



中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

供医学检验专业用

分析化学

主 编 李锡霞



人民卫生出版社



中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

责任编辑 王淑英
皮雪花
封面设计 赵京津
版式设计 赵温环

ISBN 7-117-04778-X



9 787117 047784 >

定 价：13.00 元

中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定
供医学检验专业用

分 析 化 学

责任主审 赵士斌
审稿 张乐华 李星全
主 编 李锡霞

编 者 (以姓氏笔画为序)

马小琴 (上海第二医科大学附属卫生学校)
付春华 (山东省卫生学校)
李抒诗 (哈尔滨市卫生学校)
李维斌 (云南省楚雄卫生学校)
李锡霞 (山东省卫生学校)
何云生 (江西省赣洲卫生学校)
陈嘉冰 (福建卫生学校)

人 民 卫 生 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

分析化学/李锡霞主编. —北京:
人民卫生出版社, 2002

ISBN 7-117-04778-X

I. 分... II. 李... III. 分析化学 IV. 065

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 011679 号

本书内封采用黑色水印防伪标识印制。请注意识别。

分 析 化 学

主 编: 李锡霞

出版发行: 人民卫生出版社 (中继线 67616688)

地 址: (100078) 北京市丰台区方庄芳群园 3 区 3 号楼

网 址: [http://www. pmph. com](http://www.pmph.com)

E - mail: [pmph@pmph. com](mailto:pmph@pmph.com)

印 刷: 北京通县永乐印刷厂

经 销: 新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 11

字 数: 243 千字

版 次: 2002 年 7 月第 1 版 2002 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号: ISBN 7-117-04778-X/R·4779

定 价: 13.00 元

著作权所有, 请勿擅自用本书制作各类出版物, 违者必究

(凡属质量问题请与本社发行部联系退换)

中等职业教育国家规划教材出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神，落实《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划，根据教育部关于《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》（教职成〔2001〕1 号）的精神，我们组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写，从 2001 年秋季开学起，国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教学大纲（课程教学基本要求）编写，并经全国中等职业教育教材审定委员会审定。新教材全面贯彻素质教育思想，从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发，注意对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均作了一些新的尝试。新教材实行一纲多本，努力为教材选用提供比较和选择，满足不同学制、不同专业和不同办学条件的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材，并在使用过程中，注意总结经验，及时提出修改意见和建议，使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

二〇〇一年十月

人民卫生出版社国家规划教材品种

一、文化课

《化学》

主 编：张锦楠

二、医学检验专业

1. 《分析化学》

主 编：李锡霞

2. 《解剖生理学基础》

主 编：彭 波

副主编：江 红 王汝信

3. 《寄生虫检验技术》

主 编：尹燕双

4. 《免疫检验技术》

主 编：鲜尽红

5. 《微生物检验技术》

主 编：郭积燕

副主编：董 奇

6. 《临床检验》

主 编：赵桂芝

副主编：何建学 黄斌伦

7. 《生物化学检验技术》

主 编：沈岳奋

副主编：费敬文

8. 《卫生理化检验技术》

主 编：梁 康

副主编：何玉兰 覃汉宁

9. 《病理检验技术》

主 编：姜元庆

副主编：马 越

三、药剂专业

1. 《有机化学》

主 编：曾崇理

2. 《天然药理学基础》

主 编：李建民

副主编：张荣霖

3. 《天然药物化学》

主 编：王 宁

4. 《药物化学》

主 编：唐跃平

5. 《药理学基础》

主 编：姚 宏

副主编：吴尊民

6. 《药剂学基础》

主 编：陈明非

副主编：方士英

7. 《药事管理》
8. 《药品经营与管理》
9. 《药物分析化学》

主 编：张乃正
主 编：张钦德
主 编：李培阳
副主编：吴凯莹

四、护理专业

1. 《正常人体学基础》
2. 《病原微生物学与免疫学基础》
3. 《病理学基础》
4. 《药理学基础》
5. 《心理学基础》
6. 《护理概论》
7. 《护理技术》
8. 《临床护理（上册）》

