

九章丛书

分析化学

第五版 下册

同步辅导及习题全解

主编 苏志平

- ◆ 知识点窍 ◆ 逻辑推理 ◆ 习题全解
- ◆ 全真考题 ◆ 名师执笔 ◆ 题型归类



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

新版

内容提要

本书是与高等教育出版社出版的、武汉大学主编的《分析化学》(第五版·下册)一书配套的同步辅导和习题解答辅导书。

本书按教材内容安排全书结构,各章均包括知识点归纳、典型例题与解题技巧、课后习题全解三部分内容。全书按教材内容,针对各章节习题给出详细解答,思路清晰,逻辑性强,循序渐进地帮助读者分析并解决问题,内容详尽,简明易懂。

本书可作为高等院校学生学习分析化学课程的辅导教材,也可作为考研人员复习备考的辅导教材,同时可供教师备课命题作为参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

分析化学(第五版·下册)同步辅导及习题全解 /
苏志平主编. — 北京:中国水利水电出版社, 2011.8
(高校经典教材同步辅导丛书)
ISBN 978-7-5084-8846-2

I. ①分… II. ①苏… III. ①分析化学—高等学校—
教学参考资料 IV. ①O65

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第145389号

策划编辑:杨庆川 责任编辑:杨元泓 封面设计:李佳

书 名	高校经典教材同步辅导丛书
作 者	分析化学(第五版·下册)同步辅导及习题全解
出 版 发 行	主 编 苏志平 中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net (万水) sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)、82562819 (万水)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	北京市梦宇印务有限公司
规 格	170mm×227mm 16开本 15.25印张 316千字
版 次	2011年8月第1版 2011年8月第1次印刷
印 数	0001—7000册
定 价	22.80元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

编 委 会

(排名不分先后)

程丽园	李国哲	陈有志	苏昭平
郑利伟	罗彦辉	邢艳伟	范家畅
孙立群	李云龙	刘 岩	崔永君
高泽全	于克夫	尹泉生	林国栋
黄 河	李思琦	刘 闯	侯朝阳

前言

分析化学是化学及其相关专业重要的基础课之一,也是报考该类专业硕士研究生考试的必考科目。

武汉大学主编的《分析化学》(第五版)以体系完整、结构严谨、层次清晰、深入浅出的特点成为这门课程的经典教材,被全国许多院校采用。

学习分析化学的目的是掌握分析化学中的基础理论知识、基本分析和实验方法,进而解决在化学研究中出现的相关问题,同时也为后续专业课程的学习打下良好的基础。

为了帮助读者更好地学习这门课程,掌握更多的知识,我们根据多年的教学经验编写了这本与此教材配套的《分析化学(第五版·下册)同步辅导及习题全解》。本书旨在使广大读者理解基本概念,掌握基本知识,学会基本解题方法与解题技巧,进而提高应试能力。本书作为一种辅助性的教材,具有较强的针对性、启发性、指导性和补充性。

考虑到分析化学这门课程的特点,我们在内容上作了以下安排:

1. 课程学习指南 从该课程的知识体系出发,对各个章节在全书中的位置,以及与其他章节的联系作了简明扼要的阐述,使学习更有重点。

2. 知识点归纳 串讲概念,总结性质和定理,使知识全面系统,便于掌握。

3. 典型例题与解题技巧 精选各类题型,涵盖本章所有重要知识点,对题目进行深入、详细地讨论和分析,并引导学生思考问题,能够举一反三、拓展思路。

4. 课后习题全解 给出了武汉大学主编的《分析化学》(第五版·下册)各章习题的答案。

本书在编写时参考了大量的优秀教材和权威考题。在此,谨向有关作者和所选考试、考研试题的命题人以及对本书的出版给予帮助和指导的所有老师、同仁表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,本书难免出现不妥之处,恳请广大读者批评指正。

编者

2011年6月

目 录

第一章 绪 论	1
知识点归纳	1
典型例题与解题技巧	4
课后习题全解	4
第二章 光谱分析法导论	5
知识点归纳	5
典型例题与解题技巧	8
课后习题全解	11
第三章 原子发射光谱法	14
知识点归纳	14
典型例题与解题技巧	19
课后习题全解	22
第四章 原子吸收光谱法与原子荧光光谱法	24
知识点归纳	24
典型例题与解题技巧	30
课后习题全解	32
第五章 X 射线光谱法	39
知识点归纳	39
典型例题与解题技巧	42
课后习题全解	43
第六章 原子质谱法	46
知识点归纳	46
典型例题与解题技巧	48
课后习题全解	49
第七章 表面分析方法	51
知识点归纳	51
典型例题与解题技巧	54

