

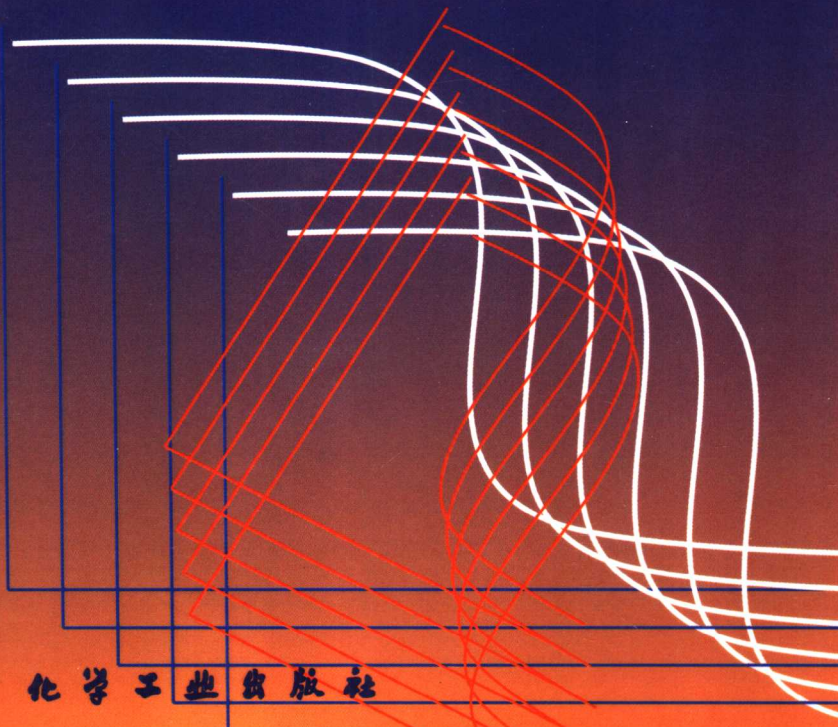


化工技工学校教材

江西省化工技工学校 蔡增俐 编

分析化学

第二版



化学工业出版社

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

分析化学/蔡增俐编. —2 版. —北京:
化学工业出版社, 1998. 6
全国技工学校教材劳动和社会保障部培训就业司认定
ISBN 7-5025-2039-2

I. 分… II. 蔡… III. 分析化学-技工学校-教材
IV. 065

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 05542 号

全国技工学校教材
劳动和社会保障部培训就业司认定

分 析 化 学

(第二版)

江西省化工技工学校

蔡增俐 编

责任编辑: 梁 虹 王文峡

责任校对: 蒋 宇

封面设计: 吴 叶

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷厂印装

开本 787mm × 1092mm 1/32 印张 13 1/2 字数 318 千字

1998 年 6 月第 2 版 2005 年 6 月北京第 6 次印刷

ISBN 7-5025-2039-2/G · 601

定 价: 22.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

再 版 前 言

本书第一版是根据 1983 年的“分析化学教学大纲”编写的。随着全国化工行业的发展,国家分析标准的修定,以及全国化工技工教育规范化教学新形势的要求,1996 年 8 月,在全国化工技校教学指导委员会的指导下,分析专业组经讨论决定修订《分析化学》。

编者广泛征求兄弟学校的改进意见和建议,经分析专业组讨论,并结合编者的教学实践对第一版进行修订。第二版与第一版相比,作以下几点说明。

1. 全书结构基本不变,编写格式和说明尽量符合有关国家标准,全部采用国家法定计量单位和符号;

