

全国高职高专规划教材

分析化学 (第二版)

FENXI HUAXUE

蒋云霞 主编

中国环境出版社

全国高职高专规划教材

分 析 化 学

(第二版)

主 编 蒋云霞

副主编 张孟存 丁敏娟

主 审 张颂培

中国环境出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

分析化学/蒋云霞主编. —2 版. —北京: 中国环境出版社, 2015.2

全国高职高专规划教材

ISBN 978-7-5111-2255-1

I. ①分… II. ①蒋… 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 (2015) 第 030147 号

出版人 王新程
责任编辑 黄晓燕
责任校对 尹芳
封面设计 中通世奥

出版发行 中国环境出版社
(100062 北京市东城区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
电子邮箱: bjgl@cesp.com.cn
联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)
010-67112735 (环评与监察图书分社)
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷 北京市联华印刷厂
经 销 各地新华书店
版 次 2007 年 10 月第 1 版 2015 年 2 月第 2 版
印 次 2015 年 2 月第 1 次印刷
开 本 787×960 1/16
印 张 23
字 数 460 千字
定 价 30.00 元

【版权所有。未经许可请勿翻印、转载，侵权必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题，请寄回本社更换

编 审 人 员

主 编 蒋云霞

副主编 张孟存 丁敏娟

主 审 张颂培

参 编 王有龙 陈 忠 赵军峰 黄 玲 庞宏建 庞海雁

前 言

本教材自 2007 年出版以来,多次印刷,广泛应用于全国多所高职高专院校。作为选用教材或教学参考书,受到用书单位教师和学生的普遍好评。为适应高等职业教育教学改革的新形势,组织骨干教师进行了本教材的第二版编写工作。

在本教材第二版编写过程中,以高等职业教育培养高素质劳动者和技术技能型人才的目标为出发点,充分听取原教材使用学校师生的意见和建议,并聘请行业企业相关专家与一线专业教师,共同对分析检验岗位的能力进行分解,提炼出完成岗位典型工作任务需要的知识和能力,建立起以职业能力、职业素养培养为目标,以工作任务为核心的内容体系。依据化学检验工的国家标准,结合近年生源素质的变化情况,在保持第一版教材优点和结构不变的基础上,对内容进行了修订。教材以化学分析内容为主,同时介绍了仪器分析中应用最广,也是与化学分析结合最为紧密的吸光光度法。化学分析作为基础分析,其理论部分以必需、实用、够用、能用并兼顾学生可持续发展为原则,适当降低难度,以例释理,强化理论和方法在实际中的应用。实训部分强化实训技能及职业素质的培养,根据教学过程对接工作过程的要求,对实训项目的编排及项目内容进行了优化。对部分实训项目增加了空白实验的要求,综合实训中要求进行溶液体积的温度补正等,使实训内容更接近岗位工作实际,并对接了最新的国家标准、行业标准。编写中注重保持教材的科学性和先进性,对第一版教材的漏误和欠妥之处进行了增改,并对部分习题进行了更新和增补,书后增加了部分习题参考答案供查阅。

参与第二版编写的学校有南通科技职业学院、河北邢台职业技术学院、长沙环境保护职业技术学院、河南工程学院、广东环境保护工程职业学院、黄河水利职业技术学院、江苏建筑职业技术学院、扬州职业大学等院校。本教材由南通科技职业学院蒋云霞担任主编,河北邢台职业技术学院张孟存、南通科技职业学院丁敏娟担任副主编,全书由主编统稿、定稿。

本书的编写和出版得到了参编学校和中国环境出版社黄晓燕、任海燕编辑的大力支持，编写过程中借鉴、参考了大量书籍、网站资料，在此一并表示感谢！

本教材适用于高职高专化工、环保、医药、食品、农林等专业的教学。限于编者的水平，错误和不当之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

