

WUJIHUAXUE
SHIYANYUZHIDAO

无机化学

实验与指导

—— 主编：曹凤歧 刘 静



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

无机化学实验与指导

主 编 曹凤歧 刘 静

东南大学出版社

• 南京 •

图书在版编目(CIP)数据

无机化学实验与指导/曹凤歧,刘静主编. —南京:东南大学出版社,2013.7

ISBN 978-7-5641-4194-3

I. ①无… II. ①曹…②刘… III. ①无机化学—化学实验—高等学校—教材 IV. ①061-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 089197 号

东南大学出版社出版发行

(南京四牌楼 2 号 邮编 210096)

出版人:江建中

江苏省新华书店经销 南京京新印刷厂印刷

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:17 字数:420 千字

2013 年 8 月第 1 版 2013 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5641-4194-3

印数:1~3000 定价:30.00 元

(凡因印装质量问题,可直接向营销部调换。电话:025-83791830)

前 言

化学就其本源和本质而言是一门实验科学。在任何时期,新的理论的发现和检验,都要通过实验。化学实验教学是化学教学过程中的重要环节。

通过实验中的操作训练,学生能够在了解和使用仪器设备、信息工具与手段的同时,逐步养成认真细致、求实求精、有条不紊的学习习惯;通过对实验现象的观察,不断提高观察问题、分析问题、发现问题、解决问题的能力。因此,化学实验教学对学生科学思维与方法的培养、创新意识与能力的提高有着重要的作用。

本书是编者在总结多年无机化学实验教学改革、双语教学实践的基础上,借鉴和吸收其他高校无机化学实验教学改革的经验编写而成的。本教材立足于课程的基础性,扼要地叙述了无机化学实验的基本原理和基本操作;并从药学学科的特点出发,分三章选编了 23 个实验。第四章包括以强化基本能力训练为目的的基础性实验;第五章包括以培养分析与解决较复杂问题能力为目的的综合性实验;第六章包括以增强创新意识与能力的提高为目的的设计性实验。另外,本教材在每个基础性实验和综合性实验之后,编写了实验指导,内容包括预习要求、操作要求、注意事项等。为了提高学生的英语水平,适应双语教学的要求,我们将 23 个无机化学实验全部翻译成英文。

本教材由曹凤歧、刘静主编。编写人员有王越、熊晔蓉、黎红梅、陈亚东、李嘉宾、何海军。陈颂仪、陆军农也参加了部分工作。Wei Song 博士和 Lianshan Zhang 博士对英文的编写工作提出过许多宝贵的意见,在此一并表示衷心的感谢。

尽管在本教材的编写过程中,我们力求做到选材恰当,翻译准确,但由于编者学识水平有限,教材中定有欠妥甚至错误之处,恳请同行专家及读者批评指正。

编 者
2013 年 5 月

Preface

Fengqi Cao
(Nanjing, May 2013)

In terms of its origin and nature, chemistry is a science of experiment. At any time, theoretical discoveries and tests have to go through experiments. Chemistry experiment teaching is a key link in the process of chemistry teaching.

Through operation training in experiment, students are able to understand and use apparatuses, tools and means of information, students will gradually cultivate a good study habit of working carefully, methodically, practically and improving constantly. By observation of experiment phenomena, students will be able to improve their abilities in examining, analyzing and solving problems. Therefore, experiment teaching of inorganic chemistry plays an important role in training students' thinking scientifically and methodically as well as in improving their sense and ability of blazing new trails.

Based on the summary of the reform in experiment teaching of inorganic chemistry as well as bilingual teaching of this course in both Chinese and English in recent years, by using the experience of the reform in experiment teaching of inorganic chemistry in other colleges and universities for reference, we have compiled this book which focuses on the foundation and briefly describes the basic operations and principles of experiments in inorganic chemistry. 23 experiments have been selected in Chapters 4, 5 and 6 in accordance with the features of courses in chemistry. Chapter 4 is on the training of basic experiments to intensify students' basic experiment skills. Chapter 5 is on comprehensive experiments to train students' abilities in analyzing and solving complicated problems. Chapter 6 is on designing experiments to improve students' sense and ability of blazing new trails. Besides, after each of the basic and comprehensive experiments, we have compiled the following: (1) preview experiments; (2) operation instructions; (3) points for attention. In order to improve students' level of technological English and meet the demands of bilingual teaching in both Chinese and English, we have translated the 23 experiments into English.

