

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材配套教材

医学化学实验

主 编 赵华文 何 炜

副主编 赵先英 孙学斌 燕小梅



科学出版社

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材配套教材

医学化学实验

主 编 赵华文 何 炜

副主编 赵先英 孙学斌 燕小梅

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书由六章和附录组成：第一章为医学化学实验规则及基本知识；第二章为医学化学实验常用仪器；第三章为医学化学实验基本操作；第四章为基础性实验，选编了 35 个实验，包括基本操作实验、定量分析实验、化合物制备实验、物质提取与分离实验；第五章为综合性实验，选编了 14 个实验；第六章为设计性实验，选编了 9 个实验；最后为附录部分。本书内容力求体现“三基”（基础理论、基本知识、基本技能）和“五性”（思想性、科学性、先进性、启发性、实用性），旨在通过医学化学实验，训练学生的基本操作和基本技能，培养学生科学的实验方法、思维、素养及综合运用化学知识分析和解决问题的能力，充分激发学生的创新意识和探索精神。

本书适合高等医药院校基础医学、临床、预防、检验、药学、口腔、营养、生物技术、护理等专业的本科生使用，也可作为相关专业工作者的参考书。

图书在版编目（CIP）数据

医学化学实验 / 赵华文, 何炜主编. —北京: 科学出版社, 2019.1

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材配套教材

ISBN 978-7-03-059992-6

I. ①医… II. ①赵… ②何… III. ①医用化学-化学实验-高等学校-教材 IV. ①R313-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 287741 号

责任编辑: 赵晓霞 / 责任校对: 杨 赛

责任印制: 师艳茹 / 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>

三河市骏杰印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2019 年 1 月第 一 版 开本: 787 × 1092 1/16

2019 年 1 月第一次印刷 印张: 16

字数: 390 000

定价: 49.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

《医学化学实验》编写委员会

主 编 赵华文 何 炜

副主编 赵先英 孙学斌 燕小梅

编 委 (按姓名汉语拼音排序)

白丽娟(重庆医科大学)	何 炜(空军军医大学)
李 伟(重庆医科大学)	刘 欢(陆军军医大学)
刘 文(山西医科大学)	母昭德(重庆医科大学)
秦向阳(空军军医大学)	孙学斌(哈尔滨医科大学)
王海波(空军军医大学)	武丽萍(陆军军医大学)
燕小梅(大连医科大学)	姚 杰(山西医科大学)
张 洁(新疆石河子大学)	赵华文(陆军军医大学)
赵先英(陆军军医大学)	左振宇(陕西中医药大学)

前 言

医学化学实验是医药学专业学生进入大学后较早接触到的实践课程,对于学生更好地学习医药学基础理论知识、掌握医药学实验基本技能和培养综合能力具有不可替代的作用。本书由具有丰富教学经验和长期从事医学化学理论与实验教学的多位教师合作编写。在本书编写过程中,编者基于新时代高等教育“本科为本”的理念,强调“三基”(基础理论、基本知识、基本技能)和“五性”(思想性、科学性、先进性、启发性、实用性),注重与医药学的专业特点和培养目标紧密结合,突出医学化学实验的特色,系统地设计、优化和组织内容,力求使医学化学实验教学的本质功能得到充分实现。

针对目前高等医药院校化学类课程设置的客观实际,为了便于实验教学和 student 自学,本书打破化学二级学科的界限,将无机化学实验、有机化学实验、分析化学实验和物理化学实验内容进行整合、优化,按基础性实验、综合性实验和设计性实验进行编排。本书共设六章,第一章为医学化学实验规则及基本知识,主要介绍医学化学实验目的和基本要求、实验室规则、实验安全及实验相关基本知识;第二章为医学化学实验常用仪器,主要介绍常用普通仪器和部分精密仪器的构造、原理及使用方法;第三章为医学化学实验基本操作,涵盖了常规且重要的化学实验基本操作技术;第四至第六章分别为基础性实验、综合性实验和设计性实验,主要结合医药学的专业需求和化学实验的特点,选编了既有利于培养学生基本实验操作技能,又有利于培养学生科学的实验方法、思维、素养和综合能力、创新能力的实验内容;最后的附录部分主要收录了化学实验常用的物理常数、试剂规格和配制方法等。本书可作为医药学院开设的医学化学、基础化学、无机化学、有机化学、物理化学等课程的实验课教材。各院校可根据自己所开课程、学时数和实际情况选择实验内容。

