



北京市高等教育精品教材立项项目

大学基础化学实验

首都师范大学 王少亭 主编



高等教育出版社

北京市高等教育精品教材立项项目

大学基础化学实验

主 编 王少亭

副主编 张 敏 牟文生

高等教育出版社

内容简介

本书是“北京市高等教育精品教材建设立项项目”,是在多年教学实践基础上总结编写的。

全书由化学实验基础知识和化学基本原理实验,元素化学及元素系列化实验,化合物的设计、合成、测定实验和附录等四部分组成。对大学化学实验整体优化、内容更新,层次清晰。共编入 45 个实验。

本书可作为高等师范院校,理工院校化学实验教材,也可作为其他院校有关专业的化学实验教材及参考书。

图书在版编目(CIP)数据

大学基础化学实验/王少亭主编. —北京:高等教育出版社,2004. 11

ISBN 7-04-015580-X

I. 大... II. 王... III. 化学实验-高等学校-教材 IV. O6-3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 094402 号

策划编辑 岳延陆 责任编辑 朱 仁 封面设计 刘晓翔 责任绘图 朱 静
版式设计 胡志萍 责任校对 王 雨 责任印制 陈伟光

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

购书热线 010-64054588
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所
印 刷 北京民族印刷厂

开 本 787×1092 1/16
印 张 13.5
字 数 330 000
插 页 3

版 次 2004 年 11 月第 1 版
印 次 2004 年 11 月第 1 次印刷
定 价 15.70 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号:15580-00

