



高等学校教材经典同步辅导丛书化学类

配高教社《无机化学》(第五版) 大连理工大学无机化学教研室 编

无机化学 (第五版)

同步辅导及习题全解

Inorganic Chemistry

华腾教育教学与研究中心

丛书主编 清华大学 何联毅

本书主编 清华大学 宋 波

◆紧扣教材 ◆知识精讲 ◆习题全解
◆应试必备 ◆联系考研 ◆网络增值

中国矿业大学出版社

高等学校教材经典同步辅

无机化学

同步辅导及习题全解

华腾教育教学与研究中心

丛书主编 清华大学 何联毅

本书主编 清华大学 宋 波

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书是高等教育出版社出版,大连理工大学无机化学教研室编的《无机化学》(第五版)教材的配套辅导书。全书由课程学习指南、知识点归纳、典型例题与解题技巧、历年考研真题评析、课后习题全解及考研考试指导等部分组成,旨在帮助读者掌握知识要点,学会分析问题和解决问题的方法技巧,并且提高学习能力及应试能力。

本书可供高等院校无机化学课程的同步辅导使用,也可作为研究生入学考试的复习资料,同时可供本专业教师及相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

无机化学同步辅导及习题全解/宋波主编. —徐州:

中国矿业大学出版社, 2006. 8

(高等学校教材经典同步辅导丛书)

ISBN 7 - 81107 - 400 - 1

I. 无… II. 宋… III. 无机化学—高等学校—教
学参考资料 IV. O61

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 086924 号

书 名 无机化学同步辅导及习题全解

主 编 宋 波

责任编辑 罗 浩

选题策划 孙怀东

特约编辑 王丽娜

出版发行 中国矿业大学出版社

印 刷 北京市昌平百善印刷厂

经 销 新华书店

开 本 787×1092 1/16 本册印张 19.25 本册字数 517 千字

印 次 2007 年 8 月第 1 版第 2 次印刷

总 定 价 119.40 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

高等学校教材

经典同步辅导丛书编委会

主任：清华大学 王 飞

副主任：清华大学 夏应龙

清华大学 倪铭辰

中国矿业大学 李瑞华

编 委 (按姓氏笔画排序):

于志慧	王丽娜	王 焯	甘 露
师文玉	吕现杰	朱凤琴	刘胜志
刘淑红	孙怀东	严奇荣	杨 涛
李 丰	李凤军	李 冰	李 波
李南木	李炳颖	李 娜	李晓光
李晓炜	李 娟	李雅平	李燕平
时虎平	何联毅	邹绍荣	宋 波
张旭东	张守臣	张鹏林	张 慧
陈晓东	范亮宇	孟庆芬	涂兰敬

《无机化学》是化学专业重要的课程之一,也是报考该类专业硕士研究生的考试课程。大连理工大学无机化学教研室编写的《无机化学》(第五版)以体系完整、结构严谨、层次清晰、深入浅出的特点成为这门课程的经典教材,被全国许多院校采用。

为了帮助读者更好地学习这门课程,掌握更多的知识,我们根据多年的教学经验编写了这本与此教材配套的《无机化学同步辅导及习题全解》(第五版)。本书旨在使广大读者理解基本概念,掌握基本知识,学会基本解题方法与解题技巧,进而提高应试能力。本书作为一种辅助性的教材,具有较强的针对性、启发性、指导性和补充性的特点。

考虑到《无机化学》这门课程的特点,我们在内容上作了以下安排:

1. 课程学习指南 从该课程的知识体系出发,对各个章节在全书中的位置,以及与其他章节的联系作了简明扼要的阐述,使学习更有重点。

2. 知识点归纳 串讲概念,总结性质和定理,使知识全面系统,便于掌握。

3. 典型例题与解题技巧 精选各类题型,涵盖本章所有重要知识点,对题目进行深入、详细地讨论和分析,并引导学生思考问题,能够举一反三、拓展思路。

4. 历年考研真题评析 精选历年名校考研真题并进行深入地讲解。

5. 课后习题全解 给出了大连理工大学无机化学教研室编写的《无机化学》(第五版)各章习题的答案。我们不仅给出了详细的解题过程,而且对有难度或综合性较强的习题做了分析和小结,从而更好地帮助学生理解掌握每一知识点。

6. 考研考试指导 首先归纳了本课程的考研考点,然后精选了清华大学等名校的最新考研考试试题并给出了参考答案,以帮助学生顺利通过相关考试。

本书在编写时参考了大量的优秀教材和权威考题。在此,谨向有关作者和所选考试、考研试题的命题人以及对本书的出版给予帮助和指导的所有老师、同仁表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,本书难免出现不妥之处,恳请广大读者批评指正。

