

FENXI HUAXUE

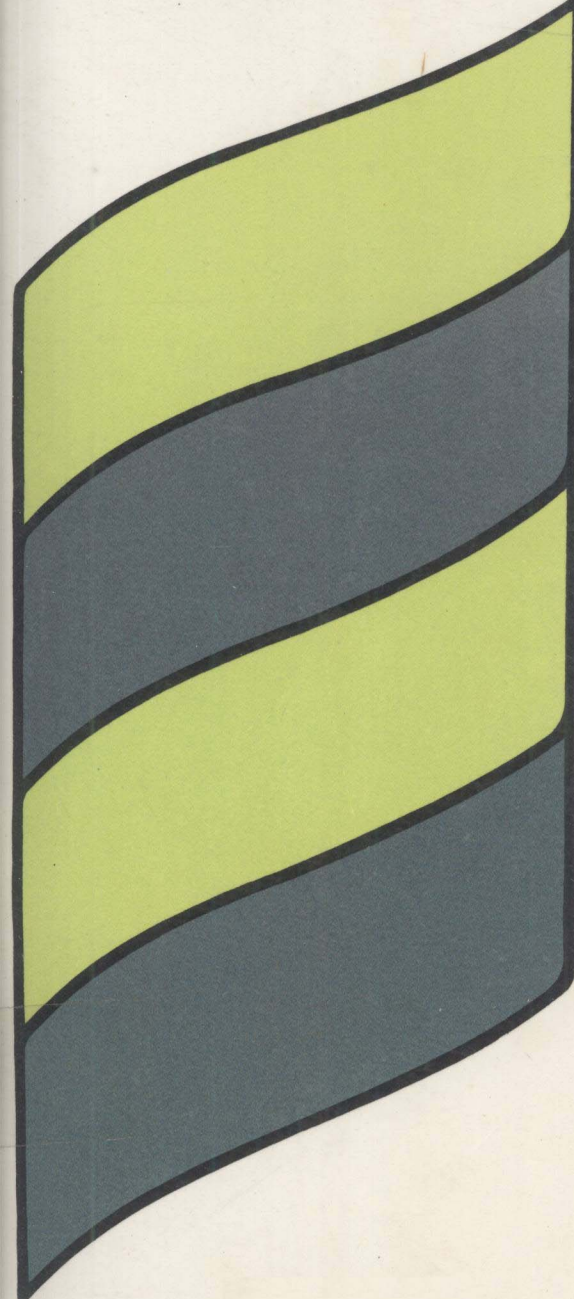
● 高等学校教材

分析化学

【第二版】

● 华中师范大学 东北师范大学 陕西师范大学 编

● 高等教育出版社



高等学校教材

分析化学

(第二版)

华中师范大学
东北师范大学
陕西师范大学
编



高等教育出版社

(京)112 号

图书在版编目 (CIP) 数据

分析化学/华中师范大学等编. -2 版. -北京: 高等教育出版社, 1986. 10(1999 重印)

高等学校教材

ISBN 7-04-000141-1

I. 分… II. 华… III. 分析化学-高等学校-教材
IV. 065

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (95) 第 20225 号

出版发行	高等教育出版社		
社 址	北京市东城区沙滩后街55号	邮政编码	100009
电 话	010—64054588	传 真	010—64014048
网 址	http://www.hep.edu.cn		
经 销	新华书店北京发行所		
印 刷	河北新华印刷一厂	版 次	1981 年 2 月第 1 版
开 本	850×1168 1/32		1986 年 10 月第 2 版
印 张	20.875	印 次	1999 年 6 月第 14 次印刷
字 数	520 000	定 价	19.60 元

凡购买高等教育出版社图书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请在所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

第一版前言

本书系受教育部委托,根据一九七九年六月制订的高等师范院校《分析化学》教材编写大纲进行编写的,定稿时又参照教育部新审定的高等师范院校《分析化学》教学大纲,对内容作了适当的调整。本书可以作为高等师范院校和师范专科学校化学专业分析化学课程的教材。

分析化学是高等师范院校化学专业的一门基础课程,它的任务是使学生掌握分析化学的基本原理、基本知识和基本操作技能,培养严谨的科学态度,并使他们具有初步分析问题和解决问题的能力,为学习后续课程和将来从事化学教学及科学研究工作,打下一定的基础。

