



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

大学化学实验

(第三版)

南京大学大学化学实验教学组 编

高等教育出版社



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

大学化学实验

(第三版)

南京大学大学化学实验教学组 编

高等教育出版社·北京

内容提要

本书是在2010年出版的《大学化学实验》(第二版)的基础上修订而成的,与南京大学傅献彩主编的《大学化学》(第二版)配套使用。本次修订主要是在全书以二维码形式增加了数十个实验教学视频,涵盖了基本操作,光、电仪器的使用,无机化学实验,定性和定量分析实验等内容。

本书可作为综合性大学化学、生物、环境、医学等专业本科生实验课教材,也可供从事相关工作的人员学习、参考。

图书在版编目(CIP)数据

大学化学实验 / 南京大学大学化学实验教学组编.

-- 3 版. -- 北京: 高等教育出版社, 2018.5

ISBN 978-7-04-049473-0

I. ①大… II. ①南… III. ①化学实验-高等学校-教材 IV. ①O6-3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 037504 号

DaXueHuaXue ShiYan

策划编辑 鲍浩波
插图绘制 杜晓丹

责任编辑 鲍浩波
责任校对 殷 然

封面设计 王 洋
责任印制 尤 静

版式设计 杜微言

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 100120
印 刷 涿州市京南印刷厂
开 本 787mm×960mm 1/16
印 张 20.25
字 数 370千字
购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.hepmall.com.cn>
<http://www.hepmall.com>
<http://www.hepmall.cn>
版 次 1999年9月第1版
2018年5月第3版
印 次 2018年5月第1次印刷
定 价 38.40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 49473-00

第三版前言

《大学化学实验》于2010年再版,至今已有7年。在这7年中,本科化学教学改革形势发生了深刻变化。在化学实验教学改革中,优质教学资源共享及各类精品课程建设进入人们视野。为适应时代潮流,与时俱进,我们决定对原教材进行修订。

本教材在继承前两版教材优点的基础上,充分吸收近年来化学研究和实验教学改革的成果,主要做了如下改动:

1. 增加实验教学视频资源。随着网络技术和移动端学习理念的发展,二维码已经与大学生的学习生活息息相关;在学习过程中,学习者可以通过扫描二维码,方便地浏览和仔细观摩实验教学视频。将实验中用到的操作方法和具体的实验内容放入到对应的实验教学视频中,以便学生更加有效地阅读和预习,内容更加直观和形象。

2. 根据近年来化学实验教学的实际情况,对部分实验内容进行了修改,部分仪器介绍进行了精简。学生可以迅速找到自己需要掌握的仪器信息,简明扼要,一目了然。

本教材二维码链接的教学视频资源,是由吴琴媛、徐培珍、赵斌等拍摄、制作完成的。参加本次修订的有王凤彬、田笑丛、刘斌、马海凤,最后由王凤彬统稿。

借本教材出版之际,对多年来从事实验教学的南京大学化学化工学院的教师和实验技术人员表示衷心的感谢。特别感谢参与第二版教材编写的徐培珍(绪论、第一篇),赵静(第二篇),张剑荣(第三篇),赵斌(文献检索数据库简介、第四篇、附录),吴琴媛(第五篇),沈旭杰、王凤彬(第六篇)等对本次修订工作的大力支持和指导。编者对以上人员和关心支持本书出版的所有人员表示诚挚的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有疏漏与不妥之处,敬请广大读者批评指正。

编者

2017年11月

第二版前言

《大学化学实验》出版已有 10 年。在这 10 年中,本科化学教学改革形势发生了深刻变化,培养基础扎实、综合素质高、具有创新意识的本科化学专业的学生成为共识,从而对本科化学实验教学更为重视。10 年来,全国化学实验教学改革成果丰硕,这一形势促使、激励我们对原教材进行修订。

修订时注意到以下诸方面:在选择实验内容时,除经典的基础实验外,要体现时代性与应用性;在实验的形式上,既有单项基础训练实验,也要注重多项基础训练组合的综合实验和能自主学习的研究式实验;在教材的编写上,继续采用少一些验证式、注入式实验,多一些启发式、研究式实验的编写方法,使经典实验带有研究性。在删除一些重复性实验、更新仪器的使用后,增加了如下内容:

