

高等学校教材



# 普通化学实验

陈媛梅 主编



高等教育出版社

## 内容提要

本书是全国高等学校教学研究中心“21世纪中国高等学校农林类专业数理化基础课程的创新与实践”课题的研究成果。全书包括实验室基本知识、常用普通化学仪器和化学试剂、普通化学实验基本操作、基本实验和综合设计实验5部分,共有18个基本实验和7个综合设计实验。实验内容既体现普通化学实验的基础性,又注重学生的动手能力和化学素质的培养。

本书既可作为由中国农业大学、北京林业大学和甘肃农业大学等校合编的《普通化学》的配套实验教材,也可供其他院校非化学化工类专业开设普通化学实验课使用。

## 图书在版编目(CIP)数据

普通化学实验/陈媛梅主编. —北京:高等教育出版社,2007.7

ISBN 978-7-04-021803-9

I. 普… II. 陈… III. 化学实验-高等学校-教材 IV. O6-3

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第068879号

策划编辑 郭新华 责任编辑 董淑静 封面设计 李卫青 责任绘图 朱静  
版式设计 王艳红 责任校对 俞声佳 责任印制 毛斯璐

---

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街4号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	<a href="http://www.hep.edu.cn">http://www.hep.edu.cn</a>
总 机	010-58581000		<a href="http://www.hep.com.cn">http://www.hep.com.cn</a>
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	<a href="http://www.landracom.com">http://www.landracom.com</a>
印 刷	北京市联华印刷厂		<a href="http://www.landracom.com.cn">http://www.landracom.com.cn</a>
		畅想教育	<a href="http://www.widedu.com">http://www.widedu.com</a>
开 本	787×960 1/16	版 次	2007年7月第1版
印 张	10.75	印 次	2007年7月第1次印刷
字 数	190 000	定 价	11.90元

---

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 21803-00

# 编写委员会

主 编 陈媛梅

副主编 王兴民 熊艳梅 丁来欣

参编人 (按姓氏笔画排序)

丁来欣 王兴民 张佩丽 陈媛梅

饶震红 蒲陆梅 熊艳梅

# 前 言

本书为全国高等学校教学研究中心“21世纪中国高等学校农林类专业数理化基础课程的创新与实践”课题的研究成果,也是高等教育出版社出版的《普通化学》(任丽萍主编)的配套教材。

普通化学实验作为农林院校非化学化工专业开设的一门实践性课程,目前已在许多院校单独设课。普通化学实验的目的和任务不仅是验证、加深和巩固理论知识,更重要的是通过实验教学,训练学生科学实验的方法和技能,使学生学会对实验现象进行观察、分析、判断、推理以及归纳总结,培养独立进行实验、设计实验方案、撰写实验报告等多方面的能力。同时,还可以使学生初步感受“化学家在实验室工作”的环境,让学生获得全面化学素质的教育。

本书以《高等农、林、水院校化学实验基本教学要求》为依据,以“21世纪着重培养学生创新精神和进行整体化知识教育”的现代教育思想为指导,总结参编者多年实验教学工作经验编写而成。本教材选编入了各参编学校已开设多年而具有保留价值的实验。它既可以作为《普通化学》的配套教材,也可供农林院校和其他普通院校单独使用。本教材有如下特点:

1. 以基本操作技能训练为主,突出学生的动手能力和化学素质的培养。除了基本实验以外,还安排了综合设计实验,并单独列为一个单元。

2. 在内容选排上,既考虑普通化学的独立性、系统性和科学性,又照顾与其他有关化学课程的关联与衔接。

3. 立足农林院校对普通化学实验的基本要求,注重实用性。精选既能体现普通化学实验教学要求,又能满足大多数高等农林院校教学需求的内容。

4. 顾及其他院校对普通化学实验的需求。内容选编方面着重考虑有利于农林院校实验教学,但同时又尽量避免题材选择太专业化,以利于其他普通院校选用本教材。

5. 力求环保,体现绿色化学理念。尽量不选或少选对人体危害较大、对环境污染严重的内容和试剂。如果不得不选用有关内容,则采取尽可能少用试剂的原则。

本书由北京林业大学、中国农业大学和甘肃农业大学联合编写,第1,2,3章由三个学校共同编写。参编人有陈媛梅、丁来欣(北京林业大学,编写实验4,5,9,12,18,23~25),王兴民、蒲陆梅(甘肃农业大学,编写实验1~3,8,10,13,19,

