



全国高职高专医药院校药学及医学检验
技术专业工学结合“十二五”规划教材

供药学、药物制剂技术、化学制药、医学检验技术
等相关专业使用



李明梅 王文渊 吴琼林 主编

分析化学

Fenxi

Huaxue



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>



全国高职高专医药院校药学及医学检验
技术专业工学结合“十二五”规划教材

供药学、药物制剂技术、化学制药、医学检验技术
等相关专业使用

分析化学

主 编 李明梅 王文渊 吴琼林
副主编 孙兰凤 符小文 黄丹云 彭 颐
主 审 王梅娟
编 者 (以姓氏笔画为序)
王文渊 (永州职业技术学院)
朱 驯 (盐城纺织职业技术学院)
孙 倩 (辽宁卫生职业技术学院)
孙兰凤 (辽宁卫生职业技术学院)
李玉婷 (永州职业技术学院)
李明梅 (盐城卫生职业技术学院)
吴琼林 (益阳医学高等专科学校)
邹春阳 (辽宁卫生职业技术学院)
张立虎 (盐城卫生职业技术学院)
张琼瑶 (湖北医药学院)
周 丹 (海南医学院)
项东升 (盐城纺织职业技术学院)
黄丹云 (肇庆医学高等专科学校)
符小文 (海南医学院)
彭 颐 (湖北职业技术学院医学院)



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

中国·武汉

内 容 简 介

本书是全国高职高专医药院校药学及医学检验技术专业工学结合“十二五”规划教材。

本书包括绪论、误差与分析数据的处理、滴定分析法概论、酸碱滴定法、沉淀滴定法、配位滴定法、氧化还原滴定法、电化学分析法、紫外-可见分光光度法、红外光谱分析法、经典液相色谱法、气相色谱法、高效液相色谱法、其他仪器分析法、分析化学常见实验等内容。

本书供药学、药物制剂技术、化学制药、医学检验技术等相关专业使用。

图书在版编目(CIP)数据

分析化学/李明梅 王文渊 吴琼林 主编. —武汉:华中科技大学出版社,2012.9

ISBN 978-7-5609-8017-1

I. 分… II. ①李… ②王… ③吴… III. 分析化学-高等职业教育-教材 IV. O65

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 104427 号

分析化学

李明梅 王文渊 吴琼林 主编

策划编辑:陈 鹏

责任编辑:史燕丽

封面设计:范翠璇

责任校对:祝 菲

责任监印:周治超

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)81321915

录 排:华中科技大学惠友文印中心

印 刷:华中科技大学印刷厂

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:20.25

字 数:490千字

版 次:2012年9月第1版第1次印刷

定 价:46.00元



华中出版

本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

全国高职高专医药院校药学及医学检验技术专业 工学结合“十二五”规划教材

编委会

丛书学术顾问 文历阳 沈 彬

委 员(按姓氏笔画排序)

- | | | | |
|---------|-------------|-----|------------|
| 王 杰 | 沈阳医学院 | 周建庆 | 安徽医学高等专科学校 |
| 王志亮 | 枣庄科技职业学院 | 赵立彦 | 铁岭卫生职业学院 |
| 甘晓玲 | 重庆医药高等专科学校 | 胡殿宇 | 郑州铁路职业技术学院 |
| 艾力·孜瓦 | 新疆维吾尔医学专科学校 | 侯振江 | 沧州医学高等专科学校 |
| 卢 杰 | 大庆医学高等专科学校 | 俞启平 | 江苏建康职业学院 |
| 边毓明 | 山西职工医学院 | 宣永华 | 滨州职业学院 |
| 吐尔洪·艾买尔 | 新疆维吾尔医学专科学校 | 姚腊初 | 益阳医学高等专科学校 |
| 刘 燕 | 山西职工医学院 | 秦 洁 | 邢台医学高等专科学校 |
| 刘福昌 | 宝鸡职业技术学院 | 秦自荣 | 鄂州职业大学医学院 |
| 李炳宪 | 鹤壁职业技术学院 | 夏金华 | 广州医学院从化学院 |
| 李惠芳 | 长治医学院 | 徐 宁 | 安庆医药高等专科学校 |
| 杨凤琼 | 广东岭南职业技术学院 | 凌伯勋 | 岳阳职业技术学院 |
| 杨家林 | 鄂州职业大学医学院 | 唐 虹 | 辽宁卫生职业技术学院 |
| 张 申 | 怀化医学高等专科学校 | 唐忠辉 | 漳州卫生职业学院 |
| 张 鑫 | 南方医科大学 | 黄 剑 | 海南医学院 |
| 张平平 | 山东万杰医学院 | 曹 杰 | 哈密职业技术学校 |
| 陆予云 | 广州医学院从化学院 | 章绍清 | 铜陵职业技术学院 |
| 陆曙梅 | 信阳职业技术学院 | 蒋 斌 | 合肥职业技术学院 |
| 陈少华 | 广州医学院护理学院 | 魏仲香 | 聊城职业技术学院 |
| 范珍明 | 益阳医学高等专科学校 | | |