1. 时代性、实用性实验

(1) 引进科研成果,如将固相反应应用于制备,介绍纳米材料的制备与研究。

(2) 增加应用性实验,如抗胃酸药中铝、镁含量的测定,茶叶中微量金属元素的鉴定与定量测定,以铬天青为显色剂的分光光度法测定茶叶(或面制食品)中的铝含量。

2. 将绿色化学的理念引入教材

(1) 不用或少用对环境有污染的实验与试剂,如采用无汞法测定铁矿中的铁,用过氧化氢作氧化剂从废铜制备五水硫酸铜。

(2) 对目前无法替代的、有污染的实验,介绍减量法,将试样量减至五分之一,如用减量法测定铁矿中的铁(无汞法)、苯酚的含量,以减少污染。

减量法也应用在试剂贵的实验中,如测定铜合金中的铜,以节约试剂。

(3) 引入三废处理实验,如回收废电池中的锰、含铬废水处理等。

3. 培养创新能力

(1) 扩大综合性、研究式实验的范围。在综合性、研究式实验中引入近代仪器,如磁天平、微量差热天平、X 射线衍射、红外光谱等的使用,扩大研究的范围,增加学生自主学习的机会,以提高学生的科研能力[研究内容广的实验安排在第三学期(暑期)中进行]。

(2) 介绍用计算机检索文献的方法。计算机检索方法的介绍,利于学

生独立获得资料,以研究问题。此外,介绍了 Origin 作图软件,使学生既掌握手工作图,也能用作图软件。

本版承蒙武汉大学席美云教授审阅,并提出了许多宝贵的修改意见,对此表示深切的谢意。

教材的修订由徐培珍(绪论、第一篇),赵静(第二篇),张剑荣(第三篇),赵斌(文献检索数据库简介、第四篇、附录),吴琴媛(第五篇),沈旭杰、王凤彬(第六篇)执笔编写,最后由吴琴媛统稿。除以上教师参加更新与改进实验的工作外,曹登科、李心爱、蒋玉萍、康希、彭峰等也参加了实验工作,并提供了初稿。此外,曾参加第三学期实验的 2006、2007 两届学生也为实验的成熟做了大量的试验;参加大学化学实验教学的教师与实验技术人员,对本教材提出了很多有益的意见,在此一并表示衷心的感谢。

由于我们的水平有限,有疏漏与不妥之处,恳请读者批评指正。

编者

2009.5

第一版前言

大学化学实验由传统的无机化学实验、化学分析实验结合而成,它是
以实验为手段来研究无机化学、化学分析中的重要理论、典型元素及其化
合物的变化,研究物质的组成和含量。

化学实验课是实施全面的化学教育最有效的教学形式。在实验课程
中,让学生运用科学方法,按照认识过程进行学习,即在获得知识和技术的
同时,学会科学方法和思维,从而具有自学能力和解决问题的能力。要达
到此目标,教材是教学环节中重要的一环,教材既要体现实验课程的任务
与独立的教学体系,又要体现具有启发性与研究性。在编写这些传统的基
础实验时,注意少一些验证式、注入式,多一些启发式、研究式。

本书由浅入深,由易到难,分为操作练习;化学分析;化学原理;元素
的化学;综合性、研究式实验五个阶段安排实验。在操作练习后即安排化
学分析实验,使称量与滴定分析的操作规范化,建立严格的“量”的概念。
综合性、研究式实验的安排,是给初步具有自学与实验能力的学生,有采用
实验方法独立解决问题的机会,以培养解决问题的能力。此外,在内容的
安排上注意到:(1)方法的多样性,如醋酸电离常数的测定,介绍了比色法、
pH法、电导法;(2)在一些实验后增加“扩展实验”,以拓宽、深化实验中获
得的知识和技术,引导学生去研究问题;(3)加重了基本操作、基本技术篇
与附录的量,便于学生查阅,自己解决问题。

在每一篇的开头,有学习要求、实验方法提要,使学生明确学习目的与
要求,并对实验方法有一较全面的了解。在编写上注意到:(1)启发式,由
指定预习内容、给出思考题代替原理部分,学生通过“查、看、思考”式的
预习过程,搞懂实验目的、原理、注意事项、数据处理。实验后用问题引导
学生总结、深入思考。(2)实验步骤由全到简。本书起始阶段的叙述较为
详细,以后趋向简单,旨在给学生思考与独立工作的机会。将一些溶液的配
制、固体试样的准备作为学生实验内容的一部分,以增加学生的动手机会。
(3)测试实验中,未列数据记录与处理的表格,要求学生参照推荐的报告
示例,自行设计。