参与本书编写的编者有赵华文(第一、第二章)、何炜和左振宇(第三章)、母昭德和白丽娟(实验一至实验四、实验三十六)、张洁(实验五至实验十)、孙学斌(实验十二至实验十四、实验三十至实验三十三、实验四十一、实验四十二、实验五十五、实验五十六)、姚杰(实验十七至实验二十)、刘文(实验二十一、实验二十四、实验三十七至实验三十九)、王海波(实验二十二、实验二十三、实验四十、实验五十三、实验五十四)、李伟(实验二十五至实验二十八)、燕小梅(实验三十二、实验四十三、实验五十七、实验五十八)、秦向阳(实验三十四、实验三十五、实验四十四至实验四十六)、赵先英(实验十六、实验五十至实验五十二)、武丽萍(实验十五、实验二十九、实验四十七至实验四十九)、刘欢(实验十一、附录),最后由赵华文统稿。

本书在刘毅敏教授主编的《医学化学实验》基础上进行了较大的修编,原第三军医大学(现更名为陆军军医大学)化学教研室刘毅敏教授及其他老师在原《医学化学实验》编写过程中曾经付出了艰辛的劳动,在本书编写过程中他们也给予了很大的支持与帮助,在此深表感谢!同时,本书编写过程中也参考和借鉴了一些国内外优秀的同类教材,科学出版社的编辑对本书的编写与出版提供了很多好的建议和帮助,在此一并表示最诚挚的感谢!

由于编者水平有限,书中难免有疏漏之处,诚请同行和广大读者批评指正。

编 者

2018年9月30日

目 录

前言

第一章	医学化学实验规则及基本知识	1
第一节	医学化学实验规则	1
第二节	化学实验基本知识	3
第二章	医学化学实验常用仪器	10
第一节	医学化学实验常用普通仪器	10
第二节	医学化学实验常用精密仪器	15
第三章	医学化学实验基本操作	47
第一节	常用玻璃仪器的洗涤与干燥	47
第二节	简单玻璃加工方法	49
第三节	化学试剂及其取用	52
第四节	称量及基本称量仪器的使用	53
第五节	常用容量仪器的使用	55
第六节	化学反应基本操作技术	58
第七节	物质分离和提纯	68
第八节	熔点的测定及温度计校正	92
第九节	色谱法简介	97
第四章	基础性实验	108
I. 基本操作实验	108	
实验一	酸、碱标准溶液的配制与标定	108
实验二	缓冲溶液的配制及 pH 测定	110
实验三	乙酸解离度和解离常数的测定	112
实验四	元素性质实验	114
实验五	简单玻璃加工操作	119
实验六	物质熔点的测定	121
实验七	常压蒸馏及沸点的测定	124
实验八	液液萃取和分馏	125
实验九	乙酰苯胺的重结晶	129
实验十	折光率、旋光度的测定	130
实验十一	柱层析和薄层层析	134
实验十二	氨基酸的纸上电泳和纸层析	138
实验十三	有机化合物的官能团鉴定	141
实验十四	立体模型作业	144
实验十五	凝固点降低法测定摩尔质量	146

实验十六 电位滴定法测定铜(Ⅱ)-磺基水杨酸配合物的稳定常数	149
Ⅱ. 定量分析实验	151
实验十七 葡萄糖酸钙的含量测定	151
实验十八 天然水总硬度的测定	153
实验十九 分光光度法测定水溶液中铁离子的含量	154
实验二十 血清中葡萄糖含量的测定	157
实验二十一 荧光分析法测定血清中的镁	159
实验二十二 商品双氧水中过氧化氢含量的测定	160
实验二十三 小苏打片及食醋中主要成分的测定	163
Ⅲ. 化合物制备实验	165
实验二十四 硫酸亚铁铵的制备	165
实验二十五 环己烯的制备	167
实验二十六 乙酰水杨酸(阿司匹林)的制备	169
实验二十七 乙酸乙酯的制备	172
实验二十八 丁二酸酐的制备	175
实验二十九 溶胶的制备和性质	176
Ⅳ. 物质提取与分离实验	179
实验三十 从橙皮中提取柠檬烯	179
实验三十一 从八角中提取茴香油	181
实验三十二 从茶叶中提取咖啡因	182
实验三十三 红辣椒色素的分离	184
实验三十四 从槐花米中提取芦丁	186
实验三十五 菠菜叶中天然色素的提取	189
第五章 综合性实验	193
实验三十六 维生素 C 药片中维生素 C 含量的测定	193
实验三十七 分光光度法测定磺基水杨酸合铁(Ⅲ)的组成和稳定常数	195
实验三十八 肉制品中亚硝酸盐含量的测定	197
实验三十九 复方阿司匹林成分分析	199
实验四十 茶叶中钙、镁含量的测定	202
实验四十一 2,4-二羟基苯乙酮的制备	204
实验四十二 肉桂酸的合成	205
实验四十三 甲基橙的制备	207
实验四十四 对氨基苯磺酰胺的制备	210
实验四十五 盐酸普鲁卡因的制备	212
实验四十六 治疗癫痫药物苯妥英的制备	214
实验四十七 化学反应速率和活化能的测定	216
实验四十八 分配系数的测定	219
实验四十九 旋光法测定蔗糖水解反应的速率常数	221

