



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

分析化学简明教程

(第二版)

胡育筑 主 编
孙毓庆 主 审

 科学出版社
www.sciencep.com

内 容 简 介

本书为“普通高等教育‘十一五’国家级规划教材”，是分析化学立体化系列教材之一。

本书是基础分析化学部分，内容包括误差和分析数据处理、化学分析和仪器分析、习题及答案、附录。其中化学分析和仪器分析部分的内容包括滴定分析法概论、酸碱滴定法、络合滴定法、氧化还原滴定法、沉淀滴定法和重量分析法、电位法及永停滴定法、光谱分析法概论、紫外-可见分光光度法、红外分光光度法、荧光分析法、核磁共振波谱法、质谱法、色谱分析法等。

与本书配套的有《分析化学》(第二版)、《仪器分析选论》、《分析化学习题集》(第二版)、《分析化学实验》及《分析化学多媒体教学软件》，其内容与本书密切相关。

本书可作为普通高等学校药学、药物制剂学、制药工程、生物化工、生物技术、中药学等专业的教学用书，也可作为化学、化工、医学、环境等相关专业分析化学课程的教学参考书，并可供从事分析工作的科技人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

分析化学简明教程/胡育筑主编. —2版. —北京:科学出版社,2008

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-03-022046-2

I. 分… II. 胡… 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(2008)第 084732 号

责任编辑:杨向萍 赵晓霞 / 责任校对:包志虹

责任印制:张克忠 / 封面设计:陈 敬

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京市文林印务有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2004年9月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2008年9月第 二 版 印张: 22 1/4

2008年9月第五次印刷 字数: 408 000

印数: 8 501—12 500

定价: 33.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈文林〉)

《分析化学简明教程》(第二版)

编委会

主 编 胡育筑

主 审 孙毓庆

编 委 (按姓氏拼音排序)

杜迎翔(中国药科大学)

范国荣(第二军医大学)

高金波(佳木斯大学)

郝小燕(贵阳医学院)

胡育筑(中国药科大学)

黄庆华(广东药学院)

蒋 晔(河北医科大学)

孟庆华(徐州师范大学)

邱细敏(湖南师范大学)

第二版前言

本书第一版自 2004 年出版以来,受到各兄弟院校分析化学任课教师和学生的欢迎和支持,在教学中发挥了积极作用。2007 年,本书被教育部列入“普通高等教育‘十一五’国家级规划教材”。经过 8 所高校药学专业 9 名教师的通力合作,我们终于完成了本书的编写工作。

参加编写的所有编委都是长期工作在药学专业分析化学教学和科研第一线的教师,多数编委曾经在教学中直接使用过本书第一版教材。在编写过程中,编者充分研究了第一版在使用过程中的经验和不足,对本书进行了修改、润色,因为教材的发展和成熟,必须经过教学实践的检验,才能够成为有影响的精品教材。

作为简明教程,并不仅仅是字数少,而是要体现少而精、特色鲜明和有利于教学的原则。为此,我们充分考虑了我国药学专业对分析化学课程的要求,借鉴现有各种教材的特色和优点,删除相对陈旧的内容,适当添加反映医药发展动向的新技术,特别是补充了对《中国药典》(2005 年版)收载方法的介绍,以体现分析化学在药学中应用的特点。由多所院校合编的教材,虽然能够博采众长,但往往在内容、形式、风格上难以统一,为此,我们在后期的统稿审定工作中投入了较多力量,力求风格均衡协调,内容前后呼应,术语严谨规范。为方便教学,各章附有习题(含答案),附录包括了方便学生学习使用的分析化学常用数据表。由全体编委参加编写的配套多媒体教学光盘也将出版发行。

普通高等教育“十一五”国家级教材中供药学专业使用的分析化学立体化系列教材还有《分析化学》(第二版)、《分析化学习题集》(第二版)、《分析化学实验》、《仪器分析选论》等。使用本书时可根据实际需要选用和参考这些相关教材,以适合不同层次的教学需要。

本书第一版的部分编委未直接参加本书的编写工作,但他们为本书的出版创造了良好的工作基础,特别是孙毓庆教授为本书担任主审,李章万、赵怀清教授多次提供了宝贵的修改建议。我们还得到中国药科大学、沈阳药科大学及科学出版社的大力支持,在此一并致谢。