课后习题全解	55
第八章 分子发光分析法	58
知识点归纳	58
典型例题与解题技巧	62
课后习题全解	64
第九章 紫外 - 可见吸收光谱法	67
知识点归纳	67
典型例题与解题技巧	71
课后习题全解	72
第十章 红外吸收光谱法	77
知识点归纳	77
典型例题与解题技巧	82
课后习题全解	86
第十一章 激光 Raman 光谱法	92
知识点归纳	92
典型例题与解题技巧	93
课后习题全解	94
第十二章 核磁共振波谱法	97
知识点归纳	97
典型例题与解题技巧	101
课后习题全解	107
第十三章 电分析化学导论	110
知识点归纳	110
典型例题与解题技巧	111
课后习题全解	113
第十四章 电位分析法	120
知识点归纳	120
典型例题与解题技巧	122
课后习题全解	124
第十五章 伏安法与极谱法	130
知识点归纳	130
典型例题与解题技巧	132
课后习题全解	135
第十六章 电解和库仑法	144
知识点归纳	144
典型例题与解题技巧	146
课后习题全解	148

第十七章 电分析化学新方法	154
知识点归纳	154
典型例题与解题技巧	155
课后习题全解	155
第十八章 色谱法导论	157
知识点归纳	157
典型例题与解题技巧	161
课后习题全解	163
第十九章 气相色谱法	172
知识点归纳	172
典型例题与解题技巧	176
课后习题全解	178
第二十章 高效液相色谱法	182
知识点归纳	182
典型例题与解题技巧	185
课后习题全解	186
第二十一章 毛细管电泳和毛细管电色谱	191
知识点归纳	191
典型例题与解题技巧	193
课后习题全解	194
第二十二章 其他分离分析方法	196
知识点归纳	196
典型例题与解题技巧	197
课后习题全解	198
第二十三章 分子质谱法	200
知识点归纳	200
典型例题与解题技巧	203
课后习题全解	208
第二十四章 热分析	214
知识点归纳	214
典型例题与解题技巧	216
课后习题全解	218
第二十五章 流动注射分析及微流控技术	224
知识点归纳	224
典型例题与解题技巧	225

课后习题全解	226
第二十六章 分析仪器测量电路、信号处理及计算机应用基础	228
知识点归纳	228
课后习题全解	229

第一章

绪 论

知识点归纳

一、分析化学发展和仪器分析的地位

分析化学是发展和应用各种方法、仪器和策略以获取有关物质在空间和时间方面组成和性质的信息的一门科学,它包括化学分析和仪器分析两大部分。

化学分析是指利用化学反应和它的计量关系来确定被测物质组成和含量的一类分析方法。

仪器分析是指采用比较复杂或特殊的仪器设备,通过测量物质的某些物理或物理化学性质、参数及其变化来确定物质的组成、成分含量及化学结构等信息的分析方法。这些方法一般都有独立的方法原理及理论基础。

随着科学技术的发展,分析化学在方法和实验技术方面都发生了深刻的变化,特别是新的仪器分析方法不断出现,且其应用日益广泛,从而使仪器分析在分析化学中所占的比重不断增长。

