



名师考案 丛书
MINGSHI KAOAN CONGSHU

无机化学

考研教案

王飞利 党民团 卢 荣 编

西北工业大学出版社



名师考案丛书

MINGSHIKAOANCONGSHU

无机化学 考研教案

王飞利 党民团 卢 荣 编

西北工业大学出版社

【内容简介】 全书分两大部分。第一部分共14章,每章分为知识脉络图解,重点、难点解读,课程考试、考研要点点击和典型例题及习题精选详解等4个模块。第二部分为课程考试模拟试题和近年来部分高校硕士研究生入学试题,并附有参考答案。本书内容充实完整、层次分明、概念清晰,表达方式易于接受,有利于学生对无机化学课程知识的理解,帮助学生从广度和深度上把握知识体系、拓宽解题思路、提高解题能力。

本书针对性强、题目覆盖面广,可供考研者应试参考使用,也可作为化学、医药、化工、环保、地质学、生物学、材料学等专业学生学习无机化学课程的辅助教材。

图书在版编目(CIP)数据

无机化学考研教案/王飞利,党民团,卢荣编. —西安:西北工业大学出版社,2007.9

ISBN 978-7-5612-2275-1

I. 无… II. ①王…②党…③卢… III. 无机化学—研究生—入学考试—自学参考资料
IV. O64

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 125534 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路127号 邮编:710072

电话:(029)88493844 88491757

网址:www.nwpup.com

印刷者:陕西宝石兰印务有限责任公司

开本:787 mm×960 mm 1/16

印张:20.875

字数:555千字

版次:2007年9月第1版 2007年9月第1次印刷

定价:28.00元



前言

无机化学课程是化学、医药、化工、环保、地质学、生物学、材料学等学科一门必修的基础课程,是理学和工学相关专业硕士研究生入学的考试科目之一。为了满足广大读者学习的需要,帮助广大读者学好无机化学课程,从容应对考试,我们根据多年的教学经验编写了本书。

全书共分两大部分:

第一部分共分 14 章,每章按 4 个知识模块编写:

一、知识脉络图解:用框图形式简洁地列出各章节的知识点。

二、重点、难点解读:根据无机化学课程的教学规律,概括出各章节要点和考点。

三、课程考试、考研要点击:用清晰的思路、简练的语言对各章节的知识点进行层层展开阐述,旨在帮助读者提高学习效率。

四、典型例题及习题精选详解:对众多的知识点归纳整理,精心选出典型题目并进行详细的分析解答。同时提供了详细的解答过程,以使读者强化要点和考点,辅助读者进一步加深理解知识点并增强解题能力和应试能力。

第二部分为课程考试模拟试题和考研真题及其参考答案,以供读者了解无机化学课程考试与研究生入学考试的题量和模式,进行实战演练。

本书从指导课程教学、学习和考试的角度出发,总结了无机化学课程各章节的基本概念和理论,筛选大量典型的题型进行分析,说明解题方法和解题技巧。这些对读者理解和掌握本课程的基本概念和理论,提高分析问题和解决问题能力,将会起到良好的作用。对于精选习题、课程考试模拟试题和考研真题,希望读者在学习过程中先独立思考,自己动手解题,然后再对照参考答案进行检查,以发现问题所在,适时地强化和巩固所学知识。

本书由王飞利、党民团、卢荣编写,王飞利统稿。其中:王飞利执笔第一部分的第 1~2 章,第 6~8 章和第二部分;党民团执笔第一部分的第 9~14 章;卢荣执笔第一部分的第 3~5 章。全书由西北大学化学系唐宗薰教授审阅。

由于编者水平有限、经验不足,书中定会存在不妥之处,恳请读者批评指正。

编者

2007 年 7 月



目 录

第一部分

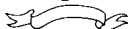
第 1 章 气体、溶液与胶体	1
1.1 知识脉络图解	1
1.2 重点、难点解读	1
1.3 课程考试、考研要点点击	2
1.4 典型例题及习题精选详解	7
第 2 章 化学热力学基础与化学平衡	16
2.1 知识脉络图解	16
2.2 重点、难点解读	16
2.3 课程考试、考研要点点击	16
2.4 典型例题及习题精选详解	24
第 3 章 化学反应速率	37
3.1 知识脉络图解	37
3.2 重点、难点解读	37
3.3 课程考试、考研要点点击	37
3.4 典型例题及习题精选详解	40
第 4 章 水溶液中的解离平衡	51
4.1 知识脉络图解	51
4.2 重点、难点解读	51
4.3 课程考试、考研要点点击	51



