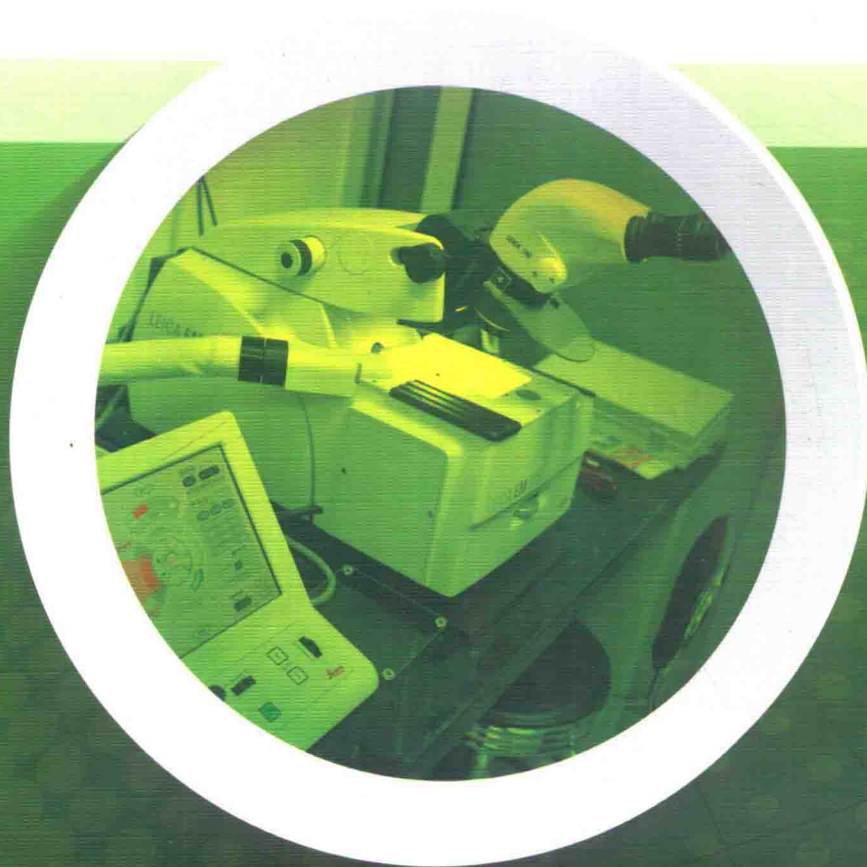


21 世纪中等职业教育教材系列
中等职业教育系列教材编委会审定

分析实验基本操作

王 毅 主编



化学工业出版社

21 世纪中等职业教育教材系列
中等职业教育系列教材编委会审定

分析实验基本操作

王 毅 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书力求体现知识的科学性、先进性、准确性和实用性，以职业岗位能力需要为原则，将专业知识有机结合在实训中，注重技能的学习和培养。全书分为五项实训内容：项目一为分析实验基础知识和技能；项目二为常见化学分析仪器；项目三为重量分析技术；项目四为样品分解技术；项目五为样品前处理技术。本教材适用于中等职业学校工业分析与检验、环保等专业，也可作为相关专业及企业员工的培训教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

分析实验基本操作/王毅主编. —北京：化学工业出版社，2014.8

21 世纪中等职业教育教材系列

ISBN 978-7-122-20894-1

I. ①分… II. ①王… III. ①分析化学-化学实验 IV. ①0652.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 122031 号

责任编辑：张双进 窦臻

文字编辑：管景岩

责任校对：宋夏

装帧设计：史利平

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）

印装：大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 6 3/4 字数 149 千字 2014 年 11 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：18.00 元

版权所有 违者必究

前 言

本教材是国家示范性中等职业学校适用教材。该书根据教育部国家示范性中等职业学校建设计划和沈阳市化工学校重点专业建设发展的需要,依据工业分析与检验专业人才培养方案的要求,按照工业分析与检验专业课程标准进行编写。

教材在编写过程中通过对沈阳地区石油化工、食品药品等行业的多家企业进行调研,结合企业生产过程中对分析从业人员的专业技术基本需求,参照化学检验工国家职业标准,对教材内容进行了系统编制。本书内容力求体现专业技能知识的科学性、系统性和规范性。

全书共分为五个教学项目:项目一主要介绍了分析实验的基本知识和技能,包括常用玻璃仪器的领用、校正和使用,化学试剂的识别和使用,实验室用水,实验室安全常识,误差的来源与处理等内容;项目二介绍常用化学分析仪器,如分析天平、滴定管、移液管等仪器的校正、使用等内容;项目三介绍了重量分析技术;项目四介绍了分析实验中常用的酸溶、碱溶、微波消解等样品处理方法;项目五介绍了萃取、提纯等样品前处理技术。

