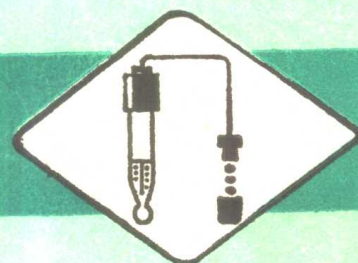
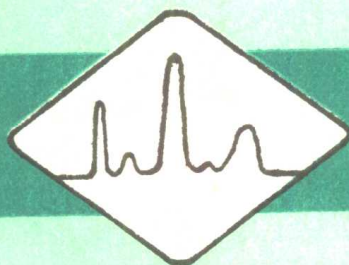
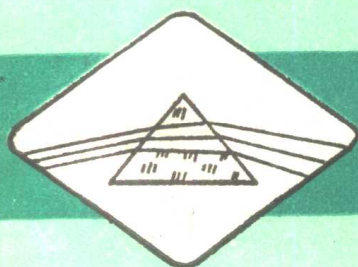
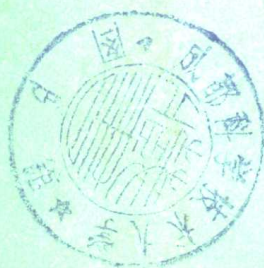


921966

仪 器 分 析

YIQIFENXI

王 崇 尧 主 编



兵器工业出版社

仪 器 分 析

王 崇 尧 主 编

兵器工业出版社

内 容 简 介

本书是根据目前机械电子工业部门常用仪器分析方法的基本原理、仪器结构和基础仪器分析实验的要求进行编写的。全书各章包括：绪论、分光光度法、发射光谱分析法、原子吸收分光光度法、电导分析法、电位及离子选择电极分析法、电解及库仑分析法、极谱分析法和气相色谱分析法。内容结合实际，文字比较简练。

本书可作大专院校分析化学、环境监测、化工工艺、地质冶金等专业的教材，也可做为招高中毕业生的中等专业学校教材，并可供工厂企业部门的有关工程技术人员参考。

本书经原兵器工业部教材编审室同意，作为教材公开出版。原兵器工业部教材编审室责任编辑：孙业斌。

仪 器 分 析

王 崇 尧 主 编

•

兵器工业出版社 出版

(北京市海淀区车道沟10号)

新华书店总店科技发行所发行

各地新华书店经销

华新印刷厂印装

•

开本：787×1092 1/16 印张：20 字数：490千字

1990年4月第1版 1990年4月第1次印装

印数：1~3000 定价：3.95元

ISBN 7-80038-188-9/O·11 (课)

前 言

本书由沈阳工业学院专科部、太原机械学院专科部和陕西第一工业学校根据原兵器工业部教育司的指示精神和我们三院校多年的教学经验编写的。全书共九章，可分三大部分：光学分析部分有分光光度法、发射光谱分析法、原子吸收分光光度法；电化学部分有电导分析法、电位分析法、电解和库仑分析法、极谱分析法；色谱部分有气相色谱分析法。每章除讲基本原理、影响因素及仪器结构外，并配合有基础仪器分析实验和复习题，供学员学习和实验使用。

本书的第三、四两章由太原机械学院专科部申巨才同志编写，第五、六、七、八章由陕西第一工业学校李周绪同志编写，其余各章由沈阳工业学院专科部王崇尧同志编写。全书由王崇尧同志主编，太原机械学院副院长刘镇宁同志主审。

