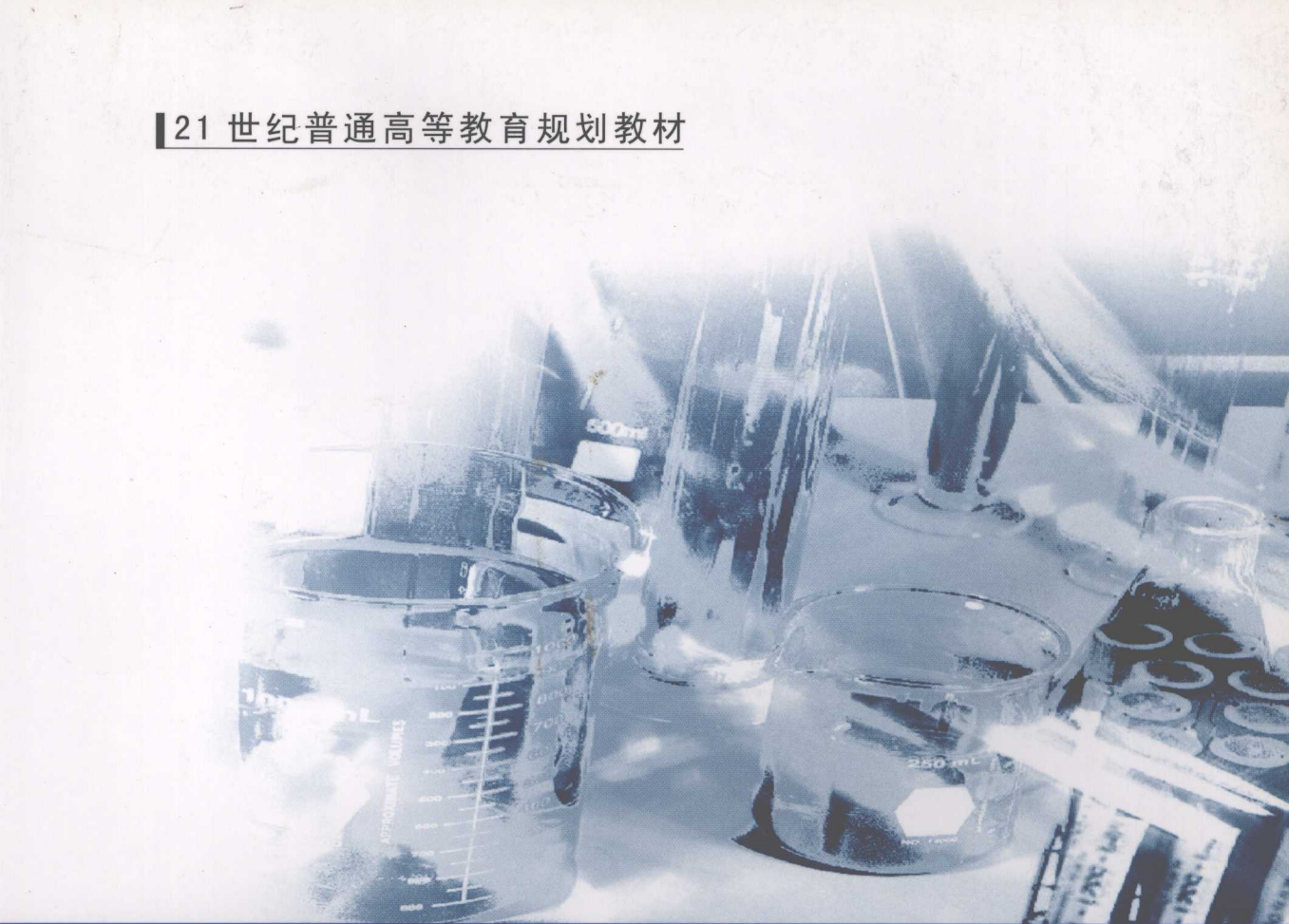


21 世纪普通高等教育规划教材



仪器分析实验

YIQI FENXI SHIYAN

主编 ● 张宗培



 郑州大学出版社

21 世纪普通高等教育规划教材

仪器分析实验

YIQI FENXI SHIYAN

主编 ● 张宗培



郑州大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

仪器分析实验/张宗培主编. —郑州:郑州大学出版社,
2009.9

ISBN 978 - 7 - 5645 - 0141 - 9

I. 仪… II. 张… III. 仪器分析 - 实验 - 高等学校 - 教
材 IV. 0657 - 33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 155244 号

郑州大学出版社出版发行

郑州市大学路 40 号

出版人:王 锋

全国新华书店经销

南阳市风雅印务有限公司印制

开本:787 mm × 1 092 mm

印张:19.5

字数:477 千字

版次:2009 年 9 月第 1 版

邮政编码:450052

发行部电话:0371 - 66966070

1/16

印次:2009 年 9 月第 1 次印刷

书号:ISBN 978 - 7 - 5645 - 0141 - 9

定价:30.00 元

本书如有印装质量问题,请向本社调换

编委名单

BIANWEIMINGDAN

主 编 张宗培

编 委 李子峰 毛红艳 朱 路 申 琦

张 峻 李 杰 刘一真 张宇虹

内容提要

NEIRONGTIYAO

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。全书共十一章,收录实验 49 个,其中光谱分析实验 22 个、电化学分析实验 15 个、色谱分析实验 5 个、其他仪器分析实验 7 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。全书构成了仪器分析实验教学的完整肌体,体现了教学大纲对仪器分析实验教学的具体要求。