第六章 设计性实验	225
实验五十 氯化钠的精制及杂质检验	225
实验五十一 蛋壳中钙、镁总含量的测定	226
实验五十二 血清总胆固醇的测定	226
实验五十三 饮料中山梨酸和苯甲酸的测定	227
实验五十四 牛奶中酪蛋白和乳糖的分离及纯度测定	229
实验五十五 从黄连中提取黄连素	230
实验五十六 新鲜蔬菜中 β -胡萝卜素的提取、分离和测定	231
实验五十七 甜味香料二苯甲酮的制备	231
实验五十八 药物中间体扁桃酸的制备	232
附录	235
附录一 常用酸、碱的浓度	235
附录二 常用不同浓度酸、碱溶液的相对密度	235
附录三 常用缓冲溶液的配制及其 pH	238
附录四 酸碱滴定分析中常用的指示剂	241
附录五 不同温度下 KCl 溶液的电导率	242
附录六 常用共沸物组成	243
附录七 水的饱和蒸气压	244
附录八 不同温度下水的折光率	244

第一章 医学化学实验规则及基本知识

第一节 医学化学实验规则

一、医学化学实验目的和基本要求

(一) 实验目的

化学与医学联系十分紧密。医学化学是医药学专业学生必修的基础课程，而医学化学实验是医学化学课程的重要组成部分。学生通过医学化学实验课程的学习，可以达到以下目的：

- (1) 加深对医学化学基本概念、基本理论和基本知识的理解。
- (2) 掌握规范的化学实验基本操作、基本技能和基本方法，培养细致观察、如实记录实验现象、正确处理数据和表达实验结果、准确归纳与总结等能力。
- (3) 学习科学研究的基本方法，培养查阅文献、设计实验方案、分析和解决问题等能力，为具备良好的综合实验素质打下坚实基础。
- (4) 培养实事求是、认真严谨的科学态度，一丝不苟、勤奋不懈、乐于协作的科学品质，积极进取、不断探索、勇于创新的科学精神，准确细致、整洁有序、安全节约的良好实验习惯。

(二) 基本要求

医学化学实验是在教师指导下由学生独立完成。为了达到实验目的，学生应达到以下基本要求。

1. 课前充分预习，写好预习报告

- (1) 认真阅读实验教材、理论教材，查阅相关文献资料。
- (2) 明确实验目的，理解实验原理，熟悉实验内容、方法和步骤，记住实验注意事项，预测实验现象和结果，思考影响实验成败的关键因素。
- (3) 了解有关仪器的结构和使用注意事项，清楚试剂的性质及安全和环保常识。
- (4) 简明扼要地写出预习报告。重点表述简要的实验原理、实验步骤、操作要点、实验条件和实验中的注意事项，设计好记录实验现象或原始数据的表格。
- (5) 观看关于实验基本操作或仪器使用的多媒体课件。
- (6) 对于设计性实验，要提前两周进行文献查阅和实验方案的设计，所设计的方案经指导教师批准后方可实施。

2. 认真倾听讲解，仔细观看示教，积极参与讨论

- (1) 实验开始前，注意倾听实验指导教师对实验重点、要点、注意事项和成败关键的讲解。
- (2) 仔细观看指导教师的示范操作、仪器使用示教等。

(3) 对教师组织的实验课堂讨论, 应积极思考, 踊跃发言。

3. 认真实验, 规范操作

(1) 依据实验内容和操作步骤认真实验, 操作时要胆大、心细、准确和规范。

(2) 集中精力, 仔细观察实验现象, 认真测定实验数据, 并及时、详细、如实地记录。

(3) 实验过程中应积极思考, 手脑并用, 特别是在遇到疑难问题或出现异常现象时, 要认真分析和查找原因, 提出解决的办法。

(4) 注意安全、节约、环保, 保持实验台面整洁、有序。

4. 独立完成实验报告

(1) 及时、认真、独立地完成实验报告。

(2) 一份合格的实验报告必须具备准确、客观、简洁、明了四个特点。

实验报告一般包括以下几方面的内容:

(1) 实验目的和原理。简单说明实验的目的和原理。对实验中所采用的技术和方法进行简明扼要的表述, 并阐明该方法和技术与完成实验项目之间的关系。

(2) 主要仪器与试剂。记录实验中所使用的主要仪器的型号、规格和制造厂家, 同时记录实验中所使用试剂药品的规格及重要物理常数。

(3) 实验内容或实验步骤。在充分理解操作步骤和原理的基础上, 对整个实验操作过程进行概括性的描述, 尽量简洁、清晰、明了, 避免长篇抄录书本。例如, 对于分离、提取和制备类型实验的实验步骤, 可以用流程图的形式表达。

(4) 实验记录 and 数据处理。实验记录包括对实验过程中所出现的各种现象的仔细观察和记录, 以及对各种数据的客观记录。利用所获得的数据进行数据处理, 列出公式并得出结果。对于一些项目, 应根据实验目的、要求, 利用获得的数据正确制作图表。

(5) 实验结果与讨论。结果与讨论是实验报告中最重要的一部分。首先应对实验结果的准确性进行分析确认, 对实验中的误差或错误加以分析, 然后综合所观察到的各种现象和数据得出结论。在此基础上, 运用相关的理论知识及参考文献, 结合实验目的和要求进行讨论。对实验中出现的新问题可提出自己的看法, 并对自己的实验质量做出评价。

二、实验室规则

为了保证化学实验教学安全、有序、顺利地进行, 学生应遵守下列实验室规则:

(1) 进入实验室前应认真预习, 明确实验目的与意义, 理解基本原理, 了解仪器与试剂、内容和方法、注意事项等, 做好预习报告。

(2) 遵守实验课纪律。学生进入实验室应穿实验服, 不得迟到、早退; 实验过程中保持实验室安静, 不大声喧哗或嬉笑; 严禁实验过程中随意外出, 严禁将实验室的物品带出实验室, 严禁将食物带入实验室并在实验室进食。

(3) 实验前清点仪器、试剂, 如有缺损应立即报告, 由指导教师补充和更换, 未经指导教师同意, 不得使用其他实验台上的仪器和试剂。

(4) 实验时要集中精力, 认真规范操作, 仔细观察现象, 积极思考问题, 如实记录结果。

(5) 实验过程中应保持实验室整洁, 做到仪器、桌面、地面和水槽“四净”。废纸和火柴

梗等固体废物应丢入废物缸,切不可扔在地上或水槽中。待用仪器、试剂摆放应做到井然有序。

(6) 增强环保意识,遵守环保规定,废液应小心倒入废液桶内,有毒物质应严格放入特定容器中,需回收的物品、试剂应放入指定的回收瓶中。

(7) 养成良好的实验室操作习惯,爱护公物,注意安全。公用试剂、仪器和器材应在指定地点使用,用完后及时放回原处并保持其整洁。防止试剂的浪费和相互污染,试剂应按规定量取用,取用后,应立即盖上瓶塞。实验时要爱护仪器设备,使用精密仪器时,必须严格按照操作规程进行,谨慎细致。若发现仪器有故障,应立即停止使用,及时报告指导教师。

(8) 实验完毕,将实验数据和实验现象记录交指导教师审核,经教师允许后方可整理仪器、试剂和实验台面。

(9) 学生轮流值日。值日生应负责整理公用仪器、试剂和器材,打扫实验室,清理公共实验桌面、水槽和废物缸,倾倒废物,检查水、电、火源,关好门、窗,最后经指导教师检查后方可离开。

(10) 每次实验后,应及时完成并提交实验报告。

第二节 化学实验基本知识

一、化学实验安全知识

安全永远是化学实验最基本的要求。化学实验中,经常会接触到易燃、易爆、有毒、有腐蚀性的化学试剂,也会使用到易损的玻璃仪器和水、电、煤气等,有的化学反应还具有危险性,因此必须高度重视安全问题。实验前应充分了解相关的安全注意事项,实验过程中严格遵守操作规程,以避免事故发生。同时,还必须学会一些自救和自护方法,若发生意外事故,应立即进行紧急处置。

(1) 凡产生刺激性的、恶臭的、有毒的气体(如 Cl_2 、 Br_2 、 HF 、 H_2S 、 SO_2 、 NO_2 等)的实验,应在通风橱内(或通风处)进行。

