



普通高等教育农业部“十二五”规划教材  
全国高等农林院校“十二五”规划教材

# 无机及分析化学

第二版

王仁国 赵茂俊 主编

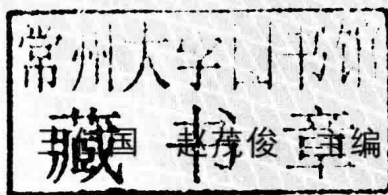
 中国农业出版社

普通高等教育农业部“十二五”规划教材

全国高等农林院校“十二五”规划教材

# 无机及分析化学

第二版



中国农业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

无机及分析化学 / 王仁国, 赵茂俊主编. —2 版.

—北京: 中国农业出版社, 2012. 7 (2013. 7 重印)

普通高等教育农业部“十二五”规划教材 全国高等  
农林院校“十二五”规划教材

ISBN 978-7-109-16820-6

I. ①无… II. ①王…②赵… III. ①无机化学-高等  
学校-教材②分析化学-高等学校-教材 IV. ①  
O61②O65

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 103842 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 100125)

策划编辑 曾丹霞

文字编辑 曾丹霞

北京中兴印刷有限公司印刷 新华书店北京发行所发行

2006 年 8 月第 1 版 2012 年 7 月第 2 版

2013 年 7 月第 2 版北京第 2 次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 25.5 插页: 2

字数: 608 千字

定价: 45.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)



# WUJI JI FENXI HUAXUE

## 内容提要

本书为普通高等教育农业部“十二五”规划教材、全国高等农林院校“十二五”规划教材。全书共分16章，内容包括分散系统、化学热力学基础、化学反应速率和化学平衡、物质结构、分析化学概述、四大平衡及滴定、电势及光度分析、重要生命元素简述等。全书阐述了无机及分析化学的基本原理及其重要的实际应用。每章附有小结、思考题、习题及英文阅读材料，习题均提供了参考答案。

本书可作为高等农林院校有关专业的基础化学类教学的教材，也可供其他非农林类院校的广大师生参考。

## 【第二版编者名单】

□□□□□□□□□□□□□□□□

主 编 王仁国 赵茂俊

副主编 周冬香 董彦莉

编 者 (按姓名笔画排序)

王仁国 印家健 吴明君

张 利 张云松 陈华萍

赵茂俊 周冬香 姜 李

崔扬健 游承干 董彦莉

# 【第一版编者名单】

□□□□□□□□□□□□□□□□

主 编 王仁国

副主编 周冬香 徐春霞

编 者 (按姓名笔画排序)

王仁国 刘希光 吴明君

宋祖伟 张 利 陈华萍

赵茂俊 周冬香 姜 李

徐春霞 崔扬健 游承干

# 第二版前言

[无机及分析化学]

全国高等农林院校“十一五”规划教材《无机及分析化学》第一版自2006年出版以来，已先后印刷6次，对于使用中发现问题及新增的内容通过重印已进行了小幅的修改。值此进行修订的机会，广泛吸收了各兄弟院校师生的宝贵意见，按照高等农林院校基础化学教学大纲的精神，适应农业院校招生规模的扩大及专业设置多元化的现状，在第一版的基础上对教材进行了以下几方面的修改：

(1) 为了避免与其他教材的重复，缩小篇幅、充分利用有限的学时，删去了第一版第十六章（试样分析中常用的分离方法简介）和第十八章（原子核化学简介）的内容。

(2) 由于物质结构的重要性日益显现，充实和加强了这方面的内容。对与生活 and 生产实际联系密切，又与生物科学息息相关的第一章（分散系统）也进行了充实、完善和提高。

(3) 为使描述简明扼要，坚持沿用第一版中所用浓度的有关符号，即用相对浓度  $c_r$  代替  $c/c^\ominus$ ，平衡时浓度用方括号“[ ]”表示，相对平衡浓度用“[ ]<sub>r</sub>”代替“[ ] /  $c^\ominus$ ”。条件电极电势仍用  $\varphi'$  代替  $\varphi^\ominus$ 。对于方程式中离子的水溶液略去 (aq)，如  $B^{n+}(aq)$  简写为  $B^{n+}$ ，但气体的水溶液为避免混淆必须标明，如  $O_2(aq)$  中的 (aq) 不能省略。

