



普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套参考书

无机化学习题解析

宋天佑 编



高等教育出版社
Higher Education Press

普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套参考书

无机化学习题解析

宋天佑 编

高等教育出版社

内容提要

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材《简明无机化学》(宋天佑)的配套参考书。全书共十四章,详细解答了《简明无机化学》教材的全部习题,可以作为该教材的教学参考书。本书按照《简明无机化学》各章习题的编号将题目列出,之后给出详细解答,这种编写体例保证了本书在使用上的相对独立性。

本书可供化学类及相近专业本科生、专科生学习无机化学和普通化学时使用,还可供高年级学生考研复习使用,同时也可供教师作为教学参考书使用。

图书在版编目(CIP)数据

无机化学习题解析/宋天佑编. —北京:高等教育出版社,2007.12

ISBN 978-7-04-022997-4

I. 无… II. 宋… III. 无机化学-高等学校-解题 IV. O61-44

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第182250号

策划编辑 鲍浩波 责任编辑 董淑静 封面设计 于文燕 责任绘图 朱静
版式设计 王艳红 责任校对 王超 责任印制 尤静

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	化学工业出版社印刷厂		http://www.landaco.com.cn
		畅想教育	http://www.widedu.com
开 本	787×960 1/16	版 次	2007年12月第1版
印 张	13.25	印 次	2007年12月第1次印刷
字 数	240 000	定 价	15.70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 22997-00

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

传 真：(010) 82086060

E - mail: dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)58581118

前 言

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材《简明无机化学》(宋天佑)的配套参考书,详细解答了《简明无机化学》教材的全部习题,同时为方便读者解答习题时查阅,还将一些必要数据列于附录中。这种编写体例保证了本书在作为习题集使用时的相对独立性。

习题的选择以全面掌握课堂学习内容为原则。理论部分各章的习题按照学习基础知识的先后次序纵向给出,以体现教学的基本要求,帮助学生加深理解重点和难点;元素部分各章的习题按照基本训练的要求横向给出,分力名词简释,完成并配平化学反应方程式,描述实验现象,合成与制备,分离、提纯与鉴别,推理判断等,同时将一些综合性的题目安排在“简要回答下列问题”标题下。本书的内容在强调基础知识的同时注意对学生分析问题、解决问题能力的培养。

一道习题,在解析中应该讲解到怎样的程度,人们的看法是不同的,但我宁可把它讲透,尽管有时并没有做到尽如人意。这样一来,就要求作为学生的读者,在阅读题解之前很好地复习相关知识,之后尽量自己做出认力满意的解答,通过与书上的题解相对照以检验对于知识理解的水平。善于思考的学生还要进一步考虑第二或第三种解题方法。在这样的基础上,也可以进一步探讨这道习题可以进行怎样的“改造”,自然而然也应该想到每一种改造后的题目对加深理解知识、提高运用知识的能力将起到什么样的作用。可以设想,如果能够做到像这样对待每一道习题,将会有多么可观的收获。与其说这是近30年的教学经验之谈,毋宁看成是我二十余载寒窗的心得体会。

在编写《简明无机化学》时,我编选了各章的习题,同时做出较为详细的解答。在解答的过程中,根据发现的问题及时对教材的内容进行微调,基本保证了本书与《简明无机化学》在知识体系上的一致性。有的习题也可作为教材知识内容的延伸和补充,引导学生将某些知识掌握得更完整和全面。《简明无机化学》交稿后,我开始整理本书稿,对每道习题写出尽量完整的、详细的解析。这样算来本书的编写与《简明无机化学》一书几乎同时起步,交稿的时间却在其后四个月。10天前,也就是7月19日,我收到高等教育出版社寄来的第一版第一次印刷的《简明无机化学》样书。一直打算在55—60岁期间写本教材奉献给无机化学教学第一线的师生,今夙愿得偿,颇感欣慰。于是抓紧时间完成本书稿并撰写前言,以期本书尽快与读者见面。若2007年岁末本书问世,也算作为自己准备

