

中等专业学校试用教材



分析化学

北京化工学校等合编
田景君 邢文卫 主编

化学工业出版社

中等专业学校试用教材

分 析 化 学

北京化工学校等合编

田景君 邢文卫主编

化学工业出版社

本书是根据化工部教育司于1976年6月在南宁召开的化工中等专业学校分析专业教材会议上所制订的“分析化学编写大纲”而编写的。

内容包括定性分析、定量分析及化学分离法三部分。介绍了常见阳离子、阴离子的定性分析反应和混合物分析。结合定量分析方法系统地讨论了分析化学中的基本概念、基本理论、基本运算和基本操作。结合实际选编了一些有代表性的实验例子。化学分离法中介绍了沉淀、萃取、色层、离子交换分离法。

本书是化工类中等专业学校分析化学专业的教学用书，亦可作中等化工专业、其他类中等专业学校分析化学专业教学用书或参考用书，对有关厂矿化验室初级分析人员的进修，也很适用。

中等专业学校试用教材

分 析 化 学

北京化工学校等合编

田景君 邢文卫主编

化学工业出版社 出版

(北京和平门内大街十六号)

化学工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

开本787×1092¹/₃₂ 印张16 字数269千字 印数1 23,150

1979年12月北京第1版 1979年12月北京第1次印刷

书号15063·3149 (试-201) 定价1.25元

前 言

本书是根据化学工业部教育司于1978年6月在南宁召开的化工中等专业学校教材会议上制订的“分析化学编写大纲”编制而成。

《分析化学》是分析化学专业的专业基础课，对后续专业课的学习起着重要的作用。在编写过程中，力求做到理论联系实际、运用辩证唯物主义观点说明问题、贯彻少而精原则并结合当前生产实际，新增加了一部分内容。

本书内容包括定性分析、定量分析及化学分离法等三部分。定性分析中减少了不必要的化学反应和混合物的反复分析，突出了鉴定反应和重要的一般反应。阳离子仍以较严密的硫化氢系统分组法为主，简略地介绍了其他分组法。为加强理论与实际之间的密切联系，将分析化学中四类反应（酸碱、氧化还原、络合、沉淀）的基本理论和基本运算全部结合在定量分析的基本方法中进行讨论，并增加了pH值计算的较精确公式、氧化还原克式量电位、络合滴定表观稳定常数和酸效应曲线等内容。为便于学生掌握分析基本操作，将重量分析放于容量分析之后。化学分离法中介绍了沉淀分离法、萃取分离法、色层分离法、离子交换树脂分离法等。为进行基本训练，本书选用了具有代表性的实物作为分析项目。为便于学生复习和巩固所学知识，每章后而都附有一定数量的复习题和练习题，以供选用。本书还将部分内容排为小号字，供教学中灵活掌握，以适应当前中专教学的需要。为指导实验的具体进行，另编有

《分析化学实验》一书与本书配合使用。

本书由北京化工学校田景君、邢文卫两同志主编，第九章络合滴定法和第十二章化学分离法由陕西省石油化工学校马望伯同志负责编写。初稿提出后由广西轻化工学校孙业芬同志、吉林省石油化工学校李楚芝同志、天津化工学校李秀兰同志与编者组成审定小组共同审定。根据提出的意见，编写人都各自进行了修改，最后由主编整理定稿。

由于编写时间仓促，编者水平有限，错误和不妥之处，敬希使用本教材的同志和读者提出宝贵意见，以便再版时修改。

编者

1979年2月

目 录

前言

第一章 绪论	1
第一节 分析化学的任务和作用	1
第二节 分析方法分类	2
第三节 学习的内容和要求	6
复习题	7
第二章 定性分析引言	8
第一节 定性分析的反应	8
第二节 反应进行的条件	11
第三节 反应的灵敏度和特效性	13
第四节 分别分析和系统分析	16
第五节 离子分组	17
复习题	20
第三章 阳离子分析	22
第一节 阳离子第Ⅰ组	22
第二节 阳离子第Ⅱ组	29
第三节 阳离子第Ⅲ组	39
第四节 阳离子第Ⅳ组	52
第五节 阳离子第Ⅴ组	57
第六节 阳离子混合溶液的分析	61
第七节 阳离子一般反应和其他分组法	64
复习题	73
第四章 阴离子和一般物质分析	75
第一节 阴离子第Ⅰ组	75

