



高等学校理工类课程学习辅导丛书



普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套参考书

无机化学习题解答

(第二版) 配套吉林大学等校编《无机化学》(第二版)

张丽荣 于杰辉 宋天佑



高等学校理工类课程学习辅导丛书



普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套参考书

无机化学习题解答

WUJI HUAXUE XITI JIEDA

(第二版)

配套吉林大学等校编《无机化学》(第二版)

张丽荣 于杰辉 宋天佑 编



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容提要

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材《无机化学》(第二版)(吉林大学、武汉大学、南开大学编,宋天佑主编)的配套教学参考书。全书共 21 章,详细解答了《无机化学》(第二版)2~22 章的全部习题,可以作为使用该教材教学的参考用书。本书按照主教材各章习题的编号将题目列出,之后给以详细解答。这种编写体例保证了本书在使用上的相对独立性。

本书可作为高等学校化学化工类专业的无机化学课程及普通化学课程的辅助教材和习题课教材,亦可供化学化工类专业高年级学生考研复习参考。

图书在版编目(CIP)数据

无机化学习题解答/张丽荣,于杰辉,宋天佑编. —2
版. —北京:高等教育出版社,2010.12
ISBN 978-7-04-031146-4

I. ①无… II. ①张… ②于… ③宋… III. ①无机
化学-高等学校-解题 IV. ①O61-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 215621 号

策划编辑 鲍浩波
版式设计 王莹

封面设计 李卫青
责任印制 尤静

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 化学工业出版社印刷厂

开 本 787×960 1/16
印 张 17.5
字 数 320 000

购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2006 年 5 月第 1 版
2010 年 12 月第 2 版
印 次 2010 年 12 月第 1 次印刷
定 价 26.40 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 31146-00

第二版前言

本书是高等教育出版社出版的普通高等教育“十一五”国家级规划教材《无机化学》(第二版)(吉林大学、武汉大学、南开大学编,宋天佑主编)的配套教学参考书。主教材上、下册已分别于2009年、2010年出版。

《无机化学》(第二版)在保持第一版可讲授性特色和较完整资料性特色的前提下,对第一版教材作出了修订。对于“化学热力学基础”、“化学键理论概述”和“氧化还原反应”等章的内容作了修正和补充。同时重点修订了元素部分:适当压缩“氧族元素”和“无机化学新兴领域简介”两章的篇幅,取消“无机物性质规律讨论”一章,充实过渡金属元素各章的知识内容。《无机化学》(第二版)的这些修正在本书中均有所体现。

《无机化学》(第二版)将课后复习内容分成两个部分:总结与思考题、习题。其目的是引导学生认真总结课堂上学习的内容,并在此基础上去完成作业,以便更好地掌握知识,提高解决问题的能力。并在原有基础上补充和修改了各章的部分习题。本书尽可能详细地解答了《无机化学》(第二版)的全部习题,对于总结与思考题仍旧留给学生和读者自己去总结和思考。本书按照《无机化学》(第二版)各章习题的编号将题目列出,之后给出解答。这种作法保证了本书在作为习题集使用时的相对独立性。

参加本书编写工作的有宋天佑(第2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、18章),张丽荣(第12、14、16、20和22章),于杰辉(第13、15、17、19和21章),全书由宋天佑统稿。

本次修订工作得到南开大学程鹏、武汉大学程功臻和吉林大学徐家宁、史苏华、王杏乔、井淑波、王莉的大力支持。在此一并表示谢意。

由于编者水平所限,本版的错误之处恳请广大读者和同行们指出,以期再次印刷和再版时得以改正。

宋天佑

2010年7月28日

于吉林大学

第一版前言

做习题是学好一门课程的重要环节。教材应附有一定数量的习题,用以巩固学过的知识,检验对知识掌握的程度。《无机化学习题解答》是普通高等教育“十五”国家级规划教材《无机化学》(吉林大学宋天佑主编)的配套参考书。本书详细解答了教材第2~25章全部习题。为使章节的序号与《无机化学》教材相对应以方便读者使用,本书不设第1章,从第2章起各章的序号及内容均与《无机化学》教材完全一致。

