

 国家理科基地教材

现代化学实验与技术 (第二版)

陈六平 戴宗 主编



科学出版社

国家理科基地教材

现代化学实验与技术

(第二版)

陈六平 戴 宗 主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书在第一版的基础上进行了较大幅度的修订,对原有内容和实验项目做了精选、调整和补充;基于近几年的实验教学研究、改革和实践总结,新编了部分实验。本书包括6部分:绪论,误差理论与数据处理,现代化学基本实验技术,基础性实验,开放式、研究性实验和附录。其中,实验部分包含50个基础性实验,20个开放式、研究性实验,它们既能保证学生基本实验技能和研究方法学习与训练的需求,又为部分学生更高层次的学术训练提供了素材和学习机会,有利于学生创新能力的培养和全面发展。

本书可作为高等学校化学类和近化学类专业(生命科学、医学、药学、化工、冶金、轻工、食品、农林、材料科学与工程、环境科学与工程等)物理化学实验、仪器分析实验、化工基础的实验教材,也可供相关人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

现代化学实验与技术 / 陈六平,戴宗主编. —2版. —北京:科学出版社, 2015. 10

国家理科基地教材

ISBN 978-7-03-045952-7

I. 现… II. ①陈… ②戴… 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(2015)第 241201 号

责任编辑:郭慧玲 丁 里 / 责任校对:赵桂芬

责任印制:徐晓晨 / 封面设计:迷底书装

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京京华虎彩印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2007年10月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2015年10月第 二 版 印张:25

2015年10月第五次印刷 字数:621 000

定价:69.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

第二版前言

本书第一版于 2007 年出版,受到兄弟院校师生的积极评价,对于收到的建设性修改意见,编者谨向他们表示诚挚的感谢!

近年来,随着我国科技和经济发展方式的转变,社会对高校人才培养提出了新的、更高的要求。在《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020 年)》中,明确要求高等教育要“全面提高高等教育质量”、“提高人才培养质量”、“提升科学研究水平”。这些国家要求激发我们一线教师的深层思考,作为我院“一体化、多层次、开放式”创新化学实验教学体系重要课程之一的“现代化学实验与技术”的教学内容和教学方式如何更好地与高校办学理念 and 人才培养目标相一致?实验教学如何在培养化学拔尖创新人才的过程中发挥其应有的基础性和关键性作用?基于这些思考,并结合近些年的教学实践,编者对第一版教材进行了修订。

在修订过程中,编者保持本课程实验教学的“系统性、基础性、实践性、综合性、创新性”,以学生知识、能力、思维、素质的培养和全面协调发展为核心,遵循实验教学规律,吸收了有益的教学实践经验。全书共选编 70 个实验,其中新编、改编较大的有 32 个。本次修订主要考虑了以下几个方面:

(1) 鉴于课程性质、实验室安全、误差分析和实验室基本测量技术的基础性和重要性,这些内容基本保留,仅对个别文字作了修改。

(2) 鉴于计算机技术、数字化技术的发展和普及应用,其专门介绍的必要性已不大,因此删除了原书的“第 4 章 电子和计算机技术在化学化工实验中的应用”。

(3) 对物理化学实验部分进行了修改。由于实验学时调整和仪器设备更新,因此删除了原书的“实验 26 氢原子光谱和钠原子光谱”,修改了“实验 17 BET 流动吸附法测定比表面”的装置图,并对其余部分实验中的实验条件作了调整,对表述不当或错误之处进行了修正。

(4) 对仪器分析实验部分作了全面修改。由于基础化学实验课程中已学过紫外-可见分光光度法和红外光谱法的原理、仪器及其应用,因此删除了原书的实验 29~实验 31;新编了“核磁共振波谱法研究乙酰丙酮的互变异构平衡”替换原书的“实验 41 核磁共振波谱法测定化合物的结构”,新编了流动注射-化学发光法、离子色谱法、高效液相色谱法及其应用等实验;对原书的其他实验进行了整合、优化、补充,突出强调实验技术的方法性和应用性,尤其加强了学生在实验样品前处理方法和技术方面的学习与训练。通过本次修订,形成的 17 个实验基本覆盖了现代仪器分析的主要方法和实验技术。