4.4 典型例题及习题精选详解	55
第5章 氧化还原反应与电化学初步	69
5.1 知识脉络图解	69
5.2 重点、难点解读	69
5.3 课程考试、考研要点点击	69
5.4 典型例题及习题精选详解	74
第6章 原子结构与元素周期律	85
6.1 知识脉络图解	85
6.2 重点、难点解读	85
6.3 课程考试、考研要点点击	85
6.4 典型例题及习题精选详解	92
第7章 分子结构与晶体结构	100
7.1 知识脉络图解	100
7.2 重点、难点解读	100
7.3 课程考试、考研要点点击	101
7.4 典型例题及习题精选详解	110
第8章 配位化合物	124
8.1 知识脉络图解	124
8.2 重点、难点解读	124
8.3 课程考试、考研要点点击	124
8.4 典型例题及习题精选详解	127
第9章 氢与稀有气体	140
9.1 知识脉络图解	140
9.2 重点、难点解读	140
9.3 课程考试、考研要点点击	140
9.4 典型例题及习题精选详解	142
第10章 碱金属和碱土金属	147
10.1 知识脉络图解	147
10.2 重点、难点解读	147



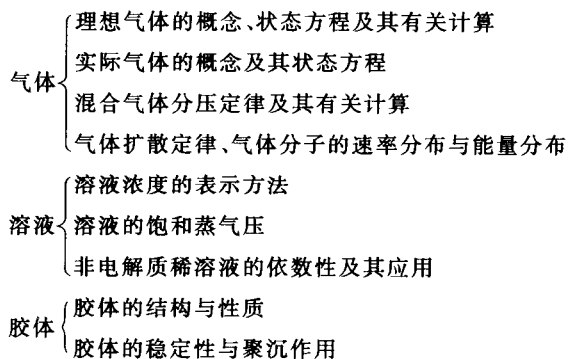
10.3	课程考试、考研要点点击	147
10.4	典型例题及习题精选详解	150
第 11 章	硼族、碳族和氮族元素	155
11.1	知识脉络图解	155
11.2	重点、难点解读	155
11.3	课程考试、考研要点点击	155
11.4	典型例题及习题精选详解	164
第 12 章	氧族元素和卤素	176
12.1	知识脉络图解	176
12.2	重点、难点解读	176
12.3	课程考试、考研要点点击	176
12.4	典型例题及习题精选详解	184
第 13 章	过渡元素	195
13.1	知识脉络图解	195
13.2	重点、难点解读	195
13.3	课程考试、考研要点点击	196
13.4	典型例题及习题精选详解	204
第 14 章	内过渡元素	219
14.1	知识脉络图解	219
14.2	重点、难点解读	219
14.3	课程考试、考研要点点击	219
14.4	典型例题及习题精选详解	222
第二部分		
I.	课考试模拟试题及参考答案	229
II.	考研真题及参考答案	254
参考文献		326



第一部分

第1章 气体、溶液与胶体

1.1 知识脉络图解



1.2 重点、难点解读

重点：理想气体状态方程，分压定律及其有关计算；稀溶液的依数性；胶体的性质。

难点：气体分子的速率分布与能量分布；胶体的结构。



1.3 课程考试、考研要点点击

1.3.1 理想气体状态方程

(1) 理想气体的概念。理想气体是人们以实际气体为根据抽象而成的气体模型。它忽略气体分子自身的体积及分子间引力,将分子看做有质量的几何点,并且分子之间及分子与器壁之间发生碰撞时没有能量损失。

(2) 理想气体状态方程。理想气体状态方程是指理想气体的压强(p)、体积(V)、温度(T)、物质的量(n)和摩尔气体常数(R)之间的关系式

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

由于 $n = m/M$, $\rho = m/V$ (m 为理想气体质量, M 为摩尔质量, ρ 为气体密度), 式(1-1)可改写为

$$pV = \frac{m}{M} RT \quad (1-1a)$$

$$pM = \rho RT \quad (1-1b)$$

应用上述理想气体状态方程应注意:

(1) 各物理量单位和 R 单位。 n 和 T 只用摩尔(mol)和开[尔文](K)为单位。当 p 和 V 分别用帕[斯卡](Pa)和立方米(m^3)为单位时, R 单位为 $\text{Pa} \cdot m^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot K^{-1}$ 或 $J \cdot \text{mol}^{-1} \cdot K^{-1}$; 当 p 和 V 分别用千帕(kPa)和升(L)为单位时, R 单位为 $\text{kPa} \cdot L \cdot \text{mol}^{-1} \cdot K^{-1}$ 。

(2) 严格说它只适用于理想气体,实际气体只有在高温低压下才近似适用。

1.3.2 实际气体状态方程

实际中不存在理想气体。真实气体的实验数据总是偏离理想气体状态方程。范德华(Vander Walls)研究了实际气体分子自身体积和分子间作用力,对理想气体状态方程进行修正,使之适应于实际气体,总结出范德华方程,也称为实际气体状态方程。该方程为

$$\left[p_{\text{实}} + a \left(\frac{n}{V} \right)^2 \right] (V_{\text{实}} - nb) = nRT \quad (1-2)$$

$$\left(p_{\text{实}} + \frac{a}{V_{m,\text{实}}^2} \right) (V_{m,\text{实}} - b) = RT \quad (1-3)$$