本书主要分定性分析和定量分析两部分。前者包括以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,以及简单固体盐类的分析等;后者包括以化学分析方法为主的“酸碱滴定法”、“络合滴定法”、“氧化还原滴定法”、“沉淀滴定法”、“重量分析法”,以及“比色分析及分光光度法”等。此外,为了适应现代科学技术发展的需要,还编写了“几种仪器分析简介”一章,使学生对常用的仪器分析方法有所了解。由于各院校课程开设情况不同,这部分内容可灵活取舍。

定性分析在分析化学教学中具有重要的作用,通过定性分析的学习,可以加深学生对于离子的性质和化学反应的理解,并使学生掌握一定的定性分析的实验方法和技能。这些内容不仅对一个化学工作者是重要的,而且是一个中学化学教师所必须掌握的。因此,本书定性分析部分予以适当地加强。但是,为了节省教学时间,对经典的硫化氢系统也进行了适当的简化。

为了加强基础理论的学习,本书对定量分析中各种分析方法的原理分别作了较全面系统的阐述,并适当介绍了分析化学中的溶液平衡理论。另外,还将“误差和分析数据的处理”专列一章,各校可根据自己的经验安排教学。

本书由华中师院担任主编。参加编写的有东北师大徐书绅(绪论、第1~4章),华中师院李俊义(第5、6、8、9四章,附录及索引)、杜运清(第7章),陕西师大张渔夫(第10、11及第14、15四章)、耿征(第12、13两章)等同志;华中师院、东北师大、陕西师大分析化学教研室的部分同志参加了工作。万家亮同志协助整理了第12、13两章,最后,由华中师院李俊义同志整理定稿。

本书初稿完成后,于一九七九年九月在武昌召开了审稿会议。参加审稿的除主审单位北京师大、华东师大的同志外,还有山东师院、西南师院、华南师院、贵阳师院、玉林师专、湖南师院、武汉师院、安徽师大、南京师院、上海师院、新乡师院、甘肃师大、晋东南师专、北京师院、辽宁师院、哈尔滨师大等35所师范院校的同志。最后由北京师大林树昌、华东师大宗巍和山东师院王明德三位同志校阅。

在本书编写过程中,各兄弟院校的同志对初稿提出了许多宝贵的意见,华中师院、东北师大、陕西师大三校的领导给予了关心与支持,东北师大吴立民教授热心指导,北京师院分院冯颖铎同志热心协助。张锡瑜教授、董维宪副教授和北京师院分析化学教研室的部分同志对本书的编写提纲提出了宝贵的意见。在此一并表示感谢。

由于编者业务水平、教学经验有限,加之编写时间仓促,书中错误在所难免,敬希读者批评指正。

编 者

一九八〇年九月

第二版前言

本书第一版自1981年出版发行以来,已历时六年。其间,使用本教材的各院校提出了不少宝贵的修改意见。特别是1983年8月在大连召开的《全国高等师范院校分析化学教材教学经验交流会》上,代表们对第一版《分析化学》教材提出了一些修改意见。1984年3月在北京召开的编审者座谈会上,与会者作了进一步的讨论,统一了认识,为本书修订提供了良好的条件。这次修订,除保持原书的特点外,对有关内容作了适当的精选、调整和充实,使基本内容更为突出。并增添了一定数量且有一定难度的例题与习题。与第一版相比,第二版主要作了如下的修订:

一、根据高等师范院校化学专业的培养目标,为了进一步加强定性分析的教学,将阳离子的分组方案由原来的四组改为五组,但各组的分析方法仍保留原有简化的特点。

二、为了进一步提高学生处理分析数据的能力,改写了《误差和分析数据的处理》一章,增加了“偶然误差的正态分布”和“分析结果的表示方法”等内容。

三、为了便于教学,将《酸碱滴定法》一章中的一元酸(碱)溶液与多元酸(碱)溶液酸(碱)度的计算集中在一起讨论,并增加了关于多元酸碱滴定误差的讨论。

四、根据中国化学会制订的《无机化学命名原则》(1980),将《络合滴定法》改为《配位滴定法》,其他有关名词也作了相应的改动。此外,《配位滴定法》一章增加了干扰离子及氢氧根离子对配位平衡的影响、准确滴定的条件(滴定误差)等有关内容,改写了滴定曲线一节,删去了雅齐米尔斯基公式。

