

仪器分析实验教程

主 编 方修忠 迟宝珠
副主编 张秋兰 戴延凤



科学出版社

仪器分析实验教程

主 编 方修忠 迟宝珠
副主编 张秋兰 戴延凤



科学出版社

北京

内 容 简 介

仪器分析实验是以实验操作为主的技能课程,作为化学、化工、制药专业学生的必修课,占有特别重要的地位。通过本课程的学习,使学生掌握常用仪器分析方法的原理和仪器的简单结构;结合学到的各种仪器分析方法的特点、适用范围,选择适宜分析方法解决问题。

本书涵盖了高等学校化学及相关专业仪器分析实验教学中的光谱分析、电化学分析、色谱分析及目前在实际工作和学习中常用的一些大型分析仪器。全书共 13 章,收录实验 29 个,其中光谱分析实验 15 个、色谱分析实验 7 个、电化学分析实验 3 个、其他仪器分析实验 4 个。每个实验均介绍了基础理论知识、仪器结构及工作原理和具体仪器操作规程。

图书在版编目(CIP)数据

仪器分析实验教程 / 方修忠,迟宝珠主编. —北京:科学出版社,2016. 1
ISBN 978-7-03-046755-3

I. ①仪… II. ①方… ②迟… III. ①仪器分析-实验-教材 IV. ①O657-33
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 322446 号

责任编辑:赵晓霞 / 责任校对:何艳萍
责任印制:徐晓晨 / 封面设计:迷底书装

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京京华虎彩印刷有限公司印刷
科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016 年 1 月第 一 版 开本:720×1000 B5

2016 年 1 月第一次印刷 印张:13 1/2

字数:260 000

定价:35.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

仪器分析是分析科学的重要组成部分,它是物质的物理和物理化学性质为基础建立起来的一种分析方法。自 20 世纪 30 年代后期间世以来,仪器分析不断丰富分析化学的内涵并使分析化学发生了一系列根本性的变化。现代分析仪器的更新换代和仪器分析新方法、新技术的创新与应用,是这些变革的重要内容。仪器分析发展至今,已形成了以电化学分析、光分析、色谱分析及质谱分析为支柱的现代仪器分析,其内涵和外延非常丰富,已成为研究各种化学理论和解决实际问题的重要手段。因此,仪器分析在高等学校分析化学课程中所处的地位日趋重要。许多高校为了使自己培养的人才能从容迎接和面对新世纪科学技术的挑战,已将仪器分析列为化学等专业学生必修的专业基础课。

仪器分析和仪器分析实验均是化学等专业的主要基础课程,两者既密切结合,又各有侧重,具有一定的完整性和独立性。通过仪器分析实验,使学生加深理解有关仪器分析的基本原理,掌握仪器分析实验的基本操作技术,学习并掌握典型的分析方法;使学生充分运用所学的理论知识指导实验,培养学生手脑并用和统筹安排的能力;加深知识的运用,巩固查阅文献的能力,进一步培养良好的实验工作方法和工作习惯,培养严谨的科学态度和实事求是、一丝不苟的科学作风。仪器分析实验的学习不单纯是对各种分析仪器和方法的了解和掌握,仪器分析中的每种方法都可能涉及化学、生物学、数学、物理学、电子学、自动化及计算机等方面的知识,学习过程将是知识的综合运用能力和分析解决问题能力的提高过程。仪器分析实验中,各种方法的产生与发展过程无不体现科学研究的原创性与创新性,是创新思想的完美体现,这在培养学生的创新能力和创新意识方面有着重要意义。因此,必须充分重视仪器分析实验课的教学。

本书是南昌大学化学学院在多年来为该校化学等专业学生开设仪器分析实验的基础上,充分吸收仪器分析实验教学改革的研究成果和教学实践编写而成。本书实验主要包括:原子发射光谱法(第 2 章);原子吸收光谱法(第 3 章);紫外-可见吸收光谱法(第 4 章);红外吸收光谱法(第 5 章);分子荧光光谱法(第 6 章);高效液相色谱法(第 7 章);气相色谱法(第 8 章);离子色谱法(第 9 章);热分析(第 10 章);核磁共振波谱(第 11 章);质谱法(第 12 章);伏安分析法(第 13 章)。

使用本书进行实验教学,需要学生先期学习普通化学实验及化学分析实验。由于实验室不可能购置多套同类仪器设备,因此仪器分析实验教学一般多采取轮转的方式进行。在这种情况下,对实验前的预习就提出了更高的要求。为此,本书

