



新世纪高等学校规划教材·化学系列

北京市高等教育精品教材立项项目

基础化学实验 操作规范

李华民 蒋福宾 赵云岑◎主编

北京师范大学化学实验教学中心◎组编

JICHU HUAXUE SHIYAN
CAOZUO GUIFAN



北京师范大学出版集团

BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP

北京师范大学出版社



新世纪高等学校规划教材·化学系列

北京市高等教育精品教材立项项目

基础化学实验 操作规范

李华民 蒋福宾 赵云岑◎主编

北京师范大学化学实验教学中心◎组编

JICHU HUAXUE SHIYAN
CAOZUO



北京师范大学出版集团

BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP

北京师范大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

基础化学实验操作规范 / 李华民, 蒋福宾, 赵云岑
主编. — 2版. — 北京: 北京师范大学出版社,
2017.3

新世纪高等学校规划教材·化学系列
ISBN 978-7-303-22096-0

I. ①基… II. ①李… ②蒋… ③赵… 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(2017)第 028018 号

营销中心电话	010-62978190 62979006
北师大出版社科技与经管分社	www.jswsbook.com
电子邮箱	jswsbook@163.com

出版发行: 北京师范大学出版社 www.bnup.com
北京市海淀区新街口外大街 19 号
邮政编码: 100875

印 刷: 三河市东兴印刷有限公司
经 销: 全国新华书店
开 本: 730 mm×980 mm 1/16
印 张: 32
字 数: 522 千字
版 次: 2017 年 3 月第 2 版
印 次: 2017 年 3 月第 2 次印刷
定 价: 55.00 元

策划编辑: 范 林 雷晓玲	责任编辑: 范 林 雷晓玲
美术编辑: 刘 超	装帧设计: 刘 超
责任校对: 李 茵	责任印制: 李 丽 赵非非

版权所有 侵权必究

反盗版、侵权举报电话: 010-62978190

北京读者服务部电话: 010-62979006-8021

外埠邮购电话: 010-62978190

本书如有印装质量问题, 请与出版部联系调换。

印制管理部电话: 010-62979006-8006

新世纪高等学校规划教材·化学系列
编写指导委员会
(按姓氏音序排列)

顾问	刘伯里	刘若庄	刘知新
委员	陈光巨	成莹	方维海
	黄元河	刘正平	欧阳津
	王科志	王磊	朱霖

北京师范大学化学实验教学中心简介

北京师范大学化学实验教学中心成立于 1998 年,是国内较早建立的实验教学中心之一。1999 年实验单独设课,在化学一级学科的平台,建立“一体化、多层次”的实验教学新体系。主要承担化学学院、生命科学学院等五个院系本科生的化学实验教学。在学校的支持下,经过“211 工程”、“985 工程”项目及世行贷款项目的建设,中心综合实力得到加强,整体水平有了显著提高。2001 年通过北京高等学校基础课实验室评估。2006 年被评为北京高等学校实验教学示范中心。2007 年成为国家级实验教学示范中心建设单位。并被北京市总工会授予工人先锋号优秀班组先进集体。中心主持的实验教学成果分别荣获 2008 年北京市教学成果一等奖和 2009 年国家级教学成果二等奖。

中心实验室使用面积 2 800 平方米,分为“化学基础实验室”、“化学合成实验室”、“化学综合实验室”等中心集中管理的实验室,建立了大中型仪器测试室——中级仪器实验室,拥有实验药品种类齐全的药品库,实现了资源的统一配置和共享,提高了实验室和仪器设备的使用效率,为培养具有全面科学素质的人才提供了良好的实验环境和设备保障。

中心重视实验教学队伍的建设,形成了高水准的实验教学和专技人员队伍。实验中心主任聘任各实验课的主讲教师和任课教师。主讲教师全面负责实验课的教学与管理。实验指导教师在全院教师中公开招聘,择优聘任;各项工作责任到人。实验技术人员全部实行公开招聘、竞争上岗。

中心实行校、院两级管理,实行院教学指导委员会统一领导下的中心主任负责制和全员岗位聘任制。中心统一管理实验室专职人员和实验经费及仪器设备,实现了“人、财、物”的集中管理。中心统一管理实验教学的课程和聘任实验教师。主编及参编“十五”国家级规划教材,面向 21 世纪课程教材,北京市高等教育精品教材立项项目教材及其他教材等共 64 部,实验教师主编了 13 部实验教材,6 部教材被评为国家“十五”规划教材以及北京市精品教材及立项,其中包括内容全部由教师的科研成果编写的《化学综合实验》。经过几年的不懈努力,实验教学取得了优异的成绩,主持全国教育科学“十五”规划重点课题 2 项,北京市“十五”教育科学研究规划重点课题 1 项,教育部高等学校骨干教师资助计划项目 2 项,并主持教育部、北京市及学校各类其他教学改革及教材建

