



面向 21 世纪 课 程 教 材
Textbook Series for 21st Century

分 析 化 学

(第五版) 上 册

武汉大学 主编



高 等 教 育 出 版 社
HIGHER EDUCATION PRESS

面向 21 世纪课程教材
Textbook Series for 21st Century

分析化学

(第五版) 上册

武汉大学
中国科学技术大学
中山大学 编
吉林大学
武汉大学 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

内 容 提 要

《分析化学》(第五版)上册是在《分析化学》(第四版)的基础上修订而成的,系《分析化学》(第五版)系列教材和高等教育出版社百门精品课程教材之一。全书包括十一章:分析化学概论、分析试样的采集与制备、分析化学中的误差与数据处理、分析化学中的质量保证与质量控制、酸碱滴定法、络合滴定法、氧化还原滴定法、沉淀滴定法和滴定分析总结、重量分析法、吸光光度法、分析化学中的分离富集原理与方法。每章末附有思考题和习题及参考答案。

本书可作为高等理工院校和师范院校化学、应用化学等专业的分析化学教材,也可供其他有关专业师生及分析测试工作者和自学者参考。

图书在版编目(CIP)数据

分析化学. 上册/武汉大学主编.—5版.—北京:
高等教育出版社,2006.7
ISBN 7-04-019382-5

I.分... II.武... III.分析化学—高等学校—
教材 IV.O65

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 060108 号

策划编辑 岳延陆 责任编辑 鲍浩波 封面设计 张楠 责任绘图 郝林
版式设计 张岚 责任校对 刘莉 责任印制 陈伟光

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京外文印刷厂

开 本 787×960 1/16
印 张 26.75
字 数 490 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 1978 年 8 月第 1 版
2006 年 7 月第 5 版
印 次 2006 年 7 月第 1 次印刷
定 价 27.90 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 19382-00

第五版(上册)前言

本书第一版问世于1978年。第四版于2000年3月出版,作为面向21世纪课程教材,受到广大师生与同行的欢迎,配套的《分析化学例题与习题》还被台湾省的出版社以繁体字出版。

《分析化学》(第五版)是根据教育部化学与化工学科教学指导委员会制定的关于化学、应用化学、材料化学以及药学、环境科学等专业化学教学基本内容的要求编写的,是我们完成教育部“国家理科基地创建分析化学名牌课程优秀项目”,进行分析化学课程体系、教学内容及教学方法改革和实践的总结,也是高等教育出版社百门精品课程教材之一。

根据化学教学改革的需要,并考虑到化学分析与仪器分析在内容上的相互联系,吸收国内外最新出版的优秀同类教材的长处,我们此次修订对原教材的章节做了适当调整,并将原来的两套教材整合成了一套。为配合学生更好地学习分析化学,配套出版的教材与参考书将包括:

《分析化学》(第五版)上册(即化学分析)

《分析化学》(第五版)下册(即仪器分析)

《分析化学例题与习题》(第二版)

《分析化学实验》(第五版)

《仪器分析实验》(第五版)

《分析化学电子教案》

这些配套教材和参考书将陆续出版。

2004年10月在武汉大学召开了本书的初稿审稿与协调会,此后又经反复互审和修改。

本书为《分析化学》(第五版)上册,共十一章,是在原武汉大学主编《分析化学》(第四版)的基础上修改编写而成。参加编写的有武汉大学潘祖亭(第1、6、7章),曾百肇(第2、5章),吉林大学苏星光(第3章),中山大学李攻科(第4、9章),武汉大学张华山(第8、11章)和中国科学技术大学苏庆德、崔华(第10章)等。全书由曾百肇、张华山和潘祖亭同志整理定稿。

在本书编写和出版过程中,许多兄弟院校和高等教育出版社给予了热情支持;承蒙南开大学沈含熙教授审稿,提出了宝贵的修改意见。在此一并致以衷心的感谢。

限于编者的水平,修订后的教材仍会存在缺点和错误,恳请有关专家、同行和同学指正。

编 者

2005 年于武昌

第一版前言

本书是根据 1977 年 10 月高等学校理科化学类教材会议制定的《分析化学》教材编写大纲编写的,作为综合性大学和师范院校化学系分析化学课程的试用教材。

分析化学是化学系的基础课程之一。通过本课程的学习,要求学生掌握分析化学的基本理论,准确树立量的概念,对近代仪器分析方法有所了解,并初步具有分析问题和解决问题的能力。