限于编者的水平与经验,书中难免存在错误与不当之处,恳请读者批评指正。

编者
2008 年 7 月

第一版前言

《分析化学简明教程》是在《普通高等教育“十五”国家级规划教材》分析化学系列教材中《分析化学》(孙毓庆,2003,科学出版社)的基础上,根据目前药学及相关专业教学改革中削减化学类基础课程的趋势,需要适用于学时数少到中等的分析化学理论课程的教材,而组织编写的。

本书编写指导思想继续强调“三基”(基本内容,基本理论与基本技能)和“五性”(思想性,科学性,先进性,启发性与适用性),内容选择和章节编排努力结合学科特点,注重向生命科学倾斜。编写过程中,大力吸收目前国内外先进教材的优点,在基本概念、主要内容、计量单位等方面力求严谨规范,争取做到内容充实、紧跟学科发展,叙述简明扼要、文字精练、深浅适度、使用方便,充分体现少而精、特色鲜明和利于教学的原则。

遵循上述原则,我们将原《分析化学》教材的内容精简近二分之一,还对原书的内容和叙述作了较多的改进,力求符合教学规律。考虑到生命科学的学科发展及不同院校的教学需求,本书比原《分析化学》教材增加了毛细管电泳法及原子吸收分光光度法两章。

本书可作为普通高等学校药学、药物制剂学、制药工程、生物化工、生物技术、中药学等专业的教学用书,也可作为化学、化工、医学、环境等相关专业分析化学课程的教学参考书,并可作为从事分析工作的科技人员的参考用书。

《普通高等教育“十五”国家级规划教材》分析化学系列教材由《分析化学》、《仪器分析选论》、《分析化学简明教程》、《分析化学习题集》、《分析化学实验》及《分析化学多媒体教学软件》组成。使用本教材的任课教师可根据教学实际需要选用系列教材的相关内容。

本书由胡育筑主编,孙毓庆主审。参加本书编写工作的有:胡育筑(中国药科大学,第1、3、6、13、16、19章),孙毓庆(沈阳药科大学,第2、11、20章),杜迎翔(中国药科大学,第4、12章),袁波(沈阳药科大学,第5章),赵怀清(沈阳药科大学,第7、17章),范国荣(第二军医大学,第8、9、10章),李章万(四川大学,第14、15、18章),最后由胡育筑统稿。

《分析化学》教材主编孙毓庆教授自始至终热情指导本书各位作者的工作,协助主编完成组织和统稿工作,在全书的编写中发挥了核心作用。第二军医大学吴

玉田教授、北京大学郑斯成教授作为系列教材的主要参加者为本书的编写提供了热情宝贵的帮助和支持。编写中我们还得到中国药科大学、沈阳药科大学及科学出版社的大力支持,一并致谢。

书中的错误与不当之处,恳请读者批评指正。

编者

2004年7月

符号及缩写表

1. 英文

<i>A</i>	1. absorbance 2. area	吸光度 面积
AAS	atomic absorption spectroscopy	原子吸收分光光度法
A_r	relative atomic mass	相对原子质量
AR	analytical reagent	分析纯试剂
<i>a</i>	activity	活度
[B]	equilibrium concentration of specie B	型体 B 的平衡浓度
CE	capillary electrophoresis	毛细管电泳
c_B	analytical concentration of substance B	物质 B 的分析浓度
<i>D</i>	1. distribution ratio 2. diffusion coefficient	分配比 扩散系数
<i>d</i>	1. diameter 2. mean deviation	直径 平均偏差
<i>E</i>	1. extraction rate 2. electro motive force 3. absorptivity	萃取率 电动势 吸光系数
EBT	eriochrome blank T	铬黑 T
ECD	electron capture detector	电子俘获检测器
EDTA	ethylenediamine tetraacetic acid	乙二胺四乙酸
<i>e</i>	electron	电子
ep	end point	终点
<i>F</i>	1. fluorescence intensity 2. stoichiometric factor	荧光强度 化学因数(换算因数)
FID	flame-ionization detector	氢火焰离子化检测器
<i>f</i>	1. degree of freedom 2. activity coefficient	自由度 活度系数
f_s	symmetry factor	对称因子
GC	gas chromatography	气相色谱法
GR	guaranteed reagent	保证(纯)试剂
<i>H</i>	1. theoretical plate height 2. magnetic field	理论塔板高度 磁场强度
HPLC	high-performance liquid chromatography	高效液相色谱法