一份 60 周岁的生日礼物吧。

无机化学教学组的教师张丽荣、井淑波、王莉,博士研究生田振芬分别阅读了本书一些章节的初稿,提出了许多宝贵的修改意见,为本书的出版做出了贡献。高等教育出版社鲍浩波、董淑静对于本书的出版给予了大力支持和帮助。在此谨表示由衷的感谢。

由于本人水平所限,错处在所难免,敬请同行和读者斧正。

宋天佑

2007 年 7 月 29 日

于吉林大学

目 录

第一章	气体和稀溶液	1
第二章	化学热力学初步	11
第三章	反应速率与化学平衡	23
第四章	酸碱和沉淀	43
第五章	原子结构和元素周期律	57
第六章	化学键和分子结构	69
第七章	氧化还原反应	81
第八章	卤素	99
第九章	氧族元素	108
第十章	氮族元素	121
第十一章	碳族和硼族元素	135
第十二章	I A, II A 族和稀有气体	149
第十三章	配位化合物	161
第十四章	过渡元素	175
附录	196

第一章

气体和稀溶液

1.1 将 1 mol 液氮置于 10.0 dm³ 容器中,在 200 K 下汽化后对器壁形成的压力是多少?

解: $n=1 \text{ mol}$, $R=8.314 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$, $T=200 \text{ K}$

$$V=10.0 \text{ dm}^3=10.0\times 10^{-3} \text{ m}^3$$

由理想气体状态方程 $pV=nRT$, 得

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

$$=\frac{1 \text{ mol}\times 8.314 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}\times 200 \text{ K}}{10.0\times 10^{-3} \text{ m}^3}$$

$$=166 \text{ kPa}$$

1.2 一气球的最大容积为 5.0 dm³, 在 273 K, 100 kPa 下最多可以充入 H₂ 多少克?

解: $p=100 \text{ kPa}$, $V=5.0 \text{ dm}^3=5.0\times 10^{-3} \text{ m}^3$

$R=8.314 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$, $T=273 \text{ K}$

由理想气体状态方程 $pV=nRT$, 得

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

$$=\frac{100 \text{ kPa}\times 5.0\times 10^{-3} \text{ m}^3}{8.314 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}\times 273 \text{ K}}=0.22 \text{ mol}$$

H₂ 的摩尔质量为

$$M=2 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

故 H₂ 的质量为

$$m=M\cdot n$$

$$=2 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}\times 0.22 \text{ mol}$$

$$=0.44 \text{ g}$$

1.3 298 K 时, 将 2.0 g 苯置密闭容器内:

(1) 若容器的体积为 2.0 dm^3 , 苯蒸气压力为多少?

(2) 若容器的体积为 6.0 dm^3 , 苯蒸气压力为多少?

已知该温度下苯的蒸气压为 12.7 kPa 。

解: 苯的摩尔质量为 $78 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$, 则

$$n = \frac{m}{M} = \frac{2.0 \text{ g}}{78 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}} = 0.0256 \text{ mol}$$

$$R = 8.314 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}, \quad T = 298 \text{ K}$$

$$(1) V = 2.0 \text{ dm}^3 = 2.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

由理想气体状态方程 $pV = nRT$, 得

$$\begin{aligned} p &= \frac{nRT}{V} \\ &= \frac{0.0256 \text{ mol} \times 8.314 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1} \times 298 \text{ K}}{2.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3} \\ &= 31.7 \text{ kPa} \end{aligned}$$

这个压力已经超过了该温度下苯的饱和蒸气压。苯不能全部汽化, 故压力等于饱和蒸气压 12.7 kPa 。

$$(2) V = 6.0 \text{ dm}^3 = 6.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} p &= \frac{nRT}{V} \\ &= \frac{0.0256 \text{ mol} \times 8.314 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1} \times 298 \text{ K}}{6.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3} \\ &= 10.6 \text{ kPa} \end{aligned}$$

苯全部汽化形成的压力为 10.6 kPa 。

1.4 某温度下, 将 $3 \text{ dm}^3, 400 \text{ kPa}$ 的 H_2 和 $4 \text{ dm}^3, 240 \text{ kPa}$ 的 Ar 充入 6 dm^3 真空气瓶中。试求各组分气体的分压和混合气体的总压。

