



应用型本科院校“十二五”规划教材/化工类

主编 姜 涛 金惠玉
杜宇虹 赵冬梅

基础化学实验教程

Basic Chemistry Experiment Course

- 适用面广
- 应用性强
- 促进教学
- 面向就业



化学工业出版社



应用型本科院校“十二五”规划教材/化工类

主编 姜 涛 金惠玉
杜宇虹 赵冬梅

基础化学实验教程

Basic Chemistry Experiment Course



哈尔滨工业大学出版社

内容提要

本书是依据教育部《关于“十二五”普通高等院校本科教材建设的若干意见》以及实用性原则,为应用型本科编写的基础化学实验教材。

本书包括无机化学、分析化学、有机化学和物理化学四部分基础实验。全书共 8 章,分别为化学实验基本知识、化学实验基本操作、数据处理方法、常用仪器的操作和使用、无机化学实验、分析化学实验、有机化学实验、物理化学实验。

本书可作为应用型本科食品科学、环境工程、应用化学、精细化工和生物工程专业的教材,也可作为各相关领域技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

基础化学实验教程/姜涛,金惠玉,杜宇虹,等主编. —哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2012.7

应用型本科院校“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5603-3676-3

I. ①基… II. ①姜… ②金… ③杜… 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(2012)第 163271 号

策划编辑 赵文斌 杜 燕
责任编辑 范业婷 夏 晔
出版发行 哈尔滨工业大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006
传 真 0451-86414749
网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>
印 刷 黑龙江省委党校印刷厂
开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 18.5 总字数 425 千字
版 次 2012 年 8 月第 1 版 2012 年 8 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5603-3676-3
定 价 33.80 元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

《应用型本科院校“十二五”规划教材》编委会

主 任 修朋月 竺培国

副主任 王玉文 吕其诚 线恒录 李敬来

委 员 (按姓氏笔画排序)

丁福庆 于长福 马志民 王庄严 王建华

王德章 刘金祺 刘宝华 刘通学 刘福荣

关晓冬 李云波 杨玉顺 吴知丰 张幸刚

陈江波 林 艳 林文华 周方圆 姜思政

虞 莉 韩毓洁 臧玉英

序

哈尔滨工业大学出版社策划的《应用型本科院校“十二五”规划教材》即将付梓,诚可贺也。

该系列教材卷帙浩繁,凡百余种,涉及众多学科门类,定位准确,内容新颖,体系完整,实用性强,突出实践能力培养。不仅便于教师教学和学生学

习,而且满足就业市场对应用型人才的迫切需求。

应用型本科院校的人才培养目标是面对现代社会生产、建设、管理、服务等一线岗位,培养能直接从事实际工作、解决具体问题、维持工作有效运行的高等应用型人才。应用型本科与研究型本科和高职高专院校在人才培养上有着明显的区别,其培养的人才特征是:①就业导向与社会需求高度吻合;②扎实的理论基础和过硬的实践能力紧密结合;③具备良好的人文素质和科学技术素质;④富于面对职业应用的创新精神。因此,应用型本科院校只有着力培养“进入角色快、业务水平高、动手能力强、综合素质好”的人才,才能在激烈的就业市场竞争中站稳脚跟。

目前国内应用型本科院校所采用的教材往往只是对理论性较强的本科院校教材的简单删减,针对性、应用性不够突出,因材施教的目的难以达到。因此亟须既有一定的理论深度又注重实践能力培养的系列教材,以满足应用型本科院校教学目标、培养方向和办学特色的需要。

哈尔滨工业大学出版社出版的《应用型本科院校“十二五”规划教材》,在选题设计思路上认真贯彻教育部关于培养适应地方、区域经济和社会发展的需要

的“本科应用型高级专门人才”精神,根据黑龙江省委书记吉炳轩同志提出的关于加强应用型本科院校建设的意见,在应用型本科试点院校成功经验总结的基础上,特邀请黑龙江省9所知名的应用型本科院校的专家、学者联合编写。

及与之相适应的教学特点,精心设计写作体例,科学安排知识内容,围绕应用讲授理论,做到“基础知识够用、实践技能实用、专业理论管用”。同时注意适当融入新理论、新技术、新工艺、新成果,并且制作了与本书配套的PPT多媒体教学课件,形成立体化教材,供教师参考使用。

