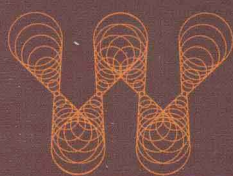


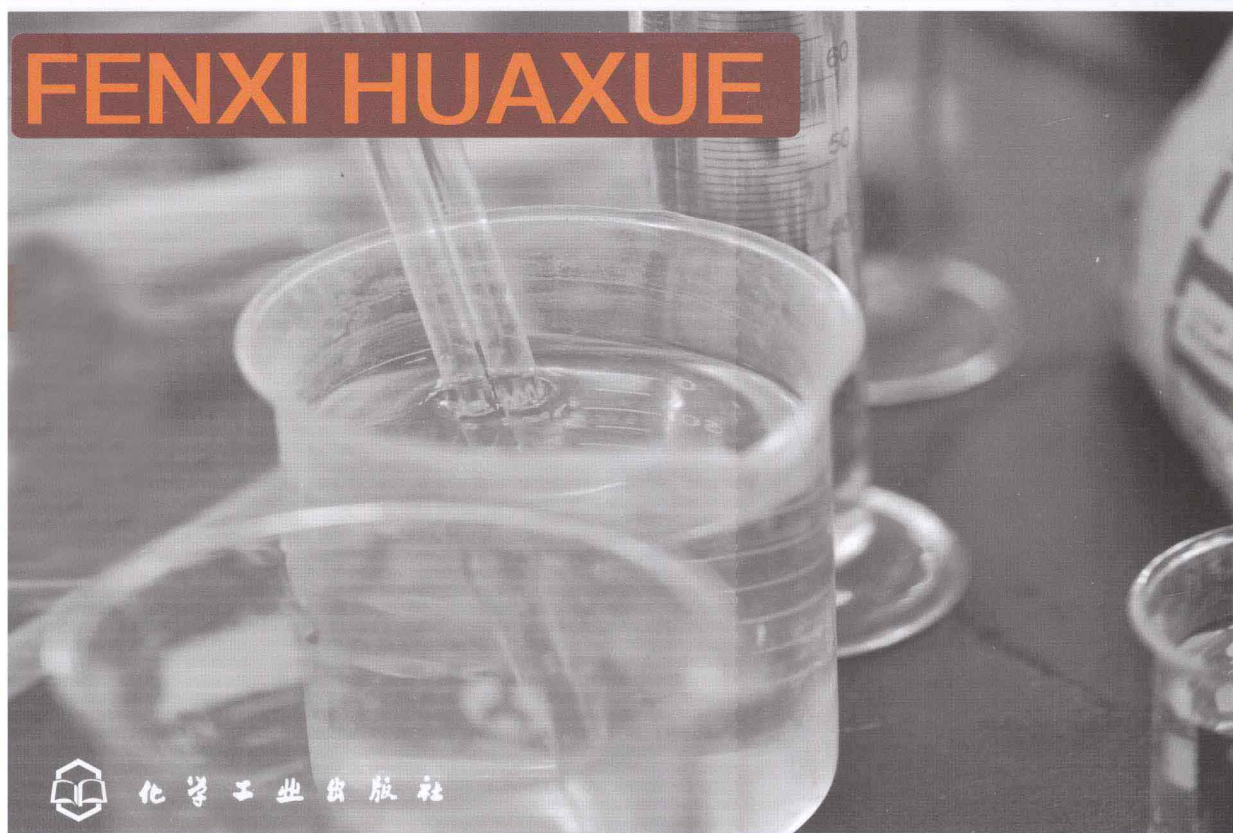
普通高等教育规划教材

分析化学



王中慧 张清华 主编

FENXI HUAXUE



化学工业出版社

普通高等教育规划教材

分析化学

王中慧 张清华 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书是根据应用型本科院校化学工程与工艺专业教学需求和教学改革成果,充分吸收教学一线骨干教师多年的教学体会和经验,参考相关的同类教材编写而成。全书共分十五章,包括绪论,定量分析化学概论,酸碱滴定法,络合滴定法,氧化还原滴定法,沉淀滴定法,重量分析法和光、电、色谱等仪器分析方法。教材注重基本方法、基本理论、基本应用及理论联系实际的教学要求,重点突出学生应用能力的培养。每章附有本章小结、思考题与习题。

