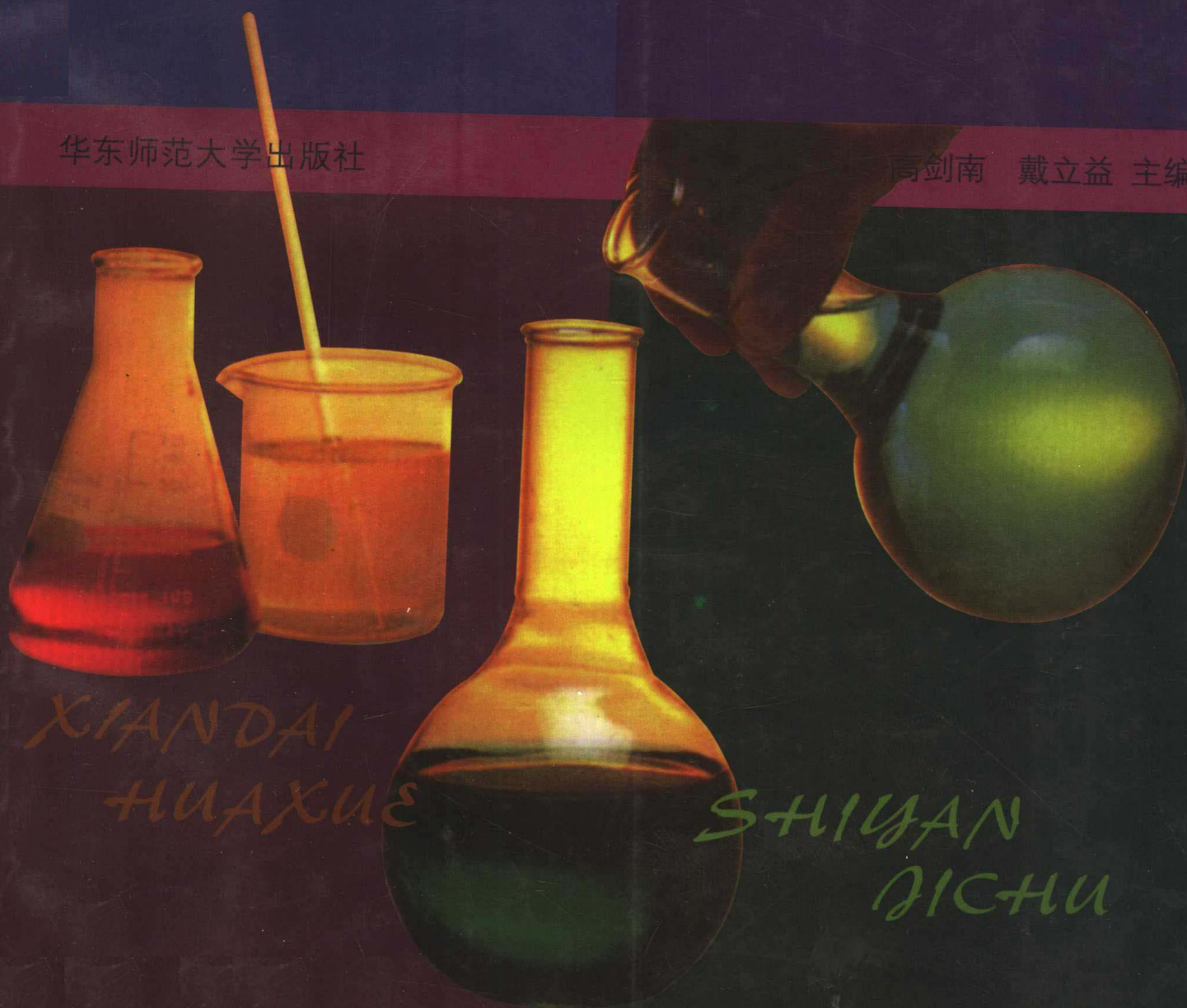


上海普通高校“九五”重点教材

现代化学 实验基础

华东师范大学出版社

高剑南 戴立益 主编



XIANDAI
HUAXUE

SHIYAN
JICHU

上海普通高校“九五”重点教材

上海市教育委员会组编

现代化学实验基础

主 编	高剑南	戴立益	
编写成员	钟 山	王清江	麦禄根
	朱 民	陆嘉星	何品刚
	黄明德	戴立益	高剑南

华东师范大学出版社

华东师范大学教材出版基金项目

责任编辑 彭仕齐

上海普通高校“九五”重点教材

上海市教育委员会组编

现代化学实验基础

主编 高剑南 戴立益

华东师范大学出版社出版发行

(上海中山北路 3663 号 邮政编码 200062)

