

JICHU HUAXUE

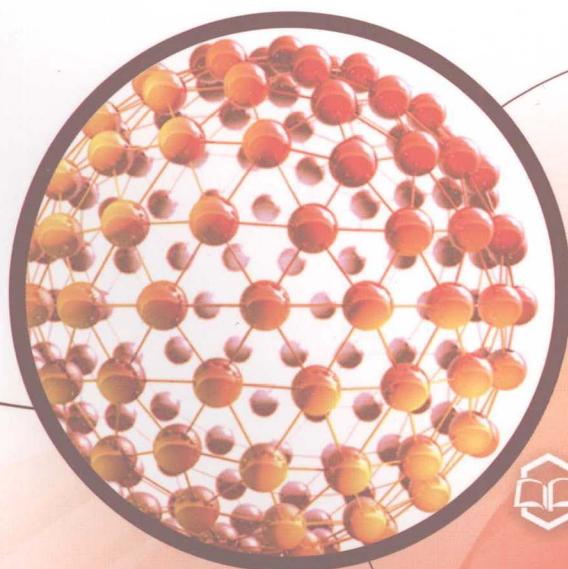
SHIYAN

YU  
JISHU

国家级实验教学示范中心教材 >>>

# 基础化学实验 与技术

宋毛平 何占航 主编



化学工业出版社

国家级实验教学示范中心教材

# 基础化学实验与技术

宋毛平 何占航 主编



化学工业出版社

·北京·

本书编纂的旨在提高本科生的化学实验理论思维能力,系统掌握化学实验方法与技术,优化实验教学体系与内容,为学生日后从事专业技术工作,开展相关科学研究打下良好基础。

本书将传统的以化学二级学科为架构分科设立实验课的体系进行重组统一,以达到基础化学实验真正独立设课之目的。全书立足于课程的基础性和整体性,强化化学实验基础理论、基本方法与技术内容,并以它们为纲引领实验项目。全书共由5篇内容组成:化学实验基础知识、化学实验常规技术、纯物质的制备与提取、物质基本物理量测定及性质、综合提高型实验。编选了169个实验项目,既有基础性和验证性实验,也有相当数量的综合性、设计性实验,构成了基础化学实验课程的完整框架。书末附录列出了实验常用的有关数据。

本书既可作为化学及近化学类本科专业基础化学实验课程改革教材使用,也可供材料、矿冶、轻工、环境类工科专业,医学、农学类专业作为化学实验教材或参考书使用,对于从事有关化学研究和工矿中心化验室工作的相关人士亦具有一定参考价值。

### 图书在版编目(CIP)数据

基础化学实验与技术/宋毛平,何占航主编. —北京:  
化学工业出版社,2008.7

国家级实验教学示范中心教材  
ISBN 978-7-122-02602-6

I. 基… II. ①宋…②何… 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(2008)第110424号

---

责任编辑:宋林青  
责任校对:战河红

文字编辑:朱 恺  
装帧设计:史利平

---

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 刷:大厂聚鑫印刷有限责任公司

装 订:三河市前程装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张36 字数998千字 2008年9月北京第1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:58.00元

版权所有 违者必究

# 前 言

对于高等学校化学教育而言，化学实验课程无疑是培养学生的科学思维与方法、创新意识与能力，全面推进素质教育的最基本教学形式之一。现行的按化学二级学科为架构分科设立实验课的课程体系和教材内容，对于人才培养方面固然起过重要的作用，但也存在着为理论课教学配套多、发挥自身主观能动性作用不足，导致与真正意义上的实验课独立开设目标的实现存在一定距离。另外，在实验基础理论、基本技术方面的条块分割，也使得在教学实践中存在内容重复、统一性不足、物质制备与结构性能基本关系展示不充分等局限性。

自2003年教育部实施高等学校本科教学质量与教学改革工程以来，我们配合郑州大学国家级实验教学示范中心的建设，边探究边实践，摸索出一条突破二级学科实验体系架构，按化学一级学科开设基础实验独立课程的道路，并在中心原有四门二级学科实验教材的基础上，重新组织、更新内容编写了这本教材。

本教材立足于课程的基础性和整体性，以化学实验基础理论、基本方法与技术引领实验内容，全书共5篇。较为详细地介绍了基础化学实验中涉及的大部分基础理论、基本方法与技术，以及它们的应用。按照这条主线，选编了169个实验项目。这样学生在预习实验内容时，可直接由本书获取所需要的理论、方法与操作技能要领，使基础实验真正独立于理论课之外。

按照“强化基础，提高创新”的原则，本教材实验项目大体分为两类。一类为基础和验证性实验，旨在加强对学生基本理论、基础知识和基本技能的培养，这类实验项目约占总数的70%。充分反映了教材的基础性。编选的另一类项目为综合性、设计性实验，以培养提高学生解决复杂问题的综合能力和创新意识为主旨，完成这类实验所需教学时间占全部项目总学时数的40%。实验项目中既有一些经典的基础实验，也有结合教师科研成果移植来的新实验。编选时还特别注意到对不同学科专业学生特点的照顾，比如我们编入了2个土壤、4个食品、4个药学和3个环境等学科的项目，使本教材的适用面更宽一些，同时也有助于提高学生的兴趣。完成全部实验项目所需的教学时间远远多于教育部化学及化工专业教学指导委员会制订的《化学专业实验教学基本内容》规定时数，以便使用本教材时教师有更多的选择余地。

除此之外，本教材还有如下一些特点：

1. 充分考虑到与中学新课标教材的衔接。删减了新课标高中化学课程中已有的一些方法和仪器的介绍，最大限度降低了与中学化学实验教学的重复。同时特别注意反映化学学科在实验方法和仪器方面的新进展。比如，我们用相当的篇幅介绍了诸如液体密度-折光仪、半导体制冷设备、微波反应装置、超声化学方法及设备等较为先进的方法和设备的原理与应用，而分析天平则只介绍电子天平。

