

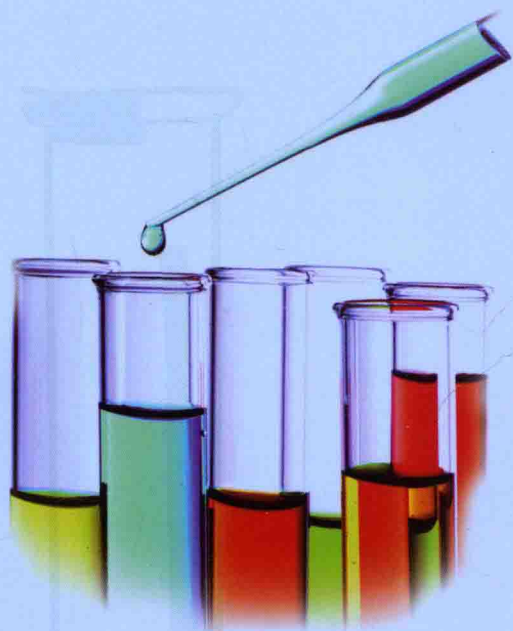


全国高等卫生职业教育高素质技能型  
人才培养“十三五”规划教材

供药学、医学检验技术等专业使用

# 分析化学

王文渊 黄丹云 程 萍◎主编



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>



全国高等卫生职业教育高素质技能型  
人才培养“十三五”规划教材

供药学、医学检验技术等专业使用

# 分析化学

主 编 王文渊 黄丹云 程 萍

副主编 孙 倩 钟先锦 王 燕

主 审 唐守勇

编 者 (以姓氏笔画为序)

王 燕 陕西国际商贸学院

王文渊 永州职业技术学院

王洪涛 郑州铁路职业技术学院

方迎春 皖北卫生职业学院

孙 倩 辽宁医药职业学院

李华生 永州职业技术学院

钟先锦 合肥职业技术学院

段佩玲 郑州铁路职业技术学院

黄丹云 肇庆医学高等专科学校

程 萍 郑州铁路职业技术学院

鲁赤姣 永州市产商品质量监督检验所



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

中国·武汉

图书在版编目(CIP)数据

分析化学/王文渊,黄丹云,程萍主编. —武汉:华中科技大学出版社,2016.7  
全国高等卫生职业教育高素质技能型人才培养“十三五”规划教材. 药学及医学检验专业  
ISBN 978-7-5680-1934-7

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 138513 号

分析化学  
FenXi Huaxue

王文渊 黄丹云 程萍 主编

---

策划编辑:陈鹏  
责任编辑:陈鹏  
封面设计:原色设计  
责任校对:张会军  
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)81321913  
录排:华中科技大学惠友文印中心  
印刷:武汉鑫昶文化有限公司  
开本:880mm×1230mm 1/16  
印张:15  
字数:474千字  
版次:2016年7月第1版第1次印刷  
定价:42.00元



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

# 全国高等卫生职业教育高素质技能型 人才培养“十三五”规划教材 (药学及医学检验专业)

编委会

## 委 员(按姓氏笔画排序)

- |     |                |     |              |
|-----|----------------|-----|--------------|
| 王 斌 | 陕西中医药大学        | 王文渊 | 永州职业技术学院     |
| 王志亮 | 枣庄科技职业学院       | 王喜梅 | 鹤壁职业技术学院     |
| 王德华 | 苏州卫生职业技术学院     | 孔晓朵 | 鹤壁职业技术学院     |
| 甘晓玲 | 重庆医药高等专科学校     | 叶颖俊 | 江西医学高等专科学校   |
| 仲其军 | 广州医科大学卫生职业技术学院 | 刘柏炎 | 益阳医学高等专科学校   |
| 刘修树 | 合肥职业技术学院       | 李树平 | 湖南医药学院       |
| 李静华 | 乐山职业技术学院       | 杨凤琼 | 广东岭南职业技术学院   |
| 杨家林 | 鄂州职业大学         | 张 勇 | 皖北卫生职业学院     |
| 陆艳琦 | 郑州铁路职业技术学院     | 范珍明 | 益阳医学高等专科学校   |
| 周建军 | 重庆三峡医药高等专科学校   | 秦 洁 | 邢台医学高等专科学校   |
| 钱士匀 | 海南医学院          | 徐 宁 | 安庆医药高等专科学校   |
| 唐 虹 | 辽宁医药职业学院       | 唐吉斌 | 铜陵职业技术学院     |
| 唐忠辉 | 漳州卫生职业学院       | 谭 工 | 重庆三峡医药高等专科学校 |
| 魏仲香 | 聊城职业技术学院       |     |              |

