



高等学校化学类课程系列教材

分析化学

FENXI HUAXUE

主编◎陈庆榆 张雪梅

主审◎何建波



合肥工业大学出版社
HEFEI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

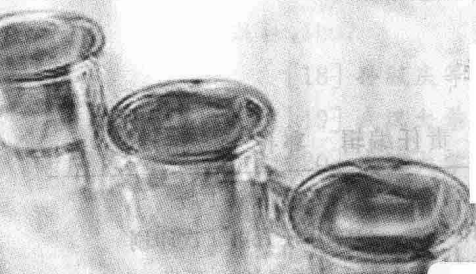
高等学校化学类课程系列教材

FENXI HUAXUE

分析化学

主编 陈庆榆 张雪梅

主审 何建波



合肥工业大学出版社

内 容 提 要

本书共分 11 章,主要内容包括:定量分析的误差及数据处理、滴定分析法概述、酸碱滴定法、配位滴定法、氧化还原滴定法、重量法和沉淀滴定法、吸光光度法、电位分析法、定量分析中常用的分离方法以及其他仪器分析方法简介。每章不仅设置了学习目标,而且还附有精选例题与习题,以便读者学习和实际应用理论原理。该书内容详略得当、理论实际联系紧密、深度广度适宜,具有较强的可读性和参考价值。

本书为高等学校非化学专业本科学生使用的教材,也可作为从事分析化学的技术人员及相关专业人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

分析化学/陈庆榆,张雪梅主编. —合肥:合肥工业大学出版社,2010. 1
ISBN 978-7-5650-0149-9

I. 分… II. ①陈…②张… III. 分析化学 IV. 065

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 235191 号

分 析 化 学

陈庆榆 张雪梅 主编

责任编辑 郭艳 汤礼广

出 版 合肥工业大学出版社
地 址 合肥市屯溪路 193 号
邮 编 230009
电 话 总编室:0551-2903038
发行部:0551-2903198
网 址 www.hfutpress.com.cn
E-mail press@hfutpress.com.cn

版 次 2010 年 1 月第 1 版
印 次 2010 年 1 月第 1 次印刷
开 本 710 毫米×1000 毫米 1/16
印 张 16.5
字 数 338 千字
印 刷 合肥现代印务有限公司
发 行 全国新华书店

ISBN 978-7-5650-0149-9

定价:28.00 元

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社发行部联系调换。

前 言

本书是根据教育部关于高等学校化学类系列课程教学基本要求和有关课程教学大纲的规定,同时也是为适应高等学校教学改革和对应用型本科人才培养的需要进行编写的。本书为高等学校非化学专业本科学生使用的教材,也可作为从事分析化学的技术人员及相关专业人员的参考书。

本书在编写过程中,作者根据自己多年的教学和实践经验,并结合相关专业的特点,吸收国内外许多同类教材的主要优点,对内容进行精心组织和合理编排,扣紧基本原理,阐明分析方法,精选应用实例;在保持本学科系统性的基础上,注重理论与实践相结合,突出应用创新能力的培养;对涉及的前沿领域和邻近学科,力求做到深度和广度相适宜,尤其体现分析化学在农业、食品、药品、环境、生命科学中的重要性 and 作用。编写本书的目的,就是希望学生借助本书的学习,掌握水溶液中化学平衡理论以及化学平衡理论在分析化学中的应用;树立准确的“量”的概念,正确计算有关问题;掌握滴定分析法、重量分析法和吸光光度分析法在生产实践中的应用;了解分析化学测定中各种误差的来源及其规律,学会分析数据处理的基本方法;了解几种简单的仪器分析方法等。编写时,我们还尽量做到语言简练、文字流畅、概念确切、思路清晰、重点突出,并要求与普通化学教材使用的符号、单位相衔接,贯彻国家法定计量单位的有关规定。对于书中打“*”的章节,不同的学校和专业可根据自己的教学需要和课时多少自行调整或删减。

