

经卫生部教材评审委员会
审订的规划教材

高等医药院校教材

供药学类专业用

分析化学

第三版
上册

孙毓庆 主编

人民卫生出版社



54.6
24(-3)

21

高等医药院校教材

(供药学类专业用)

分析化学

上册

(第三版)

孙毓庆 主编

编写人员 (姓氏笔划序)

朱钦德	(华西医科大学, 教授)
孙毓庆	(沈阳药学院, 教授)
吴玉田	(第二军医大学, 教授)
陈玉英	(中国药科大学, 副教授)
吾敏之	(上海医科大学, 副教授)
郑斯成	(北京医科大学, 副教授)
高文兰	(沈阳药学院, 副教授)

人民卫生出版社

(京)新登字081号

分 析 化 学

上 册

(第 三 版)

孙毓庆 主编

人民卫生出版社出版

(北京市崇文区天坛西里10号)

人民卫生出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092毫米16开本 18 $\frac{1}{2}$ 印张 415千字

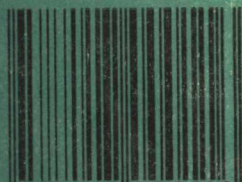
1986年11月第2版 1994年10月第3版第9次印刷

印数: 60 711—68 410

ISBN 7-117-00011-2/R·12 定价: 10.40元

著作权所有, 请勿擅自用本书制作各类出版物, 违者必究。

ISBN 7-117-00011-2



9 787117 000116 >



第三版编写说明

本书第二版自 1986 年出版以来,通过六次重印及五年的教学实践说明,已取得了预期的效果。

由于医药科学的发展和教学改革的需要,以 1989 年 4 月全国高等医药院校药学专业教材评审工作会议精神、卫生部教材办公室下发的《关于修订高等医药院校药学专业教材的意见》及国家教委 1991 年颁发的《全国普通高等学校药学专业(四年制)分析化学课程基本要求》(简称《要求》)等文件精神为依据,并采纳了使用本教材二十余所医药院校同行的部分建议与意见,对第二版教材进行修订。

在修订中,遵循“提高教学质量、为培养目标服务”,提高教材的“思想性、科学性、先进性和适用性”,“减轻学生负担过重”及把教材内容分为“掌握、熟悉与了解”三个层次等原则。编写组汲取了于如嘏教授主编的第二版教材编写组的丰富经验,按《要求》建议的 190~210 学时(第二版按 234 学时编写)修编。

在第三版教材中,主要作了如下变动:将原第二版上册中属于实验内容的附篇二章,移至与本书的配套教材《分析化学实验》(人民卫生出版社,将出版)中;为了使学生对各类分析方法能有较系统的了解,避免重复,将滴定分析、光谱分析及色谱分析三个概论,适当扩展为三章;为了避免上、下册字数相差悬殊,将电化学章移至上册。近年来,流动注射法发展迅速,在药物分析中有广阔的应用前景,且设备简单,符合我国国情。为此,在第三版中,简要的介绍了该方法。使用本教材时,可按各校的条件决定对该章的取舍。

修订后,全书共 23 章(上册 11 章,下册 12 章)其中包括化学分析 7 章、仪器分析 13 章及其它内容 3 章。

本书采用我国现行法定计量单位制及名词术语:如:废除体积摩尔浓度(M),改为“物质的量浓度”(mol/L 或 mmol/L);浓度的书写格式按《中国药典 1990 年版》的规定,用“化学计量点”取代“等当点”;用波数符号 σ 代替 $\bar{\nu}$ 等。务使教材符合当前的有关规定。

第三版教材由孙毓庆(主编)、朱钦德、吴玉田、陈玉英、吾敏之、郑斯成与高文兰等同志共同编写,黄跃生同志任编写组秘书,并参加了第 23 章的编写工作。在编写过程中得到原主编于如嘏教授及原编写组老师们的指导与帮助,方肇伦教授审阅了第 23 章,还得到了沈阳药学院与第二军医大学等单位的诸多同志的大力支持,一并致谢。