# 前言

QIANYAN

为积极推进高职高专课程和教材改革,更好地适应新形势下高职高专药类专业教育的改革和发展,我们本着以培养高素质技能型人才为目标,以能力培养为本位的指导思想和原则,按照全国高职高专药学类专业的培养目标,充分考虑职业教育与医学教育的行业特点,遵循职业教育“理实一体、教学做合一”的教育理念,确定了本课程的教学内容和编写形式,编写了本教材。

本书在编写过程中始终贯彻以“需用为准、够用为度、实用为先”的原则,注重体现内容的思想性、科学性、先进性和实用性,突出高职高专教育强调职业能力培养的特色。

本书的编写体例力求新颖,在编写形式上,各章均明示了知识目标和能力目标,便于学生明确学习目标。各章除了正文内容之外,还设计了课堂讨论、知识链接与知识拓展等栏目,以调动学生的积极性和参与性,便于开展互动式教学,拓宽学生知识面。此外,每一章后面设计了主要知识点总结,便于学生对本章知识进行梳理与归纳,章尾的目标检测题供学生进行学习和训练,有利于学生对知识的巩固与掌握。同时,为便于“理实一体、教学做合一”的开展,我们将组编的26个实训项目与理论教学内容合编为一本书,供教学选用。

全书内容包括:绪论、误差和分析数据处理、重量分析法、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、红外分光光度法、经典液相色谱法、气相色谱法、高效液相色谱法、其他仪器分析法以及分析化学实验。鉴于分析化学的专业基础课地位和作用,在实验内容的选取和设计上,注重与专业课程的衔接,强化与职业资格标准(技能鉴定)的对接,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。

本教材由王文渊、黄丹云、程萍主编,具体编写分工为:王文渊编写绪论和第十三章部分内容;黄丹云编写第三章和第四章;程萍编写第十二章和第十四章;孙倩编写第二章;钟先锦编写第一章和第六章;王燕编写第十章;段佩玲编写第五章和第十三章部分内容;方迎春编写第十一章;王洪涛编写第八章;李华生编写第七章;鲁赤姣编写第九章。上述各位老师还参与了实验的编写。全书由王文渊统稿,唐守勇教授担任全书的主审。

本教材在编写过程中得到了华中科技大学出版社、各参编单位的大力支持与帮助,在此表示诚挚的谢意;编写过程中参考了部分教材及专著,在此向有关作者一并致谢。鉴于编者水平与编写时间有限,教材中不足之处在所难免,恳请各位专家、同行和读者提出宝贵意见,以便我们修订完善。

编者

2016年4月

# 教学大纲

JIAOXUEDAGANG

(供药学、药品营销与管理、药物制剂技术、生物制药技术、  
医学检验技术等专业用)

## 一、课程定位

分析化学是在无机化学、有机化学的基础上开设的,是药学、药品营销与管理、药物制剂技术、生物制药技术、化学药制药技术、中药制药技术、医学检验技术等专业的一门主干基础课程。通过本课程的学习,使学生掌握定量分析的基础知识,滴定分析、重量分析、电化学分析、光谱分析和色谱分析的基本原理、基本知识和基本操作技术;了解分析化学在工业生产、国防建设、医药保健、环境保护、能源开发、生命科学等领域中的应用和发展,了解分析科学发展的方向;培养学生学会运用分析化学学科的方法和技术,获取对未知体系从量与质到动态变化的认识,建立起严格的“量”的概念,为学习药物分析、生化检验技术、卫生理化检验技术等后继专业课程打好基础;培养学生实事求是的科学态度和严谨认真的工作作风,提高观察问题、分析问题和解决问题的实际能力;培养学生的创新意识、创新思维 and 创新能力,达到能在生产及科研领域中从事一般分析工作的要求,为学生进一步的深造及未来的社会实践打下坚实的基础。

## 二、课程目标

### (一) 知识目标

(1) 掌握常量组分定量分析的基本知识、基本理论和基本分析方法;熟练掌握常用标准溶液的配制与标定;掌握试样的采集、制备与预处理方法以及测定方法的选择,并能对所选择的分析方法进行科学性论证。

(2) 掌握分析测定中的误差来源、误差的表征及实验数据的统计处理方法,及对实验结果的评价。

(3) 掌握滴定分析法(酸碱滴定、非水溶液滴定、沉淀滴定、配位滴定、氧化还原滴定)和重量分析法的基本原理、测定条件与应用。

(4) 掌握电化学分析法(直接电位法、电位滴定法、永停滴定法)、分光光度法(紫外-可见分光光度法、红外分光光度法)、色谱法(经典色谱法、气相色谱法、高效液相色谱法)的基本理论、基本原理、基本技术和各方法的具体应用。