(4) 强调了分析浓度和平衡浓度的概念，增加了一些具有启发性和开阔视野的习题。

(5) 由于中学化学教材平台的变化，因此，教材各章的内容也做了相应调整，以期有机衔接，承前启后。

本教材采用国际单位制 (SI) 和 IUPAC (国际纯粹和应用化学联合会) 推荐使用的符号。全书共分 16 章，由上海水产大学、河北农业大学和四川农业大学等兄弟院校共同编写。其中参加修订编写的人员为：周冬香（第十四、十五章）、董彦莉（第五、八、九章）、张云松（第一章）、王仁国（第二章）、游承干（第三章）、赵茂俊（第四章分子结构部分、第十二章）、张利（第四



章原子结构部分、第十章)、姜李(第六章)、崔扬健(第七章)、吴明君(第十一章)、陈华萍(第十三章)、印家健(第十六章)。全书由王仁国、赵茂俊定稿。

编写过程中承蒙各兄弟院校化学教研室全体同仁的鼎力协助,并对甄铎老师就教材提出的建设性意见表示感谢。对于书中遗漏和不足之处,敬请读者批评指正。

编 者

2012.3



不尽相同，本书凡带“\*”的小字体者，教师讲授时可根据需要取舍。

(4) 能源危机并非危言耸听，当今世界已探明化石燃料石油贮量仅能满足几十年的需求而即将告罄。其他天然气、煤炭也仅够维持一两百年的光景。寻求新能源是当前的热点，其中核能的开发和利用正在我国积极地进行，因此本教材特增加了原子核化学简介一章以适应社会的发展和要求。

(5) “他山之石，可以攻玉”，为借鉴别人的先进经验，为我所用，本教材尽抛砖引玉之力，在有关章节选编了一些著名化学家的英文小传，在“化学之窗”栏目中推出了与生命科学有关的化学英文阅读材料，以期能提高学生的英文阅读能力。

本教材采用国际单位制(SI)单位和IUPAC(国际纯粹与应用化学联合会)推荐使用的符号。

全书共分十八章，由上海水产大学、河北农业大学水产学院、莱阳农学院和四川农业大学等四所兄弟院校共同编写。编写人员为：周冬香(第十四、十五章)、徐春霞(第五、八、九章)、刘希光(第一章)、宋祖伟(第十八章)、游承干(第三章)、赵茂俊(第四章第四至八节、第十二章)、张利(第四章第一至三节、第十章)、吴明君(第十一、十六章)、陈华萍(第十三章)、姜李(第六章)、崔扬健(第七章)、王仁国(第二、十七章)。全书由王仁国、游承干、赵茂俊统稿。

自确定编写大纲以来，承蒙各兄弟院校的鼎力相助，各参编老师的戮力同心，才使编写工作顺利完成。在编写过程中，四川大学胡长伟教授提出了许多宝贵意见，四川农业大学无机化学教研室的教师代先祥、陈丁龙、张云松、赵颖、王显祥等在校对稿件、习题解答方面做了大量的工作，借此机会特表鸣谢。

由于时间仓促，学术水平有限，挂一漏万以及错误之处在所难免，敬请读者不吝赐教，幸甚。

编者

2006.6

# 目 录

[无机及分析化学]

第二版前言

第一版前言

<b>第一章 分散系统</b> .....	1
<b>第一节 溶液</b> .....	2
一、物质的量及其单位 .....	2
二、物质的量浓度 .....	3
三、质量摩尔浓度 .....	4
四、摩尔分数 .....	4
五、质量分数 .....	4
六、几种溶液浓度度量方法之间的关系 .....	5
<b>第二节 稀溶液的依数性</b> .....	5
一、溶液的蒸气压下降 .....	6
二、溶液的沸点上升和凝固点下降 .....	8
三、溶液的渗透压 .....	10
* 四、电解质溶液的依数性 .....	13
<b>第三节 胶体溶液</b> .....	15
一、分散度与界面吸附 .....	16
二、溶胶的性质 .....	18
三、溶胶粒子带电的原因 .....	20
四、胶团结构 .....	20
五、溶胶的稳定性和凝结 .....	22
<b>第四节 高分子溶液和乳浊液</b> .....	23
一、高分子溶液 .....	23
二、表面活性物质 .....	24
三、乳浊液 .....	25
◆ <b>本章小结</b> .....	26
著名化学家小传 .....	26
化学之窗 .....	27

