



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

新编大学化学实验(一)

—— 基础知识与仪器

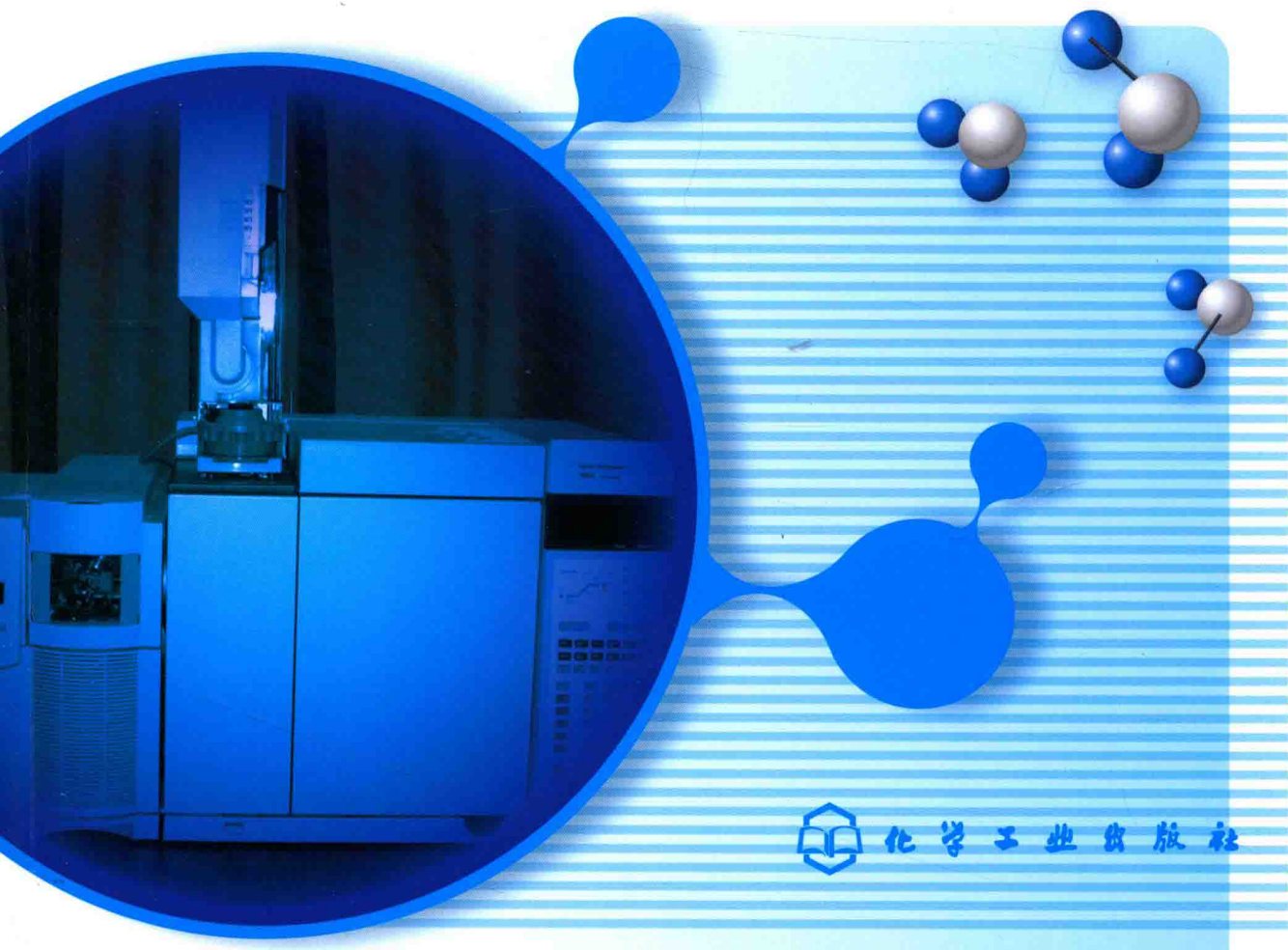
第二版

■ 扬州大学 盐城师范学院 唐山师范学院 盐城工学院
江苏科技大学 江苏理工学院 淮海工学院 泰州学院

合编

■ 刁国旺 总主编

■ 刘 巍 本册主编



 化学工业出版社



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

新编大学化学实验(一)

—— 基础知识与仪器

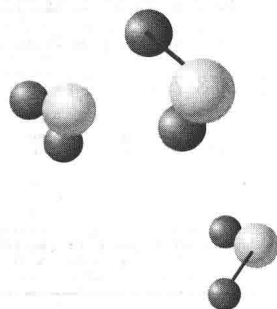
第二版

■ 扬州大学 盐城师范学院 唐山师范学院 盐城工学院
江苏科技大学 江苏理工学院 淮海工学院 泰州学院

合编

■ 刁国旺 总主编

■ 刘 巍 本册主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材《新编大学化学实验》共包括四个分册：基础知识与仪器、基本操作、仪器与参数测量、综合与探究。

第一分册为基础知识与仪器，共5章，在介绍实验室安全与管理的基础上，对各类实验基础操作进行了系统介绍，测量与控制技术一章介绍了各类测温、测压和真空技术，实验数据处理一章对数字计算规则、误差处理、图表制作的介绍有利于学生实验报告的撰写。最后一章为常见仪器的使用，本章对目前高校实验室常见的45种仪器的简单原理和使用步骤等进行了系统介绍，对高年级学生或科研人员也有很大的借鉴作用。

《新编大学化学实验（一）——基础知识与仪器》内容广泛、系统，适用于化学、化工、环境、生物、制药、材料等专业的本科生，也可供从事化学实验和科研的相关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

新编大学化学实验（一）——基础知识与仪器/刘巍本册主编.

