生活污水生化处理的影响	596	附录 15	七种 pH 基准缓冲溶液的 pH	636
实验一三八	白蛋白与药物小分子复合物的制备及性能测试	600	附录 16	常用基准物及其干燥条件	637
实验一三九	扣式锂离子电池的制备及性能测试	604	附录 17	弱酸及其共轭碱在水中的解离常数 (298.15K, 离子强度 $I=0$)	637
实验一四〇	酞菁金属配合物的合成及其光物理性质测定	610	附录 18	某些难溶化合物的溶度积常数 (298.15K)	640
实验一四一	一种磷钼酸盐 ($(2, 2'-\text{bipyH})_3(\text{PMo}_{12}\text{O}_{40})$) 的合成与热微扰下二维相关光谱研究	614	附录 19	某些金属配离子的稳定常数 (293~298K, 离子强度 $I\approx 0$)	641
实验一四二	可溶性花酰亚胺染料的固相合成及其超分子聚集行为	619	附录 20	某些羧酸配位剂与金属离子配合物的稳定常数 $\lg K^\ominus(\text{ML})$	641
实验一四三	多钒酸盐的水热合成及结构表征	621	附录 21	半电极反应和标准电极电势 (298.15K)	642
附录		625	附录 22	实验室中一些试剂的配制	647
附录 1	国际单位制 (SI) 基本单位	625	附录 23	常见离子及化合物的颜色	648
附录 2	国际单位制中具有专门名称的导出单位	625	附录 24	摩尔凝固点降低常数	649
附录 3	国际单位制 (SI) 词头	626	附录 25	KCl 溶液的电导率	649
			附录 26	无限稀释溶液的离子摩尔电导率	650
			附录 27	电解质水溶液的摩尔电导 (298.15K)	650
			附录 28	不同温度下甘汞电极的电极电势	650
			附录 29	不同温度下 Ag/AgCl 的电极电势	651
			附录 30	部分共沸物的性质	651
			参考文献		653

上篇 化学实验的基本知识、 基本操作和基本技术

第1章 绪论

1.1 化学实验的目的与要求

1.1.1 化学实验的目的

化学是一门以实验为基础的学科。化学实验教学是培养学生创新意识、实践能力和科学素质的重要途径。化学实验教学的功能是课堂教学所不能替代的，因而在化学及相关专业人才培养中起着关键的作用。因此，在围绕培养学生创新意识、增强实践能力的教学改革中，化学实验作为高等理工院校化学、化工、材料等专业的主要基础课程，在培养未来科技人才的教育中，占有特别重要的地位。

化学实验与课堂讲授的理论部分一样，是学生掌握基础知识和基本理论、培养基本技能、孕育创新意识必不可少的教学环节。学生通过独立地进行实验操作、观察和记录实验现象、分析问题、归纳知识、撰写实验报告等多方面的训练，可对学到的基本知识、基本理论进行验证，并得到巩固、深化和提高。同时，学生可以规范地掌握从事科学实验和科学研究所必需的基本操作、基本技术和基本技能，逐步培养严谨的科学态度、实事求是的工作做法、良好的工作习惯以及科学的思维方法；还可培养求真务实、团结协作、勤奋不懈、百折不挠的精神，并使之养成节约、整洁、准确和有条不紊等良好的实验室工作习惯和科学习惯，为今后的工作奠定良好的基础。因此，通过本课程的学习，要达到以下目的。

- ① 通过观察实验事实，完成从感性知识向理性认识的过渡，加深对化学理论课中的基本原理和基本知识的理解和掌握，培养学生从化学实验实践中获取新知识的能力。
 - ② 通过对学生进行科学实验方法的基本训练，使之能正确、熟练地掌握化学实验的基本操作、基本技术和基本技能，正确使用基本实验仪器，培养独立工作能力和独立思考能力；培养学生细致观察和记录实验现象、归纳和综合知识、正确处理数据、分析问题、用文字表达实验结果的能力，以及一定的组织实验、科学研究和创新意识。
 - ③ 培养学生实事求是的科学态度，严谨、细致、准确、整洁等良好的科学习惯、科学精神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，为今后的工作奠定良好的基础。
 - ④ 了解实验室工作的有关知识，如实验室的各项规则，实验室工作的基本程序；实验室试剂、物资和仪器的管理；实验可能发生的一般事故及其处理；实验室“三废”的一般处理方法等。
- 总之，经过本课程的学习和严格的实验训练后，使学生具有一定的分析和解决较复杂问