插图一 颜色辨认



桃红色



金红色



大红色



深红色



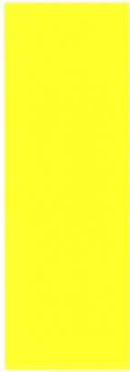
玫瑰红色



橘黄色



深黄色



中黄色



浅黄色



粉红色



群青色



浅蓝色



天蓝色



品蓝色



深蓝色



紫色



粉绿色



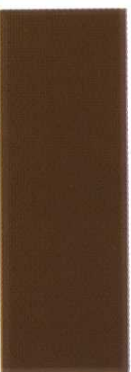
草绿色



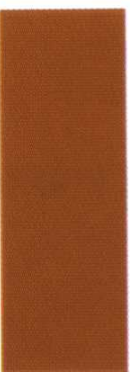
深绿色



墨绿色



深棕色



棕色



灰色



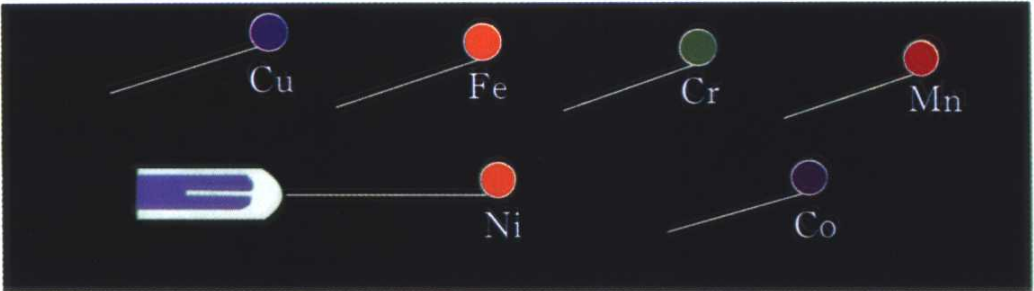
白色



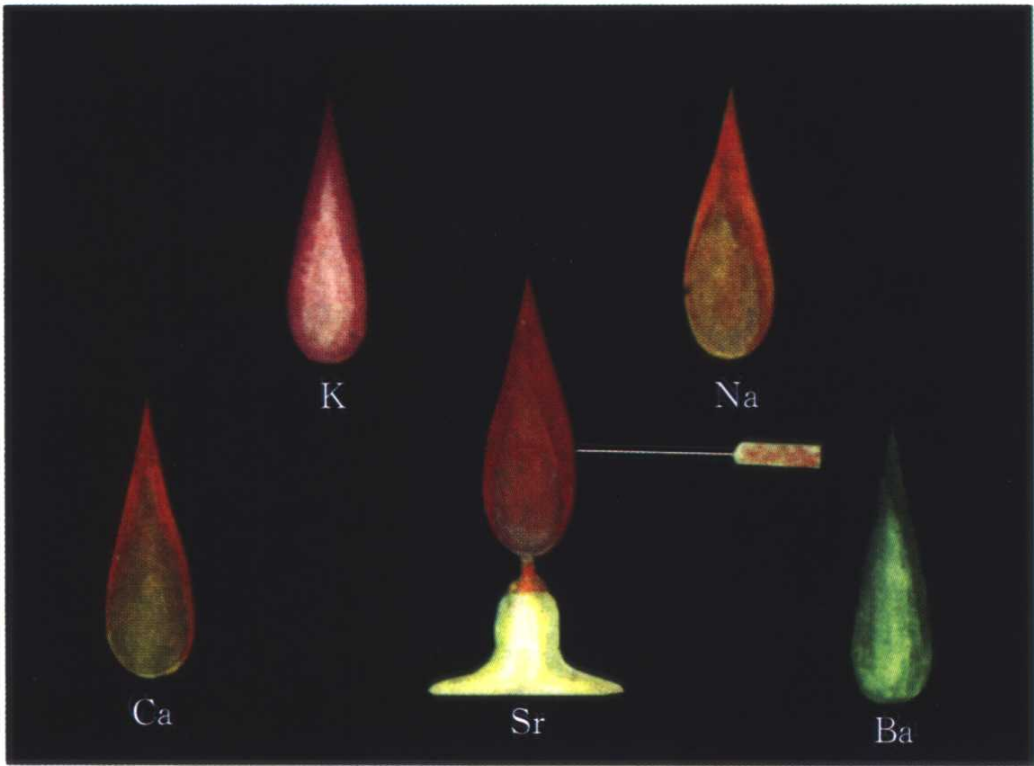
黑色

插图二 一些元素的特征光谱、焰色反应和熔珠实验色图

着色反应

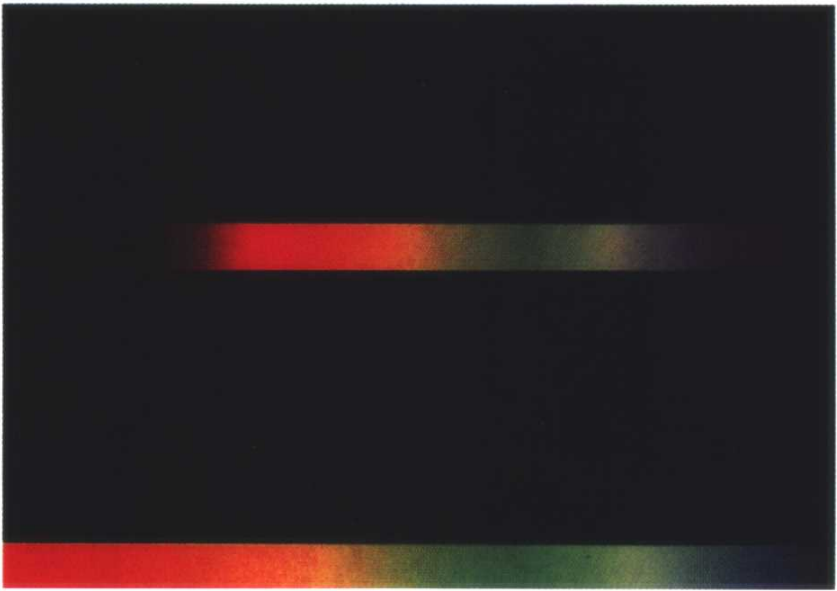


(硼砂珠反应)



(焰色反应)

- 氢 (H)
- 氦 (He)
- 锂 (Li)
- 钠 (Na)
- 钾 (K)
- 钙 (Ca)
- 锶 (Sr)
- 钡 (Ba)
- 镉 (Cd)
- 汞 (Hg)
- 白炽灯



(特征光谱)

