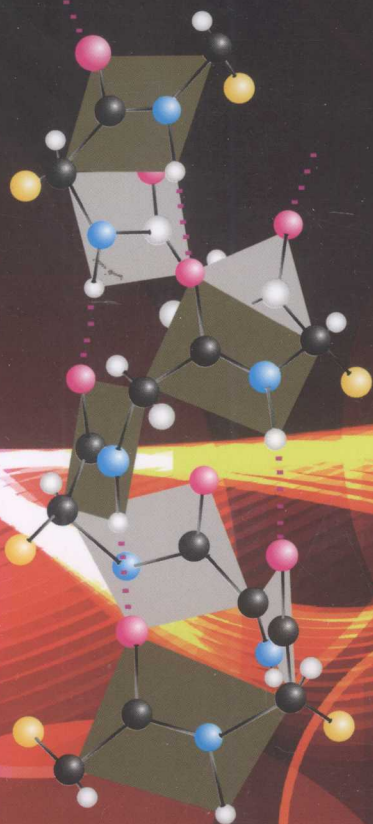




全国高等农林院校化学基础课系列教材

无机及分析化学 I

王日为 主 编



INORGANIC AND
ANALYTICAL CHEMISTRY I



化学工业出版社

014005453

061-43

72

V1

全国高等农林院校化学基础课系列教材

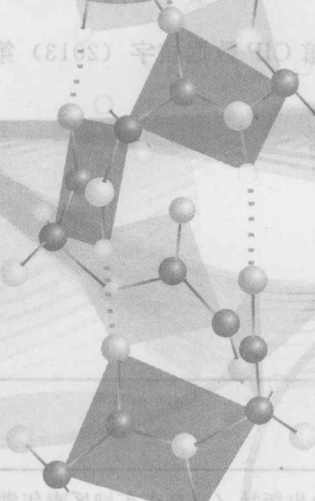
无机及分析化学I

编者

(以姓氏笔画为序)

王日为 主编

苏秀荣 张树芹 钱萍 副主编



化学工业出版社

· 北京 ·



北航

C1693150

061-43

72

V1

014002423

本书是“高等农林院校化学基础课系列教材”之一。全书按溶液与胶体、原子分子结构、化学热力学和动力学、化学平衡的一般原理及水溶液中四大平衡顺序编排,符合课程特点及认知规律。内容选取上力求将化学基本原理、基本知识 with 学科前沿、学生专业相结合,并适当扩展课程内容,试图培养学生运用化学知识解决专业实际问题的能力 & 化学素质。

本书既可作为高等农林院校农学、林学、食品科学、生命科学、环境科学等专业化学基础课教材,也可供相关专业教师、学生及科技工作者参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

无机及分析化学 I / 王日为主编. —北京: 化学工业出版社, 2013. 7

全国高等农林院校化学基础课系列教材

ISBN 978-7-122-17572-4

I. ①无… II. ①王… III. ①无机化学-高等学校-教材②分析化学-高等学校-教材 IV. ①061②065

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 123073 号

责任编辑: 杜进祥
责任校对: 陶燕华

文字编辑: 刘砚哲
装帧设计: 韩 飞

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 装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

710mm×1000mm 1/16 印张 15 $\frac{3}{4}$ 彩插 1 字数 296 千字 2013 年 9 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: 30.00 元

版权所有 违者必究

“全国高等农林院校化学基础课系列教材”
编委会

主 任：尹洪宗 王日为

副主任：高吉刚 盛 锋 汪建民

曲祥金 付 蕾 宋少芳

委 员 (以姓氏笔画为序)：

王日为 王 志 尹洪宗

叶 非 付 蕾 曲宝涵

曲祥金 刘 葵 苏秀荣

汪建民 宋少芳 张树芹

姜 林 钱 萍 倪春林

高吉刚 盛 锋

本书编写人员

主 编	王 日 为			
副主编	苏秀荣	张树芹	钱 萍	
编 者	(以姓氏笔画为序)			
	王 日 为	王 艳 芳	苏 秀 荣	李 辉 勇
	张 树 芹	张 坤	钱 萍	



