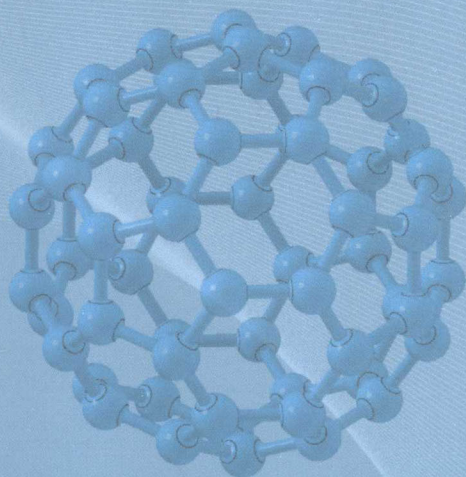


大学化学学习指导

主 编 柯 强 朱元强

副主编 张世红 余宗学 段文猛



科学出版社

大学化学学习指导

主 编 柯 强 朱元强

副主编 张世红 余宗学 段文猛

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书是与普通高等教育“十三五”规划教材《大学化学》(柯强等,科学出版社,2016)配套的学习指导。

本书按照教材的章节顺序编写,各章包括内容提要、典型例题、习题及参考答案三部分。内容提要为每章主要知识点简介,便于学生了解本章知识结构;典型例题主要提供解题分析和方法;习题及参考答案为所有习题提供解答,方便学生巩固本章知识。

本书可供高等学校非化学化工专业学生学习大学化学课程时使用,也可供广大工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

大学化学学习指导 / 柯强, 朱元强主编. —北京: 科学出版社, 2016.12
ISBN 978-7-03-051154-6

I. ①大… II. ①柯… ②朱… III. ①化学-高等学校-教学参考资料
IV. ①O6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 318202 号

责任编辑: 赵晓霞/责任校对: 张小霞

责任印制: 张 伟/封面设计: 迷底书装

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京京华虎彩印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017 年 1 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2017 年 1 月第一次印刷 印张: 9 1/4

字数: 230 000

定价: 32.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

大学化学是高等工科院校工程技术专业必修的一门公共主干课，其紧密联系工业和现代科技发展的实际，简明地阐述化学的基本原理和知识，充分发挥了化学与工程技术之间的桥梁作用。本书是学生学习《大学化学》(柯强等，科学出版社，2016)的辅助读物，旨在指导学生如何审题、解题，同时通过解题和学习解题分析达到巩固和掌握大学化学基本原理和基本知识，培养解决实际问题的能力，了解化学在能源、环境以及与石油天然气行业相关学科中的应用、交叉和渗透，体会化学的实践性和应用性。

做适量的习题，是学习一门课程极其重要的一个环节。本书按照教材的章节顺序编写，各章包括内容提要、典型例题、习题及参考答案三部分。内容提要为每章主要知识点简介，便于学生了解本章知识结构；典型例题主要提供解题分析和方法；习题及参考答案为所有习题提供解答，方便学生巩固本章知识。

本书各章执笔人分别是柯强(第 1、3、6 章)，朱元强(第 2、7、9 章)，余宗学(第 4 章)，张世红(第 5 章)，段文猛(第 8 章)。全书由柯强统稿，由西南石油大学化学化工学院梁发书教授审稿，梁教授对本书提出了中肯的意见和建议，在此表示衷心的感谢。在本书编写过程中参考了相关的参考书，在此对这些参考书的作者表示感谢。

由于编者水平有限，学识浅陋，书中难免存在疏漏和不妥之处，恳请使用本书的师生、读者批评、指正。

编 者

2016 年 9 月

目 录

前言

第 1 章 气体与稀溶液	1
第 2 章 化学反应的基本原理	15
第 3 章 物质结构基础知识	39
第 4 章 电解质溶液和解离平衡	59
第 5 章 配位化合物	74
第 6 章 电化学基础	85
第 7 章 无机化合物	103
第 8 章 有机化合物	117
第 9 章 化学与社会	131
参考文献	141