2版. —北京：化学工业出版社，2016.8

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材/刁国旺总主编

ISBN 978-7-122-27419-9

I. ①新… II. ①刘… 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（2016）第141260号

责任编辑：宋林青 李 琰

装帧设计：史利平

责任校对：宋 玮

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：大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张17 字数410千字 2016年9月北京第2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：30.00元

版权所有 违者必究

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材 《新编大学化学实验 (第二版)》编委会

总 主 编: 刁国旺

副总主编: 薛怀国 张根成 沈玉龙 邵 荣

袁爱华 周全发 许兴友 李存福

编 委 (以姓氏拼音为序):

蔡照胜 (盐城工学院)	陈传祥 (江苏科技大学)
陈立庄 (江苏科技大学)	刁国旺 (扬州大学)
丁元华 (扬州大学)	高玉华 (江苏科技大学)
关明云 (江苏理工学院)	韩 莹 (扬州大学)
李存福 (泰州学院)	李宗伟 (扬州大学)
李增光 (扬州大学)	林 伟 (江苏理工学院)
刘冬莲 (唐山师范学院)	刘 巍 (扬州大学)
刘徽桥 (江苏理工学院)	仇立干 (盐城师范学院)
邵 荣 (盐城工学院)	沈玉龙 (唐山师范学院)
王丽红 (唐山师范学院)	王佩玉 (扬州大学)
许兴友 (淮海工学院)	薛怀国 (扬州大学)
颜朝国 (扬州大学)	严 新 (盐城工学院)
杨锦明 (盐城师范学院)	袁爱华 (江苏科技大学)
张根成 (盐城师范学院)	朱霞石 (扬州大学)
周全发 (江苏理工学院)	

《新编大学化学实验 (一) ——基础知识与仪器 (第二版)》编写组

主 编: 刘 巍

副主编: 韩 莹 蔡照胜 王丽红 王佩玉

参 编 (以姓氏拼音为序):

陈松庆	董宝霞	郭 霞	韩 杰	李 娟
刘文龙	刘汝章	陆春良	鲁 萍	孙 诚
王 建	吴德峰	吴 俊	薛怀国	严长浩
袁 宇	张奉民	张永才	朱沛志	朱霞石

编写说明

2010年《新编大学化学实验》第一版出版，本系列教材吸收了多所院校的实验教学改革经验，并结合教育部关于加强大学生实践能力与创新能力培养的教学改革精神，在满足教育部化学专业教学指导委员会关于化学及近化学类专业化学基础实验的基本要求的前提下，对整个大学化学实验的内容和体系进行了全方位的更新，得到同行专家的首肯。2014年该教材先被评为江苏省重点教材，后入选“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材。该系列教材出版以来，扬州大学、盐城师范学院、江苏师范大学、徐州工程学院和唐山师范学院等院校先后选择该书为本校相关本科专业基础化学实验教材，受到了广大师生的普遍好评。

经过近六年的教学实践验证，本套教材比较符合本科化学及近化学类专业基础化学实验的基本要求，因此在第二版中基本保留了原书的框架结构，只是对部分内容进行了删改或增加。修订时遵循的基本原则：一是尽量吸收近年来实验教学改革的最新成果，将现代科学发展的前沿技术融入基础化学实验教学中，为提升学生的创新能力、拓宽学生的知识视野提供了保证；二是对参编院校进行了调整，部分新参编学校提供了许多优秀的实验教学方案，使本书教学内容更加丰富。编者相信，通过本次修订，本书的普适性会更强。

由于编者水平有限，书中难免会出现不足及疏漏之处，恳请广大师生及读者批评指正。

本书在修订时，得到了江苏省重点教材项目、省教改基金（重点）、扬州大学出版基金和教改项目的资助，特此感谢！

编者

2016年2月

前 言

现代社会的高速发展对高校人才的培养也提出了更高的要求。当今高校的主要任务是培养人才，多出人才，出好人才。化学作为基础学科的重要组成部分，对培养高素质的理工科人才具有十分重要的作用。著名化学教育家戴安邦院士指出“实验室是实施全面化学教育最有效的教学形式”，在学生综合素质和科学素养的形成过程中发挥着不可替代的作用。随着实验室建设资金投入的大幅度增加，许多高校实验室添置了大量仪器、设备，教学、科研条件上了一个新的台阶，我国高校化学实验室建设和实验教学改革进入了一个高速发展的时期。目前，我国主要高校化学实验教学条件已经达到或接近国际先进水平。作为实验教学重要元素的实验教材也必须适应这种新的发展。《新编大学化学实验（一）——基础知识与仪器》的再版工作，也正是在这种形势下提上议事日程的。

本次修订主要对本书第5章进行了修改、补充，基本保留了原教材中的分析天平、酸度计等14种常规仪器的内容，对电化学工作站、紫外-可见分光光度计、红外光谱仪、荧光光谱仪等10种仪器，结合这类仪器的最新发展，做了较大的改动。除此以外，本章重点补充了原教材没有涉及的多种光谱仪、色谱仪、电子显微镜的介绍和使用方法，这21种仪器的加入，大大扩展了本教材的使用范围，与目前高校实验室的发展相匹配。