2. 实验前对于学生的预习做出明确的要求，并且体现到每一个具体实验项目中。甚至有的项目中还指出与其相关的参考文献的出处。

3. 为便于学生全方位利用各种信息资源做好实验前的预习工作，本教材对首次出现的重要化学物质均给出英文名称、CA登录号等信息。如“乙酰苯胺(acetanilide)【103-84-4】”。首次出现的基本操作的英文表达也一并同样处理。另外，对于制备的某些重要化合物，也尽可能的附上相关图谱（主要来自于<http://riodb01.ibase.aist.go.jp/sdbs/>）。我们认为，这种编排方式对于学生利用互联网获取与实验相关的理论、方法和技术知识将起到积极的作用。

4. 对于实验中所用到的一些专用机电仪器,不再列入它们的使用操作方法。这不仅是压缩篇幅的需要,更是基于对学生信息处理能力培养的考虑。

5. 大幅度增加了实验室安全、三废处理等方面的知识介绍。使学生牢固树立绿色化学、可持续发展的科学观念。相当比例的实验项目中,对过程中产生的废弃物专门安排了处理它们的实验操作内容。

本书既可作为化学及近化学类本科专业基础化学实验课程教材使用,也可供材料、矿冶、轻工、环境类工科专业,医学、农学类专业作为化学实验教材或参考书使用,对于从事化学实验室工作的相关人士亦具有一定参考价值。针对本书所涉及的基本操作、常规仪器使用及部分实验项目,郑州大学国家级化学实验教学示范中心均制作了配套的多媒体视频课件。

在本书编写工作中,重点参考了郑州大学化学系历年来编写的实验教材和实验讲义,以及兄弟院校的教材与专著。这些资料和专著中所包含的宝贵经验,是我国高等化学实验教学界几十年数代人辛勤耕耘和实践的结晶。编者从中汲取了丰富的营养,进行了有益的借鉴。因此可以说,我们是在化学实验教学前辈开辟的道路上前进的,在此向他们致以崇高的敬意!在参考文献中,这些成果将被一一列出,以示感谢。同时,我们也愿意以此书作为后继者在做同类工作时的基石。

参加本书编写工作的有刘金霞、郝新奇、武现丽、刘寿长、卢会杰、徐琰、宋毛平、何占航等,最后由宋毛平、何占航统一定稿。在本书编写过程中,得到了郑州大学化学系领导和实验中心老师的大力支持,唐明生教授、廖新成教授、李中军教授和冉春玲高级实验师对本书的编写提出了许多建设性意见。四川大学李梦龙教授对于本书从其主编的《化学数据速查手册》中摘录数据以充实附录内容,给予了慷慨的许可。化学工业出版社的编辑为本书的出版付出了艰辛的劳动,在此一并表示衷心感谢!

鉴于编者学识水平与经验有限,书中难免有不当之处,恳请有关专家和读者批评指正。

编者

2008年6月于郑州

# 目 录

绪论 .....	1	2.3.5 沸点及其测定 .....	79
<b>第一篇 化学实验基础知识</b> .....	5	实验 5 液体沸点及其测定 .....	80
1.1 基础化学实验室导则 .....	5	实验 6 凝固点降低法测定分子量 .....	81
1.2 化学实验的安全与环境 .....	5	2.4 物质的分离与提纯 .....	83
1.2.1 安全守则 .....	5	2.4.1 固-液分离 .....	86
1.2.2 化学实验室各类警示标志 .....	7	实验 7 土壤中可溶性全盐量的测定 (重量法) .....	99
1.2.3 环境保护及三废处理 .....	11	实验 8 氯化钠的提纯 .....	102
1.2.4 有害化学品知识(危险品的 使用) .....	13	2.4.2 结晶、沉淀与重结晶 .....	103
1.3 化学实验中意外事故预防与处理 .....	14	实验 9 硫酸锌的制备与提纯 .....	108
1.3.1 预防事故发生措施 .....	14	实验 10 乙酰苯胺、粗萘及苯甲酸的 重结晶纯化 .....	117
1.3.2 意外事故的处理 .....	16	2.4.3 离子交换树脂 .....	118
1.4 化学实验的量与数据处理 .....	19	实验 11 难溶电解质溶度积的测定 .....	120
1.4.1 单位与法定计量单位 .....	19	实验 12 离子交换色谱分离钴、镍 .....	121
1.4.2 有效数字及运算规则 .....	23	2.4.4 蒸馏 .....	123
1.4.3 误差及误差传递 .....	25	实验 13 双液系的气-液平衡相图 .....	127
1.4.4 测定结果的数据处理 .....	30	实验 14 工业乙醇的蒸馏 .....	130
1.5 实验预习、操作、记录和实验报告 .....	34	实验 15 甲醇和水的分馏 .....	131
1.5.1 实验预习 .....	35	实验 16 溴苯的水蒸气蒸馏 .....	133
1.5.2 实验实施 .....	35	实验 17 苯甲醛的减压蒸馏 .....	136
1.5.3 实验记录 .....	35	实验 18 糠醛的减压蒸馏 .....	137
1.5.4 实验报告 .....	36	实验 19 乙酰乙酸乙酯的减压蒸馏 .....	138
1.6 化学实验文献与资料查询 .....	38	2.4.5 萃取 .....	139
1.6.1 工具书 .....	38	实验 20 半开放实验——由糠醛生产 废水中萃取有机酸 .....	141
1.6.2 期刊杂志 .....	42	实验 21 由油料作物种子中提取 油脂 .....	142
1.6.3 网络资源 .....	42	实验 22 半开放实验——对甲苯胺、 β-萘酚和萘的分离 .....	143
<b>第二篇 化学实验常规技术</b> .....	44	2.4.6 升华 .....	144
2.1 玻璃仪器等常规实验材料的使用 .....	44	实验 23 樟脑的升华 .....	145
2.1.1 玻璃仪器的使用、洗涤与干燥 .....	46	2.4.7 物质的干燥 .....	146
2.1.2 常用度量玻璃仪器 .....	48	实验 24 小麦面粉水分、粗灰分的 测定 .....	147
实验 1 认识实验室 .....	58	实验 25 氯化钡中结晶水的测定 .....	149
实验 2 容量仪器的校准 .....	59	2.4.8 吸附 .....	152
2.1.3 微型实验仪器介绍 .....	61	实验 26 染色废水的脱色处理 .....	155
2.1.4 各类试纸 .....	61	实验 27 研究型实验——固体吸附 特性的研究 .....	157
2.2 质量度量——天平的使用 .....	64	2.4.9 气体发生与净化 .....	162
2.2.1 电子天平 .....	64	实验 28 硫酸亚铁晶体对 H <sub>2</sub> S、氨的 吸收 .....	170
2.2.2 专用天平 .....	66	2.4.10 色谱分离技术 .....	172
实验 3 电子天平的使用练习 .....	67		
2.3 加热与冷却 .....	67		
2.3.1 加热与灼烧 .....	67		
2.3.2 冷却与制冷 .....	73		
2.3.3 温度的测量与温度计 .....	75		
2.3.4 熔点及其测定 .....	75		
实验 4 熔点测定与温度计校正 .....	78		

