

高 等 学 校 教 材

W U L I H U A X U E S H I Y A N

物理化学实验

王丽芳 康艳珍 编



化学工业出版社

高等学校教材

物理化学实验

王丽芳 康艳珍 编



化学工业出版社

· 北京 ·

全书共分三部分,第一部分为绪论,主要介绍了物理化学实验的目的和要求,误差和数据处理。第二部分为实验内容,共编入了22个实验,涉及热力学、电化学、动力学、表面现象和胶体化学、结构化学等内容。在实验内容的选题上尽量选取以培养训练学生基本实验技能技巧,进一步加深基本理论和基本概念为目的的经典实验,在仪器设备上,尽量采用较易购置的,且为国内较先进的仪器,使学生迅速了解和掌握先进的实验技术。第三部分对实验中涉及的仪器介绍了其构造原理和使用方法。最后的附录部分,内容丰富且注明资料来源,便于学生查阅。

全书内容丰富,叙述简练,既可作为高等师范类化学专业教材,也可供其他院校相关专业参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

物理化学实验/王丽芳,康艳珍编. —北京:化学工业出版社, 2007.8

高等学校教材

ISBN 978-7-122-00883-1

I. 物… II. ①王…②康… III. 物理化学-化学实验-高等学校-教材 IV. O64-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第114757号

责任编辑:张双进

装帧设计:韩 飞

责任校对:陶燕华

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:北京云浩印刷有限责任公司

装 订:三河市前程装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张12 $\frac{3}{4}$ 字数309千字

2007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:19.80元

版权所有 违者必究

前 言

物理化学实验是高等师范院校化学学科的一门必修基础实验课程。它与无机化学实验、分析化学实验和有机化学实验相互衔接,构成化学专业完整的实验教学体系。它可以培养学生初步掌握物理化学基本的研究方法,学会重要的物理化学实验技术和基本的实验仪器的使用,同时使学生掌握实验数据的处理及实验结果的分析 and 归纳方法,从而加强对物理化学基本理论和概念的理解,提高他们在化学教学和科研中运用这些基本理论和基本技能的能力,对培养学生的观察、思维、动手等方面的能力起着重要的作用。

本书是吕梁高等专科学校化学系物理化学教研室长期从事物理化学实验教学的教师们长期积累的成果,并吸收兄弟院校的一些有益经验。近年来,随着教学改革的深入,物理化学实验在教学内容、教学方法,特别在仪器设备上都有较大的发展和变化,故整理编写此书。在编写时,我们力求符合师范院校的培养目标,并注意到物理化学实验教材的发展趋势,因此,既可作为高等师范学院化学专业教材,也可供其他院校相关专业参考使用。

本书分为三部分。第一部分为绪论,主要介绍物理化学实验的目的和要求,误差和数据处理。第二部分为实验内容,共编入二十二个实验。其中热力学部分九个,电化学部分四个,动力学部分四个,表面现象和胶体化学部分三个,结构化学部分二个。在实验内容的选题上基本上是选取以培养训练学生基本实验技能技巧,进一步加深基本理论和基本概念为目的的经典实验,尽可能在实验中不使用毒性较大的化学试剂和药品;在仪器设备上,尽量采用较易购置的,且为国内较先进的仪器,使学生迅速了解与掌握先进的实验技术。对于基础性的实验技术,实验中涉及的仪器构造原理和使用方法,本书单独将其列为一部分,使技术部分的阐述更加系统。为了查阅方便,这些内容在目录中一并列出。

本书由王丽芳、康艳珍拟定整理编写大纲,并由王丽芳、康艳珍二人分工整理编写,最后由王丽芳、康艳珍统稿、定稿,由山西省吕梁高等专科学校化工系张子锋教授主审。具体分工如下。王丽芳:绪论;第二篇实验二、实验三、实验四、实验五、实验九、实验十、实验十一、实验十四、实验十八、实验二十、实验二十二;第三篇仪器及其使用第三节、第四节、第六节、第七节、第十节、第十三节;附表十二~附表二十二。康艳珍:第二篇实验一、实验六、实验七、实验八、实验十二、实验十三、实验十五、实验十六、实验十七、实验十九、实验二十一;第三篇仪器及其使用第一节、第二节、第五节、第八节、第九节、第十一节、第十二节;附表一~附表十一。

