

中等职业学校教材

分析化学

第二版

► 姜洪文 主编



化学工业出版社
教材出版中心

号 030 字 25 页 (京)

中等职业学校教材

分析化学

第二版

姜洪文 主编



化学工业出版社
教材出版中心

· 北京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

分析化学/姜洪文主编. —2 版. —北京: 化学工业出版社, 2005.6
中等职业学校教材
ISBN 7-5025-7198-1

I. 分… II. 姜… III. 分析化学-专业学校-教材
IV. O65

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 060566 号

中等职业学校教材
分 析 化 学
第二版

姜洪文 主编
责任编辑: 陈有华
文字编辑: 李姿娇
责任校对: 李 林
封面设计: 于 兵

*

化学工业出版社 出版发行
教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010)64982530

(010)64918013

购书传真: (010)64982630

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

*

新华书店北京发行所经销
大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷
三河市延风装订厂装订

开本 850mm × 1168mm 1/32 印张 12 字数 321 千字

2005 年 7 月第 2 版 2006 年 7 月北京第 11 次印刷

ISBN 7-5025-7198-1

定 价: 19.00 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

第二版前言

本书第一版自 1994 年出版以来，赢得了广大同仁和学生的认可。在教育改革、经济迅速发展的今天，为适应 21 世纪中等职业教育的要求，在征求专家意见的基础上，结合近些年的教学改革实践体会，对本书第一版进行了修订。本次修订除保持第一版的特色外，还补充、调整了部分章节。调整更新的主要内容如下。

1. 本书调整了章节，由第一版的十二章调整为十一章，即第一版的第二章、第三章和第四章合并为定性分析概论，并在内容上作了适当的调整和精简。保留了“酸碱滴定法”、“配位滴定法”、“沉淀滴定法”、“氧化还原滴定法”和“称量分析法”，原“常用化学分离法”改名为“定量化学分析中常用的分离方法”，并补充了“蒸馏与挥发分离法”。

2. 增设了“分析基本操作与安全常识”一章。分析基本操作与安全常识是从事分析专业工作人员必备的基础知识和安全知识，它包括分析天平的使用、滴定分析基本操作、称量分析基本操作和实验室安全常识等内容。

3. 增设了“试样分析的一般步骤”一章。在学完滴定分析法、称量分析法及定量化学分析中常用的分离方法之后，为了将所学的知识与实践结合起来，对实际样品分析过程应该有一个全面的了解，从而弥补了实验中纯样品试验的不足，使学到的知识更贴近实际，同时在对分析方法的选择上有一定程度的了解和掌握。

4. 删除了部分对掌握滴定分析法影响不大的理论内容，如“酸碱滴定法”一章中的活度、酸碱平衡中有关浓度的计算；“氧化还原滴定法”中的电极电位，氧化还原反应的方向、次序、进行的程度和氧化还原反应的速率及其影响因素等内容，补充了应用实例，在内容上更具有实用性和可操作性。

5. 在“定性分析概论”一章中，保留了硫化氢分组方案体系，但沉淀剂硫化氢可用硫代乙酰胺代替。在离子鉴定方法中，删除了部分现象不明显的鉴定方法，使得鉴定反应更趋于合理、现象清楚。

第二版修订工作由姜洪文负责。在修订过程中得到了化学工业出版社和吉林工业职业技术学院领导及同行们的大力支持，吉林工业职业技术学院李刚老师为本书的编写做了大量工作，在此向所有关心、支持本书的朋友们表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，本次修订仍难免存在疏漏乃至错误之处，欢迎专家和读者批评指正。

编者 姜洪文
2005年2月

第一版前言

本书是根据 1991 年 1 月全国化工中等专业学校工业分析编委会重新修订的工业分析专业《分析化学》(二、四年制)教学大纲编写的。

本书包括定性分析、定量分析和化学分离法三部分。定性分析主要阐述离子的性质、鉴定反应和分离条件。酸碱滴定法以质子理论为基础,对学习配位滴定、沉淀滴定、氧化还原滴定及称量分析等起一定指导作用。化学分离法和分析操作的重要环节之一,本书除阐述了基本原理外,还强化了技术要点,以满足实践的需要。

为拓宽学生的知识面并提高技能,适当引入一些新的方法和技术。如定性分析中灵敏度较高的新方法的运用、佛尔哈德法中邻苯二甲酸酯类试剂的应用、三元配合物的应用等。本书注重理论与实践的结合,也注意了内容精简适用,通俗易懂。

