

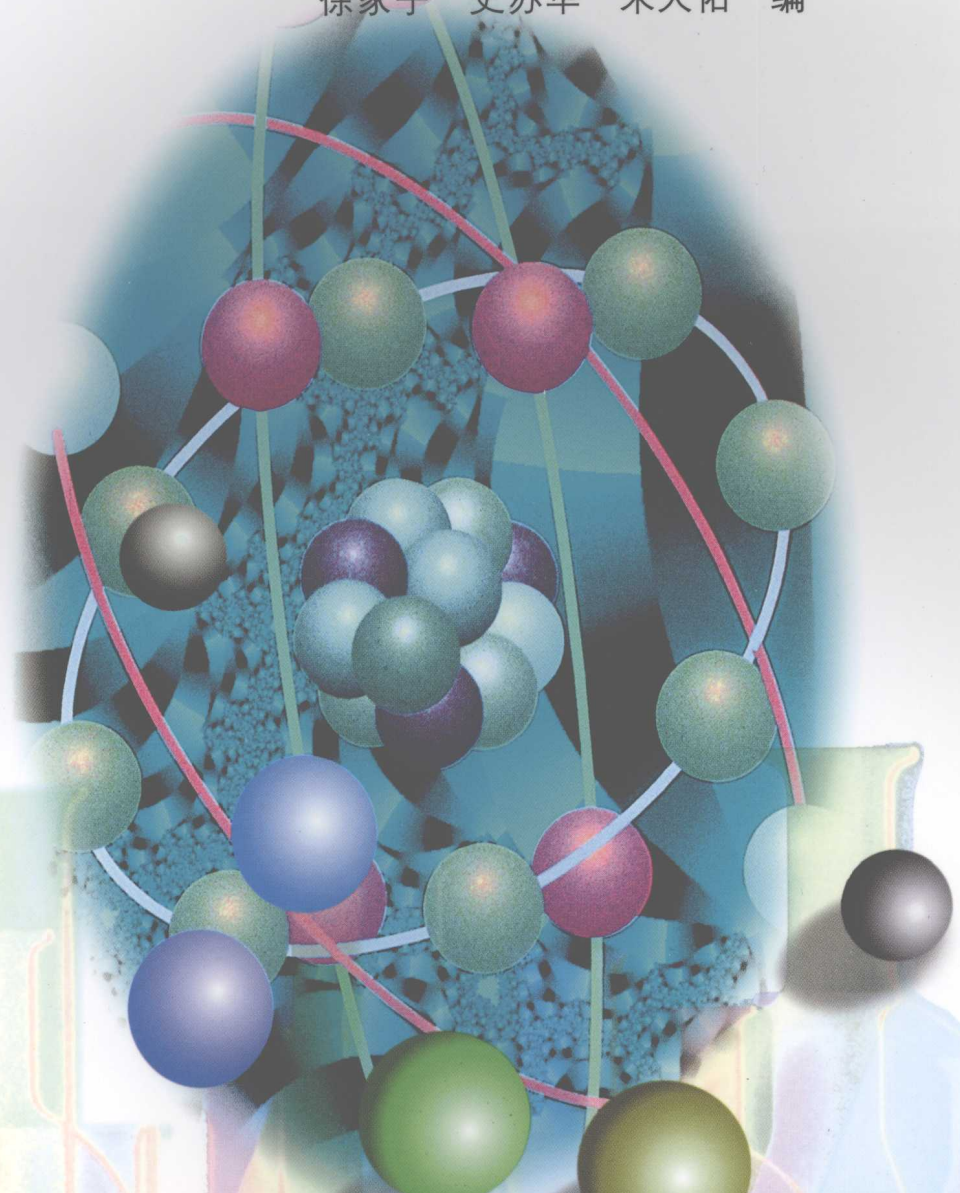
WUJI HUAXUE LITI YU XITI

无机化学 例题与习题

(第 二 版)

吉林大学

徐家宁 史苏华 宋天佑 编



高等教育出版社

无机化学例题与习题

第二版

吉林大学

徐家宁 史苏华 宋天佑 编

高等教育出版社

内容提要

本书共 20 章,前 10 章为基础理论部分,后 10 章为元素化学部分。各章包括三部分内容:第一部分为典型的例题;第二部分为习题,题型包括选择题、填空题、简答题和计算题,在元素化学各章增加了完成并配平反应方程式题型;第三部分为参考答案,放在书的最后,该部分对简答题和计算题都给出了较详尽的解答。本书内容丰富,涉及知识面广,难度较大的题占有一定比例。

本书可作为综合性大学和师范院校化学类专业学生学习无机化学和普通化学时的辅助教材,也可供其他高等学校相关专业学生及教师参考使用,本书还可作为报考研究生的复习参考书。

图书在版编目(CIP)数据

无机化学例题与习题/徐家宁,史苏华,宋天佑编.—2 版.—北京:高等教育出版社,2007.8
ISBN 978-7-04-021936-4

I. 无… II. ①徐…②史…③宋… III. 无机化学—高等学校—习题 IV. O61-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 121276 号

策划编辑 鲍浩波 责任编辑 鲍浩波 封面设计 于文燕 责任绘图 黄建英
版式设计 张 岚 责任校对 杨雪莲 责任印制 毛斯璐

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landaco.com
印 刷	北京未来科学技术研究所 有限责任公司印刷厂	畅想教育	http://www.widedu.com
开 本	787×1092 1/16	版 次	2000 年 7 月第 1 版 2007 年 8 月第 2 版
印 张	24.25	印 次	2007 年 8 月第 1 次印刷
字 数	590 000	定 价	25.40 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 21936-00