实验 29	植物叶片色素提取及薄层 色谱分离 .....	174	实验 48	粗硫酸锌中锌含量的测定 .....	245
实验 30	偶氮苯和苏丹Ⅲ的薄层 色谱分离鉴定 .....	175	实验 49	合金中铝含量的测定 .....	246
实验 31	APC 药片组分薄层色谱 鉴定 .....	176	实验 50	铁、铝混合液中 $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Al}^{3+}$ 含量的连续测定 .....	248
实验 32	荧光黄和亚甲基蓝的色谱 分离 .....	177	实验 51	铅、铋混合液中 $\text{Pb}^{2+}$ 、 $\text{Bi}^{3+}$ 的连续测定 .....	250
实验 33	邻硝基苯胺和对硝基苯胺的 分离 .....	178	实验 52	水样总硬度的测定 .....	251
实验 34	纸层析法分离与鉴定 $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Co}^{2+}$ 、 $\text{Ni}^{2+}$ 和 $\text{Cu}^{2+}$ .....	179	实验 53	石灰石或白云石中钙、镁含量 的测定 .....	253
实验 35	氨基酸的纸上层析及薄层 层析 .....	181	实验 54	软锰矿 ( $\text{MnO}_2$ ) 氧化力的 测定 .....	259
2.5	反应操作技术 .....	184	实验 55	铁矿石中全铁的测定 ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 法) .....	261
2.5.1	搅拌 .....	184	实验 56	综合性实验—— $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 制备 及其标准溶液配制与标定 .....	263
2.5.2	加料方法 .....	189	实验 57	工业苯酚纯度的测定 (溴酸 钾法) .....	267
2.5.3	高压反应操作 .....	196	实验 58	维生素 C (药片) 的测定 (碘量法) .....	269
2.6	化学试剂与化学药品 .....	197	实验 59	设计性实验——84 消毒液中 有效氯含量的测定 .....	271
2.6.1	化学试剂的规格和存取 .....	197	实验 60	莫尔法测定氯化物中氯的 含量 .....	274
2.6.2	常用溶剂与溶液 .....	199	实验 61	银合金中银含量的测定 (佛尔 哈德法) .....	275
2.6.3	水溶液配制与浓度表示方法 .....	203	实验 62	双乙酸钠中乙酸钠含量的测定 (非水溶液法) .....	277
实验 36	溶液的配制 .....	204	实验 63	$\alpha$ -氨基酸的测定 (非水 滴定) .....	278
2.7	物质的定性鉴定技术 .....	205	2.8.3	重量分析法 .....	279
2.7.1	无机离子鉴定 .....	206	实验 64	土壤中硫酸根含量的测定 .....	284
实验 37	水溶液中阳离子的分离和 检出 .....	211	2.9	光学量测定与光谱技术简介 .....	286
实验 38	常见阴离子的分离与检出 .....	213	2.9.1	折射率与旋光度 .....	286
实验 39	开放实验——未知无机 混合物的分离与定性检出 .....	215	实验 65	商品味精纯度的测定 .....	288
2.7.2	有机化合物的定性鉴定 .....	215	2.9.2	分子的电子光谱——紫外可见 光谱 .....	289
实验 40	有机物中杂元素的定性 鉴定——钠熔法 .....	217	实验 66	光度法测定配位化合物的 组成和稳定常数 .....	296
实验 41	有机化合物官能团定性 鉴定 .....	218	实验 67	溶液吸附法测定比表面积 .....	298
2.8	化学样品定量分析的程序与方法 .....	221	2.9.3	红外光谱 .....	300
2.8.1	样品采集与预处理 .....	221	实验 68	红外吸收光谱 .....	302
2.8.2	化学滴定分析 .....	226	2.9.4	核磁共振 .....	303
实验 42	酸碱中和滴定 .....	231	<b>第三篇 纯物质的制备与提取</b> .....	306	
实验 43	有机酸摩尔质量的测定 .....	233	3.1	无机物的制备与提取 .....	306
实验 44	铵盐中氮含量的测定 (甲醛法) .....	234	3.1.1	复分解反应法 .....	306
实验 45	半开放实验——啤酒总酸度 测定 .....	236	3.1.2	分子间化合物的制备 .....	307
实验 46	综合性实验——碳酸钠的 制备及组成测定 (双指示 剂法) .....	237	3.1.3	无水化合物的制备 .....	308
实验 47	半开放实验——EDTA 制备 及其标准溶液的配制、标定 .....	242	3.1.4	由矿石、废渣 (液) 制取无机 化合物 .....	309