式中, $p_{\text{实}}$, $V_{\text{实}}$ 和 $V_{m,\text{实}}$ 分别为实际气体的压强、体积和摩尔体积, a, b 称为实际气体的范德华常数。显然,不同的气体范德华常数不同,反映出各种实际气体对理想气体的偏差程度不同。

1.3.3 混合气体分压定律

(1) 混合气体。混合气体是指两种或两种以上的组分气体混合在一起组成的体系。

(2) 摩尔分数。若混合气体的总物质的量用 n 表示,组分气体的物质的量用 n_i 表示,第 i 种组分气体的摩尔分数用 x_i 表示,则





$$x_i = \frac{n_i}{n} \quad (1-4)$$

(3) 分压定律。道尔顿(Dalton)通过实验发现,在理想气体的混合体系中,若各组分气体之间不发生化学反应,混合气体的总压等于各组分气体分压之和,即

$$p_{\text{总}} = \sum p_i \quad (1-5)$$

此定律称为道尔顿分压定律, $p_{\text{总}}$ 和 p_i 分别为混合气体的总压和各组分气体的分压。从分压定律不难推出

$$p_i = p_{\text{总}} \cdot x_i \quad (1-6)$$

1.3.4 气体扩散定律

格拉汉姆(Graham)由实验发现,同温同压下气态物质的扩散速率与其密度的平方根成反比,这称为气体扩散定律。若以 u 表示扩散速率, M 表示气体的摩尔质量, ρ 表示气体的密度,则同温同压下,a,b两种气体的扩散速度比为

$$\frac{u_a}{u_b} = \sqrt{\frac{\rho_b}{\rho_a}} = \sqrt{\frac{M_b}{M_a}} \quad (1-7)$$

式(1-7)为气体扩散定律的数学表达式。

1.3.5 气体分子的速率分布与能量分布

(1) 气体分子的速率分布。在一定温度下,处于同一体系的不同气体分子的运动速率各不相同。麦克斯韦(Maxwell)研究了气体分子速率分布,表明速率居中的分子较多,速率极大和极小的分子都较少,即在某一特定的速率范围内的分子数占总分子数的比例是一定的。图1-1是 N_2 在 0°C 和 1000°C 的速率分布曲线。

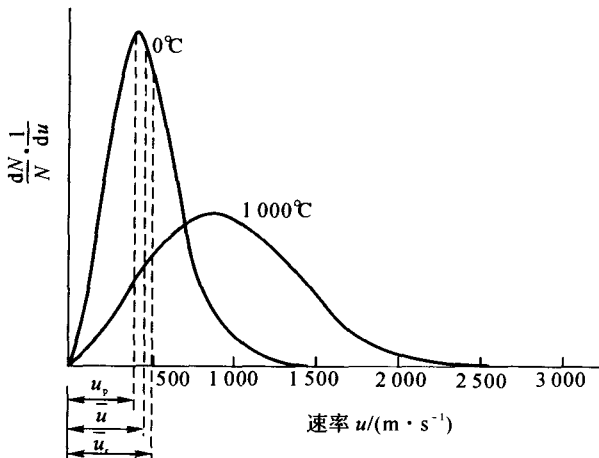


图1-1 N_2 的速率分布曲线

其中, $\frac{dN}{N}$ 表示速率在 u 与 $u+du$ 之间的分子数 dN 占总分子数 N 的比例; $\frac{dN}{N} \cdot \frac{1}{du}$ 则表示在速率 u 处,单





位速率间隔内分子分数。因此在速率 u 处,纵坐标的高度就表示具有此速率分子分数。曲线最高点对应的速率称为最概然速率(或称最可几速率),用符号 u_p 表示。温度增高,分子的运动速率普遍增大,最概然速率增大,具有最概然速率的分子分数就少了,而两条曲线下覆盖的面积相等,均为单位 1。最概然速率 u_p 不是平均速率。根据平均的方式不同,平均速率可分为算术平均速率 $\bar{u}$ 和均方根速率 $\bar{u}_r$,其定义分别为

$$\bar{u} = \frac{\sum_N u_i}{N}, \quad \bar{u}_r = \sqrt{\frac{\sum_N u_i^2}{N}}$$

式中, u_i 为分子 i 的运动速率, N 为分子总数。 $\bar{u}$, $\bar{u}_r$, u_p 均与气体分子的摩尔质量及温度有关,其计算公式为

$$\bar{u} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}}, \quad \bar{u}_r = \sqrt{\frac{3RT}{M}}, \quad u_p = \sqrt{\frac{2RT}{M}}$$