本书由王毅担任主编,由付月任副主编,牛华锋任主审。参加编写的人员中王毅负责项目一、项目二、项目四的编写;付月和沈阳化工集团质检处陈兴艳工程师共同负责项目五编写;崔方、王立宁共同负责项目三的编写。由施杨担任校对。

本书既可作为中等职业学校分析、环保类相关专业的教材,又可作为从事分析、环保检测等专业在职人员进行职业技能培训的教材,还可作为自学人员的参考资料。

在教材编写过程中受作者能力的限制,书中内容难免有不妥之处,恳请专家和读者批评指证!

编 者
2014 年 3 月

《分析实验基本操作》编写人员名单

主 编：王 毅

副主编：付 月

参 编：王 毅 付 月 崔 方 王立宁 陈兴艳

主 审：牛华锋

目 录

项目一 掌握分析实验基础知识和技能

技能 1

任务一 掌握实验室安全常识 1

一、水、电、气的安全使用 1

二、紧急情况处理 2

三、仪器、药品的领用 2

四、实验室使用规则 2

任务二 分析误差处理有效数字 3

一、误差的来源和分类 4

二、准确度和精密度 5

三、误差和偏差 5

四、空白实验和对照实验 6

五、有效数字运算 6

六、分析实验报告的书写 8

任务三 认领和洗涤常见玻璃仪器 8

一、常见玻璃仪器的识别 9

二、常见玻璃仪器的洗涤 14

任务四 识别化学试剂 15

一、化学试剂的分类和规格 16

二、化学试剂的包装 16

三、化学试剂的选用 17

四、化学试剂的保管 17

五、化学试剂的取用 18

任务五 使用电热设备 19

一、电热套和电热板的使用 19

二、烘干箱的使用 20

三、马弗炉的使用 21

任务六 制备实验室用水 22

一、评价水质的常用指标 23

二、实验室用水分类 23

三、实验室用水的等级 23

四、不同应用领域纯水级别 24

五、纯水的制备 24

项目二 常见化学分析仪器 30

任务一 使用天平 30

一、托盘天平的使用 30

二、分析天平的种类 30

三、应用分析天平称量的方法 32

四、天平室使用规则 32

五、分析天平的使用规则 33

六、分析天平一般故障的排除 33

任务二 使用滴定管 35

一、滴定管的种类 36

二、滴定管的使用 36

三、滴定管的读数 39

四、滴定管的校正 40

任务三 使用移液管、吸量管和容量瓶 41

一、移液管、吸量管 41

二、容量瓶 43

任务四 溶液的配制 46

一、固体试剂配制溶液 46

二、由液体（或浓溶液）试剂配制

溶液 46

任务五 配制准确浓度的溶液 47

一、基准物质 48

二、溶液的配制和标定 48

项目三 重量分析技术 51

任务一 沉淀法测定氯化钡中钡的含量 51

一、重量分析法概述 51

二、沉淀的溶解度及其影响因素 53

三、沉淀的形成 54

四、重量分析法应用实例 57

任务二 食品中灰分含量的测定 59

一、测定灰分的重要意义 59

二、灰分测定的方法及原理 60

任务三 水分含量的测定 62

一、水分测定的重要意义 62

二、食品中水分含量及存在形式 63

三、常见的水分测定方法 63

项目四 样品分解技术 65

任务一 常规样品分解 65

一、溶解法 66

二、熔融法 67

任务二 微波消解 68

一、微波消解法 69

二、微波消解仪器 74

三、消解试样的注意事项	77	一、茶多酚	87
项目五 样品前处理技术	80	二、盐析法	88
任务一 咖啡因的提取	83	三、过滤操作中的问题	88
一、索氏提取法	84	四、萃取	89
二、常压蒸馏	84	五、萃取操作及注意事项	90
三、蒸发	84	六、旋转蒸发仪使用方法与注意事项	90
四、结晶	85	参考文献	93
任务二 提取茶多酚	87		

项目一 掌握分析实验基础知识和技能

本项目介绍了实验室中常用的玻璃仪器及其洗涤，常用的器具、器材和常用的实验室设备，分析天平和滴定分析仪器的使用，以及实验室用水的制备和检验，是工业分析专业的入门课程，是学生应掌握的基本技能之一。