2. 第二章定性分析部分删去了与无机化学重复的内容,如阳离子和一般试剂的反应中的部分叙述,内容更加简练,符合大纲要求。

3. 第三章分析天平,以比较先进、工厂最常用的电光天平为例说明天平的结构和操作,使内容更加适用。增加了先进的电子天平内容。

4. 称量分析和滴定分析(酸碱滴定法、氧化还原滴定法、配位滴定法、沉淀滴定法)中删掉了一些抽象的理论叙述,加强了实际应用和计算技能的部分。

5. 第十章增加了综合练习,采用与生产相同的方法,使学习者掌握生产中分析工作的全过程。实际操作部分项目有所增加,以便于使用并有利于学生技能的培养。

本书修定稿于 1997 年 8 月经重庆市化工技校胥朝提同志,山东省泰安市化工技校马腾文同志参加部分修编和审阅,提出了修改意见,由编者修定后,由江西省南昌大学倪永年教授主审后定稿。在修定过程中,得到了许多化工技校教师的大力帮助,在此表示感谢。

编者水平有限,再版教材中有错误和不妥之处,欢迎读者提出批评和指正。

修编者

1997 年 8 月

第一版前言

本书是根据 1983 年 11 月,在成都召开的化工技工学校教材会议上修订的“分析化学教学大纲”编写的,作为化工技工学校分析专业《分析化学》试用教材。

“分析化学”是分析专业的专业基础课之一。本书从技工学校的特点出发,为使學生掌握分析化学的基础理论、基本知识和基本技能,从实际出发,力求做到深入浅出,简明扼要,通俗易懂。

本书主要包括无机定性分析和定量分析,共计十章。定性分析部分突出了阴阳离子的性质反应和常见离子的鉴定方法。定量分析部分主要是以四类反应(酸碱反应、氧化还原反应、配合反应、沉淀反应)为基础的滴定分析。在应用实例中,尽量结合生产实际。同时编排一些实验、例题和习题,供教学中参考。

本书是在化学工业部化工技工学校分析专业教材编审委员会领导下,由江西省化工技工学校蔡增俐同志执笔。天津大学甘渭斌副教授、河南开封化工技工学校张金发老师主审。北京化工技校徐永年、柳州化工技校刘洪贞、陕西兴平化工技校田秀红老师等共同审议后,由编者修改定稿。

由于编写时间仓促,编者水平有限,本书错误和不妥之处,希望读者批评指正,以便修改。

编者

1986 年 9 月

内 容 提 要

本书是在1988年出版的化工技工学校分析专业试用教材《分析化学》的基础上,根据1996年全国化工技工学校教学指导委员会分析专业组的修改意见而进行修订的。

本书包括定性分析和定量分析,全书共十章。包括常见阴阳离子的一般性质和鉴定;滴定分析(酸碱滴定法、氧化还原滴定法、配位滴定法、沉淀滴定法);称量分析等。每章后附有复习题和练习题,书后有与内容相配的实验及附录等。

本书可作为化工技校分析专业教学用书,也可作为有关工矿企业分析工培训及自学参考书。

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
第三节 学习分析化学的要求	4
复习题	5
练习题	5
第二章 常见离子的一般性质和鉴定	7
第一节 概述	7
第二节 常见阳离子与常用试剂的反应	17
第三节 常见阳离子的鉴定	17
第四节 常见阳离子的系统分析法	33
第五节 常见阴离子的基本性质和鉴定	42
第六节 无机物的定性分析	51
复习题	56
练习题	56
第三章 分析天平、误差与数据处理	58
第一节 分析天平	58
第二节 定量分析误差	71
第三节 有效数字及运算规则	84
复习题	88
练习题	88
第四章 滴定分析概论	91
第一节 概述	91
第二节 滴定分析的计算	94
第三节 化学试剂及溶液制备	106
第四节 滴定分析的一般仪器	113