(5) 了解原子吸收分光光度法、荧光分析法、质谱法的原理及在分析领域中的应用。

### (二) 能力目标

(1) 熟悉分析化学的基本理论和基本知识,系统、掌握滴定分析和现代仪器分析测试技术的基本原理、基本操作技术。掌握标准溶液的配制与容量器具的校正方法。

(2) 掌握所学习的滴定分析和现代仪器分析测试技术,能将这些方法和技术用于对实际样品的分析,能胜任药品和食品的检测分析、工业分析、环境分析等方面的工作。

(3) 了解分析领域的理论前沿、应用前景、最新发展动态以及相关产业的发展动态。能运用现代信息技术获取中外文资料,具有一定的实验设计能力,具有归纳、整理、分析实验结果的能力以及撰写论文、参



与学术交流的能力。

### (三) 素质目标

培养具有牢固的药品质量观,具有坚定的政治方向,爱祖国,爱事业,具有较高的人文科学修养和较高的文化素养,具有良好的职业道德和爱岗敬业的工作态度,具有综合运用学科知识,单独进行科学实验的能力和严谨认真、科学求实的综合型素质,具有良好的团队组织和协作能力。

## 三、课程内容与课时分配

课程内容	总课时	理论课	实验课
绪论	2	2	0
第一章 误差与分析数据处理	4	4	0
第二章 重量分析法	4	2	2
第三章 滴定分析法概论	5	3	2
第四章 酸碱滴定法	8	4	4
第五章 沉淀滴定法	6	2	4
第六章 配位滴定法	6	3	3
第七章 氧化还原滴定法	6	3	3
第八章 电化学分析法	6	3	3
第九章 紫外-可见分光光度法	9	5	4
第十章 红外分光光度法	4	2	2
第十一章 经典液相色谱法	8	5	3
第十二章 气相色谱法	8	4	4
第十三章 高效液相色谱法	7	4	3
第十四章 其他仪器分析方法简介	7	4	3
合计	90	50	40

## 四、教学建议

1. 理论教学过程中系统地讲授该课程的基本内容,突出重点、难点,结合多媒体教学手段,使学生获得本课程的基本知识和相关的发展动态内容。同时,要求学生以教师讲授为主线,参考有关的数字及印刷的文献资料,使学生既掌握重点内容、理解难点问题,同时扩大学生的知识面,系统掌握课程的基本知识;

2. 针对分析化学课程的实践应用性强、侧重实践教学的特点,采用讲授与实践的模块式教学,通过学生实验教学、课堂讨论、作业论文及多媒体的教学等方式,加强直观教学,提高学生的学习兴趣;

3. 根据高职高专的培养目标,强化实践教学,突出能力培养,由基本技能训练→综合技能形成的循序渐进的实践教学模式,促进和加强学生实践操作能力、独立分析和解决问题的能力,达到理论与实践的密切结合。

4. 教学可采用现代数字教学与传统教学相结合的方式开展。充分利用慕课、微课、云课堂、教学数字化资源等现代教学资源与方式,与传统的教学方法结合起来,相得益彰,提高教学效果和教学质量。

# 目录

MULU

绪论	/1
第一章 误差与分析数据处理	/6
第一节 误差和偏差	/6
第二节 有效数字及其应用	/10
第三节 分析数据的统计处理	/12
第二章 重量分析法	/18
第一节 挥发法	/18
第二节 沉淀重量法	/19
第三节 电子天平及应用	/22
第三章 滴定分析法概论	/26
第一节 概述	/26
第二节 标准溶液及其配制	/28
第三节 滴定分析法的计算	/30
第四节 滴定分析容量器皿的校准	/33
第四章 酸碱滴定法	/37
第一节 酸碱指示剂	/37
第二节 酸碱滴定曲线和指示剂的选择	/40
第三节 酸碱滴定液的配制和标定	/46
第四节 酸碱滴定法应用与示例	/48
第五节 非水溶液酸碱滴定法	/49
第五章 沉淀滴定法	/56
第一节 概述	/56
第二节 铬酸钾指示剂法	/56
第三节 铁铵矾指示剂法	/58
第四节 吸附指示剂法	/59
第六章 配位滴定法	/63
第一节 概述	/63
第二节 配位平衡	/65
第三节 配位滴定条件的选择	/67
第四节 金属指示剂	/70
第五节 应用与示例	/72
第七章 氧化还原滴定法	/76
第一节 概述	/76
第二节 高锰酸钾法	/77
第三节 碘量法	/79
第四节 亚硝酸钠法	/81