前 言

本书是“北京市高等教育精品教材建设立项项目”。化学实验课程独立设课、多年建设、整体优化,已初步形成基础实验、设计实验、系列化实验、现代化学的科学成果及高新技术相互渗透、相互融合,常规实验和微型化实验相结合的新体系。力图体现规范性、实用性、可操作性、示范性和时代感。在此基础上我们编写了这本教材。

本教材在实验内容选择和编排上力求做到以下几点:

1. 以培养学生创新能力和综合素质为目的,将实验内容分为三个部分(三个层次)。三个层次的实验即有各自明确的目的要求,又是“一体化”。由科学、严谨、规范的基本操作训练到初步设计、系列化实验训练,最后跨入综合性设计、合成和测试的实验,由浅入深、循序渐进、逐步提高。使学生掌握必备的化学实验的技能技巧,培养学生良好的实验素质和严谨的科学态度,使学生初步具备主动获取知识的能力、开拓创新能力和科学的思维方法。

2. 有利于改革人才培养模式,打破原实验“以验证型”为主。新的实验体系使实验性和开发性有机结合,走教学、科研、生产相结合的道路。跟踪科学的发展,融进了近些年的科研成果,吸收了某些现代科学技术,如稀土配合物、纳米材料等。力求使课程内容站在高新技术的“制高点”,使其具有现代的特征,以反映我国 21 世纪大学化学实验的发展趋势,培养学生的创新品格。

3. 以提高学生素质为核心,打破原化学实验“依附”于理论、单一知识的体系。按内容层次编写了较多富有启迪性的思考题,拓宽学生智力空间和思维广度。编写部分理论知识,加强实验课的理论指导,拓宽学生的知识面。对第一、二篇简单的制备实验结果提出定量或半定量的要求及离子的鉴定实验,并以附录的形式编在书后,让学生自己设计、完成。以便较早地培养学生严谨、规范的基本实验技能和自觉获取知识的能力。

4. 内容丰富,可供多层次选用。本教材第一、二篇主要适用于开设大学基础化学实验课、普通化学实验课等的学生使用。以实验为主线,实验基本操作和技术贯穿其中,便于学生自学。第三篇可为开设化学实验选修课和开放实验室进行实验教学研究的院校选用。考虑到全国发展的不平衡,仪器设备主要介绍现代仪器,也保留了一些早期设备。

5. 本书是在《基础无机化学实验指导》的基础上修改而成,吸收了多项化学实验教学改革成果。如微型实验、设计实验、系列化学实验等。在多年的教学改革中,首都师范大学无机化学教研室各位同仁都付出了很多劳动,提出宝贵的意见和指正,在此表示感谢。

本书第一、二篇由首都师范大学王少亭编写,第三篇由首都师范大学张敏、大连理工大学车文生等编写。全书由主编定稿。在编写过程中,本项目组成员杨永丽、聂峰梅、邓玉恒、金增瑗、迈恩启等参加了部分工作。在成稿过程中王硕、王丽、何强、刘柳等做了部分辅助工作。

衷心感谢首都师范大学孟庆珍教授的关心和悉心指导,一直参加讨论、定稿。

衷心感谢首都师范大学王学琳教授、北京师范大学黄佩丽教授的热情指导,提出了重要意见。

在本教材编写过程中,首都师范大学教务处沈孝本处长、条件装备处刘维民处长和高素兰老师一直给予关心和指导。高等教育出版社岳延陆、朱仁同志给予了大力支持和指导。在此一并表示衷心的感谢。

本教材的编写仍是一种探索,至大回首,备觉幼稚。望同行、专家和使用此书的同学不吝赐教,以待改进。

编 者

2003 年 12 月

郑 重 声 明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

传 真：(010) 82086060

E - mail：dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街 4 号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)64014089 64054601 64054588

