

主 编 陈勇麟
副主编 王苏健
朱锡林

(中等专业学校适用教材)

分析化学

HEMISTRY



中国纺织出版社

分 析 化 学

(中等专业学校适用教材)

主 编 陈勇麟
副主编 王苏健 朱锡林

中国纺织出版社

图书在版编目(CIP)数据

分析化学/陈勇麟主编. —北京:中国纺织出版社,1997.5

ISBN 7-5064-1299-3/C·0007

I. 分… I. 陈… III. 分析化学 IV. 065

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 01521 号

中国纺织出版社出版发行

北京东直门南大街 4 号

邮政编码:100027 电话:010-64168226

纺织经济研究出版部常州印刷厂印刷 各地新华书店经销

1997 年 6 月第一版 1997 年 6 月第一次印刷

开本:850×1168 1/32 印张:7.625

字数:200 千字 印数:1—7500

定价:11.00 元

前 言

本书是在中等专业学校近化工专业缺乏适用化学教材的情况下,由中国纺织出版社组织编写的化学系列教材之一。本书根据1996年1月轻纺中专学校教材编写会议制订的四年制近化工专业《分析化学教学大纲》,结合专业特点,由教学经验丰富的教师集体编写而成。

本书针对目前中专生的化学知识水平,在选材时注意把握以“必需”和“够用”为度,力求做到淡化理论,加强应用。全书采用了法定计量单位。

分析化学实验是分析化学课程的重要环节,另编有《分析化学实验》一书与本书配合使用。

本书由广东省纺织工业学校陈勇麟任主编,福建省侨兴轻工学校王苏健、江苏省常州纺织工业学校朱锡林任副主编。参加编写的还有江西省纺织工业学校万峰、湖北省荆州市纺织工业学校刘宏毅、新疆纺织工业学校王翔、北京市塑料学校陈美芙、安徽省轻工业学校熊建利、安徽纺织工业学校刘力宁、连云港水产学校李金志、江苏省扬州纺织中专学校冯刚。

江苏省常州化工学校黄一石高级讲师担任本书主审,提出了指导性的审稿意见,中国纺织出版社郑澄高级工程师参加审稿并提出宝贵意见,在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平有限,书中缺点和错误在所难免,衷心欢迎各校老师和读者批评指正。

中专近化工专业化学系列教材

《分析化学》编写组

1996年8月

内 容 提 要

本书介绍了分析化学的主要分析方法,包括滴定分析、酸碱滴定法、配位滴定法、氧化还原滴定法、沉淀滴定法、称量分析法、电位分析法、比色分析法、分光光度法及定量分析中常用的分离方法。

本书可作为中等专业学校染整、化纤、环保、塑料、橡胶、造纸、酿造、制糖、食品等近化工专业的教科书,也可作技工学校和职业学校相关专业的教科书或参考书。

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 分析化学的任务和作用.....	(1)
第二节 分析方法的分类.....	(2)
一、无机分析与有机分析	(2)
二、化学分析法和仪器分析法	(2)
三、常量、半微量、微量和超微量分析	(3)
第三节 分析工作的一般步骤.....	(3)
一、试样的采取和预处理	(4)
二、试样的分解	(5)
三、必要时进行分离	(6)
四、定量测定	(6)
五、结果的计算和数据评价	(7)
习题.....	(7)
第二章 定量分析引言	(8)
第一节 定量分析中的误差.....	(8)
一、误差的表示方法	(8)
二、误差产生的原因及减免的方法.....	(13)
第二节 分析数据的处理	(15)
一、有效数字及其运算.....	(15)
二、可疑数据的取舍.....	(18)
习题	(19)
第三章 滴定分析	(21)
第一节 滴定分析法概述	(21)
一、滴定分析法.....	(21)
二、对滴定反应的要求.....	(21)

第二节 滴定分析法的分类	(22)
第三节 标准溶液浓度的表示方法	(24)
一、物质的量浓度	(24)
二、滴定度	(24)
第四节 滴定分析中的计算	(25)
一、滴定分析计算的依据	(25)
二、滴定分析计算实例	(26)
第五节 标准溶液的制备	(31)
习题	(33)
第四章 酸碱滴定法	(35)
第一节 水溶液中的酸碱电离平衡	(35)
一、酸碱水溶液的酸度	(35)
二、水溶液中酸碱电离平衡	(36)
三、酸碱缓冲溶液	(38)
第二节 酸碱指示剂	(40)
一、指示剂的作用原理	(40)
二、指示剂的变色范围	(41)
三、影响指示剂变色范围的因素	(42)
四、混合指示剂	(43)
第三节 酸碱滴定的基本原理	(45)
一、强酸(碱)的滴定	(45)
二、强碱滴定一元弱酸	(49)
三、强酸滴定一元弱碱	(52)
四、强碱滴定多元酸	(54)
五、水解性盐的滴定	(55)
第四节 酸和碱标准溶液的配制和标定	(57)
一、酸标准溶液	(57)
二、碱标准溶液	(58)
第五节 酸碱滴定法的应用	(59)