此外,本书在编写过程中,刘金、闫卫做了大量的准备工作,在此表示感谢。

由于作者水平有限,加之时间仓促,书中不妥之处在所难免,恳请专家和读者提出批评指正。

编者
2007年6月

目 录

第一篇 绪论	1
一、物理化学实验的目的、要求和注意事项	1
二、物理化学实验中的安全知识及意外事故处理	2
三、物理化学实验中的误差和数据处理	6
第二篇 实验	17
热力学部分	17
实验一 恒温槽的装配和性能测试	17
实验二 微机测定燃烧热	23
附: BH-1S 型微机测定燃烧热实验系统	28
实验三 凝固点降低法测摩尔质量	31
附: 凝固点降低法测摩尔质量实验数据采集系统	34
实验四 微机测定溶解热	39
附: NDRH-1S 型微机测定溶解热实验系统	42
实验五 双液系气、液平衡相图的绘制	47
实验六 液体饱和蒸气压的测定	51
实验七 微机测定金属相图	56
附: JX-3D 型微机测定金属相图实验系统	60
实验八 差热分析	64
实验九 分光光度法测定弱电解质的电离常数	67
电化学部分	71
实验十 离子迁移数的测定	71
实验十一 电导的测定及应用	74
实验十二 电极制备及电池电动势的测定	75
实验十三 电动势法测定化学反应的热力学函数变化值	80
动力学部分	82
实验十四 蔗糖水解反应速率常数的测定	82
实验十五 电导法测定乙酸乙酯皂化反应的速率常数	86
实验十六 丙酮碘化反应	90
实验十七 微机测定 BZ 振荡反应	94
表面现象和胶体化学部分	98
实验十八 最大气泡压力法测定溶液的表面张力	98
实验十九 电泳	102
实验二十 黏度法测定高聚物相对分子质量	107
结构化学部分	111
实验二十一 磁化率的测定	111

实验二十二 偶极矩的测定	115
第三篇 仪器及其使用	121
第一节 温度的测量	121
一、温标	121
二、水银温度计	122
三、贝克曼温度计	123
四、SWC-Ⅱ _D 精密数字温度温差仪	125
五、JDT-2A 型精密温度温差测量仪	128
六、NTY-2A/5B 型数字式温度计	130
七、JDW-3F 型精密电子温差测量仪	130
第二节 恒温装置	132
一、SYC-15B 超级恒温水浴	132
二、HK-1D 型玻璃恒温水槽	133
第三节 高压钢瓶	134
一、气体钢瓶的颜色标记	134
二、氧气钢瓶的使用	134
三、钢瓶使用注意事项	134
第四节 真空泵	135
一、2XZ 型直联旋片式真空泵	135
二、WX 型旋片式无油真空泵	137
三、真空操作注意事项	138
第五节 电位差计	139
一、UJ-36 型携带式直流电位差计	139
二、UJ-33a 型直流电位差计	140
三、SDC-Ⅲ 数字电位差综合测试仪	141
第六节 电导率仪	142
一、DDS-11D 型数字式电导率仪	142
二、DDS-11A 型电导率仪	145
三、DDS-307 型电导率仪	146
第七节 旋光仪	151
一、WXG-4 小型旋光仪	151
二、WZZ-2S 数字自动式旋光仪	153
第八节 阿贝折射仪	156
一、2W 型 (WZS-1 型) 阿贝折射仪	157
二、WYA-2S 数字阿贝折射仪	160
第九节 722 型光栅分光光度计	162
一、工作原理	162
二、仪器结构	162
三、仪器面板及开关、旋钮的作用	163
四、使用方法	164

五、注意事项	165
第十节 PHS-3C 型精密酸度计	165
一、测量原理	165
二、使用方法	166
三、注意事项	167
第十一节 DYY-12 型电脑三恒多用电泳仪	168
一、结构及特点	168
二、技术指标及工作条件	168
三、操作说明	168
四、注意事项	171
第十二节 CDR-1 型差动热分析仪	172
一、工作原理及结构	172
二、实验操作条件的选择	174
三、差热峰面积的测量	175
第十三节 DTC-3A 型可编程控温仪	175
一、结构与原理	175
二、技术指标	176
三、使用方法	177
四、通讯接口	182
五、注意事项	182
附录 物理化学实验常用数据表	183
附表一 国际单位制的基本单位	183
附表二 国际单位制的一些导出单位	183
附表三 其他单位制单位与国际单位制单位互换表	184
附表四 用于构成十进倍数和分数单位的 SI 词头	185
附表五 物理化学常数	185
附表六 压力单位换算	185
附表七 纯水的蒸汽压	186
附表八 几种物质的蒸气压	186
附表九 水的密度	187
附表十 水在不同温度下的黏度	187
附表十一 液体的折射率 (25℃)	188
附表十二 有机化合物的密度	188
附表十三 一些离子在水溶液中的摩尔离子电导 (无限稀释) (25℃)	188
附表十四 不同温度下 KCl 的电导率	189
附表十五 水的电导率 κ	189
附表十六 不同温度下水的表面张力 $\sigma(\times 10^3 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1})$	190
附表十七 某些有机物在水中的表面张力	190
附表十八 水对空气的表面张力	190
附表十九 不同温度下 KCl 的溶解热	191