◆思考题 .....	27
◆习题 .....	28
<b>第二章 化学热力学基础</b> .....	<b>30</b>
<b>第一节 基本概念</b> .....	<b>30</b>
一、几种热力学系统 .....	30
二、状态和状态函数 .....	31
三、过程与途径 .....	32
四、热和功 .....	32
五、热力学能 .....	33
<b>第二节 化学反应的热效应</b> .....	<b>33</b>
一、热力学第一定律和等容反应热 .....	33
二、等压反应热和焓 .....	34
三、反应进度 .....	35
* 四、等容反应热与等压反应热的关系 .....	36
<b>第三节 标准反应热</b> .....	<b>37</b>
一、热化学方程式 .....	37
二、热化学定律 (盖斯定律) .....	38
三、标准反应热的计算 .....	39
<b>第四节 化学反应的自发性和熵</b> .....	<b>44</b>
一、化学反应的自发性 .....	44
二、熵判据 .....	44
三、自由能判据 .....	45
<b>第五节 化学反应标准熵变的计算</b> .....	<b>47</b>
一、物质的标准熵 .....	47
二、化学反应熵变的计算 .....	48
<b>第六节 化学反应标准自由能变的计算</b> .....	<b>49</b>
一、从反应的 $\Delta_r H_m^\ominus$ 和 $\Delta_r S_m^\ominus$ 计算 .....	49
二、从若干已知反应的 $\Delta_r G_m^\ominus$ 计算 .....	49
三、从标准摩尔生成自由能 $\Delta_f G_m^\ominus$ 计算 .....	49
* 四、生化反应的自由能变 .....	50
◆本章小结 .....	51
著名化学家小传 .....	52
化学之窗 .....	52
◆思考题 .....	53
◆习题 .....	53

<b>第三章 化学反应速率和化学平衡</b> .....	56
<b>第一节 化学反应速率的表示方法和反应机理</b> .....	56
一、化学反应速率的表示方法 .....	56
二、反应机理 .....	57
<b>第二节 化学反应速率理论</b> .....	58
一、碰撞理论 .....	58
* 二、过渡态理论简介 .....	59
<b>第三节 浓度对化学反应速率的影响</b> .....	60
一、质量作用定律 .....	60
二、反应级数 .....	62
三、一级反应速率方程的积分式 .....	63
<b>第四节 温度对化学反应速率的影响</b> .....	63
<b>第五节 催化剂对化学反应速率的影响</b> .....	66
一、催化剂和催化作用 .....	66
二、催化剂的特性 .....	66
三、均相催化和多相催化 .....	67
四、酶催化 .....	68
<b>第六节 可逆反应与化学平衡</b> .....	69
一、分压定律 .....	69
二、可逆反应与化学平衡 .....	70
三、平衡常数 .....	71
四、化学反应等温方程式 .....	74
<b>第七节 化学平衡的移动</b> .....	77
一、浓度对平衡的影响 .....	77
二、压力对平衡的影响 .....	78
三、温度对平衡的影响 .....	80
* <b>第八节 生物化学标准平衡常数</b> .....	82
◆ <b>本章小结</b> .....	83
著名化学家小传 .....	83
化学之窗 .....	84
◆ <b>思考题</b> .....	84
◆ <b>习题</b> .....	85
<b>第四章 物质结构</b> .....	88
<b>第一节 核外电子运动的状态</b> .....	88
一、氢原子光谱 .....	88