第二节	阴离子第Ⅱ组	80
第三节	阴离子第Ⅲ组	84
第四节	阴离子混合溶液的分析	86
第五节	一般物质的分析	91
复习题	.....	92
第五章	定量分析引言	94
第一节	分析天平	94
第二节	分析天平的灵敏度	101
第三节	称量和称样方法	106
第四节	定量分析中的误差	108
第五节	有效数字和运算规则	119
复习题	.....	122
练习题	.....	122
第六章	容量分析	125
第一节	概述	125
第二节	容量分析法的分类	126
第三节	物质的克当量	129
第四节	标准溶液的浓度	133
第五节	标准溶液的制备	138
第六节	容量分析计算	142
第七节	容量分析仪器	147
第八节	容量分析的误差	154
复习题	.....	155
练习题	.....	156
第七章	酸碱滴定法	158
第一节	弱电解质电离及pH计算	158
第二节	盐的水解及pH计算	163
第三节	缓冲溶液	173
第四节	酸碱指示剂	183

第五节	滴定曲线及指示剂的选择	192
第六节	酸和碱标准溶液的配制和标定	207
第七节	应用实例	213
第八节	计算示例	221
复习题	.....	224
练习题	.....	225
第八章	氧化还原滴定法	229
第一节	氧化还原反应	229
第二节	电极电位	237
第三节	影响氧化还原反应方向的因素	251
第四节	氧化还原反应的程度	255
第五节	氧化还原反应速度	257
第六节	氧化还原滴定曲线	262
第七节	氧化还原滴定指示剂	267
第八节	高锰酸钾法	272
第九节	重铬酸钾法	282
第十节	碘量法	287
第十一节	溴酸盐法	301
第十二节	铈量法(硫酸铈法)	308
第十三节	计算示例	310
复习题	.....	312
练习题	.....	314
第九章	络合滴定法	318
第一节	概述	318
第二节	酸度对络合滴定的影响	323
第三节	络合滴定曲线	330
第四节	络合滴定指示剂	332
第五节	提高络合滴定选择性的方法	338
第六节	EDTA标准溶液的配制和标定	344

第七节	络合滴定的方式	346
第八节	应用实例	348
复习题	.....	355
练习题	.....	355
第十章	沉淀滴定法	358
第一节	溶度积	359
第二节	沉淀滴定曲线	365
第三节	莫尔法	367
第四节	佛尔哈德法	373
第五节	法扬司法	379
第六节	计算示例	387
复习题	.....	389
练习题	.....	390
第十一章	重量分析	392
第一节	概述	392
第二节	沉淀的选择	393
第三节	影响沉淀完全的因素	395
第四节	沉淀剂	402
第五节	沉淀的形成和形状	404
第六节	沉淀的纯净	408
第七节	沉淀条件	412
第八节	沉淀的过滤和洗涤	416
第九节	沉淀的烘干和灼烧	421
第十节	重量分析计算	422
第十一节	应用实例	425
复习题	.....	432
练习题	.....	433
第十二章	化学分离法	435
第一节	沉淀分离法	435

第二节 萃取分离法	448
第三节 色层分离法	456
第四节 离子交换分离法	467
练习题	475

附录

I. 原子量表	477
II. 弱酸、弱碱在水中的电离常数	479
III. 标准电极电位表	481
IV. 络合物稳定常数 K 及 $\log K$	486
V. 难溶化合物的溶度积	491
VI. 强酸、强碱、氨溶液的百分浓度与比重及当量浓度(N) ...	493
VII. 缓冲溶液的制备	495
VIII. 化合物的式量表	497
IX. 常用对数表	502

第一章 绪 论

第一节 分析化学的任务和作用

分析化学和其他科学一样，起源于人类的生产实践，它是研究物质组成的测定方法及其有关理论的一门科学。

按任务的不同，分析化学分为定性分析和定量分析两部分。定性分析是确定物质的组成，即鉴定物质是由何种元素、离子或有机官能团所组成。定量分析则是确定物质中各组分的相对含量。在研究未知物时，定性分析通常是在定量分析之前进行，以便在确定组成之后，选择适当的定量分析方法，但在实际工业生产中，产品多为已知物，含有的杂质也是已知的，故经常的大量的分析工作是进行定量分析。

在科学领域中，凡是涉及化学变化的内容都要运用分析化学来解决实际问题，如石油探矿、地质、冶金、生理、微生物、医药、农业、原子能等科学都离不开分析化学的方法。

在工业生产中，从原料、半成品（中间产品）到成品都要经过严格的分析检验，以便控制和指导生产的正确进行，达到降低成本、提高产品质量的目的，因此，分析化学是工业生产的眼晴。

