



面向 21 世纪 课 程 教 材
Textbook Series for 21st Century



实验化学

〈第二版〉

上册

刘约权 李贵深 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS



面向 21 世纪 课 程 教 材
Textbook Series for 21st Century



教育科学“十五”国家规划课题研究成果

实 验 化 学

〈第二版〉

上 册

刘约权 李贵深 主编



高 等 教 育 出 版 社
HIGHER EDUCATION PRESS

图书在版编目(CIP)数据

实验化学. 上册 / 刘约权, 李贵深主编. —2 版. 北京:
高等教育出版社, 2005. 5
ISBN 7-04-016084-6

I. 实... II. ①刘... ②李... 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 142529 号

策划编辑 郭新华 责任编辑 应丽贞 封面设计 李卫青 责任绘图 尹文军
版式设计 胡志萍 责任校对 朱惠芳 责任印制 杨 明

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
		网上订购	http://www.landaco.com
经 销	北京蓝色畅想图书发行有限公司		http://www.landaco.com.cn
印 刷	国防工业出版社印刷厂		
开 本	787×960 1/16	版 次	1999 年 10 月第 1 版
印 张	22		2005 年 5 月第 2 版
字 数	400 000	印 次	2005 年 11 月第 2 次印刷
		定 价	27.10 元(含光盘)

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 16084-00

内 容 提 要

本书原是教育部“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”高等农林院校化学系列实验课程教学内容和课程体系改革的研究与实践课题的研究成果(2001 年获国家级教学成果二等奖),是由教育部资助并获得 2002 年全国普通高等院校优秀教材二等奖的“面向 21 世纪课程教材”。

本书是将原来附属在各有关化学课程中处于从属地位的普通化学实验、分析化学实验、有机化学实验、物理化学与胶体化学实验以及仪器分析实验分离出来,进行综合,自成体系而编著的一本全新体系的化学实验教材。它包含了目前大多数高等院校非化学专业所开设的通用化学实验,同时吸收了部分高等院校的教学改革和科学研究成果,内容丰富,结构新颖、合理。全书包括绪论,实验化学基础知识,实验化学操作技能,物质的制备、分离与提纯,物理、化学常数的测定,物质的化学性质,物质的定量分析,有机合成,色谱仪器分析,光谱仪器分析,有机化合物的定性分析与结构分析,电化学与电化学仪器分析,化学热力学、动力学及动力学仪器分析,表面化学与胶体化学及电泳仪器分析,综合实验及自行设计实验,仪器简介等内容。分上、下两册。本书是农、林、水产、轻工院校及其他院校相关专业独立开设化学实验课的首选教材,也可和其他化学教材配套使用。

《实验化学》第二版是教育部“新世纪教育教学改革工程”立项项目——农林科实验课教学改革的研究与实践课题,也是教育科学“十五”国家规划课题的研究成果,对原教材进行了适当的调整、充实和增补。为使教材科学化、立体化、精品化,制作了与教材配套的多媒体光盘(随书发行)及试题库,更加适合作生物、食品、资源环境、植物保护、农学、林学、园艺、蔬菜、畜牧兽医专业以及其他相关专业的教科书,也可供社会读者阅读。

上册(第二版)编委会成员

主 编	刘约权	李贵深			
副主编	黄蔷蔷	李敬慈	杨丽华	丁亚平	魏曙光
	高向阳	张袖丽	呼世斌	耿金龙	陈学泽
	彭珊珊	林瑞余	周冬香	李冬梅	张 鑫
	何兰英	祁 超			

(以下按姓氏笔画顺序排列)

编 委	马晶军	王文保	王 春	甘纯玢	石 军
	卢文贯	包新华	刘海燕	宋双居	吴继魁
	李坤英	杨旭哲	张冬暖	张淑平	张曙生
	周雅璇	周碧青	姚广伟	胡 笳	赵晓农
	徐 莉	宿 辉	黄 森	黄晓书	翟彤宇
主 审	王 志	赵士铎			

上册(第一版)编委会成员

主 编	刘约权	李贵深			
副主编	黄蔷蔷	李 琳	丁亚平	刘汉兰	耿金龙
	朱凤岗	魏曙光	张荣华		
编 委	(按姓氏笔画顺序排列)				
	马晶军	王文保	王 玲	王淑玉	邓月娥
	尹洪宗	李坤英	李敬慈	陈学泽	张袖丽
	张增强	罗志刚	胡 笳	高向阳	高吉刚
	徐 莉	葛 微	傅春玲		

