



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

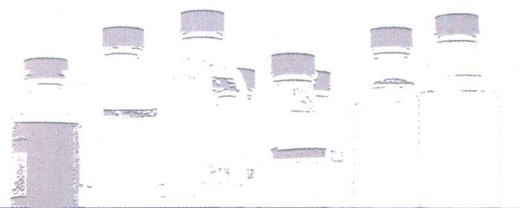
基础化学教程

(无机与分析化学)

傅 洵 许泳吉 解从霞/编著



科学出版社
www.sciencep.com



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

基础化学教程

(无机与分析化学)

傅 洵 许泳吉 解从霞 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是“普通高等教育‘十一五’国家级规划教材”。全书将无机化学与分析化学的基本内容统一安排,和谐关联,内容包括:化学热力学、动力学基础,四大化学平衡(酸碱平衡、沉淀溶解平衡、氧化还原平衡、配位平衡)与相应的容量分析、重量分析、电位分析应用,物质结构,元素化学与简单仪器分析及应用等。本书对学生在较短学时内掌握基础化学(无机与分析化学)知识、提高教学质量有一定意义。

本书适合普通高等学校化学、应用化学、化工、生命科学、材料科学、高分子材料与工程、海洋科学、环境科学、药学及生物工程等相关专业的本科低年级学生及教师使用,也可供相关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

基础化学教程(无机与分析化学) / 傅洵, 许泳吉, 解从霞编著. —北京: 科学出版社, 2007

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-03-018802-1

I. 基… II. ①傅…②许…③解… III. 化学-高等学校-教程 IV. 06

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 043602 号

责任编辑: 杨向萍 吴伶俐 / 责任校对: 陈丽珠

责任印制: 张克忠 / 封面设计: 耕者工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

新蕾印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2007 年 4 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2007 年 4 月第一次印刷 印张: 35 1/2 插页: 1

印数: 1—4 000 字数: 676 000

定价: 42.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换(环伟))

前 言

本书是青岛科技大学多年从事基础化学教学的一线教师在研究、选择(使用)多个《基础化学》版本教材的基础上,不断总结教学经验而完成的一部专业基础课教材。本书综合了以往无机化学、分析化学的内容,包括化学热力学、动力学基础,四大化学平衡(酸碱平衡、沉淀溶解平衡、氧化还原平衡、配位平衡)与相应的容量分析、重量分析、电位分析应用,物质结构,元素化学与简单仪器分析及应用等。编写的主导思想是“重教学对象、重基础知识、重学科关联、重应用领域”。

1. 重教学对象

基于对大学基础化学教学基本要求内涵的深刻理解以及对普通高等工科学校大一新生的基础能力的长期了解,在编写过程中特别注意了内容的起点与深度适当,准确把握“如何讲解”和“讲解到什么程度”。

2. 重基础知识

本书知识框架清楚,叙述直截了当,适合教师组织课堂教学与学生自学。

3. 重学科关联

综合无机化学与分析化学内容开设的“基础化学(无机与分析化学)”课程已实践了6年。实践告诉我们,无机与分析化学学科内容的衔接与有机结合非常重要。例如,认识到“量”的概念的重要性与严格性并非易事,因此讲解无机四大平衡与分析应用的同时,让大一新生把化学实验与理论课中的相关计算从一开始就建立“定量”的概念。本书除了将“误差与数据处理”一章放在重要位置外,在其他章节的讲解与习题中均对两学科的和谐关联给予了较多关注。

本书包含了仪器分析的基础内容,如电位分析法、吸光光度法与气相色谱分析法。这些中小型仪器在基础化学实验课中多次使用,是一般化学人才必须掌握的基础知识和技能。

本书也注意到与材料科学、环境科学、海洋科学、生命科学等的适当关联。

4. 重应用领域

化学改变着材料科学、环境科学、海洋科学、生命科学等的面貌,这些学科也急剧改变着化学科学。我们认为在基础化学教学中不宜过度弱化元素化学。本书注重了元素化学与热力学基础、物质结构与分析应用的结合;介绍了我国的资源与应用概况;恰当地反映了一些能源、材料、环境与生命等方面的社会关注热点;增添了某些新型材料的制备及新材料在相关学科的应用知识。

本书由傅洵、许泳吉、解从霞合编,第1、2、10、11、14、15、16、17、18章由傅洵编

写,第3、4、5、7、12、13章由解从霞编写,第6、8、9、19、20、21章由许泳吉编写。在本书的编写过程中,编者参考了已出版的相关教材,并引用了其中的少量图表、例题与习题,主要参考书列于书后,在此说明并致谢。本书编写过程中,山东大学宋其圣教授给予了无私的帮助,青岛科技大学教务处进行了立项支持,青岛科技大学化学与分子工程学院基础化学教研室沈纬等教授给予了大力支持与帮助,在此一并致谢!