本书可作为高等应用型本科院校化学化工类、轻工类、材料化学类、冶金类、矿物加工类、环境保护类专业分析化学课程的教材,也可供理、工、农、医科院校和从事分析化学工作的科技人员阅读和参考。

图书在版编目(CIP)数据

分析化学/王中慧,张清华主编. —北京:化学工业出版社, 2013.8
普通高等教育规划教材
ISBN 978-7-122-18001-8

I. ①分… II. ①王…②张… III. ①分析化学-高等学校-教材 IV. ①O65

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 165057 号

责任编辑:张双进
责任校对:吴 静

文字编辑:孙凤英
装帧设计:王晓宇

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 刷:北京永鑫印刷有限责任公司

装 订:三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张23¼ 字数598千字 2013年10月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:42.00 元

版权所有 违者必究

前 言

本书是根据化学工程与工艺专业教材会议制定的《分析化学》教材编写大纲编写的，作为地方应用型本科院校化学化工类、环境科学类、材料化学类等专业的分析化学课程教材。

分析化学是化工类专业的基础课程之一。通过本课程的学习，要求学生掌握分析化学的基本理论，准确树立量的概念，并对近代仪器分析方法有所了解，初步具有分析问题和解决问题的能力。本书的编写以培养应用型人才为目标，以应用、实用、适用为原则，体现应用理论的系统性，注重理论的应用方法，兼顾应用理论和应用实践的比例，有助于学生应用能力和素质的培养。

分析化学的内容十分广泛，本书在化学分析方面，对“酸碱滴定法”、“络合滴定法”、“氧化还原滴定法”、“重量分析法”和“沉淀滴定法”等做了比较全面系统的阐述；在仪器分析方面，重点阐述了“紫外可见分光光度分析”、“原子发射光谱法”、“原子吸收光谱法”、“电位分析法”和“气相色谱法”等。此外，根据教材大纲的要求，考虑到教材的适应面要适当广一点，本书还编写了“分析化学中的误差及分析数据处理”、“常用的分离和富集方法”以及“定量分析的一般步骤”等章节。

全书共分十五章，绪论由吕梁学院王中慧编写；第1章、第2章由太原科技大学胡建水编写；第3章由吕梁学院范冬梅编写；第4章、第10章由太原科技大学王跃平编写；第5章由太原科技大学陶仙水编写；第6章由吕梁学院周慧编写；第7章由吕梁学院王玲编写；第8章、第12章由吕梁学院任列香编写；第9章、第11章由太原科技大学张清华编写；第13章、第14章分别由太原科技大学吴志刚和张书琳编写。全书由王中慧、张清华统稿。

由于编者水平和能力有限，书中还存在不少不妥之处，希望读者批评指正，以便以后修改。

编者

2013年5月

目 录

绪论	1
0.1 分析化学的任务和作用	1
0.2 分析方法的分类	1
0.2.1 定性分析、定量分析和结构分析	1
0.2.2 无机分析和有机分析	1
0.2.3 化学分析和仪器分析	2
0.2.4 常量分析、半微量分析和微量分析	2
0.2.5 例行分析、快速分析和仲裁分析	2
0.3 分析化学的发展	3
0.3.1 分析化学发展简史	3
0.3.2 分析化学发展趋势	3
0.4 分析化学的学习方法	4
第1章 定量分析化学概论	5
1.1 误差及其产生的原因	5
1.1.1 基本概念	5
1.1.2 准确度与精密度	5
1.1.3 误差与偏差	6
1.1.4 极差	7
1.1.5 公差	8
1.1.6 系统误差和随机误差	8
1.2 定量分析结果的表示方法	9
1.2.1 待测组分的化学表示形式	9
1.2.2 待测组分含量的表示方法	9
1.3 有效数字及其运算规则	10
1.3.1 有效数字	10
1.3.2 数字的修约规则	11
1.3.3 计算规则	11
1.4 分析结果的数据处理	12
1.4.1 随机误差的正态分布	12
1.4.2 总体平均值的估计	16
1.4.3 平均值的置信区间	18
1.4.4 异常值的取舍	19
1.4.5 显著性检验	21
1.4.6 回归分析法 (选学)	24
1.4.7 误差的传递	26
1.5 提高分析结果准确度的方法	29

