

生物类专用教材

无机化学

田定一 陈种菊 李文藻 编



四川大学出版社

内 容 提 要

全书共十二章，即稀溶液的依数性、化学热力学基本概念、化学反应速度和化学平衡、溶液中的离子平衡、氧化还原与电化学、原子结构、分子结构、配位化合物、S区元素、P区元素、 d_s 区元素、d区元素和f区元素等。

本书为综合性大学、师范院校生物系各专业无机化学的教材，也可作农、林、医等院校相近专业的教材或参考教材。

无 机 化 学

田定一 陈种菊 李文藻 编

责任编辑：陈昭麟 封面设计：冯先洁

*

四川大学出版社出版发行 (成都四川大学内)

四川省新华书店发行 四川煤田地质公司印刷厂印刷

*

开本 787×1092毫米 1/32 印张 14.43 字数 294千

1988年12月第1版 1988年12月第1次印刷

印数：1—4000册

ISBN 7-5614-0101-9/O·23 定价：2.40元

前 言

无机化学是生物系各专业学习的第一门化学基础课。根据生物系各专业对无机化学课的要求，本课程主要包括一些化学基本原理——原子结构、元素周期律、分子结构、溶液平衡（酸碱平衡、沉淀溶解平衡、氧化还原平衡、配位离解平衡），以及重要元素及其化合物的结构、组成、重要性质及其变化规律。目的是为后续课程及今后从事专业学习打下必要的基础。

本书在编写过程中，既注意加强基础理论，也注意到元素化学与基础理论的紧密联系。由于受到课程学时数的限制，对元素化学的内容，则按原子的电子构型，分区讨论，并以性质为主线，着重突出其共性和重要物质的特性。这不仅有利于学生系统掌握元素化学的知识，也避免了繁琐重复。为了帮助学生进一步学习，对书中一些较难理解的问题，作了适当的注释。文字表达亦力求简炼，通俗易懂，使之便于自学。

本书在编者共同讨论的基础上，由田定一（第二、三、四、十一、十二章），陈种菊（第六、七、八、九、十章）和李文藻（第一、五章）分别执笔编写而成。全书承四川大学

唐维瑶副教授审阅和指导，孙世荣、王文才、罗良琮等副教授分别审阅了部分内容，并提出宝贵意见，特此致谢。

限于编者水平，错误和不妥之处在所难免，敬希读者批评指正。

编 者

1988年6月

目 录

第一章 稀溶液的依数性	(1)
§ 1—1 蒸汽压下降.....	(1)
§ 1—2 沸点升高和凝固点降低.....	(5)
§ 1—3 渗透压.....	(8)
§ 1—4 依数性的应用.....	(10)
一、 测定分子量	(10)
二、 制作防冻剂和致冷剂.....	(12)
三、 等渗溶液的配制.....	(12)
习题.....	(12)
第二章 化学热力学的基本概念	(14)
§ 2—1 概 述.....	(14)
一、 化学热力学研究的对象.....	(15)
二、 化学热力学中常用的一些术语.....	(15)
1. 体系和环境	(15)
2. 状态和状态函数	(15)
3. 过程和途径	(16)
§ 2—2 热力学第一定律.....	(16)
一、 热力学第一定律.....	(17)
二、 内能、热和功.....	(17)
1. 内能	(17)
2. 热和功	(1)

3. 内能、热和功三者之间的关系	(18)
4. 可逆过程和最大功	(18)
§ 2—3 焓	(21)
一、不同形式的热和功	(21)
二、焓 (H)	(22)
三、焓变 (ΔH)	(22)
§ 2—4 热化学	(24)
一、书写热化学方程式的注意事项	(24)
二、盖斯定律及其应用	(25)
1. 盖斯定律	(25)
2. 盖斯定律的应用举例	(25)
三、生成热和燃烧热	(26)
1. 生成热 (生成焓) ΔH_f	(26)
2. 燃烧热 (燃烧焓) ΔH_c	(28)
§ 2—5 熵	(32)
一、混乱度与熵	(32)
二、熵的定义	(33)
三、绝对熵 (S_0)	(33)
四、标准熵 (S°)	(33)
五、熵变 (ΔS°) 的计算	(34)
§ 2—6 自由能	(34)
一、自由能的概念	(35)
二、自由能变化和反应进行的方向	(35)
三、标准生成自由能	(36)
四、自由能变化 (ΔG°) 的计算	(36)
习 题	(40)

第三章 化学反应速度和化学平衡 (43)