题的实践能力, 收集和处理化学信息的能力, 文字表达实验结果的能力, 以及团结协作精神。

1.1.2 化学实验的基本要求

实验课的学习是以学生为主, 对学生独立从事科学研究工作能力的培养具有重要的作用。要很好地完成实验任务, 不仅要有正确的学习态度, 而且还要有正确的学习方法, 学生要在以下环节严格要求自己。

1.1.2.1 实验前预习

实验预习对于做好实验至关重要, 因此实验前必须进行充分的预习和准备。预习时应做到: 认真阅读实验教材, 了解实验的目的与要求, 熟悉实验内容、弄清实验的方法及原理, 明了基本仪器、装置的使用方法和注意事项, 掌握实验数据的处理方法, 解答书上的思考题等, 对实验的各个环节心中有数, 才能使实验顺利进行, 达到预期的效果。

在认真预习的基础上, 按指导老师的要求简明扼要地写出实验预习报告。预习报告应写明实验名称、实验目的, 设计好记录数据或现象的表格和栏目, 其格式可以参考实验报告的格式或自己拟定, 并在实践中不断加以改进, 但切忌照抄书本。实验过程或步骤应尽可能用反应方程式、流程图、箭头等符号表示。

1.1.2.2 实验过程

实验是培养学生分析问题、解决问题、独立工作和思维能力的重要环节, 必须认真、独立完成。学生实验时, 原则上应按照实验教材上所提示的内容、步骤、方法要求及药品用量进行实验, 设计性实验或者对一般实验提出新的实验方案, 应与指导教师讨论、修改, 经指导教师认可后方可进行实验。学生应提前 10min 进入实验室, 在指定位置进行实验, 并要求做到如下几点。

① 认真听指导教师讲解实验, 进一步了解实验原理、操作要点、实验注意事项等, 仔细观察教师的示范操作, 掌握操作要领和操作规范。如有不理解的问题, 应及时发问。

② 实验时要认真操作, 正确使用仪器, 细心观察, 及时如实、准确地将观察到的实验现象和数据记录在记录本上, 不能随意记录在纸片上, 更不能转移、涂改。原始记录需请指导教师检查、认可并签名, 留作撰写实验报告的依据。

③ 如果发现实验现象和理论不符时, 应首先尊重实验事实, 并认真分析和检查原因, 并细心地重做实验。必要时可以做对照实验、空白实验或自行设计的实验来核对, 直到从中得出正确的结论。

④ 实验过程中既要动手又要动脑, 要勤于思考, 注意培养自己严谨的科学态度和实事求是的科学作风。若遇到疑难问题和异常现象而自己难以解释时, 可以相互轻声讨论或询问指导教师。

⑤ 实验过程中要自觉养成良好的科学习惯, 遵守实验室工作规则, 保持实验室卫生和实验台面的整洁。

⑥ 实验结束后, 所得结果必须经教师认可并在实验预习报告和实验记录本上签字后, 洗净用过的玻璃器皿, 整理好试剂瓶和其他物品, 清洁实验台面, 清扫实验室, 然后才能离开实验室。

1.1.2.3 实验报告

实验报告是对所做实验的概括和总结, 也是通过对实验现象的分析和实验数据的处理将直接的感性认识上升为理性认识的过程。书写实验报告是实验课程的基本训练内容之一, 应认真对待。同时, 实验报告在很大程度上反映了一个学生的学习态度、实际水平和能力。因

此,在完成实验操作后必须根据自己的实验记录,进行归纳总结、分析讨论、整理成文,并在指定时间内交给指导老师审阅。

实验报告在书写方面应该做到:叙述简明扼要,文字通顺,条理清楚;字迹端正,图表清晰,结论明确。实验报告的格式,对不同类型的实验略有不同,但主要内容一般应包括:实验名称、实验日期、实验目的、实验原理(简要说明或反应方程式等)、实验仪器和药品、实验步骤(尽量用简图或流程图、表格、化学式、符号等表示)、实验现象和数据的记录与处理、实验结果和讨论等。应注意,实验现象要表达正确,数据记录要真实、完整,不能随意涂改或弄虚作假(数据记录附在实验报告后,供指导老师批阅实验报告时审核)。实验结果包括数据的处理和计算(可用列表或作图形式表达),是根据实验现象,进行分析、解释后得出的结论。