本书在编写过程中得到原兵器工业部教育研究室、三院校领导和有关工厂的大力支持，关有威同志对封面设计提了宝贵意见，在此深表感谢。

本书虽经几次讨论修改，但由于编者水平所限，错误或不妥之处难免，恳请使用本书的同志提出批评指正。

编 者

1990.1.10

目 录

第一章 绪论	(1)
§ 1.1 仪器分析的内容和分类	(1)
1.1.1 光学分析法	(1)
1.1.2 电化学分析法	(1)
1.1.3 色谱法	(2)
1.1.4 其它仪器分析法	(2)
§ 1.2 仪器分析的特点和局限性	(2)
1.2.1 仪器分析的特点	(2)
1.2.2 仪器分析的局限性	(3)
§ 1.3 仪器分析的发展趋势	(3)
§ 1.4 仪器分析的学习方法	(3)
复习题	(4)
第二章 分光光度法	(5)
§ 2.1 吸收光谱的基本知识	(5)
2.1.1 光的波粒二象性	(5)
2.1.2 电磁波谱	(5)
2.1.3 物质的颜色和光的选择吸收	(6)
§ 2.2 分子吸收光谱	(8)
2.2.1 分子吸收光谱的产生	(8)
2.2.2 紫外及可见吸收光谱与电子跃迁	(8)
§ 2.3 光吸收的基本定律	(13)
2.3.1 朗伯-比耳定律	(13)
2.3.2 偏离朗伯-比耳定律的原因	(16)
§ 2.4 比色和分光光度法及其仪器	(19)
2.4.1 目视比色法	(19)
2.4.2 光电比色法及光电比色计	(20)
2.4.3 可见及紫外分光光度法	(22)
§ 2.5 显色反应及影响因素	(25)
2.5.1 显色反应和显色剂	(25)
2.5.2 影响显色反应的因素	(30)
2.5.3 共存离子的干扰及消除	(32)
§ 2.6 光度测量误差及测量条件的选择	(33)
2.6.1 仪器测量误差	(33)
2.6.2 测量条件的选择	(35)
§ 2.7 分光光度法的应用	(36)
2.7.1 定量分析	(36)

2.7.2 定性分析	(37)
2.7.3 配合物组成(配合比)的测定	(38)
2.7.4 示差分光光度法	(38)
§ 2.8 分光光度法基础实验	(40)
2.8.1 72型分光光度计的安装及操作	(40)
[附录] 72型分光光度计《操作规程》和《维护与保养》	(42)
2.8.2 邻二氮菲分光光度法测定水中铁含量	(42)
2.8.3 751型紫外-可见分光光度计的波长校正	(44)
[附录] 751型紫外-可见分光光度计《操作规程》	(46)
2.8.4 高锰酸钾-重铬酸钾混合液的分析	(47)
复习题	(49)
第三章 发射光谱分析法	(51)
§ 3.1 概述	(51)
3.1.1 发射光谱分析的概念和基本过程	(51)
3.1.2 发射光谱分析的特点及其应用	(51)
§ 3.2 发射光谱分析的基本原理	(52)
3.2.1 原子结构	(53)
3.2.2 原子能级和能级图	(54)
3.2.3 光谱和光谱项	(56)
3.2.4 谱线强度	(58)
§ 3.3 光源	(60)
3.3.1 光源简介	(60)
3.3.2 光源种类	(61)
3.3.3 光源选择	(64)
3.3.4 试样引入分析间隙的方法	(65)
§ 3.4 摄谱仪	(66)
3.4.1 概述	(66)
3.4.2 棱镜摄谱仪	(67)
3.4.3 光栅摄谱仪	(70)
3.4.4 常用摄谱仪的光路图	(73)
§ 3.5 光谱感光板及暗室处理	(74)
3.5.1 光谱感光板	(75)
3.5.2 暗室处理	(76)
3.5.3 乳剂特性曲线及其作法	(79)
3.5.4 感光板的分类和选择	(80)
§ 3.6 观测设备	(82)
3.6.1 光谱投影仪	(82)
3.6.2 测微光度计	(83)
§ 3.7 光谱定性分析	(86)