目 录

绪言	1
----------	---

第一篇 基础知识、基本原理实验

实验一 基本操作、认领洗涤仪器	6	实验九 醋酸电离度和电离平衡常数的测定	52
实验二 玻璃管的加工	8	实验十 物质的分离和提纯——由海盐制取试剂级氯化钠	57
实验三 称量练习(一)	13	实验十一 氯化铵生成焓的测定	64
实验四 称量练习(二)	19	实验十二 化学反应速率和活化能的测定	66
实验五 气体的发生、收集、净化和干燥——氢气的制备和铜相对原子质量的测定	21	理论课 II 如何开展设计实验	72
实验六 二氧化碳相对分子质量的测定 ..	28	实验十三 电离平衡和沉淀平衡	75
实验七 溶液的配制	31	实验十四 碘化铅溶度积的测定	78
理论课 I 指示剂、滴定曲线、有效数字与误差	38	实验十五 配合物	80
实验八 滴定操作	46	实验十六 氧化还原反应	83

第二篇 元素化学、元素系列化实验

理论课 III 系列化实验简介	86	实验二十七 由废铜屑制氧化铜、硫酸铜晶体及其结晶水的测定(铜系列)	116
实验十七 氯气、氯酸钾、次氯酸钠的制备	86	实验二十八 锌、镉、汞	119
微型实验研究示例	89	实验二十九 铬、锰	121
实验十八 氧、硫	91	实验三十 由废弃的锌锰干电池制取硫酸锰铵复盐及锌粒(锰系列)	123
实验十九 氮	96	实验三十一 铁、钴、镍	125
实验二十 磷	99	实验三十二 由废铁屑制取 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 、莫尔盐、三草酸合铁(III)酸钾晶体及配合物阴离子电荷数的测定(铁系列)	128
实验二十一 碳、硅、硼	102	实验三十三 由氯气制氯酸钾、碘酸、碘酸铜及碘酸铜溶度积常数	
实验二十二 碱金属和碱土金属	105		
实验二十三 明矾晶体的制备	107		
实验二十四 铝、锡、铅	109		
实验二十五 四碘化锡的制备及其最简式的确定	112		
实验二十六 铜、银、醋酸铜制备	114		

的测定(卤素系列)	132	系列)	134
实验三十四 磷重要化合物的制备(磷			

第三篇 设计、合成、测定实验

实验三十五 配合物键合异构体的制备 及红外光谱测定	138	实验四十 折光法测定硅酸镁的组成	163
实验三十六 杂多化合物的制备和 性质	142	实验四十一 稀土(Ⅲ)硝酸盐 N,N' -二 亚水杨基乙二胺配合物的 合成与性质	166
实验三十七 分光光度法测定磺基水杨 酸合铜(Ⅱ)配合物的组成 和稳定常数	144	实验四十二 水热法制备 SnO_2 纳米粉 ...	168
实验三十八 pH 法测定铜、镍与乙二胺 形成配合物的稳定常数	149	实验四十三 微波辐射法制备 $Na_2S_2O_3 \cdot$ $5H_2O$	171
实验三十九 金属配离子与某些配体的 光谱化学序列的测定	160	实验四十四 无机纸上色谱	172
		实验四十五 改性活性硅酸(PSA)的制备 及水处理性能的研究	175

常用仪器简介	177
A.1 721 型分光光度计	177
A.2 DDS-11A 型电导率仪	178
A.3 2W(WZS-1 型)阿贝折射仪	180
A.4 HITACHI260-30 红外光谱仪	183
A.5 DT-40 热分析系统仪器简介	185
附录	190
附录一 常见阳离子的鉴定反应	190
附录二 常见阴离子的鉴定反应	192
附录三 一些无机化合物的溶解度 (g/100 g H_2O)	193
附录四 气体在水中的溶解度	194

附录五 常见酸碱的浓度	194
附录六 弱电解质的电离常数(离子强度 等于零的稀溶液)	194
附录七 溶度积常数	196
附录八 常见沉淀物的 pH	198
附录九 某些离子和化合物的颜色	199
附录十 标准电极电势	200
附录十一 常见配离子的稳定常数	207
附录十二 某些试剂溶液的配制	207
附录十三 危险药品的分类、性质和管理 ...	209
附录十四 常用的化学手册及参考书	211