(2) 浓酸、浓碱具有强腐蚀性,使用时要小心,切勿溅在衣服、皮肤及眼睛上。稀释浓硫酸时,应将浓硫酸慢慢倒入水中并搅拌,而不能将水倒入浓硫酸中。

(3) 有毒药品(如重铬酸钾、铅盐、砷的化合物、汞的化合物,特别是氰化物)不能进入口中或接触伤口,也不能将其随便倒入下水道,应按要求倒入指定容器内。

(4) 加热试管时,不能将管口朝向自己或他人,也不能俯视正在加热的液体,以防液体溅出伤人。

(5) 不允许用手直接取用固体药品。嗅闻气体时,鼻子不能直接对着瓶口或试管口,而应用手轻轻将少量气体扇向自己的鼻孔。

(6) 使用易燃、易爆药品(如乙醇、乙醚、丙酮、乙酸乙酯、苯等)时,应严格遵守操作规程,远离明火。要防止易燃有机化合物外溢,不能用敞口容器盛放易挥发有机溶剂,不要将易燃有机溶剂倒入废液缸及下水道。

(7) 绝对不允许擅自混合各种化学药品,以免发生意外事故。

(8) 不可用湿手操作电气设备,以防触电。

(9) 实验室内严禁吸烟、饮食。实验结束,应洗净双手,关闭水、电、煤气开关,关好门、窗,方可离开实验室。

二、化学实验意外事故的预防及处理

(一) 实验事故的预防

1. 防火

(1) 电、气使用完毕后应立即关闭。

(2) 使用酒精灯时,应随用随点,不用时盖上灯罩。不能将酒精灯倾倒去点燃其他酒精灯,以免酒精溢出而发生火灾。

(3) 操作或处理易挥发、易燃溶剂时,应远离火源,用后将瓶盖盖紧,放在阴凉处。需加热时不能直接用明火加热,而应用回流装置并在适当的热浴中进行,切不可将易燃溶剂放在烧杯等敞口容器中加热。

(4) 易燃、易挥发物不得倒入废液缸内,应按要求倒入指定的回收瓶中,由有关人员专门处理。

(5) 不得乱扔燃着的或带有火星的火柴梗、纸条等,也不能丢入废物缸中,以免发生危险。

2. 防爆炸

(1) 常压操作时,切勿在封闭系统内进行加热或反应,并防止仪器装置出现堵塞,否则系统压力增加,容易导致爆炸。

(2) 减压蒸馏时要用圆底烧瓶或抽滤瓶作接受器,不得使用一般的锥形瓶、平底烧瓶等机械强度不大的仪器,否则可能发生炸裂。

(3) 切勿将易燃、易爆气体(如氢气、乙炔等)或乙醚、汽油等易挥发性有机溶剂接近火源,要保持室内空气畅通,防止产生明火和电火花而引起爆炸。

(4) 小心使用易爆物质。例如,含过氧化物乙醚蒸馏时必须先用硫酸亚铁处理以除去过氧化物,要在通风较好的地方或通风橱内进行,而且不能蒸干;干燥的重金属乙炔化物受到撞击时极易爆炸,要及时用浓盐酸或浓硝酸将其分解。

(5) 对过于剧烈的反应,如卤代烷与金属钠的反应,要根据情况采取冷冻降温或控制加料速度等措施。

3. 防中毒

(1) 切勿让化学品沾在皮肤上,尤其是剧毒化学品。称量任何化学品时都不得用手直接接触,并应特别注意防止剧毒化学品溅入口、眼、鼻等敏感部位或接触伤口。取用有腐蚀性的化学品时必须戴橡皮手套和防护眼镜,实验完毕要及时、认真洗手。

(2) 实验室应通风良好,尽量避免吸入化学品的烟雾和蒸气。如需嗅闻物质的气味,应用手轻拂气体,拂向自己后再嗅。处理有毒或有腐蚀性、刺激性物质时,应在通风橱中进行,防止有毒气体在实验室内扩散。

(3) 汞易挥发,吸入后会积累于体内引起慢性中毒,因此不能将温度计当作玻璃棒使用。液汞应用水封存,一旦将汞洒落,应尽可能回收,或者用硫磺粉覆盖,使其反应生成不挥发