第一版前言

本书是为配合高等教育出版社《无机化学》第三版(武汉大学、吉林大学等校编)而编写的一本配套教学参考书。可供综合性大学、师范院校和工院校的学生在学习无机化学或普通化学课程时参考使用,也可作为高等院校教师的教学参考书及高年级学生在报考化学类研究生时的参考资料。

做练习题是学习无机化学的重要环节,通过做练习题可以巩固和加深理解所学知识,提高学生分析问题和解决问题的能力。1996年春高等院校理科化学教学指导委员会无机化学与分析化学教学指导组在芜湖召开工作会议,会议期间我们接受高等教育出版社委托,编写《无机化学例题与习题》一书,以满足高等院校无机化学与普通化学的教学需要。在编写过程中,我们力求使本书具有以下特点:

一、选材紧扣无机化学教学的基本要求。近年来,随着教学改革不断深入,无机化学的教学内容有较大的调整,本书在内容的选择上体现了教学第一线的要求。

二、所选例题紧密地与《无机化学》第三版的教学内容相呼应,练习题的题型基本上与高等教育出版社出版的高等化学试题库的无机化学与普通化学试题相一致。在选择题、填空题、计算题和简答题的基础上,对于元素教学的各章又增设了完成并配平化学反应方程式题型,以便读者掌握重要的无机化学反应,加深对元素及其化合物性质与制备及用途的理解。

三、对所有习题,尤其是简答题都给出了较详尽的解答,附在书后,以便使用本书时查找。这样做可以提高学习效率,同时培养学生的自学能力。

四、在减少简单或重复性练习题的同时,增加了一些难度较大的综合性题、简答题。以满足报考研究生读者的需要。

本书共分17章,前9章为基础理论部分,后8章为元素部分。

本书在编写过程中参考了许多相关的无机化学和普通化学方面的习题集、习题解答、学习指导等参考书。在此对这些参考书的作者表示感谢。由于编者水平所限,错误在所难免。诚请广大读者批评指正。

吉林大学化学系 宋天佑

1999年1月

第二版前言

《无机化学例题与习题》自2000年出版以来,已印刷了十余次,发行六万多册,受到广大读者的欢迎。近几年来,随着我国高等教育事业的飞速发展,无机化学教材和教学内容发生了很大变化。为了适应教材的变化和教学内容的改革,满足广大读者在学习无机化学时的需求,我们决定修订本书。

2004年,由高等教育出版社出版的普通高等教育“十五”国家级规划教材《无机化学》(吉林大学、武汉大学、南开大学 宋天佑主编)开始在吉林大学及许多兄弟院校投入使用,本书的修订就是为更好地、更方便地使用这套教材。本次修订的原则,一是保持第一版的特色:题型全,解答详细;二是与无机化学教材的内容相呼应,所选例题主要以《无机化学》(吉林大学、武汉大学、南开大学 宋天佑主编)教材各章的习题为素材;三是修改、增加了部分习题。

本书共20章,前10章为基础理论部分,后10章为元素化学部分。

参加本书修订的有宋天佑(各章的例题)、史苏华(1~10章的习题和参考答案)和徐家宁(11~20章的习题和参考答案),最后由徐家宁统一修改、补充、定稿。本书在编写过程中得到了吉林大学无机化学教学组的井淑波、张丽荣、于杰辉、范勇、王莉、张萍等的大力支持,博士研究生王瑛同学参与了文字修改工作。

由于编著水平所限,错误之处在所难免,诚请广大读者批评指正,使本书在下次修订时进一步完善。

徐家宁
2007年6月
于吉林大学化学学院

目 录

第 1 章	化学基础知识	1
第 2 章	化学热力学基础	13
第 3 章	化学反应速率	28
第 4 章	化学平衡	41
第 5 章	原子结构与元素周期律	54
第 6 章	化学键理论概述	69
第 7 章	酸碱解离平衡	84
第 8 章	沉淀溶解平衡	99
第 9 章	氧化还原反应	111
第 10 章	配位化合物	130
第 11 章	s 区元素和稀有气体	146
第 12 章	硼族元素	157
第 13 章	碳族元素	164
第 14 章	氮族元素	174
第 15 章	氧族元素	188
第 16 章	卤素	200
第 17 章	铜副族和锌副族	211
第 18 章	铬副族和锰副族	222
第 19 章	铁系元素和铂系元素	232
第 20 章	钛副族和钒副族	242
习题参考答案	248
主要参考书目	379

第 1 章

化学基础知识

第一部分 例题

例 1.1 制备 5.00 dm^3 $0.5 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ 的氢溴酸,问需要 100 kPa , 300 K 情况下的 HBr 气体体积为多少?