总序

ZONGXU

高职高专药学及医学检验技术等专业是以贯彻执行国家教育、卫生工作方针,坚持以服务为宗旨、以就业为导向的原则,培养热爱祖国、拥护党的基本路线,德、智、体、美等全面发展,具有良好的职业素质和文化修养,面向医药卫生行业,从事药品调剂、药品生产及使用、药品检验、药品营销及医学检验等岗位的高素质技能型人才为人才培养目标的教育体系。教育部《关于推进高等职业教育改革创新,引领职业教育科学发展的若干意见》(教职成〔2011〕12号)明确提出要推动体制机制创新,深化校企合作、工学结合,进一步促进高等职业学校办出特色,全面提高高等职业教育质量,提升其服务经济社会发展能力。文件中的这项规划,为高职高专教育以及人才的培养指出了方向。

教材是教学的依托,在教学过程中和人才培养上具有举足轻重的作用,但是现有的各种高职高专药学及医学检验技术等专业的教材主要存在以下几种问题:①本科教材的压缩版,偏重于基础理论,实践性内容严重不足,不符合高等卫生职业教育的教学实际,极大影响了高职高专院校培养应用型人才目标的实现;②教材内容过于陈旧,缺乏创新,未能体现最新的教学理念;③教材内容与实践联系不够,缺乏职业特点;④教材内容与执业资格考试衔接不紧密,直接影响教育目标的实现;⑤教材版式设计呆板,无法引起学生学习兴趣。因此,新一轮教材建设迫在眉睫。

为了更好地适应高等卫生职业教育的教学发展和需求,体现国家对高等卫生职业教育的最新教学要求,突出高职高专教育的特色,华中科技大学出版社在认真、广泛调研的基础上,在教育部高职高专相关医学类专业教学指导委员会专家的指导下,组织了全国60多所设置有药学及医学检验技术等专业的高职高专医药院校近350位老师编写了这套以工作过程为导向的全国高职高专医药院校药学及医学检验技术专业工学结合“十二五”规划教材。教材编写过程中,全体主编和参编人员进行了认真的研讨和细致的分工,在教材编写体例和内容上均有所创新,各主编单位高度重视并有力配合教材编写工作,编辑和主审专家严谨和忘我的工作,确保了本套教材的编写质量。

本套教材充分体现新教学计划的特色,强调以就业为导向、以能力为本位、以岗位需求为标准的原则,按照技能型、服务型高素质劳动者的培养目标,坚持“五性”(思想性、科学性、先进性、启发性、适用性),强调“三基”(基本理论、基本知识、基本技能),力求符合高职高专学生的认知水平和心理特点,符合社会对高职高专药学及医学检验技术等专业人才的需求特点,适应岗位对相关专业人才知识、能力和素质的需要。本套教材的编写原则和主要特点如下。