《临床护理（下册）》
9. 《社区保健》

主 编：刘英林
副主编：刘桂萍 欧阳槐
主 编：姚秀滨
主 编：丁运良
副主编：王志敏
主 编：王开贞
主 编：陆 斐
主 编：李晓松
主 编：马如娅
副主编：鲍曼玲
主 编：夏泉源
副主编：党世民 蔡小红 阎国钢
主 编：夏泉源
副主编：辛琼芝 张静芬
主 编：陈锦治
副主编：黄惟清

五、助产专业

1. 《遗传与优生》
2. 《产科学基础》
3. 《妇婴保健》
4. 《疾病概要》

主 编：康晓慧
主 编：宋秀莲
副主编：谢 玲 任新真
主 编：倪必群
主 编：任光圆
副主编：戴 琳

前 言

本教材是根据教育部确定的《中等职业学校医药卫生类专业教学计划和教学大纲汇编——医学检验专业》的要求编写而成，供中等职业学校医学检验专业的师生使用。

为适应中等医学教育的发展，满足教学的需要，卫生部科教司及卫生部教材办公室于2001年7月在北京召开主编会议，组织编写全国规划教材。本书以此次会议精神为指导思想，力图体现“思想性、科学性、先进性、启发性、适用性”相结合，强调“基本理论、基本知识、基本技能”。同时，注意把握本教材的深度和广度，协调与相关课程知识点之间的跨度和梯度，力求符合中专层次师生的需要，更好地与教育目标相适应，服务于新形势下的教学。

全书内容包括13章和26个实验，主要阐述定量分析的分析方法，分析方法又包括化学分析法和仪器分析法。在编写中主要突出以下特点：

1. 教材中基础模块与选用模块的内容是统一编写的。值得注意的是，选用模块的内容（在目录中用*标出）多于选学模块的内容。教材各章由“本章要点”、“正文”、“思考题”以及“习题”组成，基础模块与选用模块的内容在“本章要点”中分别用“●”、“○”符号标记，教师在使用本教材时，可根据不同的专业方向进行教材内容的选择。

2. 在教学内容上，根据医学检验专业的需要，增加“电位滴定法”，删去对本专业针对性不强的方法，例如“永停滴定法”、“亚硝酸钠法”、“非水滴定法”、“法扬司法”等。在教学时数减少的情况下，对分析方法中基本理论知识作适当介绍，淡化原理的推导，例如电位法使用的电极作用原理，气相色谱仪、原子吸收仪等构造部件作用原理及各种方法中较深理论知识在教材中不再阐述，仅注重操作。

3. 重视对学生基本技能的培养，增设了演示实验，在分析天平和滴定分析常用仪器的使用、标准溶液的配制标定、分析方法基本操作的叙述上，力求做到明确规范。书后附有学生实验使用的实验指导。

4. 仪器分析中，主要介绍性能先进和应用广泛的国产仪器的使用方法，教师在使用本教材时，可根据本校实际教学情况选择并予以实践。

在本书编写过程中，得到了有关部门和一些老师的大力支持和帮助：本书插图由福建卫生学校陈嘉冰高级讲师绘制，另福建卫生学校叶桦珍讲师也提供了很多建议。同时本书的编写得到了山东省卫生厅和山东省卫生学校的大力支持和帮助，在此一并表示感谢。