一份好的实验报告应该是:实验目的明确、原理清楚、数据准确、图表规范、结果正确、讨论深入和字迹端正等。通过实验报告的撰写,不但可以训练文字的表达能力,而且更为重要的是,在报告撰写过程中,要有意识地培养自己独立思考问题、分析问题的习惯,为培养科学思维打下基础。

1.2 化学实验室基本知识

实验室是学生进行实验、开展科研训练的场所,因此实验室的安全问题十分重要,它不仅关系到个人的健康和安全,而且还关系到国家的财产安全。

在化学实验室存在着许多不安全的因素。在化学实验中,往往会接触到各种化学药品、电器设备、玻璃仪器及水、电、气。在这些化学药品中,有的易燃、易爆,有的有毒,有的是刺激性气体,有的有腐蚀性,还有的可能致病。如果使用不当,或违反操作规程、或疏忽大意,都可能造成意外事故。因此,实验者必须认真学习并严格遵守学生实验守则和实验室安全规则。

1.2.1 学生实验守则

① 进入实验室要熟悉实验室水、电、气的阀门,消防器材、洗眼器与紧急喷淋器的位置和使用方法。熟悉实验室安全出口和紧急情况时的逃生路线。掌握实验室安全与急救常识。

② 进入实验室必须遵守实验室各项规章制度,保持室内安静、整洁。不准在室内吸烟、随地吐痰、乱扔杂物。非实验用品一律不准带入实验室。

③ 实验前必须认真预习,写出预习报告,无预习报告和无故迟到者不得进入实验室。

④ 实验过程中要仔细观察各种实验现象,并如实、详细地记录现象和数据,严禁弄虚作假、随意涂改数据。使用高级或精密仪器时必须严格按操作规程进行操作,避免损坏仪器。如发现故障,应立即停止使用并报告指导教师,及时排除故障。

⑤ 实验中使用易燃、易爆物品或接触带电设备进行实验,要严格按照操作规程操作,并注意做好防护工作。

⑥ 要树立绿色化学的概念。在保证实验准确度要求的前提下,尽量减少化学物质(尤其是有毒有害试剂及洗液、洗衣粉等)的消耗和排放。注意节约实验室的所有资源(如试剂、滤纸、去离子水等),试剂应按教材规定的规格、浓度和用量取用,并核对标签,以免造成浪费和失败。

⑦ 实验时要保持台面的整洁、卫生。仪器、药品应整齐地摆放在一定位置,用后应立

即放回原位。废弃的有机溶剂要倒入指定的回收瓶，有腐蚀性或污染的废液与废渣必须倒在废液桶或指定容器内，统一处理。火柴梗、废纸屑、碎玻璃等固体废物应倒入废物桶内，不得随地乱丢。

⑧ 实验结束后，及时清理和洗涤自己所用的实验器皿，整理好仪器和药品，清洁工作台面，关闭电源、水阀和气路。认真洗手，实验记录交指导教师审阅、签字后，方可离开实验室。按时交实验报告。

⑨ 课外到实验室做实验，学生要经过预习并经有关教师同意后，在教师或实验技术人员的指导下方可进行实验。

⑩ 为安全起见，化学实验室内不得穿拖鞋、裙子与短袖衣服，进行有机合成实验时尽量戴上防护镜。

⑪ 实验室一切物品未经实验室负责人员批准，严禁携出室外，借出物品必须办理经借登记手续。

⑫ 实验室由学生轮流卫生值日，负责打扫和整理实验室，关好门、窗，检查水、电、气阀门，经教师检查同意后方可离开实验室，以保证实验室的安全。

1.2.2 化学实验室安全规则

① 新生进实验室前，必须进行实验室安全、消防安全、安全防护和环保意识的教育和培训。

② 熟悉实验室及其周围环境，了解与安全有关设施（如水、电、气阀门，急救箱，消防用品，洗眼器，喷淋器等）的放置地点和使用方法。

③ 实验室内药品严禁任意混合，更不能尝其味道，以免发生意外事故。自选设计的实验必须与指导教师讨论并征得同意后方可进行。

④ 严禁在实验室内饮食、吸烟，严禁将食品或餐具等带进实验室。禁止赤膊、穿拖鞋进实验室。实验时须保持安静，禁止在实验室游戏打闹、大声喧哗。

⑤ 使用有毒试剂（如氟化物、氰化物、铅盐、钡盐、六价铬盐、汞的化合物和砷的化合物等）时，应特别小心，严防进入口内或接触伤口，剩余药品或废液不得倒入下水道或废液桶内，应倒入回收瓶中集中处理。