附表二十	298.15K 电极反应的标准电位.....	191
附表二十一	某些参比电极电势与温度关系公式	192
附表二十二	某些有机溶剂的介电常数及偶极矩	192
参考文献		193

第一篇 绪 论

一、物理化学实验的目的、要求和注意事项

1. 实验目的

物理化学实验是继无机化学实验、分析化学实验之后的一门基础实验课，其主要目的如下。

- (1) 巩固并加深对物理化学课程中基本概念和相关理论的理解。
- (2) 初步了解物理化学的研究方法，掌握物理化学实验的基本实验技术和技能。
- (3) 掌握常用仪器的构造、原理及使用方法，了解近代大型仪器的性能及在物理化学中的应用。
- (4) 培养学生正确的观察实验现象，记录数据和处理数据以及分析实验结果的能力。
- (5) 培养学生养成严肃认真，实事求是的科学态度和作风。

2. 实验前要求

- (1) 准备实验预习报告本。
- (2) 实验前必须充分预习，对实验教材以及有关的参考资料、附录仪器的使用说明书等进行仔细阅读，明确实验内容和目的，掌握实验的基本原理，了解所用仪器、仪表的构造和操作规程，熟悉实验步骤，明确实验要测量的数据。
- (3) 写出预习报告，内容包括：实验目的、原理、简要操作步骤、实验注意事项、需测定的数据（列出空表格）等项。
- (4) 实验前一天交实验指导老师批阅，学生达到预习要求后，才能进行实验。

3. 实验注意事项

- (1) 进入实验室后不得大声喧哗和乱摸乱动，根据老师安排进入指定实验台，不经老师允许不得随意和同学交换实验顺序。
- (2) 认真核对实验所用的仪器设备以及实验中所用的玻璃器皿、标准溶液等。对不熟悉的仪器设备必须在认真阅读使用说明书后再动手组装实验装置。装置完成后，需经老师检查同意后方可动手做实验。
- (3) 特殊仪器需向老师领取，完成实验后归还。
- (4) 实验中要严格控制实验条件，严格按照实验操作规程进行实验，特别是电器和高压气瓶的操作，防止发生意外。如对实验有更改建议，需与指导老师进行讨论，经指导老师同

意后方可实行。

(5) 公用仪器及试剂瓶不要随意变更原有位置,用毕要立即放回原处。

(6) 对实验中遇到的问题要独立思考,及时解决,如自己处理不了,应及时报告老师帮助解决。

(7) 认真做好实验原始数据的记录,实事求是地填写在预习报告本上,记录数据要详细准确,且注意整洁清楚,不得任意涂改。如有记错,可在原始数据上划一杠,再在旁边记下正确值。尽量采用表格形式。要养成良好的记录习惯。

(8) 实验完毕,应将实验数据交指导老师审查,教师签注合格意见后,再拆除实验装置,如不合格,需补做或重做。

(9) 整理实验台面,洗净并核对仪器,若有损坏请自行登记并按规定赔偿。

(10) 关闭水、电、气,经指导老师同意才能离开实验室。

4. 实验报告

(1) 搞清数据处理的原理、方法、步骤及单位制,仔细进行计算。正确表达实验结果。处理实验数据应个人独立完成,不得马虎潦草,不得相互抄袭。

(2) 认真写好实验报告,内容包括:实验目的、实验原理、实验仪器及试剂、实验步骤、实验记录及数据处理、思考题与讨论等。

(3) 按老师规定的时间及时上交实验报告,批阅后的报告要妥善保存,以备考核时复习。

二、物理化学实验中的安全知识及意外事故处理

化学是一门实验科学,实验室的安全非常重要。在物理化学实验中,经常使用各种化学药品和仪器设备,以及水、电、煤气,还会经常遇到高温、低温、高压、真空、高电压、高频和带有辐射源的实验条件和仪器,若缺乏必要的安全防护知识,会造成生命和财产的巨大损失。