第一版序

作为高等院校基础课教学改革的一项重要成果,《实验化学》一书的出版,值得祝贺。

早在1986年,河北农业大学基础部化学教研室首先对化学实验课进行了改革,将原先附属在各有关化学课程中的普通化学实验、有机化学实验、分析化学实验合并为一门“化学实验”,单独设课,单独考核计分,并对教学内容和教学方法逐年进行了卓有成效的改进。1989年,此项改革获河北省优秀教学成果奖。实践证明,此项改革有助于师生更加重视实践性教学环节;有助于学生自己动手,提高操作技术;有助于培养学生独立思考、分析和解决实际问题的能力;有助于教师增强教学责任感,从而进一步提高自身的业务水平和改进教学方法。总之,它有利于提高实验课的教学质量和教学水平。近十多年来,更有山东农业大学、华南农业大学、仲凯农学院等一批高校进行了这方面的实验和改革,并取得了良好的成效。现在,教育部高等教育面向21世纪教学内容和课程体系改革立项04-8-8课题组在原有的基础上,增加了物理化学与胶体化学及现代仪器分析实验内容,形成了一门独立、完整、系统的新课程——实验化学。由此可见,这门课程是经过许多院校的教师辛勤劳动,在教学实践中取得的教学改革成果。

综观《实验化学》教材,我认为有如下特点:

1. 教材将各科的化学实验内容进行了高度综合,自成体系,独立设课,有助于对学生进行整体知识教育。通过本门课程的学习,学生可以了解当前化学在各个领域的应用及发展,以便更深入地学习农、林、水产、食品、环境、生物学科各个专业的前沿知识,提出较深层次的研究问题。

2. 教材内容和结构安排合理,既面向21世纪,也考虑目前我国农、林、水产各高校的现状与实际;既有本门课程自身的独立性、系统性和科学性,又照顾到与各有关化学课程及其他专业课程的联系与衔接。通过本门课程的学习,学生将获得必要的化学基本知识和实验技能,以便利用化学知识和严格、严密、严谨的科学态度去研究和解决农、林、水产科学、生命科学以及与化学学科交叉、渗透所产生的各种问题,使得学生不仅是本学科本专业的“内行”,而且对于化学学科也是一个“明白人”。

3. 教材中的综合实验、自行设计实验及部分选做实验,有利于学生对本门课程教学内容的全面了解和掌握,有利于增强学生分析和解决问题的能力以及创新精神的培养,同时也照顾了学生个人兴趣的发展。

4. 教材中安排了一些与农、林、水产、食品、环境、生物专业有关的实验内容。这既有利于本门课程与专业相结合,也便于学生了解本门课程与农、林及生命科学的联系,通过本门课程的学习,可以了解化学与其他学科(尤其是生命科学、环境科学、农业科学、食品科学及饲料科学、医药科学等)之间的相互交融、渗透与联系,从而培养学生在一定程度上进行生物工程实验应具备的基础知识及技能。

5. 教材中适当安排了一些微量及半微量实验。这不仅是实验化学发展的一个趋势,同时也培养学生在节约化学试剂、减少环境污染方面的意识。使学生了解到化学品在人类社会和自然界创造现代文明的同时,也在某些方面给自然界和人类带来需要避免和克服的灾难。学生们不仅是社会主义的普通劳动者,而且应该是现代文明的建设者,必须自觉地把自已培养成为人类生存和社会环境的监护者。

本书上述特点适应了面向 21 世纪我国农、林、水产高等院校在培养高素质人才、为他们打好应有的化学实验知识和技能基础的需要,适应了我国社会主义市场经济新形势下对学生创新精神和适应能力培养的需要。“实验化学”是在农林科学研究步入生物工程时代,人类开始从分子水平上来认识和解决与农林及生命科学有关的问题,从而需要加强学习实验方法、实验手段和实验技能的时刻诞生的一门新课程。在科学教育改革日益深入的时期,新课程的开设、新教材的出版,具有开拓性,我深信它具有生命力,预祝“实验化学”取得成功。

陶学郁 于保定

1998 年 12 月

第一版前言

为适应 21 世纪着重培养学生创新精神和进行整体化知识教育的现代教育思想,我们将原来附属在各有关化学课程中处于从属地位的普通化学实验、分析化学实验、有机化学实验、物理化学与胶体化学实验以及仪器分析实验,从中分离出来,进行高度综合,建立化学实验课程的新体系,形成一门系统、完整、独立的新课程——实验化学。

“实验化学”是与有关化学课程相衔接,与农、林、水产、食品、环境、生物各专业相关联,与现代教育思想相适应,以基本操作技能训练为主,突出能力和素质培养,并适应学生个性发展的一门实践性课程。