新华书店上海发行所经销

昆山亭林印刷总厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 11.5 字数 280 千字

1998 年 11 月第 1 版 1998 年 11 月第 1 次印刷

印数 001—3 000 本

ISBN 7—5617—1909—4/O·074

定价 15.00 元

前 言

本书是上海市教育委员会组编的上海普通高校“九五”重点教材之一,是面向 21 世纪课程体系和教学内容改革的初步成果。1995 年秋华东师范大学化学系作为学校教学改革试点系之一,立项进行整体教学改革的研究。基于化学学科传统的四大分支(无机化学、有机化学、分析化学和物理化学)迄今已有近百年的历史,化学各分支学科的发展,相互交叉、渗透和综合,使现有四大块化学界限渐趋模糊。化学已不再是传统意义上的实验科学,现代化学的特点及其前沿趋势深刻地反映了化学正由经验科学向理论科学过渡的必然。化学作为中心科学的作用,正不断地向环境科学、生命科学、材料科学、能源科学等领域渗透,并逐渐成为它们的基础。在新知识、新技术、新概念、新思想的冲击下,化学专业原有的四大基础课的课程设置已不能确切地反映化学学科发展的整体面貌。现代化学发展的内容、特征和趋势应该在面向 21 世纪的高等师范院校化学专业课程体系和教学内容中得到反映。同时,作为综合性高等师范大学化学专业,必须充分体现师范的特色,我们所培养的中学化学教师理应是高规格、高水平、高素质、高视野的,即德、智、体、美全面发展,具有高尚的思想道德修养、良好的人文素养与科学艺术素养,掌握现代化学基本理论、基础知识和基本技能,掌握和运用外语、计算机科学的应用能力,具有较强的教学能力和创新能力的新型师资。这也要求我们构建更为科学的课程体系。为此,我们认真分析和总结了我系近二十年来教学改革和教学管理的经验。在此基础上,学习研究了北京大学、南京大学、南开大学、复旦大学等校的教学改革经验,并且借鉴国外高等化学教学在物理化学(即化学理论)的基础上构建化学大厦的格局,提出高等师范院校化学专业整体教学改革分层次推进的构想。化学专业课程体系可分成三个层次:第一层次为一级学科的通识课程;第二层次为专业必修课和选修课;第三层次为综合提高课。

《现代化学基础》与《现代化学实验基础》为两门一级学科的通识课程,并以此作为化学专业整体教学改革的切入口,分层次推动后续课程的改革。《现代化学基础》由绪论和六大部分组成,即物质的状态、结构与性质、化学平衡、热力学和动力学、现代化学中的若干专题以及化学研究方法。该课程旨在对刚进入大学的一年级学生在一级学科的水平上“奠基”,使他们在学完该课程后对化学学科有一个整体的了解和认识。其中原先属于物理化学和物质结构的部分基本内容,为后续课程的学习打下扎实的理论基础。《现代化学实验基础》作为大学一年级的实验通识课程,包括九大部分,即绪论篇、基础篇、反应篇、分离篇、分析篇、合成篇、研究篇、综合篇和发展篇,内容几乎涉及基础化学实验的各个方面。采取课堂实验、分组演示、讲座、参观等多种教学形式,集中训练实验基本操作,减少常用操作低层次的重复。本书体现了“把化学带到生活中去”的思想,增强实验内容的趣味性和实用性,并且明确提出了“求真、求实、求准、协作、创造”的实验素质培养的要求。

第二层次为专业必修课和专业选修课。为了充分反映现代化学发展的特点,也为了避免专业必修课内容低层次的重复,我们整理了原有的六门基础课《无机化学》、《有机化学》、《分析化学》、《仪器分析》、《物理化学》、《物质结构》的知识点,确定了基本要求,并研制了化学专业知识点与基本要求的数据库,数据库具有统计、检索、分类等功能,为我们进行课程体系的调整,以

及二级学科专业基础课教学内容的增删提供了重要的依据。第二层次的《无机化学》将重点讲授元素及其化合物;《分析化学》集化学分析与仪器分析于一体,将定性分析与定量分析、常量分析与微量分析、成分分析与结构分析、经典分析与现代分析等知识有机地结合起来,并且增加分离的比重和有机分析的内容,以更好地体现《分析化学》的完整性、系统性、实用性和先进性。又如《物理化学》,由于部分基本原理已在《现代化学基础》课程中讲授,后续的《物理化学》重点介绍热力学原理在多组分体系中的应用、表面与胶体化学、复杂反应动力学及催化原理等,并适当介绍学科前沿内容,如非平衡态热力学、非线性化学动力学等。实验教学在整个教学计划中占有十分重要的地位。我们将重点建设《物理化学实验》。我系在教学经费紧缺、实验条件困难的情况下,物理化学实验已连续两届实行一人一组,这在目前高等师范院校系统还绝无仅有。该实验,分基本训练和综合提高两个阶段。第一阶段的实验内容涉及热力学、电化学、动力学、物质结构等,要求学生基本掌握物理化学实验的研究方法、实验技术和常用测试仪器的使用方法,掌握必要的实验数据处理和实验结果分析的方法。第二阶段为独立实验,学生从12个实验中选择6个,每个实验用两周12学时来完成,要求学生巩固第一阶段的实验技能,加强分析问题和解决问题能力的培养。教师根据学生的实际情况因材施教,有意识地引导学生将所学得的知识技能向科研能力转化。最后,以交流答辩的形式对实验成绩进行评定和考核。

专业选修课为三级学科的有关课程。在已有的无机化学系列、有机化学系列、分析化学系列、物理化学系列、高分子化学与物理系列以及专业英语、化学文献、制图、计算机在化学中的应用等课程的基础上重点建设中学化学教学系列的选修课。开设“中学化学测量与评价”、“中学化学教学研究”、“计算机辅助中学化学教学研究”等课程,并要求学生选学我校开设的十门师范特色课程《现代教育技术》、《教育科研方法》、《中外教育流派评析》、《教育心理学》等,每个学生至少选学两门。其次,我们认为师范教育应注重通才教育,教学计划应有利于学生知识面的拓宽,为此开设“生活与化学”、“营养与化学”、“环境与化学”、“宝石矿物学”、“毒物与化学”等相关课程供大家选修。