设项目共 33 项。获北京市教育教学成果一等奖 1 项，二等奖 1 项。获北京师范大学高等教育教学成果一等奖 1 项，二等奖 3 项。在《化学教育》、《大学化学》、《高师理科学刊》等刊物发表教学研究论文 56 篇。

近年来，实验教学中心先后接待了 50 余所兄弟院校(其中 20 余所师范院校)访问团，广泛交流了实验教学改革的经验。仅 2008 年，来实验中心交流访问的兄弟院校的领导及教师达 350 余人。中心的某些教改经验，为一些高校所采用。为了向我国的基础教育输送更多的优秀教育人才，中心将“中学化学实验研究”纳入综合性实验体系之中。多次组织国际和国内的中学基础化学教学的研讨和培训，是北京市中学生奥林匹克化学竞赛选手的实验培训基地和北京市青少年科技俱乐部活动学术指导中心。

地址：新街口外大街 19 号北京师范大学化学楼 216 室

电话：010—58802850

传真：010—58802075

网址：<http://ecc.chem.bnu.edu.cn/>

序

北京师范大学化学学院从1998年成立化学实验教学中心开始,对实验教学体系进行全面改革,在一级学科平台上建立了实验教学的新体系。本着“厚基础、宽口径、求创新”的原则,按照“一体化、多层次”的实验教学模式,对实验课程独立设课,将原来依附于四大化学理论课的实验,融合贯通,设为三个层次的实验课程。第一层次为“化学基础实验”,以基本操作训练为主;第二层次为“化学合成实验”和“化学测量与计算实验”,是在第一层次基础上的提高;第三层次为“化学综合设计实验”,以研究性和设计性实验为主,教学重点进入到初步了解化学研究前沿领域以及与化学密切相关学科交叉领域,学习科学研究的基本思路和方法,熟练掌握各种实验技能,应用多种大型仪器进行实验结果测试分析,全面提高学生的综合素质。新的实验教学体系为培养学生的创新意识和创新能力搭建了一个广阔的平台,经过近十年的教学实践,已经取得了丰硕的成果。

实验教学改革过程中,教材建设是不可缺少的重要组成部分。北京师范大学化学实验教学中心在普通高等教育“十五”国家级规划教材《化学基础实验》和《化学合成实验》之后,又组织编写了北京师范大学化学实验系列教材:《化学综合实验》《基础化学实验操作规范》《计算化学实验》《化学测量实验》《化学合成实验》《有机波谱分析及实验》《化学工程基础实验》。

该化学实验系列教材由北京师范大学化学学院一批长期承担化学实验教学的教师积多年实验教学经验编写而成,较全面地涵盖了化学专业的学生在大学四年学习期间所必须掌握的化学实验相关知识和实验技能,同时还涉及部分当今化学研究的前沿领域和与化学密切相关的交叉学科的内容。这

套系列教材不仅适合于综合性大学和高等师范院校的化学专业本科生和研究生使用，也可供从事化学科学研究的人员以及与化学密切相关的交叉学科的研究人员参考。

该化学实验系列教材是实验教学改革成果，改革是一个不断完善的过程。希望通过实验教学的改革、实验教材的建设，进一步提高高等院校的实验教学水平，培养更多的综合素质好、实验技能高的化学专业人才。

方维海

前言

《化学实验规范》一书是我院在 20 世纪 80 年代, 为了加强和改进化学基础课实验教学工作, 由多年从事基础课实验教学, 在实验教学方面具有丰富经验的教师经过充分酝酿、讨论、研究后, 着手编写制订的化学基础课实验规范, 作为教师进行实验教学的指导性参考教材和检查实验教学质量的标准。

《化学实验规范》自 1987 年出版以来, 一直受到广大师生的欢迎和好评, 许多学校选用该书作为化学实验教学的补充教材和教师进行化学实验教学的参考资料, 多种化学实验教材在编写过程中引用了该书的内容。20 年来, 《化学实验规范》在我院的基础化学实验教学中, 在培养学生的实验能力、规范学生的实验操作、提高学生的实验技能以及培养学生的综合素质等方面都发挥了重要的作用。