I	1. ionic strength	离子强度
	2. electric current	电流
	3. luminous intensity	光强度
IEC	ion exchange chromatography	离子交换色谱
In	indicator	指示剂
ISE	ion selective electrode	离子选择电极
K	equilibrium constant	平衡常数
K'	1. conditional equilibrium constant	条件平衡常数
	2. conditional formation constant	条件稳定常数
K_a	acid dissociation constant	酸 dissociation 常数
K_{sp}	solubility product	溶度积常数
K_t	titration constant	滴定常数
$K_{X,Y}$	potentiometric selectivity coefficient	电位选择性系数
$K_{稳}$	formation constants	络合稳定常数
k	capacity factor	容量因子
log	logarithm	对数
M	molar mass	摩尔质量
MS	mass spectrometry	质谱
m_B	mass of substance B	物质 B 的质量
mol	mole	摩尔
m/z	mass-to-charge ratio	质荷比
NMR	nuclear magnetic resonance	核磁共振
n	1. amount of substance	物质的量
	2. sample capacity	样本容量
	3. theoretical plate	理论塔板数
Ox	oxidation state	氧化形
P	1. probability	概率
	2. confidence level	置信水平
R_s	resolution	分离度、分辨率
Red	reduced state	还原形
RSD	relative standard deviation	相对标准偏差
S	1. sample weight	试样质量
	2. standard deviation	标准偏差
	3. solubility	溶解度
	4. transformation coefficient	转换系数
sp	stoichiometric point	化学计量点
T	1. thermodynamic temperature	热力学温度
	2. transmittance	透射比
TCD	thermal conductivity detector	热导池检测器
TE	error of titration end	滴定终点误差
TISAB	total ion strength adjustment buffer	总离子强度调节剂

t	1. time	时间
	2. student distribution	t 分布
t_R	retention time	保留时间
UV-vis	ultraviolet and visible spectrophotometry	紫外-可见分光光度法
u	linear velocity	线速率
V	1. volt	伏特
	2. volume	体积
w	mass fraction	质量分数
W	peak width	峰宽
$W_{1/2}$	peak width at half height	半峰宽
XO	xylenol orange	二甲酚橙
\bar{x}	mean (average)	平均值

2. 希 文

α	1. side reaction coefficient	副反应系数
	2. buffer capacity	缓冲容量
	3. significance level	显著性水平
β	cumulative stability constant	累积稳定常数
γ	1. correlation coefficient	相关系数
	2. magnetic ratio	磁旋比
δ	1. distribution fraction	分布系数
	2. population mean deviation	总体平均偏差
	3. chemical shift	化学位移
ϵ	molar absorption absorptivity	摩尔吸收系数
λ	wavelength	波长
μ	population mean	总体均值
σ	1. population standard deviation	总体标准偏差
	2. shielding constant	屏蔽常数
	3. wavenumber	波数
τ_f	fluorescence life time	荧光寿命
φ	fluorescence efficiency	荧光效率
φ^\ominus	standard electrode potential	标准电极电位
$\varphi^{\ominus'}$	conditional electrode potential	条件电位

目 录

第二版前言

第一版前言

符号及缩写表

第 1 章 绪论	1
1.1 分析化学的任务与作用	1
1.2 分析化学方法的分类	1
1.2.1 定性分析、定量分析与结构分析	1
1.2.2 无机分析与有机分析	1
1.2.3 化学分析与仪器分析	2
1.2.4 常量、半微量、微量与超微量分析	2
1.3 分析化学的起源、发展和展望	2
1.3.1 分析化学的起源和发展	2
1.3.2 现代分析化学的发展趋势	3
第 2 章 误差和分析数据处理	4
2.1 测量误差	4
2.1.1 绝对误差和相对误差	4
2.1.2 系统误差和偶然误差	5
2.1.3 准确度和精密度	6
2.1.4 误差的传递	8
2.1.5 提高分析准确度的方法	9
2.2 有效数字及运算法则	10
2.2.1 有效数字	10
2.2.2 运算法则	10
2.2.3 数字修约规则	11
2.3 有限量实验数据的统计处理	12
2.3.1 t 分布和平均值的置信区间	12
2.3.2 显著性检验	14
2.3.3 可疑数据的取舍	17
2.3.4 回归与相关简介	18
习题	19