在每章开头,扼要介绍某类仪器分析的基本原理和特点,并且在每个实验之前,再进一步阐明该实验的要点,以便学生自学。

参加本书编写工作的有南昌大学化学学院的方修忠、林小云、冯宇川、姚华、张秋兰、田建文、邓圣军、周美华、徐飞高、吴飞燕、迟宝珠、徐香兰、戴延凤、沈家庭。编写分工如下:第1、13章,迟宝珠编写;第2、4、11章,方修忠编写;第3章,林小云编写;第5章,姚华编写;第6章,吴飞燕编写;第7章,田建文编写;第8章,邓圣军编写。第9章,周美华、冯宇川共同编写;第10章,徐飞高编写;第12章,沈家庭、徐香兰共同编写。全书由方修忠、迟宝珠、张秋兰和戴延凤共同整理、修改、定稿。

本书得到了南昌大学化学学院领导和老师们的鼓励和帮助,吸收了从事过或帮助过仪器分析实验课程建设和教学的师生的意见和建议,他们为我们的教学和教材建设积累了经验。在此对他们表示由衷的感谢。编写过程中,参考了有关资料,从中得到了许多启发和益教。对书中所列的有关资料的作者,在此一并表示感谢。

限于编者的学识水平,本书的编写可能会有疏漏和不当之处,有些问题有待于进一步的推敲,恳请有关专家及读者批评指正。

方修忠 迟宝珠

2015年10月于南昌

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 仪器分析简介	1
1.1.1 仪器分析方法的特点	1
1.1.2 仪器分析的分析对象	2
1.1.3 仪器分析的分析方法	2
1.2 仪器分析实验的目的和任务	3
1.3 实验室安全规则	4
1.4 仪器分析实验规则	5
1.5 实验预习、实验记录和实验报告的基本要求.....	6
1.5.1 实验预习	6
1.5.2 实验数据的记录	6
1.5.3 实验报告的基本要求	6
1.6 实验室用水	7
1.6.1 纯水的规格	7
1.6.2 水纯度的测定	7
1.7 化学试剂	8
1.7.1 化学试剂的等级	8
1.7.2 试剂的保管与使用	9
1.8 试样的采集与分解.....	10
1.8.1 试样的采集	10
1.8.2 试样的分解	11
1.9 测定前的预处理.....	13
第 2 章 原子发射光谱法	14
2.1 基本原理.....	14
2.1.1 原子发射光谱分析的基本原理	14
2.1.2 原子发射光谱定性分析原理	15
2.1.3 原子发射光谱定量分析原理	15
2.2 仪器部分.....	16
2.2.1 原子发射光谱光源	16

2.2.2 原子发射光谱仪	17
2.3 实验部分	23
实验1 电感耦合等离子体发射光谱法测定水样中铅、铜的含量	23
实验2 原子发射光谱法定性分析	24
实验3 光谱半定量测定闪锌矿中的铅	28
第3章 原子吸收光谱法	31
3.1 基本原理	31
3.2 仪器部分	34
3.2.1 光源	34
3.2.2 原子化器	35
3.2.3 光学系统	36
3.2.4 检测系统	36
3.3 实验部分	40
实验4 火焰原子吸收光谱法测定自来水中钙、镁含量	40
实验5 火焰原子吸收光谱法测定废水中铜、铅的含量	42
实验6 石墨炉原子吸收光谱法测定茶叶中铜、铅的含量	45
第4章 紫外-可见吸收光谱法	49
4.1 基本原理	49
4.1.1 紫外-可见吸收光谱的产生	49
4.1.2 紫外-可见吸收光谱定性分析原理	50
4.1.3 紫外-可见吸收光谱定量分析原理	50
4.2 仪器部分	50
4.2.1 光源	51
4.2.2 单色器	51
4.2.3 吸收池	52
4.2.4 检测器	52
4.2.5 数据处理系统	53
4.2.6 典型仪器介绍	53
4.3 实验部分	54
实验7 有机化合物的紫外吸收光谱及溶剂对其吸收光谱的影响	54
实验8 紫外-可见吸收光谱法同时测定维生素C和维生素E	56
实验9 甲基橙离解常数的测定	58
第5章 红外吸收光谱法	61
5.1 概述	61
5.1.1 红外光区的分类	61