五、改写了《沉淀滴定法》一章中莫尔法和佛尔哈德法指示剂

理论用量和实际用量的滴定误差计算方法,并修改了莫尔法滴定时的酸度条件。

六、改写了《重量分析法》一章中沉淀的形成一节,增加了水解效应对沉淀溶解度的影响以及条件溶度积常数等内容。

七、改写了 Beer 定律数学表达式的推导方法,增加了三元配合物显色体系简介等内容(用小号字排出),作为教学时参考。如果有的院校已将仪器分析作为必修课开设,则此章可并入《仪器分析》讲授。

八、根据目前全国高等院校化学专业教学的需要,《仪器分析》已经或将要作为一门选修课或基础课单独开设。因此,删去了第一版中的《几种仪器分析方法简介》一章。

九、《分析化学》与《分析化学实验》是密切配合的两本教材,在内容安排上,前者以基本理论为主,后者以实际应用及基本操作技术为主。为了避免两者间不必要的重复,这次修订时,将《分析化学》第七~十章中的“标准溶液的配制和浓度的标定”一节全部移入《分析化学实验》教材。

十、为了贯彻国务院发布的《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》,本书根据国家标准 GB 3102.8-82,《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。按规定溶液浓度量的名称为:物质 B 的物质的量浓度,符号为 c_B ,单位为 $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 或 $\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ 。因而过去所用的体积摩尔浓度(M),式量浓度(F),当量浓度(N)等本书均不再使用。

本书由华中师范大学李俊义主编,参加修订的有:华中师范大学李俊义(第五、六、八、九章,附录及索引),杜运清(第七章),东北师范大学徐书绅(绪论,第一、二、三、四章),陕西师范大学张渔夫(第十、十一、十三、十四章),耿征(第十二章)。全书由李俊义同志整理定稿。

本书的修订稿承北京师范大学林树昌副教授、华东师范大学

徐钟隽教授、东北师范大学吴立民教授、山东师范大学王明德教授、陕西师范大学张光教授审阅。本书修订过程中得到全国许多兄弟院校的热情帮助，北京大学张锡瑜教授、杭州师范学院周宁怀副教授对修订稿有关章节提出了宝贵意见，华中师范大学、东北师范大学、陕西师范大学三校各级领导给予了关心与支持，在此一并表示感谢。

限于编者水平，修订后的教材仍难免有疏漏和不妥之处，希望广大教师和读者批评指正。

编 者

一九八六年五月

目 录

绪论	1
§ 1 分析化学的任务	1
§ 2 分析方法的分类	2
一、无机分析和有机分析	2
二、化学分析和仪器分析	3
三、常量、半微量、微量分析和常量组分、微量组分、痕量 组分分析	3
§ 3 分析化学的发展趋势	4

定 性 分 析

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 反应进行的条件	8
§ 1-3 反应的灵敏性和选择性	12
一、反应的灵敏性	12
二、反应的选择性	15
§ 1-4 空白试验和对照试验	18
§ 1-5 分别分析和系统分析	18
复习思考题一	19
习题一	20
第二章 阳离子分析	22
§ 2-1 常见阳离子的分组	22
§ 2-2 第一组阳离子	24
一、本组离子的分析特性	24

二、组试剂的作用	25
三、本组混合物的分析	29
§ 2-3 第二组阳离子	31
一、本组离子的分析特性	31
二、组试剂的作用	33
三、铜组与锡组的分离	40
四、铜组的分析	41
五、锡组的分析	43
§ 2-4 第三组阳离子	48
一、本组离子的分析特性	48
二、组试剂的作用	53
三、本组离子混合物的分析	55
§ 2-5 第四组阳离子	62
一、本组离子的分析特性	62
二、组试剂的作用	64
三、本组混合物的分析	65
§ 2-6 第五组阳离子	69
一、本组离子的分析特性	69
二、本组混合物的分析	70
复习思考题二	74
习题二	81
第三章 阴离子分析	85
§ 3-1 阴离子的分析特性	85
一、易挥发性	85
二、氧化还原性	86
三、形成配合物的性质	86
§ 3-2 阴离子的初步试验	87
一、分组试验	87
二、挥发性试验	89

