

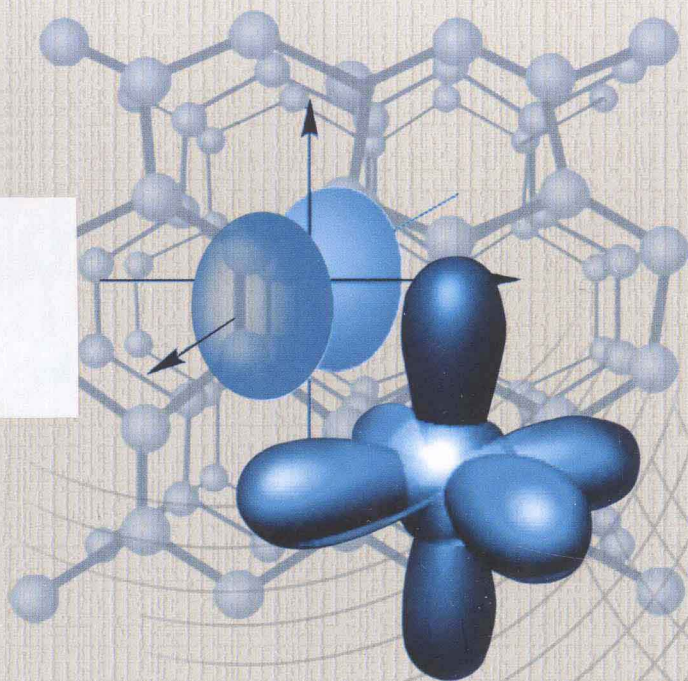


“十二五”规划教材

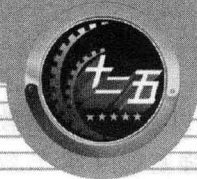
无机与分析化学

(第2版)

和 玲 高 敏 李银环 编著



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

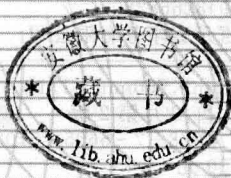
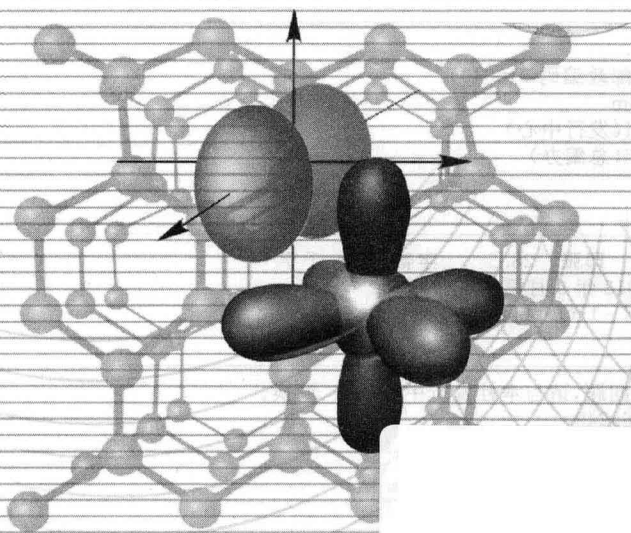


“十二五”规划教材

无机与分析化学

(第2版)

和 玲 高 敏 李银环 编著



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

内容提要

本书在第一版的基础上,结合现代化学技术的高速发展以及国际化学教育模式的日益更新,精练和扩充了部分内容,合理调整章节,加强基础内容,有效地将无机化学部分与分析化学部分结合。全书共分为 14 章,各章前有学习要求,每章结束后给出本章相关名词的详细英文解释以及与研究有关的最新科技进展拓宽化学视野,全书配备思考题和习题(包括部分英文题)。

本书作为教材适用于高等院校化学专业和与化学有关专业,也可供从事化学研究的人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

无机与分析化学/和玲,高敏,李银环编著. —2 版. —西安:
西安交通大学出版社,2013.9
ISBN 978-7-5605-5702-1

I. ①无… II. ①和… ②高… ③李… III. ①无机化学-高等学校-教材
②分析化学-高等学校-教材 IV. ①06

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 208902 号

书 名 无机与分析化学(第 2 版)
编 著 和 玲 高 敏 李银环
责任编辑 吴 杰

出版发行 西安交通大学出版社
(西安市兴庆南路 10 号 邮政编码 710049)