3.7.1 元素光谱图和波长表	(86)
3.7.2 光谱定性分析方法	(87)
3.7.3 光谱半定量分析法	(89)
§ 3.8 光谱定量分析	(90)
3.8.1 光谱定量分析的基本原理	(90)
3.8.2 光谱定量分析的方法	(92)
3.8.3 光谱标样	(95)
§ 3.9 看谱镜	(96)
3.9.1 简介	(96)
3.9.2 常用看谱镜	(96)
3.9.3 看谱镜的应用	(97)
§ 3.10 光电直读光谱仪	(99)
3.10.1 简介	(99)
3.10.2 基本原理	(100)
3.10.3 光电直读光谱仪的组成	(100)
§ 3.11 光谱分析基础实验	(103)
3.11.1 看谱分析	(103)
3.11.2 摄谱仪的使用和调试	(107)
[附录] WPG-100型平面光栅摄谱仪的使用与维护	(108)
3.11.3 光谱定性分析	(111)
3.11.4 锰黄铜中铁、铝、铈杂质的光谱定量分析	(111)
[附录] 9W型测微光度计的使用与维护	(113)
3.11.5 乳剂特性曲线的绘制	(114)
复习题	(115)
第四章 原子吸收分光光度法	(117)
§ 4.1 概述	(117)
4.1.1 原子吸收光谱分析法概要	(117)
4.1.2 原子吸收光谱分析的特点	(117)
§ 4.2 原子吸收法的基本原理	(118)
4.2.1 原子吸收原理及定量关系	(118)
4.2.2 试样的原子化原理	(124)
§ 4.3 原子吸收分光光度计	(127)
4.3.1 光源	(128)
4.3.2 原子化器	(129)
4.3.3 光学系统	(131)
4.3.4 检测系统	(133)
4.3.5 原子吸收分光光度计的类型	(135)
4.3.6 原子吸收分光光度计的使用与维护	(136)
§ 4.4 干扰及其消除方法	(137)

4.4.1	光谱干扰及其消除	(138)
4.4.2	电离干扰及其消除	(139)
4.4.3	化学干扰与增感效应	(139)
4.4.4	物理干扰(基体效应)	(141)
4.4.5	背景吸收与扣除	(141)
§ 4.5	测量技术	(142)
4.5.1	定量分析方法	(142)
4.5.2	灵敏度及检出极限	(144)
4.5.3	测定条件的选择	(145)
4.5.4	分析结果不正常的原因	(147)
4.5.5	原子吸收分光光度法的应用	(147)
§ 4.6	原子吸收分光光度法的基础实验	(148)
4.6.1	原子吸收分光光度计主要性能指标的检验	(148)
4.6.2	自来水中钾、钠、钙、镁等元素的定性与定量分析实验	(150)
[附录 1]	WFD-Y 2 型原子吸收分光光度计《操作规程》	(152)
[附录 2]	GGX-2型原子吸收分光光度计《操作规程》	(153)
复习题		(154)
第五章	电导分析法	(156)
§ 5.1	电导分析的基本理论	(156)
5.1.1	电导和电导率	(156)
5.1.2	摩尔电导率和无限稀释摩尔电导率	(157)
§ 5.2	电导的测量方法和设备	(161)
5.2.1	测量电解质溶液电导的原理	(161)
5.2.2	电源	(162)
5.2.3	电导池	(162)
5.2.4	直读式电导仪	(164)
§ 5.3	电导法的应用	(164)
5.3.1	水质纯度的鉴定与监测	(165)
5.3.2	钢铁中碳和硫的快速分析	(165)
§ 5.4	电导滴定及其应用	(165)
5.4.1	电导滴定曲线	(165)
5.4.2	电导滴定法的应用	(166)
§ 5.5	电导分析基础实验	(167)
5.5.1	电导池常数及水纯度的测定	(167)
5.5.2	HCl和HAc混合液的电导滴定	(168)
复习题		(169)
第六章	电位分析法	(170)
§ 6.1	概述	(170)
§ 6.2	金属基指示电极	(171)

