

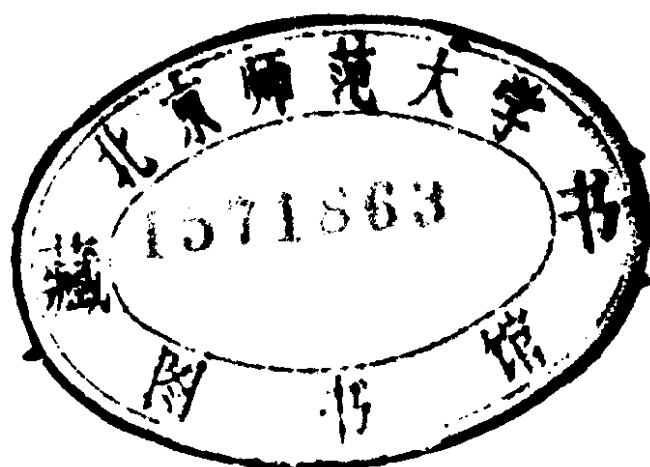
师范专科学校试用教材

分 析 化 学

主编 赵锡瑞

编者 赵锡瑞 罗伦元 李雄志

501113/14



北京师范大学出版社

师范专科学校试用教材

分 析 化 学

主编 赵锡瑞

编者 赵锡瑞 罗伦元

李雄志

责任编辑 刘秀兰

北京师范大学出版社出版

新华书店总店科技发行所发行

北京通县印刷厂印刷

开本: 850×1168 1/32 印张: 12.625 字数: 330千

1990年3月第1版 1990年3月第1次印刷

印数: 1—4 500

ISBN7-303-00856-X/O·118

定 价: 2.90 元

811113/14

前 言

本书是在华北地区师专教材编写工作领导小组的指导和组织下,根据师专《分析化学教学大纲》编写的。本书可作为二、三年制师专和教育学院化学专业分析化学课程的教材。

分析化学是师范专科学校化学专业的一门必修基础课。它的任务是使学生能运用已学过的无机化学知识,系统地学习和掌握分析化学的基本原理和基本知识。通过实验课的教学,使学生掌握分析化学的技能,能鉴定和测定常见离子和化合物,为将来从事初中化学教学打好基础。

本教材包括定性分析和定量分析两部分。定性分析包括以硫化氢系统分析为主的常见阳离子分析和以分别分析为主的常见阴离子分析;定量分析包括化学分析法的各种滴定分析法和重量分析法以及仪器分析法中应用较多的吸光光度法。

本书在选材上力求从师专的培养目标和教学实际出发,简明扼要地介绍分析化学的主要内容;同时为了扩大知识面和提高学生自学能力,也选编了部分内容供同学自学(加*号)或选学(加**号)。为了帮助同学复习,每章开始都有内容提要及要求。各章后都有习题,供教师选用和同学练习。书末附录中有计算题的答案以供参考。

为了便于教学,另由李雄志和杨仁柱编写了《分析化学实验》作为本书的配套实验教材。

本书由唐山师专赵锡瑞(绪论、第六、七、十和十四章)、太原师专罗伦元(第五、八、九、十一章和附录)和保定师专李雄志(第一、二、三、四、十二和十三章)联合编写。然后由赵锡瑞整理定稿。最后由北京师范大学李启隆和迟兴婉副教授审阅并提出了宝贵意见。

本书在编写过程中，得到国家教委、河北、山西、内蒙三省（区）教委和唐山师专化学系的关心和支持，在此一并表示感谢。

由于编者的业务水平和教学经验有限，加之编写的时间仓促，书中难免有不妥和错误之处，希望广大师生和读者批评指正。

编者

1988年6月

目 录

绪论	(1)
§ 1 分析化学的任务和作用	(1)
§ 2 如何学好分析化学	(2)
§ 3 分析化学的分类	(2)