5.1.2 红外吸收光谱法的特点	62
5.2 基本原理	62
5.2.1 产生红外吸收的条件	62
5.2.2 定性分析原理	63
5.2.3 定量分析原理	64
5.3 仪器部分	64
5.3.1 色散型红外光谱仪	64
5.3.2 傅里叶变换红外光谱仪	66
5.3.3 典型仪器介绍	67
5.4 样品的处理方法	70
5.5 实验部分	70
实验 10 苯甲酸红外吸收光谱的测绘——KBr 压片法制样	70
实验 11 聚乙烯和聚苯乙烯膜红外吸收光谱的测绘	72
第 6 章 分子荧光光谱法	75
6.1 基本原理	75
6.1.1 分子荧光产生的基本原理	75
6.1.2 分子荧光光谱定性分析原理	77
6.1.3 分子荧光光谱定量分析原理	77
6.2 仪器部分	78
6.2.1 分子荧光光谱仪	78
6.2.2 经典仪器介绍	78
6.3 实验部分	85
实验 12 硫酸奎宁的激发光谱和发射光谱的测定	85
实验 13 荧光光谱法测定多维葡萄糖粉中维生素 B ₂ 的含量	86
实验 14 荧光光谱仪测定注射液中维生素 B ₆ 的含量	88
实验 15 优质纸张的 3D-扫描	89
第 7 章 高效液相色谱法	91
7.1 基本原理	92
7.1.1 高效液相色谱分析的基本原理	92
7.1.2 基本概念和理论	94
7.2 仪器部分	99
7.2.1 输液泵	100
7.2.2 进样器	100
7.2.3 色谱柱	101
7.2.4 检测器	102

7.2.5	数据处理和计算机控制系统	103
7.2.6	恒温装置	103
7.3	实验部分	105
实验 16	可乐、咖啡、茶叶中咖啡因的高效液相色谱分析	105
实验 17	反相高效液相色谱法分离芳烃类化合物	107
实验 18	高效液相色谱法测定穿心莲片中穿心莲内酯的含量	108
第 8 章	气相色谱法	110
8.1	基本原理	110
8.2	仪器部分	111
8.2.1	气路系统	111
8.2.2	进样系统	112
8.2.3	分离系统	112
8.2.4	检测系统	113
8.2.5	温度控制系统	115
8.3	实验部分	116
实验 19	环己烷混合液的气相色谱定量分析——归一化法	116
实验 20	毛细管气相色谱法测定白酒中的乙酸乙酯——内标法	118
实验 21	毛细管气相色谱法测定化妆品中的柠檬醛、肉桂醇、茴香醇、肉桂醛和 香豆素——外标法	120
第 9 章	离子色谱法	122
9.1	基本原理	123
9.1.1	离子色谱分析的基本原理	123
9.1.2	离子色谱定性分析基本原理	124
9.1.3	离子色谱定量分析基本原理	125
9.2	仪器部分	125
9.2.1	离子色谱仪基本部件	125
9.2.2	离子色谱法的分类及应用	128
9.2.3	经典仪器介绍——ICS-90 离子色谱仪	130
9.3	实验部分	133
实验 22	离子色谱法分析未知溶液阴离子浓度	133
第 10 章	热分析	137
10.1	热重分析	138
10.1.1	热重分析的基本原理	138
10.1.2	仪器介绍	139
10.1.3	影响热重测定的因素	141

10.1.4 热重法的应用	142
10.2 差热分析	143
10.2.1 差热分析原理	143
10.2.2 仪器介绍	144
10.2.3 分析方法	146
10.2.4 影响差热分析的主要因素	147
10.2.5 材料分析应用	147
10.3 差示扫描量热法	148
10.3.1 差示扫描量热法原理	148
10.3.2 DSC 分析方法(样品的制备)	151
10.3.3 材料分析应用	151
10.4 热重-差热联用分析	152
10.4.1 实验仪器	152
10.4.2 热重-差热分析的应用	153
10.5 实验部分	154
实验 23 热重-差热分析的应用	154
第 11 章 核磁共振波谱	158
11.1 基本原理	159
11.1.1 核磁共振的基本原理	159
11.1.2 电子屏蔽效应和化学位移	160
11.1.3 自旋偶合和裂分	162
11.1.4 核磁共振的信号强度	162
11.2 仪器部分	163
11.2.1 核磁共振谱仪的简介	163
11.2.2 主要部件	165
11.2.3 经典仪器介绍	167
11.3 实验部分	172
实验 24 核磁共振氢谱实验	172
实验 25 核磁共振碳谱实验	175
第 12 章 质谱法	180
12.1 基本原理	180
12.2 仪器部分	184
12.2.1 基本结构	184
12.2.2 质谱仪的主要性能指标	186
12.3 实验部分	188

