

环境仪器分析实验

Environmental Instrumental Analysis Experiment

主 编 温桂清 副主编 梁爱惠

013038725

X830.2
05

环境仪器分析实验

HUANJING YIQI FENXI SHIYAN

主 编 温桂清

副主编 梁爱惠

成 员 (按姓氏笔画排序)

李 俊 黄思玉 梁爱惠

蒋治良 温桂清



X830.2
05



北航

C1646675



GUANGXI NORMAL UNIVERSITY PRESS

广西师范大学出版社

· 桂林 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

环境仪器分析实验 / 温桂清主编. — 桂林: 广西师范大学出版社, 2013.2

ISBN 978-7-5495-3436-4

I. 环… II. 温… III. 环境监测—仪器分析—高等学校—教材 IV. X830.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 022661 号

广西师范大学出版社出版发行

(广西桂林市中华路 22 号 邮政编码: 541001)
网址: <http://www.bbtpress.com>

出版人: 何林夏

全国新华书店经销

衡阳顺地印务有限公司印刷

(湖南省衡阳市雁峰区园艺村 9 号 邮政编码: 421008)

开本: 720 mm × 960 mm 1/16

印张: 8.25 字数: 135 千字

2013 年 2 月第 1 版 2013 年 2 月第 1 次印刷

定价: 18.00 元

如发现印装质量问题, 影响阅读, 请与印刷厂联系调换。

前 言

环境污染是当今世界关注的焦点之一,环境保护已成为国际社会的共识。环境分析和环境监测是环境保护的基础,痕量污染物如持久性有机污染物、重金属等的分析和监测均离不开仪器分析。环境仪器分析实验是环境类专业的重要实践教学课程之一,是现代仪器分析技术在环境污染物分析中的应用,也是对仪器分析理论课程的加深掌握和提高。本书由四部分组成。环境仪器分析实验基础知识、实验数据记录和分析结果表达、实验报告格式与要求,这些最基本的内容常被忽视或训练不足,故把它列在第一部分。常用分析仪器的操作规程与日常维护知识的掌握和运用是完成环境仪器分析实验的前提,故放在第二部分进行了介绍。实验部分是本书的主要内容,我们参考有关实验教材并结合本课题组的科研成果和实际情况,共遴选了紫外—可见分光光度法、化学发光法、荧光光度法、共振瑞利散射光谱法、表面增强拉曼光谱法、红外光谱法、原子吸收分光光度法、气相色谱法、高效液相色谱法、离子色谱法和电化学方法测定环境污染物等 25 个实验。附录部分侧重介绍有关波谱知识和分析方法特性方面的重要名词解释。

环境分析和环境监测发展迅速,我们在参考已有环境仪器分析实验教材的基础上,结合环境与资源学院的实际和课题研究成果,将光谱、色谱和电化学分析技术方法用于环境污染物测定,编著了《环境仪器分析实验》教材,由于时间仓促,不妥之处,恳请同仁批评指正。本书可作为化学、环境类高年级本科生教材使用。在本书编著过程中,得到了广西师范大学环境与资源学院领导及环境科学系老师、同学们的大力支持,在此一并致谢!

2012 年 10 月 28 日

目 录

第一部分 概述	(1)
一、环境仪器分析实验课的任务与要求	(1)
二、实验基础知识	(2)
三、实验数据记录和分析结果表达	(6)
四、实验报告格式与要求	(9)
第二部分 常用分析仪器的操作规程与日常维护	(10)
I. TU-1901 双光束紫外—可见分光光度计	(10)
II. FT-IR360 傅立叶变换红外分光光度计	(12)
III. Cary Eclipse 荧光分光光度计	(16)
IV. MPI-B 型多参数流动注射—化学发光仪	(20)
V. 633 型激光拉曼光谱仪	(24)
VI. WFX-110 型原子吸收分光光度计	(32)
VII. Agilent 7890A 型气相色谱仪	(35)
VIII. Agilent 1200 型液相色谱仪	(40)
第三部分 实验	(48)
I. 紫外—可见分光光度法	(48)
实验一 邻菲罗啉分光光度法测定铁	(48)
实验二 紫外差值光谱法测定废水中的微量酚	(52)
II. 化学发光法	(54)
实验三 流动注射—化学发光法检测水样中的铬(III)	(54)
实验四 化学发光法测定 Mn(II) 总含量	(58)
实验五 荧光光度法测定水中铬(III)	(60)

