

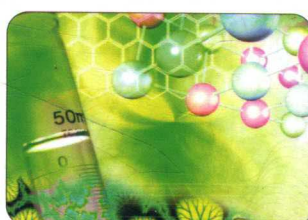
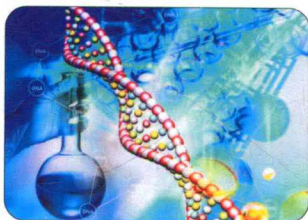


全国高等医学院校教材

供临床医学、预防医学、影像医学、法医学、检验医学、护理学类专业使用

医用化学实验

YIYONG HUAXUE SHIYAN



主编 董 丽

 郑州大学出版社

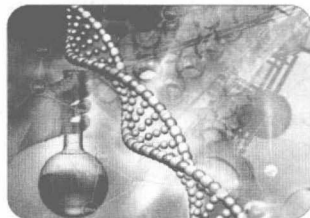


全国高等医学院校教材

供临床医学、预防医学、影像医学、法医学、检验医学、护理学类专业使用

医用化学实验

YIYONG HUAXUE SHIYAN



主编 董 丽

郑州大学出版社

郑州

图书在版编目(CIP)数据

医用化学实验/董丽主编. —郑州:郑州大学出版社,2014.8

ISBN 978-7-5645-1962-9

I. ①医… II. ①董… 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 (2014) 第 176551 号

郑州大学出版社出版发行

郑州市大学路 40 号

出版人:王 锋

全国新华书店经销

郑州龙洋印务有限公司印制

开本:787 mm×1 092 mm 1/16

印张:10

字数:236 千字

版次:2014 年 8 月第 1 版

邮政编码:450052

发行电话:0371-66966070

印次:2014 年 8 月第 1 次印刷

书号:ISBN 978-7-5645-1962-9

定价:24.00 元

本书如有印装质量问题,由本社负责调换



作者名单



主 编 董 丽

副 主 编 汪应灵 倪天军 袁建梅

编 委 (以姓氏笔画为序)

汪应灵 杨 洁 杨振华

范秉琳 倪天军 袁建梅

董 丽 程 迪



前言

医用化学是高等医学院校医学类各专业的重要基础课程,医用化学实验是医用化学的重要组成部分。随着教学改革的不断深化,创新能力培养愈来愈成为基础课程实验教学的重要目标。为适应这一新形势,我们总结多年来实验教学改革的经验,借鉴国内外同类课程的教材内容,结合医用化学少学时院校的教学实际,组织编写了这本《医用化学实验》。本教材既是我们多年教学实践的总结,也是省级精品课程建设的重要成果。

本教材包括“常用仪器和基本操作”、“基本实验”和“综合性及设计性实验”三部分。在实验内容上尽可能多地选用与医学相关的实际问题,突出教材的医用性,同时又确保学生理解化学基本理论,了解化学实验基本知识,满足其对实验技能训练的要求。在实验体系的编排上,既强调对学生良好实验习惯和基本科研素质的培养,又注重开发、培养学生的科学思维 and 创新能力。全书语言简练、深入浅出、通俗易懂,可作为临床医学类各专业医用化学实验的教学用书。

本教材简化了传统教材中给出的实验仪器和试剂,让学生通过预习,根据实验原理和步骤自己列出实验仪器和试剂。同时,为了加强和引导学生实验预习,在每个实验中都编写了“实验导学”,这些都是本教材区别于其他教材的特色之处。

本教材由新乡医学院化学教研室编写,担任编写任务的教师有董丽、汪应灵、倪天军、袁建梅、杨洁、杨振华、范秉琳、程迪。全书由董丽教授组织编写并统稿。

本书凝聚了多年来从事医用化学实验教学老师们和实验技术人员的辛勤劳动,兄弟院校的宝贵经验和历届学生的教学实践给了我们很多有益的启发。本书编写工作还得到了新乡医学院教务处处长文小军教授的大力支持,在此一并谨致谢忱。