(1) 严格按照新专业目录、新教学计划和新教学大纲的要求编写,教材内容的深度和广度严格控制在高职高专教学要求的范畴,具有鲜明的高职高专特色。

(2) 体现“工学结合”的人才培养模式和“基于工作过程”的课程模式。

(3) 符合高职高专医药院校药学及医学检验技术专业的教学实际,注重针对性、适用性以及实用性。

(4) 以“必需、够用”为原则,简化基础理论,侧重临床实践与应用。

(5) 基础课程注重联系后续课程的相关内容,专业课程注重满足执业资格标准和相关工作岗位需求。

(6) 探索案例式教学方法,倡导主动学习。

这套教材编写理念新,内容实用,符合教学实际,注重整体,重点突出,编排新颖,适合于高职高专医药院校药学及医药检验技术等专业的学生使用。这套规划教材得到了各院校的大力支持和高度关注,它将为新时期高等卫生职业教育的发展作出贡献。我们衷心希望这套教材能在相关课程的教学发挥积极的作用,并得到读者们的喜爱。我们也相信这套教材在使用过程中,通过教学实践的检验和实际问题的解决,能不断得到改进、完善。

全国高职高专医药院校药学及医学检验技术专业工学结合“十二五”规划教材
编写委员会

前言

QIANYAN

高职高专的培养目标、教学模式、教学内容有其鲜明特色,从教材体系到内容选择都要体现改革精神,要紧扣人才培养方案,明确教材编写的目的和意义,配合教育部“十二五”国家级规划教材建设,注重体现教学指导委员会的专业规范要求,体现教学研究的最新成果,满足高职高专教学的要求与特点。我们将据此精心开发编写有新意、符合工学结合、适应理实一体教学的教材。本教材的特色概括如下。

1. 整体设计全面

本教材共分十四章,内容包括:绪论、误差与分析数据的处理、滴定分析法概论、酸碱滴定法、沉淀滴定法、配位滴定法、氧化还原滴定法、电化学分析法、紫外-可见分光光度法、红外光谱分析法、经典液相色谱法、气相色谱法、高效液相色谱法、其他仪器分析法及分析化学常见实验等。在教学过程中加大实验课的比例,实验内容以技能训练为主,选题接近工作岗位实际,突出学生动手能力和专业技能的培养。

2. 编写理念实际

本教材的大纲力求体现“能力本位、服务后期课程、兼顾职业技能鉴定”的编写理念,举例和实验都尽量编写岗位实例和学生技能鉴定的项目。

3. 内容体例丰富

将分析化学课程的理论教学、实践教学融于一体。同时穿插知识链接、问题、前沿聚焦、课堂互动等丰富多彩的形式,极大地活跃了课堂气氛。每章后的小结有利于学生归纳学习内容。能力检测列有单选题、填空题、简答题、计算题、判断题等多种形式,有利于学生对知识的巩固和应用。

4. 师资队伍优化

本教材由几所知名的药学院、医学院及医药高职院校的一批具有多年教学和实践经验的教师联合开发,并请江苏省盐城药品检验所的主任药师王梅娟作主审,内容组织上不但体现高职高专的特色,还更多的联系实际岗位,使之成为适用、好用、创新的好教材。

本教材主要供药学、药物制剂技术、化学制药、医学检验技术等相关专业使用。

本教材在编写过程中得到了华中科技大学出版社及各编者所在单位的大力支持和帮助,在此表示由衷的感谢!本教材的编写参阅了国内外的有关资料,谨向有关文献的作者一并致谢。

由于时间仓促,书中错误与不当之处在所难免,希望广大读者不吝赐教,提出宝贵意见,以期今后进一步完善。

编者

2012年8月

目录

MULU

绪论	/1
第一章 误差与分析数据的处理	/6
第一节 误差及其表示方法	/6
第二节 有效数字及其应用	/12
第三节 分析数据的统计处理基本知识	/14
第二章 滴定分析法概论	/28
第一节 概述	/28
第二节 标准溶液	/31
第三节 滴定分析的计算	/33
第三章 酸碱滴定法	/44
第一节 酸碱滴定	/44
第二节 酸碱滴定液的配制和标定	/52
第三节 应用与示例	/53
第四节 非水溶液酸碱滴定法	/56
第四章 沉淀滴定法	/65
第一节 重量分析法概述	/65
第二节 沉淀滴定法	/72
第五章 配位滴定法	/82
第一节 概述	/82
第二节 配位平衡	/84
第三节 金属指示剂	/93
第四节 滴定液的配制与标定	/94
第五节 应用与示例	/95
第六章 氧化还原滴定法	/101
第一节 概述	/101
第二节 高锰酸钾法	/108
第三节 碘量法	/110
第四节 亚硝酸钠法	/113
第七章 电化学分析法	/119
第一节 指示电极与参比电极	/119
第二节 直接电位法	/122



