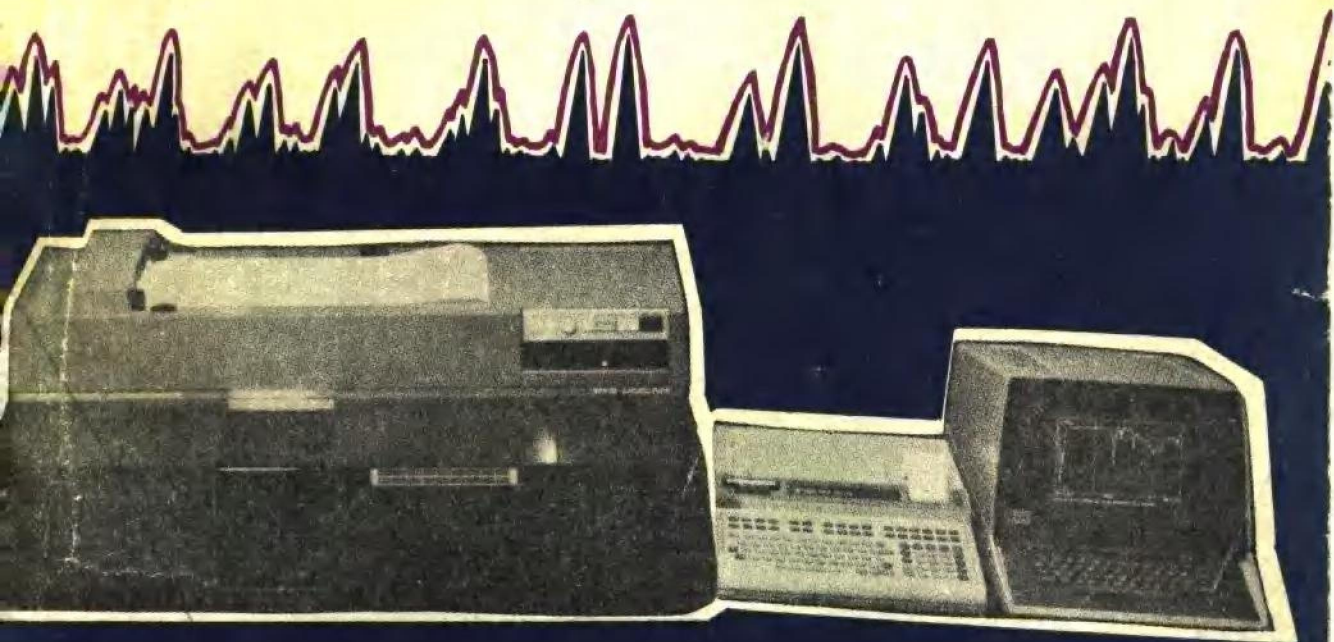


仪器分析法

〔美〕 H. H. 威拉德 L. L. 小梅里特 J. A. 迪安 著



机械工业出版社

仪 器 分 析 法

〔美〕 H. H. 威拉德 L. L. 小梅里特 J. A. 迪安 著

李 树 田 译



机 械 工 业 出 版 社

本书比较全面地论述了各种近代仪器分析法,阐述了各类分析仪器及其主要部件的结构、分析机理以及分析技术和用途。

本书编排成教科书形式,除了大量图、表、例题外,还有许多练习题(书末附练习题答案)、实验、参考文献和阅读参考书目。并附有符号一览表和一些常用分析数据表。

本书既可做高等院校仪器分析和分析仪器课程教学参考书,也可供有关工矿企业等单位的科技人员参考。

INSTRUMENTAL METHODS OF ANALYSIS

(Fifth Edition)

HOBART H. WILLARD

LYNNE L. MERRITT, JR.