## II 前言

---

22),熊艳梅、饶震红、张佩丽(中国农业大学,编写实验6,7,11,14~17,20,21)。全书包括实验室基本知识、常用普通化学仪器和化学试剂、普通化学实验基本操作、基本实验和综合设计实验五个版块,共开设25个实验。

中国农业大学赵士铎教授和任丽萍教授对本书进行审定,高等教育出版社郭新华为本书的出版给予全力支持和帮助。另外,北京林业大学的杨今朝、李莉、陈红艳、刘立岩、刘柳等参与了实验验证,廖蓉苏、刘松、冉红涛等对实验提出了宝贵建议。编者对上述诸位致以衷心谢意!

限于编者水平,错误和不妥之处,恳请广大读者和同行专家给予指正。

编者

2007年1月

# 目 录

<b>第 1 章 实验室基本知识</b> .....	1
§ 1.1 化学实验室安全守则 .....	1
§ 1.2 实验室意外事故处理 .....	1
§ 1.3 大学普通化学实验要求 .....	2
§ 1.4 实验报告格式 .....	3
§ 1.5 误差与数据处理 .....	6
<b>第 2 章 常用普通化学仪器和化学试剂</b> .....	11
§ 2.1 常用普通化学仪器 .....	11
§ 2.2 化学试剂及有关知识 .....	28
<b>第 3 章 普通化学实验基本操作</b> .....	32
§ 3.1 玻璃仪器的洗涤和干燥 .....	32
§ 3.2 试剂的取用和溶液的配制 .....	34
§ 3.3 加热与制冷技术 .....	38
§ 3.4 玻璃工操作和塞子钻孔 .....	45
§ 3.5 气体的发生、净化、干燥与收集 .....	50
§ 3.6 分离与提纯技术 .....	54
§ 3.7 试纸的使用 .....	60
§ 3.8 称量 .....	61
§ 3.9 滴定分析基本操作 .....	62
<b>第 4 章 基本实验</b> .....	68
实验 1 仪器的认领、洗涤和干燥 .....	68
实验 2 粗食盐的提纯 .....	71
实验 3 溶胶与乳状液 .....	75
实验 4 化学反应热的测定 .....	77
实验 5 溶液的配制 .....	81
实验 6 滴定分析基本操作 .....	83
实验 7 $I_3^- \rightleftharpoons I^- + I_2$ 平衡常数的测定 .....	85
实验 8 醋酸解离度和解离常数的测定(pH 法) .....	87

## II 目录

实验 9 酸碱平衡和沉淀平衡 .....	89
实验 10 化学反应速率和活化能 .....	93
实验 11 硫酸钙溶度积的测定(离子交换法) .....	97
实验 12 氧化还原反应与电化学 .....	100
实验 13 配合物的生成和性质 .....	104
实验 14 非金属元素(卤素、氧、硫) .....	108
实验 15 过渡系元素(铁、钴、镍、铬) .....	113
实验 16 常见离子的定性鉴定方法 .....	117
实验 17 铝锌合金中组分含量的测定 .....	123
实验 18 无机纸上色谱 .....	126
<b>第 5 章 综合设计实验</b> .....	<b>130</b>
实验 19 磺基水杨酸合铁(III)配合物的组成及稳定常数的测定 .....	130
实验 20 离子交换法制备去离子水及水质检验 .....	134
实验 21 生活用水的水质分析 .....	138
实验 22 硫酸亚铁铵的制备及纯度分析 .....	140
实验 23 缓冲溶液的配制及性质 .....	142
实验 24 海带中提取碘 .....	143
实验 25 未知物的分离与鉴定 .....	144
<b>附录</b> .....	<b>146</b>
附录 1 元素的国际相对原子质量(1997) .....	146
附录 2 不同温度下水的饱和蒸气压 .....	148
附录 3 常用酸碱的浓度表 .....	149
附录 4 常用试剂的配制 .....	150
附录 5 常见离子和化合物的颜色 .....	152
附录 6 常见弱酸弱碱在水溶液中的解离常数 .....	153
附录 7 常见难溶电解质的溶度积常数(298 K) .....	154
附录 8 常见配离子的稳定常数 .....	154
附录 9 标准电极电势表(25 °C) .....	155
附录 10 物质的热力学函数 .....	157
<b>参考文献</b> .....	<b>163</b>