由于编者水平和教学经验的有限,书中不妥与错误之处在所难免,欢迎读者批评指正。

编 者

2006年10月于青岛

目 录

前言

第 1 章 化学热力学基础	1
1.1 物质与化学反应的计量	1
1.1.1 物质的计量	1
1.1.2 化学反应的计量	5
1.2 化学热力学的一些基本概念与术语	6
1.2.1 体系与环境	6
1.2.2 状态与状态函数	7
1.2.3 过程	8
1.2.4 热、功、热力学能(内能)	8
1.2.5 热力学第一定律	9
1.3 热化学	10
1.3.1 化学反应的热效应、焓与焐变	10
1.3.2 标准摩尔反应焐,热化学(反应)方程式	10
1.3.3 盖斯定律	12
1.3.4 由标准生成焐计算反应热	13
1.3.5 计算反应热效应的其他方法	14
思考题	15
习题	16
第 2 章 化学反应的方向、速率和限度	18
2.1 化学反应进行的方向	18
2.1.1 影响化学反应方向的因素	18
2.1.2 标准状态下化学反应方向的判断与相关计算	22
2.2 化学反应速率	24
2.2.1 化学反应速率的表示方法	24
2.2.2 反应速率理论简介	26
2.2.3 影响化学反应速率的因素	27
2.3 化学平衡及化学反应的限度	31
2.3.1 可逆反应和化学平衡	31
2.3.2 标准平衡常数与标准自由能变	35

2.3.3 化学平衡的移动	37
思考题	40
习题	42
第3章 误差与数据处理	45
3.1 定量分析中的误差	45
3.1.1 基本概念	45
3.1.2 误差的分类、产生的原因及减免的方法	47
3.2 分析数据的统计处理	50
3.2.1 数据的集中趋势和分散程度的表示	50
3.2.2 置信度与平均值的置信区间	52
3.2.3 统计性检验	54
3.3 有效数字及其运算规则	59
3.3.1 有效数字	59
3.3.2 有效数字运算规则	60
思考题	61
习题	62
第4章 酸碱平衡	64
4.1 酸碱平衡的理论基础	64
4.1.1 酸碱电离理论	64
4.1.2 酸碱质子理论	64
4.1.3 酸碱离解常数及酸碱的强度	68
4.2 不同 pH 溶液中酸碱存在形式的分布情况——分布曲线	70
4.2.1 基本概念	70
4.2.2 酸的分布系数与分布曲线	70
4.3 酸碱溶液 pH 的计算	74
4.3.1 质子条件	74
4.3.2 弱酸弱碱水溶液 pH 的计算	75
4.4 酸碱平衡的移动	82
4.4.1 稀释定律与同离子效应	82
4.4.2 活度、离子强度与盐效应	83
4.5 酸碱缓冲溶液	85
4.5.1 缓冲溶液的缓冲原理与缓冲能力	85
4.5.2 酸碱缓冲溶液的分类和选择	86
4.5.3 缓冲溶液的有关计算	87
4.6 路易斯酸碱电子理论	89

思考题	90
习题	91
第5章 酸碱滴定法	93
5.1 概述	93
5.1.1 基本概念	93
5.1.2 基准物质与标准溶液	95
5.1.3 滴定分析结果的计算	96
5.2 酸碱指示剂	98
5.2.1 酸碱指示剂及其作用原理	98
5.2.2 指示剂的变色范围	99
5.2.3 混合指示剂	101
5.3 酸碱滴定曲线	103
5.3.1 一元酸碱滴定	103
5.3.2 多元酸、混合酸和多元碱的滴定	107
5.4 滴定终点误差	110
5.4.1 强酸、强碱滴定的终点误差	110
5.4.2 弱酸、弱碱滴定的终点误差	111
5.4.3 终点误差公式	112
5.5 酸碱标准溶液的配制和标定	112
5.5.1 酸标准溶液	112
5.5.2 碱标准溶液	113
5.6 酸碱滴定法应用实例及其计算	114
5.6.1 直接滴定法	114
5.6.2 间接滴定法	117
5.7 非水溶液中的酸碱滴定	119
5.7.1 物质的酸碱性 with 溶剂的关系	120
5.7.2 非水滴定条件的选择	120
5.7.3 非水溶液中酸碱滴定应用实例	122
5.8 线性滴定法	122
5.8.1 线性滴定法及其特点	122
5.8.2 一元酸的线性函数公式及数据处理	123
5.8.3 线性滴定法的应用	124
思考题	125
习题	126