(5) 对于化工基础实验部分,对原书的实验 54~实验 56 进行了较大修订,包括更新实验装置图、实验内容、实验条件和调整实验记录表等,实验数量仍保持为 6 个。

(6) 在开方式、研究性实验部分,补充了超临界流体色谱法、纸电池 2 个实验。这类实验具有综合性、新颖性、趣味性和实用性特色,旨在培养学生的学术兴趣和学术能力,教师在教学实践中,应当结合科研工作,不断扩展这部分实验项目。

本次教材修订凝聚了中山大学“现代化学实验与技术”课程教学团队全体老师的心智劳动,是老师们长期钻研实验教学,耕耘实验课堂,倾心培育学生,不断追求卓越教学的结晶。主

要修订工作由陈六平、戴宗和吕树申三位教授完成,杨立群、刘军民、谢天尧、陈小娟等老师对有关实验提出了有益的修改意见。全书由陈六平教授统稿。

衷心感谢学校、学院和中山大学实验教学研究(改革)项目(实验教材建设专项)对本教材修订的大力支持;感谢学院厚朴工作室在实验装置绘图方面提供的协助和支持!

限于编者水平,本次教材修订仍难免存在缺点或错误,恳请兄弟院校的同行和读者批评指正。

编 者

2015年8月于康乐园

第一版前言

化学是一门实践性很强的基础科学。实验教学在化学及相关专业人才培养中起着基础性的关键作用,在本科教育中占有十分重要的地位。在教学实践中,我们坚持以人为本,全面贯彻落实科学发展观,将培养创新人才作为教学工作核心,实施开放式实验教学,促进学生知识、能力、思维和素质的全面协调发展,以期切实解决人才培养的科学发展问题。为此,我们对化学实验教学方法和内容进行了大力改革,提出以教育思想和教育观念革新为先导,改革单向系统传授实验知识和技术的实验教学体系,建立系统传授与探索研究相结合的实验教学新体系,促进科研全面渗入本科实验教学,全面推行开放式实验教学,实施个性化实验教学,激发学生对科学实验的兴趣。通过实验教学改革带动实验室和实验课程建设,构建一套科学的化学实验教学体系以及创新人才培养模式和教学管理机制,全面推动本科化学教育创新。

根据教育部高等学校教学指导委员会化学类专业教学指导分委员会制定的“普通高等学校本科化学专业规范(草案)”、“化学类专业发展战略研究报告(草案)”(2005年《大学化学》第20卷,第6期)以及“国家化学基础课实验教学示范中心建设标准”(2001)等文件中规定的“化学专业化学实验教学基本内容”,我们从培养化学创新人才整体考虑,结合国际化学教育,特别是化学实验教学的发展趋势,对大学化学实验课程进行了一体化设计:将传统的四大基础化学实验课程和中级化学(专门化)实验课程进行整合,独立设置基础化学实验、现代化学实验与技术、综合化学实验、高分子化学与物理实验、化工原理实验和化工专业实验六门实验课程,形成“一体化、多层次、开放式”的化学实验课程新体系。

基于上述实验教学理念、教学改革思路和实验课程体系,中山大学化学与化学工程学院自2000年开始进行教学改革与实践,全面整合和优化了实验教学内容,删减了部分验证性实验,精选基本操作训练实验,新开设一批综合性、设计型和研究创新性实验,其中的部分内容来自教师的科研成果,部分内容来自工业生产、工程实际和日常生活。这类实验项目强调化学与材料科学、生命科学、环境科学的交叉融合,融新颖性、探索性、实用性、趣味性等特色于一体,每学年都更新和调整,颇具挑战性,受到学生的欢迎,取得了良好的教学效果。

本套教材是中山大学化学与化学工程学院实验教材的一部分,是在学院原有实验教材和讲义的基础上,经过整合、优化、扩充、提高,并吸取了国内外同类教材的优点编写而成,是学院多年实验教学改革和教学实践的成果,凝聚了许多老师的辛勤劳动。