实验五 罗丹明 6G 荧光熄灭法测定痕量亚硝酸根	(60)
实验六 荧光衍生法测定邻苯二胺	(62)
IV. 共振瑞利散射光谱法	(65)
实验七 金纳米粒子的共振瑞利散射光谱特性	(65)
实验八 空气中臭氧的共振瑞利散射光谱法测定	(67)
V. 表面增强拉曼光谱法	(70)
实验九 2-巯基吡啶的增强因子测定	(70)
实验十 适体修饰纳米银表面增强拉曼光谱法检测三聚 氰胺	(73)
VI. 红外光谱法	(76)
实验十一 苯甲酸的红外吸收光谱测定	(76)
实验十二 醛和酮的红外光谱	(79)
VII. 原子吸收分光光度法	(81)
实验十三 用原子吸收分光光度法测定自来水中钙、镁的 含量	(81)
实验十四 用火焰原子吸收光谱法测定人发中的锌	(83)
VIII. 气相色谱法	(86)
实验十五 气相色谱中最佳载气流速的测定	(86)
实验十六 气相色谱的定性和定量分析	(89)
实验十七 用内标法分析低度大曲酒中的杂质	(93)
IX. 高效液相色谱法	(95)
实验十八 流动相速度对柱效的影响	(95)
实验十九 用高效液相色谱法测定饮料中的咖啡因	(96)
实验二十 用高效液相色谱法测定银杏叶提取物中的槲 皮素	(98)
X. 离子色谱法	(100)
实验二十一 用离子色谱法测定水样中 F^- 、 Cl^- 等离子	

含量	(100)
XI. 电化学法	(107)
实验二十二 用离子选择电极法测定天然水中 F^-	(107)
实验二十三 用电导法测定水的电导率	(109)
实验二十四 HCl 和 HAc 混合液的电位滴定	(111)
实验二十五 用循环伏安法测定铁氰化钾	(113)
第四部分 附录	(118)
附录一 电磁波谱范围	(118)
附录二 物质颜色和吸收光颜色的对应关系	(119)
附录三 红外光谱常用符号	(119)
附录四 红外光谱的八个重要区段	(120)
附录五 重要名词解释	(120)

第一部分 概述

一、环境仪器分析实验课的任务与要求

1. 课程性质与任务

环境仪器分析实验是环境科学专业的重要课程之一,是现代仪器分析技术在环境污染物分析中的应用,也是对仪器分析理论课程的加深掌握和提高。通过本课程的学习,学生应对分析仪器检测环境污染物有较全面的了解,基本掌握主要仪器的分析原理,以及光谱分析、色谱分析和电化学分析等方面的实验;对分析方法所使用仪器的结构、功能、特点及应用对象有较深入的了解和掌握,能根据不同的研究对象和要求选择合适的分析方法及解决相应的问题。同时,通过学习,学生还应了解现代仪器分析的发展趋势,增强创新意识。

2. 教学基本要求

环境仪器分析实验是学生在教师指导下,以分析仪器为工具,亲自动手获得所需要物质化学组成和结构等信息的教学实践活动。通过环境仪器分析实验,使学生加深对有关仪器分析方法基本原理的理解,掌握仪器分析实验的基本知识和技能,学会正确使用分析仪器,合理选择实验条件,正确处理实验数据和表达实验结果,并培养严谨求是的科学态度和独立工作的能力。为了达到以上教学目的,对仪器分析实验提出以下基本要求。