本书可作为高等学校化学、化工、材料、生物及相关专业的本科生实验教材,也可作为同类专业研究生技能培训用书,还可供其他化学工作者参考。

前言

QIANYAN

仪器分析是我国 20 世纪 80 年代初在高等学校化学专业设置的一门重要的基础课。郑州大学化学系自 1982 年开始开设仪器分析课程,并开设了相应的仪器分析实验课程。本书即是以原郑州大学化学系分析教研室冶保献教授和刘金霞副教授等老师主编的《分析化学实验》为基础,并引入了当今仪器分析的最新成果,同时兼顾分析仪器的更新换代等多方面因素,由多年从事仪器分析教学和研究的老师共同汇编而成。

本书不再收录化学分析内容,单独作为仪器分析实验教材。全书共分为光谱分析、电化学分析、色谱分析以及其他仪器分析方法四大部分共十一章,收录实验 49 个。对于每大类分析方法均附有较为完整的理论说明,对于学生在实验课程中加强理解理论知识极为便利。在实验项目顺序的编排上我们采用由浅入深、相互关联的原则,有利于帮助学生牢固掌握理论知识,提高实验操作技能,并使所学知识融会贯通,增进处理实际问题的能力。在实验内容的设置上,多选取实际工业生产、环境检测及食品分析中常见的分析方法以期提高学生对实际工作的适应力。绪论和附录中所罗列的仪器分析基础知识、技能培训和化学常用参数可供实验技术人员、教师和学生实验操作和数据处理中作为参考之用。

本书可作为综合性大学化学类专业及工科院校化工类专业学生的分析化学实验教材,对于其他有关院校及从事化学研究和化工生产的工作人员也具有一定的参考价值。本书编写分工如下:

第一章、第二章由张宗培、张峻、李杰共同编写,第三章由毛红艳、申琦共同编写,第四章、第五章由朱路、张宗培共同编

写,第六章由李子峰、朱路、李杰共同编写,第七章由刘一真编写,第八章由李子峰编写,第九章由李子峰、张宇虹、李杰共同编写,附录由刘一真编写;实验部分:实验1~3、27~29由张宗培编写,实验4~6、48~49由张峻编写,实验7~8、46~47由李杰编写,实验9~16由申琦编写,实验17~22由毛红艳编写,实验23~26、33~35由朱路编写,实验30~32、38~43由李子峰编写,实验36~37由刘一真编写,实验44~45由张宇虹编写。全书由张宗培老师负责统稿。