由于编者水平所限,虽经多次集体讨论和一再校阅,欠妥之处仍恐难免。祈望广大读者不吝赐教,以便再版时订正。

编者

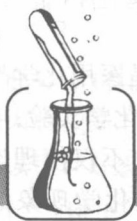
2014年7月

· 1 ·

目 录

绪论	1
第一章 常用仪器和基本操作	12
第一节 实验仪器介绍	13
第二节 化学实验技术与基本操作	32
第二章 基本实验	65
实验一 缓冲溶液的配制和性质	66
实验二 凝固点降低法测定尿素相对分子质量	69
实验三 酸碱标准溶液的配制与标定	72
实验四 食醋总酸度的测定	76
实验五 葡萄糖的含量测定	78
实验六 水硬度的测定	80
实验七 醋酸解离平衡常数的测定	84
实验八 分光光度法测定 Fe^{3+} 的含量	87
实验九 胶体溶液的性质	91
实验十 熔点的测定	95
实验十一 常压蒸馏与乙醇沸点的测定	99
实验十二 折光率和旋光度的测定	101
实验十三 醇、酚、醛、酮的性质	104
实验十四 糖和蛋白质的性质	109
实验十五 复方新诺明中 SMZ 和 TMP 的分离鉴定	112
第三章 综合性及设计性实验	114
实验十六 血清碳酸氢根及总二氧化碳测定	115
实验十七 蛋壳中钙、镁含量的测定	117
实验十八 葡萄糖酸锌口服液的含量测定	123
实验十九 维生素 B_{12} 注射液的含量测定	125

实验二十	双波长分光光度法测定复方苯甲酸酐的含量	127
实验二十一	生理盐水中氯离子含量的测定	129
实验二十二	HPLC 法测定对乙酰氨基酚泡腾片的含量	131
实验二十三	阿司匹林的制备	133
实验二十四	局部麻醉药对氨基苯甲酸乙酯的制备	135
实验二十五	茶叶中咖啡因的提取及鉴定	138
实验二十六	银杏叶中黄酮类化合物的提取及含量测定	140
附录		142
附录一	常用酸碱的密度、含量和浓度	142
附录二	元素的相对原子质量	142
附录三	常用酸碱指示剂	143
附录四	常用缓冲溶液的配制方法	144
附录五	pH 值标准缓冲溶液的配制方法	145
附录六	不同温度下标准缓冲溶液的 pH 值	146
附录七	常用有机溶剂的沸点及密度	147
附录八	常用试剂的配制方法	148



绪论



本部分较系统地介绍了医用化学实验的学习目的、学习方法、成绩评定方法、实验守则、实验记录方法和实验报告的书写规范等,旨在使学生理解学习医用化学实验的目的和重要意义,提高学生进行化学实验的安全意识,教育学生以正确方法进行化学实验操作、科学记录实验数据和现象、规范书写实验报告。这部分内容对整个化学实验操作训练具有普遍意义。

一、医用化学实验的学习目的

医用化学是临床医学各专业必修的一门基础课程,医用化学实验是医用化学教学的重要组成部分,它集知识传授、能力培养和素质教育于一体。通过医用化学实验,可以使 学生获得感性认识,巩固和加深对医用化学基本理论的理解与掌握,它不仅使理论知识直观化、形象化,而且能反映理论知识所适用的条件和范围,全面反映化学现象的复杂性;它训练学生正确、熟练地掌握与医学相关的化学基本操作,学会正确使用各种基本的化学仪器;通过实验,特别是一些综合性实验,使学生熟悉从资料查找、方案设计、动手操作、现象观察、数据测量、结果处理、结论推断等一系列科学实验的基本要素,提高学生观察、分析和解决问题的能力;同时,医用化学实验课又是一个学生综合素质培养的良好场所,在操作训练的同时,培养学生实事求是、团结协作、创新意识的科学品德和精神,以及准确、整洁、节约、有条不紊等良好的实验习惯等。

在实际教学中,有相当一部分学生尤其是大一新生,对实验课的重要性认识不足,从而轻视实验课,这是非常错误的行为。医用化学实验绝不仅仅是为了孤立地验证化学理论和培养基本的化学实验操作技能,通过化学实验所养成的良好的实验习惯、动手能力、创新意识,以及正确记录实验现象和数据、正确书写实验报告、科学归纳实验结论等能力,都是进行后续医学各专业课程实验和今后从事科研工作所不可或缺的素养。因此,实验课的重要性怎样强调都不为过!