解: 先求出氢溴酸中 HBr 的物质的量。

由 $c = \frac{n}{V}$, 所以 $n = cV$ 。

将题意中 $c = 0.5 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ 和 $V = 5.00 \text{ dm}^3$ 代入后, 求出:

$$\begin{aligned} n &= 0.5 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \times 5.00 \text{ dm}^3 \\ &= 2.50 \text{ mol} \end{aligned}$$

由理想气体的状态方程

$$pV = nRT$$

得

$$V = \frac{nRT}{p}$$

将 $T = 300 \text{ K}$, $R = 8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, $p = 100 \text{ kPa}$ 和 $n = 2.50 \text{ mol}$ 代入, 求出

$$\begin{aligned} V &= \frac{2.50 \text{ mol} \times 8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 300 \text{ K}}{100\,000 \text{ Pa}} \\ &= 0.0624 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

或者说 $V = 62.4 \text{ dm}^3$ 。

例 1.2 已知 1 dm^3 某气体在 101.3 kPa , 273 K 时质量为 2.86 g , 试计算该气体的平均相对分子质量。

解: 先计算气体的物质的量 n 。

由理想气体状态方程

$$pV = nRT$$

得

$$n = \frac{pV}{RT}$$

依题意 $V=1 \text{ dm}^3=1 \times 10^{-3} \text{ m}^3$, $p=101.3 \text{ kPa}$, $T=273 \text{ K}$, 代入求出 n :

$$\begin{aligned} n &= \frac{101.3 \text{ kPa} \times 1 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 273 \text{ K}} \\ &= 0.04463 \text{ mol} \end{aligned}$$

由题意知 0.04463 mol 气体的质量为 2.86 g , 故该气体的摩尔质量为

$$M = \frac{2.86 \text{ g}}{0.04463 \text{ mol}} = 64.1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

即平均相对分子质量为 64.1 。

例 1.3 有一容积为 30 dm^3 的高压气瓶, 可以耐压 $2.5 \times 10^4 \text{ kPa}$ 。试求在 298 K 时可装多少千克 O_2 而不致发生危险。

解: 先求出可以盛装的氧气的物质的量 n 。由理想气体的状态方程

$$pV = nRT$$

得

$$n = \frac{pV}{RT}$$

将题中条件代入, 即

$$p = 2.5 \times 10^7 \text{ Pa}, V = 30 \times 10^{-3} \text{ m}^3, T = 298 \text{ K}$$

故

$$\begin{aligned} n &= \frac{2.5 \times 10^7 \text{ Pa} \times 30 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 298 \text{ K}} \\ &= 302.7 \text{ mol} \end{aligned}$$

因为氧气的摩尔质量 M 为 $32 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, 故氧气的质量

$$\begin{aligned} m &= Mn \\ &= 32 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 302.7 \text{ mol} \\ &= 9.69 \text{ kg} \end{aligned}$$

即该气瓶可盛装 9.69 kg 氧气而不致发生危险。

例 1.4 在温度和压强相同时, 充满烧瓶的气体 A 为 0.06 g , 而充满相同容积的烧瓶的 O_2 为 0.48 g 。试求 A 气体的相对分子质量。若 O_2 从瓶中扩散出一半需要 100 s 时间, 求 A 气体从瓶中扩散出一半需要的时间。

解: 根据 Avogadro 定律, 当 T, p 一定时, 气体的体积与物质的量成正比, 即 $V \propto n$, 题意中容器的体积相同, 即气体的体积相同, 故知 A 气体的物质的量与氧气的物质的量相等, 即 $n_{\text{O}_2} = n_{\text{A}}$, 故

$$\frac{0.48 \text{ g}}{32 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = \frac{0.06 \text{ g}}{M_{\text{A}}}$$

求得 $M_{\text{A}} = 4 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。故 A 气体的相对分子质量为 4 。

根据气体扩散定律, 气体的扩散速率与其相对分子质量的平方根成反比, 即

$$\frac{u_A}{u_{O_2}} = \sqrt{\frac{M_r(O_2)}{M_r(A)}}$$

故

$$\begin{aligned}\frac{u_A}{u_{O_2}} &= \sqrt{\frac{32}{4}} \\ &= 2.83\end{aligned}$$

即 A 气体的扩散速率是氧气的 2.83 倍,依题意氧气的扩散用 100 s 时间,所以 A 气体扩散用的时间为

$$\frac{100 \text{ s}}{2.83} = 35 \text{ s}$$

例 1.5 410 K 时某容器内装有 0.30 mol N_2 , 0.10 mol O_2 和 0.10 mol He, 当混合气体的总压为 100 kPa 时 He 的分压是多少? N_2 的分体积是多少?

解: 先求出组分气体 He 的摩尔分数

$$\begin{aligned}n &= \sum_i n_i = 0.30 \text{ mol} + 0.10 \text{ mol} + 0.10 \text{ mol} \\ &= 0.50 \text{ mol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}x_{\text{He}} &= \frac{n_{\text{He}}}{n} = \frac{0.10 \text{ mol}}{0.50 \text{ mol}} \\ &= \frac{1}{5}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}p_i &= p_{\text{总}} x_i \\ &= 100 \text{ kPa} \times \frac{1}{5} \\ &= 20 \text{ kPa}\end{aligned}$$

即 He 的分压为 $p_{\text{He}} = 20 \text{ kPa}$ 。

由公式 $p_{\text{总}} V_i = n_i RT$ 得

$$V_i = \frac{n_i RT}{p_{\text{总}}}$$

将题中 $n_{N_2} = 0.30 \text{ mol}$, $T = 410 \text{ K}$ 和 $p_{\text{总}} = 100 \text{ kPa}$ 代入公式即可求出

$$\begin{aligned}V_{N_2} &= \frac{0.30 \text{ mol} \times 8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 410 \text{ K}}{100\,000 \text{ Pa}} \\ &= 10 \text{ dm}^3\end{aligned}$$

即 N_2 的分体积为 10 dm^3 。

例 1.6 在一定温度下,将 0.66 kPa 的氮气 3.0 dm^3 和 1.00 kPa 的氢气 1.0 dm^3 混合在 2.0 dm^3 的密闭容器中。假定混合前后温度不变,则混合气体的总压为多少?