的硫化汞。

(4) 不得用口尝试任何化学品。

(5) 沾染过有毒物质的器皿应及时清洗, 并采取适当方法处理以破坏或消除其毒性。

(6) 剧毒化学品应由专人负责收发, 使用者必须遵守操作规程。有毒废液、残渣不能倒入下水道, 应统一回收后由专人处理。

4. 防割伤

(1) 玻璃管(棒)切割后, 断面应在火上烧熔以消除棱角。

(2) 装配仪器时, 应首先选定主要仪器的位置, 然后按一定顺序装配仪器。仪器之间的连接必须做到位置和松紧适当, 切忌使玻璃仪器的任何部分承受过度的压力或张力。

(3) 将玻璃管(或温度计)插入橡皮管、橡皮塞或软木塞时, 应先用水或甘油润湿玻璃管插入的一端, 然后一手持橡皮管、橡皮塞或软木塞, 另一手捏着玻璃管, 均匀用力逐渐旋转插入。插入或拔出玻璃管时, 手指捏住玻璃管的位置与塞子或橡皮管的距离一般为 2~3 cm, 不可太远。

(二) 实验事故的处理

1. 着火

(1) 一旦发生着火事故, 首先应立即关闭附近所有热源, 切断电源, 迅速移去着火现场周围的易燃物。

(2) 用石棉布、干砂或合适的灭火器材灭火。仪器内溶剂着火时, 最好用大块石棉布盖熄, 而不要用干砂, 以免打碎玻璃仪器。桌面或地面液体着火时, 若火势不大, 可用淋湿的抹布、石棉布盖熄或用干砂扑灭; 若火势较大, 应使用泡沫灭火器和二氧化碳灭火器。有机溶剂着火时, 在大多数情况下严禁用水灭火, 因为一般有机溶剂比水轻, 若用水浇, 燃着的液体将在水面上蔓延, 反而使得燃烧面积更大。

(3) 若电气设备着火, 用二氧化碳或四氯化碳灭火器灭火。在带电情况下不能用水和泡沫灭火器灭火, 因为水能导电, 易使人触电。

(4) 若实验者衣服着火, 可迅速脱下衣服或用石棉布、厚外套覆盖着火处。情况危急时应就地卧倒打滚, 以免火焰烧向头部。切勿惊慌乱跑, 以免因空气的扰动而使火焰扩大。

(5) 若着火面积较大, 在尽力扑救的同时, 应及时拨打火警电话。

2. 烫伤

轻度烫伤可立即用冷水冲洗或浸泡伤处, 然后在烫伤处搽上苦味酸或 KMnO_4 溶液, 再涂上烫伤药膏等; 重伤者应涂以烫伤药膏后立即送医院治疗。

3. 玻璃割伤

如果为一般轻伤, 用消过毒的镊子取出玻璃碎片, 用干净水洗净伤口, 涂上碘酒或红汞药水, 再用无菌纱布包扎, 也可贴上“创可贴”。若伤口较大、较深或流血不止, 应用无菌纱布压迫包扎, 然后立即送医院治疗。

4. 试剂灼伤

(1) 酸灼伤: 立即用大量水洗, 然后以 3%~5% 碳酸氢钠溶液洗, 最后用水洗。严重时要消毒, 拭干后涂烫伤药膏。

(2) 碱灼伤: 立即用大量水洗, 然后用 1%~2% 硼酸洗, 最后用水洗。严重时同上处理。

(3) 溴灼伤: 立即用大量水洗, 然后用乙醇擦至无溴液存在为止, 最后涂上甘油或烫伤药膏。

(4) 钠灼伤: 肉眼可见的小块钠用镊子移去, 其余与碱灼伤处理相同。

(5) 眼睛被试剂灼伤: 立即用大量水冲洗, 然后迅速送医院治疗, 不允许用其他试剂进行中和。

5. 中毒

(1) 溅入口中尚未咽下者应立即吐出, 再用大量水冲洗口腔; 若已吞下, 应根据毒性物质的性质给予解毒剂, 并立即送医院治疗。

(2) 腐蚀性毒物。对于强酸, 先饮大量水, 然后服用氢氧化铝膏、鸡蛋白; 对于强碱, 先饮大量水, 然后服用醋、酸果汁、鸡蛋白。无论酸中毒还是碱中毒都要再灌注牛奶, 不要服呕吐剂。

(3) 刺激剂及神经性毒物。先服牛奶或鸡蛋白使之立即冲淡, 从而缓解毒性, 然后用一大匙硫酸镁(约 30 g)溶于一杯水中服下催吐。有时也可用手指伸入喉部促使呕吐, 然后立即送医院。

(4) 吸入有毒气体。将中毒者移至有新鲜空气的地方, 解开衣服纽扣并使其嗅闻解毒剂蒸气。若吸入少量氯气或溴气, 可用碳酸氢钠溶液漱口。

6. 触电

立即切断电源, 并尽快用绝缘物将触电者与电器隔离, 必要时再进行人工呼吸, 并迅速送医院救治。

三、化学实验的误差及数据处理

(一) 误差产生的原因与分类

物理量的测量值不可能与真实值绝对一致, 二者之间的差值称为误差。在定量分析中, 产生误差的原因有很多。根据其性质和来源的不同, 误差可分为三类, 即系统误差、偶然误差和过失误差。

