



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

基础化学

(无机及分析化学)

(第二版)

揭念芹 主编



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

(无机及分析化学)

(第二版)

揭念芹 主编

科学出版社
北京

内 容 简 介

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材之一,配套有《基础化学实验(第二版)》(科学出版社,2007)。

本书在第一版的基础上对内容进行了修改,丰富了仪器分析的内容,主要包括:原子结构、分子结构、溶液和胶体、化学热力学基础、四大化学平衡及四种化学滴定分析法、化学热力学基础和仪器分析法等。

本书可供高等农林院校非化学专业学生使用,也可作为理科和师范类院校生物专业学生使用。

图书在版编目(CIP)数据

基础化学(无机及分析化学) / 揭念芹主编. —2 版. —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 978-7-03-019152-6

I. 基… II. 揭… III. ①无机化学-高等学校-教材 ②分析化学-高等学校-教材 IV. O6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 099563 号

责任编辑:杨向萍 潘秀敏 操时杰 / 责任校对:陈玉凤

责任印制:张克忠 / 封面设计:陈 敬

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>

双青印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2000 年 9 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2007 年 7 月第 二 版 印张: 34 3/4 插页 1

2007 年 7 月第七次印刷 字数: 652 000

印数: 16 001—20 000

定价: 42.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

《中国农业大学基础课系列教材》

编委会

主 任 江树人

副主任 谭向勇 李绍华

委 员 (以姓氏拼音为序)

陈 薇	戴景瑞	揭念芹	金仲辉
李国辉	乔惠理	司宗兴	武维华
阎隆飞	杨世杰	杨苏生	曾善玉
郑 行			

《基础化学(无机及分析化学)》(第二版)

编委会

主 编 揭念芹

副主编 刘 霞

编 委(以姓氏拼音为序)

蔡亚歧 揭念芹 刘 霞 任丽萍

孙 英 王洪梅 袁德凯 张春荣

张 丽 张日秋 周文峰

审 稿 江林根

序

我国的高等教育正在进入一个迅速发展的时期,我们要在扩大办学规模,提高办学效益的同时,加快教育教学改革的步伐,培养高质量的人才。

近年来,我校坚持以研究促教改,通过采取立项研究的方式,调动了广大教师投身教学改革的积极性,将转变教师的教育思想观念与教学内容、教学方法改革紧密结合起来,取得了实效。这次推出的农科主要基础课系列教材,就是基础课教师长期钻研课程体系和教学内容的重要成果。他们从转变教育思想入手,站在面向21世纪科技、社会发展趋势的高度,对农科主要基础课的教学内容进行“精选”、“重组”和“拓宽”,将现代科学理论的观点和方法引入基础课,强调学生思维能力等综合素质的培养。

与我校过去编写的基础课教材相比,这套教材以“整体优化”和“内容更新”为出发点,强化了基础课在传授基础知识、培养基本能力和提高综合素质方面的作用,它的出版,将对提高农科主要基础课的教学质量做出贡献。

在科学出版社的大力支持下,我校组织编写了农科类大学生适用的《大学基础物理》、《大学数学》、《大学数学(续)》、《应用概率统计》、《基础化学Ⅰ》、《基础化学Ⅱ》、《基础化学实验Ⅰ》、《生物化学》、《植物生物学》、《动物生物学》、《植物生理学》、《微生物生物学》、《动物生理学》、《普通遗传学》等14种教材。建设农科主要基础课系列教材的设想也得到了北京市教委的重视和支持,列入了北京市教育教学改革试点项目。

当前,以“统编教材”或“规划教材”为核心的教材建设机制面临转变,这套教材是我校加强自身教材建设的一次尝试,目的是以教材建设来推动学校基础课教学内容和课程体系的整体改革。

江树人

第二版前言

本书第一版自 2000 年发行以来,受到校内外师生的广泛支持和欢迎,2006 年,《基础化学(无机及分析化学)》(第二版)被列入“普通高等教育‘十一五’国家级规划教材”。根据几年来的教学体会及当前形势的需要,我们对第一版教材进行了修订。

本书除保持第一版深入浅出、简介前沿的特色外,根据当前形势,对经典内容进行了精简,增加了仪器分析的内容,第二版扩充为 19 章。在第一版的第十八章中增加了荧光分析法、原子吸收光谱法和原子发射光谱法等内容的介绍。新增加的第十九章主要介绍色谱分析法,即气相和液相色谱法的原理及分析应用等。我们在修订中对第一版的例题和习题进行了调整。另外,第二版涉及的物理量单位符号均采用现行国际单位制。