由于编者水平和编写时间所限，错误与欠妥之处，恳切希望读者批评与指正。

编 者

2002年1月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 分析化学的任务和作用	1
第二节 分析方法的分类	1
* 第三节 分析化学的发展趋势	3
* 第四节 分析化学的学习方法	4
第二章 分析天平与称量方法	6
第一节 分析天平的称量原理和分类	6
* 一、分析天平的称量原理	6
二、分析天平的分类	6
第二节 分析天平的结构和性能	7
一、分析天平的结构	8
* 二、分析天平的计量性能	11
第三节 分析天平的使用规则和称量方法	12
一、称量的一般程序	12
二、使用规则	13
三、称量方法	13
第三章 误差与分析数据的处理	15
第一节 误差	15
一、系统误差和偶然误差	15
二、误差的表示方法	16
三、提高分析结果准确度的方法	18
第二节 有效数字及其应用	19
一、有效数字	19
二、有效数字的运算规则	19
三、有效数字的运算在分析化学实验中的应用	20
* 第三节 定量分析结果的处理	21
一、一般分析结果的处理	21
二、可疑值的取舍	21
* 第四章 重量分析法	24
第一节 重量分析法的分类及特点	24
一、挥发法	24
二、萃取法	24

三、沉淀法	24
第二节 挥发法	25
一、直接法	25
二、间接法	26
第三节 萃取法	28
第五章 滴定分析法概论	30
第一节 滴定分析法的特点、分类及条件	30
一、滴定分析法的特点	30
二、滴定分析法的分类	31
三、滴定分析法的基本条件	31
第二节 标准溶液	32
一、标准溶液浓度的表示方法	32
二、标准溶液的配制和标定	33
第三节 滴定分析计算	33
一、滴定分析计算的依据	34
二、滴定分析计算实例	35
第四节 滴定分析常用仪器的使用方法和注意事项	37
一、滴定管	37
二、容量瓶	39
三、移液管	41
第六章 酸碱滴定法	43
第一节 酸碱指示剂	43
一、指示剂的变色原理	43
二、指示剂的变色范围	44
三、影响指示剂变色范围的因素	45
第二节 酸碱滴定曲线和指示剂的选择	45
一、强碱与强酸的滴定	45
二、强碱滴定弱酸	48
三、强酸滴定弱碱	49
* 四、多元酸的滴定	50
* 五、盐的滴定	51
第三节 酸碱标准溶液的配制和标定	52
第四节 应用与示例	53
第七章 沉淀滴定法	56
第一节 铬酸钾指示剂法	56
一、铬酸钾指示剂法的原理和条件	56
二、硝酸银标准溶液的配制和标定	57
三、应用与示例	58

第二节 铁铵矾指示剂法	58
一、铁铵矾指示剂法的原理和条件	58
二、硫氰酸铵标准溶液的配制和标定	59
三、应用与示例	60
第八章 配位滴定法	62
第一节 氨羧配位剂	62
一、氨羧配位剂——EDTA	62
二、EDTA 与金属离子形成配合物的特点	63
* 三、影响 EDTA 与金属离子配位的因素	64
第二节 配位滴定的指示剂	66
一、金属指示剂的作用原理	66
二、金属指示剂应具备的条件	67
* 三、封闭现象和掩蔽作用	67
四、常用的金属指示剂	68
第三节 标准溶液	69
一、0.05mol/L EDTA 标准溶液的配制	69
二、0.05mol/L EDTA 标准溶液的标定	70
第四节 EDTA 滴定法的应用与示例	70
第九章 氧化还原滴定法	73
第一节 电极电势	73
一、原电池	73
二、标准氢电极和标准电极电势	74
三、能斯特方程式	75
第二节 高锰酸钾法	76
一、原理和条件	76
二、标准溶液的配制和标定	76
三、应用与示例	77
第三节 碘量法	78
一、直接碘量法	78
二、间接碘量法	78
三、标准溶液的配制和标定	79
四、应用与示例	80
第十章 电势分析法	83
第一节 参比电极和指示电极	83
一、参比电极	83
二、指示电极	84
第二节 电势分析法测定溶液的 pH 值	85
一、测定原理	85