第1章 气体与稀溶液

1.1 内容提要

1.1.1 气体

1. 理想气体

理想气体模型：气体分子本身没有体积；气体分子间没有相互作用力。

理想气体状态方程： $pV = nRT$ 或 $pV_m = RT$ 。

道尔顿分压定律： $p = p_A + p_B + p_C + \cdots$ 或 $p_i = p_{\text{总}} y_i$ 。

阿马伽分体积定律： $V = V_A + V_B + V_C + \cdots$ 或 $p_i = p_{\text{总}} \frac{V_i}{V_{\text{总}}}$ 。

气体的扩散定律： $u \propto \sqrt{\frac{1}{\rho}}$ 或 $\frac{u_A}{u_B} = \sqrt{\frac{\rho_B}{\rho_A}} = \sqrt{\frac{M_B}{M_A}}$ 。

2. 实际气体

实际气体的临界状态：气态物质处于临界温度、临界压力和临界体积的状态下，我们说它处于临界状态。临界状态是一种不够稳定的特殊状态，在这种状态下气体和液体之间的性质差别将消失，两者之间的界面也将消失。 p_c 、 V_c 、 T_c 统称临界参数。

范德华方程： $\left(p + \frac{an^2}{V^2}\right)(V - nb) = nRT$ 或 $\left(p + \frac{a}{V_m^2}\right)(V_m - b) = RT$ 。

压缩因子 Z ： $pV_m = ZRT$ 。 Z 值的大小反映实际气体偏离理想气体的程度。

1.1.2 稀溶液

1. 溶液的浓度

物质的量浓度： $c_B = \frac{n_B}{V}$ 。

质量摩尔浓度： $b_B = \frac{n_B}{m_A}$ 。

物质的摩尔分数： $x_B = \frac{n_B}{n}$ 。

物质的质量分数： $w_B = \frac{m_B}{m}$ 。

混合物的平均相对分子质量： $\overline{M_r} = \sum_B x_B M_{r,B}$ 。

2. 稀溶液的通性

稀溶液的通性：对于难挥发非电解质稀溶液来说，蒸气压下降、沸点升高、凝固点降低和渗透压与一定量的溶剂中所含溶质的物质的量成正比。

蒸气压下降： $p = p^* x_A$ 或 $\Delta p = p^* x_B$ 。

凝固点降低： $\Delta T_f = K_f \cdot b_B$ 。

沸点升高： $\Delta T_b = K_b \cdot b_B$ 。

渗透压： $\Pi = c_B RT$ 。

适用范围：难挥发的非电解质稀溶液。

电解质溶液的通性可根据溶液中微粒数的多少，估计不同浓度的溶液的蒸气压、沸点、凝固点的高低和渗透压的大小。

稀溶液通性的应用：用作干燥剂、冷冻剂、制冷剂、等渗输液等。

1.2 典型例题

【例 1.1】 下列说法是否正确？如不正确，请说明原因。

(1)溶液的蒸气压随着溶解的质量的增加而增加。

答 错。溶液的蒸气压随所溶解的难挥发溶质的质量增加而降低，从而引起溶液的沸点升高和凝固点降低。对于难挥发、非电解质的稀溶液，其蒸气压下降满足公式 $\Delta p = p^* x_B$ 。若溶质是易挥发的，则蒸气压上升。

(2)由于海水和淡水的渗透压不同，所以海水鱼和淡水鱼不能调换生活环境，否则将会引起鱼体细胞的肿胀和萎缩，使其难以生存。

答 对。

【例 1.2】 填空题。

(1)水中加乙二醇可以防冻的原因是_____。

(2)氯化钙和五氧化二磷可用作干燥剂的原因是_____。

(3)人体输液用的生理盐水及葡萄糖溶液的浓度不能随意改的原因是_____。

答 (1)水中溶解溶质后使水的凝固点降低；(2)在它们的表面所形成的溶液的蒸气压显著下降，可不断地吸收水蒸气，使体系中的水分降低；(3)保证所输入的液体与人体血液的渗透压相近或相等。

