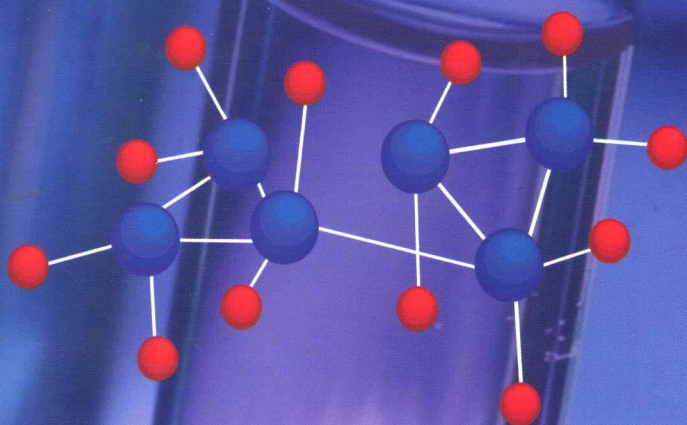


高等院校实验系列教材·供医学、药学专业使用

医药化学实验

YIYAO HUAXUE SHIYAN

周勰 刘德育 黄爱东 © 主编



中山大学出版社
SUN YAT-SEN UNIVERSITY PRESS

高等院校实验系列教材·供医学、药学专业使用

医药化学实验

YIYAO HUAXUE SHIYAN

周勰 刘德育 黄爱东 © 主编



中山大学出版社
SUN YAT-SEN UNIVERSITY PRESS

· 广州 ·

版权所有 翻印必究

图书在版编目 (CIP) 数据

医药化学实验/ 周颢, 刘德育, 黄爱东主编. —广州: 中山大学出版社, 2014. 8
ISBN 978 - 7 - 306 - 04937 - 7

I. ①医… II. ①周… ②刘… 黄… 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 132370 号

出版人: 徐 劲

策划编辑: 鲁佳慧

责任编辑: 鲁佳慧

封面设计: 曾 斌

责任校对: 杨文泉

责任技编: 黄少伟

出版发行: 中山大学出版社

电 话: 编辑部 020 - 84111996, 84113349, 84111997, 84110779

发行部 020 - 84111998, 84111981, 84111160

地 址: 广州市新港西路 135 号

邮 编: 510275 传真: 020 - 84036565

网 址: <http://www.zsup.com.cn> E-mail: zdcbs@mail.sysu.edu.cn

印 刷 者: 佛山市浩文彩色印刷有限公司

规 格: 787mm × 960mm 1/16 11.25 印张 300 千字

版次印次: 2014 年 8 月第 1 版 2014 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 35.00 元

如发现本书因印装质量影响阅读, 请与出版社发行部联系调换

本书编委会

主编	周 颢	刘德育	黄爱东
编委	叶建涛	陆 明	叶燕媚
	陈学文	叶剑清	钟玖平
	王 毅	刘 鹏	曾 飒

编委

2014年2月



前 言

化学实验是医药院校开设的第一门实验必修课，是实践教学的重要一环，也是理论化学教学不可缺少的一部分。它是一门独立的课程，但又与理论课程紧密联系。

医药化学实验是将无机化学、分析化学（包括化学分析和仪器分析）、有机化学三大化学学科的实验，去粗取精、去旧补新，根据它们内在的规律和联系，进行重组、整合、优化与更新，并在此基础上建立的实验课程新体系。它包括化学实验基础知识与基本操作技能、各化学学科基本实验和综合设计性实验三大部分，各部分内容既特征鲜明，又相互渗透融合。整个课程体系贯串着“基础、提高、综合、创新”的特点。在“基础”阶段，着重进行基本知识、基本操作和基本技能的训练；在“提高”阶段，要求学生利用已掌握的基本技能完成三大化学学科的基本实验；在“综合”阶段，强调各化学学科内部及学科间的紧密联系，要求学生综合应用化学实验原理和基本方法进行更深入、系统的实验技能训练；而在“创新”阶段，则通过设计性和研究性实验，培养学生的创新思维和创新精神，以及独立分析和解决问题的能力。

本教材是以教学大纲为依据，在我们多年使用的《基础化学实验》、《有机化学实验》的基础上精选、修改、补充和完善，参照全国医药院校的教学现状，结合多年的教学实践经验，并在当前高校医药实验室建设的实际情况基础上编写而成。本书共选编了48个实验，其中既有技能训练和基础性实验，也有综合性实验及设计性实验，每个实验都提供实验目的、实验原理、实验步骤和注意事项等。本书可作为综合性大学医学和药学等相关专业本科生和研究生的实验教材，也可供从事化学实验教学和相关专业研究人员参考。