注意 R 为 $8.314 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ 。

(2) 气体分子的能量分布。气体分子的能量受其速率的影响,因此有着与速率分布类似的分布,不同的是开始时较陡,后面趋于平缓。

1.3.6 溶液浓度的表示方法

溶液浓度的表示方法如表 1-1 所列。

表 1-1 溶液浓度的表示方法

名称	表示方法	定义	公式	单位
物质的量浓度用符号 c_B 表示		单位体积溶液中所含溶质 B 的物质的量(n_B)	$c_B = \frac{n_B}{V}$, V 表示溶液的体积	$\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ 或 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$
质量摩尔浓度用符号 b_B 或 m_B 表示		单位质量溶剂中所含溶质 B 的物质的量(n_B)	$b_B = \frac{n_B}{m}$, m 表示溶剂的质量	$\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$
摩尔分数溶质用符号 x_B 表示;溶剂用符号 x_A 表示		溶液中溶质 B 的物质的量(n_B) 占溶液总物质的量的多少	$x_B = \frac{n_B}{n_B + n_A}$, $x_A = \frac{n_A}{n_B + n_A}$ n_A 为溶剂的物质的量, $x_A + x_B = 1$	
质量分数溶质用符号 ω_B 表示;溶剂用符号 ω_A 表示		溶质 B 在全部溶液中所占的分数	$\omega_B = \frac{m_B}{m_B + m_A}$, $\omega_A = \frac{m_A}{m_B + m_A}$ m_B, m_A 分别为溶质和溶剂的质量	%, 注意溶质和溶剂质量单位保持一致

1.3.7 溶液的饱和蒸气压

在一定温度下,稀溶液的饱和蒸气压 p 等于纯溶剂的饱和蒸气压 p^* 与溶剂的摩尔分数 x_A 的乘积。这就是拉乌尔(Raoult)定律,其数学表达式为

$$p = p^* \cdot x_A \quad (1-8)$$





1.3.8 非电解质稀溶液的依数性

稀溶液的依数性是指溶液的某些性质只取决于一定量溶剂中所溶解的溶质数量,而与溶质本性无关。它包括溶液的蒸气压下降、沸点上升、凝固点下降和渗透压。依数性规律适合非电解质稀溶液,把符合该规律的溶液称为理想溶液。理想溶液忽略溶质分子之间的相互作用。

(1) 蒸气压下降。温度相同时,溶有难挥发非电解质的溶液的饱和蒸气压总是低于纯溶剂的饱和蒸气压。温度一定时,纯溶剂的蒸气压与溶液蒸气压之差称为溶液的蒸气压下降,用 Δp 表示。

$$\Delta p = p^* \cdot x_B \quad \text{或} \quad \Delta p = Kb \quad (1-9)$$

式中, p^* 为纯溶剂的饱和蒸气压, x_B 为溶质的摩尔分数, b 为溶质的质量摩尔浓度, K 为与溶剂有关的常数。

(2) 沸点升高和凝固点下降。溶液中由于溶质的存在使溶液的沸点上升,凝固点下降,而且溶液的浓度越浓,沸点和凝固点的改变越大,这是由于溶液的蒸气压下降引起的。

实验发现,难挥发的非电解质稀溶液沸点上升 ΔT_b 和凝固点下降 ΔT_f 与其质量摩尔浓度成正比。

$$\Delta T_b = K_b b, \quad \Delta T_f = K_f b \quad (1-10)$$

式中, K_b 和 K_f 分别称为溶剂的摩尔沸点升高常数和凝固点下降常数,单位均为 $K \cdot kg \cdot mol^{-1}$ 。

利用稀溶液沸点升高和凝固点下降的性质,可以通过实验测定物质的相对分子质量。

(3) 渗透压。渗透是指溶剂分子穿过半透膜进入溶液单向扩散过程。渗透压就是维持被半透膜隔开的溶液与纯溶剂之间渗透平衡而需要的额外压力,这压力是外加在溶液上的。实验证明,难挥发的非电解质稀溶液的渗透压与溶液的浓度和热力学温度成正比。

$$\Pi = cRT \quad \text{或} \quad \Pi V = nRT \quad (1-11)$$

式中, Π 表示溶液的渗透压, c 为溶液的物质的量浓度, T 是热力学温度, R 是气体常数。通常借助测定溶液渗透压力来获得高分子物质的相对分子质量。

在医学上把渗透压(或渗透浓度)等同于血浆渗透压(渗透浓度)的溶液称为等渗溶液,低于血浆渗透浓度的溶液称为低渗溶液,高于血浆渗透浓度的溶液称为高渗溶液。

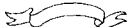
当外加在溶液上的压力大于溶液的渗透压时,溶液中溶剂分子穿过半透膜进入溶剂中,这过程叫反渗透。利用反渗透现象可以净化海水。