6.2.1	惰性金属电极(零类电极)	(171)
6.2.2	活性金属电极(第一类电极)	(171)
6.2.3	金属-难溶盐电极(第二类电极)	(172)
6.2.4	Hg-HgY ²⁻ 电极(汞滴电极)	(174)
§ 6.3	离子选择性电极——膜电极	(175)
6.3.1	离子选择性电极的概念和分类	(175)
6.3.2	玻璃电极	(176)
6.3.3	晶体电极	(179)
§ 6.4	参比电极	(181)
6.4.1	对参比电极性能的要求	(181)
6.4.2	甘汞参比电极	(182)
6.4.3	银-氯化银参比电极	(182)
§ 6.5	电极电位的测量原理和分析仪器	(183)
6.5.1	电极电位的表示方法和测量原理	(183)
6.5.2	酸度计	(184)
6.5.3	电极电位仪	(185)
§ 6.6	离子选择性电极法的定量分析方法	(185)
6.6.1	用浓度代替活度的条件	(185)
6.6.2	标准溶液	(186)
6.6.3	定量分析方法	(186)
§ 6.7	直接电位法的应用	(187)
§ 6.8	电位滴定法及其应用	(188)
6.8.1	电位滴定曲线及确定滴定终点方法	(188)
6.8.2	电位滴定的仪器设备	(193)
6.8.3	电位滴定的类型	(193)
6.8.4	电位滴定法的特点和应用	(194)
§ 6.9	电位分析基础实验	(195)
6.9.1	电位法测定溶液的pH值	(195)
6.9.2	离子选择性电极测定饮用水中的氟	(196)
6.9.3	电位法沉淀滴定测定氯	(197)
复习题		(199)
第七章 电解和库仑分析法		(200)
§ 7.1	电解分析法	(200)
7.1.1	概述	(200)
7.1.2	电解分析的基本原理	(200)
7.1.3	电解分析中有关实际问题	(203)
7.1.4	电解分析法及其应用	(205)
§ 7.2	库仑分析法	(208)
7.2.1	库仑分析法理论基础——法拉第定律	(208)

7.2.2 控制电位库仑分析法及其应用	(209)
7.2.3 恒电流库仑分析法及其应用	(210)
§ 7.3 电解和库仑分析基础实验	(215)
7.3.1 控制阴极电位电解法测定铜和铅	(215)
7.3.2 库仑滴定法测定砷	(216)
复习题	(218)
第八章 极谱分析法	(220)
§ 8.1 极谱分析法的基本原理	(220)
8.1.1 极谱分析基本装置和极谱分析法	(220)
8.1.2 浓差极化	(221)
8.1.3 滴汞电极上的电解作用	(222)
8.1.4 去极化电极	(222)
8.1.5 滴汞电极的特点	(223)
8.1.6 迁移电流与支持电解质	(223)
8.1.7 残余电流及其扣除	(224)
8.1.8 极大和极大抑制剂	(224)
8.1.9 氧波的干扰及除氧的方法	(225)
8.1.10 扩散电流及其影响因素	(226)
§ 8.2 半波电位和极谱定性分析原理	(227)
8.2.1 半波电位及极谱波方程式	(227)
8.2.2 半波电位的特性	(228)
8.2.3 半波电位的测量	(229)
8.2.4 影响半波电位的因素	(229)
§ 8.3 极谱定量分析方法	(230)
8.3.1 波高的测量方法	(230)
8.3.2 定量分析方法	(231)
§ 8.4 极谱分析实验室技术	(232)
8.4.1 底液的选择	(232)
8.4.2 汞的提纯	(233)
8.4.3 预防汞中毒的方法	(233)
§ 8.5 现代极谱法简介	(234)
8.5.1 极谱分析法特点	(234)
8.5.2 普通(经典)极谱法的缺点	(234)
8.5.3 几种近代极谱法简介	(234)
§ 8.6 极谱分析基础实验	(239)
8.6.1 极谱法原理的基础实验	(239)
8.6.2 水样中锌的定性和定量测定——标准曲线法	(239)
[附录] 883型笔录极谱仪的使用与维护保养	(240)
复习题	(241)