实验 69	硫酸亚铁铵的制备 .....	312	实验 104	苯甲醇和苯甲酸 .....	365
实验 70	半开放综合实验——液体 碱式氯化铝的制备、性质 与组成测定 .....	313	实验 105	呋喃甲醇和呋喃甲酸 .....	367
实验 71	沉淀法制备二氧化硅 .....	316	实验 106	$\epsilon$ -己内酰胺 .....	368
实验 72	焦磷酸钙制备 .....	317	实验 107	综合实验——8-羟基喹啉 .....	371
实验 73	铬黄颜料的制备 .....	318	实验 108	综合实验——非那西汀 .....	375
实验 74	铁黄颜料的制备及其氢氧根 含量的测定 .....	319	实验 109	综合实验——2,4-二氯苯氧 乙酸及其含量测定 .....	377
实验 75	氯化亚铜的制备与性质 .....	320	实验 110	止咳酮 .....	380
实验 76	氢氧化铜制备与组成分析 .....	322	实验 111	苯佐卡因 .....	382
实验 77	半开放实验——立德粉废渣 湿法制备氧化铅 .....	323	3.3	配位化合物的制备 .....	385
实验 78	开放实验—— $\text{NH}_4\text{FePO}_4$ 制备 及 $\text{Fe}(\text{II})$ 含量的测定 .....	324	实验 112	三草酸合铁(III)酸钾制备 及其光化学性质 .....	385
实验 79	设计实验——过碳酸钠制备及 活性氧的测定( $\text{KMnO}_4$ 法) .....	326	实验 113	三氯化六氨合钴(III)的合成 与组成测定 .....	387
3.2	有机化合物制备 .....	327	实验 114	设计实验——EDTA-Ca 钠盐 的制备 .....	389
3.2.1	简单有机物的制备 .....	327	实验 115	四氨合铜二乙基铵盐及其 热致变色 .....	390
实验 80	环己烯的制备——醇的消除 反应 .....	328	实验 116	设计实验——固相反应制备 $\text{Cr}(\text{III})$ 草酸根配合物 .....	391
实验 81	溴乙烷和 1-氯戊烷的制备 .....	330	实验 117	由蚕砂出发制取叶绿素 铜钠盐 .....	392
实验 82	叔丁基氯的制备 .....	332	3.4	由天然产物出发提取纯物质 .....	394
实验 83	3-溴环己烯的制备 .....	333	实验 118	从茶叶中提取咖啡因 .....	394
实验 84	四溴双酚 A 的制备 .....	334	实验 119	从槐花米中提取芦丁 .....	395
实验 85	2-甲基-2-己醇的制备 .....	336	实验 120	从黄连中提取黄连素 .....	396
实验 86	$\alpha$ -苯乙醇的制备 .....	338	实验 121	由黄花烟草叶片出发制取 烟碱苦味酸盐 .....	397
实验 87	二苯甲醇的制备 .....	339	实验 122	银杏叶中黄酮类有效成分的 提取 .....	398
实验 88	乙醚和异戊醚的制备 .....	340	实验 123	从黑胡椒中提取胡椒碱 .....	399
实验 89	正丁醚的制备 .....	343	<b>第四篇 物质基本物理量测定及性质</b> .....	400	
实验 90	$\beta$ -萘甲醚的制备(微波 加热法) .....	344	4.1	气体压力的测量与真空技术 .....	400
实验 91	苯乙酮的制备 .....	345	4.1.1	气体压力的测量 .....	400
实验 92	二苯甲酮的制备 .....	347	4.1.2	真空技术 .....	402
实验 93	己二酸的制备 .....	349	实验 124	纯液体饱和蒸气压的 测定 .....	406
实验 94	乙酸乙酯和乙酸异戊酯的 制备 .....	350	实验 125	最大气泡法测定溶液表面 张力 .....	409
实验 95	综合实验——乙酰水杨酸的 制备及含量测定 .....	353	4.2	物质密度的测定 .....	413
实验 96	富马酸及其二甲酯 .....	354	4.2.1	液体密度的测定 .....	413
实验 97	硝基苯 .....	356	4.2.2	固体密度的测定 .....	415
实验 98	2-硝基雷锁辛 .....	357	实验 126	密度瓶法测定酱油的相对 密度 .....	416
实验 99	苯胺 .....	359	实验 127	浸液法测定粉体真密度 .....	417
实验 100	邻氨基苯甲酸 .....	360	4.3	热力学量的测定 .....	418
实验 101	甲基橙 .....	361	4.3.1	温度的测量 .....	419
3.2.2	利用特殊反应完成有机物合成 .....	362	4.3.2	温度的控制 .....	424
实验 102	肉桂酸 .....	362	4.3.3	量热技术 .....	428
实验 103	扁桃酸 .....	364			



实验 128	置换法测定摩尔气体常数 $R$ .....	428	实验 157	负载型杂多酸催化剂制备与酯化反应应用 .....	508
实验 129	化学反应热效应的简易测定 .....	430	实验 158	透明氧化铁黄的制备 .....	510
实验 130	燃烧热测定 .....	432	实验 159	DL-苏氨酸的化学合成 .....	511
实验 131	设计实验——测定苯的稳定化能 .....	435	实验 160	乳酸亚铁制备 .....	513
4.4	电化学测量方法 .....	436	实验 161	水垢样品成分分析 .....	514
4.4.1	对消法 .....	436	实验 162	卡尔·费休法测定植物油脂中水含量 .....	515
4.4.2	惠斯登电桥法 .....	436	实验 163	化学放大法测定地表水中微量 $Mn^{2+}$ .....	516
4.4.3	电极的种类及其选择 .....	437	实验 164	脲菌唑 .....	516
实验 132	原电池电动势和电极电势的测定 .....	438	实验 165	磺胺 .....	517
实验 133	弱酸电离常数的测定 .....	443	实验 166	催化氧化法由葡萄糖制取葡萄糖酸盐 .....	519
实验 134	难溶电解质溶度积的测定 .....	444	实验 167	绿色催化酯化反应及其动力学 .....	520
实验 135	用电导率仪测定电离平衡常数 .....	445	实验 168	微乳液法制备 $TiO_2$ 光催化剂 .....	522
实验 136	界面移动法测离子迁移数 .....	450	实验 169	手性 1,1'-联-2-萘酚 .....	522
实验 137	镍电极极化曲线的测定 .....	452	附录	.....	524
实验 138	氢超电势的测定 .....	454	1.	化学实验中常用基本物理常数 .....	524
实验 139	设计实验——电极材料与电催化性能 .....	457	2.	基础化学实验部分常用基本玻璃仪器、用具简介 .....	524
4.5	化学动力学实验 .....	460	3.	常见无机化合物性质 .....	531
实验 140	过二硫酸根氧化碘离子反应动力学参数的简易测定 .....	460	3.1	常见单质的电导率、热导率、密度、熔点和沸点 .....	531
实验 141	二级反应——乙酸乙酯皂化反应 .....	462	3.2	常见无机化合物的一般性质 .....	532
实验 142	旋光法测定蔗糖转化反应的速率常数 .....	465	3.3	常见无机化合物的标准热力学数据 .....	539
实验 143	复杂反应——丙酮碘化反应 .....	467	3.4	难溶化合物的溶度积常数 .....	543
实验 144	过氧化氢催化分解反应 .....	470	3.5	某些无机化合物在部分有机溶剂中的溶解度 .....	544
实验 145	连续流动法研究催化反应动力学 .....	473	3.6	水的各种数据 .....	544
实验 146	催化剂活性与选择性 .....	476	4.	常见有机化合物的性质 .....	546
4.6	无机物及其在水溶液中的性质 .....	478	4.1	常用有机化合物的一般性质 .....	546
实验 147	水溶液中的离子平衡 .....	479	4.2	常见有机化合物的标准热力学数据 .....	547
实验 148	氧化-还原反应与电化学 .....	480	5.	物质水溶液的性质 .....	550
实验 149	卤素 .....	482	5.1	常见酸、碱水溶液的密度与溶解度 .....	550
实验 150	过氧化氢与硫的化合物 .....	484	5.2	常见无机物水溶液密度与质量分数 .....	554
实验 151	铬和锰的化合物 .....	487	5.3	弱酸、弱碱的解离常数 .....	555
实验 152	I B 和 II B 元素性质 .....	489	5.4	标准电极电势 .....	557
实验 153	铁、钴、镍 .....	492	5.5	常用 pH 缓冲溶液的配制和 pH 值 .....	560
4.7	结构性质实验 .....	495	5.6	常用各种指示剂 .....	560
实验 154	超细粒子的粒度分析 .....	495	5.7	配合物稳定常数 .....	564
实验 155	配合物磁矩的测定 .....	499	6.	常见二元恒沸混合物的组成和沸腾温度 .....	566
实验 156	偶极矩的测定 .....	502	主要参考书目	.....	568
第五篇	综合提高型实验 .....	508			