当电解质溶于极性溶剂形成稀溶液时,溶液中微粒数量大大增加。实验证明,电解质稀溶液的蒸气压下降,凝固点下降,沸点上升及渗透压都比同浓度的非电解质稀溶液的相应值大得多。用 $\Delta p'$, $\Delta T'_f$, $\Delta T'_b$, Π' 分别表示电解质稀溶液的蒸气压下降,凝固点下降,沸点上升和渗透压,则

$$\frac{\Delta T'_f}{\Delta T_f} = \frac{\Delta T'_b}{\Delta T_b} = \frac{\Delta p'}{\Delta p} = \frac{\Pi'}{\Pi} = i$$

式中, i 值称为范特荷甫(Van't Hoff)系数,可通过实验获得。对 AB 型强电解质 i 的极限值为 2; 对 A_2B 或 AB_2 型强电解质 i 的极限值为 3; 对 AB 型弱电解质 i 的极限值略大于 1。

需要强调的是,非电解质浓溶液和电解质浓溶液不符合依数性定律。这是因为在电解质浓溶液中,解离的阴、阳离子之间的距离较近而产生相互作用,形成异号离子相互包围的“离子氛”。“离子氛”的存在使实际独立的离子浓度有所降低,即相当于没有完全解离。非电解质浓溶液同样由于溶质分子的相互作用而不符合依数性规律。





1.3.9 胶体的性质与结构

胶体是高度分散的不均匀(多相)系统,界面非常大,界面张力或界面能也很大,因此胶体是热力学上不稳定的系统。但有些胶体可放置很长时间,说明胶体有其特有的性质。

(1) 胶体的热力学性质。特有的分散程度和不均匀性,具有额外的界面能量,有吸附作用,是热力学不稳定系统。

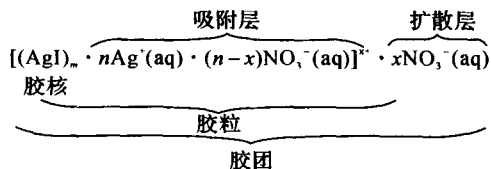
(2) 胶粒结构复杂性。胶体粒子带有电荷,当带有同号电荷的胶粒彼此接近时就会产生斥力而有利于胶体的稳定。

(3) 胶体的动力学性质。胶粒产生布朗运动,可以扩散,使胶体趋于稳定。

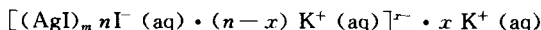
(4) 胶体的光学性质。当一束光线透过胶体时,从与光束垂直的方向上可以观察到一束光柱,这种现象称为丁达尔(Tyndall)效应,这是溶胶与溶液明显的区别。

(5) 胶体的电学性质。在外电场作用下胶粒在分散介质中定向运动的现象称为电泳。在外电场作用下分散介质定向运动的现象称为电渗。

胶体溶液中胶粒结构复杂。例如,在稀 KI 溶液加入稍过量的 AgNO_3 溶液,制得的 AgI 胶体的胶团结构为



如果反过来,在稀 AgNO_3 溶液中慢慢地加入稍过量的 KI 溶液,制得的 AgI 胶体的胶团结构为



这是由于胶核一旦形成,就优先吸附溶液中与其组分相似且浓度较大的离子,所以前者吸附 Ag^+ 离子使胶粒带正电荷,后者吸附 I^- 离子使胶粒带负电荷。这种因制备条件稍有变化就可制得不同电荷的溶胶的例子不多。一般条件下制得的胶体所带电荷是固定的,例如,大多数金属硫化物、硅胶、土壤、淀粉及金、银等胶粒带负电,称为负溶胶;大多数金属氢氧化物的胶粒带正电,称为正溶胶。

1.3.10 胶体的稳定性与聚沉作用

胶体在热力学上是不稳定的系统,由于其高度的分散性和胶粒带有电荷,使胶体有相对的稳定性。但有时还需要设法减弱或消除它的稳定因素,使胶粒聚集成较大颗粒而沉降,从而达到破坏胶体的目的。

聚沉是指使胶粒聚集成较大的颗粒而沉降的过程。聚沉值表示电解质的聚沉效率,是指使胶粒在一定时间内完全聚沉所需要电解质的最小浓度。聚沉值越小,聚沉效率越大。加快胶体聚沉的方法有加入电解质、将两种带异电荷的胶体以适当的比例混合和加热等。



1.4 典型例题及习题精选详解

1.4.1 典型例题

例题 1.1 质量为 0.132 g 的某气体,在 293 K 和 9.97×10^4 Pa 时占有体积 0.19 dm³。求该气体的相对分子质量,并指出它可能是何种气体。