现代化学实验与技术是学院化学实验教学新体系中独立设置的实验课程之一,它与先行的基础化学实验和后续的综合化学实验构成化学类和近化学专业(生物、药学、化工、冶金、材料科学与工程、环境科学与工程等)实验教学的有机整体,其教学内容涉及物理化学、仪器分析、化工基础、化学信息学、电子和计算机技术在化学化工实验中的应用等学科实验。本课程主要学习现代物理测试方法、现代化学研究方法、现代分析仪器的应用、化学化工实验技术、化学信息技术,由实验基本原理、基础性实验、综合性和研究性实验、实验技术、工程实验、计算机模拟实验等组成,是一个多层次、注重学生实验技能和工程能力培养、化学化工实验相结合的教学体系。通过本课程的学习和实践训练,使学生掌握物质系统重要理化性能的测定方法,规范地掌握常用仪器定性和定量分析的基本实验操作和技能,熟悉并掌握文献资料查阅、化学实

验现象的观察和记录、实验条件的判断和选择、实验数据的测量和处理、实验结果的分析 and 归纳等一套严谨的研究方法,提高学生发现问题、提出问题、分析问题、解决实际问题的能力,培养学生实事求是、基本学术规范、严谨科学的作风,以及学生的创新意识、创新精神和创新能力,为学生今后从事化学以及相关领域的科学研究和技术开发工作打下扎实的基础。

本书中的绪论、误差理论与数据处理、现代化学基本实验技术、电子和计算机技术在化学化工实验中的应用部分均是重要教学内容,应结合实验教学进程和实际实验一起学习。本书共安排了 76 个实验,其中既有技能训练和基础性实验,又有开放式、研究性实验,适合化学类和近化学类专业不同的教学要求。每个实验都提供背景知识和常规实验要求以及讨论和注意事项等,读者应在查阅相关文献资料的基础上开展研究性学习,以获得对实验方法和技术及其应用的全面理解和掌握。

本书的编写分工如下:陈六平编写第 1~3 章、实验 1~实验 18、实验 20~实验 27、实验 59~实验 69、实验 74,汇编了附录部分;陈六平和刘鹏共同编写实验 19;沈勇编写实验 28、实验 29、实验 76;邹世春编写实验 29~实验 46、实验 70、实验 71;谢天尧编写实验 47~实验 52、实验 72、实验 73;丁楠编写实验 53~实验 58、实验 75;余小岚编写第 4 章。方北龙、刘鹏、杨洋溢、欧阳钢锋、张建勇、潘梅、李高仁、杨立群、易菊珍、高海洋等老师对有关实验提出了不少修改意见。全书由陈六平教授统稿。

本书在编写过程中,得到了国家基础科学人才培养基金(化学基地)、中山大学实验教学研究(改革)项目(实验教材建设专项)、中山大学实验室开放基金的支持;得到了学校和学院领导、实验教学的前辈以及其他许多老师的大力支持和热情帮助。研究生冯华杰、张述营参与了图表绘制和部分文字的录入,参考了部分国内外化学实验教材和文献资料。在此向所有支持者表示衷心的感谢!

由于编者学识水平与经验有限,书中难免存在错误和不当之处,恳请有关专家和读者批评指正。

编 者

2007 年 7 月于康乐园

目 录

第二版前言

第一版前言

第 1 章 绪论	1
1.1 关于现代化学实验与技术课程	1
1.1.1 目的要求	1
1.1.2 教学组织	1
1.1.3 实验预习	2
1.1.4 实验过程	2
1.1.5 实验记录	3
1.1.6 实验报告	3
1.1.7 实验考核	3
1.1.8 开放式、研究性实验	4
1.2 实验室安全防护	4
1.2.1 使用化学品的安全防护	5
1.2.2 汞的安全使用	6
1.2.3 安全用电	7
1.2.4 使用受压容器的安全防护	7
1.2.5 使用辐射源的安全防护	11
1.3 科技论文写作	11
1.3.1 撰写科技论文的意义	11
1.3.2 科技论文的构成	11
1.3.3 论文完成后的工作	15
第 2 章 误差理论与数据处理	16
2.1 基本概念	16
2.1.1 量与单位	16
2.1.2 测量方法	16
2.1.3 系统误差	17
2.1.4 随机误差	18
2.1.5 过失误差	19
2.1.6 准确度和精密度	20
2.2 误差	20
2.2.1 误差的表示方法	21
2.2.2 误差分析	23
2.3 有效数字	28