分析化学的内容非常广泛,但基础分析化学的内容主要是无机化学分析,故本书对“常见离子的基本性质和鉴定”、“酸碱滴定法”、“络合滴定法”、“氧化还原滴定法”、“重量分析和沉淀滴定法”等作了比较全面系统的阐述;在仪器分析方面,重点介绍了“吸光光度法”。以上这些内容是分析化学的基本内容,在教学过程中应有所加强。在这些重点章节中,凡属次要的和用小字排印的内容,供学生参考,可不列为教学内容。此外,根据教材大纲的要求,考虑到教材的适应面要适当广一点,本书还编写了“发射光谱分析法和原子吸收分光光度法”、“电化学分析法”、“其他仪器分析法简介”、“分析化学中常用的分离方法”和“复杂物质分析”等章节。

由于编者水平有限,加以成稿时间仓促,本书还存在不少缺点和错误,希望读者批评指正。

本书由武汉大学主编,参加编写的有武汉大学赵藻藩、陆定安,吉林大学顾念承,中国科学技术大学张懋森,中山大学容庆新、朱锡海,南开大学李谦初、翁永和等同志。参加审稿的有北京大学、复旦大学、兰州大学、南京大学、厦门大学、四川大学、北京师范大学和华北师范大学等院校的同志。

本书最后由武汉大学赵藻藩、陆定安两同志通读整理,北京大学张锡瑜同志校阅。本书在最后整理过程中,还得到北京大学、复旦大学和武汉大学有关同志的具体协助,在此一并致谢。

编 者

1978 年 6 月

第二版前言

本书第一版出版发行以来,收到了一定的教学效果。但随着各校教学工作的深入开展,特别是1980年5月,教育部在长春召开的全国高等学校理科化学教材编审委员会会议上制定了新的教学大纲之后,本书第一版已不能很好地适应新的教学形势的需要。为此,我们于1980年下半年即着手第二版的编写工作。

关于本书第二版的内容,有必要作一些说明:

一、根据新的教学计划的规定,仪器分析将单独设课,因此,本书第一版中的发射光谱分析法和原子吸收分光光度法、电化学分析法及其他仪器分析法简介等三章全部删去。原来承担这几章编写任务的南开大学的同志们,承担了编写《仪器分析》教材的任务,不再参加本书的编写工作。

二、在定性分析中,硫化氢系统分析方法是重要的教学内容,故在本书中给予应有的重视。

三、根据新的教学大纲的精神,“误差和数据处理”单独列为一章,故内容有较大程度扩充。

四、酸碱滴定一章的内容作了较大程度调整。在酸碱平衡的处理中,以质子理论为基础,用代数法求解,但也简单地介绍了对数图解法的基本内容。“非水溶液中的酸碱滴定”一节,属于参考内容,教学中一般可不安排。

五、在络合滴定中,关于络合平衡和络合滴定基本理论的处理,广泛地采用了林邦(A. Ringbom)的处理副反应的方法。

本书由武汉大学主编。参加编写的有武汉大学赵藻藩、尹权、彭维豪,吉林大学顾念承,中国科学技术大学张懋森、倪其道,中山大学容庆新、朱锡海等同志,由赵藻藩同志整理定稿。

本书部分章节承北京大学张锡瑜教授、东北师范大学吴立民教授、山东师范大学王明德教授审阅。本书由人民教育出版社文方同志编辑加工。本书在编写过程中,还得到全国各地许多同志们的热情支持和具体帮助。对于他们的关怀和支持,谨致谢忱。

由于编者水平有限,故本书还存在不少缺点和错误。对于本书的缺点错误,希望读者批评指正。

编者

1982年4月

第三版前言

本书第二版出版以来,在分析化学教学方面发生了许多变化。为了适应教学改革新形势的需要,根据各兄弟院校在使用本教材中提出的意见和建议及1991年10月理科分析化学教材建设会议的精神,我们对本书第二版进行了修订。

关于本书第三版的内容,作如下说明:

一、考虑到国内一些院校分析化学教学的具体情况,我们将定性分析的内容并入实验教材中,原来承担这一章编写任务的吉林大学的同志,参加《分析化学实验》(第三版)的编写工作。

二、为了有利于教学,将“误差和数据处理”一章分为两部分。误差部分的内容移至第一章“定量分析概论”中;数据处理部分的内容单独列为第七章“分析化学中的数据处理”。

三、原第二版“复杂物质分析”,改编为“分析试样的分解和试液制备”,重点介绍了无机试样的制备、分解及试液制备方法,同时也简要介绍了有机试样的分解方法,以及常见非金属元素的测定原理。

四、根据新的教学大纲的精神,定量化学分析讲授54课时。因此,本书第三版将较为次要的内容以小号字排印,作为参考内容,在教学中一般可不安排。

五、为了提高学生分析问题和解决问题的能力,并且做到理论联系实际,每章末附有思考题和习题两个部分。前者着重基本概念的运用,以提高推理判断的能力;后一部分是在重点掌握基本理论的基础上,进行综合性的解题运算。

六、本书第三版贯彻了国家法定计量单位的有关规定。

本书由武汉大学主编,参加编写的有:武汉大学尹权、杨代菱,中国科学技术大学张懋森、倪其道,中山大学容庆新、朱锡海等同志,由尹权同志整理定稿。

赵藻潘教授生前对本书第三版的编写给予了热情的支持和帮助,他对编写本书的指导思想和内容曾提出了许多宝贵的意见,编者对他表示深切的怀念。

本书在编写过程中,还得到了许多院校教师的关心和帮助。在此一并致谢。

限于编者的水平,对于本书存在的缺点和错误,希望读者批评指正。

编 者
1992年6月

第四版前言

自1978年本书第一版问世至今,已再版多次,受到广大师生及同行的好评,收到良好的教学效果,取得了巨大的社会效益。第二版获国家教委优秀教材一等奖,第三版获国家教委科技进步一等奖及国家科技进步三等奖。

根据国家教委教高(1997)16号文件,在“九五”期间将出版一批重点教材,作为推进普通高等教育的教材建设与改革的重要举措,要求编者“树立精品意识”。为此,我们根据自己的教学体会和广泛征集兄弟院校的宝贵意见及建议并参阅国内外的现有同类教材,对第三版教材进行了修订。

这一版教材除了保持前几版教材的长处外,还具有以下特点:

1. 为适应教学改革的需要,压缩了篇幅。力求进一步做到语言简练,文字流畅,信息量大,系统性强,便于阅读,避免冗长、重复的文字叙述。
2. 删除陈旧、过时、重复的内容,如:对pH计算、滴定曲线、误差计算等内容都进行了删繁就简的处理,尽力贯彻少而精的精神。
3. 增添了反映学科发展动态的内容,如:加强图解法的应用,介绍了固相微萃取、超临界流体萃取和毛细管电泳等新的分离富集方法。
4. 理论进一步联系实际,例题、习题中增加与科学研究、生产实际密切相关的内容,尤其与环境科学、材料科学、生命科学有关的内容。
5. 增加了对滴定分析共性及不同点进行总结的内容。
6. 对滴定曲线三段一点式的模式进行改革,代之以滴定曲线方程,以利于使用计算机给出完整的滴定曲线。

本书由武汉大学主编,参加编写的有武汉大学杨代菱(第1、第4、第7章)、孟凡昌(第2章及5.9节)、潘祖亭(第5、第9章),中国科学技术大学倪其道(第3章),中山大学李攻科(第6、第8章)等同志。全书由杨代菱同志整理定稿。