本书在编写过程中得到了广东省高等学校教学质量与教学改革工程专项资金、中山大学实验教材建设专项、中山大学实验教学改革研究开放资金的资助，得到了许多老师的支持和热情帮助，以及中山大学出版社对本书的编写给予的热情指导和鼓励，在此表示衷心感谢！

本书参考了兄弟院校一些实验内容，深表谢意。

限于编者水平，书中疏漏和不妥之处在所难免，恳请读者不吝赐教。

编者

2014年5月



目 录

第一部分 化学实验基本知识与操作技能	1
一、实验室基本常识	1
二、实验数据的表达与处理	3
(一) 测量中的误差	3
(二) 实验数据的记录与有效数字	5
三、实验报告的撰写要求	7
四、实验常用仪器介绍	11
五、化学实验基本操作	18
(一) 玻璃仪器的洗涤与干燥	18
(二) 化学试剂与溶液配制	19
(三) 质量度量仪器及基本操作	20
(四) 量筒和量杯的用法	22
(五) 滴定分析仪器的用法	22
(六) 干燥器的使用	26
(七) 酒精灯和温度计的使用	27
(八) 加热与冷却	27
(九) 溶解、蒸发、结晶(重结晶)和固液分离	28
(十) 萃取与洗涤	32
(十一) 蒸馏	33
(十二) 升华	35
(十三) 色谱分离	35
第二部分 无机化学实验	39
实验1 安全知识教育与滴定分析仪器的使用	39
实验2 电子天平与滴定分析仪器的使用	41
实验3 凝固点下降法测定萘的相对分子质量	42
实验4 硫酸铜的提纯	46
实验5 硫酸铜纯度的检验	47
实验6 药用氯化钠的制备	49
实验7 化学反应速率和活化能	50
实验8 离子交换法测定氯化铅溶度积	54



实验 9 醋酸解离平衡常数的测定	56
------------------------	----

第三部分 分析化学实验

59

酸碱滴定法

59

实验 10 氢氧化钠标准溶液的配制和标定	59
实验 11 食醋中总酸度的测定	62
实验 12 阿司匹林的含量测定	63
实验 13 盐酸标准溶液的配制和标定	65
实验 14 碳酸氢钠片中 NaHCO_3 含量的测定	68
实验 15 药用硼砂的含量测定	70

氧化还原滴定法

72

实验 16 碘标准溶液的配制与标定	72
实验 17 维生素 C 含量的测定	73
实验 18 硫代硫酸钠标准溶液的配制与标定	74
实验 19 铜盐的含量测定 (置换滴定法)	78
实验 20 高锰酸钾标准溶液的配制和标定	81
实验 21 高锰酸钾法测定硫酸亚铁铵中铁的含量	84
实验 22 过氧化氢的含量测定	85

配位滴定法

88

实验 23 EDTA 标准溶液的配制与标定	88
实验 24 水的总硬度测定	91
实验 25 Al^{3+} 、 Zn^{2+} 混合物中 Zn^{2+} 的含量测定	92

沉淀滴定法

94

实验 26 银量法标准溶液的配制与标定	94
实验 27 氯化铵的含量测定	98

分光光度法

100

实验 28 分光光度法测定溶液中总铁离子的含量	100
实验 29 紫外分光光度法测定蛋白质含量	103
实验 30 双波长分光光度法测定安钠咖注射液的含量	105
实验 31 原子吸收分光光度法测定血清中铁含量	109

电位法

111

实验 32 氟离子选择性电极测定尿中氟含量	111
实验 33 磷酸的电位滴定	114

第四部分 有机化学实验

118

实验 34 常压蒸馏和沸点的测定	118
实验 35 熔点的测定	120
实验 36 折光率的测定	121



实验 37	旋光度的测定	124
实验 38	乙酸乙酯的制备	127
实验 39	乙酰水杨酸的制备	129
实验 40	从茶叶中提取咖啡因	131
实验 41	丁香酚的提取和分离	133
实验 42	薄层色谱	135
实验 43	官能团的性质实验	137
第五部分 综合实验		143
实验 44	果汁饮料中维生素 C 含量的测定	143
实验 45	草酸合铁 (Ⅲ) 酸钾的合成和组成测定	145
第六部分 分析方案的设计		148
一、概述		148
二、设计性实验示例		148
三、可选的设计实验		150
实验 46	复方氢氧化铝片中氧化铝及氧化镁含量的测定	151
实验 47	蛋壳中钙、镁含量的测定	151
实验 48	药物官能团的检测	152
第七部分 附 录		155
附录 1	PXSJ-216 型离子计的使用	155
附录 2	TU-1810 型紫外-可见分光光度计	158
附录 3	日立 Z-5000 型原子吸收分光光度计	167
参考文献		169