联系我们

华腾教育网:

<http://www.huatengedu.com.cn>

电子邮件:

huateng@huatengedu.com

华腾教育教学与研究中心

目 录

CONTENTS

课程学习指南	1
第一章 气体	3
知识点归纳	3
典型例题与解题技巧	5
历年考研真题评析	7
课后习题全解	9
第二章 热化学	16
知识点归纳	16
典型例题与解题技巧	19
历年考研真题评析	20
课后习题全解	21
第三章 化学动力学基础	30
知识点归纳	30
典型例题与解题技巧	32
历年考研真题评析	34
课后习题全解	36
第四章 化学平衡 熵和 Gibbs 函数	45
知识点归纳	45
典型例题与解题技巧	49
历年考研真题评析	51
课后习题全解	54

第五章 酸碱平衡	68
知识点归纳	68
典型例题与解题技巧	70
历年考研真题评析	74
课后习题全解	76
第六章 沉淀-溶解平衡	93
知识点归纳	93
典型例题与解题技巧	94
历年考研真题评析	97
课后习题全解	100
第七章 氧化还原反应 电化学基础	112
知识点归纳	112
典型例题与解题技巧	115
历年考研真题评析	119
课后习题全解	123
第八章 原子结构	136
知识点归纳	136
典型例题与解题技巧	138
历年考研真题评析	141
课后习题全解	142
第九章 分子结构	151
知识点归纳	151
典型例题与解题技巧	153
历年考研真题评析	156
课后习题全解	157
第十章 固体结构	163
知识点归纳	163
典型例题与解题技巧	167

历年考研真题评析·····	169
课后习题全解·····	171
第十一章 配合物结构 ·····	177
知识点归纳·····	177
典型例题与解题技巧·····	180
历年考研真题评析·····	181
课后习题全解·····	183
第十二章 s 区元素 ·····	192
知识点归纳·····	192
典型例题与解题技巧·····	193
历年考研真题评析·····	194
课后习题全解·····	196
第十三章 p 区元素(一) ·····	204
知识点归纳·····	204
典型例题与解题技巧·····	207
历年考研真题评析·····	209
课后习题全解·····	211
第十四章 p 区元素(二) ·····	219
知识点归纳·····	219
典型例题与解题技巧·····	221
历年考研真题评析·····	222
课后习题全解·····	223
第十五章 p 区元素(三) ·····	231
知识点归纳·····	231
典型例题与解题技巧·····	233
历年考研真题评析·····	234
课后习题全解·····	235

第十六章 d 区元素(一)	241
知识点归纳	241
典型例题与解题技巧	244
历年考研真题评析	245
课后习题全解	246
第十七章 d 区元素(二)	259
知识点归纳	259
典型例题与解题技巧	262
历年考研真题评析	263
课后习题全解	264
第十八章 f 区元素	274
知识点归纳	274
典型例题与解题技巧	276
历年考研真题评析	277
课后习题全解	277
考研考试指导	282
考研考点归纳	282
清华大学 2007 年考研试题	282
参考答案	285
清华大学 2006 年期末试题	287
参考答案	290

课程学习指南

无机化学是化工类各专业必修的一门主干技术基础课程,是学习后续化工类课程的基础,也是所有化工相关专业研究生入学考试的必考科目。

学习无机化学的目的是要掌握化学反应的基本原理和物质的基本结构,进而可以应用基础理论发现、分析和解决其他化学学科中出现的问题,为后续专业课程的学习打下基础。

无机化学的研究对象涵盖了整个元素周期表中所有元素及其化合物,新的化学理论多与无机化学有关。纵观化学学科形成和发展的全过程,可以认为无机化学在化学学科中处于基础和母体地位。随着现代化学内容的拓宽和加深,以及与其他学科的融合与交叉,在该学科中产生了元素化学、固体无机化学、配合物化学、生物无机化学等分支学科。因此,无机化学是化工类专业最重要的必修课程。

无机化学课程共分三个部分,第一部分是化学反应的基本原理,主要包括热化学、化学动力学以及电化学基础等内容;第二部分是物质结构基础,主要包括原子结构、分子结构、固体结构和配合物的结构;第三部分是元素化学,分别介绍了 s, p, d, f 等区元素的单质和化合物的性质。

无机化学的研究对象是基本的物质,它较其他理论课程更加基础,是学习后续课程必修的科目,为了学好这门课程,建议在学习过程中按以下方法学习:

