



全国高等师范专科学校教材

分析化学

(第二版)

赵清泉 刘廉泉

全国高等师范专科学校教材

分 析 化 学

(第二版)

王明德(主编) 赵清泉 刘廉泉 编
赵清泉 刘廉泉 修订

高等教育出版社

内 容 提 要

本书是根据1988年8月国家教委审定的高等师范专科学校分析化学教学大纲,对王明德主编的师专《分析化学》一书修订而成的。与第一版相比,第二版对误差及数据处理、酸碱滴定法、氧化还原滴定法、吸光光度法等章节作了较大改动。针对二年制师专的实际情况,本书精减了理论叙述,避免了与其他课程内容的不必要的重复,增补了部分内容。精选了习题,删除了太深和与讲课内容联系不大的习题。

本书可用作高等师范专科学校化学专业的分析化学教材,也可供其他有关人员参考。

责任编辑 耿承延

全国高等师范专科学校教材

分 析 化 学

(第二版)

赵清泉 刘廉泉 编

*

高等教育出版社出版

新华书店总店北京科技发行所发行

北京印刷一厂印装

*

开本850×1168 1/32 印张 13.5 字数330 000

1986年10月第1版 1990年6月第2版 1990年5月第1次印刷

印数 0001—J 990

ISBN 7-04-002864-6/O·923

定价 2.90 元

第二版前言

本书第一版出版发行以来,已在教学中试用了几年,收到一定成效。在此期间,使用本书的同志提出了许多宝贵的修改意见,为该书第二版的编写奠定了基础。

1988年7月,国家教委在东北师大召开了全国高等师范专科学校教材编写、出版规划会议,会议强调师专教材的编写必须适应培养初中教师的需要,为普及九年制义务教育服务。依据这个指导思想,我们对本书第一版进行了修订。修订的原则是:

一、避免与其它课程特别是与无机化学内容的重复,避免本书内容前后重复,避免与实验课内容重复。

二、为便于两年制师专使用,精减了与本书所介绍的实验方法无直接联系的理论叙述。

三、在配位滴定中用 A. Ringbom 的方法处理副反应和滴定误差等一系列问题,效果是好的。在氧化还原滴定法、重量分析法中也采用副反应的概念处理复杂平衡体系。

四、精选习题。

第二版与第一版比较,主要就以下内容进行了修订。

一、定性分析是师专分析化学教学的重点之一,目的在于让学生熟练掌握常见离子的性质,为分析化学的学习和中学化学教学打好基础。本书仍采用 H_2S 系统,但删去了与实验重复的操作条件及过程。

二、误差与数据处理一章,删去 t 检验法,引入“标准正态分布曲线”,说明偶然误差的分布规律。

三、酸碱滴定法的内容做了较大调整。

1. 用“近似算法”代替“逐步逼近法”计算溶液的 pH 值。
2. 酸碱质子理论凡与无机化学重复的内容均作了精减。
3. 因本书不讲“非水滴定”，所以删去“区分效应”和“拉平效应”。

$$4. \text{改积分缓冲容量为微分缓冲容量 } \left(\beta = \frac{db}{d\text{pH}} = -\frac{da}{d\text{pH}} \right),$$

并列表介绍 β 的近似计算方法。

5. 删去描绘滴定曲线的具体计算，但指出计算依据，以免本章内容前后重复。

6. 精选习题。

四、根据中国化学会制订的《无机化合物命名原则》，将络合滴定改为配位滴定。其它相关名词也作了相应的变化。鉴于配位滴定在滴定分析中的重要地位，本书对配位滴定的理论及应用，采用 A. Ringbom 的方法，作了较细致地介绍。修订后，本章内容在滴定分析中占有较大的比重。

五、删去第一版“§ 9-1 电池电动势和电极电位”中的“电池电动势和电极电位”。将“§ 9-1 中的能斯特方程”和“§ 9-2 氧化还原反应方向”合并成第二版的“§ 9-1 氧化还原反应平衡”。

第二版用

$$\alpha_{\text{Fe}^{3+}(\text{HPO}_4^{2-})} = \frac{1}{1 + K_{\text{Fe}^{3+}(\text{HPO}_4^{2-})} \cdot c_{\text{H}_3\text{PO}_4} \cdot \alpha_{\text{HPO}_4^{2-}(\text{H}^+)}}$$