二、pH 计	86
* 第三节 离子选择性电极	87
* 第四节 电势滴定法	87
一、电势滴定法的原理	87
二、电势滴定法的应用	88
第十一章 比色法和分光光度法	90
第一节 比色法和分光光度法的特点	90
第二节 基本原理	91
一、光的本质与颜色	91
二、吸收光谱曲线	91
三、光的吸收定律	92
第三节 目视比色法	94
第四节 分光光度法	94
一、可见分光光度法	94
* 二、紫外-可见分光光度法	96
第五节 定量方法	97
一、标准曲线法	97
二、对比法	98
第六节 比色法和分光光度法的误差和测量条件的选择	99
一、误差的来源	99
二、显色反应的条件	99
三、测量条件的选择	100
第十二章 色谱法	102
第一节 色谱法的原理和分类	102
一、原理	102
二、分类	103
第二节 柱色谱法	103
一、吸附柱色谱	103
二、分配柱色谱	106
第三节 纸色谱法	107
一、原理	107
二、色谱滤纸的选择与处理	108
三、操作方法	108
四、应用	110
第四节 薄层色谱法	111
一、原理	111
二、吸附剂的选择	111
三、展开剂的选择	111
四、操作方法	112

五、应用·····	114
第五节 离子交换色谱法简介·····	115
一、离子交换树脂的种类·····	115
二、离子交换树脂的特性·····	115
三、操作方法·····	116
四、应用·····	116
* 第六节 气相色谱法简介·····	116
一、气相色谱法的分类和特点·····	117
二、气相色谱仪的基本结构·····	117
三、基本原理·····	117
四、检测器·····	119
五、定性方法·····	119
六、定量方法·····	120
 * 第十三章 原子吸收分光光度法简介·····	123
第一节 特点及基本原理·····	123
一、特点·····	123
二、基本原理·····	124
第二节 原子吸收分光光度计·····	126
一、仪器的主要部件·····	126
二、原子吸收分光光度计的类型·····	129
三、定量方法·····	129
四、应用与示例·····	130
 分析化学实验·····	132
实验一 分析天平的称量练习·····	132
* 实验二 氯化钡结晶水含量的测定·····	134
实验三 滴定分析仪器的洗涤和使用练习·····	135
实验四 酸碱标准溶液的配制和标定·····	137
实验五 硼砂含量的测定·····	138
* 实验六 食醋总酸量的测定·····	139
* 实验七 硝酸银标准溶液的配制和标定(铬酸钾指示剂法)·····	139
实验八 氯化钠含量的测定(铬酸钾指示剂法)·····	139
* 实验九 硫氰酸铵标准溶液的配制和标定·····	140
* 实验十 溴化钠含量的测定(铁铵矾指示剂法)·····	140
实验十一 EDTA 标准溶液的配制(直接法)·····	141
实验十二 水的总硬度和 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 含量的测定·····	141
* 实验十三 高锰酸钾标准溶液的配制和标定·····	141
实验十四 双氧水含量的测定·····	142
实验十五 硫代硫酸钠标准溶液的配制和标定·····	142

实验十六	漂白粉中有效氯含量的测定	143
实验十七	饮用水 pH 值的测定	143
实验十八	吸收曲线的绘制	144
实验十九	高锰酸钾的比色测定 (可见分光光度法)	145
* 实验二十	硝酸盐含量的测定 (紫外分光光度法) 演示	146
实验二十一	几种金属离子的柱色谱	148
实验二十二	两种混合指示剂的纸色谱	148
实验二十三	两种混合染料的薄层色谱	149
* 实验二十四	酒中乙醇含量的测定 (气相色谱法) 演示	149
* 实验二十五	水中锌的含量测定 (原子吸收法) 演示	150
实验二十六	参观、见习、观看录像	152
附录		153
附录一	相对原子量	153
附录二	常见化合物的相对分子质量表	154
附录三	弱酸和弱碱在水中的解离常数 (25℃)	156
附录四	难溶化合物的溶度积常数 K_{sp} (18 ~ 25℃)	157
附录五	电极电势表 (298.15K)	158
附录六	标准 pH 值溶液的配制	161
附录七	试剂的配制	162
附录八	洗液配制方法	163