第一部分 化学实验基本知识与操作技能

一、实验室基本常识

1. 实验室守则

(1) 学生进入实验室前,应认真学习并严格遵守本守则和实验室其他管理规定,增强安全意识,注意人身和设备安全,要听从实验指导教师和实验技术人员的安排。

(2) 实验前的预习是做好实验的前提。学生要足够重视预习环节,并按要求写出预习报告。预习报告应包括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等,并预留记录实验现象和测量数据的位置。运用自己的语言进行归纳(避免照抄教材内容),尽量采用简单的流程图、化学式、表格和符号等表示。实验前任课教师有责任检查学生的预习情况,对没有预习或预习不合格者,任课教师有权取消其参加本次实验。

(3) 实验时要保持室内安静,不得高声喧哗交谈,不得随意走动串位。

(4) 在实验过程中,按照预习中所拟定的实验步骤,独立、认真操作,仔细观察现象,边实验、边思考、边记录。

(5) 禁止乱拆仪器设备。如学生损坏玻璃仪器或其他设备,应及时报告指导教师或实验室技术人员,说明原因并填写“仪器损坏登记表”,因违反操作规程而损坏仪器者须按有关规定赔偿。

(6) 实验完毕,应整理好仪器药品,清洗实验仪器,做好实验台面卫生,值日生还需要做好地面及公用实验区域的卫生,最后检查水电、填写值日登记表、关闭门窗后方可离开实验室。

2. 实验室安全规则

化学实验室有诸多潜在的危險,如爆炸、着火、中毒、灼伤和割伤等,因此,学生必须高度重视安全,听从教师指导,遵守以下操作规程,避免事故的发生。

(1) 熟悉实验室环境,了解急救箱、消防用品、紧急喷淋装置的位置和使用方法。

(2) 禁止用湿的手、物接触电源,水、电、煤气一经使用完毕,立即关闭开关。

(3) 实验室应保持室内通风良好,严禁在实验室内进食、吸烟。

(4) 实验中所用仪器和试剂的放置应合理、有序。实验台面应保持清洁整齐。实验工作结束或暂告一段落时,仪器试剂用品应放回原处。实验中产生的废物应回收至指定容器内进行集中处理,垃圾应放入垃圾桶内,禁止随意乱扔或抛入水池。

(5) 所用试剂、标样和溶液应有标签。绝对禁止在容器内装入与标签不相符的物品。

(6) 不可用口或鼻直接尝、嗅化学试剂。一切有毒和有刺激性气体的实验,都必须在通风橱内进行。切勿直接俯视容器中的化学反应或正在加热的液体。



(7) 在加热试管内液体时, 不要把试管口向着自己或旁人, 以免因爆沸液体飞溅到脸上或身上。

(8) 使用强酸强碱等具有强腐蚀性的试剂时, 应加倍小心, 切勿溅在皮肤上, 取用时戴戴橡胶手套和防护眼镜。

(9) 火柴、废纸等固体废物禁止弃入水槽内, 必须弃于废物桶中。

(10) 实验室所有试剂样品不得携出室外, 剩余试剂应交还指导教师。

3. 意外事故处理

实验过程中如果发生意外事故, 重伤者立即送往医院治疗, 轻伤者可采取如下措施:

(1) 割伤。取出伤口内异物, 涂上紫药水, 必要时撒上消炎粉, 用绷带包扎。

(2) 烫伤。轻微烫伤时, 可用冷水冲洗或浸泡 10 分钟以上; 烫伤严重者用冷水冲洗或浸泡后用无菌纱布覆盖伤处, 立即送医院治疗。

(3) 灼伤。如遇浓酸碱灼伤皮肤, 应立即用自来水冲洗。酸灼伤时, 水洗后再用 3% NaHCO_3 溶液 (或稀氨水、肥皂水) 处理, 最后用水将余酸洗净; 碱灼伤时, 水洗后用 1% 醋酸溶液处理, 最后用水将余碱洗净。有酸液溅入眼内时, 立即用大量自来水冲洗眼睛, 再用 3% NaHCO_3 溶液冲洗, 最后用蒸馏水将余酸洗净; 有碱液溅入眼内时, 先用自来水冲洗眼睛, 再用 2% H_3BO_3 溶液冲洗, 最后用蒸馏水将碱洗净。