书中的错误与不当之处,诚恳欢迎读者批评指正。

一九九一年十一月

第二版编写说明

本书第一版自1979年出版以来,经过七次重印,几年来的教学实践说明,第一版已经达到预期的效果。

在第一版的使用过程中,教与学双方及读者们曾陆续提供一些对于本书的宝贵意见,编者对此深表感谢。

由于形势的发展与教学改革的需要,根据1983年10月卫生部和国家医药局联合召开的高等医药院校药专业教材编审工作会议的决定和精神,以力求贯彻“打好基础,精选内容,逐步更新,利于教学”的原则为宗旨,在本书第一版的基础上进行改编,作为第二版出版。本版由于如赓主编,由刘书田、陆明廉、江燕、孙毓庆等同志共同参加编写。

为了适应当前与今后各院校的教学组织形式和课程安排情况,第二版将化学分析部分与仪器分析部分分成上、下两册出版,以方便使用。同时,对于全书内容亦作了较多的调整与增删,或另行重写。

根据1983年10月药专业教材编审工作会议中各有关课程间分工的协议以及教学计划的安排,无机离子定性分析部分划为无机化学内容。本书中不再列入无机离子定性分析内容。

全书正文共十九章,附篇两章。上册正文九章,附篇两章;下册正文十章。

在上册中,改写了酸碱滴定法,以质子理论贯穿酸碱滴定法和非水滴定法两章。

误差和分析数据处理,定量分析的一般步骤两章也列入上册。

化学定量分析实验基本知识与基本操作方法部分中,将天平与称量、重量分析和滴定分析基本操作改写为两章,作为附篇列于上册正文之后。

在下册中,为了适应专业发展的需要,增添了原子吸收分光光度法一章;而将比色法与可见-紫外分光光度法合并为一章。此外还适当增加了色谱分析、核磁共振光谱法及质谱法的一些内容。

在各类分析方法,如滴定分析法、电化学分析法、光学分析法、色谱分析法等之前,增加一节概括性的简介,作为一类方法的概貌介绍。

本版每章的习题比第一版有所增多,供作选择。每章末列有参考资料,供教师参考,亦可供学生课外选读。

本版的篇幅与第一版相仿,内容的深广度有所增加,恐仍难完全适应各有关专业的教学要求。使用本教材时,可根据具体情况作适当的删减、增补或调整。

本书采用我国法定计量单位制,但对一些文献数据中不便换算的,仍暂时沿用旧制,文中加注说明。

书中有错误与不当之处,欢迎读者及时提出批评指正。

一九八五年五月

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 分析化学方法的分类	1
(一) 结构分析、定性分析与定量分析	2
(二) 无机分析与有机分析	2
(三) 化学分析与仪器分析	2
(四) 常量、半微量、微量与超微量分析	3
(五) 例行分析与仲裁分析	3
第三节 分析化学的发展与趋势	3
第四节 分析化学文献	5
一、参考书	5
(一) 分析化学理论书	5
(二) 手册	6
(三) 丛书	6
二、杂志	7
第二章 误差和分析数据处理	8
第一节 测量误差	8
一、绝对误差和相对误差	8
二、系统误差和偶然误差	9
(一) 系统误差	9
(二) 偶然误差	10
三、准确度和精密度	10
(一) 准确度与误差	10
(二) 精密度与偏差	10
(三) 准确度与精密度的关系	11
四、误差的传递	12
(一) 系统误差的传递	12
(二) 偶然误差的传递	13
五、提高分析准确度的方法	15
(一) 选择恰当的分析方法	15
(二) 减小测量误差	15
(三) 增加平行测定次数	16
(四) 消除测量中的系统误差	16
第二节 偶然误差与正态分布	16
第三节 有限量实验数据的统计处理	20
一、t 分布	20

二、平均值的精密度和置信区间	22
(一) 平均值的精密度	22
(二) 平均值的置信区间	23
三、显著性检验	24
(一) t 检验	24
(二) F 检验	28
(三) 使用统计检验需注意的几个问题	29
四、可疑数的取舍	30
第四节 有效数字及运算法则	32
一、有效数字	32
二、运算法则	33
三、数字修约规则	33
第五节 相关与回归	34
一、相关	34
(一) 相关系数	34
(二) 相关系数检验	35
二、回归	36
(一) 回归分析	36
(二) 数据标绘	37
思考题	38
习题	39
参考资料	40

化学定量分析

第三章 重量分析法	41
第一节 挥发法	41
一、直接法	41
二、间接法	41
三、应用示例	43
第二节 液-液萃取法	43
一、萃取分离法的基本原理	44
(一) 萃取分离的本质	44
(二) 分配定律	44
(三) 分配比	44
(四) 萃取效率	45
(五) 分离因子与分离系数	47
二、萃取类型	47
(一) 有机化合物	48
(二) 离子缔合物(离子对)	48
(三) 金属配位化合物	49
(四) 一些无机共价化合物	49
(五) 溶剂化合物	49