解: 先求混合气体中氮气组分的分压。

依题意,某温度下 $p_1 = 0.66 \text{ kPa}$, $V_1 = 3.0 \text{ dm}^3$, 可以求出在该温度下氮气占有混合气体总体积 $V_2 = 2.0 \text{ dm}^3$ 时所具有的压强 p_2 。

根据 Boyle 定律, n, T 一定时

$$V \propto \frac{1}{p}$$

即

$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$

故

$$\begin{aligned} p_2 &= \frac{p_1 V_1}{V_2} = \frac{0.66 \text{ kPa} \times 3.0 \text{ dm}^3}{2.0 \text{ dm}^3} \\ &= 0.99 \text{ kPa} \end{aligned}$$

按分压的定义, 这就是混合气体中氮气的分压 p_{N_2} , 同理可以求出混合气体中氢气的分压, $p_{H_2} = 0.50 \text{ kPa}$ 。由分压定律公式 $p_{\text{总}} = \sum p_i$, 故

$$\begin{aligned} p_{\text{总}} &= p_{N_2} + p_{H_2} = 0.99 \text{ kPa} + 0.50 \text{ kPa} \\ &= 1.49 \text{ kPa} \end{aligned}$$

例 1.7 在 100 kPa 和 298 K 时, 有含饱和水蒸气的空气 3.47 dm^3 , 如将其中的水除去, 则干燥空气的体积为 3.36 dm^3 。试求在此温度下水的饱和蒸气压。

解: 含饱和水蒸气的空气是一种混合气体, 它遵循分压定律。

由公式 $p_i V_{\text{总}} = n_i RT$ 和 $p_{\text{总}} V_i = n_i RT$ 联立得

$$p_i V_{\text{总}} = p_{\text{总}} V_i$$

故

$$p_i = p_{\text{总}} \frac{V_i}{V_{\text{总}}}$$

将混合气体的总压 $p_{\text{总}} = 100 \text{ kPa}$, 干燥空气的分体积 $V_i = 3.36 \text{ dm}^3$ 和混合气体的总体积 $V_{\text{总}} = 3.47 \text{ dm}^3$ 代入, 可求出干燥空气的分压 p_i 。

$$\begin{aligned} p_i &= 100 \text{ kPa} \times \frac{3.36 \text{ dm}^3}{3.47 \text{ dm}^3} \\ &= 96.83 \text{ kPa} \end{aligned}$$

由公式 $p_{\text{总}} = \sum_i p_i$, 所以水蒸气的饱和蒸气压即水的分压为

$$\begin{aligned} p_{H_2O} &= p_{\text{总}} - p_i \\ &= 100 \text{ kPa} - 96.83 \text{ kPa} \\ &= 3.17 \text{ kPa} \end{aligned}$$

例 1.8 313 K 时将 1000 cm^3 饱和苯蒸气和空气的混合气体从压强为 $9.97 \times 10^4 \text{ Pa}$ 压缩到 $5.05 \times 10^5 \text{ Pa}$ 。问在此过程中有多少克苯凝结成液体? (已知 313 K 苯的饱和蒸气压为 $2.41 \times 10^4 \text{ Pa}$)

解: 在压缩前后混合气体中苯的分压均等于苯的饱和蒸气压。则压缩前空气的分压为

$$p_1 = 9.97 \times 10^4 \text{ Pa} - 2.41 \times 10^4 \text{ Pa} = 7.56 \times 10^4 \text{ Pa}$$

压缩后空气的分压为

$$p_2 = 5.05 \times 10^5 \text{ Pa} - 2.41 \times 10^4 \text{ Pa} = 4.81 \times 10^5 \text{ Pa}$$

压缩前后空气的物质的量、温度均未发生变化,由 $p_1V_1 = p_2V_2$ 得压缩后混合气体的体积为

$$V_2 = \frac{p_1V_1}{p_2} = \frac{7.56 \times 10^4 \text{ Pa} \times 1000 \text{ cm}^3}{4.81 \times 10^5 \text{ Pa}} = 157.2 \text{ cm}^3$$

凝结成液体的苯的物质的量等于压缩前后苯蒸气的物质的量之差

$$\begin{aligned} n_{\text{凝}} &= n_1 - n_2 = \frac{pV_1}{RT} - \frac{pV_2}{RT} = \frac{p}{RT}(V_1 - V_2) \\ &= \frac{2.41 \times 10^4 \text{ Pa}}{8.314 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 313 \text{ K}} \times (1000 - 157.2) \times 10^{-6} \text{ m}^3 \\ &= 7.8 \times 10^{-3} \text{ mol} \end{aligned}$$

凝结成液体的苯质量为

$$7.8 \times 10^{-3} \text{ mol} \times 78 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 0.608 \text{ g}$$

例 1.9 25 °C, 一个容器中充入等物质的量的 H_2 和 O_2 , 总压为 100 kPa。混合气体点燃充分反应后, 容器中氧的分压是多少? 若已知在 25 °C 时水的饱和蒸气压为 3.17 kPa, 问容器中气体的总压是多少?