本书将《无机化学》教材的习题完整列出,然后给以解答。这种做法提高了本书的独立性和适用性,使之不仅仅是配套参考书,而且还是一本知识内容较全面、习题难度适中的习题课教材。

编写《无机化学》时,我们曾注意提高教材的可读性和可讲授性。在编写本习题解答的过程中,我们也尽量给出解题的完整思路和详细步骤,以求在更大程度上有助于读者理解无机化学的基本内容。

至于习题解答对于学生的学习会起到怎样的作用,则因人而异。我们希望学生在认真学习和复习课堂讲授的知识内容以后,再由浅入深地完成习题,以检验和巩固学过的知识。每做一道习题,就要有一定的收获,就要对问题的理解得到进一步的加深。从这个意义上说,完成习题是对课堂学习的一种补充。无机化学习题解答版本很多,每一种水平较高的习题解答都可以起到上述作用。初学者能够正确地选用一两本进行学习就可以了,千万不要陷入“题海”。从习题解答上抄写来应付作业,当然是最不可取的做法,相信我们的学生不会这样做。

本书由宋天佑主编。参加编写工作的人员有宋天佑(第2、3、4、5、8、9、10、13和14章),史苏华(第6、7、16、17、19、20、22和23章),徐家宁(第11、12、15、18、21、24和25章)。最后由宋天佑进行补充、修改、整理和定稿。无机化学教学组的教师张萍、于杰辉、张丽荣、井淑波,进修教师马奎蓉,研究生王莉、任红、石晶、赵杰、田振芬等为本书的编写做了许多有益的工作。武汉大学程功臻老师一直关心本书的编写,曾在百忙之中对第20和22章部分习题的解答给以指导。高等教育出版社岳延陆编审等对于本书的出版给予了大力支持和帮助。对此我们谨表示由衷的感谢。

《无机化学》教材出版以后,许多读者通过不同渠道向我们表示了对于配套习题解答的关心和需求之意。这在很大程度上坚定了我们编写《无机化学习题

解答》一书的意愿,使本习题解答能在《无机化学》教材出版一年后与读者见面。
在这里对关心和支持我们工作的广大读者致以谢意。

由于水平所限,错讹之处难免,敬请同行和读者斧正。

宋天佑

2006年1月17日

于吉林大学

目 录

第 2 章	化学基础知识	1
第 3 章	化学热力学基础	12
第 4 章	化学反应速率	30
第 5 章	化学平衡	42
第 6 章	原子结构与元素周期律	59
第 7 章	化学键理论概述	69
第 8 章	酸碱解离平衡	87
第 9 章	沉淀溶解平衡	101
第 10 章	氧化还原反应	115
第 11 章	配位化学基础	142
第 12 章	碱金属和碱土金属	163
第 13 章	硼族元素	170
第 14 章	碳族元素	179
第 15 章	氮族元素	191
第 16 章	氧族元素	205
第 17 章	卤素	215
第 18 章	氢和稀有气体	226
第 19 章	铜副族元素和锌副族元素	231
第 20 章	钛副族元素和钒副族元素	241
第 21 章	铬副族元素和锰副族元素	247
第 22 章	铁系元素和铂系元素	259

第2章 化学基础知识

2-1 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 $n = cV$ 。

将题设中 $c = 0.5 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ 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 $V = 62.4 \text{ dm}^3$ 。

2-2 已知 1 dm^3 某气体在标准状况下质量为 2.86 g , 试计算该气体的平均相对分子质量, 并计算其在 17°C 和 207 kPa 时的密度。

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 :

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

$$=0.044\ 63\ \text{mol}$$

由题设知 $0.044\ 63\ \text{mol}$ 气体的质量为 $2.86\ \text{g}$, 故该气体的摩尔质量为

$$M = \frac{2.86\ \text{g}}{0.044\ 63\ \text{mol}} = 64.1\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

即平均相对分子质量为 64.1 。

设 $17\ ^\circ\text{C}$ 和 $207\ \text{kPa}$ 时气体的体积为 V , 由理想气体的状态方程知:

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

代入题设条件

$$\begin{aligned} V &= \frac{0.044\ 63\ \text{mol} \times 8.314\ \text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times (273 + 17)\ \text{K}}{207\ 000\ \text{Pa}} \\ &= 5.198 \times 10^{-4}\ \text{m}^3 \end{aligned}$$