网 址 <http://www.xjtupress.com>
电 话 (029)82668357 82667874(发行中心)
(029)82668315 82669096(总编办)

传 真 (029)82668280
印 刷 陕西元盛印务有限公司

开 本 727mm×960mm 1/16 印 张 28.5 字 数 518 千字
版次印次 2013 年 9 月第 2 版 2013 年 9 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5605-5702-1/O·444
定 价 49.00 元

读者购书、书店添货、如发现印装质量问题,请与本社发行中心联系、调换。

订购热线:(029)82665248 (029)82665249

投稿热线:(029)82664954

读者信箱:jdlyg@yahoo.cn

版权所有 侵权必究

第二版前言

Foreword

本书自 2009 年 5 月出版以来,在高等学校无机化学的教学中得到了广泛使用,并取得了良好的教学效果。随着现代化学技术的高速发展、国际化学教育模式日益更新,中学教学大纲发生变更,为适应 21 世纪无机与分析化学教学的要求我们对本书进行了修订。

这次修订中,在继续保持第一版教材选材适当、系统性好、无机与分析紧密结合等特点的基础上,明显的变化有以下几点:

1. 精练和扩充内容,合理调整章节,加强基础内容

在确保无机与分析化学基础课教学前提下,适当精简和更新了理论、概念及分法,增加了基础部分的描述。第 1 章(绪论)中,精简了文字描述,增加了与现代化学有关的无机化学发展方向及分析化学发展方向;第 2 章(气体、溶液和溶胶)增加了真实气体、溶液浓度的表示方法和凝胶等内容;对第 3 章(化学热力学)的基本概念部分的描述进行了完善,增加了物质标准摩尔燃烧焓的数据;在第 9 章(原子结构)中,大幅度精简原来的描述,并且将微粒的波粒二象性及波动方程单独作为一节内容,增加了 Slater 规则、元素周期表、原子结构与元素性质的周期性、著名科学家图片等内容;在第 10 章(分子结构)中,增加了轨道实例图形和键参数。在第 5 章(定量分析基础)中,增加了分析结果的数据处理。新增了第 14 章(分析化学中的分离方法)。将原来第 13 章(气相色谱法)与原来的第 14 章(现代仪器分析方法简介)合并为第二版的第 13 章(现代仪器分析方法简介)。

2. 更新化学视野,体现现代化学发展

此次修订对第一版的大多数“化学视野”内容进行了更新,一方面体现与之衔接的章节内容快速发展新知识,另一方面体现了在基础教学内容中无法体现的新内容。如将第 5 章(定量分析基础)“化学视野”内容更换为回归分析,将第 12 章(分光光度法)的“化学视野”内容更换为分子荧光与磷光分析法,将第

13 章(现代仪器分析方法简介)的“化学视野”内容更换为天然干性油类粘合剂的色谱分析。

3. 充实提高习题,利于提高教学

补充和修改了部分习题,以适应不同程度的学生。第 3 章(化学热力学)、第 4 章(化学平衡)增加了习题和例题,第 6 章(酸碱平衡与酸碱滴定法)和第 7 章(沉淀平衡与沉淀滴定法)增加了习题,第 11 章(配位平衡与配位滴定法)增加了例题。

全书共计 14 章内容,书中带有 * 标记的均属非基本内容,供因材施教之用。

本书第 1、5、9、10、12~14 章及附录由和玲编写,第 3、4、6、7 章由高敏编写,第 2、8、11 章由李银环编写。

限于编者水平,书中纰漏之处,敬请专家、学者、读者批评指正。

编 者

2013 年 8 月于西安交通大学

第一版前言

Foreword

“无机与分析化学”是高等院校生物、环境、材料、化工等专业学生的化学基础课程。本课程是为后续高年级的有机化学、物理化学、高分子化学及专业课程奠定基础的必不可少的一门基础课程,同时,也是为解决科研中与化学有关的测定技术等实际问题打好基础的一门重要课程。

在长期的教学实践中,一直面临着教学时数少与教学内容多的矛盾。如何在教学学时压缩的情况下顺利完成无机及分析化学的教学,从教学内容的深度、广度及进度上达到无机化学与分析化学有机地结合;又如何将激发学生的学习积极性、拓宽知识面与培养学生科学思维能力、科学学习方法和良好的科学品德等相互结合,是我们讲授多年无机及分析化学课程的教师一直在思考的问题。本书正是针对实际教学情况而编写的。本教材依照从易到难、循序渐进的原则安排教学内容。教材的总学时为 72,其中授课 48 学时,实验 24 学时。