第2章 滴定分析法概论	36
2.1 滴定分析法简介	36
2.1.1 滴定分析法的过程和方法特点	36
2.1.2 滴定分析法对滴定反应的要求	36
2.1.3 滴定方式	36
2.2 标准溶液浓度的表示方法	37
2.2.1 物质的量的浓度	37
2.2.2 滴定度	38
2.3 标准溶液的配制和浓度的标定	38
2.3.1 基准物质	38
2.3.2 标准溶液的配制	38
2.4 滴定分析中的计算	39
2.4.1 滴定分析计算的依据和常用的公式	39
2.4.2 标准溶液的配制、稀释与增浓	39
2.4.3 标定溶液浓度的有关计算	40
2.4.4 物质的量的浓度与滴定度之间的换算	41
2.4.5 被测物质的质量分数的计算	41
第3章 酸碱滴定法	46
3.1 酸碱平衡的理论基础	46
3.1.1 酸碱质子理论	46
3.1.2 酸碱解离平衡	48
3.2 水溶液中弱酸(碱)各种型体的分布	49
3.2.1 一元弱酸	49
3.2.2 多元酸	50
3.3 酸碱溶液氢离子浓度的计算	52
3.3.1 物料平衡、电荷平衡和质子平衡	52
3.3.2 一元强酸(碱)溶液 H^+ 浓度的计算	55
3.3.3 一元弱酸(碱)溶液 H^+ 浓度的计算	55
3.3.4 多元弱酸(碱)溶液 H^+ 浓度的计算	57
3.3.5 两性物质溶液 H^+ 浓度的计算	58
3.3.6 强酸与弱酸的混合溶液中 H^+ 浓度的计算	59
3.4 酸碱缓冲溶液	62
3.4.1 缓冲溶液 pH 值的计算	63
3.4.2 缓冲容量与缓冲范围	64
3.4.3 常用缓冲溶液的选择与配制	64
3.5 酸碱指示剂	65
3.5.1 酸碱指示剂的作用原理	65
3.5.2 指示剂变色的 pH 范围	66
3.5.3 影响指示剂变色范围的因素	67
3.5.4 混合指示剂	67
3.6 酸碱滴定基本原理	68

3.6.1	用强碱(酸)滴定强酸(碱)	69
3.6.2	用强碱(酸)滴定一元弱酸(碱)	71
3.6.3	多元酸碱的滴定	74
3.6.4	混合酸碱的滴定	76
3.6.5	酸碱滴定中 CO_2 的影响	76
3.6.6	终点误差 E_t	77
3.7	酸碱滴定法的应用示例	80
3.7.1	食用醋中总酸度的测定	80
3.7.2	混合碱的分析	80
3.7.3	铵盐中氮的测定	82
3.7.4	有机化合物中氮含量的测定——凯氏(Kjeldahl)定氮法	83
3.7.5	极弱酸(碱)的测定	83
3.7.6	酸碱滴定法测定磷	84
3.7.7	氟硅酸钾容量法测定硅酸盐中 SiO_2 含量	84
3.8	非水溶液中的酸碱滴定	85
3.8.1	非水滴定中的溶剂	85
3.8.2	非水滴定条件的选择	86
3.8.3	非水溶液中酸碱滴定应用示例	87

第4章	络合滴定法	94
4.1	概述	94
4.1.1	络合滴定中的络合剂	94
4.1.2	乙二胺四乙酸及其二钠盐	96
4.1.3	金属离子与 EDTA 形成的络合物	97
4.2	络合物在溶液中的离解平衡	97
4.2.1	络合物的稳定常数	97
4.2.2	溶液中各级络合物型体的分布	99
4.2.3	平均配位数	100
4.3	副反应系数和条件稳定常数	100
4.3.1	副反应和副反应系数	101
4.3.2	条件稳定常数	105
4.3.3	金属离子缓冲溶液	106
4.4	络合滴定基本原理	106
4.4.1	络合滴定曲线	106
4.4.2	影响滴定 pM' 突跃的主要因素	108
4.5	终点误差和准确滴定的条件	109
4.5.1	终点误差	109
4.5.2	直接准确滴定金属离子的条件	111
4.5.3	单一金属离子滴定中酸度的选择与控制	112
4.6	金属指示剂	113
4.6.1	金属指示剂的作用原理	113
4.6.2	金属指示剂的变色点 pM 值	114

