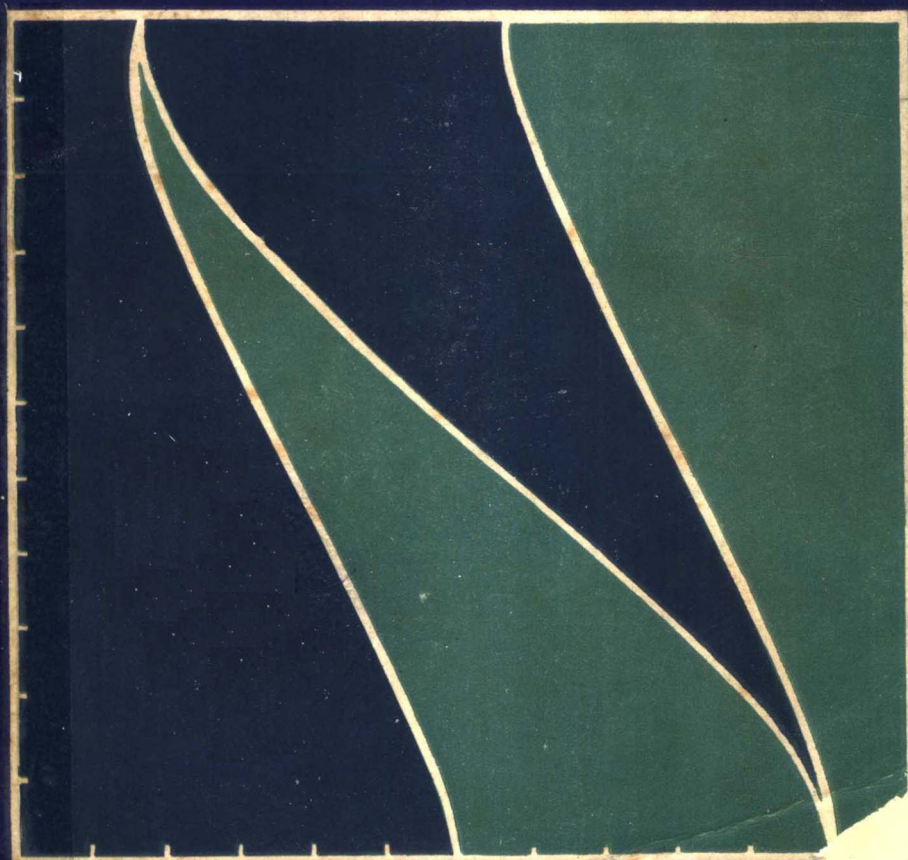


高等学校试用教材

分析化学

华中师范学院 东北师范大学 陕西师范大学 编



高等教育出版社

高等学校试用教材

分 析 化 学

华中师范学院
东北师范大学 编
陕西师范大学

高等教育出版社

本书原由人民教育出版社出版。1983年3月9日，上级
同意恢复“高等教育出版社”。本书今后改用高等教育出版社
名义继续印行。

高等学校试用教材

分析化学

华中师范学院

东北师范大学 编

陕西师范大学

*

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

湖北省新华印刷厂印装

*

开本 850×1168 1/32 印张 22 字数 520,000

1981年2月第1版 1981年3月第4次印刷

印数 99,501—130,600

书号 13010·0568 定价 1.90元

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。最后,由华中师院李俊义同志整理定稿(万家亮同志协助整理了第12、13两章)。

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,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

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、微量分析和主成分、微量成分、痕量成分分析	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	11
一、反应的灵敏性	11
二、反应的选择性	15
§ 1-4 分别分析和系统分析	17
习题	18
第二章 阳离子分析	20
§ 2-1 常见阳离子的分组	20
一、硫化氢系统	21
二、酸碱系统	22
三、阳离子的分组与离子外壳结构及离子电位的关系	24
§ 2-2 第一组阳离子	26
一、本组离子的主要性质	26
二、组试剂的作用	28
三、本组的系统分析	30
四、本组离子的分别鉴定	32
§ 2-3 第二组阳离子	33
一、本组离子的主要性质	33