第三层次为综合提高训练,包括以下几个方面的内容:

三个系列讲座即《化学学科新发展》、《多学科的综合讲座》以及《中学化学教育艺术讲座》。第一个系列讲座充分展示化学的魅力,让学生了解化学的前沿;第二个系列讲座内容有生物高科技与人类未来、爱滋病及其防治、生物多样性、中国佛教文化、儒家文化与中国现代化、遥感技术及其应用、唐诗宋词欣赏、文物赏析、西方绘画欣赏、美·爱美与创造、大学生人格完善与心理卫生等;第三系列请中学特级教师、教学研究专家讲授。

教育实习,对学生的知识、能力和素养进行全面锻炼。

积极创造条件,逐步建设《综合实验》,实验内容包括合成、分离、分析、结构测定与性质表征,该课程对学生进行实验技能的综合训练以及科研能力的初步培养。

毕业论文,在继续加强自然科学研究能力和创新能力培养的同时,在高等师范院校系统率先要求学生开展教学研究。每个学生必须完成自然科学研究和教学研究两篇论文的撰写。

总之新的培养模式体现三个统一,即通才教育与专才教育的统一,知识传授与能力培养的统一,学科教育、素质教育与师范职业教育的统一,以培养热爱教育事业,基础扎实、知识面宽、能力强、素质好,适应21世纪社会发展需要的优秀化学教师。

在化学专业的教学大纲中,实验课的教学时数约占专业课总学时的51%,《现代化学实验基础》作为一级学科的通识课程,使刚进大学的一年级学生学习后能对化学实验有一个整体的

了解和认识,并为以后二级学科水平上进一步学习奠定良好的基础。《现代化学实验基础》的改革与建设,也必将推动后继实验课程的改革。

《现代化学实验基础》教材有以下几个特点:

(1) 结构新颖,实验编排合理。全书由九大部分组成,内容涉及基本操作训练、反应、分离、分析、合成,在综合篇中进行化学技能的综合训练和应用,然后通过几个中学实验的设计和改进,培养实验研究能力,最后在发展篇中为学生开设一个了解现代化学测试技术的窗口。

(2) 实验内容贯彻“把化学带到生活中去”的思想,增加实验的趣味性和应用性,以充分显示化学的魅力。例如选入的内容中包括生理盐水的配制、洗衣粉中聚磷酸盐含量的测定、调味品中氯化钠的含量、阿斯匹林与有机玻璃的制备等。

(3) 强调独立工作能力和创新能力的培养。要求学生合理规划、规范操作、仔细观察、如实记录、正确处理数据、积极思考、努力探究。从一年级起就积极引导将知识技能向科研能力转化,尝试撰写研究式的实验报告。

(4) 注重“求真、求实、求准”实验品质的培养。

(5) 适用面宽,本书不仅适合高等师范院校理科用作教材,也可供理、工、农、林、医等院校选用。

本书由南京大学傅献彩教授主持评审,并经高等教育出版社蒋栋成教授、复旦大学范康年等教授审阅,专家们提出了许多宝贵的意见。本教材获上海市“九五”重点教材基金及华东师范大学教材出版基金资助。对于各位老师的热情指导以及基金的资助表示衷心的感谢。

本书由高剑南、戴立益主编,编写成员为钟山、王清江、麦禄根、朱民、陆嘉星、何品刚、黄明德、戴立益、高剑南。由于时间仓促,编者水平有限,不当之处恳请有关专家和使用本书的读者及时指正,以便再版时修订。

目 录

第一部分 绪论篇	(1)
一、化学实验和化学实验教学	(1)
二、实验素质的培养	(2)
三、《现代化学实验基础》的地位和作用	(3)
第二部分 基础篇	(6)
2.1 基本常识	(6)
一、化学实验的一般程序	(6)
二、化学实验室的安全知识	(6)
三、化学实验用水	(8)
四、化学试剂	(9)
五、常用的化学仪器	(10)
六、化学实验数据处理	(16)
七、有机化合物的几个基本常数	(19)
2.2 基本操作实验	(22)
实验一 仪器的认领、洗涤和干燥	(22)
实验二 玻璃工基础——煤气灯的使用与玻管加工	(24)
附：常见塑料和纤维的简易鉴别——燃烧法	(26)
实验三 称量训练——分析天平的使用	(28)
实验四 常用气体的制备训练——二氧化碳分子量的测定	(32)
实验五 溶液的配制——医用生理盐水的配制	(35)
实验六 滴定操作——酸碱溶液的体积比较	(38)
实验七 物质的分离提纯——硝酸钾的制备	(45)
实验八 熔点和沸点的测定	(47)
第三部分 反应篇	(52)
实验九 电离平衡和沉淀平衡	(52)
实验十 氧化还原与电化学	(56)
实验十一 配位平衡	(60)
实验十二 蔗糖水解反应速率常数的测定	(64)
附：旋光仪的构造和使用方法	(67)
第四部分 分离篇	(69)
4.1 概述	(69)
一、无机元素和化合物的分离	(69)
二、有机化合物的分离和提纯	(70)
4.2 实验	(90)