《应用型本科院校“十二五”规划教材》的编辑出版,是适应“科教兴国”战略对复合型、应用型人才的需求,是推动相对滞后的应用型本科院校教材建设的一种有益尝试,在应用型创新人才培养方面是一件具有开创意义的工作,为应用型人才的培养提供了及时、可靠、坚实的保证。

希望本系列教材在使用过程中,通过编者、作者和读者的共同努力,厚积薄发、推陈出新、细上加细、精益求精,不断丰富、不断完善、不断创新,力争成为同类教材中的精品。

黑龙江省教育厅厅长



前 言

本书主要定位于应用型人才的培养,是在总结多年实验教学经验的基础上,针对食品科学、环境工程、应用化学、精细化工和生物工程专业的实际需要编写而成的。本书是依据教育部《关于“十二五”普通高等院校本科教材建设的若干意见》以及实用性原则,为应用型本科编写的基础化学实验教材。

本书包括无机化学、分析化学、有机化学和物理化学四部分基础实验。全书共 8 章,分别为化学实验基本知识、化学实验基本操作、数据处理方法、常用仪器的操作和使用、无机化学实验、分析化学实验、有机化学实验、物理化学实验。

本书较翔实地介绍了实验基本知识和操作技能,安排了较多的实用型实验题目,体现了立足实用、强化能力、注重实践的方针。为了加强和引导学生充分理解实验,每个实验题目下均提示了本实验预习的重点内容。

通过基础化学实验课的学习,学生应达到以下要求。

1. 掌握基本化学实验操作和技术,能够正确进行化学实验,熟练使用实验室常用仪器和工具书,正确记录和处理实验数据。
2. 具备独立观察现象、分析判断问题、综合表达结果的能力。
3. 具有严谨、实事求是的良好的实验素养,以及较强的动手能力和科学思维能力。

本书是以多年实验教学中使用过的《无机及分析化学实验》(姜涛编写)、《有机化学实验》(杜宇虹,张宏坤编写)、《物理化学实验》(赵冬梅编写)为蓝本,无机化学部分由姜涛编写,分析化学部分由金惠玉编写,有机化学部分由杜宇虹主编,物理化学部分由赵冬梅编写,全书由金惠玉统稿。参加本教材编写的还有张宏坤、李亚男。本书所引用的资料和图表的原著均已列入参考文献,在此向原著作者表示感谢。

由于编者的水平有限,难免有疏漏之处,敬请读者批评指正。

编者

2012 年 4 月

目 录

化学实验课的任务和要求	1
第 1 章 化学实验基本知识	3
1.1 实验室常识	3
1.2 实验室常用仪器简介	5
第 2 章 化学实验基本操作	18
2.1 玻璃仪器的洗涤和干燥	18
2.2 加热	20
2.3 试剂及其取用	24
2.4 常用度量仪器及使用	25
2.5 无机化学实验常用仪器及基本操作	27
2.6 分析化学实验常用仪器与基本操作	34
2.7 有机化学实验常用仪器及基本操作	44
第 3 章 数据处理方法	67
3.1 有效数字	67
3.2 测量中的误差	68
3.3 作图方法简介	69
第 4 章 常用仪器的操作和使用	73
4.1 电子天平	73
4.2 酸度计	76
4.3 数字贝克曼温度计	80
4.4 旋光仪	82
4.5 EM-3C 型电位差计	84
4.6 阿贝折光仪	86
4.7 DDS-11A 型电导率仪	90
4.8 热电偶温度计	93
4.9 常用压缩气体钢瓶	94
第 5 章 无机化学实验	97
实验 1 常用仪器的认领、玻璃仪器的洗涤	97
实验 2 电子天平称量练习	98
实验 3 氯化钠的提纯	100
实验 4 硫酸亚铁铵的制备	102
实验 5 置换法测定摩尔气体常数 R	103
实验 6 化学反应速率、反应级数和活化能的测定	106