即气体的体积为 $0.519\ 8\ \text{dm}^3$ 。

设气体的密度为 ρ , 则

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{m}{V} = \frac{2.86\ \text{g}}{0.519\ 8\ \text{dm}^3} \\ &= 5.50\ \text{g} \cdot \text{dm}^{-3} \end{aligned}$$

2-3 有一容积为 $30\ \text{dm}^3$ 的高压气瓶, 可以耐压 $2.5 \times 10^4\ \text{kPa}$ 。试求在 $298\ \text{K}$ 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

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

将题设条件代入, 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。

2-4 在 300 K, 3.00×10^6 Pa 时,某气筒内封有 10 mol 氧气,试求该气筒的容积。将此气筒加热到 373 K,然后开启阀门放出氧气,在保持温度不变的情况下压强降低到 1.00×10^5 Pa,试求放出氧气的质量。

解:理想气体状态方程为

$$pV=nRT$$

将题设的 $T_1=300$ K, $p_1=3.00 \times 10^6$ Pa, $n_1=10$ mol 及 R 值代入其中,即可求出气筒的体积 V

$$\begin{aligned} V &= \frac{n_1 R T_1}{p_1} \\ &= \frac{10 \text{ mol} \times 8.314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} \times 300 \text{ K}}{3.00 \times 10^6 \text{ Pa}} \\ &= 8.31 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \end{aligned}$$

将题设的 $T_2=373$ K, $p_2=1.00 \times 10^5$ Pa,求得的 $V=8.31 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ 以及 R 值代入理想气体状态方程,即可求得气筒中剩余的氧气的物质的量 n_2

$$\begin{aligned} n_2 &= \frac{p_2 V}{R T_2} \\ &= \frac{1.00 \times 10^5 \text{ Pa} \times 8.31 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{8.314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} \times 373 \text{ K}} \\ &= 0.268 \text{ mol} \end{aligned}$$

放出的氧气的物质的量

$$\begin{aligned} n &= n_1 - n_2 \\ &= 10 \text{ mol} - 0.268 \text{ mol} \\ &= 9.732 \text{ mol} \end{aligned}$$

放出的氧气的质量

$$\begin{aligned} m &= nM \\ &= 9.732 \text{ mol} \times 32 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \\ &= 311 \text{ g} \end{aligned}$$

2-5 410 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

$$n = \sum_i n_i = 0.30 \text{ mol} + 0.10 \text{ mol} + 0.10 \text{ mol}$$

$$=0.50 \text{ mol}$$

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

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

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

由公式 $p_{\text{总}} V_i = n_i RT$ 得

$$V_i = \frac{n_i PT}{p_{\text{总}}}$$

将题设条件 $n_{\text{N}_2} = 0.30 \text{ mol}$, $T = 410 \text{ K}$ 和 $p_{\text{总}} = 100 \text{ kPa}$ 代入公式即可求出

$$V_{\text{N}_2} = \frac{0.30 \text{ mol} \times 8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 410 \text{ K}}{100 \text{ 000 Pa}} \\ = 10 \text{ dm}^3$$

即 N_2 的分体积为 10 dm^3 。

2-6 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 密闭容器中。假定混合前后温度不变,求混合气体的总压。

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

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

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, $p_{\text{H}_2} = 0.50 \text{ kPa}$ 。由分压定律公式 $p_{\text{总}} = \sum p_i$,故

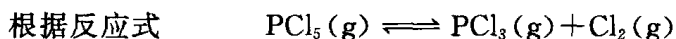
$$\begin{aligned}
 p_{\text{总}} &= p_{\text{N}_2} + p_{\text{H}_2} \\
 &= 0.99 \text{ kPa} + 0.50 \text{ kPa} \\
 &= 1.49 \text{ kPa}
 \end{aligned}$$

2-7 某温度下一一定量的 $\text{PCl}_5(\text{g})$ 发生如下反应



当 30% $\text{PCl}_5(\text{g})$ 解离时达到平衡, 总压为 $1.6 \times 10^5 \text{ Pa}$ 。求各组分的平衡分压。