JOHN A. DEAN

D. VAN NOSTRAND COMPANY

1974

* * *

仪 器 分 析 法

〔美〕H. H. 威拉德

L. L. 小梅里特

J. A. 迪安 著

李树田 译

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

煤炭工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ · 印张 $36 \frac{3}{4}$ · 字数 880 千字

1982年9月北京第一版·1982年9月北京第一次印刷

印数 0,001—9,800 · 定价 3.75 元

*

统一书号: 15033 · 4996

作者序言

这本书的第五版继续对化学分析的近代仪器方法进行了全面的评述。对其中多数章节作了广泛修订，某些章节则是完全重写的。

在编排顺序上作了一些调整：将分子荧光法和磷光法编在紫外和可见光吸收法的后面，将拉曼光谱法编在红外光谱法的后面，以及将火焰发射和原子吸收光谱法编在发射光谱法的前面。这样的编排顺序比前几版的处理方式更合理些。

这一版中新增的题目有：比浊法和散射测浊法、真空紫外、反射测量、付里叶变换红外光谱法、激光拉曼光谱法、穆斯鲍尔光谱法、气相色谱法和质谱法的接口以及各种类别的离子选择电极。对原子吸收法的内容作了扩充，并同火焰发射法结合起来。将经典极谱法包括在内容更广泛的“伏安法、极谱法及有关技术”章里。这一版中继续加强了红外和拉曼光谱法、核磁共振和电子顺磁共振波谱法、紫外吸收光谱法和质谱法等化合物结构鉴定方面的内容。

一般地说，每一章都基本为一个能够独立存在的单元。因此，内容顺序不是很重要的。导师可以针对几种不同水平的学生从中选取教材。每一章内附有参考文献和辅助的课外读物书目。这本书也适合于作参考手册用。

结合课文安排了许多练习题，其中包括说明机械操作的范例。用这样的方法来引导学生了解测量装置，从而使学生可以少用或甚至不必再使用另外的练习题书籍。这些练习题中包括计算题 390 道；在本书末附列了几乎全部练习题的答案。在这些习题中，有许多数据是通过实验取得的，它们对以下情况特别有价值：有些学校不能提供特定领域的实验仪器，实验时间有限而不能进行某些实验，以及作为自学等情况的弥补办法。

本书所选实验内容是用来阐明每章理论部分所讨论的原则的。其中某些实验描述较详，适合于实验知识较少的低年级学生。其他一些则仅列出概要或提出实验题目，以便导师在高级课程中启发学生列出实验程序和进行实验的独立性和创造性。

某些缩写字（词）的含义和符号的使用可能会引起一些混淆（特别是有些符号在本书涉及的多种技术中可能具有不同的含义），因此在本书正文前单独列出了缩写和符号一览表[⊖]。在可能情况下，一律采用有关名词术语委员会推荐的命名法。此外，附录中较全面地列出了水溶液中标准还原电位、极谱半波电位和扩散电流常数、酸离解常数、某些金属络合物的形成常数、火焰发射和原子吸收光谱和吸光度与百分吸收率换算等表格。书内还列出了四位对数表、1971 年规定的原子量表和元素周期表等[⊖]，以便提供计算所需的参考数据。

H. H. 威拉德

L. L. 小梅里特

J. A. 迪安

⊖ 这两个表在这一译本中予以合并，参见译者序言中的有关说明——译者注。

⊖ 这三个表在译本中予以删节——译者注。

译者序言

本书作者威拉德为美国密执安大学教授，小梅里特是印第安纳大学教授，迪安为田纳西大学教授，他们编写的仪器分析法一书于1948年首次出版，之后经1951、1958、1965和1974年四次修订再版，本书是根据1974年的第五版本译出。作者有丰富的教学和写作经验，因而能使本书具有内容丰富、取材新颖、结构紧凑和分章合理等特点，而且结合大量图、表、例题，有助于使读者加深理解。此外，练习题内容将课文同实践相结合的处理方式也是有益的。

但是本书也有一些不足之处，例如，缺少液相色谱法这一内容。有些符号前、后不统一（例如压力的符号有 P 和 p ，秒有 sec 和 s ，分有 min 和 m 等等）。在这一译本中，原则上同一名词或计量单位只采用一种符号。此外，原书中有些缩写符号在译成汉语时不宜采用（例如在原书中用 diam 代表直径，用 pos 和 neg 分别代表正和负，以及用 temp 和 vol 分别代表温度和体积等）。因此，对原书中的缩写和符号两个一览表加以适当删节、调整，并按英语字母顺序合并成一张表。