代替第一版“§9-6”中的

$$\alpha_{\text{Fe}(\text{H}_3\text{PO}_4)} = \frac{1}{1 + K_{\text{FeHPO}_4^+} [\text{H}_3\text{PO}_4]}$$

计算更接近实验结果。

六、改写了吸光光度法。关于非单色光偏离朗伯-比尔定律的推证，采用二阶导数法。昌潍师专从1980年起一直用这种方法，收到了较好的教学效果。

示差分光光度法用列表计算的方法说明其工作原理。

七、从分析化学的发展出发,考虑到师专分析化学教学的需要,增加了“仪器分析简介”一章。删去了第一版“§ 13-4 分析化学的发展趋势”一节。

本书由山东省昌潍师专赵清泉主编。参加修订的有山东省昌潍师专赵清泉(第五、六、七、八、九、十、十一、十三章及附录)、湖南省常德师专刘廉泉(第一、二、三、四、十二及十四章)。全书由赵清泉整理定稿。

本书由北京师范大学林树昌教授主审。在修订过程中得到山东师范大学王明德教授的支持。武汉大学赵藻藩教授对本书的修订提了很宝贵的指导意见。昌潍师专、常德师专两校分析化学教研室的有关同志对修订工作给予了支持,在此一并致谢。

由于编者水平所限,修订后的第二版还会存在不妥和错误之处,望读者批评指正。

编 者

1989年5月

第一版 前 言

本教材是根据原教育部于1982年审订的师范专科学校《分析化学》教学大纲的内容编写的,全书包括定性分析及定量分析两部分。定性分析结合硫化氢系统分析,介绍常见离子的个性、共性、分离与鉴定方法;定量分析以化学分析的基本方法为主,讨论各方法的理论依据、计算方法和应用。

此外,还编写了与本教材配套的实验教材。建议在学时允许的前提下,让学员多动手,多作实验。

本教材采用我国法定计量单位,涉及到物质的量时不再使用当量,全部改用摩尔。使用本教材时,建议适当精减讲授内容,给学员更多的自学时间,以培养学生独立思考,勇于创新的科学精神。

本教材的编写分工是:刘廉泉1—4章及定性分析实验,王明德5,6,7及12章,赵清泉8,9,10,11,13章及定量分析实验,最后由王明德通读全文并整理定稿。

本教材初稿,经1984年6月在济南召开的审稿会审定。参加审稿会的有:北京师范大学,华东师范大学,东北师范大学,陕西师范大学,华中师范大学,北京师范学院分院,烟台师范学院,宜昌师范专科学校,绵阳师范专科学校,晋东南师范专科学校,温州师范专科学校,滁州师范专科学校,沧州师范专科学校,抚顺师范专科学校,固原师范专科学校,许昌师范专科学校,泰安师范专科学校,济宁师范专科学校,临沂师范专科学校,菏泽师范专科学校,滨州师范专科学校,淄博师范专科学校,枣庄师范专科学校,济南师范专科学校,青岛师范专科学校,聊城师范专科学校,德州师范专

科学校，济南教师进修学院及高等教育出版社等单位的代表。会议期间代表们对初稿提出了很多宝贵意见，对我们帮助很大，特向各位代表表示衷心感谢。

由于编者的水平有限，本书中缺点和错误在所难免，我们衷心希望读者把使用过程中发现的问题和改进意见及时写信告诉我们，以使本教材的质量逐步提高。

山东师范大学 王明德

山东昌潍师范专科学校 赵清泉

湖南常德师范专科学校 刘廉泉

1985年7月

目 录

绪 论

§ 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	2
§ 4 分析化学的发展	5

第一章 定性分析概论

§ 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	8
二、对分离和掩蔽反应的要求	13
§ 1-3 反应进行的条件	14
一、反应物的浓度	14
二、反应的酸碱环境	14
三、溶液的温度	14
四、有机溶剂的使用	15
§ 1-4 分别分析和系统分析	15
习题	16