一、烧碱中 NaOH 和 Na_2CO_3 含量的测定	(59)
二、铵盐中 NH_4^+ 含量的测定	(63)
三、硅酸盐中 SiO_2 含量的测定	(63)
四、印染厂某些酸碱溶液的快速测定	(64)
习题	(64)
第五章 配位滴定法	(67)
第一节 配位滴定法概述	(67)
一、配位滴定法	(67)
二、氨羧配位剂	(68)
三、EDTA 的性质	(68)
四、EDTA 与金属离子形成配合物的特点	(70)
第二节 配合物在水溶液中的离解平衡	(70)
一、配合物的形成常数	(70)
二、影响配位平衡的主要因素	(71)
三、EDTA 酸效应及其对金属离子配合物稳定性的影响	(72)
四、配合物的表观形成常数	(74)
第三节 配位滴定的基本原理	(75)
一、配位滴定允许的最小 pH 值	(75)
二、滴定曲线	(77)
第四节 金属指示剂	(80)
一、金属指示剂的变色原理	(80)
二、金属指示剂应具备的条件	(82)
三、指示剂的封闭、僵化及消除	(82)
四、常用的金属指示剂	(83)
第五节 提高配位滴定选择性的方法	(85)
一、控制溶液的酸度	(86)
二、掩蔽和解蔽	(86)
第六节 配位滴定的方式和应用	(88)

一、直接滴定法	(88)
二、返滴定法	(89)
三、置换滴定法	(90)
四、间接滴定法	(90)
习题	(91)
第六章 氧化还原滴定法	(94)
第一节 概述	(94)
一、氧化还原滴定法的分类和特点	(94)
二、电极电位	(94)
第二节 氧化还原的方向、次序和程度	(96)
一、氧化还原反应的方向	(96)
二、氧化还原反应的次序	(99)
三、氧化还原反应进行的程度	(99)
四、提高氧化还原反应速度的方法	(102)
第三节 氧化还原滴定曲线和指示剂	(103)
一、氧化还原滴定曲线	(103)
二、氧化还原滴定法的指示剂	(104)
第四节 高锰酸钾法	(106)
一、概述	(106)
二、标准溶液	(107)
三、应用实例	(108)
第五节 碘量法	(110)
一、概述	(110)
二、碘量法的滴定条件	(111)
三、标准溶液	(112)
四、碘量法的应用	(113)
第六节 重铬酸钾法	(115)
一、概述	(115)
二、应用示例	(116)

第七节 溴酸钾法	(117)
习题	(118)
第七章 沉淀滴定法	(120)
第一节 难溶电解质的溶解平衡	(120)
一、溶度积	(120)
二、沉淀的生成和溶解	(122)
第二节 沉淀滴定法概论	(123)
第三节 莫尔法	(124)
一、原理	(124)
二、滴定条件	(125)
三、指示剂用量	(126)
四、硝酸银标准溶液的配制和标定	(126)
五、测定实例	(127)
第四节 佛尔哈德法	(128)
一、原理	(128)
二、滴定条件	(129)
三、 NH_4SCN 标准溶液的配制和标定	(129)
四、测定实例	(130)
第五节 法扬司法	(130)
一、原理	(130)
二、滴定条件	(131)
三、指示剂选择	(131)
四、测定实例	(132)
习题	(133)
* 第八章 称量分析	(135)
第一节 概述	(135)
一、沉淀法	(135)
二、气化法	(135)
第二节 称量分析法对沉淀的要求	(136)

一、对沉淀式的要求	(137)
二、对称量式的要求	(137)
第三节 影响沉淀完全的因素	(138)
一、同离子效应	(138)
二、异离子效应	(139)
三、酸效应	(140)
四、配位效应	(141)
五、影响沉淀溶解度的其他因素	(141)
六、沉淀剂的选择	(142)
第四节 称量分析中的计算	(143)
一、化学因数	(143)
二、计算实例	(144)
习题	(146)
第九章 电位分析法	(148)
第一节 概述	(148)
一、参比电极	(148)
二、指示电极	(151)
第二节 电位法测定溶液 pH 值	(153)
一、pH 玻璃电极	(153)
二、pH 值测定的基本原理	(155)
三、直读式酸度计	(156)
四、水溶液的 pH 值测定	(156)
第三节 电位滴定法	(157)
一、电位滴定的基本原理	(157)
二、电位滴定的装置	(158)
三、电位滴定终点的确定方法	(158)
习题	(161)
第十章 比色分析法和分光光度法	(162)
第一节 概述	(162)