<b>第八章 电化学分析法</b>	/85
第一节 原电池	/85
第二节 指示电极和参比电极	/86
第三节 直接电位法	/88
第四节 电位滴定法	/92
第五节 永停滴定法	/94
<b>第九章 紫外-可见分光光度法</b>	/99
第一节 概述	/99
第二节 紫外-可见分光光度法	/101
第三节 紫外-可见分光光度计	/104
第四节 分析条件的选择	/107
第五节 应用与示例	/108
<b>第十章 红外分光光度法</b>	/115
第一节 概述	/115
第二节 红外分光光度法的基本原理	/116
第三节 红外分光光度计	/120
第四节 红外吸收光谱法的应用	/122
<b>第十一章 经典液相色谱法</b>	/126
第一节 色谱法概述	/126
第二节 色谱法的基本原理	/128
第三节 经典柱色谱法	/129
第四节 薄层色谱法	/133
<b>第十二章 气相色谱法</b>	/138
第一节 概述	/138
第二节 气相色谱法的基本理论	/139
第三节 气相色谱的固定相与流动相	/143
第四节 气相色谱的检测器	/146
第五节 分离条件的选择	/148
第六节 定性与定量分析	/150
<b>第十三章 高效液相色谱法</b>	/157
第一节 概述	/157
第二节 高效液相色谱仪	/158
第三节 高效液相色谱法的主要类型	/161
第四节 应用与示例	/162
<b>第十四章 其他仪器分析法简介</b>	/166
第一节 荧光分析法简介	/166
第二节 原子吸收分光光度法简介	/170
第三节 质谱法简介	/173
<b>分析化学实验</b>	/178
实验室基本知识	/178
实验一 电子天平及使用	/179
实验二 滴定分析仪器的洗涤和使用操作	/182
实验三 容量器具的校正	/187
实验四 盐酸标准溶液的配制与标定	/189
实验五 氢氧化钠标准溶液的配制与标定	/190

实验六 食醋中总酸量的测定	/192
实验七 药用 NaOH 的含量测定(双指示剂法)	/193
实验八 大枣干燥失重的测定	/195
实验九 $\text{NH}_4\text{SCN}$ 标准溶液的配制与标定	/196
实验十 NaCl 注射液的含量测定	/197
实验十一 水的硬度测定	/198
实验十二 过氧化氢含量的测定	/200
实验十三 硫代硫酸钠标准溶液的配制和标定	/202
实验十四 维生素 C 的含量测定	/203
实验十五 pH 计及其使用	/205
实验十六 对氨基苯磺酸钠的含量测定	/207
实验十七 邻二氮菲分光光度法测定水中的微量铁	/208
实验十八 维生素 $\text{B}_{12}$ 注射液的含量测定	/210
实验十九 苯甲酸的红外吸收光谱测定	/211
实验二十 磺胺类药物的分离与鉴定	/212
实验二十一 气相色谱定性参数的测定	/213
实验二十二 无水乙醇中微量水分的测定	/216
实验二十三 高效液相色谱仪的性能检查	/217
实验二十四 阿莫西林注射液的含量测定	/220
实验二十五 原子吸收光谱法测定水中镁的含量	/221
实验二十六 维生素 $\text{B}_2$ 的含量测定	/223
参考文献	/225

# 绪 论

## 【知识目标】

1. 明确分析化学的任务,掌握分析方法的分类及分析结果的表示方法。
2. 熟悉分析工作的一般工作流程。
3. 了解分析化学的作用、发展趋势及在分析领域中的应用。

## 【能力目标】

掌握学习分析化学的方法。

## 一、分析化学的任务和作用

分析化学(analytical chemistry)是研究物质的化学组成、含量、结构和形态等的分析方法及有关理论的一门学科。它是化学领域的一个重要分支,分为化学分析和仪器分析。化学分析是以物质的化学反应为基础的分析方法,主要用于物质的定性、定量分析,它是分析化学的基础,又称为经典化学分析法。仪器分析是以待测物质的物理或物理化学性质为分析基础的方法,由于测定物质的物理和物理化学性质大都需要借助于仪器,故称为仪器分析。仪器分析主要包括电化学分析、光谱分析、色谱分析、质谱分析、核磁共振分析等,用于样品的定性、定量和结构分析,特别适用于低含量组分(质量分数在 $10^{-6}$ 以下数量级)的分析。分析化学的任务是确定物质的化学组成、测定各组成成分的相对含量以及确定物质的化学结构。

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,而且促进了生命科学、材料科学、能源科学、环境科学的发展,在医药卫生、国防建设、资源开发、科技进步等各个方面都发挥着重要的作用。

在科学研究中,分析化学具有重要的地位。如元素的发现,原子、分子学说的创立,相对原子质量的测定,定比定律、倍比定律等化学基本定律的确定都与分析化学紧密相关。在当今以生物科学技术和生物工程为基础的绿色革命中,细胞工程、基因工程、发酵工程及纳米技术等的研究也离不开分析化学。在影响人类发展与生存的环境污染方面,分析化学在追踪污染源,研究污染物种类、数量及危害程度等方面同样起着极其重要的作用。