书中涉及一些仪器装置和原材料的商品名称（或商标），尽可能加译者注予以说明。原书中有些公式涉及的符号未说明含义，译文中作了适当补充。此外，原书中有不少印刷错误和偶然疏忽的差错，在译本中已作了更正。

鉴于我国仪器分析和分析仪器技术中的某些名词术语尚未取得统一，为了有助于涉及这些专业的技术人员、编译工作者、管理干部和学生在名词术语标准化工作及其他工作中学习和参考，在一些常用的专业术语首次出现时（以及在适当的情况下）加注英文，以便读者对照参考。

本书在编辑加工过程中承周宝虹同志提出许多宝贵意见，在此表示衷心的感谢。

符 号[⊖]

A—安 (培)	D—介电常数
Å—埃, 10^{-10} 米	扩散系数
A—吸光度	D_{MO} —金属氧化物的离解能
放射性 (放射化学)	d—日
面积	d—直径
原子量	距离或间隔
A_{nm} —自发发射的跃迁几率 ($m \rightarrow n$ 能级)	右旋
a —吸收率	d_f —液膜厚度
a_i —超精细偶合常数 (电子顺磁共振波谱法)	d_p —颗粒直径
a_x — x 离子的活度	db—分贝
Ac—醋酸根	dc—直流
ac—交流	DME—滴汞电极
amu—原子质量单位	d/s—蜕变/秒数目
atm—大气压	dyn—达因
ATR—衰减全反射 (红外光谱法)	E —电极电位
B_{nm} —吸收的跃迁几率 ($n \rightarrow m$ 能级)	半反应电位
B_{nm} —诱发或激发发射的跃迁几率 ($m \rightarrow n$ 能级)	电位
b—靶, 10^{-24}cm^2	能量
b—距离	E^0 —标准电极电位
光程长度	$E_{1/2}$ —半波电位
厚度	E_i —电离电位
bp—沸点	电子态的能量
C—库仑	E_j —接界电位
°C—度, 摄氏温标	电子态的能量
C—浓度	e —电子
电容	电子电荷
C_M —流动相中的溶质浓度	自然对数底
C_S —固定相中的溶质浓度	e^- —电子
c—计数; 计数数目	EDTA—乙二胺四醋酸
c—光速	emf—电动势
cal—卡	EPR—电子顺磁共振 (法)
CD—圆二 (向) 色性	
cd—烛光	
C_i —居里	
c/min—计数/分; 计数数目/分	
c/s—计数/秒; 计数数目/秒	

⊖ 这里将原书中“缩写”和“符号”两个一览表合并成一个表, 并统一按英语字母和希腊字母顺序编排, 以便读者查阅。译者根据国际单位制 (SI)、我国一般惯例和本专业具体情况而对原书使用的符号稍加增、删和更改——译者注。

XXII

equiv—克当量	j —压缩性因子 (气相色谱法)
erg—尔格	$^{\circ}\text{K}$ —度, 绝对温标
ESR—电子自旋共振 (法)	K_a —酸离解常数
eV—电子伏	K_d —分配系数
exp—指数	K_f —形成常数
F—法 (拉)	K_i —电离常数 (气态)
F —法拉第	K_{sp} —溶度积
荧光	K_w —水离子积
F_c —气体的体积流量	K_H —质子自递作用常数
F_T —总通量透射功率	k —(前缀) 千
f —焦距	k —玻尔兹曼常数
频率	分配比 (色谱法)
f_x —离子 x 的活度系数	一般常数
f /数字—有效孔径比	K_v —吸收系数 (光学)
ft—英尺	kcal—千卡
G—高斯	L —长度或距离
G —高频电导	电感
ΔG° —吉布斯自由能	l—升
g—克	l—液态
g —光谱分裂因子	左旋
H—亨	lb—磅
H —磁场强度	lm—流明
塔板高度 (色谱法)	ln—自然对数
ΔH —焓变化	lg—10 底对数
峰间距离 (ESR)	M—(前缀) 兆, 10^6
h—小时	M —克分子浓度
亨	M_s —角量子数
h —高度	m—米
普朗克常数	m—(前缀) 毫
Hz—赫 (兹)	m —光谱级序
I —辐射强度	以克分子浓度 (M) 为单位的溶液浓度
自旋量子数	亚稳态
I_a —扩散电流常数	m^+ —电离质量碎片
I_v —发射线强度	m/e —质荷比
i —入射角	max—最大
电流	mg—毫克
i_a —扩散电流	mho—姆 (欧)
$i_{\text{极限}}$ —极限电流	mil—密耳 (等于 0.001 英寸)
in—英寸 (等于 25.4mm)	min—分 (钟)
IR—红外 (线)	最小
i.d.—内径	ml—毫升
J—焦耳	mm—毫米
J —自旋-自旋偶合常数	mol—摩尔; 克分子