任务一 掌握实验室安全常识

【知识目标】

1. 能熟知水、电、气安全使用相关知识；
2. 能熟知实验室紧急情况处理常识；
3. 能熟知实验室使用规则。

【能力目标】

1. 能安全规范使用实验室内水、电、气相关设备；
2. 能熟练进行实验室紧急情况处理和安全自救；
3. 能规范取用仪器药品。

【基本知识】

在实验室中，经常与毒性很强、有腐蚀性、易燃烧和具有爆炸性的化学药品直接接触，常常使用易碎的玻璃和瓷质器皿以及在有水、电等高温电热设备的环境下进行紧张而细致的工作，因此，必须十分重视安全工作。

一、水、电、气的安全使用

① 进入实验室开始工作前，应了解水阀门及电闸所在处。离开实验室时，一定要将室内检查一遍，应将水、电的开关关好，门窗锁好。

② 使用电器设备（如烘箱、恒温水浴、离心机、电炉等）时，严防触电。绝不可用湿手或在眼睛旁视时，开关电闸和电器开关。使用前应该用试电笔检查电器设备是否漏电，凡是漏电的仪器，一律不能使用。

③ 实验室固定电源插座未经允许不得拆装、改线，不得乱接、乱拉电线，不得使用闸刀开关、木质配电板和花线。

④ 实验室如有电器失火，应立即切断电源，用灭火器或砂子扑灭。在未切断电源前，切忌用水或泡沫灭火器灭火。

⑤ 压力气瓶必须做好标识和固定工作，分类分处存放，严禁可燃性气体瓶和助燃性气体瓶混放。实验室不得堆放大量气体钢瓶。气瓶应存放在阴凉、干燥、远离热源的地方，与明火的距离应大于 10m（不能达到时，可采取隔离等有效措施）。

⑥ 瓶内气体不得用尽，必须保留剩余压力，永久气体气瓶的剩余压力应不小于 0.05MPa；液化气体气瓶应留有不小于 0.5%~1.0% 规定充装量的剩余气体。

⑦ 各种气瓶必须定期进行技术检查。对于气体钢瓶有缺陷、安全附件不全或已损坏，

不能保证安全使用的，需及时处理。

二、紧急情况处理

在实验过程中不慎发生受伤事故，应立即采取适当的急救措施。

① 受玻璃割伤及其他机械损伤：首先必须检查伤口内有无玻璃或金属等碎片，然后用硼酸水洗净，再擦碘酒或紫药水，必要时用纱布包扎。若伤口较大或过深而大量出血，应迅速在伤口上部和下部扎紧血管止血，并立即到医院诊治。

② 烫伤：一般用浓的（90%~95%）酒精消毒后，涂上苦味酸软膏。如果伤处红痛或红肿（一级灼伤），可用橄榄油或用棉花蘸酒精敷盖伤处；若皮肤起泡（二级灼伤），不要弄破水泡，防止感染；若伤处皮肤呈棕色或黑色（三级灼伤），应用干燥而无菌的消毒纱布轻轻包扎好，急送医院治疗。

③ 强碱（如氢氧化钠、氢氧化钾）、钠、钾等触及皮肤而引起灼伤时，要先用大量自来水冲洗，再用5%或2%乙酸溶液涂洗。

④ 强酸、溴等触及皮肤而致灼伤时，应立即用大量自来水冲洗，再以5%碳酸氢钠溶液或5%氢氧化铵溶液洗涤。

⑤ 如酚触及皮肤引起灼伤，应该用大量的水清洗，并用肥皂和水洗涤，忌用乙醇。

⑥ 水银容易由呼吸道进入人体，也可以经皮肤直接吸收而引起积累性中毒。严重中毒的征象是口中有金属气味，呼出气体也有气味；流唾液，牙床及嘴唇上有硫化汞的黑色；淋巴腺及唾液腺肿大。若不慎中毒时，应送医院急救。急性中毒时，通常用炭粉或呕吐剂彻底洗胃，或者食入蛋白（如1L牛奶加3个鸡蛋清）或蓖麻油解毒并使之呕吐。

⑦ 触电时可按下述方法之一切断电路：

- a. 关闭电源；
- b. 用干木棍使导线与被害者分开；
- c. 使被害者和土地分离，急救时急救者必须做好防止触电的安全措施，手或脚必须绝缘。

三、仪器、药品的领用

① 一般仪器、药品的领用应实行领用登记制度。领用登记卡内应有学科、领用及回收日期、品名和领出数量、用途、使用情况、回收数量、领用人及实验教师签名和备注等栏目。

② 化学危险品：毒品与易燃、易爆药品属化学危险品，化学危险品应有专室或专柜安全存放，剧毒药品还须双人双锁保管。领用时须经教研组长批准，并有详细记录，用后若有剩余应及时如数回收收入柜登账，确保安全。