第三节	电位滴定法	/127
第四节	永停滴定法	/130
第八章	紫外-可见分光光度法	/136
第一节	光分析法导论	/136
第二节	紫外-可见分光光度计	/138
第三节	基本原理	/142
第四节	分析条件的选择	/146
第五节	紫外吸收光谱法的应用	/147
第九章	红外光谱分析法	/155
第一节	概述	/155
第二节	红外吸收光谱法的基本原理	/157
第三节	常见有机化合物的典型光谱	/167
第四节	傅里叶变换红外光谱仪(FT-IR)和样品处理方法	/174
第五节	红外吸收光谱法的应用	/175
第十章	经典液相色谱法	/180
第一节	色谱分析法及其基本概念	/180
第二节	色谱分析法基本理论	/181
第三节	柱色谱法	/185
第四节	薄层色谱法	/189
第五节	纸色谱法	/194
第十一章	气相色谱法	/198
第一节	概述	/198
第二节	色谱柱	/203
第三节	检测器的主要技术指标	/204
第四节	分离条件的选择	/205
第五节	定性与定量分析	/207
第十二章	高效液相色谱法	/214
第一节	高效液相色谱仪	/215
第二节	高效液相色谱类型	/219
第三节	定性与定量分析方法	/221
第十三章	其他仪器分析法	/227
第一节	荧光分析法	/227
第二节	原子吸收光谱法	/231
第三节	质谱法	/235
第十四章	分析化学常见实验	/246
实验一	电子天平及使用	/246
实验二	滴定分析的基本操作	/253
实验三	盐酸滴定液的配制及标定	/261
实验四	氢氧化钠滴定液的配制及标定	/263

实验五	食醋总酸度的测定	/265
实验六	药用 NaOH 的含量测定(双指示剂法)	/266
实验七	生理盐水中 NaCl 的含量测定	/268
实验八	水的硬度测定	/270
实验九	过氧化氢含量的测定(KMnO ₄ 法)	/272
实验十	食用油过氧化值的测定(间接碘量法)	/274
实验十一	pH 计及其使用	/276
实验十二	对氨基苯磺酸钠的含量测定(永停滴定法)	/279
实验十三	邻二氮菲分光光度法测定水中的微量铁	/280
实验十四	红外光谱对未知样品的定性分析	/282
实验十五	磺胺类药物的分离与鉴定(薄层色谱法)	/284
实验十六	气相色谱定性参数的测定	/286
实验十七	气相色谱法定量分析水中的污染物	/288
实验十八	高效液相色谱仪性能检验	/291
实验十九	阿莫西林注射液的含量测定	/294
实验二十	维生素 B ₂ 的含量测定(荧光分析法)	/296
附录		/300
附录 A	弱酸、弱碱在水中的电离常数	/300
附录 B	难溶化合物的溶度积	/304
附录 C	常见配离子的稳定常数	/306
附录 D	标准电极电势(298.15 K)	/307
附录 E	常用酸碱指示剂	/311
附录 F	常用缓冲溶液的配制	/311
参考文献		/313

绪 论

第 1 章 绪 论

分析化学是研究物质化学组成、含量、结构的分析方法及有关理论的一门学科,分为化学分析和仪器分析。化学分析是建立在化学反应基础之上的一种分析手段;仪器分析是以测量物质的物理及物理化学性质为基础的分析方法。化学分析主要用于物质的定性及定量测定方面。仪器分析主要包括光学分析法、色谱分析法、电化学分析法等,既可用于样品的成分分析,也适用于含量低(如质量分数在 10^{-6} 以下数量级)的成分分析,不仅广泛用于高纯物质、生命科学、环境监测等领域中,还可用于物质的结构研究方面。总体来说,分析化学的任务是鉴定物质的化学组成、测定物质组分的相对含量以及确定物质的化学结构。