第三节 沉淀法	49
一、沉淀形态与沉淀的形成	50
(一) 沉淀的形态	50
(二) 沉淀的形成	51
二、沉淀完全的程度与影响因素	53
(一) 溶度积与溶解度	53
(二) 影响沉淀溶解度的因素	54
三、沉淀的纯净	58
(一) 共沉淀	58
(二) 后沉淀	58
四、沉淀的条件	58
(一) 晶形沉淀的沉淀条件	59
(二) 无定形沉淀的沉淀条件	59
(三) 均匀沉淀	59
(四) 利用有机沉淀剂	59
五、沉淀的过滤、洗涤、烘干或炽灼与恒重	59
六、称量形式与结果计算	60
七、沉淀法示例——氯化银沉淀重量法测定氯化物含量	61
思考题	62
习题	62
参考资料	63
第四章 滴定分析法概论	64
第一节 滴定分析法	64
一、滴定分析法及其有关术语	64
二、滴定分析法的特点与分类	64
第二节 滴定分析一般要求	65
一、滴定分析对反应的要求	65
二、滴定方式	65
三、标准溶液与基准物质	66
第三节 标准溶液浓度的表示方法	67
一、物质的量浓度	67
二、滴定度	68
第四节 滴定分析的计算	68
一、滴定分析计算的依据	69
二、滴定分析计算实例	69
思考题	72
习题	72
参考资料	73
第五章 酸碱滴定法	74
第一节 水溶液中的酸碱平衡	74
一、质子论的酸碱概念	74

二、水的质子自递反应	76
三、酸碱的强度	76
四、溶液中酸碱组分的分布	78
(一) 酸的浓度和酸度	78
(二) 不同 pH 值溶液中酸碱组份存在形式的分布情况	78
五、酸碱溶液中 pH 值的计算	81
(一) 水溶液中酸碱平衡的处理方法	81
(二) 强酸强碱溶液 pH 的计算	82
(三) 一元弱酸弱碱溶液 pH 的计算	83
(四) 多元酸碱溶液 pH 的计算	84
(五) 两性物质溶液 pH 的计算	85
六、缓冲溶液	86
(一) 缓冲溶液 pH 的计算	86
(二) 缓冲容量	87
第二节 酸碱指示剂	89
一、指示剂的变色原理	89
二、指示剂的变色范围	90
三、影响指示剂变色范围的因素	92
四、混合指示剂	94
第三节 酸碱滴定曲线和指示剂的选择	94
一、强酸(强碱)的滴定	95
二、弱一元酸(碱)的滴定	97
三、多元酸(碱)的滴定	102
(一) 多元酸的滴定	102
(二) 多元碱的滴定	104
第四节 滴定终点误差	106
一、强酸(碱)的滴定终点误差	106
二、弱酸(碱)的滴定终点误差	107
第五节 应用与示例	108
一、酸碱标准溶液的配制与标定	108
二、应用与示例	109
(一) 直接滴定	109
(二) 间接滴定	110
思考题	111
习题	112
参考资料	115
第六章 非水滴定法	116
第一节 概述	116
第二节 基本原理	116
一、溶剂的性质	116
(一) 溶剂的高解性	116
(二) 溶剂的酸碱性	118

(三) 溶剂的极性	119
(四) 均化和区分效应	120
二、溶剂的分类及选择	122
(一) 质子性溶剂	122
(二) 非质子性溶剂	122
(三) 混合溶剂	122
三、非水介质 中的酸碱平衡	123
(一) 酸碱的电离和离解	123
(二) 在冰醋酸中的酸碱平衡	124
(三) 在苯中的酸碱平衡——酸碱的缔合作用	126
第三节 碱的滴定	126
一、溶剂	126
二、标准溶液与基准物质	127
(一) 配制	127
(二) 标定	128
(三) 校正	128
三、指示剂	128
(一) 结晶紫	128
(二) α -萘酚苯甲醇与喹哪啶红	129
四、应用与示例	129
(一) 有机弱碱	130
(二) 有机酸的碱金属盐	130
(三) 有机碱的氢卤酸盐	132
(四) 有机碱的有机酸盐	132
第四节 酸的滴定	132
一、溶剂	132
二、标准溶液与基准物质	133
(一) 配制	133
(二) 标定	134
三、指示剂	134
(一) 百里酚蓝	134
(二) 偶氮紫	134
(三) 溴酚蓝	135
四、应用与示例	135
(一) 羧酸类	135
(二) 酚类	135
(三) 磺酰胺类及其它	137
思考题	138
习题	139
参考资料	140
第七章 沉淀滴定法	141
第一节 概述	141