# 第 1 章 实验室基本知识

## § 1.1 化学实验室安全守则

1. 实验开始前,检查仪器是否完整无损,装置是否正确。了解实验室安全用品的存放位置,熟悉各种安全用品(如灭火器、沙桶、急救箱等)的使用方法。

2. 实验进行时,不得离岗串岗。水、电、煤气、酒精灯等一经用完立即关闭。实验结束后,值日生和最后离开实验室的人员应再一次检查它们是否被关好。

3. 一切有毒或有刺激性的气体的实验都应在通风橱内进行。

4. 极易挥发和引燃的有机溶剂(如乙醚、乙醇、丙酮、苯等),使用时必须远离明火,用后要立即塞紧瓶塞,放在阴凉避光处。

5. 绝对不允许随意混合各种化学试剂,以免发生意外事故。

6. 浓酸、浓碱具有强腐蚀性,切勿溅在皮肤或衣服上,更应注意不要溅在眼睛上。稀释它们(特别是浓硫酸)时,应将其慢慢倒入水中,并搅拌冷却,而不能将水倒入浓酸、浓碱中,以避免迸溅。

7. 有毒药品(如重铬酸钾、钡盐、铅盐、砷的化合物、汞的化合物,特别是氰化物)不得进入口内或接触伤口。剩余的废液不得随便倒入下水道,应倒入废液缸中回收。防止污染环境,增强环境保护意识。

8. 加热试管时,不要将管口对着任何人,更不能俯视正在加热的液体,以免液体溅出而烫伤。

9. 实验室电器设备的功率不得超过电源负载能力。电器设备使用前应检查是否漏电,常用仪器外壳应接地。使用电器时,人体与电器导电部分不能直接接触,也不能用湿手接触电器插头。

10. 严禁在实验室内吃喝、吸烟。实验结束后必须洗净双手方可离开实验室。

11. 实验室内所有试剂不得携出。用剩的试剂应交还给教师。

## § 1.2 实验室意外事故处理

1. 烫伤:可先用稀  $\text{KMnO}_4$  或苦味酸溶液冲洗灼伤处。再在伤口处抹上黄



色的苦味酸溶液、烫伤膏或万花油。

2. 着火:若遇酒精、苯或乙醚等着火时,应立即用湿抹布、石棉布或沙子覆盖燃烧物。火势大时可用泡沫灭火器。若遇电器设备引起的火灾,应先切断电源,再用二氧化碳灭火器或干粉灭火器或四氯化碳灭火器灭火,不能用泡沫灭火器,以免触电。火势较大,则应立即报警。

3. 酸碱蚀伤:若强酸或强碱溅在眼睛或皮肤上,应立刻用大量水冲洗,再用饱和碳酸氢钠(或稀氨水)或硼酸溶液冲洗,然后用水冲洗。

4. 吸入刺激性有毒气体:若吸入氯气、氯化氢等气体,应立刻吸入少量酒精和乙醚的混合蒸气解毒;若吸入硫化氢而感到不适或头晕时,应立即到室外呼吸新鲜空气。

5. 有毒物进入口中:若毒物还没吞下,应立即吐出来,并用水冲洗口腔;如已咽下,应设法促使呕吐,并根据毒物的性质服用解毒剂。

6. 割伤:先取出伤口内的异物,然后在伤口处抹上红汞药水或撒上消炎粉后用纱布包扎。

7. 触电:遇触电事故时,应首先切断电源,必要时进行人工呼吸。

8. 若伤势较重,则应立即送医院。

## § 1.3 大学普通化学实验要求

### 一、预习

预习是实验前必需的准备工作,是做好实验的前提。为了保证实验质量,学生必须完成以下内容:①了解本实验目的,明确实验原理以及实验的主要内容;②了解实验所用仪器设备的正确操作方法和注意事项;③在预习基础上写出预习报告,其内容包括实验目的、实验原理、操作步骤等。进入实验室后须将预习报告交教师检查,否则,不得进行实验。