一、分析化学的任务和作用

分析化学作为一种分析检测手段,在科学领域中起着十分重要的作用。它不仅为化学的各个分支提供有关物质的组成和结构信息,而且在生命科学、材料科学、医药卫生、国防建设、资源开发及人的衣食住行等各个方面都起着重要的作用。

在科学研究上分析化学可以帮助我们扩大和加深对自然界的认识。目前,世界范围内的大气、江河、海洋和土壤等环境污染正在破坏着正常的生态平衡,甚至危及人类的发展与生存,在追踪污染源,研究污染物种类、数量,研究其转化规律及危害程度等方面,分析化学也起着极其重要的作用。

在新材料的研究中,表征和测定痕量杂质在其中的含量、形态及空间分布等已成为发展高新技术和微电子工业的关键。

在资源及能源科学中,分析化学是获取地质矿物组分、结构和性能信息及揭示地质环境变化过程的主要手段,煤炭、石油、天然气及核材料资源的探测和开采与炼制,更是离不开分析和检测工作。

分析化学在研究生物工程、生物医学中,对于揭示生命起源、生命过程、疾病及遗传奥秘等方面具有重要意义。

在医学卫生方面,药物成分含量、药物作用机制、药物代谢与分解、药物动力学、疾病诊断以及滥用药物等的研究中,分析化学是不可缺少的手段。

二、分析化学方法的分类

分析化学的内容十分丰富,除按任务分为定性分析与定量分析外,还可根据分析对象、测定原理、样品用量及被测成分的多少,分为许多不同的类别。

(一) 无机分析和有机分析

根据分析对象的不同,分析化学可以分为无机分析和有机分析。无机分析的对象是无



机物,无机物所含的元素种类繁多,要求分析的结果以某些元素、离子、化合物或某相是否存在以及其相对含量多少来表示。所以,无机分析是鉴定试样由哪些元素、离子、原子团或化合物组成,各组分含量是多少。有机分析的对象是有机物,有机物的组成元素虽然为数很少,但由于结构复杂,化合物种类多达数百万种,故分析方法不仅有元素分析,还有官能团分析和结构分析。

(二) 化学分析和仪器分析

分析方法的建立是以被测物质在某种变化中或某种条件下所显示的性质为依据的。以物质的化学反应为基础的分析方法称为化学分析法。在定性分析中,许多分离和鉴定反应,就是根据组分在化学反应中生成沉淀、气体或有色物质而进行的。在定量分析中,主要有重量分析、滴定分析等方法。它们具有应用范围广,所用仪器较简单,测定结果较准确等优点。这些方法历史悠久,是分析化学的基础,故又称为经典化学分析法。

仪器分析法是以待测物质的物理性质或物理化学性质为基础的分析方法。这些方法通常需要特殊的仪器。仪器分析法是灵敏、快速、准确的分析方法,发展快,应用广泛。

近年来,仪器分析法应用越来越广泛,但化学分析始终是整个分析化学的基础。仪器分析常常是建立在化学分析基础上的,对试样中极微量物质的定性或定量分析具有极大优势。如样品的预处理、杂质的分离和方法准确度的验证等,还必须由化学分析法完成。同时,仪器分析多数需要化学纯品作标准,而这些化学纯品的成分和含量,一般需要用化学分析的方法来确定。因此,化学分析和仪器分析是互为补充、相辅相成的。

(三) 常量分析、半微量分析、微量分析和超微量分析

在对物质分析中,根据试样用量的多少,又可分为常量分析、半微量分析、微量分析和超微量分析,如表 0-1 所示。

表 0-1 常量分析、半微量分析、微量分析和超微量分析

分析 方法	试样质量/mg	试液体积/mL
常量分析	>100	>10
半微量分析	$10\sim100$	$10\sim1$
微量分析	$0.1\sim10$	$0.01\sim1$
超微量分析	<0.1	<0.01