实验 7	弱电解质电离常数的测定	110
实验 8	电离平衡和沉淀平衡	111
实验 9	氧化还原反应	114
实验 10	配位反应	117
实验 11	铜、汞、银和锌	119
实验 12	铬、锰和铁	122
实验 13	卤素、氧、硫单质及化合物的性质	125
实验 14	氮、磷、碳单质及化合物的性质	127
实验 15	无机化学设计实验	130
第 6 章	分析化学实验	131
实验 1	酸碱滴定	131
实验 2	食醋总酸度的测定	134
实验 3	工业纯碱总碱度的测定	135
实验 4	硫酸铵肥料中含氮量的测定(甲醛法)	137
实验 5	EDTA 的标定及水硬度的测定	138
实验 6	铋、铅含量的连续测定	140
实验 7	胃舒平药片中铝和镁的测定	141
实验 8	配位置换滴定法测定铜合金中铜含量	143
实验 9	过氧化氢含量的测定	144
实验 10	水样中化学耗氧量(COD)的测定	145
实验 11	化学需氧量(COD _{Cr})的测定(重铬酸钾法)	147
实验 12	葡萄糖含量的测定(碘量法)	149
实验 13	维生素 C 含量的测定	151
实验 14	间接碘量法测定铜合金中铜含量	152
实验 15	氯化物中氯含量的测定	154
实验 16	二水合氯化钡中钡含量的测定	155
实验 17	灰分的测定	157
实验 18	邻二氮菲分光光度法测定微量铁	158
实验 19	综合实验——三草酸合铁(Ⅲ)酸钾的制备、组成分析和性质测定	160
实验 20	分析化学设计实验	163
第 7 章	有机化学实验	164
实验 1	有机化学实验的基本操作和常用仪器的认领	164
实验 2	蒸馏及沸点的测定	166
实验 3	无水乙醇的制备	168
实验 4	苯甲酸的制备	170
实验 5	萘的重结晶及过滤	172
实验 6	熔点的测定	174
实验 7	薄层色谱	177

实验 8	醋酸乙酯的制备	178
实验 9	乙醚的制备	180
实验 10	正一溴丁烷的制备	182
实验 11	乙酰水杨酸(阿司匹林)的合成	184
实验 12	环己酮的制备	186
实验 13	苯乙酮的合成	187
实验 14	2-甲基-2-丁醇的制备	189
实验 15	卤代烃的性质	192
实验 16	醛、酮、羧酸的性质鉴定	193
实验 17	从茶叶中提取咖啡因	195
实验 18	有机化学设计实验	197
第 8 章	物理化学实验	198
实验 1	凝固点降低法测定摩尔质量	198
实验 2	蔗糖水解反应速率常数的测定	201
实验 3	电动势测定化学反应的热力学函数	204
实验 4	双液系气液平衡相图	208
实验 5	溶液表面吸附及表面张力的测定	211
实验 6	黏度法测定高聚物相对分子质量	215
实验 7	电解质溶液电导的测定	220
实验 8	纯液体饱和蒸汽压的测定	223
实验 9	醋酸乙酯皂化反应速率常数的测定	226
实验 10	溶胶的制备、净化及其性质研究	229
实验 11	溶解热的测定	235
实验 12	液-固界面接触角的测定	238
实验 13	固体比表面的测定——BET 色谱法	242
实验 14	金属相图的绘制	249
实验 15	燃烧热的测定	252
实验 16	物理化学设计实验	256
附录		258
附录 1	实验报告格式示例	258
附录 2	有机实验报告记录示例(例如醋酸正丁酚的合成)	259
附录 3	滴定分析基本操作的考核要求	262
附录 4	常用酸碱的密度和浓度	263
附录 5	酸碱的离解常数	264
附录 6	难溶化合物的溶度积	265
附录 7	金属配合物的稳定常数	266
附录 8	六种 pH 标准溶液在 0~90℃下的 pH 值	268
附录 9	常用指示剂	269

附录 10	常用洗涤剂	270
附录 11	水在不同温度下的饱和蒸汽压	270
附录 12	元素的相对原子质量	271
附录 13	有机溶剂的沸点及密度	272
附录 14	常见有机官能团的定性鉴定	272
附录 15	常见有机溶剂的纯化	276
附录 16	毒性、危险性化学品知识	280
附录 17	单位换算	282
参考文献		284