2014 年 10 月

目 录

上篇 理论部分

第一章 绪 论	3
第一节 分析化学的定义、任务和作用	3
第二节 分析方法的分类	4
第三节 分析化学的发展	8
第四节 分析化学的学习目的与任务	9
分析化学部分杂志和网站	11
著名分析化学家和教育家——梁树权	12
第二章 定量分析误差和数据处理	13
第一节 定量分析的误差及减免方法	13
第二节 有效数字及分析数据的处理	21
测量结果的不确定度	28
第三章 滴定分析法概述	30
第一节 滴定分析概述	30
第二节 滴定分析的标准溶液	33
第三节 滴定分析法的计算	38
滴定分析法的发展历程	44
第四章 酸碱滴定法	46
第一节 酸碱质子理论	46
第二节 酸碱指示剂	58
第三节 酸碱滴定的基本原理	63
第四节 酸碱滴定法的应用	70
非水溶液中的酸碱滴定	82
第五章 配位滴定法	84
第一节 概 述	84
第二节 金属指示剂	92
第三节 配位滴定法的基本原理	96
第四节 配位滴定法的应用	105

螯合剂与螯合剂的联用.....	113
第六章 氧化还原滴定法.....	115
第一节 概 述.....	115
第二节 氧化还原滴定的原理.....	125
第三节 氧化还原滴定中的预处理.....	130
第四节 常用氧化还原滴定法.....	132
第五节 氧化还原滴定结果的计算.....	142
有机物污染综合指标.....	146
第七章 沉淀滴定法.....	148
第一节 概 述.....	148
第二节 银量法的基本原理.....	152
第三节 银量法终点指示方法.....	155
第四节 银量法的应用.....	160
莫尔小传.....	162
第八章 重量分析法.....	164
第一节 重量分析法的特点和分类.....	164
第二节 沉淀重量法对沉淀的要求.....	166
第三节 影响沉淀完全的因素.....	167
第四节 沉淀的纯度.....	170
第五节 沉淀的形成与沉淀的条件.....	172
第六节 有机沉淀剂.....	176
第七节 沉淀的过滤、洗涤、烘干和灼烧.....	177
第八节 重量分析结果的计算.....	178
称量滴定法.....	181
第九章 吸光光度法.....	183
第一节 概 述.....	183
第二节 吸光光度法的基本原理.....	185
第三节 比色法与分光光度法.....	192
第四节 显色反应及影响因素.....	198
第五节 吸光光度法误差及条件的选择.....	199
第六节 吸光光度法应用示例.....	200
光度分析中的导数技术.....	202
光度分析仪器新技术.....	203
第十章 定量分析中的分离方法及定量分析的一般步骤.....	204
第一节 概 述.....	204

第二节	沉淀分离法.....	205
第三节	溶剂萃取分离法.....	208
第四节	离子交换分离法.....	210
第五节	层析分离法.....	214
第六节	挥发和蒸馏分离法.....	216
第七节	定量分析的一般步骤.....	217
	分离技术简介.....	222

下篇 实验部分

第一部分	分析化学实验基本知识.....	227
第一节	分析化学实验室基础知识.....	227
第二节	分析天平的认识和使用.....	231
第三节	玻璃仪器的洗涤与干燥.....	239
第四节	滴定分析仪器和基本操作.....	241
第五节	试剂的存放、取用、配制及规格.....	248
第六节	沉 淀.....	251
第二部分	实验项目.....	257
实验一	分析天平的认识和称量练习（直接法）.....	257
实验二	试样的称量练习（差减法）.....	259
实验三	试样的称量练习（固定质量称量法）.....	261
实验四	滴定分析仪器基本操作.....	263
实验五	酸碱滴定练习.....	265
实验六	盐酸标准溶液的配制与标定.....	267
实验七	混合碱的测定（双指示剂法）.....	270
实验八	氢氧化钠的配制和标定（考核实验）.....	273
实验九	铵盐中含氮量的测定（甲醛法）.....	276
实验十	EDTA 标准溶液的配制和标定.....	278
实验十一	水的总硬度的测定（EDTA 法）.....	280
实验十二	铝盐中铝的测定（EDTA 法）.....	283
实验十三	KMnO ₄ 标准溶液的配制和标定.....	286
实验十四	过氧化氢含量的测定（高锰酸钾法）.....	288
实验十五	绿矾中亚铁离子含量的测定（重铬酸钾法）.....	290
实验十六	葡萄糖含量的测定（碘量法）.....	292
实验十七	天然水中氯含量的测定（莫尔法）.....	295
实验十八	碘化钠纯度的测定（法扬斯法）.....	297

