

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材配套用书

无机化学学习指导

STUDY GUIDE FOR INORGANIC CHEMISTRY

配高教社《无机化学·第六版》

大连理工大学无机化学教研室 © 编

牟文生 © 主编



大连理工大学出版社
Dalian University of Technology Press

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材配套用书

无机化学学习指导

STUDY GUIDE FOR INORGANIC CHEMISTRY

配高教社《无机化学·第六版》

大连理工大学无机化学教研室 © 编

牟文性 © 主编



大连理工大学出版社
Dalian University of Technology Press

图书在版编目(CIP)数据

无机化学学习指导 / 大连理工大学无机化学教研室
编 ; 牟文生主编. -- 8 版. -- 大连 : 大连理工大学出
版社, 2018. 12

ISBN 978-7-5685-1776-8

I. ①无… II. ①大… ②牟… III. ①无机化学—高
等学校—教学参考资料 IV. ①O61

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 268835 号

大连理工大学出版社出版

地址:大连市软件园路 80 号 邮政编码:116023

发行:0411-84708842 邮购:0411-84708943 传真:0411-84701466

E-mail:dutp@dutp.cn URL:http://dutp.dlut.edu.cn

大连日升彩色印刷有限公司印刷 大连理工大学出版社发行

幅面尺寸:140mm×203mm 印张:15.625 字数:493千字

1990年6月第1版 2018年12月第8版

2018年12月第1次印刷

责任编辑:刘新彦 于建辉 责任校对:周欢

封面设计:奇景创意

ISBN 978-7-5685-1776-8

定 价:32.00 元

本书如有印装质量问题,请与我社发行部联系更换。

第八版前言

本书是为了满足使用大连理工大学无机化学教研室编写的《无机化学》(第六版,高等教育出版社,2018)教师和学生们的要求,在《无机化学学习指导》(第七版)的基础上修订而成的无机化学教学参考书。《无机化学》(第六版)系“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材,本书可与其配合使用,也可供使用其他版本无机化学或普通化学教材的读者参考。

本书经过多次修订,受到了广大读者的欢迎。本次修订依然保留原书的体系和特色,主要包括以下内容:

教学基本要求 列出各章的教学基本要求,即应掌握的知识点以及重点、难点内容。

重点内容概要 依据“无机化学课程教学基本要求”,结合当前学生的实际状况,阐述各章内容要点,并对其中的难点给予剖析。

习题选解 课外练习是重要的学习环节,学生认真、独立地完成作业是课堂教学的继续和深入。本部分主要选取《无机化学》(第六版)的大部分习题进行详细解答,同时保留了《无机化学》第三、四版的一些典型习题的解析。其中包括解题思路、多种方法的对比,以及疑难问题和错解分析等。



同步练习 精选部分有代表性的标准化试题(含综合性试题),题型多样,供读者自我检查。

同步练习参考答案 可供读者参考。

本书附有硕士研究生入学考试无机化学试题及参考答案,本科生无机化学(上、下)考试试题及参考答案,可供读者作为模拟考试题用。

本书的修订工作由《无机化学》(第三~六版)和《无机化学学习指导》(第二~七版)的主要编者牟文生完成,于永鲜、周礪、宋学志、颜洋、李艳强参加了部分工作。无机化学教研室的许多教师在编写、使用《无机化学》(第四、五版)的过程中所积累的宝贵经验为修订者提供了帮助。本书仍是全教研室集体劳动的成果。

限于编者水平,加之时间仓促,书中错误和不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

编者

2019年1月

第一版前言

《无机化学解疑与思考》是应广大教师和学生的要求,为了更好地使用我室所编的《无机化学》(袁万钟主编,第三版,高等教育出版社,1990)教材而编写的。本书是学习无机化学的教学参考书之一。

编写本书的宗旨是帮助读者深刻理解无机化学教材的重点内容,牢固掌握基础知识和基本原理,灵活运用无机化学反应的基本规律,培养正确的思维方法,以及提高自修的能力。

本书各章主要分三部分:

一、重点内容解析。本部分依据“无机化学课程教学基本要求”,结合学生学习的实际状况,简明阐述各章内容的要点,对于其中的难点和易混淆、疏漏之处给以恰如其分的说明,某些地方适当地加深拓宽一些必要的内容,希望能起到穿针引线、画龙点睛的作用。