四、实验室使用规则

① 实验室内严禁烟火，也不能在实验室内点火取暖，严禁闲杂人员入内。

② 充分熟悉安全用具，如灭火器、急救箱的存放位置和使用方法，并妥加爱护，安全用具及急救药品不准移作他用。

③ 盛药品的容器上应贴上标签，注明名称、溶液浓度。

④ 危险药品要专人、专类、专柜保管，实行双人双锁管理制度。各种危险药品要根据其性能、特点分门别类贮存，并定期进行检查，以防意外事故发生。

⑤ 不得私自将药品带出实验室。

⑥ 有危险的实验在操作时应使用防护眼镜、面罩、手套等防护设备。

⑦ 能产生刺激性或有毒气体的实验必须在通风橱内进行。

⑧ 浓酸、浓碱具有强烈的腐蚀性，用时要特别小心，切勿使其溅在衣服或皮肤上。废酸应倒入酸缸，但不要往酸缸里倾倒碱液，以免酸碱中和放出大量的热而发生危险。

⑨ 实验中所用药品不得随意散失、遗弃，对反应中产生有害气体的实验应按规定处理，以免污染环境，影响健康。

⑩ 实验完毕后，对实验室做一次系统的检查，关好门窗，防火、防盗、防破坏。

【训练 1-1】

1. 选择题

(1) 一般容量仪器的容积都是在_____下校准的。使用时如温度差异在_____以内，容积改变不大，可以忽略不计。()

- A. 22℃ 5℃ B. 20℃ 5℃ C. 25℃ 5℃ D. 22℃ 2℃

(2) 下列哪种仪器不属于贵重仪器?()

- A. 分光光度计 B. 分析天平 C. 酸度计 D. 酸式滴定管

(3) 汽油、乙醚、甲苯等有机溶剂着火时，不能用下列哪种扑灭?()

- A. 砂土 B. 水 C. 石棉布

(4) 导线着火时可用哪种灭火器?()

- A. 二氧化碳灭火器 B. 四氯化碳灭火器

(5) 金属钠着火时，可把什么覆盖在它的上面用于灭火?()

- A. 砂土 B. 水 C. 湿布 D. 铁片

2. 填空题

(1) 烫伤：一般用浓的_____消毒后，涂上_____。如果伤处红痛或红肿，可用_____或用棉花蘸_____敷盖伤处；若皮肤起泡，不要弄破水泡，防止感染；若伤处皮肤呈_____色或_____色，应用_____的消毒纱布轻轻包扎好，急送医院治疗。

(2) 使用铅笔写标记时，要在玻璃仪器的_____处。如用玻璃蜡笔或水不溶性油漆笔，则写在玻璃容器的_____上。

(3) 凡是产生烟雾、有毒气体和有臭味气体的实验，均应在_____内进行。橱门应_____，非必要不能打开。

(4) 带玻璃塞的仪器和玻璃瓶等，如果暂时不使用，要用_____把瓶塞和瓶口隔开。

(5) 强酸、溴等触及皮肤而致灼伤时，应立即用大量_____冲洗，再以 5% _____溶液或 5% _____溶液洗涤。

(6) 强碱（如氢氧化钠、氢氧化钾）、钠、钾等触及皮肤而引起灼伤时，要先用大量_____冲洗，再用 5% 或 2% _____溶液涂洗。

任务二 分析误差处理有效数字

【知识目标】

1. 了解误差的来源和分类；
2. 明确准确度和精密度的概念及两者的关系；
3. 了解空白实验和对照实验的概念及区别。

【能力目标】

1. 掌握误差、偏差的概念和计算方法；
2. 掌握有效数字的概念和运算规则，并能在实践中灵活运用；
3. 能够正确书写分析实验报告。

【基本知识】

一、误差的来源和分类

在任何一种测量中，无论所用仪器多么精密，方法多么完善，实验者多么细心，所得结果常常不能完全一致而会有一定的误差或偏差。严格地说，误差是指观测值与真值之差，偏差是指观测值与平均值之差。但习惯上常将两者混用而不加区别。根据误差产生的原因和性质分为系统误差、随机误差和过失误差。

(一) 系统误差

这种误差又称可测误差，是由分析操作过程中的一些固定的、经常的原因造成的误差。它具有重复性、单向性和可测性。这种误差可以设法减小到可忽略的程度。系统误差产生的原因有以下几个方面。

1. 仪器误差

这是由于在测定时使用的仪器、量器不准所造成的误差。如使用未经过校准的容量瓶、移液管和砝码等而引起的误差。

2. 方法误差

这种误差是由于分析方法本身造成的。如在滴定过程中，由于反应进行得不完全，理论终点和滴定终点不相符合以及由于条件没有控制好和发生其他副反应等原因，都能引起系统的测定误差。