《实验化学》教材旨在面向 21 世纪化学课程教学改革,适应农、林、水产及相关高校对本科生人才化学素质、知识和能力的要求,以及我国经济发展的需要而编著的,是以介绍化学实验原理、实验方法、实验手段及实验操作技能为其主要内容。

本教材由教育部高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革立项 04-8-8 课题组提出并组织河北农业大学、浙江大学、安徽农业大学、华中农业大学、南京农业大学、南京林业大学、北京林业大学、华南农业大学、河南农业大学、中南林学院、西北农业大学、山东农业大学等 12 所高校共同编著,教材中包含了目前我国大多数高等农、林、水产及相关高校所开设的通用化学实验内容,其中大大压缩了验证性实验,增加了操作技能训练以及与专业有关的实验,同时吸收了部分高校教学改革的成果,充实和丰富了教材内容。

在教材内容和结构安排上,既面向 21 世纪,又考虑到目前我国农、林、水产及相关高校的现状和实际;既有本门课程自身的系统性、科学性和独立性,又照顾到与有关化学课程及其他专业课程的衔接与联系;本门课程与现有的其他化学课程是相互独立的、相互配合、相互补充的关系,因此既可单独作为一门课程独立开设,也可以(照顾到目前大多数院校化学分设教研室的现实)作为有关化学理论课的配套教材使用。按照下表安排教学,可以实现传统的教学方式——理论在前,实验在后。

值得提出的是,一些院校的实践经验证明,有些实验在做完之后,再学习有关的理论,效果往往更好,知识掌握的更牢,这大概是因为“理论来自实验,实验是理论的基础”吧。

II 第一版前言

学 期		第一学期	第二学期	第三学期	第四学期
有关化学课程的安排		普通化学	有机化学 分析化学	物理化学与胶体化学	仪器分析
实验化学安排	学时分配	30~40	70~80	60~120	
	教学内容	上册内容		下册内容	

其次,考虑到专业性质和需要的不同,教材分上、下两册出版,上册可供农、林、水产、食品、环境、生物各专业使用,适用学时 100~120;下册可供生物类、环境类、食品类各专业继续学习使用,其他专业选(修)用,适用学时 60~120。各校可根据自身的具体情况和条件选开教学内容。

全书由主、副编审稿、修改,最后由主编通读、定稿。

河北农业大学原校长陶学郁教授,在任职期间曾于 1986 年提出将普化、有机、分析三个教研室和三门实验课合并,独立设课,并付诸实施,不愧是本门课程的奠基人,编者一致同意请他为本书作序,在此,谨向他致以深深的敬意和衷心的感谢。

在申请封面冠以“面向 21 世纪课程教材”字样的过程中,本教材承蒙教育部高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革立项 04-8 课题主持人、中国农业大学朱寿珩教授,农业部教学指导委员会化学专业组组长、浙江大学叶孟兆教授以及高等教育出版社和教育部高教司的有关专家审阅,并提出很好的意见和建议,特致谢意。

限于编者水平,书中欠妥乃至错误之处在所难免,敬请读者批评指正。

编者

1998 年 12 月

第二版前言

《实验化学》自发行以来,备受关注,被列为2002年度“高等教育百门精品课程教材建设计划”立项项目。为此,编委会组织全国十多所高校从2003年开始进行修订,历时一年。参加此次修订工作的有(以下按笔画为序):上海大学、上海水产大学、中国农业大学、中国科学技术大学、中南林学院、天津农学院、东北农业大学、安徽农业大学、西北农林科技大学、河北农业大学、河南农业大学、南京农业大学、南京林业大学、福建农林大学、韶关学院等15所高校,一些新加入的院校在修订中注入了许多新的思想、新的理念、新的内容和新的方法,为本书增色不少。参加第一版编写的部分教师虽然这次没有参加修订,但对再版工作给予了很大的关注和支持。

《实验化学》第二版保持了教材原有的体系、结构、特点和风格,同时,还从以下几个方面进行了教材建设工作:

1. 实验内容进行了适当的调整(删去了4个实验,增加12个实验,调整充实了部分实验),使其更加贴近实际,更加适应专业,更好地反映了各校新的教学改革和科学研究成果,为了适应更多院校和专业的需要,着重在下册加强和增补了部分物理化学及仪器分析实验内容,以进一步拓展教材的使用范围。

2. 为了不断挖掘、更新和提高教材的潜质,采用各种现代技术充实、丰富实验化学教学,以便学生自主地学习和实现教材立体化,进一步促进和提升实验化学教学水平和教学质量,在高等教育出版社的大力支持和帮助下,河北农业大学教师开发、研制了与《实验化学》教材配套的多媒体实验化学光盘随书发行。