本教材力求做到知识结构布局合理,将无机化学部分与分析化学部分有机地结合。在无机化学与分析化学结合的章节中,介绍完无机基础内容后,进一步介绍与其相应的分析方法、原理和应用,这样可节省教学时间。对仪器分析部分以简介的形式介绍。对重要的图形,使用最新图片。对重要的人名及概念在括号后给出英文注释。对教材的必修内容部分不仅提到概念,同时还给出解释并举例说明。每个章节的最后部分给出与该章相关的新近科技研究资料,有助于拓展学生的视野,启发学生将所学知识应用到实际研究中。书中部分选修内容,可根据实际情况选学或让学生自修。各章配备思考题和习题,加深学生对知识的进一步理解。在习题的选择上,按照教学大纲配备,难度适中,但有少量的难度题。题目的数量比现有教材多一些,以适应不同程度的学生。习题采用部分中文和英文练习题。

本教材在编写过程中,参考了兄弟院校相关教材的特点,同

时考虑到我校培养学生的需要,尽力体现了教学内容、教学时间及学科要求相互统一的特点。

本教材贯彻中华人民共和国国家法定计量单位,采用国家标准(GB3102.8—93)所规定的符号和单位。

为适应高等教育与国际教育接轨的发展趋势,本教材中的绝大部分专业术语以中英文两种文字给出。给出了一些与章节基础内容相关的术语的英文解释或描述。

本书第1、5、9、10、12、13、14章及附录由和玲编写,第3、4、6、7章由高敏编写,第2、8、11章由李银环编写。

唐玉海教授认真地审阅了全书并提出了宝贵的意见和建议,在此向他表示衷心的感谢。限于编者水平,书中定会有不足之处或错误,敬请专家、学者、读者批评指正。

编 者

2009年3月于西安交通大学

第 1 章 绪论	(1)
1.1 化学的分支	(1)
1.2 无机及分析化学的发展方向	(4)
1.3 学习无机及分析化学的重要性	(6)
化学视野 化学的明天	(7)
第 2 章 气体、溶液和溶胶	(10)
2.1 气体	(10)
2.1.1 理想气体状态方程	(10)
2.1.2 真实气体	(12)
2.1.3 分压定律	(14)
2.2 溶液	(15)
2.2.1 分散系	(15)
2.2.2 溶液的组成量度	(15)
2.2.3 稀溶液的依数性	(17)
2.3 溶胶	(22)
2.3.1 溶胶的胶团结构	(23)
2.3.2 溶胶的制备和净化	(23)
2.3.3 溶胶的性质	(24)
2.3.4 溶胶的稳定性和聚沉	(25)
2.3.5 高分子溶液和凝胶	(26)
化学视野 等离子体	(29)
Keywords and Expression	(29)
思考题	(30)
习题	(30)
第 3 章 化学热力学基础	(32)
3.1 基本概念及术语	(32)
3.1.1 系统与环境	(32)
3.1.2 状态与状态函数	(33)

3.1.3	过程与途径	(33)
3.1.4	热与功	(34)
3.1.5	反应进度	(34)
3.2	热力学第一定律	(35)
3.2.1	热力学能	(35)
3.2.2	热力学第一定律的数学表达式	(36)
3.3	热化学	(36)
3.3.1	化学反应的热效应——焓	(37)
3.3.2	热化学方程式	(38)
3.3.3	标准摩尔反应焓变	(38)
3.3.4	盖斯定律	(39)
3.3.5	标准摩尔生成焓	(40)
3.3.6	标准摩尔燃烧焓	(41)
3.3.7	键能与反应焓变的关系	(43)
3.4	热力学第二定律	(44)
3.4.1	自发过程的共同特征	(44)
3.4.2	熵	(44)
3.4.3	热力学第二定律	(46)
3.5	吉布斯函数	(47)
3.5.1	吉布斯函数	(47)
3.5.2	标准摩尔生成吉布斯函数变	(48)
3.5.3	温度对 ΔG 的影响	(49)
化学视野	石墨怎样才能变成金刚石	(50)
Keywords and Expression		(50)
思考题		(51)
习题		(51)