书中小字体编排的内容为选修或供学生自学。每章后均有较多的思考题和习题,以供选用。本书配有《分析化学实验》,另册出版。

按有关规定,全书采用法定计量单位,以物质的量为计算基础。

本书由吉林化工学校姜洪文担任主编,并编写了第一~五、九、十一、十二章,武汉化工学校黄晓云负责编写第六~八、十章。初稿由北京化工学校邢文卫、湖南化工学校谭湘成、徐州化工学校顾明华、北京市化工学校刘训媛、武汉化工学校李桂珍及扬州化工学校穆华容与编者共同审定,修改后,由北京化工学校邢文卫负责主审。在此一并致谢。

由于编者水平所限,编写时间仓促,书中疏漏和欠妥之处在所难免,尚祈读者批评指正。

编者

1994 年 1 月

内 容 提 要

本书为《分析化学》第二版，为适应 21 世纪中等职业教育的要求，对第一版进行了修订。本次修订延续了第一版紧密联系教学工作实际、突出实用性的特点，删除了部分对掌握滴定分析法影响不大的理论知识，增加了分析基本操作与安全常识和试样分析的一般步骤两章内容，补充了蒸馏与挥发分离法。

全书共十一章，内容包括绪论、定性分析概论、分析基本操作与安全常识、定量分析概论、酸碱滴定法、配位滴定法、沉淀滴定法、氧化还原滴定法、称量分析法、定量化学分析中常用的分离方法和试样分析的一般步骤。书末附有化学分析常用的数据表。

本书内容力求深入浅出，具体实用，并配有《分析化学实验》，可作为中等职业学校工业分析专业教材，也可作为有关专业分析人员及从事分析检验工作的技术人员的参考书。

目 录

第一章 绪论	1
第一节 分析化学的任务和作用	1
一、分析化学的任务	1
二、分析化学的作用	1
第二节 分析方法的分类	2
一、按分析对象的化学属性分类	2
二、按试样用量分类	2
三、按待测组分的质量分数分类	2
四、按测定原理及操作方法分类	3
第三节 分析化学的发展趋势	4
第四节 学习方法和要求	5
思考题与习题	6
第二章 定性分析概论	7
第一节 定性分析的方法	7
一、按分析时样品状态的不同分类	7
二、按操作方式的不同分类	7
第二节 鉴定反应的特征和反应进行的条件	8
一、鉴定反应的特征	8
二、鉴定反应进行的条件	9
第三节 反应的灵敏度和选择性	11
一、反应的灵敏度	11
二、反应的选择性	12
第四节 空白试验和对照试验	13
一、空白试验	13
二、对照试验	14
第五节 阳离子分析	14
一、系统分析和分别分析	14

二、阳离子分组方案	15
三、阳离子分析	17
第六节 阴离子及一般物质分析	52
一、阴离子分析	52
二、一般物质的分析	61
思考题与习题	69
第三章 分析基本操作与安全常识	74
第一节 分析天平的使用	74
一、天平的分类、性能和选用	74
二、双盘天平	76
三、单盘精密天平	85
四、电子天平	88
五、试样的称量方法及称量的准确度	91
第二节 滴定分析基本操作	93
一、滴定管	94
二、移液管和吸量管	100
三、容量瓶	102
四、容量仪器的校正	105
第三节 称量分析基本操作	108
一、试样的溶解	108
二、沉淀	108
三、过滤和洗涤	108
四、干燥和灼烧	113
第四节 实验室安全常识	116
一、安全守则	116
二、实验室潜藏的危险因素	117
三、实验室的防火、防爆与灭火	118
四、常见化学毒物的分级和中毒预防	122
五、实验室废弃物的处理	125
六、实验室常用电气设备及安全用电	127
七、气瓶的安全使用	132
八、实验室外伤的救治	134
思考题与习题	136

第四章 定量分析概论	138
第一节 滴定分析法概述	138
一、滴定分析法的特点	138
二、滴定分析法对化学反应的要求	139
三、滴定分析法的分类	139
四、滴定的主要方式	140
第二节 误差与偏差	141
一、误差的分类及产生原因	142
二、误差表示方法	143
三、提高分析结果准确度的方法	147
第三节 标准溶液	149
一、标准溶液的配制	149
二、标准溶液的浓度	150
三、滴定分析的误差	152
第四节 滴定分析中的计算	154
一、计算原则	154
二、计算示例	154
第五节 分析数据的处理	160
一、有效数字和运算规则	160
二、分析结果的数据处理	163
三、计算示例	166
思考题与习题	169
第五章 酸碱滴定法	173
第一节 方法简介	173
第二节 酸碱缓冲溶液	174
一、酸碱缓冲溶液及其组成	174
二、缓冲作用的原理及 pH 的计算	174
三、缓冲容量和缓冲范围	177
四、缓冲溶液的选择和配制	178
第三节 酸碱指示剂	180
一、酸碱指示剂的作用原理	180
二、指示剂的变色范围	181
三、影响指示剂变色范围的因素	183

