

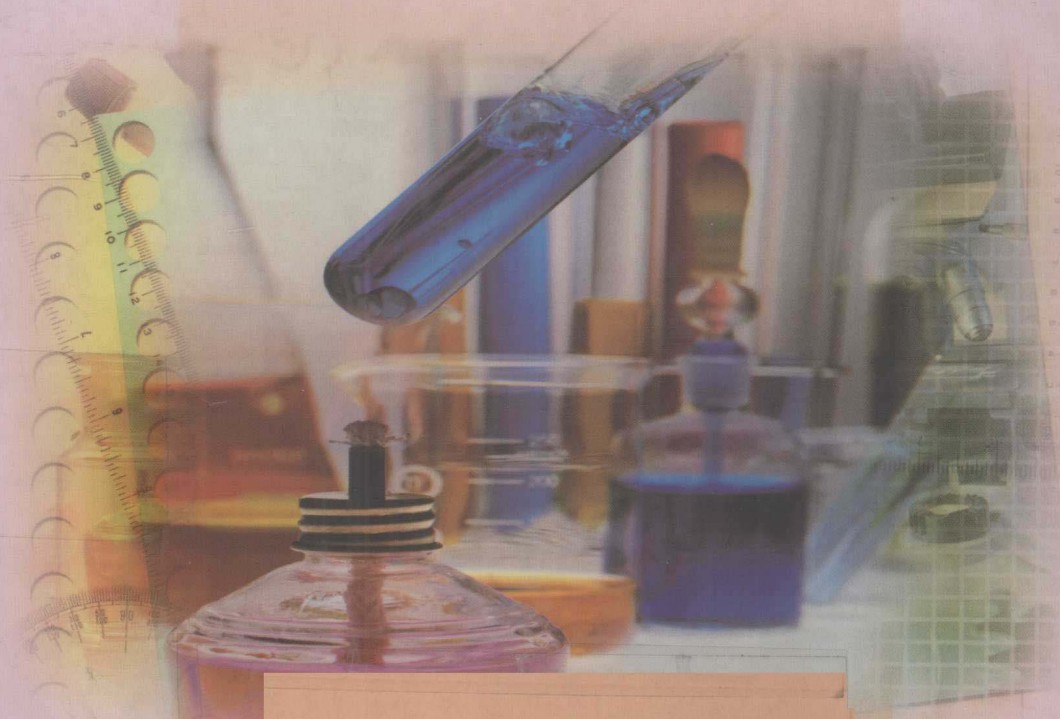


全国高等农业院校教材

全国高等农业院校教学指导委员会审定

无机及分析化学

兰叶青 主编



中国农业出版社

全国高等农业院校教材
全国高等农业院校教学指导委员会审定

无机及分析化学

兰叶青 主编

8.18~10.18

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

无机及分析化学 / 兰叶青主编. —北京: 中国农业出版社, 2005. 7

全国高等农业院校教材

ISBN 7-109-09782-X

I. 无... II. 兰... 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 (2005) 第 057389 号

中国农业出版社出版
(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)
(邮政编码 100026)

出版人: 傅玉祥
责任编辑: 曾丹霞

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行
2005 年 8 月第 1 版 2006 年 7 月北京第 2 次印刷

开本: 850mm×1168mm 1/16 印张: 22 插页: 1

字数: 519 千字

定价: 30.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

内 容 简 介

本书是全国高等农业院校“十五”规划教材,是根据21世纪高等农业院校本科生对化学基础知识的要求,并结合多年的教学经验,将无机化学和分析化学内容进行有机整合而成的一种教学体系。全书共分十三章,内容包括化学基本原理、物质结构、化学平衡、滴定分析、仪器分析简介、生命元素化学知识等。本教材内容力求与农、林、水各专业的教学需求和实际应用相结合,体现化学在农业生命科学中的重要性及其作用。

本书可作为农、林、水高等院校各相关专业本科生教材,也可供相关人员参考。

编写人员名单

主 编 兰叶青

副主编 田 超 冯志彪 吕 波

编 者 (按姓氏笔画排序)