第4章 化学反应速率与化学平衡

4.1	化学反应速率的概念	(55)
4.1.1	平均速率和瞬时速率	(56)
4.1.2	定容反应速率	(58)
4.2	浓度对反应速率的影响——速率方程	(58)
4.2.1	化学反应速率方程	(58)
4.2.2	由实验确定反应速率方程的简单方法——初始速率法	(59)

4.2.3 浓度与时间的定量关系	(61)
4.3 温度对反应速率的影响——Arrhenius 方程	(62)
4.4 反应速率理论	(64)
4.4.1 碰撞理论	(64)
4.4.2 活化配合物理论	(65)
4.5 催化剂对反应速率的影响	(66)
4.6 化学平衡	(67)
4.6.1 平衡状态	(67)
4.6.2 平衡常数及其表示	(68)
4.6.3 标准平衡常数的实验测定	(69)
4.7 化学平衡的移动	(70)
4.7.1 反应商与反应方向	(70)
4.7.2 温度对标准平衡常数的影响	(71)
4.7.3 压力或体积变化对化学平衡的影响	(72)
4.7.4 浓度变化对化学平衡的影响	(73)
化学视野 半衰期	(73)
Keywords and Expression	(74)
思考题	(75)
习题	(76)

第 5 章 定量分析基础	(81)
5.1 定量分析方法分类	(81)
5.1.1 化学分析法	(81)
5.1.2 仪器分析法	(83)
5.1.3 化学分析法与仪器分析法的比较	(84)
5.2 定量分析的一般过程	(85)
5.2.1 样品采集	(86)
5.2.2 样品的预处理及分解制备	(86)
5.2.3 样品的测定	(87)
5.2.4 数据分析及结果报告	(87)
5.3 定量分析中的误差	(88)
5.3.1 准确度与误差	(88)
5.3.2 精密度与偏差	(89)
5.3.3 误差产生的原因和减免的方法	(91)
5.4 分析结果的数据处理	(92)

5.4.1	置信度与置信区间	(92)
5.4.2	可疑数据的取舍	(93)
5.4.3	分析结果的数据处理与报告	(94)
5.5	有效数字及其运算规则	(95)
5.5.1	有效数字	(95)
5.5.2	有效数字的修约及运算规则	(96)
5.6	滴定分析概述	(97)
5.6.1	基准物质和标准溶液	(98)
5.6.2	标准溶液浓度表示法	(100)
5.7	滴定方式及分析结果的计算	(102)
5.7.1	直接滴定法	(102)
5.7.2	返滴定法	(103)
5.7.3	置换滴定法	(104)
5.7.4	间接滴定法	(104)
	化学视野 回归分析	(105)
	Keywords and Expression	(106)
	思考题	(107)
	习题	(108)

第 6 章	酸碱平衡与酸碱滴定法	(110)
6.1	酸碱理论	(110)
6.1.1	酸碱电离理论	(110)
6.1.2	酸碱的质子理论	(111)
6.1.3	酸碱的电子理论	(114)
6.2	弱酸弱碱的解离平衡	(115)
6.2.1	水的解离和溶液的 pH 值	(115)
6.2.2	弱酸(碱)溶液中各型体的分布	(116)
6.3	酸碱溶液 pH 值的计算	(119)
6.3.1	一元弱酸(碱)溶液	(119)
6.3.2	多元弱酸(碱)溶液	(121)
6.3.3	两性物质溶液	(122)
6.4	缓冲溶液	(123)
6.4.1	同离子效应和盐效应	(123)
6.4.2	缓冲溶液	(124)
6.5	酸碱指示剂	(128)

6.5.1	指示剂的作用原理	(128)
6.5.2	指示剂的变色范围	(128)
6.5.3	混合指示剂	(130)
6.6	酸碱滴定原理	(131)
6.6.1	强碱滴定强酸	(131)
6.6.2	强碱滴定一元弱酸	(134)
6.6.3	强酸滴定弱碱	(137)
6.6.4	多元酸、混酸以及多元碱的滴定	(137)
6.7	酸碱滴定法的应用	(140)
6.7.1	酸碱标准溶液的配制与标定	(140)
6.7.2	酸碱滴定法应用示例	(141)
	化学视野 血浆的酸碱度	(143)
	Keywords and Expression	(143)
	思考题	(144)
	习题	(145)

第7章 沉淀溶解平衡与沉淀滴定法..... (148)