郑州大学化学系分析教研室和化学实验中心的许多老师,特别是《分析化学实验》的原编委人员在本书的编写过程中给予了热情的支持和帮助,在此一并表示感谢。

鉴于水平有限,书中可能存在不少错误和疏漏之处,敬请同行专家和广大读者批评指正。

编 者

2009年5月于郑州大学

目录

MULU

1	绪论	1
1.1	仪器分析在分析化学中的地位和作用	1
1.2	仪器分析实验在仪器分析中的作用	2
1.3	仪器分析实验的目的和要求	2
1.4	实验数据的表达	4
1.4.1	列表法	4
1.4.2	图解法	4
1.4.3	数学方程式法	8
1.4.4	实验数据的计算机处理	9
1.5	实验室基础知识	9
1.5.1	实验用水	9
1.5.2	化学试剂	12
1.5.3	钢瓶及其使用	13
1.5.4	汞的安全使用	15
1.5.5	高氯酸的安全使用	19
1.6	电子天平的正确使用	20
1.6.1	赛多利斯 210s 天平操作程序	21
1.6.2	梅特勒·托里多 AB204—N 天平操作程序	22
1.7	实验规则	23
2	原子光谱分析	25
2.1	原子发射光谱分析	25
2.1.1	原子发射光谱的基本原理	25
2.1.2	平面光栅摄谱仪的结构	26
2.1.3	电感耦合等离子体光谱仪的结构	32
2.1.4	样品处理技术	34
2.2	原子吸收光谱分析	35

2.2.1	原子吸收光谱的基本原理	36
2.2.2	原子吸收光谱仪的结构	37
2.2.3	原子吸收光谱分析法的实验技术	41
2.3	原子荧光光谱分析	44
2.3.1	原子荧光光谱的基本原理	44
2.3.2	原子荧光光谱仪的结构	46
2.3.3	氢化物发生—原子荧光分析法	47
3	分子光谱分析	48
3.1	紫外—可见分光光度法	48
3.1.1	紫外—可见分光光度法的基本原理	48
3.1.2	紫外—可见分光光度计	50
3.1.3	几种类型的分光光度计	52
3.1.4	仪器的校正和检定	58
3.1.5	实验技术	59
3.2	红外光谱法	62
3.2.1	红外光谱法基本原理	62
3.2.2	红外光谱仪	63
3.2.3	实验技术	67
3.3	荧光分析法	68
3.3.1	分子荧光光谱法基本原理	69
3.3.2	荧光分析的常用方法	70
3.3.3	荧光强度的影响因素	71
3.3.4	荧光分析的特点	73
3.3.5	荧光分光光度计	73
3.3.6	部分荧光分光光度计的使用规则	75
3.3.7	荧光测量技术	79
3.4	化学发光分析法	80
3.4.1	化学发光分析法的基本原理	80
3.4.2	化学发光分析仪	81
4	电位分析法	86
4.1	直接电位法	86
4.1.1	标准曲线法	86
4.1.2	标准加入法	87
4.1.3	直读法	87
4.1.4	格氏作图法	88
4.2	电位滴定法	89
4.2.1	作图法	90
4.2.2	二级微商计算法	91
5	电解和库仑分析法	92

5.1 电解分析法	92
5.1.1 控制电位电解分析法原理	92
5.1.2 干扰的消除	93
5.2 库仑分析法	94
5.2.1 控制电位库仑分析法	94
5.2.2 恒电流库仑分析法	95
5.2.3 影响库仑分析的因素	96
6 极谱与伏安分析法	98
6.1 极谱分析法	98
6.1.1 极谱分析装置及其原理	98
6.1.2 单扫描极谱法	100
6.1.3 极谱催化波	102
6.1.4 极谱分析的具体特点	103
6.2 伏安分析法	103
6.2.1 循环伏安法	103
6.2.2 溶出伏安法	105
7 电导分析法	110
7.1 直接电导法	110
7.1.1 电导法的基本原理	110
7.1.2 直接电导法的测量方法	111
7.2 电导滴定法	111
7.2.1 电导滴定的基本原理	111
7.2.2 高频滴定	112
8 色谱分析法	113
8.1 色谱基础	113
8.1.1 色谱法分类	113
8.1.2 色谱柱的柱效率和分离度	114
8.1.3 色谱速率理论	115
8.2 气相色谱仪	116
8.2.1 气路系统	117
8.2.2 进样系统	117
8.2.3 色谱柱	117
8.2.4 检测系统	118
8.2.5 数据处理系统	121
8.3 高效液相色谱仪	122
8.3.1 高压输液系统	122
8.3.2 进样装置	123
8.3.3 色谱柱	124
8.3.4 检测器	124