全书共有70个实验可供选择使用,根据我们的教学实践,书中提供了
实验所需学时、一些试剂的配置,以供参考。全书采用法定计量单位。

大学化学实验自 1989 年开设至今,已有八年。在教学实践的基础上,本书以南京大学出版社出版的《无机化学实验》(1993)、《化学分析与仪器分析实验》(1992)的化学分析部分为蓝本,由吴琴媛(绪论,第五、六篇,附录中定性分析部分)、徐培珍(第一、二篇,第四篇中第 11、12 章)、陈佩琴(第三篇、第六篇中化学分析部分)、张雪琴(第四篇、附录)编写,最后由吴琴媛统稿而成。在教学实践与编写过程中,戴安邦教授始终关心教材的编写,化学系原主管教学的系主任黄园富教授对课程的设置与建设给予了大力支持。历年来,从事大学化学实验教学的教师们给了我们不少帮助,在此表示衷心感谢。

我们水平有限,疏漏及不妥之处在所难免,请读者批评指正。

编者

1998. 7

目 录

绪论	1
一、大学化学实验的目的	1
二、大学化学实验的学习方法	1
三、大学化学实验成绩的评定	9
四、化学实验规则	9
五、实验室的安全	10
六、实验室与绿色化学	12

第一篇 基本知识、基本操作、基本技术

1 基本知识 with 基本操作	17
1.1 常用玻璃(瓷质)仪器	17
1.2 实验室公用设备	21
1.3 实验室用的纯水	30
1.4 化学试剂	33
1.5 常用仪器的洗涤及干燥	35
1.6 试纸的使用	37
1.7 加热与冷却	39
1.8 固、液分离	41
1.9 分析天平及其使用	43
1.10 量器及其使用	48
1.11 滤纸、滤器及其应用	59
1.12 标准物质和标准溶液	62
1.13 分析试样的准备和分解	63
1.14 重量分析的基本操作	66
2 光、电仪器的使用	72
2.1 pH 计的使用	72

2.2	分光光度计的使用	78
2.3	DDSJ—308 型电导率仪的使用	81
2.4	电位差计的使用	85
3	实验结果的表示	88
3.1	误差和数据处理	88
3.2	有效数字	95
3.3	实验数据的表示	97
4	参考资料与计算机文献检索简介	100

第二篇 操作练习

	学习要求	102
	实验方法提要	102
5	无机物制备基础	104
5.1	硝酸钾的制备与提纯	104
5.2	五水硫酸铜的制备	105
5.3	硫酸亚铁铵的制备	107
5.4	粗盐的提纯	108
6	称量和滴定操作练习	110
6.1	电子天平称量练习	110
6.2	二氧化碳相对分子质量的测定	112
6.3	摩尔气体常数的测定	114
6.4	容量仪器的校准	115
6.5	盐酸标准溶液的配制和标定	117
6.6	氢氧化钠标准溶液的配制和标定	119

第三篇 定量分析

	学习要求	122
	实验方法提要	122

7 酸碱滴定法	132
7.1 混合碱的组成及其含量的测定	132
7.2 尿素中氮的测定	135
7.3 硼酸含量的测定	136
8 配位滴定法	138
8.1 EDTA 标准溶液的配制与标定	138
8.2 水中钙镁总量的测定	139
8.3 锡青铜中锌的测定	141
8.4 焊锡中铅、锡的测定	142
8.5 抗胃酸药中铝、镁含量的测定	144
9 氧化还原滴定法	146
9.1 铁矿(或铁粉)中铁的测定	146
9.2 硫代硫酸钠标准溶液的配制和标定	150
9.3 铜合金中铜的测定	151
9.4 苯酚含量的测定	153
9.5 高锰酸钾标准溶液的配制和标定	156
9.6 石灰石或碳酸钙中钙的测定	157
10 重量分析法	159
10.1 氯化钡中结晶水的测定	159
10.2 可溶性钡盐中钡的测定	160
10.3 钢中镍的测定	164
11 分离、分析	167
11.1 氨基酸的分离与测定(纸色谱法)	167
11.2 镁离子突破量(突破曲线)和树脂交换容量 的测定(离子交换法)	169