## 结 论

科学实验是通过一定的仪器和设备,根据研究的目的,突出某些主要因素,排除其他次要的、偶然因素的干扰,使研究对象中为我们所需要的某些属性或关系在简化的、纯粹的形态下暴露出来,从而准确地认识它。科学实验的重要性主要是因为它直接指向研究对象,对现象作经验的研究是我们获得有关外部世界一切知识的基础。实验的方式使人们能够积极干预事物和现象的进程,以便详细而精确地把握它们。科学实验是帮助人们发现新的科学事实、获得新的科学规律的重要手段,又是证实或证伪假说和检验科学理论研究成果的重要手段。系统的实验方法的产生,不仅是科学方法发展史上的一次重大突破,而且也是科学发展最重要的基础,以至于人们常常把近代以来成熟的自然科学叫做实验科学。自实验从生产实践中分化出来成为一项具有独立性的社会实践活动,科学研究才有了最重要的手段,科学的发展才奠定了直接的基础。实验是近、现代科学最伟大的传统,离开实验传统,科学之树就丧失了成长壮大的肥沃土壤。当然,我们也重视理论思维,反对狭隘的经验主义。

19世纪初,当时最卓越的化学家柏齐里乌斯(Berzelius Jons Jakob, 1779~1848)的实验室就是他的厨房,在那里,化学和烹调一起进行。1817年,英国格拉斯大学建立第一个供教学用的化学实验室;1824年,李比希(Liebig Justus von, 1803~1873)在德国吉森大学建立了另一个更出名的化学实验室,实验才成为科学家训练的必要组成部分。时值今天的科学实验,已成为千百万人参加的认识自然、改造自然的主要的社会实践活动形式之一。没有实验,就没有现代科学技术、更谈不上科学认识和科学发展。实验不仅塑造了近代自然科学,而且也为现代科学的发展奠定了坚实的基础,甚至成为科学的一种至关重要的认识论和方法论上的特点,成为科学的一种标志性特征。

化学是一门以实验为基础的自然科学,化学实验在培养造就未来化学家和化学工作者的教学环节中,占有特别重要的地位。基础化学实验与技术作为化学类及近化学类专业学生必修的实验课,在引导学生进入并重视化学实验、启迪学生的学习方法、训练学生的基础性操作、培养学生的学习兴趣和严谨作风、为以后其他实验课的学习打下扎实的基础等方面,具有独特的意义。基础化学实验是一门独立设置的课程,但与相应的理论课——无机化学、有机化学、分析化学和物理化学——有着密切的联系。

基础化学实验的研究对象可概括为:以实验为手段来了解基础化学中的主要原理、化合物的合成方法、分离手段、相关性能鉴定以及常用仪器的操作、近代大型仪器在基础化学实验中的应用等。本课程的目的和作用主要为以下几个方面。

① 培养将来能够从事科研的基本实验技能,加强和帮理解课堂的理论知识,学会理论联系实际解决具体问题,培养进行科研的初步能力。在培养学生智力因素的同时,培养学生的科学精神和科学品德,使学生从一开始就要逐步树立严谨务实的科学态度、勤奋好学的思想品质、认真细致的工作作风、条理整洁的良好习惯和互助协作的团队精神。基础化学实验是对学生进行艰苦创业、勤奋不懈、谦虚好学、乐于协作、求实、求真、存疑等科学品德和科学精神训练的理想课程,这些都是一位化学工作者获得成功所不可缺少的因素。

② 学生经过基础实验的严格训练,能较规范地掌握实验的基本操作、基本技术和基本技能,学习并掌握基础化学的基本理论和基本知识,能够正确使用各类相关仪器,具有准确取得实验数据和作出结果判断的能力。基本了解科研的基本程序和方法并具备从事一般科研

的初步技能，由此掌握查阅文献、记录实验、总结撰写实验报告等科研所需的初步文字能力。

③ 学生通过各种层次的实验，直接获取大量的化学现象，经过思维、分析和归纳、总结，由感性认识提升为理性认识，从而学习有机化学、无机化学、分析化学和物理化学相关的基本理论和基本知识，并进一步用于指导实验。

④ 通过实验，掌握阐明化学原理的实验方法，掌握化合物的一般制备、分离、提纯及常见化合物和离子性质、鉴定的实验方法，掌握化学分析的常用方法并能在试样分析中加以应用。

⑤ 通过实验培养学生正确掌握实验记录、数据处理及结果表达的方法，确立严格的“量”的概念，并逐步提高对实验现象及实验结果进行分析判断、逻辑推理和做出正确试验结论的能力。