实验十三	部分常见阳离子的分离与鉴定	(90)
实验十四	部分常见阴离子的分离与鉴定	(92)
实验十五	有机物的重结晶和过滤	(94)
实验十六	蒸馏及折光率的测定	(96)
实验十七	色谱法——薄层色谱技术(TLC)	(100)
实验十八	色谱法——柱色谱技术	(102)
第五部分	分析篇	(105)
实验十九	重量法测定可溶性硫酸盐中硫的含量	(105)
实验二十	尿素中含氮量的测定	(107)
实验二十一	洗衣粉中聚磷酸盐含量的测定	(109)
实验二十二	沉淀滴定法测定调味品中氯化钠的含量	(111)
第六部分	合成篇	(114)
实验二十三	硫酸亚铁铵的制备	(114)
实验二十四	阿斯匹林的制备	(117)
实验二十五	有机玻璃(聚甲基丙烯酸甲酯)的制备	(120)
实验二十六	溶胶的制备及其性质	(122)
第七部分	综合篇	(125)
实验二十七	从印刷电路烂版液中制备五水合硫酸铜	(125)
实验二十八	碘的系列实验	(128)
实验二十九	从茶叶和紫菜中分离和鉴定某些元素	(129)
第八部分	研究篇	(131)
8.1	概述	(131)
8.2	实验	(132)
实验三十	电解水演示实验的研究	(132)
实验三十一	测定硝酸钾在水中溶解度的方法研究	(135)
实验三十二	氨的催化氧化演示实验研究	(138)
第九部分	发展篇	(143)
9.1	现代测试技术介绍	(143)
一、	元素成分分析	(143)
二、	分子结构与含量分析	(144)
三、	晶体结构分析	(146)
四、	表面结构分析	(147)
五、	复杂体系的分离和分析技术	(149)
实验三十三	现代测试仪器的参观和演示	(150)
9.2	计算机在化学实验中的应用	(151)
实验三十四	氢原子波函数和电子云图的计算机绘制	(151)
实验三十五	计算机辅助中和热的测定	(154)
9.3	化学实验“新思路”——微型实验	(157)
实验三十六	微型化实验测定碘化钾与过硫酸铵反应动力学参数	(158)

附录	(161)
附录一 元素周期表	(161)
附录二 不同温度下水的饱和蒸气压	(162)
附录三 气体在水中的溶解度	(163)
附录四 常见无机化合物在水中溶解度	(163)
附录五 弱酸电离常数(25℃)	(165)
附录六 常用缓冲溶液	(166)
附录七 常用干燥剂	(167)
附录八 常用酸、碱溶液的密度和浓度	(167)
附录九 普通有机溶剂的物理性质	(168)
附录十 配离子稳定常数 $K_{\text{稳}}$ (25℃)	(169)
附录十一 常见酸、碱指示剂	(169)
附录十二 难溶化合物的溶度积常数 K_{sp}	(170)
附录十三 标准电极电势(25℃)	(171)

第一部分 绪 论 篇

本篇作为教材的第一部分,对化学实验和化学实验教学、现代化学实验的发展及化学实验素养的培养作初步论述,以使学生有一个概略的了解,同时简要介绍《现代化学实验基础》在整个化学实验教学计划中的地位 and 作用。作为教学过程中的主体——学生对此有所了解,是十分必要的。

一、化学实验和化学实验教学

中国大百科全书化学卷第一句就是:化学是研究物质性质、组成、结构、变化和应用的科学,这就是大家比较熟悉的化学定义。1985年皮门特尔(Pimental)首次提出:“化学是一门中心学科。”这是因为一方面化学学科本身迅猛发展,另一方面,化学在发展过程中使相关学科有了新的发现,可以说化学当今正处在一个多边关系的中心,正如著名化学家福井谦一先生所说的:“在古老的物理学——化学——生物学的排序中,化学注定是中心位置的占有者。”中科院院士、著名有机化学家戴立信教授也精辟地指出:“化学是一门中心科学,化学是一门有用的科学,化学是一门创造性的科学!”

化学离不开实验。关于现代化学本质特征的讨论,在我国化学界和化学哲学界曾有两种倾向性的意见:一种认为,现代化学的特点及其前沿领域发展趋向并未改变“化学仍然是门实验科学”的传统观点;另一种意见认为,现代化学的特点及其前沿趋向深刻地反映了化学已由经验科学向理论科学的过渡,它已经不是传统意义上的实验科学。不论何种观点,其实都强调了化学实验的重要性,即使是持“过渡论”的学者,也不否认实验化学的基础和决定作用。

化学实验的重要性主要表现在三个方面,首先,化学实验是化学理论产生的基础,化学的规律和成果建筑在实验之上。比如,化学之父波义耳(Boyle)就是在大量的实验研究的基础上,把原始的化学纳入到现代科学发展的轨道上来。根据对诺贝尔化学奖获奖情况的不完全统计,实验项目所得奖次数超过75%。第二,化学实验也是检验化学理论正确与否的唯一标准。比如,化学合成正在向“分子设计”这一战略目标迈进,所谓“分子设计”,即按预定性能要求设计新型分子,并根据科学理论计算得出合成方案和路线,设计是否合理,方案是否可行,最终将由实验来检验,并且通过实验技术来完成。第三,化学学科发展的最终目的是发展生产力,为人类服务,据估计,在21世纪,化学化工产品在国际市场上将成为仅次于电子产品的第二大类产品,而实验正是化学学科与生产力发展的结合点。