mp—熔点	计数速率
ms—毫秒	分辨本领 (记录器)
N —克当量浓度	衍射角
噪音	n_D —折射度
塔板数 (色谱法)	red—还原剂
某物的总数	rf—射频
N_A —阿伏加德罗数	rpm—转/分
N_j, N_m —受激能态粒子种数	S —电子自旋
N_n, N_o —基态粒子种数	饱和系数 (放射化学)
n —(前缀) 毫微, 10^{-9}	S_1 —第一受激单线态
n —中子	S_0 —基电子态
电极反应中传递的电子数	s —秒 (钟)
折射率	s —固态
不成对 p -电子	ΔS —熵
n_D —在钠D线处的折射率	SCE—饱和甘汞电极
ng—毫微克	SHE—标准氢电极
nm—毫微米	S/N —信噪比
ns—毫微秒	STP—标准温度和压力
NHE—标准氢电极	T —温度
NMR—核磁共振波谱 (法)	透射比
o.d.—外径	T_1 —自旋点阵松弛
ORD—旋光色散	第一受激三重线态
ox—氧化剂	T_c —色谱柱温度
P—脉冲; 脉冲次数	t —时间
P —压力	棱镜底长
辐射功率	$t_{1/2}$ —半衰期
P_M —母质量峰	t_R —保留时间
P_o —入射辐射功率	t'_R —调整保留时间
p —(前缀) 负对数	TGA—热重分析 (法)
微微, 10^{-12}	torr—托, mmHg, 毫米汞柱
pF—微微法; 10^{-12} 法	V —体积, 容积
PMR—质子磁共振波谱 (法)	电压
ppb—十亿分之一, 10^{-9}	V_g^0 — 0°C 时的比保留体积
ppm—百万分之一, 10^{-6}	V_M —流动相体积
psi—磅/英寸 ² , 折合约 $0.07\text{kg}/\text{cm}^2$	V_N —净保留体积
Q—电量	V_R —保留体积
Q—流量	V'_R —调整保留体积
热容量	v —体积
R —气体常数	速度
分辨本领	VTVM—电子管电压表
电阻	v/v —体积比
R.I.—柯伐兹保留指数	v/w —体积/重量比
r —半径	W—瓦 (特)

XXN

W —重量	Δ_{∞} —无穷稀释时的当量电导
基线处的带宽 (色谱法)	λ —衰变常数 (放射性)
$W_{1/2}$ —半峰宽	波长
W_L —液相重量	λ_+ , λ_- —离子电导
w —有效孔径宽度	$\lambda_{\text{最大}}$ —最大吸收波长, 或写作 λ_{max}
w/v —重量/体积比	μ —离子强度
w/w —重量比	线性吸收系数
X_c —容抗	磁矩
X_L —感抗	(前缀) 微, 10^{-6}
Y^{4-} —EDTA 阴离子	μ_m —质量吸收系数
γ —年	μ/ρ —质量吸收系数
z —原子序数	ν —频率
z —原子价	$\bar{\nu}$ —波数
z^+ , z^- —离子电荷	$\Delta\nu_D$ —多普勒增宽
α —电离度	$\Delta\nu_L$ —罗兰兹增宽
相对保留比	π —电子或键的一种类型
$[\alpha]$ —旋光率	ρ —密度
β —闪耀角	电阻率
缓冲值	σ —俘获截面
相比 (按体积计)	屏蔽常数 (NMR)
β_N —玻尔磁子	标准偏差
γ —活度系数	σ_{hkl} —倒易点阵矢量
乳胶特征 (照相法)	τ —化学频移 (NMR)
恒压、恒体积时的比热比	平均发射寿命
表面张力	分辨时间
Δ —(前缀) 表示一定变化的符号	时间常数
δ —化学频移 (NMR)	v —速度
扩散层厚度	Φ —中子通量
ϵ —克分子吸收率	ϕ —量子效率
$\epsilon_{\text{最大}}$ —相应于最大吸收波长的克分子吸收率, 或写作 ϵ_{max}	苯基
η —粘度	χ —泡令电负性
沾污分数	Ω —欧 (姆)
η_D —折射率 (钠 D 线)	Ω^{-1} —姆 (欧)
θ —电导池常数	ω —角频率
$[\theta]$ —分子椭圆率	过电位
κ —电导率	ω_c —角速度
Λ —当量电导	$[]$ — $[]$ 内物质的克分子浓度