解: 反应式 $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$

反应前 n_0/mol $2a$ $2a$ 0

反应后 n_i/mol 0 a $2a$

反应后的体系是 $a \text{ mol } \text{O}_2$ 和饱和水蒸气形成的混合气体。其中水蒸气的分压为 $p_{\text{H}_2\text{O}}$, 由题意可知 $p_{\text{H}_2\text{O}} = 3.17 \text{ kPa}$ 。

据此求氧气的分压 p_{O_2} 。根据分压的定义, 当 $a \text{ mol}$ 氧气单独占有容器总体积 V 时, 其压强即为 p_{O_2} 。

由 $pV = nRT$, 得出当 V, R, T 不变时有 $p \propto n$, 即压强与物质的量成正比。根据题意 $4a \text{ mol}$ 气体形成的压强为 100 kPa, 可知 $a \text{ mol}$ 氧气形成的 p_{O_2} 为

$$\frac{100 \text{ kPa}}{4} = 25 \text{ kPa}$$

由分压定律 $p_{\text{总}} = \sum_i p_i$, 故

$$p_{\text{总}} = p_{\text{O}_2} + p_{\text{H}_2\text{O}}$$

即 $p_{\text{总}} = 25 \text{ kPa} + 3.17 \text{ kPa} = 28.17 \text{ kPa}$

例 1.10 313 K 时 CHCl_3 的饱和蒸气压为 49.3 kPa, 于此温度和 98.6 kPa 的压强下, 将 4.00 dm^3 空气缓缓通过 CHCl_3 , 致使每个气泡都为 CHCl_3 饱和。求(1) 通过 CHCl_3 后, 空气和 CHCl_3 混合气体的体积是多少? (2) 被空气带走的 CHCl_3 的质量是多少?

解: (1) 将题中的过程理解为一个 $p_1 = 98.6 \text{ kPa}$, $V_1 = 4.00 \text{ dm}^3$ 的空气气泡缓缓通过 CHCl_3 液体, 气泡在被 CHCl_3 饱和的过程中体系的总压没变, 气泡的体积增大。通过 CHCl_3 后的气泡是个混合气体体系, $V_{\text{总}}$ 是其体积, $p_{\text{总}} = 98.6 \text{ kPa}$ 。 CHCl_3 的饱和蒸气压 49.3 kPa 是混合气体中该组分的分压 p_2 , 设另一组分空气的分压为 $p_{\text{空}}$, 则

$$\begin{aligned}
 p_{\text{空}} &= p_{\text{总}} - p_2 \\
 &= 98.6 \text{ kPa} - 49.3 \text{ kPa} \\
 &= 49.3 \text{ kPa}
 \end{aligned}$$

对组分气体空气,使用 Boyle 定律,因为 T, n 不变, $p_{\text{空}} V_{\text{总}} = p_1 V_1$, 故

$$\begin{aligned}
 V_{\text{总}} &= \frac{p_1 V_1}{p_{\text{空}}} \\
 V_{\text{总}} &= \frac{98.6 \text{ kPa} \times 4.0 \text{ dm}^3}{49.3 \text{ kPa}} \\
 &= 8 \text{ dm}^3
 \end{aligned}$$

(2) 对组分气体 CHCl_3 使用理想气体状态方程 $p_2 V_{\text{总}} = nRT$, 故混合气体中 CHCl_3 的物质的量为

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{p_2 V_{\text{总}}}{RT} = \frac{49.3 \text{ kPa} \times 8 \text{ dm}^3}{8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 313 \text{ K}} \\
 &= 0.152 \text{ mol}
 \end{aligned}$$

因为 CHCl_3 的摩尔质量 $M = 119.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, 故带走的 CHCl_3 的质量为

$$\begin{aligned}
 m &= Mn = 119.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 0.152 \text{ mol} \\
 &= 18.16 \text{ g}
 \end{aligned}$$

例 1.11 已知 60°C 时水的饱和蒸气压为 19.9 kPa , 在此温度下将 180 g 葡萄糖溶到 180 g 水中, 此水溶液的蒸气压为多少?

解: 首先求出溶剂的物质的量和溶质的物质的量

$$n_{\text{剂}} = \frac{180 \text{ g}}{18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 10 \text{ mol}$$

$$n_{\text{质}} = \frac{180 \text{ g}}{180 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 1 \text{ mol}$$

则

$$\begin{aligned}
 x_{\text{剂}} &= \frac{n_{\text{剂}}}{n_{\text{剂}} + n_{\text{质}}} = \frac{10 \text{ mol}}{10 \text{ mol} + 1 \text{ mol}} \\
 &= 0.909
 \end{aligned}$$

再根据 Raoult 定律

$$p = p^* \cdot x_{\text{剂}}$$

故此水溶液的蒸气压为

$$\begin{aligned}
 p &= 19.9 \text{ kPa} \times 0.909 \\
 &= 18.1 \text{ kPa}
 \end{aligned}$$

例 1.12 计算质量分数为 5% 的蔗糖 ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$) 溶液的凝固点。已知水的 $K_f = 1.86 \text{ K} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{kg}$ 。

解: 在 1000 g 水中溶有蔗糖的质量为

$$\frac{5 \text{ g}}{(100-5)\text{g}} \times 1000 \text{ g} = 52.63 \text{ g}$$

溶液的质量摩尔浓度

$$b = \frac{52.63 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}}{342 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.1539 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$$