1. 系统误差

系统误差也称可测误差, 是由分析测量过程中某些固定的因素造成的, 它对测量结果的影响比较固定, 其大小有一定规律性, 在重复测量时会重复出现。产生系统误差的主要原因有实验方法不完善、所用的仪器准确度差、试剂不纯以及操作不当等。系统误差不能依靠增加实验次数来消除, 可以通过改进实验方法、校正仪器、提高试剂纯度、做空白实验和对照实验等方法加以校正, 使其尽可能减小。

2. 偶然误差

偶然误差也称随机误差,是由分析测量过程某些难以预料的偶然因素引起的,如测量时环境温度、湿度、气压的微小波动和仪器性能的微小改变等。产生偶然误差的原因难以确定,似乎无规律性可寻,但如果多次测量,可以发现偶然误差遵从正态分布,即大小相近的正负误差出现的机会相等,小误差出现的概率大,大误差出现的概率很小。因此,增加测量次数可使偶然误差的算术平均值趋于零。在消除了系统误差的前提下,一般可用多次测量结果的平均值代替真实值。

3. 过失误差

过失误差是一种与事实明显不符的误差。它是由操作人员过失引起的,如加错试剂、用错样品、试样损失、读错数据、计算错误等。过失误差无规律可循,但只要加强责任心,工作认真细致,即可避免。

(二) 实验误差的表示方法

在任何测量中,误差总会存在,所以不能以任何一次的观测值作为测量结果。为了使测量结果有更强的可靠性,常取多次测量结果的算术平均值,这样就比单次测量值更接近真实值。

测量值与真实值之间的差值称为绝对误差,绝对误差与真实值的百分比称为相对误差,即

$$\text{绝对误差} = \text{测量值} - \text{真实值} \quad (1-1)$$

$$\text{相对误差} = \frac{\text{绝对误差}}{\text{真实值}} \times 100\% \quad (1-2)$$

绝对误差与被测量的大小无关,而相对误差却与被测量的大小有关。一般来说,被测量的量越大,相对误差越小。一般用相对误差来反映测量值与真实值之间的偏离程度比用绝对误差更为合理。

实际的实验工作中,通常测量结果的真实值很难准确知道,因此一般用多次重复测量结果的平均值代替真实值。某单次测量结果与平均值之差称为绝对偏差,绝对偏差与测量值之比称为相对偏差。

$$\text{绝对偏差} = \text{某单次测量值} - \text{平均值} \quad (1-3)$$

$$\text{相对偏差} = \frac{\text{绝对偏差}}{\text{某单次测量值}} \quad (1-4)$$

即

$$\text{绝对偏差}(d) = x - \bar{x} \quad (1-5)$$

$$\text{相对偏差} = \frac{x - \bar{x}}{x} \quad (1-6)$$

式中: x 为测量值; $\bar{x}$ 为测量值的算术平均值。

(三) 准确度与精密度

准确度是指测量值与真实值之间偏离的程度,常用误差的大小来衡量。误差越小,测量

结果的准确度越高。

精密度是指多次平行测量结果相互接近的程度，是保证准确度的前提，常用偏差的大小来衡量。偏差越小，测量结果的精密度越高，重现性越好。在实际工作中，还可用绝对平均偏差($\bar{d}$)和相对平均偏差($\bar{d}_r$)来表示分析结果的精密度。

$$\bar{d} = \frac{|d_1| + |d_2| + \cdots + |d_n|}{n} \tag{1-7}$$

$$\bar{d}_r = \frac{\bar{d}}{\bar{x}} \times 100\% \tag{1-8}$$

在分析测定过程中，误差的存在直接影响分析结果的精密度和准确度。一般地，系统误差仅影响分析结果的准确度，而偶然误差既影响精密度又影响准确度。精密度不高，准确度一般不高；精密度高，准确度也不一定高。评价分析结果，应先看精密度再看准确度。精密度高意味着分析测定条件稳定，已控制了偶然误差，这是保证准确度的先决条件。若一个分析结果既有高的精密度，又有高的准确度，这就意味着在分析测定中既控制了偶然误差，又控制了系统误差，因此，只有精密度、准确度都高的数值才是可取的。