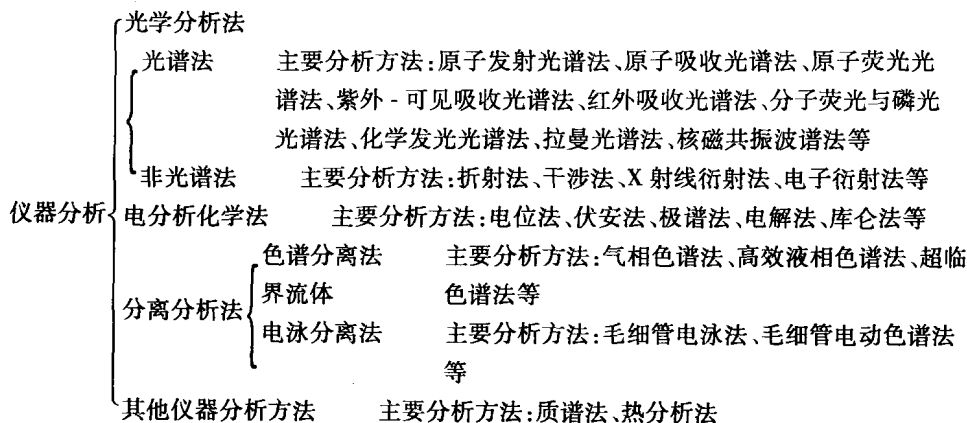
仪器分析是分析化学的发展主流,分析化学正向分析科学发展。

二、仪器分析的特点(与化学分析比较)

- (1)试样用量少,适用于微量、半微量乃至超微量分析;
- (2)检测灵敏度高,最低检出量和检出浓度大大降低;
- (3)重现性好,分析速度快,操作简便,易于实现自动化、信息化和在线检测;
- (4)可实现试样非破坏性分析及表面、微区、形态等分析;
- (5)可实现复杂混合物成分分离、鉴定或结构测定;
- (6)一般相对误差较大,不适宜常量和高含量成分分析;
- (7)需要结构复杂的昂贵仪器设备,分析成本一般比化学分析高。

三、仪器分析方法的分类

按分析方法分类有如下:



四、分析仪器

现代分析仪器品种繁多、型号多变、结构各异、计算机应用和智能化程度等差别很大,一般包括如图 1-1 所示的四个基本结构单元或系统。

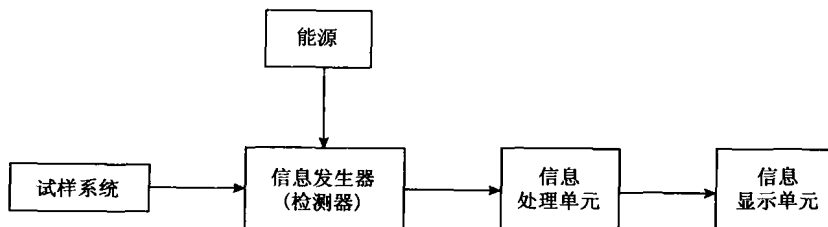


图 1-1 分析仪器基本结构单元

五、仪器分析性能指标

1. 精密度

精密度是指使用同一分析仪器的同一方法多次测定所得到分析数据间的一致程度,是表征随机误差大小的指标,亦称为重复测定结果随测定平均值的分散度,即重现性。用相对标准差 d_r 表示精密度(也记为 RSD)。

$$d_r = \frac{s}{x_n}$$

式中, s 为绝对标准偏差, x_n 为 n 次测定平均值,即

$$x_n = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_n)^2}{n-1}}$$

2. 灵敏度

灵敏度是指区别具有微小浓度差异分析物能力的度量,也就是说,当浓度或含量有微小变化时,仪器或方法均可以觉察出来。

影响灵敏度的因素有两个:

- (1) 校正曲线的斜率;
- (2) 分析的重现性或精密度。

IUPAC 推荐使用“校准灵敏度”或者“校准曲线斜率”作为衡量灵敏度高低的标准。

$$R = S_c + S_{bl}$$

式中, R 为测定响应信号; S 为校准灵敏度; c 为分析物浓度; S_{bl} 为仪器的本底空白信号, 是校准曲线在纵坐标上的截距。但未考虑测定重现性影响, 因此, 有人建议以“分析灵敏度”表示, 即

$$S_a = \frac{S}{S_i}$$

式中, S 为校准曲线斜率; S_i 为测定标准偏差。

3. 检出限

检出限又称检测下限或最低检出量等, 定义为一定置信水平下检出分析物或组分的最小量或最低浓度。

检出限的分析信号 S_m 至少应等于空白信号平均值 S_{bla} 加 K 倍空白信号标准差 S_{bl} 之和, 即

$$S_m = S_{bla} + K S_{bl}$$

通过测定一定时间内 20 ~ 30 次空白可以获得 S_m , 统计处理得到 S_{bla} 和 s_{bl} 。按定义即得最低检测浓度 c_m 或最低检测量 q_m 。