无机定性分析多采用半微量分析;化学定量分析一般采用常量分析或半微量分析;而微量分析和超微量分析常常需要选用仪器分析法。

此外,还可根据待测组分的含量高低粗略地分为常量组分($>1\%$)、微量组分($0.01\%\sim1\%$)及痕量组分($<0.01\%$),对这些组分的分析又称为常量组分分析、微量组分分析及痕量组分分析。

三、定量分析的一般步骤

试样的分析过程,一般包括下列步骤:试样的采取和制备、试样的含量测定和分析结果的表示等。

(一) 试样的采取和制备

1. 试样的采取

在分析实践中,常需测定大量物料中某些组分的平均含量。但在实际分析时,只能称取几克、十分之几克或更少的试样进行分析。取这样少的试样所得的分析结果,要求能反映整批物料的真实情况,则分析试样的组成必须能代表全部物料的平均组成,即试样应具有高度的代表性。否则分析结果再准确也是毫无意义的。因此,必须采用科学取样法,从大批原始试样的不同部分、不同深度选取多个取样点采样,然后混合均匀,从中取出少量物质作为分析试样进行分析。这样,分析结果就能够代表整批原始试样的平均组成和含量。对于一些比较均匀的物料,如气体、液体和固体试剂等,可直接取少量分析试样,不需再进行制备。

2. 试样的制备

试样的制备目的是使试样适合于选定的分析方法,消除可能引起的干扰。试样的制备主要包括试样的分解和干扰物质的分离。

(1) 试样的分解 在一般分析工作中,通常先要将试样分解,制成溶液。试样的分解工作是分析工作的重要步骤之一。在分解试样时必须注意:试样分解必须完全,处理后的溶液中不得残留原试样的细屑或粉末,试样分解过程中待测组分不应挥发,不应引入待测组分和干扰物质。由于试样的性质不同,分解的方法也有所不同。分解方法有溶解法和熔融法两种。

① 溶解法 采用适当的溶剂将试样溶解制成溶液,这种方法比较简单、快速。常用的溶剂有水、酸和碱等。溶于水的试样一般称为可溶性盐类,如硝酸盐、醋酸盐、铵盐、绝大部分的碱金属化合物和大部分的氯化物、硫酸盐等。对于不溶于水的试样,则采用酸或碱作溶剂的酸溶法或碱溶法进行溶解,以制备分析试液。常用作溶剂的酸有盐酸、硝酸、硫酸、磷酸、高氯酸、氢氟酸以及它们的混合酸;常用作溶剂的碱有氢氧化钾、氢氧化钠、氨水等。对于有机试样,一般采用有机试剂作溶剂,常用的有机溶剂有甲醇、乙醇、三氯甲烷、苯、甲苯等。

② 熔融法 有些试样难溶于溶剂中,可根据其性质,采用熔融法对试样进行预处理。熔融法是利用酸性或碱性溶剂与试样在高温条件下进行复分解反应,使试样中的待测成分转变为可溶于酸或溶于水的化合物。常用的酸性溶剂有 $K_2S_2O_8$,碱性溶剂有 Na_2CO_3 、 K_2CO_3 、 Na_2O_2 、 $NaOH$ 和 KOH 等。

(2) 干扰物质的分离 对于组成比较复杂的试样,在进行分析时,待测组分的含量测定常受样品中其他组分干扰,需在分析前进行分离。常用的分离方法有沉淀法、挥发法、萃取法、色谱法等。

(二) 试样的含量测定

当遇到分析任务时,首先要明确分析目的和要求,确定测定组分、准确度以及要求完成的时间。如在相对原子质量的测定、标样分析和成品分析中,准确度是主要的。而在高纯物质的有机微量组分的分析中,灵敏度是主要的。在生产过程中的控制分析,速度便成了主要的问题。所以,应根据分析的目的要求选择适宜的分析方法。一般来说,测定常量组分时,常选用重量分析法和滴定分析法;测定微量组分时,常选用仪器分析法。例如,自来