由于编者水平所限，在选择有关实验内容时，难免有疏漏之处。敬请各位同仁不吝指教。

编者

2015年12月

第一版序

关于化学实验的重要性和化学实验教学在培养创新人才中的作用，我国老一辈化学家从他们的创新实践中提出了非常精辟的论述。傅鹰教授提出：“化学是实验的学科，只有实验才是最高法庭。”黄子卿教授指出：“在科研工作中，实验在前，理论在后，实验是最基本的。”戴安邦教授对化学实验教学的作用给予了高度的评价：“为贯彻全面的化学教育，既要由化学教学传授化学知识和技术，更须通过实验训练科学方法和思维，还应培养科学精神和品德。而化学实验课是实施全面的化学教育的一种最有效的教学形式。”老一辈化学家的论述为近几十年来化学实验的改革指明了方向，并取得了丰硕的成果。

什么是创新人才？创新人才应具备的品质是：对科学的批判精神，能发现和提出重大科学问题；对科学实验有锲而不舍的忘我精神；对学科的浓厚兴趣。而学生对化学实验持三种不同态度：一类是实验的被动者，这类学生不适合从事化学方面的研究工作；一类是对实验及研究充满激情，他们可以放弃节假日，埋头于实验室工作，他们的才智在实验室中得以充分体现，他们是“创新人才”的苗子；一类是对实验既无热情也不排斥，只是把实验当成取得学分的手段，这类学生也许能成为合格的化学人才，但决不能成为创新人才。因此，对待实验室工作的态度是创新人才的“试金石”，有远见的化学教育工作者应创造机会让优秀学生脱颖而出。

近三十年来，各高校对实验教学的重视程度有所提高，并取得了系统性的认识和成果，但目前的实际情况尚不尽如人意，在人们的思想中，参加实验教学总是排在科学研究、理论教学工作之后，更不愿把精力放在教学实验的研究工作上。但是，以扬州大学刁国旺教授为首的教学集体以培养创新人才为己任，长期投入、潜心钻研、追求创新，研究出一批新实验，形成了富有特色的化学实验教学新体系，编写了新的实验教材，受到了同行的高度好评，成为江苏省人才培养模式创新实验示范区、大学化学实验课程被评为江苏省精品课程，刁国旺教授荣获江苏省教学名师，这种精神是难能可贵的。《新编大学化学实验》就是他们的最新研究成果，全书特色鲜明：（1）全：全书收集了教学实验 214 个，囊括了基础综合探究性各类实验，可能是目前国内收编教学实验最多的化学实验教科书之一，是实验教学改革成果的结晶。（2）新：收集的实验除了经典的基本实验外，相当多的实验是新编的，有的就是作者的科研成果转化而来，使实验训练接近最新的科学前沿。本教材也以全新的模式展现给读者。（3）细：从实验教学出发，教材在编写时细致周到，既为学生提供了必要的提示，也为教师在安排实验教学上提供了很大的自由度。

期望《新编大学化学实验》的出版能给我国化学实验教学带来新活力、增添新气象、开创新局面，培养出更多的创新人才。

高盘良

2010 年 5 月 16 日

第一版编写说明

众所周知,化学是一门以实验为基础的学科,许多化学理论和定律是根据大量实验进行分析、概括、综合和总结而形成的,同时实验又为理论的完善和发展提供了依据。化学实验作为化学教学中的独立课程,作用不仅是传授化学知识,更重要的是培养学生的综合能力和科学素质。化学实验课的目的:使学生掌握物质变化的感性知识,掌握重要化合物的制备、分离和表征方法,加深对基本原理和基本知识的理解掌握,培养用实验方法获取新知识的能力;掌握化学实验技能,培养独立工作和独立思考的能力,培养细致观察和记录实验现象、正确处理实验数据以及准确表达实验结果、培养分析实验结果的能力和一定的组织实验、科学研究和创新的能力;培养实事求是的科学态度,准确、细致、整洁等良好的科学习惯和科学的思维方法,培养敬业、一丝不苟和团队协作的工作精神和勇于开拓的创新意识。为此,教育部化学与化工学科教学指导委员会制定了化学教学的基本内容,并对化学实验教学提出了具体要求。江苏省教育厅也要求各教学实验中心应逐渐加大综合性与设计性实验的比例,加强对学生动手能力的培养。扬州大学化学教学实验中心作为省级化学实验教学示范中心,始终注重实验教学质量,于1999年起尝试实验教学改革,于2001年在探索和实践建立一套独特的实验教学体系,并编写了《大学化学实验讲义》(以下简称《讲义》),该《讲义》按照实验技能及技术的难易程度和实验教学的认知规律分类,分别设立基础实验、综合实验和探究实验。其中基础实验又分成基础实验一和基础实验二,分别在大学一、二年级开设,主要训练学生大学本科阶段必须掌握的基本实验技能技巧、物质的分离与提纯、常用仪器的性能及操作方法、常规物理量测量及数据处理等,了解化学实验的基本要求。在完成基础实验训练后,学生于三年级开设综合性实验。该类实验以有机合成、无机合成为主线,辅之以各种分析测量手段,一方面学生可学到新的合成技术,同时又可以利用在一、二年级掌握的基本实验技术,对合成的产品进行分离提纯、分析检测,并研究相关性质等。综合性实验一方面可帮助学生复习、强化前面已学过的知识,进一步规范实验操作技能和技巧;另一方面也可培养学生综合应用基础知识和提高解决实际问题的能力。在此基础上,开设探究性与设计性实验,该实验内容主要来自最新的实验教学改革成果,也有部分为最新的科研成果。按照设计要求,该类实验,教科书只给出实验目的与要求,学生必须通过查阅参考文献,撰写实验方案,经指导老师审查通过后独立开展实验,对于实验过程中发现的问题尽可能自行解决。该类实验完全摒弃了以往实验教学中常用的保姆式教育,放手让学生去设计、思考,独立自主地解决实际问题,使学生动手能力得到了显著提高。经过4年的教学实践证明,采用这一课程体系,综合性与设计性实验的课时数占总实验课时数可以达到40%左右。师生普遍反映该课程体系设计科学、合理,学生在基础知识、基础理论和实践技能培训方面得到全面、系统训练的同时,综合解决实际问题的能力得到进一步加强。《讲义》经4年的试用,不断完善,并于2006年与徐州师范大学联合编写了《大学化学实验》系列教材,由南京大学出版社正式出版发行。两校从2006年夏起,以本套丛书作为本校化学及近化学各专业基础化学实验的主要教材,至2010年,先后在化学、应用化学、化学工程与工艺、制药工程及高分子材料与工程等专业近4000名学生中使用,师生普遍反映良好,该教

