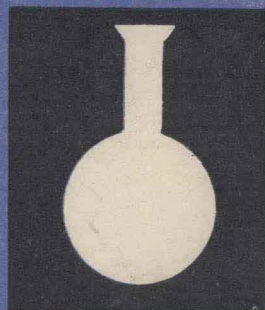


高等师范专科学校通用教材

分 析 化 学

中南五省(区)师专《分析化学》编写组 编



湖南大学出版社

高等师范专科学校

分 析 化 学

中南五省(区)师专教材编委会

《分析化学》编写组 编



湖南大学出版社

高等师范专科学校通用教材
分 析 化 学

中南五省（区）师专教材编委会

《分析化学》编写组 编



湖南大学出版社出版发行

（长沙岳麓山）

湖南省新华书店经销 湘潭大学印刷厂印刷



850×1168 32开 14印张 326千字
1988年8月第1版 1988年8月第1次印刷

印数：0001—5500册

ISBN7-314-00253-3/O·13

定价：2.75元

前 言

教材建设是学校三大基本建设之一。长期以来，高等师范专科教育没有一套具有自己特点，较为系统的教材，影响了教育质量的提高，为了深化高等师范专科教育的改革，为普及九年制义务教育培养更多的合格教师，中南五省（区）教委（高教局）高教（教学）处，共同组织五省（区）师专及部分有关高校的教师，协作编写了师专12个专业85门主干课程的通用教材，

编写这套教材的指导思想是，从高等师范专科教育人才培养的目标出发，根据国家教委新制定的二年制师专教学计划、教学大纲的要求，兼顾三年制和双科制专业的需要，力求突出适用性、科学性及高等师范教育的特点。因此，这套教材，不仅适用普通高等师范专科教育，而且也适用于教育学院和电大普通师范教育相关专业的教学，同时，还可作在职初中教师的培训和自修教材。

本书包括定性分析和定量分析两部分。定性分析主要介绍常见阳离子的硫化氢系统分析法和常见阴离子的分别分析法。定量分析以化学分析法为主，介绍了几种常用方法的理论依据、有关计算和应用。此外，还对仪器分析法作了简单介绍。

全书适当地精减了有关理论的内容，相对增加了对基本知识的介绍，并在内容的编排上作了适当地调整。为了加强实验课中实验方法与操作技能的教学，与本书配套使用的《分析化学实验》教材，在内容的编排和注释方面也作了必

要的考虑。

本书根据国家标准GB3102.8-82《物理化学和分子物理学的量和单位》的规定，采用了法定计量单位。对一些不是法定的物理量或名称（如当量浓度N等）以及单位或单位代号（如浓度单位代号M等），本书不再使用。

本书由湖南常德师范专科学校刘廉泉主编。参加编写的有湖南常德师专刘廉泉（绪论、1~4章、8章、附录），湖北宜昌师专颜克美（5、6章），广东韩山师专庄孙枬（7、9、10章），广西右江民族师专谭历生（11、12、13章）。全书由刘廉泉整理定稿。

本书承蒙华中师范大学李俊义教授主审，湖南师范大学武广贞副教授审阅。在本书编写过程中，河南安阳师专李士魁曾参加预备会，不少兄弟院校的同志曾提出过宝贵建议。对于他们的关心和支持，在此一并表示感谢。

这套教材是按主编负责、分工编写的原则成书的。由于这样大规模有组织地进行教材编写工作在我们还是第一次，因而错误缺点在所难免，恳请读者批评指正。

中南五省(区)师专协作教材编委会

1988年2月

本书采用的主要符号及含义

符 号	含 义
m_B	物质B的质量(其单位代号有: kg, g, mg, μg)
m_S	试样S的质量(单位代号采用g)
$w_B(\%)$	物质B的质量(百)分数
M_B	物质B的摩尔质量(单位代号采用 $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$)
n_B	物质B的量(单位代号采用mol, mmol)
V	体积, 容积(单位代号采用L, mL)
C	泛指各种表示法的物质的浓度
C_B	物质B的总(物质的量)浓度(单位代号采用 $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$)
$[B]$	物质B的平衡浓度(单位代号采用 $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$)
Φ_{HB}	型体HB的分布分数
Φ_B	型体B的分布分数
K	(浓度)平衡常数
K^0	活度(平衡)常数
a	离子活度
r	活度系数
K'	条件(形成)常数
K	各级形成常数
β	累积形成常数
$E^\ominus$	(电对的)标准电势(单位代号采用V)
E^{of}	(电对的)条件电势, (单位代号V)
K_{sp}	溶度积, 溶度积常数
K_{sp}^0	活度积常数, 活度积