水中钙离子、镁离子的含量测定常选用滴定分析法,而矿泉水中微量锌的测定常选用仪器分析法。

(三) 分析结果的表示

根据分析实验测量数据和各种方法的计算公式可计算出试样中待测组分的含量,即称为定量分析结果。一般用下面几种方法表示。

1. 待测组分的化学表示形式

分析结果通常以待测组分实际存在形式的含量表示。例如,测得试样中磷含量后,根据实际情况可以用 P 、 P_2O_5 或 $H_2PO_4^-$ 等形式的含量来表示分析结果。如果待测组分的实际存在形式不清楚,则最好以其氧化物形式(如 CaO 、 MgO 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 等)的含量来表示分析结果,而在金属材料和有机分析中常以元素形式(Ca 、 Mg 、 Al 、 Fe 等)的含量来表示分析结果。电解质溶液的分析结果常以所存在的离子的含量来表示。

2. 待测组分含量的表示方法

①固体试样的含量通常以质量分数表示,在药物分析中也可用含量百分数表示;②液体试样中待测组分的含量通常以物质的量浓度、质量浓度及体积分数等表示;③气体试样中待测组分的含量常用体积分数表示。

一个完整的定量分析结果的表示,不仅仅是简单的含量测定结果的计算数据,而应是包括测定结果的平均值、测量次数、测定结果的准确度、精密度以及置信度等,因此应按测量步骤记录原始测量数据,根据测定数据计算测定结果,最后对测定结果作出科学合理的判断,写出书面报告。

四、分析化学的应用

分析化学有着悠久的历史,起源可以追溯至古代炼金术,16 世纪就已出现了第一个使用天平的试金实验室。至 17 世纪,英国化学家波意耳(R. Boyle)首先提出“分析化学”这一概念。随后,它对元素的发现、相对原子质量的测定等都曾作出重要贡献。在科学史上,分析化学可称为是研究化学的开路先锋。19 世纪中叶,德国富雷新尼乌斯(C. R. Fresenius)陆续发表了两本关于定性分析、定量分析的专著,标志着分析化学作为一门化学的分支学科已初步形成。20 世纪以来,由于现代科学技术的发展,分析化学经历了三次巨大变革。20 世纪初至 20 世纪 30 年代,以创立物理化学杂志为标志,以物理化学为理论基础,分析化学成为一门以经典化学分析为主的学科,建立了溶液中酸碱、配位、沉淀、氧化还原四大平衡理论。20 世纪 40 年代至 20 世纪 60 年代,物理学与电子学的发展,促进了以光谱分析、质谱分析为代表的仪器分析方法的发展,改变了经典的以化学分析为主的局面,使仪器分析获得蓬勃发展。20 世纪 70 年代末至今,生命科学、环境科学、新材料科学等发展的要求,生物学、信息科学、计算机技术的引入,使分析化学进入了一个崭新的境界,现代分析技术的任务已不只限于测定物质的组成及含量,而是要对物质的形态、结构、微区、薄层及活性等做出瞬时追踪和在线监测等分析及过程控制,分析化学已由单纯提供数据,上升到从分析数据中获取有用的信息和知识,成为生产和科研中实际问题的解决者。

现代分析化学已突破了纯化学领域,它将化学与数学、物理、计算机及生物紧密地结合起来,发展成为一门多学科性的综合学科。

五、分析化学的发展趋势

分析化学逐渐向着提高灵敏度,解决复杂体系的分离问题及提高分析方法的选择性,扩展时空多维信息,微型化及微环境的表征与测定,形态、状态分析及表征,生物大分子及生物活性物质的表征与测定,非破坏性检测与遥测,自动化及智能化的方向发展。

六、分析化学的学习方法与要求

分析化学是一门从实践中来、到实践中去的学科,以解决实际问题为目的。通过理论课的学习掌握化学的基本概念、基本理论、基本计算和基本关系;通过实验的实践掌握化学实验技能、培养严谨的科学作风、提高分析问题和解决问题的能力。

(李明梅)