The chief compiler is Fengqi Cao. Following are the compilers: Yue Wang, Yerong Xiong, Hongmei Li, Yadong Chen, Jiabin Li and Haijun He. Besides, Songyi Chen, Jing Liu and Junnong Lu also took part in the compiling work partially.

Dr Wei Song and Dr Lianshen Zhang gave us invaluable pieces of advice. We therefore express our sincere thanks to them for their great help.

In compiling this textbook, we have tried our best to select suitable materials and provide the users with a fine English version of the 23 experiments. However, there might still exist something improper or even erroneous due to our academic limitations. We would be most appreciative if anyone could give us further suggestions on improving this textbook.

目 录

第一部分 无机化学实验的基本原理、 基本方法与基本操作

第一章 绪论	(1)
一、化学实验的目的与任务	(1)
二、化学实验的学习方法与要求	(1)
三、实验误差及有效数字	(2)
四、化学实验室规则与事故处理	(7)
第二章 化学实验基础知识	(10)
一、常用实验仪器	(10)
二、水及化学试剂的规格	(13)
三、玻璃仪器的洗涤和干燥	(17)
四、干燥器的使用	(20)
五、加热	(21)
六、化学试剂的取用	(26)
七、容量瓶、滴定管、移液管的操作方法	(27)
八、试纸和滤纸	(30)
九、溶解、蒸发与结晶	(31)
十、固液分离	(32)
十一、启普发生器的使用及气体的净化与干燥	(35)
第三章 天平和酸度计的使用	(37)
一、天平的使用	(37)
二、酸度计的使用	(37)

第二部分 实验内容

第四章 基础性实验	(41)
实验一 冰点降低法测定葡萄糖的摩尔质量	(41)
1 The Usage of Depression of Freezing Point to Determine the Glucose's Molecular Weight	(44)

实验二 化学反应速率和化学平衡	(48)
2 Chemical Reaction Rate and Chemical Equilibrium	(53)
实验三 酸碱滴定	(58)
3 Acid-Base Titration	(61)
实验四 弱酸电离常数的测定	(65)
4 Determining the Ionization Constant of a Weak Acid	(69)
实验五 电解质溶液	(72)
5 Electrolyte Solution	(76)
实验六 沉淀平衡	(81)
6 Precipitation Equilibrium	(85)
实验七 溶度积常数的测定	(90)
7 Determination of Solubility Product	(93)
实验八 氧化还原	(96)
8 Redox Reaction	(100)
实验九 银氨配离子配位数的测定	(105)
9 Determining the Coordination Number of $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_n]^+$ Complexion	(108)
实验十 配合物	(112)
10 Coordination Compounds	(117)
实验十一 卤素	(123)
11 Halogen	(128)
实验十二 氧、硫	(135)
12 Oxygen and Sulphur	(140)
实验十三 氮、磷、砷、锑、铋	(146)
13 Nitrogen, Phosphorus, Arsenic, Antimony and Bismuth	(151)
实验十四 碱金属、碱土金属	(156)
14 Alkali Metals, Alkali Earth Metals	(161)
实验十五 铬、锰、铁、钴、镍	(167)
15 Chromium, Manganese, Iron, Cobalt and Nickel	(174)
实验十六 铜、银、锌、镉、汞	(184)
16 Copper, Silver, Zinc, Cadmium and Mercury	(190)
第五章 综合性实验	(197)
实验十七 药用氯化钠的制备、性质及杂质限度检查	(197)
17 Preparation of Medicinal Sodium Chloride and Examination of Impurities' Limitation	(203)
实验十八 硫酸亚铁铵的制备	(210)
18 Preparation of Ferrous Ammonium Sulphate Hexahydrate(FAS)	(213)
实验十九 葡萄糖酸锌 $\text{Zn}(\text{C}_6\text{H}_{11}\text{O}_7)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 的制备	(216)
19 Preparation and Content Assay of Zinc Gluconate	(218)
实验二十 五水合硫酸铜的制备	(221)
20 Synthesis of Copper Sulfate Pentahydrate	(223)