解: 设起始时有 1.0 mol $\text{PCl}_5(\text{g})$



依题意达到平衡时

$$\begin{aligned}
 n(\text{PCl}_5, \text{g}) &= 1.0 \text{ mol} \times (1 - 30\%) \\
 &= 0.7 \text{ mol} \\
 n(\text{PCl}_3, \text{g}) &= 0.3 \text{ mol} \\
 n(\text{Cl}_2, \text{g}) &= 0.3 \text{ mol}
 \end{aligned}$$

故平衡时体系中

$$\begin{aligned}
 n_{\text{总}} &= \sum_i n_i \\
 &= 0.7 \text{ mol} + 0.3 \text{ mol} + 0.3 \text{ mol} \\
 &= 1.3 \text{ mol}
 \end{aligned}$$

PCl_5 的摩尔分数

$$\begin{aligned}
 x(\text{PCl}_5, \text{g}) &= \frac{n(\text{PCl}_5, \text{g})}{n_{\text{总}}} \\
 &= \frac{0.7 \text{ mol}}{1.3 \text{ mol}} \\
 &= 0.54
 \end{aligned}$$

同理 $x(\text{PCl}_3, \text{g}) = x(\text{Cl}_2, \text{g}) = 0.23$

由 $p_i = p_{\text{总}} x_i$ 得

PCl_5 的平衡分压

$$\begin{aligned}
 p(\text{PCl}_5, \text{g}) &= 1.6 \times 10^5 \text{ Pa} \times 0.54 \\
 &= 8.6 \times 10^4 \text{ Pa}
 \end{aligned}$$

同理 $p(\text{PCl}_3, \text{g}) = p(\text{Cl}_2, \text{g}) = 3.7 \times 10^4 \text{ Pa}$ 。

2-8 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 。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 $p_{\text{总}} = \sum_i p_i$ ，所以水汽的饱和蒸气压即水的分压为

$$\begin{aligned} p_{\text{H}_2\text{O}} &= p_{\text{总}} - p_i \\ &= 100 \text{ kPa} - 96.83 \text{ kPa} \\ &= 3.17 \text{ kPa} \end{aligned}$$

2-9 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，则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 $2a$

反应后的体积是 $a \text{ mol O}_2$ 和饱和水蒸气形成的混合气体。其中水蒸气的分压为 $p(\text{H}_2\text{O})$ ，由题设可知 $p(\text{H}_2\text{O}) = 3.17 \text{ kPa}$ 。

下面求取氧气的分压 $p(\text{O}_2)$ ，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 $p(\text{O}_2)$ 。

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。根据题设 $4a \text{ mol}$ 气体形成的压强为 100 kPa，可知 $a \text{ mol}$ 氧气形成的 $p(\text{O}_2)$ 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

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

2-10 313 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;

(2) 被空气带走的 CHCl_3 的质量。

解: (1) 将题设的过程理解为一个 $p_1 = 98.6 \text{ kPa}$, $V_1 = 4.00 \text{ dm}^3$ 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

$$\begin{aligned} V_{\text{总}} &= \frac{p_1 V_1}{p_{\text{空}}} \\ V_{\text{总}} &= \frac{98.6 \text{ kPa} \times 4.0 \text{ dm}^3}{49.3 \text{ kPa}} \\ &= 8.0 \text{ dm}^3 \end{aligned}$$

(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

$$\begin{aligned} n &= \frac{p_2 V_{\text{总}}}{RT} = \frac{49.3 \text{ kPa} \times 8.0 \text{ dm}^3}{8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{dm}^3 \times 313 \text{ K}} \\ &= 0.152 \text{ mol} \end{aligned}$$

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

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

2-11 在温度和压强相同时, 充满烧瓶的气体 A 为 0.06 g, 而充满相同容积烧瓶的 O_2 为 0.48 g。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 $V \propto n$, 题设中容器的体积相同, 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

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

求得 $M_A = 4 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。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，依题设氧气的扩散用 100 s 时间，所以 A 气体扩散用的时间为