丁 霞 王文保 田 超 兰叶青

冯志彪 吕 波 陈辉东 邵铁华

耿金龙 黄克明

主 审 杨明敏

前 言

本书为高等农林院校无机及分析化学课程的教材，内容包括化学基本原理、物质结构、化学平衡、滴定分析、仪器分析、元素化学知识等。它适用于农林院校有关专业的教学，也可作为综合性大学和师范院校生物系以及医学、轻工和水产等院校师生的参考用书。

教材的编写应体现科学技术的发展和时代的需要，应注重学生综合素质、自学能力的培养以及教学效率的提高。虽然目前许多高等农林院校已将原来的两门独立的无机化学和分析化学课程整合成为一门课，但受习惯的影响，在教材编写或在教学过程中无机与分析化学内容仍相对独立，造成了部分内容重复介绍和化学平衡理论与滴定分析相脱节的现象。本教材是根据教育部面向 21 世纪高等学校教学改革的精神，并结合农业院校各有关专业多年教学实践经验组织编写的。编者力求使本教材具有较高的科学性、系统性、时代性，反映化学在农业生命科学中的重要性和作用。与其他同类教材相比，本教材有以下特点：

(1) 将无机化学中的四大平衡原理与分析化学中相应的滴定分析内容自然、有机地整合，避免重复，提高教学效率。

(2) 增加了离子吸附、表面活性物质知识的介绍，反映了化学在环境、食品、植物保护等方面的应用。

(3) 将四个量子数提至波函数与电子云图像之前进行介绍，使内容衔接更自然、合理。

(4) 在物质结构中增加了价层电子对互斥理论知识介绍，提高学生对物质空间结构及分子极性的判断力。

(5) 在瞬时速率的求解中引入了 Excel 作图软件拟合动力学曲线再微分的新方法。

(6) 介绍元素化学知识时是以区为线索，注重介绍重要的生命化学元素的性质、化合物以及其生物效应，体现高等农林院校化学课的特色，加强与专业知识的联系，提高学生学习化学的兴趣。

本书中标有 * 的章节，由教师根据课时和专业需要酌情选择。

全书共分十三章，参加编写的人员有东北农业大学邵铁华（第一章）和冯志彪（第三、四章），安徽农业大学田超（第二章）和王文保（第五、十章），南京农业大学黄克明（第六章）、陈辉东（第七章）、耿金龙（第八章）、吕波（第九章）、丁霞（第十一、十二章）和兰叶青（第十三章）。全书由主编统稿后，交南京农业大学杨明敏教授主审，最后由主编修改、定稿。

教材组织编写过程中得到了中国农业出版社及南京农业大学教务处有关领导的大力支持，在此表示最诚挚的谢意！南京农业大学戚道光、王静、李瑛三位老师帮助审阅了部分章节，在此也向他们表示衷心的感谢！

在教材编写过程中，编者参考了已出版的相关教材，并引用了其中的一些图和表，主要参考文献列于书后，在此说明并致以最衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中不尽完善之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

2004 年 12 月于南京

目 录

前言

第一章 气体、溶液和胶体	1
第一节 气体	1
一、理想气体状态方程	1
二、气体分压定律	2
* 三、实际气体	3
第二节 溶液	4
一、溶液浓度的表示法	4
二、电解质溶液简介	5
第三节 溶液的依数性	7
一、溶液的蒸气压下降	7
二、溶液的沸点升高	8
三、溶液的凝固点下降	9
四、溶液的渗透压	10
第四节 胶体	12
一、溶胶的制备	13
二、溶胶的性质	13
三、胶团结构和电动电势	16
四、溶胶的稳定性与聚沉	18
五、高分子溶液	19
* 第五节 乳浊液	19
一、表面活性物质	19
二、乳浊液	20
习题	21
第二章 化学热力学基础	23
第一节 基本概念	23
一、体系和环境	23
二、状态和状态函数	24