复习题	127
练习题	128
第五章 酸碱滴定法	130
第一节 水溶液中酸碱平衡和 pH 值的计算	130
第二节 缓冲溶液	140
第三节 酸碱指示剂	146
第四节 滴定曲线与指示剂的选择	153
第五节 酸碱标准滴定溶液	165
第六节 应用实例	167
复习题	176
练习题	176
第六章 氧化还原滴定法	180
第一节 电极电位	180
第二节 影响氧化还原反应方向的因素	191
第三节 氧化还原反应速率及影响因素	194
第四节 氧化还原滴定曲线	197
第五节 氧化还原滴定指示剂	200
第六节 高锰酸钾法	203
第七节 重铬酸钾法	208
第八节 碘量法	211
第九节 其他氧化还原滴定法	219
复习题	225
练习题	226
第七章 配位滴定法	229
第一节 概述	229
第二节 EDTA 与金属离子的配位化合物	233
第三节 配位滴定曲线	242
第四节 金属指示剂	245
第五节 提高配位滴定选择性的方法	251
第六节 配位滴定中的标准溶液	257

第七节 应用实例	259
复习题	261
练习题	262
第八章 沉淀滴定法	263
第一节 沉淀滴定的原理	263
第二节 沉淀滴定曲线	268
第三节 银量法	270
第四节 标准滴定溶液的配制与标定	280
第五节 应用实例	282
复习题	284
练习题	284
第九章 称量分析法	286
第一节 概述	286
第二节 沉淀的形成及影响因素	288
第三节 沉淀的条件和沉淀剂的选择	298
第四节 称量分析的基本操作	304
第五节 称量分析的计算	311
第六节 应用实例	313
复习题	315
练习题	316
第十章 物质化学分析的一般步骤	318
第一节 试样的采取和制备	318
第二节 分析方法的选择及应用实例	327
第三节 化学分离	335
练习题	350
第十一章 实验	352
实验一 定性分析仪器的准备和基本操作练习	352
实验二 分析天平灵敏度的测定	354
实验三 分析天平的称量练习	355
实验四 滴定分析仪器准备和基本操作练习	357

实验五	酸碱溶液的配制和标定	358
实验六	工业硫酸纯度的测定	361
实验七	冰醋酸中总酸量的测定	363
实验八	烧碱中 NaOH 和 Na_2CO_3 含量的测定	364
实验九	尿素中氮含量的测定	366
实验十	高锰酸钾标准滴定溶液的配制和标定	367
实验十一	双氧水含量的测定	369
实验十二	绿矾含量的测定	370
实验十三	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 标准滴定溶液的配制及铁矿中铁的测定 ...	372
实验十四	硫代硫酸钠标准滴定溶液的配制和标定	375
实验十五	胆矾($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)含量的测定	377
实验十六	EDTA 标准滴定溶液的配制和标定	378
实验十七	水中硬度的测定	379
实验十八	铝盐中铝含量的测定	381
实验十九	硝酸银标准滴定溶液的配制与标定	383
实验二十	烧碱中氯化钠的测定	384
实验二十一	氯化钡中结晶水的测定	386
实验二十二	氯化钡含量的测定	387
实验二十三	碘化钠纯度的测定	388
附录		390
表一	常用玻璃仪器及其他用具	390
表二	常用试剂的配制	404
表三	元素相对原子质量表	406
表四	强酸、强碱、氨溶液的质量分数、物质的量浓度及密度 ...	407
表五	弱酸、弱碱在水中的离解常数	409
表六	标准电极电位	411
表七	某些氧化还原电对的条件电位	416
表八	EDTA 螯合物的 $\lg K_{\text{稳}}$	418
表九	难溶化合物的溶度积	419
表十	常见化合物的摩尔质量 M	421

第一章 绪 论

第一节 分析化学的任务和作用

分析化学是化学学科的一个重要分支,它产生于生产实践,是研究物质组成的测定方法及其有关理论的一门科学。其任务主要是鉴定物质的化学成分、测定有关成分的含量及确定物质的化学结构等。

分析化学按其任务不同可分为定性分析、定量分析和结构分析三部分。定性分析的任务是鉴定物质由何种元素、离子或官能团所组成;定量分析是测定物质中各种组分的含量;结构分析则是确定物质的分子结构。本教材着重讨论物质定性、定量的化学分析部分。