解: 对于 H_2 有

$$V_1 = 3 \text{ dm}^3, \quad p_1 = 400 \text{ kPa}$$

$$V_{\text{总}} = 6 \text{ dm}^3, \quad \text{分压为 } p_{\text{H}_2}$$

由波义耳定律知

$$p_1 V_1 = p_{\text{H}_2} V_{\text{总}}$$

故

$$p_{\text{H}_2} = \frac{p_1 V_1}{V_{\text{总}}}$$

$$= \frac{400 \text{ kPa} \times 3 \text{ dm}^3}{6 \text{ dm}^3}$$

$$= 200 \text{ kPa}$$

对于 Ar, 同理有

$$p_{\text{Ar}} = \frac{240 \text{ kPa} \times 4 \text{ dm}^3}{6 \text{ dm}^3}$$

$$= 160 \text{ kPa}$$

由道尔顿分压定律得

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

$$= 200 \text{ kPa} + 160 \text{ kPa}$$

$$= 360 \text{ kPa}$$

1.5 100 kPa 下, 将 3 g N_2 和 5 g O_2 充入一真空气球中。试求各组分气体的摩尔分数及分压。若充气后气球的体积为 5 dm^3 , 试求各组分气体的分体积。

$$\text{解: } n_{\text{N}_2} = \frac{m_{\text{N}_2}}{M_{\text{N}_2}} = \frac{3 \text{ g}}{28 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.107 \text{ mol}$$

$$n_{\text{O}_2} = \frac{m_{\text{O}_2}}{M_{\text{O}_2}} = \frac{5 \text{ g}}{32 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.156 \text{ mol}$$

$$n = n_{\text{N}_2} + n_{\text{O}_2} = 0.107 \text{ mol} + 0.156 \text{ mol} = 0.263 \text{ mol}$$

$$x_{\text{N}_2} = \frac{n_{\text{N}_2}}{n} = \frac{0.107 \text{ mol}}{0.263 \text{ mol}} = 0.41$$

$$x_{\text{O}_2} = \frac{n_{\text{O}_2}}{n} = \frac{0.156 \text{ mol}}{0.263 \text{ mol}} = 0.59$$

由 $p_i = p_{\text{总}} x_i$ 得

$$p_{\text{N}_2} = 100 \text{ kPa} \times 0.41$$

$$= 41 \text{ kPa}$$

$$p_{\text{O}_2} = 100 \text{ kPa} \times 0.59$$

$$= 59 \text{ kPa}$$

由于体积分数 $\frac{V_i}{V_{\text{总}}} = x_i$, 故 $V_i = V_{\text{总}} x_i$, 所以

$$V_{\text{N}_2} = 5 \text{ dm}^3 \times 0.41$$

$$= 2.05 \text{ dm}^3$$

$$V_{\text{O}_2} = 5 \text{ dm}^3 \times 0.59$$

$$= 2.95 \text{ dm}^3$$

1.6 300 K, 100 kPa 下, 用排水集气法收集到 0.50 $\text{dm}^3 \text{O}_2$ 。通过干燥剂后得到 0.619 g 干燥 O_2 。试求该温度下水的饱和蒸气压。

解：排水集气得到的 0.50 dm^3 气体是 O_2 和 H_2O 的混合气体。先求混合气体中 O_2 的分压。

$$n_{\text{O}_2} = \frac{m_{\text{O}_2}}{M_{\text{O}_2}} = \frac{0.619 \text{ g}}{32 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.01934 \text{ mol}$$

$$V_{\text{O}_2} = 0.50 \text{ dm}^3 = 0.50 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

由理想气体状态方程 $pV = nRT$, 得

$$\begin{aligned} p &= \frac{nRT}{V} \\ &= \frac{0.01934 \text{ mol} \times 8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 300 \text{ K}}{0.50 \times 10^{-3} \text{ m}^3} \\ &= 96.48 \text{ kPa} \end{aligned}$$

由道尔顿分压定律有 $p_{\text{总}} = p_{\text{O}_2} + p_{\text{H}_2\text{O}}$, 故

$$\begin{aligned} p_{\text{H}_2\text{O}} &= p_{\text{总}} - p_{\text{O}_2} \\ &= 100 \text{ kPa} - 96.48 \text{ kPa} \\ &= 3.52 \text{ kPa} \end{aligned}$$