参加本书编写的有刘霞(第一、二、八章),孙英(第三、四、六、七章),任丽萍(第五章),张春荣(第九章),王洪梅(第十章),揭念芹(第十一、十二、十五章),袁德凯(第十三、十四章),张日秋(第十五章),张丽(第十六、十七章),周文峰(第十八、十九章)。全书由揭念芹和刘霞统稿。

北京大学江林根教授对本书书稿进行了精心审阅,并提出了宝贵意见。科学出版社为本书的顺利出版给予了大力支持并付出了辛勤的劳动,在此一并向他们表示衷心的感谢。

由于编者水平所限,这次修订仍会有不尽如人意之处,恳请读者批评指正。

编 者

2007 年 6 月 18 日

第一版前言

随着人类社会向信息和经济时代迈进,科学技术的综合化加速,教学改革势在必行。课程结构、教学体系及内容方法的改革,是改革人才培养模式的具体体现,是教学改革的核心。化学课程体系同样需要改革,旧课程体系的弊端在于经典内容较多;重复内容较多。为克服这些弊端,我们将无机化学和定量分析化学融合在一起,减少了重复,节省了学时。同时对经典内容有所删减,对某些前沿领域及边缘学科的内容进行了简单介绍,这样有利于开阔学生的眼界,启迪他们的思维,加深对本课程的理解。我们这种尝试有待实践检验,对于在使用中发现的问题要不断地修改,也希望广大读者批评指正。

本教材是为中国农业大学动物学院、食品学院和资源环境学院等专业的学生开设的第一门化学课程。我们是本着“精减经典、简介前沿、重基础理论、重实际应用”的原则编写的。本教材首先介绍了原子结构和分子结构,元素周期系,四大化学平衡,化学热力学基础及元素化学。作为四大化学平衡的延续,重点介绍了四种化学滴定分析法(酸碱滴定法、配位滴定法、氧化还原滴定法及沉淀滴定法)的基础理论和应用实例。对分光光度法和电势分析法也作了简要介绍。

本教材可以满足非化学专业学生对化学知识的需求,为学习后续课程和从事科学研究工作打下坚实的基础。

参加本书编写工作的有刘霞(第一、二、八章),孙英(第三、四、六、七章),任丽萍(第五、九、十章),揭念芹(第十一、十二、十五章),蔡亚岐(第十三、十四、十六、十七、十八章)。全书由揭念芹统稿。

北京大学江林根教授仔细审阅了全稿,并提出许多宝贵意见。同时,本教材的编写得到中国农业大学教务处领导和有关同志的支持,编者在此一并致以衷心的感谢。

编 者

2000年3月于北京

符号表

(一)英文符号

A	吸光度	l	角量子数
a	活度	m	磁量子数;溶液的质量
b	质量摩尔浓度	m_B	溶质的质量
c	物质的量浓度;光速	m_s	自旋量子数
$c^\ominus$	物质的标准浓度	n	主量子数;物质的量;测定次数
E	光子的能量;键能	p	原子轨道亚层符号;置信度
E_a	活化能	$p_A^\ominus$	纯溶剂的蒸气压
E_{ea}	电子亲和能	$p^\ominus$	标准压力
F	化学因子	Q	反应熵;热
f	能量因子;自由度;原子轨道亚层符号	Q_c	离子积
ΔG	吉布斯自由能变	Q_p	定压热
$\Delta_r G_m^\ominus$	反应的标准摩尔自由能变	Q_v	定容热
$\Delta_f G_m^\ominus$	物质的标准摩尔生成吉布斯自由能变	q	电量
ΔH	焓变	R	摩尔气体常量;径向分布函数
$\Delta_f H_m^\ominus$	物质的标准摩尔生成焓变	r	半径
$\Delta_r H_m^\ominus$	反应的标准摩尔焓变	s	原子轨道亚层符号;标准偏差
I	离子强度;电离能;光强度	ΔS	熵变
K	比例常数	$\Delta_r S_m^\ominus$	反应的标准摩尔熵变
$K_a^\ominus$	弱酸的解离常数	$S_m^\ominus$	物质的标准摩尔熵
$K_b^\ominus$	弱碱的解离常数	T	热力学温度
$K_f^\ominus$	配合物的稳定常数	Δt_b	溶液沸点上升度数
$K_d^\ominus$	配合物的不稳定常数	Δt_f	溶液凝固点下降度数
k_b	溶剂沸点升高常数	U	热力学能
k_f	溶剂凝固点下降常数	V	体积;微粒势能
$K_{sp}^\ominus$	溶度积常数	v	反应速率
$K_W^\ominus$	水的质子自递常数	W	功
K_t	滴定反应的平衡常数	W'	非体积功
		w	质量分数
		X	电负性
		Y	角度分布函数
		Z	核电荷数
		Z^*	有效核电荷数