8.3.5 数据处理装置	125
9 其他仪器分析方法	126
9.1 热分析	126
9.1.1 热重法	126
9.1.2 差热分析	129
9.1.3 差示扫描量热法	130
9.1.4 影响 DTA 曲线和 DSC 曲线的因素	130
9.1.5 数据报道	131
9.2 有机元素分析	132
9.2.1 分析方法	132
9.2.2 样品的前处理	134
9.2.3 委托分析注意事项	135
9.2.4 分析数据的解析	135
9.3 X 射线衍射分析法	136
9.3.1 X 射线的产生及 X 射线源	136
9.3.2 X 射线谱	138
9.3.3 光的衍射	139
9.3.4 晶体结构	140
9.3.5 X 射线在晶体中的衍射	143
9.3.6 X 射线物相分析及粉末衍射卡片	144
9.3.7 小角散射与纳米粉末粒度分布	146
9.4 X 射线荧光光谱法	146
9.4.1 方法原理	147
9.4.2 仪器结构	147
9.4.3 样品制备	150
9.4.4 定性分析	151
9.4.5 定量分析	151
9.4.6 全反射方式的表面分析	153
10 实验	154
实验 1 光谱定性及半定量分析矿样中的铅、锌、锡、铍	154
实验 2 矿泉水中微量元素的 ICP—AES 法测定	157
实验 3 电感耦合高频等离子发射光谱法测定人发中微量铜、铅、镉	159
实验 4 原子吸收分光光度法测定自来水中的镁	160
实验 5 原子吸收分光光度法测定铜含量	162
实验 6 石墨炉原子吸收法测定植物中微量钴	164
实验 7 氢化物发生—原子荧光法测定废水中的汞	166
实验 8 原子荧光法同时测定饮用水中的砷和硒	169
实验 9 绘制吸收光谱及测定摩尔吸光系数	171
实验 10 分光光度法测定铁—邻二氮菲络合物的组成	172

实验 11	差示分光光度法测定铁	174
实验 12	紫外分光光度法测定化肥中硝酸态氮	176
实验 13	邻菲咯啉法测定溶液中的微量铁	177
实验 14	分光光度法同时测定维生素 C 和维生素 E	179
实验 15	红外光谱分析——定性鉴定未知物	181
实验 16	红外光谱法定性鉴定化合物的分子结构	183
实验 17	药物中奎宁的分子荧光测定	185
实验 18	分子荧光光度法测定海水中的镁	186
实验 19	分子荧光法测定水杨酸和乙酰水杨酸	188
实验 20	荧光分光光度法测定荧光黄及同步荧光、三维荧光演示	190
实验 21	化学发光法测定饲料中砷的含量	192
实验 22	化学发光分析法测定水样中的总 Cr 和价态 Cr	193
实验 23	离子选择电极法测定饮用水中氯离子	196
实验 24	离子选择性电极 Gran 作图法测定饮用水中的氟	198
实验 25	玻璃电极转换系数以及溶液 pH 的测定	203
实验 26	电位滴定——维生素 B ₁₂ 中钴的测定	207
实验 27	控制阴极电位电质量法分别测定 Cu ²⁺ 和 Sn ²⁺	212
实验 28	库仑滴定测定砷(Ⅲ)	213
实验 29	库仑滴定测定 Cr(Ⅵ)	217
实验 30	极谱分析法测定矿石中的铅、锌	220
实验 31	单扫描示波极谱法测定锌中微量的铅	222
实验 32	催化示波极谱法测定茶叶中的硒	226
实验 33	循环伏安法判断电极过程	228
实验 34	同位电镀汞膜—阳极溶出伏安法同时测定饮用水中的铜、铅、镉	229
实验 35	阴极溶出伏安法测定水果中的抗坏血酸	231
实验 36	电导法测定水质纯度	232
实验 37	电导滴定法测定醋酸的解离常数 K _a	234
实验 38	气相色谱法对环己烷、苯、甲苯的定性与定量分析	235
实验 39	气相色谱法测定药品中吡啶残留量	238
实验 40	反相液相色谱中影响分离度的主要因素	240
实验 41	高效液相色谱法测定饮料中咖啡因的含量	243
实验 42	高效液相色谱柱的评价	244
实验 43	草酸钙的热分析	249
实验 44	有机元素分析测定有机物中 N、C、H、S	251
实验 45	有机元素分析测定有机物中的氧	254
实验 46	X 射线衍射法测定物相及衍射峰宽化法测定晶体的平均粒径	256
实验 47	国标 X 射线小角散射法测定纳米粉末粒度分布	259
实验 48	未知钢样的定性分析	263
实验 49	定量分析水泥中铝的含量	264

11 附录	265
附录一 国际相对原子质量表	265
附录二 物质的相对分子质量	268
附录三 半波电位表	277
附录四 气相色谱常用固定液的性能	290
附录五 一些气体和蒸气的导热系数	290
附录六 高效液相色谱法常用溶剂的性质	291
主要参考资料	294