实验二十一 四碘化锡的制备	(225)
21 Synthesis of Tin Tetraiodide	(227)
第六章 设计性实验	(229)
实验二十二 高锰酸钾的制备	(229)
22 Synthesis of Potassium Permanganate	(230)
实验二十三 三草酸合铁(Ⅲ)酸钾的制备、组成测定及表征	(232)
23 Synthesis, Composition Analysis and Characterization of Potassium Trioxalatoferrate(Ⅲ)	(233)
附录	(234)
表一 元素的相对原子质量	(234)
表二 一些物质的摩尔质量	(236)
表三 实验室常用酸、碱溶液的浓度	(241)
表四 实验室中一些试剂的配制方法	(242)
表五 常见阳离子、阴离子的主要鉴定反应	(244)
表六 常见阳离子与常用试剂的反应	(250)
表七 常见阴离子与常用试剂的反应	(252)
表八 常见离子和化合物的颜色	(254)
表九 微溶化合物的溶度积	(258)
表十 弱酸、弱碱在水中的解离常数	(260)

第一部分 无机化学实验的基本原理、基本方法与基本操作

第一章 绪 论

一、化学实验的目的与任务

化学是一门实验性科学,化学实验是化学教学不可缺少的重要组成部分。通过实验,既能发现和发展理论,又能检验和评价理论。化学实验的目的是开拓学生智能,培养学生严肃、严密、严格的科学态度和良好的科学素养,提高学生的动手能力和独立工作能力,并为将来从事科学研究奠定坚实的基础。因而,化学实验的作用不是验证学生所学的化学理论知识,而是要通过实验,训练学生进行科学实验的方法和技能,进而使学生进一步学会对实验现象进行观察、分析、归纳、总结,培养学生独立工作、分析问题和解决问题的能力。

二、化学实验的学习方法与要求

要很好地完成实验的各个环节,除具有坚实的理论基础外,还要有正确的学习方法。

1. 认真预习

实验前应认真阅读实验教材,明确实验的目的;了解实验内容、原理和方法;清楚所用药品或试剂的等级、物化性质(熔点、沸点、密度、毒性与安全等数据);熟悉所用仪器;设计实验装置、实验步骤;估计实验中可能发生的现象和预期结果;明确实验数据处理方法和有关计算公式。在此基础上写好实验预习报告。

2. 认真实验

依据实验的内容、方法、步骤及要求进行实验,做到遵守实验操作规程,仔细观察实验现象,结合理论认真分析实验结果,如实而详细地记录实验现象和数据。

3. 认真书写实验报告

实验报告不仅是概括和总结实验过程的文献性质资料,而且是学生通过实验获取化学知识实验过程的一个方面。

因而,书写实验报告同样是化学实验课程的基本训练内容。实验报告能从一定的角度反映科学工作者的科学态度、实际水平与能力。实验报告的格式与要求基本包括:实验名称;实验目的;实验原理;实验仪器(厂家、型号、测量精度等);药品与试剂(纯度等级);实验装置(流程图或表格等);实验现象及观测数据;实验结果(包括数据处理);讨论。

实验结果的讨论是实验报告的重要组成部分,它包括实验工作者学术性的体会(并非感性的表达),实验结果的可靠性与合理性评价,分析并解释观察到的实验现象。

无机化学实验大致分为三种类型:一是验证性实验;二是测定性实验;三是无机制备实验。验证性实验主要是物质性质的验证,可加深对反应原理和物质性质的理解。测定性实验主要是测定数据及数据处理过程。制备实验要写出物质制备原理、流程、原料量、产量、产率、产品

质量与性质等。

三、实验误差及有效数字

化学实验过程中经常使用仪器对一些物理量进行测量,从而对体系中的一些化学性质和物理性质作出定量描述,揭示事物的客观规律。但事实上,任何测量的结果(数据)只能是相对准确,或者说是存在某种程度上的不确定(不可靠)性,这种不确定(不可靠)被称为实验误差。产生这种误差的原因,是因为测量仪器、方法、实验条件以及实验工作者本人不可避免地存在一定局限性。