实验 26 气相色谱-质谱联用法测定环境样品中的多环芳烃	188
第 13 章 伏安分析法	191
13.1 基本原理	191
13.1.1 循环伏安法原理	191
13.1.2 溶出伏安法原理	192
13.1.3 极谱分析原理	194
13.1.4 现代极谱分析技术	195
13.2 仪器部分	196
13.2.1 CHI600D 系列电化学分析仪	196
13.2.2 JP-2C 型示波极谱仪	199
13.3 实验部分	200
实验 27 循环伏安法判断电极反应过程	200
实验 28 阴极溶出伏安法测定水果中的抗坏血酸	201
实验 29 食盐中碘酸根离子含量测定	203
参考文献	205

第 1 章 绪 论

1.1 仪器分析简介

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的参数及其变化,对物质进行定性、定量分析以及形态分析的方法。

仪器分析与化学分析是分析化学的两种分析方法。近年来,仪器分析方法发展十分迅速,已在分析化学中占据了主导地位。虽然化学分析在常量分析方面还起着难以取代的作用,但从发展的观点来看,化学分析将仅作为一种分析方法存在,仪器分析将成为分析化学的主体。仪器分析发展至今,已形成了以电化学分析、光分析、色谱分析及质谱分析为支柱的现代仪器分析,其内涵和外延非常丰富,已成为研究各种化学理论和解决实际问题的重要手段。

1.1.1 仪器分析方法的特点

(1) 操作简便。随着仪器制造技术的发展,仪器的操作越来越简单方便。待测样品处理好后,通过按钮操作即可完成分析任务。

(2) 分析速度快。一般的样品分析需要几分钟到几十分钟。计算机和仪器联用技术使复杂样品的分析时间大大缩短,甚至几秒钟就能完成。

(3) 自动化、智能化、网络化、人性化。计算机作为分析仪器的一个组成部分,按预先设定的参数,将采集到的信号处理成人们读得懂的图像,实现了自动化、智能化、人性化操作;将计算机连接网络,就可以实现远程控制,使其网络化。

(4) 重现性好。仪器分析的自动化、智能化程度越高,人为的干扰因素越少,分析结果的重现性就越好。

(5) 灵敏度高。仪器分析中的待测组分一般是痕量或超痕量的,要求仪器有较高的灵敏度。

(6) 检出限低。仪器分析的检出限一般为 $10^{-9} \sim 10^{-8}$ 数量级,甚至更低。

(7) 准确度不够高。仪器分析的相对误差通常在 5% 左右,比化学分析的相对误差 ($\leq 0.2\%$) 大得多。这样的准确度看似不够高,但对于痕量或超痕量组分的分析,已完全能满足要求。

在进行仪器分析前,一般要用化学方法对样品进行预处理,仪器分析中用的标准物需要用化学分析的方法来标定。因此,化学方法和仪器方法是相辅相成的,在选择分析方法时,要根据具体分析对象进行合理选择。

1.1.2 仪器分析的分析对象

仪器分析一般是半微量(0.01~0.1g)、微量(0.1~10mg)、超微量(<0.1mg)组分的分析,灵敏度高;而化学分析一般是半微量(0.01~0.1g)、常量(>0.1g)组分的分析,准确度高。仪器分析所包括的分析方法很多,目前有数十种。每一种分析方法所依据的原理不同,所测量的物理量不同,操作过程及应用情况也不同。

1.1.3 仪器分析的分析方法

仪器分析大致可以分为电化学分析法、光学分析法、色谱分析法及其他仪器分析法等。详细分类见表 1-1。

表 1-1 仪器分析分类

仪器分析 (按方法原理分类)	光学 分析法	光谱法	原子光谱法	原子发射光谱法	
				原子吸收 光谱法	火焰原子吸收法
					石墨炉原子吸收法
					石英炉原子化法
				原子荧光光谱法	
			X 射线荧光光谱法		
			分子光谱分析法	紫外-可见吸收光谱法	
				红外吸收光谱法	
				分子荧光光谱法	
				分子磷光光谱法	
		光声光谱法			
		拉曼光谱法			
		化学发光法			
		核磁共振波谱法			
	电子顺磁共振波谱法				
	非光谱法	折射法			
		干涉法			
		散射浊度法			
		旋光法			
		X 射线衍射法			
X 射线荧光分析法					
X 射线光电子能谱					
俄歇电子能谱					
紫外光电子能谱					
电子衍射法					