### 二、实验及记录

实验是培养学生独立工作能力和思维能力的重要环节,学生必须独立认真地完成全部实验内容。

(1) 严格按照教材规定的内容,认真操作,细心观察实验现象,随时如实而详尽地记录在实验本上,不得在讲义上乱写乱画,不得记录在零散纸片上。

(2) 实验中遇到的疑难问题或“异常现象”,不要随意放弃,应仔细检查操作有无错误,分析原因,因为从“异常现象”中会学到许多书本上没有的知识,也会增长解决问题的能力。

(3) 实验中每步操作必须严格,不得敷衍行事。自觉养成良好的科学研究的习惯,始终保持整洁、有条不紊的实验作风。

(4) 养成良好的实验习惯。实验结束后,将所用仪器刷洗干净,并放回实验柜内,擦净实验台。实验柜内仪器应存放有序,清洁整齐。每次实验后,由学生轮流值日,负责清扫和整理实验室,检查并关闭水、电、气、门窗。

### 三、实验总结及实验报告

实验结束后,应对实验进行全面总结,整理实验记录后写出实验报告。应根据实验现象进行分析、解释、写出有关的反应方程式,根据实验结果进行数据处理,并将结果与理论值比较、分析,从而做出结论。实验报告内容应完整、书写工整,不要随意涂改,更不能相互抄袭、马虎行事。不同类型实验的报告格式不同,下面介绍几种不同类型的实验报告格式,以供参考。

## § 1.4 实验报告格式

实验报告的格式如下所示。

### 式一:无机化学制备实验报告

班级\_\_\_\_\_ 姓名\_\_\_\_\_ 同组人\_\_\_\_\_ 日期\_\_\_\_\_

实验名称\_\_\_\_\_

实验目的

实验原理

仪器与试剂

#### 4 第1章 实验室基本知识

操作步骤及主要现象
实验结果
问题与讨论

#### 式二：无机化学测定实验报告

班级\_\_\_\_\_ 姓名\_\_\_\_\_ 同组人\_\_\_\_\_ 日期\_\_\_\_\_

实验名称\_\_\_\_\_

实验目的
实验原理
仪器与试剂

实验步骤

数据记录与实验结果

问题与讨论

**式三：无机化学性质实验报告**

班级\_\_\_\_\_ 姓名\_\_\_\_\_ 同组人\_\_\_\_\_ 日期\_\_\_\_\_

实验名称\_\_\_\_\_

实验目的

实验原理

仪器与试剂

实验内容	实验现象	反应方程式	解释及结论
问题与讨论			

## § 1.5 误差与数据处理

### 一、误差

化学实验时常需分析测定试样中某些组分的含量。但实际上由于种种原因,绝对不可能得到与真实值完全一致的结果,实验测定结果与真实值之间的差值就称为误差。分析测定中的误差是客观存在的,所得到的结果应尽可能接近真实值,也就是要求结果尽可能准确。

#### (一) 误差和偏差

##### 1. 误差

分析结果的准确度常用误差来表示,误差越小,表示分析结果越接近真实值。误差有两种表示方法,即绝对误差和相对误差。

绝对误差 = 测量值 - 真实值

例如,用万分之一(感量为 0.000 1 g)分析天平称得 NaCl 的质量为 3.418 0 g,已知其真实值是 3.418 1 g,则绝对误差为 -0.000 1 g。