二、习题选解。课外练习是重要的学习环节,指导学生认真完成课外作业,是课堂教学的继续和深入。本部分依据我室编写的《无机化学》(第三版)教材,选取各章习题中典型的、难度较大的习题做出解答,其中包含解题思路的阐述、多种解题方法的比较,以及疑难问题和错解分析等,以利于引导学生深入思考,做到触类旁通。



三、自检练习。学业上的成功取决于个人的努力和自我鞭策。本部分是从我室的无机化学试题选集中精选了一部分标准化试题和综合性试题编写而成的,可供学生自我检查学习效果使用,以激发学习兴趣,提高学习质量。

参加本书编写工作的有:迟玉兰、王立奎、刘淑惠、陈亚平、辛剑、汤克峻、袁景利、牟文生。全书由汤克峻、辛剑、迟玉兰统稿。

本书是在我室全体教师多年教学实践的基础上编写而成的,编写时也吸取了众多兄弟院校的宝贵经验。在成书过程中得到了袁万钟教授和隋亮教授的热情指导,并审阅了部分书稿,使得本书更有特色,在此一并表示诚恳谢意。

由于编者水平有限,成书时间仓促,错误之处在所难免,恳请读者批评指正。

编者
1990年3月

目 录

第一章 气体和溶液	1
教学基本要求	1
重点内容概要	1
习题选解	6
同步练习	18
同步练习参考答案	22
第二章 热化学	23
教学基本要求	23
重点内容概要	23
习题选解	26
同步练习	36
同步练习参考答案	39
第三章 化学反应速率	40
教学基本要求	40
重点内容概要	40
习题选解	43
同步练习	58
同步练习参考答案	60
第四章 化学平衡 熵和 Gibbs 函数	61
教学基本要求	61
重点内容概要	61
习题选解	67
同步练习	90
同步练习参考答案	95
第五章 酸碱反应和配合反应	97
教学基本要求	97
重点内容概要	97

习题选解	110
同步练习	134
同步练习参考答案	140
第六章 沉淀反应	142
教学基本要求	142
重点内容概要	142
习题选解	145
同步练习	170
同步练习参考答案	175
第七章 氧化还原反应	178
教学基本要求	178
重点内容概要	178
习题选解	183
同步练习	216
同步练习参考答案	223
第八章 原子结构	225
教学基本要求	225
重点内容概要	225
习题选解	239
同步练习	249
同步练习参考答案	252
第九章 分子结构	254
教学基本要求	254
重点内容概要	254
习题选解	262

同步练习	273
同步练习参考答案	277
第十章 固体结构	279
教学基本要求	279
重点内容概要	279
习题选解	284
同步练习	294
同步练习参考答案	299
第十一章 配合物结构	300
教学基本要求	300
重点内容概要	300
习题选解	303
同步练习	313
同步练习参考答案	317
第十二章 s 区元素	318
教学基本要求	318
重点内容概要	318
习题选解	320
同步练习	329
同步练习参考答案	332
第十三章 p 区元素(一)	334
教学基本要求	334
重点内容概要	334
习题选解	339
同步练习	350

同步练习参考答案	354
第十四章 p 区元素(二)	355
教学基本要求	355
重点内容概要	355
习题选解	360
同步练习	369
同步练习参考答案	374
第十五章 p 区元素(三)	375
教学基本要求	375
重点内容概要	375
习题选解	377
同步练习	386
同步练习参考答案	390
第十六章 d 区元素(一)	391
教学基本要求	391
重点内容概要	391
习题选解	397
同步练习	417
同步练习参考答案	423
第十七章 d 区元素(二)	425
教学基本要求	425
重点内容概要	425
习题选解	429
同步练习	441
同步练习参考答案	446

第十八章 f 区元素	448
教学基本要求	448
重点内容概要	448
习题选解	449
同步练习	453
同步练习参考答案	455
附 录	456
硕士研究生入学考试试题及参考答案(一)	456
硕士研究生入学考试试题及参考答案(二)	463
无机化学(上)考试试题及参考答案	469
无机化学(下)考试试题及参考答案	475
常用数据表	481