化学是自然科学中最重要的基础学科之一。它是在原子和分子的水平上研究物质的组成、结构、性质以及变化的科学。化学发展到今天,已成为人类认识世界、改造世界的一种极为重要的武器。人类的衣食住行、防病治病、资源利用、能源利用……样样都离不开化学。化学对于高等农林院校各学科的研究和发展尤其重要。化学基础系列课程是高等农林院校植物、动物、生物科学类、食品科学类、环境科学类等各专业的重要基础课。

《全国高等农林院校化学基础课系列教材》分为《基础有机化学》、《无机及分析化学 I》、《无机及分析化学 II》、《基础化学实验》、《大学化学学习指导》5 本。各部分独立成书,各书之间相互关联、交叉渗透,理论知识全面,具有很好的实用性,体现了化学学科的研究前沿和热点问题。书中化学基础理论和基础知识体现了由浅入深、循序渐进,便于学生系统学习和教师教学。既可作为高等农林院校化学基础课程的系列教材,也可作为其他相关大学及科学工作者使用的参考书。

参加编写这套系列教材的教师均是山东农业大学及参编院校第一线的骨干教师,具有丰富的教学经验,本教材也是他们多年教学体会和经验的结晶。我相信他们编写的《全国高等农林院校化学基础课系列教材》的出版,将对促进化学学科的发展及化学基础系列课程的教学起到积极的作用。

2013 年 6 月 30 日于南京

课程体系与教学内容的改革是高等教育改革的核心内容之一，作为高等农林院校一类重要基础课程，农科大学基础化学课程体系的构建与教学内容的优化与整合，一直是农科基础课程教学改革的重点。近十年来，我们先后完成了山东省教育厅、山东农业大学相关教学研究课题的研究工作。通过对国内外同类课程进行调研和分析，本着“优化组合、精选内容、承前启后、有序安排”的原则对体系及内容进行了重组与编排，提出了新的教学大纲并以其为蓝本组织编写了本教材。

在吸收了近年新出版同类教材长处的基础上，本书还具以下特点。

(1) 考虑化学学科的特点及学生对化学知识的认知规律，在章节编排上作了一些调整。全书按溶液与胶体基本知识、物质结构理论(包括原子、分子结构)、化学热力学与动力学、化学平衡的一般原理、水溶液中的四大平衡理论进行章节安排，化学基本原理从微观到宏观、再到基本原理的应用，使知识的系统性及连贯性更强。

(2) 章节内容的安排上，为了帮助学生从宏观上把握各章教学内容，开篇设置了学习要求，简介本章需掌握和了解的知识点。正文部分内容的取舍既考虑化学学科本身的要求，又考虑农林与生物科学对化学基本理论、基本知识、基本方法的需要，尽量避开深奥的化学原理的阐述和复杂的公式推导，对一些不作要求但又为了保持相关知识系统性而保留的内容加注星号(*)。为了增加教材的可读性、扩大学生的知识面，加入了扩展阅读栏目。

(3) 思考题与习题部分，以往教材均分成两部分，带来的问题是部分学习者不重视思考题部分的练习，而将大量精力花在各种计算上，忽视了一些定性知识与理论的学习与应用。编写时将思考题与习题合并，以期引起学生的重视，同时对这部分内容进行了精选，为深化学生对基本概念与基本原理的理解提供必备素材。

(4) 全书力求文字简练、叙述准确、通俗易懂，各类符号、计量单位符合国家标准。

参加本书编写的有：山东农业大学王艳芳（第1章）、钱萍（第2、3章）、张树芹（第4章）、苏秀荣（第5、6章）、张坤（第7、8章）、王日为（第10章、附录），湖南农业大学李辉勇（第9章）。王日为任本书主编，苏秀荣、张树芹、钱萍任副主编。