第二节 银量法	141
一、基本原理	141
(一) 滴定曲线	141
(二) 分步滴定	144
二、指示终点的方法	144
(一) 铬酸钾指示剂法	144
(二) 铁铵矾指示剂法	145
(三) 吸附指示剂法	147
三、标准溶液与基准物质	148
第三节 应用与示例	149
一、无机卤化物和有机氢卤酸盐的测定	149
二、有机卤化物的测定	149
思考题	151
习题	151
参考资料	152
第八章 络合(配位)滴定法	153
第一节 概述	153
第二节 络合滴定的基本原理	154
一、络合平衡	154
(一) 络合物的稳定常数和各级络合物浓度的计算	154
(二) 络合反应的副反应系数	155
(三) 络合物的条件稳定常数	159
二、络合滴定曲线	160
(一) 滴定曲线的计算	160
(二) 化学计量点 pM' 值的计算	161
三、金属指示剂	162
(一) 金属指示剂作用原理	162
(二) 金属指示剂颜色转变点 pMt 的计算	163
(三) 常用的金属指示剂	164
四、滴定终点误差	164
第三节 滴定条件的选择	166
一、单一离子测定时滴定条件选择	166
(一) 酸度的选择	166
(二) 掩蔽剂的选择	167
二、混合离子分步测定时滴定条件的选择	170
第四节 标准溶液	171
一、标准溶液和指示剂的配制	171
(一) EDTA 标准溶液 (0.05mol/L) 的配制	171
(二) 锌标准溶液 (0.05mol/L) 的配制	171
(三) 常用指示剂的配制方法	171
二、标准溶液的标定	171
(一) EDTA 标准溶液 ($<0.05\text{mol/L}$) 的标定	171

(二) 锌标准溶液 (0.05mol/L) 的标定	172
第五节 应用与示例	172
一、滴定方式	172
二、应用示例	174
(一) 镁盐的测定	175
(二) 钙盐的测定	175
(三) 水的硬度测定	175
(四) 铝盐的测定	175
(五) 铋盐的测定	176
思考题	177
习题	177
参考资料	178
第九章 氧化还原滴定法	179
第一节 概述	179
第二节 氧化还原反应	179
一、条件电位	179
二、影响条件电位的因素	181
(一) 盐效应	181
(二) 生成沉淀	182
(三) 生成络合物	182
(四) 酸效应	183
三、氧化还原反应的进行程度	184
四、氧化还原反应的速度	186
第三节 氧化还原滴定	187
一、滴定曲线	187
二、指示剂	190
(一) 自身指示剂	190
(二) 特殊指示剂	190
(三) 氧化还原指示剂	190
三、滴定前的预处理	192
第四节 碘量法	193
一、概述	193
二、标准溶液	194
(一) 碘标准溶液	194
(二) 硫代硫酸钠标准溶液	194
三、指示剂	195
四、标定	196
(一) 碘标准溶液的标定	196
(二) 硫代硫酸钠标准溶液的标定	196
五、应用与示例	197
(一) 直接碘量法	197
(二) 间接碘量法——剩余滴定	197