①环境仪器分析所用的仪器一般较昂贵,同一实验室不可能购置多套同类仪器。仪器分析实验通常采用大循环方式组织教学,因此学生在实验前必须做好预习工作,仔细阅读仪器分析实验教材,了解分析方法和分析仪器的基本原理、仪器主要部件的功能、操作程序以及注意事项。

②学会正确使用仪器。学生要在教师指导下,熟悉和使用仪器,勤学好问。详细了解仪器的性能,防止损坏仪器或发生安全事故,应始终保持实验室整洁和安静的教学秩序。必须注意:未经教师允许,学生不得随意开动或关闭仪器,不得随意旋转仪器按钮,改变仪器工作参数。

③在实验过程中要认真学习有关仪器分析方法的基本技术,要细心观察实验现象,仔细记录测量实验数据和分析测试的仪器条件。要学会选择最佳实验条件,积极思考,勤于动手,培养良好的实验习惯和科学作风。

④爱护实验室的仪器设备。实验中如发现仪器工作不正常,应及时向老师报告。每次实验结束,应将所用仪器复原,清洗好用过的器皿,整理好实验室的各类设施,保持环境卫生。

⑤认真写好实验报告。实验报告应简明扼要,图表清晰,条理清楚。实验报告的内容包括实验名称、完成日期、方法原理、仪器名称及型号、主要仪器的工作参数、主要实验步骤、实验数据或图谱、实验中出现的现象、实验数据分析 and 结果处理、问题讨论等部分。认真写好实验报告是提高实验教学质量的一个重要环节。

二、实验基础知识

1. 环境仪器分析实验室规则

(1)环境仪器分析实验室的仪器一般都比较精密、贵重,要正确使用并定时做好各种仪器的维护保养工作,定时通电、除湿。

(2)各种仪器都要在征得实验室负责人同意后,方可使用。使用时要严格遵守《精密仪器操作规程》,违反操作规程造成仪器损坏的,按有关规定赔偿。

(3)各光学仪器配置的比色皿不得与其他仪器上的比色皿互换使用,使用完毕应洗净、晾干以保护透光面。单色光器上的防潮硅胶要及时更换,保证具有吸湿性。

(4)精密分析仪器应放置在固定的实验台上,未经实验室负责人同意,不得随意搬动或移动到其他实验室,更不得擅自拆卸或者变更元件。

(5)仪器分析实验室要求工作环境整洁,防尘防潮,不得放置强酸、强碱及其他腐蚀性气体等化学试剂,以防止仪器被腐蚀。不准在实验室内吸烟。

2. 实验室安全知识

实验室安全包括人身安全及实验室仪器、设备的安全。仪器分析实验室主要应预防燃气、高压气体、高压电源、易燃易爆化学品等可能产生的火灾、爆炸事故及跑水事故。

(1) 用电安全

- ①不用潮湿的手接触电器。
- ②电源裸露部分应有绝缘装置,例如电线接头处应裹上绝缘胶布。
- ③所有电器的金属外壳都应保护接地。
- ④实验时,应先连接好电路再接通电源。实验结束后,先切断电源再拆线路。

⑤修理或安装电器时,应先切断电源。

⑥不能用试电笔去试高压电。使用高压电源应有专门的防护措施。

⑦如果有人触电,应迅速切断电源,然后进行抢救。

⑧线路中各接点应牢固,电路元件两端接头不要互相接触,以防短路。

(2) 防火安全

①使用的保险丝要与实验室允许的用电量相符。

②电线的安全通电量应大于用电功率。

③要特别注意氢气、乙炔气、煤气等可燃性气体的正确使用,严防泄漏。在使用燃气加热过程中,气源要与其他物品保持适当距离,人不得长时间离开,防止熄火漏气。用后要关闭燃气管道上的小阀门,离开实验室前还要再查看一遍,以确保安全。