材也被评为普通高等教育“十一五”国家级规划教材和江苏省精品教材。但在实际使用过程中,也发现原教材存在诸多不足。为此,扬州大学、徐州师范大学以及盐城师范学院、盐城工学院、徐州工程学院、淮海工学院和淮阴工学院一起于2008年春在扬州召开了实验教学改革经验交流会及实验教材建设会议,在充分肯定《大学化学实验》教材取得成功经验的基础上,也提出了许多建设性的建议,并决定成立《新编大学化学实验》编写委员会,对《大学化学实验》教材进行改编。会议决定,《新编大学化学实验》仍沿用《大学化学实验》的编写体系,即全套共由四个分册组成,第一分册介绍实验基础知识、基本理论和基本操作以及常规仪器的使用方法等,刘巍任主编;第二分册为化学实验基本操作实验,朱霞石任主编;第三分册为仪器及参数测量类实验,丁元华任主编;第四分册为综合与探究实验,颜朝国任主编。全书由刁国旺任总主编,薛怀国、沐来龙、许兴友、张根成、邵荣、杜锡华和马卫兴等任副总主编,刁国旺、薛怀国负责全套教材的统稿工作。

本次改编时,在保留原教材编写体系的同时,根据实际教学需要,又作了以下几点调整:

(1) 为反映实验教学的发展历史,同时也为适应不同学校的教学需求,适当增加了部分基础实验内容,安排了部分利用自动化程度相对较低的仪器进行测量的实验,有利于加深学生对实验测量基本原理的认识。

(2) 为强化实验的可操作性,注意从科研和生产实践中选择实验内容。

(3) 考虑到现代分析技术发展迅速,在仪器介绍部分,增加了现代分析技术经常使用的较先进仪器的介绍,以适应不同教学之需要,也可供相关专业人员参考。

(4) 部分实验提供了多种实验方案,一方面可拓宽学生的知识视野,同时也便于不同院校根据自身的实验条件选择适合自己的教学方案。

(5) 吸收了近几年实验教学改革的最新研究成果。

全套教材共收编教学实验214个,涉及基础化学实验教学各个分支的教学内容,各校可根据具体教学需求,自主选择相关的教学内容。

希望本套教材的出版,能为我国高等教育化学实验教学的改革添砖加瓦。

本套教材是参编院校从事基础化学实验教学工作者多年来教学经验的总结,编写过程中得到扬州大学郭荣教授、胡效亚教授等的关心和支持;北京大学高盘良教授担任本套教材的审稿工作,提出了许多建设性的意见,并欣然为本书作序,在此一并表示谢意!

本套教材由扬州大学出版基金资助。

由于编者水平有限,加之时间仓促,不足之处在所难免,恳请广大读者提出宝贵意见和建议,以便再版时修改。

编委会

2010年5月

第一版前言

本书是系列丛书《新编大学化学实验》的第一分册，共分两个部分。第一部分主要介绍大学化学实验的基础知识，包括化学实验的基本理论和基本操作技术、化学实验条件的控制技术、化学实验结果的处理与表达等；第二部分介绍常规仪器的使用方法等。实验仪器的种类、功能、精度随着科技的不断发展而日新月异，应该说，对实验仪器及其使用方法的介绍，是一个永无休止的专题。本书的第五章，讲述了大学化学实验中所涉及的 25 种仪器的基本原理、使用方法及注意事项，这些仪器绝大部分是教育部化学与化工学科教学指导委员会在“化学类专业基本教学条件”中所推荐使用的，考虑到学科发展的需求，书中还对少数近年内可能列入规定的部分仪器做了简单介绍。