$$c_m = \frac{S_m - S_{bla}}{S} = \frac{K S_{bl}}{S} = \frac{3 S_{bl}}{S}$$

$$q_m = \frac{3 S_{bl}}{S}$$

最低检测浓度或检测量表示能得到相当于三倍空白信号波动标准差或噪声信号的最低物质浓度或最小物质质量。灵敏度越高, 检出限越低。

4. 动态范围

动态范围是指定量测定最低浓度(LOQ)扩展到校准曲线偏离线性响应(LOL)的浓度范围。定量测定下限一般取等于 10 倍空白重复测定标准差。

5. 选择性

仪器方法的选择性是指避免试样中含有其他组分干扰组分测定的程度。

6. 响应速度

响应速度是指仪器对检测信号的反应速率, 定义为仪器达到信号总变化量一定百分数所需的时间。

7. 分辨率

分辨率是指仪器鉴别由两相近组分产生信号的能力。

六、分析仪器和方法校正

所谓校正, 就是将仪器分析产生的各种信号值转变成被待测物质的质量或浓度的过程。

各类仪器定量方法校正,根据标准物不同,一般分为外标法和内标法两类。外标法的特点是所使用的标准物质和被测定物质是同一物质;内标法的标准物与被测定物不是同一物质。

典型例题与解题技巧

1 评价一个仪器分析方法的分析特性一般需要从_____、_____、_____和_____等方面考虑。

【解题过程】 灵敏度 选择性 线性范围 精密度

2 简述仪器分析法的特点。

【解题过程】 (1)试样用量少,适用于微量、半微量乃至超微量分析;

(2)检测灵敏度高,最低检出量和检出浓度大大降低;

(3)重现性好,分析速度快,操作简便,易于实现自动化、信息化和在线检测;

(4)可在物质原始状态下分析,可实现试样非破坏性分析及表面、微区、形态等分析;

(5)可实现复杂混合物成分分离、鉴定或结构测定;

(6)相对误差较大,相对化学分析,较不适宜常量和高含量成分分析;

(7)需要结构较复杂的昂贵仪器设备,分析成本一般比化学分析高。

课后习题全解

1-2 化学分析与仪器分析的主要区别是什么?从分析化学整体来看,它们有哪些共同点?

【解题过程】 化学分析是利用化学反应和它的计量关系来确定被测物质组成和含量的,而仪器分析是采用比较复杂或特殊的仪器设备,通过测量物质的某些物理或物理化学性质、参数及其变化来获取物质的组成、成分含量及化学结构等信息的。它们的共同点均是涉及物质的结构及其各成分的测定,即定性定量分析,测量之前均需进行组分分离。

1-6 分析仪器一般包括哪些基本组成部分?通用性分析仪器和专用性仪器有何异同之处?

【解题过程】 分析仪器一般包括试样系统、能源、信息发生器、信息处理单元、信息显示单元构成。通用分析仪器根据仪器设计的物理或物理化学基础,可进一步分为光谱仪、色谱仪等,根据分析对象亦可分为分子分析仪和原子分析仪等。专用性分析仪器主要是指不同应用学科领域测定某些特定对象或项目的分析仪器,如大气监测仪、水质分析仪等。通用分析仪器是专用分析仪器产生的基础,大多数专用分析仪器具有通用分析仪器的共同物理、生物、化学原理和理论基础,只是根据应用对象不同,其结构、技术设计等更为复杂,涉及应用学科大量技术难题。

1-7 采用仪器分析进行定量分析为什么要进行校正?

【解题过程】 分析定量方法校正指的是建立仪器输出信号与被分析物质浓度或质量的关系,往往因为被分析物质中存在其他干扰物质,使得仪器响应信号不能如实反映被测物的含量,所以必须进行校正,常用的校正方法有校准曲线法、外标法、内标法、标准加入法等。

第二章

光谱分析法导论

知识点归纳

一、光分析法及其特点

光分析法:基于电磁辐射能量与待测物质相互作用后所产生的辐射信号与物质组成及结构关系所建立起来的分析方法。

电磁辐射范围为: γ 射线~射频。

光分析法在研究物质组成、结构表征、表面分析等方面发挥着重要作用。

任何光分析法均包含下面三个主要过程:

- (1)能源提供能量;
- (2)能量与被测物之间的相互作用;
- (3)产生被检测信号。

二、电磁辐射的性质

电磁辐射在真空中的传播速率等于光速,即

$$\lambda\nu = c$$

其能量与波长的关系为

$$E = h\nu = hc/\lambda = hc\sigma$$

式中 E 为能量,单位为 J 或 eV, $1\text{ eV} = 1.602\,2 \times 10^{-19}\text{ J}$; h 为普朗克常数 $6.626 \times 10^{-34}\text{ J} \cdot \text{s}$; ν 为频率,单位为 Hz,即 s^{-1} ; c 为光速 $2.998 \times 10^{10}\text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$; λ 为波长,单位为 nm(10^{-9} m)或 Å(10^{-10} m); σ 为波数,单位为 cm^{-1} 。

电磁辐射具有波动性和微粒性,即波粒二象性。

三、电磁波谱

电磁辐射具有广泛的波长分布,将电磁辐射按其波长(或频率、能量)顺序排列,即为电磁波谱。电磁辐射与物质相互作用的方式有发射、吸收、反射、折射、散射、干涉、衍射、偏振等。

- ①吸收 原子或分子选择性地吸收特定频率的辐射能,并从低能级向高能级的跃迁过程。
- ②发射 原子或分子由高能级向低能级跃迁并发射电磁辐射的过程。
- ③散射 分为丁铎尔散射和分子散射。
- ④折射 由于光在不同介质中的传播速率不同而引起的。
- ⑤反射 光作用于两种物质的界面时将发生的现象。
- ⑥干涉 频率相同、振动相同、相位相等或相差保持恒定的波源所发射的相干波互相叠加时所产生的现象,即干涉现象。
- ⑦衍射 光绕过物体而弯曲地向它后面传播的现象。

四、光谱法分类

- (1)基于原子、分子外层电子能级跃迁的光谱法;主要有原子吸收光谱法、原子发射光谱法、原子荧光光谱法、紫外-可见吸收光谱法、分子荧光光谱法、分子磷光光谱法、化学发光分析法。
- (2)基于分子转动、振动能级跃迁的光谱法;主要有红外吸收光谱法。
- (3)基于原子内层电子能级跃迁的光谱法;主要有 X 射线荧光法、X 射线吸收法和 X 射线衍射法。
- (4)基于原子核能级跃迁的光谱法;主要有核磁共振波谱法。
- (5)基于 Raman 散射的光谱法;主要有 Raman 光谱法。

五、光谱的形状

- (1)线光谱:辐射物质是单个的气态原子。通常说的原子光谱是线光谱。
- (2)带光谱:带光谱是由许多量子化的振动能级叠加在分子的基态电子能级上而形成的。它们是由一系列靠得很近的线光谱组成,因使用的仪器不能分辨完全而呈现出带光谱。通常说的分子光谱是线光谱。
- (3)连续光谱:固体加热至炽热会发射连续光谱,这类热辐射称为黑体辐射。

六、光谱分析仪器

典型的光谱仪都由五个部分组成:①稳定的光源系统;②试样引入系统;③波长选择系统(单色器、滤光片);④检测系统;⑤信号处理及读出系统。

1. 光源系统

常见的光源分为连续光源、线光源和脉冲光源。

连续光源:广泛应用于紫外-可见吸收光谱、分子荧光光谱、分子磷光光谱和红外吸收光谱中,如紫外光源为氢灯或氘灯,可见光源为钨灯,红外光源为能斯特灯、硅碳棒等。

线光源:广泛应用于原子吸收光谱、原子荧光光谱和 Raman 光谱中,常见的有金属蒸气灯、空心阴极灯和无极放电灯。

脉冲光源:采用脉冲方式发光,激光器是典型的脉冲光源。

2. 试样引入系统

(1)吸收池

紫外光区:石英材料;

可见光区:硅酸盐玻璃;

红外光区:根据不同的波长范围选用不同材料的晶体制成吸收池的窗口或将试样与溴化钾压制成透明片。

(2) 特殊装置

原子吸收分光光度法:雾化器中雾化;

原子发射光谱分析:试样喷入火焰。

3. 波长选择系统

波长选择系统通常有两种方式选择波长,其一是利用滤光片滤光,将不需要的光滤掉,其二是利用棱镜或光栅对光的几何色散功能对光进行色散,然后利用狭缝采集所需要的狭窄波段的光。