化学实验课的任务和要求

本实验课包括无机化学、分析化学、有机化学和物理化学四门实验课的有关内容,具体涉及化学实验的基础知识、基本技术、基本操作,化合物的制备,基本物理量及有关参数的测定,包括基本实验、综合性实验、设计性实验及研究性实验。

基础化学实验的重点是基本理论、基本素质与基本技能的训练,培养学生的动手能力与创新能力。学生通过本课程的学习可以加深对化学基本概念和基本理论的理解,正确和熟练掌握化学实验常用仪器的使用、基本操作和技能,学会正确获取实验数据、正确处理数据和表达实验结果,培养独立思考、独立解决问题的能力及良好的实验素养,为后续专业课程的学习打下坚实的基础。

为了学好实验课内容,学生应做到以下几点。

1. 课前预习

实验课前应认真预习,明确实验目的和要求,弄清实验原理及方法,了解实验步骤和注意事项,做到心中有数。在此基础上,将实验目的、实验原理、实验步骤、记录表格写在预习报告上。必要时还要画实验装置图和查找有关数据。

没有充分预习者不可参加实验,严禁“照方抓药”式的实验操作。

2. 实验操作

(1)实验时严格按照规范操作进行,仔细观察现象,认真思考。学会运用所学理论知识解释实验现象,解决实验中出现的問題。

(2)认真记录实验现象及测量到的原始数据。一切测量的原始数据均应翔实、准确地记录在实验报告本上,且注意整洁、清楚,不得随意乱记,不得任意涂改。

(3)养成严谨的科学态度和实事求是的科学作风,切不可弄虚作假或修改原始数据。如遇实验失败或产生较大的误差时,应找出原因,经指导教师同意后重做实验。

(4)使用精密仪器时,经指导教师同意后再接通仪器电源,并严格按操作规程使用。

(5)严格遵守实验室规则,注意安全操作。要随时保持实验台面及整个实验室的清洁整齐。

(6)实验完毕后,经指导教师签字同意后方可离开实验室。

3. 实验报告

实验报告是实验的记录和总结,实验完毕,应认真写好实验报告。

实验报告的内容包括实验目的、简明原理、实验装置图、简单操作步骤、数据处理、结果讨论和思考题。数据处理应有原始数据和计算结果,复杂计算还必须列出计算式。对于物性测量实验,数据处理中不仅包括表格、作图和计算,还应有必要的文字叙述,例如,“所得数据列入 $\times\times$ 表”,“由表中数据作 $\times\times-\times\times$ 图”等,使写出的报告更加清晰、明了,逻辑性强,便于批阅和留作以后参考。结果讨论应包括对实验现象的分析解释,查阅文献

的情况,对实验结果误差的分析或计算,对实验的改进意见和做实验的心得体会等,这是锻炼学生分析问题的重要一环,应予以重视。

实验报告应独立完成,并在下次实验前及时上交,以待批阅。

化学实验基本知识

1.1 实验室常识

1.1.1 实验室规则

1. 进入实验室应穿实验服,不能穿拖鞋、背心、短裤等暴露过多的服装进入实验室,实验室内不能吸烟和饮食。

2. 实验前要认真预习,明确目的要求,了解实验的基本原理、方法和步骤。没有达到预习要求者,不得进行实验。

3. 必须遵守实验室的各项制度,不得大声喧哗。实验中不得擅自离开实验室。

4. 实验中严格按操作规程操作,如要改变实验步骤时,必须经指导教师同意后方可进行。

5. 实验过程中,随时注意保持台面和仪器的整洁,保持水槽畅通。废液应倒在废液桶内(易燃液体除外),固体废物(如火柴、废滤纸、沸石、棉花等)应倒在垃圾桶内,千万不要倒在水池中,以免堵塞或腐蚀下水管道。

6. 公用仪器使用后应放回原处,并保持原样;如有损坏,必须及时登记补领。按规定用量取用药品,注意节约。药品自瓶中取出后,不能再放回原瓶中。称取药品后,应及时盖好瓶盖,放在指定地方的药品不得擅自拿走。液体样品一般在通风橱中量取,固体样品一般在称量台上称取。