【例 1.3】 对于一定量的混合气体，试回答下列问题：

(1)恒压下，温度变化时各组分气体的体积分数是否变化？

(2)恒温下，压强变化各组分气体的分压是否变化？

(3)恒温下，体积变化时各组分气体的量分数是否变化？

答 (1)不变。 $pV = nRT$ ，当各组分的 n 一定时，混合气体的总体积和各组分的分体积与 T 成正比，故其体积分数不变。

(2)变化。恒温下 $p_B = p_{\text{总}} y_B$ ，而各组分气体的量分数不变，故各组分气体的分压随

$p_{\text{总}}$ 变化。

(3) 不变。虽然体积变化但各组分气体的量和系统气体的总量不变, 故各组分气体的量分数不变。

【例 1.4】 在 273K 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 2.0dm^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。

解 (1) 设两种气体的初压为 p , 由 $p_1 V_1 = p_2 V_2$, 得

$$p = \left(\frac{2.0 \times 3.26 \times 10^5}{4 + 1} \right) \text{Pa} = 1.30 \times 10^5 \text{Pa}$$

$$(2) \quad p_{\text{N}_2} = p_{\text{总}} \cdot y_{\text{N}_2} = \left(3.26 \times 10^5 \times \frac{4}{5} \right) \text{Pa} = 2.61 \times 10^5 \text{Pa}$$

$$p_{\text{O}_2} = p_{\text{总}} \cdot y_{\text{O}_2} = \left(3.26 \times 10^5 \times \frac{1}{5} \right) \text{Pa} = 6.52 \times 10^4 \text{Pa}$$

(3) 根据理想气体状态方程式 $pV = nRT$, 得

$$n_{\text{N}_2} = \frac{pV}{RT} = \left(\frac{2.0 \times 10^{-3} \times 2.61 \times 10^5}{8.314 \times 273} \right) \text{mol} = 0.23 \text{mol}$$

$$n_{\text{O}_2} = \frac{pV}{RT} = \left(\frac{2.0 \times 10^{-3} \times 6.52 \times 10^4}{8.314 \times 273} \right) \text{mol} = 0.057 \text{mol}$$

【例 1.5】 1000mol CO_2 压力为 15MPa , 温度为 430K , 试用压缩因子图求其体积。

解 查表得 CO_2 的临界参数: $T_c = 304.15\text{K}$, $p_c = 7.39 \times 10^6 \text{Pa}$, 则

$$T_r = T / T_c = 430 / 304.15 = 1.41$$

$$p_r = p / p_c = 1.5 \times 10^7 / 7.39 \times 10^6 = 2.03$$

从压缩因子图中查出 $Z = 0.79$, 则

$$V = \frac{ZnRT}{p} = \left(\frac{0.79 \times 1000 \times 8.314 \times 430}{1.5 \times 10^7} \right) \text{m}^3 = 0.188 \text{m}^3$$

【例 1.6】 海水中盐的总浓度约为 $0.60\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ 。假设盐全部为 NaCl , 试估算海水的凝固点和沸点, 同时计算在 25°C 时用反渗透法净化海水所需要的最低压力。

解 由于海水可看成是盐的稀溶液, 故其质量摩尔浓度可近似为 $0.60\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

$$\Delta T_f = K_f \cdot b_B = (1.86 \times 0.60 \times 2) \text{K} = 2.2\text{K}$$

故海水的凝固点约为 $(0.0 - 2.2)^\circ\text{C} = -2.2^\circ\text{C}$ 。同理

$$\Delta T_b = K_b \cdot b_B = (0.52 \times 0.60 \times 2) \text{K} = 0.62 \text{K}$$

故海水的沸点约为 $(100.0 + 0.62)^\circ\text{C} = 100.62^\circ\text{C}$ 。

$$\Pi = c_B RT = (0.60 \times 10^3 \times 2 \times 8.314 \times 298.15) \text{Pa} = 3.0 \text{MPa}$$

【例 1.7】 3.62g 尼古丁溶于 73.4g 水中, 其凝固点降低了 0.563°C 。求尼古丁的相对分子质量。

解 由公式 $\Delta T_f = K_f \cdot b_B$ 可得

$$b_B = (0.563/1.86) \text{mol} \cdot \text{kg}^{-1} = 0.303 \text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$$