1. 记清基本概念,理解基本原理和方法;
2. 抓住各章重点,明确该章的主要内容,要解决什么问题,采取什么方法解决,根据什么实验,有什么用处等等。
3. 学会综合应用和分析,全面考虑问题,注意章节之间的联系。通过前后联系,反复思考,才能达到逐步熟悉进而融汇贯通的境界。

此外,为了帮助学生在考研、期末等考试中取得好成绩,我们提出以下建议:

1. 勤思考,扩大知识面。将所学的知识和实际工作生活中的各种化学现象联系起来。
2. 多做笔记,反复练习。习题是培养学生独立思考问题和解决问题必不可少的环节之一,通过做题检查对知识的理解程度。

3. 多总结,多归纳。归纳出自己的一套无机化学的解题思路和学习方法,做到纲举目张。

第一章

气 体

III 知识点归纳

一、理想气体状态方程式

理想气体是一种假想的模型,它忽略了气体本身的体积和分子之间的相互作用。其物质的量(n)、温度(T)、压力(p)和体积(V)之间满足如下方程:

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

式中 R 称为摩尔气体常数。在国际单位制中, p 以 Pa, V 以 m^3 , T 以 K, n 以 mol 为单位, 则 $R = 8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ 。

在特定条件下,理想气体状态方程式有特定的表达形式,亦有不同的应用:

n 一定, p, V, T 改变, 则有:

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

n, T 一定, p, V 改变, 则为 Boyle 定律:

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

n, p 一定, T, V 改变, 则为 Charles 定律:

$$V_1/T_1 = V_2/T_2 \quad (1-1d)$$

T, p 一定, n, V 改变, 则为 Avogadro 定律:

$$n_1/n_2 = V_1/V_2 \quad (1-1e)$$

因为 $n = m/M$, 将其代入式(1-1a)中, 则有:

$$M = \frac{mRT}{pV} \text{ 或 } m = \frac{MpV}{RT} \quad (1-1f)$$

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

因为气体的密度 $\rho = m/V$, 则可以得到:

$$\rho = \frac{pM}{RT} \text{ 或 } M = \frac{\rho RT}{p} \quad (1-1g)$$

二、分压定律

1. 分压的概念

在理想气体混合物中,若各组分间不发生化学反应,也没有任何其他相互作用,它们之间互不干扰,如同各自单独存在一样。混合气体中某组分气体 B 对器壁产生的压力,称为该组分气体的分压 p_B 。 p_B 等于在相同温度 T 下,该组分气体单独占有与混合气体相同体积 V 时所产生的压力。即

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

2. 分压定律

分压定律总结了气体混合物中各组分气体分压与总压的关系。其要点包括:

(1) 混合气体的总压 p 等于各组分气体的分压 p_B 之和。这一经验定律被称为 Dalton 分压定律,其数学表达式为:

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

(2) 某组分气体 B 的分压 p_B 与混合气体总压 p 的关系为

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

式中: x_B 为 B 组分气体的物质的量分数,又称为摩尔分数。

三、分体积定律

1. 分体积的概念

理想气体混合物中某组分气体 B 的分体积 V_B 是该组分气体单独存在并具有与混合气体相同温度 T 和压力 p 时所占有的体积。即

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

2. 分体积定律

混合气体的总体积 V 等于各组分气体的分体积 V_B 之和,这就是 Amage 分体积定律。其数学表达式为:

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

某组分气体 B 的分体积 V_B 等于混合气体的总体积 V 与该组分气体的摩尔分数 x_B 之积。即

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

式中, φ_B 为 B 组分的体积分数,则 $x_B = \varphi_B$,即混合气体中组分 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。

四、气体分子动理论

气体分子动理论从微观上定量地描述了气体的宏观行为。

1. 基本要点

(1) 气体是由分子组成的,分子是很小的粒子,彼此间的距离比分子的直径大许多,分子体积与气体体积相比可以忽略不计。

(2) 气体分子以不同的速度在各个方向上处于永恒的无规则运动之中。

(3) 除了在相互碰撞时,气体分子间相互作用是很弱的,甚至是可以忽略的。

(4) 气体分子相互碰撞或对器壁的碰撞都是弹性碰撞。碰撞时总动能保持不变,没有能量损失。

(5) 分子的平均动能与热力学温度成正比,即 $\bar{E}_k \propto T$ 。

2. 气体分子三种速度的概念

(1) 方均根速度 v_{rms} :是各个气体分子平动速度平方的平均值的开方,以前多称其为均方根速度。统计力学中也得到了计算 v_{rms} 的公式:

$$v_{rms} = \sqrt{\bar{v}^2} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} \quad (1-8)$$