第3章 滴定分析法概论	21
3.1 滴定分析法基础	21
3.1.1 基本术语	21
3.1.2 滴定分析对化学反应的要求	21
3.1.3 滴定分析法的分类和滴定方式	22
3.1.4 滴定曲线和滴定突跃	23
3.1.5 标准溶液与基准物质	24
3.2 滴定分析法的计算	24
3.2.1 标准溶液浓度的表示方法	24
3.2.2 滴定计算的基本公式	25
3.2.3 滴定分析计算实例	27
3.3 滴定分析中的化学平衡	28
3.3.1 分布系数和副反应系数	29
3.3.2 溶液中化学平衡的处理方法	29
习题	30
第4章 酸碱滴定法	32
4.1 水溶液中的酸碱平衡	32
4.1.1 质子论的酸碱概念	32
4.1.2 溶液中酸碱组分的分布	35
4.1.3 酸碱溶液的 pH 计算	36
4.2 酸碱指示剂	40
4.2.1 指示剂的变色原理	40
4.2.2 指示剂的变色范围	41
4.3 水溶液中的酸碱滴定	43
4.3.1 强酸(强碱)的滴定	43
4.3.2 一元弱酸(碱)的滴定	45
4.3.3 多元酸(碱)的滴定	48
4.4 酸碱标准溶液的配制与标定	50
4.4.1 酸标准溶液	50
4.4.2 碱标准溶液	51
4.5 非水溶液中的酸碱滴定	51
4.5.1 基本原理	51
4.5.2 碱的滴定	55
4.5.3 酸的滴定	57
习题	57

第 5 章 络合滴定法	59
5.1 基本原理	59
5.1.1 EDTA 络合物的稳定常数	59
5.1.2 副反应系数	60
5.1.3 条件稳定常数	64
5.1.4 络合滴定曲线	65
5.1.5 金属指示剂	66
5.2 滴定条件的选择	68
5.2.1 最高酸度和最低酸度	68
5.2.2 掩蔽剂的选择	69
5.2.3 滴定方式及其应用	69
习题	71
第 6 章 氧化还原滴定法	73
6.1 氧化还原平衡	73
6.1.1 条件电位及其影响因素	73
6.1.2 氧化还原反应的进行程度	76
6.1.3 氧化还原反应的速率	78
6.2 氧化还原滴定	78
6.2.1 滴定曲线	78
6.2.2 指示剂	81
6.2.3 氧化还原滴定前的预处理	82
6.3 常用氧化还原滴定方法	82
6.3.1 碘量法	82
6.3.2 其他氧化还原滴定法	84
习题	86
第 7 章 沉淀滴定法和重量分析法	88
7.1 沉淀滴定法	88
7.1.1 银量法的基本原理	88
7.1.2 银量法指示终点的方法	90
7.1.3 标准溶液和基准物质	93
7.2 沉淀重量分析法	93
7.2.1 沉淀形态和沉淀条件的选择	94
7.2.2 沉淀的完全程度及其影响因素	96
7.2.3 影响沉淀纯度的因素	98
7.2.4 沉淀的处理技术	99

7.2.5 称量形式与结果计算	100
7.3 其他重量法简介	100
7.3.1 挥发重量法	100
7.3.2 萃取重量法	101
习题	102
第8章 电位法及永停滴定法	104
8.1 电位法的基本原理	104
8.1.1 化学电池和电池电动势	104
8.1.2 相界电位和液接电位	105
8.1.3 指示电极和参比电极	106
8.1.4 电极电位的测量	109
8.2 直接电位法	109
8.2.1 溶液 pH 的测定	109
8.2.2 其他离子活度的测定	113
8.2.3 离子选择电极的性能	116
8.3 电位滴定法	117
8.3.1 仪器装置和方法原理	117
8.3.2 确定电位滴定终点的方法	118
8.3.3 应用与示例	119
8.4 永停滴定法	120
8.4.1 仪器装置及基本原理	120
8.4.2 应用与示例	122
习题	123
第9章 光谱分析法概论	124
9.1 电磁波谱和光学分析法	124
9.1.1 电磁辐射和电磁波谱	124
9.1.2 光学分析法及其分类	126
9.2 光谱分析仪器	129
9.2.1 辐射源	130
9.2.2 分光系统	130
9.2.3 辐射的检测	130
9.3 光谱分析法进展简介	131
第10章 紫外-可见分光光度法	132
10.1 基本原理	132
10.1.1 紫外-可见吸收光谱的产生及特征	132