第九章 气相色谱分析法	(242)
§ 9.1 色谱分析法概述	(242)
9.1.1 色谱分析的分类	(242)
9.1.2 气相色谱分析流程	(242)
§ 9.2 气相色谱分析理论基础	(243)
9.2.1 气-固色谱和气-液色谱的基本原理	(243)
9.2.2 气相色谱流出曲线和有关术语	(244)
9.2.3 色谱柱效能	(246)
§ 9.3 色谱分离条件的选择	(250)
9.3.1 总分离效能指标	(250)
9.3.2 分离操作条件的选择	(252)
§ 9.4 固定相及选择	(253)
9.4.1 气-固色谱固定相	(253)
9.4.2 气-液色谱固定相	(254)
§ 9.5 毛细管色谱柱	(258)
9.5.1 空心毛细管色谱柱(开口管柱)	(258)
9.5.2 填充毛细管色谱柱	(258)
9.5.3 多孔层毛细管色谱柱	(259)
§ 9.6 气相色谱检测器	(259)
9.6.1 热导池检测器	(259)
9.6.2 氢火焰电离检测器	(262)
9.6.3 电子俘获检测器	(264)
9.6.4 火焰光度检测器	(264)
9.6.5 检测器的性能指标	(265)
§ 9.7 气相色谱定性方法	(269)
9.7.1 利用纯物质对照的定性分析法	(269)
9.7.2 利用文献保留数据的定性分析法	(269)
9.7.3 与其他方法结合的定性分析法	(270)
§ 9.8 气相色谱定量方法	(270)
9.8.1 峰面积的测量法	(270)
9.8.2 定量校正因子	(271)
9.8.3 常用的定量方法	(273)
§ 9.9 色谱柱的制备	(276)
9.9.1 色谱柱柱管的试漏和清洗	(276)
9.9.2 担体的处理	(276)
9.9.3 固定液的涂渍	(276)
9.9.4 色谱柱的装填	(276)
9.9.5 色谱柱的老化	(277)
§ 9.10 气相色谱分析的特点及其应用范围	(277)

§ 9.11 色谱分析基础实验.....	(278)
9.11.1 色谱柱的制备.....	(278)
9.11.2 色谱仪的安装和调试.....	(279)
9.11.3 柱效能的测定.....	(283)
9.11.4 醇系物的分析.....	(284)
复习题.....	(286)
附 录	(288)
附录一 金属与非金属元素的分析方法.....	(288)
附录二 一些常用的掩蔽剂.....	(296)
附录三 部分元素发射光谱灵敏线表①.....	(297)
附录四 用火花激发时的分析线对.....	(301)
附录五 用交流电弧激发时的分析线对.....	(302)
附录六 用火花激发铝合金的分析线对.....	(303)
附录七 标准电极电位 (18~25°C).....	(304)
附录八 极谱半波电位和扩散电流常数.....	(307)
参考书目	(308)

第一章 绪 论

分析化学可分为两大类：化学分析和仪器分析。化学分析是利用化学原理和化学反应为基础建立起来的分析方法。仪器分析是采用比较复杂或特殊的仪器设备，通过测量能表征物质的某些物理或物理化学性质来确定其化学组成、含量以及化学结构的一类分析方法。由于仪器分析法是以物质的物理和物理化学性质的测量为基础，所以也称为物理和物理化学分析法。

仪器分析是分析化学的重要组成部分。它是在化学分析的基础上发展起来的，是在生产和科研迫切需要的情况下发展起来的。由于电子技术、计算机技术和激光技术的发展也推动了仪器分析的发展。现在，仪器分析已成为工厂实验室、科研部门重要的检测手段，是实验化学的支柱。