当前环境保护工作，已经提到很重要的地位。一方面是要消除环境污染；另一方面对环境要进行经常检测。对于工业三废即废气、废水、废渣等的成分必须首先采用分析化学中的各种手段来进行检测，然后才能提出可行的处理方案，这样一来

环境保护工作也是时时刻刻离不开分析化学的。

宏伟的社会主义建设事业，不断地向分析化学提出各式各样的课题，例如：石油探矿中岩心的成分；炼钢炉中钢水的质量；海洋中铀和钍的含量（约含 10^{-9} 克/升）；地层深处每吨矿石中含多少毫克的稀有贵金属；珠穆朗玛峰上雪水中痕迹量元素的测定；粮食中农药的残毒；一滴血液中的致癌物；一根头发中的含汞量；考古文物的成分；国防上的化学毒剂；公安上的毒物；超纯半导体材料中的杂质；大气中所含 ppb—ppm^①级的 SO_2 、 NO_x 、 O_3 、其它有毒杂质等等一系列数不胜数的问题，都要由分析化学来解决。现代分析化学不仅要作成分分析，而且还要作状态、价态、结构、微粒、数区、薄层、纵深分析。在为实现四个现代化新的历史时期中，分析化学更有其重要的现实意义，而且要求越来越高，对于分析化学工作者来说，真是任重而道远。

第二节 分析方法分类

从分析化学的任务看，分析方法可分为定性分析和定量分析。而按被测定对象、测定原理、操作方法、样品用量及生产要求的不同，分析方法又可分为许多种类。

一、无机分析和有机分析

按被测定对象不同分为无机分析和有机分析。

无机分析的对象是无机物，如酸、碱、盐等，它们大多数是电解质，在水溶液中成为离子状态存在，可以由离子表示组成和含量。有机分析的对象是有机物。由于许多有机物不是电解质，常需进行元素、官能团的分析，或测定某些物理常数以

① ppb—ppm：ppb是十亿分率，ppm是百万分率。

确定组成和含量。

二、常量、半微量和微量分析

根据样品的用量不同，分析方法分为常量分析、半微量分析、微量分析和超微量分析。各方法的样品用量如表1-1。

表 1-1

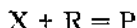
方 法	样品重量 (毫克)	试液体积 (毫升)
常 量 分 析	100—1000	10—100
半微量分析	10—100	1—10
微 量 分 析	0.1—10	0.01—1
超微量分析	0.001—0.1	0.001—0.01

通常，常量分析使用普通玻璃仪器，半微量分析使用玻璃仪器与精密仪器（如显微镜）相结合，而微量分析和超微量分析则采用精密的特殊仪器。

三、化学分析和仪器分析

按分析原理和操作方法分类，分析方法可分为化学分析和仪器分析。

1. 化学分析是以化学反应为基础的分析方法。它是使被测成分在溶被中与试剂作用，由生成物的量或消耗试剂的量来确定组成和含量的方法。今以X代表被测成分，R代表试剂，P代表生成物则化学方程式表示如下



定性分析是由生成物的特性来确定组成的，其特性有颜色、沉淀、气体结晶形状等。如用结晶形状来确定组成，这就是所谓的显微结晶分析；如在纸上或点滴板（白瓷板）上进行被滴之间反应的就是点滴分析法。

定量分析是利用生成物的难溶性、难离解性、挥发性等特点及消耗试剂R的量来确定被测组分的含量。因此，化学定量分析法又分为：

(1) 重量分析

是根据化学反应生成物的重量来确定被测组份含量的方法。

(2) 容量分析

是根据化学反应中消耗试剂的量来确定被测组份含量的方法。

(3) 气体分析

是根据化学反应中生成气体的体积或重量来确定被测组份含量的方法。

2. 仪器分析是以物质的物理、物理化学性质为基础并应用特殊仪器的分析方法。它包括有光谱分析、质谱分析、光学分析、原子吸收法、电化学分析、层析色谱法等。

光谱分析(发射光谱)是由元素在高温下产生的特性谱线(一定波长的谱线)及由特性谱线的亮度进行定性和定量的分析的方法。它主要用在金属分析中。

质谱分析是根据气相中的中性分子为电子束冲击后发生离子化(形成阳离子或带电荷的分裂物)，经过电场与磁场按离子的质荷比(m/e ，即离子质量与电荷比)大小分开成为离子注(称为质谱)，记录此离子注，按质荷比的大小与它们的强度进行定性和定量的方法。质谱分析由于需要气态分子，因此限于 400°C 以上可气化而不分解的化合物，常用于原子量及分子的精密测定及石油精炼工业中。