目 录

实验目录

符号

第1章 电子学——无源元件和基本电测量	1
1.1 单位	1
1.2 直流电路	1
1.2.1 基本定律和原理——欧姆定律和克希霍夫定律	1
1.2.2 简单的直流电路分析	1
1.2.3 电阻器产品数值的表示符号	2
1.2.4 电位计	3
1.2.5 惠斯顿标准电池	5
1.3 交流电路	6
1.3.1 基本定律和定理	6
1.3.2 电容器	6
1.3.3 电感器	8
1.3.4 简单的交流串联电路分析	8
1.3.5 简单的交流并联电路分析	9
1.4 惠斯顿电桥	10
练习题	11
第2章 电子学——真空管、半导体和有关电路	12
2.1 电子管	12
2.1.1 二极管	12
2.1.2 三极管	13
2.1.3 五极管	14
2.2 半导体	14
2.2.1 n 型和 p 型	14
2.2.2 二极管	14
2.2.3 三极管	15
2.2.4 共基极电路的集电极特性	16
2.2.5 共发射极电路的集电极特性	16
2.2.6 共集电极电路的集电极特性	16
2.2.7 场效应三极管	17
2.3 典型电子电路	17
2.3.1 整流电路	17
2.3.2 整流用滤波器	17
2.3.3 稳压电源	18
2.3.4 放大器	19
2.3.5 负反馈原理	20
2.3.6 差分放大器	21
2.3.7 运算放大器	21

2.4 阻抗匹配和最大功率传输	23
2.5 阴极射线管	24
练习题	24
第3章 紫外和可见光吸收仪器	26
3.1 术语和基本组件	26
3.2 辐射能源	27
3.2.1 白炽光源 (incandescent source)	27
3.2.2 发光气体光源 (luminous gas source)	27
3.2.3 光源稳定性	28
3.3 光敏检测器 (photosensitive detector)	29
3.3.1 肉眼	29
3.3.2 阻挡层电池 (或称光生伏打电池)	29
3.3.3 光电发射管 (photoemissive tube)	30
3.3.4 光电倍增管 (photomultiplier tube)	31
3.4 色散装置 (dispersing device)	33
3.4.1 滤光片 (filter)	34
3.4.2 棱镜 (prism)	35
3.4.3 光栅 (grating)	36
3.4.4 单色器 (monochromator) 设计	37
3.4.5 有关装置	38
3.4.5.1 光束分离器 (beam splitter)	38
3.4.5.2 纤维光学 (fiber optics)	39
3.4.5.3 狭缝 (slit) 和光圈 (iris)	39
3.4.5.4 记录系统	39
3.5 单色器性能	40
3.5.1 色散 (dispersion)	40
3.5.2 分辨率 (resolution)	40
3.5.3 光学速度	41
3.5.4 光谱纯度和杂散光	42
3.6 仪器	42
3.6.1 目视比色器 (visual comparator)	43
3.6.2 滤光片光度计 (filter photometer)	43
3.6.3 单光束分光光度计 (single-beam spectrophotometer)	45
3.6.4 直读双光束分光光度计 (direct-reading, double-beam spectrophotometer)	45
3.6.5 双光束记录式光谱仪 (double-beam recording spectrometer)	47
3.6.6 双单色法 (double monochromation)	48
3.6.7 双波长分光光度计 (dual-wavelength spectrophotometer)	48
3.6.8 数据收集系统 (data acquisition system)	49
实验	49
练习题	50
第4章 紫外和可见光吸收法	52
4.1 电磁波谱 (electromagnetic spectrum)	52
4.2 光度法 (photometry) 基本定律	53