(4) 吸入刺激性气体或有毒气体。立即到室外呼吸新鲜空气。

(5) 触电。立即切断电源。必要时对触电者进行人工呼吸。

(6) 起火。切勿惊慌, 立即采取措施灭火, 切断电源, 移走易燃药品等, 以防火势蔓延。有机溶剂或油类着火时, 火势较小时可用湿抹布或沙扑灭, 切勿用水灭火; 火势较大时, 可用二氧化碳灭火器或酸碱泡沫式灭火器扑灭。衣服着火时, 切勿惊慌乱跑, 须镇静, 就地躺倒打滚, 可迅速将火扑灭。

4. 实验室的“三废”处理

实验室“三废”指在化学实验过程中产生的废气、废液、废渣等有害物质。化学实验室的环境保护应该规范化、制度化, 应按照国家要求的排放标准对每次产生的废气、废渣和废液进行处理。把用过的酸类、碱类、盐类等各种废弃物分别倒入各自的回收容器内, 再根据各类废弃物的特性, 采取中和、吸收、燃烧、回收循环利用等方法来进行处理。处理方法如下:

(1) 废气的处理。在进行产生较少有害气体的一般实验时, 处理方法是开启排风扇或打开窗户, 使室内空气得到及时更新, 减小对实验操作人员身体健康的影响。在进行可能产生强烈刺激性或毒性较大的气体的实验时, 实验操作人员必须在通风橱中进行实验, 并保证通风良好。实验室若排放毒性大且较多的气体, 可参考工业上废气处理的办法, 在排放废气之前, 采用吸附、吸收、氧化、分解等方法进行预处理。

(2) 废液的处理。实验过程中产生的各种废液处理时按照可回收液和不可回收液分类倒入废液桶, 并且废液桶上应标有危险品、分类等相应标识。可回收液一般可回收重复利用; 不可回收的废液, 先集中收入废液桶, 桶装满后再统一转移到危险品仓库。仓库管理员在接收废液桶后按照相关的规定对其进行处理。

(3) 废渣的处理。实验室产生的有害固体废渣不能与生活垃圾混合。固体废弃物经回收、提取有用物质后, 其残渣应做最终的安全处理。对少量高危险性物质 (如放射性



废弃物等), 可将其通过物理或化学的方法进行固化, 再进行土地填埋。这是许多国家作为固体废弃物最终处置的主要方法。

5. 试剂使用规则

无论是液体或固体试剂, 均应密封保存于试剂瓶内。试剂瓶上贴有标明试剂名称及浓度的标签。使用试剂时应遵守下列规则:

- (1) 节约试剂用量, 在不影响实验结果的前提下尽可能用量最小化。
- (2) 用量筒从试剂瓶量取液体试剂时, 先将瓶塞取下, 倒置于桌上, 再用右手持试剂瓶(瓶的标签向手心, 以免试剂流出瓶外毁损标签), 左手持量筒并以拇指指示所需体积的刻度, 瓶口轻靠量筒上口边缘, 慢慢注入试剂。如不慎量取过多试剂, 应转给其他同学或弃去, 切勿倒回原瓶, 以免污染试剂。试剂取用后, 应立即将瓶口盖好, 放回原处。
- (3) 取少量(少于 1 mL)试剂时, 通常使用胶头滴管, 大约 20 滴试液的体积相当于 1 mL。用滴管吸取试剂时, 滴管胶头保持向上, 避免倾斜或倒立, 防止试剂流入橡皮帽导致试剂污染; 同时滴放试剂于另一容器时, 防止滴管接触容器壁或伸进容器口内。
- (4) 固体试剂应用清洁干燥的药匙取用。
- (5) 实验中, 除注明使用自来水外, 一般均用蒸馏水, 应注意节约使用蒸馏水。