(四) 有效数字

1. 有效数字的确定

在科学实验中，实验所获得的数值不仅表示某个量的大小，还反映了测定值的准确程度。在记录测定数据时，测定值所表示的准确程度应与测试时所用的测量仪器的精度相一致，因此实验中各种量应采用几位数字，运算结果应保留几位数字，都是有严格要求的，不能随意增减和书写。通常测定时，一般可估计到测量仪器最小刻度的十分位，在记录测定数据时，应只保留一位不确定数字，其余数字都应是从仪器上直接测得的，此时所记录的数字(包括最后一位可疑数字)称为有效数字。记录和报告的测定结果应只包含有效数字。

化学实验中常用仪器的精度与实测数据有效数字位数的关系列于表 1-1 中。

表 1-1 常用仪器的精度与实测数据有效数字位数

仪器名称	仪器精度	测量值	有效数字位数
电子天平	0.1 g	12.3 g	3
电光天平	0.0001 g	12.3456 g	6
量筒(10 mL)	0.1 mL	7.2 mL	2
量筒(100 mL)	1 mL	72 mL	2
滴定管	0.01 mL	23.00 mL	4
移液管	0.01 mL	25.00 mL	4
容量瓶	0.01 mL	50.00 mL	4

任意超出或低于仪器精度的数字都是不恰当的。例如，表 1-1 中电光天平的读数为 12.3456 g，既不能读作 12.345 g，也不能读作 12.34567 g，因为前者降低了实验的精确度，后者则夸大了实验的精确度。

关于有效数字位数的确定，还应注意以下几点：

(1) 数字“0”在数据中具有双重意义。若作为普通数字使用，它就是有效数字；若它只起定位作用，就不是有效数字。例如，在电子分析天平上称得重铬酸钾的质量为 0.0758 g，此数据具有三位有效数字，数字前面的“0”只起定位作用，不是有效数字。又如，某盐酸溶液的浓度 $0.2100 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 准确到小数点后第三位，第四位可能有 ± 1 的误差，所以这两个“0”是有效数字，数据 0.2100 具有四位有效数字。

(2) 改变单位并不改变有效数字的位数。例如，滴定管读数 12.34 mL，若该读数改用升为单位，则是 0.01234 L，这时前面的两个“0”只起定位作用，不是有效数字，0.01234 L 与 12.34 mL 一样都是四位有效数字。当需要在数的末尾加“0”作定位作用时，最好采用指数形式表示，否则有效数字的位数会含混不清。例如，质量为 25.08 g，若以毫克为单位，则可表示为 $2.508 \times 10^4 \text{ mg}$ ；若表示为 25080 mg，就易误解为五位有效数字。

(3) 对数的有效数字位数仅由小数部分的位数决定，首数(整数部分)只起定位作用，不是有效数字。例如， $\text{pH}=2.38$ 的有效数字为两位，而不是三位。

2. 有效数字的运算规则

在分析测定过程中，往往要经过几个不同的测量环节，如先用差减法称取试样，经过处理后进行滴定。在此过程中最少要取四次数据，但这四个数据的有效数字位数不一定完全相等。在进行运算时，应按照下列计算规则，合理地取舍各数字的有效数字的位数，确保运算结果的正确性。

(1) 记录和计算结果所得的数值均只保留一位可疑数字。当有效数字位数确定后，其余的尾数应根据“四舍六入五观察，奇进偶不进”的规则进行修约，即当拟舍弃的数字小于等于 4 时，则舍弃该数字；而当拟舍弃的数字大于等于 6 时，则进位；而恰为 5 时，则看保留的末位数是奇数还是偶数，是奇数时就进位为偶数，是偶数时则不进位(总之，使保留下来的末位数是偶数，即“四舍六入五留双”)。例如，将 4.175 和 4.165 修约成 3 位有效数字，则分别修约为 4.18 和 4.16。

另外，对原始数据只能做一次修约。例如，将 3.7469 修约为两位有效数字，只能一次修约为 3.7，而不能先修约为 3.75 再进而修约为 3.8。

(2) 进行加减运算时，运算所得结果的有效数字位数与小数点后位数最少者相同。例如， $1.2379+12.46=13.6979$ ，应取 13.70。

(3) 进行乘除运算时，运算所得结果的有效数字位数与有效数字位数最少者相同。例如， $1.23 \times 0.012=0.01476$ ，应取 0.015。进行数字乘方和开方时，保留原来的有效数字位数。

(4) 在对数运算中，所得对数有效数字的位数与真数的有效数字位数相同。例如， $[\text{H}^+]=4.0 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ， pH 应为 2.40。