在实验中,相对误差更能反映分析结果的准确度。绝对误差在真实值中所占的百分比叫相对误差。

$$\text{相对误差} = \frac{\text{绝对误差}}{\text{真实值}}$$

在上例中,相对误差为

$$\frac{-0.000 1}{3.418 1} \times 100\% = -0.002 9\%$$

如果所称 NaCl 的质量为 0.341 7 g,而其真实值是 0.341 8 g,则绝对误差仍为 -0.000 1 g,而相对误差却为

$$\frac{-0.000 1}{0.341 8} \times 100\% = -0.029\%$$

尽管前后两次称量的绝对误差相同,但前一次称量的相对误差是后一次的 1/10,所以前一次称得的质量比后一次的准确度高。由此可见,绝对误差相同时,称量质量较大的相对误差较小。

## 2. 偏差

实验中真实值不易或无法获得,通常是在相同条件下平行测定几次,然后以几次测定结果的平均值当作“真实值”。把几次平行测定结果之间相互接近的程度称为测量结果的精密度,它反映了测定结果的重复性和再现性。

精密度的高低用偏差来表示,偏差小,则精密度高。偏差也分绝对偏差和相对偏差。绝对偏差是某次测定结果与“真实值”(几次测定结果的平均值)之差,相对偏差是绝对偏差在“真实值”中所占的百分比。即

绝对偏差 = 测量值 - 平均值

$$\text{相对偏差} = \frac{\text{绝对偏差}}{\text{真实值}}$$

平均偏差或相对平均偏差也表示一组平行测定结果之间的接近程度或离散程度。

当测定为无限多次,实际上,大于 30 次时,总体平均偏差为

$$\delta = \frac{\sum |x - \mu|}{n}$$

式中： $x$ ——测量值；

$\mu$ ——真实值；

$n$ ——测定次数。

当测定次数仅为有限次，在定量分析的实际测定中，测定次数一般较小，小于20次时，平均偏差为

$$MD = \frac{\sum |x - \bar{x}|}{n}$$

相对平均偏差为

$$RMD = \frac{MD}{\bar{x}}$$

式中： $\bar{x}$ ——有限次测定的平均值。

应当指出，误差和偏差有不同的含义，误差以真实值为标准，而偏差则以平均值为标准。但二者又很难严格区分，因为物质的真实值往往是无法准确知道的，一般所指的真实值，其实就是采用各种分析方法进行多次平行分析所得到的相对正确的平均值。用这一平均值代替真实值计算误差，得到的结果仍然是偏差。

另外在评价分析结果时应注意，精密度高，不一定准确度高；准确度高，首先要精密度高。精密度是保证准确度的先决条件，精密度高的分析结果才有可能获得高准确度。

## (二) 误差的来源和提高准确度的方法

误差分为系统误差和随机误差两类。

### 1. 系统误差产生原因及消除方法

系统误差是由于测定方法、测定过程中仪器、试剂本身缺陷或是操作者本身等比较确定的原因造成的，它对分析结果的影响比较固定。它使测定结果偏高或偏低，而且具有再现性，主要影响测定结果的准确度，对精密度影响不大。

其主要来源有：方法误差（由测定方法本身造成的）；仪器误差（仪器本身不够精密造成的）；试剂误差（试剂及蒸馏水不纯造成的）；操作误差（操作者掌握操作规程与控制条件稍有出入造成的）。

系统误差可以通过完善实验方法、校准仪器、提纯试剂、做空白和对照实验等方法来减小甚至消除。

### 2. 随机误差产生原因及消除方法

随机误差又称偶然误差，是一些不确定的因素造成的，随机误差是难以察觉的，它可能是由于气压、温度、湿度等的波动或是没有意识到的错误操作等所引起的。由于引起的原因有随机性，因此所造成的误差是可变的，有时大，有时小，

有时是正值,有时是负值。它不仅影响测定结果的准确度,而且影响结果的精密度。

随机误差是无法避免的。但是在多次测定中,其大小、正负出现的概率遵守正态分布曲线。通常采用多次测定,取平均值的方法来减少随机误差。实际工作中测定次数为4~6次已经足够了。