4.6.3	金属指示剂在使用中存在的问题	114
4.6.4	常用的金属指示剂简介	115
4.7	提高络合滴定选择性的方法	116
4.7.1	控制酸度进行混合离子的选择滴定	116
4.7.2	使用掩蔽剂提高络合滴定的选择性	117
4.7.3	选用其他络合剂	120
4.8	络合滴定方式及其应用	121
4.8.1	直接滴定法	121
4.8.2	返滴定法	122
4.8.3	置换滴定法	122
4.8.4	间接滴定法	123
4.8.5	络合滴定结果的计算	124
第5章	氧化还原滴定法	130
5.1	氧化还原平衡	130
5.1.1	条件电极电位	130
5.1.2	外界条件对电极电位的影响	131
5.1.3	氧化还原平衡常数	133
5.1.4	化学计量点时反应进行的程度	134
5.2	氧化还原反应的速率	135
5.3	氧化还原滴定基本原理	136
5.3.1	氧化还原滴定曲线	136
5.3.2	化学计量点电位的计算通式	138
5.3.3	氧化还原滴定终点误差	139
5.4	氧化还原滴定中的指示剂	141
5.4.1	氧化还原指示剂	141
5.4.2	其他指示剂	141
5.4.3	指示剂的选择	142
5.5	氧化还原滴定前的预处理	142
5.6	常见的氧化还原滴定法及其应用	143
5.6.1	高锰酸钾法	144
5.6.2	重铬酸钾法	146
5.6.3	碘量法	147
5.6.4	其他方法	150
5.7	氧化还原滴定结果的计算	152
第6章	沉淀滴定法	158
6.1	概述	158
6.2	确定终点的方法	158
6.2.1	莫尔法	158
6.2.2	佛尔哈德法	160
6.2.3	法扬司法	161

6.3 沉淀滴定法应用示例	162
6.3.1 可溶性氯化物中氯的测定	162
6.3.2 银合金中银的测定	162
6.3.3 有机卤化物中卤素的测定	162
第7章 重量分析法	165
7.1 重量分析法概述	165
7.1.1 重量分析法的分类和特点	165
7.1.2 重量分析法对沉淀形式和称量形式的要求	166
7.2 沉淀的溶解度及其影响因素	167
7.2.1 溶解度、溶度积和条件溶度积	167
7.2.2 影响沉淀溶解度的因素	169
7.3 沉淀的类型和沉淀的形成过程	175
7.3.1 沉淀的类型	175
7.3.2 沉淀形成的过程及影响沉淀类型的因素	175
7.4 影响沉淀纯度的主要因素	177
7.4.1 影响沉淀纯度的因素	177
7.4.2 提高沉淀纯度的措施	179
7.5 沉淀条件的选择	180
7.5.1 晶形沉淀的沉淀条件	180
7.5.2 无定形沉淀的沉淀条件	180
7.5.3 均匀沉淀法	181
7.6 有机沉淀剂	182
7.7 重量分析法结果的计算	183
第8章 紫外-可见分光光度分析	187
8.1 概述	187
8.1.1 光的基本性质	187
8.1.2 物质对光的选择性吸收	188
8.1.3 吸收曲线	189
8.2 光吸收的基本定律	190
8.2.1 朗伯-比尔定律	190
8.2.2 引起朗伯-比尔定律偏离的因素	191
8.3 比色法和吸光光度法及其仪器	192
8.3.1 目视比色法	192
8.3.2 吸光光度法	192
8.3.3 分光光度计的基本部件	193
8.3.4 吸光度的测量原理	195
8.3.5 分光光度计的类型	195
8.4 光度分析法的设计	197
8.4.1 显色反应	197
8.4.2 显色条件的选择	199

8.4.3	测量波长和吸光度范围的选择	201
8.4.4	参比溶液的选择	202
8.4.5	标准曲线的制作	202
8.5	吸光光度法的应用	202
8.5.1	定量分析	203
8.5.2	络合物组成和酸碱解离常数的测定	205
8.5.3	双波长分光光度法	207
8.5.4	示差分光光度法	207
8.6	有机化合物紫外-可见吸收光谱简介	208
8.6.1	有机化合物电子跃迁的类型	208
8.6.2	有机化合物的吸收带	209
8.6.3	影响紫外-可见吸收光谱的因素	210
8.6.4	紫外-可见吸收光谱在有机化合物中的应用	210