⑥ 当反应会产生 H_2S 、 CO 、 Cl_2 、 SO_2 等有毒的、恶臭的、有刺激性的气体时，应该在通风橱内进行。

⑦ 有机溶剂（如酒精、苯、丙酮、乙醚等）易燃，使用时要远离火源。应防止易燃有机物的蒸气外逸，切勿将易燃有机溶剂倒入废液缸。不能用开口容器（如烧杯）盛放有机溶剂，不可用明火或电炉直接加热装有易燃有机溶剂的烧瓶。回流或蒸馏液体时应放沸石，以防止液体过热暴沸而冲出，引起火灾。

⑧ 使用具有强腐蚀性的浓酸、浓碱、溴、洗液时，应避免接触皮肤和溅在衣服上，更要注意保护眼睛，需要时应配备防护眼镜。稀释浓硫酸时，应在不断搅动下将其注入水中，切勿反过来进行，以免局部过热使酸溅出，引起灼伤。

⑨ 加热、浓缩液体的操作要十分小心，不能俯视正在加热的液体，以免溅出的液体把眼、脸灼伤。加热试管中的液体时，不能将试管口对着自己或别人。当需要借助于嗅觉鉴别少量气体时，决不能用鼻子直接对准瓶口或试管口嗅闻气体，而应用手轻拂气体，把少量气体轻轻地扇向鼻孔进行嗅闻。

⑩ 加热器不能直接放在木质台面或地板上，应放在石棉板、绝热砖或水泥地板上，加热期间不能离开工作岗位。

⑪ 使用高压气体钢瓶(如氢气、乙炔)时,要严格按操作规程进行操作。钢瓶应放在远离明火、阴凉干燥、通风良好的地方。钢瓶在更换前仍应保持一部分压力。

⑫ 禁止使用无标签、性质不明的试剂或药品。实验室内的所有药品不能携出室外,用剩的有毒药品应交给教师。

⑬ 保持水槽的清洁和通畅,切勿将固体物品投入到水槽中。废纸、废毛刷、碎玻璃应投入废物桶内,废液应小心倒入废液缸中集中收集处理,切勿倒入水槽中,以免腐蚀下水道和污染环境。使用过的钠丝尤其要小心,需集中处理。

⑭ 使用电器设备时,不要用湿手接触仪器,以防触电,用后拔下电源插头,切断电源。

⑮ 每次实验完毕,整洁实验台面,做好卫生,检查水、电、气、门、窗是否关好,最后必须将双手洗干净,经教师同意后方可离开实验室。

1.2.3 化学危险品的分类及其使用规则

1.2.3.1 危险品的分类

根据危险品的性质,常用的化学药品大致可分为易燃、易爆和有毒三大类。

(1) 易燃化学药品

① 可燃气体有 NH_3 、 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2$ 、 Cl_2 、 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl}$ 、 C_2H_2 、 H_2 、 H_2S 、 CH_4 、 CH_3Cl 、 SO_2 和煤气等。

② 易燃液体可分为一级、二级、三级。一级易燃液体有丙酮、乙醚、汽油、环氧丙烷、环氧乙烷等;二级易燃液体有甲醇、乙醇、吡啶、甲苯、二甲苯、正丙醇、异丙醇、二氯乙烯、丙酸戊酯等;三级易燃液体有煤油、松节油等。

③ 易燃固体可分为无机物和有机物两大类,无机物类如红磷、硫黄、 P_2S_3 、镁粉和铝粉等;有机物类如硝化纤维、樟脑等。

④ 自燃物质有白磷。

⑤ 遇水燃烧的物品有 K 、 Na 、 CaC_2 等。

(2) 易爆化学药品 H_2 、 C_2H_2 、 CS_2 和乙醚及汽油的蒸气与空气或 O_2 混合,皆可因混合导致爆炸。

单独可爆炸的有硝酸铵、雷酸铵、三硝基甲苯、硝化纤维、苦味酸等。

混合发生爆炸的有 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ 加浓 HNO_3 、 KMnO_4 加甘油、 KMnO_4 加 S 、 HNO_3 加 Mg 和 HI 、 NH_4NO_3 加锌粉和水、硝酸盐加 SnCl_2 、过氧化物加 Al 和 H_2O 、 S 加 HgO 、 Na 或 K 加 H_2O 等。