定 性 分 析

第一章 定性分析概论	(4)
§ 1-1 定性分析的方法	(4)
§ 1-2 定性反应的条件	(7)
§ 1-3 鉴定方法的灵敏度	(9)
§ 1-4 鉴定反应的选择性	(12)
§ 1-5 鉴定结果的可靠性	(14)
习题	(16)
第二章 阳离子分析	(17)
§ 2-1 第一组阳离子分析	(19)
§ 2-2 第二组阳离子分析	(24)
§ 2-3 第三组阳离子分析	(39)
§ 2-4 第四组阳离子分析	(49)
§ 2-5 第五组阳离子分析	(55)
习题	(60)
第三章 阴离子分析	(63)
§ 3-1 阴离子的分析特性	(63)
§ 3-2 阴离子的初步试验	(65)
§ 3-3 阴离子的分别鉴定	(68)
习题	(74)
第四章 一般物质的定性分析	(76)

§ 4-1	概 述	(76)
§ 4-2	试样的外表 观 察和准备.....	(77)
§ 4-3	初步 试 验.....	(78)
§ 4-4	试液的制备及 分 析.....	(80)
§ 4-5	未转入试液的残渣 的 分 析.....	(84)
§ 4-6	分析结果的 判 断.....	(85)
	习题.....	(86)

定 量 分 析

第五章	误差和分析数据的处理.....	(88)
§ 5-1	误差及其 来 源.....	(88)
§ 5-2	准确度和精 密 度.....	(91)
§ 5-3	分析数据的 处 理.....	(98)
	习题.....	(106)
第六章	滴定分析法概述.....	(109)
§ 6-1	滴定分析法的过 程 和 分 类.....	(109)
§ 6-2	标准溶液浓度的表示 方 法.....	(111)
§ 6-3	标准溶液的配制与 标 定.....	(112)
§ 6-4	滴定分析中的 计 算.....	(114)
	习题.....	(119)
第七章	酸碱滴定法.....	(120)
§ 7-1	酸碱质子 理 论.....	(120)
§ 7-2	酸碱平衡体系中 各种型体浓度的计 算.....	(123)
§ 7-3	酸碱溶液中酸碱度的 计 算.....	(131)
§ 7-4	酸碱缓冲 溶 液.....	(142)
§ 7-5	酸碱指 示 剂.....	(148)
§ 7-6	强 酸 (碱) 和 一元弱酸 (碱) 的 滴 定.....	(153)
§ 7-7	多元酸碱的 滴 定.....	(164)
§ 7-8	酸碱滴定法的 应 用 和 计 算 示 例.....	(170)
	习题.....	(178)

第八章 配位滴定法	(181)
§ 8-1 概述	(181)
§ 8-2 EDTA及其分析特性	(182)
§ 8-3 配合物在水溶液中的离解平衡	(186)
§ 8-4 配位滴定的基本原理	(196)
§ 8-5 金属离子指示剂	(209)
§ 8-6 提高配位滴定选择性的方法	(215)
§ 8-7 配位滴定的方式和计算示例	(223)
习题	(227)
第九章 氧化还原滴定法	(231)
§ 9-1 方法特点及分类	(231)
§ 9-2 条件电位	(233)
§ 9-3 氧化还原反应的方向及其影响因素	(239)
§ 9-4 氧化还原反应进行的程度	(243)
§ 9-5 氧化还原反应的速度	(245)
§ 9-6 滴定曲线	(247)
§ 9-7 氧化还原指示剂	(251)
§ 9-8 氧化还原滴定的主要方法	(254)
习题	(267)
第十章 沉淀滴定法	(271)
§ 10-1 概述	(271)
§ 10-2 确定终点的方法	(274)
§ 10-3 计算和示例	(279)
习题	(281)
第十一章 重量分析	(282)
§ 11-1 概述	(282)
§ 11-2 沉淀的溶解度及其影响因素	(286)
§ 11-3 沉淀的类型及形成	(296)
§ 11-4 沉淀的沾污和纯化	(300)
§ 11-5 沉淀条件的选择	(305)