3. 主观误差

这种误差是由于分析工作者控制操作条件的差异和个人固有的习惯造成的。如对滴定终点颜色的判断偏深或偏浅，对仪器刻度读数时的偏高或偏低等。

4. 试剂误差

这是由于所用蒸馏水含有杂质或所使用的试剂不纯所引起的。

(二) 随机误差

随机误差是指由于各种因素随机变动而引起的误差，具有偶然性。例如，测量时的环境温度、湿度和气压的微小波动，仪器性能的微小变化等。随机误差的大小和方向都是不固定的，因此这样的误差是无法测量的，也是不可能避免的。

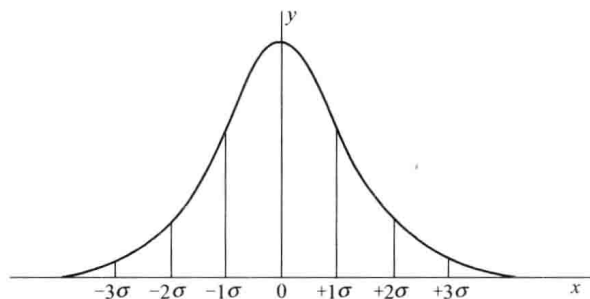


图 1-1 误差的正态分布曲线

从表面看，随机误差似乎没有规律，但是在消除系统误差之后，在同样条件下进行反复多次测定，发现随机误差的出现还是有规律的，它遵从正态分布（图1-1）。

从正态分布曲线上反映出随机误差的规律如下。

① 绝对值相等的正误差和负误差出现的概率相同，呈对称性。

② 绝对值小的误差出现的概率大, 绝对值大的误差出现的概率小, 绝对值很大的误差出现的概率非常小。

根据上述规律, 为了减少随机误差, 应该重复多做几次平行实验并取其平均值。这样正负随机误差相互抵消, 在消除了系统误差的条件下, 平均值就可能接近真实值。

(三) 过失误差

这种误差是由于操作不正确, 粗心大意而造成的。例如加错试剂、读错砝码、溶液溅失等, 皆可引起较大的误差。有较大的误差的数值在找出原因后应弃去不用。绝不允许把过失误差当做随机误差。只要工作认真, 操作正确, 过失误差是完全可以避免的。

二、准确度和精密度

准确度是指测定值和真实值之间相符合的程度。精密度是指相同条件下 n 次重复测定结果彼此相符合的程度, 精密度高又称再现性好。在一组测量中, 尽管精密度很高, 但准确度不一定很好; 相反, 若准确度好, 则精密度一定高。准确度与精密度的区别, 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度很高, 但平均值与真值相差较大, 说明其准确度低。乙的测定结果的精密度不高, 准确度也低。只有丙的测定结果的精密度和准确度均高。必须指出的是, 在科学测量中, 只有设想的真值, 这个真值通常是以运用正确测量方法并用校正过的仪器多次测量所得的算术平均值或载之文献手册的公认值来代替的。

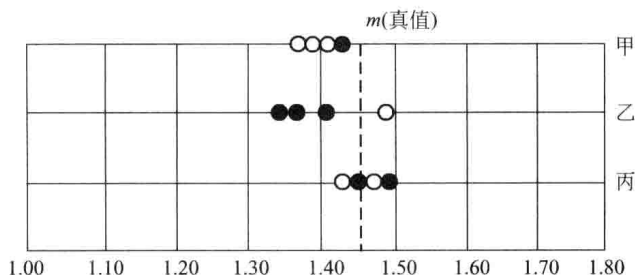


图 1-2 甲乙丙三人测定结果示意图

三、误差和偏差

(一) 绝对误差与相对误差

绝对误差是测定值与真实值之差。相对误差是指误差在真实值中所占的百分数。它们分别可用下列两式表示:

$$\text{绝对误差}(E) = \text{测定值}(x) - \text{真实值}(T)$$

$$\text{相对误差}(RE) = \frac{\text{绝对误差}(E)}{\text{真实值}(T)} \times 100\%$$

由于测定值可能大于真实值, 也可能小于真实值, 所以绝对误差和相对误差都可能有正、有负。

(二) 偏差

偏差的大小是用来表示精密度的高低的, 偏差越小说明测定的精密度越高。

1. 绝对偏差和相对偏差

$$\text{绝对偏差 } d = x - \bar{x}$$

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

在日常分析工作中,对某试样平行测定数次,取其算术平均值作为分析结果,若以 $x_1, x_2, \dots, x_n$ 代表各次的测定值, n 代表平行测定的次数, $\bar{x}$ 代表平均值,则