1.7 293 K, 99 kPa 下, 将用排水法得到的 H_2 20.0 dm^3 通过 CaCl_2 干燥管。已知该温度下水的饱和蒸气压为 2.34 kPa , 试求干燥管的增重为多少克。

解：排水集气得到的 20.0 dm^3 气体是混合气体, 是 H_2 和 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 的混合物。 $V_{\text{总}} = 20.0 \text{ dm}^3 = 20.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3$, 当 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 单独占有 $V_{\text{总}}$ 时, 所具有的压力是 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 的分压, 依题意 $p_{\text{H}_2\text{O}} = 2.34 \text{ kPa}$ 。

由理想气体状态方程 $pV = nRT$, 得

$$\begin{aligned} n_{\text{H}_2\text{O}} &= \frac{pV}{RT} \\ &= \frac{2.34 \text{ kPa} \times 20.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 293 \text{ K}} \\ &= 0.0192 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m_{\text{H}_2\text{O}} &= M_{\text{H}_2\text{O}} \times n_{\text{H}_2\text{O}} \\ &= 18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 0.0192 \text{ mol} \\ &= 0.35 \text{ g} \end{aligned}$$

混合气体中的 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 被干燥管中的干燥剂吸收后, 增重应为 0.35 g 。

1.8 NH_3 从玻璃管的一端扩散到另一端需 20 s , 某气体通过该玻璃管需 43 s 。试计算该气体的相对分子质量, 并据此判断该气体的可能的分子式。

解：由格拉罕姆扩散定律公式 $\frac{v_A}{v_B} = \sqrt{\frac{M_B}{M_A}}$ 和式 $v \propto \frac{1}{t}$, 得

$$\frac{t_B}{t_A} = \frac{\sqrt{M_B}}{\sqrt{M_A}}$$

将题设 $t_A = 20 \text{ s}$, $M_A = 17 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$, 以及 $t_B = 43 \text{ s}$ 代入式中, 得

$$\frac{43 \text{ s}}{20 \text{ s}} = \frac{\sqrt{M_B}}{\sqrt{17 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}}}$$

所以

$$\sqrt{M_B} = \frac{43 \text{ s} \times \sqrt{17 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}}}{20 \text{ s}}$$

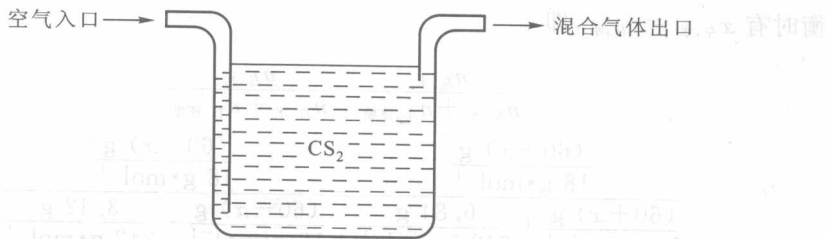
$$= 8.86 \text{ (g}\cdot\text{mol}^{-1})^{\frac{1}{2}}$$

$$M_B = 78 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

也即该气体的相对分子质量为 78。

根据相对分子质量判断, 这种气体可能是苯 (C_6H_6)。

1.9 用饱和气流法测 CS_2 的蒸气压。293 K, 100 kPa 下, 使 3.00 dm^3 干燥空气缓慢通过一 CS_2 计泡器, 如图所示, 带走 6.24 g CS_2 。试计算该温度下 CS_2 的饱和蒸气压。



解: 可以将过程理解成空气泡不断被 CS_2 气体充入, 由于过程缓慢, 致使气泡中 CS_2 的蒸气达到饱和蒸气压。且气泡的混合气体的 $T = 293 \text{ K}$, $p_{\text{总}} = 100 \text{ kPa}$ 。
 $V_{\text{空气}} = 3.00 \text{ dm}^3 = 3.00 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ 。

$$n_{\text{CS}_2} = \frac{m_{\text{CS}_2}}{M_{\text{CS}_2}} = \frac{6.24 \text{ g}}{76 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}} = 0.08211 \text{ mol}$$