第二章 阳离子分析

§ 2-1 常见阳离子分组	18
一、硫化氢系统分析法	18
二、两酸两碱系统分析法简介	18
§ 2-2 第一组阳离子分析	20
一、本组离子的分析特性	20

二、组试剂作用条件	23
三、本组离子的常用鉴定反应	26
四、本组离子混合液分析	28
§ 2-3 第二组阳离子分析	28
一、本组离子的分析特性	28
二、组试剂作用条件	35
三、硫代乙酰胺的作用及其条件	39
四、本组离子的常用鉴定反应	41
五、本组离子混合液分析	45
§ 2-4 第三组阳离子分析	45
一、本组离子的分析特性	45
二、组试剂作用条件	54
三、本组离子的常用鉴定反应	57
四、本组离子混合液分析	62
§ 2-5 第四组阳离子分析	62
一、本组离子的分析特性	62
二、本组离子的常用鉴定反应	63
三、本组离子混合液分析	69
习题	71

第三章 阴离子分析

§ 3-1 阴离子分析概述	76
一、阴离子的存在形式	76
二、阴离子的分析特性	76
三、阴离子分析方法的特点	78
§ 3-2 阴离子混合液分析	79
一、预先推测	79
二、初步试验	79
三、阴离子的分别鉴定	83
习题	92

第四章 一般物质的定性分析

§ 4-1 了解情况和初步观察	94
一、了解情况	94
二、初步观察	95
§ 4-2 试样的准备	96
§ 4-3 初步试验	97
一、溶剂试验	97
二、焰色反应	98
§ 4-4 阳离子分析	99
一、阳离子分析试液的制备	99
二、阳离子分析	101
§ 4-5 阴离子分析	101
一、阴离子分析试液的制备	101
二、阴离子分析	104
§ 4-6 分析结果的判断	105
习题	106

第五章 误差与数据处理

§ 5-1 定量分析的误差	108
一、误差的分类	108
二、准确度和精密度	109
三、偶然误差的规律性	114
四、提高准确度的方法	117
§ 5-2 分析数据的处理	117
一、数据取舍的标准	117
二、有效数字及计算规则	120
习题	123

第六章 滴定分析法概论

§ 6-1 滴定分析法概述	125
---------------------	-----

一、滴定分析法	125
二、对滴定反应的要求	125
三、滴定分析法的分类	126
§ 6-2 溶液浓度的表示方法	127
一、物质的量、物质的量浓度	127
二、滴定度	127
三、滴定分析计算	128
§ 6-3 标准溶液的配制与标定	130
一、标准溶液的配制	130
二、标准溶液浓度的标定	131
习题	132

第七章 酸碱滴定法

§ 7-1 酸碱平衡	134
一、酸碱的定义	134
二、溶剂的质子自递常数	135
三、共轭酸碱对的 K_a 及 K_b 的关系	135
§ 7-2 酸碱平衡体系中各型体的分布分数及其浓度的计算	136
一、分析浓度与平衡浓度	136
二、酸度对酸碱溶液中各种型体浓度的影响	137
§ 7-3 酸碱溶液酸碱度的计算	140
一、物料平衡、电荷平衡及质子平衡	141
二、溶液酸碱度的计算	143
§ 7-4 缓冲溶液	150
一、缓冲溶液pH值的计算	151
二、缓冲容量	152
三、缓冲溶液的选择和配制	154
§ 7-5 酸碱指示剂	155
一、酸碱指示剂的变色原理	155
二、指示剂的变色范围	157

三、混合指示剂	157
§ 7-6 酸碱滴定法	160
一、强酸与强碱滴定	160
二、强碱滴定弱酸	162
三、强酸滴定弱碱	164
四、影响滴定曲线 ΔpH 值的因素	165
§ 7-7 多元酸和多元碱的滴定	166
一、多元酸的滴定	166
二、多元碱的滴定	169
§ 7-8 终点误差	170
一、终点误差的表示方法	170
二、终点误差的计算	171
§ 7-9 酸碱滴定法应用示例	173
一、烧碱中 NaOH 和 Na_2CO_3 含量的测定	173
二、碳酸钠与碳酸氢钠混合物的分析	174
三、铵盐中含氮量的测定	176
习题	176

第八章 配位滴定法

§ 8-1 配位滴定法概述	180
一、配合物	180
二、氨羧配位剂	181
三、乙二胺四乙酸	181
§ 8-2 配合物在水溶液中的电离平衡	184
一、配合物的形成常数	184
二、酸效应、配位效应	185
三、复杂的平衡体系	190
四、配合物的表现形成常数	195
§ 8-3 配位滴定基本原理	199
一、滴定曲线	199