二、医用化学实验的学习方法

要达到上述实验目的,需要充分认识化学实验的重要性,树立正确的学习态度。除此之外,还需注意做到以下几方面。

(一)重视实验前预习

实验预习是做好医用化学实验的重要前提和环节。不少学生不进行实验预习,在实验操作时难免机械地按照书本上的步骤照方抓药。这样难以保证实验的连续性,对实验的关键环节理解不深,不利于创新能力培养,实验的教学目的就难以达到。因此,必须重视实验预习这一环节。

为了便于学生预习,本教材在每一个实验前都编写有“实验导学”,旨在引导学生进行实验前预习。“实验导学”指出了本实验要预习的基本操作以及所涉及的理论教材的相关知识,并针对实验内容所涉及的原理、使用仪器、实验的关键步骤等方面设计了若干个思考题,学生可在预习后回答。学生在“实验导学”的引导下,应按照下列要求完成实验预习:

1. 明确实验目的,熟悉实验原理,清楚实验步骤以及各步操作的目的和要求。按照实验导学的指示,仔细阅读教材,必要时查阅手册或其他参考书。
2. 了解实验中的注意事项,对整个实验做到心中有数。根据实验项目和步骤,预习时要认真思考哪些步骤应先做,哪些后做,哪些可安排在其他实验间隙中做,以便合理安排

排实验程序,使整个操作既紧凑又有条不紊。

3. 能根据实验原理和操作步骤,列出完成本实验所需要配制的试剂和要使用的仪器。

此外,应养成书写预习报告的习惯,通过自己的思考,用自己的语言,简明扼要地把预习内容记录下来,尤其是要认真记录自己所认为的实验的关键环节和注意事项。预习时可以设计好表格,以便实验时及时、准确地进行记录。

(二) 讨论

具体操作前,实验教师要对实验原理、实验步骤和操作注意事项等进行讲解,对实验所涉及的特殊操作和仪器的使用进行说明或操作示范,实验后教师还要组织课堂讨论,对整个实验情况进行总结。学生要注意倾听教师的讲解,积极参与课堂讨论,对自己预习中和实验后仍有疑惑的问题及时与老师沟通交流。

(三) 做好实验

实验时要认真操作,仔细观察。不要为了贪图“方便”、“省事”而不按规范进行操作,或者匆匆忙忙赶进度;对一些基本操作要反复练习,直到达到准确、熟练的程度;要仔细观察实验现象,并将实验测量数据和实验现象及时、真实地记录在实验报告本上;要注意培养良好的科学态度,不允许弄虚作假、随意修改实验数据。

实验中要善于思考所观察到的现象,尤其是那些与预期结果不同的一些现象和结果,学会用已有的理论解释实验中的问题,如尚有疑惑,可与指导教师讨论,或写入实验报告中。要正确对待实验结果,科学实验本身就有成功和失败两种可能,对实验出现的“反常”现象和不理想的结果要认真查找原因,总结经验和教训,有时一次“不成功”的实验可能要比一帆风顺的实验有更深的印象和更大的收获。

(四) 写好实验报告

实验报告的书写是实验的总结,是感性认识上升到理性认识的过程,因此是每个实验的重要组成部分,它旨在培养学生科学记录实验过程、正确处理实验数据、总结归纳实验结果和结论的能力,为今后撰写科研论文和研究报告打下良好的基础。因此,要正确对待实验报告的书写。实验报告要字迹整洁、简明扼要、格式合理科学。

三、医用化学实验的成绩评定

实验成绩由平时实验成绩和期末实验操作考试成绩两部分组成,是医用化学课程总成绩的组成部分。

平时成绩根据学生实验过程中各个环节的表现综合评定,包括实验态度、考勤、实验纪律、实验操作、实验报告、值日情况等。因此,每位同学都应该在每一个实验的各个环节严格要求自己。

操作考试主要考察经过系统训练之后,学生的实际操作能力、动手能力、实验习惯等各方面的培养成效,安排在完成全部实验教学之后进行。操作考试通常采用随机抽签的方式进行,从事先拟定的若干个操作项目中抽签决定自己的考试内容,按照考试内容的