§ 1.1 仪器分析的内容和分类

1.1.1 光学分析法

这种方法是物质发射的辐射能或辐射能与物质相互作用而建立起来的分析方法。它可分为：

(1) 原子发射光谱分析法 习惯上称做光谱分析法。当基态原子被激发成为激发态原子，由激发态原子回复到基态原子的过程中，它们以光的形式释放出能量。不同元素的原子所发射的谱线不同。根据发射谱线的特征，可做定性分析；根据发射谱线的强度，可做定量分析。

(2) 原子吸收光谱分析法 它是根据基态原子能够选择性地吸收特定波长的光波，其吸光程度与基态原子的浓度有函数关系，通过测定吸光度可进行定量分析。

(3) 分子吸收光谱分析法 它是根据物质的分子或离子对不同波长的光波的吸收特性而建立起来的分析方法，可用于测定物质的定性组成、定量组成以及进行结构分析。依所用光源的波长的区域不同，可分为紫外吸收光度分析法、可见光吸收光度分析法和红外吸收光谱分析法。

此外还有荧光光谱、拉曼光谱和X-射线光谱等分析法。

1.1.2 电化学分析法

这是利用物质的电化学性质来测定物质组成的分析方法。研究溶液的电导、电极电位、电流、电量、电流-时间曲线及电流-电位曲线等现象与溶液浓度之间的关系，是电化学分析的主要内容。因为电化学分析就是利用这些关系把被测物质的浓度转化为某种电信号而加以测量的。它可分为：

(1) 电导分析法 它是基于测定物质的电导率（或电阻）而进行定量测定的分析方法。电导法也可以用于指示化学分析中的滴定终点，称为电导滴定法。

(2) 电解分析法 它是基于对试样溶液进行电解，使被测物质析出于已知重量的电极

上用重量法求其分析结果,也称为电重量法。它可以分为恒电流电解分析法、控制电位电解分析法等。

(3) 库仑分析法 它是基于电解定律而建立的分析方法。它通过测量电解所消耗的电量而计算被测成分的含量,故又称电量分析法。它可分为控制电位库仑分析法和恒电流库仑分析法。

(4) 电位分析法 它是基于溶液中某种离子的活度(浓度)和相应的指示电极的电位具有一定的函数关系,通过测量电极电位而进行定量测定的分析方法。它包括离子选择性电极分析法和电位滴定法。

(5) 极谱分析法 它是基于研究和测量在特定条件(滴汞电极为极化电极)下的极化曲线,进行定性和定量测定的分析方法。它又发展为许多近代极谱分析法,如示波极谱、方波极谱、催化波极谱及阳极溶出极谱法等。

1.1.3 色谱法

色谱分析是一种物理分离方法。它是根据混合物各组分,在互不相溶的两相(固定相与流动相)中的吸附能力、分配系数或其它亲和作用性能的差异作为分离依据的。当混合物中各组分随着流动相移动时,在流动相和固定相之间进行反复的分配。这样就能使吸附能力(分配系数)不同的组分在移动速度上产生差异,使各组分得到分离。用气体作为流动相的称为气相色谱;用液体作为流动相的称为液相色谱。

1.1.4 其它仪器分析法

除上面介绍的常用的仪器分析方法外,还有质谱法、放射化学分析法、核磁共振和差热分析等,已经在某些生产和科研中得到应用。但是由于这些方法涉及理论较深,仪器结构复杂,价格昂贵,用途特殊,目前尚未普遍采用,这里就不做介绍了。

§ 1.2 仪器分析的特点和局限性

1.2.1 仪器分析的特点

(1) 具有较高的准确度、灵敏度和分析速度 在准确度方面,对于含量在 $10^{-5} \sim 10^{-9} \%$ 的范围内的杂质测定的相对误差可降低到 $1 \sim 10 \%$ 左右。