溶液的凝固点降低值

$$\Delta T_f = K_f \cdot b = 1.86 \text{ K} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{kg} \times 0.1539 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1} = 0.286 \text{ K}$$

水的凝固点为 273 K, 则 5% 蔗糖的凝固点为

$$273 \text{ K} - 0.286 \text{ K} = 272.714 \text{ K}$$

例 1.13 300 K 时, $4.0 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$ 的聚氯乙烯溶液, 其渗透压为 65 Pa。试计算聚氯乙烯的平均相对分子质量。

解: 由渗透压公式 $\Pi = cRT$ 得

$$c = \frac{\Pi}{RT}$$

将题中 $\Pi = 65 \text{ Pa}$ 和 $T = 300 \text{ K}$ 代入, 得

$$\begin{aligned} c &= \frac{65 \text{ Pa}}{8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 300 \text{ K}} \\ &= 2.61 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3} \\ &= 2.61 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \end{aligned}$$

依题意每升溶液中的 $2.61 \times 10^{-5} \text{ mol}$ 聚氯乙烯的质量为 4.0 g , 设聚氯乙烯的摩尔质量为 M , 则

$$\begin{aligned} M &= \frac{4.0 \text{ g}}{2.61 \times 10^{-5} \text{ mol}} \\ &= 1.5 \times 10^5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \end{aligned}$$

故聚氯乙烯的平均相对分子质量为 1.5×10^5 。

例 1.14 测得人体血液的冰点降低值为 0.56 K , 求人体温度 37°C 时血液的渗透压。已知 $K_f = 1.86 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

解: 先求出血液的质量摩尔浓度 b , 由公式 $\Delta T_f = K_f b$ 得

$$b = \frac{\Delta T_f}{K_f}$$

由题意知 $\Delta T_f = 0.56 \text{ K}$, 又已知 $K_f = 1.86 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$, 故

$$b = \frac{0.56 \text{ K}}{1.86 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.3011 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$$

对于稀溶液质量摩尔浓度 b 在数值上等于物质的量浓度 c , 故知血液的物质的量浓度 $c = 0.3011 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$, 相当于 $3.011 \times 10^2 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3}$ 。

题设温度为 37°C , 相当于 $(273 + 37)\text{K}$, 即温度 $T = 310 \text{ K}$ 。

再由公式 $\Pi = cRT$, 求出渗透压 Π 。

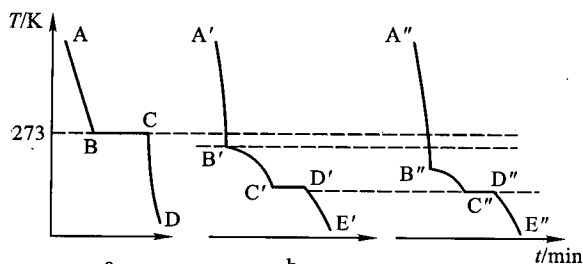
$$\begin{aligned} \Pi &= 3.011 \times 10^2 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3} \times 8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 310 \text{ K} \\ &= 776 \text{ kPa} \end{aligned}$$

第二部分 习题

一、选择题

- 1.1 在标准状态下,气体 A 的密度为 $2 \text{ g}\cdot\text{dm}^{-3}$,气体 B 的密度为 $0.08 \text{ g}\cdot\text{dm}^{-3}$ 。则气体 A 对 B 的相对扩散速率为
(A) 25:1; (B) 5:1; (C) 1:2; (D) 1:5。
- 1.2 在一次渗流实验中,一定物质的量的未知气体通过小孔渗向真空,需要的时间为 5 s;在相同条件下相同物质的量的氧气渗流需要 20 s。则未知气体的相对分子质量应是
(A) 2; (B) 4; (C) 8; (D) 16。
- 1.3 实验测得 H_2 的扩散速率是一未知气体扩散速率的 2.9 倍。则该未知气体的相对分子质量约为
(A) 51; (B) 34; (C) 17; (D) 28。
- 1.4 常压下将 1 dm^3 气体的温度从 0°C 升到 273°C ,其体积将变为
(A) 0.5 dm^3 ; (B) 1 dm^3 ; (C) 1.5 dm^3 ; (D) 2 dm^3 。
- 1.5 在 25°C , 101.3 kPa 时,下面几种气体的混合气体中分压最大的是
(A) 0.1 g H_2 ; (B) 1.0 g He ; (C) 5.0 g N_2 ; (D) 10 g CO_2 。
- 1.6 合成氨的原料气中氢气和氮气的体积比为 3:1,若原料气中含有其他杂质气体的体积分数为 4%,原料气总压为 $15\,198.75 \text{ kPa}$,则氮气的分压是
(A) $3\,799.688 \text{ kPa}$; (B) $10\,943.1 \text{ kPa}$; (C) $3\,647.7 \text{ kPa}$; (D) $11\,399.06 \text{ kPa}$ 。
- 1.7 将一定量 KClO_3 加热后,其质量减少 0.48 g 。生成的氧气用排水取气法收集。若温度为 21°C ,压力为 $99\,591.8 \text{ Pa}$,水的饱和蒸气压为 $2\,479.8 \text{ Pa}$,氧气相对分子质量为 32.0,则收集的气体体积为
(A) 188.5 cm^3 ; (B) 754 cm^3 ; (C) 565.5 cm^3 ; (D) 377.6 cm^3 。
- 1.8 由 NH_4NO_2 分解得氮气和水。在 23°C , $95\,549.5 \text{ Pa}$ 条件下,用排水取气法收集到 57.5 cm^3 氮气。已知水的饱和蒸气压为 $2\,813.1 \text{ Pa}$,则干燥后氮气的体积为
(A) 55.8 cm^3 ; (B) 27.9 cm^3 ; (C) 46.5 cm^3 ; (D) 18.6 cm^3 。
- 1.9 $1\,000 \text{ g}$ 水中溶解 0.1 mol 食盐的水溶液与 $1\,000 \text{ g}$ 水中溶解 0.1 mol 葡萄糖的水溶液,在 $1.013\times 10^5 \text{ Pa}$,下列有关沸点的陈述中正确的是
(A) 都高于 100°C ,但食盐水比葡萄糖水要低;
(B) 都高于 100°C ,但葡萄糖水比食盐水要低;
(C) 食盐水低于 100°C ,葡萄糖水高于 100°C ;
(D) 食盐水高于 100°C ,葡萄糖水低于 100°C 。
- 1.10 若溶液的浓度都为 $0.1 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$,则下列水溶液的沸点由高到低排列,顺序正确的是
(A) $\text{Na}_2\text{SO}_4, \text{NaCl}, \text{HAc}$; (B) $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3, \text{NaCl}, \text{Na}_2\text{SO}_4$;
(C) $\text{NaAc}, \text{K}_2\text{CrO}_4, \text{NaCl}$; (D) $\text{NaCl}, \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7, \text{CaCl}_2$ 。