第9章 原子吸收光谱法

9.1	概述	215
9.1.1	原子吸收光谱的发现与发展	215
9.1.2	原子吸收光谱分析过程	215
9.1.3	原子吸收光谱法的特点和应用范围	215
9.2	基本原理	216
9.2.1	共振线和吸收线	216
9.2.2	吸收线轮廓及谱线变宽	217
9.2.3	基态原子数 (N_0) 与待测元素原子总数 (N) 的关系	218
9.2.4	积分吸收与峰值吸收	219
9.3	原子吸收分光光度计	220
9.3.1	光源	221
9.3.2	原子化器	222
9.3.3	单色器	225
9.3.4	检测系统	225
9.3.5	吸收分光光度计的类型	226
9.4	定量分析方法	226
9.4.1	标准曲线法	226
9.4.2	标准加入法	227
9.5	原子吸收分光光度法干扰及消除方法	228
9.5.1	光谱干扰及消除	228
9.5.2	物理干扰及消除	229
9.5.3	化学干扰及消除	229
9.5.4	电离干扰及消除	229
9.5.5	有机溶剂的影响	230
9.6	工作条件的选择	230
9.6.1	分析线的选择	230
9.6.2	空心阴极灯电流的选择	231

9.6.3 狭缝宽度的选择	231
9.6.4 原子化条件的选择	231
9.7 灵敏度和检出极限	232
9.7.1 灵敏度 (S)	232
9.7.2 检出限	233
9.8 原子吸收分光光度法的特点及其应用	233
第10章 原子发射光谱法	236
10.1 概述	236
10.1.1 原子发射光谱法基本原理	236
10.1.2 原子发射光谱法的特点	239
10.2 光谱分析仪器	239
10.2.1 激发光源	239
10.2.2 光谱仪 (摄谱仪)	242
10.3 原子发射光谱分析	247
10.3.1 光谱定性分析	247
10.3.2 光谱半定量分析	249
10.3.3 光谱定量分析	250
10.4 发射光谱的应用	254
第11章 电位分析法	257
11.1 电分析化学法概述	257
11.2 电位分析法原理	257
11.2.1 电位分析法的分类及特点	257
11.2.2 化学电池	258
11.2.3 电极电位及其测量	259
11.3 参比电极	259
11.3.1 甘汞电极	260
11.3.2 银-氯化银电极	261
11.4 指示电极	261
11.4.1 金属基电极	262
11.4.2 离子选择性电极	263
11.5 直接电位法	268
11.5.1 直接电位法测 pH	268
11.5.2 离子活 (浓) 度的测定	269
11.5.3 影响测定准确度的因素	271
11.5.4 直接电位法的应用	273
11.6 电位滴定法	273
11.6.1 电位滴定法的测定原理	273
11.6.2 基本装置	273
11.6.3 电位滴定的终点确定方法	274
11.6.4 电位滴定法的应用	275

11.6.5 自动电位滴定法	276
----------------	-----

第12章 气相色谱法	279
-------------------	------------

12.1 概述	279
12.1.1 色谱法简介	279
12.1.2 色谱法的分类	279
12.1.3 气相色谱分离流程	280
12.1.4 气相色谱常用术语	281
12.2 气相色谱理论基础	283
12.2.1 分配平衡	283
12.2.2 塔板理论	284
12.2.3 速率理论	284
12.3 色谱分离条件的选择	287
12.3.1 分离度	287
12.3.2 色谱基本分离方程式	288
12.3.3 分离操作条件的选择	289
12.4 气相色谱固定相及其选择原则	290
12.4.1 固体固定相(吸附剂)	290
12.4.2 液体固定相	290
12.4.3 新型合成固定相	292
12.5 气相色谱检测器	293
12.5.1 热导池检测器	293
12.5.2 氢火焰离子化检测器	295
12.5.3 电子捕获检测器	296
12.5.4 火焰光度检测器	297
12.5.5 检测器的性能指标	298
12.6 气相色谱定性方法	300
12.6.1 根据色谱保留值进行定性分析	300
12.6.2 与其他方法结合的定性分析	302
12.6.3 利用检测器的选择性进行定性分析	302
12.7 气相色谱定量方法	302
12.7.1 响应信号的测量	302
12.7.2 定量校正因子	303
12.7.3 几种常用的定量计算方法	303
12.8 毛细管柱气相色谱法	305
12.8.1 毛细管色谱柱	305
12.8.2 毛细管色谱柱的特点	305
12.8.3 毛细管柱的色谱系统	306
12.9 气相色谱分析的特点及其应用	306
12.9.1 气相色谱法的特点	306
12.9.2 气相色谱法的应用	307
12.10 高效液相色谱法简介	307