二、组试剂的作用	36
三、铜组与锡组的分离	42
四、铜组的分析	43
五、锡组的分析	44
六、本组离子的分别鉴定	48
§ 2-4 第三组阳离子	53
一、本组离子的主要性质	53
二、组试剂的作用	55
三、本组离子混合物的分析	59
四、本组离子的分别鉴定	62
§ 2-5 第四组阳离子	70
一、本组离子的主要性质	70
二、本组离子混合物的分析	72
三、本组离子的分别鉴定	74
习题	81
第三章 阴离子分析	89
§ 3-1 阴离子的分析特性	89
§ 3-2 阴离子的初步试验	91
一、分组试验	91
二、挥发性试验	93
三、氧化性和还原性试验	93
§ 3-3 阴离子的分别鉴定	95
一、 SO_4^{2-} 的鉴定	95
二、 SiO_3^{2-} 的鉴定	95
三、 PO_4^{3-} 的鉴定	96
四、 S^{2-} 、 $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ 、 SO_3^{2-} 的鉴定	97
五、 CO_3^{2-} 的鉴定	99
六、 Cl^- 、 Br^- 、 I^- 的鉴定	99
七、 NO_2^- 的鉴定	100
八、 NO_3^- 的鉴定	100
九、 Ac^- 的鉴定	101
习题	101
第四章 定性分析的一般步骤	104

§ 4-1 概述	104
§ 4-2 试样的外表观察和准备	105
一、试样的外表观察	105
二、试样的准备	106
§ 4-3 初步试验	107
§ 4-4 阳离子分析	109
一、阳离子分析试液的制备	109
二、阳离子的分析	111
§ 4-5 阴离子分析	111
一、阴离子分析试液的制备	111
二、阴离子的分析	114
§ 4-6 分析结果的判断	115
习题	116

定量分析

第五章 误差和分析数据的处理	118
§ 5-1 误差及其产生的原因	118
一、系统误差	118
二、偶然误差	119
§ 5-2 误差的表示方法	121
一、准确度与误差	121
二、精密度与偏差	122
三、准确度和精密度的关系	126
四、公差	127
五、提高分析结果准确度的方法	128
§ 5-3 有效数字及其应用	130
一、有效数字的意义及位数	131
二、有效数字的运算规则	133
三、有效数字的运算规则在分析化学实验中的应用	135
§ 5-4 定量分析结果的处理	137
一、可疑测定值的舍弃	137
二、分析结果的置信概率和置信区间	139
三、分析方法准确度的检验	143

习题	144
第六章 滴定分析法概论	147
§ 6-1 滴定分析法和主要方法	147
一、酸碱滴定法	148
二、氧化还原滴定法	148
三、沉淀滴定法	148
四、络合滴定法	148
§ 6-2 滴定分析法对化学反应的要求和滴定方式	149
一、滴定分析法对化学反应的要求	149
二、滴定的主要方式	149
§ 6-3 标准溶液浓度表示法	151
一、摩尔浓度	152
二、当量浓度	152
三、滴定度	153
§ 6-4 标准溶液的配制和浓度的标定	154
一、标准溶液浓度大小的选择依据	154
二、配制标准溶液的方法	155
三、标准溶液浓度的标定	156
§ 6-5 滴定分析的计算	157
一、滴定分析计算的根据	157
二、滴定分析计算示例	159
习题	162
第七章 酸碱滴定法	164
§ 7-1 酸碱质子理论	164
一、酸碱定义和共轭酸碱对	164
二、酸碱反应	166
三、溶剂的质子自递反应	167
四、酸碱的强度	168
五、溶剂的拉平效应和区分效应	171
§ 7-2 酸度对平衡体系中各型体分布系数的影响	172
一、分析浓度和平衡浓度	172
二、酸的浓度和酸度	173
三、酸度对酸碱溶液中各存在型体分布系数的影响	173

§ 7-3 酸碱平衡中酸碱度的计算	181
一、处理酸碱平衡的方法	181
二、酸碱溶液中酸碱度的计算	187
§ 7-4 酸碱缓冲溶液	194
一、缓冲溶液 pH 值的计算	194
二、缓冲容量和缓冲范围	203
三、缓冲溶液的选择和配制	207
§ 7-5 酸碱指示剂	210
一、指示剂的作用原理	210
二、指示剂的变色范围	212
三、影响指示剂变色范围的因素	214
四、混合指示剂	216
§ 7-6 强酸(碱)和一元弱酸(碱)的滴定	218
一、强酸(碱)的滴定	218
二、强碱(酸)滴定一元弱酸(碱)	222
三、滴定误差	228
§ 7-7 多元酸(碱)的滴定	231
一、多元酸碱溶液的酸碱度计算	231
二、多元酸碱的滴定	238
§ 7-8 酸碱标准溶液的配制和标定	241
一、酸标准溶液	241
二、碱标准溶液	242
§ 7-9 酸碱滴定法的应用和计算示例	244
一、直接滴定法	244
二、间接滴定法	249
习题	253
第八章 络合滴定法	257
§ 8-1 络合滴定法概述	257
§ 8-2 乙二胺四乙酸的性质及其络合物	260
一、乙二胺四乙酸及其二钠盐	260
二、EDTA 与金属离子形成的络合物	262
§ 8-3 络合物在溶液中的离解平衡	263
一、络合物的形成常数	263
二、络合平衡中有关各型体浓度的计算	267