第6章 沉淀溶解平衡	128
6.1 溶度积与溶解度	128
6.1.1 溶度积常数	128
6.1.2 溶度积与溶解度的关系	129
6.2 影响沉淀溶解平衡的因素	130
6.2.1 同离子效应	130
6.2.2 盐效应	131
6.2.3 酸效应	132
6.2.4 配位效应	133
6.3 溶度积规则及其应用	133
6.3.1 溶度积规则	133
6.3.2 溶度积规则的应用	134
思考题	141
习题	142
第7章 重量分析法和沉淀滴定法	143
7.1 概述	143
7.1.1 重量分析法及其分类	143
7.1.2 重量分析法的特点	143
7.1.3 沉淀重量法对沉淀的要求	144
7.1.4 影响沉淀完全的因素	145
7.2 沉淀的形成与沉淀条件的选择	145
7.2.1 沉淀的形成	145
7.2.2 沉淀条件的选择	147
7.3 影响沉淀纯净的因素及获得纯净沉淀的措施	151
7.3.1 影响沉淀纯净的因素	151
7.3.2 获得纯净沉淀的措施	153
7.4 沉淀的过滤、洗涤、烘干或灼烧——称量形式的获得	154
7.4.1 沉淀的过滤与洗涤	154
7.4.2 沉淀的烘干或灼烧	155
7.5 重量分析的结果计算与应用实例	155
7.5.1 重量分析的结果计算	155
7.5.2 重量分析应用实例	156
7.6 沉淀滴定法	158
7.6.1 莫尔法	158
7.6.2 福尔哈德法	160

7.6.3 法扬斯法	161
思考题	162
习题	163
第8章 氧化还原平衡	164
8.1 基本概念	164
8.1.1 氧化数	164
8.1.2 氧化还原反应方程式的配平	164
8.2 电极电势	168
8.2.1 原电池	168
8.2.2 电极电势	169
8.3 影响电极电势的因素	172
8.3.1 能斯特方程式	172
8.3.2 浓度与酸度的影响	173
8.3.3 沉淀生成对电极电势的影响	174
8.4 电极电势的应用	175
8.4.1 判断原电池的正、负极及计算原电池的电动势	175
8.4.2 判断氧化剂、还原剂的相对强弱	176
8.4.3 计算难溶电解质的 $K_{sp}^{\ominus}$ 或弱酸的 $K_a^{\ominus}$	176
8.4.4 判断氧化还原反应进行的方向	177
8.4.5 判断氧化还原反应进行的程度	178
8.5 元素标准电极电势图及其应用	179
8.5.1 元素标准电极电势图	179
8.5.2 元素标准电势图的应用	180
8.6 化学电池	181
思考题	183
习题	183
第9章 氧化还原滴定法	186
9.1 条件电势	186
9.2 滴定分析对氧化还原反应的要求	187
9.2.1 氧化还原反应进行的程度	187
9.2.2 影响反应速率的因素	189
9.2.3 氧化还原滴定前的预处理	191
9.3 氧化还原滴定原理	192
9.3.1 氧化还原指示剂	192
9.3.2 氧化还原滴定曲线	194

9.4 氧化还原滴定的应用	199
9.4.1 高锰酸钾法	199
9.4.2 重铬酸钾法	201
9.4.3 碘法	202
9.4.4 其他氧化还原滴定法	205
9.5 氧化还原滴定结果的计算	206
思考题	208
习题	208
第10章 原子结构与元素周期律	210
10.1 氢原子光谱和玻尔氢原子模型	210
10.1.1 卢瑟福原子模型	210
10.1.2 玻尔氢原子模型	210
10.2 微观粒子的运动规律	214
10.2.1 微观粒子的波粒二象性	214
10.2.2 微观粒子运动的统计性	215
10.3 原子的量子力学模型	215
10.3.1 波函数与薛定谔方程	215
10.3.2 电子云和概率分布	217
10.3.3 4个量子数	220
10.4 原子核外电子的排布与元素周期律	222
10.4.1 多电子原子的能级	222
10.4.2 原子核外电子的排布规律	225
10.4.3 原子的电子层结构与元素周期系	227
10.4.4 元素基本性质的周期性	228
思考题	234
习题	236
第11章 化学键和分子结构	239
11.1 离子键与离子晶体	239
11.1.1 离子键理论	239
11.1.2 离子的特性及对离子键强度的影响	240
11.1.3 离子晶体	243
11.2 共价键与原子晶体	247
11.2.1 共价键理论	247
11.2.2 杂化轨道理论	251
11.2.3 价层电子对互斥理论	254