④实验过程中万一发生着火情况,不要惊慌,应尽快切断电源和气源,用石棉布或湿抹布盖住火焰。如果遇到电线起火,用沙或二氧化碳、四氯化碳灭火器灭火,禁止用水或泡沫灭火器等导电液体灭火。电器着火时,不可用水冲,以防触电,应使用干冰或干粉灭火器。着火范围较大时,应立即用灭火器灭火,并根据火情决定是否要报告消防部门。

(3) 电器仪表的安全使用

①在使用前,先了解电器仪表要求使用的电源是交流电还是直流电,是三相电还是单相电,以及电压的大小(330 V、220 V、110 V 和 6 V)。还须弄清电器功率是否符合要求及直流电器仪表的正、负极。

②仪表量程应大于待测量。若待测量大小不明时,应从最大量程开始

测量。

③实验之前要检查线路连接是否正确。经教师检查同意后方可接通电源。

④在仪器使用过程中,如果发现有不正常的声响,局部升温或嗅到绝缘漆过热产生的焦糊味,应立即切断电源,并报告教师进行检查。

(4) 防爆

可燃气体与空气混合,当两者比例达到爆炸极限时,如果受到热源(如电火花)的诱发,就会引起爆炸。

①使用可燃性气体时,要防止气体逸出,室内通风要良好。

②使用大量可燃性气体时,严禁同时使用明火,还要防止发生电火花及其他撞击火花。

③进行容易引起爆炸的实验时,应准备防爆设施。

3. 实验用纯水

化学实验室中所用的水必须是经过纯化的,纯水是仪器分析实验中最常用的纯净溶剂和洗涤剂。根据分析的任务和要求不同,不同的实验对水质的要求也不尽相同。一般的化学实验用一次蒸馏水或去离子水;一般的分析工作采用蒸馏水或去离子水即可;超纯分析或精密物理化学实验中,需要水质更高的二次蒸馏水、三次蒸馏水或根据实验要求用无二氧化碳蒸馏水等。

(1) 规格

国家标准(GB 6682-92)中,明确规定了实验室用水的级别、主要技术指标及检验方法。我国将分析实验室用水分为一、二、三级。

(2) 纯水的制备方法

实验室制备纯水一般可用蒸馏法、离子交换法和电渗析法。

蒸馏法是将自来水在蒸馏器中加热汽化,水蒸气冷凝即得蒸馏水。离子交换法是用离子交换树脂分离水中杂质离子的方法,故制得的水称为去离子水。电渗析法是在外电场的作用下,利用阴、阳离子交换膜对溶液中的离子选择性透过,使杂质离子从水中分离出来的方法。

蒸馏法的优点是设备成本低、操作简单,缺点是只能除掉水中非挥发性杂质,且能耗高。离子交换法制得的水去离子效果好,但不能除掉水中非离子型杂质,常含有微量的有机物。电渗析法也不能除掉非离子型杂质。在

实验中,要依据需要和要求选择用水,不应盲目地追求水的纯度。

(3) 纯水的检验方法

纯水的检验有物理方法(测定水的电导率)和化学方法两类。制备出的纯水水质,一般以电导率为主要质量指标。一般的检验也可进行,如 pH、重金属离子、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 的浓度检验等。此外,根据实际工作的需要及生化、医药化学等方面的特殊要求,有时还要进行一些特殊项目的检验。

4. 化学试剂的规格与气体钢瓶的颜色

(1) 化学试剂分类

化学试剂的种类很多,其分类标准也不尽一致。我国化学试剂的标准有国家标准(GB)、化工部标准(HG)以及企业标准(QB)。按用途可分为一般试剂、标准试剂、特殊试剂、高纯试剂。按组成、性质、结构又可分为无机试剂、有机试剂。新的试剂还在不断产生,没有绝对的分類标准。