第四篇 化学原理

学习要求	174
------------	-----

实验方法提要	174
12 相变与热化学	180
12.1 十水硫酸钠的制备和相变点的测定	180
12.2 生成热的测定	181
13 化学反应速率与活化能	185
13.1 过氧化氢分解速率与活化能的测定	185
13.2 Fe^{3+} 和 I^- 反应速率与活化能的测定	187
14 弱酸(碱)的解离常数	190
14.1 醋酸解离度、解离常数的测定	190
14.2 光度法测定弱酸的解离常数	193
15 溶度积	195
15.1 碘酸铜溶度积的测定	195
15.2 平衡常数与温度的依赖关系	197
16 电动势、电极电势	199
16.1 原电池电动势的测定	199
16.2 能斯特方程与条件电势	200
16.3 溶度积与电极电势的关系	201
16.4 阿伏加德罗常数的测定	202
17 配合物的吸收曲线与稳定常数	204
17.1 配合物的吸收曲线	204
17.2 磺基水杨酸合铁稳定常数的测定	205
17.3 平衡移动法测定 $[\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}$ 的稳定常数	206
18 物质的结构	209
18.1 简单分子或离子的空间结构	209
18.2 晶体结构	210

第五篇 元素的化学

学习要求	216
实验方法提要	216
19 主族元素	221
19.1 碱金属、碱土金属	221
19.2 卤素	225
19.3 硫的化合物	229
19.4 氮族	233
19.5 碳族	236
19.6 硼、铝	239
20 过渡元素	242
20.1 钛、钒	242
20.2 铬、锰	244
20.3 铁、钴、镍	247
20.4 铜、锌分族	250
21 常见离子的分离和鉴定	253
21.1 阳离子混合液分析练习	253
21.2 阳离子混合液的分析	256
21.3 阴离子混合液的分析	257
21.4 简单无机物的分析	258
22 无机物制备	261
22.1 氯化镁的合成	261
22.2 醋酸亚铬的制备	262
22.3 电解法制备高锰酸钾	263
22.4 从钛铁矿制备二氧化钛	265
22.5 从铬铁矿制备金属铬	266

第六篇 综合、研究

学习要求	270
实验方法提要	270
23 综合性实验	279
23.1 三氯化六氨合钴的制备及其组成的确定	279
23.2 二草酸合铜酸钾的制备和组成测定	281
23.3 铁化合物的制备及其组成测定	282
23.4 茶叶中微量元素的鉴定与定量测定	284
23.5 固相配位化学反应	288
23.6 水泥中铁、铝、钙和镁的测定	292
23.7 无氰镀锌液的成分分析	294
24 研究式实验	296
24.1 研究式实验的思路与要求	296
24.2 研究式实验的推荐课题	297
24.3 设计研究式实验的指导	298
例 1 碱式碳酸铜的制备	298
例 2 回收废电池中锰制备碳酸锰	300
例 3 纳米氧化锌的制备	301
例 4 葡萄糖含量的测定	303
例 5 饮料中维生素 C 及柠檬酸含量的测定	304
例 6 铬天青 S 分光光度法测定铝的含量	305
主要参考文献	307
附录	308

一、大学化学实验的目的

化学是一门以实验为基础的科学,化学中的定律和学说都源于实验,同时又为实验所检验。因此,化学实验在培养未来化学工作者的大学教育中,占有特别重要的地位。大学化学实验是化学类专业学生的第一门实验必修课,它是一门独立的课程,但又与相应的理论课——大学化学——有紧密的联系。

通过参与实验,学生可以直接获得大量的化学事实,经思维、归纳、总结,从感性认识上升到理性认识,从而学习到无机化学、化学分析的基本理论、基本知识,并运用它们指导实验。学生经过严格的训练,能规范地掌握基本操作、基本技术。通过实验了解无机物的一般分离、提纯和制备方法,了解确定物质组成、含量和结构的一般方法;掌握常见工作基准试剂的使用、常用的滴定方法和指示剂的使用,掌握常见离子的基本性质和鉴定;确立严格的“量”的概念,并学会运用误差理论正确处理实验数据。

在实验中,学生自己动手进行化学实验,提出问题、查阅资料、设计方案、动手实验、观察现象、测定数据,并加以正确的处理和概括,在分析实验结果的基础上准确表达,练习解决化学问题。化学实验的全过程是综合培养学生智力因素(动手、观测、查阅、记忆、思维、想象、表达)的最有效的方法,从而使具备分析问题、解决问题的独立工作能力。