三、氧化性和还原性试验	89
§ 3-3 阴离子的分别鉴定	91
一、 SO_4^{2-} 的鉴定	91
二、 SiO_3^{2-} 的鉴定	91
三、 PO_4^{3-} 的鉴定	92
四、 S^{2-} 、 $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ 、 SO_3^{2-} 的鉴定	93
五、 CO_3^{2-} 的鉴定	94
六、 Cl^- 、 Br^- 、 I^- 的鉴定	94
七、 NO_2^- 的鉴定	95
八、 NO_3^- 的鉴定	96
九、 Ac^- 的鉴定	96
复习思考题三	97
习题三	99
第四章 定性分析的一般步骤	101
§ 4-1 概述	101
§ 4-2 试样的外表观察和准备	102
一、试样的外表观察	102
二、试样的准备	103
§ 4-3 初步试验	103
一、焰色试验	103
二、灼烧试验	103
三、溶剂的作用	104
§ 4-4 阳离子分析	106
一、阳离子分析试液的制备	106
二、阳离子的分析	108
§ 4-5 阴离子分析	108
一、阴离子分析试液的制备	108
二、阴离子的分析	110
§ 4-6 分析结果的判断	110

复习思考题四	111
--------------	-----

定 量 分 析

第五章 误差和分析数据的处理	113
§ 5-1 误差及其产生的原因	113
一、系统误差	113
二、偶然误差	114
三、过失误差	115
§ 5-2 误差和偏差的表示方法	116
一、准确度与误差	116
二、精密度与偏差	117
三、准确度和精密度的关系	123
四、公差	125
五、提高分析结果准确度的方法	125
§ 5-3 偶然误差的正态分布	128
一、频数分布	128
二、正态分布	131
§ 5-4 分析数据的处理	135
一、置信度与平均值的置信区间	135
二、可疑测定值的取舍	140
三、分析方法准确度的检验	147
四、分析结果的表示方法	148
§ 5-5 有效数字及其运算规则	149
一、有效数字的意义及位数	150
二、有效数字的运算规则	152
三、有效数字的运算规则在分析化学中的应用	154
复习思考题五	156
习题五	157
第六章 滴定分析法概论	161

§ 6-1 滴定分析的过程和方法特点	161
§ 6-2 滴定分析法的分类和对滴定反应的要求	162
一、滴定分析法的分类	162
二、对滴定反应的要求	163
§ 6-3 标准溶液浓度的表示方法	163
一、物质的量浓度	163
二、滴定度	165
§ 6-4 标准溶液的配制和浓度的标定	166
一、标准溶液浓度大小的选择依据	166
二、配制标准溶液的方法	167
三、标准溶液浓度的标定	169
§ 6-5 滴定分析中的计算	171
一、滴定分析计算的根据	171
二、滴定分析计算实例	173
复习思考题六	180
习题六	181
第七章 酸碱滴定法	185
§ 7-1 酸碱质子理论	185
一、酸碱的定义和共轭酸碱对	185
二、酸碱反应	186
三、溶剂的质子自递反应和溶剂的种类	186
四、酸碱的强度与溶剂的关系	188
五、溶剂的拉平效应和区分效应	189
§ 7-2 酸碱溶液中各型体的分布	190
一、分析浓度、平衡浓度和物料平衡	190
二、酸的浓度和酸度	191
三、酸碱溶液中各型体的分布	191
§ 7-3 酸碱溶液中酸碱度的计算	195
一、电荷平衡和质子平衡	195