常用化学试剂根据纯度的不同分为不同的规格,目前常用的化学试剂一般分为四个级别,见表 1-1。

表 1-1 试剂的规格与适用范围

级别	名称	代号	瓶标颜色	适用范围
一级	优级纯	G. R.	绿色	痕量分析和科学研究
二级	分析纯	A. R.	红色	一般定性定量分析实验
三级	化学纯	C. P.	蓝色	适用于一般的化学制备和教学实验
四级	实验试剂	L. R.	棕色或其他颜色	一般的化学实验辅助试剂

除上述一般试剂外,还有一些特殊要求的试剂,如指示剂、生化试剂和超纯试剂(如电子纯、光谱纯、色谱纯)等,这些都会在瓶标签上注明,使用时请注意。

表 1-1 列出的试剂的规格与适用范围,供选用试剂时参考。因不同规格的试剂,其价格相差很大,选用时应注意节约,防止超级别使用造成浪费。如果能达到应有的实验效果,应尽可能采用级别较低的试剂。

(2) 气体钢瓶的颜色

气体钢瓶又称高压气瓶,是一种在加压下贮存或运送气体的容器,通常有铸钢的、低合金钢的等。

氢气、氧气、氮气、空气等在钢瓶中呈压缩状态,二氧化碳、氨气、氯气、

石油气等在钢瓶中呈液化状态。乙炔钢瓶内装有多孔性物质(如木屑、活性炭等)和丙酮,乙炔气体在压力下溶于其中。为了防止各种钢瓶混用,全国统一规定了瓶身、横条以及标字的颜色,以便区别。现将常用的几种钢瓶的标色摘录于表 1-2 中。

表 1-2 常用气体的钢瓶颜色标志

序号	充装气体	化学式	瓶色	字样	字色	色环
1	乙炔	C ₂ H ₂	白	乙炔不可近火	大红	
2	氢气	H ₂	淡绿	氢	大红	$p=20$,淡黄色单环 $p=30$,淡黄色双环
3	氧气	O ₂	淡(酞)蓝	氧	黑	$p=20$,白色单环
4	氮气	N ₂	黑	氮	淡黄	$p=30$,白色双环
5	空气		黑	空气	白	
6	二氧化碳	CO ₂	铝白	液化二氧化碳	黑	$p=20$,黑色单环
7	氨气	NH ₃	淡黄	液化氨	黑	
8	氯气	Cl ₂	深绿	液化氯	白	
9	氟气	F ₂	白	氟	黑	
10	甲烷	CH ₄	棕	甲烷	白	$p=20$,淡黄色单环 $p=30$,淡黄色双环
11	天然气		棕	天然气	白	

注:色环栏内的 p 是气瓶的公称工作压强,单位为:MPa。

三、实验数据记录和分析结果表达

1. 列表法

列表法是以表格形式表示数据的方法,具有直观、简明的特点,记录实验数据多用此法。列表需标明表格名称,表格的纵列一般为实验编号或因变量,横列为自变量。首行或首列应写上名称和量纲。名称尽量用符号表示,单位的写法采用斜线制,如该列数据表示温度 T ,则该列首应写成“ T/K ”。记录数据应符合有效数字的规定。书写时应整齐统一,小数点要上下对齐,以利于数据的比较分析。表中的某个数据需要特殊说明时,可在数据上作标记,再在表格的下方加注说明。

2. 图解法

图解法将实验数据按自变量与因变量的对应关系绘成图形,能够把变量间的变化趋势更加直观地显示出来,便于分析研究,从而在图上找出所需数据或发现某种规律等。在各种测量仪器中广泛使用记录仪或计算机工作软件直接获得测量图形,快速得到分析结果。

常用的图解法有:标准曲线法求未知物浓度,连续标准加入法作图外推求组分含量,用滴定曲线的折点求电位滴定的终点,用图解积分法求色谱峰面积等。目前,多采用计算机画图和进行数据处理。