12.10.1	高效液相色谱法的特点	307
12.10.2	高效液相色谱法的分类	308
12.10.3	高效液相色谱仪	308
第13章 常用的分离和富集方法		313
13.1	概述	313
13.1.1	沉淀分离法	313
13.1.2	挥发和蒸馏分离法	316
13.2	溶剂萃取分离法	317
13.2.1	萃取分离的基本原理	317
13.2.2	重要萃取体系	318
13.2.3	萃取操作方法	319
13.3	离子交换分离法	322
13.3.1	离子交换树脂的结构和性质	322
13.3.2	离子交换亲和力	324
13.3.3	离子交换色谱法	325
13.3.4	离子交换分离法的操作	326
13.3.5	离子交换分离法的应用	327
13.4	色谱分离法	328
13.4.1	反向分配色谱分离法 (柱色谱)	329
13.4.2	纸上色谱分离法 (纸色谱)	329
13.4.3	薄层色谱分离法 (薄层色谱)	330
第14章 定量分析的一般步骤		333
14.1	分析试样的采取和制备	333
14.1.1	组成分布比较均匀的试样采取	333
14.1.2	组成分布比较不均匀的试样采取	333
14.1.3	分析试样的制备	334
14.1.4	采取与制备试样应注意的事项	335
14.2	试样的分解	335
14.2.1	无机试样的分解	335
14.2.2	有机试样的分解	337
14.3	测定方法的选择	338
14.3.1	对测定的具体要求	338
14.3.2	被测组分的性质	339
14.3.3	被测组分的含量	339
14.3.4	共存组分的影响	339
14.4	复杂物质分析示例——硅酸盐的分析	339
14.4.1	硅酸盐试样的分解	339
14.4.2	SiO_2 的测定	340
14.4.3	Fe_2O_3 、 Al_2O_3 和 TiO_2 的测定	340
14.4.4	CaO 和 MgO 的测定	341

附录	342
表 1 常用基准物质的干燥条件和应用	342
表 2 弱酸、弱碱在水中的解离常数 (25°C , $I=0\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$)	342
表 3 常用缓冲溶液的配制	343
表 4 部分络合物的形成常数 ($18\sim 25^{\circ}\text{C}$)	343
表 5 金属离子与某些氨羧络合剂络合物的形成常数 ($18\sim 25^{\circ}\text{C}$, $I=0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$) ...	345
表 6 EDTA 的酸效应系数 $\lg\alpha_{Y(H)}$ 值	346
表 7 一些络合剂的酸效应系数 $\lg\alpha_{L(H)}$	346
表 8 部分金属离子的水解效应系数 $\lg\alpha_{M(OH)}$ 值	346
表 9 铬黑 T 和二甲酚橙的 $\lg\alpha_{In(H)}$ 及其变色点的 pM (pM_i) 值	347
表 10 ΔpM 与 A 的换算 ($A= 10^{\Delta\text{pM}}-10^{-\Delta\text{pM}} $)	347
表 11 指数加法表	348
表 12 部分氧化还原电对的标准电极电势 ($18\sim 25^{\circ}\text{C}$)	348
表 13 部分氧化还原电对的条件电势 ($18\sim 25^{\circ}\text{C}$)	349
表 14 难溶化合物的活度积常数 ($18\sim 25^{\circ}\text{C}$, $I=0\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$)	351
表 15 相对原子质量表	352
表 16 化合物的相对分子质量	353
参考文献	356

绪 论

0.1 分析化学的任务和作用

分析化学是研究物质化学组成、形态、含量和结构等信息的有关理论和分析方法的一门科学，它是化学学科的一个重要分支。其主要任务是鉴定物质的化学组成、结构和测量有关组分的含量。因此，分析化学实质上是一门表征和测量的科学。无论是测量还是表征，都涉及相应的方法和技术。通过建立新的分析方法、开发新的分析技术等手段，分析化学帮助人们掌握认知世界物质的质和量的一般规律。