第一章 绪 论

本章要点

- 分析化学的任务和作用
- 分析化学方法的分类
- 分析化学的发展趋势
- 分析化学的学习方法

第一节 分析化学的任务和作用

分析化学是研究物质化学组成的分析方法及有关理论的一门科学。它是化学学科的一个重要分支。分析化学的任务是鉴定物质的化学组成、测定有关组分的相对含量以及确定物质的化学结构。

分析化学是一门重要的科学，它不仅对于化学学科的发展有重要意义，而且在科学研究、国民经济建设及医药卫生事业的发展中也发挥重要的作用。

科学研究方面，从化学学科本身来看，正是由于分析化学的重大贡献，才使得某些化学基本定律和理论得以发现和建立。同时，分析化学在其他许多科学领域中也起着重要作用，为它们的发展和研究提供了重要的分析方法，解决了科研中的许多问题。例如，在生命科学、材料科学、能源科学、环境科学、海洋学等学科中无一不需要分析化学。当然，其他学科的发展也促进了分析化学的发展。

在国民经济中，分析化学具有重要的使用意义。例如，自然资源开发中，矿样的分析；工业生产中，从原料的选择，半成品、成品的检验，到新产品的试制，生产的控制和管理，技术的改进和革新；农业生产中，从土壤成分，化肥、农药到农作物生长的研究分析等，都需要运用分析化学提供的分析结果进行工作。

在医药卫生方面，药物的研制、药品的鉴定；生化检验、临床检验；食品卫生检验、食品营养成分、食品添加剂及有毒成分分析；环境保护中对水质、大气的检测、三废（废水、废气、废渣）的处理和综合利用都需要应用分析化学的理论、知识和技术。

分析化学是中等卫生职业学校医学检验专业的重要基础课，其基础理论、基本知识和实验技能在专业课中都有广泛的应用。

第二节 分析方法的分类

分析方法的种类较多，根据具体分析任务、分析对象、分析方法原理、试样用量、被测组分含量和要求的不同，分为许多不同的类别。

（一）定性分析、定量分析和结构分析

根据分析任务不同将分析化学方法分为：

1. 定性分析 定性分析的任务是鉴定试样由哪些元素、原子团、官能团或化合物所组成。

2. 定量分析 定量分析的任务是测定试样中有关组分的相对含量。

3. 结构分析 结构分析的任务是研究试样的化学结构。

在实际工作中，如果所分析物质的成分是未知的，则先要进行定性分析，然后再进行定量分析。因为只有确定试样中所含的组分，才能选择确切的方法来测定各组分的相对含量。

(二) 无机分析和有机分析

根据分析对象不同将分析化学方法分为：

1. 无机分析 无机分析的对象是无机物，无机物所含元素的种类较多，主要鉴定试样是由哪些元素、离子、原子团或化合物组成的，以及各种组分相对含量。

2. 有机分析 有机分析的对象是有机物，有机物组成的元素种类不多，但结构复杂，分析的重点是官能团分析和结构分析。

本教材主要讨论无机分析。

(三) 化学分析和仪器分析

根据分析方法原理不同将分析化学方法分为：

1. 化学分析法 化学分析法是以物质的化学反应为基础的分析方法，被分析的物质称为试样（或称样品），与试样起反应的物质称为试剂，试剂与试样所发生的化学反应称为分析化学反应。化学分析法包括定性分析和定量分析。

在定性分析中，根据被测组分在定性分析反应中产生的现象和特征（例如颜色、气体、沉淀的生成或溶解）来鉴定物质的组成。

在定量分析中，试样和试剂反应完全后，根据生成物的量或者试样和试剂两者的用量测定各组分的相对含量。主要有重量分析法和滴定分析（容量分析）法。

(1) 重量分析法：重量分析法是运用一定的方法将被测成分从样品中分离出来，通过称取物质在化学反应前后的质量来测定被测组分的含量。

(2) 滴定分析法：滴定分析法是把样品制成溶液后，滴加已知准确浓度的试剂溶液，当反应完全时，根据试剂溶液的浓度和消耗的体积，计算被测组分的含量。

化学分析法是分析化学的基础，这一方法历史悠久，故称为经典的分析方法。化学分析法所用仪器简单，测定结果准确，操作方便，因而应用范围广泛。但化学分析法也有一定的局限性，例如对于试样中微量组分的定性或定量分析往往不够灵敏，也常常不能满足快速分析的要求，需要用仪器分析方法来解决。