Z_i 离子的电荷数

(二) 希腊符号

α 离解度

β 配合物的累积稳定常数

δ 分布系数

σ 屏蔽常数

γ 活度系数

Ψ 波函数

ε 原电池电动势; 摩尔吸收系数

φ 电极电势

λ 波长

π 渗透压

μ 偶极矩; 磁矩; 总体平均值

目 录

序	
第二版前言	
第一版前言	
符号表	
第一章 原子结构与元素周期性	1
第一节 核外电子的运动特性	1
一、核外电子的量子化特性-氢原子光谱	1
二、核外电子运动的波粒二象性	3
第二节 核外电子运动状态的描述	5
一、波函数	5
二、描述核外电子运动状态的量子数	6
三、波函数和电子云图形	8
第三节 原子核外电子排布和元素周期律	14
一、原子的能级	14
二、原子核外电子的排布	19
三、原子的电子结构和元素周期律	21
第四节 原子结构与元素周期性	28
一、有效核电荷 Z^*	28
二、原子半径 r	29
三、电离能 I	31
四、电子亲和能	33
五、电负性	34
习题	35
第二章 化学键和分子结构	38
第一节 离子键理论	38
一、离子键的形成	38
二、离子键的特点	39
三、离子键的强度	40
四、离子特征	41

第二节 共价键理论	44
一、共价键的本质	44
二、共价键的特征	45
三、共价键的类型	46
四、键参数	48
第三节 杂化轨道理论	51
一、杂化轨道概念及其理论要点	51
二、s-p 等性杂化与分子几何构型	52
三、s-p 不等性杂化与分子几何构型	55
第四节 价层电子对互斥理论	57
一、价层电子对互斥理论的基本要点	57
二、判断共价分子几何构型的原则和步骤	60
第五节 分子间力和氢键	63
一、分子间力	63
二、氢键	69
第六节 晶体结构	74
一、晶体的基本概念	74
二、离子晶体	76
三、原子晶体	77
四、分子晶体	78
五、金属晶体	79
六、混合型晶体	83
习题	85
第三章 溶液和胶体	87
第一节 分散系及其分类	87
第二节 溶液	88
一、溶液的浓度	88
二、非电解质稀溶液的依数性	90
三、电解质溶液	95
第三节 胶体溶液	98
一、胶粒荷电原因	98
二、溶胶的结构	100
三、胶体的稳定性和聚沉	101
习题	102
第四章 化学反应速率	104
第一节 化学反应速率及其表示法	104

第二节 化学反应速率理论简介.....	105
一、碰撞理论简介	105
二、过渡态理论简介	107
第三节 影响化学反应速率的因素.....	108
一、浓度对化学反应速率的影响	108
二、温度对化学反应速率的影响	112
三、催化剂对反应速率的影响	114
习题.....	117
第五章 化学热力学基础及化学平衡.....	119
第一节 热力学第一定律.....	119
一、热力学中的常用术语	119
二、热力学第一定律	122
第二节 热化学.....	122
一、化学反应热	122
二、反应热的计算	124
第三节 化学反应的自发性.....	127
一、自发过程	127
二、熵的初步概念	128
三、吉布斯自由能	130
四、标准摩尔吉布斯自由能变的计算	130
五、Gibbs-Helmholtz 公式的应用	132
第四节 化学平衡.....	135
一、化学平衡状态	135
二、标准平衡常数 $K^{\ominus}(T)$	135
三、范特霍夫等温方程式	137
四、非标准状态下化学反应方向的判断	138
五、多重平衡	140
六、化学平衡的移动	141
习题.....	145
第六章 酸碱反应及酸碱平衡.....	148
第一节 质子酸碱理论.....	148
一、酸碱概念的发展	148
二、酸碱质子理论	148
第二节 酸碱平衡.....	153
一、溶液的 pH	153