式中, M 为气体的摩尔质量; T 为热力学温度; R 为摩尔气体常数。

(2) 最概然速度 v_{mp} :与速度分布曲线极大值对应的气体分子的运动速度是概率最大的平动速度,以 v_{mp} 表示。通俗地说,它是指“某个事件”出现机会(可能性)的多少,出现机会多的,则概率大;反之,则概率小。统计力学中可以推证得到:

$$v_{mp} = \sqrt{\frac{2RT}{M}} \quad (1-9)$$

(3) 平均速度 v_{av} :又称为算术平均速度,是气体中所有分子运动速度的算术平均值。即

$$v_{av} = \frac{N_1 v_1 + N_2 v_2 + \cdots}{N} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}} \quad (1-10)$$

上述 3 种速度的比值为:

$$v_{mp} : v_{av} : v_{rms} = \sqrt{2} : \sqrt{8/\pi} : \sqrt{3} = 1 : 1.128 : 1.224$$

五、van der Waals 气体状态方程式

真实气体的行为总会在一定程度上偏离理想气体状态方程式,产生偏差的原因是由于忽略分子间的相互作用和分子的体积。最早和最有影响的真实气体状态方程式是 van der Waals 气体状态方程式:

$$(p + a \frac{n^2}{V^2})(V - nb) = nRT \quad (1-11)$$

该方程式是半经验的。式中 a 、 b 分别是对气体压力和体积校正的相关常量,是由实验测定得到的。粗略的说,越容易液化的气体,其分子间相互作用越强,则 a 越大;分子越大(分子间力往往也越大),则 b 越大。

典型例题与解题技巧

例 1 在体积为 0.50 L 的烧瓶中充满 NO 和 O₂ 混合气体,温度为 298 K,压强为 $1.23 \times$

10^5 Pa。反应一段时间后,瓶内总压变为 8.3×10^4 Pa。求生成 NO_2 的质量。

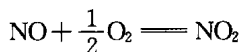
【分析】 本题是对混合气体分压定律的扩展,涉及到混合气体的相互反应。根据 NO 和 O_2 的反应方程式得知反应前后气体物质的量发生变化。由已知条件根据理想气体状态方程可求得反应前后气体物质的量,然后由反应方程式设未知数求得。

解 反应前气体的物质的量为:

$$n_1 = \frac{p_1 V}{RT} = \frac{1.23 \times 10^5 \times 0.5 \times 10^{-3}}{8.314 \times 298} = 0.0248 \text{ mol}$$

反应后气体的物质的量为:

$$n_2 = \frac{p_2 V}{RT} = \frac{8.3 \times 10^4 \times 0.5 \times 10^{-3}}{8.314 \times 298} = 0.0168 \text{ mol}$$



比较前后计量系数可知:若生成 x mol 的 NO_2 则总气体的物质的量将减少 $\frac{1}{2}x$ mol,即

$$\frac{1}{2}x = 0.0248 - 0.0168$$

得 $x = 0.016 \text{ mol}$

则生成 NO_2 的质量为:

$$m = 0.016 \times 46 = 0.74 \text{ g}$$

例 2 恒温时, 9.99×10^4 Pa 压强下的 H_2 0.15 L、 4.66×10^4 Pa 压强下的 O_2 0.075 L 和 3.33×10^4 Pa 压强下的 N_2 0.05 L,装入 0.25 L 的真空瓶内,求:(1)混合气体中各组分气体的分压;(2)混合气体的总压。

【分析】 本题主要考查的是分压定律的应用,可由恒温下 $p_1 V_1 = p_2 V_2$ 求得。

解 (1) $p(\text{H}_2) = \frac{p_1 V_1}{V_2} = \frac{9.99 \times 10^4 \times 0.15}{0.25} = 5.994 \times 10^4 \text{ Pa}$

$$p(\text{O}_2) = \frac{p_1 V_1}{V_2} = \frac{4.66 \times 10^4 \times 0.075}{0.25} = 1.398 \times 10^4 \text{ Pa}$$

$$p(\text{N}_2) = \frac{p_1 V_1}{V_2} = \frac{3.33 \times 10^4 \times 0.05}{0.25} = 0.666 \times 10^4 \text{ Pa}$$

$$(2) p_{\text{总}} = p(\text{H}_2) + p(\text{O}_2) + p(\text{N}_2) = 8.058 \times 10^4 \text{ Pa}$$