1. 化学实验室守则

(1) 实验室是教学和科研的重要基地,凡进入实验室的学生,须以严肃的科学态度进行实验,严格遵守实验室的各项规章制度。

(2) 按时进行实验,若无故迟到,指导老师有权取消本次实验资格。要求补做实验的学生,必须写出补做的申请报告,经老师同意后方可补做。

(3) 实验前必须认真写好预习报告,并经实验教师检查合格后才可进行实验。进入实验室后首先熟悉实验室环境、布置、各种设施的位置、清点仪器。

(4) 实验时要集中注意力,认真操作,仔细观察,积极思考,实验数据要及时、如实、详细地记录在报告本上,不得涂改和伪造。

(5) 保持实验室和实验桌面的清洁,火柴、纸屑、废品等丢入废物桶内,不能随地乱丢,更不得丢入水槽,以免水槽堵塞。

(6) 使用仪器要小心谨慎,未经老师允许不得乱动精密仪器,若有损坏应填写仪器损坏单。使用精密仪器时,必须严格按照操作规程进行操作。

(7) 实验时必须注意人身和设备安全,使用水、电和药品试剂都应本着节约的原则。遇到事故立即切断电源、火源,并向指导教师报告,以便采取紧急措施,不得自行处理。待查明原因,排除故障,经指导教师同意后,方可继续实验。

(8) 使用试剂时应注意以下几点。

① 按量取用,注意节约。

② 取用固体试剂时,注意勿使其落在实验容器外。

③ 公用试剂放在指定位置, 不得擅自拿走。

④ 试剂瓶的滴管、瓶塞是配套使用的, 用后立即放回原处, 避免混淆, 沾污试剂。

⑤ 使用试剂时要遵守正确的操作方法。

(9) 实验完毕, 洗净仪器, 放回原处, 整理桌面, 经指导老师同意方可离开, 实验室内物品不得带出。

(10) 每次实验后由值日生负责整理药品, 打扫卫生, 并检查水、电和门窗, 以保持实验室的整洁和安全。

2. 化学实验室安全规则

(1) 不要用湿手、湿物接触电源, 水、电、气使用完毕立即关闭。

(2) 加热试管时, 不要将试管口对着自己或别人, 也不要俯视正在加热的液体, 以防液体溅出伤害人体。

(3) 嗅闻气体时, 应用手轻拂气体, 把少量气体扇向自己再闻, 能产生有刺激性或有毒气体(如 H_2S , Cl_2 , CO , NO_2 , SO_2 等)的实验必须在通风橱内进行或注意实验室通风。

(4) 具有易挥发和易燃物质的实验, 应在远离火源的地方进行。操作易燃物质时, 加热应在水浴中进行。

(5) 有毒试剂(如氰化物、汞盐、钡盐、铅盐、重铬酸钾、砷的化合物等)不得进入口内或接触伤口。剩余的废液应倒在废液桶内。

(6) 若使用带汞的仪器被损坏, 汞液溢出仪器外时, 应立即报告指导老师, 指导处理。

(7) 洗液、浓酸、浓碱具有强腐蚀性, 应避免溅落在皮肤、衣服、书本上, 更应防止溅入眼睛内。

(8) 稀释浓硫酸时, 应将浓硫酸慢慢注入水中, 并不断搅动, 切勿将水倒入硫酸中, 以免进溅, 造成灼伤。

(9) 禁止任意混合各种试剂药品, 以免发生意外事故。

(10) 废纸、玻璃等物应扔入废物桶中, 不得扔入水槽, 保持下水道畅通, 以免发生水灾。

(11) 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, 使用后的器皿应及时洗净。

(12) 经常检查煤气开关和用气系统, 如果有泄漏, 应立即熄灭室内火源, 打开门窗, 用肥皂水查漏, 若估计一时难以查出, 应关闭煤气总阀, 立即报告教师。

(13) 实验室内严禁吸烟、饮食, 或把食具带进实验室。实验完毕, 必须洗净双手。

(14) 禁止穿拖鞋、高跟鞋、背心、短裤(裙)进入实验室, 应按规定穿工作服。

3. 化学药品的正确使用和安全防护

(1) 防毒

大多数化学药品都有不同程度的毒性。有毒化学药品可通过呼吸道、消化道和皮肤进入人体而发生中毒现象。

① 如 HF 侵入人体, 将会损伤牙齿、骨骼、造血和神经系统;

② 烃、醇、醚等有机物对人体有不同程度的麻醉作用;

③ 三氧化二砷、氰化物、氯化高汞等是剧毒品, 吸入少量会致死。

(2) 防毒注意事项

① 实验前应了解所用药品的毒性、性能和防护措施;

② 使用有毒气体(如 H_2S , Cl_2 , Br_2 , NO_2 , HCl , HF)应在通风橱中进行操作;

