



西安电子科技大学立项教材

大学实验化学

DAXUESHIYANHUAXUE

梁燕萍 王琦 © 编著

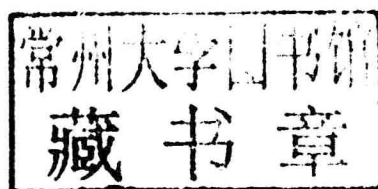


西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

西安电子科技大学立项教材

大学实验化学

梁燕萍 王 琦 编著



西安电子科技大学出版社

内 容 提 要

本书旨在培养学生理论联系实际创新能力以及分析问题和解决问题的能力,全书内容包括实验化学的一般知识、物理化学性质与常数的测定、化学物质仪器分析实验、综合研究性实验、设计性实验、实验化学常用仪器及技术。附录中给出了实验化学常用数据表。全书涵盖了物理化学实验和仪器分析化学实验的内容。在实验项目的选择上,既有经典的基础实验,又有反映学科发展的综合应用实验。本书还增加了 Origin 数据处理软件在实验中的应用,以提高学生应用计算机的能力。

本书内容丰富,结构合理,可作为高等院校化学、化工、应用化学和材料化学等相关专业的化学实验课程教材,还可供相关专业的研究人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

大学实验化学/梁燕萍,王琦编著. —西安:

西安电子科技大学出版社, 2017. 2

ISBN 978 - 7 - 5606 - 4327 - 4

I. ① 大… II. ① 梁… ② 王 III. ① 化学实验—高等学校—教材

IV. ① O6-3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 316694 号

策 划 马晓娟

责任编辑 蔡雅梅 马武装

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 虎彩印艺股份有限公司

版 次 2017 年 2 月第 1 版 2017 年 2 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 21

字 数 497 千字

印 数 1~500 册

定 价 42.00 元

ISBN 978 - 7 - 5606 - 4327 - 4/O

XDUP 4619001 - 1

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪腹膜,谨防盗版。



前言

化学是一门以实验为基础的学科,实验教学可以培养学生实事求是的科学态度、探索进取的敬业精神、坚韧不拔的顽强毅力、一丝不苟的工作作风和敏锐的直觉,在训练学生的科学思维与方法,培养学生的科学精神与品德方面起着至关重要的作用,因此实验教学是实施素质教育和创新型人才培养的重要教学环节。

本书是编者在总结过去多年化学实验教学经验的基础上,为适应人才培养目标而编写的,由物理化学实验和仪器分析实验的相关内容整合而成。

本书具有以下特点:

(1) 内容丰富,信息量大。全书共选择了63个实验,包括16个综合研究性实验和18个设计性实验,可供不同学校的教师及学生选择。另外,本书将实验中常用的仪器设备进行了整合,并单独列为一章,便于快速查阅仪器设备的使用方法。为方便查找及处理数据,书中还收录了39个实验化学常用数据表。

(2) 在实验中注重实验手段与方法的更新和发展,尽量引入现代高新技术,尤其加强了计算机在化学实验中的应用。

(3) 在选材上以应用型和综合设计型为主,选取与工业生产、材料科学、环境保护、生活实践等密切相关的题材作为实验素材,体现化学在其他学科、工程实际及日常生活中的重要性,让学生意识到化学无处不在。

本书由梁燕萍整体策划、统稿和定稿。梁燕萍编写了第一章、第二章、第四章的实验4.1~实验4.14、第五章的实验5.1~实验5.10、第六章的6.1~6.17节、6.23节及附录。王琦编写了第三章、第四章的实验4.15和实验4.16、第五章的实验5.11~实验5.18、第六章的6.18~6.22节。贾剑平、张思锐、郭津利、王建坤、李淑萍、周利君、朱黎霞、唐前林、吴田田、张芹、刘丽芳等为有关实验的开发与完善做了大量的工作。