二、玻尔理论 .....	89
三、电子的波粒二象性 .....	90
四、测不准原理 .....	91
五、薛定谔方程 .....	91
六、波函数 .....	92
第二节 核外电子运动状态的描述 .....	96
一、四个量子数 .....	96
二、核外电子的排布规律 .....	99
三、多电子原子轨道近似能级图 .....	100
第三节 原子电子层结构和元素周期系 .....	100
一、原子核外电子的排布 .....	100
二、原子的电子层结构与元素周期表 .....	102
三、元素基本性质的周期性 .....	104
第四节 离子化合物 .....	109
一、离子键的形成和性质 .....	109
二、离子的结构 .....	110
三、晶格能 .....	112
第五节 共价化合物 .....	112
一、共价键的形成与本质 .....	112
二、价键理论 (VB 法) 基本要点 .....	113
三、共价键的类型 .....	114
四、键参数 .....	115
第六节 杂化轨道理论 .....	115
一、杂化轨道理论的基本要点 .....	116
二、杂化轨道类型与分子空间构型 .....	116
第七节 分子的极性、分子间作用力和氢键 .....	120
一、分子的极性 .....	120
二、分子的变形性 .....	121
三、分子间力 .....	121
四、氢键 .....	123
第八节 晶体结构简介 .....	126
一、离子晶体 .....	127
二、原子晶体 .....	127
三、分子晶体 .....	128
四、金属晶体 .....	128
◆ 本章小结 .....	129
著名化学家小传 .....	130

化学之窗 .....	130
◆ 思考题 .....	131
◆ 习题 .....	132
<b>第五章 分析化学概述</b> .....	<b>134</b>
第一节 分析化学概述 .....	134
一、分析化学的任务和作用 .....	134
二、分析方法的分类 .....	134
三、定量分析的一般程序 .....	135
第二节 定量分析的误差 .....	137
一、误差的类别 .....	137
二、准确度和精密度 .....	138
三、提高分析结果准确度的方法 .....	141
第三节 分析数据的处理 .....	141
一、置信度和平均值的置信区间 .....	141
二、可疑数据的取舍 .....	143
三、有效数字及运算规则 .....	144
第四节 滴定分析法 .....	147
一、滴定分析的基本概念 .....	147
二、滴定分析的分类 .....	147
三、滴定分析的标准溶液 .....	148
四、滴定分析的计算 .....	150
◆ 本章小结 .....	151
◆ 思考题 .....	151
◆ 习题 .....	152
<b>第六章 酸碱平衡</b> .....	<b>153</b>
第一节 酸碱质子理论 .....	153
一、酸碱定义 .....	153
二、酸碱反应 .....	154
三、水的质子自递反应 .....	155
四、酸碱的强弱 .....	155
五、共轭酸碱对 $K_a^\ominus$ 和 $K_b^\ominus$ 的关系 .....	155
第二节 酸碱平衡的移动 .....	156
一、稀释定律 .....	156
二、同离子效应和盐效应 .....	157
第三节 酸碱平衡中有关浓度的计算 .....	158



一、水溶液的 pH .....	158
二、酸碱溶液 pH 的计算 .....	159
三、酸度对弱酸(碱)型体分布的影响 .....	162
第四节 缓冲溶液 .....	164
一、缓冲溶液的缓冲原理 .....	164
二、缓冲溶液 pH 的计算 .....	165
三、缓冲容量和缓冲范围 .....	166
四、缓冲溶液的选择与配制 .....	166
五、缓冲溶液的应用 .....	168
◆本章小结 .....	168
著名化学家小传 .....	168
化学之窗 .....	169
◆思考题 .....	169
◆习题 .....	169
<b>第七章 酸碱滴定法</b> .....	<b>171</b>
第一节 酸碱指示剂 .....	171
一、酸碱指示剂的变色原理 .....	171
二、指示剂的变色点和变色范围 .....	172
三、影响酸碱指示剂变色范围的因素 .....	173
四、混合指示剂 .....	173
第二节 酸碱滴定曲线和指示剂的选择 .....	175
一、强碱滴定强酸 .....	175
二、强碱(酸)对一元弱酸(碱)的滴定 .....	177
三、多元酸(碱)的滴定 .....	180
四、酸碱滴定中 $\text{CO}_2$ 的影响 .....	182
第三节 酸碱滴定法的应用 .....	183
一、直接滴定法示例 .....	183
二、间接滴定法示例 .....	184
◆本章小结 .....	185
化学之窗 .....	186
◆思考题 .....	186
◆习题 .....	187
<b>第八章 沉淀溶解平衡</b> .....	<b>189</b>
第一节 难溶化合物的溶度积 .....	189
一、沉淀溶解平衡和溶度积常数 .....	189