在提高灵敏度方面,能够实现极少量样品和极低浓度的分析。相对灵敏度由ppm级(10^{-6})发展到ppb级(10^{-9})和ppt级(10^{-11})。绝对灵敏度由 10^{-4}g 提高到 10^{-9}g 和 10^{-12}g 。

在分析速度方面,能实现在极短时间内完成一个分析周期。例如,在冶金部门,用光电直读光谱仪在 $1 \sim 2 \text{min}$ 之内可同时对钢中20多个元素给出分析结果,有利于对炼钢过程进行中间控制,加快炼钢速度。

(2) 能够实现分析极少量样品,进行不破坏试样的分析 这对考古文物分析,以及其它一些特殊领域的分析,用途很大。

(3) 有利于发展遥测分析,不经取样的远距离测定组分方法的建立,环境介质组分等自动监测方法的建立,都迫切需要。

(4) 由元素分析发展到有关空间分布、微区分布、存在状态及化学结构等特征分析。

各类仪器分析方法都具有一定的应用范围和优越性,但它也有不足之处,在使用上还有一定的局限性。

1.2.2 仪器分析的局限性

(1) 仪器价格比较昂贵,特别是大型和复杂的精密仪器很难普遍采用。

(2) 仪器分析相对误差较大,不适于常量和高含量成分的测定。多数的仪器分析方法的相对误差较大,例如,发射光谱法的相对误差为5~20%。

(3) 仪器分析是一种相对的分析方法,一般需用标准样品作标准来对照,而这些标准样品的成分多半需要化学分析方法来确定。而且在进行复杂物质的分析时,往往不是用一种方法而是综合应用几种分析方法。

因此,化学分析方法和仪器分析方法是相辅相成的,使用时可根据具体情况,取长补短互相配合,充分发挥各种方法的特长,只有这样才能更好地解决分析化学中的问题。

§ 1.3 仪器分析的发展趋势

现代分析化学的任务不仅要作成分分析,而且要作状态、价态、结构、微粒、微区及薄层纵深分析。同时对分析测试的准确度,灵敏度,分析速度和操作的简便性等各个方面都不断地提出新的要求。对于这些分析化学的新任务和新要求,必将促使仪器分析更快的发展。

值得指出的是仪器分析是不能完全取代化学分析的,仪器分析的发展并不排斥化学分析的发展,两者往往是互相渗透和互相促进。从目前来看,仪器分析的发展趋势主要表现在以下几个方面:

(1) 将计算机与分析仪器联合起来使用,实现分析仪器计算机化是仪器分析的一个重要发展方向。计算机不仅能用于运算分析结果(包括贮存标准数据),而且还可以控制仪器的全部操作。包括仪器的校正,分析条件的控制,分析程序的控制,背景扣除以及自动连续分析,最后以数字显示和打印出分析结果,从而实现分析工作的全自动化。

(2) 将两种或两种以上的分析仪器联合起来使用,称为多机联用。多机联用可以实现“扬长避短”,充分发挥各种方法的优点。例如,气相色谱法的分离效率很高,质谱分析法的鉴定能力很强,两者组合成色谱-质谱联用仪,提高了分析效能,成为分析复杂试样的有力工具。

(3) 吸取其它科学的新成就,创建新分析方法。现代科学技术发展特点之一,就是各学科之间互相渗透,互相促进,彼此之间界限越来越不明显。因此,吸收其他学科在理论上和技术上的新成就,创建新分析方法,是仪器分析又一发展方向。例如,60年代以来由于激光技术应用于分析化学,使早在30年代已建立起来但很少应用的拉曼光谱获得了新生。现在激光拉曼光谱法的应用和发展很快。激光还可以做为发射光谱的光源,使它的分析灵敏度、精密度和应用范围都得到了很大的提高和扩大。