- ③ 苯、四氯化碳、乙醚、硝基苯等蒸气经常久吸会使人嗅觉减弱，必须高度警惕；
- ④ 有机溶剂能穿过皮肤进入人体，应避免直接与皮肤接触；
- ⑤ 剧毒药品如汞盐、镉盐、铅盐等应妥善保管；
- ⑥ 实验操作要规范，离开实验室要洗手。

(3) 防火

- ① 防止煤气管、煤气灯漏气，使用煤气后一定要把阀门关好；
- ② 乙醚、酒精、丙酮、二硫化碳、苯等有机溶剂易燃，实验室不得存放过多，切不可倒入下水道，以免集聚引起火灾；
- ③ 金属钠、钾、铝粉、电石、黄磷以及金属氢化物要注意使用和存放，尤其不宜与水直接接触；
- ④ 万一着火，应冷静判断情况，采取适当措施灭火；可根据不同情况，选用水、砂子、泡沫、 CO_2 或 CCl_4 灭火器灭火。

(4) 防爆

化学药品的爆炸分为支链爆炸和热爆炸。

- ① 氢、乙烯、乙炔、苯、乙醇、乙醚、丙酮、乙酸乙酯、一氧化碳、水煤气和氨气等可燃性气体与空气混合至爆炸极限，一旦有一热源诱发，极易发生支链爆炸；
- ② 过氧化物、高氯酸盐、叠氮铅、乙炔铜、三硝基甲苯等易爆物质，受震或受热可能发生热爆炸。

防爆措施。

- ① 对于防止支链爆炸，主要是防止可燃性气体或蒸气散失在室内空气中，保持室内通风良好。当大量使用可燃性气体时，应严禁使用明火和可能产生电火花的电器；
- ② 对于预防热爆炸，强氧化剂和强还原剂必须分开存放，使用时轻拿轻放，远离热源。

(5) 防灼伤

除了高温以外，液氮、强酸、强碱、强氧化剂、溴、磷、钠、钾、苯酚、醋酸等物质都会灼伤皮肤；应注意不要让皮肤与之接触，尤其防止溅入眼中。

(6) 汞的安全使用

汞是化学实验室的常用物质，毒性很大，且进入体内不易排出，形成积累性中毒；高汞盐（如 HgCl_2 ）0.1~0.3g 可致人死命；室温下汞的蒸气压为 0.0012mmHg（1mmHg = 133.322Pa）比安全浓度标准大 100 倍。

安全使用汞的操作规定。

- ① 汞不能直接露于空气中，其上应加水或其他液体覆盖；
- ② 任何剩余量的汞均不能倒入下水槽中；
- ③ 储汞容器必须是结实的厚壁器皿，且器皿应放在瓷盘上；
- ④ 装汞的容器应远离热源；
- ⑤ 万一汞掉在地上、台面或水槽中，应尽可能用吸管将汞珠收集起来，再用能形成汞齐的金属片（Zn, Cu, Sn 等）在汞溅处多次扫过，最后用硫黄粉覆盖；
- ⑥ 实验室要通风良好；
- ⑦ 手上有伤口，切勿接触汞。

4. 安全用电

(1) 人身安全防护

实验室常用电为频率 50Hz, 200V 的交流电。人体通过 1mA 的电流, 便有发麻或针刺的感觉, 10mA 以上人体肌肉会强烈收缩, 25mA 以上则呼吸困难, 就有生命危险; 直流电对人体也有类似的危险。

为防止触电, 应做到:

- ① 修理或安装电器时, 应先切断电源;
- ② 使用电器时, 手要干燥;
- ③ 电源裸露部分应有绝缘装置, 电器外壳应接地线;
- ④ 不能用试电笔去试高压电;
- ⑤ 不应用双手同时触及电器, 防止接触时电流通过心脏;
- ⑥ 一旦有人触电, 应首先切断电源, 然后抢救。

(2) 仪器设备的安全用电

- ① 一切仪器应按说明书装接适当的电源, 需要接地的一定要接地;
- ② 若是直流电器设备, 应注意电源的正负极, 不要接错;
- ③ 若电源为三相, 则三相电源的中性点要接地, 这样万一触电时可降低接触电压; 接三相电动机时要注意正转方向是否符合, 否则, 要切断电源, 对调相线;
- ④ 接线时应注意接头要牢, 并根据电器的额定电流选用适当的连接导线;
- ⑤ 接好电路后应仔细检查无误后, 方可通电使用;
- ⑥ 仪器发生故障时应及时切断电源。