本书的编写得到了西安电子科技大学教材基金的资助,西安电子科技大学出版社也对本教材的出版给予了大力支持,在此一并谨致谢意。

限于编者水平,书中不妥之处在所难免,敬请广大同行和读者批评指正。

编者

2016年10月



第一章 实验化学的一般知识	1
1.1 实验室规则	1
1.2 化学实验的要求	1
1.3 综合设计性实验的实验设计方法	2
1.4 化学实验的安全防护及意外事故处理	3
1.5 化学实验数据的表达方法	8
1.6 Origin 软件处理化学实验数据	10
第二章 物理化学性质与常数的测定	15
实验 2.1 有机物燃烧热的测定	15
实验 2.2 纯液体饱和蒸气压的测定	21
实验 2.3 凝固点降低法测定固体物质的摩尔质量	25
实验 2.4 双液系气-液平衡相图的绘制	29
实验 2.5 二组分固-液系统相图的绘制	34
实验 2.6 KCl-HCl-H ₂ O 三组分系统相图的绘制	39
实验 2.7 差热分析研究水合硫酸铜的热稳定性	42
实验 2.8 离子迁移数的测定	44
实验 2.9 乙酸乙酯皂化反应动力学研究	48
实验 2.10 蔗糖转化反应动力学研究	53
实验 2.11 计算机联用研究 B-Z 化学振荡反应	57
实验 2.12 溶液吸附法测定固体比表面	62
实验 2.13 溶液中的吸附作用和表面张力的测定	65
实验 2.14 溶胶的制备与稳定性研究	70
实验 2.15 黏度法测定水溶性高聚物黏均摩尔质量	75
实验 2.16 配合物磁化率的测定	79
实验 2.17 相对介电常数和分子电偶极矩的测定	85
第三章 化学物质仪器分析实验	90
实验 3.1 分光光度法测定电镀废液中 Cr ³⁺ 和 Co ²⁺ 的含量	90
实验 3.2 利用紫外光谱检查药物维生素 C 的纯度	94
实验 3.3 红外光谱法鉴定苯甲酸和聚乙烯	98

实验 3.4	分子荧光法测定藻类食物中色氨酸的含量	101
实验 3.5	微波消解萃取法和石墨炉原子吸收光谱法联用测定皮蛋中的铅	106
实验 3.6	电感耦合等离子体原子发射光谱法测定人体头发中锌、铁、铜的含量	111
实验 3.7	恒电流库仑滴定法测定污水中的 Cr(VI)	115
实验 3.8	自动电位滴定法测定自来水中的 Cl^-	119
实验 3.9	牙膏中游离氟和可溶性氟含量的测定	123
实验 3.10	市售饮料中多糖的提取与测定分析	127
实验 3.11	苯、甲苯、二甲苯混合物分析	130
实验 3.12	高效液相色谱法测定中药样品中延胡索乙素的含量	134
第四章	综合研究性实验	139
实验 4.1	水-柴油微乳体系的制备及燃烧性能测定	139
实验 4.2	电导率的测定及应用研究	143
实验 4.3	丙酮碘化反应动力学研究	149
实验 4.4	中草药电化学指纹图谱研究	154
实验 4.5	苯分子共振能的测定	156
实验 4.6	表面活性剂物理化学性质的研究	158
实验 4.7	甲醛分子结构模型的建立及红外吸收光谱模拟	163
实验 4.8	原电池电动势的测定及应用	169
实验 4.9	固相配位反应及配合物性质表征	176
实验 4.10	化学镀 Ni-P 合金的热力学与动力学研究	178
实验 4.11	铝表面防护装饰性转化膜的制备	183
实验 4.12	半导体光催化剂的制备及光催化性能研究	188
实验 4.13	不锈钢腐蚀行为及影响因素的综合评价	191
实验 4.14	天然植物中缓蚀成分的提取及缓蚀性能研究	198
实验 4.15	聚苯胺导电聚合膜的制备及电化学性能研究	203
实验 4.16	高效液相色谱法测定工作场所空气中的甲醛	207
第五章	设计性实验	212
实验 5.1	食品热值的测定	212
实验 5.2	凝固点降低法测定弱电解质的电离平衡常数	213
实验 5.3	电动势法测配合物的稳定常数	214
实验 5.4	硫酸链霉素有效期的测定	216
实验 5.5	洗手液的配制及性能测定	218
实验 5.6	表面活性剂增敏催化动力学光度法研究	220
实验 5.7	氯化钾溶解热的测定	221
实验 5.8	氯化钠注射液渗透压的测定	222
实验 5.9	生物质废弃物热解特性的热重分析	223
实验 5.10	电解质溶液活度系数的测定	225

实验 5.11	熏肉制品中亚硝酸盐含量的测定	226
实验 5.12	扑尔敏片剂中马来酸氯苯那敏含量的测定	228
实验 5.13	蔬菜中重金属 Pb、Cd 含量的测定	229
实验 5.14	酱油中氯化钠含量的测定	230
实验 5.15	绿豆中超氧化物歧化酶的提取与鉴定	232
实验 5.16	玉米须中黄酮和多糖的提取、鉴别及含量的测定	233
实验 5.17	烟叶中烟碱的提取、定性分析及定量分析	235
实验 5.18	茶叶中咖啡因的提取及含量的测定	236
第六章	实验化学常用仪器及技术	239
6.1	数字阿贝折射仪	239
6.2	玻璃恒温水浴装置	244
6.3	超级恒温水浴装置	246
6.4	数字式精密温度温差测量仪	247
6.5	数字控温仪	249
6.6	精密数字压力计	250
6.7	数字电势差综合测试仪	251
6.8	电导率仪	257
6.9	自动数字显示旋光仪	262
6.10	磁天平	265
6.11	数字小电容测试仪	267
6.12	数字旋转黏度计	270
6.13	差热分析仪	273
6.14	微电泳仪	277
6.15	全自动表面张力仪	282
6.16	X 射线粉末衍射仪	283
6.17	傅里叶红外光谱仪	285
6.18	原子吸收分光光度计	287
6.19	电感耦合等离子体发射光谱仪	289
6.20	可见分光光度计	291
6.21	电化学工作站	292
6.22	气相色谱仪	294
6.23	COD 多参数水质测定仪	296
附录	实验化学常用数据表	298
附表 1	国际单位制的基本量和单位	298
附表 2	国际单位制中具有专门名称的导出单位	298
附表 3	一些物理化学常数	299
附表 4	水的折射率(钠光)	300