随着北京师范大学化学学院实验教学中心的成立, 实验教学进行了全方位的改革, 在化学实验独立设课和“一体化、三层次”的实验教学模式下, 处在第一层次的“化学基础实验”显得尤为重要, 这一阶段的基础打得好不好, 直接关系到第二阶段“化学合成实验”“化学测量与计算实验”和第三阶段“化学综合设计实验”的教学效果和培养目标的实现。为了适应新形势下实验教学的需要, 我们感到有必要对《化学实验规范》一书进行全面的修订和再版。

我们认为, 教材修订也应该与时俱进。在这次修订再版中, 我们力求与实验教学改革的步伐和科学技术发展的需要相适应。在修订编写中, 我们既尽量保持该书原有的编写风格, 又努力体现了紧跟科技时代发展的步伐。修订中, 我们尽量删除一些陈旧过时的内容, 增加一些体现新技术新发展

的内容。如，我们删除了有关 72 型分光光度计的相关内容，代之以较先进的 751 型；我们删除了用绘图板绘制化学实验装置的内容，代之以利用先进的计算机化学绘图软件中的实验仪器装置绘制方法等。为了更好地突出“基础操作”和“规范”，本书的修订版书名改为《基础化学实验操作规范》。

本书不仅适合于高等师范院校和综合性大学化学及相关专业的本科生、大专生使用，也可供研究生、化学及相关专业的科研人员以及中学和中等专科学校的化学教师参考。

本书由李华民、蒋福宾、赵云岑和申秀民负责组织修订和编审工作，魏朔、孙根班和刘小英等参与修订，全书由蒋福宾统稿。在本书的修订编写过程中，得到了北京师范大学化学学院领导、北京师范大学国家级化学实验教学示范中心领导的大力支持，也得到了学院各研究所、系、室老师们的帮助和支持，特别是本书责任编辑——北京师范大学出版社范林同志为该书的再版工作付出了大量的心血和辛勤的劳动，在此一并致以衷心的感谢。

限于编者的水平，书中谬误在所难免，真诚地希望读者们批评指正。

编者

目 录

第1章 总 论 /1

1.1 化学实验教学概论	1
1.1.1 实验教学在培养化学专业人才中的作用和地位	1
1.1.2 化学基础课实验教学的目的是任务	1
1.1.3 精选和科学地组织实验教学内容	2
1.1.4 重视和加强实验教学队伍的建设	3
1.1.5 重视实验室的建设, 加强实验室的管理	4
1.2 实验教学法概述	5
1.2.1 遵循实验教学规律, 发挥教师的主导作用	5
1.2.2 重视课前预习, 避免“注入式”的教学方法	6
1.2.3 实验教学中严格要求的重要性	6
1.2.4 认真备课和不断总结教学经验	8
1.2.5 分清各项操作的要求层次, 处理好课程间的衔接和配合	8
1.2.6 略述“开放实验室”	10
1.3 实验教学组织管理工作的若干简则	10
1.3.1 实验课教师的职责和教学工作要求	10
1.3.2 实验教学主讲教师的职责	11

1.3.3	基础课实验技术人员的职责	12
1.3.4	实验课学生守则	12
1.3.5	实验成绩考核办法	13
1.3.6	学生损坏实验仪器的赔偿制度	14

第2章 无机化学实验 /15

2.1	无机化学实验室基础知识	15
2.1.1	实验室的布局 and 各项规则	15
2.1.2	实验教学目的 and 要求	17
2.1.3	实验室常用试剂知识	18
2.2	实验技能及其操作规范	31
2.2.1	一般无机化学实验仪器(或器具)的使用	31
2.2.2	仪器的一般洗涤与干燥	32
2.2.3	酒精灯和煤气灯的使用	37
2.2.4	玻璃管的切割与熔光	43
2.2.5	塞子的选择和钻孔	44
2.2.6	一般仪器的连接和安装	48
2.2.7	固体、液体试剂的取用和估量	50
2.2.8	试管实验的操作	55
2.2.9	固体的溶解、常压过滤和沉淀的倾泻分离与洗涤	58
2.2.10	气体的制备与收集	64
2.2.11	气体的净化与干燥	80

第3章 分析化学实验 /85

3.1	分析化学实验室基础知识	85
3.1.1	实验室的各项规则	85
3.1.2	实验教学目的 and 要求	86
3.2	实验技能及其操作规范	87
3.2.1	化学分析仪器的洗涤及洗液的配制和使用	87
3.2.2	定性分析实验技术	89
3.2.3	分析天平 and 称量	95
3.2.4	重量分析技术	111
3.2.5	滴定分析技术	120