要求,在规定的时间内完成所考核内容的操作,教师根据操作的情况综合评定。考核内容主要是整个医用化学实验教学中所训练的一些基本实验操作,所以,要求学生在平时的实验中注意基本操作的训练,切实达到熟练、准确的程度。

四、医用化学实验的实验守则

(一) 实验室守则

为了保证实验的正常进行和培养良好的实验作风,避免实验事故的发生,学生必须遵守下列实验室规则:

1. 实验前做好准备工作。认真预习实验内容,明确实验的目的和原理,清楚实验步骤及注意事项,写出预习报告。
2. 进入实验室必须穿白大衣,禁止穿拖鞋、背心、短裤进入实验室。
3. 实验前检查仪器、试剂,如发现有破损或缺少现象,应向指导老师请示,按规定办理补领手续。实验过程中仪器若有损坏,应按照规定进行赔偿和补充。
4. 不迟到早退,实验过程中应保持安静,遵守实验纪律,不准大声喧哗。提前完成实验者要经指导教师同意后方可离开实验室。实验进行时应认真操作,及时记录实验现象,不得擅自离开,不做与实验无关的事情。
5. 遵从教师的指导,注意安全,严格按照操作规程和实验步骤进行实验。发生意外事故时,要镇静、及时采取应急措施,并立即报告指导教师。
6. 保持实验室整洁。实验时做到桌面、地面、水槽、仪器四净。实验完毕后应把实验台整理干净,试剂、仪器分类放置,将属于自己保管的仪器放进实验柜内锁好。所有废弃物应放入废物缸,不得乱扔。
7. 爱护公物,节约水、电、煤气及试剂;不得乱拿别人的仪器,严格控制药品用量,不得私自将药品、仪器带出实验室;公用仪器及药品用完后立即放回原处。
8. 轮流值日。值日生的职责为:整理公用仪器,打扫实验室卫生,清倒废物缸,并协助实验室管理人员检查和关好水、电、煤气及门窗。值日生需经老师检查合格后方可离开实验室。
9. 根据原始记录,认真写出实验报告,并按时上交。

(二) 实验室安全守则

在医用化学实验中,经常使用煤气、水、电,腐蚀性的、易燃、易爆或有毒的化学试剂,以及大量易损坏的玻璃仪器和某些精密仪器。因此,必须从思想上重视安全,决不要麻痹大意,但也不能盲目害怕而缩手缩脚,不敢大胆实验。为了保证实验的顺利进行和人身安全,必须熟悉和遵守以下安全守则:

1. 实验室内严禁饮食、吸烟,一切化学药品禁止入口。
2. 一切易燃、易爆物质的操作都要远离火源,并严格按照正确的操作规程操作。加热蒸发易挥发或易燃有机溶剂,应在水浴或密封电热板上缓慢进行,严禁以明火或电炉直接加热;烘箱不可作蒸发之用,能产生腐蚀性气体或易燃的物质均不得放入烘箱;进行

加热、蒸发、灼烧等操作时,不得擅自离开实验室;灼热的仪器不可直接与冷物接触,以免破裂,也不可与人直接接触或放在实验台上,最好放在石棉板、铁丝网或其他不易起火、灼焦的安全地方。

3. 使用电器设备时,不可用湿手开关电器,不用时应及时切断电源。如发现有漏电情况应立即报告指导教师进行检查。

4. 有毒药品(如汞盐、砷化物、氰化物等)的使用应特别小心,严禁入口或接触伤口。一切不溶物、浓酸、浓碱、有毒物、有机溶剂等废液严禁倒入水槽,以免堵塞或腐蚀下水管路。

5. 加热或蒸发盐酸、硝酸、硫酸,或制备有刺激性的、有毒的气体(如 H_2S , Cl_2 , CO 等)或伴有产生这些气体的反应操作应在通风橱内进行。

6. 禁止任意混合各种试剂药品,以免发生意外事故。

7. 水、电、煤气使用完毕应立即关闭。

8. 实验结束后要洗手。离开实验室时,再次检查水、电、煤气、门窗是否已关好。

五、实验室中意外事故的处理

化学实验是一门事故发生率较高的实验课程,小事故常见,恶性事故也时有发生。为了预防实验事故及在发生事故能及时有效地处理,尽可能减轻其危害,必须对常见事故的发生原因、预防办法及处置措施有所了解。实验室中常见的事故及救护措施有:

(一) 药品灼伤的处理

当强酸、强碱及腐蚀性药品沾及人的皮肤、眼睛等时,会造成药品灼伤,常见情况为:①在倾倒、转移、称量药品时不小心触及;②在开启储有挥发性液体的瓶塞或安瓿瓶时未预先冷却,高压蒸气携带液体冲出溅及人体;③蒸馏时发生暴沸或在密闭系统中反应,塞子或仪器接头处被冲开,药液溅上人身;④反应中生成的腐蚀性气体大量散发到空气中,人体暴露在这样的气体里而被沾染。

对于前三种情况,只要严格、认真地按照正确的规程操作都可避免;对于反应中产生的腐蚀性气体可根据其性质,先用水或适当的药液吸收,再将余气导入下水道,使之不能散发到室内空气中去。强酸(或强碱)灼伤,可用抹布擦去大量的酸(或碱)液后,用大量自来水冲洗,然后用 3% ~ 5% 碳酸氢钠(或硼酸)溶液冲洗,最后再用水冲洗。

(二) 割伤的处理

割伤主要发生于以下两种情况:①玻璃仪器口径不匹配而勉强连接或装配仪器时用力过猛;②在向橡皮塞中插入玻璃管、玻璃棒或温度计时,塞孔太小,而手在玻璃管、棒或温度计上的握点离塞子太远。

预防割伤就必须注意口径不合的仪器不要勉强连接,装配仪器用力要适度。向塞孔中插入玻璃管、棒或温度计时要按正确的方法进行。

割伤的处理:从伤口处取出碎玻璃,水洗后涂以碘酒消毒并包扎,必要时就医。

(三) 中毒的处理

实验室中所用的有机化学试剂大多具有毒性。摄入人体的途径有误服、皮肤沾染和

经呼吸道摄入。误服的可能性微乎其微,只要严格、细心地按规程操作,皮肤沾染也可以避免。预防中毒的最根本办法是:①预先查阅有关资料,对所操作的试剂的毒性有尽可能详细的了解;②试剂取用后立即盖好盖子,以防其大量挥发,并保持空气流通;③严格规程,细心操作,防止皮肤沾染和药品飞溅。

吸入刺激性或有毒气体(如氯气、氯化氢)时,可吸入少量酒精和乙醚的混合蒸气解毒。因吸入硫化氢气体而感到不适(头晕、胸闷、欲吐)时,立即到室外呼吸新鲜空气。中毒严重者应及时送医院治疗。有毒物品误入口中,用大量水洗漱口腔,并立即去医院治疗。

(四) 烫伤和冻伤的处理

皮肤触及热的物体(如热的铁圈、沸水、热蒸气等)会被烫伤;触及干冰、液氮等会被冻伤。前者可涂上烫伤膏或万花油,后者可用手按摩,加速血液循环或涂上冻伤膏。较严重者则需到医院治疗。

(五) 着火的处理

有机试剂大多可燃,而实验室中最常使用的溶剂大多是易燃品并具有较强的挥发性。实验室中又常用酒精灯、煤气灯、电炉等加热,电器使用时也往往会产生电火花。所以,着火燃烧是化学实验室发生率最高的实验事故。常见的情况有:①在烧杯或蒸发皿等敞口容器中加热有机液体,可燃的蒸气遇明火引起燃烧;②回流或蒸馏操作中未加沸石,引起暴沸,或装置安装不当,液体冲出瓶外被明火点燃;③用明火加热装有液体有机物的烧瓶,引起烧瓶破裂,液体溢出并被点燃;④在倾倒或量取有机液体时不小心将液体洒出瓶外并被明火点燃;⑤将废溶剂等倒入废物缸,其蒸气大量挥发,被明火点燃。

万一发生燃烧事故,要冷静处置,千万不可惊慌失措。首先要立即熄灭火源,移开火焰周围的可燃物品,然后根据具体情况作不同处置。若是热溶剂挥发出的蒸气在瓶口处燃烧,可用湿布覆盖至熄;若仅有一两滴液体溅在实验台面上燃烧,则移开周围可燃物后,可任其烧完,一般不会烧坏台面;若洒出的液体稍多,可用防火沙、湿布或石棉布盖熄;若火势较大,则需用灭火器喷熄;若可燃液体溅在衣服上并引起燃烧,应立即就地躺倒滚动将火压熄,切不可带火奔跑,以免火势扩大。