对于不可避免的实验误差,实验者需了解其产生的原因、性质及有关规律,从而在实验中设法控制和减少误差,并对测量的结果进行适当处理,以达到可信的程度。

1. 绝对误差与相对误差

测量中的误差,主要有两种表示方法:绝对误差与相对误差。

(1) 绝对误差

测量值与真值(真实值)之差称为绝对误差。若以 χ 代表测量值,以 μ 代表真实值,则绝对误差 δ 为

$$\delta = \chi - \mu$$

绝对误差是以测量值的单位为单位,可以是正值,也可以是负值,即测量值可能大于或小于其真值。测量值越接近真值,绝对误差越小;反之,越大。

实际上绝对准确的实验结果是无法得到的。化学研究中所谓真值是指有经验的研究人员用可靠(相对而言)的测定方法多次平行测定得到的平均值。可知的真值,一般有三类:理论真值、约定真值及相对真值。

a. 理论真值 如三角形的内角和为 180° 等。

b. 约定真值 由国际计量大会定义的单位(国际单位)及我国的法定计量单位是约定真值。

c. 相对真值 对科技工作者而言,由于没有绝对纯的化学试剂,因而常用标准参考物质的证书上所给示的含量作为相对真值。

(2) 相对误差

绝对误差与真值的比值称为相对误差。

$$\frac{\delta}{\mu} = \frac{\chi - \mu}{\mu}$$

相对误差反映测量误差在测量结果中所占的比例,它没有单位,通常以 %、‰ 表示。

例如,若测定纯 NaCl 中 Cl 的百分含量为 60.52%,而其真值应为 60.66%,则

绝对误差 $\delta = 60.52\% - 60.66\% = -0.14\%$

相对误差 $\frac{\delta}{\mu} = \frac{60.52\% - 60.66\%}{60.66\%} \times 1000\% = -2.3\%$

2. 准确度与精密度

准确度表示测定结果与真值接近程度。测量值与真值越接近,就越准确。准确度的大小用绝对误差或相对误差表示。误差越大,准确度越低;反之,准确度越高。例如一物体的真实质量是 10.000 g,某人测量得到 10.001 g,另一个测量得到 10.008 g。前者的绝对误差是 0.001 g,后者的绝对误差是 0.008 g。10.001 g 比 10.008 g 的绝对误差小,所以前者比后者测

量得更准确,或者说前一结果比后一结果的准确度高。

精密度表示平行测量的各测量值(实验值)之间相互接近的程度。各测量值间越接近,精密度就越高;反之,精密度越低。精密度可用偏差、相对平均偏差、标准偏差与相对标准偏差表示。

(1) 偏差

测量值与平均值之差称为偏差。偏差越大,精密度越低。若令 $\bar{x}$ 代表一组平行测定的平均值,则单个测量值 x_i 的偏差 d 为

$$d = x_i - \bar{x}$$

因此, d 有正负之分。各个偏差绝对值的平均值称为平均偏差 $\bar{d}$ 。

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

式中, n 表示测量次数。

(2) 相对平均偏差

相对平均偏差定义如下:

$$\frac{\bar{d}}{\bar{x}} \times 100\% = \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}| / n}{\bar{x}} \times 100\%$$

(3) 标准偏差或标准差

标准偏差或标准差定义如下:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad \text{或} \quad S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{1}{n} (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n-1}}$$

使用标准偏差是为了突出较大偏差的影响。

(4) 相对标准偏差(变异系数)

相对标准偏差定义如下:

$$\text{RSD} = \frac{S}{\bar{x}} \times 100\% = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}}{\bar{x}} \times 100\%$$

实际工作中,往往用RSD表示测定结果的精密度。

例如,四次测定某溶液的浓度,结果为0.2041、0.2049、0.2039和0.2043(单位为mol/L)。

则平均值($\bar{x}$),平均偏差($\bar{d}$),相对平均偏差($\frac{\bar{d}}{\bar{x}}$),标准偏差(S)及相对标准偏差(RSD)为:

平均值 $\bar{x} = (0.2041 + 0.2049 + 0.2039 + 0.2043) / 4 = 0.2043 (\text{mol/L})$

平均偏差 $\bar{d} = (0.0002 + 0.0006 + 0.0004 + 0.0000) / 4 = 0.0003 (\text{mol/L})$

相对平均偏差 $\frac{\bar{d}}{\bar{x}} = \frac{0.0003}{0.2043} \times 100\% = 1.5\%$

标准偏差 $S = \sqrt{\frac{0.0002^2 + 0.0006^2 + 0.0004^2 + 0.0000^2}{4-1}} = 0.0004 (\text{mol/L})$

$$\text{相对标准偏差 } RSD = \frac{0.0004}{0.2043} \times 100\% = 0.2\%$$

精密度是保证准确度的前提条件,没有好的精密度就不可能有好的准确度。因为事实上,准确度是指在一定的精密度下,多次测量的平均值与真值接近的程度。测量值的准确度表示测量结果的正确性,测量值的精密度表示测量结果的重复性或再现性。

3. 系统误差和随机误差

依据误差产生的原因及性质,误差可分为系统误差与随机误差。

(1) 系统误差

系统误差是由某些固定的原因造成的,使得测量结果总是偏高或偏低。实验方法不够完善、仪器不够精确、试剂不够纯以及测量者本人的习惯、仪器使用的理想环境达不到要求等因素都有可能产生系统误差。系统误差的特征是:① 单向性,即误差的符号及大小恒定或按一定规律变化;② 系统性,即在相同条件下重复测量时,误差会再现,因此系统误差可用校正等方法予以消除。常见的系统误差大致分为:

a. 仪器误差 所有的测量仪器都可能产生系统误差。例如天平失于校准(如不等臂性或灵敏度欠佳);磨损或腐蚀的砝码;移液管、滴定管、容量瓶等玻璃仪器的实际容积和标示容积不符;电池电压下降,接触不良造成电路电阻增加等影响都会造成系统误差。

b. 方法误差 这是由于测试方法不完善造成的。其中有化学和物理化学方面的原因,常常难以发现。因此,这是一种影响最为严重的系统误差。例如某些反应速率很慢或未定量地完成,干扰离子的影响,沉淀溶解、共沉淀和后沉淀等都会系统地导致测定结果偏高或偏低。

c. 个人误差 这是一种由操作者本身的一些主观因素造成的误差。例如在读取刻度值时,总是偏高或总是偏低。

(2) 偶然误差

偶然误差又称随机误差。它指同一操作者在同一条件下对同一量进行多次测定,而结果不尽相同,以一种不可预测的方式变化着的误差。它产生的直接原因往往难于发现和控制。偶然误差有时正有时负,数值有时大有时小,因而具有一定的不确定性。在各种测量中,随机误差总是不可避免地存在,并且不可能加以消除,它构成了测量的最终限制。偶然误差对测定结果的影响通常服从统一规律,因而,可以采用在相同条件下多次测定同一量再求其算术平均值的方法来克服。

(3) 过失误差

由于操作者的疏忽大意,没有完全按照操作规程实验等原因造成的误差称为过失误差,这种误差使测量结果与事实明显不符,有较大的偏离且无规律可循。含有过失误差的测量值,不能作为一次实验值引入数据处理。这种过失误差,需要通过加强责任心、仔细工作来避免。判断是否发生过失误差必须慎重,应有充分的依据,最好重复这个实验来检查,如果经过细致实验后仍然出现这个数,要依据已有的科学知识判断是否有新的问题,甚至有新的发现,这在实践中是常有的事。

4. 有效数字及运算法则

(1) 有效数字

在科学研究过程中,各种物理量的测量值(观测值)的记录必须与测试仪器的精度相一致。通常情况下,任何一种仪器标尺读数的最低一位应该用内插法估计到两条刻度线间距的1/10。因而,任何一个测量值的最后一位数字应是有一定误差的。这种误差来自于估计的不可靠性,有时称为**不确定度**,一般为 ± 0.1 分度。最后这位数字是可疑的,但决非臆造,应该是可信的,