本书的编写，得到山东农业大学教务处及化学与材料科学学院相关领导的大力支持，化学工业出版社的编辑同志们对本书的顺利出版付出了辛勤劳动，在此一并致谢。

因编者水平所限，不足之处定难避免，恳请专家、同行以及使用本书的教师和同学们批评指正。

编者

2013年3月

第 1 章 溶液与胶体

1

学习要求 1

第一节 溶液 1

一、溶液浓度的表示方法 1

二、溶液浓度换算关系 3

第二节 稀溶液的依数性 5

一、溶液的蒸气压下降 5

二、溶液的沸点上升和凝固点下降 7

三、溶液的渗透压 10

四、依数性的应用 11

第三节 胶体 12

一、分散体系及其分类 12

二、分散度与表面能 13

三、界面现象 14

四、溶胶的性质 16

五、胶团结构 17

六、溶胶的稳定性和聚沉 18

七、高分子溶液及凝胶 20

扩展阅读 表面活性剂简介 21

练习题 24

第 2 章 原子结构与元素周期系

26

学习要求 26

第一节 玻尔理论 26

一、氢原子光谱 26

二、玻尔 (Bohr) 理论 27

第二节 核外电子运动的特殊性及其运动状态的描述	29
一、微观粒子的波粒二象性	29
二、波函数和原子轨道	31
三、四个量子数	32
四、概率密度和电子云	33
五、波函数和电子云的空间图像	34
第三节 多电子原子核外电子排布	36
一、屏蔽效应和钻穿效应	37
二、多电子原子的原子轨道近似能级图	38
三、多电子原子核外电子排布	38
第四节 原子结构与元素周期系	41
一、原子的电子层结构与元素周期系	41
二、原子结构与元素性质的周期性变化	42
扩展阅读 人类认识原子结构的历史	46
练习题	48

第3章 化学键与分子结构

50

学习要求	50
第一节 离子键理论	50
一、离子键的形成条件及特点	51
二、离子键的强度与晶格能	51
三、离子的结构特征	52
第二节 共价键理论	53
一、现代价键理论	53
二、杂化轨道理论	56
三、价层电子对互斥理论*	60
四、分子轨道理论简介*	63
第三节 分子的极性和离子的极化*	66
一、分子的极性	66
二、分子的极化	66
三、离子的极化	67
第四节 分子间力和氢键	68
一、分子间力	68

二、氢键	69
第五节 晶体*	70
扩展阅读 蛋白质的立体结构和各种作用力	72
练习题	75

第4章 化学热力学基础

77

学习要求	77
第一节 基本概念	77
一、系统与环境	77
二、状态与状态函数	78
三、过程和途径	79
四、热、功和热力学能	79
五、热力学第一定律	80
第二节 化学反应的热效应	81
一、定容反应热与热力学能	81
二、定压反应热与焓变	82
三、热力学标准态	83
四、化学反应进度	83
五、热化学方程式	84
第三节 化学反应焓变的计算	85
一、盖斯定律	85
二、标准摩尔生成焓与标准摩尔焓变	87
三、标准摩尔燃烧焓与标准摩尔焓变	89
第四节 化学反应的自发方向	90
一、化学反应的自发性	90
二、熵与热力学第三定律	91
三、吉布斯自由能	93
四、吉布斯-亥姆霍兹公式及其应用	96
第五节 生化标准态*	98
扩展阅读 微量量热法在生命科学研究中的应用	99
练习题	101

第5章 化学动力学基础

104

学习要求	104
第一节 化学反应速率	104
一、化学反应速率的表示方法	104
二、化学反应历程	106
第二节 化学反应速率理论简介	107
一、双分子反应的碰撞理论	107
二、过渡状态理论	108
第三节 影响化学反应速率的因素	109
一、浓度对化学反应速率的影响	109
二、温度对化学反应速率的影响	113
三、催化剂对化学反应速率的影响	115
扩展阅读 绿色催化	117
练习题	119