设 CS_2 的分体积为 V_{CS_2} , 根据 $p_{\text{总}} V_{\text{CS}_2} = n_{\text{CS}_2} RT$, 得

$$V_{\text{CS}_2} = \frac{n_{\text{CS}_2} RT}{p_{\text{总}}} = \frac{0.08211 \text{ mol} \times 8.314 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1} \times 293 \text{ K}}{100 \text{ kPa}}$$

$$= 2.00 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$V_{\text{总}} = V_{\text{CS}_2} + V_{\text{空气}}$$

$$= 2.00 \times 10^{-3} \text{ m}^3 + 3.00 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \\ = 5.00 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

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

$$p_{\text{CS}_2} = \frac{V_{\text{CS}_2}}{V_{\text{总}}} p_{\text{总}} \\ = \frac{2.00 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{5.00 \times 10^{-3} \text{ m}^3} \times 100 \text{ kPa} \\ = 40 \text{ kPa}$$

1.10 在密闭的钟罩内放置两只量桶。左边量桶中是 60 g H_2O 和 6.84 g 蔗糖 ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$) 配成的溶液; 右边量桶中是 60 g H_2O 和 3.42 g 蔗糖配成的溶液。放置足够长时间达到平衡后, 哪一只量桶中的 H_2O 多? 比另一只量桶中多多少克?

解: 过程进行的方向是 H_2O 从蒸气压大的量桶向蒸气压小的量桶中转移。根据题设数据, 显然 $x_{\text{右,水}} > x_{\text{左,水}}$, 由拉乌尔定律 $p = p_0 x_{\text{剂}}$, 故 $p_{\text{右}} > p_{\text{左}}$, 所以 H_2O 从右边量桶通过蒸气向左边量桶转移, 直至两量桶中 $x_{\text{剂}}$ 相同, 达到平衡。故平衡时左边量桶中的 H_2O 多, 设多出 $2x$ g, 即转移 x g。 $M_{\text{蔗糖}} = 342 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, 平衡时有 $x_{\text{左,水}} = x_{\text{右,水}}$, 即

$$\frac{n_{\text{左,水}}}{n_{\text{左,水}} + n_{\text{左,蔗糖}}} = \frac{n_{\text{右,水}}}{n_{\text{右,水}} + n_{\text{右,蔗糖}}} \\ \frac{(60+x) \text{ g}}{18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \frac{1}{(60+x) \text{ g} + 6.84 \text{ g}} = \frac{(60-x) \text{ g}}{18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \frac{1}{(60-x) \text{ g} + 3.42 \text{ g}}$$

解得 $x=20$, 故平衡时左边量桶的水多出 40 g。

1.11 200 g 水中溶有 5.0 g 葡萄糖 ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$), 试求所得水溶液的凝固点比纯水降低多少? 已知水的 $k_f = 1.86 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

解: 设 1000 g 水中溶有葡萄糖 x g, 则

$$\frac{x \text{ g}}{1000 \text{ g}} = \frac{5.0 \text{ g}}{200 \text{ g}}$$

$$x = 25.0 \text{ g}$$

$$n = \frac{25.0 \text{ g}}{180 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.139 \text{ mol}$$

故葡萄糖的质量摩尔浓度 $m = 0.139 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$, 则

$$\Delta T_f = k_f m$$

$$= 1.86 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1} \times 0.139 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$$= 0.26 \text{ K}$$

即凝固点比纯水降低了 0.26 K。

1.12 将 3.80 g 硫粉溶解于 60 g 苯中,测得苯溶液的沸点比纯苯升高 0.66 K。试计算单质硫的相对分子质量,并推断单质硫的分子式。已知苯的 $k_b = 2.64 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

解: 设单质硫的摩尔质量为 M , 则溶液中硫的质量摩尔浓度为

$$m = \frac{3.80 \text{ g}}{\frac{60 \text{ g}}{1000 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}}} = \frac{3.80 \text{ g} \times 1000 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}}{60 \text{ g} \times M}$$

$$\Delta T_b = k_b m = \frac{k_b \times 3.80 \text{ g} \times 1000 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}}{60 \text{ g} \times M}$$