- 1.11 如果某水合盐的蒸气压低于相同温度下水的蒸气压,则这种盐可能会发生的现象是
(A) 起泡; (B) 风化; (C) 潮解; (D) 不受大气组成影响。
- 1.12 在 100 g 水中含 4.5 g 某非电解质的溶液于 $-0.465\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时结冰,则该非电解质的相对分子质量约为(已知水的 $K_f=1.86\text{ K}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{kg}$)
(A) 90; (B) 135; (C) 172; (D) 180。
- 1.13 在相同温度下,和 1% 尿素 $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$ 水溶液具有相同渗透压的葡萄糖 $(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)$ 溶液的浓度约为
(A) 2%; (B) 3%; (C) 4%; (D) 5%。
- 1.14 处于恒温条件下的一封闭容器中有两杯液体,A 杯为纯水,B 杯为蔗糖水溶液。放置足够长时间后则发现
(A) A 杯水减少,B 杯水满后不再变化;
(B) B 杯水减少,A 杯水满后不再变化;
(C) A 杯变成空杯,B 杯水满后溢出;
(D) B 杯水干并有蔗糖晶体,A 杯水满后溢出。
- 1.15 处于室温一密闭容器内有水及与水相平衡的水蒸气。现充入不溶于水也不与水反应的气体,则水蒸气的压力
(A) 增加; (B) 减少; (C) 不变; (D) 不能确定。
- 1.16 溶解 3.24 g 硫于 40 g 苯中,苯的沸点升高 $0.81\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。若苯的 $K_b=2.53\text{ K}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{kg}$,则溶液中硫分子的组成是
(A) S_2 ; (B) S_4 ; (C) S_6 ; (D) S_8 。
- 1.17 为防止水在仪器内结冰,可在水中加入甘油 $(\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3)$ 。欲使其冰点下降至 $-2.0\text{ }^{\circ}\text{C}$,则应在 100 g 水中加入甘油(水的 $K_f=1.86\text{ K}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{kg}$)
(A) 9.89 g; (B) 3.30 g; (C) 1.10 g; (D) 19.78 g。
- 1.18 测得人体血液的冰点降低值 $\Delta T_f=0.56\text{ K}$ 。已知 $K_f=1.86\text{ K}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{kg}$,则在体温 $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时血液的渗透压是
(A) 1776 kPa; (B) 388 kPa; (C) 776 kPa; (D) 194 kPa。
- 1.19 土壤中 NaCl 含量高时植物难以生存,这与下列稀溶液的性质有关的是
(A) 蒸气压下降; (B) 沸点升高; (C) 冰点下降; (D) 渗透压。
- 1.20 下图表示纯水、 $0.05\text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}\text{ NaCl}$ 溶液、 $0.10\text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}\text{ NaCl}$ 溶液的步冷曲线,则下列判断错误的是



(a. 纯水; b. $0.05\text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}\text{ NaCl}$ 溶液; c. $0.10\text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}\text{ NaCl}$ 溶液)

- (A) 从 B 点(及 B', B'' 点)开始,有冰析出;
 (B) 三种情况下平台表示体系处于饱和状态;
 (C) b, c 图中所析出的低共熔混合物的组成相同,低共熔点也相同;
 (D) D', D'' 点已经全部变为固体。