三、过程和途径	24
四、热和功	25
五、热力学能	25
第二节 热化学	26
一、热力学第一定律	26
二、反应热	26
三、热化学方程式	27
四、化学反应热的计算	29
第三节 化学反应的方向	33
一、化学反应的自发性	33
二、熵	34
三、热力学第二定律	36
四、吉布斯自由能与反应方向的判据	37
第四节 化学反应的限度	41
一、化学反应等温式及其应用	42
二、化学平衡	43
三、化学平衡的移动	46
习题	50
第三章 化学反应速率	54
第一节 化学反应速率的表示方法	54
一、平均速率	54
* 二、瞬时速率	55
第二节 反应速率理论简介	57
一、反应历程	57
二、碰撞理论	57
三、过渡状态理论	58
第三节 浓度对反应速率的影响和速率方程	59
一、基元反应速率方程的确定——质量作用定律	59
二、非基元反应速率方程的确定	60
三、反应级数和反应分子数	61
第四节 温度对化学反应速率的影响	63
第五节 催化剂对反应速率的影响	64
一、催化剂和催化作用	64
二、催化剂的特点	64
三、生物催化剂——酶	65
习题	66

第四章 物质结构简介	68
第一节 微观粒子的运动特征	68
一、氢原子光谱和玻尔理论	69
二、微观粒子的波粒二象性	71
三、测不准原理	71
第二节 原子核外电子的运动状态	72
一、薛定谔方程	72
二、四个量子数	73
三、波函数与电子云图像	75
第三节 多电子原子核外电子的运动状态	78
一、屏蔽效应和穿透效应	79
二、多电子原子轨道近似能级图	80
三、核外电子排布规则	80
四、原子核外电子的排布	81
第四节 原子结构与元素周期律	83
一、核外电子排布与周期表的关系	83
二、元素基本性质的周期性	83
第五节 离子键	87
一、离子键理论的基本要点	87
二、离子的特征	88
三、离子键的强度(晶格能)	89
第六节 共价键	89
一、价键理论	90
二、杂化轨道理论	93
* 三、价层电子对互斥理论	96
第七节 分子间力和氢键	98
一、键的极性和分子的极性	99
二、分子间力	99
三、氢键	101
* 第八节 晶体结构简介	103
一、离子晶体	103
二、原子晶体	103
三、分子晶体	103
习题	104

第五章 分析化学概论	107
第一节 分析化学概述	107
一、分析化学的任务和作用	107
二、分析方法的分类	107
三、定量分析的一般程序	108
第二节 定量分析误差的分类及表示方法	110
一、误差的分类	110
二、误差的表示方法	111
第三节 提高分析结果准确度的方法	114
一、减少系统误差	114
二、减少随机误差	115
第四节 有限数据的统计处理	115
一、有效数字及运算规则	115
二、置信度与置信区间	116
三、可疑值的取舍	119
四、显著性检验	121
第五节 滴定分析法	124
一、滴定分析基本概念	124
二、滴定分析对化学反应的要求和滴定方式	124
三、标准溶液和基准物质	125
四、滴定分析法中的计算	126
习题	128
第六章 酸碱平衡与酸碱滴定法	130
第一节 酸碱质子理论	130
一、酸碱质子理论	130
二、水的质子自递反应和溶液的酸碱性	131
三、共轭酸碱对的 $K_a^\ominus$ 和 $K_b^\ominus$ 关系	132
第二节 酸度对弱酸(碱)溶液中各型体分布的影响	134
一、酸度对一元弱酸(碱)水溶液中各型体分布的影响	134
* 二、酸度对多元弱酸(碱)水溶液中各型体分布的影响	135
第三节 酸碱水溶液中酸度的计算	136
一、质子条件式	136
二、酸碱水溶液中酸度的计算	137
第四节 影响酸碱平衡的因素	142
一、稀释作用	142

二、同离子效应	143
三、异离子效应	144
第五节 缓冲溶液	144
一、缓冲溶液的组成和作用原理	144
二、缓冲溶液 pH 的计算	146
三、缓冲容量和缓冲范围	147
四、缓冲溶液的配制	148
五、缓冲溶液在生命科学中的意义	149
第六节 酸碱滴定法	150
一、酸碱指示剂	150
二、酸碱滴定曲线及指示剂的选择	153
三、酸碱滴定法的应用	161
习题	164
第七章 沉淀溶解平衡与沉淀滴定法	166
第一节 难溶电解质的溶度积	166
一、溶度积	166
二、溶度积与溶解度的关系	167
三、溶度积规则	168
第二节 沉淀的生成与溶解	169
一、沉淀的生成	169
二、分步沉淀	172
三、沉淀的溶解	173
四、沉淀的转化	174
* 第三节 沉淀滴定法	175
一、莫尔法	176
二、佛尔哈德法	177
三、法扬司法	178
习题	179
第八章 配位化合物与配位滴定法	181
第一节 配位化合物的基本概念	181
一、配合物的组成	181
二、配合物的命名	184
三、内、外轨型配合物	185
第二节 配位平衡	188
一、配离子的稳定常数	188