三、影响络合平衡的主要因素	271
四、络合物的表现形成常数	279
§ 8-4 EDTA 滴定法的原理	282
一、滴定过程中金属离子浓度的变化规律	283
二、络合反应的完全程度	295
三、络合滴定所允许的最低 pH 值和酸效应曲线	298
§ 8-5 络合滴定指示剂	301
一、金属离子指示剂的作用原理	302
二、金属指示剂必须具备的条件	303
三、选择金属指示剂的依据	303
四、金属指示剂在使用中存在的问题	309
五、常用金属指示剂简介	311
§ 8-6 提高络合滴定选择性的方法	317
一、控制溶液的酸度	317
二、利用掩蔽和解蔽	321
三、化学分离法	327
四、选用其他络合剂滴定	327
§ 8-7 络合滴定的方式和计算示例	329
一、直接滴定法	329
二、返滴定法	330
三、间接滴定法	331
四、释放(置换或取代)滴定法	332
习题	334
第九章 氧化还原滴定法	336
§ 9-1 方法特点和分类	336
§ 9-2 克式量电位	337
一、能斯特方程式	337
二、克式量电位	340
§ 9-3 氧化还原反应的方向、次序和反应进行的程度	343
一、氧化还原反应的方向及其影响因素	343
二、氧化还原反应进行的次序	350
三、氧化还原反应进行的程度	351
§ 9-4 影响氧化还原反应速度的因素	356
一、浓度对反应速度的影响	357

二、温度对反应速度的影响	358
三、催化剂和诱导反应对反应速度的影响	358
§ 9-5 氧化还原滴定曲线	362
一、滴定开始至等当点前溶液的电极电位的计算	363
二、等当点时溶液的电极电位的计算	363
三、等当点后溶液的电极电位的计算	365
§ 9-6 氧化还原滴定法指示剂	370
一、氧化还原指示剂	370
二、其他指示剂	374
§ 9-7 氧化还原法滴定前的预处理	375
一、预处理实例	376
二、预处理时常用的氧化剂和还原剂	379
§ 9-8 氧化还原当量	379
§ 9-9 高锰酸钾法	383
一、方法简介	383
二、 KMnO_4 溶液的配制和标定	385
三、 KMnO_4 法应用实例	386
四、计算示例	388
§ 9-10 重铬酸钾法	390
一、方法简介	390
二、重铬酸钾标准溶液的配制	391
三、 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 法应用实例	392
四、计算示例	395
§ 9-11 碘量法	397
一、方法简介	397
二、 I_2 和 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 标准溶液的配制和标定	399
三、碘量法的应用实例	403
四、计算示例	405
§ 9-12 其他氧化还原滴定法	408
一、硫酸铈法	408
二、溴酸钾法	410
习题	413
第十章 沉淀滴定法	417

§ 10-1 概述	417
§ 10-2 确定等当点的几种方法	418
一、摩尔法	418
二、佛尔哈特法	420
三、法扬斯法	423
§ 10-3 沉淀滴定法应用实例	424
一、硝酸银、硫氰酸铵标准溶液的配制与标定	424
二、可溶性氯化物中氯的测定	426
三、银合金中银的测定	426
§ 10-4 沉淀滴定法的计算示例	427
习题	428
第十一章 重量分析	429
§ 11-1 重量分析法的特点和分类	429
§ 11-2 重量分析对沉淀的要求	430
一、对沉淀形式的要求	431
二、对称量形式的要求	431
§ 11-3 沉淀的溶解度及其影响因素	432
一、沉淀的溶解度	432
二、影响沉淀溶解度的因素	435
§ 11-4 沉淀的形成	445
一、沉淀的形成过程	446
二、各种类型沉淀的生成	447
§ 11-5 沉淀的纯度	451
一、影响沉淀纯度的因素	452
二、提高沉淀纯度的措施	455
§ 11-6 进行沉淀的条件	456
一、晶形沉淀的沉淀条件	456
二、无定形沉淀的沉淀条件	457
三、均匀沉淀法	458
§ 11-7 有机沉淀剂	459
一、有机沉淀剂的特点	460
二、有机沉淀剂的分类和应用	460
§ 11-8 重量分析结果的计算	462