实验室内灭火应该注意:①只有当着火的有机物极易溶于水,且火势不大时才可用水灭火,其他情况下一般不用水灭火,因为有机物会浮在水面上继续燃烧并随水的流动迅速扩散;②用灭火器灭火时应从火焰的四周向中心扑灭,电器着火时不可用泡沫灭火器灭火;③金属钾、钠造成的着火事故不可用灭火器扑灭,更不能用水,只能用干沙或石棉布盖熄。若一时不具备这些东西,也可将实验室常用的碳酸钠或碳酸氢钠固体倒在火焰上将火扑灭。若火势较大,应立即拨打119请求救援。

六、实验记录中的有效数字及运算规则

(一) 有效数字

有效数字就是在具体实验中能测量的数字。所以,一个具体的实验测量数字与所使

用的测量仪器的精度直接相关,不同的测定方法及测定仪器所测得结果的准确度也是有差别的。例如,使用台秤称量某物质的质量为 3.43 g,因为台秤能准确称量到 0.1 g,所以,在这个测量数据中,3.4 g 是在台秤上可以准确读得的,而最后一位“3”是估计出来的。同样这份样品放在分析天平上称量,则为 3.4118 g,前 4 位是准确读得的,最后一位是估计的。因此,分析天平比台秤的测得的结果要准确。3.43 和 3.4118 是用不同测量工具测定的两个数值,都为有效数字,其中只有最后一位数字是估计的,称其为可疑数据,其他各数据都是确定的,3.43 的有效数字为 3 位,3.4118 的有效数字为 5 位。

在一个数中,“0”可以是有效数字,也可以是仅起决定小数点位数的作用。不是测量所得的自然数视为无限多位有效数字。现举例如下:

0.038 5	三位有效数字,“0”决定小数点位置。
0.038 50	四位有效数字,最后一位“0”为有效数字。
2.1×10^5	两位有效数字。
2.10×10^5	三位有效数字。
2 500	不确定,其有效数字的位数要由实际情况而定。
$\lg x = 10.00$	$x = 1.0 \times 10^{10}$,两位有效数字。
pH = 4.50	两位有效数字。

在实验过程中,要依据实验仪器的准确程度来正确地记录实验数据。

(二) 有效数字的运算规则

有效数字的修约规则是“四舍六入五留双”,即当尾数 ≤ 4 时则舍,尾数 ≥ 6 时则进位,尾数等于 5 而后面数为 0 时,若“5”前面为偶数则舍,为奇数时则进位;当 5 后面还有不是零的任何数时,无论 5 前面是偶数或奇数皆进位。例如,将下列数据修约为 4 位有效数字,修约后的结果应为:

1.523 4 $\rightarrow$ 1.523; 1.523 6 $\rightarrow$ 1.524; 1.523 50 $\rightarrow$ 1.524; 1.524 50 $\rightarrow$ 1.524; 1.524 52 $\rightarrow$ 1.525

在进行有效数字之间的运算时,计算规则为:

1. 加减法:几个有效数字进行加减运算时,它们的和或差只能保留一位不确定数字,故有效数字的保留,应依小数点后位数最少的为根据。例如:28.1+15.46+1.046 43 相加的结果是 44.606 43,根据上面的规则,小数点后只能保留一位,故其值为 44.6。也可以小数点后位数最少的数 28.1 为准,将其他各数修约为带一位小数的数,15.46 $\rightarrow$ 15.5; 1.046 43 $\rightarrow$ 1.0,再相加求和为 44.6,结果相同。

2. 乘除法:在进行乘除运算时,所得结果的有效数字按有效数字最少的那个数来保留。例如: $\frac{0.023 4 \times 17.854}{128.6} = 0.003 248 7$,在式中的 3 个数中,0.023 4 是有效数字最少的(3 位有效数字)。因此计算结果也相应取 3 位有效数字,即 0.003 25。