元素周期表

绪 言

一、大学基础化学实验的目的和要求

大学基础化学实验课的主要目的是使学生正确掌握化学实验的基本方法和基本技能,学会正确记录实验数据和现象,培养学生严肃认真,实事求是的科学态度和良好的科学作风;巩固和加深对所学理论知识的理解,并运用所学理论知识对实验现象进行分析、推理和联想;学习科学的思维方法。

二、上好每次实验课务必做到以下几点

实验预习 实验课前要充分预习,明确实验目的及要求,了解实验内容、方法和基本原理,做到心中有数。在预习的基础上写出预习报告,准备一个专用预习本。预习报告的主要内容有:简明扼要地写出实验目的、步骤。对于有数据的实验或记录实验现象的内容,都应在预习时画好表格。预习好坏对实验效果是起决定性作用的,未预习的或经检查预习达不到要求的学生都应重新预习,经教师检查认可后,方可进行实验。

实验时 实验时应认真操作,对于基本操作应逐步达到规范化的要求,养成正确的操作动作。实验时要仔细观察,如实记录实验现象。实验记录应写在预习报告本上,字迹整齐、清楚,现象记录准确。对于有数据的实验,数据应直接记录在预习报告的表格中,不得将数据随意记在小纸片、书的空白处甚至是手掌上。数据一经测出,记录下来,不得随意涂改,养成严谨的作风。

实验后 每次实验完毕,要各自独立写出实验报告,实验报告要求文字清楚、整齐。表述要简明扼要。实验报告的内容包括:实验目的和原理,实验装置示意图,实验内容,记录的原始数据、现象,对实验现象和结果的解释,有关的反应方程式,作图以及对所做实验的小结、改进意见等。合作的实验也应该各自独立完成报告,不得相互抄袭。

对于不同类型的实验(测定、制备、性质实验),实验报告的形式不同,下面列出几种类型实验报告的典型格式,供选择使用。

【基础化学测定实验报告】

实验名称_____姓名_____同组者姓名_____日期_____室温_____气压_____

实验目的:_____

实验原理:_____

实验数据记录:_____

数据处理及误差:_____

问题及讨论：_____

【基础化学制备实验报告】

实验名称_____姓名_____同组者姓名_____日期_____室温_____气压_____

实验目的：_____

制备原理及反应方程式：_____

制备过程图：

实验过程的主要现象：_____

实验结果及产率：_____

问题和讨论：_____

【基础化学性质实验报告】

实验名称_____姓名_____日期_____

实验目的：_____

实验内容	实验现象	解释和方程式

讨论：_____

小结：_____

实验收获是否能够巩固,关键在于最后的总结,而完成实验报告就是总结的一种形式,所以不要低估完成实验报告的意义。实验报告应按要求时间交给教师批阅。

三、实验课的考核及评分

实验课的考试分口试及笔试两种。口试主要考操作,笔试主要考实验原理,现象及其解释

等。这两种形式是缺一不可的。但考试的时间、次数可由教师酌情决定。

实验课的成绩由以下几部分构成：平日的预习报告及实验操作成绩，实验报告的成绩，考试的成绩等。

四、实验课规则及实验室规则

实验课规则 上好实验课，必须做到：

1. 实验课前一定要做到充分预习，主动请教师检查预习报告。
2. 进实验室后首先了解本次实验的教学要求及注意事项。
3. 到实验柜前取出与本次实验有关的仪器，做好实验的准备工作。
4. 实验时要认真操作、仔细观察、积极思考，如实的记录实验现象。
5. 实验中不得大声喧哗，不得到处走动。

6. 爱护使用仪器，各自用自己的一份仪器，用毕洗净、放好。严禁抄拿别人的仪器。仪器不慎损坏，应填报补领。实验完毕，锁好柜门，钥匙放回钥匙牌。公用仪器，用毕洗净、放回原处，不得放入自己柜中。

7. 药品为公用，要做到药品不下架。用毕药品及时盖好，不要“张冠李戴”。

8. 实验完毕，由学生轮流值日，打扫卫生，摆整齐药品或将药品下架入柜。检查水、电、门窗的安全后，再离开实验室。

实验室安全规则 实验室的安全与否，是保证能否进行实验的基础和前提，没有实验室的安全做保证，实验课是无法正常进行的。

1. 每位同学都要了解实验室的电闸、水闸、砂箱、灭火器的位置，一旦遇到紧急情况，人人都可动手处理。

2. 每种化学药品，都或多或少的具有毒性，因此化学药品不得入口，也不要再在实验室内进食。使用毒性大的药品或危险性大的药品，一定按使用规则办理，不要把药品任意混合或乱丢弃。

3. 实验中如遇到制备有毒气体或气味难闻的气体时，尽可能采用微型实验，并在良好通风环境中进行，以减少气体的排出量。实验完毕要立即拆掉实验装置，将废弃物处理掉，以减少有毒气体的散失。

4. 实验完毕的废弃物应按其毒性大小分别处理，有的倒入废液缸中，有的由教师指定回收，千万不要将废弃物倒入下水管道中。

5. 实验中不慎遇到伤害的紧急处理方法：

烫伤：可涂抹獾油和烫伤膏，如皮肤已烫破，可在伤处涂些 1% 的高锰酸钾溶液。若伤势较重，应立即到医院处理。

创伤：如玻璃扎伤，应先把碎玻璃从伤处挑出，轻伤可用创可贴、消炎粉、消炎膏包扎。若伤势较重，应立即到医院处理。

酸烧伤：用大量清水清洗伤处，再用饱和碳酸氢钠溶液（或稀氨水、肥皂水）洗，再用水冲洗，如伤在眼睛，要先用大量水冲洗后到医院处理。

碱烧伤：用大量水冲洗，再用 2% 醋酸溶液或饱和硼酸溶液洗，最后用水冲洗，如伤在眼睛，用大量的水冲洗后，送医院处理。

磷烧伤:用 1%硝酸银、5%硫酸铜或浓高锰酸钾液洗、包扎。

溴烧伤:用苯或甘油洗伤口,再用水冲。

吸入有毒气体:如氯气、氯化氢,可吸入少量酒精-乙醚混合蒸气以便解毒。吸入硫化氢、一氧化碳而感到不适,应立即到室外呼吸新鲜空气。

毒物入口:可将 5~10 mL 稀硫酸铜溶液加入一杯温水中内服,促使呕吐,吐出毒物后,应立即去医院处理。

对实验室的意外事故的处治:实验室应备有急救药箱,药箱内可备有以下药品供使用。

碘酒 3% 创可贴 獾油或烫伤膏 饱和碳酸氢钠

饱和硼酸溶液 2%醋酸溶液 5%氨水 5%硫酸铜溶液

高锰酸钾 氯化铁溶液(止血剂) 甘油 消炎粉

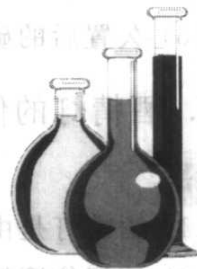
第一篇

基础知识、基本原理实验

这一部分为基本操作部分,主要内容是介绍大学化学实验中的常用仪器及操作的要点。虽然其中一些基本操作在中学化学已涉及过,但我们在这里不是简单的重复,而是将其贯穿于一些主要的化学原理和化学数据的测定实验中。通过实验训练学生掌握化学实验操作规范和灵活运用基本操作的能力,启迪学生思维,培养学生科学、严谨的作风。初步培养学生查阅、使用参考书及文献的能力。

主要参考书目

- 1 北京师范大学无机化学教研室等编. 无机化学实验. 第3版. 北京:高等教育出版社,2001
- 2 北京师范大学《化学实验规范》编写组编著. 化学实验规范. 北京:北京师范大学出版社,1987
- 3 浙江大学等校编. 新编大学化学实验. 北京:高等教育出版社,2002
- 4 周宁怀主编. 微型无机化学实验. 北京:科学出版社,2000
- 5 北京师范大学无机化学教研室等编. 无机化学. 第4版. 北京:高等教育出版社,2002



实验一 基本操作、认领洗涤仪器

一、化学实验的基本操作

大学基础化学实验的基本操作包括五个主要部分：

1. 玻璃仪器的洗涤

(1) 水冲洗法

思考题

这种方法适用洗涤何种玻璃仪器？

(2) 去污剂洗涤法

思考题

- (1) 这种方法适用于洗涤何种仪器？何种仪器不适合用此法洗涤？这种方法洗涤仪器的步骤是什么？
- (2) 玻璃仪器洗净与否，如何判断？
- (3) 玻璃仪器洗涤后，为什么只用自来水冲洗还不行，还需用蒸馏水冲洗 2~3 次，为什么采用“少量多次”的涮洗方法？

(3) 洗液浸泡洗涤法

思考题

- (1) 洗液的成分是什么？它们的配制比例是什么？
- (2) 洗液失效的外观特征是什么？
- (3) 洗液适合于洗涤哪种玻璃器皿？
- (4) 特殊污物的洗涤方法

思考题

沾有下列污物的器皿应如何洗涤？

- (1) 盛硝酸银试剂的瓶口的黑渍。
- (2) 熔烧过硫粉的试管或坩埚。
- (3) 用 KMnO_4 与 HCl 反应制取氯气后，烧瓶底部或颈部的黄褐斑。
- (4) 用固体 NaHSO_3 与浓硫酸反应制取二氧化硫后，烧瓶或大试管内残留的白色固体 NaHSO_4 与 Na_2SO_4 。
- (5) 长期盛放三氯化铁溶液的试剂瓶。
- (6) 久置后的硫酸亚铁溶液的试剂瓶。

2. 酒精灯的使用

思考题

- (1) 酒精灯是由哪几部分构成的，各部分的名称是什么？
- (2) 请记住酒精灯的安全使用规则。

3. 加热操作

思考题

(1) 可直接加热的玻璃仪器有哪些? 不可直接加热的玻璃仪器有哪些? 不允许加热的玻璃仪器又是哪些?

(2) 如何对玻璃仪器正确加热?

(3) 离心试管可否直接加热? 若需对离心试管内容物进行加热, 如何正确操作?

4. 试剂的取用

思考题

(1) 按纯度化学试剂可分为几级? 不同级别的试剂在标签颜色上有何不同?

(2) 使用滴管的正确操作有哪些?

(3) 如何正确使用滴瓶?

(4) 取用固体、液体试剂的正确操作有哪些?

5. 台秤的使用

思考题

(1) 台秤的原理及构造。

(2) 台秤称量的步骤及注意事项。

(3) 使用前, 了解你实验台上的台秤规格。

(4) 如何正确记录台秤的称量结果。

以上是基本操作的主要内容, 以标题或“思考”的方式给同学做提示, 请同学做好预习, 以供基本操作时参照。

二、仪器的认领与洗涤

仪器是进行化学反应的容器或为进行化学反应的量器、器件或工具等。实验柜内放置的是进行大学基础化学实验的常备仪器。

1. 认领仪器的要求

(1) 每位同学按实验室所公布的柜号领取一份实验的常用仪器。

(2) 按仪器清单所列, 对照实物—规格—名称, 进行一一清点, 多退少补。了解仪器的规格表示方式。

(3) 仪器清点完毕, 按仪器位置图, 将仪器一件件的有秩序的收入柜内, 以后每次实验完毕, 都应保持柜内仪器的摆放秩序。

(4) 将用毕的仪器清单及仪器的摆放位置图, 一并收好, 放入实验柜内, 以备还仪器之用。

2. 仪器的洗涤要求

用洗涤剂洗净一件玻璃仪器, 注意洗涤的步骤, 用水冲净后检查玻璃仪器是否洗净? 洗净的标志是什么? 然后交教师检查, 不合格的应重新进行洗涤, 直到合格为止。

三、学习水体积的估计

学习估计水(液体)的体积, 尤其是试管内液体体积的正确估计是进行实验的一种基本功, 因为普通的试管实验, 对试管内液体的量要求并不需要十分精确, 所以不必一一的量取体积, 而只需用估计体积的方法来倾倒液体试剂, 因此要尽快掌握这种基本功。