四、混合指示剂	185
第四节 酸碱滴定曲线及指示剂的选择	186
一、强碱滴定强酸	187
二、强碱滴定弱酸	190
三、多元酸、混合酸和多元碱的滴定	193
第五节 酸碱标准溶液的配制和标定	196
一、NaOH 标准溶液的配制和标定	196
二、HCl 标准溶液的配制和标定	197
第六节 酸碱滴定法的应用及计算示例	198
一、酸碱滴定法的应用	198
二、酸碱滴定法计算示例	200
第七节 非水溶液中的酸碱滴定	202
一、溶剂的拉平效应和区分效应	202
二、溶剂的种类及其选择	204
三、标准溶液和化学计量点的检测	205
四、非水溶液中酸碱滴定的应用	207
思考题与习题	207
第六章 配位滴定法	210
第一节 方法简介	210
第二节 EDTA 及其配合物	212
一、EDTA 的结构及性质	212
二、EDTA 与金属离子的配位特点	213
第三节 配合物在水溶液中的离解平衡	214
一、配合物的稳定常数	214
二、影响配位平衡的主要因素和条件稳定常数	217
第四节 配位滴定的基本原理	221
一、滴定曲线	221
二、影响滴定突跃大小的主要因素	222
三、配位滴定的最高允许酸度和酸效应曲线	224
第五节 金属指示剂	226
一、金属指示剂的作用原理	226
二、金属指示剂应具备的条件	226
三、金属指示剂的理论变色点与使用中存在的问题	227

四、常用金属指示剂	228
第六节 提高配位滴定选择性的方法	231
一、控制溶液的酸度	231
二、使用掩蔽剂	232
三、利用化学分离	234
四、选用其他配位剂滴定	234
第七节 配位滴定的方式和计算示例	235
一、配位滴定方式	235
二、配位滴定法的计算	237
思考题与习题	240
第七章 沉淀滴定法	242
第一节 方法简介	242
第二节 莫尔法——铬酸钾指示剂法	243
一、原理	243
二、滴定条件及应用范围	243
第三节 佛尔哈德法——铁铵矾指示剂法	245
一、原理	245
二、反应条件及应用范围	246
第四节 法扬司法——吸附指示剂法	248
一、原理	248
二、反应条件及应用范围	248
第五节 沉淀滴定的应用及计算示例	250
一、应用实例	250
二、计算示例	252
思考题与习题	254
第八章 氧化还原滴定法	256
第一节 方法简介	256
一、氧化还原滴定法的特点	256
二、氧化还原滴定法的分类及应用范围	256
第二节 氧化还原滴定曲线及指示剂	257
一、氧化还原滴定曲线	257
二、氧化还原滴定中的指示剂	261
第三节 高锰酸钾法	263

一、概述	263
二、标准溶液	264
三、高锰酸钾法应用实例	266
第四节 重铬酸钾法	267
一、概述	267
二、标准溶液	268
三、重铬酸钾法应用实例	269
第五节 碘量法	271
一、概述	271
二、反应及滴定条件	272
三、标准溶液	273
四、碘量法应用实例	275
第六节 其他氧化还原滴定法	277
一、溴酸钾法	277
二、铈量法	278
第七节 氧化还原滴定的计算	279
思考题与习题	283
第九章 称量分析法	286
第一节 方法简介	286
一、称量分析法的特点及分类	286
二、试样称取量的估算	287
三、称量分析对沉淀的要求	288
第二节 影响沉淀完全的因素	290
一、同离子效应	290
二、盐效应	291
三、酸效应	291
四、配位效应	292
五、其他影响因素	293
第三节 影响沉淀纯度的因素	294
一、沉淀类型	294
二、沉淀的形成过程	295
三、沉淀的纯度	297
第四节 沉淀的条件	301

一、晶形沉淀的沉淀条件	301
二、无定形沉淀的沉淀条件	302
三、均匀沉淀法	303
四、沉淀剂的选择	304
第五节 称量分析结果的计算	305
一、换算因数	305
二、计算示例	306
思考题与习题	308
第十章 定量化学分析中常用的分离方法	310
第一节 方法简介	310
一、定量分离的任务	310
二、分离方法的分类	310
三、回收率	311
第二节 沉淀分离法	312
一、常量组分的分离	312
二、微量组分的分离	317
第三节 溶剂萃取分离法	319
一、溶剂萃取分离的基本原理	319
二、萃取体系和萃取剂	323
三、萃取溶剂的选择和萃取分离的应用	324
第四节 离子交换分离法	325
一、离子交换树脂的种类	326
二、离子交换树脂的结构和性质	328
三、离子交换分离操作和应用	330
第五节 色谱分离法	332
一、柱色谱法	332
二、纸色谱法	334
三、薄层色谱法	336
第六节 蒸馏与挥发分离法	340
思考题与习题	341
第十一章 试样分析的一般步骤	344
第一节 分析试样的制备	344
一、试样的采集	344