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

绝对偏差是指单项测定值与平均值的差值。相对偏差是指绝对偏差在平均值中所占的百分数。由此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,为了更好地说明测定结果的精密度,在一般分析工作中常用平均偏差 $\bar{d}$ 表示。

2. 相对平均偏差

平均偏差是指单项测量值与平均值的偏差(取绝对值)之和,除以测定次数。而相对平均偏差是指平均偏差在平均值中所占的百分数。

$$\text{平均偏差 } \bar{d} = \frac{\sum |d_i|}{n} = \frac{\sum |x_i - \bar{x}|}{n} \quad (i=1, 2, \dots, n)$$

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

平均偏差和相对平均偏差均为正值。

3. 标准偏差

(1) 标准偏差 用标准偏差来表示精密度,其数学表达式为

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

(2) 相对标准偏差 标准偏差在平均值中所占的百分率叫做相对标准偏差,也叫做变异系数或变动系数(CV)。计算式为

$$CV = \frac{S}{\bar{x}} \times 100\%$$

四、空白实验和对照实验

空白实验是在不加样品的情况下,用测定样品相同的方法、步骤进行定量分析,把所得结果作为空白值,从样品的分析结果中扣除。这样可以消除由于试剂不纯或试剂干扰等造成的系统误差。它是分析化学实验中常用的一种方法,可以减小实验误差。比如在溴酸钾法测定苯酚的实验中,由于溴的易挥发性实验易产生误差,故在相同的实验环境下,将溴酸钾(含有溴化钾)加入另一试剂瓶中,将待测溶液苯酚用去离子水代替,其他条件保持不变,这样可以减少由于溴的挥发损失等因素而引起的误差。

对照实验就是一个实验为了防止其他因素的影响,再做几组实验,使它除了原实验本身改变的条件外,其他条件保持一模一样,最后与原实验所得结果进行比对,观察异同。

五、有效数字运算

(一) 有效数字

有效数字:指仪器实际能测量到的数字。

把通过直读获得的准确数字叫做可靠数字,把通过估读得到的数字叫做可疑数字。所谓能够测量到的数字是包括最后一位估读的不确定的数字。

有效数字组成:全部可靠数字+一位可疑数字。例如,由分析天平称得试样质量为 0.5732g,这里 0.573 是可靠数字,2 则是可疑数字。

“0”在有效数字中有两种意义:数字之间的“0”和末尾的“0”都是有效数字,而数字

前面的“0”都只是起定位作用。

比如 10.1430 有 6 位有效数字, 2.1045 有 5 位有效数字, 0.0210 有 3 位有效数字。

(二) 数字修约规则

数字修约规则采用“四舍六入五成双”法。

① 被修约的数大于 5 时, 则进 1。

例如将 28.176 处理成 4 位有效数字时, 应修约为 28.18。

② 被修约的数小于 5 时, 则舍去。

例如 31.264 取 4 位有效数字时, 应修约为 31.26。

③ 若被修约的数等于 5, 而后数字全部为零, 则视被保留的末位数字为奇数或偶数 (零视为偶数) 而定。末位是奇数时进 1 (成为偶数或双数), 末位为偶数不进 1。

如 28.350 与 28.450, 只取 3 位有效数字时, 应都为 28.4。

④ 被修约的数等于 5, 而其后面的数字并非全部为零, 则进 1。

如 28.2501, 只取 3 位有效数字时, 则进 1, 成为 28.3。

⑤ 若被舍弃的数字包括几位数字时, 不得对该数字进行连续修约, 而应根据以上各条做一次处理。

如 2.1546 只取 3 位有效数字时, 应为 2.15, 而不得连续修约为 2.16。又如, 对 27.0235 取四位有效数字时, 结果为 27.02; 取五位有效数字时, 结果为 27.024。但将 27.015 与 27.025 取为四位有效数字时, 则都为 27.02。