3.2.6 固体样品或基准试剂的干燥处理	128
3.2.7 离子交换法制备化学实验室用纯水	130

第4章 有机化学实验 /135

4.1 有机化学实验室基础知识	135
4.1.1 实验室的各项规则	135
4.1.2 实验教学目的和要求	137
4.1.3 实验室常用知识简介	138
4.2 实验技能及其操作规范	150
4.2.1 蒸馏	150
4.2.2 回流	170
4.2.3 洗涤与萃取——分液漏斗的使用	176
4.2.4 干燥及干燥剂的选用	182
4.2.5 重结晶与过滤	190
4.2.6 熔点的测定	196
4.2.7 物质的升华	201
4.2.8 色谱法分离与分析	204
4.2.9 有机化合物分子结构鉴定技术	214

第5章 物理化学实验 /215

5.1 物理化学实验室基础知识	215
5.1.1 实验室的各项规则	215
5.1.2 实验教学目的和要求	217
5.2 实验技能及其操作规范	219
5.2.1 分析天平的使用与维护	219
5.2.2 气体压力的测量	219
5.2.3 温度计的使用和选择	224
5.2.4 控温技术	239
5.2.5 液体密度的测定	248
5.2.6 氢气发生器的使用	251
5.2.7 电学测量技术	253
5.2.8 光学测量技术	270
5.2.9 ZJ-2C 不锈钢磁天平测定分子磁性实验	284

5.2.10	真空技术	286
5.2.11	量热技术——燃烧热实验装置测定燃烧热	292
5.2.12	简易的差热分析技术	297
5.2.13	X射线粉末衍射技术	305
5.2.14	色谱法在物理化学实验中的应用——测定无限稀释溶液活度系数	310
5.2.15	综合性训练——流动法技术测定合成氨平衡常数	311

第6章 化学工程基础实验 /319

6.1	化学工程实验室基础知识	319
6.1.1	实验室的各项规则	319
6.1.2	实验教学目的和要求	323
6.2	实验技能及其操作规范	323
6.2.1	流动体系中物料流量、流速的测量技术	323
6.2.2	流动体系中物料温度的测量技术	332
6.2.3	流动体系中湿度的测定方法	333
6.2.4	流动体系中稳定物料流动的设备及其适用范围	335
6.2.5	稳压交流电源的使用方法	337

第7章 中学化学实验研究 /339

7.1	中学化学实验室基础知识	339
7.1.1	实验室的布局	339
7.1.2	了解中学化学实验室的管理方法	340
7.1.3	相关实验工作能力	341
7.1.4	实验教学目的和要求	343
7.2	实验技能及其操作规范	344
7.2.1	储气瓶的使用	344
7.2.2	一些演示实验装置及其自制方法	346
7.2.3	酒精喷灯的使用	350
7.2.4	自制化学实验用热源	350
7.2.5	铝整流器的制作和使用	352
7.2.6	感应圈的使用	354
7.2.7	传感技术实验室	355
7.2.8	中学化学实验仪器和装置图的画法	364

第 8 章 常用基础仪器简介和使用方法 /368

8.1 托盘天平的使用	368
8.2 可见-紫外吸收光谱分析法	371
8.3 原子发射光谱分析法	380
8.4 原子吸收光谱分析法	406
8.5 电导分析法	423
8.6 电位分析法	426
8.7 气相色谱分析法	435
8.8 红外光谱	453
8.9 核磁共振波谱	461
8.10 质谱	465

附 录 /469

附录一 元素周期表	469
附录二 不同温度下水的饱和蒸气压	470
附录三 不同温度下液体的密度	471
附录四 常见无机化合物在水中溶解度(g/100 g, H ₂ O)	472
附录五 常用缓冲溶液的 pH 范围	474
附录六 常用酸、碱的浓度	474
附录七 常见有机溶剂的沸点和相对密度	475
附录八 特殊试剂的配制	475
附录九 常见弱酸、弱碱的电离平衡常数(298.15 K)	477
附录十 一些难溶化合物的溶度积(298.15 K)	479
附录十一 标准电极电势(298.15 K)	481
附录十二 一些配离子的标准稳定常数(298.15 K)	489
附录十三 常见物质的 $\Delta_f H_m^\ominus$ 、 $\Delta_f G_m^\ominus$ 和 $S_m^\ominus$	490