本册教材由刘巍任主编，王佩玉、蔡照胜、刘英红任副主编；参加编写的还有朱霞石、薛怀国、郭霞、张奉民、瞿其曙、吴德峰、吴俊、吴昊等。

本书可作为高等学校化学与近化学类各专业的实验教材，也可作为相关专业研究生和工程技术人员的参考书。

由于编者水平所限，书中难免存在疏漏和不当之处，敬请读者不吝指正。

编者

2010 年 5 月

目 录

第1章 绪论	1	2.5.2 固液分离	57
1.1 化学实验教学的作用	1	2.5.3 提取	62
1.2 实验教学中学生的中心地位和教师的主导作用	2	2.5.4 蒸馏	65
1.2.1 实验的预习与设计	2	2.5.5 简单分馏	66
1.2.2 实验记录和报告	2	2.5.6 色谱	67
1.2.3 教师的主导作用	3	2.5.7 离子交换色谱法	72
1.3 实验室管理	4	2.5.8 结晶与重结晶	74
1.3.1 实验室规则	4	2.5.9 升华	76
1.3.2 实验室安全操作守则	4	2.6 分析试样的预处理	76
1.3.3 化学灼烧、烫伤、扎伤的预防	5	2.6.1 试样的制备	76
1.3.4 电器设备的安全使用	5	2.6.2 试样的分解	77
1.3.5 防火与灭火	6	2.6.3 待测组分的分离	78
1.4 化学试剂基本常识及其安全保管	7	2.7 滴定分析技术	78
1.4.1 化学试剂的分类	7	2.7.1 容量瓶、移液管、移液枪	79
1.4.2 化学试剂的安全保管	8	2.7.2 滴定管	79
1.5 实验室中的绿色化学	8	2.7.3 滴定操作	81
1.6 实验室三废处理的一般方法	10	2.8 重量分析技术	82
1.6.1 废气的处理方法	10	2.8.1 试样的分解	82
1.6.2 常见废液的处理	10	2.8.2 沉淀的进行	82
1.6.3 固体废弃物的处理	13	2.8.3 沉淀的过滤	83
参考文献	13	2.8.4 沉淀的烘干和灼烧	85
第2章 基本操作技术	14	2.9 常用试纸的使用	86
2.1 玻璃仪器	14	2.9.1 试纸的种类	86
2.1.1 常用玻璃仪器简介	14	2.9.2 试纸的使用方法	87
2.1.2 玻璃加工技术	24	参考文献	87
2.1.3 玻璃仪器的洗涤和干燥	28	第3章 测量与控制技术	88
2.2 加热技术	31	3.1 温度的测量与控制	88
2.2.1 实验室加热设备	31	3.1.1 温标	88
2.2.2 加热技术	35	3.1.2 水银-玻璃温度计	89
2.3 冷却技术	37	3.1.3 贝克曼温度计	90
2.4 试剂的取用与处理	38	3.1.4 热电偶温度计	91
2.4.1 固体试剂	38	3.1.5 铂电阻温度计	92
2.4.2 液体试剂的取用	39	3.1.6 热敏电阻温度计	92
2.4.3 气体试剂使用	45	3.1.7 恒温槽	92
2.4.4 溶液的配制	48	3.2 气体压力的测量	94
2.5 分离与提纯技术	53	3.2.1 福廷式(Fortin)气压计	94
2.5.1 干燥	53	3.2.2 U形压力计	95
		3.2.3 弹簧压力计	95

3.3 真空技术	96	5.1.4 液体样品的称量方法	134
3.3.1 真空的获得	96	5.2 酸度计	134
3.3.2 真空的测量	97	5.3 DDS-11A 型电导率仪	137
3.3.3 真空系统的检漏	99	5.4 电化学分析仪/工作站	138
3.4 真空系统的安全操作	99	5.5 电位差计	139
参考文献	100	5.6 库仑滴定仪	142
第4章 实验数据的处理与结果评价 ..	101	5.7 极谱仪	144
4.1 数据处理	101	5.7.1 极谱分析原理	144
4.1.1 有效数字及计算	101	5.7.2 极谱分析装置	144
4.1.2 记录及计算分析结果的基本 原则	102	5.7.3 极谱仪的使用方法及注意事项 ..	145
4.1.3 可疑值的取舍	102	5.8 电位滴定仪	145
4.1.4 常用仪器估计精度	103	5.9 毛细管电泳仪	147
4.1.5 显著性试验	103	5.9.1 基本原理	147
4.1.6 实验结果的正确表示	105	5.9.2 P/ACE MDQ 型毛细管电泳仪 的使用	147
4.2 误差理论	109	5.9.3 注意事项	148
4.2.1 误差	109	5.10 介电常数测试仪	148
4.2.2 准确度与误差	110	5.11 阿贝折光仪	149
4.2.3 精密度与偏差	110	5.12 旋光仪	150
4.2.4 误差传递	111	5.13 紫外-可见分光光度计	152
4.2.5 提高实验结果准确度的方法	113	5.13.1 基本原理	152
4.3 Excel 在化学实验数据处理中 的应用	113	5.13.2 UV-2550 型紫外-可见分光 光度计的使用	153
4.3.1 用 Excel 制工作表	113	5.14 傅里叶变换红外光谱仪	154
4.3.2 Excel 编辑表	115	5.14.1 基本原理	154
4.3.3 Excel 中的公式和函数	117	5.14.2 红外样品的制备	155
4.3.4 Excel 的图表	117	5.14.3 操作步骤	156
4.3.5 实验数据处理应用实例	118	5.15 拉曼光谱仪	156
4.4 Origin 在化学实验数据处理中 的应用	121	5.15.1 基本原理	156
4.4.1 Origin 主要功能	121	5.15.2 拉曼光谱仪	157
4.4.2 Origin 的安装	121	5.15.3 拉曼光谱仪的使用	158
4.4.3 数据输入	122	5.16 荧光光谱仪	158
4.4.4 图形生成	123	5.16.1 基本原理	158
4.4.5 坐标轴的标注	124	5.16.2 F4500 型荧光光谱仪的使用	159
4.4.6 线条及实验点图标 的修改	125	5.17 流动注射仪	159
4.4.7 数据的拟合	125	5.17.1 基本原理	159
4.4.8 其他功能	126	5.17.2 操作步骤	160
参考文献	128	5.18 X 射线粉末多晶衍射仪	160
第5章 常见仪器的使用	129	5.18.1 工作原理	160
5.1 分析天平	129	5.18.2 德国布鲁克 D8 ADVANCE 衍射 仪的主要部件及技术指标	161
5.1.1 双盘电光分析天平	129	5.18.3 样品的准备	162
5.1.2 电子天平	131	5.18.4 样品的测量	162
5.1.3 固体样品的称量方法	133	5.18.5 物相的定性分析方法	163