4.2.1 误差源	54
4.3 光谱数据的表现方式	55
4.4 定量测定法	56
4.4.1 波长的选择	57
4.4.2 并列光度测定	58
4.4.3 相对浓度误差	59
4.4.4 差示分光光度法 (differential spectrophotometry)	60
4.4.5 光度滴定 (photometric titration)	62
4.4.6 间接分光光度法 (indirect spectrophotometry)	64
4.5 反射测量	64
4.5.1 颜色	64
4.5.2 光泽 (gloss)	65
4.5.3 仪器	65
4.6 比浊法 (turbidimetry) 和散射测浊法 (nephelometry)	67
4.7 电子吸收光谱与分子结构之间的关系	68
4.7.1 结构特征	69
4.7.2 立体化学效应 (stereochemical effect)	71
4.8 真空紫外	71
实验	72
练习题	78
第5章 分子荧光和磷光法	86
5.1 基本机理	86
5.2 激发和发射光谱	87
5.3 荧光测量仪器	88
5.4 磷光测量仪器	90
5.5 光致发光 (photoluminescence) 强度与浓度的关系	91
5.6 光致发光与分子结构之间的关系	92
实验	93
练习题	94
第6章 红外光谱法 (infrared spectroscopy)	97
6.1 分子振动 (molecular vibration)	97
6.2 仪器	99
6.2.1 辐射源	100
6.2.2 检测器 (detector)	100
6.2.3 分光光度计 (spectrophotometer)	102
6.2.4 过程分析器 (process analyzer)	103
6.2.5 傅里叶变换干涉分光光度计	104
6.3 试样处理	106
6.3.1 气体	106
6.3.2 液体和溶液	106
6.3.3 试样池厚度	108
6.3.4 薄膜试样	108
6.3.5 研糊 (mull)	108
6.3.6 压片技术	108

6.3.7 衰减全反射 (ATR)	109
6.3.8 红外探头 (infrared probe)	110
6.4 定量分析	111
6.5 红外光谱与分子结构的关系	112
6.5.1 近红外区 (near-infrared region)	112
6.5.2 中红外区 (mid-infrared region)	113
6.5.3 远红外区 (far-infrared region)	113
6.5.4 结构分析	113
6.5.5 化合物鉴定	118
练习题	118
第7章 拉曼光谱法 (Raman spectroscopy)	124
7.1 理论	124
7.2 仪器	125
7.3 试样照射和处理	126
7.4 结构判断分析	128
7.5 偏振 (polarization) 测量	130
7.6 定量分析	130
练习题	131
第8章 核磁共振波谱法 (nuclear magnetic resonance spectroscopy)	134
8.1 基本原理	134
8.2 试样处理	136
8.3 NMR 波谱仪 (NMR spectrometer) (连续波)	137
8.4 其他类型的 NMR 波谱仪	140
8.4.1 脉冲波 NMR	140
8.4.2 傅里叶变换 NMR	140
8.4.3 宽线 NMR	140
8.5 NMR 波谱和分子结构	141
8.5.1 化学位移 (chemical shift)	141
8.5.2 自旋-自旋耦合 (spin-spin coupling)	142
8.5.3 积分	146
8.6 NMR 波谱的解释	146
8.6.1 自旋去耦 (spin-decoupling)	146
8.6.2 自旋挠动法 (spin tickling)	147
8.6.3 溶剂影响和移位试剂 (shift reagent)	147
8.7 定量分析	151
练习题	152
第9章 电子自旋共振波谱法 (electron spin resonance spectroscopy)	158
9.1 电子特性	158
9.2 ESR 波谱仪 (ESR spectrometer)	159
9.2.1 辐射源	159
9.2.2 试样腔 (sample cavity)	159
9.2.3 磁铁和调制线圈	161
9.2.4 微波桥 (microwave bridge)	161