2.4 数据处理	30
2.4.1 测量结果的统计检验	30
2.4.2 实验数据的表达	33
习题	39
第3章 现代化学基本实验技术	43
3.1 温度的测控技术	43
3.1.1 温标	43
3.1.2 温度的测量方法及仪表	47
3.1.3 常用温度计	49
3.1.4 温度的控制	56
3.2 压力的测控和真空技术	63
3.2.1 压力的测控技术	63
3.2.2 加压技术	72
3.2.3 真空技术	74
3.3 流量的测定技术	82
3.3.1 湿式流量计	82
3.3.2 转子流量计	83
3.3.3 皂膜流量计	85
3.3.4 毛细管流量计	86
3.3.5 质量流量计	87
3.4 流动法实验技术	87
3.4.1 稳定反应物流体的产生和控制	88
3.4.2 流动法常用反应器	92
3.4.3 流动法反应体系的实验条件控制	95
3.5 热分析技术	96
3.5.1 差热分析法	97
3.5.2 差示扫描量热法	100
3.5.3 热重分析法	102
3.6 X射线粉末衍射技术	104
3.6.1 引言	104
3.6.2 X射线的产生及其特性	106
3.6.3 单色器	107
3.6.4 辐射波长的选择	107
3.6.5 衍射仪	108
3.6.6 物相分析	109
3.6.7 X射线粉末衍射技术在化学中的应用	113
3.6.8 X射线粉末衍射技术对样品的要求	117
第4章 基础性实验	118
实验1 燃烧热的测定	118

实验 2	凝固点降低法测定摩尔质量	123
实验 3	纯液体饱和蒸气压的测定	128
实验 4	CO ₂ p - V - T 关系的测定及其临界状态观测	132
实验 5	双液系的气-液平衡相图的测绘	139
实验 6	二组分固-液相图的测绘	144
实验 7	部分互溶三液系相图的测绘	150
实验 8	分解反应平衡常数的测定	154
实验 9	差热分析	158
实验 10	蔗糖转化反应动力学	161
实验 11	过氧化氢分解反应动力学	167
实验 12	乙酸乙酯皂化反应动力学	171
实验 13	复相催化——甲醇分解	177
实验 14	丙酮碘化反应动力学	182
实验 15	沉降分析	188
实验 16	黏度的测定及其应用	194
实验 17	BET 流动吸附法测定比表面	202
实验 18	最大泡压法测定溶液的表面张力	207
实验 19	Fe(OH) ₃ 溶胶制备及电泳法测定 ζ 电势	214
实验 20	电动势的测定	220
实验 21	电势-pH 曲线的测定	230
实验 22	阳极极化曲线的测定	235
实验 23	X 射线粉末衍射法物相分析	239
实验 24	磁化率的测定	243
实验 25	偶极矩的测定	250
实验 26	Gaussian03W 的基本操作与应用	258
实验 27	分子轨道计算	262
实验 28	微波消解 ICP-AES 法测定土壤中微量的重金属元素	265
实验 29	火焰原子吸收光谱法测定污水中的铜	269
实验 30	原子荧光光谱法测定电池中的汞	274
实验 31	核磁共振波谱法研究乙酰丙酮的互变异构平衡	276
实验 32	废水中三苯含量的气相色谱分析	278
实验 33	氟离子选择电极直接电位法测定牙膏中的氟	280
实验 34	恒电流库仑法测定维生素 C 药片中的抗坏血酸含量	283
实验 35	线性扫描伏安法测定废水中的镉	285
实验 36	高效毛细管电泳/非接触式电导分离检测瓶装饮用水中的阳离子	289
实验 37	微波辅助提取-高效液相色谱法测定蔬果中的抗坏血酸含量	292
实验 38	塞曼校正技术石墨炉原子吸收直接测定珠江水中的锰	294
实验 39	流动注射-化学发光法测定眼药水中盐酸环丙沙星含量	296
实验 40	气相色谱-质谱联用技术分析植物精油成分	300
实验 41	微波消解-旋转圆盘电极法检测食品中的重金属含量	303