§ 3—1	化学反应速度	(44)
一、	化学反应速度和表示方法	(44)
二、	影响化学反应速度的因素	(45)
§ 3—2	浓度对化学反应速度的影响	(46)
一、	质量作用定律	(46)
二、	简单反应和复杂反应	(47)
三、	反应级数	(47)
§ 3—3	温度对反应速度的影响	(49)
§ 3—4	反应速度理论、活化能	(51)
一、	碰撞理论和活化能	(51)
1.	碰撞理论要点	(51)
2.	用碰撞理论解释浓度和温度对反应速度的影响	(53)
二、	过渡状态理论的基本要点	(54)
三、	活化能和反应热	(55)
§ 3—5	催化剂对反应速度的影响	(55)
一、	催化剂	(55)
二、	催化剂的特点	(55)
三、	催化剂与反应的活化能	(56)
四、	催化作用的解释	(57)
§ 3—6	化学平衡	(58)
一、	化学平衡常数	(58)
1.	平衡常数及其表示方法	(58)
2.	平衡常数与反应方程式的写法有关	(59)
二、	平衡常数与自由能	(60)
1.	在非标准状态下反应的自由能变化 ΔG	(60)
2.	分压平衡常数 K_p 和浓度平衡常数 K_c	(61)
3.	气体的 K_p 和 K_c 的关系	(62)
4.	化学反应等温式	(62)

三、 有关平衡常数的计算.....	(63)
§ 3—7 化学平衡的移动.....	(68)
一、 浓度对化学平衡的影响.....	(68)
二、 压力对化学平衡的影响.....	(70)
1. 改变压力对 $\Delta n \neq 0$ 的平衡体系的影响.....	(70)
2. 压力改变对 $\Delta n = 0$ 平衡体系的影响.....	(71)
三、 温度对化学平衡的影响.....	(71)
1. 温度对平衡常数的影响.....	(71)
2. 温度改变时平衡移动的方向.....	(72)
四、 催化剂对平衡状态和平衡常数无影响.....	(73)
五、 吕·查德里原理.....	(73)
习题.....	(73)

第四章 溶液中的离子平衡..... (77)

§ 4—1 弱酸、弱碱的电离平衡.....	(77)
一、 一元弱酸、弱碱的电离平衡.....	(77)
1. 一元弱酸的电离平衡和平衡常数 K_a	(77)
2. 弱电解质溶液的浓度、电离度和电离平衡常数的关系——稀释定律.....	(78)
3. 一元弱碱的电离平衡常数 K_b	(79)
二、 水的离子积.....	(79)
1. 水的电离平衡常数.....	(79)
2. 水的离子积.....	(80)
3. pH和pOH.....	(80)
三、 多元弱酸的电离平衡.....	(80)
1. 多元弱酸的分级电离和分级电离常数.....	(80)
2. 二元弱酸溶液中离子浓度的计算.....	(1)
3. 二元弱酸溶液中氢离子浓度和酸根离子浓度的关系.....	(83)

§ 4—2 同离子效应和缓冲溶液	(84)
一、 同离子效应和盐效应	(84)
1. 同离子效应	(84)
2. 盐效应	(84)
二、 缓冲溶液	(85)
1. 缓冲溶液的概念	(85)
2. 缓冲溶液的作用原理	(85)
3. 缓冲溶液pH值的计算公式	(86)
4. 缓冲溶液的有效缓冲范围	(87)
5. 缓冲溶液的pH计算	(88)
6. 缓冲溶液的配制	(90)
7. 缓冲作用在生物方面的重要意义	(92)
§ 4—3 盐类的水解	(93)
一、 强碱弱酸盐的水解	(93)
1. 水解平衡常数	(93)
2. 盐溶液的pH值	(94)
3. 盐的水解度 β	(95)
二、 强酸弱碱盐的水解	(96)
三、 弱酸弱碱盐的水解	(97)
1. 弱酸弱碱盐的水解常数	(97)
2. 盐溶液的pH值	(97)
四、 多元弱酸盐的水解	(99)
五、 影响盐类水解的因素	(100)
1. 盐的种类	(100)
2. 盐浓度对水解的影响	(100)
3. 酸度对水解的影响	(100)
4. 温度对水解的影响	(100)
§ 4—4 酸碱的质子理论	(101)
一、 酸碱质子理论要点	(102)

二、 酸碱质子理论的优点	(102)
1. 扩大了酸碱的范围	(102)
2. 质子理论说明了反应的实质	(103)
3. 质子理论可应用于非水溶液体系	(104)
§ 4—5 多相离子平衡	(105)
一、 难溶强电解质的溶度积	(106)
1. 难溶强电解质的多相平衡和溶度积	(106)
2. 难溶强电解质的溶度积和溶解度	(107)
3. 难溶强电解质的溶度积规则	(108)
二、 沉淀的生成	(110)
1. 沉淀进行完全的程度	(110)
2. 同离子效应	(110)
3. pH值对沉淀生成的影响	(112)
三、 分步沉淀	(113)
四、 沉淀的溶解	(114)
1. 生成弱电解质使沉	(114)
2. 氧化还原法	(116)
3. 生成配位化合物	(116)
习题	(117)