参考文献 /496

第1章 总论

1.1 化学实验教学概论

1.1.1 实验教学在培养化学专业人才中的作用和地位

化学是一门以实验为基础的学科,许多化学的理论和规律是从实验中总结出来的。同时,对任何理论的应用和评价,也都要依据实验的探索和检验。所以在培养化学专业人才中,实验课是一项十分重要的教学环节。一位从事化学专业工作的人员,如果未经过严格的从事实验室工作的训练,不具有一定的独立进行化学实验的能力,就不可能真正掌握和理解专业知识,也无法进行科学实验而有所发明和创造。对于培养中学化学教师,实验课教学则尤为重要。因为化学实验是化学教学工作的基础,教师实验技能水平的高低将决定教学效果的好坏,也影响着对青年一代科学实验能力的培养。

基础课的教学实验和课堂讲授部分有着同样的重要性。它是使学生掌握化学知识、发展智力,培养学生分析问题、解决问题的能力,培养学生的创造精神和锻炼优秀品质以及提高综合素质的重要教学环节。此外,实验课还具有它独特的作用。通过实验课的学习,可以使学生掌握从事科学实验的各项基本技能和方法,启发和引导学生应用已有的化学知识有目的地去观察、发现客观事物,学会运用科学实验的方法验证和探索化学变化的规律,启示学生了解和体会怎样做才能成为一位合格的化学工作者。实验教学的功能是课本所不能替代的。任何轻视或忽略实验教学工作的思想和行为都是错误的。

基于以上原因,化学基础课的实验课时应约占其总课时数的三分之二,否则学生的化学技能是难以得到全面发展的。

1.1.2 化学基础课实验教学的目的是任务

科学实验是培养人才的重要手段。基础课实验教学总的目的和要求是:

(1)观察、认识和理解化学反应事实,验证化学理论和实践化学方法。

使学生具有观察、认识和理解化学反应事实的能力,这对于培养和造就一位合格的化学工作者是十分重要的。观察化学反应的现象是认识化学变化规律的起点。一些科学家的发明和创造,往往是由于他们具有敏锐的观察和感悟能力。所以在低年级的化学实验教学中,应尽早培养学生深入细致的观察能力。引导学生观察实验现象的时候,还应要求学生对这些现象进行科学的分析和解释,使之在感性认识的基础上向理性认识过渡,锻炼其分析、推理和联想的能力,从而使学生掌握科学的思维方法,培养其思维能力。这是培养学生创造能力的基础,切不可轻视和忽略。

(2)掌握化学实验的基本技能,进行科学实验工作方法的初步训练,培养学生独立思维和独立工作的能力。

实验教学要使学生掌握有关的基本操作技能,这一点在大多数学校学生的学习和教师的教学实践中比较注意,但还必须清醒地认识到学习某些单元操作的目的是使学生掌握科学实验的方法。因此,在基本技能的训练中,应使学生理解各项操作规范的意义,以便根据整个实验的目的和要求正确而灵活地加以运用,切不可“只见树木,不见森林”,只注意单项操作而忽视科学实验能力的综合培养和训练。必须注意在掌握化学实验基本技能的学习和训练中使学生的独立工作能力得到全面提高和发展。

(3)培养学生严肃的科学态度、严谨的学风和良好的实验室工作习惯。

由于实验教学是学生根据实验课题独立地进行科学实践活动,学生在不断地实践和探索中增长知识和才干,陶冶思想和作风。因此实验教学的目的是要求不局限于培养科学实验的技能,还应注意培养学生严谨的学风、实事求是的科学素养和认真探索的科学态度。在实验教学的一系列活动中都应体现出在思想修养和综合素质方面的要求,使实验教学发挥应有的作用。

上述三项教学目的和任务,在各门基础课的实验教学中均应有所体现,必须根据各自的特点作出明确规定。同时,前后课程之间应既有衔接和配合,又要有分工和侧重,这样才能取得较好的教学效果。本书力求按照以上原则处理各章之间的分工与联系。

1.1.3 精选和科学地组织实验教学内容

选择和确定较好的实验内容,并将其按教学规律进行科学的组织,是搞好实验教学的基础。即使有了先进的教学设备,如果没有充实的具有较高水平的实验内容,也不会有高水平的教学质量。因此,必须不断精选和更新实验内容,重视和加强这方面的专门研究工作,了解国内外有关动态,探索新的实验