7.1	沉淀溶解平衡和溶度积	(148)
7.1.1	沉淀溶解平衡	(148)
7.1.2	溶解度和溶度积	(149)
7.2	沉淀的生成和溶解	(150)
7.2.1	溶度积规则	(150)
7.2.2	同离子效应和盐效应	(151)
7.2.3	酸度的影响	(153)
7.2.4	沉淀的配位溶解	(154)
7.3	分步沉淀和沉淀转化	(154)
7.3.1	分步沉淀	(154)
7.3.2	沉淀的转化	(155)
7.4	重量分析法	(156)
7.4.1	重量分析法对沉淀形式的要求	(156)
7.4.2	重量分析法对称量形式的要求	(157)
7.4.3	沉淀的纯度和沉淀条件的选择	(157)
7.4.4	重量分析结果的计算	(160)
7.5	沉淀滴定法	(161)
7.5.1	莫尔法	(161)

7.5.2 佛尔哈德法	(163)
7.5.3 法扬司法	(164)
化学视野 盐析	(165)
Keywords and Expression	(165)
思考题	(166)
习题	(167)
第 8 章 氧化还原平衡与氧化还原滴定法	(169)
8.1 氧化还原反应的基本概念和方程式的配平	(169)
8.1.1 氧化还原反应的基本概念	(170)
8.1.2 氧化还原反应方程式的配平	(172)
8.2 电化学电池	(173)
8.2.1 原电池	(173)
8.2.2 电解池	(174)
8.3 电极电势	(175)
8.3.1 电极电势的产生	(175)
8.3.2 标准电极电势及其测定	(176)
8.4 影响电极电势的因素	(177)
8.4.1 能斯特方程式	(177)
8.4.2 影响电极电势的因素	(178)
8.5 电极电势和电池电动势的应用	(180)
8.5.1 判断氧化剂和还原剂的相对强弱	(180)
8.5.2 判断氧化还原反应进行的方向和次序	(180)
8.5.3 判断氧化还原反应进行的程度	(181)
8.5.4 计算非氧化还原反应的平衡常数	(182)
8.6 元素电势图及其应用	(182)
8.6.1 元素电势图	(182)
8.6.2 元素电势图的应用	(182)
* 8.7 氧化还原反应的条件电极电势	(184)
8.7.1 条件电极电势	(184)
8.7.2 氧化还原反应的条件平衡常数	(185)
8.8 氧化还原反应的速率及其影响因素	(186)
8.9 氧化还原滴定原理	(187)
8.9.1 氧化还原滴定曲线	(187)
8.9.2 氧化还原滴定法的指示剂	(189)

8.10 氧化还原滴定法	(190)
8.10.1 高锰酸钾法	(191)
8.10.2 重铬酸钾法	(193)
8.10.3 碘量法	(194)
8.11 氧化还原滴定法的应用	(197)
化学视野 化学电源简介	(199)
Keywords and Expression	(202)
思考题	(202)
习题	(203)
第9章 原子结构	(207)
9.1 原子结构理论发展简史	(207)
9.1.1 道尔顿的原子论	(207)
9.1.2 卢瑟福的行星式原子模型	(208)
9.1.3 氢原子光谱与玻耳原子轨道模型	(208)
9.2 微粒的波粒二象性及波动方程	(211)
9.2.1 微粒的波粒二象性	(211)
9.2.2 微粒的波动方程—Schrödinger 方程	(212)
9.3 氢原子结构和核外电子的运动状态	(215)
9.3.1 氢原子的基态	(215)
9.3.2 电子云图	(216)
9.3.3 氢原子的激发态	(217)
9.3.4 $D(r)$ 径向分布函数	(219)
9.4 多电子原子核外电子运动状态	(220)
9.4.1 鲍林近似能级图	(220)
9.4.2 科顿能级图	(221)
9.4.3 屏蔽效应和钻穿效应	(222)
9.4.4 基态原子的核外电子排布	(223)
9.5 原子结构与元素周期律	(226)
9.5.1 元素周期表	(226)
9.5.2 核外电子排布与周期表的关系	(227)
9.5.3 原子结构与元素性质的周期性	(229)
化学视野 纳米材料分类及制备方法	(234)
Keywords and Expression	(237)
思考题	(238)