故

$$\begin{aligned} M &= \frac{k_b \times 3.80 \text{ g} \times 1000 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}}{60 \text{ g} \times \Delta T_b} \\ &= \frac{2.64 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1} \times 3.80 \text{ g} \times 1000 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}}{60 \text{ g} \times 0.66 \text{ K}} \\ &= 253.3 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \end{aligned}$$

所以硫的相对分子质量为 253.3, 因为硫的相对原子质量为 32, 故单质硫的分子式应为 S_8 。即每个分子中有 8 个硫原子。

1.13 某水溶液的凝固点为 $-0.303 \text{ }^\circ\text{C}$, 试求该溶液 $25 \text{ }^\circ\text{C}$ 时的蒸气压和渗透压。已知 H_2O 的 $k_f = 1.86 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$, $25 \text{ }^\circ\text{C}$ 时纯水的饱和蒸气压为 3.17 kPa。

解: H_2O 的凝固点为 $0 \text{ }^\circ\text{C}$, 该水溶液的凝固点为 $-0.303 \text{ }^\circ\text{C}$, 故 $\Delta T_f = 0 \text{ }^\circ\text{C} - (-0.303 \text{ }^\circ\text{C}) = 0.303 \text{ }^\circ\text{C}$, 即 $\Delta T_f = 0.303 \text{ K}$, 由 $\Delta T_f = k_f m$, 故

$$m = \frac{\Delta T_f}{k_f} = \frac{0.303 \text{ K}}{1.86 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.163 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$$

1000 g 水中溶有 0.163 mol 溶质, 故该溶液的溶剂的摩尔分数为

$$x_{\text{剂}} = \frac{\frac{1000 \text{ g}}{18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}}{\frac{1000 \text{ g}}{18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} + 0.163 \text{ mol}} = 0.997$$

根据拉乌尔定律, 该溶液的蒸气压为

$$p = p_0 x_{\text{剂}} = 3.17 \text{ kPa} \times 0.997 = 3.16 \text{ kPa}$$

由于溶液极稀, 故浓度 c 与质量摩尔浓度 m 在数值上近似相等, 即 $c = 0.163 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ 。

渗透压 $\Pi = cRT$, 故

$$\begin{aligned}\Pi &= 0.163 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \times 8.314 \times 1000 \text{ Pa} \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 298 \text{ K} \\ &= 403.8 \text{ kPa}\end{aligned}$$

1.14 293 K, 100 kPa 下, 使 3.00 dm³ 干燥空气缓慢通过如习题 1.9 图所示的计泡器, 假定计泡器中 1000 g CS₂ 溶有 181.2 g 白磷(P₄)。试求空气将带走多少克 CS₂。已知该温度下 CS₂ 的饱和蒸气压为 40 kPa。

解: 计泡器中溶液的组成为

$$n_{\text{CS}_2} = \frac{m_{\text{CS}_2}}{M_{\text{CS}_2}} = \frac{1000 \text{ g}}{76 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 13.16 \text{ mol}$$

$$n_{\text{P}_4} = \frac{m_{\text{P}_4}}{M_{\text{P}_4}} = \frac{181.2 \text{ g}}{124 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 1.461 \text{ mol}$$

$$x_{\text{剂}} = \frac{n_{\text{剂}}}{n_{\text{剂}} + n_{\text{质}}} = \frac{13.16 \text{ mol}}{13.16 \text{ mol} + 1.461 \text{ mol}} = 0.90$$

$$p = p_0 x_{\text{剂}} = 40 \text{ kPa} \times 0.90 = 36 \text{ kPa}$$

在空气和 CS₂ 的混合气体中, $p_{\text{CS}_2} = 36 \text{ kPa}$, $p_{\text{总}} = p_{\text{CS}_2} + p_{\text{空气}}$, 故

$$p_{\text{空气}} = p_{\text{总}} - p_{\text{CS}_2} = 100 \text{ kPa} - 36 \text{ kPa} = 64 \text{ kPa}$$

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

$$V_{\text{总}} = \frac{p_{\text{总}} \cdot V_i}{p_i} = \frac{100 \text{ kPa} \times 3.00 \text{ dm}^3}{64 \text{ kPa}} = 4.69 \text{ dm}^3$$