附表 5	一些有机化合物的折射率及温度系数	300
附表 6	大气压力计读数的温度校正值	301
附表 7	一些物质的饱和蒸气压与温度的关系	302
附表 8	水的饱和蒸气压	303
附表 9	无机化合物的标准溶解热	304
附表 10	某些有机化合物的燃烧热	304
附表 11	某些燃料的燃烧值	305
附表 12	不同温度下水的密度	305
附表 13	25℃时在水溶液中一些电极的标准电极电势	306
附表 14	KCl 溶液的电导率	308
附表 15	水溶液中离子的极限摩尔电导率	309
附表 16	几种阳离子的迁移数	310
附表 17	一些强电解质的离子平均活度系数(25℃)	310
附表 18	不同温度下水的表面张力	311
附表 19	乙醇水溶液的表面张力	312
附表 20	作为吸附质分子的截面积	312
附表 21	一些元素和化合物的磁化率	313
附表 22	某些固体的比热容	313
附表 23	常用表面活性剂的临界胶束浓度	314
附表 24	几种胶体的 $\Delta\zeta$ 电势	315
附表 25	液体的分子偶极矩 μ 、介电常数 ϵ	315
附表 26	某些溶剂的凝固点降低常数	316
附表 27	某些元素的熔点和沸点	316
附表 28	沸点升高常数	317
附表 29	无机化合物的脱水温度	317
附表 30	常压下共沸物的沸点和组成	317
附表 31	常用参比电极的电极电势及温度系数	318
附表 32	甘汞电极的电极电势与温度的关系	318
附表 33	18℃~25℃下难溶化合物的溶度积	318
附表 34	常用液体的密度	319
附表 35	常用表面活性剂的 HLB 值	319
附表 36	水在不同温度下的折射率、黏度和介电常数	320
附表 37	不同浓度气体在空气中的爆炸极限	321
附表 38	常用加热浴种类	322
附表 39	常用酸溶液的相对密度与百分浓度的关系	322
参考文献		326



第一章 实验化学的一般知识

1.1 实验室规则

(1) 实验前必须认真预习有关实验的全部内容,做好预习笔记。通过预习,明确实验目的和要求与实验的基本原理、步骤及有关的操作技术,熟悉实验所需的药品、仪器和装置,了解实验中的注意事项。

(2) 做好一切准备工作后方能开始实验。

(3) 必须遵守实验室的纪律和各项规章制度。实验中不大声说笑,不擅离实验岗位,不乱拿乱放,不将公物带出实验室,损坏物品要如实登记,出现问题必须及时报告。

(4) 实验过程中,必须严格按照操作规程进行操作。仔细观察,积极思考,及时准确、实事求是地做好实验记录。

(5) 使用仪器时遵守操作规程,爱护仪器,如发现仪器损坏,立即报告指导教师。未经教师允许不得擅自使用精密仪器。

(6) 随时保持实验台和室内整洁卫生。废物只能丢入废物缸内,不能随地乱丢,更不能丢入水槽,以免堵塞。废液倒入指定的废液收集瓶中,不能倒入水槽中。

(7) 实验结束后,清洗干净玻璃仪器,处理废物,打扫干净实验台,整理好公用仪器、试剂药品,将实验记录交给教师审阅(合成实验要上交产品)。待教师签字后方可离开实验室。