1 绪论

1.1 仪器分析在分析化学中的地位和作用

第二次世界大战前后,随着原子能、半导体、微电子器件等新兴材料科学的发展,对分析化学提出了更高的要求,促进了分析化学的发展。物理学和电子学的发展,促进了分析仪器的发展。新的分析仪器和仪器分析方法的涌现,如荧光分析法、各种新型的极谱分析法、质谱法、色谱法、拉曼光谱法、核磁共振波谱法、放射化学分析法、光电子能谱法等,引发了分析化学的第二次大变革,使分析化学由以化学分析为主的经典分析化学发展为以仪器分析为主的现代分析化学,开创了仪器分析的新时代。这一次大变革比 20 世纪初发生的分析化学第一次大变革——基于四大溶液平衡使分析化学从单纯的分析技术发展成io 一门独立的科学(即经典化学分析),其意义更为深远。1922 年 J. Heyrovsky 发明了极谱法并进而发展成为极谱学,从而获得 1959 年诺贝尔化学奖,A. J. P. Martin 和 R. L. M. Synge 开创了气相色谱法,获得 1952 年诺贝尔化学奖,F. Bloch 和 E. M. Purcell 发明了核磁共振测定,获得 1952 年诺贝尔物理奖,这些发明和发现推动了仪器分析的发展。20 世纪 60 年代和 70 年代环境科学的发展,80 年代以后生命科学的发展,对分析化学提出了越来越高的要求,形态分析、表面分析及逐层分析、微区结构分析、动态分析、无损分析、在线分析和原位分析、各种联用技术等得到了快速的发展,获得和解析多维分析数据的能力大大增强。除了四大溶液平衡作为分析化学处理和解决问题的理论基础之外,数学、信息理论、计算机等引入分析化学,使它建立在更广泛的理论基础之上,化学计量学引入到分析化学,使分析化学步入一个新的境界,分析化学工作者由单纯的“数据提供者”变成“问题解决者”。目前,分析化学正处在第三次大变革时期,其最显著的特点是,分析化学远远突破了原来化学的范畴,发展成为一门多学科交叉渗透的综合性的信息科学。

不管是分析化学第二次大变革,还是目前所处的第三次大变革,分析仪器和仪器分析方法的发展,都为分析化学注入了新的活力,开辟了极为广阔的应用前景。分析仪器将沿着小型、专用、连用、高度自动化和智能化的方向发展,融合各种已经和正在发展的新材料、新器件、微电子技术、激光、人工智能技术、数字图像处理、化学计量学等各个方面的成就,使分析化学获取物质定性、定量、形态、形貌、结构、微区等各方面信息的能力得到极大的增强,不仅强化和改善了原有的仪器性能,而且推出了很多新的仪器分析装置,采集和处理信息的速度越来越快,获得的信息量越来越大,采集信息的质量越来越高,为解决科学技术、工农业生产、社会 and 环境保护以及国际贸易等各方面的复杂问题作出更多的贡献。反之,新技术、新材料和前沿科学的发展,以及社会生产发展的需要,又向分析化学提出许多新的课题。在前进发展中要求维持绿色环境和生态平衡,分析化学对于这些过程能否达到目的,具有决定性因素。可见,分析化学已是一门社会迫切需要的(环境、生产、人口与健康,以及质量控制体系)多学科交叉结合的综合性科学。现代分析化学必须回应当代科学技术和社会需求对现存分析方法和技术的挑战。

1.2 仪器分析实验在仪器分析中的作用

对于大多数学生来说,将来并不从事分析仪器制造或者仪器分析研究,而是将仪器分析作为一种科学实验的手段,利用它来获取所需要的信息。仪器分析是一门实验技术性很强的课程,没有严格的实验训练,包括实验方案的设计、实验的操作和技能、实验数据的处理和图谱解析,以及实验结果的表达,就不可能有效地利用这一手段来获得所需要的信息。

毋庸讳言,通过实验教学,可以加深学生对仪器分析方法原理的理解,巩固课堂教学的效果,这只是一方面;更重要的是,通过实验培养学生严格的、实事求是的科学作风,使其能够独立从事科学实验研究,并具有提出问题和解决问题的能力。良好的科学作风及独立工作的能力,将会对学生的未来发展产生深远的影响。