K'_{sp}	条件溶度积常数
I	透光强度
I_0	入射光强度
$T(\%)$	(百分)透光度
A	吸光度, 吸收比(率)的对数(以10为底)
ϵ	摩尔吸光系数($A/C_B l$)
F	换算因数, 化学因数
t	时间(单位代号采用S, min, h, d)
λ	波长(单位代号采用nm, m)

目 录

绪 论	(1)
§1. 分析化学的任务和作用	(1)
§2. 怎样学习分析化学	(2)
§3. 分析方法的分类	(3)
一、无机分析和有机分析 二、化学分析和仪器分析	
三、常量、半微量和微量分析 四、例行分析、快速分析和仲裁分析	
§4. 分析化学的发展	(5)
第一章 定性分析概论	(7)
§1—1 定性分析的任务和方法	(7)
§1—2 对分析反应的要求	(8)
一、对鉴定反应的要求 二、对分离和掩蔽反应的要求	
§1—3 反应进行的条件	(15)
一、反应物的浓度 二、反应的酸碱环境 三、溶液的温度	
四、有机溶剂的使用	

§1—4 分别分析和系统分析	(16)
第二章 阳离子分析	(19)
§2—2 常见阳离子分组	(19)
一、硫化氢系统分析法 二、两酸两碱系统简介	
§2—2 第一组阳离子分析	(21)
一、本组离子的分析特性 二、组试剂作用条件 三、本组离子的常用鉴定反应 四、本组离子混合液分析	
§2—3 第二组阳离子分析	(31)
一、本组离子的分析特性 二、组试剂作用条件 三、硫代乙酰胺的作用及其条件 四、本组离子的常用鉴定反应 五、本组离子混合液分析	
§2—4 第三组阳离子分析	(51)
一、本组离子的分析特性 二、组试剂作用条件 三、本组离子的常用鉴定反应 四、本组离子混合液分析	
§2—5 第四组阳离子分析	(71)
一、本组离子的分析特性 二、本组离子的常用鉴定反应 三、本组离子混合液分析	
第三章 阴离子分析	(87)
§3—1 阴离子分析概述	(87)
一、阴离子组成及存在形式 二、阴离子的分析特性 三、阴离子分析方法的特点	
§3—2 阴离子混合液分析	(90)
一、预先推测 二、初步试验 三、阴离子的分别分析	
第四章 一般物质的定性分析	(105)
§4—1 了解情况和初步观察	(105)
一、了解情况 二、初步观察	
§4—2 试样的准备	(107)
§4—3 初步试验	(108)
一、溶剂试验 二、焰色反应	

§4—4 阳离子分析	(110)
一、阳离子分析试液的制备 二、阳离子分析	
§4—5 阴离子分析	(113)
一、阴离子分析试液的制备 二、阴离子分析	
§4—6 分析结果的判断	(116)
第五章 定量分析概论	(120)
§5—1 定量分析的任务和方法	(120)
一、定量分析的任务和方法 二、定量分析结果的表示法	
§5—2 定量分析的误差与数据处理	(122)
一、误差的分类 二、准确度与精密度 三、分析数据的处理	
§5—3 滴定分析法概述	(134)
一、滴定分析的特点及方法 二、溶液浓度的表示方法	
三、滴定分析法的计算	
第六章 酸碱滴定法	(149)
§6—1 酸碱平衡	(149)
一、酸碱反应 二、溶剂的质子自递反应 三、酸碱的强度	
四、拉平效应与区分效应	
§6—2 酸度对弱酸(碱)型体分布的影响	(156)
一、酸度对一元弱酸(碱)溶液中各种型体分布的影响	
二、酸度对多元酸溶液中各种型体分布的影响	
§6—3 酸碱溶液中酸碱度的计算	(162)
一、水溶液中酸碱平衡处理的方法 二、酸碱溶液中pH值的计算	
§6—4 缓冲溶液	(177)
一、缓冲溶液pH值的计算 二、缓冲容量及缓冲范围	
三、缓冲溶液的选择和配制	
§6—5 酸碱指示剂	(183)
一、指示剂的变色原理及变色范围 二、指示剂的用量	

三、混合指示剂	
§6—6 酸碱滴定曲线与指示剂的选择	(189)
一、强碱滴定强酸或强酸滴定强碱	二、强碱滴定弱酸
三、强酸滴定弱碱	四、影响滴定突跃范围大小的因素
五、多元酸的滴定	六、多元碱的滴定
§6—7 CO_2 的影响和终点误差	(206)
一、 CO_2 的影响	二、终点误差
§6—8 酸碱滴定法应用示例	(210)
一、混合碱的分析	二、铵盐中氮的测定
第七章 配位滴定法	(219)
§7—1 配位滴定法概述	(219)
一、配位滴定法	二、氨羧配位剂
三、乙二胺四乙酸及其配合物	
§7—2 配合物在溶液中的离解平衡	(224)
一、配合物的形成常数	二、配位平衡的副反应
三、配合物的条件形成常数	
§7—3 配位滴定基本原理	(234)
一、滴定曲线	二、金属离子准确滴定的条件
三、配位滴定的最高允许酸度	
§7—4 金属指示剂	(243)
一、金属指示剂作用原理	二、常用金属指示剂
三、使用金属指示剂中存在的问题	
§7—5 提高配位滴定选择性的方法	(247)
一、控制溶液的酸度	二、掩蔽和解蔽
三、选用其他滴定剂	
§7—6 配位滴定的方式及应用	(252)
一、直接滴定法	二、返滴定法
三、置换滴定法	
四、间接滴定法	
第八章 氧化还原滴定法	(258)