第五章 氧化还原与电化学 (120)

§ 5—1 氧化数和氧化还原反应方程式的配平	(121)
一、 氧化数	(121)
二、 氧化还原反应方程式的配平	(123)
1. 氧化数法	(123)
2. 离子——电子法	(127)
§ 5—2 原电池和电极电势	(129)
一、 原电池	(129)
二、 电极电势	(131)

三、 电极电势的测定.....	(132)
四、 影响电极电势的因素.....	(134)
§ 5—3 电极电势的应用.....	(141)
一、 判断氧化剂、还原剂的相对强弱.....	(141)
二、 判断氧化还原反应进行的方向.....	(142)
三、 选择合适的氧化剂和还原剂.....	(144)
四、 求平衡常数和溶度积常数.....	(145)
1. 求平衡常数.....	(145)
2. 求溶度积常数.....	(148)
§ 5—4 元素电势图及其应用.....	(149)
一、 元素电势图.....	(149)
二、 元素电势图的应用.....	(150)
1. 了解元素各氧化态的氧化还原性的强弱.....	(150)
2. 判断元素某种氧化态能否发生歧化反应.....	(152)
3. 求算某电对的未知标准电极电势.....	(153)
习题.....	(155)
第六章 原子结构	(159)
§ 6—1 核外电子的运动状态.....	(160)
一、 氢原子光谱和玻尔理论.....	(160)
1. 氢原子光谱.....	(160)
2. 玻尔理论.....	(162)
二、 微观粒子的特性.....	(164)
1. 微观粒子的二象性.....	(164)
2. 海森堡测不准原理.....	(167)
三、 波函数和原子轨道.....	(168)
四、 几率密度和电子云.....	(169)
五、 波函数的空间图象.....	(171)

1. 径向分布函数图	(171)
2. 角度分布图	(173)
六、 四个量子数	(177)
1. 主量子数	(177)
2. 角量子数	(177)
3. 磁量子数	(178)
4. 自旋量子数	(179)
§ 6—2 核外电子排布和元素周期律	(182)
一、 多电子原子的能级图	(182)
1. 鲍林的原子轨道近似能级图	(182)
2. 屏蔽效应和钻穿效应	(183)
二、 核外电子排布	(184)
1. 核外电子的排布原则	(184)
2. 核外电子的排布	(186)
三、 原子结构和元素周期系	(197)
1. 周期	(197)
2. 族	(198)
3. 元素的分区	(198)
§ 6—3 元素基本性质的周期性	(200)
一、 原子半径	(200)
二、 电离势	(204)
三、 电子亲和势	(205)
四、 电负性	(207)
习题	(209)
第七章 分子结构	(212)
§ 7—1 离子键理论	(213)
一、 离子键的形成	(213)
二、 离子键的特征	(214)

三、 影响离子键强度的因素.....	(214)
四、 晶格能.....	(218)
§ 7—2 共价键理论.....	2
一、 价键理论——电子配对法 (VB法).....	(221)
1. 共用电子对的量子力学解释.....	(221)
2. 成键原理.....	(222)
3. 共价键的性质.....	(223)
4. 共价键的类型.....	(224)
5. 配位键.....	(225)
二、 杂化轨道理论.....	(225)
1. 杂化轨道理论的基本要点.....	(22)
2. 应用举例.....	(227)
三、 价层电子对互斥理论.....	(230)
1. 确定分子构型的原则.....	(230)
2. 应用举例.....	(231)
四、 分子轨道理论.....	(234)
1. 分子轨道理论的基本要点.....	(234)
2. 应用举例.....	(237)
§ 7—3 分子的极性.....	(240)
一、 键的极性.....	(240)
二、 分子的极性和偶极矩.....	(242)
§ 7—4 分子间作用力和氢键.....	(243)
一、 分子间作用力.....	(243)
1. 取向力.....	(243)
2. 诱导力.....	(244)
3. 色散力.....	(244)
二、 氢键.....	(245)
§ 7—5 离子极化.....	(247)
§ 7—6 晶体结构.....	(249)

一、 晶体的一般概念.....	(249)
二、 晶体的类型.....	(249)
1. 金属晶体和金属键.....	(249)
2. 离子晶体.....	(253)
3. 分子晶体.....	(255)
4. 原子晶体.....	(255)
习题.....	(257)