处于世纪之交的化学学科正发生巨大变化,其中实验化学发展迅速、成果惊人。至1995年化合物总量已达1800多万种,其中合成化学功不可没,且化合物的合成已达分子设计的水平。实验测量技术的精度空前提高,空间分辨率可达0.1纳米(10^{-10}m);时间分辨率可达飞秒(10^{-15}s);测定物质的浓度只需要 10^{-4} 毫微克/毫升($10^{-13}\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$)。随着纳米技术的发展,继巴基球、巴基管之后,已经把生产各种单分子产品的任务放到化学研究工作者的面前。今天,化学家不仅研究地球重力场作用下发生的化学过程,而且已开始系统研究物质在磁场、电场和光能、力能以及声能作用下的化学反应,甚至在高温、高压、高纯、高真空、无氧无水等实验技术的基础上尝试研究在太空失重和强辐射、高真空情况下的化学反应过程。这些就是所谓化学实验

的“新概念”。

作为高等院校的基础化学教育,正担负着培养基础厚、能力强、素养好等各类复合型的化学人才的重任。对此,著名化学家、中科院院士戴安邦教授在南京大学化学系的一次大会上对实验教学作了精辟论述:实验教学是实施全面化学教育的有效形式。那么化学实验教学从什么时间开始呢?以前学习化学是没有实验室的,法拉第(Faraday)跟着戴维(David)学习的时候,给他洗瓶子,戴维做实验时法拉第在旁观看,当时就是这种师傅带徒弟式的学习。正式的实验课起源于1826年的德国,李比西在奇深大学把一个废弃的营房改建成实验室,尽管这个实验室相当简陋,但从此一种新的教学形式诞生了,这就是世界上第一个用于教学的化学实验室。在这个实验室里,李比西教学生做定性分析、定量分析及若干个合成,并获得了许多化学成果,逐渐吸引了很多学者,这种方法也从德国传到别的国家。综观当时的德国,它的化学工业如染料工业、化学药品工业、氮肥工业在世界上都是领先的。1901年开始到1997年对各国获诺贝尔奖的有杰出成就的化学家进行统计,直到1940年德国都是最高的,由此在化学界形成了第一个中心,显然这和德国人采用的先进的实验教学方法不无关系。直到现在,德国的教学仍很重视实验教学,因此,直到近十年德国仍雄居第二位。美国化学上去的重要原因,也是因为非常重视实验。李远哲教授1988年曾在南京大学作了一个科普报告,题目是:“我怎样教普通化学实验的?”由他主持负责的化学实验这门课,一年有500个学生,分17个组,另有一位美国科学院院士作他的副手。他亲自参加8个班的实验教学,巡回察看学生操作是否规范,记录是否正确,有什么问题需要辅导,走一遍一个小时,一个下午要走4遍。由李远哲这样一位获得诺贝尔奖的教授负责实验,亲自修订实验教材,培训实验助教,悉心指导学生等全方位的精心投入,足以说明加州大学对实验课教学的重视程度。美国在培养杰出人才方面获得了成功,在重视实验教学这一点上是很有道理的。

强调实验教学,这是因为实验教学在化学教学方面起着课堂讲授不能代替的特殊作用,“百见不如一练”,特别是在操作、技能方面只是看人家是学不会的,要学会游泳就是要亲自跳下水去。学生也只有通过掌握化学实验中的基本操作技能,才能培养严谨的科学态度以及分析问题和解决问题的能力。

总之没有良好的实验训练,培养不出好的化学人才。

二、实验素质的培养

近几年来对素质和素质教育问题的研究和讨论成了热门话题,1993 中国政府颁布的《中国教育改革和发展纲要》以及1994年美国克林顿总统颁布的《美国2000年教育目标法》都对人才的素质问题表示高度的重视。在孔子时代的“修身养性”,亚里士多德时代的“发展理智”、文艺复兴时期的人文主义教育都重视过素质的养成。随着近代科学的迅速发展,对知识的要求越来越突出,20世纪以后对能力的要求突出了。今天,人们又在更高的层次上认识素质的重要性,发出了重视素质的呼唤。按现今教育学的理解,素质是指,人在先天生理的基础上,受后天环境、教育的影响,通过个体自身的认识、社会实践养成的比较稳定的身心发展的基本品质。知识、能力、素质三者处于不同层面,知识是表层,能力是里层,而素质则是内核。因此,我们谈及的素质教育不是一种教育分类,而是一种教育思想和教育观念,素质教育应贯穿于知识传授和能力培养全过程,相辅相成,相互紧密联系,构成人的全面发展的整体。

化学史中有两个例子颇耐人寻味。

1892年,英国物理学家瑞利(J. W. S. Rayleigh)用两种不同方法制得氮气,一种是从空气

中除去氧、二氧化碳和水蒸气而得到,一种是从分解亚硝酸铵得到。比较这两种氮气在标准状况下的密度,前者为 1.2572 克/升,后者为 1.2508 克/升,他百思不得其解,便发表一封公开求助信。英国化学家莱姆塞(W. Ramsay)认为,这种差异可能是前者含有密度较大的不活泼气体。于是他把镁放在从空气得到的氮气中燃烧,使氮与镁作用生成镁的氮化物,以排除氮气,结果剩下一部分气体。他对剩下的气体进行光谱分析后,确定这种气体是由一种新元素组合,即“氩”元素。这个例子既说明了科学协作的必要,也说明了求准精神的重要。试想,若瑞利面对气体密度小数点后第三位出现的差异认为仅仅是实验“误差”所致,那么一个新元素的发现将会与他失之交臂。