7. 完成实验后,应将自己所用的仪器洗净,并整齐摆放在实验柜内,并将实验台和试剂架整理、擦拭干净,拔掉电插头。请指导教师检查、签字后方可离开实验室。值日生负责打扫卫生,离开实验室前应检查水、电、气、门窗是否关闭,并填写实验室使用记录。

8. 学生可以对实验的内容和安排不合适的地方提出改进的意见。应对实验中的一切现象(包括反常现象)进行讨论,提倡提出自己的看法,做到生动、活泼、主动地学习。

1.1.2 实验室安全守则

在进行化学实验时,会经常使用水、电和各种药品、仪器,如果马马虎虎,不遵守操作规程,不但会造成实验失败,还可能发生事故(如失火、中毒、烫伤或烧伤等)。因此,要遵

守操作规程,避免安全事故发生。

1. 浓酸、浓碱具有强腐蚀性,使用时要小心,不能让它溅在皮肤和衣服上。稀释浓硫酸时要将酸注入水中,而不可把水注入酸中。

2. 有机溶剂的使用要注意防火、防爆、防中毒。预防的方法有以下几种。

(1)防火:不能用敞口容器加热和放置易燃、易挥发的化学药品;处理和使用易燃物时,应远离明火,注意室内通风;实验室不得存放大量易燃、易挥发性物质。

(2)防爆:使用易燃易爆物品时,应严格按操作规程操作;反应过于猛烈时,应适当控制加料速度和反应温度,必要时采取冷却措施;常压操作时,不能在密闭体系内进行加热或反应,要经常检查反应装置是否被堵塞。如发现堵塞应停止加热或反应,将堵塞排除后再继续加热或反应;减压蒸馏时,不能用平底烧瓶、锥形瓶、薄壁试管等不耐压容器作为接收瓶或反应瓶;蒸馏时不能将液体蒸干,以免局部过热或产生过氧化物而发生爆炸。

(3)防中毒:称量药品时应使用工具,不得直接用手接触。做完实验后应先洗手再吃东西。任何药品不能用嘴品尝。使用和处理有毒或腐蚀性物质时,应在通风橱中进行或加气体吸收装置,并戴好防护用品。

3. 下列实验应在通风橱内进行:

(1)制备具有刺激性的、恶臭的、腐蚀性和有毒的气体(如 H_2S 、 Cl_2 、 CO 、 SO_2 等)或伴随产生这些气体的反应;

(2)加热或蒸发盐酸、硝酸、硫酸。

4. HgCl_2 、氰化物及砒霜等剧毒物,不得误入口内或接触伤口,氰化物不能碰到酸(氰化物与酸作用会放出 HCN ,使人中毒)。砷酸和可溶性钡盐也有毒,不得误入口内。

5. 实验完毕后,应将手洗干净后再离开实验室。值日生和最后离开实验室的人员应负责检查水龙头是否关好,电闸是否拉开,门窗是否关好。

1.1.3 实验室意外事故的处理

1. 割伤:伤口处不能用手抚摸,也不能用水洗涤。若是玻璃割伤,应先把碎玻璃从伤口处挑出。轻伤可贴上“创可贴”,也可涂以紫药水,必要时撒些消炎粉,再用绷带包扎。

2. 烫伤:不要用冷水洗涤伤处。伤口处皮肤未破时,可涂些饱和碳酸氢钠溶液,也可涂烫伤膏或万花油。如果皮肤已破,可涂些紫药水或高锰酸钾溶液。

3. 酸腐伤:先用大量水冲洗,再用饱和碳酸氢钠溶液(或稀氨水、肥皂水)洗,最后再用水冲洗。如果酸液溅入眼内,立即用大量水长时间冲洗,再用质量分数为 0.02 的硼砂溶液洗眼,最后用水冲洗。

4. 碱腐伤:先用大量水冲洗,再用质量分数为 0.02 的醋酸溶液或饱和硼酸溶液洗涤,然后再用水冲洗。如果碱液溅入眼内,立即用大量水长时间冲洗,再用质量分数为 0.03 的硼酸溶液洗眼,最后用水冲洗。