二、金属离子被定量滴定的条件	202
三、酸效应曲线	207
§ 8-4 金属指示剂	209
一、金属指示剂的作用原理	209
二、金属指示剂简介	211
§ 8-5 配位滴定的选择性	215
一、金属离子的选择滴定	215
二、提高配位滴定选择性的途径	217
§ 8-6 配位滴定的方式及计算	220
一、直接滴定法	220
二、回滴定法	221
三、间接滴定法	221
四、置换滴定法	221
习题	222

第九章 氧化还原滴定法

§ 9-1 氧化还原反应平衡	225
一、能斯特方程	225
二、克式量电位	226
三、氧化还原反应的方向	229
§ 9-2 氧化还原滴定法	234
一、滴定曲线	235
二、滴定曲线的突跃范围和滴定反应平衡常数的关系	237
9-3 氧化还原滴定法指示剂	240
一、氧化还原滴定指示剂	240
二、几种常用的指示剂	241
三、氧化还原滴定的可行性	242
§ 9-4 高锰酸钾法	243
一、概述	243
二、高锰酸钾法应用示例	244

§ 9-5 重铬酸钾法	247
一、概述	247
二、重铬酸钾法应用示例	247
§ 9-6 碘量法	250
一、概述	250
二、 I_2 和 $Na_2S_2O_3$ 溶液的配制及标定	250
三、碘量法应用示例	252
习题	254

第十章 沉淀滴定法

§ 10-1 摩尔法	256
一、概述	256
二、滴定条件	257
§ 10-2 佛尔哈德法	259
一、概述	259
二、滴定条件	261
§ 10-3 法扬司法	261
一、概述	261
二、滴定条件	262
习题	264

第十一章 重量分析法

§ 11-1 重量分析法概述	265
一、重量分析法的分类和特点	265
二、对沉淀形式和称量形式的要求	266
§ 11-2 沉淀的溶解度	267
一、溶解度和溶度积	267
二、影响沉淀溶解度的因素	269
§ 11-3 沉淀的形成	277
一、晶核的形成	277

二、晶形沉淀和无定形沉淀	279
§ 11-4 沉淀的污染和纯化	280
一、共沉淀	280
二、后沉淀	282
三、沉淀条件的选择	283
§ 11-5 重量分析结果计算	285
一、化学因数	285
二、计算示例	285
习题	287

· 第十二章 吸光光度法

§ 12-1 概述	289
一、吸光光度法及其特点	289
二、吸收光谱	289
§ 12-2 光吸收定律	291
一、朗伯-比尔定律	291
二、偏离朗伯-比尔定律的原因	293
§ 12-3 光度分析的方法和仪器	296
一、目视比色法	296
二、光电比色法	296
三、分光光度法	297
§ 12-4 光度测量误差及测量条件的选择	298
一、光度测量误差	299
二、测量条件的选择	300
§ 12-5 显色反应及显色条件	302
一、显色剂	302
二、吸光光度法对显色反应的要求	302
三、影响显色反应的因素	305
§ 12-6 光度分析的应用	308
一、试样中几个组分的同时测定	309

二、差示分光光度法	309
三、配合物组成的测定	310
习题	312

第十三章 分析过程

§ 13-1 试样的制备和分解	314
一、试样的采集和制备	314
二、试样的分解	316
§ 13-2 被测组分或干扰组分的分离	319
一、沉淀分离法	319
二、萃取分离法	321
三、离子交换分离法	326
四、纸上色谱分离法	333
§ 13-3 分析方法的选择	338
习题	339

第十四章 仪器分析简介

§ 14-1 仪器分析的方法及特点	340
§ 14-2 电势分析法	343
一、电势分析法的基本原理	343
二、电势法测定溶液的 pH 值	345
三、离子选择电极	349
四、电势滴定法	349
§ 14-3 极谱分析法	350
一、基本原理	350
二、定量分析方法	352
§ 14-4 原子发射光谱法	353
一、基本原理	353
二、光谱分析过程和主要仪器设备	354
三、光谱定性分析	355
四、光谱定量分析	356
§ 14-5 原子吸收光谱法	357