二、实验数据的表达与处理

定量分析的任务是准确测定试样中组分的含量, 因此要求分析结果具有一定的准确度。人们在实际测量中, 希望得到被测量对象的客观真值, 但由于受各种条件的限制, 如测量工具的准确度、测量方法的完善程度、测量条件的稳定程度及测量者的经验等, 因此客观真值无法得到, 所得到的测量结果实际上是其近似值, 该近似值与真值的差称为测量误差。因此, 在实验过程中, 除了要选用合适的仪器和正确的操作方法外, 还要学会科学地处理实验数据, 使实验结果与理论值尽可能接近。因此, 需要了解误差和有效数字的概念, 掌握处理实验数据的正确的方法。

(一) 测量中的误差

根据误差产生的来源, 可将其分为系统误差、偶然误差和过失误差三类。

1. 系统误差

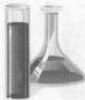
系统误差指在相同条件下对同一物理量进行多次测量时, 误差的绝对值和符号均保持不变, 当条件改变时, 误差的绝对值和符号按一定规律变化。系统误差是由于测量工具误差、环境的影响、测量方法不完善及测量者生理和心理上的特点等造成的。系统误差主要分为方法误差、仪器误差、试剂误差和主观误差。

(1) 方法误差是分析方法本身不够完善而造成的, 如重量分析中由于沉淀溶解损失而产生的误差。

(2) 仪器误差是由于仪器本身的缺陷造成的, 如天平的两臂不等, 砝码、滴定管等的不准确性等。

(3) 试剂误差是指如果试剂不纯或所用的水不合规格, 引入微量的待测组分或对测定有干扰的杂质而造成的误差。

(4) 主观误差是由于测量者的主观原因造成的, 如对终点颜色的辨别不同, 有的人



偏深,有的人偏浅。

可以看出,系统误差具有明显的规律,其大小、正负往往可以测定出来,若设法找出原因就可以采取办法消除或校正。如对所使用的仪器进行校正,对于试剂误差可以通过空白试验来校正等。

2. 偶然误差

偶然误差也称为随机误差,是由某些偶然因素造成的。这种误差多数情况下是由对测量值影响微小且相互独立的多种变化因素导致的综合结果。如实验条件的波动使测量仪器和测量对象发生微小变化等。偶然误差的大小正负都不恒定,在多次测量中服从统计规律分布。因此,为减少偶然误差,常采取适当增加测量次数,将多次测量值的平均值作为测量的结果。

3. 过失误差

过失误差是由于测量者粗心大意操作不正确造成的,如不按规程操作、加错药品、读错数据等。这种测量结果应该剔除。

4. 准确度和误差

准确度是指测定值与真实值之间的偏离程度,可以用误差来量度。测量误差有两种表示方法:绝对误差和相对误差。

$$\text{绝对误差} = \text{测定值} - \text{真实值}$$

$$\text{相对误差} = \text{绝对误差} / \text{真实值} \times 100\%$$

常用相对误差表达测量结果的可靠程度,一般可以认为:误差越小,测量的值越准确。误差有正负之分,误差为正值,表示测定值大于真实值,及测定结果偏高;反之,结果偏低。

5. 精密度和偏差

精密度是指测量结果的再现性(重复性)。通常被测量的真实值很难准确知道,所以在实际工作中,在消除系统误差的前提下,测量值与真值往往相差不大,一般可用测量平均值来代替真实值。这时,单次测定的结果与平均值之间的偏离就称为偏差,用偏差代替测量误差。偏差有绝对偏差和相对偏差。

$$\text{绝对偏差 } d = x_i - \bar{x}$$

$$\text{相对偏差 } d_r = d / \bar{x} \times 100\% = (x_i - \bar{x}) / \bar{x} \times 100\%$$

式中, $\bar{x}$ 为 n 次测定结果的平均值; x_i 为单项测定结果。

从上式可知绝对偏差和相对偏差只能用来衡量单项测定结果对平均值的偏离程度。为了更好地说明精密度,在一般分析工作中常用平均偏差($\bar{d}$)表示。平均偏差是指单项测定值与平均值的偏差(取绝对值)之和,除以测定次数。即

$$\text{平均偏差 } \bar{d} = (\sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|) / n$$

$$\text{相对平均偏差 } \bar{d}_r \% = \bar{d} / \bar{x} \times 100\% = (\sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|) / n \times 100\%$$

$$\text{标准偏差 } s = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 / (n - 1)}$$