(三) 间接碘量法——置换滴定	198
(四) 水的测定——Karl Fisher 法	200
第五节 溴酸钾法及溴量法	200
一、概述	200
二、标准溶液	201
(一) 溴酸钾标准溶液	201
(二) 溴标准溶液	201
三、指示剂	201
四、标定	201
(一) 溴酸钾标准溶液 (0.02mol/L) 的标定	201
(二) 溴溶液 (0.05mol/L) 的标定	201
五、应用与示例	202
(一) 卡巴肿的测定	202
(二) 苯酚的测定	202
第六节 高锰酸钾法	203
一、概述	203
二、标准溶液	203
三、指示剂	203
四、标定	204
五、应用与示例	204
(一) 过氧化氢的测定	205
(二) 硫酸亚铁的测定	205
第七节 其他氧化还原滴定法	205
一、铈量法	205
二、高碘酸钾法	206
三、亚硝酸钠法	208
四、重铬酸钾法	209
思考题	210
习题	210
参考资料	212
第十章 定量分析的一般步骤 ^①	213
第一节 取样	213
一、液体试样的采取	213
二、气体试样的采取	213
三、固体试样的采取	213
第二节 样品的溶解	216
一、溶解样品常用的溶剂	216
二、熔融样品常用的熔剂	217
第三节 干扰物质的分离、掩蔽与测定方法的选择原则	218
一、干扰物质的分离与掩蔽	218

① 化学分析与仪器分析共有的内容

二、测定方法的选择原则	218
思考题	222
参考资料	222

仪器分析

第十一章 电位法及永停滴定法	223
第一节 电化学分析概述	223
第二节 电位法的基本原理	224
一、化学电池	224
二、指示电极与参比电极	225
(一) 指示电极	226
(二) 参比电极	227
三、液接电位	228
四、可逆电极和可逆电池	228
五、电极电位的测量	229
第三节 直接电位法	229
一、氢离子活度的测定	229
(一) 玻璃电极	229
(二) 测量原理和方法	232
(三) 测量误差和注意事项	233
(四) pH 计	233
(五) 应用	234
二、其他阴、阳离子浓度的测定	234
(一) 离子选择电极	234
(二) 测量方法	240
(三) 测量的准确度	243
第四节 电位滴定法	243
一、确定电位滴定终点的方法	244
(一) E-V 曲线法	244
(二) $\Delta E/\Delta V$ -V 曲线法	244
(三) $\Delta^2 E/\Delta V^2$ -V 曲线法	245
(四) 格氏 (Gran) 作图法	246
二、应用与示例	247
(一) 酸碱滴定	247
(二) 沉淀滴定	247
(三) 氧化还原滴定	247
(四) 络合滴定	248
(五) 非水溶液滴定	249
第五节 永停滴定法	249
一、原理	250
二、方法	251
三、应用与示例	252

思考题	252
习题	253
参考资料	255
附录一、中华人民共和国法定计量单位	257
附录二、国际制 (SI) 单位与 cgs 单位换算及常用物理化学常数	259
附录三、酸、碱在水中的电离常数	260
附录四、难溶化合物的溶度积 (K_{sp})	264
附录五、络合滴定有关常数	265
附录六、标准电极电位表 (25℃)	268
附录七、标准缓冲溶液于 0℃~95℃ 的 pH 值	274
附录八、常用式量表	274
附录九、国际原子量表 (1981)	276

第一章 绪 论

第一节 分析化学的任务和作用

分析化学 (analytical chemistry) 是研究物质化学组成的分析方法及有关理论的一门科学, 是化学学科的一个重要分支。它的任务主要有三方面: 鉴定物质的化学组分 (或成分)、测定各组分的相对含量及确定物质的化学结构。它们分属于定性分析 (qualitative analysis)、定量分析 (quantitative analysis) 及结构分析 (structural analysis) 的研究内容。

分析化学不仅对于化学本身的发展起着重大的作用, 而且对国民经济、科学研究、医药卫生、学校教育等方面都起着重要的作用。

国民经济 在资源勘探, 油田、煤矿、钢铁基地选定中的矿石分析, 在工业生产中的原料、中间体、成品分析, 在农业生产中的土壤、肥料、粮食、农药分析, 以及原子能材料、半导体材料、超纯物质中微量杂质的分析等等, 都要应用分析化学。分析化学是工业生产的“眼睛”, 有关生产过程的控制和管理, 生产技术的改进与革新, 都常常要依靠分析结果进行工作。

科学研究 在化学学科中, 许多定理、理论都是用分析化学的方法确证的。在其它许多自然科学的研究中, 分析化学也起着重要的作用。各有关科学和技术的发展, 又给解决分析上的问题提供了有利条件。