本书共分十一章,由安徽科技学院陈庆榆教授、张雪梅副教授担任主编,由合肥工业大学化工学院教授、博士生导师何建波担任主审。编

写人员及其分工如下:陈庆榆(第1章、第6章),程年寿(第2章),杨久峰(第3章),李子荣(第4章),曲波(第5章),王军锋(第7章),张雪梅(第8章),戚邦华(第9章),王海侠(第10章),唐婧(第11章)。

本书在编写过程中,得到了安徽科技学院、合肥工业大学、安徽农业大学等院校相关院系的领导和许多教师的关心、支持与帮助,在此一并表示感谢。

尽管编者力求使本书具有一定的创新性、先进性及适用性,但由于编写时间仓促,编者水平有限,仍不免存在一些遗憾,恳请读者批评指正。

编 者

2010年1月9日

符号与缩写

a	activity	活度
a	acid	酸
A	absorbance	吸光度
b	base	碱
$c_e(B)$	equilibrium concentration of species B	型体 B 的平衡浓度
$c(B)$	analytical concentration of substance B	物质 B 的分析浓度
$c_r(B) = c_e(B)/c^\ominus$	relative concentration of substance B	物质 B 的相对浓度值
CV	coefficient of variation	变异系数(相对标准偏差)
d	mean deviation	平均偏差
e^-	electron	电子
E	extraction rate	萃取率
φ	electrode potential	电极电势
$\varphi^\ominus$	standard electrode potential	标准电极电势
$\varphi^{\ominus'}$	conditional electrode potential	条件电位
E_n	absolute error	绝对误差
E_r	relative error	相对误差
ep	end point	终点
f	degree of freedom	自由度
F	stoichiometric factor	化学因数(换算因数)
I	(1) ionic strength	离子强度
	(2) luminous intensity	光强度
In	indicator	指示剂
$K^\ominus$	standard equilibrium constant	标准平衡常数
$K^{\ominus'}$	conditional equilibrium constant	条件平衡常数
$K^\ominus$	stability constant	稳定常数
$K^{\ominus'}$	conditional stability constant	条件稳定常数
K_D	distribution coefficient	分配系数
M	molar mass	摩尔质量
$m(B)$	mass of substance B	物质 B 的质量
n	(1) amount of substance	物质的量
	(2) sample capacity	样本容量

R	range	极差
Red	reduced state	还原态
Redox	reduction-oxidation	氧化还原
RSD	relative standard deviation	相对标准偏差
RMD	relative mean deviation	相对平均偏差
s	(1) sample	试样
	(2) standard deviation	标准偏差
	(3) solubility	溶解度
sp	stoichiometric point	化学计量点
t	(1) time	时间
	(2) student distribution	t 分布
	(1) thermodynamic temperature	热力学温度
	(2) transmittance	透光率
T	(3) titre	滴定度
	(4) fraction titrated	滴定分数
E_t	(1) end point error	终点误差
	(2) titration error	滴定误差
V	volume	体积
w	mass fraction	质量分数
$\bar{x}$	mean (average)	平均值
x_T	true value	真值
x_M	median	中位数
α	side reaction coefficient	副反应系数
β	cululative stability constant	累积稳定常数
γ	activity coefficient	活度系数
δ	(1) distribution fraction	分布分数
	(2) population mean deviation	总体平均偏差
ϵ	molar absorption coefficient	摩尔吸收系数
λ	wavelength	波长
μ	population mean	总体平均值
ρ	mass density	质量浓度
σ	population standard deviation	总体标准偏差