本书初稿承蒙北京大学常文保教授主审,提出了许多宝贵的修改意见和建议。本书在编写的过程中,还得到了许多院校教师的关心和帮助,在此一并致谢。

由于编者的水平有限,对本书存在的缺点和错误,恳请读者批评指正。

编者

1998年8月

符号及缩写

1 英 文

a	1. activity	活度
	2. titration fraction	滴定分数
a	acid	酸
A	absorbance	吸光度
A_r	relative atomic mass	相对原子质量
AR	analytical reagent	分析(纯)试剂
b	base	碱
[B]	equilibrium concentration of species B	形体 B 的平衡浓度
c_B	analytical concentration of substance B	物质 B 的分析浓度
CV	coefficient of variation	变异系数(相对标准偏差 RSD)
CBE	charge balance equation	电荷平衡方程
D	distribution ratio	分配比
d	mean deviation	平均偏差
e	electron	电子
E	1. extraction rate	萃取率
	2. electrode potential	电极电势
$E^\ominus$	standard electrode potential	标准电极电势
$E^{\ominus'}$	conditional electrode potential	条件电位
E_a	absolute error	绝对误差
E_r	relative error	相对误差
ep	end point	终点
EBT	eriochrome black T	铬黑 T
EDTA	ethylenediamine tetraacetic acid	乙二胺四乙酸
f	degree of freedom	自由度
F	stoichiometric factor	化学因数(换算因数)
GR	guaranteed reagent	保证(纯)试剂
I	1. ionic strength	离子强度

	2. electric current	电流
	3. luminous intensity	光强度
In	indicator	指示剂
K	equilibrium constant	平衡常数
K'	conditional equilibrium constant	条件平衡常数
K°	thermodynamic constant	热力学常数
K ^c	concentration constant	浓度常数
K ^{mix}	mixed constant	混合常数
K _t	titration constant	滴定常数
K _D	distribution coefficient	分配系数
M	molar mass	摩尔质量
M _r	relative molecular mass	相对分子质量
m _B	mass of substance B	物质 B 的质量
MO	methyl orange	甲基橙
MR	methyl red	甲基红
MBE	material balance equation	物料平衡方程
n	1. amount of substance	物质的量
	2. sample capacity	样本容量
Ox	oxidation state	氧化态
P	1. probability	概率
	2. confidence level	置信水平
PP	phenolphthalein	酚酞
PBE	proton balance equation	质子平衡方程
R	range	极差
Red	reduced state	还原态
Redox	reduction-oxidation	氧化还原
RSD	relative standard deviation	相对标准偏差
RMD	relative mean deviation	相对平均偏差
s	sample	试样
s	1. standard deviation	标准偏差
	2. solubility	溶解度
sp	stoichiometric point	化学计量点
t	1. time	时间
	2. student distribution	t 分布
T	1. thermodynamic temperature	热力学温度

	2. transmittance	透射比
E_t	1. end point error	终点误差
	2. titration error	滴定误差
V	1. volt	伏特
	2. volume	体积
w	mass fraction	质量分数
XO	xylene orange	二甲酚橙
$\bar{x}$	mean(average)	平均值
x_T	true value	真值
x_M	median	中位数

2 希 文

α	1. side reaction coefficient	副反应系数
	2. significance level	显著性水平
β	1. buffer capacity	缓冲容量
	2. cumulative stability constant	累积稳定常数
γ	activity coefficient	活度系数
δ	1. distribution fraction	分布系数
	2. population mean deviation	总体平均偏差
ϵ	molar absorption coefficient	摩尔吸收系数
λ	wavelength	波长
μ	population mean	总体平均值
μ	micro-(gram, molar)	微(克, 摩尔)
ρ	mass concentration	质量浓度
σ	population standard deviation	总体标准偏差

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》,其为人将承担相应的民事责任和行政责任,构成犯罪的,将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序,保护读者的合法权益,避免读者误用盗版书造成不良后果,我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为,希望及时举报,本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话: (010) 58581897/58581896/58581879

传 真: (010) 82086060

E - mail: dd@hep.com.cn

通信地址: 北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编: 100011

购书请拨打电话: (010)58581118

目 录

符号及缩写	I
第1章 概论	1
1.1 分析化学的定义、任务和作用	1
1.2 分析方法的分类与选择	2
1.3 分析化学发展简史与发展趋势	3
1.4 分析化学参考文献	4
1.5 分析化学过程及分析结果的表示	8
1.6 滴定分析法概述	10
1.7 基准物质和标准溶液	12
1.8 滴定分析中的计算	13
思考题	20
习题	20
第2章 分析试样的采集与制备	24
2.1 试样的采集	24
2.2 试样的制备	28
2.3 试样的分解	29
2.4 测定前的预处理	36
思考题	37
习题	37
第3章 分析化学中的误差与数据处理	39
3.1 分析化学中的误差	39
3.2 有效数字及其运算规则	49
3.3 分析化学中的数据处理	52
3.4 显著性检验	62
3.5 可疑值取舍	66
3.6 回归分析法	68
3.7 提高分析结果准确度的方法	71
思考题	74
习题	74