实验 42	高效毛细管电泳分离检测手性药物氧氟沙星对映体	308
实验 43	奶粉中微量金属元素的 ICP-AES 分析	312
实验 44	离子色谱法测定饮用水中的常见无机阴离子	317
实验 45	雷诺实验	319
实验 46	伯努利方程实验	321
实验 47	管内流动阻力实验	324
实验 48	泵性能实验	329
实验 49	气-汽对流传热实验	331
实验 50	乙醇-水精馏塔实验	339
第 5 章	开放式、研究性实验	343
实验 51	铁质材料表面碱性低温化学镀镍研究	343
实验 52	不锈钢表面刻蚀	345
实验 53	工件的电泳上色	346
实验 54	塑料电镀	347
实验 55	锡钴合金镀代替六价镀铬工艺探索	348
实验 56	微型铅酸电池的制造及其充放电性能研究	349
实验 57	不锈钢的化学抛光	350
实验 58	B-Z 振荡反应及其影响因素研究	350
实验 59	酯类化合物碱性水解反应的动力学介质效应	352
实验 60	天然物有效成分的亚临界 CO ₂ 萃取研究	352
实验 61	超临界 CO ₂ 中缓释材料的制备及性能研究	354
实验 62	土壤中多环芳烃的 GC-MS 分析	356
实验 63	汽油中苯的气相色谱-质谱联用分析	357
实验 64	手性药物对映体的毛细管电泳分离检测	358
实验 65	DNA 电化学传感器的研制及应用	358
实验 66	印染废水处理工艺探索	359
实验 67	固定床吸附和脱附特性研究	360
实验 68	分子平衡与动态行为的分子力学模拟	365
实验 69	Taylor 分散法测定有机物在超临界二氧化碳中的无限稀释扩散系数	369
实验 70	纸电池制备及其性能研究	373
参考文献		376
附录		378
附录 1	国际单位制(SI)	378
附录 2	一些物理化学常数	379
附录 3	常用的单位换算	380
附录 4	水的性质	381
附录 5	一些物质的饱和蒸气压与温度的关系	384
附录 6	某些溶剂的凝固点降低常数	385
附录 7	有机化合物的密度	385

附录 8	25℃下某些液体的折射率	386
附录 9	金属混合物的熔点(℃)	386
附录 10	无机化合物的脱水温度	387
附录 11	常压下共沸物的沸点和组成	387
附录 12	聚合物特性黏度与相对分子质量关系式中的参数值	387

第 1 章 绪 论

现代化学实验与技术是继基础化学实验之后而独立开设的实验课程,其教学内容涉及物理化学、仪器分析、化工基础等学科实验。本课程以学习现代物理测试方法、现代化学研究方法、各类现代分析测试仪器的构造与使用、化学化工实验技术为主,由实验基本原理、基础性实验、综合性和研究性实验、实验技术、工程实验、计算机模拟实验等组成,是一个多层次、注重培养学生实验技能和工程能力、化学化工实验相结合的教学体系。本章介绍课程的特点及教学要求、实验室安全防护和科技论文写作的基本知识。

1.1 关于现代化学实验与技术课程

1.1.1 目的要求

通过本课程的实验理论讲座以及多层次、系统的实验训练,应达到以下教学目的:

(1) 使学生了解现代化学和化学过程学的基本实验方法和研究方法,掌握现代化学的基本实验技术和基本操作技能;加深理解并掌握物理化学、仪器分析、化学工程、计算机技术、数据分析和实验设计等课程的基本知识和原理,增强解决化学及化工实际过程问题的能力。

(2) 掌握物质系统重要理化性能的测定方法,学会对分析仪器的性能进行测试并对部分参数进行校正,掌握常用仪器定性和定量分析的基本实验操作和技能。

(3) 学习常用仪器的工作原理及其应用范围,了解其构造,掌握其使用方法;了解现代大型精密分析仪器的性能及其在科学研究、工农业生产和社会生活等实际问题中的应用。

(4) 熟悉常用化工仪表的使用,掌握流体阻力、精馏、传热等基本的化工测试技术。

(5) 熟练掌握化学信息检索的各种方法,掌握常用化学软件的使用方法;熟悉并掌握化学实验现象的观察和记录、实验条件的判断和选择、实验数据的测量和处理、实验结果的分析和归纳等一套严谨的实验研究方法。

(6) 通过完成基础性实验和开放式、研究性实验,提高学生发现问题、提出问题、分析问题和解决问题的能力,培养学生实事求是、学术规范、严谨科学的作风,以及学生的创新意识、创新精神和创新能力,为学生今后从事化学及相关领域的科学研究和技术开发等工作打下坚实的基础。