【解答】 由 $pV = nRT = \frac{m}{M}RT$ 得

$$M = \frac{mRT}{pV} = \frac{0.132 \times 8.314 \times 293}{9.97 \times 10^4 \times 0.19 \times 10^{-3}} = 16.97 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

此气体的相对分子质量为 16.97,可能为氦气。

例题 1.2 在 273 K 时,将相同起始压力的 4.0 dm³ N₂ 和 1.0 dm³ O₂ 压缩到一个容积为 2.0 dm³ 的真空容器中,混合气体的总压为 3.26×10^5 Pa。试求起始压力和混合后各组分气体的分压。

【解答】 解题依据:互不发生反应气体混合前后物质的量不变。

设组分气体起始压力为 p ,温度一定时,由理想气体状态方程得

$$p_{\text{总}} V_{\text{总}} = p[V(\text{N}_2) + V(\text{O}_2)]$$

$$p = \frac{p_{\text{总}} V_{\text{总}}}{V(\text{N}_2) + V(\text{O}_2)} = \frac{3.26 \times 10^5 \times 2.0}{4.0 + 1.0} = 1.304 \times 10^5 \text{ Pa}$$

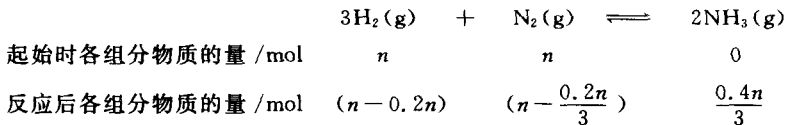
各组分气体的分压为

$$p(\text{N}_2) = \frac{4}{5} \times p_{\text{总}} = 2.608 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$p(\text{O}_2) = \frac{1}{5} \times p_{\text{总}} = 0.652 \times 10^5 \text{ Pa}$$

例题 1.3 在温度一定时,将含等物质的量的氮气和氢气混合通入一反应器,在压力为 3.048×10^7 Pa 下反应,若有 20% 氢气参加反应,这时反应器内的压力为多少?

【解答】 设起始时氢气、氮气均为 n mol



$$\text{反应后} \quad n_{\text{总}} = (n - 0.2n) + (n - \frac{0.2n}{3}) + \frac{0.4n}{3} = 1.867n$$

$$\text{此时反应器内的压力} \quad p = \frac{1.867n \times 3.048 \times 10^7}{2n} = 2.845 \times 10^7 \text{ kPa}$$

例题 1.4 将 150 dm³ 饱和水蒸气和空气的混合气体,在 50℃ 时从压力 100 kPa 压缩至 150 kPa。试计算此过程中有多少水蒸气凝结成水。已知水在 50℃ 的饱和蒸气压为 12.3 kPa。

【解答】 依据饱和蒸气压只与温度有关,所以在压缩过程中水蒸气的量会发生变化,而空气的量不变,





利用空气来计算压缩以后空气的体积。

设压缩前后空气的分压和体积分别为 p_1, V_1 和 p_2, V_2 , 则

$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$

$$V_2 = \frac{p_1 \cdot V_1}{p_2} = \frac{(100 - 12.3) \times 150}{150 - 12.3} = 95.53 \text{ dm}^3$$

压缩后空气凝结成水的物质的量为

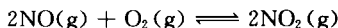
$$n = \frac{pV}{RT} = \frac{12.3 \times (150 - 95.53)}{8.314 \times 323} = 0.249 \text{ mol}$$

则凝结成水质量为

$$m = 0.249 \times 18.0 = 4.48 \text{ g}$$

例题 1.5 298 K 时, 在体积为 0.50 dm^3 , 压力为 123 kPa 的烧瓶中充满 NO 和 O_2 混合气体。反应一段时间后, 瓶内总压变为 83 kPa。试计算此过程中生成 NO_2 的质量。

【解答】 设反应生成 NO_2 为 $x \text{ mol}$, 由反应方程式



则需消耗 $x \text{ mol}$ NO 和 $0.5x \text{ mol}$ O_2 , 共消耗反应物的物质的量为 $1.5x \text{ mol}$ 。

反应前混合气体的物质的量为

$$n_1 = \frac{p_1 V}{RT} = \frac{123 \times 0.50}{8.314 \times 298} = 0.0248 \text{ mol}$$

反应后混合气体物质的量为

$$n_2 = \frac{p_2 V}{RT} = \frac{83 \times 0.50}{8.314 \times 298} = 0.0168 \text{ mol}$$

由此可知

$$n_2 = x + (n_1 - 1.5x)$$

$$x = 2(n_1 - n_2) = 2 \times (0.0248 - 0.0168) = 0.016 \text{ mol}$$

则生成 NO_2 的质量为

$$0.016 \times 46.00 = 0.74 \text{ g}$$

例题 1.6 一气缸在 298 K, 33.0 kPa 时, 装有 480 g 的氧气。若将此筒加热到 373 K, 然后开启阀门(保持温度不变), 一直到气体压力降低到 1.01 kPa。试计算此过程中放出 O_2 的质量。