5. 使用高压容器的安全防护

化学实验常用到高压储气钢瓶和一般受压的玻璃仪器, 使用不当, 会导致爆炸, 需掌握有关常识和操作规程。

气体钢瓶的识别 (颜色相同的要看气体名称)

- | | |
|----------|------------|
| 氧气瓶 天蓝色; | 氢气瓶 深绿色; |
| 氮气瓶 黑色; | 纯氢气瓶 灰色; |
| 氨气瓶 棕色; | 压缩空气 黑色; |
| 氩气瓶 黄色; | 二氧化碳气瓶 黑色。 |

高压气瓶的安全使用:

- ① 气瓶应专瓶专用, 不能随意改装;
- ② 气瓶应存放在阴凉、干燥、远离热源的地方, 易燃气体气瓶与明火距离不小于 5m; 氢气瓶最好隔离;
- ③ 气瓶搬运要轻要稳, 放置要牢靠;
- ④ 各种气压表一般不得混用;
- ⑤ 氧气瓶严禁油污, 注意手、扳手或衣服上的油污;
- ⑥ 气瓶内气体不可用尽, 以防倒灌;
- ⑦ 开启气门时应站在气压表的一侧, 不准将头或身体对准气瓶总阀, 以防万一阀门或气压表冲出伤人。

6. 化学实验室意外事故处理

(1) 化学灼烧处理

① 酸 (或碱) 灼伤皮肤立即用大量水冲洗, 再用碳酸氢钠饱和溶液 (或 1%~2% 乙酸溶液) 冲洗, 最后再用水冲洗, 涂敷氧化锌软膏 (或硼酸软膏)。

② 酸(或碱)灼伤眼睛不要揉搓眼睛,立即用大量水冲洗,再用3%的硫酸氢钠溶液(或用3%的硼酸溶液)淋洗,然后用蒸馏水冲洗。

③ 碱金属氰化物、氢氰酸灼伤皮肤用高锰酸钾溶液洗,再用硫化铵溶液漂洗,然后用水冲洗。

④ 溴灼伤皮肤立即用乙醇洗涤,然后用水冲净,涂上甘油或烫伤油膏。

⑤ 苯酚灼伤皮肤先用大量水冲洗,然后用4:1的乙醇(70%)-氯化铁(1mol/L)的混合液洗涤。

(2) 割伤和烫伤处理

① 割伤。若伤口内有异物,先取出异物后,用蒸馏水洗净伤口,然后涂上红药水并用消毒纱布包扎,或贴创可贴。

② 烫伤。立即涂上烫伤膏,切勿用水冲洗,更不能把烫起的水泡戳破。

(3) 毒物与毒气误入口、鼻内感到不舒服时的处理

① 毒物误入口立即内服5~10mL稀 CuSO_4 温水溶液,再用手指伸入咽喉促使呕吐毒物。

② 刺激性、有毒气体吸入。误吸入煤气等有毒气体时,立即在室外呼吸新鲜空气;误吸入溴蒸气、氯气等有毒气体时,立即吸入少量酒精和乙醚的混合蒸气,以便解毒。

(4) 触电处理

触电后,立即拉下电闸,必要时进行人工呼吸。当所发生的事故较严重时,做了上述急救后应速送医院治疗。

(5) 起火处理

① 小火、大火。小火用湿布、石棉布或砂子覆盖燃物;大火应使用灭火器,而且需根据不同的着火情况,选用不同的灭火器,必要时应报火警(119)。

② 油类、有机溶剂着火。切勿用水灭火,小火用砂子或干粉覆盖灭火,大火用二氧化碳灭火器灭火,亦可用干粉灭火器或1211灭火器灭火。

③ 精密仪器、电器设备着火。切断电源、小火可用石棉布或湿布覆盖灭火,大火用四氯化碳灭火器灭火,亦可用干粉灭火器或1211灭火器灭火。

④ 活泼金属着火。可用干燥的细砂覆盖灭火。

⑤ 纤维材质着火。小火用水降温灭火,大火用泡沫灭火器灭火。

⑥ 衣服着火。应迅速脱下衣服或用石棉覆盖着火处或卧地打滚。

三、物理化学实验中的误差和数据处理

在物理化学实验中,由于测量时所用仪器、实验方法、条件控制和实验者观察局限等的限制,任何实验都不可能测得一个绝对准确的数值,测量值和真值之间必然存在着一个差值,称为“测量误差”。只有知道结果的误差,才能了解结果的可靠性,决定这个结果对科学研究和生产是否有价值,进而考虑如何改进实验方法、技术以及仪器的正确选用和搭配等问题。如在实验前能清楚该测量允许的误差大小,则可以正确地选择适当精度的仪器、实验方法和控制条件,不致过分提高或降低实验的要求,造成浪费和损失。此外,将数据列表、作图、建立数学关系等数据处理方法,也是实验的一个重要的方面。