二、试样的制备	345
第二节 试样的分解	345
一、溶解法	346
二、熔融法	347
三、烧结法	348
四、干式灰化法	348
五、湿式消化法	348
第三节 分析方法的选择	349
一、分析方法选择的必要性	349
二、分析方法选择的基本原则	349
思考题与习题	351
附录	352
附录一 弱酸和弱碱的离解常数	352
附录二 金属离子与氨羧配位剂配合物的形成常数	354
附录三 常用的缓冲溶液	355
附录四 常用酸碱溶液的相对密度和浓度	357
附录五 常用标准溶液保存期限	357
附录六 在 $t^{\circ}\text{C}$ 时不同浓度溶液的体积校正	358
附录七 氧化还原电对的标准电位及条件电位	359
附录八 难溶化合物的溶度积	362
附录九 常见化合物的摩尔质量	364
附录十 相对原子质量表	367
参考文献	369

第一章 绪 论

学习指南

通过本章学习，应了解分析化学的任务和作用，掌握分析方法的分类，明确定性分析和定量分析在实际工作中的作用，了解分析化学的发展趋势。

第一节 分析化学的任务和作用

一、分析化学的任务

分析化学是研究测定物质组成的分析方法及有关理论的学科。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组分，即鉴定物质是由哪些元素、离子、原子团、官能团或化合物组成的。定量分析的任务则是测定物质中各组分的相对含量。

在分析工作中，对于一个未知组成的物质，首先进行定性分析，确定出该物质所含的组分；然后再根据组分，选择适当的定量分析方法进行有关组分相对含量的测定。此外，分析化学还包括测定多组分试样时干扰组分的分离等内容。

二、分析化学的作用

分析化学是化学学科的一个重要分支。化学学科的每一个分支，如无机化学、有机化学、物理化学及高分子化学等，都需要运用各种分析手段解决科学研究中的问题。例如，原子、分子学说的创立，原子量的测定和化学基本定律的建立等，都离不开分析化学。在其他学科领域如环境化学、矿物学、医药学、生物学、地质学、海洋学、天文学、农业科学、考古学、食品学等的科学研究中，分析化学作为一种检测手段，为这些学科的发展提供了重要的第一手资料。

在国民经济建设中，分析化学具有更重要的实际意义。例如，在工农业生产方面，工业原料的选择、生产过程的控制及管理、成品质量检验、新产品的开发和研制、三废（废液、废渣、废气）的综合利用、资源勘探、土壤普查、灌溉用水水质的化验、农作物的营养诊断、农药残留量的分析以及新品种培育和遗传工程等的研究，都是以分析结果作为判断的重要依据的。在环境保护方面，为了探讨与人类生存和发展密切相关的环境变化规律并制定环保措施，对大气、水质变化的监测，生态平衡的研究，以及评价和治理工农业生产对环境产生的污染等，都需要进行大量的分析检测工作。在医药卫生、国防等方面，临床诊断和药剂规格的检验，武器装备的研制和生产，以及国家安全部门的侦破工作等，都离不开分析检验。凡涉及化学现象的任何研究课题都离不开分析化学，所以，分析化学有工农业生产的“眼睛”、科学研究的“参谋”之称，它是实现我国工业、农业、国防和科学技术现代化的重要手段和工具。

第二节 分析方法的分类

分析化学的内容十分丰富，除按任务分为定性分析和定量分析外，还可以根据分析对象的化学属性、试样用量、待测组分的质量分数、测定原理及操作方法等进行分类。

一、按分析对象的化学属性分类

分为无机分析，主要是无机物的定性、定量分析；有机分析，主要是有机物的官能团鉴定，组成元素的定性、定量和结构分析。

二、按试样用量分类

分为常量分析，试样量和试液体积分别在 0.1g 和 10mL 以上；半微量分析，试样量和试液体积分别在 0.01~0.1g 和 1~10mL 之间；微量分析，试样量和试液体积分别在 0.001~0.01g 和 0.01~1mL 之间。

三、按待测组分的质量分数分类

分为常量组分分析，质量分数在 1% 以上；微量组分分析，质