波长选择系统通常主要由一个色散元件和一个狭缝组成,采用色散元件的波长选择系统通常又称为单色器或单色仪。

单色器:是一种把来自光源的复合光分解为单色光,并分离出所需要波段光束的装置。

单色器主要由五部分组成:①入射狭缝:限制杂散光进入;②准直装置:使光束成平行光线传播,常采用透镜或反射镜;③色散装置:将复合光分解为单色光;④聚焦透镜或凹面反射镜:其功能为使单色光在单色器的出口曲面上成像;⑤出射狭缝:将额定波长范围的光射出单色器。

单色器的核心部件是色散元件,通常有棱镜、光栅。

(1) 棱镜

棱镜对光的色散基于光的折射现象。

常用的棱镜有 Cornu(考纽)棱镜和 Littrow(立特鲁)棱镜,棱镜的光学特性一般用色散率和分辨率表征。

(2) 光栅

光栅分为透射光栅和反射光栅,近代光谱仪常用的是反射光栅,反射光栅又可分为平面反射光栅(或称闪耀光栅)和凹面反射光栅。

光栅的产生是单缝衍射和多缝干涉联合作用的结果。

光栅公式:

$$d(\sin \phi \pm \sin \theta) = n\lambda$$

式中, ϕ 为入射角; θ 衍射角; d 为光栅常数(相邻两刻痕间的距离),取“+”代表在法线同侧,取“-”代表在法线异侧, n 为光谱级次,可取 $\pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$ 。

① ϕ, n 一定时,不同 λ 的光将有不同的 θ ,即不同波长的光将落在空间的不同位置;

②一定 ϕ ,不同 n, λ, θ 可能相同,将产生光谱干扰;

③ ϕ 一定, λ 一定, n 不同, θ 不同,同一波长的光,光强度被分散。

光栅的特性可用色散率、分辨能力等来表征,光栅的色散有角色散和线色散之分。

角色散率:指两条波长相差 $d\lambda$ 光线被分开的角度,可通过对光栅公式求导得到

$$\frac{d\theta}{d\lambda} = \frac{n}{d \cos \theta}$$

线色散率 D :指在焦面上波长相差 $d\lambda$ 的两条光线被分开的距离 dl 。

$$D = \frac{dl}{d\lambda} = \frac{d\theta}{d\lambda} \cdot F = \frac{n \cdot F}{d \cos \theta} \quad (F \text{ 为物镜的焦距})$$

倒线色散率:指在焦面上每毫米距离内所容纳的波长数,单位常用 $\text{nm} \cdot \text{mm}^{-1}$ 或 $\text{\AA} \cdot \text{mm}^{-1}$ 。

$$D^{-1} = \frac{d\lambda}{d\theta} = \frac{d \cos \theta}{Fn}$$

分辨率 R :表示仪器分辨相邻两条谱线的能力。

$$R = \frac{\lambda}{\Delta\lambda} = n \cdot N$$

光谱通带:

$$W = DS \times 10^{-3}$$

式中, W 为光谱通带 $\text{\AA}$, D 为线色散率, $\text{\AA} \cdot \text{mm}^{-1}$; S 为狭缝宽度, μm 。

(3) 滤光片:有吸收滤光片和干涉滤光片两种。

4. 检测系统

检测系统的功能是将光辐射信号转换为可量化输出的信号,主要有两类检测器:一类是对光子有响应的光检测器,另一类为对热产生响应的热检测器。光检测器有硒光电池、真空光电管、光电倍增管、光电导检测器、硅二极管、硅二极管阵列、电荷转移器件等;热检测器是吸收辐射并根据吸收引起的热效应来测量入射辐射的强度,包括真空热电偶、热释电检测器、测热辐射计等。

5. 信号处理和读出系统

主要由信号处理器和读出器件组成。

典型例题与解题技巧

1. 填空

(1) 任何一种分析仪器都可视为由以下四部分组成:____、____、____和____。

(2) 光栅和棱镜是常见的色散元件,但它们的工作原理不同,其中光栅是利用原理制成的,而棱镜____是利用原理制成的。棱镜材料不同,其色散率也不同,石英棱镜适用于____光谱区,玻璃棱镜适用于____光谱区。