第一章 气体和溶液

● 教学基本要求 ●

(1)了解气体的基本特征,理解理想气体的概念,掌握理想气体状态方程及其应用。

(2)掌握混合气体中组分气体分压的概念和分压定律。

(3)掌握溶液浓度的各种表示方法,能熟练地进行相关的计算。

(4)了解难挥发电解质稀溶液的蒸气压下降、沸点升高、凝固点降低、渗透压的概念及其应用,掌握与稀溶液依数性相关的计算。

● 重点内容概要 ●

1. 理想气体状态方程

理想气体是一种假想的气体,其分子本身不占有空间,分子间没有作用力。实际上这种气体并不存在,只是人们研究气体状态变化时提出的一种物理模型。

对于一定量(n)的理想气体,其温度(T)、压力(p)和体积(V)确定后,系统的状态就确定了。 n 、 T 、 V 、 p 之间的数学关系式为

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

此式称为理想气体状态方程。式中, p 的单位为 Pa(或 kPa), V 的单位为 m^3 (或 L), T 的单位为 K, n 的单位为 mol。摩尔气体常数 $R = 8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ (或 $8.314 \text{ kPa} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)。

符合式(1-1)的气体是理想气体。通常可以把高温低压下的真实气体近似地看作理想气体,在大学基础化学中研究气体的状态变化时,除特殊指明外,可把系统中的气体都看作是理想气体。

在不同的特定条件下,理想气体状态方程有不同的表达形式,各种形式

有不同的应用。

(1) n 一定, p, V, T 改变时, 则有

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \quad (1-1a)$$

(2) n 和 T 一定时, 即为 Boyle(波义耳) 定律:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 \quad (1-1b)$$

(3) n 和 p 一定时, 即为 Charles(查理) 定律:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad (1-1c)$$

(4) T 和 p 一定时, 即为 Avogadro(阿伏加德罗) 定律:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{V_1}{V_2} \quad (1-1d)$$

(5) 将 $n = m/M$ 代入式(1-1) 中, 则有

$$M = \frac{mRT}{\rho V} \quad (1-1e)$$

式中, m 为气体的质量, 单位为 g ; M 为气体的摩尔质量, 单位为 $g \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

摩尔质量 M 和相对分子质量 M_r 之间的关系是:

$$M = M_r \cdot g \cdot \text{mol}^{-1}$$

(6) 由气体的密度 $\rho = m/V$ 可以得到

$$\rho = \frac{pM}{RT} \quad (1-1f)$$

利用上式, 可以在测定气体的密度之后, 计算气体的摩尔质量、相对分子质量, 还可以推断其分子式。

2. 分压定律

理想气体状态方程不仅适用于单一组分的气体, 也适用于多组分的混合气体或其中某一种组分气体。在理想气体混合物中, 若各组分之间不发生化学反应, 也没有任何其他相互作用, 则它们之间互不干扰, 如同各自单独存在一样。混合气体中某组分 B 对器壁产生的压力称为该组分气体的分压力。某组分气体的分压力等于相同温度下该组分气体单独占有与混合气体相同体积时所产生的压力。

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

混合气体的总压(p)等于各组分气体的分压(p_B)之和。即

$$p = p_1 + p_2 + \cdots = \sum_B p_B \quad (1-3)$$

这一关系称为 Dalton(道尔顿)分压定律。

某组分气体的分压等于该组分气体的摩尔分数与总压的乘积:

$$p_B = \frac{n_B}{n} p \quad (1-4)$$

气体混合物中组分 B 的摩尔分数用 x_B 表示,即 $x_B = n_B/n$ 。

$$p_B = x_B p$$

* 3. 分体积定律

理想气体混合物中某组分 B 的分体积 V_B 是该组分气体具有与混合气体相同温度和压力时所占有的体积。

$$V_B = \frac{n_B RT}{p} \quad (1-5)$$

混合气体的总体积 V 等于各组分气体的分体积(V_B)之和。即

$$V = V_1 + V_2 + \cdots = \sum_B V_B \quad (1-6)$$

这一关系称为 Amage(阿马格)分体积定律。

某组分气体的分体积等于该组分气体的摩尔分数与混合气体的总体积之积。

$$V_B = \frac{n_B}{n} V = x_B V \quad (1-7)$$

由式(1-4)和式(1-7)可得出:

$$\frac{p_B}{p} = \frac{V_B}{V} = \varphi_B \quad (1-8)$$

此式说明混合气体中某组分气体 B 的分压与总压之比等于该组分气体的分体积与总体积之比(即体积分数 φ_B)。 p_B 是组分气体 B 在温度为 T 、占有体积为 V 时所产生的压力; V_B 是组分气体 B 在温度为 T 、产生压力为 p 时所占有的体积,切不可混淆。