10.1.2	Lambert-Beer 定律	133
10.1.3	偏离 Beer 定律的因素	134
10.2	紫外-可见吸收光谱和分子结构的关系	135
10.2.1	电子的跃迁类型	135
10.2.2	吸收带及其与分子结构的关系	136
10.2.3	影响吸收带的因素	138
10.3	紫外-可见分光光度计	139
10.3.1	主要部件	139
10.3.2	光学性能与类型	141
10.4	定性和定量分析方法	143
10.4.1	定性鉴别和纯度检测	143
10.4.2	单组分样品的定量方法	144
10.4.3	计算分光光度法简介	146
10.4.4	光电比色法	146
10.5	有机化合物分子结构研究简介	147
10.5.1	有机化合物的紫外吸收光谱	147
10.5.2	有机化合物分子结构的研究方法	150
	习题	151
第 11 章	红外分光光度法	153
11.1	基本原理	154
11.1.1	振动能级与振动光谱	154
11.1.2	振动形式	155
11.1.3	红外吸收峰的类别	158
11.1.4	吸收峰的位置和强度	160
11.2	典型光谱	163
11.2.1	脂肪烃类化合物	163
11.2.2	芳香烃类化合物	164
11.2.3	醚、醇与酚类化合物	164
11.2.4	羰基化合物	165
11.2.5	含氮化合物	168
11.3	红外分光光度计及制样	169
11.3.1	色散型分光型红外分光光度计	169
11.3.2	傅里叶变换红外光谱仪	170
11.3.3	仪器性能	171
11.3.4	制样方法	171

11.4 红外光谱解析法与示例	172
11.4.1 光谱解析方法	172
11.4.2 光谱解析示例	173
11.5 近红外分光光度法简介	174
11.5.1 近红外光谱的产生	174
11.5.2 近红外分光光度计	175
11.5.3 近红外光谱的分析方法	175
11.5.4 在药学领域中的应用简介	176
习题	177
第12章 原子吸收分光光度法	179
12.1 基本原理	179
12.1.1 原子吸收光谱和共振吸收线	179
12.1.2 原子吸收线的形状	180
12.1.3 原子吸收与原子浓度的关系	181
12.2 原子吸收分光光度计	182
12.2.1 光源	182
12.2.2 原子化系统	183
12.2.3 单色器	185
12.2.4 检测系统	185
12.3 定量分析方法	185
12.3.1 标准加入法	185
12.3.2 内标法	186
12.4 应用方法	186
12.4.1 测定条件的选择	186
12.4.2 在药物分析中的应用	186
习题	187
第13章 荧光分析法和化学发光分析法	188
13.1 荧光光谱的基本原理	188
13.1.1 分子荧光光谱的产生	188
13.1.2 荧光分析仪器简介	190
13.1.3 激发光谱与发射光谱	191
13.1.4 分子结构与荧光的关系	192
13.2 荧光定量分析方法	194
13.2.1 荧光强度与物质浓度的关系	194
13.2.2 定量分析方法	194

13.2.3	影响荧光强度的外部因素	195
13.2.4	应用与示例	197
13.3	化学发光分析法	198
13.3.1	基本原理	198
13.3.2	化学发光分析仪	200
13.3.3	应用与示例	200
	习题	200
第 14 章	核磁共振波谱法	202
14.1	基本原理	202
14.1.1	原子核的自旋与磁矩	202
14.1.2	原子核的共振吸收	203
14.1.3	核磁共振波谱的测定	207
14.2	化学位移	208
14.2.1	化学位移及其表示	208
14.2.2	化学位移的影响因素	209
14.2.3	不同类型质子的化学位移	212
14.3	自旋偶合和自旋系统	212
14.3.1	自旋偶合与自旋分裂	212
14.3.2	自旋系统及命名原则	215
14.4	核磁共振氢谱的解析方法与示例	216
14.4.1	样品的制备	216
14.4.2	解析的一般程序	216
14.4.3	解析示例	217
14.5	核磁共振技术的进展	218
14.5.1	核磁共振碳谱简介	218
14.5.2	相关谱技术简介	219
	习题	219
第 15 章	质谱法	221
15.1	质谱仪及工作原理	221
15.1.1	样品的导入与离子源	221
15.1.2	质量分析器	223
15.1.3	离子检测器和质谱	225
15.1.4	质谱仪的主要性能指标	225
15.2	质谱中的离子与裂解类型	226
15.2.1	离子的主要类型	226