(3) 带光谱是由____产生的,线光谱是____产生的。

(4) 在 AES、AAS、AFS、UV-Vis、IR 几种光谱分析法中,属于带状光谱的是____,属于线状光谱的是____。

【解题过程】 (1) 信号发生器 信号转换器(传感器) 读出装置 放大记录系统 (2) 光的干涉和衍射 光的折射 紫外 可见 (3) 分子中电子能级、振动和转动能级的跃迁 原子或离子的外层或内层电子能级的跃迁 (4) UV-Vis、IR AES、AAS、AFS

2. 选择

(1) 检出限指恰能鉴别的响应信号至少应等于检测器噪声信号的_____。

A. 1 倍 B. 2 倍 C. 3 倍 D. 4 倍

(2) 可以概述三种原子光谱(吸收、发射、荧光)产生机理的是()。

- A. 能量使气态原子外层电子产生发射光谱
 B. 辐射能使气态基态原子外层电子产生跃迁
 C. 能量与气态原子外层电子相互作用
 D. 辐射能使原子内层电子产生跃迁

【解题过程】 (1) C (2) C

3. 一块宽度为 50 mm, 刻线数为 600 条/mm 的光栅, 它的一级光栅的分辨能力为多少? 此时, 在 $6\,000\text{\AA}$ 附近的两条谱线的距离为多少?

【解题过程】 $R = 1 \times 50 \times 600 = 3 \times 10^4$

$$\Delta\lambda = \lambda/R = (6\,000/3\,000)\text{\AA} = 0.2\text{\AA}$$

4. 若用 60° 的石英棱镜、 60° 的玻璃棱镜和 2 000 条/mm 的光栅, 分辨率 460.20 nm 和 400.30 nm 处的两条锂发射线, 试计算它们的大小。已知石英和玻璃在该光区的色散($dn/d\lambda$) 分别为 $1.3 \times 10^{-4}\text{mm}$ 和 $3.6 \times 10^{-4}\text{mm}$ 。

【解题过程】 棱镜的分辨率决定于棱镜个数 m 、底边长度 b 和材料的色散。即有

$$R = b \frac{dn}{d\lambda} \text{ 或 } R = mb \frac{dn}{d\lambda} \quad (1)$$

由题意可得分辨这两条谱线所需的分辨率:

$$R = \frac{\lambda}{\Delta\lambda} = \frac{\frac{1}{2}(460.20 + 460.30)}{460.30 - 460.20} = 4.6 \times 10^3$$

则由式①可得石英、玻璃棱镜的底边长度至少为

$$b_1 = \frac{R}{dn/d\lambda} = (4.6 \times 10^3 / 1.3 \times 10^{-4}) \text{ nm} = 3.5 \times 10^7 \text{ nm} = 3.5 \text{ cm}$$

$$b_2 = \frac{R}{dn/d\lambda} = (4.6 \times 10^3 / 3.6 \times 10^{-4}) \text{ nm} = 1.3 \times 10^7 \text{ nm} = 1.3 \text{ cm}$$

由光栅分辨率公式, $R = \lambda/\Delta\lambda = nN$, 式中 n 是衍射的级次, N 是受照射的刻线数, 当 $n = 1$, 则 $N = 4.6 \times 10^3$, 即光栅宽度为 $(4.6 \times 10^3 / 2\,000) \text{ nm} = 2.3 \text{ mm} = 0.23 \text{ cm}$ 。

5. 某红外光栅(72 条/mm), 当入射角为 50° , 反射角为 20° 时, 其一级和二级光谱的波长为多少?

【解题过程】 光栅常数 $d = \frac{1}{n_g} = \frac{1}{72} \text{ mm} = 1.389 \times 10^{-2} \text{ mm} = 13.89 \text{ }\mu\text{m}$ (1)

由光栅公式 $n\lambda = d(\sin\varphi \pm \sin\theta)$ 并将①式代入

$$\text{得 } \lambda = \frac{d}{n}(\sin\varphi + \sin\theta) = \frac{13.89}{1}(\sin 50^\circ + \sin 20^\circ) \mu\text{m} = 15.4 \mu\text{m}$$

即一级光谱长为 $15.4 \mu\text{m}$, 二级光谱波长为 $7.7 \mu\text{m}$ 。

6. 有一光栅, 当入射角是 60° 时, 其衍射角为 -40° , 为了得到波长为 500 nm 的第一级光谱, 该问光栅的刻线为多少?