必须指出,除以上两类误差外,还有因操作失误而造成的误差。如读错刻度、加错试剂、溶液溅出、砝码认错、计算错误等均可引起很大误差,这种误差,只要认真细致,加强责任感,严格按操作规程进行实验,是完全可以避免的。

从误差产生的原因看,准确度的好坏,是系统误差和随机误差共同影响的结果,而精密度的好坏,纯是由随机误差所造成的。在实验中系统误差可以采取办法加以消除,实验者主要是尽量减少随机误差,使分析结果的偏差小,精密度高。

## 二、有效数字及运算规则

在化学实验中,经常要测量一些物理量(如质量、体积、浓度等)并根据测得的数据进行必要的计算。但是在物理量的测量时,要涉及所记录的数据应保留几位数字以及在计算时,又应保留几位数字的问题,这些数据都要符合实际。因此,需要了解有效数字的有关知识。

在实验中,需要借助于准确度不同的仪器进行测定,需要记取很多读数,因此测定结果不仅能表示结果的大小,还能反映测定的准确度。例如滴定管读数21.30 mL,分析天平指针平衡点读数10.8234 g等,这些测量得到的数据,一般允许最后一位是估计的,虽不太准确,但也不是任意的。例如上述滴定管读数,是在操作者认为它不小于21.28 mL,不大于21.32 mL,最接近21.30 mL的情况下记录的。也就是认为该读数实际值在 $(21.30 \pm 0.02)$  mL范围内,根据绝对误差和相对误差的定义,其绝对误差为 $\pm 0.02$  mL,相对误差为 $\pm 0.09\%$ 。如果将该读数记为21.3 mL,则表示该读数实际值在 $(21.3 \pm 0.2)$  mL范围内,其绝对误差为 $\pm 0.2$  mL,相对误差为 $\pm 0.9\%$ 。所以21.30这四个数字中,虽然最后一位是估读的,但是它是有效的,所以称为有效数字。

有效数字是指实际能够测量到的数字。仪器读数的有效数字由仪器的性能决定。例如万分之一分析天平可称准至0.0001 g,滴定管可读准至0.01 mL等。在记录测量数据时,必须保留而且只保留一位估计值。由此可见,实验中记录的有效数字是指所有准确数字和一位可疑数字。

对于一个数而言,从该数左边第一个非零数字开始直到最右边的数字,都是有效数字。例如,0.035有两位有效数字,253.41有五位有效数字。

在数的运算中,有效数字的表示及运算规则如下:

(1) 两数相加或相减,它们的和或差的有效数字的保留应以小数点后位数



最少的数据为依据,例如 0.012 1, 25.64, 1.057 82 三个数相加,应以 25.64 为依据,将其他数字按有效数字修约规则修约到小数点后第二位,然后相加: $0.01 + 25.64 + 1.06 = 26.71$ 。

(2) 两数相乘或相除,应该使每一个数都保留与有效数字位数最少的数一样的有效数字,计算结果也是如此,例如, $0.032 5 \times 5.103 \times 60.06 \div 139.8$  应为  $0.032 5 \times 5.10 \times 60.1 \div 140 = 0.071 2$ ,即所有的数都应保留三位有效数字。

(3) 若某一数据第一位有效数字大于或等于 8,则有效数字可多算一位,如 8.37 虽只三位,但可看作四位有效数字。

(4) 整理数据和运算中弃取多余数字时,须采用“有效数字修约规则”,即“四舍六入五考虑;五后非零则进一;五后皆零视奇偶;五前为奇则进一;五前为偶则舍弃。一次修约完成,不许连续修约。”

(5) 有关化学平衡的计算,一般保留两位或三位有效数字。

(6) 因为 pH 为  $[H^+]$  的负对数值,所以 pH 的小数部分才是有效数字,通常只需保留一位或两位有效数字即可,如  $pH = 4.37, 6.5, 7.00$ 。

(7) 表示误差或偏差取 1~2 位有效数字即可。

(8) 常数或运算式中的倍数或分数的有效数字可取无限多位。