氧化剂与有机物接触极易引起爆炸,故在使用 HNO_3 、 HClO_4 、 H_2O_2 等时必须注意。

(3) 有毒化学药品

① Br_2 、 Cl_2 、 F_2 、 HBr 、 HCl 、 HF 、 SO_2 、 H_2S 、 COCl_2 、 NH_3 、 NO_2 、 PH_3 、 HCN 、 CO 、 O_3 和 BF_3 等均为有毒气体,具有窒息性或刺激性。

② 强酸和强碱均会刺激皮肤,有腐蚀作用,会造成化学烧伤。强酸、强碱可烧伤眼角膜,其中强碱烧伤后可使角膜完全毁坏。 HF 、 PCl_3 、 CCl_3COOH 等也有强腐蚀性。

③ 高毒性固体有无机氰化物、 As_2O_3 等砷化物、 HgCl_2 等可溶性汞化合物、铊盐、 Se 及其化合物和 V_2O_5 等。

④ 有毒有机物有苯、甲醇、 CS_2 等有机溶剂,芳香硝基化合物、苯酚、硫酸二甲酯、苯胺及其衍生物等。

⑤ 已知的危险致癌物质有联苯胺及其衍生物、 β -萘胺、二甲氨基偶氮苯、 α -萘胺等芳胺及其衍生物, N -甲基- N -亚硝基苯胺、 N -亚硝基苯胺、 N -亚硝基二甲胺、 N -甲基- N -亚硝基

脲、*N*-亚硝基氢化吡啶等 *N*-亚硝基化合物，双（氯甲基）醚、氯甲基甲醚、碘甲烷、 β -羟基丙酸丙酯等烷基化试剂，硫代乙酰胺、硫脲等含硫化合物，石棉粉尘等。

⑥ 具有长期积累效应的毒物有苯；铅化合物，特别是有机铅化合物；汞、二价汞盐和液态的有机汞化合物等。

1.2.3.2 易燃、易爆和腐蚀性药品的使用规则

① 绝对不允许将各种化学药品任意混合，以免发生意外事故。

② 使用氢气时，要严禁烟火。点燃氢气前，必须检查氢气的纯度。进行大量氢气产生的实验时，应把废气通至室外，并注意室内的通风。

③ 可燃性试剂均不能用明火加热，必须用水浴、油浴、沙浴或可调电压的电热套加热。使用和处理可燃性试剂时，必须在没有火源而通风的实验室中进行，试剂用毕要立即盖紧瓶塞。

④ 钾、钠和白磷等暴露在空气中易燃烧，所以钾、钠应保存在煤油中，白磷则可保存在水中。取用它们时要用镊子。

⑤ 取用酸、碱等腐蚀性试剂时，应特别小心，不要洒出。废酸应倒入废酸桶中，但不要往废酸桶中倾倒碱液，以免因酸碱中和放出大量的热而发生危险。浓氨水具有强烈的刺激性，一旦吸入较多的氨气，可能导致头晕或昏倒；若氨水溅入眼内，严重时可能造成失明。所以，在热天取用氨水时，最好先用冷水浸泡氨水瓶，使其降温后再开盖取用。

⑥ 对某些强氧化剂（如 KClO_3 、 KNO_3 、 KMnO_4 等）或其混合物，不能研磨，否则将引起爆炸；银氨溶液不能留存，因其久置后会变成 Ag_3N 而容易发生爆炸。

1.2.3.3 有毒、有害药品的使用规则

① 有毒药品（如铅盐、砷的化合物、汞的化合物、氰化物和 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 等）不得进入口内或接触伤口，也不能随便倒入下水道。

② 金属汞易挥发，会通过呼吸道进入人体内，并逐渐积累而造成慢性中毒，所以取用时特别小心，不得把汞洒落在桌面上或地上。一旦洒落，必须尽可能收集起来，并用硫黄粉盖在洒落汞的地方，使汞转变成不挥发的 HgS ，然后清除掉。

③ 制备和使用具有刺激性、恶臭和有害的气体（ H_2S 、 Cl_2 、 COCl_2 、 CO 、 SO_2 、 Br_2 等）及加热蒸发浓 HCl 、 HNO_3 、 H_2SO_4 等时，应在通风橱内进行。

④ 对一些有机溶剂如苯、甲醇、硫酸二甲酯等，使用时应特别注意。因这些有机溶剂均为脂溶性液体，不仅对皮肤及黏膜有刺激性作用，而且对神经系统也有损伤。生物碱大多具有强烈毒性，皮肤亦可吸收，少量即可导致中毒甚至死亡。因此，使用这些试剂时均需穿上工作服、戴手套和口罩。