1.1.2 教学组织

(1) 本课程以基础性实验为主,基础性实验的操作技能学习与训练和综合性实验是本课程的中心环节。开课后,课程负责人首先向学生介绍课程的性质、任务、要求、课程安排和教学进度、平时考核内容、期末考试方式、实验守则、实验室安全卫生制度、化学品安全管理规程等,同时讲授误差理论、数据处理方法、回归分析、实验设计、重要实验技术(如温度、压力的测量与控制技术、流动法技术等)等内容,布置实验习题。安排 3 次实验技术讲座,共计 6 学时,这是

本课程的必要环节。

(2) 学生根据各个实验的任务,独立操作并完成实验测试。整个实验包括课前预习、实验前讨论、实验操作、实验记录、数据处理与分析、撰写实验报告、小论文、实验后研讨 8 个环节。学生预习时可访问本课程网站 <http://ce.sysu.edu.cn/ChemEdu/Echemi/modernlab/>,进行“网上实验预习”,经教师批阅预习报告或设计实验方案后,方可开始实验。

(3) 实验前,教师需对学生的预习情况进行检查,以提问、口答的方式进行,考核合格后,学生才能开始实验。实验过程中,教师应在实验室进行巡视,及时纠正学生的错误操作,检查学生的实验记录情况。

(4) 实验结束,指导教师检查实验结果并确认签字后,学生才可以清理实验仪器、清洁实验台面,经教师同意后方可离开实验室。

(5) 本课程实施开放式实验教学,设置开放式、研究性实验,这类综合和创新研究性实验每年都进行更新和调整,学生可选做其中的一个实验,也可自行设计实验课题。这类实验持续时间较长,实验内容较多并具有一定的复杂性和综合度,因此以小组为单位进行,每组 4~6 人,每个实验项目均有一两名教师负责指导。学生从指导教师处了解实验课题后,即着手查资料,研读文献,钻研有关理论。在此基础上,学生先提出实验方案,经与教师讨论后,方可开始实验研究。一般要求学生在一学年内完成一个研究性实验。实验室每天都对学生开放,学生可利用课余时间到实验室做研究性实验。

1.1.3 实验预习

为了做好现代化学实验,学生在实验前必须认真预习,阅读实验指导书,了解实验目的和原理、仪器的构造和使用方法、实验装置和操作步骤,明确本次实验中要测定的量、最终要求的量、实验方法、实验仪器、控制条件以及注意事项,并自行设计实验数据和现象观察记录表格,写出预习报告。

本课程网站提供了丰富的学习素材,包括电子教案、教学录像、虚拟实验等。学生在实验前应访问该网站,在网上先做模拟实验,熟悉实验操作,这样有利于顺利地完成实际实验,保证实验质量。

1.1.4 实验过程

进入实验室之前,学生应认真学习学校、学院和化学实验教学中心制定的“学生实验守则”、“实验室安全卫生工作管理条例”、“实验室安全卫生标准化细则”、“关于化学实验中作弊行为的若干处理办法”、“关于开放实验室的管理规定”、“关于实验室报废物质的处理办法”、“并于化学实验教学的若干规定”、“玻璃和仪器设备损坏情况登记表”、“化学品安全管理实施细则”等管理规程。

实验时,学生须注意安全防护,严格遵守仪器操作规程和有关实验室的管理规程,保持安静和实验台面整洁,创造良好的实验环境。

实验过程中,要求学生勤于动手,敏锐观察,细心操作,开动脑筋,独立思考,认真分析钻研与实验有关的科学问题,如实做好实验记录。如果实验失败,必须重做。

1.1.5 实验记录

1. 完整记录实验条件

记录的实验条件包括实验环境条件(室温、大气压和湿度等)、测量条件(温度、压力、流量、电流、时间等)、实验材料和试剂(品名、来源、纯度、浓度等)、实验装置(名称、规格、型号、精度等),将原始数据列入自行设计的表格中。