总之,仪器分析要向高灵敏度、高精密度、高准确度及高分析速度的方向发展。而我国的分析化学,目前仍处在比较落后的状态,仪器分析尤其处于薄弱地位。所以我们有责任学好这门课程,为更好、更快地发展和应用仪器分析做出贡献。

§ 1.4 仪器分析的学习方法

首先,应充分理解和掌握分析原理。在仪器分析中各种分析方法的分析原理是不同的。

但都是根据物质在某种反应（物理的或物理化学的）过程中，某些物理性质或物理量的变化而进行测定的。所以学习分析原理应该从本质上弄清楚物质在反应中的某些性质或物理量的变化规律，不仅要从定性和定量关系上了解清楚，还应该弄清反应的适应条件和应用范围。

其次，应结合分析原理熟悉仪器结构原理（包括光学、电器和机械原理等）。因为仪器的结构都是为实现分析目的而设计的，所以从分析原理上去了解仪器结构，既容易掌握仪器结构，又能进一步熟悉分析原理。同时对仪器的使用增加了感性认识。

最后，做好实验。实验能够帮助我们掌握仪器使用方法，学会对每个具体试样如何进行分析，为掌握和熟悉仪器性能提供了良好的条件。同时又可深入了解这种方法的特点和适用范围。

复 习 题

1. 什么是仪器分析？它与化学分析有何区别？
2. 光学分析法包括哪些内容？电化学分析法包括哪些内容？
3. 什么是色谱分析？什么是气相色谱分析？
4. 仪器分析有什么特点和局限性？
5. 仪器分析发展的趋势是什么？举例说明它在祖国四化建设中有什么重要作用？
6. 仪器分析和化学分析的关系是什么？
7. 怎样才能学好仪器分析？

第二章 分光光度法

§ 2.1 吸收光谱的基本知识

2.1.1 光的波粒二象性

我们日常所见的白光(如日光),经棱镜分光后,可得红、橙、黄、绿、青、蓝、紫等光。换句话说,白光是上述几种光按一定的比例混合而成的。除了这种可见光外,还有人们眼睛看不见的紫外光、红外光、X射线、 γ 射线、微波和无线电波等。现代物理学证明,所有这些电磁辐射或叫电磁波。

光具有两象性:波动性和粒子性。波动性是指光按波的形式传播。例如,光的折射、衍射和干涉等现象,就明显地表现其波动性。光的波长 λ 、频率 ν 与速度 c 的关系为

$$\nu = \frac{c}{\lambda} \quad (2-1)$$

式中 λ 的单位为cm; ν 的单位为Hz; c 为光速,等于 2.9979×10^{10} cm/s。

光同时又具有粒子性。例如,光电效应就明显地表现其粒子性。光是由“光微粒子”(光量子或光子)所组成的。光量子的能量 E 与波长 λ 的关系为

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \quad (2-2)$$

式中 E 的单位为J; λ 的单位为cm; ν 的单位为Hz; $h = 6.63 \times 10^{-34}$ J·s为普朗克常数。

由上式可知,不同波长的光,其能量不同,短波的能量大,长波的能量小。

2.1.2 电磁波谱

表2-1 电磁波谱区分类表

光谱名称	波长范围	跃迁类型	分析方法
X-射线	$10^{-1} \sim 10$ nm	K和L层电子	X-射线光谱法
远紫外光	10 ~ 200nm	中层电子	真空紫外 ^① 光度法
近紫外光	200 ~ 400nm	} 价电子	紫外光度法
可见光	400 ~ 750nm		比色及可见光度法
近红外光	0.75 ~ 2.5 μ m		近红外光谱法
中红外光	2.5 ~ 5.0 μ m	} 分子振动	中红外光谱法
远红外光	5.0 ~ 1000 μ m		远红外光谱法
微波	0.1 ~ 100cm	分子转动和低位振动	微波光谱法
无线电波	100 ~ 1000cm	分子转动	核磁共振光谱法

①由于远紫外光为空气所吸收,故称真空紫外区。