续表

仪器分析 (按方法原理分类)	电化学分析法	电导分析法	
		电位分析法	
		电解分析法	
		库仑分析法	
		伏安分析法	
		极谱分析法	
	色谱分析法	气相色谱法	
		高效液相色谱法	
		超临界流体色谱法	
		薄层色谱分析法	
		纸色谱法	
		毛细管电泳法	
	其他分析方法	质谱法	
		流动注射分析法	
		热分析法	热重分析法
			差热分析法
			差示扫描量热分析法
		核分析方法	放射化学分析法
同位素稀释法			
电子显微镜分析法		透射电子显微镜分析法	
		扫描电子显微镜分析法	
	电子探针显微分析法		

1.2 仪器分析实验的目的和任务

仪器分析作为现代分析测试手段,为科研和生产提供了大量的物质组成和结构等方面的信息,因此仪器分析成为高等学校中许多专业的重要课程之一。要学好仪器分析,必须认真做好仪器分析实验。

仪器分析实验是实验化学的重要内容,是化学、化工等专业学生必修的基础课程。通过仪器分析实验的学习,使学生加深理解有关仪器分析的基本原理,掌握仪器分析实验的基本操作技术,学习并掌握典型的分析方法;使学生充分运用所学的理论知识指导实验,培养学生手脑并用和统筹安排的能力;加深知识的运用,巩固查阅文献的能力,进一步培养良好的实验工作方法和工作习惯,培养严谨的科学态

度和实事求是、一丝不苟的科学作风。仪器分析实验的学习不单纯是对各种分析仪器和方法的了解和掌握,仪器分析中的每种方法都可能涉及化学、生物学、数学、物理学、电子学、自动化及计算机等方面的知识,学习过程将是知识的综合运用能力和分析解决问题能力的提高过程。仪器分析实验中,各种方法的产生与发展过程无不体现科学研究中的原创性与创新性,是创新思想的完美体现,这在培养学生的创新能力和创新意识方面有着重要意义。因此,必须充分重视仪器分析实验课的教学。

由于实验室不可能购置多套同类仪器设备,因此仪器分析实验教学一般多采取轮转的方式进行。在这种情况下,对实验前的预习就提出了更高的要求。因此,本书在每章开头,扼要介绍某类仪器分析的基本原理和特点,并且在每个实验之前,再进一步阐明该实验的要点,以便学生自学,做到实验之前就能对实验内容有较为清晰的了解,做好各项准备工作,做到“心中有数”走进实验室。

1.3 实验室安全规则

实验室安全包括人身安全以及实验仪器设备的安全。在实验过程中必须杜绝化学药品的中毒、烫伤、割伤、腐蚀等涉及人身安全的事故;杜绝由高压气体、高压电源、易燃易爆化学品等导致的火灾、爆炸事故;杜绝自来水泄漏等事故。因此,实验室安全必须做到:

(1) 实验室内严禁饮食、吸烟;实验完毕须洗手;水、电使用后应立即关闭;离开实验室时,应仔细检查水、电、门、窗是否均已关好。

(2) 了解实验室消防器材的正确使用方法及放置的确切位置,一旦发生意外,能有针对性地进行扑救;实验过程中,门、窗以及换风设备要打开。

(3) 使用电气设备时,应特别细心,切不可用潮湿的手去开启电闸和电器开关;凡是漏电的仪器不可使用,以免触电。

(4) 使用精密分析仪器时,应严格遵守操作规程,仪器使用完毕后,将仪器各部分复原,并关闭电源,拔去插头。

(5) 浓酸浓碱具有腐蚀性,尤其是浓硫酸,配制成溶液时,应将浓硫酸缓缓注入水中,以防止浓硫酸溅在皮肤和衣服上;使用时,均应在通风橱中操作。

(6) 使用四氯化碳、乙醚、苯、丙酮、三氯甲烷等有机溶剂时,一定要远离火源和热源;使用完毕后,应将试剂瓶塞好,放在阴凉(通风)处保存;低沸点的有机溶剂不能直接在火焰或热源上加热,而应在水浴中加热。