因而是“有效”的。记录时应保留这位数字才能正确地反映出测量的精确程度。这种在不丧失测量准确度的情况下,表示某个测量值所需要的最小位数的数目字称为**有效数字**。也就是说,有效数字就是实际能够测量到的数字,它总是和测量或测定联系在一起。有效数字的构成包括若干位确定的数字和一位不确定的数字。例如 253.8 这个数有 4 位有效数字,用科学表示法写成 2.538×10^2 。若写成 2.5380×10^2 ,就意味着它有 5 位有效数字。“0”是一个特殊的数字。当它出现在两个非零数字之间或小数点右方的非零数字之后时都是有效的。如 10.0500 g,其中每个 0 都是有效的,它有 6 位有效数字。而 0.0290 中,2 之前的两个 0 都是无效的,因这两个 0 只是用来决定小数点的位置。

但是,像 83 600 这类数字的有效数字却含混不清,可能意味着下列情况之一:

8.36 $\times 10^4$ 3 位有效数字

8.360 $\times 10^4$ 4 位有效数字

8.3600 $\times 10^4$ 5 位有效数字

因此,像 836 00 这类数值最好用上述科学表示法之一书写,以便准确地表示出它究竟有几位有效数字。

(2) 数的修约

当计算涉及几个测量值,而它们的有效数字的位数不相同时,便要舍去多余的数字,称之为数的**修约**(rounding)。过去通常采用“四舍五入”或“四舍六入五成双”规则。现介绍国家标准新的修约规则。

a. 在数据处理中,常遇到一些准确度不相等的数值,此时如果按一定规则对数值进行修约,既可节省计算时间,又可减少错误。

b. 修约的含义是用一称作修约数的代替—已知数,修约数来自选定的修约区间的整数倍。

例:

修约区间:0.1

整数倍:12.1,12.2,12.4 等。

修约区间:10

整数倍:1 210,1 220,1 230,1 240 等。

c. 如果只有一个整数倍最接近已知数,则此整数倍就认为是修约数。

例:

修约区间:0.1

已知数	修约数
12.223	12.2
12.251	12.3
12.275	12.3

d. 如果有两个连续的整数倍同等地接近已知数,则有两种不同的规则可选用。

规则 A:选取偶数整数倍作为修约数。此规则广泛应用于处理测量数据。

例:

修约区间:0.1

已知数	修约数
12.25	12.2
12.35	12.4

规则 B: 选取较大的整数倍作为修约后的数。此规则广泛应用于计算机。

例:

修约区间: 0.1

已知数	修约数
12.25	12.3
12.35	12.4

e. 用上述规则作多次修约时, 可能会产生误差。因此推荐一次完成修约。

例: 12.251 应修约成 12.3, 而不是第一次修约成 12.25, 然后修约为 12.2。

f. 上述规则只用在选择修约数没有特别规定的情况。

(3) 运算规则

a. 加减法 和或差的有效位数按照各原始数据中小数点后位数最少的数据确定。用科学表示法表示的数据, 如指数不同, 应先化成相同的指数, 然后才能加减。

例如, 将下列 Cl^- 浓度相加减: $3.00 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ 、 $5.55 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ 和 $1.00 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ 。可用两种方法计算: (a) 将各个加数直接相加, 然后修约结果; (b) 先修约各个加数, 然后再相加。

先加后修约	先修约再相加
3.00×10^{-2}	3.00×10^{-2}
0.555×10^{-2}	0.56×10^{-2}
+ 0.001×10^{-2}	+ 0.00×10^{-2} (可忽略不计)
$3.556 \times 10^{-2} (\text{mol/L})$	$3.56 \times 10^{-2} (\text{mol/L})$
↓	
$3.56 \times 10^{-2} (\text{mol/L})$	

为减小舍入误差的累积, 有时在修约各个加数时, 比小数位数最小的数多保留一位有效位数。例如:

先加后对结果 修约	修约成小数点后 2 位再相加	修约成小数点后 3 位再相加
2.25	2.25	2.25
3.437 5	3.44	3.438
+ 4.275 02	+ 4.28	+ 4.275
9.962 52	9.97	9.963
↓		↓
9.96		9.96

b. 乘除法 积与商的有效位数按照原始数据中有效数字位数最少的数确定。例如:

$$\begin{array}{r}
 1.262 \times 10^{-5} \\
 \times) 4.78 \\
 \hline
 6.03236 \times 10^{-5} \\
 \downarrow \\
 6.03 \times 10^{-5}
 \end{array}$$