第一章 误差与分析数据的处理

知识目标 能力目标 素质目标

学习目标

1. 掌握误差类型及准确度和精密度的表示与计算方法;提高准确度的方法;有效数字的概念、修约和运算规则。
2. 熟悉系统误差和偶然误差的性质及其与准确度和精密度的关系;可疑测量值的取舍方法;分析结果的一般表示方法。
3. 了解分析结果的一般统计学处理的意义与方法。



第一节 误差及其表示方法

定量分析的任务是准确测定试样中组分的相对含量。但在定量分析中,受分析工作者及其所采用的分析方法、测量仪器、试剂等主、客观因素的限制,测量值与真实值不可能完全一致。即使是技术熟练的分析工作者,在相同的条件下,对同一试样进行多次测定,所得分析结果也不可能完全一致。这说明误差是客观存在的、难以避免的。在定量分析中,不仅要对待测组分含量进行准确的测定和正确的计算与表示,还要对测定结果的准确性和可靠性作出科学评价,并对产生误差的原因进行分析,采取适当措施减小误差,从而提高分析结果的准确性。

一、误差类型及表示方法

误差(error)是用于表示测量值与真实值相互接近程度的物理量,其表示方法有绝对误差和相对误差。根据产生误差的原因的不同,误差又分为系统误差和偶然误差两种类型。

(一) 绝对误差和相对误差

1. 绝对误差

绝对误差(absolute error, AE)指测量值(x)与真实值(μ)之差。

$$E = x - \mu \quad (1-1)$$

2. 相对误差

相对误差(relative error, RE)指绝对误差占真实值的百分数。若无真实值,可用约定

真值、相对真值或平均值代替。

$$RE = \frac{E}{\mu} \times 100\% = \frac{E}{x} \times 100\% \quad (1-2)$$

知识链接

约定真值和相对真值

约定真值:由国际计量大会规定的值,如相对原子质量、相对分子质量及一些常数等均为约定真值。

相对真值:采用可靠分析方法,在权威机构认可的实验室里,由不同有经验的分析工作者,对同一试样进行反复多次实验,所得大量数据经数理统计方法处理后的平均值。

误差有正负之分,当测定值大于真实值时为正误差,表示分析结果偏高;反之,为负误差,表示分析结果偏低。

实际工作中,常用绝对误差表示分析仪器的精度,而用相对误差表示分析结果的准确度。

例 1-1 用分析天平称两份试样,其质量分别为 0.1134 g 和 1.1345 g,两份试样的真实质量分别为 0.1133 g 和 1.1346 g,求两份试样的绝对误差和相对误差各为多少?

解 试样的绝对误差分别为

$$E_1 = (0.1134 - 0.1133) \text{ g} = +0.0001 \text{ g}$$

$$E_2 = (1.1345 - 1.1346) \text{ g} = -0.0001 \text{ g}$$

试样的相对误差分别为

$$RE_1 = \frac{+0.0001}{0.1133} \times 100\% = 0.1\%$$

$$RE_2 = \frac{-0.0001}{1.1346} \times 100\% = -0.01\%$$

从上所知,用同一台天平对两份试样称量时,由于天平的精度一定,称量的绝对误差相同,但称量的相对误差却因试样的真实质量不同而不同,所以用相对误差表示测定的准确度比用绝对误差更合理些。

(二) 系统误差和偶然误差

1. 系统误差

系统误差(systematic error)也称可定误差(determinate error),是指由某种确定原因引起的误差。它具有确定性、重复性、定向性及可测性等特点,因而可以校正或消除。

系统误差根据产生的原因可分为方法误差、仪器误差、试剂误差及操作误差等四种。

(1) 方法误差:由于分析方法不完善所致的误差。例如:重量分析法存在沉淀的溶解损失或沉淀吸附杂质的现象;在酸碱滴定分析中由于滴定终点与化学计量点不一致等,都会产生系统误差。

(2) 仪器误差:由于使用的仪器不精准所引起的误差。例如,分析天平的砝码、滴定管等不够准确所引起的误差均属仪器误差。