3. 计算机软件应用

用计算机进行实验数据的处理、画图已经是一门比较成熟的技术,其快速准确的特点无法用其他方法替代,如今已广泛地应用在科研、教学中。

下面介绍 Excel 软件和 Origin 软件在处理化学实验数据和画图中的应用。

(1) 使用 Excel 软件画图

Excel 软件是 Microsoft Office 的套件之一,用于表格处理、画图及数据分析。

在 Excel 中能方便地将表格中的数据转化为图。下面以表 1-3 中分光光度法测定铁的含量为例。

表 1-3 吸光度 A 与 Fe^{2+} 含量之间的关系

Fe^{2+} 含量/ $\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$	0.00	0.40	0.80	1.20	1.60	2.00
吸光度 A	0.00	0.081	0.162	0.236	0.314	0.392

具体操作如下:

- ① 启动 Excel,自动创建一个新的工作簿文件,取名为 Book1。
- ② 将实验数据输入, Fe^{2+} 的含量输入 A 列,吸光度 A 输入 B 列。选中数据区域,单击工具栏上“插入”中的“图表”,出现“图表类型”对话框,选择“XY 散点图”,点击“下一步”。
- ③ 出现“图表数据源”对话框,在“数据区域”中填上“A : B”,点击“下一步”。
- ④ 出现“图表选项”对话框,在“图表标题”中填入“吸光度 A 与 Fe^{2+} 含量的关系”;在“数轴(X)轴”中填入“浓度”;在“数轴(Y)轴”中填入“吸光度 A ”。点击“完成”,得到散点图。按右键点击图上的数据点,点击“添加趋势线”,由于本例中 X 和 Y 之间是线性关系,在类型中选“线性”,然后单击“确定”,即得到图 1-1。

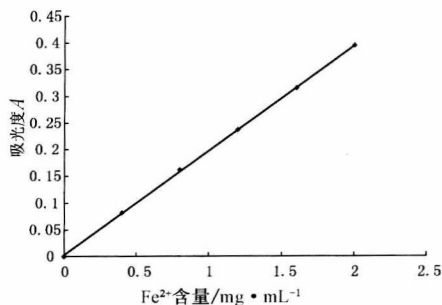


图 1-1 用 Excel 软件作吸光度 A 与 Fe^{2+} 含量的关系图

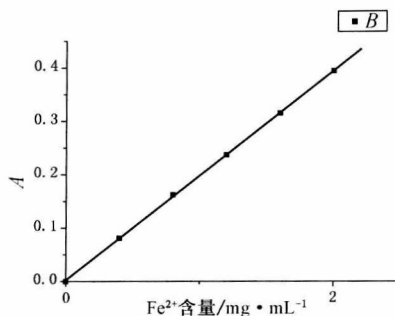


图 1-2 用 Origin 软件作吸光度 A 与 Fe^{2+} 含量的关系图

⑤将鼠标移至图中任意点上,单击右键,可以对“网格线”、“图案颜色”等进行修改。

⑥将鼠标移至图中任意数据点上,单击右键选中,在出现的对话框中选择添加趋势线,然后再“选项”中的“显示公式”和“显示 R 平方值”前打“ \checkmark ”,点击“确定”,即可得到回归方程, $A=0.1952c+0.023$, $R^2=0.9998$ 。

(2)使用 Origin 软件画图

Origin 软件是在 Windows 平台下用于数据分析和工程绘图的软件,它最基本的功能是曲线拟合。现以表 1-3 中实验数据的处理为例,介绍 Origin 6.0 软件曲线拟合的过程。

①启动 Origin 后,出现“Data1”。

②将实验数据按“列”输入: Fe^{2+} 含量输入 $A(X)$ 列,吸光度 A 输入 $B(Y)$ 列。

③将鼠标移至 $B(Y)$ 列,单击右键,选择“Plot”,再选择“Scatter”,即得到图形文件 Graph1。

④按“Tools”菜单,选择“Linear Fit”,出现“Linear Fit”对话框,点击“Fit”,在 Graph1 中显示出得到的拟合曲线,并在 Results Log 窗口列出拟合后的有关参数,所得到的回归系数 $A=0.00229$, $B=0.19521$,相关系数 $R=0.99991$ 。