2. 仪器分析法 仪器分析法是以物质的物理或物理化学性质为基础的分析方法。根据物质的某种物理性质（如密度、折光率、沸点、熔点、颜色等）与组分的关系，不经化学反应直接进行定性或定量分析的方法，称为物理分析法。根据被测物质在化学反应中的某种物理性质与组分之间的关系，而进行定性或定量分析的方法，称为物理化学分析法，如电位分析法。这类方法都需要较特殊的仪器，通常称为仪器分析法。主要的仪器分析法有：光学分析、电化学分析、色谱分析、质谱分析等。

仪器分析法具有快速、灵敏、准确等特点，发展很快，应用很广。但仪器分析与化学分析并不是对立的，而是相辅相成的两类方法。例如仪器分析中样品的预处理、杂质

的分离，方法准确度的验证等必须采用化学分析方法。在实际工作中，应根据具体情况和要求选择适当的方法。

(四) 常量分析、半微量分析、微量分析和超微量分析

根据试样的用量不同，可分为常量、半微量、微量和超微量分析见表 1-1。

表 1-1 各种分析方法的取样量

方 法	试样质量(mg)	试样体积(ml)
常量分析	> 100	> 10
半微量分析	10 ~ 100	1 ~ 10
微量分析	0.1 ~ 10	0.01 ~ 1
超微量分析	< 0.1	< 0.01

无机定性分析中，多采用半微量分析；化学定量分析中，多采用常量分析；仪器分析中，多采用微量或超微量分析。

根据被测组分的含量高低不同，又可粗略地分为常量分析（质量分数 > 0.01 ），微量成分分析（质量分数 $0.0001 \sim 0.01$ ）和痕量成分分析（质量分数 < 0.0001 ）。这种分类法与按取样量分类法的角度不同，两种概念不要混淆，两者并不存在直接对应的关系。例如，痕量成分的分析不一定是微量分析，有时为了测定痕量成分，也可取样千克以上。

(五) 常规分析和仲裁分析

一般化验室日常工作的分析，称为常规分析，又叫例行分析。不同单位对同一分析样品得出不同的分析结果，由此发生争议时，请有关单位用指定的方法进行裁判的分析工作，称为仲裁分析。

第三节 分析化学的发展趋势

分析化学的发展，决定于实践的需要。例如，20 世纪 50 年代，由于原子科学发展的需要，建立了放射化学分析法；60 年代半导体技术的兴起，导致了超纯物质分析方法的建立；70 年代环境科学和宇宙科学的发展，引起痕量分析、超痕量分析以及遥测分析方法的建立。当今，随着现代科学技术、国民经济建设、医药卫生事业的发展，对分析化学提出了更高的要求，分析化学研究的内容和范围越来越广泛，要求在确定物质组成和含量的基础上，能够提供更多、更全面的信息。从常量分析到微量及微粒分析；从总体到微区分析；从整体到表面分析；从宏观组分到微观结构分析；从破坏试样到无损试样的分析等等。另一方面，各学科现代理论和技术的发展，特别是以计算机为代表的新技术的迅速发展，为分析化学建立高灵敏性、高选择性、高准确性、自动化和智能化的新方法提供了条件。同时，激光技术及联用技术等新技术的开发，如色谱与质谱、色谱与光谱等联用技术的日益发展和完善，对分析化学的发展起了巨大的推动作用。

分析化学正在由单纯的化学模式逐渐转向化学与专业学科结合的模式，它向有关专业的渗透将更加广泛和深入。分析化学将研究更加深入的层次，解决愈来愈复杂的体系，分析化学将从单纯地向某些专业提供分析数据，转向主动参与课题的研究，为其解决实际问题。