【解答】 此过程体积不变, 设在压力为 1.01 kPa 时, 气缸内氧气的质量为 $m_2 \text{ g}$ 。由 $\frac{p_1}{p_2} = \frac{m_1 T_1}{m_2 T_2}$ 得

$$m_2 = \frac{T_1 p_2 m_1}{T_2 p_1} = \frac{298 \times 1.01 \times 480}{373 \times 33.0} = 11.7 \text{ g}$$

则放出气体的质量为

$$(480 - 11.7) \text{ g} = 468.3 \text{ g}$$

例题 1.7 将 2 mol CO_2 气体在 3.0 dm^3 容器中加热到 50°C , 试分别用理想气体状态方程和范德华方程计算气体的压强(已知: CO_2 气体范德华常数 $a = 3.66 \times 10^{-1} \text{ Pa} \cdot \text{m}^6 \cdot \text{mol}^{-2}$, $b = 4.28 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$)。

【解答】 由理想气体状态方程计算

$$p = \frac{nRT}{V} = \frac{2 \times 8.314 \times 323}{3.0 \times 10^{-3}} = 1.79 \times 10^6 \text{ Pa}$$

由范德华方程计算

$$p = \frac{nRT}{(V - nb)} - a\left(\frac{n}{V}\right)^2 = \frac{0.366 \times 2^2}{(3.0 \times 10^{-3})^2} = 1.65 \times 10^6 \text{ Pa}$$





例题 1.8 在某一温度时,空气中水蒸气的分压与该温度水的饱和蒸气压之比称为空气的相对湿度。试计算 303 K 相对湿度为 80% 时每立方米中含水蒸气的质量。已知水在 303 K 的饱和蒸气压为 4.24 kPa。

【解答】 303 K 空气中水蒸气的分压为

$$p = 4.24 \times 80\% = 3.392 \text{ kPa}$$

由 $pV = nRT = \frac{m}{M} RT$ 得

$$m = \frac{pVM}{RT} = \frac{3.392 \times 10^3 \times 1 \text{ m}^3 \times 18.0}{8.314 \times 303} = 24.24 \text{ g}$$

例题 1.9 试计算 298 K N_2 的 u_p , $\bar{u}$ 和 $\bar{u}_r$ 。

【解答】 在这里 R 为 $8.314 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

$$u_p = \sqrt{\frac{2RT}{M}} = \sqrt{\frac{2 \times 8.314 \times 298}{28.013 \times 10^{-3}}} = 420.6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\bar{u}_r = \sqrt{\frac{3RT}{M}} = \sqrt{\frac{3 \times 8.314 \times 298}{28.013 \times 10^{-3}}} = 515.1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\bar{u} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}} = \sqrt{\frac{8 \times 8.314 \times 298 \text{ K}}{3.141 \times 28.013 \times 10^{-3}}} = 474.6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

例题 1.10 在 298 K, 质量分数 ω 为 9.47% 的硫酸溶液, 其密度 ρ 为 $1.0603 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 。试求该硫酸溶液的质量摩尔浓度、物质的量浓度和摩尔分数。

【解答】 假设硫酸溶液的质量为 100 g, 则溶液的质量摩尔浓度为

$$b_B = \frac{n_B}{m_A} = \frac{m_{\text{溶液}} \cdot \omega}{M_B \cdot m_A} = \frac{100 \times 9.47\%}{98.08 \times (100 - 9.47) \times 10^{-3}} = 1.067 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$$

溶液的物质的量浓度为

$$c_B = \frac{n_B}{V_{\text{溶液}}} = \frac{m_{\text{溶液}} \cdot \omega \cdot \rho}{M_B \cdot m_{\text{溶液}}} = \frac{9.47\% \times 1.0603 \times 10^3}{98.08} = 1.024 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

溶液中硫酸的质量分数为

$$x_B = \frac{n_B}{n_B + n_A} = \frac{9.47 \text{ g}/98.08}{9.47/98.08 + (100 - 9.47)/18.02} = 0.0189$$

例题 1.11 在 20℃ 时, 质量分数为 10% 的 Na_2CO_3 溶液的密度为 $1.1029 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 。问配制这种溶液 100 cm^3 需要 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{ H}_2\text{O}$ 多少克? 此溶液的物质的量浓度为多少?