目 录

符号与缩写	(1)
第 1 章 绪论	(1)
学习目标	(1)
1.1 分析化学的任务和作用	(1)
1.2 分析方法的分类	(2)
1.3 分析检测的一般程序	(4)
1.4 分析化学的发展趋势	(6)
思考题	(8)
第 2 章 定量分析的误差及数据处理	(9)
学习目标	(9)
2.1 误差的种类和来源	(9)
2.2 准确度和精密度	(11)
2.3 提高分析结果准确度的方法	(15)
2.4 分析数据的统计处理	(16)
2.5 有效数字的运算规则	(23)
思考题	(25)
习题	(26)
第 3 章 滴定分析法概述	(27)
学习目标	(27)
3.1 滴定分析法的分类和对化学反应的要求	(28)
3.2 滴定分析的方式	(28)
3.3 基准物质与标准溶液	(29)
3.4 滴定分析的计算	(31)
思考题	(34)
习题	(34)

第4章 酸碱滴定法	(35)
学习目标	(35)
4.1 水溶液中的酸碱平衡	(35)
4.2 酸度对酸碱存在型体的影响	(37)
4.3 酸碱溶液酸度的计算	(40)
4.4 酸碱指示剂	(47)
4.5 酸碱滴定法的基本原理	(51)
4.6 酸碱滴定法的应用	(61)
思考题	(66)
习题	(67)
第5章 配位滴定法	(69)
学习目标	(69)
5.1 乙二胺四乙酸(EDTA)及其配合物	(70)
5.2 配位平衡	(72)
5.3 影响配位平衡的主要因素	(73)
5.4 金属指示剂	(77)
5.5 配位滴定法的基本原理	(80)
5.6 提高配位滴定选择性的方法	(86)
5.7 配位滴定法的应用	(89)
思考题	(91)
习题	(91)
第6章 氧化还原滴定法	(93)
学习目标	(93)
6.1 氧化还原平衡	(93)
6.2 氧化还原滴定法的基本原理	(101)
6.3 氧化还原滴定中的指示剂	(108)
6.4 常用的氧化还原滴定法	(111)
6.5 氧化还原滴定法中样品的预处理	(122)
思考题	(122)
习题	(123)
第7章 重量分析法和沉淀滴定法	(124)
学习目标	(124)

* 7.1 重量法概述	(124)
* 7.2 沉淀的溶解度及其影响因素	(126)
* 7.3 沉淀的类型及沉淀的形成过程	(131)
* 7.4 影响沉淀纯度的因素	(134)
* 7.5 提高沉淀纯度的措施	(136)
* 7.6 沉淀条件的选择	(136)
7.7 沉淀滴定法	(138)
思考题	(143)
习题	(144)
第 8 章 吸光光度法	(145)
学习目标	(145)
8.1 吸光光度法概述	(145)
8.2 吸光光度法的基本原理	(146)
8.3 光吸收基本定律	(150)
8.4 吸光光度分析法及其仪器	(152)
8.5 显色反应及显色条件的选择	(157)
8.6 吸光光度法测量误差及测量条件的选择	(159)
8.7 吸光光度法的应用	(160)
思考题	(164)
习题	(165)
第 9 章 电位分析法	(166)
学习目标	(166)
9.1 电位分析法概述	(166)
9.2 电位分析法的基本原理	(167)
9.3 离子选择性电极	(170)
9.4 直接电位法	(177)
9.5 电位滴定法	(180)
思考题	(183)
习题	(184)
第 10 章 定量分析中常用的分离方法	(186)
学习目标	(186)
10.1 概述	(186)
10.2 沉淀分离法	(187)