5. 吸入刺激性或有毒气体:吸入氯气、氯化氢气体时,可吸入少量酒精和乙醚混合气体来解毒。吸入硫化氢或一氧化碳气体而感到不适时,应立即到室外呼吸新鲜空气。必须指出的是,氯气、溴中毒不可进行人工呼吸。

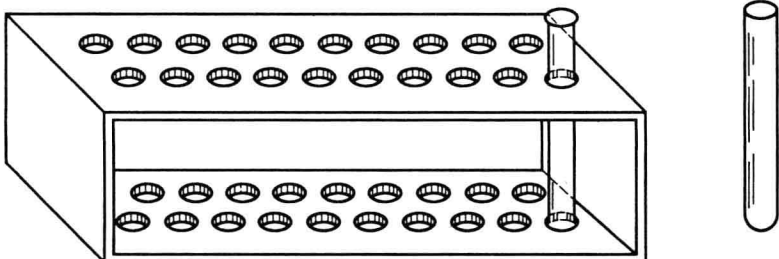
6. 火灾:发生火灾后不要惊慌,要立即一面灭火,一面防止火势蔓延,可采取切断电源、移走易燃药品等措施。灭火时要根据起火的原因选用合适的方法。一般小火可用湿布、石棉布或沙子覆盖燃烧物。火势大时可使用泡沫灭火器。但电器设备所引起的火灾,

只能使用二氧化碳或四氯化碳灭火器灭火,不能使用泡沫灭火器,以免触电。

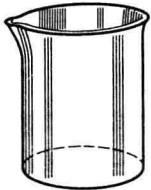
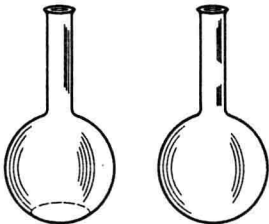
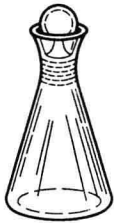
1.2 实验室常用仪器简介

无机化学实验与分析化学实验中经常使用的仪器大部分为玻璃制品。常用仪器的用途及它们的使用注意事项见表 1.1。

表 1.1 化学实验常用仪器

仪器			
			
试管及试管架			
规 格	一般用途	使用注意事项	
试管:以管口直径×管长表示。如 25 mm×150 mm、15 mm×150 mm、10 mm×75 mm 试管架:材料包括木料、塑料或金属	反应容器,便于操作、观察,用量少 承放试管	(1)试管可直接用火加热,但不能骤冷 (2)加热时用试管夹夹持,管口不要对人,且要不断移动试管,使其受热均匀,盛放的液体不能超过试管容积的 1/3 (3)小试管一般用水浴加热	
仪 器	规 格	一般用途	使用注意事项
 离心管	分有刻度和无刻度,以容积表示。如 25 mL、15 mL、10 mL	少量沉淀的辨认和分离	不能直接用火加热

续表 1.1

仪 器	规 格	一般用途	使用注意事项
 烧杯	以容积表示。如 1 000 mL、600 mL、400 mL、250 mL、100 mL、50 mL、25 mL	反应容器。反应物较多时用	(1)可以加热至高温。使用时应注意勿使温度变化过于剧烈 (2)加热时底部垫石棉网,使其受热均匀
 烧瓶	有平底和圆底之分,以容积表示。如 500 mL、250 mL、100 mL、50 mL	反应容器。反应物较多,且需要长时间加热时用	(1)可以加热至高温。使用时应注意勿使温度变化过于剧烈 (2)加热时底部垫石棉网,使其受热均匀
 锥形瓶(三角烧瓶)	以容积表示。如 500 mL、250 mL、100 mL	反应容器。振荡比较方便,适用于滴定操作	(1)可以加热至高温。使用时应注意勿使温度变化过于剧烈 (2)加热时底部垫石棉网,使其受热均匀
 碘量瓶	以容积表示。如 250 mL、100 mL	用于碘量法	(1)塞子及瓶口边缘的磨砂部分注意勿擦伤,以免产生漏隙 (2)滴定时打开塞子,用蒸馏水将瓶口及塞子上的碘液洗入瓶中