1.2 化学实验的要求

化学实验的过程包括实验前预习、实验操作、数据测量和书写报告等步骤。

1. 实验前预习

(1) 应事先仔细阅读实验内容,了解实验的目的、要求、原理和方法。

(2) 明确实验所需要测量的物理量,了解一些特殊测量仪器的简单原理及操作方法,在预习中应特别注意影响实验成败的关键操作。

(3) 写出预习报告。预习报告应包括实验的简单原理和步骤、操作要点及记录数据的表格。

2. 实验过程

(1) 检查测量仪器和试剂是否符合要求,并做好实验的各种准备工作。

(2) 记录实验的条件, 包括室温, 大气压, 主要仪器的名称、型号, 主要试剂的级别、浓度等。

(3) 在实验过程中, 要严格控制实验条件, 仔细观察实验现象, 真实、准确、完整地记录原始数据及条件, 要积极思考, 善于发现并解决实验中出现的各种问题。

(4) 实验完毕, 应将原始数据记录交给教师审查、签字, 合格后再拆卸实验装置。

(5) 清洗仪器, 所有仪器应恢复原状, 摆放整齐, 关闭水源, 切断电源。

3. 实验报告

实验报告是实验工作的总结。写好实验报告, 可以锻炼和培养学生分析问题与解决问题的能力。在完成实验报告时要认真思考, 深入研究, 做到计算正确, 字迹清楚, 条理分明。数据处理要求每个学生独立完成。报告要如实反映实验结果, 不能拼凑或伪造数据。实验报告一般包括以下几个部分:

(1) 实验目的: 用自己的语言总结实验目的。

(2) 实验原理: 阐明实验的理论根据, 必要时应有公式推导或图示说明。

(3) 实验试剂、仪器: 试剂应注明级别、纯度等, 仪器应注明型号。

(4) 操作步骤: 总结实验的操作步骤。

(5) 实验数据记录、处理: 列出原始数据、计算公式、计算示例, 作出必要的图形。

(6) 实验讨论和分析: 对实验结果与文献数据进行比较, 讨论实验结果的合理性; 对实验中的某些现象进行分析解释, 对实验方法的设计、仪器的设计以及误差来源进行分析讨论; 对实验的体会进行记录, 对实验的进一步研究与改进提出建议等。

1.3 综合设计性实验的实验设计方法

综合设计性实验是对基础实验的提高和深化, 要求在教师的指导下, 学生按照自己的能力和兴趣, 在一定的范围内选择实验课题, 应用已经学过的物理化学实验原理、方法和技术, 经过查阅文献资料, 与老师和同学进行讨论, 自己独立设计实验方案, 确定可行的实验方法, 选择合理的仪器设备, 独立组装实验装置并进行实验操作, 真实、准确地记录数据, 以科学的方法处理实验数据, 得到预期的实验结果, 并以小论文的形式写出实验报告。

综合设计性实验是对学生进行比较全面的、综合性的实验技能训练, 可培养学生独立进行科学研究的能力, 并为今后毕业论文的设计打下坚实的基础。

1. 综合设计性实验的程序

(1) 选择实验课题。学生应在教师提供的综合设计性实验题目中, 根据能力选择自己感兴趣的项目, 或者学生自己根据参考文献确定实验题目, 报指导老师审阅批准。

(2) 查阅资料。学生应根据所选课题, 广泛查阅有关的国内外文献资料, 包括实验原理、实验方法、仪器设备等, 对不同的实验方法和仪器设备进行对比、归纳和筛选。

(3) 拟定设计方案。学生应根据课题的目的、要求和查阅的资料, 制定设计方案, 写出



开题报告。其中包括实验装置示意图,详细的实验步骤,所需的仪器和药品的清单等。初步定出方案后,必须进行可行性论证,与老师、同学进行讨论,以优化实验方案。

(4) 实验准备。学生应提前一周到实验室进行实验仪器、试剂的准备工作。

(5) 按设计方案进行实验。学生应熟悉仪器的使用方法,按照设计的方案进行实验,注意观察实验现象,准确记录测量数据,考察影响因素等。遇到异常情况,要进行客观的分析,寻找解决问题的方法,或及时报告指导教师。

(6) 综合处理数据。学生应以科学的方法处理实验数据,根据实验现象进行误差分析,按论文的形式写出有一定见解的实验报告并进行交流讨论。

2. 综合设计性实验的要求

(1) 所查文献至少要包括 1 篇外文文献,以培养学生的专业英语阅读能力。

(2) 学生必须自己设计实验,组合仪器并完成实验,以培养其综合运用化学实验技能和所学基础知识解决实际问题的能力。

1.4 化学实验的安全防护及意外事故处理

化学实验室中有各种实验所必需的试剂与仪器,所以常常潜藏着诸如着火、爆炸、中毒、灼伤、触电等安全隐患,这就要求实验者具备必要的安全防护知识,了解应采取的预防措施,以及一旦发生事故应及时采取的处理方法。本书主要结合化学实验的特点进行如下介绍。