尼古丁的相对分子质量为

$$M = \frac{3.62 \times 1000}{73.4 \times 0.303} = 162.8$$

【例 1.8】 已知下列两种溶液具有相同的凝固点, 溶液 A 是 1.5g 尿素溶解在 200g 水中得到的, 溶液 B 是 21.38g 某未知物溶解在 1000g 水中得到的, 求未知物的摩尔质量。

解 由于两种溶液的凝固点相同且溶剂也相同, 根据凝固点下降公式 $\Delta T_f = K_f \cdot b_B$, 推知两种溶液的质量摩尔浓度相等。设未知物的摩尔质量为 M , 于是有

$$\frac{\frac{1.5}{60}}{\frac{200}{1000}} = \frac{\frac{21.38}{M}}{\frac{1000}{1000}}$$

$$M = 171.04 \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

【例 1.9】 用范德华公式计算在 300K, 把 2.0mol $\text{NH}_3(\text{g})$ 装在 5.0dm^3 真空容器内的压力。

解 查表得 $\text{NH}_3(\text{g})$ 的范德华参数为 $a = 4.22 \times 10^{-1} \text{Pa} \cdot \text{m}^6 \cdot \text{mol}^{-2}$, $b = 3.71 \times 10^{-5} \text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

由 $\left(p + \frac{an^2}{V^2}\right)(V - nb) = nRT$ 可得

$$\begin{aligned} p &= \frac{nRT}{V - nb} - \frac{an^2}{V^2} \\ &= \left[\frac{2.0 \times 8.314 \times 300}{5.0 \times 10^{-3} - 2.0 \times 3.71 \times 10^{-5}} - \frac{4.22 \times 10^{-1} \times 2.0^2}{(5.0 \times 10^{-3})^2} \right] \text{Pa} \\ &= 9.45 \times 10^5 \text{Pa} \end{aligned}$$

【例 1.10】 由于食盐对草地有损伤, 因此有人建议用化肥如硝酸铵或硫酸铵代替食盐来融化人行道旁的冰雪。下列化合物各 100g 溶于 1kg 水中, 哪一种凝固点下降得多? 若各 0.1mol 溶于 1kg 水中, 哪一种凝固点下降得多?

(1) NaCl (2) NH_4NO_3 (3) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

解 根据依数性定律, 答案分别为(1)、(3)。

项目	NaCl	NH ₄ NO ₃	(NH ₄) ₂ SO ₄
100g 物质含离子数/mol	100/58.5×2	100/80×2	100/132×3
0.1mol 物质含离子数/mol	0.2	0.2	0.3

1.3 习题及参考答案

一、选择题

1. 当用压缩因子 $Z = pV / (nRT)$ 来讨论实际气体时, 如 $Z > 1$, 则表示该气体和理想气体相比较 ()
 A. 易于压缩 B. 不易压缩 C. 易于液化 D. 不易液化
2. 25℃、总压为 1000kPa 时, 下面几种气体的混合气体中分压最大的是 ()
 A. 0.1g H₂ B. 1.0g He C. 1.0g N₂ D. 1.0g CO₂
3. 气体与理想气体更接近的条件是 ()
 A. 高温高压 B. 高温低压 C. 低温高压 D. 低温低压
4. 压力为 200kPa 的 O₂ 5.0dm³ 和 100kPa 的 H₂ 5.0dm³ 同时混合在 20dm³ 的密闭容器中, 在温度不变的条件下, 混合气体的总压力为 ()
 A. 120kPa B. 125kPa C. 180kPa D. 75kPa
5. 质量摩尔浓度的优点是 ()
 A. 准确度高 B. 应用广泛
 C. 计算方便 D. 其值不随温度而改变
6. 温度为 T 、体积恒为 V 的容器中有 A 与 B 两组分的混合理想气体, 分体积分别为 V_A 与 V_B 。若向容器中注入 $n(\text{mol})$ 理想气体 C, 则 A 与 B 的分体积 ()
 A. 均不变 B. V_A 增大, V_B 减小
 C. V_A 减小, V_B 增大 D. 均减小
7. 一定温度下, 等体积的甲醛(HCHO)溶液和葡萄糖(C₆H₁₂O₆)溶液的渗透压相等, 溶液中甲醛和葡萄糖的质量比是 ()
 A. 6 : 1 B. 1 : 6 C. 1 : 3 D. 3 : 1
8. 下列相同浓度的稀溶液, 蒸气压最高的是 ()
 A. HAc 溶液 B. CaCl₂ 溶液 C. 蔗糖水溶液 D. NaCl 水溶液
9. 取相同质量的下列物质融化路面的冰雪, 效果最好的是 ()
 A. 氯化钠 B. 氯化钙 C. 尿素 [CO(NH₂)₂] D. 蔗糖
10. 在一定的压力下, 向易挥发的纯溶剂 A 中加入不挥发的溶质 B 形成稀溶液。此稀溶液的沸点随着 b_B 的增加而 ()
 A. 升高 B. 降低
 C. 不发生变化 D. 无一定变化规律