【解答】

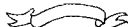
$$m = \frac{M_{\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}} \cdot V \cdot \rho \cdot \omega}{M_{\text{Na}_2\text{CO}_3}} = \frac{286.19 \times 100 \times 10\% \times 1.1029}{105.99} = 29.78 \text{ g}$$

$$c_B = \frac{n_B}{V_{\text{溶液}}} = \frac{V \cdot \omega \cdot \rho}{M_B \cdot V} = \frac{10\% \times 1.1029 \times 10^3}{105.99} = 1.04 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

例题 1.12 在 37℃, 100 kPa 时, 空气在血液中的溶解度为 $6.6 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ 。若潜水员在深海呼吸了 1 000 kPa 的压缩空气, 当他返回地面时, 估算每立方厘米血液将放出多少空气。

【解答】 若忽略因空气溶入引起的体积变化, 则 1 000 kPa 时空气在血液中溶解度为

$$c = \frac{1000}{100} \times 6.6 \times 10^{-4} = 6.6 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$





返回地面时,每立方厘米血液放出气体的物质的量为

$$n = 1 \times 10^{-3} \times (6.6 \times 10^{-3} - 6.6 \times 10^{-4}) = 5.9 \times 10^{-6} \text{ mol}$$

由 $pV = nRT$ 得

$$V = \frac{nRT}{p} = \frac{5.9 \times 10^{-6} \times 8.314 \times 310}{100 \times 10^3} = 1.52 \times 10^{-7} \text{ m}^3 = 0.152 \text{ cm}^3$$

例题 1.13 20℃ 时,将 2.00 g 不挥发的烷烃溶解于 100 g 的苯中,使苯的蒸气压由 9.954 kPa 降低到 9.867 kPa。试求此烷烃的相对分子质量。

【解答】 由 $\Delta p = p \cdot x_B = p \cdot \frac{m_B/M_B}{m_B/M_B + m_A/M_A}$

$$(9.954 - 9.867) = 9.954 \times \frac{2.00/M_B}{100/78.11 + 2.00/M_B}$$

$$M_B = 177.18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

例题 1.14 将 1.22 g 的苯甲酸溶于 10.0 g 的乙醇后,乙醇的沸点升高了 1.13 K。将同样质量的苯甲酸溶于 10.0 g 的苯后,苯的沸点升高了 1.36 K。试计算苯甲酸在两种溶剂中的相对分子质量,从计算结果可说明什么问题(已知:乙醇的 $K_b = 1.19 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$,苯的 $K_b = 2.53 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$)?

【解答】 由 $\Delta T_b = K_b \cdot b_B = K_b \times \frac{m_B}{M_B \cdot m_A}$ 得

$$\text{在乙醇中 } M_B = \frac{K_b \cdot m_B}{\Delta T_b \cdot m_A} = \frac{1.19 \times 10^3 \times 1.22}{1.13 \text{ K} \times 10.0 \text{ g}} = 128.48 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\text{在苯中 } M_B = \frac{K_b \cdot m_B}{\Delta T_b \cdot m_A} = \frac{2.53 \times 10^3 \times 1.22}{1.36 \times 10.0} = 226.95 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

由于苯甲酸理论相对分子质量为 122.11 $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$, 所以通过计算说明在乙醇中苯甲酸基本上以单分子形式存在,而在苯中发生聚合。

例题 1.15 某浓度的葡萄糖溶液在 -0.25℃ 时结冰。试计算该溶液在 25℃ 时的蒸气压和渗透压(已知: 25℃ 时纯水的蒸气压为 3.13 kPa, 水的 $K_f = 1.86 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$)。

【解答】 对于稀溶液来说 $c_B = b_B$, 由 $\Delta T_f = K_f \cdot b_B$ 得

$$c_B = b_B = \frac{\Delta T_f}{K_f} = \frac{0.25}{1.86} = 0.314 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$$

此葡萄糖溶液的摩尔分数为

$$x_B = \frac{0.134 \times 1.0}{0.134 \times 1.0 + 1000/18.0} = 0.00241$$

$$\Delta p = p \cdot x_B = 3.13 \times 0.00241 = 7.54 \text{ Pa}$$

$$p_{\text{溶液}} = 3.13 \times 10^3 - 7.54 = 3122.46 \text{ Pa}$$

$$\Pi = cRT = 0.134 \times 8.314 \times 298 = 322 \text{ kPa}$$

例题 1.16 混合等体积 0.08 $\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ KI 和 0.10 $\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ AgNO_3 溶液制得的溶胶。讨论电解质 MgSO_4 , Na_2SO_4 和 CaCl_2 对该溶胶聚沉能力大小。

【解答】 等体积 0.08 $\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ KI 和 0.10 $\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ AgNO_3 溶液混合时, 由于 AgNO_3 过量, 形成带正电荷的胶粒。胶团结构为 $[(\text{AgI})_m \cdot n\text{Ag}^+(\text{aq}) \cdot (n-x)\text{NO}_3^-(\text{aq})]^{x+} x\text{NO}_3^-(\text{aq})$, 电解质负离子对聚沉起主