2. 准确记录实验现象和原始实验数据

所有观察到的实验现象和实验数据应如实、完整地记录在编有页码和日期的实验记录本(预习报告)上,不得用铅笔、红笔做实验记录。记录实验数据时,需注意误差、有效数字取舍,不能随意涂抹数据,不得更改、伪造实验数据。若记录错误,可在错误上划一条删除线,再给出正确记录。如发现某个数据确有问题,应该舍弃的,可用笔轻轻圈去。记录字迹要整齐清楚,删除或舍弃的记录也应该能够分辨,切忌潦草马虎。保持良好的记录习惯是做好化学实验的基本要求之一。

3. 结束实验

应将原始实验数据、谱图和表格等记录交给指导教师审阅,经确认、签字后,本次实验方为有效。

1.1.6 实验报告

本课程实验报告(手写)一般应包括以下几个部分:

(1) 实验目的:目的要明确。

(2) 实验原理:用自己组织的简洁语言表述实验原理,要求表达清晰、用语科学。

(3) 仪器试剂:对实验装置图,要简述其构造及各部件的名称、生产厂家及型号、测量的精度;对实验材料、试剂纯度及其物理化学性质(熔点、密度和折射率等)、溶液浓度等要求记述清楚。

(4) 数据处理与结果:这是实验报告的重点。通过作图或公式计算等方法处理原始实验数据,求得必要的结果,并把实验结果与文献数据比较。要求给出实验结论,有效数字合理,结果表示正确。

(5) 分析讨论:结合查阅文献的情况,解释实验现象,给出实验结果的评价、误差分析、对实验的改进意见等。要求讨论深入,有独特见解。

(6) 思考题:实验课后的思考题是与相关化学理论、实验方法和技术密切相关的,应结合理论课、文献查阅和实验结果认真分析,用自己组织的语言阐述。

写实验报告是本课程的基本训练,能反映学生的实际水平和综合能力。因此,学生写实验报告时,一定要开放思维,认真思考,精益求精。

1.1.7 实验考核

课程考试或考核的目的主要是检验教与学的效果,促进教学内容的完善、教学方法的改进,促进素质教育和人才培养。同时,考核制度也是引导学生改进学习方法的有效途径。为

此,我们在总结国内外化学实验课考试方式方法的基础上,建立了一套科学的实验课考核机制,主要内容为

$$\text{本课程成绩(100分)} = k_1 \sum_{i=1}^n (\text{单个实验成绩})_i / n + k_2 \times \text{考试成绩}$$

式中, n 为实验总个数; k_1 和 k_2 为权重系数, $k_1=0.6\sim 0.7$, $k_2=0.3\sim 0.4$ 。单个实验又分为两类:第一类是基本技能训练实验和基础性实验;第二类是开放式、研究性实验。基本技能训练实验和基础性实验成绩的评分标准如表 1.1 所示。

表 1.1 现代化学实验与技术课程基础性实验评分标准(总分为 100 分)

项 目	成绩/分	项 目	成绩/分
课前准备,预习考核(口试)	5	数据处理	15
实验过程	30	安全清洁	5
实验结果	20	报告撰写	15
回答思考题	10		

在开放式、研究性实验成绩的评定中,学生研读文献的情况、对实验课题的理解深度、实验内容及结果、对实验结果的分析与讨论以及答辩情况等是评定成绩的重点。

本课程考试由闭卷和开卷两部分组成,两卷各占 50%。其中,闭卷考试时间为 60min,开卷考试时间为 90min。开卷部分的试题着重考查学生综合运用化学基本原理、基本知识和基本实验技术的能力,要求学生对需要解决的问题或要测定的物理量提出实验方案、设计思路,组合出基本的实验装置流程,并对实验结果的精确度和误差来源进行分析与讨论。

1.1.8 开放式、研究性实验

对于开放式、研究性实验,实施开放式实验教学,要求学生在一学年内利用课余时间完成一项实验课题的研究,学生需经历从文献查阅、实验方案设计,到实验准备、仪器组装及其调试、实验测量,以及实验数据处理、论文撰写和交流答辩等一系列过程。学生应在阅读文献资料的基础上,根据实验室提供的仪器设备等条件,设计实验方案并交老师审阅,经共同讨论、修改和定稿后,开始实验研究。在实验过程中可能会出现各种问题,需要学生认真分析产生问题的原因,积极寻求解决方法,反复实践,力求得到预期结果。