11. 室温 25℃ 时, $0.1\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ 糖水溶液的渗透压为 ()
 A. 25kPa B. 101.3kPa C. 248kPa D. 227kPa
12. 盐碱地的农作物长势不良, 甚至枯萎, 其主要原因为 ()
 A. 天气太热 B. 很少下雨
 C. 肥料不足 D. 水分从植物向土壤倒流
13. 与 0.58% NaCl 溶液产生的渗透压较接近的是 ()
 A. $0.1\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ 蔗糖溶液 B. $0.2\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ 葡萄糖溶液
 C. $0.1\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ 葡萄糖溶液 D. $0.1\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ BaCl_2 溶液
14. 37℃ 时, 人体血液的渗透压为 780kPa, 与血液具有相同渗透压的葡萄糖静脉注射液浓度是 ()
 A. $85\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$ B. $5.4\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$ C. $54\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$ D. $8.5\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$
15. 有一半透膜, 将水和某溶质水溶液隔开, 其结果是 ()
 A. 水向溶液渗透, 并建立渗透平衡 B. 溶液向水渗透, 并建立渗透平衡
 C. 水向溶液渗透, 不能建立渗透平衡 D. 不能确定
16. 将 0.45g 非电解质溶于 30g 水中, 使水的凝固点降低 0.15℃, 已知 H_2O 的 $K_f = 1.86\text{K}\cdot\text{kg}\cdot\text{mol}^{-1}$, 则该非电解质的摩尔质量($\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$)是 ()
 A. 100 B. 83.2 C. 186 D. 204
17. 若氨水的质量摩尔浓度为 m ($\text{mol}\cdot\text{kg}^{-1}$), 则其中 NH_3 的量分数为 ()
 A. $\frac{m}{1000/18}$ B. $\frac{m}{[(1000-17m)/18]+m}$
 C. $\frac{m}{(1000/18)+m}$ D. 不确定
18. 某难挥发非电解质稀溶液的沸点为 100.400℃, 则其凝固点为 ()
 A. -0.110℃ B. -0.400℃ C. -0.746℃ D. -1.45℃
19. 20℃ 时水的蒸气压为 2.34kPa, 若将 62.0g 乙二醇 [$\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$] (不挥发) 溶于 72.0g 水中, 则此时水溶液的蒸气压为 ()
 A. 1.87kPa B. 2.34kPa C. 2.93kPa D. 9.36kPa
20. 1dm^3 含甘油(摩尔质量为 $92\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$) 46.0g 的水溶液, 在 27℃ 时的渗透压为 ()
 A. 112kPa B. $1.13\times 10^3\text{kPa}$ C. $1.25\times 10^3\text{kPa}$ D. $2.49\times 10^3\text{kPa}$
21. 将 0.900g 某物质溶于 60.0g 水中, 使溶液的凝固点降低 0.150℃, 此物质的相对分子质量是(水的 $K_f = 1.86\text{K}\cdot\text{kg}\cdot\text{mol}^{-1}$) ()
 A. 204 B. 186 C. 83.2 D. 51.2
22. 在 0℃ 的 NaCl 溶液中, 加入质量为 100g 的冰, 一段时间后, 冰的质量 ()
 A. 大于 100g B. 少于 100g C. 等于 100g D. 不能确定
23. 2000g 水中溶解 0.1mol NaCl 的水溶液, 2000g 水中溶解 0.1mol 甘油的水溶液。在 101.33kPa 下, 下列关于沸点说法正确的是 ()