第二个例子是关于氟的发现。自 1768 年德国化学家马格拉夫(A. S. Marggraf)发现氢氟酸以后,在征服元素氟的过程中,有不少科学家的健康受到严重摧残,有的甚至献出了生命。法国化学家莫瓦桑(H. Moissan)在实验中,虽因中毒而中断了四次实验,但仍坚持不懈,终于在 1886 年第一次取得了单质氟。自 1768 年发现氢氟酸到 1886 年得到单质氟,历时 118 年!这充分表现了化学家们为求真理不屈不挠的献身精神。

总之,作为一个科学家一定要有高尚的理想,要有为事业献身,勇于创新,勤奋不懈,乐于协作的科学素质。

关于实验素质,戏剧界曾有这样一句话“认认真真演戏,清清白白做人”,这里把演戏和做人联系起来了,艺术家应做好人出好戏,其实,作为一名化学工作者,做人和做实验也是如此。素质通俗而言就是做人,高的素质一方面可以使知识和能力更好地发挥作用,另一方面可以促进知识和能力的进一步扩展和增强。针对化学实验素质的培养,有几点要求。第一,求真,即透过表面,抓住本质。做化学实验不仅是满足表面现象,更重要的要看实质是什么,要有一种由表及里,深入钻研的求真精神。第二,求实,即尊重科学,实事求是。化学知识的出发点就是事实,切忌弄虚作假、搞伪科学。第三,求准,即精密准确,一丝不苟。科学不仅要定性,而且要定量,要精益求精,例如氟的原子量测定已精确到 9 位有效数字了。第四,要讲究协作精神,化学实验工作很多不是一人能完成的,因此我们既要会下“象棋”,也要会打“桥牌”,讲究合作,讲究配合,要做到一个小组内的默契。第五,要注重创造精神的培养,正如江泽民总书记指出的“创新是一个民族进步的灵魂”。对化学工作者来说,厚实的基础尤为重要,若把已获得的知识能力作为一个圆圈,圆圈越大,则圆的周长越长,与未知的接界更多,探索未知的领域更为广阔。因此,对大学一年级学生来说,必须打下扎实的实验基础。

三、《现代化学实验基础》的地位和作用

在化学专业的教学大纲中,实验课的教学时数占整个化学教学的 51%。《现代化学实验基础》是化学专业整体教学改革分层次实验教学(即《现代化学实验基础》、专业基础课实验和专业选修课实验、综合实验三个层次)的第一步,对刚刚进入大学的化学系新生在一级学科水平上进行“打底”,能使他在学完本课程后对化学实验有一个整体上的了解和认识,为他们以后在二级学科水平上进一步学习奠定良好的基础。《现代化学实验基础》的教学和课程设置全面贯彻下面的教育思想:

(1) 从整个化学学科要求出发,确定实验教学内容。要求学生在基本操作训练的同时,对化学各分支学科的实验要求有初步的感性认识,并了解当今化学实验技术的发展水平和方向。为此,采取了课堂实验、分组演示、课堂讲座、参观等多种教学形式。

(2) 克服常用操作的低层次的重复,集中训练,提高教学效率,以确保基本操作技能的牢

固掌握。

(3) 及时引入“定量”概念,注重学生实验素质的培养,养成求真、求实、求准的良好习惯。

(4) 贯彻“把化学带到生活中去”的思想,增加实验内容的趣味性,寓生活中熟悉的化学现象于实验中,让学生体会到化学的魅力。

(5) 合理编排实验内容,强调实验之间的本质联系。比如以平衡和速率为主线安排有关酸碱反应、氧化还原反应、配合反应、沉淀反应的实验内容。

(6) 强调能力的培养,鼓励学生用新知识去解决实验中出现的实际问题。为此,适当安排了研究式实验内容,并提倡研究论文式的实验报告撰写。

实验内容分为八个部分,即基础篇、反应篇、分离篇、分析篇、合成篇、研究篇、综合篇、发展篇,几乎涉及基础化学实验的各个方面,循序渐进,层层深入。

第二部分《基础篇》选取了八个实验,对整个化学实验中最基本的一些操作进行训练。像煤气灯的使用、溶液的配制、分析天平的使用,这些操作贯穿于整个化学实验教学中,几乎随时都会出现。我们把它们独立整理成篇,集中训练,既为以后的实验打下了基础,又避免了对基本操作不必要的重复练习。

第三部分《反应篇》从化学热力学和化学动力学两方面来研究化学反应。此篇从化学中常见的四大平衡入手,通过实验使学生对影响化学平衡的各种条件有所了解,从而达到帮助学生理解化学热力学原理的目的;本篇的另外一个实验通过对化学反应速率常数、反应级数、活化能测定的讨论验证化学动力学的基本原理。

第四部分《分离篇》集中了无机分离和有机分离中常用的几种分离方法,设置六个实验。其中两个无机分离实验相当于原来的《定性分析实验》部分,目的是通过这两个实验使学生对一般的化学分离原理有所了解,同时完成对学生离心机使用及沉淀的生成、洗涤、转移等基本操作的训练。

第五部分《分析篇》中,主要对滴定操作进行训练。滴定操作是化学实验中一项重要的基本操作,尤其是酸碱滴定,要求学生能够熟练操作。为了避免重复训练,我们选取了四个应用性的实验,既加强了实验的趣味性,又具有一定的难度,一步完成滴定操作中的酸碱滴定和沉淀滴定。

合成是化学的一大主要任务,但是对大学一年级的学生来讲,合成也是相当困难的,选择不当的实验会挫伤学生的积极性,对整个实验教学产生不良影响。第六部分《合成篇》中,选取几个比较简单,但富有趣味性的实验,像阿司匹林的合成、有机玻璃的制备等。这些实验一方面使学生认识到化学是与生活紧密相连的,另一方面则加强学生对化学实验的兴趣,增强学生对化学实验的“好感”。