§ 11-6	重量分析结果的计算	(307)
习题		(310)
第十二章	吸光光度法	(314)
§ 12-1	基本原理	(315)
§ 12-2	常用的吸光光度法	(322)
§ 12-3	测定前的准备工作	(330)
§ 12-4	吸光光度法的应用	(334)
习题		(337)
第十三章	一般物质的定量分析	(339)
§ 13-1	试样的采集和处理	(339)
§ 13-2	试样的分解	(341)
§ 13-3	测定方法的选择	(347)
§ 13-4	干扰的消除	(348)
§ 13-5	试样分析实例	(355)
习题		(358)
第十四章	分析化学的发展概况	(360)
§ 14-1	分析化学简史	(360)
§ 14-2	常用仪器分析的应用概况	(362)
§ 14-3	分析化学的展望	(364)
附录		(365)
计算题答案		(365)
表一	弱酸、弱碱在水中的离解常数	(368)
表二	金属配合物的形成常数	(369)
表三	金属与氨羧配位剂配合物的形成常数	(373)
表四	EDTA的 $p\alpha_Y$ 值	(374)
表五	金属指示剂的 $\lg\alpha_{In(H)}$ 值及金属指示剂变色点的 pM 值 ¹	(375)
表六	EDTA与金属离子在不同pH值的 $\lg K_{MY}$ 值	(376)
表七	常用的掩蔽剂	(377)
表八	某些电对的标准电位值和条件电位值	(377)

表九 金属氢氧化物沉淀的 pH 值 (381)

表十 难溶化合物的溶度积 (382)

表十一 离子的 α 值 (385)

表十二 离子的活度系数 (386)

表十三 化合物的式量表 (387)

表十四 国际原子量表 (1985) (391)

参考书 (392)

绪 论

§ 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和结构的分析方法及有关理论的一门学科，它是化学学科的一个重要分支。

分析化学包括成分分析和结构分析两个方面，本教材只讨论成分分析。成分分析又分为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（元素、离子、官能团或化合物）；而定量分析的任务是测定各组分的相对含量。定性分析回答的问题是“什么？”；定量分析回答的问题则是“多少？”。所以在分析程序上定性分析应先于定量分析。但在实际工作中，试样的组成在大多数情况下都是已知的，因而定量分析用得较多。

分析化学是一门工具科学，在科学发展和工农业生产中起着重要的作用。如在化学本身的发展上，分析化学就起着很大的作用，如质量守恒定律、定比定律、倍比定律的发现和原子量的精确测定，都离不开分析化学。现代化学的主要理论——原子论、分子论和元素周期律就建立在上述发现和测定上。在其他科学领域中，如矿物学、地质学、生物学、医药学、农业科学、环境科学等都需要分析化学作为研究手段。

在国民经济中，分析化学更具有重要意义。如资源勘探、生产控制、原料及成品检验、环境监测，土壤普查及农产品检验等，都广泛应用分析化学。

在师范专科学校中，分析化学是一门专业必修课，通过分析化学的学习可以复习、巩固单质、离子和化合物性质的基本知识；复习关于化学平衡的基本理论；并学习如何应用这些知识和

理论去解决分析化学中的问题。通过分析化学实验课的教学，使学生掌握分析化学的基本技能和技巧；能鉴定和测定常见离子和化合物；并培养学生细心观察、独立判断、逻辑思维、推理论证和运算能力。

§ 2 如何学好分析化学

分析化学的教学任务是通过讲授、实验和作业等主要教学形式来完成的。在上课时应用心听讲并记好笔记，因为记笔记不仅可以培养学生的听、写和综合能力，而且还能促使学生集中注意力专心听讲。下课后，应及时复习、看书并把笔记加以整理和补充。在把课程内容看懂的基础上再去完成作业，不会做时再复习有关章节直至看懂、会做时为止。千万不要在未复习的情况下就去做作业，不会做时就猜或乱代公式。