分析化学是一门重要基础学科。历史上一些科学定律,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,原子量的测定以及周期律的发现等,都与分析化学的卓越贡献分不开。在现代化学研究中,分析手段尤其不可缺少。在其他许多科学领域,例如矿物学、地质学、海洋学、生物学、医药学、农业科学、天文学、材料科学、食品学、环境化学,甚至考古学中也都要用到分析化学。

在国民经济的许多部门,分析化学也具有重大的作用。资源的勘探和采掘、钢铁和有色金属的冶炼、石油和化学工业的生产、土壤的普查和作物营养的诊断,以及三废(废水、废气、废渣)的处理和环境污染的监测等都广泛地应用分析

化学。

在国防建设中,武器的研制和生产过程中需要分析化学配合。另外在涉及国防安全和刑侦活动中,也经常需要分析化学的手段为其提供必要的依据。总之,分析化学在国民经济的工业、农业、国防、商业等各部门中有着极其重要的作用。

物质的一般分析方法,首先是确定其定性组成,即主要成分和存在的杂质;然后是选择适当的定量分析方法,以确定各组分的含量。在化工生产中,一般由原材料经工艺加工(转化、合成、分离、净化、提浓等)成为中间产物和最终产品,因此,需要进行原材料分析,生产中间控制和产品质量检验,对生产的全过程实行质量管理,以达到安全生产、保证产品质量、降低成本、提高效益的目的。与此同时,为了保障人民的身心健康,对自然生态环境、厂房空气及工厂排出的污水、废气等也需要进行监测。上述这些实际工作中,物料的基本组成在大多数情况下是已知的,故生产中,大量经常性的分析工作是定量分析。

第二节 分析方法的分类

按分析任务、被测对象、测定原理、操作方法、样品用量及生产要求的不同,分析方法可分为许多种类。

一、无机分析和有机分析

按被测定对象的不同,分析方法可分为无机分析和有机分析。无机分析的对象是无机物,它们大多数都可制成水溶液,所以无机物的分析多在水溶液中进行。由于无机物所含元素种类较多,通常要求鉴定试样是由哪些元素、离子、原子团或化合物组成,以及各种成分的质量分数。

有机分析的对象是有机物。组成有机物的元素虽不多,但有机物结构很复杂,因而不仅要求鉴定物质的组成,更重要的是对物质的官能团和结构进行分析并测定某些物理常数。

二、常量、半微量和微量分析

按样品的用量不同,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。其样品用量范围如表 1-1 所示。

表 1-1 各种分析方法的试样用量

方 法	样品用量 mg	试样体积 mL	方 法	样品用量 mg	试样体积 mL
常量分析	>100	>10	微量分析	0.1~10	0.01~1
半微量分析	10~100	1~10	超微量分析	<0.1	<0.01

在生产实践中,常用被测组分的质量分数来表示。通常粗略地分为:常量分析的被测组分质量分数大于 1%;半微量分析的被测组分的质量分数为 0.1%~1%;微量分析的被测组分的质量分数为 0.01%~0.1%,超微量分析的被测组分质量分数小于 0.01%。

一般,常量分析和半微量分析使用普通仪器,微量分析和超微量分析则要使用特殊仪器。

三、化学分析和仪器分析

按分析原理和操作方法的的不同,分析方法可分为化学分析和仪器分析。

化学分析是以物质的化学反应为基础的分析方法。化学分析方法历史悠久,是分析化学的基础,所以又称经典化学分析法。例如,在定性分析中,许多分离和鉴定反应,就是根据组分在化学反应中生成沉淀、气体或有色物质而进行的。在定量分析中,主要有称量分析、滴定分析和气体分析。称量分析是

用测定物质的质量来确定被测组分含量的方法;滴定分析是根据化学反应中消耗滴定试液的体积来确定被测组分含量的方法;气体分析是测定气体体积或质量来确定被测组分含量的方法。

仪器分析是以物质的物理、物理化学性质为基础的分析方法,由于这类分析方法都需要特殊的仪器,故一般称为仪器分析。仪器分析种类很多,如光度分析法、电化学分析法、色谱分析法、质谱分析法、放射化学分析法等。