§8—1 条件电势	(258)
一、能斯特方程式 二、条件电势	
§8—2 氧化还原反应的方向和程度	(261)
一、氧化还原反应的方向 二、氧化还原反应进行的程度	
§8—3 氧化还原反应滴定曲线	(267)
§8—4 氧化还原滴定中的指示剂	(272)
一、自身指示剂 二、生色指示剂 三、氧化还原指示剂	
§8—5 常用的氧化还原滴定法	(273)
一、高锰酸钾法 二、重铬酸钾法 三、碘量法	
第九章 沉淀滴定法	(285)
§9—1 莫尔法	(285)
一、概述 二、滴定条件	
§9—2 佛尔哈德法	(287)
一、概述 二、滴定条件	
§9—3 法扬司法	(289)
第十章 重量分析法	(292)
§10—1 概述	(292)
一、重量法的分类和特点 二、对沉淀形式和称量形式的要求	
§10—2 沉淀的溶解度及其影响因素	(294)
一、溶解度和溶度积 二、影响沉淀溶解度的因素	
§10—3 沉淀的形成	(304)
§10—4 沉淀的沾污及其减免	(306)
一、共沉淀 二、后沉淀	
§10—5 沉淀条件的选择	(309)
一、晶形沉淀 二、无定形沉淀 三、均匀沉淀法	
§10—6 重量分析结果的计算	(313)
一、换算因素 二、重量分析结果的计算	
第十一章 吸光光度法	(318)
§11—1 概述	(318)

一、吸光光度法的方法和特点	二、吸收光谱
§11—2 光吸收定律	(323)
一、朗伯—比尔定律	二、偏离比尔定律的原因
§11—3 光度分析的方法和仪器	(328)
一、目视比色法	二、光电比色法
三、分光光度法	
§11—4 光度测量误差及测量条件的选择	(334)
一、光度测量误差	二、测量条件的选择
§11—5 显色反应及显色条件	(338)
一、显色反应和显色剂	二、显色条件的选择
§11—6 吸光光度法在定量分析中的应用	(347)
一、溶液中几种组分的同时测定	二、高含量组分的测定——差示法
第十二章 分析的一般程序	(355)
§12—1 试样的采取、制备和分解	(355)
一、试样的采取和制备	二、固体试样的分解
§12—2 被测成分和干扰组分的分离	(360)
一、沉淀分离法	二、溶剂萃取分离法
三、纸上色谱分离法	四、离子交换分离法
§12—3 测定方法的选择	(376)
第十三章 仪器分析简介	(378)
§13—1 仪器分析方法的分类	
一、电化学分析法	二、光化学分析法
三、色谱分析法	
§13—2 电势分析法简介	(379)
一、电势分析法的基本原理	二、参比电极
三、电势法测定溶液的pH值	四、离子选择电极
§13—3 极谱分析法简介	(385)
一、基本原理	二、定量分析方法
§13—4 原子发射光谱法简介	(388)
一、基本原理	二、光谱分析的过程和主要仪器设备
三、光谱定性分析	四、光谱定量分析

§13—5 原子吸收光谱法简介.....	(392)
一、基本原理 二、原子吸收分光光度计 三、定量分析	
法	
§13—6 气相色谱法简介.....	(395)
一、基本原理 二、气相色谱装置及流程 三、定性和定量	
分析	
参考书目.....	(401)
本教材教学时间分配 (供参考)	(403)
附 录	(404)
表一、弱酸、弱碱在水中的离解常数 (25℃)	
表二、配合物的形成常数 (18~25℃)	
表三、氨羧配位剂类配合物的形成常数 (18~25℃)	
表四、标准电极电势	
表五、部分氧化还原电对的条件电势值	
表六、难溶化合物的溶度积 (18~25℃)	
表七、金属氢氧化物沉淀的pH值	
表八、离子的 α 值	
表九、离子的活度系数	
表十、化合物的摩尔质量 (1985年)	
表十一、国际原子量 (1985年)	