第八章 配位化合物..... (260)

§ 8—1 配位化合物的基本概念..... (261)

一、 配位化合物的定义.....	(261)
二、 配位化合物的组成.....	(262)
1. 中心原子.....	(262)
2. 配位体和配位原子.....	(263)
3. 配位数.....	(264)
三、 配位化合物的命名.....	(266)

§ 8—2 配位化合物的化学键理论..... (267)

一、 价键理论.....	(267)
1. 价键理论的基本要点.....	(267)
2. 价键理论的优缺点.....	(272)
二、 晶体场理论.....	(273)
1. 晶体场理论的基本要点.....	(273)
2. 晶体场理论的应用.....	(278)

§ 8—3 配位离解平衡..... (284)

一、 配合物的稳定常数.....	(284)
二、 配位平衡的移动.....	(287)
1. 溶解——配位平衡.....	(288)
2. 氧化还原与配位平衡.....	(292)

§ 8—4	螯合物	(294)
§ 8—5	配位化合物在生物和医药等方面的应用	(298)
	习题	(299)
第九章 P 区元素 (301)		
§ 9—1	P 区元素的通性	(301)
§ 9—2	非金属单质的结构和物理性质	(304)
§ 9—3	单质及化合物的氧化还原性	(307)
一、	元素电势图	(307)
二、	单质的氧化还原性	(310)
三、	化合物的氧化还原性	(312)
§ 9—4	氢化物和含氧酸的酸碱性	(319)
一、	电子密度	(319)
二、	氢化物的酸碱性	(320)
三、	无机含氧酸	(322)
§ 9—5	盐类的溶解性和水解性	(328)
一、	盐类的溶解性	(328)
二、	水解性	(330)
§ 9—6	含氧酸的热稳定性	(331)
一、	氧化还原分解	(332)
二、	非氧化还原分解	(332)
三、	缩合反应	(333)
§ 9—7	一些非金属氧化物和含氧酸根的结构	(333)
一、	氧化物的结构	(333)
二、	含氧酸及含氧酸盐的结构	(334)
§ 9—8	P 区元素在生物界的作用	(340)

习题	(347)
第十章 S 区元素	(349)
§ 10—1 S 区元素概述	(349)
§ 10—2 单质的还原性	(351)
一、与氧的反应	(354)
二、与氢的反应	(354)
三、与水的反应	(355)
§ 10—3 氢氧化物的碱性	(355)
§ 10—4 盐的溶解性	(358)
§ 10—5 锂和铍的特殊性及对角线规则	(360)
§ 10—6 钠、钾、钙、镁在生物界中的作用	(361)
习题	(365)
第十一章 ds 区元素	(366)
§ 11—1 ds 区元素的物理性质	(367)
§ 11—2 ds 区元素的氧化还原性	(369)
一、金属单质的还原性	(369)
二、化合物的氧化还原性	(472)
§ 11—3 氢氧化物的碱性和稳定性	(375)
§ 11—4 ds 区金属离子的配合性	(376)
一、ds 区金属和氢氧化物与氨的作用	(377)
二、铜、银配合物的稳定性	(377)
三、铜、银配合物的一些应用	(377)
四、锌、镉、汞的配合性	(379)
§ 11—5 盐类的热稳定性	(379)

一、 含有结晶水的盐的热分解.....	(380)
1. 脱水反应.....	(380)
2. 水解反应.....	(381)
二、 无水盐的热分解.....	(381)
三、 盐类受热后发生氧化还原反应.....	(382)
1. 自身氧化还原反应.....	(382)
2. 歧化反应.....	(383)
习题.....	(385)

第十二章 d区元素和f区元素..... (388)

§ 12—1 d区元素..... (389)

一、 d区元素的物理性质.....	(380)
二、 d区元素的氧化还原性.....	(393)
1. 金属单质的还原性.....	(393)
2. d区元素具有多种氧化态.....	(394)
3. 化合物的氧化还原性.....	(395)
4. 歧化反应.....	(397)
5. 溶液的pH值对氧化还原反应的影响.....	(398)
三、 d区元素水合氧化物的酸碱性.....	(398)
1. d区元素最高氧化态水合氧化物的酸碱性变.....	(398)
2. 多酸的形成.....	(399)
四、 过渡金属离子的配合性.....	(401)
1. 过渡金属离子形成的配合物.....	(401)
2. 配离子的颜色.....	(402)
3. 配合物在分析化学中的应用.....	(403)
五、 一些d区元素的生理功能.....	(405)

§ 12—2 f区元素..... (407)

一、 镧系收缩及其影响.....	(407)
------------------	---------