⑥ 学习化学实验的全过程，综合培养学生动手、观测、查阅、记忆、思维、想象及表达等全部智力因素，从而使学生具备分析问题、解决问题的独立工作能力。

⑦ 通过综合设计、研究性实验，使学生逐渐能自己动手进行整体的实验，包括查找资料、方案设计、动手实验、观察实验、获取数据、分析问题、解决问题，并加以处理和表达，最后得出结论等各个环节，提高学生的综合素质，使其初步具备从事科学研究的能力，增强学生的释疑欲望和创新意识，为今后的科研工作逐步奠定基础。

### 重视实验就是重视自身的综合素质培养！

基础化学实验是在教师的正确引导下由学生独立完成的，因此实验效果与正确的学习态度和学习方法密切相关。对于基础化学实验，不仅需要学生有一个正确的学习态度，而且还需要有一个好的学习方法。可归纳如下几个方面。

#### 1. 课前充分预习，认真做好预习报告

实验前预习是必要的准备工作，是做好实验的前提。这个环节必须引起学生足够的重视，如果学生不预习，对实验的目的、要求和内容不清楚，是不允许进行实验的。为了确保实验质量，学生必须准备一个实验预习和记录本，实验前任课教师要检查每个学生的预习情况。实验预习一般应达到以下要求。①实验前认真阅读实验教材，查阅必要的参考资料，达到明确实验目的、理解实验原理、熟悉实验内容、掌握实验方法、切记实验中有关的注意事项、熟悉实验内容和步骤、了解该实验所涉及的基本操作和仪器的使用、掌握实验数据的处理方法、解答书上提出的思考题等，在此基础上简明、扼要地写出实验预习报告。②实验预习报告是进行实验的首要环节，应包括实验项目名称、资料综述、个人所理解的实验目的、基本原理、注意事项、简要的实验步骤与操作、测量数据记录的表格、定量实验的计算公式、仪器选用依据等；还应包括在预习中，通过自己的思维得到的学习心得、体会以及预习中不够清楚需问老师的问题等。并且要为记录实验现象和测量数据留有充足的位置，切忌抄书或草率应付，尽可能用方框、符号、箭号、表格等简明形式表达。③为规范实验操作，实验前必须按要求观看基础化学实验基本操作多媒体教学课件。

#### 2. 积极参加实验课堂讨论，注意倾听老师的实验讲解

实验课上，指导老师也经常对实验内容进行讲解、操作示范或总结、讲评，学生必须认真注意听讲和领会，对一些重点、要点和注意事项还应该做好笔记，对不理解的问题及时发问，还可以对实验的内容、安排或其他问题提出意见或建议。实验之前或实验之后，指导老师经常组织学生进行课堂讨论，学生应认真准备，踊跃发言，将自己预习中的心得、体会，在实验中对现象的观察、思考，对实验结果的分析、判断，对整体实验的评说、创意等进行交流。这不仅是对实验的进一步学习和提高，而且是对自己口头交流、表达甚至是讲演能力的极好训练。

### 3. 课堂规范操作，实验中要做到“勤动手、勤观测、勤记录、勤思考”

实验是培养独立工作和思维能力的重要环节，必须认真、独立地完成。实验中应该认真务实，按预先安排好的顺序有条不紊的进行。实验中应做到以下几点。①实验过程中要积极主动动脑筋，手脑并用，要善于思考实验中所观察到的现象，特别是那些与预期不相同的“反常现象”，更应深入的分析，寻找产生的原因，提出解决的办法。为了正确说明问题，可在教师指导下重做或补充某些实验，以培养独立分析、解决问题的能力。②在充分预习的基础上规范操作，独立动手实验，对于一些基本操作要反复练习，做到操作准确、熟练自如；实验中应胆大、心细，做到既不至于急于求成，匆忙做完实验了事，又不能磨蹭拖拉，完不成实验。③实验过程中，要集中精力，仔细观测实验现象及数据，诸如物态、颜色、温度、压力、流量等的变化或演变过程，善于捕捉某些细微的、瞬间的现象，寻找实验的“闪光点”，触发头脑的“灵感区”。④对实验中观测到的实验现象和数据，要一丝不苟、及时、如实地记录在专用的实验预习与记录本上，要书写端正，养成严谨、工整的习惯，不能用铅笔记录，不能记在草稿纸上或其他纸上，原始数据不得涂改或用橡皮擦拭，如有记错应在原数据上画一道杠，再于旁边写上正确值。⑤按要求处理好实验过程中所产生的废液、废气、废渣等“三废”物质。⑥对使用的公用仪器要自觉管理好，并在相关记录本上登记，这是养成良好科学素养必需的训练。⑦对于综合设计和研究性实验应该既有敢想敢做的思想，又有科学分析的态度，开拓思路，勇于创新，敢于试验。审题要确切，方案要合理，现象要清晰，在实验中发现设计方案存在问题时，应找出原因，及时修改方案，直至达到满意的结果。⑧实验中自觉养成良好的科学习惯，遵守实验工作规则。实验过程中始终保持桌面整洁和环境卫生。⑨实验结束，所得的实验结果必须经教师认可并在实验预习与记录本上签字后，才能离开实验室。

### 4. 实验后要及时、如实、认真、独立完成实验报告

实验报告是实验的结晶，是对每次所做实验的概括和总结，也是把直接的感性认识上升为理性认识的过程，必须严肃认真如实书写。写好实验报告是培养学生思维能力、书写能力和总结能力的有效方法。实验报告要求格式统一，简明扼要，表达清楚，字迹端正，条理清楚，数据表达及处理采用图、表的形式。实验报告的内容一般包括以下几个方面。①实验名称、日期。②实验目的、要求。③实验基本原理：包括理论依据、实验重要条件、反应方程式等。④实验方法、步骤及装置：实验内容是学生实际操作的简述，尽量用箭号、符号、方框、表格等形式简洁、清晰、明了地表达实验内容，避免抄书本。⑤实验现象及数据记录，主要包括时间、颜色、状态以及各种量度（质量、体积、温度、压力、湿度等）及它们的变化。实验现象要表达正确，数据记录要完整。绝对不允许主观臆造、抄袭他人的作业。⑥解释、结论或数据处理：对实验现象加以简明的解释，写出主要反应方程式，分标题小结或者最后得出结论；数据处理要表达清晰；完成实验教材中规定的作业。⑦结果与问题讨论：首先结合文献对实验结果进行评价，也要针对实验中遇到的异常现象或疑难问题提出自己的见解，对实验方法、教学方法和实验内容等提出意见或建议等。