11.2.4 大 π 键	257
11.2.5 分子轨道理论	260
11.2.6 原子晶体	266
11.3 分子间力、氢键和分子晶体	266
11.3.1 分子间力	266
11.3.2 氢键	269
11.3.3 分子晶体	271
11.4 金属键与金属晶体	271
11.4.1 金属键的改性共价键理论	271
11.4.2 金属键的能带理论	272
11.4.3 金属晶体	274
思考题	275
习题	276
第 12 章 配位化合物与配位平衡	278
12.1 配合物的组成与命名	278
12.1.1 基本概念	278
12.1.2 配合物的命名	282
12.2 配位化合物的化学键理论	284
12.2.1 现代价键理论	284
12.2.2 晶体场理论	290
12.3 配位平衡及其影响因素	298
12.3.1 配位平衡与稳定常数	298
12.3.2 配位平衡的移动	301
12.4 螯合物及新型特殊配合物	306
12.4.1 螯合物及其特点	306
* 12.4.2 新型特殊配合物	308
思考题	310
习题	312
第 13 章 配位滴定法	315
13.1 乙二胺四乙酸及其离解平衡	315
13.1.1 乙二胺四乙酸	315
13.1.2 乙二胺四乙酸的离解平衡	316
13.2 乙二胺四乙酸与金属离子的配合物及其稳定性	317
13.2.1 乙二胺四乙酸与金属离子配合物的特点	317
13.2.2 影响乙二胺四乙酸与金属离子配合物稳定性的主要因素	318

13.2.3 准确滴定单一金属离子的条件及酸度范围的确定	322
13.3 滴定曲线	325
13.3.1 滴定曲线的绘制	325
13.3.2 曲线的讨论	326
13.3.3 终点误差	328
13.4 金属指示剂	329
13.4.1 金属指示剂及其作用原理	329
13.4.2 金属指示剂应具备的条件及使用中应注意的问题	330
13.4.3 常用金属指示剂	332
13.5 配位滴定的应用	333
13.5.1 混合离子的选择性滴定	333
13.5.2 滴定方式及应用实例	337
13.5.3 标准溶液的配制与标定	340
思考题	341
习题	342
第14章 非金属元素(一)	344
14.1 卤族元素	344
14.1.1 单质	344
14.1.2 卤化氢与氢卤酸	349
14.1.3 卤化物	351
14.1.4 卤素的含氧酸及其盐	352
14.1.5 拟卤素	355
14.2 氧与硫	356
14.2.1 氧与硫的成键特征	356
14.2.2 氧及其化合物	357
14.2.3 硫及其化合物	360
习题	366
第15章 非金属元素(二)	369
15.1 氮与磷	369
15.1.1 氮及其化合物	369
15.1.2 磷及其化合物	377
15.1.3 化肥与农药	380
15.2 碳、硅、硼	381
15.2.1 引言	381
15.2.2 碳及其主要化合物	382

15.2.3 硅及其重要化合物	386
15.2.4 硼及其重要化合物	387
15.3 氢	390
15.3.1 氢在元素周期表中的位置	390
15.3.2 氢单质	391
15.3.3 氢的化合物	393
15.4 稀有气体	395
15.4.1 稀有气体的发现与名称演变	395
15.4.2 稀有气体的通性与用途	396
15.4.3 稀有气体的化合物	397
习题	398
第 16 章 主族金属元素	400
16.1 碱金属和碱土金属	400
16.1.1 金属元素的性质	400
16.1.2 单质	402
16.1.3 化合物	402
16.2 铝及其重要化合物	407
16.2.1 铝单质	407
16.2.2 氧化铝与氢氧化铝	408
16.2.3 铝盐	408
16.2.4 元素性质的对角关系	409
16.3 锡、铅	410
16.3.1 单质	410
16.3.2 氧化物与氢氧化物	411
16.3.3 主要化合物及其性质	412
16.4 砷、锑、铋	413
16.4.1 氧化物与含氧酸(盐)	413
16.4.2 砷、锑、铋的盐	414
习题	415
第 17 章 过渡金属元素	417
17.1 概述	417
17.1.1 过渡元素的特征	418
17.1.2 过渡金属与人类社会密切相关	421
17.2 钛及其重要化合物	424
17.2.1 单质	424