分析化学是一门实践性很强的学科，实验课占有很大比重。实验课有增加感性知识，帮助记忆、印证理论、培养能力、启发思维等多种作用，应当充分重视。做好实验的先决条件就是充分预习，看懂每一步实验的原理和将出现的现象，以达到理论指导实验，实验检验理论的目的，克服那种重理论轻实验的偏见。

§ 3 分析化学的分类

分析化学的分类方法很多，除按任务的不同分为定性分析和定量分析外；还可根据分析对象、方法原理、试样用量和被测组分含量的多少来分类。

一、无机分析和有机分析

根据分析对象的不同，分析化学可分为无机分析和有机分析。前者分析的对象是无机物，后者分析的是有机物。无机物所含元素的种类较多，无机分析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，又要求测定各组分的相对含

量是多少。有机物则不同，组成它们的元素虽然不多，但结构却很复杂。所以有机分析不仅要作元素分析，而且要作官能团和结构分析。本教材只讨论无机分析。

二、化学分析和仪器分析

根据分析方法所依据的原理不同，分析化学又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**化学分析法**。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；在定量分析中的重量分析、滴定分析和气体分析也是利用化学反应来测定组分的相对含量。上述这些方法的历史悠久，在过去被研究得最多，最透彻，是分析化学的基础，所以又称为**经典化学分析法**。

以物质的物理性质为基础的分析方法称为**物理分析法**，如光谱分析法、X-射线分析法等。以物质的物理化学性质为基础的分析方法称**物理化学分析法**，如电重量分析法、极谱分析法和吸光光度法等。这两类方法都需要特殊的仪器，所以又统称为**仪器分析法**。本教材主要讨论化学分析法和仪器分析中的吸光光度法。

按被测组分的百分含量又可分为**常量组分分析** ($>1\%$)，**微量组分分析** ($0.01\sim1\%$) 和**痕量组分分析** ($<0.01\%$) 等三类。

按试样用量和操作方法不同的分类方法，将在第一章介绍。

定性分析

第一章 定性分析概论

内容提要及要求

本章阐述了定性分析的基本概念和基本知识，为学习后续各章知识打好基础。

本章要求：

1. 了解各种定性分析方法，以供分析实践中选择使用。
2. 掌握用所学化学基本原理，确定定性反应的适宜条件。
3. 掌握鉴定方法灵敏度和鉴定反应选择性的概念，以及提高灵敏度和选择性的方法。
4. 熟练掌握提高鉴定结果可靠性的原理和措施。

§ 1-1 定性分析的方法

对样品（即被分析的物质，其中未知物样品包括试样和试液）进行定性分析的方法有各种各样，从不同的角度出发，作如下分类：

一、湿法、干法

这是基于进行分析时样品状态不同的两种分析方法。

（一）湿法

使样品处于液体状态，对其进行分析的方法称为湿法。定性反应（即运用于定性分析的化学反应）在溶液中进行，属于离子反应。故湿法分析的结果不是元素，而是它们所形成的离子。

对离子进行鉴定（检出）是依据被检离子与鉴定试剂发生鉴定反应（检出反应）时，溶液的外观变化来判断被检离子存在与否的过程。溶液的外观变化主要有：1. 沉淀的生成或溶解；2.

溶液或沉淀颜色的改变；3. 特征颜色或气味的气体的产生等。

(二) 干法

在某些情况下，可用固体样品直接进行分析。这种对固体样品直接进行分析的方法称为干法。例如焰色试验、灼烧试验、粉末研磨试验等。

干法分析本身不够完善，一般只作为湿法分析前的初步试验。因此，本书主要讨论湿法分析，并依据湿法分析的结果作出分析结论，而干法分析的结果仅供参考。

二、系统分析法、分别分析法

这是基于分析程序不同的二种分析方法。

(一) 系统分析法

按预定方案的一定顺序进行离子的分离和鉴定的分析方法称为系统分析法。对于可能存在的离子种类众多的试液，宜采用系统分析法。在按顺序进行分离时，先以几种试剂依次将性质相似的离子分成若干组，然后再将各组内的离子进行分离和鉴定。