实验十九 滴定分析仪器的校准.....	298
实验二十 钙盐中钙含量的测定（综合实验）.....	302
实验二十一 食醋中总酸度的测定（设计实验）.....	306
实验二十二 氯化钡中钡含量的测定（重量分析法）.....	307
实验二十三 磷含量的测定（吸光光度法）.....	309
实验二十四 邻二氮菲吸光光度法测定微量铁.....	313
实验二十五 Ni^{2+} 、 Co^{2+} 、 Fe^{3+} 柱层析分离测定.....	317
实验二十六 纸上层析法分离铜、铁、钴、镍离子.....	318
实验二十七 硝酸钠纯度的测定.....	320
实验二十八 食盐中碘含量的测定（综合实验）.....	323
样题	
《化学检验工》中级工技能试卷.....	327
《化学检验工》高级工技能试卷.....	330
部分习题参考答案.....	336
参考文献.....	337
附 录	
附录一 常用酸碱溶液的相对密度、质量分数与物质的量浓度.....	339
附录二 弱酸和弱碱的解离常数.....	340
附录三 常用的缓冲溶液.....	341
附录四 常用基准物质的干燥条件和应用.....	342
附录五 金属配合物的稳定常数.....	343
附录六 标准电极电位（18~25℃）.....	345
附录七 一些氧化还原电对的条件电极电位.....	348
附录八 难溶化合物的溶度积常数（18℃）.....	349
附录九 常用指示剂.....	351
附录十 一些化合物的相对分子质量.....	353
附录十一 常用元素国际相对原子质量.....	355
附录十二 标准滴定溶液的温度补正值.....	356

上篇

理论部分

第一章

绪 论

【知识目标】

本章要求熟悉分析化学的定义和任务；理解分析方法的分类依据；掌握分析方法的分类和各类方法的特点；了解分析化学在国民经济发展和科学研究中的地位、作用；了解分析化学的发展概况和分析化学发展的主要特点；了解分析化学课程的任务和要求。

【能力目标】

通过本章的学习，能对分析方法进行分类，并能根据分析方法的特点选择不同的应用范围；能初步查阅化学文献资料；能结合实际认识分析化学课程重要性，树立学好分析化学的信心和决心。

第一节 分析化学的定义、任务和作用

分析化学(analytical chemistry)是研究获得物质的组成、含量、结构和形态等化学信息的分析方法及有关理论的一门学科。

分析化学的主要任务是运用各种各样的方法和手段，获取分析信息，得到分析数据，鉴定物质体系的化学组成，测定其中的有关成分的含量和确定体系中物质的结构和形态，解决关于物质体系构成及其性质的问题。即它所解决的问题是物质是由哪些组分组成的，这些组分在物质中是如何存在的，以及各组分的含量有多少。

分析化学作为化学学科的一个重要分支，是研究物质及其变化的重要方法之一。对化学学科本身的发展以及在与化学有关的各科学领域中，分析化学都起着一定的作用。化学科学中元素的发现、相对原子质量的测定、元素周期律的建立等许多化学定理、理论的发现和确证都有分析化学的重要贡献。它在涉及化学现象的各个学科中发挥着重要的作用，如矿物学、地质学、生理学、医学、农学、物理学、生物学等，都要用到分析化学。几乎任何科学研究，只要涉及化学现象，分析化学至少会作为一种手段而被运用到其研究工作中去。分析化学无论在科学技术方面还是在经济建设方面都发挥着重要作用。表 1-1 列举了分析化学在工农业生产、国防建设、