学生实验成绩的评定是对学生实验综合素质和能力全面考察的结果，同时也是督促学生重视，并学好基础实验课程的重要环节，结合基础实验课程的具体特点和要求，对学生实验成绩的评定主要应依据以下几个方面。

① 对实验基础知识和基本原理的理解和掌握的情况，主要从学生的预习报告，实验课的讨论、提问，以及最后的实验报告中考查。

② 对实验方法、实验基本操作技能的掌握和熟练情况，主要从实验过程及专门的操作考查中体现。

③ 实验结果，包括对实验现象及原始数据的记录，数据记录的正确性及实验结果的精密度、精确性，同时包含运算技能、有效数字、图表技术的掌握等。

④ 思维能力和创新精神，体现在实验过程及报告中观察问题、分析问题和解决问题的能力，在设计性、研究性实验中的设计思想、创新意识、创新能力等。

⑤ 实验整个过程中的科学精神和品德，包括严谨求实、勤奋认真、条理整洁、团结协作、遵守规章等。

⑥ 每学期实验结束后，进行综合的实验笔试，笔试成绩占总成绩的一部分，其比例视具体情况确定。

根据基础化学实验不同类型实验的特点，成绩评定的侧重点有所不同，但可以肯定的是，实验结果绝不会是最后成绩的唯一决定因素。

# 第一篇 化学实验基础知识

## 1.1 基础化学实验室导则

① 认真学习实验室安全与防护知识，严格遵守实验室安全守则，严防触电、中毒、燃烧、爆炸、化学品伤害等安全事故的发生。

② 遵守实验纪律，不迟到，不早退，不无故缺席，实验中不得擅自离开实验岗位，实验完成后必须经指导老师确认方可离开实验室；保持实验室的安静，不大声喧哗或嬉笑；不得穿背心、赤脚或穿拖鞋进实验室，要注意衣冠整洁。

③ 实验中要集中精力，认真操作，仔细观察，积极动脑分析问题、解决问题。要及时、正确地把实验现象和数据记录在专用的实验预习与记录本上，不得记在其他任何地方，更不得随意涂改或伪造数据。根据原始记录认真处理数据，按时做好并提交实验报告。

④ 实验仪器、设备是国家的财产，务必小心使用，注意爱护。使用各种仪器、设备，必须严格遵守其操作规程，精密仪器必须经老师许可后方可使用，发现异常或故障，应立即停止使用，报告老师。若因严重违反操作规程造成仪器损坏者，应承担一定的赔偿责任。玻璃仪器破损时，应填写破损单并按一定比例赔偿。

⑤ 遵守实验试剂、药品取用规则，注意节约试剂、药品，应按规定的规格、浓度、用量取用，防止试剂的混错或沾污。公用试剂、物品或仪器用毕后应立即放回原位。要注意节约水、电、燃气等。

⑥ 实验中或实验后的废物、废液、碎玻璃等应分别放入废液缸或废液桶中，有毒物质应严格放入特定容器中，需回收的物品或药品应放入指定的回收瓶中。

⑦ 要始终保持实验室的整洁，实验台上的仪器要摆放整齐、有序，台上不留水滴，不放书包或与实验无关的书籍、物品。不准往地上乱扔纸屑或其他杂物。

⑧ 每次实验结束后要按照程序关好仪器的各种旋钮、开关，仔细检查并登记后交指导老师签名。玻璃仪器要认真洗净并有序地放入柜中。清理和擦净实验台和试剂架，最后检查水、电、燃气是否关妥。

⑨ 实验室实行学生轮值制度。值日生在实验过程中，有责任协助老师维持实验室的公共秩序、卫生，搬放仪器、试剂、实验用水。实验结束后，打扫、拖洗实验室，整理擦拭通风橱、公共台面、试剂架和仪器，清理废液、废物，检查水、电、燃气等安全情况，最后在值日生登记本上逐项检查登记后交指导老师签注。

⑩ 有下列情况之一者，不允许进行实验：没有预习；预习报告未完成者；违反操作规程又不听老师指导，造成较严重后果者；严重违反实验室规章制度又不听老师劝导，造成不良影响者；无正当理由超过规定时间者。

## 1.2 化学实验的安全与环境

### 1.2.1 安全守则

安全永远是做化学实验第一位的话题！其中包括两个方面：实验室的公共安全（防火、防爆炸、防室内毒气）和实验者自身安全（防玻璃割伤、划伤；防试剂烧伤、腐蚀；防仪器、设备烫伤、击伤等）。

实验室的公共安全问题，在实验室设计建设时已经考虑到了。作为学生，首次进入化学实验中心，进行本课程的学习，第一要做的事情是熟悉整个实验中心的建筑环境，所在实验室的环境。以下的这些环境要素是必须要特别熟悉的：

- ① 各楼层的紧急出口位置及你所在实验室与紧急出口的相对位置；
- ② 各楼层消防栓位置，及实验室灭火器放置位置；
- ③ 各楼层紧急淋浴器的地点，实验室洗眼器的安装位置（图 1.2-1）；

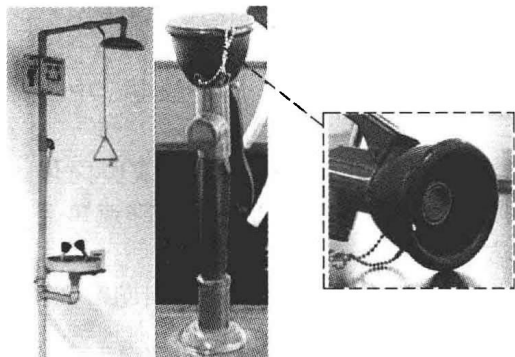


图 1.2-1 紧急淋浴器与洗眼器

④ 实验室的总电源控制柜的位置，燃气总阀、水阀位置。

在实验中，经常接触到各种化学药品，例如，易燃溶剂：乙醚、乙醇、丙酮、苯等；易燃易爆的气体和药品：氢气、乙炔和干燥的苦味酸（2,4,6-三硝基苯酚）等；有毒药品：氰化钠、硝基苯和某些有机磷化合物等；有腐蚀性的药品：氯磺酸、浓硫酸、浓硝酸、浓盐酸、烧碱及溴等。这些药品使用不当，就有可能产生爆炸、着火、中毒、灼伤等事故。此外，煤气、酒精灯、电炉以及电器设备等使用处理不当也会造成着火、爆炸、触电、漏水等事故；碎裂的玻璃器皿可能会导致割伤等。但是，只要实验者集中注意力，严格执行操作规程，树立爱护国家财产的观念，加强安全措施，这些事故都是可以预防和避免的。因此，实验者必须特别重视实验安全，决不能麻痹大意，实验室必须做到如下各点。