在新材料的研究中,分析化学已成为发展新技术、合成新材料的关键。原子能材料、半导体与超纯物质中痕量杂质的测量分析,新材料及功能性材料的研制与开发等各个方面,都需要用到分析化学的方法、技术。

在资源开发中,分析化学是获取地质矿物组成、结构等信息及揭示地质变化过程的主要手段,煤炭、石油、天然气等资源的探测与开采,更是离不开分析检测技术。

在生命科学研究中,分析化学自始至终都占有重要的地位。分析化学的发展,实现了人类对蛋白质、核酸等生物大分子组成、结构的认识,使生命科学研究进入到分子、原子水平,对于揭示生命起源、生命过程、疾病及遗传奥秘等方面提供了研究途径和方法。

在医学卫生领域,分析化学也起着非常重要的作用。如药品食品的检验、新药的研制与药品质量标



准的制订、药物代谢与分解、临床检验,天然药物中活性成分的提取、分离、鉴别与结构测定等研究,都与分析化学有着密切的关系。

## 二、分析方法的分类

分析化学可按不同的标准进行分类,如可根据分析的任务、分析对象、测定原理、样品的用量来分。此外,还可根据被测成分含量的多少而分成不同的类别。

### (一) 定性分析、定量分析和结构分析

根据分析的任务不同,分析方法可分为定性分析、定量分析和结构分析。

1. **定性分析** 定性分析的任务是鉴定物质由哪些元素、离子、原子团、官能团或化合物组成。
2. **定量分析** 定量分析的任务是测定试样中各组成成分的含量。
3. **结构分析** 结构分析的任务是确定物质的化学结构。

### (二) 无机分析和有机分析

根据分析对象的不同,分析方法可以分为无机分析和有机分析。

1. **无机分析** 无机分析的对象是无机物,无机分析主要是鉴定试样由哪些元素、离子、原子团或化合物组成,各组分的相对含量是多少。
2. **有机分析** 有机分析的对象是有机物。由于有机物结构复杂,因此,有机分析不仅要进行组成元素分析,还要做官能团和结构分析。

### (三) 化学分析和仪器分析

根据分析原理的不同,分析方法可以分为化学分析和仪器分析。

1. **化学分析** 化学分析是以被测物质的化学反应为基础的分析方法,又称为经典化学分析法。在定性鉴别分析中,往往根据被测试样在化学反应中生成的沉淀、气体或颜色变化而进行分析;在定量分析中,可采用重量分析法和滴定分析法。化学分析法具有操作简便、仪器简单、测定结果准确等特点。
2. **仪器分析** 仪器分析是以待测物质的物理或物理化学性质为基础的分析方法,这种分析方法通常需要借助于仪器测定待测物的物理或理化性质,它是一种现代分析法。仪器分析法具有快速、灵敏、准确、自动化程度高等特点。

化学分析和仪器分析是互为补充,相辅相成的。

### (四) 常量分析、半微量分析、微量分析和超微量分析

根据试样用量的多少,分析方法可分为常量分析、半微量分析、微量分析和超微量分析,如下表所示。

分析方法	试样质量/mg	试液体积/mL
常量	>100	>10
半微量	10~100	1~10
微量	0.1~10	0.01~1
超微量	<0.1	<0.01

无机定性分析多采用半微量分析法,定量分析一般采用常量分析法,而微量和超微量分析常选用仪器分析方法。

此外,待测组分根据含量的高低,可粗略地分为常量组分(>1%)、微量组分(0.01%~1%)及痕量组分(<0.01%),对这些组分的分析又分别称为常量组分分析、微量组分分析及痕量组分分析。

## 三、定量分析的一般步骤

定量分析的任务就是测定试样中有关组分的含量。定量分析的工作流程,一般包括以下几个步骤:采集试样、制备样品溶液、分离干扰物质、测定含量、分析结果的计算和表示。

### (一) 采集试样

在实际分析中,常常从大量的物料中采集少量的试样,并将从少量试样中测定出来的结果作为整体的分析结果。因此,采集试样应具有科学性、真实性和代表性,否则分析结果再准确也是毫无意义的。为使采集的试样具有代表性,应从原始试样的不同部分、不同深度选取多个取样点采集试样,然后混合均匀,从中取出少量作为分析试样进行分析。