医药卫生 在医药卫生事业中, 如药品鉴定、新药研究、体内药物分析、病因调查、临床检验、环境分析及三废处理等, 无不应用分析化学的理论、知识与技术。

学校教育 在高等学校中, 学生学习分析化学的目的, 不仅在于掌握各种不同物质的分析鉴定方法的理论和技术, 而且还在于学到科学研究的方法。因为分析化学能够培养学生观察判断问题的能力和精密地进行科学实验的技能。在药学教育中, 各门化学课和专业课都要应用分析化学的理论和方法来解决该门学科中的某些问题。例如, 药物化学中的原料、中间体及成品分析, 理化性质和结构关系的探索等; 药物分析中的方法选择、标准制订等; 药剂学中制剂稳定性、生物有效性的测定等; 天然药物化学中有效成分的分离、鉴定和测定; 药理学中药物分子的理化性质和药理作用的关系、体内代谢情况的考查等等, 都与分析化学有着密切的关系。

由此可见, 分析化学对国民经济建设各部门、各有关学科, 都有重要的作用。对科学研究、医药卫生和药学教育, 也同样有着重要的作用。

第二节 分析化学方法的分类

按照不同的分类方法, 可将分析化学方法归属于不同的类别。按分析任务 (或目的) 分类, 可分为定性分析、定量分析与结构分析; 按照分析对象分类可分为无机分析和有机分析; 按照分析原理分类可分为化学分析和仪器分析; 按照试样用量分类可分为常量分析、半微量分析、微量分析、超微量分析等。有关各类分析方法简要说明如下:

(一) 结构分析、定性分析与定量分析 结构分析的任务是研究物质的分子结构或晶体结构；定性分析的任务是鉴定物质由哪些元素、离子、基团或化合物所组成；测定试样中某组分的相对含量，则是定量分析的任务。

在样品的成分已知时，可以直接进行定量分析。否则，需先进行定性分析，而后进行定量分析。对于新发现的化合物，需首先进行结构分析，确定分子结构。

(二) 无机分析与有机分析

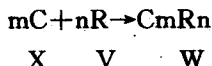
无机分析的对象是无机物，由于组成无机物的元素多种多样，因此在无机分析中要求鉴定试样是由哪些元素、离子、原子团或化合物所组成，以及各组分的相对含量。它们分属于无机定性及定量分析。

有机分析的对象是有机物，虽然组成有机物的元素并不多（碳、氢、氧、氮、硫等），但化学结构却很复杂，所以不仅需要鉴定组成元素，更重要的是进行官能团分析及结构分析。

(三) 化学分析与仪器分析

1. 化学分析 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，与试样起反应的物质称为试剂。试剂与试样所发生的化学变化称为分析反应。根据定性分析反应的现象和特征鉴定物质的化学组成；根据定量分析反应中试样和试剂的用量测定物质组成中各组分的相对含量。两者分属于化学定性分析与化学定量分析。化学定量分析又分为重量分析与容量分析。

例如，某定量分析反应为：



C 为被测组分，R 为试剂，可根据生成物 $CmRn$ 的量 W ，或与组分 C 反应所需的试剂 R 的量 V ，求出组分 C 的量 X 。如果用称量方法求得生成物 $CmRn$ 的重量，这种方法属于重量分析。如果从与组分反应的试剂 R 的浓度和体积求得组分 C 的含量，这种方法称为滴定分析或容量分析。重量分析和容量分析应用于定量分析的时间最早，故又称这些方法为经典分析方法。

化学分析所用仪器简单，结果准确，因而应用范围广泛。但是化学分析的应用也有一定的限制。例如对于试样中极微量的杂质的定性或定量分析往往不够灵敏；对于快速分析的要求，化学分析也常不能满足，常需用仪器分析方法来解决。

2. 仪器分析 根据被测物质的某种物理性质（如比重、相变温度、折射率、旋光度、及光谱特征等）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，叫做物理分析 (physical analysis)。根据被测物质在化学变化中的某种物理性质与组分之间的关系，进行定性或定量分析的方法叫做物理化学分析 (physico-chemical analysis) 如电位分析法等。由于进行物理和物理化学分析时，大都需要精密的仪器，故这类分析方法又称为仪器分析 (instrumental analysis)。仪器分析是灵敏、快速、准确的分析方法，发展很快，应用广泛。仪器分析主要包括电化学分析、光学分析、质谱分析、色谱分析、放射化学分析及流动注射分析等。仅就其中几类主要仪器分析方法简要介绍如下。

电化学分析 按电化学原理可分为电导分析、电位分析及电解分析三类方法。

光学分析 可分为一般光学分析（折光与旋光分析等）及光谱分析两大类方法。按