二、配位平衡移动的影响因素	190
第三节 螯合物	192
一、螯合物的形成	192
二、螯合物的稳定性	193
第四节 配位滴定法	194
一、EDTA 的性质及特点	194
二、配离子的条件稳定常数	195
三、配位滴定曲线	197
四、金属指示剂	200
五、提高配位滴定选择性的方法	202
六、配位滴定的应用	205
习题	207
第九章 氧化还原反应和氧化还原滴定法	209
第一节 氧化还原反应的基本概念	209
一、氧化数	209
二、氧化作用与还原作用	210
三、氧化还原半反应与氧化还原电对	210
第二节 氧化还原反应方程式的配平	211
一、氧化数法	211
二、离子-电子法	212
第三节 原电池与电极电势	212
一、原电池	212
二、电极电势	214
三、电池的电动势与化学反应吉布斯自由能的关系	216
四、能斯特 (Nernst) 方程	217
第四节 影响电极电势的因素	219
一、浓度对电极电势的影响	219
二、酸度对电极电势的影响	220
三、沉淀的生成对电极电势的影响	220
四、配合物的生成对电极电势的影响	221
第五节 电极电势的应用	222
一、判断氧化还原反应的方向	222
二、选择合适的氧化剂或还原剂	223
三、判断氧化还原反应进行的程度	223
四、元素电势图及其应用	224
第六节 氧化还原滴定法	226

一、氧化还原滴定法基本概念	226
二、氧化还原滴定曲线	227
三、氧化还原滴定指示剂	229
四、氧化还原滴定法中的预处理	231
五、常用的氧化还原滴定方法	232
习题	236
第十章 吸光光度法	239
第一节 吸光光度法概述	239
一、光的基本性质	239
二、物质对光的选择性吸收	241
三、光的吸收曲线	241
第二节 光吸收定律	242
一、朗伯-比耳定律	242
二、偏离朗伯-比耳定律的原因	244
第三节 分光光度计	245
一、仪器的主要部件	245
二、常用分光光度计	247
第四节 显色反应与显色条件的选择	248
一、对显色反应的要求	248
二、显色反应条件的选择	249
第五节 测量条件的选择	250
一、入射光波长的选择	250
二、光度计读数范围的选择	250
三、参比溶液的选择	252
第六节 应用实例	253
一、单组分的测定	253
二、多组分的测定	253
三、配合物组成及稳定常数的测定	254
习题	255
第十一章 电势分析法	257
第一节 电势分析法概述	257
一、电势分析法的基本原理	257
二、电势分析法的特点	258
三、参比电极	258
四、指示电极	259

第二节 直接电势法	263
一、溶液 pH 的测定	263
二、标准曲线法	263
三、标准加入法	263
四、影响测定准确度的因素	264
第三节 电势滴定法	264
一、电势滴定法的仪器装置	264
二、确定滴定终点的方法	265
三、电势滴定法的应用	267
习题	268
第十二章 其他仪器分析简介	269
第一节 原子吸收分光光度法	269
一、基本原理	269
二、在农业上的应用实例	270
第二节 原子发射光谱法	271
一、基本原理	271
二、在农业上的应用实例	272
第三节 荧光分析法	273
一、基本原理	273
二、在农业上的应用实例	274
第四节 色谱分析法	275
一、基本原理	275
二、气相色谱法	277
三、液相色谱法	278
四、在农业上的应用实例	279
习题	281
第十三章 重要的生命元素及其化合物选述	282
第一节 概述	282
一、必需元素	282
二、宏量元素	282
三、微量元素	283
四、有害元素	283
第二节 s 区元素	284
一、s 区元素概述	284
二、钠、钾、镁、钙的重要化合物	285