在用计算器进行有效数字运算时,不必对每一步的计算结果进行位数确定,最后计算结果保留正确的有效数字位数即可。

(三) 结果表达

通常情况下,一个试样平行测定 3 份,在不超过允许的误差范围内,取 3 份的平均值即可。

为了衡量分析结果的精密度,一般对单次测定的一组结果 $x_1, x_2, \dots, x_n$, 计算出算术平均值 $\bar{x}$ 后,再用单次测量结果的相对偏差、平均偏差、标准偏差等表示出来,这是分析实验中最常用的几种处理数据的表示方法。

$$\text{算术平均值: } \bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum x_i}{n}$$

$$\text{相对偏差: } \frac{x_i - \bar{x}}{\bar{x}} \times 100\%$$

$$\text{平均偏差: } \bar{d} = \frac{|x_1 - \bar{x}| + |x_2 - \bar{x}| + \dots + |x_n - \bar{x}|}{n} = \frac{\sum |x_i - \bar{x}|}{n}$$

$$\text{相对平均偏差: } RMD = \frac{\bar{d}}{\bar{x}} \times 100\%$$

$$\text{标准偏差为: } s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

$$\text{相对标准偏差: } RSD = \frac{s}{\bar{x}} \times 100\%$$

其他有关实验数据的统计学处理,例如置信度与置信区间、是否存在显著性差异的检验及对可疑值的取舍判断等,可参考有关书籍和专著。

七、实验记录方法及实验报告书写

(一) 实验记录方法

实验记录是对科学实验全过程的客观记述,以备实验结果处理、日后复查、实验档案保存之用。因此,科学、熟练的实验记录方法是从事科学实验活动的基本素质。

每个学生都应有专用的化学实验记录本,标上页码,不得随意撕去任何一页。在实验过程中,实验者必须养成一边实验一边直接在记录本上作记录的习惯,不允许事后凭记忆补写,或用单页纸做实验记录,或将实验记录写在书上。实验预习报告可写在实验记录本上。

对于实验过程中观察到的现象和测定的实验数据,应及时记录。文字记录应字迹清楚,简明扼要;数据记录应实事求是,准确无误。不应夹杂任何主观因素,更不能随意拼凑或伪造数据。如不慎将数据读错、记错或算错而需改动时,可将该数据用斜线划去,另起一行写上正确的数据,不允许在记录本上随意乱写。

记录数据时,有效数字的保留应和所用仪器的准确程度相一致。例如用分析天平称量时,应记录至 0.000 1 g;滴定管和移液管的读数应记录至 0.01 mL 等。

实验记录上的每一个数据都是测量结果,所以,重复观测时,即使数据完全相同,也应记录下来。

实验中若涉及标准溶液、特殊试剂、特殊仪器使用,也要及时记录下来其配制方法、浓度及仪器的型号等信息。

(二) 实验中数据的表达方法

1. 列表法:把实验数据按照自变量和因变量一一对应的关系排列成表格,使得全部数据一目了然,便于进一步地处理、运算和检查。一张完整的表格应包括表格的顺序号、名称、项目、说明及数据来源。表格的横排称为行,竖排称为列。列表时要注意以下几点:

(1) 每张表都有含义明确的完整名称。

(2) 每一个变量占表中一行,一般先列自变量,后列因变量。每一行的第一列应写出变量的名称和量纲。

(3) 每一行记录数据应注意其有效数字位数。同一列数据的小数点要对齐,数据应按自变量递增或递减的次序排列,以显示出变化规律。

(4) 处理方法和运算公式要在表下注明。

2. 作图法:实验数据通常要作图处理,其特点是能直接显示数据的特点及其变化规律,能简明直观地揭示各变量之间的关系,从图上很容易找出数据的极大值、极小值、转折点及周期性等,利用图形可以求得斜率、截距、内插值、外推值及切线等。根据多次实验测量数据所描绘的图像一般具有“平均”的意义,由此可以发现和消除一些偶然误差。

◆作图步骤如下:

(1) 准备材料:作图需要应用坐标纸、铅笔、透明直角三角板、曲线尺等。

(2) 选取坐标轴:在坐标轴上画出两条互相垂直的直线,一条是横轴,一条是纵轴,分别代表实验数据的两个变量,习惯上以自变量为横坐标,因变量为纵坐标。

坐标轴上比例尺的选择原则:①从图上读出的各种量的准确度和测量得到的准确度要一致,即使图上的最小分度与仪器的最小分度一致,最好能表示出全部有效数字。②每一格所对应的数值要易读,有利于计算。例如,每单位坐标格应代表1,2,或5的倍数,而不要采用3,6,7,9的倍数;还应把数字标示在逢5或逢10的粗线下面。③坐标纸的大小必须能包括所有必需的数据且略有宽裕,这样可使图形布局匀称,既不能使图形过大,甚至不能画出某些测量数据,也不使图形太小而偏于一角。④若所作图形为直线,则应使直线与横坐标的夹角在 45° 左右,切勿使角度太大或太小。不一定把变量的零点作为原点。

(3) 标定坐标点:根据实验测得的数据在坐标纸上画出相应的点,用符号表示清楚,若在同一图纸上画几条直(曲)线时,则每条线的代表点需用不同的符号表示。

(4) 线的描绘:用均匀光滑的曲线或直线连接坐标点,要求这条线尽可能接近或贯串大多数的点,并使各点均匀地分布在曲线或直线两侧。若个别点偏离太大,则连线时可不考虑。这样描出的曲线或直线就能近似地反映被测量的平均变化情况。

在曲线的极大、极小或折点附近应多取些点,以保证曲线所表示规律的可靠性。对个别远离曲线的点,要分析原因,若是偶然的过失误差造成的,可不考虑这一点;若是重复实验情况不变,则应在此区间进行反复仔细测量,搞清是否存在某些规律,切不可轻易舍去远离曲线的点。

(5) 标注数据及条件:图作好后,要写上图的名称,注明坐标轴代表量的名称、所用单位、数值大小以及主要的测量条件。

(三) 实验报告

实验报告的书写是实验的重要组成部分,旨在培养学生分析、归纳、总结以及撰写研究报告的能力。学生应重视实验报告的书写。对实验报告的要求是:

1. 条理清楚。
2. 详略得当:陈述清楚,但不烦琐。
3. 语言准确:除“讨论”项外,尽可能不使用“如果”、“可能”等模棱两可的字词。
4. 数据完整:重要的操作步骤、实验现象和实验数据应表述完整、准确,不得遗漏。
5. 实验装置图应避免概念性错误。
6. 实验原理、步骤等要根据操作体会通过自己的语言表述出来,不得抄袭实验教材。

实验报告一般包括下列内容:

实验编号:_____ 实验名称:_____ 实验日期:_____ 操作者姓名:_____

1. 实验目的:做此实验要达到的目的,即为什么要做这个实验。在设计性实验中实验目的常常变为实验要求。
2. 实验原理:基础理论、基本知识、实验方案、合成路线、化学反应方程式、计算公式等。
3. 实验器材:试剂名称、浓度、级别等;仪器名称、型号、厂家等。
4. 实验步骤:避免全篇幅的文字书写,尽量采用表格、符号、流程图等简洁清楚地表达实验过程。
5. 实验数据及其处理:应用文字、表格、图形等形式将数据表示出来,记录需要规范、正确、完整。例如,记录参数单位清楚、有效数字位数正确等。并根据实验要求按相应公式计算出分析结果及精密度。
6. 问题及讨论:尽可能地结合有关理论,以提高自己分析问题、解决问题的能力,也为以后的科学研究论文的撰写打下一定的基础。可以从以下几方面撰写:①针对实验中观察到的现象及实验结果进行分析和讨论;②实验中应注意的问题及某些改进措施;③实验体会;④成功经验及失败教训等。

上述几项内容的繁简、取舍,应根据各个实验的具体情况而定。报告中的一些内容,如原理、表格、计算公式等,要求在实验预习时准备好,其他内容则可在实验过程中以及实验完成后填写。

附 实验报告示例

实验编号:实验6 实验名称:食醋总酸度的测定 实验日期:xxxx.x.x

操作者姓名:xxx 年级、专业及班级:xxxx级xx专业x班

一、实验目的

1. 掌握强碱滴定弱酸的基本原理及指示剂的选择。
2. 学习食醋总酸度的测定方法。

二、实验原理



滴定产物为 CH_3COONa 水溶液,即化学计量点时溶液显弱碱性,故用酚酞作指示剂指示滴定终点。终点颜色由无色变为浅红色。