10.3	蒸馏分离法	(191)
10.4	液-液萃取分离法	(192)
10.5	离子交换分离法	(196)
10.6	色谱分离法	(200)
10.7	几种新近的仪器分离和富集方法简介	(203)
	思考题	(205)
	习题	(205)
第 11 章 其他仪器分析方法简介		(207)
	学习目标	(207)
11.1	原子吸收光谱法	(207)
11.2	原子发射光谱法	(212)
11.3	色谱分析法	(216)
11.4	高效毛细管电泳分析法	(225)
	思考题	(231)
附 录		(232)
附录一	常用浓酸浓碱的密度、含量和浓度	(232)
附录二	常用基准物质的干燥条件和应用	(232)
附录三	常用弱酸、弱碱在水中的离解常数(25°C , $I=0$)	(233)
附录四	配合物的稳定常数($18^{\circ}\text{C} \sim 25^{\circ}\text{C}$)	(235)
附录五	氨羧配位剂类配合物的稳定常数($18^{\circ}\text{C} \sim 25^{\circ}\text{C}$, $I=0.1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)	(240)
附录六	标准电极电位表($18^{\circ}\text{C} \sim 25^{\circ}\text{C}$)	(241)
附录七	部分氧化还原电对的条件电极电位	(244)
附录八	微溶化合物的溶度积($18^{\circ}\text{C} \sim 25^{\circ}\text{C}$, $I=0$)	(245)
附录九	常见化合物的摩尔质量	(247)
附录十	相对原子质量	(250)
附录十一	几种常用缓冲溶液的配制	(251)
主要参考文献		(253)

第1章

绪论

学习目标

1. 理解分析化学的任务和作用；
2. 掌握分析方法的分类及分类依据；
3. 了解分析化学学科的发展与展望；
4. 熟悉定量分析的一般过程。

1.1 分析化学的任务和作用

分析化学是研究物质的化学组成,测量各组成的含量以及表征物质化学结构的理论及分析方法的一门科学。它的任务是定性分析(鉴定物质由哪些成分所组成)、定量分析(测定物质组成的相对含量)和结构分析(确定物质的分子结构或晶体结构)。它们之间既相互区别又紧密联。

分析化学是揭示物质的度量状态、研究化学现象和生命现象必不可少的工具,被称为科学研究和科技工作者的“眼睛”,在生命科学、能源科学、材料科学、环境科学和信息科学等领域中起着关键作用,对工业、农业、医疗、环保、公安、国防和科技发展都具有重大的实际意义。例如,在生命科学中,生物化学、营养化学、分子生物学、分子遗传学、基因组学、生理学等学科都是利用分析化学来进行研究并建立和发展起来的,分析化学在揭示生命起源和疾病机理、研究遗传基因和记忆奥秘等方面起着关键作用。

在医学科学中,疾病诊断、新药的开发与利用和药物分析都属于分析化学的研究范畴,在减肥药和化妆品与保健品研究中分析化学也发挥着重要作用。

在材料科学中,材料的性能与其组成和结构直接相关,当今高新技术产品纳米材料的性能及其物理化学微结构的变化,航天材料、激光材料、信息材料和医用材料的研究与性能表征都离不开分析化学。

在工业生产方面,从资源勘探、矿山开采、工业原料选择、生产流程的控制、新

技术研究到新产品的试制和产品质量的检验都依赖分析化学提供分析结果。

在农业生产方面,土壤的普查,化肥、饲料、农药及农副产品品质的评定,作物生长过程中营养、病毒的控制和研究,优良品种的选育,动植物免疫分析及临床检验等都用到分析化学的方法和技术。

在其他科学领域中,如武器的装备研究、刑侦破案、考古中的文物鉴定与保护、“三废”的处理和利用都要借助分析化学为之提供重要的依据。科技飞速发展的 21 世纪,向分析化学提出了更多新的课题和更高的要求。人类社会的五大危机(资源、能源、人口、粮食、环境)、四大理论(天体、地球、生命、人类)、21 世纪科技热点(可控核反应、信息高速公路、生物技术征服癌症、心血管疾病、艾滋病、智能材料)等都给分析化学提出了各种各样的新课题。分析化学的任务已从单纯提供数据上升到解决实际问题。所以现代分析化学实际上已发展成为一门多科性的综合性学科,它在人类认识自然、征服自然和改造自然的活动中发挥着越来越重要的作用。