对于 CS₂, 有 $p_{\text{CS}_2} V_{\text{总}} = n_{\text{CS}_2} RT$, 故

$$n_{\text{CS}_2} = \frac{p_{\text{CS}_2} V_{\text{总}}}{RT} = \frac{36 \text{ kPa} \times 4.69 \text{ dm}^3}{8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 293 \text{ K}} = 0.0693 \text{ mol}$$

$$m_{\text{CS}_2} = M_{\text{CS}_2} n = 76 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 0.0693 \text{ mol} = 5.27 \text{ g}$$

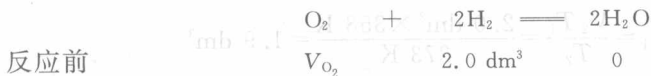
1.15 100 kPa 和 100 °C 下, 将一定体积的 O₂ 与 2.0 dm³ H₂ 爆炸反应, 反应后气体的体积等于反应前 H₂ 的体积。反应后气体在 100 kPa 恒压下降温, 至 80 °C 时开始有水凝聚, 已知 80 °C 水的饱和蒸气压为 47.33 kPa。试求:

(1) 爆炸反应后 100 °C 时 H₂ 的分压。

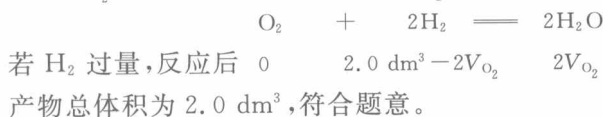
(2) 反应前 O₂ 的体积。

(3) 反应后 85 °C 时气体的体积。

解: 已知 H₂ 的体积为 2.0 dm³, 设反应前 O₂ 的体积为 V_{O₂}, 则



若 O_2 过量, 反应后 $V_{O_2} - 1.0 \text{ dm}^3 = 0$, 2.0 dm^3 产物, 产物总体积 $V_{O_2} + 1.0 \text{ dm}^3 > 2.0 \text{ dm}^3$, 不符合题意。



反应产物气体在 100 kPa 下降温, 并没有立刻凝聚成 $H_2O(l)$, 说明不是纯 H_2O , 而是 $H_2O(g)$ 和剩余 H_2 的混合气体。

(1) 产物混合气体在 100 kPa 下降温至 80°C , 才有 $H_2O(l)$ 凝聚, 这一温度区间中只是气体的状态变化, 组成未变化, 总压也未变化, 故各组分气体的分压未变, 80°C 时 $p_{H_2O} = 47.33 \text{ kPa}$, 等于该温度下的饱和蒸气压, 说明反应后 100°C 时 H_2O 的分压为 47.33 kPa 。此时 H_2 的分压为

$$\begin{aligned} p_{H_2} &= p_{\text{总}} - p_{H_2O} = 100 \text{ kPa} - 47.33 \text{ kPa} \\ &= 52.67 \text{ kPa} \end{aligned}$$

(2) 产物混合气体中各组分气体的分压之比等于分体积之比

$$\frac{V_{H_2O}}{V_{H_2}} = \frac{p_{H_2O}}{p_{H_2}}$$

即

$$\frac{V_{H_2O}}{2.0 \text{ dm}^3 - V_{H_2O}} = \frac{47.33 \text{ kPa}}{52.67 \text{ kPa}}$$

故

$$\frac{V_{H_2O}}{2.0 \text{ dm}^3} = \frac{47.33 \text{ kPa}}{100 \text{ kPa}}$$

解得

$$V_{H_2O} = 0.9466 \text{ dm}^3$$

故反应前 O_2 的体积为

$$V_{O_2} = \frac{V_{H_2O}}{2} = \frac{0.9466 \text{ dm}^3}{2} = 0.47 \text{ dm}^3$$

(3) 100°C (即 373 K) 到 85°C (即 358 K) 恒压降温过程中, 由盖·吕萨克定律 $V \propto T$, 即

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

故

$$V_1 = \frac{V_2 T_1}{T_2} = \frac{2.0 \text{ dm}^3 \times 358 \text{ K}}{373 \text{ K}} = 1.9 \text{ dm}^3$$

所以 85 °C 时, 产物气体的体积为 $V = 1.9 \text{ dm}^3$ 。