在计算过程中,为防止修约造成误差的累积,可多保留一位有效数字进行计算,最后将计算结果按修约规则修约。例如:

$$\begin{array}{r} 5.3179 \times 10^{12} \\ \times) 3.6 \times 10^{-19} \\ \hline \end{array} \quad \longrightarrow \quad \begin{array}{r} 5.32 \times 10^{12} \\ \times) 3.6 \times 10^{-19} \\ \hline 1.9152 \times 10^{-6} \longrightarrow 1.9 \times 10^{-6} \end{array}$$

c. 对数与反对数 对数尾数的有效位数应与真数的有效位数相同。例如:

$$\lg \underbrace{345}_{\text{真数}} = \underbrace{2}_{\text{首数}} . \underbrace{538}_{\text{尾数}}$$

因此 345 可写成 3.45×10^2 , 它的对数的首数相应于 3.39×10^2 中 10 的幂, 起决定小数点位置的作用。

再进一步看一下对数尾数最后一位有效数字(第 3 位)与真数的关系:

$$\begin{array}{l} 10^{2.671} = 469(468.8) \\ 10^{2.670} = 468(467.7) \\ 10^{2.669} = 467(466.6) \end{array} \quad \left[\begin{array}{l} \text{括号中的数值} \\ \text{为修约成 3 位} \\ \text{数以前的结果} \end{array} \right]$$

可见指数的小数点后第 3 位改变 ± 1 时, 结果 468(即对数的真数)的最后一位数字改变 ± 1 。

将对数转换成反对数时, 有效位数则应与尾数的位数相同, 例如 $\lg 10^{-3.42}$ 的反对数为

$$10^{-3.42} = 3.8 \times 10^{-4}$$

又如, $[\text{H}^+] = 6.6 \times 10^{-10} \text{ mol/L}$ 的溶液, pH 应为 9.18, 不是 9 或 9.2。

四、化学实验室规则与事故处理

为了保证实验的顺利进行及实验室安全, 进入实验室的所有工作人员必须遵守实验室规则和安全守则, 懂得常见事故的处理方法。

1. 化学实验室规则

(1) 在实验室工作的人员必须遵守纪律, 保持肃静, 集中思想, 认真操作, 仔细观察, 积极思考, 真实记录。

(2) 正确使用实验仪器、设备。

(3) 药品应按规定的量取用, 已取出的试剂不能再放回原试剂瓶中以免污染试剂。取用药品的用具应保持清洁、干燥, 以保持试剂不被污染及浓度一定。取用药品后应立即盖上瓶盖, 以免放错瓶塞, 污染药品。

(4) 实验前要检查所需仪器是否齐全, 是否破损, 以便及时补齐、更换。实验过程中应保持器皿清洁, 保持实验台面清洁整齐, 实验结束后, 仪器、药品放回原处。

(5) 废弃的固体、纸、玻璃渣、火柴梗等应倒入废品篮内; 废液应倒入指定的废液回收桶, 不得倒入水槽流入下水道, 剧毒废液由实验室统一处理。

(6) 实验完成后应保持实验室清洁, 检查水、电、气安全, 关好门窗。

(7) 实验室一切物品不得私自带出室外。

2. 化学实验室安全规则

化学实验室中有易燃、易爆、有毒或腐蚀性的药品, 化学实验过程中使用水、电、气, 如果使用不当, 则存在不安全因素。凡进入实验室的人员必须重视安全问题, 绝不可麻痹大意, 严格遵守实验室安全守则, 严格遵守操作规程, 以免发生事故。

- (1) 易燃的试剂如乙醇、丙酮、乙醚等,使用时应远离火源,用完后立即塞紧瓶塞。
- (2) 加热、浓缩液体时要防止液体冲出容器,试管口要朝向无人处。
- (3) 产生有刺激性气味、有毒气体的实验要在通风橱中进行,嗅气体的气味时,只能用手轻轻地煽动空气,使少量气体进入鼻孔。
- (4) 使用有毒试剂如砷化物、铬盐、氰化物、汞及其化合物等,要严格防止进入口内和伤口内,废液严禁排入下水道。
- (5) 防止浓酸、浓碱液溅在皮肤或衣物上,尤其不能溅入眼内。
- (6) 湿手不要接触电器插头,人体不能与导电物体接触。实验结束后应切断电源。
- (7) 严禁随意混合各种化学试剂,以避免发生意外事故。
- (8) 严禁在实验室内饮食、吸烟,不得将食物或餐饮具带入实验室,实验后要清洗双手。