1.2 分析方法的分类

分析化学是由很多方法及其理论构成的,而分析方法是根据被测物质在某种变化或某种条件下所表现的性质建立的。根据分析化学的任务,分析方法分为定性分析、定量分析和结构分析;根据分析的对象,分为无机分析和有机分析;根据分析的原理,分为化学分析和仪器分析;根据分析试样用量,分为常量分析、半微量分析、微量分析、超微量分析;还可根据分析结果使用的目的不同,分为常规分析、快速分析和仲裁分析。

1.2.1 定性分析、定量分析及结构分析

定性分析的任务是鉴定物质由哪些元素、离子、基团或化合物组成;定量分析的任务是测定试样中某组分的含量;结构分析的任务是分析鉴定物质的分子结构或晶体结构。

1.2.2 无机分析和有机分析

无机分析的对象是无机物,主要是鉴定试样是由哪些元素、离子、原子团或化合物组成,以及各组分的相对含量;有机分析的对象是有机物,主要测定组成有机物的碳、氢、氧、氮、硫等元素的组成及含量,更重要的是进行官能团分析及结构分析。

1.2.3 化学分析法和仪器分析法

1. 化学分析法

化学分析法是以物质的化学反应为基础的分析方法。化学分析法是分析化学

的基础,又称为经典分析法。当已知试样与未知试样发生化学反应时,根据化学反应的现象和特征鉴定物质的化学组成的方法称为化学定性分析;根据化学反应中试样和试剂的用量,测定物质组成中各组分的相对含量的方法称为化学定量分析。化学定量分析是本课程学习的主要内容。化学定量分析又分为:

(1)滴定分析法 滴定分析法又称为容量分析法,即根据滴定所消耗标准溶液的浓度和体积以及被测物质与标准溶液所进行的化学反应的计量关系求出被测物质的含量。由于反应类型不同,又可将其分为酸碱滴定法、沉淀滴定法、配位滴定法、氧化还原滴定法等。滴定分析具有仪器设备简单、操作简便、分析速度快、准确度高、相对误差较小等特点,故被工农业生产和科学研究广泛地应用。

(2)重量分析法 重量分析是将待测组分转化为一种组成固定的沉淀形式,经过纯化、干燥、灼烧或吸收剂的吸收等处理后,精确称量,求出被测组分的含量。重量分析所用的仪器设备简单,不需要标准试样进行比较,并且有较高的准确度,其相对误差一般小于0.1%,常作为国家或行业颁布的标准分析方法。但此方法操作繁琐,分析速度较慢。

2. 仪器分析法

以物质的物理和物理化学性质为基础的分析方法称为物理和物理化学分析法。这类分析法都需要使用较特殊的仪器,所以被称为仪器分析法。根据分析的原理和使用的仪器不同,可将其分为光学分析法、电化学分析法、色谱分析法及其他分析法等。

(1)光学分析法 光学分析法是利用物质的光学性质所建立的一类分析方法。主要有可见和紫外吸光光度法、红外光度法、原子吸收光谱法、原子发射光谱法、火焰光度法、荧光分析法等。

(2)电化学分析法 电化学分析法是利用物质的电学及电化学性质建立的一类分析方法。主要包括电位分析法、电导分析法、极谱分析法、库仑分析法、伏安分析法等。

(3)色谱分析法 利用组分随流动相经固定相时由于作用力差异导致移动速度不同而分离的分析方法称为色谱分析法。它包括薄层色谱法与经典柱色谱法、气相色谱法与液相色谱法、超临界流体色谱法、毛细管电色谱法与多维色谱法等。

(4)其他仪器分析法 除了上述三大类型外,仪器分析法还包括质谱分析法、核磁共振波谱分析法、电子探针和离子探针微区分析法、放射分析法、差热分析法、光声光谱分析法以及各种联用技术分析法等。