### (二) 制备样品溶液

定量分析中,大多数试样都要制成溶液,然后选用合适的分析方法进行分析。由于试样的性质不同,溶解的方法也有所不同。常用的方法有溶解法、熔融法和消化法。

**1. 溶解法** 溶解法是用合适的溶剂将样品溶解制成溶液,然后选用适当的分析方法进行分析。根据试样性质的不同,可选用不同的溶剂,常用的溶剂有水、酸、碱及有机溶剂等。

对于可溶性的硝酸盐、醋酸盐、铵盐、绝大部分的碱金属化合物和大部分的氯化物、硫酸盐等试样,一般选用水为溶剂。对于难溶于水的金属、金属氧化物、金属硫化物、碳酸盐等试样,则可选用酸或碱作溶剂,利用酸(或碱)的酸性(或碱性)、氧化还原性、配位性等进行溶解,来制备样品溶液。常用作溶剂的酸有盐酸、硝酸、硫酸、磷酸、高氯酸以及它们的混合酸,常用作溶剂的碱有氢氧化钾、氢氧化钠和氨水等。对于难溶于水和酸碱的有机化合物试样,可根据“相似相溶”原理以及有机酸、碱互溶的规律,选择有机溶剂进行溶解来制备样品溶液,常用的有机溶剂有甲醇、乙醇和三氯甲烷等。

**2. 熔融法** 对于某些难溶于溶剂的试样,可采用熔融法对试样进行预处理后,再用溶剂溶解制成溶液。熔融法是利用酸性或碱性熔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成可溶于酸或水的化合物。常用的酸性熔剂有  $K_2S_2O_7$ , 碱性熔剂有  $Na_2CO_3$ 、 $K_2CO_3$ 、 $Na_2O_2$ 、 $NaOH$  和  $KOH$  等。

**3. 消化法** 为测定有机试样中的无机成分,分解除去有机物的方法称为消化法。消化法分为干法消化和湿法消化两种。

干法消化又分为氧瓶燃烧法和定温消化法。定温消化法是直接将试样置于坩埚内,在一定温度下加热灰化,用酸溶解灰分中的无机氧化物后再测定。氧瓶燃烧法是将试样和适当的吸收剂放入氧气燃烧瓶中,将试样燃烧,燃烧产物被吸收剂吸收后,再用合适的方法进行测定。湿法消化通常是在试样中加入硝酸、高氯酸、硫酸等氧化性强酸,结合加热来破坏有机物,使待测的无机成分释放出来,并形成各种不挥发的无机化合物,以便做进一步的分析测定。有时还要加一些氧化剂(如高锰酸钾、过氧化氢等)或催化剂(如硫酸铜、硫酸钾、二氧化锰、五氧化二钒等),以加速样品的氧化分解。

### (三) 分离干扰物质

对于组成比较复杂的试样,在进行分析时,被测组分的含量测定常受样品中其他组分的干扰。因此,需要在测定分析前对干扰组分进行分离,常用分离干扰物质的方法有沉淀法、挥发法、萃取法和色谱法等。

### (四) 测定含量

试样的含量测定应根据试样的组成、被测组分的性质、测定准确度的要求以及干扰组分的情况,选择合适的分析方法。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、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。

### (五) 分析结果的计算与表示

根据实验测定得到的数据和相关公式计算出试样中待测组分的含量,采用合适的方法表示分析测定结果,分析结果的表示一般有以下一些方法。

**1. 待测组分的化学表示形式** 分析结果通常用待测组分实际存在的形式表示,如测得试样中磷含量后,根据实际情况可以用  $P$  或  $P_2O_5$  等形式来表示。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)来表示。在金属材料 and 有机分析中,常以元素形式( $Ca$ 、 $Mg$ 、



Al、Fe 等)来表示;电解质溶液的分析结果常以所存在的离子来表示。

**2. 待测组分含量的表示方法** ①固体试样中待测组分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,写出书面的检验报告。

#### 四、分析化学的发展趋势

分析化学有着悠久的历史,17世纪英国化学家波义耳(R. Boyle)首先提出“分析化学”这一概念,19世纪中叶德国富雷新尼乌斯(C. R. Fresenius)的两本定性、定量分析专著的发表,标志着分析化学作为化学的一门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30年代,物理化学的发展,为分析技术提供了理论基础,建立了溶液中酸碱、配位、沉淀、氧化还原四大平衡理论,从而使分析化学成为以经典化学分析为主的一门科学。20世纪40—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,使分析化学进入一个崭新的境界,现代分析技术的任务已不再局限于测定物质的组成及含量,而是要对物质的形态、结构、生物活性等做出瞬时追踪分析;不再局限于对物质进行静态的常规检验,而是深入到生物体内,实现在线监测和作用过程的动态监控等。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。总而言之,现代分析化学已突破了纯化学领域,它将化学与数学、物理学、计算机科学及生物学紧密地结合起来,发展成为一门综合性学科。