式中, n 为测量次数; $\bar{x}$ 为 n 次测量结果的平均值; x_i 为单项测定结果。

误差与偏差、准确度与精密度的含义不同,须加以区别。系统误差主要影响测定结果



的准确度,偶然误差主要影响测定结果的精密度。精密度高,准确度不一定高。要做到准确度高,必须有好的精密度为基础。只有校正系统误差,控制偶然误差,才能有利于测定结果的精密度既好准确度又高。

(二) 实验数据的记录与有效数字

1. 实验数据记录

实验数据记录应符合以下要求:

(1) 用钢笔或圆珠笔及时填写在原始记录表格中,切勿记在纸片或其他本子上再誊抄。

(2) 填写记录内容真实、准确、完整,不得随意涂改。如数据记录错误改正时应在原数据上画一横线,再将正确数据填写在其上方,不得涂擦、挖补。

(3) 对带数据自动记录和处理功能的仪器,将测试数据转抄在记录表上,并同时附上仪器记录纸。

(4) 记录内容包括检测过程中出现的问题、异常现象及处理方法等说明。

2. 有效数字的基本概念

在化学实验中,经常要根据实验测得的数据进行化学计算。在测定实验数据时,应采用几位数字?在化学计算时,计算的结果应保留几位数字?要解决这些问题,必须了解有效数字的概念。

有效数字是指在分析工作中能测量到的有实际意义的数值,它包括所有的准确数字和最后一位可疑数字。有效数字不仅能表示数值的大小,还可以反映测量的准确程度。例如,一支 25 mL 的滴定管,其最小刻度为 0.1 mL,滴定消耗溶液体积为 20.97 mL,此数据中前三位是准确值,最后这个 7 是估读出来的数字,是可疑数字,记录时应保留。

(1) 数字“0”具有双重意义。若作为普通数字使用,则“0”是有效数字;若作为定位用,则不是有效数字。例如:0.32、0.032 和 0.0032 均为两位有效位数,0.320 为三位有效位数,10.00 为四位有效位数,12.490 为五位有效位数。

(2) 改变单位不改变有效数字的位数。如滴定管读数记录为 21.00 mL,若用升表示则是 0.02100 L,仍然是四位有效数字。

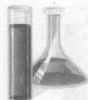
(3) 非连续型数值:(如个数、分数、倍数)是没有欠准数字的,其有效位数可视为无限多位。例如: H_2SO_4 中的 2 和 4 是个数。常数 π 和系数如 $\sqrt{2}$ 等,具数值的有效位数可视为无限多位。每 1 mL $\times \times$ 滴定液 ($0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$) 中的 0.1 为名义浓度,规格项下的 0.3 g 或“1 mL: 25 mg”中的“0.3”、“1”、“25”均为标示量,其有效位数也为无限多位。即在计算中,其有效位数应根据其他数值的最少有效位数而定。

(4) pH 值等对数值,其有效位数是由其小数点后的位数决定的,其整数部分只表明其真数的乘方次数。如: $\text{pH} = 11.26$ ($[\text{H}^+] = 5.5 \times 10^{-12} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$),其有效数字只有两位。

(5) 有效数字的首位数字为 8 或 9 时,其有效位数可以多计一位。例如:85% 与 115%,都可以看成是三位有效数字;99.0% 与 101.0% 都可以看成是四位有效数字。

3. 数据的运算规则

(1) 当数据相加减时,其结果的小数点后保留位数与各数中小数点后位数最少者相同。



(2) 当各数相乘、除时,其结果的小数点后保留位数与各数中有效数字位数最少者相同。

(3) 尾数的取舍按“四舍六入五留双”原则处理,当尾数左边一个数为五,其右的数字不全为零时则进一,其右边全部数字为零时,以保留数的末位的奇偶决定进舍,奇进偶(含零)舍。

(4) 数据的修约只能进行一次,计算过程中的中间结果不必修约。

4. 实验数据的处理

取得实验数据后,应以简明的方法表达出来,通常有列表法、作图法、计算机处理法等三种方法,可根据具体情况选择一种表达方法。

(1) 列表法。在化学实验中,最常用的是函数表。将自变量与因变量一一对应排列成表格,以表示两者的关系。列表时应有完整而又简明的表名,在表名不足以说明表中数据含义时,则在表名或表格下面再附加说明,如获得数据的有关实验条件、数据来源等;表中数据有效数字位数应取舍适当一致,小数点应上下对齐,若为函数表,数据应按子表里递增或递减的顺序排列,以显示出因变量的变化规律,便于比较分析。