三、钠、钾、镁、钙的生物效应	288
第三节 p 区元素	288
一、卤素及其重要化合物	289
二、氧、硫、硒及其重要化合物	293
三、氮、磷、砷及其重要化合物	297
四、碳、硅、硼及其重要化合物	300
五、铝、锡、铅及其重要化合物	303
第四节 d 区元素	305
一、铬、钼、锰及其重要化合物	305
二、铁、钴及其重要化合物	307
第五节 ds 区元素	310
一、铜、锌、汞及其重要化合物	310
二、铜、锌、汞的生物效应	312
习题	313
附录	315
附录一 一些重要的物理常数	315
附录二 常见物质的 $\Delta_f H_m^\ominus$, $\Delta_f G_m^\ominus$ 和 $S_m^\ominus$ (298.15 K, 100 kPa)	315
附录三 物质的标准摩尔燃烧焓 $\Delta_c H_m^\ominus$	322
附录四 弱电解质的标准解离常数	322
附录五 常见难溶电解质的溶度积 $K_{sp}^\ominus$ (298.15 K)	324
附录六 常见配离子的稳定常数 $K_f^\ominus$ (298.15 K)	325
附录七 EDTA 配合物的稳定常数 $\lg K_f^\ominus$	326
附录八 EDTA 酸效应系数 $\lg \alpha_{Y(H)}$	327
附录九 标准电极电势 $\varphi^\ominus$ (298.15 K)	327
附录十 条件电极电势 $\varphi^{\ominus'}$ (298.15 K)	330
附录十一 一些化合物的摩尔质量	330
附录十二 不同温度时水的饱和蒸气压	332
主要参考文献	334
元素周期表	

第一章 气体、溶液和胶体

本章学习要求

1. 了解理想气体状态方程和气体分压定律,并能进行有关计算。
2. 掌握溶液浓度的表示方法;了解电解质溶液中的有关概念。
3. 掌握稀溶液依数性的有关计算及其应用。
4. 了解溶胶的制备和基本性质;掌握选择性吸附规律和胶团结构;了解溶胶稳定性的影响因素。
5. 了解高分子溶液的有关性质。
6. 了解表面活性物质和乳浊液的基本特性。

第一节 气 体

一、理想气体状态方程

理想气体是指气体分子本身不占体积、分子间又没有相互作用力的一种气体。实际上理想气体是不存在的。我们通常遇到的气体均是非理想气体,因为它的分子本身既占有体积,分子间又有作用力存在。但是当实际气体处于高温(高于 273 K)、低压(低于数百千帕)的条件时,分子间距离甚大,气体的体积已远远超过分子本身所占的体积,因而可忽略后者,而且分子间作用力也因分子间距离拉大而迅速减小,可以近似地将实际气体看成是理想气体。

用来描述气体状态的物理量有温度 $T(\text{K})$ 、压力 $p(\text{Pa})$ 、体积 $V(\text{m}^3)$ 和物质的量 $n(\text{mol})$ 。这些物理量之间不是孤立的,而是互相联系和互相制约的,它们之间的关系可用下式表示:

$$pV=nRT \quad (1-1)$$

式(1-1)为理想气体状态方程,其中 $R=8.314 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}=8.314 \text{ kPa} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}=8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}(\text{Pa} \cdot \text{m}^3=\text{N} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{m}^3=\text{N} \cdot \text{m}=\text{J})$,称为摩尔气体常数。

在应用式(1-1)时,我们也常用它的一些变换形式:

$$pV=\frac{m}{M}RT, p=\frac{n}{V}RT \text{ 和 } pM=\rho RT$$

其中, m 是气体的质量; M 是气体的摩尔质量; ρ 是气体的密度。

根据理想气体状态方程式,可以进行一些有关气体的计算与讨论。

例 1-1 某氮气钢瓶的容积为 30.00 L,当温度为 20 °C 时,测得瓶内压力为 $1.013 \times 10^7 \text{ Pa}$,试计算钢瓶内氮气的物质的量和质量。