⑤ 必须了解哪些化学药品具有致癌作用。在取用这些药品时应特别小心，以免进入人体。

1.2.4 化学实验意外事故的预防和急救处理

1.2.4.1 意外事故的预防

(1) 防火

① 在操作易燃溶剂时，应远离火源，切勿将易燃溶剂放在敞口容器内用明火加热或放在密闭容器内加热。

② 在进行易燃物质实验时，应先将乙醇等易燃物品移开。

③ 在蒸馏易燃物质时，装置不能漏气，接收器支管应与橡皮管相连，使余气通往水槽或室外。

④ 回流或蒸馏液体时应放沸石, 不要用明火直接加热烧瓶, 而应根据液体沸点的高低使用石棉网、油浴、沙浴或水浴加热, 冷凝水要保持畅通。

⑤ 切勿将易燃溶剂倒入废液桶中, 更不能用敞口容器放易燃液体。倾倒易燃液体时应远离火源, 最好在通风橱中进行。

⑥ 用油浴加热时, 应绝对避免水滴溅入热油中。

⑦ 酒精灯用毕应立即盖灭, 避免使用灯颈已破损的酒精灯。切忌斜持一只酒精灯到另一只酒精灯上去接火。

(2) 爆炸的预防

① 蒸馏装置必须安装正确。常压操作时, 切勿造成密闭体系; 减压蒸馏时, 要用圆底烧瓶或吸滤瓶作接收器, 不可用锥形瓶, 否则可能发生爆炸。

② 使用易燃易爆气体(如氢气、乙炔等)时, 要保持室内空气通畅, 严禁明火, 并应防止一切火星的产生。有机溶剂(如乙醚和汽油等)的蒸气与空气相混时极为危险, 可能会由一个热的表面或者一个火花、电火花引起爆炸, 故应特别注意。

③ 使用乙醚时, 必须检查有无过氧化物存在, 如果发现有过氧化物, 应立即用 FeSO_4 除去过氧化物后才能使用。

④ 对于易爆的固体, 或遇氧化剂会发生猛烈爆炸或燃烧的化合物, 或可能生成危险性的化合物的实验, 均应事先了解其性质、特点及注意事项, 操作时应特别小心。

⑤ 开启储有挥发性液体的试剂瓶时, 应先充分冷却, 开启时瓶口必须指向无人处, 以免由于液体喷溅而导致伤害。当瓶塞不易开启时, 必须注意瓶内物质的性质, 切不可贸然用火加热或乱敲瓶塞等。

(3) 中毒的预防

① 对有毒药品应小心操作, 妥为保管, 不许随便乱放。实验中所用的剧毒药品应有专人负责收发和保管, 并向使用者指出必须遵守的操作规程。对实验后的有毒残渣必须做妥善有效的处理, 不准乱丢。

② 有些有毒物质会渗入皮肤, 因此, 使用这些有毒物质时必须穿上工作服、戴手套和口罩, 操作后应立即洗手, 切勿让有毒药品沾及五官或伤口。

③ 在反应过程中可能生成有毒或腐蚀性气体的实验应在通风橱内进行, 实验过程中不要把头探入通风橱内, 使用后的器皿应及时清洗。

(4) 触电的预防 使用电器, 应防止人体与电器导电部分直接接触, 不能用湿的手或手握湿的物体接触电插头。装置和设备的金属外壳等都应连接地线。实验后应切断电源, 再将电器连接总电源的关闭。

1.2.4.2 意外事故的急救处理

为了对实验过程中意外事故进行紧急处理, 实验室配备有急救医药箱。医药箱内备有下列药品和工具: 红药水、3%碘酒、烫伤膏、饱和碳酸氢钠溶液、饱和硼酸溶液、2%醋酸溶液, 5%氨水、5%硫酸铜溶液、高锰酸钾晶体和甘油等; 创可贴、消毒纱布、消毒棉、消毒棉签、医用镊子和剪刀等。医药箱内药品和工具供实验室急救用, 不得随意挪用或取走。

① 烫伤。切勿用水冲洗。轻度烫伤, 可用高锰酸钾或苦味酸溶液揩洗烫伤处, 再涂上烫伤膏、万花油、京万红或鞣酸油膏。烫伤较重时, 若起水泡不用挑破, 先涂上烫伤药膏, 用纱布包扎后送医院治疗。

② 割伤。应立即用棉揩净, 若伤口内有异物, 应先取出, 涂上红药水并用纱布包扎或贴上创可贴, 必要时送医院救治。