光学分析主要是光吸收法，又称分光光度法，是利用通过被测定物质在某些特定波长或一定波长范围内的光吸收度(或透光度)对该物质进行定性和定量的分析方法。在可见光区称为比色法，紫外光区称为紫外分光光度法，红外光区称为红外分光光度法。光吸收法可以测定金属及

有机化合物。

原子吸收法是将待测元素的盐溶液雾化喷入火焰，在近两千度的火焰中，雾滴溶剂迅速蒸发，形成固体盐的微粒，微粒很快熔化、挥发并热解离为组分原子。一束由空心阴极灯发出的锐线辐射，穿过一定厚度的待测原子蒸气，光的一部分被蒸气中的基态原子吸收。透射出来的光经单色器分光，测定其强度，然后利用吸收度与火焰中原子浓度成正比的关系，求得被测物的浓度。常用的装置有火焰及非火焰两种。原子吸收法多用于矿物和金属分析中。

电化学分析是利用物质的化学成分与它的电化学性质间的关系测定物质含量。有电位滴定法、电导滴定法和电解分析。

极谱分析也是电化学分析的一种，是特殊的电解分析法，它是利用滴汞电极电解样品，记录电流—电压曲线，由曲线的半波电位和波高进行物质定性和定量。极谱分析适用于一般能被氧化或被还原的无机物与有机物的分析。

层析色谱法是一种物理分离方法，利用混合物中各组份的物理化学性质的差别，使各组分以不同程度分布在两个相中，其中一个相为固定相；另一个相是流动相，由于各组分受固定相的作用所产生的阻力和受流动相的作用所产生的推力之不同，产生不同速度的移动，从而达到分离鉴定的目的。根据固定相和移动相的组合不同，层析色谱法又分为气相色谱法（简称G.C）和液相色谱法（简称L.C）。层析色谱法当前被广泛地应用于石油、化工及其他行业中。

仪器分析的特点是方法迅速、灵敏、能测定含量极低的组分，并在较短的时间内就能得到测定的结果。当前，仪器分析法在生产和科研中已经被广泛的采用，但是由于这类方法大部分以化学分析为基础，又需要使用精密而又昂贵的复杂仪器，因而还不能完全代替化学分析。化学分析仍然是当前和将来被广泛应用的分析手段。近年来，由于生产和科研的需要，仪器分析发展较快，是分析化学学科领域中的一个重要发展方向。

在分析工作中，对于一个较为复杂的物质，在确定了组成

之后，常常需要采用不同方法分析每个项目（如含量、水分、杂质等等），例如分析尿素样品，用挥发重量法测定水分、用容量分析法测定含氮量，用比色法测定铁的含量、用物理方法测定熔点等。

四、例行分析和仲裁分析

按要求的不同分析方法又分为例行分析和仲裁分析。

例行分析是一般化验室在日常生产中的分析工作，即常规分析。为控制生产，要求短时间内报出结果的例行分析叫快速分析，一般允许误差较宽。化工类、金属和矿石等的例行分析又叫工业分析。

仲裁分析也叫裁判分析，是不同单位对分析结果有争执时，要求有关单位按指定的方法进行准确的分析，以判定原结果的正确性。

对于一个分析化学工作者来说，必须全面掌握各种分析方法，以适应科学与生产的需要。不仅如此，而且还应当不断地吸取和应用新的科学成就，发展分析化学的理论，制定出新的、简便的、准确的、快速而又自动化的分析方法，满足社会主义祖国四个现代化的需要。

第三节 学习的内容和要求

分析化学是一门实践性很强的科学，它的基础是实践，但对实践中的问题又要从理论上来解释。本书的内容是在学完无机化学和部分有机化学的基础上安排的，其中有常见离子的定性分析，结合四类化学反应（酸碱反应、氧化还原反应、络合反应和沉淀反应）讨论容量分析和重量分析的基本理论、运算和分析方法，介绍常见的化学分离法。

通过本课程的学习，可以综合运用和巩固所学的化学基本

知识；掌握分析方法的原理、操作技能及基本运算；培养学生独立进行分析工作的能力；树立严肃、认真、细致、实事求是的科学态度，为今后学习其他课程打下有利基础，为我国早日实现四个现代化贡献力量。

复 习 题

1. 什么是分析化学？包括哪些内容？在国民经济建设中有何作用？
2. 举例说明分析化学有哪些方法？
3. 学习分析化学的目的和要求有哪些？