(三) 有效数字的运算规则

1. 加减法

规则: 保留有效数字的位数, 以小数点后位数最少的为准。

$$0.0121 + 25.64 + 1.05782 = ?$$

$$\text{不正确计算: } 0.0121 + 25.64 + 1.05782 = 26.70992$$

$$\text{正确计算: } 0.01 + 25.64 + 1.06 = 26.71$$

2. 乘除法

规则: 保留有效数字的位数, 以位数最少的为准。

$$0.0121 \times 25.64 \times 1.05782 = ?$$

$$\text{不正确计算: } 0.0121 \times 25.64 \times 1.05782 = 0.328182308$$

$$\text{正确计算: } 0.0121 \times 25.6 \times 1.06 = 0.328$$

3. 对数计算

在对数计算中, 所取对数位数 (对数首数除外) 应与真数的有效数字相同。

① 真数有几个有效数字, 则其对数的尾数也应有几个有效数字。如

$$\lg 317.2 = 2.5013; \lg 7.1 \times 10^{28} = 28.85$$

② 对数的尾数有几个有效数字, 则其反对数也应有几个有效数字。如

$$0.3010 = \lg 0.2000; 0.652 = \lg 4.49$$

4. 其他需要注意的方面

在整理最后结果时, 要按测量的误差进行化整, 表示误差的有效数字一般只取一位至多也不超过两位, 例如 1.45 ± 0.01 。当误差第一位数为 8 或 9 时, 只需保留一位。

任何一个物理量的数据, 其有效数字的最后一位, 在位数上应与误差的最后一位相对应。例如, 测量结果为 1223.78 ± 0.054 , 化整记为 1223.78 ± 0.05 。

计算平均值时,若为四个数或超过四个数相平均,则平均值的有效数字位数可增加一位。

在所有计算式中,常数 π 、 e 及乘子和一些取自手册的常数,可无限制地,按需要取有效数字的位数。例如当计算式中有效数字最低者两位,则上述常数可取两位或三位。

六、分析实验报告的书写

实验工作结束后,独立地书写出完整、规范的实验报告,是一个分析工作者必须具备的能力。同时,应用所学理论准确地表达实验结果同样是分析工作者的基本功,是信息加工能力的表现。

(一) 实验报告的主要内容

1. 实验名称、编号、实验日期、室温。
2. 实验项目及原理。
3. 试剂及仪器,包括特殊仪器的型号及标准溶液的浓度。
4. 实验步骤。
5. 实验数据及处理。
6. 实验结果及结论。
7. 实验误差分析。
8. 讨论,即指出自己的某些建议和观点。

(二) 对实验报告的要求

1. 用语科学、规范,表达简明、字迹清楚、报告整洁。
2. 原理部分既要简洁又不能遗漏。
3. 实验步骤应按操作的先后顺序,简明扼要地表达出来。
4. 检验项目和数据应与原始记录一致,有效数字的位数应正确。
5. 报告中各类数据应使用法定计量单位。

【训练 1-2】

1. 下列数据各包括几位有效数字?

- ① 3.502 ② 0.0627 ③ 0.00700 ④ 20.090 ⑤ 20.05% ⑥ 0.80% ⑦ 4.5×10^{-7}
⑧ 350 ⑨ 0.0030%

2. 按有效数字运算规则,计算下列结果

- ① $7.9936 \div 0.9967 - 5.02 = ?$
② $2.187 \times 0.584 + 9.6 \times 10^{-5} - 0.0326 \times 0.00814 = ?$
③ $0.03250 \times 5.703 \times 60.1 \div 126.4 = ?$

3. 测定某矿石中铁含量,分析结果为 0.3406, 0.3408, 0.3404, 0.3402。计算分析结果的平均值、平均偏差、相对平均偏差和标准偏差。

4. 计算下面这一组测量值的平均值、平均偏差和相对平均偏差: 55.51, 55.50, 55.46, 55.49, 55.51。

任务三 认领和洗涤常见玻璃仪器

【知识目标】

1. 了解常用玻璃仪器的规格、主要用途和注意事项;