四、例行分析和仲裁分析

按分析任务的不同,分析方法又可分为例行分析和仲裁分析。例行分析是指一般化验室对日常生产中原材料或产品所进行的分析,又称为常规分析。为掌握生产情况,要求短时间内报出结果,一般允许分析误差可较大些。

仲裁分析又叫裁判分析。不同单位对同一物质的分析结果有争执时,由仲裁单位按指定方法进行裁决的分析,要求较高的准确度。

第三节 学习分析化学的要求

分析化学是在生产实践中产生和发展起来的,生产的发展和科学技术的进步,给分析化学提出了更高的要求。同时,许多科学技术向分析化学的渗透,产生了新的分析方法或手段,从而不断丰富和发展了分析化学。

随着现代科学技术的发展,分析化学朝着仪器化、自动化的方向发展,分析仪器与电子计算机的联用,为自动连续分析和控制生产流程创造了条件。尽管如此,化学分析仍然是分析化学的基础,经典的分析方法无论在理论上还是在实际应用上都是非常重要的,许多仪器分析方法都要采用化学方法对

样品进行预处理,有些仪器分析也用化学分析方法进行校正;在研究改进一种新的仪器分析方法时,还需要化学分析的理论为基础。一个不了解分析化学基础理论和基本知识的分析工作者,不可能仅仅依靠现代分析仪器就能正确解决日益复杂的分析问题。因此,分析化学作为一门基础课,要从化学分析学起,而且化学分析也是本专业教学的基本内容,只有在学习好化学分析的基础上才能进一步学好仪器分析。

分析化学是一门实践性很强的学科,也是技工学校分析专业的一门专业基础课。学生通过分析化学的学习,一方面将所学的无机化学、有机化学等基础理论知识,应用到分析方法中,另一方面可掌握物质的基本分析方法和基本操作技能,以培养严肃认真的工作作风和实事求是的科学态度。因此,在学习时,应当有明确的学习目的和正确的学习态度,系统地掌握分析化学的基础知识、基本理论,为今后从事分析工作打好理论基础,同时在分析化学理论的指导下,充分重视实践的重要性,要认真做好实验,只有经过实际操作的反复训练,才能掌握基本操作技能,培养独立工作的能力;在分析过程中,要认真操作,一丝不苟。为今后学习其他专业课程打下坚实基础。

复 习 题

1. 什么是分析化学?它的主要任务是什么?
2. 分析化学在国民经济建设中的作用是什么?
3. 分析工应具备什么样的素质,才能胜任本职工作?

练 习 题

1. 按被测对象、样品用量、被测组分含量不同,分析化学可分为哪

些类型?

2. 按测定原理和操作工具及设备不同,分析化学可分为哪些类型? 各有哪主要内容?

第二章 常见离子的一般性质和鉴定

第一节 概 述

在化工分析中,大多数是定量分析。故本章只作无机物定性分析部分的简介,讨论常见阳离子和阴离子的一般反应、鉴定方法和分组方法。

一、定性分析的方法

化学定性分析中,常用的有干法和湿法两种。

1. 干法

固体样品与固体试剂于常温或高温($500\sim 1200^{\circ}\text{C}$)条件下进行反应的方法,如粉末研磨法、焰色反应和熔珠反应等。

焰色反应是根据试样在无色火焰中灼烧时,呈现出不同颜色的火焰,以鉴定试样中所含元素的方法。如呈现黄色火焰可能含钠元素,呈紫色火焰则可能含钾元素。几种金属元素的焰色见表 2-1 所示。

表 2-1 几种元素的焰色反应

元 素	焰 色	元 素	焰 色
钾	紫 色	铯	洋红色
钠	黄 色	钙	砖红色
钡	绿 色	铜	绿 色

熔珠反应是利用硼砂($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)或者磷酸氢铵钠($\text{NaNH}_4 \cdot \text{HPO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)与某些金属盐类于高温下共同熔