医药卫生等方面的一些作用。

表 1-1 分析化学的作用

应用范畴	应 用
生命科学	DNA 测序、细胞分析、蛋白质组成分析
农业生产	土壤成分及性质的测定、化肥及农药的分析、作物生长过程的研究
工业生产	资源勘探、矿山开发、原料选择、流程控制、新产品试制、成品检验
国防建设	武器装备的生产和研制、敌特犯罪活动的侦破、反恐
化妆品安全	质量监控、毒副作用研究
公共安全	重大疾病防治、突发公共卫生事件处理
药物分析	新药研制、药物安全性检验、药效研究
临床分析	诊断依据、药物使用
法庭分析	执法取证、刑侦破案
材料分析	质量、性能、化学组成、结构
食品分析	质量控制、添加剂、违禁药物
体育运动分析	运动员违禁药物、兴奋剂检测
过程分析	流程控制、生产自动化

在环境保护方面，分析化学有着更重要的作用。当代全球存在着十大环境问题，它们分别是大气污染、臭氧层破坏、全球变暖、海洋污染、淡水资源紧张和污染、土地退化和沙漠化、森林锐减、生物多样性减少、环境公害、有毒化学品和危险废物污染。由于这些问题直接或间接地与化学物质污染有关，因而要利用化学分析的手段去研究环境污染物的种类和成分，并对它们做定性、定量和结构分析。另外，在对大气、水质变化的连续监测，生态平衡的研究，环境评价以及对废气、废水、废渣的处理和综合利用过程中都需要分析化学发挥其作用。分析化学能在解决环境中的化学问题时起关键作用，在认识环境过程和保护环境中起核心作用。因此在环境类专业中更要加强分析化学的教学。分析化学是一门重要的专业基础课，其理论知识和实验技能在仪器分析、分析质量控制、水环境监测、气固声监测、水污染控制、固体废弃物处理与处置等各门课程中都有广泛的应用。

因此，分析化学相当于一门工具科学，与很多学科息息相关，在科学研究、工农业生产、经济建设等诸多领域，起着“眼睛”的作用。其应用范围涉及经济和社会发展的各个方面，在解决各种理论和实际问题起着较大的作用。

第二节 分析方法的分类

根据分析任务、分析对象、分析目的、测定原理、操作方法的不同，分析化学

的分析方法可分为多种类型。

一、定性分析、定量分析、结构分析和形态分析

根据分析任务的不同,可分为定性分析、定量分析、结构分析和形态分析。

(1) 定性分析 (qualitative analysis)。确定分析对象由哪些组分(元素、原子团或化合物等)所组成。

(2) 定量分析 (quantitative analysis)。确定分析对象中有关组分的含量是多少。

(3) 结构分析 (structure analysis)。研究物质中原子、分子的排列方式,确定分子结构或晶体结构。

(4) 形态分析 (configuration analysis)。研究物质的存在形态(氧化-还原态、化合态、结晶态等)及各种形态的含量。

本书主要讲述定量分析部分的内容。

二、无机分析和有机分析

根据分析对象的不同,分析化学可分为无机分析和有机分析。

(1) 无机分析 (inorganic analysis)。分析对象是无机物的称无机分析。由于组成无机物的元素多种多样,无机分析通常要求鉴定试样是由哪些元素、离子、原子团或化合物组成,以及各组分的含量。

(2) 有机分析 (organic analysis)。分析对象是有机物的称有机分析。虽然组成有机物的元素种类并不多,主要是碳、氢、氧、氮、硫和卤素等,但有机物的化学结构却很复杂,有机分析的重点往往是官能团分析及结构分析。

三、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,分析方法可以分为常量分析、半微量分析、微量分析和超微量分析。各种分析方法所需试样用量见表 1-2。