分析化学是研究物质及其变化的重要方法之一。在化学学科本身的发展过程中，分析化学一直起着非常重要的作用。很多化学规律，如元素周期表的建立，质量守恒定律、定比定律、倍比定律的发现，原子论、分子论的创立，相对原子质量的测定等都与分析化学的贡献密切相关。另外，任何科学研究，只要涉及化学现象，都需要用到分析化学为其提供信息以分析、解决问题。如生物学、医药学、农业科学、材料科学、矿物学、地质学、海洋学、天文学、考古学、环境科学及生命科学等，分析化学常作为一种手段而被应用到其研究当中去。

在国民经济建设和工农业生产中，分析化学也具有非常重要的地位和作用。例如，在工业上，资源的勘探、原料的配比、工艺流程的控制、产品质量的检验及“三废”的处理等；在农业上，水、土壤成分的调查，化肥和农药的生产，农产品质量的检验等；在尖端科学、国防、公安、航天、食品等领域中，如原子能材料、半导体材料、超纯物质、航天技术等研究都离不开分析化学。

分析化学在各个领域中都有着十分重要的地位，它常被认为是衡量一个国家科学技术水平的标志之一。

0.2 分析方法的分类

分析化学可以按照任务不同分为定性分析、定量分析和结构分析，也可根据分析对象的不同分为无机分析和有机分析，还可以根据测定原理、试样用量、被测组分含量和生产部门的要求等，分为许多不同类别。

0.2.1 定性分析、定量分析和结构分析

定性分析的任务是鉴定物质的化学组成，如物质是由哪些元素、离子或哪些原子、分子组成的，对有机物而言，是由哪些官能团组成；定量分析的任务是测量物质中各组分的含量；结构分析的任务是研究各组分是以怎样的状态构成物质的。

0.2.2 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。前者的对象是无机物，后者的对象是有机物。在无机分析中，无机化合物所含的元素种类繁多，通常要求鉴定试样是由哪些元素、离子、原子团或化合物所组成，各组分的含量是多少。在有机分析中，虽然组成有机化合物的元素种类并不多，但由于有机化合物结构复杂，其种类达千万种以上，故

分析方法不仅有元素分析，还有官能团和结构分析。

0.2.3 化学分析和仪器分析

依据分析方法的原理，分析化学可分为化学分析法和仪器分析法两大类。

(1) 化学分析法

化学分析法以物质化学反应为基础，主要有重量分析法和滴定分析法。

重量分析法是通过化学反应及一系列操作步骤使被测组分从试样中分离出来后直接称其质量，是人们最早采用的定量分析方法。

滴定分析法（旧称容量分析法）是将已知准确浓度的试剂溶液，滴加到待测物质的溶液中，使其与待测组分发生反应，当化学反应恰好完成时，根据所用试剂的准确体积、浓度和严格的化学计量关系，计算出待测组分的含量。依据不同反应类型，滴定分析法又分为酸碱滴定法、络合滴定法、氧化还原滴定法和沉淀滴定法四大类。

这两类分析方法历史悠久，又是分析化学的基础，所以又称为经典分析法，适用于含量在1%以上的常量组分的测定。

(2) 仪器分析法

以物质的物理或物理化学性质为基础的分析方法称为物理和物理化学分析法，由于这两类方法都需要使用特殊的仪器，故称之为仪器分析法。

使用某种专门的仪器进行检测，如果物质的某种物理或物理化学性质所表现出的检测信号与它的某种参数如质量、浓度等之间存在着某种简单的函数关系，就可以根据此建立相应的分析方法。随着光电技术和计算机技术的不断发展，各种新的仪器分析方法相继建立。主要有光学分析法、电化学分析法、色谱法和其他仪器分析法四大类型。其他仪器分析法包括质谱分析、核磁共振分析、电子显微镜分析、生化分析及生物传感器、各种联用技术等，种类很多。而且新的方法还在不断出现。

0.2.4 常量分析、半微量分析和微量分析

分析工作中所用试样量的大小以及被测物质组分含量的多少，也是分析方法分类的重要标准。

① 根据所用试样量大小不同的分析方法见表0-1。

表0-1 根据所用试样量大小不同的分析方法

分析方法	固体试样用量	液体试样用量/mL	分析方法	固体试样用量	液体试样用量/mL
常量分析	>0.1g	>10	微量分析	0.1~10mg	0.01~1
半微量分析	0.01~0.1g	1~10	痕量分析	<0.1mg	<0.01