将离子分成若干组的试剂称为组试剂。在定性分析中进行分离时，多采用沉淀分离法。因此，组试剂都是些沉淀剂。一种较好的组试剂应当符合以下几项要求：1. 分离完全，离子归属某个组的界限比较清楚；2. 每个组内的离子种数比较均衡，数目又不太多；3. 所形成的沉淀与母液易于分离；4. 过剩的组试剂易于排除或对离子的鉴定无妨碍。

(二) 分别分析法

分别取出部分试液，在消除干扰的前提下，直接对可能存在的离子逐一鉴定的分析方法称为分别分析法。对于确知包含离子种类较少的试液或指定对试样的某些组分（即试样的组成部分）进行鉴定时，宜采用分别分析法。

本书在阳离子分析中主要采用系统分析法，在阴离子分析中采用分别分析法。

三、常量分析法、半微量分析法、微量分析法和超微量分析法 这是基于样品用量不同的四种分析法。

(一) 常量分析法

样品的用量在0.1g或10mL以上的分析方法称为**常量分析法**。

常量分析法可以使用**普通仪器**（即无机化学实验中使用的一般仪器）进行操作。

(二) 半微量分析法

半微量分析法又称为**中量分析法**，其样品的用量约为常量分析法的十分之一，所用仪器的规格略小于普通仪器。

(三) 微量分析法

微量分析法中，样品的用量约为常量分析法的百分之一，所用的仪器主要有点滴板、滤纸等。

(四) 超微量分析法

超微量分析法中，样品的用量约为常量分析法的千分之一或更少，因而需使用特殊仪器和设备。

由于常量分析法使用试剂的量较多，操作麻烦、费时，在定性分析中很少使用；超微量分析法必须使用特殊仪器、设备及较复杂的操作技术，不便于初学者掌握。所以，在定性分析教学中，一般采用介于二者之间的半微量分析法和微量分析法。

四、试管分析法、点滴分析法、显微结晶法等

这是基于主要操作方式不同的各种分析法。

(一) 试管分析法

分析反应（即用于分析的化学反应）主要在离心管（或小试管）中进行的分析方法称为**试管分析法**。

(二) 点滴分析法

用1滴试液和1滴试剂①在点滴板或滤纸上进行分析的方法称为**点滴分析法**。点滴板或滤纸同时起衬托背景的作用，有利于对反应产物进行观察。点滴分析法适宜于进行无须加热和离心分离的鉴定反应。

(三) 显微结晶法

① 未标明固体的试剂均指试剂溶液。

在显微镜的载片上进行鉴定反应，然后使用显微镜（放大率在50倍以上）观察具有特征晶形的产物，以判断被检组分是否存在，这种分析方法称为**显微结晶法**。该法可以检出极微量的物质，但由于晶形常受溶液的浓度、试剂的性质、共存组分的影响，而使鉴定结果不太可靠，因此在使用上有较大的局限性。

§ 1-2 定性反应的条件

一切化学反应，只有在一定条件下，才能按照预期的方向进行。在定性分析中，为了达到定性反应的预期效果，控制反应条件格外重要。定性反应的条件主要有：

一、反应物的浓度

根据化学平衡原理，只有当反应物的浓度足够大时，才能发生明显的反应。在鉴定反应中，除要求被检离子的浓度足够大外，更重要的是随时注意正确地使用试剂的浓度和用量。为了保证反应的预期效果，一方面要求试剂的浓度和用量足够（适当过量），另一方面又不能采用过浓和过多的试剂，否则不仅会造成浪费，而且会产生不利于鉴定反应的副作用。例如用HCl鉴定 Ag^+ 的反应，如果HCl过浓，则由于 AgCl_2^- 的生成而导致 Ag^+ 大部分或完全不沉淀，因而得不到应有的效果。

二、溶液的酸度

许多定性反应都要在一定的酸度下进行。例如，用 $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$ 鉴定 K^+ 时，必须在中性或弱酸性①条件下进行。

① 根据定性分析一般习惯，本书对溶液的酸碱性划分如下：