5.18.6	数据处理	163	5.28	气相色谱-质谱联用仪	190
5.19	单晶 X 射线衍射仪	163	5.28.1	概述	190
5.19.1	单晶 X 射线衍射基本原理	163	5.28.2	安捷伦气-质联用 (气相色谱 7890B-质谱联用仪 5977A)	191
5.19.2	单晶 X 射线衍射仪装置	164	5.28.3	GC-MS 操作步骤	191
5.19.3	单晶 X 射线衍射仪的使用	164	5.29	凝胶色谱仪	196
5.20	原子发射光谱	165	5.29.1	分离机理	196
5.20.1	基本原理	165	5.29.2	标定曲线	197
5.20.2	仪器主要组成部分	166	5.29.3	分子量及分子量分布	198
5.20.3	仪器使用操作方法	166	5.29.4	凝胶色谱仪的主要组成部分	199
5.21	原子吸收光谱	167	5.29.5	凝胶色谱仪的使用操作	201
5.21.1	基本原理	167	5.29.6	注意事项	201
5.21.2	仪器主要组成部分	167	5.30	离子色谱	202
5.21.3	仪器操作使用方法	170	5.30.1	基本原理	202
5.22	原子荧光光谱仪	170	5.30.2	操作步骤	202
5.22.1	基本原理	170	5.30.3	注意事项	202
5.22.2	仪器主要组成部分	170	5.31	古埃磁天平	203
5.22.3	仪器操作使用方法	171	5.31.1	基本原理	203
5.23	气相色谱法	171	5.31.2	磁天平的使用	204
5.23.1	气相色谱法的原理	171	5.31.3	CT5 型高斯计	204
5.23.2	气相色谱仪的组成	172	5.32	核磁共振波谱仪	205
5.23.3	气相色谱法的特点	172	5.32.1	核磁共振原理	205
5.23.4	气相色谱仪的使用	172	5.32.2	核磁共振波谱仪主要组成 部分	206
5.23.5	注意事项	173	5.32.3	核磁共振分析方法	208
5.24	高效液相色谱法	173	5.32.4	仪器操作使用方法	209
5.24.1	高效液相色谱法原理	173	5.32.5	注意事项	210
5.24.2	高效液相色谱仪组成	174	5.33	顺磁共振波谱仪	210
5.24.3	高效液相色谱仪的使用	174	5.33.1	顺磁共振原理	210
5.24.4	仪器保养	175	5.33.2	顺磁共振仪器	212
5.25	快速制备液相色谱仪	176	5.33.3	顺磁共振参数	213
5.25.1	概述	176	5.33.4	仪器操作使用方法	215
5.25.2	Isolera 快速制备色谱仪组成	176	5.34	荧光倒置显微镜	215
5.25.3	Isolera 快速制备色谱仪的操作	177	5.34.1	基本原理	215
5.26	高分辨质谱仪	178	5.34.2	荧光倒置显微镜的使用	216
5.26.1	质谱仪原理	178	5.33.3	注意事项	217
5.26.2	质谱仪的主要组成部分	178	5.35	偏光显微镜 (DMLP)	218
5.26.3	质谱分析方法	179	5.35.1	基本原理	218
5.26.4	maXis 质谱仪的结构	180	5.35.2	DMLP 偏光显微镜的使用	218
5.26.5	maXis 质谱仪的工作模式	180	5.35.3	注意事项	220
5.26.6	maXis 质谱仪操作使用方法	181	5.36	场发射扫描电子显微镜	220
5.26.7	注意事项	182	5.36.1	扫描电子显微镜基本原理和 结构	220
5.27	液相色谱-质谱联用仪	183	5.36.2	扫描电子显微镜的应用	222
5.27.1	概述	183			
5.27.2	LCMS-2020 组成	183			
5.27.3	LCMS-2020 操作步骤	184			