1. 误差的分类

物理量的测定方法很多,从测量方式可分为直接测量和间接测量。直接表示所求结果的测量称为直接测量。如用天平称量物质的质量,用电位差计测定电池的电动势等。若所求的

结果由数个直接测量值以某种公式计算而得,则这种测量称为间接测量。如用电导法测定乙酸乙酯皂化反应的速率常数,即是测定不同时间溶液的电导,再由公式计算得出。物理化学实验中的测量大都属于间接测量。

任何一类测量中,都存在一定误差(即测量值与真实值之间的差值),根据误差的性质和来源,可将误差分为三类,即:系统误差、偶然误差和过失误差三类。

(1) 系统误差

系统误差是指在相同条件下多次测量同一物理量时,测量误差的绝对值和符号保持恒定,或条件改变时,按某一确定的规律而变化的测量误差称为系统误差。系统误差的来源如下。

- ① 仪器误差。仪器刻度不准确或零点发生变动,样品的纯度不符合要求等。
- ② 仪器使用时的环境因素。如:温度、湿度、气压等发生定向变化所引起的误差。
- ③ 测量方法本身的限制。如反应没有完全进行到底,指示剂选择不当,计算公式有某些假定及近似等。
- ④ 个人习惯性误差。实验者感官上最小分辨力和某些固有习惯引起的误差。如读数恒偏高或恒偏低;在光学测量中用视觉确定终点和电学测量中用听觉确定终点时,实验者本身所引起的系统误差。

系统误差总是以同一符号出现,在相同条件下重复实验无法消除,但可以通过测量前对仪器进行校正或更换,选择合适的实验方法,修正计算公式和用标准样品校正实验者本身所引起的系统误差来减少。只有不同实验者用不同的校正方法、不同的仪器所得数据相符合,才可认为系统误差基本消除。

(2) 偶然误差

偶然误差是指在相同条件下多次重复测量同一物理量,每次测量结果都有些不同(在末位数字或末两位数字上不同),它们围绕着某一数字上下无规则变动,其误差符号时正时负,其误差绝对值时大时小。这种测量误差称为偶然误差。造成偶然误差的原因大致如下。

- ① 实验者对仪器最小分度值以上的估读,很难每次严格相同。
- ② 测量仪器的某些活动部件所指示的测量结果,在重复测量时很难每次完全相同,这种现象在使用年久,质量较差的电子仪器时最为明显。
- ③ 暂时无法控制的某些实验条件的变化,也会引起测量结果的不规则变化。如许多物质的物理化学性质都与温度有关,实验测量过程中,温度必须控制,但温度恒定总是有一定限度的,在这个限度内温度仍然不规则变动,导致测量结果的不规则变化。

偶然误差在实验中总是存在的,无法完全避免,但它服从概率分布。如在同一条件下对同一物理量多次测量时,会发现数据的分布符合一般统计规律。这种规律可用图 1-1 曲线表示,此曲线称为误差的正态分布曲线,其函数形式为

$$y = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{x_i^2}{2\sigma^2}\right)$$

或

$$y = \frac{h}{\sqrt{\pi}} \exp(-h^2 x_i^2)$$

式中, h 为精确度指数; σ 为标准误差; h 与 σ 的关系为

$$h = \frac{1}{\sqrt{2}\sigma}$$

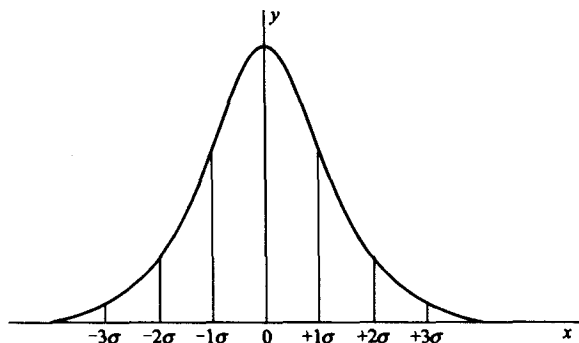


图 1-1 误差的正态分布曲线

由图 1-1 可以看出曲线具有以下特点。

- ① 对称性：绝对值相同的正负误差出现的机会相同。
- ② 单峰性：绝对值小的误差出现的机会多，而绝对值大的误差出现的机会则比较少。
- ③ 有界性：在一定测量条件下的有限次测量值中，误差的绝对值不会超过某一界限。
- ④ 以相同精度测量某一物理量时，其偶然误差的算术平均值，随着测量次数的无限增加而趋近于零。