第4章 分析化学中的质量保证与质量控制	78
4.1 质量保证与质量控制概述	78
4.2 分析全过程的质量保证与质量控制	83
4.3 标准方法与标准物质	98
4.4 不确定度和溯源性	104
4.5 实验室认可、计量认证及审查认可	107
思考题	109
第5章 酸碱滴定法	110
5.1 溶液中的酸碱反应与平衡	110
5.2 酸碱组分的平衡浓度与分布分数 δ	116
5.3 溶液中 H^+ 浓度的计算	119
5.4 对数图解法	128
5.5 酸碱缓冲溶液	132
5.6 酸碱指示剂	137
5.7 酸碱滴定原理	140
5.8 终点误差	147
5.9 酸碱滴定法的应用	152
5.10 非水溶液中的酸碱滴定	157
思考题	162
习题	163
第6章 络合滴定法	166
6.1 分析化学中常用的络合物	166
6.2 络合物的平衡常数	172
6.3 副反应系数和条件稳定常数	176
6.4 络合滴定法的基本原理	185
6.5 准确滴定与分别滴定判别式	195
6.6 络合滴定中酸度的控制	196
6.7 提高络合滴定选择性的途径	201
6.8 络合滴定方式及其应用	208
思考题	213
习题	214
第7章 氧化还原滴定法	220
7.1 氧化还原平衡	220
7.2 氧化还原滴定原理	228
7.3 氧化还原滴定中的预处理	239

7.4 常用的氧化还原滴定法	240
7.5 氧化还原滴定结果的计算	256
思考题	261
习题	262
第8章 沉淀滴定法和滴定分析小结	269
8.1 沉淀滴定法	269
8.2 滴定分析小结	276
思考题	280
习题	280
第9章 重量分析法	282
9.1 重量分析法概述	282
9.2 沉淀的溶解度及其影响因素	284
9.3 沉淀的类型和沉淀的形成过程	293
9.4 影响沉淀纯度的主要因素	297
9.5 沉淀条件的选择	300
9.6 有机沉淀剂	304
思考题	306
习题	307
第10章 吸光光度法	312
10.1 物质对光的选择性吸收和光吸收的基本定律	312
10.2 分光光度计及吸收光谱	315
10.3 显色反应及其影响因素	318
10.4 吸光光度分析及误差控制	323
10.5 其他吸光光度法	327
10.6 吸光光度分析法的应用	333
思考题	337
习题	337
第11章 分析化学中常用的分离和富集方法	340
11.1 概述	340
11.2 气态分离法	340
11.3 沉淀与过滤分离	343
11.4 萃取分离法	347
11.5 离子交换分离法	360
11.6 色谱分离法	366
11.7 电分离法	370

11.8 气浮分离法(浮选分离)	371
11.9 膜分离	374
思考题	377
习题	378
主要参考文献	380
附录	382
表 1 常用基准物质的干燥条件和应用	382
表 2 弱酸及其共轭碱在水中的解离常数(25 °C, $I=0$)	383
表 3 离子的 α 值	385
表 4 离子的活度系数	385
表 5 常用缓冲溶液	386
表 6 酸碱指示剂	387
表 7 混合酸碱指示剂	387
表 8 络合物的稳定常数	388
表 9 羧基络合剂类络合物的稳定常数	393
表 10 EDTA 的 $\lg\alpha_{Y(H)}$	394
表 11 一些络合剂的 $\lg\alpha_{L(H)}$	395
表 12 金属离子的 $\lg\alpha_{M(OH)}$	396
表 13 校正酸效应、水解效应及生成酸式或碱式络合物效应后 EDTA 络合物的条件稳定常数	396
表 14 铬黑 T 和二甲酚橙的 $\lg\alpha_{In(H)}$ 及有关常数	397
表 15 标准电极电势	398
表 16 某些氧化还原电对的条件电势($E^{\ominus'}$)	401
表 17 微溶化合物的溶度积(18~25 °C, $I=0$)	402
表 18 元素的相对原子质量	404
表 19 常见化合物的相对分子质量	405