2. 了解常用洗涤液的配制方法、用途和注意事项。

【能力目标】

- 1. 能够根据实验选择所需玻璃仪器；
- 2. 掌握一般玻璃仪器的清洗方法；
- 3. 掌握特殊玻璃仪器的清洗方法。

【基本知识】

一、常见玻璃仪器的识别

玻璃仪器由于具有透明、耐热、耐腐蚀、易清洗等特点，是化学实验室中最常用的仪器。玻璃仪器种类很多，用途极广，见表 1-1。

表 1-1 常见玻璃仪器

名称	种类	规格	主要用途	注意事项
烧杯 (见图 1-3)	低型	容量/mL 50、100、150、200、250、 300、500、1000、2000	①溶解样品、配制溶液 ②作不挥发性物质的反应容器	①烧杯一般都可以加热，在加热时要垫石棉网均匀加热，不能干烧 ②在操作时，经常会用玻璃棒或者磁力搅拌器来进行搅拌 ③杯内的待加热液体体积不要超过总体积的 2/3 ④加热腐蚀性液体时，杯口要盖表面皿
	印标	容量/mL 50、100、150、200、250、 300、500、1000、2000		
	微量	容量/mL 5、10、15、20		
	高型	容量/mL 50、100、150、250、400、 600、800、1000、2000		
试管 (见图 1-4)	一般试管	管长/mm 70、100、120、150	少量试剂化学反应容器；定性分析中用于检验离子	①装溶液时不超过试管容量的 1/2，加热时不超过试管容量的 1/3 ②用滴管往试管内滴加液体时不得伸入试管口 ③取块状固体放入试管时要用镊子，不能使固体直接坠入试管中，防止试管底部破裂 ④加热时使用试管夹，试管口不能对着人。加热盛有固体的试管时，管口稍向下，加热液体时倾斜约 45° ⑤受热要均匀，以免爆沸或试管炸裂 ⑥加热后不能骤冷，防止破裂 ⑦加热时要预热，防止试管骤热而爆裂 ⑧加热时要保证试管外壁没有水珠，防止受热不均匀而爆裂 ⑨加热后不能在试管未冷却至室温时就洗涤试管 ⑩使用试管夹夹取试管时，将试管夹从试管的底部往上套，夹在试管中上部。若将试管长度三等分时，则试管夹夹在靠试管口那端 1/3 的部位以内为合理
	具支试管	管长/mm 100、160、200	少量试剂蒸馏	
	刻度试管	容量/mL 10、15、20、25	可代替量筒	
	离心试管	容量/mL 5、10、15	离心分离沉淀	

续表

名称	种类	规格	主要用途	注意事项
锥形瓶 (见图 1-5)	无塞	容量/mL 25、50、100、150、250、 500、1000	① 加热处理样品 ② 滴定分析中 用作反应容器	① 该容器可以在水浴或电炉上加热,加热时要垫石棉网,不能干烧 ② 磨口具塞锥形瓶加热时要打开盖子 ③ 非标准磨口的塞子要保持原配
	具塞	容量/mL 50、100、150、250、500、 1000		
量筒 (见图 1-6)	无塞	容量/mL 5、10、25、50、100、250、 500、1000	粗略量取一定 体积的液体	① 不能加热、烘烤,不能盛热溶液,不能在 其中配制溶液 ② 操作时要沿壁加入或倒出液体
	具塞	容量/mL 5、10、25、50、100、250、 500、1000		
量杯(见图 1-7)		容量/mL 50、100、250、500、1000、 2000	粗略量取一定 体积的液体,精 度比量筒差	① 不能加热、烘烤,不能盛热溶液,不能 在其中配制溶液 ② 操作时要沿壁加入或倒出液体
碘量瓶(见图 1-8)		容量/mL 50、100、250、500	碘量法或用于 其他挥发性物质 的滴定分析	① 为防止内容物挥发,瓶塞处用水或 KI 水溶液密封 ② 可垫石棉网加热
容量瓶(见图 1-9)		容量/mL 10、25、50、100、250、 500、1000、2000	滴定分析中的 精密量器,用于 配制准确体积的 标准溶液或被测 试液	① 漏水的不能使用 ② 不能直接加热,可用水浴加热 ③ 不能在烘箱中烘烤 ④ 容量瓶只能用于配制溶液,不能储存 溶液
滴定管 (见图 1-10)	酸式滴定管	容量/mL 25、50、100	滴定分析中的 精密量器,用于 准确测量滴定到 试液中的标准溶 液的体积	① 活塞要保持原配 ② 漏水的不能使用 ③ 不能加热 ④ 不能长期存放液体 ⑤ 碱式滴定管不能放置与胶管作用的标 准溶液
	碱式滴定管	容量/mL 25、50、100		
	聚四氟乙 烯塞滴定管	容量/mL 25、50、100		
移液管 和吸量管 (见图 1-11)	无分度 移液管	容量/mL 5、10、25、50、100	滴定分析中的 精密量器,用于 准确地移取一定 量体积的液体	① 不应在烘箱中烘干 ② 不能移取太热或太冷的溶液 ③ 同一实验中应尽可能使用同一支移液 管或吸量管 ④ 在使用完毕后,应立即用自来水及蒸 馏水冲洗干净,置于管架上 ⑤ 在使用吸量管时,为了减少测量误差, 每次都应从最上面刻度(0 刻度)处为起始 点,往下放出所需体积的溶液,而不是需要 多少体积就吸取多少体积
	直管式吸 量管(刻 度移液管)	容量/mL 0.5、1、2、5、10		
	上小直管 式吸量管	容量/mL 1、2、5、10		
广口试剂瓶 (见图 1-12)	分磨口、具 塞、无塞、 无色、棕色等	容量/mL 30、60、125、250、500、 1000	用于存放固体 试剂或糊状试剂 溶液	① 见光易分解的液体用棕色瓶 ② 存放碱性溶液时,要另配胶塞