#### 五、分析化学在药学中的应用

分析化学是药学专业一门重要的专业基础课,分析化学的理论、方法及技术与药学专业的许多课程紧密相关。例如,药物化学中对原料、中间体及成品分析和药物的理化性质与结构关系的探索,药物分析中对药品质量标准的制订、药物中主成分的含量测定与杂质检查,药物制剂的稳定性、生物有效性的测定,天然药物化学中对天然药物有效成分的提取、分离、定性鉴别和化学结构的测定,药理学中药物分子的理化性质和药理作用的关系及药物代谢动力学等,都与分析化学有着密切的联系。通过对分析化学理论课的学习,掌握分析化学的基本理论和基本知识;通过分析化学实验的实践,掌握分析化学实验的基本技能,牢固树立“量”的概念,培养严谨求实的科学作风,提高分析问题和解决问题的能力。

### 本章主要知识点

1. 分析化学的任务:研究物质组成、含量、结构和形态等的分析方法及有关理论。
2. 分析化学的内容:定性分析、定量分析和结构分析。
3. 分析方法的分类:

分析方法	{	按分析任务分:定性分析、定量分析和结构分析
		按分析对象分:无机分析和有机分析
		按分析原理分:化学分析和仪器分析
		按试样用量分:常量分析、半微量分析、微量分析和超微量分析
		按组分含量分:常量组分分析、微量组分分析及痕量组分分析

4. 定量分析的一般步骤包括:试样的采集、样品溶液的制备、干扰组分的分离、分析方法的选择与定量测定、分析结果的计算与表示。定量分析中,溶解试样常用的方法有溶解法、熔融法和消化法。

## 目标检测

### 一、填空题

1. 分析化学是化学学科的一个重要分支,是研究物质\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_及有关理论的一门科学。
2. 分析化学按任务可分为\_\_\_\_\_分析和\_\_\_\_\_分析,按测定原理可分为\_\_\_\_\_分析和\_\_\_\_\_分析。
3. 定量分析的过程,一般包括\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_与\_\_\_\_\_五个步骤。

### 二、选择题

1. 按被测组分含量来分,分析方法中常量组分分析指含量( )。
 

A. $<0.1\%$	B. $>0.1\%$	C. $<1\%$	D. $>1\%$
-------------	-------------	-----------	-----------
2. 若被测组分含量在  $0.01\% \sim 1\%$ ,则对其进行的分析属于( )。
 

A. 微量分析	B. 微量组分分析	C. 痕量组分分析	D. 半微量分析
---------	-----------	-----------	----------
3. 试样的采集原则应具有( )。
 

A. 典型性	B. 代表性	C. 统一性	D. 不均匀性
--------	--------	--------	---------
4. 对三七药材各种组成成分的分析属于( )。
 

A. 定性分析	B. 定量分析	C. 结构分析	D. 都不是
---------	---------	---------	--------
5. 下述对仪器分析法的描述中,错误的是( )。
 

A. 准确	B. 灵敏	C. 快速	D. 适合于常量分析
-------	-------	-------	------------
6. 气体试样中待测组分的含量通常用( )来表示。
 

A. 质量百分数	B. 物质的量浓度	C. 质量浓度	D. 体积分数
----------	-----------	---------	---------

### 三、简答题

1. 搜集分析化学在药学中的应用的相关事例,说明分析化学在药学教育中的作用。
2. 简述定量分析中样品的制备处理方法。
3. 化学分析法和仪器分析法的分析原理有何不同? 各有什么优缺点?

# 第一章 误差与分析数据处理

## 【知识目标】

1. 掌握:误差的类型及表示方法;提高分析结果准确度的方法;有效数字的修约和运算规则。
2. 熟悉:准确度和精密度的表示、计算以及两者的关系;可疑值的取舍方法及分析结果的一般表示方法。
3. 了解分析数据的统计处理的意义和基本方法。

## 【能力目标】

1. 能运用有效数字的修约和运算规则,对实际分析所得到的数据进行运算和处理。
2. 能选用合适的方法对实际分析工作中的可疑值进行取舍,并能正确表示分析结果。



## 第一节 误差和偏差

定量分析的目的是准确测定试样中待测组分的含量,因此要求结果准确可靠。不准确的测定结果将会导致生产上的重大损失和科学研究的错误结论,因而是应当避免的。但在定量分析的过程中,由于受分析方法、仪器、试剂、工作环境和分析者自身等主客观因素的制约,即使由技术熟练并富有经验的分析人员,采用当前最完善的分析方法和精密的仪器进行测定,所测定的结果与待测组分的真实含量也不可能完全吻合;同一分析者即使在相同的条件下,对同一试样进行多次测定(称平行测定),其结果也不一定完全相同。也就是说,测量值与真实值之间总存在差异,我们把这个差值称为误差。