(7) 热、浓的高氯酸遇有机物易发生爆炸,汞盐、砷化物、氰化物等剧毒物品使用时应特别小心。

(8) 储备试剂、试液的瓶上应贴有标签,严禁非标签上的试剂装入试剂瓶;自试剂瓶中取用试剂后,应立即盖好试剂瓶盖;绝不能将已取出的试剂或试液倒回试剂瓶中。

(9) 加热或进行反应时,人不得离开。

(10) 保持水槽清洁,禁止将固体物、玻璃碎片等扔入水槽,以免造成下水道堵塞。

(11) 发生事故时,要保持冷静,针对不同的情况采取相应的应急措施,防止事故扩大。

1.4 仪器分析实验规则

为了保证仪器分析实验正常进行,培养良好的实验作风,并保证实验室的安全,学生必须严格遵守仪器分析实验规则。

(1) 严格遵守实验纪律。不缺席,不早退,有事请假,并跟老师约好时间,另行补做实验;每次实验应提前5分钟进入实验室,保持室内安静,不要大声谈笑,不要到处乱走,禁止在实验室嬉闹。

(2) 实验前必须认真预习。掌握实验的方法、原理以及实验步骤,认真做好预习笔记;未预习者不得进入实验室,切实做好实验前的准备工作。

(3) 爱护仪器。要爱护仪器设备,对初次接触的仪器(尤其是大型分析仪器),应在了解其基本原理的基础上,仔细阅读仪器的操作规程,认真听从老师的指导,未经允许不可私自开启设备,以防损坏仪器。

(4) 严谨实验。①认真听取实验前的课堂讲解,积极回答老师提出的问题;进一步明确实验原理、操作要点、注意事项,仔细观察老师的操作示范,保证基本操作规范化。②按拟定的实验步骤操作,要胆大细心,仔细观察实验现象,认真测定数据。有意识地培养自己高效、严谨、有序的工作作风。③观察到的现象和数据要如实记录在预习报告本上,做到边实验、边思考、边记录。④实验中要勤于思考,仔细分析。如发现实验现象或测定数据与理论不符,应尊重实验事实,并认真分析和检查原因,也可以做对照实验、空白实验或自行设计实验来核对。

(5) 注意安全。严格遵守实验室安全规则,熟悉并掌握常见事故的处理方法。

(6) 打扫、整理实验室。实验结束后,应立即把所用的玻璃仪器洗净,仪器复原,填好使用记录,清理实验台面。将预习报告本交给老师检查,确定实验数据合格后,方可离开实验室。值日生应打扫实验室,保持实验室的整洁。

1.5 实验预习、实验记录和实验报告的基本要求

学生在进行每个实验时,必须做好实验预习、实验记录和实验报告。

1.5.1 实验预习

为了使实验达到预期的效果,在实验前要做好预习,预习时除了要反复阅读实验内容、掌握实验原理、了解实验步骤和注意事项外,还需在实验记录本上写好预习提纲,内容包括:①实验目的和实验原理;②所用仪器的基本原理和基本操作步骤;③主要的仪器和药品以及实验中的注意事项。预习报告应简明扼要。预习时,针对实验原理部分,应结合理论课相关内容,广泛查阅参考资料,真正做到理论与实践相结合;针对操作步骤中初次接触的操作技术,应认真查阅实验教材中相关的操作方法,了解这些操作的规范要求,保证实验中操作的规范化。

1.5.2 实验数据的记录

学生应用专门的实验记录本。绝不允许将数据记录在小纸片上或随意记在任何地方。实验过程所得的各种测量数据及其现象,应及时、准确地记录下来。记录实验数据时,要有严谨的科学态度,实事求是,切忌夹杂主观因素,绝不能随意拼凑和伪造数据。若发现数据读错、算错而需要改动时,可将该数据用一条横线划去,另起一行写上准确的数据。记录实验数据时,保留几位有效数字应和所用仪器的精确度相适应。实验记录上的每一个数据都是测量结果,所以重复观察时,即使数据完全相同,也应记录下来。

1.5.3 实验报告的基本要求

仪器分析实验报告一般包括下列内容:①实验名称、实验日期、姓名、合作者;②实验目的、实验原理、实验仪器类型与型号、实验步骤、实验条件;③实验数据及计算处理结果、实验的讨论及思考题。报告中所列的实验数据和结论应有条理,合乎逻辑,还应表达得简明正确,附上应有的文字、表格、图形、图表将数据表示出来,并根据实验要求按相应公式计算出结果。对实验结果的分析与讨论是实验报告的重要部分,其内容无固定模式,可涉及对实验原理的深化理解、做好实验的关键及自己的体会、实验现象的分析和解释、结果的误差分析以及对该实验的改进意见等方面,学生可对以上内容中体会较深者讨论一项或几项。