表 1-2 各种分析方法的试样用量

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

四、常量组分分析、微量组分分析和痕量组分分析

根据分析试样中待测组分的含量多少,分析方法可分为常量组分分析、微量组

分分析和痕量组分分析。分类方法见表 1-3。

表 1-3 分析方法按待测组分含量分类

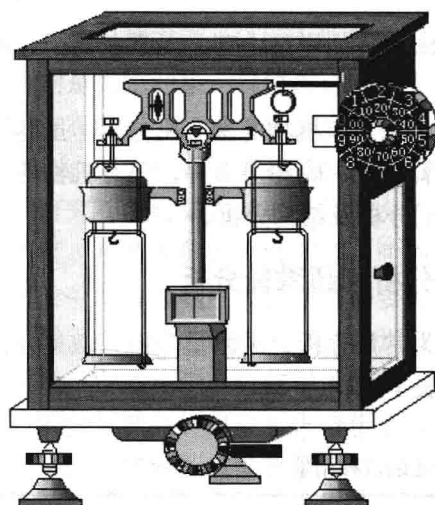
分析方法	待测组分含量
常量组分分析	$>1\%$
微量组分分析	$0.01\% \sim 1\%$
痕量组分分析	$<0.01\%$

五、化学分析和仪器分析

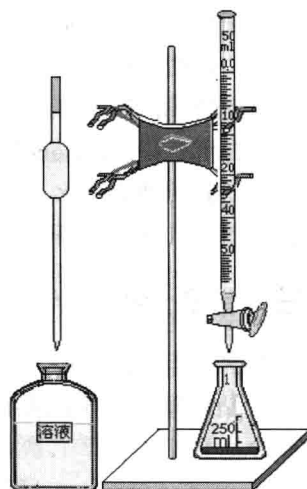
根据测定原理和操作方式不同, 分析方法可分为化学分析法和仪器分析法。

(一) 化学分析法

化学分析法 (chemical analysis) 是以物质的化学反应为基础的分析方法。化学分析法历史悠久, 是分析化学的基础, 主要分为重量分析法和滴定分析法, 其主要仪器见图 1-1。



(a) 分析天平



(b) 滴定分析仪器

图 1-1 重量分析法、滴定分析法的主要仪器示例

(1) 重量分析法。通过化学反应及一系列操作步骤使试样中的待测组分转化为另一种组成恒定的化合物, 再称量该化合物的质量, 从而计算出待测组分的含量, 这样的分析方法称为重量分析法。

(2) 滴定分析法。将一种已知准确浓度的标准溶液, 滴加到被测溶液中, 直

到所加的标准溶液与被测物质按化学计量关系定量反应为止。根据标准溶液的浓度和所消耗的体积，计算出待测物质的含量。这种定量分析的方法称为滴定分析法，它是一种简便、快速和应用广泛的定量分析方法，在常量分析中有较高的准确度。

化学分析法常用于常量组分测定，一般为常量分析，其特点是准确度高，误差一般小于 0.2%，仪器简单。

（二）仪器分析法

仪器分析法（instrumental analysis）是以物质的物理性质和物理化学性质为基础的分析方法。这类方法常需要有特殊的仪器，所以一般称为仪器分析法，示例见图 1-2。常用的仪器分析法如下。

（1）光学分析法。光学分析法主要是根据物质的光学性质所建立的分析方法。主要有分子光谱法，如可见和紫外分光光度法、红外光谱法、分子荧光及磷光分析法；原子光谱法，如原子发射光谱法、原子吸收光谱法。



图 1-2 仪器分析法仪器示例

（2）电化学分析法。电化学分析法是根据物质的电化学性质所建立的分析方法。主要有电位分析法、电导分析法、电解分析法、极谱法和库仑分析法。

（3）色谱分析法。色谱分析法是根据物质的物理与物理化学性质差异进行分离富集，而后进行测定的分析方法。主要有气相色谱法、液相色谱法以及离子色谱法。

随着科学技术的发展，近年来质谱法、核磁共振法、X 射线法、电子显微镜分析以及毛细管电泳等新的分析方法的出现，使得仪器分析方法得到迅速发展。