绪 论

§1 分析化学的任务和作用

分析化学是研究物质化学组分^①的测定方法、步骤及有关理论的一门学科。它是化学科学的一个重要分支。

分析化学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所含的组分；定量分析的任务是测定各组分的相对含量。在实际分析工作中，由于选择什么方法来测定各组分的相对含量，与物质中含有哪些组分有密切关系，因此定性分析应先于定量分析。在学习分析化学的程序上也是这样，只有在掌握定性分析的知识以后，才能较好地理解和掌握定量分析的方法和要求。

分析化学是一门重要学科。例如，在科学研究上，分析化学可以帮助人们扩大和加深对自然界的认识，促进科学本身的发展。从化学科学本身来看，正是由于分析化学的重大贡献，才使得某些化学基本定律和理论得以发现和建立，从而确立了近代化学科学体系。分析化学在其他许多科学领域中也起着重大作用。例如在地质学、海洋学、矿物学、生物学、医药学、考古学、农业科学、材料科学、环境科学等学科中无一不需要分析化学作为它们的研究手段。当然，随着生产的发展和现代科学技术的进步，也向分析化学提出了更

^①这里讲的组分，可以是元素、离子、官能团或化合物，也可以是某个单独的相。

高的要求，从而大大促进了分析化学的发展。

在国民经济中，分析化学具有重大的实用意义。例如资源勘探、原料配比、生产控制、产品检验、环境监测、土壤普查及农作物营养诊断等，都要应用分析化学。

在学校教育中，分析化学也占有一定的地位。不少高等学校和中等专业学校的有关专业，都要或多或少地学习分析化学。在高等师范院校的化学专业中，分析化学则是一门重要的基础课。通过分析化学的教学，不仅可以使学生进一步巩固化学平衡理论的有关知识，而且还可以使学生掌握常见离子的性质和它们彼此分离及测定的知识。此外，通过分析化学实验教学，还可培养学生的有关实验技能及观察、思考和分析问题的能力。总之，它不仅可以为学好后续课程打下良好的基础，而且还可以为今后从事化学教育工作提供必备的条件。

§2 怎样学习分析化学

分析化学是一门实践性很强的学科，它的实验教学占有很大的比重。这就要求我们必须理论联系实际，重视实验课的学习，否则，是不能完成分析化学的学习任务的。

分析化学的另一个特点是对分析反应的反应条件有严格的要求，例如对反应物的浓度、溶液的酸度、反应时的温度，以及共存组分的相对含量等条件均应严格控制。因此，只有在理论和实验的学习过程中，具有严谨的科学态度，时刻重视反应条件和树立“量”的观念，才能学好分析化学。

§3 分析方法的分类

分析方法的种类很多，除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、无机分析和有机分析

根据分析对象不同，分析化学可分为无机分析和有机分析。前者分析的是无机物，后者分析的是有机物。由于无机物和有机物在其组成和结构上有所差异，因此它们在分析上的要求和分析的手段也不尽相同。无机物所含元素的种类较多，通常要求鉴定被测物质是由哪些元素、离子、原子团或化合物组成的，各种组分的相对含量是多少。有机物则不同，组成它们的元素虽然不多，但由于结构复杂，所以对有机物不仅要作元素分析，更重要的是要作官能团分析和结构分析。

无机分析和有机分析应用于国民经济各部门中，形成了许多特定对象的分析。例如金属与合金分析、硅酸盐分析、药物分析、农药分析、土壤分析等。

本书主要讨论无机分析。

二、化学分析和仪器分析

根据分析方法所依据的原理不同，可分为化学分析和仪器分析。

以物质的化学反应为基础的分析方法称为化学分析法。这类方法历史悠久，是经典的分析方法，也是分析化学的基础。直到目前为止，对常量组分的测定仍然采用这类方法。化学分析法在定量分析中主要有重量分析法和滴定分析法。

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，分别称为物理分析或物理化学分析法。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、电化学分析法及色谱分析法等。

本书主要讨论化学分析法。

三、常量分析、半微量分析和微量分析

根据试样的用量不同，可分为常量分析、半微量分析和微量采用分析，如表 1 所示。

表1 按试样用量不同而分类的分析方法

固体试样用量/mg	试液用量/ml	分析方法
>100	>10	常量分析
10—100	1—10	半微量分析
0.1—10	0.01—1	微量分析
<0.1	<0.01	超微量分析

由于试样用量不同，上述各种方法所使用的仪器及操作也各不相同。本书介绍的定性分析采用半微量分析法，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—1%）成分分析和痕量（<0.01%）成分分析。

四、例行分析、快速分析和仲裁分析

例行分析是指一般化验室对日常生产中的原材料或产品所进行的分析，又叫“常规分析”。快速分析是例行分析中的一种，主要用于为控制生产过程提供信息。例如炼钢厂的炉前分析，要求在尽可能短的时间内报出分析结果。这种分