例 3 将氮气和在水蒸气的混合物通入盛有足量固体干燥剂的瓶中。刚通入时瓶中压强为 101.3 kPa,放置数小时后,压强降到 99.3 kPa 的恒定值。(1)求原气体混合物各组分的摩尔分数;(2)温度为 293 K,实验后干燥剂增重 $0.150 \times 10^{-3} \text{ kg}$,求瓶的体积(假设干燥剂的体积可忽略且不吸附氮气)。

【分析】 本题主要考查摩尔分数的求解方法以及根据理想气体状态方程求 V 。即先利用分压定律求出各气体组分的分压,再用气体的分压等于其摩尔分数与总压乘积的关系求出各气体组分的摩尔分数,最后根据理想气体状态方程求体积。

解 (1) 混合气体中的水蒸气最后全部被干燥剂吸收,则混合气体中氮气的分压为

$$p(\text{N}_2) = 99.3 \text{ kPa}$$

混合气体中水蒸气的分压为:

$$p(\text{H}_2\text{O}) = 101.3 - 99.3 = 2.0 \text{ kPa}$$

由分式 $p_i = x_i p$, 则有混合气体中氮气的摩尔分数为

$$x_{\text{N}_2} = \frac{p(\text{N}_2)}{p} = \frac{99.3}{101.3} = 0.98$$

混合气体中水蒸气的摩尔分数为

$$x_{\text{H}_2\text{O}} = 1 - x_{\text{N}_2} = 0.02$$

(2) 根据题意, 混合气体中水蒸气的质量等于干燥剂增加的质量, 则水蒸气物质的量为

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{0.150 \times 10^{-3} \times 10^3}{18} = 8.33 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

由理想气体状态方程 $pV = nRT$, 瓶的体积为

$$V(\text{瓶}) = V(\text{H}_2\text{O}) = \frac{n(\text{H}_2\text{O})RT}{p(\text{H}_2\text{O})} = \frac{8.33 \times 10^{-3} \times 8.314 \times 293}{2.0 \times 10^3} = 10.15 \text{ L}$$

例 4 1 mol CO_2 气体于 1.32 L 容器中加热至 48 °C, 分别用理想气体状态方程式和范德华方程计算气体的压强。(范德华常数 $a = 363\ 756.8 \text{ Pa} \cdot \text{L}^2 \cdot \text{mol}^{-2}$, $b = 4.28 \times 10^{-2} \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$)

【分析】 此题考查对理想气体状态方程式及范德华方程式的应用, 可直接代入公式求得。

解 (1) 按理想气体状态方程式计算

$$p = \frac{nRT}{V} = \frac{1 \times 8.314 \times 321}{1.32} \times 10^{-3} = 2.02 \times 10^3 \text{ kPa}$$

(2) 按范德华方程式计算

$$p = \frac{RT}{V-b} - \frac{a}{V^2} = \left(\frac{8.314 \times 321}{1.32 - 0.0428} - \frac{363\ 756.8}{1.32^2} \right) \times 10^{-3} = 1.88 \times 10^3 \text{ kPa}$$

历年考研真题评析

题 1 (中国科技大学, 2005) 惰性气体氙能与氟形成多种氟化氙(XeF_x)。实验测得在 353 K, $1.56 \times 10^4 \text{ Pa}$ 时, 某气态氟化氙的密度为 $0.899 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 。试确定这种氟化氙的化学式。

【分析】 本题考查理想气体状态方程式的应用。由理想气体状态方程式计算出氟化氙的相对分子量, 即可求出其化学式。

解 由理想气体状态方程

$$M = \frac{m}{V} \cdot \frac{RT}{p} = \rho \cdot \frac{RT}{p} = 0.899 \times 10^3 \times \frac{8.314 \times 353}{1.56 \times 10^4} = 169 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

已知相对原子质量 $A_r(\text{Xe}) = 131$, $A_r(\text{F}) = 19$, 则

$$131 + 19x = 169, \text{解得 } x = 2$$

即氟化氙的化学式为 XeF_2 。

题 2 (中国科学技术大学, 2005) 在 273 K 时, 将相同初压的 4.0 L N_2 和 1.0 L O_2 压缩到一个容积为 2.0 L 的真空容器中, 混合气体的总压为 $3.26 \times 10^5 \text{ Pa}$ 。求: (1) 两种气体的初压; (2) 混合气体中各组分气体的分压; (3) 各气体的物质的量。