二、填空题

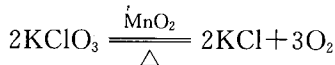
- 1.21 实际气体与理想气体发生偏差的主要原因是_____。
- 1.22 当气体为 1 mol 时,实际气体的状态方程式为_____。
- 1.23 一定体积的干燥空气从易挥发的三氯甲烷液体中通过后,空气体积变_____,空气分压变_____。
- 1.24 在标准状态下,空气中氧的分压是_____ Pa。
- 1.25 某气体在 293 K 和 9.97×10^4 Pa 时占有体积 0.19 dm^3 ,质量为 0.132 g。则该气体的摩尔质量约等于_____,该气体可能是_____。
- 1.26 某理想气体在 273 K 和 101.3 kPa 时的体积为 0.312 m^3 ,则在 298 K 和 98.66 kPa 时其体积为_____ m^3 。
- 1.27 将 4.4 g CO_2 , 14 g N_2 和 12.8 g O_2 盛于一容器中,气体总压为 2.026×10^5 Pa,则混合气体中各组分气体的分压为: CO_2 _____ Pa; N_2 _____ Pa; O_2 _____ Pa。
- 1.28 在相同的温度和压力下,两个容积相同的烧瓶中分别充满 O_3 气体和 H_2S 气体。已知 H_2S 的质量为 0.34 g,则 O_3 的质量为_____ g。
- 1.29 在 300 K, 1.013×10^5 Pa 时加热一敞口细颈瓶到 500 K,然后封闭细颈口并冷却到原来的温度,则该瓶内的压强为_____。
- 1.30 在 57 °C 时,用排水集气法在 1.0×10^5 Pa 下把空气收集在一个带活塞的瓶中,此时湿空气体积为 1.0 dm^3 。已知,57 °C 时水的饱和蒸气压为 1.7×10^4 Pa,10 °C 时水的饱和蒸气压为 1.2×10^3 Pa。
 (1) 温度不变,若压强降为 5.0×10^4 Pa 时,该气体体积变为_____ dm^3 ;
 (2) 温度不变,若压强增为 2.0×10^5 Pa 时,该气体体积变为_____ dm^3 ;
 (3) 压强不变,若温度为 100 °C,该气体体积应是_____ dm^3 ;若温度为 10 °C,该气体体积为_____ dm^3 。
- 1.31 10.00 cm^3 NaCl 饱和溶液的质量为 12.003 g,将其蒸干后得 NaCl 3.173 g,则 NaCl 的溶解度为_____ ;溶液的质量分数为_____ ;溶液的物质的量浓度为_____ ;溶液的质量摩尔浓度为_____ ;溶液中盐的物质的量分数和水的物质的量分数分别为_____ 和_____ 。
- 1.32 在 26.6 g 氯仿(CHCl_3)中溶解 0.402 g 萘(C_{10}H_8),其沸点比氯仿的沸点高 0.455 K,则氯仿的沸点升高常数为_____ 。
- 1.33 下面几种溶液,① $0.1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$;② $0.2 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ CuSO_4 ;③ $0.3 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ NaCl ;④ $0.3 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ 的尿素。按溶液的凝固点由高到低的顺序是_____ 。
- 1.34 现有四种水溶液;(a) $0.2 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ KCl ; (b) $0.1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$;

(c) $0.25 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \text{NH}_3$; (d) $0.04 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \text{BaCl}_2$ 。按凝固点由高到低排列的顺序是_____。

- 1.35 海水结冰的温度比纯水结冰的温度_____，其温度改变值可以用_____关系式表示。

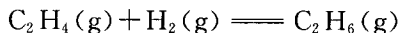
三、简答题和计算题

- 1.36 在 273 K 时，将相同初压的 $4.0 \text{ dm}^3 \text{N}_2$ 和 $1.0 \text{ dm}^3 \text{O}_2$ 压缩到一个容积为 2.0 dm^3 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。
- 1.37 一敞口烧瓶在 280 K 时所盛的气体，需加热到什么温度时才能使其三分之一逸出瓶外？
- 1.38 在体积为 0.50 dm^3 的烧瓶中充满 NO 和 O_2 混合气体，温度为 298 K，压强为 $1.23 \times 10^5 \text{ Pa}$ 。反应一段时间后，瓶内总压变为 $8.3 \times 10^4 \text{ Pa}$ 。求生成 NO_2 的质量。
- 1.39 将氮气和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物质的量分数；
 - (2) 若温度为 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）
- 1.40 302 K 时在 3.0 dm^3 的真空容器中装入氮气和一定量的水，测得初压为 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ 。用电解法将容器中的水完全转变为氢气和氧气后，测得最终压强为 $1.88 \times 10^5 \text{ Pa}$ 。求容器中水的质量。已知 302 K 时水的饱和蒸气压是 $4.04 \times 10^3 \text{ Pa}$ 。
- 1.41 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 $0.899 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$ 。试确定这种氟化氙的分子式。
- 1.42 在 303 K, $7.97 \times 10^4 \text{ Pa}$ 时由排水集气法收集到 1.50 dm^3 氧气。问有多少克氯酸钾按下式发生了分解？



已知 303 K 时水的饱和蒸气压为 $4.23 \times 10^3 \text{ Pa}$ 。

- 1.43 由 C_2H_4 和过量 H_2 组成的混合气体的总压为 6 930 Pa。使混合气体通过铂催化剂进行下列反应：



待完全反应后，在相同温度和体积下，压强降为 4 530 Pa。求原混合气体中 C_2H_4 的物质的量分数。

- 1.44 某项实验要求缓慢地加入乙醇 ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)，现采用将空气通过液体乙醇带入乙醇气体的方法进行。在 293 K, $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ 时，为引入 2.3 g 乙醇，求需空气的体积。已知 293 K 时乙醇的蒸气压为 5 866.2 Pa。
- 1.45 在 273 K 和 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ 下，将 1.0 dm^3 干燥的空气缓慢通过二甲醚 (CH_3OCH_3) 液体。在此过程中，液体损失 0.0335 g。求二甲醚在 273 K 时的饱和蒸气压。