习题	465
第十二章 比色分析及分光光度法	468
§ 12-1 概述	468
一、比色分析及分光光度法的特点	468
二、物质的颜色和光的选择性吸收	469
§ 12-2 光吸收的基本定律	472
一、朗伯-比耳定律	472
二、偏离朗伯-比耳定律的原因	478
§ 12-3 比色分析的方法及仪器	482
一、目视比色法	482
二、光电比色法	483
三、分光光度法	491
§ 12-4 显色反应及其影响因素	495
一、显色反应和显色剂	495
二、影响显色反应的因素	503
§ 12-5 光度测量误差及测量条件的选择	510
一、仪器测量误差	510
二、测量条件的选择	513
§ 12-6 比色法及分光光度法的应用	514
一、高含量组分的测定——示差法	514
二、酸碱离解常数的测定	516
三、络合物组成的测定	518
习题	519
第十三章 几种仪器分析方法简介	521
§ 13-1 电位分析法	521
一、电位分析法的基本原理	521
二、pH 值的电位测定方法	526
三、离子选择性电极	528
四、电位滴定法	532
§ 13-2 极谱分析法	535
一、概述	535
二、极谱分析法的基本原理	538
三、极谱分析法的应用	545

四、新的极谱分析方法	546
§ 13-3 发射光谱分析法	549
一、基本原理	549
二、光谱分析法	552
三、火焰光度分析法	555
§ 13-4 原子吸收分光光度法	557
一、原子吸收分光光度法的基本原理	557
二、原子吸收分光光度计	558
三、定量分析方法	561
§ 13-5 气相色谱法	562
一、气相色谱分析的装置及流程	562
二、气液色谱法的基本原理	563
三、气相色谱法的定性和定量分析	564
习题	566
第十四章 定量分离方法	567
§ 14-1 沉淀分离法	567
一、无机共沉淀剂	568
二、有机共沉淀剂	568
§ 14-2 萃取分离法	569
一、萃取分离法的基本原理	570
二、萃取的类型与条件	574
三、萃取操作方法	581
§ 14-3 离子交换分离法	581
一、离子交换树脂	582
二、离子交换的亲合力	585
三、离子交换分离的操作方法	587
四、离子交换法应用实例	589
§ 14-4 液相色谱分离法	591
一、柱中色谱法	591
二、纸上色谱法	593
三、薄层色谱法	596
习题	596
第十五章 一般物质分析步骤	598

§ 15-1 试样的采取和制备	598
一、液体和气体试样的采取	598
二、固体试样的采取和制备	599
三、温存水的处理	602
§ 15-2 试样的分解	602
一、溶解分解法	602
二、熔融分解法	605
三、试样分解方法和溶(熔)剂的选择	608
§ 15-3 干扰物质的分离和测定方法的选择	610
一、干扰物质的分离	610
二、测定方法的选择	610
§ 15-4 试样分析实例——硅酸盐的分析	612
习题	615

附录:

表一、弱酸、弱碱在水中的离解常数	616
表二、最重要的酸的百分浓度和比重表	619
表三、苛性碱和氨溶液的百分浓度和比重表	623
表四、络合物的形成常数	624
表五、氨羧络合剂类络合物的形成常数	628
表六、标准电极电位表	629
表七、部分氧化还原电对的克式量电位 ($E^{0'}$) 值 (伏)	642
表八、难溶化合物的溶度积	646
表九、化合物的式量表 (1979)	648
表十、金属氢氧化物沉淀的 pH	652
表十一、基准物质及其干燥温度	653
表十二、EDTA 螯合物的 $\log K_{\text{形}}$	654
表十三、络合物平衡常数的各种表示方法的比较	656
表十四、络合剂的 $\text{p}\alpha_{\text{L}}$ 值	657
表十五、在不同 pH 值条件下常见金属离子的 $\log K'_{\text{MY}}$ 值	658
表十六、一些“金属-指示剂”络合物的表现形成常数 (对数值)	659
表十七、常用的掩蔽剂	661
表十八、用邻苯二酚紫 (PV) 作指示剂可测定的金属离子	662

表十九、离子的 \bar{a} 值 (\AA)	663
表二十、离子的活度系数	664
表二十一、国际原子量表 (1979)	665
表二十二、对数表	667
表二十三、逆对数表	669
表二十四、加法对数表	671
索引	674
参考书目	684