第6章 化学平衡

121

学习要求	121
第一节 化学平衡常数	121
一、化学平衡及其特征	121
二、标准自由能变与标准平衡常数	126
三、多重平衡（偶联平衡）	128
四、化学平衡的有关计算	129
第二节 化学平衡的移动	131
一、浓度或压力对化学平衡的影响	131
二、温度对化学平衡的影响	133
扩展阅读 耗散结构理论简介	135
练习题	136

第7章 酸碱平衡

138

学习要求	138
第一节 电解质溶液概述	138

138	一、强电解质与弱电解质	138
139	二、酸碱质子理论	139
142	第二节 酸碱平衡及溶液的 pH 计算	142
142	一、质子条件	142
143	二、强酸(碱)溶液	143
144	三、一元弱酸(碱)溶液	144
146	四、多元弱酸(碱)溶液	146
148	五、两性物质溶液	148
149	第三节 酸碱平衡的移动	149
149	一、稀释定律	149
150	二、同离子效应与异离子效应	150
151	第四节 缓冲溶液	151
151	一、缓冲溶液的组成与作用原理	151
152	二、缓冲溶液 pH 的计算	152
154	三、缓冲容量和缓冲范围	154
154	四、缓冲溶液的配制	154
156	扩展阅读 生命体系中的缓冲溶液	156
157	练习题	157

第 8 章 沉淀-溶解平衡

159

159	学习要求	159
159	第一节 沉淀溶解平衡常数	159
159	一、标准溶度积常数	159
160	二、标准溶度积常数和溶解度	160
161	第二节 沉淀的生成和溶解	161
161	一、溶度积规则(原理)	161
162	二、沉淀的生成和分步沉淀	162
165	三、沉淀的溶解	165
167	四、沉淀的转化	167
168	扩展阅读 沉淀反应在冶金与医学中的应用实例	168
170	练习题	170

第 9 章 氧化还原反应

171

171	学习要求	171
-----	------	-----

第一节 氧化还原反应概述	171
一、氧化数	171
二、氧化还原反应的基本概念	172
三、氧化还原反应方程式的配平	173
第二节 原电池和电极电势	174
一、原电池的组成与电池符号	174
二、电极电势	176
三、标准电极电势 ($\varphi^\ominus$)	177
第三节 影响电极电势的因素	178
一、能斯特方程	178
二、氧化剂、还原剂浓度的变化对电极电势的影响	179
第四节 电极电势的应用	181
一、判断氧化还原反应进行的方向	181
二、判断氧化还原反应进行的程度	183
三、选择合适的氧化剂和还原剂	184
第五节 元素的标准电极电势图	184
一、元素的标准电极电势图	184
二、标准电极电势图的应用	185
扩展阅读 氢燃料电池	186
练习题	188

第 10 章 配位化合物	190
学习要求	190
第一节 配合物的基本概念	190
一、配合物的定义和组成	190
二、配合物的化学式和命名	193
第二节 配合物的价键理论	195
一、配合物的磁性	195
二、配合物价键理论的基本要点	196
第三节 配位平衡	201
一、常见配位反应的类型	201
二、配位平衡常数	202
三、配位平衡的移动	205

本书是	第四节 螯合物	210
化学热力学和	一、螯合物的形成	210
认知规律。内容	二、螯合物的稳定性	212
当扩展学习	扩展阅读 配位化合物在生命科学和分析化学中的应用 ...	213
本书凡	练习题	215
国家教材	附录	217
	附表1 常见物质的 $\Delta_f H_m^\ominus$ 、 $\Delta_f G_m^\ominus$ 和 $S_m^\ominus$ (298.15K, 100kPa)	217
	附表2 弱酸及其共轭碱在水中的解离常数 (25℃, $I=0$)	223
图书在版目	附表3 常用缓冲溶液	225
无机及分析化	附表4 常见难溶电解质的溶度积 (18~25℃, $I=0$) ...	226
工业出版社	附表5 标准电极电势 (298.15K)	227
全国	附表6 一些常见配离子的标准稳定常数	232
ISBN	附表7 部分金属离子与 EDTA 所形成螯合物的 $\lg K_s^\ominus$ (MY)	232
	值 (18~25℃)	232
1.	附表8 氨羧配位剂类配合物的稳定常数 (18~25℃, $I=$	233
无机化学分	0.1mol · L ⁻¹)	233
中国		