1. 安全用电常识

实验室常用电是 50 Hz、220 V 的交流电。人体通过 1 mA 的电流,便有发麻或针刺的感觉;10 mA 以上人体肌肉会有强烈的收缩;25 mA 以上会呼吸困难,甚至停止呼吸;100 mA 以上则会使心脏的心室产生纤维颤动、死亡。直流电对人也有类似的危险。因此,一定要特别注意用电安全。

1) 防止触电

- (1) 切勿用潮湿的手接触电器。
- (2) 电源的裸露部分应有绝缘装置,电器的金属外壳应保护接地。
- (3) 修理或安装电器时,应先切断电源。
- (4) 严禁用试电笔测试高压电,使用高压电源应有专门的防护措施。
- (5) 实验时,应先连接好电路再接通电源;实验结束时,应先切断电源再拆线路。
- (6) 如果遇到有人触电,应首先切断电源,然后进行抢救。

2) 防止发生火灾及短路

化学实验室内一般允许的最大电流为 30 A,超过时就会使熔断器熔断。一般实验室电源的最大允许电流为 15 A,使用功率很大的仪器时,应该事先计算电流量,并严格按照规定接熔断器,否则长期使用超过规定负荷的电流,容易引起火灾或其他严重事故。

(1) 使用的保险丝要与实验室允许的用电量相符。

(2) 电线的安全通电量应大于用电功率。

(3) 若室内有氢气、煤气等易燃、易爆气体,应避免产生电火花。继电器工作和开关电闸时,易产生电火花,要特别小心。电器接触点(如电插头)接触不良时,应及时修理或更换。

(4) 如遇电线起火,应立即切断电源,用沙子或二氧化碳灭火器、四氯化碳灭火器灭火,禁止用水或泡沫灭火器等灭火。

(5) 线路中的接点应牢固,电路元件两端接头禁止互相接触,以防短路。

(6) 电线、电器不能被水淋湿或浸在导电液体中。

3) 电器仪表的安全使用

(1) 在使用前,应先了解电器仪表要求使用的电源是交流电还是直流电,是三相电还是单相电,以及电压的大小(380 V、220 V、110 V或6 V)。

(2) 必须清楚电器功率是否符合要求,对于直流电器设备,应注意电源的正、负极,不能接错。

(3) 仪表量程应大于待测量值。若待测量值大小不明,应从最大量程开始测量。

(4) 实验前要检查线路连接是否正确,经教师检查同意后方可接通电源。

(5) 在电器仪表使用过程中,如发现有不正常的声响,局部升温或闻到绝缘漆过热产生的焦味时,应立即切断电源,并报告教师进行检查。

2. 化学试剂的安全使用

1) 防毒

大多化学药品都具有毒性,其毒性可通过呼吸道、消化道、皮肤等进入人体。防毒的关键是尽量减少或杜绝毒物进入人体,因此实验前应了解所用药品的毒性、性能和防毒的保护措施;涉及有毒气体的实验应在通风橱中操作。此外还要注意不得在实验室内抽烟、吃东西,饮具不能带入实验室,离开实验室要洗手。

2) 防爆

可燃性气体与空气混合比例达到爆炸极限时,只要有适当的热源诱发,就会引起爆炸。一些气体的爆炸极限见表 1.4.1。

表 1.4.1 不同浓度气体在空气中的爆炸极限表

气体	爆炸极限(体积%)	气体	爆炸极限(体积%)
氢	4.1~74	苯	1.2~9.5
氨	16~27	乙醇	4.3~19
一氧化碳	12.5~74	甲烷	5.3~14
煤气	5.3~32	乙烷	3.2~12.5
丙酮	2.5~13	丙烷	2.4~9.5
丙烯	2~11	丁烷	1.9~8.4

实验过程中,需注意以下几个方面:

(1) 使用可燃性气体时,要防止气体逸出,室内通风要良好。

(2) 操作大量可燃性气体时,严禁同时使用明火,还要防止产生电火花及其他撞击火花。

(3) 有些药品如高氯酸盐、过氧化物等受振动和受热时都易引起爆炸,使用时要特别小心。

(4) 严禁将强氧化剂和强还原剂放在一起。

(5) 对于久藏的乙醚,在使用前应除去其中可能产生的过氧化物。

(6) 进行容易引起爆炸的实验时,应有防爆措施。

3) 防火

(1) 许多有机溶剂如乙醚、丙酮、乙醇、苯等极易燃烧,大量使用时室内不能有明火、电火花或静电放电。实验室内不可过多存放这类药品,用后要及时回收处理,不可倒入下水道,以免聚集引起火灾。

(2) 有些物质如磷、金属钠、钾、电石及金属氢化物等,在空气中易氧化自燃。还有一些金属如铁、锌、铝等粉末,其比表面较大,也易在空气中氧化自燃。这些物质要隔绝空气保存,使用时要特别小心。