理论可以指导实验,通过实验可以验证和发展理论。实验验证和发展理论的作用是以对实验现象的严密、细心地观察和对实验数据的科学分析为基础的,而高超熟练的实验技能是获得精密的实验数据的必要和先决条件。一般说来,仪器分析实验特别是大型仪器分析实验,其特点是操作较为复杂,影响因素较多,信息量大,需要通过对大量的实验数据的分析和图谱解析来获取有用的信息。因此,熟练掌握仪器分析实验技能,对于培养学生理论联系实际、掌握和提高实验技能、验证理论能力,以及分析推理能力是大有好处的。

1.3 仪器分析实验的目的和要求

实验教学是对学生进行基本技能训练的重要环节,对于培养学生独立工作能力和创新能力具有重要作用。通过实验教学,掌握实验的基本原理、方法、操作技能,提高学生观察问题、分析问题和解决问题的能力,培养学生严谨的科学态度和工作作风。着眼于 21 世纪创新人才培养,化学实验教学除了进行基础理论和基本知识的传授、基本技能的训练外,还承担着培养学生创新实践意识和综合实践能力的重任。仪器分析是多门学科相互渗透、相互促进的综合性学科,也是当前主要的分析测试手段,被日益广泛地应用于卫生、食品、环保、医学、生物、矿产、制药等各个领域,为它们的科研和生产提供大量的物质组成和结构等方面的信息。因而,仪器分析成为高等学校中许多专业的重要课程之一。随着现代科技的发展,各种分析仪器应运而生,加强对仪器分析实验的学习和研究也就显得尤为重要。通过仪器分析实验,可以加深理解有关仪器分析的基本原理,掌握必要的实验基础知识和基本操作技能,学习实验数据的处理方法,正确地表达实验结果。

仪器分析实验的目的,是让学生以分析仪器为工具,亲自动手去获得需要的信息,是学生在教师的指导下,进行一种特殊形式的科学实践活动,是学生走向未来社会独立进行科学实践的预演。因此,学生进行教学实验,绝不是按照仪器分析实验教材所说明的操作步骤做一遍,测定几个实验数据,写一个简单的实验报告就行了,而是要通过仪器分析实验,培养良好的科学作风和独立分析问题、解决问题的能力,进而掌握从事科学实践的技能,而这种“作风”、“能力”和“技能”是要在认真、严格、严密地进行实验,并获得准确可靠的实验数据过程中逐步养成和获得的。很难设想一个不认真、不严格、不严密地进行实验的学生,能够获得准确可靠的实验数据;一个连准确可靠的实验数据都得不到的学生,不可能具有良好的科学作风和独立分析问题、解决问题的能力,更不可能具有扎实的从事

科学实践的技能。

由于仪器分析所用的实验仪器较贵重,实验室不可能购置多套同类仪器设备,一般多采取轮转的方式做仪器分析实验,因而实验内容和理论课程通常不能够同步进行。在这种情况下,对实验前的预习就提出了更高的要求。预习工作可归纳为看、查、写。

1. 看

认真阅读实验教材、有关参考书和参考文献,做到明确实验目的,掌握实验原理和数学关系;熟悉实验内容和主要操作步骤,以及数据的处理方法;提出注意事项,合理安排实验时间(实验工作的顺序和交叉进行);预习仪器的使用方法。

2. 查

通过查阅手册和有关资料,列出实验中所用试剂的性质和使用注意事项,特别是标准溶液的配制方法。

3. 写

在看和查的基础上认真写好实验预习报告。

实验课程中,学生要认真参加实验前的课堂讨论,进一步明确实验原理、操作要点、注意事项,仔细观察教师的操作示范。在实验中,按照拟定好的实验步骤独立操作,既要大胆又要细心,认真地观察实验现象,仔细地记录数据,观察到的实验现象和测定的实验数据要如实地记录在报告本上,原始数据不得涂改或用橡皮擦拭,如有记错,可在原数据上画上一道杠,再在旁边写上正确值。实验过程中还要积极思考,注意手脑并用,善于发现和解决实验过程中出现的问题,养成良好的实验习惯。碰到疑难问题,可与教师讨论,获得教师指导。如发现实验现象和理论不符,应尊重实验事实,并认真分析和检查原因,必要时应多次重复验证,从中得到有益的科学结论。