第七部分《综合篇》通过三个综合性比较强的实验使学生对各种化学技能综合运用。

第八部分《研究篇》是全书中比较特别的一篇,着重培养学生的实验研究能力。考虑到大学一年级学生实验技能的实际情况,本篇主要选取学生相对熟悉的中学化学实验为蓝本,启发学生运用已有的基本实验技能在“研究、改进、设计”上下功夫。由于所选实验操作对学生来讲没有太大的问题,可使学生有足够的精力对实验过程进行思考,而教师的主要任务是引导学生认真思考。我们设想在本篇的教学中,教师在向学生讲解实验要求之后,由学生自行组合,对影响实验效果的不同条件分别讨论,汇总后,完成对整个实验所有条件的设计。然后进行实验,尝试撰写论文,这样不但可以充分发挥学生在实验中的主观能动性,而且加强了学生的协作精神,

使学生初步感受现代化学研究群体合作完成的组织方式。

第九部分《发展篇》是本书设置的一个“窗口”，通过这个“窗口”，学生可以对现代化学测试技术有一个大体的了解，这是一个化学工作者所必须具备的，也是真正对现代化学学科形成完整认识所必备的；通过这个“窗口”，学生还可以初步领略计算机等现代科技对化学学科注入的活力。

第二部分 基础篇

2.1 基本常识

一、化学实验的一般程序

现代化学实验的目标不仅仅是简单地培养学生的实验技术和巩固化学理论的知识,更重要的是培养学生严谨的实验作风和科学的思维方法,不断地调动学生的主动性和创造性,通过长期的训练使学生具有独立解决问题的能力。为此,每个学生在化学实验中,必须完成下列基本的实验程序。

1. 实验预习

实验前要认真预习,明确实验目的要求,了解基本原理和实验内容,并安排好实验计划,即对实验步骤进行统筹安排。在预习基础上写出预习报告,主要包括实验目的、步骤、实验现象和数据的记录等。

2. 实验过程中的规范操作

在实验过程中要正确操作;保持安静;要遵守实验室安全守则,预防火灾、触电、中毒和化学伤害等事故的发生;注意保持室内整洁,随时保持实验台干净、整齐;要注意节约水、电、煤气和药品,要爱护仪器。

3. 观察记录

实验过程中仔细观察、勤于思考并将实验现象和数据及时准确如实地记录在实验报告本上,不能等到实验结束后再记录,也不可将原始数据随便记录在草稿本、小纸片或其它地方。要养成实事求是的态度,不得随意涂改数据或者主观臆造数据。如果个别数据确有错误,必须寻找原因,如有可能补做该实验数据,最后请指导教师签字认可。

4. 实验报告

每次实验完成后,要及时完成实验报告。实验报告要求文字表达清楚、语言简单明确。报告一般应包括:(1)实验名称、日期;(2)实验目的、要求;(3)简明的实验原理;(4)实验步骤;(5)实验现象、数据的原始记录;(6)数据处理和结论,包括计算公式和结果表示;(7)实验的心得、体会,存在问题及失败原因的分析。

5. 实验的交流与讨论

在实验过程中,往往出现实际观察到的现象和数据与教材内容有不同程度的差别,同学之间、小组之间也有差别,甚至出现与理论上毫不吻合的情况。针对这种情况,学生要认真思考,反思自己是否严格按实验操作步骤及实验条件进行实验,有否操作失误;若无上述原因,则同学之间相互交流,或与指导教师一起讨论,认真分析导致异常现象或误差的原因,根据讨论结果再对实验条件和实验方法进行改进以取得科学的实验结果。

二、化学实验室的安全知识

在化学实验过程中,经常要用到各种仪器、化学试剂、电和煤气等,特别是许多化学试剂具

有易燃、易爆、易腐蚀、有毒等特性,因而重视安全操作,掌握有关的安全知识是十分必要的。化学实验室安全知识主要包括预防和急救两个方面,学生应根据安全规则养成良好的实验习惯,预防为主,以保证实验过程中的人身安全及实验室、仪器设备安全。

1. 化学易燃、易爆物质及火灾、爆炸的预防

大多数常用的有机化学试剂(如烷类、醇类、醚类等)和部分无机物(如白磷、硫磺、铝粉、钠、钾等)具有易燃性;强氧化剂(如臭氧、过氧化物、氯酸、高氯酸盐、重氮化合物等)在受热、摩擦或与其他物质接触时会发生爆炸;可燃性的气体(如甲烷、乙炔、氢气、水煤气等)和可燃性液体(如汽油、各类液态有机物)的蒸气在一定范围内与空气混合后,遇到明火也会发生爆炸。燃烧和爆炸都会引起火灾,是实验室中应重点防范的事故之一。实验室预防燃烧和爆炸应遵循下列原则:

(1) 各类易燃、易爆试剂在存放时要远离明火,环境应通风、阴凉;易相互发生反应的试剂应分开放置;活泼的金属钾、钠不要与水接触或暴露在空气中,应保存在煤油中;白磷应保存在水中;盛有有机试剂的试剂瓶瓶塞要塞紧。

(2) 实验过程中使用易燃、易爆的化学试剂时,应远离明火。加热蒸馏可燃性物质时,应注意将水充入冷凝器;以加热方式蒸发易挥发及易燃性的有机溶剂时,应在水浴锅或封闭的电热板上缓慢地进行,严禁用电炉或火焰直接加热。