(2) 作图法。作图法是在坐标纸上用图线表示物理量之间的关系,揭示物理量之间的联系。作图法既有简明、形象、直观、便于比较研究实验结果等优点,它是一种最常用的数据处理方法。

作图法的基本规则是:

1) 根据函数关系选择适当的坐标纸(如直角坐标纸、单对数坐标纸、双对数坐标纸、极坐标纸等)和比例,画出坐标轴,标明物理量符号、单位和刻度值,并写明测试条件。

2) 坐标的原点不一定是变量的零点,可根据测试范围加以选择。坐标分格最好使最低数字的一个单位可靠数与坐标最小分度相当。纵横坐标比例要恰当,以使图线居中。

3) 描点和连线。根据测量数据,用直尺和笔尖使其函数对应的实验点准确地落在相应的位置。一张图纸上画上几条实验曲线时,每条图线应用不同的标记如“+”、“×”、“·”、“Δ”等符号标出,以免混淆。连线时,要顾及数据点,使曲线呈光滑曲线(含直线),并使数据点均匀分布在曲线(直线)的两侧,且尽量贴近曲线。个别偏离过大的点要重新审核,属过失误差的应剔除。

4) 标明图名,即做好实验图线后,应在图纸下方或空白的明显位置处,写上图的名称、作者和作图日期,有时还要附上简单的说明,如实验条件等,使读者一目了然。作图时,一般将纵轴代表的物理量写在前面,横轴代表的物理量写在后面,中间用“~”连接。

5) 最后将图纸贴在实验报告的适当位置,便于教师批阅实验报告。

(3) 计算机处理法。利用先进的计算机技术进行分析处理,例如大家熟悉的 Microsoft Excel、Origin 等系列软件就可以根据一套原始数据,在数据库、公式、函数、图表之间进行数据传递、链接和编辑等操作,从而对原始数据进行汇总列表、数据处理、统计计算、绘制图表、回归分析及验证等。



三、实验报告的撰写要求

1. 实验报告内容

实验报告是对每次实验的概括和总结，书写必须认真、实事求是。实验报告一般包括以下内容：

- (1) 实验题目、日期。
- (2) 实验目的。简述实验的目的和要求。
- (3) 实验原理。简述实验有关的基本原理、主要反应方程式及定量测定的方法原理等。
- (4) 实验材料和仪器设备。包括实验所需的试剂、仪器和主要设备名称。
- (5) 实验内容和步骤。实验内容是学生实际操作的简述，尽量用表格、框图、符号等形式，清晰、明了地表示实验内容。设计性及综合性实验要画出设计流程图，并附上必要的设计说明。
- (6) 实验现象、原始数据记录及处理。实验现象要表达正确，原始数据记录要完整。根据实验要求，实验时要一边测量，一边记录实验数据。先把实验数据记录在预习报告上，等到整理正式报告时再抄写到实验报告纸上，注意有效数字的表示。
- (7) 实验结果与讨论。对实验现象加以简明的解释，写出主要化学方程式。数据计算表达清晰。对实验中发现的问题，应运用已学过的知识提出自己的见解，以培养分析和解决问题的能力。定量分析实验要把通过实验所测量的数据与计算值加以比较，若误差很小（一般5%以下）就可认为是基本吻合的；若实验测量数据与事先的计算值不符或相差甚大，应找出误差来源等。
- (8) 回答思考问题。对实验后面的有关思考问题进行解答。

化学实验报告的书写格式没有固定的要求，可以根据实验类型的不同而不同，可根据不同的实验类型设计不同形式的报告，但必须条理清楚、文字简练、图表清晰准确。

2. 实验报告格式示例

- (1) 测定类实验报告（表1-1）。



表 1-1 测定类实验报告

实验题目						日期	
姓名		班级		组别		室温	
【实验目的】							
【实验原理】							
【实验结果与数据处理】							
测定数据记录表							
测定次数	1		2		3		
初始读数							
终止读数							
平均值							
相对平均偏差							
【实验结论】							
【问题和讨论】							



(2) 制备类实验报告（表 1-2）。

表 1-2 制备类实验报告

实验题目					日期	
姓名		班级		组别		室温
【实验目的】						
【实验装置】						
【实验内容】						
实验步骤		实验现象			解释和反应式	
1.						
2.						
3.						
【实验结论】						
产品外观：						
产量：						
产率：						
【问题和讨论】						