二、弱酸弱碱解离平衡	154
第三节 酸碱平衡的移动	158
一、同离子效应和盐效应	158
二、同离子效应的作用	160
第四节 缓冲溶液	161
一、缓冲溶液作用原理	162
二、缓冲溶液 pH 的计算	162
三、缓冲能力	163
四、重要缓冲溶液	164
第五节 非水溶剂的酸碱度	165
一、溶剂的拉平效应和区分效应	165
二、酸碱溶剂理论	166
第六节 路易斯酸碱	167
一、定义及相关概念	167
二、路易斯酸碱反应	168
三、路易斯酸碱强度	168
第七节 软硬酸碱	169
习题	169
第七章 沉淀反应及沉淀溶解平衡	171
第一节 溶度积原理	171
一、溶度积常数	171
二、溶度积和溶解度的换算	172
三、溶度积原理	173
第二节 沉淀的生成	174
一、选择适当的沉淀剂,使沉淀物的溶解度尽可能地小	175
二、可加入适当过量的沉淀剂	175
三、对于难溶氢氧化物、难溶弱酸盐的沉淀反应,还必须控制溶液的 pH,才能确 保沉淀完全	176
第三节 分步沉淀	177
第四节 沉淀的转化	180
第五节 沉淀的溶解	180
一、酸溶法	181
二、通过发生氧化还原反应使沉淀溶解	183
三、通过生成配合物使沉淀溶解	183
习题	184

第八章 配位化合物	186
第一节 配合物的基本概念	186
一、配合物的定义	186
二、配合物的组成	187
三、配合物的命名和化学式的书写	190
四、配合物的分类	191
第二节 配合物的化学键理论	196
一、价键理论	196
二、晶体场理论简介	202
第三节 配位平衡	209
一、配位平衡及配位化合物的稳定常数	209
二、配位平衡的移动	212
第四节 螯合物	218
一、螯合物概述	218
二、螯合物的稳定性	220
第五节 配合物的应用	221
一、配合物在分析化学中的应用	221
二、配位化合物在生物化学中的应用	222
三、配合物在其他方面的应用	222
习题	224
第九章 氧化还原反应	227
第一节 基本概念	227
一、氧化与还原	227
二、氧化值	228
三、氧化还原电对	229
第二节 氧化还原反应方程式的配平	230
一、氧化值法	230
二、离子-电子法	231
第三节 原电池和电极电势	233
一、原电池的组成、表示方法	233
二、电池电动势和电极电势	235
第四节 电动势与吉布斯自由能变	242
一、电池电动势与吉布斯自由能的关系	242
二、标准电池电动势与热力学平衡常数的关系	243
第五节 影响电极电势的因素	245

一、能斯特方程式	245
二、浓度对电极电势的影响	247
第六节 电势图解及应用	254
一、元素电势图及其应用	255
二、电势-pH 图	257
第七节 化学电源和金属腐蚀与防护	261
一、化学电源	261
二、金属的腐蚀与防护	263
三、金属的防护	265
习题	265
第十章 元素化学	269
第一节 元素概述	269
一、元素的分布	269
二、元素分类	270
第二节 s 区元素	272
一、s 区元素概述	272
二、氧化物和氢氧化物	274
三、盐类	275
四、配位化合物	276
第三节 p 区元素	277
一、p 区元素概述	277
二、卤素	278
三、过氧化氢(H_2O_2)和臭氧(O_3)	283
四、硫的重要化合物	285
五、氮和磷的重要化合物	289
六、碳硅硼及其重要化合物	293
七、锡和铅的重要化合物	296
第四节 ds 区元素	298
一、ds 区元素概述	298
二、ds 区元素离子与常用试剂的反应	298
三、 $\text{Cu}(\text{II})$ 与 $\text{Cu}(\text{I})$, $\text{Hg}(\text{II})$ 与 $\text{Hg}(\text{I})$ 之间的转化	299
四、重要化合物	300
五、ds 区元素的生物作用和毒性	301
第五节 d 区元素	301
一、d 区元素概述	301

二、钒	303
三、铬	304
四、锰	305
五、铁、钴、镍	307
习题	310
第十一章 定量分析化学概论	312
第一节 概述	312
一、分析化学的任务	312
二、分析方法	312
三、定量分析过程	313
第二节 滴定分析法	315
一、滴定分析法对化学反应的要求	315
二、滴定分析法的滴定方式	315
三、基准物质和标准溶液	316
四、滴定分析的计算	317
五、滴定分析法中的测量误差	320
第三节 定量分析误差	321
一、准确度及其表征——误差	322
二、精密度及其表征——偏差	324
三、准确度和精密度	327
四、异常值的取舍	328
第四节 有限数据的统计处理	330
一、基本概念	330
二、 t 分布曲线	330
三、置信区间	331
四、显著性检验	332
第五节 提高分析结果准确度的方法	334
一、选择合适的分析方法	334
二、减少随机误差	334
三、消除系统误差	335
第六节 有效数字及运算规则	336
一、有效数字	336
二、数据运算规则	337
习题	338
第十二章 酸碱滴定法	341
第一节 酸度对弱酸(碱)型体分布的影响	341