② 根据被测组分含量不同的分析方法见表0-2。

表0-2 根据被测组分含量不同的分析方法

分析方法	被测组分含量	分析方法	被测组分含量
常量组分分析	>1%	痕量组分分析	<0.01%
微量组分分析	0.01%~1%		

0.2.5 例行分析、快速分析和仲裁分析

例行分析又称为常规分析，是指一般化验室对日常生产中的原材料和产品所进行的分析。其目的是控制原料的规格、生产流程及产品质量。

快速分析主要为控制生产过程提供信息。例如冶金过程中的炉前分析，要求在尽量短的时间内报出分析结果，以便控制生产过程，这种分析要求速度快，准确的程度达到一定要求即可。

仲裁分析是当不同单位对同一试样分析得出不同的测定结果,并由此发生争议时,要求权威机构用公认的标准方法进行准确的分析,以裁判原分析结果的准确性。显然,在仲裁分析中,对分析方法和分析结果要求有较高的准确度。

0.3 分析化学的发展

分析化学有着悠久的历史,也是近年来发展最为迅速的学科之一。在科学史上,分析化学曾经是研究化学的开路先锋,它在化学学科、矿产资源的勘察、利用及社会发展过程做出了重要的贡献。

0.3.1 分析化学发展简史

分析化学萌芽于历史上的炼丹术和炼金术,它们都涉及对原材料的检验和产品质量的判断。例如公元4世纪,人们为了鉴定金块成色就开始使用试金石。阿基米德在公元前3世纪就利用金、银密度之间的差异解决了金冕纯度问题,建立了史上最早的无损分析法。

分析化学最初只是一些分析检验的实践活动,16世纪湿法分析在工业生产中被广泛应用;18世纪,重量分析法的出现使得分析化学迈进了定量分析时代。定性、定量分析不断发展,不断趋于完善,直到20世纪初期物理化学溶液理论的完善为分析化学的发展提供了理论依据,这时分析化学才真正成为一门独立的学科,被称为经典分析化学。

第二次世界大战前后,物理学及电子学的发展,促进了各种仪器分析方法的发展,改变了经典分析化学以化学分析为主的局面。

自20世纪70年代以来,以计算机应用为主要标志的信息时代到来的同时,生命科学、环境科学、新材料科学等学科也迅猛发展,各种基础理论、分析测试方法与手段日趋完善,促使分析化学发生了进一步变革:不仅可以为各种物质提供组成、含量、结构、分布、形态等全面的信息,还可以使微区分析、薄层分析、无损分析、瞬时追踪、在线监测及全过程控制等过去的难题都迎刃而解。从这个角度来讲,分析化学是一门信息科学,也被称为现代分析化学。现代分析化学广泛吸取了当代科学技术的最新成就,成为当代最富活力学科之一。

0.3.2 分析化学发展趋势

美国《分析化学》杂志中由G. M. Hieftje教授撰写的“编者的话”对分析化学有一个全新的定义,他说:“分析化学是一门仪器装置和测量的科学 (Analytical chemistry is a science of instrumentation and measurements)”。这一定义明确地把“仪器(装置)”作为分析化学的主要研究内容,并放在“测量”之前,这反映了当今分析化学发展的动向。

从对分析化学的要求上来看,分析手段必须朝着越来越灵敏、快速、准确、简便和自动化的方向发展。例如,半导体技术中的原子级加工,要求测出单个原子数目;环境保护工作要求测定超微量有害物质;在地质普查、勘探工作中,需要获得上百万、上千万个数据,不仅要求快速、自动化,而且要求发展遥控技术;生命科学作为21世纪的一门基础科学,它的发展同样也离不开分析化学。例如,生命体系中元素都不以游离状态发挥作用,因此需采用在体、在线、最好是非侵入式的分析方法,生命过程大都与水溶液中分子或基团的化学反应有关,因此溶液分子或基团的分子光谱检测就成了许多研究工作的重点。此外,电分析方法、各种分离技术、成像技术特别是医学化学成像技术等都已主要集中于生命过程的研究。因此,分析化学的任务也不再限于测定物质的组分和含量,而是要求提供物质更多、更全面的信息:从常量到微量、痕量及微粒分析;从组成到形态分析;从总体到微区、表面、逐层分析;从宏观到微观结构分析;从静态到快速追踪分析;从破坏试样到无损分析;从离线到在线分析等。因此,现代分析化学的方法正向着仪器化、自动化及各种分析方法联用的方向