9.2.5 灵敏度 (sensitivity)	161
9.3 ESR 波谱 (ESR spectrum)	162
9.3.1 超精细相互作用 (hyperfine interaction)	162
9.4 波谱分裂因子 g (g -factor)	164
9.4.1 谱线宽度 (line width)	165
9.5 ESR 波谱的解释	165
9.5.1 自旋标记 (spin label)	166
9.5.2 ENDOR (电子核双共振波谱法)	167
9.5.3 ELDOR (电子双共振波谱法)	167
9.6 定量分析	167
练习题	168
第 10 章 X 射线法	173
10.1 X 射线的产生和 X 射线光谱	173
10.2 仪器装置	177
10.2.1 X 射线发生装置	177
10.2.2 准直器 (collimator)	177
10.2.3 滤波器 (filter)	177
10.2.4 分析晶体 (analyzing crystal)	178
10.2.5 检测器 (detector)	179
10.3 直接 X 射线法	182
10.3.1 电子束探针 (electron beam probe)	182
10.4 X 射线吸收法	183
10.4.1 微射线照相法 (microradiography)	184
10.4.2 非色散 X 射线吸收光度计 (nondispersivex-ray absorptiometer)	184
10.5 X 射线荧光法	185
10.5.1 X 射线荧光光谱仪 (x-ray fluorescence spectrometer)	185
10.5.2 分析应用	187
10.5.3 非色散光谱仪 (nondispersive spectrometer)	188
10.6 X 射线衍射 (x-ray diffraction)	188
10.6.1 倒易点阵概念	189
10.6.2 衍射图 (diffraction pattern)	191
10.6.3 照相机设计	191
10.6.4 X 辐射的选择	193
10.6.5 试样制备	193
10.6.6 自动衍射仪 (automatic diffractometer)	194
10.6.7 X 射线粉末数据档案	194
10.6.8 定量分析	196
10.6.9 结构测定	196
10.6.10 晶体构形法 (crystal topography)	196
10.7 X 射线光电子波谱法 (x-ray photoelectron spectroscopy) 或称 ESCA [电子散射 化学分析法 (electron scattering for chemical analysis)]	197
实验	197
练习题	198

第 11 章 放射化学法 (radiochemical method)	202
11.1 核反应和辐射	202
11.1.1 放射性衰变 (radioactive decay) 中发射的粒子	202
11.1.2 核辐射与物质的相互作用 (ionization chamber)	203
11.1.3 放射性衰变	204
11.1.4 放射性单位	205
11.2 放射性测量	205
11.2.1 照相乳剂	206
11.2.2 电离室 (ionization chamber)	206
11.2.3 盖革计数器 (Geiger counter)	206
11.2.4 比例计数器 (proportional counter)	208
11.2.5 闪烁计数 (scintillation counting)	209
11.2.6 半导体检测器 (semiconductor detector)	210
11.2.7 辅助仪器	211
11.2.8 脉冲振幅鉴别 (pulse height discrimination)	212
11.2.9 放射性测量中的统计法	214
11.2.10 一致性校正 (coincidence correction)	216
11.2.11 几何位置	216
11.3 放射性核素的应用	216
11.3.1 试样的制备和安放	218
11.3.2 标记化合物 (tagging compound)	219
11.3.3 采用标记试剂 (labeled reagent) 的分析法	219
11.3.4 同位素稀释 (isotope dilution) 分析法	220
11.3.5 中子活化分析法 (neutron activation analysis)	220
11.4 穆斯鲍尔光谱法 (Mössbauer spectroscopy)	223
实验	226
练习题	230
第 12 章 火焰发射和原子吸收光谱法	235
12.1 仪器装置	236
12.1.1 压力调节器和流量计	236
12.1.2 雾化器-燃烧器系统 (nebulizer-burner system)	236
12.1.2.1 预混合或层流燃烧器 (premixed or laminar-flow burner)	236
12.1.2.2 紊流或喷雾燃烧器 (turbulent or sprayer-burner)	237
12.1.2.3 无焰原子池 (nonflame atom cell)	238
12.1.3 原子吸收法和原子荧光法的光源	239
12.1.3.1 空心阴极灯 (hollow-cathode lamp)	239
12.1.3.2 蒸气放电灯 (vapor discharge lamp)	239
12.1.3.3 其他光源	240
12.1.4 光学系统	240
12.1.5 光敏检测器、放大器和显示系统	240
12.1.6 商品仪器	240
12.2 理论原理	242
12.2.1 火焰和火焰温度	242