3. 常见事故的简单处理

实验室发生事故后,应冷静沉着,立刻采取有效措施处理事故。

(1) 触电 不慎触电时,立即切断电源,或尽快地用绝缘物(干燥的木棒、竹竿等)将电源与触电者隔开,必要时进行人工呼吸。

(2) 烫伤 被火、高温物体烫伤后,切勿用水冲洗伤口,更不要将烫起的水泡挑破,可在烫伤处涂上烫伤药膏。必要时送医院治疗。

(3) 割伤 先将伤口中的异物取出,不要用水冲洗伤口,涂上红药水或创可贴,必要时送医院救治。

(4) 酸(或碱)伤 酸(或碱)溅入眼内,应立即用水冲洗,再用 2% 的 $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ 溶液(或 3% 的硼酸溶液)冲洗眼睛,然后用蒸馏水冲洗。酸(或碱)洒到皮肤上时,先应用大量水冲洗,再用饱和碳酸氢钠(或 2% 醋酸溶液)冲洗,最后再用水冲洗,涂敷氧化锌软膏(或硼酸软膏)。

(5) 毒物误入口内 将 5~10 ml 稀硫酸铜溶液加入一杯温水中,内服后再用手指伸入咽喉部,促使呕吐,然后立即送医院治疗。

(6) 吸入刺激性或有毒气体 吸入如溴蒸气、氯化氢时,可吸入少量酒精和乙醚的混合蒸气解毒;因不慎吸入煤气、硫化氢气体时,应立刻到室外呼吸新鲜空气。

(7) 伤势严重者,应立即送医院诊治。

4. 消防

实验室不慎起火后,不应惊慌失措,而应根据不同的着火情况,采用不同的灭火措施。由于物质燃烧需要一定的氧气(空气)和达到着火点(一定的温度),所以灭火的原则是降温或将燃烧的物质与空气隔绝。

化学实验中常用的灭火措施有:

(1) 小火用湿布、石棉布覆盖燃烧物即可灭火,大火应用泡沫灭火器灭火。对 Na、K、Mg、Al 等活泼金属等引起的着火,应用干燥的细沙覆盖灭火。有机溶剂着火,切勿用水灭火,而应用二氧化碳灭火器、沙子或干粉等灭火(表 1-1)。

表 1-1 常用灭火器种类及其适用范围

名 称	适 用 范 围
泡沫灭火器	用于一般失火及油类着火。此种灭火器是由 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 和 NaHCO_3 溶液作用产生大量的 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 及 CO_2 泡沫,泡沫把燃烧物质覆盖与空气隔绝而灭火。因为泡沫能导电,所以不能用于扑灭电器设备着火
四氯化碳灭火器	用于电器设备及汽油、丙酮等着火。此种灭火器内装液态 CCl_4 。 CCl_4 沸点低,相对密度大,不会被引燃,所以把 CCl_4 喷射到燃烧物的表面, CCl_4 液体迅速汽化,覆盖在燃烧物上而灭火
1211 灭火器	用于油类、有机溶剂以及精密仪器、高压电气设备等着火。此种灭火器内装 CF_2ClBr 液化气,灭火效果好
二氧化碳灭火器	用于电器设备失火及忌水的物质着火。内装液态 CO_2
干粉灭火器	用于油类、电器设备、可燃气体及遇水燃烧等物质的着火。内装 NaHCO_3 等物质和适量的润滑剂和防潮剂。此种灭火器喷出的粉末能覆盖在燃烧物上,形成阻止燃烧的隔离层,同时它受热分解出 CO_2 ,降低氧气浓度,因此灭火速度快

(2) 在加热时着火,应立即停止加热,关闭煤气总阀,切断电源,将一切易燃易爆物品移至远处。

(3) 电器设备着火,先切断电源,再用四氯化碳灭火器灭火,也可用干粉灭火器灭火。

(4) 当衣服着火时,切勿慌张跑动,应赶快脱下衣服或用石棉布覆盖着火处,或在地上卧倒打滚,起到灭火的作用。

(5) 必要时报火警。