《实验化学》多媒体光盘研制组成员

总策划及监制:刘约权、李贵深

总编辑:李贵深、翟彤宇

脚本制作:李敬慈、王玲、杨丽华、杨容、张英群

光盘策划及制作:马晶军、张冬暖、宋双居、刘海燕、吕晶、张红燕、臧晓欢

为指导师生正确使用多媒体光盘,在教材中撰写了“多媒体实验化学”内容(上册1-7和下册10-4)。

3. 为了使《实验化学》的考试、考核科学化、规范化,河北农业大学教师开发、研制了与教材配套的试题库课件。

4. 在基础知识及基本操作方面,除了增加多媒体实验化学外,还增加了样品的前处理、移液器与微量进样器、真空技术简介等;在“仪器简介”中增加了高

效毛细管电泳仪、流动注射仪及磁天平等。在修订时,我们对仪器的“使用方法”改作一般性介绍,各高校可根据本校使用的仪器型号作具体的介绍。

另外,在修订过程中,我们一致认为本门课程是大学生开启学习大学化学的一把钥匙和工具。应该允许差异性,而不应该过分强求同一性;应该注重学生的实验和学习过程,而不应只依赖实验结果去评价学生关于本门课程的学习,希望在教材和教学中都能充分反映和体现这一点。

特别需要指出,赵士铎等同志在审稿中付出了大量的辛劳,提出了许多宝贵的意见和建议;林瑞余同志为保证本书插图的质量,作了大量细致的绘制工作;教材封面由王伟、尹亚坤、赖晓兰等提出创意。

最后,谨向使用和关心本教材的师生致以深深的谢意。并希望继续给予关注和支持。

编者于保定

2004年8月

目 录

绪论	1
0-1 实验化学的性质、任务和作用	1
0-2 实验化学的基本要求和教学方法	2
0-3 实验化学的课程内容	5

第一章 实验化学基础知识(一)	6
概述	6
1-1 实验室规则及安全知识	6
1-2 常用器皿及用具	8
1-3 实验室用水的规格、制备及检验方法	17
1-4 化学试剂及有关知识	20
1-5 关于实验性污染与环境保护知识	22
1-6 实验预习要求、实验记录、实验报告及分析实验结果的表达	27
1-7 多媒体实验化学(1)	29

第二章 实验化学操作技能(一)	33
概述	33
2-1 简单玻璃工操作及玻璃仪器的洗涤与干燥	33
2-2 试剂的取用	39
2-3 加热方法与制冷技术	41
2-4 气体的发生、净化、干燥与收集	45
2-5 常用有机溶剂的纯化	47
2-6 滴定分析基本操作及常用量器的使用与校正	49
2-7 分离与提纯技术	56
2-7-1 过滤	56
2-7-2 重结晶	64
2-7-3 蒸馏与分馏	67
2-7-3-1 蒸馏	67
2-7-3-2 分馏	71
2-7-4 水蒸气蒸馏	71
2-7-5 减压蒸馏与旋转蒸发仪	75
2-7-6 干燥与干燥剂	80

2-7-7 色谱法	84
2-7-7-1 柱色谱	85
2-7-7-2 纸色谱	87
2-7-7-3 薄层色谱	89
2-7-8 萃取	91
2-7-9 升华	95
2-8 重量分析基本操作及有关仪器的使用	96
2-9 物理常数的测定技术	101
2-9-1 熔点	101
2-9-2 沸点	108
2-9-3 折光率	109
2-9-4 旋光度	112
2-9-5 相对密度	114
第三章 物质的制备、分离与提纯	117
概述	117
3-1 实验一 粗食盐的提纯	118
3-2 实验二 五水硫酸铜的制备与提纯	120
3-3 实验三 苯甲酸的重结晶	124
3-4 实验四 工业乙醇的蒸馏与分馏	125
3-5 实验五 从烟草中提取烟碱	128
3-6 实验六 从茴香籽中提取茴香油	131
3-7 实验七 从茶叶中提取咖啡因	133
3-8 实验八 油料作物中油脂的提取及油脂的性质	135
3-9 实验九 色谱分离	138
3-9-1 纸色谱分离氨基酸(微型实验)	138
3-9-2 薄层色谱分离菠菜叶色素(微型实验)	139
3-9-3 柱色谱分离有机染料(微型实验)	142
第四章 物理、化学常数的测定	144
概述	144
4-1 实验十 熔点的测定	144
4-2 实验十一 液体化合物沸点的测定	145
4-3 实验十二 旋光活性物质旋光度的测定	147
4-4 实验十三 乙酸解离度和解离常数的测定及缓冲溶液的配制	148
4-5 实验十四 化学反应速率的测定	151
4-6 实验十五 二氯化铅溶度积的测定	155