5.36.3 扫描电子显微镜的使用和 操作	222	5.40.3 注意事项	237
5.37 透射电子显微镜	224	5.41 氧弹式量热计	237
5.37.1 透射电子显微镜成像原理	224	5.42 差示扫描量热仪	238
5.37.2 透射电子显微镜特点	225	5.42.1 差示扫描量热法基本原理	238
5.37.3 透射电子显微镜结构	225	5.42.2 DSC 测试的基本操作	240
5.37.4 透射电子显微镜主要技术 参数	226	5.42.3 DSC 注意事项	242
5.37.5 透射电子显微镜主要表征 手段和技术	226	5.43 同步热分析仪	242
5.37.6 透射电子显微镜的使用和 操作	227	5.43.1 同步热分析技术简介	242
5.38 原子力显微镜	228	5.43.2 TGA 基本原理	243
5.38.1 基本原理	228	5.43.3 样品测试程序	245
5.38.2 工作模式	228	5.44 表面张力测量仪	247
5.38.3 NS3A+型原子力显微镜的 使用	228	5.44.1 基本原理	247
5.38.4 注意事项	230	5.44.2 DCAT11 型表面张力仪的 使用	247
5.39 全自动气体吸附仪	230	5.45 元素分析仪	248
5.39.1 基本原理	230	5.45.1 基本原理	248
5.39.2 等温线类型	231	5.45.2 系统结构	249
5.39.3 比表面积的测定与计算	231	5.45.3 CHN 模式操作规程	250
5.39.4 孔径分布的测定	234	5.45.4 注意事项	251
5.39.5 操作过程	235	附录	253
5.39.6 注意事项	236	附录一 常见酸碱的密度与浓度	253
5.40 高压气体吸附仪	236	附录二 弱电解质的电离常数 (25℃)	253
5.40.1 基本原理	236	附录三 难溶化合物的溶度积常数 (25℃)	253
5.40.2 操作过程	237	附录四 一些常见配离子的稳定常数 (25℃)	255
		参考文献	256

第 1 章 绪 论

1.1 化学实验教学的作用

化学是以实验为基础的学科,实验在化学教学中具有不可替代的作用,它可以激发学生学习化学的兴趣,帮助学生形成化学概念,获得化学知识和实验技能,培养观察能力和实际动手能力,还有助于培养实事求是、严肃认真的科学态度和科学的学习方法。如果离开了实验教学而使化学教学成为一种纯理论、纯知识的传授过程,化学教学的大厦将变成“空中楼阁”。其结果违背化学学科教学的客观规律,受教育者缺少理论与实践相结合的训练,成为只重视书本知识,忽视实践知识的不合格人才。因此,加强实验教学,培养学生的创新能力,是高校培养高素质化学化工专门人才的必要手段。

化学实验是一项独特的实践活动,化学理论只有经过实验的检验,才能成立,才能引起学生的学习兴趣,才能更好地体现化学学科的特点。实验本身特有的实际操作性可以为学生认识的深化提供可靠依据和最佳途径,可以为学生提供丰富的、真实的、生动的感性认识,并为理性认识奠定坚实的基础。事实上化学实验作为一种实践性教育,不仅对学生的智力产生影响,同时它还对学生的心理及非智力因素产生着积极的作用,这一点往往为人们所忽视。无论是提高学生的素质,还是提高学生的能力,都离不开实践环节。

化学实验教学有利于学生科学态度的形成。科学态度是思维素质的一种表现形式,它对于人们从事科学研究和其他工作非常重要。化学实验过程需要学生认真、细致地进行实验观察,如实地反映实验中观察到的各种现象和事实,实事求是地做好实验记录,对实验结果作出正确的分析并及时完成实验报告,是培养学生严谨的科学态度和治学作风的重要环节。

化学实验教学过程也是一种重要的科学方法教育过程。通过化学实验(特别是探索性实验和设计性实验),学生不仅可以学习观察、测定、实验条件的控制、实验记录、数据的分析和处理等基本的科学分析、研究方法,而且在解释实验现象和分析实验结果的过程中,可以采用观察、分析、比较、分类、综合、抽象、概括等科学方法。化学实验教学为这种具有科学、理性、善于思辨,手、脑协调发展的人才培养提供了途径。

化学实验对学生能力的培养,特别是观察能力、思维能力和实验能力的培养具有重要作用。一个人的能力涉及多方面,这里主要讨论观察能力、思维能力和实验能力。这些能力也是一个人素质高低的一种表现形式。化学实验离不开观察,在观察现象的同时,学生必须把观察到的现象与已经学过的知识、已有的经验联系起来进行思维,将实验中获得的感性认识上升为理性认识。能力是通过解决实际问题表现出来的,而其直接外在形式则是动手操作能力。实验的操作能力必须通过化学实验来培养,离开化学实验无法培养学生的化学实验操作能力。

环境问题已经成为全人类共同关注的问题。我国政府也把它列为实施可持续发展战略的基本国策。作为以培养高素质人才为己任的高等教育,必须使受教育者树立环保意识,必须使之有更宽广的视野。然而,我国公民(包括广大青少年学生)的环保意识仍很淡薄,亟需

加强。我们可以通过化学实验实现这一教育目的,这是实验课特有的功能之一。

是否具有与他人合作共事的能力,也是对学生进行素质教育的内容之一。素质教育虽然强调人的个性发展和人的主体性,但同时更强调人的群体性和合作意识的培养。这一点关系到人与人、人与社会相协调、相适应,学会生存的重要问题。所以培养学生与他人合作共事的能力是形成人的社会适应能力的一个十分重要的前提。在学生的分组实验中可以有效地培养学生这方面的能力,因为在一个小组内学生们可根据实验的要求和自己的情况进行合理分工、协作,需要团结互助,合作共事才能完成实验任务。