17.2.2 钛的重要化合物	424
17.3 铬及其重要化合物	426
17.3.1 单质	426
17.3.2 铬的重要化合物	426
17.4 锰及其重要化合物	430
17.4.1 单质	430
17.4.2 锰的重要化合物	431
17.5 铁系元素及其重要化合物	433
17.5.1 单质	433
17.5.2 氧化物和氢氧化物	434
17.5.3 盐类	436
17.5.4 配位化合物	437
17.6 铜副族	440
17.6.1 单质	440
17.6.2 铜的重要化合物	441
17.6.3 银与金的重要化合物	444
17.7 锌副族	445
17.7.1 单质	445
17.7.2 锌的重要化合物	446
17.7.3 镉的重要化合物	447
17.7.4 汞的重要化合物	448
习题	450
第 18 章 镧系元素	454
18.1 概述	454
18.1.1 稀土元素在地壳中的分布	454
18.1.2 镧系元素的原子结构及相关性质	455
18.2 镧系元素单质与化合物	458
18.2.1 镧系金属的性质	458
18.2.2 镧系元素的氧化物和氢氧化物	458
18.2.3 镧系元素的难溶盐	460
18.2.4 镧系元素的易溶盐	461
18.2.5 镧系元素的配合物	462
18.3 镧系元素的分离提取与应用	462
18.3.1 镧系元素的分离提取	462
18.3.2 镧系元素的应用	464

习题	467
第 19 章 电化学分析法	468
19.1 概述	468
19.1.1 电位分析中常用电极	468
19.1.2 离子选择性电极的选择性	474
19.2 直接电位法	475
19.2.1 溶液 pH 的测定	475
19.2.2 离子活度或浓度的测定	476
19.2.3 影响测量准确度的因素	478
19.3 电位滴定法	479
19.3.1 电位滴定的基本原理及装置	479
19.3.2 电位滴定确定终点的方法	479
思考题	482
习题	482
第 20 章 吸光光度法	484
20.1 概述	484
20.1.1 物质对光的选择性吸收	484
20.1.2 吸光光度法的特点	486
20.1.3 光吸收的基本定律	486
20.1.4 偏离朗伯-比尔定律的原因	488
20.2 目视比色法与可见光分光光度法	490
20.2.1 目视比色法	490
20.2.2 可见光分光光度法	490
20.3 显色反应及其影响因素	493
20.3.1 显色反应及显色剂	494
20.3.2 显色反应条件的选择	495
20.4 吸光度测量条件的选择	498
20.4.1 入射光波长的选择	498
20.4.2 参比溶液的选择	498
20.4.3 吸光度读数范围的选择	499
20.5 分光光度法的应用	500
20.5.1 微量组分的含量测定	500
20.5.2 高含量组分的测定——示差分光光度法	502
20.5.3 光度滴定法	503
20.5.4 酸碱离解常数的测定	504

20.5.5 配合物组成及稳定常数的测定	505
20.5.6 双波长分光光度法	507
思考题	508
习题	508
第 21 章 气相色谱分析法	511
21.1 概述	511
21.1.1 气相色谱分析的流程	511
21.1.2 气相色谱分析常用的基本术语	512
21.2 气相色谱分析法的基本理论	514
21.2.1 混合组分的分离过程	514
21.2.2 气相色谱分析法的基本理论	515
21.3 气相色谱分析法分离条件的选择	517
21.3.1 分离度 R	517
21.3.2 固定相及其选择	518
21.3.3 分离操作条件的选择	520
21.4 气相色谱检测器	522
21.4.1 热导池检测器	522
21.4.2 氢火焰离子化检测器	524
21.5 气相色谱定量方法	526
21.5.1 峰面积的测量	526
21.5.2 定量校正因子	527
21.5.3 定量分析方法	528
21.6 气相色谱分析法的应用	531
21.6.1 在石油化工和有机化工产品 and 原料分析方面的应用	531
21.6.2 在环境保护及污染检测方面的应用	531
21.6.3 农药、临床和中草药有效成分的分析	532
21.6.4 在食品分析方面的应用	533
思考题	533
习题	533
主要参考文献	535
附录	536