实验室如果着火不要惊慌,可根据起火的原因选择使用灭火剂,以下几种情况不能用水灭火:

① 金属钠、钾、镁、铝粉、电石、过氧化钠着火时,应用干沙灭火。

② 比水轻的易燃液体,如汽油、苯、丙酮等着火时,可用泡沫灭火器灭火。

③ 有灼烧的金属或熔融物的地方着火时,应用干沙或干粉灭火器灭火。

4) 防灼伤

强酸、强碱、强氧化剂、苯酚、冰醋酸等都会腐蚀皮肤,特别要防止溅入眼内。实验室还有可能发生高温灼伤(如电炉、高温炉)和低温冻伤(如干冰、液氮)等危险。在进行有关操作时都应按规定进行,一旦受伤要及时治疗。

3. 气体钢瓶及注意事项

气体钢瓶是储存压缩气体或液化气的高压容器。实验室中常用它直接获得各种气体。钢瓶是用无缝合金钢或碳素钢管制成的圆柱形容器,器壁很厚,一般最高工作压力为 15 MPa。使用时为了降低压力并保持压力稳定,必须设置减压阀,不同气体的减压阀不能混用。因此,正确和安全地使用各种钢瓶很重要。

1) 气体钢瓶的颜色标记

气体钢瓶容积一般为 40~60 L,最高工作压力为 15 MPa,最低工作压力在 0.5 MPa 以上。为了避免各种钢瓶使用时发生混淆,常将钢瓶漆上不同的颜色,注明瓶内气体的名称,如表 1.4.2 所示。

表 1.4.2 气体钢瓶颜色与标记

气瓶名称	外表颜色	字 样	字样颜色	横条颜色
氧气瓶	天蓝	氧	黑	
氢气瓶	深绿	氢	红	红
氮气瓶	黑	氮	黄	棕
粗氩气瓶	黑	粗氩	白	白
纯氩气瓶	灰	纯氩	绿	
氦气瓶	灰	氦	白	
压缩空气瓶	黑	压缩空气	白	
液化石油气瓶	灰	石油气	红	
乙炔气瓶	白	乙炔	红	
氯气瓶	草绿	氯	白	
氨气瓶	黄	氨	蓝	
二氧化碳气瓶	黑	二氧化碳	黄	黄
氟氯烷气瓶	铝白	氟氯烷	黑	

2) 气体钢瓶的使用

(1) 在钢瓶上装上配套的减压阀，其结构如图 1.4.1 所示。检查减压阀是否打开，方法是逆时针旋转调压手柄至螺杆松动为止。

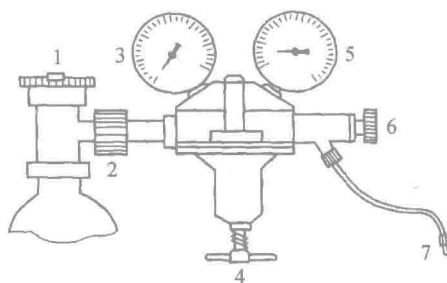


图 1.4.1 钢瓶阀门和压力表

1—高压总阀；2—减压器接口；3—高压表；4—调节阀；5—低压表；6—放气阀；7—高压气管

(2) 打开气瓶总阀之前，必须首先检查气表调节阀是否处于关闭(手把松开是关闭)状态。不要在调节阀处于开放(手把顶紧是开放)状态下，突然打开气瓶总阀，否则会将氧气表打坏或造成其他事故。

(3) 打开钢瓶总阀门，此时高压表显示的是瓶内储气总压力。

(4) 慢慢地顺时针转动调压手柄，直至低压表显示出实验所需的压力为止。

(5) 停止使用时,先关闭总阀门,待减压阀中余气逸尽后,再关闭减压阀。

(6) 防止漏气,若漏气应将螺旋旋紧或更换皮垫。

3) 注意事项

(1) 钢瓶应存放在阴凉、干燥、远离热源的地方。可燃性气瓶应与氧气瓶分开存放。

(2) 搬运钢瓶要小心轻放,防止剧烈震动,钢瓶帽要旋上,严禁连同气表一起装车运输。

(3) 使用时应装减压阀和压力表。可燃性气瓶(如 H_2 、 C_2H_2)气门螺丝为反丝;不燃性或助燃性气瓶(如 N_2 、 O_2)气门螺丝为正丝。各种压力表一般不可混用。