参考文献

234

责任编辑：杜进祥
责任校对：陈向华

文字编辑：刘继智
装帧设计：胡飞

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 装：大厂聚鑫印刷有限责任公司

710mm×1000mm 1/16 印张15.5 表格1 字数296千字 2013年9月北京第1版第1次印刷

邮购电话：010-64518888（传真：010-64519656） 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：30.00元

版权所有 违者必究

第 1 章 溶液与胶体

学习要求

1. 主要讨论溶液和胶体两类分散体系，通过学习，力求掌握各种浓度的表示方法及相关计算；
2. 掌握稀溶液依数性的基本概念、相关计算及其应用；
3. 了解分散体系的分类及特点；
4. 掌握溶胶的胶团结构、性质、稳定性以及聚沉规律；
5. 了解界面现象、离子吸附及其规律。

第一节 溶 液

物质以分子、离子或原子的形式分散于另一种物质中所形成的均匀稳定的分散体系称为溶液。分为气体溶液、液体溶液和固体溶液，通常所说的溶液是指液体溶液。最常见的溶液是水溶液，简称为溶液。溶液中溶剂与溶质的相对含量对溶液的性质有很大影响，掌握溶质和溶剂之间量的关系是非常必要的。

一、溶液浓度的表示方法

表示溶液中各组分相对含量的物理量很多，以下为几种常见的溶液浓度表示方法。

1. 质量浓度

物质 B 的质量浓度，用符号 ρ_B 表示，数学表达式为

$$\rho_B = \frac{m_B}{V} \quad (1-1)$$

ρ_B 的单位是 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$, 常用单位有 $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$, $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 等。

质量浓度 ρ_B 不同于质量密度 ρ , 使用时应严格区分。

2. 物质的量浓度

物质 B 的物质的量浓度, 用符号 c_B 表示, 数学表达式为

$$c_B = \frac{n_B}{V} \quad (1-2)$$

由于 c_B 是由物质的量 n 导出的, 使用时必须指明基本单元。选择的基本单元可以是分子、原子、离子、电子及其它粒子或这些粒子的特定组合, 如 H_2SO_4 , $\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4$, $\frac{1}{6}\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 等。选择基本粒子组合单位形式即为基本单元, 基本单元不同, 物质的量的数值不同。例如某重铬酸钾溶液, 以 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 作基本单元时 $c(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 0.1 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 若以 $\frac{1}{6}\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 为基本单元时, 则

$c\left(\frac{1}{6}\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7\right) = 0.6 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。显然, 基本单元不同, c_B 的数值不同。

除系统的物质的量、物质的量浓度外, 需注明基本单元的量还有质量摩尔浓度、摩尔质量等。基本单元的选择可以按处理问题合理、使用方便的形式选择。

基本单元一般注在物理量符号后面的括号内, 如 $c(\text{H}_2\text{SO}_4)$ 、 $c\left(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4\right)$ 等。

3. 质量摩尔浓度

物质 B 的质量摩尔浓度, 用符号 b_B 表示, 定义为溶液中溶质 B 的物质的量除以溶剂的质量, 即

$$b_B = \frac{n_B}{m_A} \quad (1-3)$$

式中, n_B 表示溶质的物质的量, m_A 表示溶剂的质量, b_B 的单位是 $\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

【例 1-1】 在 100g 水中溶解 17.1g 蔗糖 ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$), 求蔗糖的质量摩尔浓度 $b(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11})$ 。

解: 已知 $M(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = 342 \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

根据

$$b_B = \frac{n_B}{m_A} = \frac{m_B}{M_B m_A}$$

$$b(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = \frac{17.1 \text{g}}{342 \text{g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 0.100 \text{kg}} = 0.500 \text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$$

与 c_B 相比, b_B 的取值不受温度影响。