⑤双击图中“x Axis Title”处,出现“Text Control”,输入“ Fe^{2+} 含量/ $\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ ”,点击“OK”;双击图中“y Axis Title”,输入“吸光度 A ”,点击“OK”。

⑥双击 y 轴坐标,出现“y Axis—Layer1”对话框,可以对坐标刻度、数字大小等作修改,得到图 1-2。

四、实验报告格式与要求

实验完毕,应用专门的实验报告本或实验报告纸,根据实验中的现象及数据记录等,及时认真规范地写出实验报告。环境仪器分析实验报告一般包括的内容如下:

- ①实验目的;
- ②实验原理;
- ③仪器与试剂;
- ④实验步骤与操作方法;
- ⑤数据记录及数据处理;
- ⑥问题讨论。

实验原理部分要求学生简要地用文字或化学反应式对实验进行说明。例如,红外光谱实验需要说明方法原理、官能团解析依据等;对于滴定分析,通常应有标定和滴定的反应方程式、基准物质和指示剂的选择以及标定和滴定的计算公式等。对特殊仪器的实验装置,应画出实验装置图,以及复杂设备的简要结构示意图、复杂操作的简要流程图等。

实验所需的主要仪器与试剂要求学生列出仪器的型号、规格、生产厂家等,以及实验中用到的主要试剂(试剂名称、级别)。

实验步骤与操作方法要求学生简明扼要地写出实验步骤、方法流程及仪器测试条件等。

实验数据记录及处理部分要求学生应用文字、表格、图形等形式将测量数据及实验结果表示出来,尽可能地将记录数据表格化。根据实验结果要求,对测量结果要进行必要的数据处理,计算出分析结果,给出实验误差大小以及精密度评价等。

问题讨论部分需要学生结合相关理论知识对实验中观察到的现象、测量产生的误差以及实验结果等进行分析、讨论和评价,同时包括解答实验教材上的思考题。通过问题讨论,培养学生发现问题、分析问题、解决问题的能力,为以后撰写科学研究论文打下良好基础。

总之,上述各项内容的繁简取舍,应根据各个实验的具体情况而定,以思路清晰、表达准确、内容精炼、格式规范为原则完成实验报告的撰写。有些内容,如实验原理、表格、计算公式等,要求学生在实验预习时准备好,其他内容则可在实验过程中以及实验完成后填写、计算和撰写。

第二部分 常用分析仪器的操作规程与日常维护

I. TU-1901 双光束紫外—可见分光光度计

分光光度计种类很多,但一般由光源、分光元件、吸收池、检测器、信号显示装置等五部分构成(图 2-1)。TU-1901 双光束紫外—可见分光光度计是北京普析通用仪器公司生产的光学仪器(图 2-2),可独立完成光度测量、光谱扫描、定量测定、DNA 蛋白质测量及数据打印等各种功能,其外观见图 2-3。

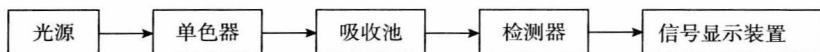


图 2-1 分光光度计的结构

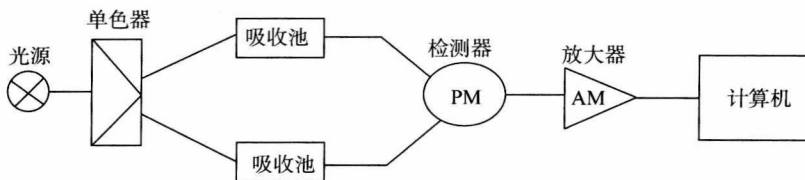


图 2-2 双光束紫外—可见分光光度计原理

1. 主要特点

(1) 强劲的仪器性能: 极其优良的光学系统, 先进的电子学系统, 高水准的机械系统, 保证了 0.010%T 的超低杂散光。