1.2 实验教学中学生的中心地位和教师的主导作用

1.2.1 实验的预习与设计

为了能达到预期的目标,学生在实验前必须认真预习。实验从根本上说就是人们需要知道某件事、某个方面、某个理论的什么问题时,从自然现象或模拟自然现象中找出答案的一种手段。因而要求实验者在实验前就必须有明确的目的。例如通过实验应当观察什么现象,测量什么数据,最后获得什么样的结果。为了达到预期的目标,应当制定什么样的实验计划,并选择何种实验仪器,已有的仪器设备是否适用,尚缺哪些仪器设备,为正确使用仪器,预习时应认真阅读仪器使用说明书,充分了解仪器的性能及操作步骤;与此同时,所需药品的种类、用量以及试剂的纯度要求等都必须在自己头脑中有明确、清晰的认识。要做到这些,学生必须认真阅读实验教材及有关的参考资料,并认真做好预习笔记,只有预习充分的学生,实验时才能有条不紊,积极主动地完成各项实验任务,并在实验中不断发现问题和解决问题。

1.2.2 实验记录和报告

(1) 实验时必须认真操作,细心观察,正确记录

学生进入实验室后,首先对照“仪器使用卡”检查实验仪器是否完好齐全,然后按照教材要求认真进行各项实验操作。任何时候任何情况下都不能抱有成见,而应努力发现事物的本来面貌。事实上,任何一个伟大的发现都是与细心观察分不开的,试图在实验结果中加入人为的因素则是科学的大忌。要善于发现实验中的异常现象,仔细分析其原因,去伪存真,以揭示事物的本质。实验记录应当是一份永久性资料,为便于模拟和重复实验,必须认真记录实验条件。如实验用的仪器型号、药品纯度、实验时的温度、大气压,甚至天气等;通常的要求是在若干年以后,其他人阅读了你的实验记录,仍能清楚了解当时的实验情况。为此要求:

① 必须准备一个记录本,将所有实验现象、数据记录在记录本上,而不要记在纸片或滤纸等碎片上,以免造成记录的散失,使实验前功尽弃。

② 不得用铅笔记录。如要修改记录,可用一条线划去要修改的记录,而不要将其任意涂改或擦掉。这样做的目的是为便于知道修改前记录的内容,了解修改的原因。

③ 将各记录项目分项列表并标注项目名称。

(2) 认真书写实验报告

实验报告通常包括如下内容:

① 目的 要求用简洁的语言概括实验的目的和要求。

② 原理 扼要概述实验所依据的基础理论（包括理论的阐述和公式）。

③ 主要仪器和药品 介绍实验用到的仪器型号、精度等。实验结果除了与研究者的工作经验等有关外，很大程度上还取决于仪器的测量精度（有关仪器的测量精度对实验结果的影响参见第4.1.4节内容）。实验中所用药品应标明纯度（即试剂等级）。不同等级的试剂其杂质含量是不同的，而杂质含量的高低有时会直接影响实验结果，甚至会使结果面目全非。

④ 实验操作 说明仪器装置的构造框图、连接方法，仪器的具体操作步骤及操作注意事项，尤其对实验成败的关键应详细描述。

（3）数据处理

将有关实验数据代入相应的理论公式中，计算各物理量及化学参量，并与文献中相应值比较，以检验实验结果的准确程度。如果是多组平行的数据，可举一例说明其计算过程，其余的则以表格形式直接列出计算结果。需要作图的实验，还应根据要求用相关数据作图，再对图形作进一步的处理，从而获得实验结果。图形表格应分别按顺序编号标明名称和测量条件。

为了评估实验结果的优劣，还应对实验结果进行误差分析，探讨其可靠程度。

（4）结果讨论

主要是指学生进行实验后的心得体会，分析实验可能的误差来源和解决措施，实验成败的关键，以及对实验改进的建议等。这是实验报告的重要部分，它反映了学生是否在实验时自始至终地积极思考、认真观察、及时解决所发现问题的能力。因此，这部分是学生实验能力的综合体现，必须认真对待。

（5）参考文献

列举与实验密切相关，且已查阅的有关参考文献，注意没有阅读过的文献一般不要列入。

实验报告必须做到言简意赅、条理清晰，既要有一定的格式，又不落俗套，书写时应避免照搬教材，尽可能使用自己的语言。一般的实验操作只需简要说明而将重点放在关键性步骤上。

有关实验的思考题，目的在于帮助理解实验原理和操作，引导实验者做好总结，通过个别实验认识一类物质或一类反应，领悟处理同类问题的方法。书写实验报告时，应根据自己的实验情况，将对实验数据、现象的分析、归纳与回答思考题结合起来。对某个实验的小结往往也是对某个思考题的问答，这样做，比孤立回答思考题收益大。实验报告的格式，应根据不同类型实验的特点，自行设计出最佳格式。

1.2.3 教师的主导作用

在实验教学中，既要强调学生的主体地位，也要强调老师的主导作用。教师起主导作用具有客观性和必要性。教学方向、教学内容、教学方法、教学进程、教学结果和教育质量等，主要由教师决定和设计。教师之所以起主导作用，因为他们闻“道”在先，受过专门的教育训练，在把握教学方向、确定教学内容、选择教学方法等方面，应该具有一定的经验；而学生才准备闻“道”，知识和经验都不丰富，还缺乏一定深度的认识辨别能力，他们不可能掌握教学的方向、内容、方法等。

教师之所以起主导作用，还有其更深刻的根据。人是环境和教育的产物。教师固然代表