4. 溶液的浓度

(1) 物质的量浓度

溶液中溶质 B 的物质的量浓度 c_B 定义为 B 的物质的量 n_B 除以溶液的体

积 V ：

$$c_B = \frac{n_B}{V} \quad (1-9)$$

其单位是 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

(2) 质量摩尔浓度

溶液中溶质 B 的质量摩尔浓度 b_B 定义为溶质 B 的物质的量 n_B 除以溶剂 A 的质量 m_A ：

$$b_B = \frac{n_B}{m_A} \quad (1-10)$$

其单位是 $\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

(3) 质量分数

物质 B 的质量分数 w_B 定义为物质 B 的质量 m_B 与混合物的质量 m 之比：

$$w_B = \frac{m_B}{m} \quad (1-11)$$

其单位是 1。

(4) 摩尔分数

组分 B 的摩尔分数 x_B 定义为组分 B 的物质的量 n_B 与混合物的总物质的量 n 之比：

$$x_B = \frac{n_B}{n} \quad (1-12)$$

其单位是 1。

(5) 质量浓度

物质 B 的质量浓度 ρ_B 定义为物质 B 的质量 m_B 除以混合物的体积 V ：

$$\rho_B = \frac{m_B}{V} \quad (1-13)$$

其单位是 $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 或 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

5. 稀溶液的依数性

稀溶液的蒸气压下降、沸点升高、凝固点降低和渗透压力等这些只与溶质的微粒数有关而与溶质本性无关的性质称为稀溶液的依数性。

(1) 稀溶液的蒸气压下降

在一定温度下，纯液体液面上与液体达到平衡状态时蒸气的压力称为该液体的饱和蒸气压，用 p^* 表示，其常用单位是 Pa 或 kPa。

同一温度下，不同液体的蒸气压不同。

液体的蒸气压随温度的升高而增大。

当液体的蒸气压等于外界大气压力时的温度称为该液体的沸点。

在一定温度下,当溶剂中溶入少量难挥发的溶质后达到平衡时,溶液的蒸气压小于纯溶剂的蒸气压,这种现象称为溶液蒸气压的下降。

在一定温度下,难挥发非电解质稀溶液的蒸气压下降值与溶质的摩尔分数成正比:

$$\Delta p = p_A^* - p = p_A^* x_B \quad (1-14)$$

这一结论称为 Raoult 定律。式中 p_A^* 为溶剂 A 的蒸气压, x_B 为溶质 B 的摩尔分数。

Raoult 定律的另一种表达形式为

$$\Delta p = kb_B \quad (1-15)$$

即在一定温度下,难挥发非电解质稀溶液的蒸气压下降与溶质的质量摩尔浓度成正比。

(2) 稀溶液的沸点升高

当溶剂中溶入少量难挥发非电解质时,导致溶液的沸点高于纯溶剂的沸点,这种现象称为稀溶液的沸点升高。

溶液的沸点升高与溶液的质量摩尔浓度的关系为

$$\Delta T_b = k_b b_B \quad (1-16)$$

式中, k_b 是溶剂的沸点升高系数,其单位是 $K \cdot kg \cdot mol^{-1}$ 。

由式(1-16)和摩量浓度的定义可以推得

$$M_B = \frac{k_b m_B}{\Delta T_b m_A} \quad (1-17)$$

利用式(1-17)可以计算溶质 B 的摩尔质量。

(3) 稀溶液的凝固点降低

液体凝固点是在一定的外压下纯液体与其固体达到平衡时的温度。

当溶剂中溶有难挥发性溶质时,导致溶液的凝固点低于溶剂的凝固点。这种现象称为稀溶液的凝固点降低。

非电解质稀溶液的凝固点降低, ΔT_f 与溶质的质量摩尔浓度成正比:

$$\Delta T_f = k_f b_B \quad (1-18)$$

式中, k_f 称为溶剂的凝固点降低系数,其单位是 $K \cdot kg \cdot mol^{-1}$ 。

由式(1-18)可以导出:

$$M_B = \frac{k_f m_B}{\Delta T_f m_A} \quad (1-19)$$

利用式(1-19)可以计算溶质的摩尔质量。