写好实验报告是完成实验的一个必不可少的重要环节,在整理实验数据、分析实验现象的过程中,把直接的感性认识提高到理性思维上。实验报告应包含以下项目:实验名称、实验日期、实验原理、实验数据及其处理和结果讨论等。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,可以涉及诸如对实验原理的进一步深化理解、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。以上内容学生可就其中体会较深的讨论一项或几项。

以往,学生对实验报告常常不够重视,甚至忽视对实验中问题的深入讨论。科学实践的经验告诉人们,实验中“异常”情况的出现,往往是发现新的科学现象的先导,对实验中异常情况的深入分析和解释,有可能启发人们从中发现实验事实和苗头,获得意想不到的有价值的实验结果。在化学史上有一个非常著名的例子,英国物理学家 Ramsay 在实验中发现,从氮化合物中分解得到的氮气质量是 1.251 g,而从空气中得到的氮气质量是 1.257 g,在小数点后第三位相差 0.006 g,他没有放过这一微小的差异,设法从空气中除去氮和氧,得到了很少的剩余气体,这种气体不和任何物质起化学作用,在放电管中产生特殊的辉光,有特征的波长,他终于发现了稀有气体——氩气。即使实验中的“异常情况”是反映实验中的某种疏忽和过错,经过深入分析,也有利于找出原因或分析可能的原因,提出改进实验的措施和建议。因此,在实验过程中积极开动脑筋思考问题,在实验后深入分析和总结,是提高实验质量的重要环节。

1.4 实验数据的表达

仪器分析实验数据的表达方式主要有列表法、图解法、数学方程式法。下面分别加以讨论:

1.4.1 列表法

列表法是表达实验数据最常用的方法之一。将各种实验数据列入一种设计得体、形式紧凑的表格中,可起到化繁为简的作用,有利于获得对实验结果相互比较的概念,便于分析和阐明实验结果的规律性。

数据表制作虽易,但要设计一张简明合理的表格却不易。设计数据表,总的原则是简单明了,因此表格切忌庞杂。列表前要反复构想,务必做出恰当的安排。在科技著作中,一般采用“三线制”(如本书的各种表格)。制表时要注意几个问题:

(1) 正确地确定自变量和因变量。一般先列自变量,再列因变量,将数据一一对应地列出。不要将毫不相干的数据列在同一张表内。

(2) 每张表格都应编有序号和简明完备的名称,使人一目了然,一见便知其内容。如实在无法表达时,也可在表名下用不同字体作简要说明,或在表格下方用附注加以说明。

(3) 习惯上表格的横排称为“行”,竖行称为“列”,即“横行竖列”。变量可根据其内涵安排在列首或行首,称为“表头”,应包括变量名称及单位。凡有国际通用代号或为大多数人熟知的,应尽量采用代号,以使表头简洁醒目。切勿将变量的名称和单位的代号混淆。例如,电流强度的代号为 I ,而其单位(安培)的代号为 A 。

(4) 表中同一列数据的小数点应对齐,数据按自变量递增或递减的次序排列,以便显示出变化规律。如果表列值是特大或特小的数时,可用科学表示法表示。

1.4.2 图解法

用图解法表示实验数据时,通常是在直角坐标系统中,用一种线图描述所研究的变量之间的关系。图解法的特点是形象直观,可清晰地看出变量间的变化趋势和一些重要特征,如极大值、极小值、转折点、周期性、变化速率等。利用线图还可以求得变量的中间值,确定经验方程中的常数,乃至求得难以用测量法求得的量等。因此,图解法是一种十分有用的方法,现以一些实例说明图解法的应用。

1.4.2.1 图解法的应用

1. 表达变量间的定量依赖关系

这是图解法最基本的应用。以自变量为横坐标,因变量为纵坐标,在坐标纸上标绘出实验数据的坐标 (x_i, y_i) 。然后按一定的原则连成一条平滑的曲线,该曲线即表示两个变量间的定量依赖关系。在曲线所示的范围内,可方便地从曲线上读出对应于自变量任意数值的因变量的数值。分析化学中的各种工作曲线均属此列。

2. 求外推值

有的数据不易或不能直接测定,在适当的条件下,常可用作图外推的方法获得。所谓外推法,就是将变量间的函数关系,按测量数据描绘的图像延伸至测量范围外,求出测量范围外的函数值。但是必须指出,外推法只有在满足下列条件时才能采用:

(1) 在外推的那段范围及其邻近区域,被测量的变量间函数关系呈线性或可认为呈