① 必须先经过学习安全守则及安全防护知识，才准许进入实验室工作。

- ② 绝对禁止在实验室进食或吸烟，不准把食品放在实验容器中，严禁试食化学药品。
- ③ 指导老师需定期、经常的检查学生关于实验室安全知识掌握情况。
- ④ 进出实验室应经指导教师或实验工作人员的同意。

⑤ 做实验前必须充分预习。“充分预习”不是把讲义抄一遍或看一边，而是要彻底掌握实验的内容，主副产物、原料、试剂是否有毒？是否易燃？反应过程中是否产生毒气？是否发热？加料时有没有先后顺序？后处理时应注意什么？只有充分的预习，才能保证胸有成竹，不出差错。

⑥ 养成良好的自我保护习惯，做实验时必须穿长袖工作服，戴眼镜，不能穿光脚的凉鞋。

⑦ 严格按照实验操作规程进行实验，实验时必须集中精力和注意力，不得在实验室嬉戏。扎堆聊天、听音乐、看其他与实验无关的书籍、擅离自己实验台、三心二意、心不在焉都是事故的根源和隐患，烫伤、烧伤、着火等事故往往都发生在精力不集中的时候。

⑧ 实验开始前应仔细检查仪器是否完整无损，装置是否正确稳妥。

⑨ 量取强腐蚀性的试剂必须带防护手套。可能发生危险的实验，都得有针对性地了解并制定预防事故发生的措施，在操作时应使用防护眼镜、面罩、手套等防护设备。在反应过程中可能生成有毒或有腐蚀性气体的实验应在通风橱内进行。并且实验开始后不要把头伸进橱内。

⑩ 实验进行时应该经常注意仪器有无漏气、碎裂，反应进行是否正常等情况。

⑪ 实验中所用药品，不得随意散失、遗弃。对反应中产生有害气体的实验应按规定处理，废弃药品按规定回收处理，以免污染环境，影响身体健康。

⑫ 充分熟悉实验室内各项安全用具、设备的情况，如石棉布、灭火器、沙桶、洗眼器、

淋浴器以及急救箱等器材的放置地点和使用方法，并加以爱护、定期检查与演练。安全用具及急救药品不准移作他用。

⑬ 在储有爆炸物、危险物和特殊器材的地方，需要履行特别的安全制度。例如，禁止明火、禁止吸烟、禁止可能产生火花的摩擦等。

⑭ 严格遵守化学试剂的领用和管理制度。除特殊原因经有关负责人批准外，不准将化学试剂带出实验室。

⑮ 将玻璃管（棒）或温度计插入塞中时，应先检查塞孔大小是否合适，玻璃是否平整光滑，并用布裹住或涂些甘油等润滑剂后旋转而入。握玻璃管（棒）的手应靠近塞子，防止因玻璃管折断割伤皮肤。

⑯ 使用高压气体钢瓶时，要严格按操作规程进行操作。

⑰ 实验结束后，应该仔细洗手，以防化学药品中毒。最后离开实验室的人员应仔细检查室内是否存在火灾、爆炸或漏水、漏气的隐患。例如，是否已完全熄灭了火源，是否关闭水电及各种气体开关。

⑱ 如果万一不小心发生被割伤、烫伤等小型事故，应赶快告诉老师，做初步的处理（如包扎、冷却、洗涤等）后，到医院请医生医治。如果自己的实验突然起火，不要惊慌失措，大呼小叫，更不可悄悄自己逃走。而应首先切断电源，然后用石棉布、湿布等物品将火源盖灭、或拍打、用沙子压灭，不可乱用水浇，必要时使用适当的灭火器。

### 1.2.2 化学实验室各类警示标志

在实验室里，做任何一个实验之前，都应当阅读实验指导内容。一些药品的性质可用这些简单的词来提醒：易燃、易爆、强氧化性、腐蚀性、毒性、致癌物质，有的药品可能会有几种危险性。这些提醒语和试剂瓶外包装上的提醒是相似的，它们都有一些特别的标志来表示，这些标志都是被统一规定、国际通用的。

① 标志的种类。根据常用危险化学品的危险特性和类别，设主标志 16 种，副标志 11 种。

② 标志的图形。主标志有表示危险特性的图案、文字说明、底色和危险品类别号四个部分组成的菱形标志。副标志图形中没有危险品类别号。

③ 标志的尺寸、颜色及印刷。按 GB 190 的有关规定执行。

④ 标志的使用。a. 标志的使用原则：当一种危险化学品具有一种以上的危险性时，应用主标志表示主要危险性类别，并用副标志来表示重要的其他的危险性类别。b. 标志的使用方法：按 GB 190 的有关规定执行。

#### 主标志

底色：橙红色

图形：正在爆炸的炸弹（黑色）

文字：黑色

底色：正红色

图形：火焰（黑色或白色）

文字：黑色或白色



标志 1 爆炸品标志



标志 2 易燃气体标志



底色：绿色

图形：气瓶（黑色或白色）

文字：黑色或白色



标志 3 不燃气体标志

底色：白色

图形：骷髅头和交叉骨形（黑色）

文字：黑色



标志 4 有毒气体标志

底色：红色

图形：火焰（黑色或白色）

文字：黑色或白色



标志 5 易燃液体标志

底色：红白相间的垂直宽条（红 7、白 6）

图形：火焰（黑色）

文字：黑色



标志 6 易燃固体标志

底色：上半部白色，下半部红色

图形：火焰（黑色）

文字：黑色或白色



标志 7 自燃物品标志

底色：蓝色

图形：火焰（黑色或白色）

文字：黑色



标志 8 遇湿易燃物品标志