因此，为减小偶然误差的影响，在实际测量中常常对被测的物理量进行多次重复的测量，以提高测量的精密度或再现性。

(3) 过失误差

由于实验者的粗心，如标度看错，记录写错，计算错误所引起的误差，称为过失误差。这类误差是无规则可寻的，必须要求实验者处处细心，才能避免。

2. 测量的精密度和准确度

在一定条件下对某一个量进行 n 次测量，所得的结果为 $x_1, x_2, x_3, \dots, x_i, x_n$ 。其算术平均值为

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

那么，单次测量值 x_i 与算术平均值 $\bar{x}$ 的偏差程度就称为测量的精密度。它表示各测量值相互接近程度。精密度的表示方式一般有下列三种。

(1) 用平均误差 δ 表示

$$\delta = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|$$

(2) 用标准误差 σ 表示

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

(3) 用或然误差 P 表示

$$P = 0.6745\sigma$$

上述三种方式都可以用来表示测量的精密度，但在数值上略有不同，它们之间的关系是

$$P : \delta : \sigma = 0.675 : 0.794 : 1.00$$

平均误差的优点是计算较简单,但不能肯定 x_i 离 $\bar{x}$ 是偏高还是偏低,可能会将一些并不好的测量数据掩盖住。在近代科学中,多采用标准误差,其测量结果的精度常用 $(\bar{x} \pm \sigma)$ 或 $(\bar{x} \pm \delta)$ 来表示, δ 或 σ 值越小,表示测量精密程度越好。

(4) 用相对误差 $\sigma_{\text{相对}}$ 表示

$$\sigma_{\text{相对}} = \frac{\sigma}{\bar{x}} \times 100\%$$

[例 1] 对某种样品重复 10 次色谱分析实验,分别测得其峰高 $x(\text{mm})$ 列于表 1-1,试计算它的平均误差和标准误差,正确表示峰高的测量结果。

表 1-1 测量记录与计算

n	x_i/mm	$ x_i - \bar{x} $	$ x_i - \bar{x} ^2$	n	x_i/mm	$ x_i - \bar{x} $	$ x_i - \bar{x} ^2$
1	142.1	4.5	20.25	7	147.3	0.7	0.49
2	147.0	0.4	0.16	8	156.3	3.7	13.69
3	146.2	0.4	0.16	9	145.9	0.7	0.49
4	145.2	1.4	1.96	10	151.8	5.2	27.04
5	143.8	2.8	7.84		$\Sigma 1465.8$	$\Sigma 20.2$	$\Sigma 72.24$
6	146.2	0.4	0.16				

算术平均值 (可靠值) $\bar{x} = \frac{1465.8}{10} = 146.6\text{mm}$

平均误差 $\delta = \frac{20.2}{10} = 2.02\text{mm}$

标准误差 $\sigma = \sqrt{\frac{72.24}{10-1}} = 2.8\text{mm}$

则峰高测量结果为 $(146.6 \pm 2.8)\text{mm}$

相对精密程度 $\frac{\sigma}{\bar{x}} \times 100\% = 1.9\%$

准确度与精密程度不同,准确度是指测量值与真实值的接近程度,而精密程度是指各次测量值之间的相互接近程度。它可以反应偶然误差的影响程度,偶然误差小,则精密程度高。

测量的准确度定义为

$$b = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_i - x_{\text{真}}|$$

式中, n 为测量次数; x_i 为第 i 次的测量值; $x_{\text{真}}$ 为真值。

由于在大多数物理化学实验中,真值 $x_{\text{真}}$ 是要求测定的结果,而 $x_{\text{真}}$ 难以得到,因此 b 值就很难算出。但一般可近似地用标准值 $x_{\text{标}}$ 来代替 $x_{\text{真}}$ ($x_{\text{标}}$ 是用其他更可靠方法测出的值,也可用文献手册查得的公认值代替)。此时,测量的准确度可近似地表示为

$$b = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_i - x_{\text{标}}|$$

在一组测量中,尽管精密程度很高,但准确度不一定很好;相反,若准确度好,则精密程度一定高。准确度与精密程度的区别,可用图 1-2 加以说明。例如甲乙丙三人同时测定某一物理量,各分析四次,其测定结果图中以小圈表示。从图 1-2 上可见,甲的测定结果的精密程度很