习题	(240)
第 10 章 分子结构	(242)
10.1 价键理论	(243)
10.1.1 共价键的形成和本质	(243)
10.1.2 价键理论的基本要点与共价键的特点	(244)
10.1.3 共价键的键型	(245)
10.2 杂化轨道理论	(247)
10.2.1 杂化轨道理论的要点	(247)
10.2.2 杂化轨道类型	(248)
10.3 价层电子对互斥理论	(252)
10.3.1 价层电子对互斥理论的基本要点	(252)
10.3.2 分子几何构型的预测	(252)
10.4 分子轨道理论	(255)
10.4.1 分子轨道理论的基本要点	(255)
10.4.2 分子轨道能级图	(256)
10.4.3 应用举例	(257)
10.5 金属键	(259)
10.5.1 金属键的电子海模型	(259)
10.5.2 金属键的能带理论	(260)
10.6 离子键	(261)
10.6.1 离子键及其特点	(261)
10.6.2 晶格能	(262)
10.6.3 离子极化	(263)
10.7 键参数	(264)
10.7.1 键级	(264)
10.7.2 键能	(264)
10.7.3 键长	(266)
10.7.4 键角	(267)
10.7.5 键矩与部分电荷	(267)
10.8 分子间作用力和氢键	(268)
10.8.1 分子间作用力	(268)
10.8.2 氢键	(270)
化学视野 超分子化学	(271)
Keywords and Expression	(272)

思考题	(273)
习题	(274)
第 11 章 配位平衡与配位滴定法	(276)
11.1 配合物的基本概念和命名	(277)
11.1.1 配合物的定义、组成及命名	(277)
11.1.2 配合物的类型	(281)
11.2 配合物的化学键理论	(283)
11.2.1 配合物的价键理论	(283)
11.2.2 配合物的晶体场理论	(286)
11.3 配位解离平衡	(290)
11.3.1 配位解离平衡和平衡常数	(290)
11.3.2 配位平衡的移动	(293)
11.4 配位滴定法概述	(295)
11.4.1 概述	(295)
11.4.2 EDTA 及其配合物的性质	(295)
11.5 副反应系数和条件稳定常数	(297)
11.5.1 滴定剂 Y 的副效应和副反应系数	(297)
11.5.2 金属离子的副反应和副反应系数	(299)
11.5.3 配合物的副反应和副反应系数	(299)
11.5.4 配合物的条件稳定常数	(300)
11.6 配位滴定法的基本原理	(300)
11.6.1 配位滴定曲线	(301)
11.6.2 配位滴定中酸度的控制	(302)
11.6.3 金属指示剂	(304)
11.7 提高配位滴定法选择性的方法	(306)
11.7.1 控制溶液的酸度	(306)
11.7.2 加入掩蔽剂	(307)
11.7.3 解蔽作用	(308)
11.8 配位滴定的方式和应用示例	(308)
化学视野 配合物的应用	(311)
Keywords and Expression	(312)
思考题	(313)
习题	(313)

第 12 章 分光光度法	(316)
12.1 物质的颜色与光的吸收	(316)
12.2 光的吸收定律——朗伯-比尔定律	(318)
12.2.1 朗伯-比尔定律	(318)
12.2.2 朗伯-比尔定律的偏离	(321)
12.3 分光光度计及测定方法	(321)
12.3.1 分光光度计的基本构造	(321)
12.3.2 定量分析方法	(323)
12.4 显色反应及显色条件的选择	(325)
12.4.1 显色反应及显色剂	(325)
12.4.2 显色条件的选择	(325)
12.4.3 干扰物质及其消除方法	(326)
12.4.4 吸光度测定条件的选择	(327)
12.5 分光光度法的应用	(328)
12.5.1 单组分的测定	(328)
12.5.2 配合物组成的测定——等摩尔比法	(329)
化学视野 分子荧光与磷光分析法	(330)
Keywords and Expression	(335)
思考题	(337)
习题	(337)
 第 13 章 现代仪器分析法	 (338)
13.1 色谱分析法	(338)
13.1.1 概述	(338)
13.1.2 气相色谱分析原理	(340)
13.1.3 气相色谱法的定性和定量分析	(342)
13.1.4 气相色谱的流动相及固定相	(346)
13.1.5 高效液相色谱分析方法	(347)
13.2 原子吸收光谱法	(352)
13.2.1 原子吸收光谱法简介	(352)
13.2.2 原子吸收光谱法的基本原理	(353)
13.2.3 原子吸收分光光度计	(354)
13.2.4 定量分析方法	(355)
13.3 电位分析法	(356)
13.3.1 指示电极和参比电极	(356)