(3) 在使用煤气、天然气时要严防泄漏,火源要与其他物品保持一定的距离,用后要关闭煤气阀门。

(4) 使用高压气体钢瓶时,要严格按操作规程进行,如乙炔钢瓶应远离明火存放,通风良好的地方。

(5) 易爆炸物质在移动或使用不得剧烈振动,必要时先戴好面罩再进行操作。

(6) 在实验室内严禁吸烟,严禁将不同药品胡乱掺和,严禁使用不知其成分的试剂。

实验室发生火灾时,应尽快切断电源或煤气源,用石棉布或湿抹布盖住火焰。密度小于水的有机溶剂、金属钠等易与水反应的物质和电器着火时,不能用水灭火,以免火势蔓延或触电,应选用相应的灭火器来灭火。

表 2.1 常用的灭火器及其使用

灭火器类型	药 液 成 分	适 用 范 围
酸碱式	H_2SO_4 、 NaHCO_3	非油类和电器失火的一般火灾
泡沫灭火器	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 、 NaHCO_3	油类起火
二氧化碳灭火器	液态 CO_2	电器、小范围油类和忌水的化学品失火
干粉灭火器	NaHCO_3 等盐类、润滑剂、防潮剂	油类、可燃性气体、电器设备、精密仪器、图书文件和遇水易燃烧药品的初起火灾
1211 灭火器	CF_2ClBr 液化气体	特别适用于油类、有机液剂、精密仪器、高压电气设备失火

2. 化学有害物质及中毒的预防

化学实验过程中常常使用一些剧毒药品,如氰化物、三氧化二砷、氯化汞、硫酸二甲酯等,实验过程中产生的 CO 、 H_2S 、 SO_2 、 NO_2 等气体和一些易挥发性有机试剂的蒸气可以使人产

生不同程度的中毒。实验室中预防中毒的主要原则有：

(1) 剧毒性药品必须有严格的管理、使用制度，领用时要登记，用完后要全部收拾起来，并把落过毒物的桌子和地板擦净。

(2) 严禁试剂入口，用移液管吸取药品时不能用嘴；闻取试剂气味时，应将试剂瓶远离鼻子，以手轻轻扇动，稍闻其味即可。

(3) 对于有毒的气体和蒸气，必须在通风橱内操作。

(4) 严禁在实验室内饮食。

(5) 含氯化物、汞盐、重金属离子的废液应经处理后再排放。

实验室发生中毒事故时，如果是由吸入有毒性气体而引起的，应立即把中毒者移至新鲜空气处；如果中毒是由于吞入毒物引起的，就要服用催吐剂(5%的 CuSO_4 溶液)洗胃、洗肠，并服用相应的解毒剂解毒。

3. 割伤、烧伤、烫伤、化学腐蚀的预防及处理

(1) 割伤。

切割玻璃管、在玻璃管上套橡皮管和拆卸仪器时，都要认真仔细按实验要求操作，以防玻璃割伤。若被割伤，可在伤口上涂红药水或紫药水，撒些消炎粉并包扎；若被玻璃刺伤，应先挑出伤口里的玻璃碎片再包扎。

(2) 烧伤、烫伤。

在实验过程中应预防烧伤、烫伤，如取下正在沸腾的水或溶液时，须先用烧杯夹子摇动后才能取下；取下刚刚加热过的铁圈、三角架时，应等其冷却后再取下；加热后的坩埚、蒸发皿不能直接用手拿，而应用坩埚钳夹取，热的蒸发皿不能直接放在台面上；稀释浓硫酸时，要将浓硫酸慢慢地倒入水中，并不断搅拌；需浓酸、浓碱中和时，先将二者稀释后再进行。

如果发生烫伤或轻度烧伤，可在伤口涂烫伤药(如獾油、万花油、蓝油烃等)或用浓高锰酸钾溶液润湿伤口至皮肤变为棕色。

(3) 化学腐蚀。

对皮肤、粘膜、呼吸气管产生腐蚀的化学试剂主要有强酸(如浓硫酸、浓硝酸)、强碱(如氢氧化钠)、强氧化剂(如液溴、浓 H_2O_2)等，硫化钠、三氯化磷、苯酚、冰醋酸、王水、三氯化铝等也有腐蚀作用。

为防止化学腐蚀，在使用上述药品时应尽量戴上橡皮手套和防护眼镜；腐蚀药品不得在烘箱内烘烤；防止试剂洒在皮肤或衣服上。

如果发生受酸腐蚀，应先用大量水冲洗，再用饱和 NaHCO_3 溶液或稀 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 洗，最后再用水冲洗；如果受碱腐蚀，先用大量水冲洗，再用 HAc 溶液(20 克/升)洗涤，最后再用水冲洗；如果碱溅入眼中，可用硼酸溶液洗，再用水冲洗；如果受溴腐蚀，先用苯或甘油洗，再用水洗；如果受白磷灼烧，先用 1% AgNO_3 溶液，1% CuSO_4 溶液或 KMnO_4 溶液洗后，再进行包扎。

三、化学实验用水

在化学实验中洗净仪器、配制溶液、洗净产品以及分析测定等都要用到大量不同级别的纯水，而不能用普通的自来水代替。化学用水的规格、制备和使用介绍如下。

1. 规格

根据国家标准 GB6682—86 的技术要求，实验室用水分为一级、二级和三级共三个级别，