实验项目完毕,学生须独立撰写研究性实验报告,其格式与科技论文基本相同,包括以下几部分:①实验课题的背景、研究意义和目的;②实验部分(实验原理与方法、实验装置、化学试剂、实验过程、实验数据处理);③实验结果与讨论;④结论;⑤参考文献;⑥中英文摘要。

1.2 实验室安全防护

在现代化学技术实验室里,除使用一般化学实验室的各种化学药品和仪器设备及水、电、煤气外,还经常遇到高温、低温、高压、真空、高电压、高频和带有辐射源的实验环境和实验仪器,隐藏着发生燃烧、爆炸、中毒、灼伤、割伤、触电等事故的危险性。如何防止这类事故的发生,以及万一出现事故时如何应对,都是每个化学实验室工作者应该具备的素质。在“化学实验室安全”和“基础化学实验”课程中已对这些内容作过介绍,在此仅就使用化学品、电器仪表、

高压设备和辐射源等的安全防护知识作一简述。

1.2.1 使用化学品的安全防护

1. 防毒

大多数化学品都具有不同程度的毒性。这些有毒化学品可通过呼吸道、消化道和皮肤进入人体而发生中毒现象。例如,氢氟酸侵入人体,将会损坏牙齿、骨骼、造血系统和神经系统;烃、醇、醚等有机物对人体有不同程度的麻醉作用;三氧化二砷、氰化物、氯化汞等是剧毒物,人吸入少量即可致死。因此,要尽量杜绝和减少毒物进入体内。有关注意事项包括:

(1) 实验前应了解拟用化学品的毒性、理化性能和防护措施,计真阅读其相应的化学品安全说明书(Material Safety Data Sheet,MSDS)。

(2) 使用有毒气体和挥发性酸(如 H_2S 、 Cl_2 、 Br_2 、 NO_2 、浓盐酸、氢氟酸等)应在通风橱中进行操作。

(3) 经常吸入苯、四氯化碳、乙醚、硝基苯等蒸气会使人嗅觉减弱,必须高度警惕。

(4) 有机溶剂如苯等能穿过皮肤进入人体,应避免直接与皮肤接触。

(5) 汞盐[HgCl_2 、 $\text{Hg}(\text{NO}_2)_2$]、重金属盐(镉盐、铅盐)及氰化物、三氧化二砷等剧毒物,应由实验室技术人员妥善保管(存放于实验室的保险柜中)。

(6) 任何情况下都不能用口吸移液管移取液体。

(7) 不得在实验室内喝水、抽烟、吃东西,离开实验室时要洗净双手。

2. 防火

(1) 防止煤气管、煤气灯漏气,使用煤气后一定要关好煤气阀门。

(2) 乙醚、乙醇、丙酮、二硫化碳、苯等化学品容易燃烧,实验室不得过多存放。注意防止这类化学品的泄漏,切不可将其废弃物倒入下水道,以免积聚引起火灾。

(3) 注意金属钠、钾、铝粉、电石、黄磷及金属氢化物等化学品的使用和存放,尤其不宜与水直接接触。

如果着火,应冷静判断现场情况,采取适当措施灭火。水是最常用的灭火物质,可以降低燃烧物质的温度,并能将可燃物质与火焰隔开,或阻止空气接近燃烧物质。灭火毯、砂和各种灭火器也是很好的灭火器材,可根据情况适当选用。如果是上述第(3)种情况,应采用干砂等灭火;对于第(2)种情况,采用泡沫灭火剂更为有效。因为泡沫灭火剂比易燃液体轻,覆盖在上面可隔绝空气;如果是带电系统或设备着火,应先切断电源,再用二氧化碳或四氯化碳灭火器灭火。

本课程网站提供了虚拟实验——实验室消防模拟,学生可利用它学习常用灭火器材的使用方法,学校每学年都应组织灭火器材使用演习。另外,学生平时应知道各种灭火器材的使用方法和存放地点。

3. 防爆

许多可燃气体与空气混合后,当混合物的组分比例处于爆炸极限时,一旦有一个适当的热源(如火花)诱发,气体混合物便瞬间爆炸。这类爆炸通常称为支链爆炸。某些气体与空气混合时的爆炸极限如表 1.2 所示。