(4) 不要将油或易燃有机物沾染到气瓶上,特别是气瓶出口和压力表上。

(5) 开启总阀门时,不要将头或身体正对总阀门,防止阀门或压力表冲出伤人。

(6) 钢瓶内气体不能全部用尽,要留下一些气体,以防止外界空气进入气体钢瓶,一般应保持 0.5 MPa(表压)以上的残留压力。

(7) 使用中的气瓶每三年应检查一次,装腐蚀性气体的钢瓶每两年检查一次,不合格的气瓶不可继续使用。

(8) 氢气瓶应放在远离实验室的专用房间内,用紫铜管引入实验室,并安装防止回火的装置。严禁氧气与氢气在同一个实验室内使用。

(9) 钢瓶须定期送交检验,合格钢瓶才能充气使用。

4. 意外事故的处理

(1) 起火。起火时,要立即灭火,同时应防止火势蔓延(如切断电源、移去易燃药品等)。灭火时要针对起因选用合适的方法:一般的小火可用湿布、石棉布或沙子覆盖燃烧物;火势大时用泡沫灭火器;电器失火切勿用水泼救,以免触电;若衣服着火,切勿惊慌乱跑,应赶紧脱下衣服,或用石棉布覆盖着火处,或就地卧倒打滚,或迅速用大量水扑灭。

(2) 割伤。伤处不能用手触摸,也不能用水洗涤。应先取出伤口的玻璃碎片或固体物,用 3% H_2O_2 清洗后涂上碘酒,再用绷带扎上。大伤口则应先按紧主血管以防大量出血,并立即送医务室。

(3) 烫伤。不要用水冲洗烫伤处,可涂抹甘油、万花油,或用蘸有酒精的棉花包扎伤处;烫伤较严重时,立即用蘸有饱和苦味酸或饱和 KMnO_4 溶液的棉花或纱布贴在伤口上,再送医务室处理。

(4) 酸或碱灼伤。酸灼伤时,应立即用水冲洗,再用 3% NaHCO_3 溶液或肥皂水处理;碱灼伤时,水洗后用 10% HAc 溶液或饱和硼酸溶液清洗。

(5) 酸或碱溅入眼内。酸溅入眼内时,立即用大量自来水冲洗眼睛,再用 3% NaHCO_3 溶液洗眼。碱液溅入时,先用自来水冲洗,再用 10% 硼酸溶液洗眼。最后均用蒸馏水将余酸或余碱洗尽。

(6) 皮肤被溴或苯酚灼伤时,应用大量有机溶剂(如酒精或汽油)清洗,最后在受伤处涂抹甘油。

(7) 吸入刺激性或有毒的气体(如 Cl_2 或 HCl)时,可吸入少量乙醇和乙醚的混合蒸气解毒;吸入 H_2S 或 CO 气体而感到不适时,应立即到室外呼吸新鲜空气。应注意, Cl_2 或 Br_2 中毒时不可进行人工呼吸, CO 中毒时不可使用兴奋剂。

(8) 毒物进入口内时,应在一杯温水中加入 5~10 mL 5% 的 CuSO_4 溶液,内服后,把

手伸入咽喉部，促使呕吐，吐出毒物，然后送医务室。

5. 化学实验室三废处理

(1) 实验室中经常有大量的废酸液。废液桶中的废液可先用耐酸塑料网纱或玻璃纤维过滤，浊液加碱中和，调至 pH 为 6~8 后即可排出，少量滤渣可埋于地下。

(2) 对于回收的较多废铬酸洗液，可以用高锰酸钾氧化法使其再生；少量的废洗液可加入废碱液或石灰使其生成 $\text{Cr}(\text{OH})_3$ 沉淀，将沉淀埋于地下即可。

(3) 氰化物是剧毒物质，含氰废液必须认真处理。少量的含氰废液可先加 NaOH 调至 $\text{pH} > 10$ ，再加入几克 KMnO_4 使 CN^- 氧化分解；量大的含氰废液可用碱性氯化法处理，先用碱调至 $\text{pH} > 10$ ，再加入次氯酸钠，使 CN^- 氧化成氰酸盐，并进一步分解为 CO_2 和 N_2 。

(4) 含汞盐废液应先调至 pH 为 8~10 后适当加入过量的 Na_2S ，使其生成 HgS 沉淀，并加 FeSO_4 与过量 S^{2-} 生成 FeS 沉淀，从而吸附 HgS 共同沉淀下来，静置后分离，再离心处理，并过滤。清液含汞量降到 $0.02 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ 以下方可排放。少量残渣可埋于地下，大量残渣可用焙烧法回收汞，但注意一定要在通风橱内进行。

(5) 处理含重金属离子的废液，最有效和最经济的方法是加碱或加 Na_2S 把重金属离子变成难溶性的氢氧化物或硫化物而沉淀下来，再过滤分离，少量残渣可埋于地下。

1.5 化学实验数据的表达方法

化学实验数据的表达方法主要有三种：列表法、作图法和数学方程式法。下面分别介绍这三种方法。

1. 列表法

在物理化学实验中，数据测量一般至少包括两个变量，可在实验数据中选出自变量和因变量。列表法就是将这一组实验数据的自变量和因变量的各个数值依照一定的形式和顺序对应列出来，如表 1.5.1 所示。