可见,分析方法很多,每种分析方法各有其特点,也各有一定的局限性,通常要根据待测组分的性质、组成、含量和对分析结果准确度的要求等,来选择最适宜的分析方法进行测定。

1.2.4 常量分析、半微量分析、微量分析和超微量分析

根据试样的用量和待测组分的含量不同,分析方法可分为常量分析、半微量分

析、微量分析和超微量分析。分类的大概情况如表 1-1 所示。

表 1-1 各种分析方法的取样量

方法	试样质量	试样体积	试样含量
常量分析	$>0.1\text{ g}$	$>10\text{ mL}$	$>1\%$
半微量分析	$0.01\sim0.1\text{ g}$	$1\sim10\text{ mL}$	
微量分析	$0.1\sim10\text{ mg}$	$0.01\sim10\text{ mL}$	$0.01\%\sim1\%$
超微量分析	$<0.1\text{ mg}$	$<0.1\text{ mL}$	$<0.01\%$

应该指出,上述分类方法的标准并不是绝对的。不同时期、不同国家或不同部门可能有不同的划分方法。

1.2.5 常规分析、快速分析和仲裁分析

常规分析是指一般化验室在日常生产或工作中的分析,又称为例行分析,如生物制药厂及化工生产厂的化验室的日常分析工作。在线分析一般是指在生产过程中对产品是否合格进行鉴定的一种快速分析,如炼钢厂在钢水即将出炉前对钢水质量进行快速分析。仲裁分析是指不同单位对同一产品的分析结果有争议时,要求某仲裁单位用法定的方法对样品进行准确分析,确定结果是否正确。

1.3 分析检测的一般程序

要完成一项分析检测任务,通常要进行以下几个步骤。

1.3.1 试样的采集和制备

从大量的分析对象中抽取一小部分具有代表性的样品作为分析试样,所得分析试样称为检样,检样不能直接用于分析测试。采样过程中的样品分为三类:检样、原始样和平均样。将采得的每一份检样混合,所得样品称为原始样,原始样经过四分法缩分,所得适合实验室分析要求的试样称为平均样。平均样必须能代表全部分析对象。因此,采集样品是分析程序中极为重要的一个环节,采样不正确,测定再准确也徒劳,甚至可能导致错误的结论,给生产和科研造成很大的损失。

采样的方法很多,有四分法、S形采样法、棋盘式采样法等。采样法的选择依据分析对象的性质、均匀程度、粒度大小、数量多少及分析项目不同而异,总的原则是多点采集原始样品,采样量依原料总量、区域大小、均匀程度而确定。所得的大量样品经风干、捣碎、过筛、搅拌或振荡混合均匀后再进行缩分,取少量的分析试

样,最后装瓶,贴好标签,注明名称、采集地点、时间等,备分析使用。

缩分可用手工或机械进行,常用的手工缩分方法为四分法,如图1-1所示。

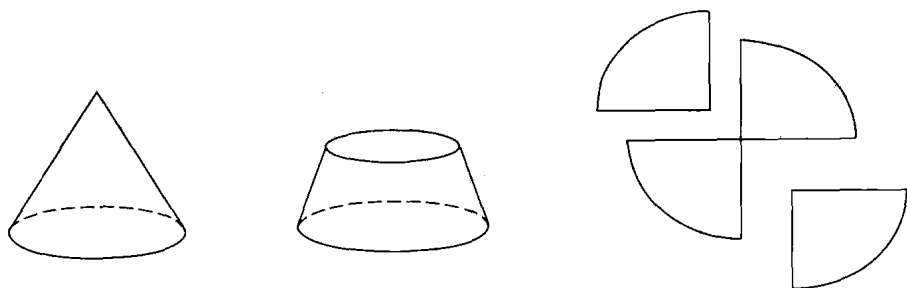


图1-1 四分法示意图

四分法就是将原始样打碎并均匀混合,堆成圆锥形,再压成圆饼形,通过中心划十字均分四等份,弃去任意一对成对角的两份,将之缩成原量的一半。再按上述方法将其依次缩分,直至达到分析测定所需量为止。

1.3.2 试样的分解

在分析试样前必须将其分解制备成溶液,分解试样时一般要注意以下几点:

- (1) 试样分解必须完全,处理后的溶液中不应留有原试样的残渣或粉末;
- (2) 试样分解过程中待测组分不得有损失;
- (3) 试样分解过程中不得引入待测组分和干扰物质。

由于试样的性质不同,试样的分解方法也有所不同。一般有湿法分解法和熔融分解法两种。

(1) 湿法分解法 湿法分解法是将试样溶解制成溶液的一种较为简便的方法。常用的溶剂有水、酸、碱和混合酸等。对于不溶于水的试样,则可采用以酸或碱作为溶剂的酸溶法或碱溶法来进行溶解。常用的酸溶剂有:盐酸、硫酸、硝酸、高氯酸、氢氟酸、磷酸和一些混合酸等;碱溶剂主要有:氢氧化钠和氢氧化钾溶液。

(2) 熔融分解法 熔融分解法是将试样与固体熔剂混合,在高温下加热使试样的全部组分转化成易溶于水或酸的化合物。根据所用熔剂的化学性质不同,该方法可分为酸性熔融法和碱性熔融法。常用的酸性熔剂有焦硫酸钾($K_2S_2O_7$)、硫酸氢钾和铵盐混合物等;碱性熔剂有碳酸钠、碳酸钾、氢氧化钠、氢氧化钾和过氧化钠等。

具体的试样分解方法可参考有关分析资料。

1.3.3 干扰组分的处理

当试样中有共存组分对待测组分有干扰时,应设法消除干扰组分的影响。消除的方法有掩蔽法和分离法。掩蔽法包括配位掩蔽法、沉淀掩蔽法和氧化还原掩

蔽法等;分离法包括沉淀分离法、萃取分离法和色谱分离法等。

1.3.4 测定

根据待测组分的性质、被测组分的含量、对测定的具体要求以及实验室的具体条件来选择合适的化学分析法或仪器分析法进行测定。这些都是建立在我们对各种方法了解和掌握的基础上进行的。因此,我们需要熟悉各种方法的原理及特点,以便在需要时能正确选择合适的分析方法。

1.3.5 数据处理及结果的表示

对测定所得数据,应利用统计学方法进行合理取舍和归纳,结果报告中应对其准确性和精密度进行正确表述。

固体试样中组分含量常用物质的质量分数 $w(B)$ 表示。质量分数是指待测组分的质量占试样质量的百分数,单位为 1。如某试样中铜的质量分数 $w(Cu) = 1 \times 10^{-2}$,也可表示为 $w(Cu) = 1\%$ 。

溶液中被测组分含量常用质量浓度 $\rho(B)$ 或物质的量浓度 $c(B)$ 表示,气体试样以体积分数表示。

1.4 分析化学的发展趋势

20 世纪以来,随着现代科学技术的发展以及相邻学科之间的相互渗透,分析化学的发展经历了三次巨大变革。

1.4.1 三次巨大变革

第一次是随着分析化学基础理论,特别是物理化学基本概念(如溶液理论)的发展,分析化学从一种技术演变成为一门科学。

第二次变革是由于物理学和电子学的发展,改变了经典的以化学分析为主的局面,仪器分析法获得蓬勃发展。

第三次变革仍然在进行之中,这次变革中,顺应生命科学、环境科学、新材料科学发展的要求,由于生物学、信息科学、计算机技术的引入,分析化学的发展进入了一个崭新的阶段。第三次变革的基本特点如下:从采用的手段看,现代分析化学是在综合光、电、热、声和磁等现象的基础上进一步采用数学、计算机科学及生物学等学科的新成就对物质进行纵深分析的科学;从解决的任务看,现代分析化学已发展成为获取形形色色物质尽可能全面的信息,进一步认识自然、改造自然的科学。现代分析化学的任务已不仅仅局限于测定物质的组成及含量,还要对物质的形态(氧化-还原态、络合态、结晶态)、结构(空间分布)、微区、薄层及化学和生物活性等做