第五章 物质的化学性质	159
概述	159
5-1 实验十六 电解质溶液	159
5-2 实验十七 氧化还原反应	163
5-3 实验十八 配合物的性质	168
5-4 实验十九 吸附与胶体	171
5-5 实验二十 常见离子的鉴定	174
5-6 实验二十一 有机化合物官能团的性质	183
5-7 实验二十二 糖和蛋白质的性质	187
第六章 物质的定量分析	192
概述	192
6-1 实验二十三 物质的称量	192
6-2 实验二十四 酸碱标准溶液的配制及标定	194
6-2-1 间接法配制酸碱溶液	194
6-2-2 酸碱滴定练习及比较滴定	195
6-2-3 盐酸标准溶液的标定	196
6-2-4 氢氧化钠标准溶液的标定	198
6-3 实验二十五 氨水中氨含量的测定	200
6-4 实验二十六 铵盐中含氮量的测定	202
6-4-1 甲醛法	202
6-4-2 蒸馏法	204
6-5 实验二十七 混合碱的测定(双指示剂法)	206
6-6 实验二十八 食醋中总酸量的测定	209
6-7 实验二十九 重铬酸钾法测定亚铁盐中铁的含量	210
6-8 实验三十 高锰酸钾标准溶液的配制和标定	212
6-9 实验三十一 高锰酸钾法测钙	214
6-10 实验三十二 高锰酸钾法测定双氧水	216
6-11 实验三十三 胆矾中铜的测定	218
6-12 实验三十四 水的总硬度的测定	220
6-13 实验三十五 含碘食盐中含碘量的测定	222
6-14 实验三十六 氯化物中氯的测定(莫尔法)	224
6-15 实验三十七 氯化钡样品中钡含量的测定	226
6-16 实验三十八 酱油中总酸量(度)和氨基氮的测定	229
6-17 实验三十九 可见分光光度法测定铁	233
6-18 实验四十 可见分光光度法测定磷	236

第七章 有机合成	239
概述	239
7-1 实验四十一 乙酸乙酯的合成	239
7-2 实验四十二 乙酰苯胺的合成	244
7-3 实验四十三 己二酸的合成	246
7-4 实验四十四 1-溴丁烷的合成	248
7-5 实验四十五 三苯甲醇的合成	252
7-6 实验四十六 乙酸异戊酯的合成(微型实验)	255
7-7 实验四十七 邻硝基苯酚和对硝基苯酚的合成	257
7-8 实验四十八 苯甲醇和苯甲酸的合成	259
7-9 实验四十九 巴比妥酸衍生物的制备	262

第八章 综合实验及自行设计实验(一)	264
概述	264
8-1 实验五十 硫酸亚铁铵的制备及纯度分析	264
8-2 实验五十一 三草酸根合铁(Ⅲ)酸钾的制备及其化学式的确定	267
8-3 实验五十二 从肉桂皮中提取肉桂油及其主要成分的鉴定	271
8-4 实验五十三 从松节油合成樟脑	275
8-5 实验五十四 自行设计实验(Ⅰ)——盐酸和硼酸混合溶液中各组分含量的测定	278
8-6 实验五十五 自行设计实验(Ⅱ)——阴阳离子未知液的分析	279
8-7 实验五十六 自行设计实验(Ⅲ)——醇、酚、醛、酮、羧酸未知液的分析	280
8-8 实验五十七 自行设计实验(Ⅳ)——铅、铋混合液的测定	281
8-9 实验五十八 自行设计实验(Ⅴ)——土壤、水中铁(Ⅱ)、铁(Ⅲ)的测定	282

第九章 仪器简介(一)	284
概述	284
9-1 分析天平	284
9-2 酸度计	291
9-3 可见分光光度计	293
9-4 电势滴定装置	296
9-5 计算机(多媒体技术)在实验化学中的应用	297

附录(一)	301
附录一 常见元素及化合物的相对原子质量及相对分子质量表(1997年)	301
附录二 常见离子和化合物的颜色	304
附录三 几种常用酸、碱的浓度	308

附录四	不同温度下水的饱和蒸气压	309
附录五	常用试剂的配制	310
附录六	常用指示剂及试纸的制备	314
附录七	常用缓冲溶液及洗涤剂	319
附录八	滴定分析常用的基准物质	321
附录九	溶解度与溶度积常数	322
附录十	常用化学手册及有关文献简介(I)	324

参考资料		326
------	-------	-----

上册索引		328
------	-------	-----