实践表明,在分析过程中误差是客观存在且不可避免的。在定量分析中,不仅要对待测组分含量进行准确的测定,还要对测定结果的准确性和可靠性作出科学的评价,并对产生误差的原因进行分析,以便采取适当的措施,减小误差,从而提高分析结果的准确性。

### 一、误差的类型

在定量分析中,根据误差产生的原因和性质,可将误差分为系统误差和偶然误差。

#### (一) 系统误差

系统误差也称可定误差,是在测量过程中由某些确定的因素引起的。它对分析结果的影响比较固定,具有确定性、单向性、重复性及可测性等特点,因而可以设法减小或加以校正。

根据系统误差产生的具体原因,可将其分为以下几类。

**1. 方法误差** 方法误差来源于分析方法本身不够完善或有缺陷。例如:反应未能定量完成,干扰组分的影响,在滴定分析中滴定终点与化学计量点不相符合,在重量分析中沉淀的溶解损失、共沉淀和后沉淀的影响等,都可能导致测定结果偏高或偏低。

**2. 仪器误差** 由于使用的仪器不精准或未经校准所引起的误差。例如:砝码因磨损或锈蚀造成其真



实质量与名义质量不符,滴定分析器皿或仪表的刻度不准而又未经校正所引起的误差均属仪器误差。

**3. 试剂误差** 由于所用化学试剂纯度不够或蒸馏水中含有微量的杂质所引入的误差。例如:测定药物中的重金属含量时,由于试剂或蒸馏水中含有的微量重金属杂质而带来的误差就是试剂误差。

**4. 操作误差** 由于分析者的实际操作与正确的操作规程有所出入而引起的误差。例如:在滴定管读数时偏高或偏低,辨别指示剂颜色时偏深或偏浅等所引起的误差。

在实际的分析测定过程中,可能会出现一种或几种误差同时存在的情况。

## (二) 偶然误差

偶然误差也称随机误差、不可定误差,它是由难以控制的偶然因素引起的误差。通常是测量条件(温度、湿度、气压、电压等)的微小变化,而使测量值异于正常值。偶然误差的大小和正负都不是固定的,但这种误差的分布规律(图 1-1)呈正态分布,即大误差出现的概率小,小误差出现的概率大;绝对值相同的正、负误差出现的概率大体相等。因此可以通过“增加平行测定次数,取平均值”的方法来减小测量结果中的偶然误差。

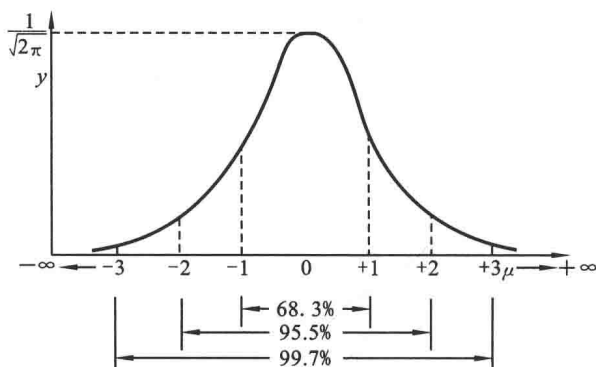


图 1-1 误差的正态分布曲线

值得注意的是,在测量分析中,由于分析工作者的过失所产生的差错,如读错刻度、看错砝码、加错试剂、溶液溅出、计算错误等,都不属于误差范畴,而是错误,应舍弃此类分析数据。

## 二、准确度与精密度

### (一) 准确度与误差

准确度是指测量值与真实值之间接近的程度,用误差来表示。测量值与真实值越接近,误差就越小,就越准确;反之,误差就越大,准确度就越低。误差有绝对误差和相对误差两种表示方法。

**1. 绝对误差( $E$ )** 指测量值( $x$ )与真实值( $\mu$ )之差。

$$E = x - \mu$$

**2. 相对误差(RE)** 指绝对误差( $E$ )占真实值( $\mu$ )的百分率。

$$RE = \frac{E}{\mu} \times 100\%$$

**【例 1-1】** 某学生用万分之一分析天平称得两份试样的质量,其质量分别为 1.6380 g 和 0.1639 g,假定两份试样的真实质量分别是 1.6381 g 和 0.1638 g。求称量两份试样时的绝对误差和相对误差各为多少?

解:两份试样的绝对误差分别为

$$E_1 = (1.6380 - 1.6381) \text{ g} = -0.0001 \text{ g}$$

$$E_2 = (0.1639 - 0.1638) \text{ g} = +0.0001 \text{ g}$$

两份试样的相对误差分别为

$$RE_1 = \frac{-0.0001}{1.6381} \times 100\% = -0.006\%$$

$$RE_2 = \frac{0.0001}{0.1638} \times 100\% = 0.06\%$$