12.2.2	火焰的自发射 (self-emission)	244
12.2.3	雾化 (nebulization)	244
12.2.4	发射和吸收中的强度关系	245
12.2.5	火焰中原子浓度的分布图样	208
12.2.6	光谱干扰	250
12.2.7	物理干扰	251
12.2.8	金属化合物的离解	251
12.2.9	金属质点的电离	251
12.2.10	凝结相中的化学干扰	253
12.2.11	检测极限 (detection limit) 和灵敏度 (sensitivity)	253
12.3	求值法 (evaluation method)	254
12.3.1	校准曲线法 (calibration curve method)	254
12.3.2	标准加入法 (standard addition method)	254
12.3.3	内标法 (internal-standard method)	255
实验		255
练习题		257
第13章	发射光谱法 (emission spectroscopy)	261
13.1	光谱的起源	261
13.2	激发方法	261
13.2.1	火焰	262
13.2.2	直流电弧	262
13.2.2.1	斯托尔伍德喷射器 (Stallwood jet)	262
13.2.3	交流电弧	263
13.2.4	交流火花	263
13.2.5	多源装置 (multisource unit)	264
13.2.6	激光法	264
13.2.7	电极 (electrode)	264
13.3	摄谱仪 (spectrograph)	265
13.3.1	棱镜仪器	265
13.3.1.1	比较棱镜仪器性能的指标	266
13.3.2	光栅仪器	267
13.3.2.1	比较光栅仪器性能的指标	269
13.3.3	照相程序	270
13.4	定性鉴定	272
13.4.1	R.U.线和R.U.粉	273
13.4.2	波长测量和波长表	273
13.5	定量测定法	273
13.5.1	内标法	273
13.5.2	对应线 (homologous pair) 法	273
13.5.3	对数扇形板 (log-sector) 和阶跃扇形板 (step-sector) 法	274
13.5.4	直读式光谱仪	275
13.5.5	目视分光镜 (看谱镜) (visual spectroscope)	277
实验		278

XI

练习题	278
第14章 折射法 (refractometry) 和干涉法 (interferometry)	281
14.1 理论	281
14.2 折射计 (refractometer)	283
14.2.1 阿贝折射计	283
14.2.2 浸入式折射计	284
14.2.3 用途	285
14.2.4 记录式折射计 (recording refractometer)	286
14.3 干涉仪 (interferometer)	286
14.3.1 用途	289
实验	290
练习题	291
第15章 旋光法 (polarimetry)、圆二色性 (circular dichroism) 和旋光色散 (optical rotary dispersion)	293
15.1 旋光法理论	293
15.1.1 旋光色散和圆二色性理论	295
15.1.2 旋光度测定	296
15.1.3 旋光法和糖量测定法的计算	297
15.2 旋光色散和圆二色性的用途	298
15.3 旋光计 (polarimeter)	299
15.3.1 自(动)记(录)分光旋光计 (automatic recording spectropolarimeter)	302
15.4 圆二色性测量仪器	304
实验	304
练习题	304
第16章 质谱法 (mass spectrometry)	306
16.1 质谱计的组成部分	306
16.1.1 试样导入系统	306
16.1.2 离子源 (ion source 或 ionization source)	307
16.1.2.1 电子轰击电离	308
16.1.2.2 努森池 (Knudsen cell)	309
16.1.2.3 激光微探针 (laser microprobe)	309
16.1.2.4 场致电离 (field ionization)	309
16.1.2.5 火花源电离 (spark source ionization)	310
16.1.2.6 表面电离 (surface ionization)	310
16.1.2.7 化学电离 (chemical ionization)	310
16.1.3 加速系统	311
16.1.4 离子收集系统 (ion-collection system)	311
16.1.5 真空系统	312
16.1.6 气相色谱仪-质谱计 (gas chromatograph-mass spectrometer) 接口装置	312
16.1.6.1 流出物分流器 (effluent splitter)	313
16.1.6.2 喷嘴-小孔分离器 (jet/orifice separator)	314
16.1.6.3 分子分离器 (molecular separator)	314
16.2 质谱计	314
16.2.1 分辨率 (resolution)	314