在培养智力因素的同时,化学实验又是对学生进行非智力因素训练的理想场所,包括艰苦创业、勤奋不懈、谦虚好学、乐于协作、求真求实、创新、存疑等科学品德和科学精神的训练,而整洁、节约、准确、有条不紊等良好的实验习惯的养成,又是每一个化学工作者获得成功所不可缺少的因素。

二、大学化学实验的学习方法

大学化学实验的学习,不仅需要学生有一个正确的学习态度,而且还需要有一个正确的学习方法。现将学习方法归纳成如下几方面:

1. 预习

预习是做好实验的前提和保证,预习工作可以归纳为看、查、写。

(1) 看 认真阅读本书有关章节、有关教科书及参考资料。明确实验目的,了解实验原理;熟悉实验内容、主要操作步骤及数据的处理方法;提出注意事项,合理安排实验时间;了解相关的基本操作与仪器的使用。

(2) 查 通过查阅附录或有关手册,列出实验所需的物理化学数据。

(3) 写 在“看”和“查”的基础上认真写好预习报告。

2. 讨论

(1) 实验前以提问的形式,师生共同讨论,以掌握实验原理、操作要点和注意事项。

(2) 观看操作录像,或由教师操作示范,使基本操作规范化。

(3) 实验后组织课堂讨论,对实验现象、结果进行分析,对实验操作和素养进行评说,以达到提高的目的。

3. 实验

(1) 按拟订的实验步骤独立操作,既要大胆,又要细心,仔细观察实验现象,认真测定数据,并做到边实验、边思考、边记录。

(2) 观察的现象,测定的数据,要如实记录在报告本上。不用铅笔记录,不记在草稿纸、小纸片上。不凭主观意愿删去自己认为不对的数据,不杜撰原始数据。原始数据不得涂改或用橡皮擦拭,如有记错可在原始数据上画一道杠,再在旁边写上正确值。

(3) 实验中要勤于思考,仔细分析,力争自己解决问题。碰到疑难问题,可查资料,亦可与教师讨论,获得指导。

(4) 如对实验现象有怀疑,在分析和查原因的同时,可以做对照试验、空白试验,或自行设计实验进行核对,必要时应多次实验,从中得到有益的结论。

(5) 如实验失败,要检查原因,经教师同意后重做实验。

4. 实验后

做完实验仅是完成实验的一半,余下更为重要的是分析实验现象,整理实验数据,把直接的感性认识提高到理性思维阶段。要做到:

(1) 认真、独立完成实验报告。对实验现象进行解释,写出反应式,得出结论,对实验数据进行处理(包括计算、作图、误差表示)。

(2) 分析产生误差的原因;对实验现象及出现的一些问题进行讨论,敢于提出自己的见解;对实验提出改进的意见或建议。

(3) 回答问题。

5. 实验报告

要求按一定格式书写,字迹端正,叙述简明扼要,实验记录、数据处理使用表格形式,作图图形准确清楚,报告本整齐清洁。

(1) 实验报告的书写 一般分三部分:

① 预习部分(实验前完成):按实验目的、原理(扼要)、步骤(简明)几项书写。

② 记录部分(实验时完成):包括实验现象、测定数据,这部分称原始记录。

③ 结论部分(实验后完成):包括对实验现象的分析、解释、结论;原始数据的处理、误差分析;讨论。

(2) 实验报告的格式 大学化学实验大致可分为制备实验、定量测定实验、性质实验、定性分析实验四大类。现将四种类型的实验报告格式推荐如下,以供参考。

1. 制备实验

实验 5.1 硝酸钾的制备与提纯

一、实验目的

1. 利用钾盐、硝酸盐在不同温度时溶解度不同的性质来制备硝酸钾。
2. 学习称量、溶解、冷却、过滤等无机物制备的基本操作。

二、原理

当 KCl 溶液和 NaNO_3 溶液混合时,混合液中同时存在 K^+ 、 Na^+ 、 Cl^- 、 NO_3^- 四种离子,由它们组成的四种盐,在不同的温度下有不同的溶解度,利用 NaCl 、 KNO_3 的溶解度随温度变化而变化的差别,高温除去 NaCl ,在滤液中加一定量沸水,经适当浓缩后冷却,得到较纯的 KNO_3 。

三、实验步骤

1. 硝酸钾的制备