一、比色法及分光光度法的特点	(162)
二、物质对光的选择性吸收	(163)
第二节 光吸收定律及其应用	(166)
一、朗伯—比尔定律	(166)
二、摩尔吸光系数	(168)
三、朗伯—比尔定律的应用	(169)
四、偏离朗伯—比尔定律的原因	(171)
第三节 方法及仪器	(172)
一、目视比色法	(172)
二、光电比色法	(173)
三、分光光度法	(175)
第四节 显色反应及反应条件的选择	(180)
一、显色反应的选择	(180)
二、显色条件的选择	(182)
第五节 光度分析法的测量误差及测量条件选择	(184)
一、仪器测量误差	(185)
二、测量条件的选择	(186)
第六节 应用示例	(186)
一、目视比色法的应用——钢中锰含量的测定	(187)
二、分光光度法应用	(187)
习题	(192)
*第十一章 定量分析中常用的分离方法	(194)
第一节 沉淀分离法	(194)
一、无机沉淀剂	(195)
二、有机沉淀剂	(195)
第二节 萃取分离法	(197)
一、萃取的基本原理	(197)
二、萃取条件	(199)
三、萃取操作方法	(200)

第三节 离子交换分离法	(201)
一、离子交换树脂	(201)
二、离子交换法的操作方法	(202)
第四节 液相色谱分离法	(203)
一、柱中色谱法	(203)
二、纸上色谱法	(205)
三、薄层色谱法	(206)
习题	(206)
附录	(208)
一、弱酸和弱碱的离解常数	(208)
二、常用的酸溶液和碱溶液的相对密度和浓度	(210)
三、EDTA 螯合物的 $\lg K_{\text{形}}(25^{\circ}\text{C}, I=0.1)$	(211)
四、配合物的形成常数($18\sim 25^{\circ}\text{C}$)	(212)
五、标准电极电位($18\sim 25^{\circ}\text{C}$)	(218)
六、条件电极电位 $E^{\circ'}$	(221)
七、难溶化合物的溶度积常数(18°C)	(223)
八、一些化合物的相对分子质量	(225)
九、国际相对原子质量表	(229)

第一章 绪 论

第一节 分析化学的任务和作用

分析化学是研究物质化学组成的分析方法及有关理论的一门学科。它包括定性分析和定量分析两部分。定性分析的任务是鉴定物质由哪些元素或离子组成,对于有机物质还需要确定其官能团及分子结构。定量分析的任务是测定物质各组成部分的含量。在实际工作中,首先必须了解物质的定性组成,即试样的主要成分和主要杂质,必要时要做试样的全分析,然后根据测定要求选择适当的定量分析方法。但在一般情况下,分析试样的来源、主要成分及杂质是已知的,所以经常的工作是定量分析。因此,本书主要讲授定量分析的各种方法。

分析化学在化学和其他学科的发展中曾经起过而且继续起着重要的作用。例如,历史上一些化学基本定律,如质量守恒定律、定比定律、倍比定律的发现,原子论、分子论的创立,相对原子质量的测定以及周期律的建立等等,分析化学都具有重大的贡献。在现代科学研究中,分析化学仍然是一种重要的工具和手段,例如,地质学、海洋学、矿物学、生物学、医药学、农业科学、天文学、考古学、材料学、环境科学等等领域都离不开分析化学。

分析化学在国民经济的许多部门具有很大的实用意义。例如,在工业上,化工、石油、轻工、医药、纺织等生产中的原料配比;半成品和出厂成品的质量检测、三废处理、环境污染监测等等都广泛地应用分析化学,以达到指导生产、降低成本、提高质量、改革工艺以及保护环境的目的。

现代分析化学的发展趋势是力求提高分析方法的准确度和灵敏度,向着提高分析速度、不损伤物件、自动化及电子计算机化方面发展,智能化的分析仪器已成为新的研究课题,分析化学正在逐渐发展成为现代社会不可缺少的一门信息科学。

分析化学是一门实践性很强的重要基础课,实验部分占很大比重。要求学生在在学习过程中时刻重视反应条件,树立准确“量”的概念。通过学习,掌握定量分析的基本理论、基本计算和基本操作;培养学生严谨、认真和实事求是的科学态度,提高观察和处理实际问题的能力;为后继课程的学习和以后参加生产建设打下良好的基础。