表 1.5.1 CO_2 的平衡性质

温度/ $^{\circ}\text{C}$	T/K	$10^3 K/T$	p/MPa	$\ln(p/\text{MPa})$	$V_{\text{m}}/\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$\frac{pV_{\text{m}}}{RT}$
-56.60	216.55	4.6179	0.5180	-0.6578	3177.6	0.9142
0.00	273.15	3.6610	3.4853	1.2485	456.97	0.7013
31.04	304.19	3.2874	7.3820	1.9990	94.060	0.2745

列表时应注意以下几点：

(1) 每个表格的开头都应写出表的序号及表的名称。

(2) 表格的每一行首，都应该详细写上名称及单位，名称用符号表示，因表中列出的通常是一些纯数(数值)，因此行首的名称及单位应写成：名称符号/单位符号，如 $p(\text{压力})/\text{Pa}$ 。

(3) 表中的数值应用最简单的形式表示，公共的乘方因子应放在栏头注明。

(4) 每一行中的数字要排列整齐，小数点对齐，应注意有效数字的位数。

2. 作图法

作图首先要选择坐标纸。坐标纸分为直角坐标纸、半对数和对数坐标纸、三角坐标纸和极坐标纸等,其中直角坐标纸最常用。

(1) 选好坐标纸后,还要正确选择坐标标度。要求:① 要能表示全部有效数字。② 坐标轴上每小格的数值应方便读出,每小格所代表的变量应为 1、2、5 的整数倍,不应为 3、7、9 的整数倍。如无特殊需要,可不必将坐标原点作为变量零点,而从略低于最小测量值的整数开始,可使作图更紧凑,读数更精确。③ 若曲线是直线或近似直线,坐标标度的选择应使直线与 x 轴成 45° 夹角。

(2) 将测得的数据以点描绘于图上。在同一个图上,如有几组测量数据,可分别用 $\triangle$ 、 $\times$ 、 $\circ$ 、 $\odot$ 、 $\bullet$ 等不同的符号加以区别,并在图上对这些符号加以说明。

(3) 作出各测量点后,用直尺或曲线板画直线或曲线。要求线条能连接尽可能多的实验点,但不必通过所有的点,未连接的点应均匀分布于曲线两侧,且与曲线的距离应近似相等。曲线要求光滑均匀,细而清晰。连线的好坏会直接影响到实验结果的准确性,如有条件可用计算机作图。

(4) 曲线作好后,还应在图上写出清楚完整的图名及坐标轴比例尺。

3. 数学方程式法

一组实验数据可以用数学方程式表示出来,这样一方面可以反映出数据结果间的内在规律性,便于进行理论解释或说明;另一方面这样的表示简单明了,还可以进行微分、积分等其他变换。

对于一组实验数据,一般没有简单的方法可以直接得到一个理想的经验公式,通常是先按一组实验数据画图,根据经验和解析几何原理,猜测经验公式的应有形式。将数据拟合成直线方程比较简单,但往往数据点间并不成线性关系,则必须根据曲线的类型,确定几个可能的经验公式,然后将曲线方程转变成直线方程,再重新作图,看实验数据是否与此直线方程相符,最终确定理想的经验公式。

直线方程的基本形式是 $y=ax+b$,直线方程拟合是根据若干自变量 x 与因变量 y 的实验数据确定 a 和 b 的值。下面介绍几种直线方程拟合的方法。

1) 作图法

在直角坐标纸上,用实验数据作图得到一条直线,将直线与 y 轴相交,即可得到直线截距 b ,直线与 x 轴的夹角为 θ ,则 $a=\tan\theta$ 。另外也可在直线两端选两个点,坐标分别为 (x_1, y_1) 和 (x_2, y_2) ,它们应满足直线方程,可得

$$\begin{cases} y_1 = ax_1 + b \\ y_2 = ax_2 + b \end{cases}$$

解此联立方程,可得 a 和 b 。

2) 最小二乘法

假定测量所得的数据并不满足方程 $y=ax+b$ 或 $ax-y+b=0$,而存在所谓的残差 δ ,

令 $\delta_i = ax_i - y_i + b$ 。最佳的曲线应能使各数据点的残差平方和 Δ 最小,即 $\Delta = \sum_{i=1}^n \delta_i^2 =$

$\sum_{i=1}^n (ax_i - y_i + b)^2$ 最小。对于函数 Δ 的极值,一阶导数 $\frac{\partial \Delta}{\partial a}$ 和 $\frac{\partial \Delta}{\partial b}$ 必定为零,可得以下方程组: