

FUNDAMENTAL CHEMISTRY EXPERIMENTS

基础化学实验

主编 虞虹 薛明强



◆ 苏州大学出版社

基础化学实验

虞 虹 薛明强 主编

苏州大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

基础化学实验/虞虹,薛明强主编. —苏州:苏州大学出版社,2007.3
ISBN 978-7-81090-816-0

I. 基… II. ①虞…②薛… III. 化学实验 IV. O6-3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 034559 号

基础化学实验

虞 虹 薛明强 主编
责任编辑 陈孝康

苏州大学出版社出版发行
(地址:苏州市干将东路200号 邮编:215021)
宜兴文化印刷厂印装
(地址:宜兴市南漕镇 邮编:214217)

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 14 字数 350 千
2007 年 3 月第 1 版 2007 年 3 月第 1 次印刷
ISBN 978-7-81090-816-0 定价:23.00 元

苏州大学版图书若有印装错误,本社负责调换
苏州大学出版社营销部 电话:0512-67258835

《基础化学实验》编委会

主 编	虞 虹	薛明强		
副主编	周为群	朱琴玉	周年琛	杨 文
	承宪成	魏永前		
编 委	陈维一	储海虹	朱利明	张振江
	李 敏	曹 洋	邱丽华	李 新
	金建荣	邹玲媛	施 玲	

前言

基础化学实验是化学教育中培养科学思维和创新意识、提升综合能力的基本教育方式之一,对医学、药学、生命科学、放射与公共卫生、数学、物理、材料等非化学专业而言,亦同样如此。但目前非化学专业所使用的实验教材,大多来自专业化学课程体系,存在难度较大、耗时过长、可操作性较差等缺憾;同时,原无机、有机、分析、物化各个部分的实验都从属于其理论课,内容重复多、系统性较差,不利于发挥化学实验作为一门学科的整体效应。鉴于此,近几年来,我们逐步摸索,并结合非化学专业学生的专业特点和学习特点,在教学实践的基础上,编写了这本教材。

本书具有以下特点:(1)基础性。本书系统、扼要地介绍了基础化学实验的基本原理、基本方法和基本技术,选配了相应的基本操作训练,通过学习,以期读者能熟练和巩固常规操作,对化学实验的基本知识和操作技能以及如何进行科学研究、如何获取和处理实验数据,从而得到相应结论等方面有一个较全面、清晰的认识。(2)渐进性。本书选编的实验内容由浅入深,既有简单的基本操作,又有较多步骤的递进性实验,以此培养学生分析解决较复杂问题的能力;最后辅以可操作性较强的综合探索性实验,以开拓视野,增强创新意识,提升综合素质。(3)融合性。本书主要供医学、药学、生命科学、放射与公共卫生、数学、物理、材料等专业学生使用,所选实验内容较多地结合了这些专业的学科特点,使教学更贴近实际,起到方便入门、激发兴趣、锻炼技能、提高综合创新能力之作用。(4)时代性。本书通过微量、半微量实验的引入,建立绿色化学理念,培养绿色化学思维,增强环境保护意识;通过计算机实验化学的介绍,将用现代化手段处理化学实验问题引入视角,以开拓思维,激发创新意识。

本书第一部分由邹玲媛、杨文、虞虹编写;第二部分由金建荣、承宪成、储海虹、杨文、薛明强、周年琛、虞虹编写;第三部分实验一、二、三、十九由薛明强编写,实验四、十一、十七、二十一由朱利明编写,实验五、十二、二十四~二十七、六十三由储海虹编写,实验六、七、十由曹洋编写,实验八、六十五、六十六由周为群编写,实验九、十三、十八、二十二由朱琴玉编写,实验十四~十六、二十、二十三由李敏编写,实验二十八、二十九、四十七由周年琛编写,实验三十、三十一、四十二~四十五、六十一、六十二、六十七由虞虹编写,实验三十三、三十六、四十六由张振江编写,实验三十三、三十四由邱丽华编写,实验三十五、三十九、四十由陈维一编写,实验三十七、三十八、四十一由李新编写,实验四十八~六十、六十四由杨文编写;第四部分由施玲、虞虹编写。

本书初稿完成后,印成讲义经苏州大学医学院、药学系、生命科学院以及放射与公共卫

生学院等院系 2003 级至 2006 级学生试用,并根据反馈情况进行了修改补充,由虞虹、薛明强最后定稿。全书由季成龙教授审阅。

苏州大学化学化工学院纪顺俊教授、郎建平教授、徐凡副教授以及任志刚老师对本书的编写给予了热情的关心和指导,在此表示衷心感谢。本书在编写过程中,参考了本校及兄弟院校编写的有关教材和专著,在此向有关作者深表谢意。此外,本书的出版得到了苏州大学出版社以及苏州大学实验室与设备管理处的大力支持,在此一并致谢。

由于编写者水平有限,书中难免存在错误之处,祈望专家、读者批评指正,使之不断得到补充和完善。

编 者

2007 年 3 月于苏州

目 录

第一部分 绪 论

第一章 基础化学实验概述

- 第一节 课程体系及教学目标..... (1)
- 第二节 教学要求和学习方法..... (2)

第二章 实验规则和安全知识

- 第一节 实验规则..... (5)
- 第二节 安全知识..... (5)
- 第三节 事故处理和急救..... (6)

第二部分 化学实验基础知识

第一章 实验室用水及化学试剂介绍

- 第一节 实验室用水..... (8)
- 第二节 化学试剂..... (8)

第二章 常用仪器介绍

- 第一节 常用玻璃仪器及物品 (10)
- 第二节 干燥器 (15)
- 第三节 分析天平 (16)
- 第四节 酸度计 (19)
- 第五节 高效液相色谱仪 (22)
- 第六节 紫外-可见分光光度计 (26)
- 第七节 电位分析仪 (32)
- 第八节 核磁共振波谱仪 (36)
- 第九节 恒温槽 (42)
- 第十节 贝克曼温度计 (43)

第三章 基本操作技能

- 第一节 玻璃仪器的洗涤和干燥 (45)
- 第二节 加热与冷却 (46)
- 第三节 试剂的取用 (48)
- 第四节 称量 (49)
- 第五节 基本度量仪器的使用 (50)
- 第六节 溶解和结晶 (54)

第七节	化合物的分离和提纯	(54)
第八节	化合物的干燥	(58)
第九节	熔点测定	(59)
第十节	蒸馏和分馏	(61)
第十一节	沸点的测定	(62)
第十二节	色谱分离技术	(63)
第十三节	样品检测	(65)
第十四节	误差及数据处理	(71)
第十五节	形象化的计算机模拟化学实验	(74)

第三部分 实 验

第一章 无机及分析化学实验

实验一	简单玻璃工操作和塞子的钻孔	(76)
实验二	氯化钠的提纯	(78)
实验三	分析天平的使用	(80)
实验四	酸碱溶液的配制和比较滴定	(81)
实验五	盐酸溶液的标定	(83)
实验六	高锰酸钾溶液的配制和标定	(84)
实验七	过氧化氢含量的测定(高锰酸钾法)	(86)
实验八	亚铁盐中亚铁含量的测定(重铬酸钾法)	(87)
实验九	化学反应速度与活化能测定	(89)
实验十	硫酸铜中铜含量的测定(间接碘量法)	(91)
实验十一	水溶液中的解离平衡	(93)
实验十二	醋酸标准解离常数和解离度的测定	(96)
实验十三	醋酸的电位滴定	(97)
实验十四	配合物的生成和性质	(99)
实验十五	氧化还原	(102)
实验十六	水中钙、镁含量的测定(配位滴定法)	(104)
实验十七	铵盐中含氮量的测定(甲醛法)	(106)
实验十八	铁的比色测定	(108)
实验十九	碳酸氢钠的制备及组成测定	(109)
实验二十	白酒中总醛量的测定(碘量法)	(110)
实验二十一	葡萄糖含量的测定(碘量法)	(112)
实验二十二	维生素 C 含量的测定(碘量法)	(113)
实验二十三	水中总磷的测定(吸光光度法)	(115)
实验二十四	取代基及溶剂对苯的紫外吸收光谱的影响	(117)
实验二十五	氟离子选择电极测定水中微量氟	(118)
实验二十六	核磁共振波谱法测定化合物的结构	(120)

实验二十七 萘、联苯、菲的高效液相色谱分析	(120)
第二章 有机化学实验	
实验二十八 熔点的测定	(123)
实验二十九 乙酰苯胺的重结晶	(125)
实验三十 萃取	(126)
实验三十一 常压蒸馏及沸点的测定	(128)
实验三十二 醇、酚、醛、酮的化学性质	(130)
实验三十三 羧酸及其衍生物的化学性质	(132)
实验三十四 糖、蛋白质的化学性质	(134)
实验三十五 立体异构模型作业	(137)
实验三十六 乙酸乙酯的制备	(138)
实验三十七 苯甲酸的制备	(140)
实验三十八 阿司匹林——乙酰水杨酸的制备	(141)
实验三十九 甲基红的制备(微量)	(142)
实验四十 乙醚的制备	(144)
实验四十一 呋喃甲醇和呋喃甲酸的制备(半微量)	(145)
实验四十二 碘仿的合成(电化学法)	(146)
实验四十三 对氨基苯磺酸的合成(微波辐射法)	(148)
实验四十四 喹啉的合成	(149)
实验四十五 樟脑的还原反应	(151)
实验四十六 茶叶中咖啡因的提取(微量)	(152)
实验四十七 氨基酸的纸色谱	(154)
第三章 物理化学实验	
实验四十八 恒温水浴槽的安装及性能测试	(156)
实验四十九 液体粘度的测定	(157)
实验五十 凝固点降低法测定摩尔质量	(159)
实验五十一 乙醇水溶液偏摩尔体积的测定	(162)
实验五十二 化学平衡常数及分配系数的测定	(164)
实验五十三 三组分体系相图绘制	(167)
实验五十四 原电池电动势的测定	(169)
实验五十五 弱电解质电离常数的测定	(171)
实验五十六 反应速率常数及活化能的测定	(174)
实验五十七 固体-液体界面上的吸附	(177)
实验五十八 液相反应平衡常数的测定	(178)
实验五十九 胶体的性质	(180)
实验六十 紫外分光光度法测定萘在硫酸铵水溶液中的活度系数	(182)
第四章 综合探索性实验	
实验六十一 酒石酸钙单晶的制备和测定	(185)
实验六十二 二茂铁及其衍生物的合成、分离和鉴定	(187)

实验六十三 乳粉的检验	(190)
实验六十四 设计实验——药物储存期的预测	(195)
Experiment 65 The determination of iodide in iodised salt	(195)
Experiment 66 The preparation and analysis of a copper-ethanolamine complex	(196)
Experiment 67 Two-step synthesis of <i>p</i> -Nitroaniline	(199)

第四部分 附 录

附录 1 元素的相对原子质量	(201)
附录 2 常用酸、碱溶液的密度和浓度	(203)
附录 3 常用缓冲溶液的 pH 范围	(204)
附录 4 常用指示剂	(205)
附录 5 常用有机化合物的物理常数	(207)
附录 6 基本物理化学常数	(210)
附录 7 有关化学的部分 Internet 网址	(211)
参考文献	(213)

第一部分 绪 论

化学是一门以实验为基础的学科,化学中的定律和学说都源于实验,同时为实验所验证。重视并学好基础化学实验课程,对培养学生的创新能力和优良素质起着十分重要的作用。为保证化学实验的顺利进行,培养学生良好的实验习惯、严谨的科学态度,在进入实验室之前,一定要了解有关的化学实验基本知识。

第一章 基础化学实验概述

第一节 课程体系及教学目标

基础化学实验课程包含了无机及分析化学实验、有机化学实验、物理化学实验以及综合与探索性实验4个组成部分,适合于医学、药学、生命科学、放射与公共卫生、数学、物理、材料等非化学专业学生学习。它以介绍基础化学实验的原理和方法为主要内容,以实际操作为手段,通过基本操作技能的训练,培养学生勤于思考、独立工作、实事求是的良好科研作风,为后继学习和研究打好扎实的基础。

课程前部分的实验大多是一些基本的操作实验,旨在通过大量的实验事实,加深对化学理论知识的理解,掌握最基本的操作技能,并能较灵活地运用这些技能。例如,通过物质的分离和纯化技术,学会从产物中分离和提纯各种有效成分;通过验证性实验,总结、证明化学原理及规律,验证物质的理化性质;通过合成实验,学会制备一些难以从自然界中获取物质的方法和技术;通过化学常数测定实验,掌握测定原理及仪器的使用,学会数据处理方法,并总结出相关的理论规律或定律;通过定量分析实验,培养正确规范的操作,学会分析结果的表达;通过仪器分析实验,了解分析仪器的工作原理及操作方法,学会通过仪器手段来对物质进行定性或定量的分析;通过微量、半微量化学实验的引入,体验“绿色化学”理念和“以人为本”精神,提高环保意识。

课程中的综合与探索性实验,则精选、设计了一些复杂程序的操作实验,要求通过复杂的、多步骤实验过程,培养严谨求实的科学品德,掌握进行化学研究所必要的较高实验技术,具备收集和处理化学信息的能力,提高发现问题、分析问题、解决问题的综合能力,提倡创新精神和团结协作精神。同时,为开拓视野,还选摘了3则国外大学实验,旨在提高阅读专业外文资料的能力,了解国外大学基础化学实验概况。

总之,通过本课程的学习,使学生在获取化学实验知识的同时,既能加深对化学课程中相关理论和概念的理解,又能够对物质的结构与性质、制备与提纯、分析与测定及其应用,有一个整体的认识;并让学生了解科学家的必备素质——“C₃ H₃”: Clear Head, Clever Hands, Clean Habits,这也是任何一个成功人士都不可缺少的素质。

第二节 教学要求和学习方法

本课程按照“强化基础性、提高综合性”原则,涵盖基础化学各个部分,教学安排为两个学年度,教师可结合理论教学选择相应的实验教学内容。教学过程中应注重实验“通法”的教学,并帮助学生在掌握一般规律的前提下,学会举一反三。同时,通过实验个案,让学生明白一种实验“通法”对于具体的实验,并不意味着一定是最佳方法,可以通过资料查询,设计更合理有效的实验方案。经过一系列的实验技能训练,目的在于加强学生对理论知识的理解掌握,培养他们的实验积极性和良好的科学精神,激发实验兴趣和创新欲望,提高各种实验技能和独立工作能力,为今后的个性发展打下扎实基础。

本课程所选基础实验都较成熟,因而也较容易得出结果,但不应就此认为所有的实际问题都能如此顺利地解决。学生要多问自己几个为什么,去深入了解这些实验所蕴涵的化学理论,掌握实验技术和技能,探索最合理的实验方案,使自己能在“知识”和“应用”之间架起一座“能力”之桥。简言之,基础化学实验的学习大致可分为预习、实验和写出报告三个方面。

一、预习

1. 弄清实验目的和原理,了解实验仪器的工作原理和结构、使用方法和注意事项。
2. 查阅实验所需试剂的相关常数,了解其安全使用方法。
3. 明确实验内容、装置、步骤和注意事项,并根据理论知识预计实验现象和结果。
4. 依据自己的理解写出预习报告,切忌照抄书本。

二、实验

1. 认真、独立地完成实验任务;合作部分要求分工明确,切勿袖手旁观。
2. 实验过程中要仔细观察、如实记录并妥善保存原始数据。
3. 勤于思考,力争自己解决实验中出现的问题,有困难时可与教师讨论,共同解决。
4. 保持桌面整洁,自觉养成良好的科学习惯,遵守实验室规则。

三、写出报告

1. 按照一定的格式书写,要求简明扼要,清楚整洁。
2. 必须实事求是地填写,不允许臆造、抄袭或篡改原始数据。
3. 归纳总结实验现象和数据,得出结论,并分析讨论实验结果和存在问题。应根据结果分析自己在实验中的成功和不足,并对实验提出改进意见,这对提高分析问题、解决问题的能力大有益处。

下面介绍几种常见实验类型的报告格式,以供参考。

(1) 化学性质实验：

实验×× 配合物性质研究

一、实验目的

二、实验步骤、现象记录及解释

实验步骤	现 象	结论和解释

三、思考与讨论

(2) 合成实验：

实验×× 苯甲酸的制备

一、实验目的

二、实验原理

三、实验装置图

四、实验流程

五、实验结果与产率计算

六、思考与讨论

(3) 定量分析实验：

实验×× 高锰酸钾溶液的标定

一、实验目的

二、实验原理

三、实验步骤

四、数据记录及处理

表× 实验数据记录及计算

测定次数 记 录 项 目	I	II	III
瓶+Na ₂ C ₂ O ₄ 重 W ₁ /g			
瓶+Na ₂ C ₂ O ₄ 重 W ₂ /g			
Na ₂ C ₂ O ₄ 净重 W/g			
KMnO ₄ 初读数 V ₁ /mL			
KMnO ₄ 终读数 V ₂ /mL			
KMnO ₄ 净用量 V/mL			

续表

测定次数 记录项目	I	II	III
KMnO ₄ 浓度 $c/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$			
KMnO ₄ 平均浓度 $c/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$			
相对平均偏差/%			

五、思考与讨论

(4) 常数测定实验:

实验×× 醋酸标准解离常数和解离度的测定

一、实验目的

二、实验原理

三、实验步骤

四、数据记录及处理

表× 实验数据记录及计算

测定时室温_____℃

编号	$c/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	pH	$c(\text{H}^+)/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	$c(\text{Ac}^-)/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	$K_a^\ominus$	α
1						
2						
3						
4						
5						

五、思考与讨论

第二章 实验规则和安全知识

第一节 实验规则

为确保实验的正常进行,培养良好的实验习惯和工作作风,要求学生必须遵守下列规则:

1. 实验前要认真预习有关实验的全部内容,做好预习报告。通过预习了解实验的基本原理、方法、步骤及注意事项,做到有备而来。

2. 实验前应清点仪器。如发现有破损或缺少,应立即更换或补领。如在实验过程中有仪器损坏应及时补充,并按规定赔偿。

3. 实验时应遵守操作规则,保证实验安全。

4. 遵守纪律,不迟到、早退,保持室内安静,不要大声喧哗,不得在实验室内进食。

5. 要节约使用药品、水、电和煤气,爱护仪器和实验室设备。

6. 在实验过程中,要保持实验室及台面整洁,废物与回收试剂等应放到指定的地方,不得乱丢乱放。

7. 实验过程中要实事求是、细心观察、认真记录,将实验中的一切现象和数据如实记在报告本上。根据原始记录,认真地分析问题,处理数据,写出实验报告。对于实验中的异常现象应进行讨论,提出自己的看法。

8. 实验结束后必须将所用仪器洗涤干净,放置整齐。

9. 值日生负责门窗玻璃、桌面、地面及水槽的清洁工作,以及整理公用原料、试剂和器材,清除垃圾,检查水、电、煤气安全,最后关好门窗。

第二节 安全知识

进行化学实验时,常会使用水、电、煤气和各种药品、仪器。而许多化学药品是易燃、易爆、有腐蚀性或有毒的,故在实验过程中要集中注意力,遵守操作规程,避免事故发生。

1. 实验室内严禁饮食、吸烟。切勿用实验器皿作为餐具,实验结束后应洗手。

2. 使用酒精灯,应随用随点,不用时盖上灯罩。

3. 浓酸、浓碱具有强腐蚀性,使用时要小心,不能让它溅在皮肤和衣服上。

4. 有些药品(如苯、有机溶剂、汞等)能透过皮肤进入人体,应避免与皮肤接触。

5. 氰化物、高汞盐(HgCl_2 、 $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ 等)、可溶性钡盐(BaCl_2)、重金属盐(如 Cd^{2+} 、 Pb^{2+} 等的化合物)、三氧化二砷等剧毒药品,应妥善保管,使用时要特别小心。

6. 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或热源,用毕及时盖紧瓶塞,放在阴凉的地方。

7. 操作大量可燃性气体时,严禁同时使用明火,还要防止发生电火花及其他撞击火花。

8. 产生有刺激性或有毒气体(如 H_2S 、 Cl_2 、 Br_2 、 NO_2 、浓 HCl 和 HF 等)的实验,应在通风橱内(或通风处)进行;苯、四氯化碳、乙醚、硝基苯等的蒸气也会引起人中毒,它们虽有特殊气味,但因久嗅会使人嗅觉减弱,从而失去警惕,所以也应在通风良好的情况下使用。

9. 实验中所用的易燃、易爆、有腐蚀性或有毒的物品不得随意散失、丢弃。

10. 用完煤气后或遇煤气临时中断供应时,应立即把煤气阀关闭。煤气管道漏气时,应立即停止实验,通知有关人员进行检查、维修。

11. 安全用电知识:

(1) 操作电器时,手必须干燥,不得直接接触绝缘性能不好的电器。

(2) 超过 45V 的交流电都有危险,故电器设备的金属外壳应接上地线。

(3) 为预防万一触电时电流通过心脏,不要用双手同时接触电器。

(4) 使用高压电源要有专门的防护措施,千万不要用电笔试高压电。

(5) 实验进行时,经对接好的电路仔细检查,证明无误后方可试探性通电,一旦发现异常应立即切断电源,对设备进行检查。

第三节 事故处理和急救

一、着火事故的处理

实验室如果发生着火事故,切勿惊慌失措,应沉着镇静及时采取措施,防止事故的扩大。

1. 控制火势蔓延。关闭煤气阀,切断电源,移走一切可燃物质(特别是有机溶剂和易燃、易爆物质)。

2. 灭火。常用的灭火剂有:水、沙、二氧化碳灭火器、四氯化碳灭火器、泡沫灭火器和干粉灭火器等,可根据起火的原因选择使用。注意以下几种情况不能用水灭火:

(1) 金属钠、金属钾、金属镁、铝粉、电石、过氧化钠着火,应用干沙灭火。

(2) 比水轻的易燃液体,如汽油、丙酮等着火,可用泡沫灭火器灭火。

(3) 有灼烧的金属或熔融物的地方着火时,应用干粉灭火器或干沙灭火。

(4) 电器设备或带电系统着火,可用二氧化碳灭火器或四氯化碳灭火器灭火。

二、试剂灼伤的处理

1. 酸碱灼伤。酸(或碱)溅上皮肤或眼内,立即用大量水冲洗,然后用饱和碳酸氢钠溶液(或硼酸溶液)洗涤,最后再用水冲洗;浓硫酸则应先布吸收后再用大量水冲洗。

2. 溴灼伤。应立即用酒精洗涤,再涂上甘油;亦可立即用 2% 硫代硫酸钠溶液洗至伤处呈白色,然后涂甘油。

三、中毒的处理

1. 将吸入有害气体中毒者移至室外,解开衣领及纽扣。

2. 如吸入少量氯气或溴可用碳酸氢钠溶液漱口。

3. 若吸入氯、氯化氢气体,可立即吸入少量酒精和乙醚的混合蒸气以解毒。

4. 若吸入硫化氢气体而感到头晕不适时,应立即到室外呼吸新鲜空气。

四、烫伤的处理

可用高锰酸钾或苦味酸溶液擦洗灼伤处,再涂上凡士林或烫伤油膏。

五、玻璃割伤的处理

受伤后要仔细观察伤口有无玻璃碎粒,若伤口不大可先抹上红药水再用创口贴粘贴。如伤口较大应先做止血处理(如扎止血带或按紧主血管)以防止大量出血,然后急送医疗单位。

六、触电事故的处理

首先应切断电源,在必要时,对伤者进行人工呼吸,并随即送医院处理。