第二节 分析方法的分类

分析化学除了按任务分为定性分析和定量分析外,还可根据分析对象、方法原理、试样用量、被测组分的多少和在生产部门所起的作用分为许多不同的类别。

一、无机分析与有机分析

测定无机物中元素或离子含量的方法,叫无机分析。分析有机化合物中元素或官能团的类别和含量的分析方法,叫有机分析。

二、化学分析法和仪器分析法

(一)化学分析法 利用被测物质和某试剂发生化学反应为基础的分析方法,称为化学分析法。按照测量方法的不同,可以分为重量分析法和滴定分析法。

1. 重量分析法 重量分析法也叫称量分析法,是通过化学反应及一系列操作,使试样中的待测组分转化为一种纯净的、化学组成固定的难溶化合物,再通过称量该化合物的质量,计算出待测组分的含量。

2. 滴定分析法 根据化学反应中,消耗试剂的体积来确定被测组分含量的方法称滴定分析法。过去也叫容量分析法。根据不

同反应类型,滴定分析法又可以分为酸碱滴定法、配位滴定法、氧化还原滴定法和沉淀滴定法。

化学分析法所用的仪器简单,操作方便,结果准确,应用范围最广泛,这是分析化学中最基础、最基本的方法。

(二)仪器分析 以测定物质的物理性质或物理化学性质为依据的分析方法,分别称为物理分析法和物理化学分析法。由于它们都需要借助光、电等方面的仪器进行测量,所以又称为仪器分析法。仪器分析法包括光学分析法、电化学分析法、色谱分析法、质谱分析法和放射分析法等,种类很多,而且新的方法正在不断地出现。

仪器分析法具有快速、灵敏的优点,最适于生产过程的控制分析。尤其在组分含量很低时,更需用仪器分析。但由于仪器设备价格高,维护保养要求高,而且在进行仪器分析之前,往往要用化学方法对试样进行预测,因而化学分析法是仪器分析法的基础,两者之间相互补充。

三、常量、半微量、微量和超微量分析

根据试样的用量不同,分析方法可分为:

1. 常量分析:试样量 $0.1 \sim 1 \text{ g}$ 。
2. 半微量分析:试样量 $0.01 \sim 0.1 \text{ g}$ 。
3. 微量分析:试样量 $0.001 \sim 0.01 \text{ g}$ 。
4. 超微量分析:试样量 $< 0.001 \text{ g}$ 。

本书介绍的定量分析采用常量分析法。

此外,按试样中被测组分的含量,又可粗略地分为常量($>1\%$)成分分析、微量($0.01\% \sim 1\%$)成分分析和痕量($< 0.01\%$)成分分析。

第三节 分析工作的一般步骤

要进行一项分析工作,首先要明确其目的和要求,如分析项目

内容、被测组分的性质和含量的大致范围、对准确度和完成速度的要求等,并以此出发设计整个分析工作程序。一个分析工作过程通常包括如下几个步骤:采样与预处理、试样分解、干扰组分的分离、对指定成分的分析、结果计算和数据评价。

一、试样的采取和预处理

分析化学是生产的“眼睛”,分析数据是指导实践的依据,因此,各行各业的取样工作,都有严格的取样规程,可参阅有关产品的标准进行。采取的试样必须能代表被分析物料的总体成分,否则分析结果再准确也是毫无意义的。甚至会将部分错误的组成状况来说明总体,产生严重的后果。

试样可分为固体、液体、气体三种。对组成较为均匀的金属、化工产品、水样或液态和气态物质,一般取样比较简单。

就液体试样的采取而言,对大容器的物料,只要从不同深度取样混匀即可。如采取水管中水样时,取样前先放水 10~15 min,然后用干净瓶子收集水样至满瓶即可。采取池、江、河中的水样时,可将干净的空瓶盖塞上塞子,塞子上系一根绳,瓶底系一铁砣,沉入离水面一定深处,拉绳拔塞,让水灌满瓶后取出,如此在不同深度取几份水样混合后,作为分析试样。对分装于小容器的液料,则要从每个容器里取样后混匀。

就气体试样的采取而言,需要按具体情况采用相应的方法。如对大气样品的采取,常从距地面 0.5~1.8 m(人的呼吸带)的高度取样,将气体样品采入真空瓶中。

对于固体物料(如矿石、煤炭、土壤等),选取具有代表性的均匀试样是一项复杂的操作。为了使采取的试样具有代表性,必须按一定的程序,自物料的各个不同部位,取出一定数量大小不同的颗粒,取出的份数越多,则试样的组成与被分析物料的平均组成越趋于接近。但取量过大,处理越麻烦。保留试样的量与试样的复杂程度及颗粒的大小有关,一般可用下面的经验公式计算:

$$m = K d^a$$