二、强酸强碱溶液酸碱度的计算	198
三、一元弱酸碱溶液酸碱度的计算	200
四、多元酸碱溶液酸碱度的计算	203
五、两性物质溶液酸度的计算	206
§ 7-4 酸碱缓冲溶液	210
一、缓冲溶液 pH 值的计算	211
二、缓冲容量和缓冲范围	218
三、缓冲溶液的选择和配制	221
§ 7-5 酸碱指示剂	223
一、指示剂的作用原理	223
二、指示剂变色的 pH 范围	226
三、影响指示剂变色范围的因素	227
四、混合酸碱指示剂	229
§ 7-6 强酸(碱)和一元弱酸(碱)的滴定	231
一、强酸(碱)的滴定	231
二、强碱(酸)滴定一元弱酸(碱)	234
三、滴定误差	240
§ 7-7 多元酸碱的滴定	243
一、多元酸的滴定	243
二、多元碱的滴定	245
三、滴定误差	246
§ 7-8 酸碱滴定法的应用和计算示例	248
一、直接滴定法	248
二、间接滴定法	253
复习思考题七	255
习题七	258
第八章 配位滴定法	263
§ 8-1 配位滴定法概述	263
一、配位滴定法	263

二、氨羧配位剂	264
§ 8-2 乙二胺四乙酸的性质及其配合物	266
一、乙二胺四乙酸及其二钠盐	266
二、EDTA 与金属离子形成的配合物	269
§ 8-3 配合物在溶液中的离解平衡	271
一、配合物的形成常数	271
二、配位平衡中有关各型体浓度的计算	275
三、影响配位平衡的主要因素	278
四、配合物的表观形成常数	292
§ 8-4 EDTA 滴定法的原理	299
一、滴定过程中金属离子浓度的变化规律——滴定曲线	299
二、准确滴定的条件	307
三、配位滴定所允许的最低 pH 值和酸效应曲线	310
§ 8-5 配位滴定指示剂	314
一、金属离子指示剂的作用原理	314
二、金属指示剂必须具备的条件	315
三、金属指示剂的选择	315
四、金属指示剂在使用中存在的问题	319
五、常用金属指示剂简介	321
§ 8-6 提高配位滴定选择性的方法	327
一、消除干扰离子的条件	328
二、消除干扰离子的措施	332
§ 8-7 配位滴定的方式和计算示例	342
一、直接滴定法	343
二、剩余滴定法	343
三、置换滴定法	345
四、间接滴定法	347
复习思考题八	348
习题八	350

第九章 氧化还原滴定法	354
§ 9-1 方法特点和分类	354
§ 9-2 氧化还原平衡	354
一、条件电位	354
二、氧化还原反应的方向及其影响因素	360
三、氧化还原反应进行的次序	368
四、氧化还原反应进行的程度	369
§ 9-3 氧化还原反应的速度及其影响因素	374
一、氧化还原反应是分步进行的	375
二、影响氧化还原反应速度的因素	375
§ 9-4 氧化还原滴定曲线	380
一、滴定前	381
二、化学计量点前溶液电极电位的计算	381
三、化学计量点时溶液电极电位的计算	382
四、化学计量点后溶液电极电位的计算	383
§ 9-5 氧化还原滴定法的指示剂	387
一、氧化还原指示剂	388
二、其他指示剂	392
§ 9-6 待测组分滴定前的预处理	393
一、预处理的典型实例	393
二、预处理时常用的氧化剂和还原剂	397
§ 9-7 高锰酸钾法	397
一、方法简介	397
二、 KMnO_4 法应用实例	398
三、计算实例	400
§ 9-8 重铬酸钾法	401
一、方法简介	401
二、 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 法应用实例	402
三、计算示例	406

§ 9-9 碘量法	407
一、方法简介	407
二、碘量法的应用实例	410
三、计算实例	412
§ 9-10 其他氧化还原滴定法	416
一、硫酸铈法	416
二、溴酸钾法	417
复习思考题九	421
习题九	423
第十章 沉淀滴定法	430
§ 10-1 概述	430
一、直接滴定法	430
二、返滴定法	430
§ 10-2 确定滴定终点的方法	431
一、莫尔法	431
二、佛尔哈德法	434
三、法扬斯法	438
§ 10-3 沉淀滴定法应用实例	440
一、可溶性氯化物中氯的测定	440
二、银合金中银的测定	440
§ 10-4 沉淀滴定法的计算示例	441
复习思考题十	442
习题十	442
第十一章 重量分析法	444
§ 11-1 重量分析法的特点和分类	444
§ 11-2 重量分析对沉淀的要求	445
一、对沉淀形式的要求	445
二、对称量形式的要求	446
§ 11-3 沉淀的溶解度及其影响因素	447