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

2-12 1868 年 Soret 用气体扩散法测定臭氧的相对分子质量时，测得臭氧和氯气扩散速率之比为 1.193。试据此计算臭氧的相对分子质量。

解：气体扩散定律的数学表达式为

$$\frac{u(A)}{u(B)} = \sqrt{\frac{M_r(B)}{M_r(A)}}$$

依题意有

$$\begin{aligned} \frac{u(Cl_2)}{u(O_3)} &= \sqrt{\frac{M_r(O_3)}{M_r(Cl_2)}} \\ M_r(O_3) &= M_r(Cl_2) \times \left[\frac{u(Cl_2)}{u(O_3)} \right]^2 \\ &= M_r(Cl_2) \times \frac{1}{\left[\frac{u(O_3)}{u(Cl_2)} \right]^2} \end{aligned}$$

将题设数据代入式中，得

$$\begin{aligned} M_r(O_3) &= 71 \times \frac{1}{1.193^2} \\ &= 49.9 \end{aligned}$$

2-13 某氨水的密度为 $0.910 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ，其中氨的浓度为 $12.85 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ 。求氨的摩尔分数。

解：设有 1000 cm^3 氨水，其质量

$$m = V\rho$$

将题设数据代入式中

$$\begin{aligned} m &= 1\,000\text{ cm}^3 \times 0.910\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3} \\ &= 910\text{ g} \end{aligned}$$

依题意其中 NH_3 的物质的量

$$n(\text{NH}_3) = 12.85\text{ mol}$$

这些溶质 NH_3 的质量为 $m(\text{NH}_3)$, 则

$$\begin{aligned} m(\text{NH}_3) &= n(\text{NH}_3) \times M(\text{NH}_3) \\ &= 12.85\text{ mol} \times 17.0\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1} \\ &= 218.5\text{ g} \end{aligned}$$

溶剂水的质量为 $m(\text{H}_2\text{O})$, 则

$$\begin{aligned} m(\text{H}_2\text{O}) &= m - m(\text{NH}_3) \\ &= 910\text{ g} - 218.5\text{ g} \\ &= 691.5\text{ g} \end{aligned}$$

溶剂水的物质的量为 $n(\text{H}_2\text{O})$, 则

$$\begin{aligned} n(\text{H}_2\text{O}) &= \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O})} \\ &= \frac{691.5\text{ g}}{18\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}} \\ &= 38.42\text{ mol} \\ x(\text{NH}_3) &= \frac{x(\text{NH}_3)}{x(\text{NH}_3) + x(\text{H}_2\text{O})} \\ &= \frac{12.85\text{ mol}}{12.85\text{ mol} + 38.42\text{ mol}} \\ &= 0.251 \end{aligned}$$

2-14 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。求此水溶液的蒸气压。

解: 溶剂的物质的量

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

溶质的物质的量

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

故

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

根据 Raoult 定律
故此水溶液的蒸气压为

$$p = p^* x_{\text{剂}}$$

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

2-15 将 10 g 葡萄糖和甘油分别溶于 100 g 水中,问所得溶液的凝固点各为多少?

解:以葡萄糖水溶液为例进行计算。

先求出葡萄糖水溶液的质量摩尔浓度,依题意,100 g H_2O 中溶解 10 g 葡萄糖,按此比例 1 000 g H_2O 中有 100 g 葡萄糖。设溶液的质量摩尔浓度为 b ,则

$$\begin{aligned} b &= \frac{100 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}}{180 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \\ &= 0.556 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1} \\ \Delta T_f &= k_f b \end{aligned}$$

已知 H_2O 溶液的 $k_f = 1.86 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$, 将其与 b 值代入公式中

$$\begin{aligned} \Delta T_f &= 1.86 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1} \times 0.556 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1} \\ &= 1.034 \text{ K} \end{aligned}$$

由 ΔT_f (凝固点降低值) 的定义式

$$\Delta T_f = T_f^0 - T_f$$

故

$$\begin{aligned} T_f &= T_f^0 - \Delta T_f \\ &= 273 \text{ K} - 1.034 \text{ K} \\ &= 271.97 \text{ K} \end{aligned}$$

同理对甘油有 $b = 1.087 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$, $\Delta T_f = 2.022 \text{ K}$, $T_f = 270.98 \text{ K}$ 。

2-16 300 K 时, $4.0 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$ 的聚氯乙烯溶液,其渗透压为 65 Pa。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

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