- A. 都高于 100°C , NaCl 水溶液比甘油水溶液还低
 B. 都高于 100°C , NaCl 水溶液比甘油水溶液还高
 C. NaCl 水溶液低于 100°C , 甘油水溶液高于 100°C
 D. 沸点高低不能确定

24. 如果某种水合盐的蒸气压低于相同温度下水的蒸气压, 则这种盐也许会发生以下现象中的 ()

- A. 起泡
 B. 风化
 C. 潮解
 D. 不受大气组成的影响

25. 一封闭箱处于恒温环境中, 箱内有两杯液体, A 杯为纯水, B 杯为蔗糖水溶液。静置足够长时间后, 观察其变化, 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 杯水满后并溢出
 D. B 杯水干, 并剩有蔗糖晶体

26. 用浓度为 $0.150\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ 和 $0.250\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ 的两种 NaOH 溶液配制 $0.169\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ 的 NaOH 溶液, 所用两溶液的体积比为 ()

- A. 2.13
 B. 4.26
 C. 8.52
 D. 无法确定

27. 在 200g 水中含 9g 某非电解质的溶液, 其凝固点为 -0.465°C , 则溶质的摩尔质量($\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$)为 ()

- A. 135
 B. 172.4
 C. 90
 D. 180

参考答案 1.B 2.B 3.B 4.D 5.D 6.D 7.B 8.C 9.A 10.A 11.C 12.D
 13.B 14.C 15.A 16.C 17.C 18.D 19.A 20.C 21.B 22.B 23.B 24.C 25.C
 26.B 27.D

二、填空题

- 已知 25°C 、 100kPa 下 O_2 的对比温度 $T_r=1.926$, 其临界温度 $T_c=\underline{\hspace{2cm}}\text{K}$ 。
- 质量均为 1.0g 的 H_2 、 N_2 和 CO_2 三种气体。在 25°C 和总压力为 100kPa 条件下混合后, 分压力最大的气体是 , 分压力最小的气体是 。(相对分子质量: H_2 为 2, N_2 为 28, CO_2 为 44)
- 设有质量为 0.0663kg 的子弹, 速度为 $1000\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, 则其德布罗意波的波长为 m 。
- 普朗克(Planck)的量子理论指出物质的能量是不连续的, 是量子化的, 能量以光的形式传播时, 其能量的最小单位为光子, 能量为 $E=\underline{\hspace{2cm}}$ 。
- 真实气体处于 条件时, 表现出来的性质接近于理想气体。
- 将 2g 甲醇($M=32\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$)溶于 50g 水中, 此溶液的质量摩尔浓度应为 。
- 相同质量的葡萄糖($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$)和蔗糖($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{12}$)分别溶于一定量水中, 则蒸气压的大小为 。
- 若溶液 A、B(均为非电解质溶液)的凝固点顺序为 $T_A > T_B$, 则沸点顺序为 ,

蒸气压顺序为_____。

9. 已知水的凝固点下降常数 $K_f = 1.86$, 则 b_B 为 $0.1\text{mol}\cdot\text{kg}^{-1}$ 的葡萄糖水溶液的凝固点为_____°C, b_B 为 $0.1\text{mol}\cdot\text{kg}^{-1}$ 的蔗糖水溶液的凝固点为_____°C; 将上述两种溶液等体积混合后, 所得溶液凝固点为_____°C, 溶液的凝固点下降是由于其蒸气压_____的结果。

10. 25°C, 用一半透膜将 $0.01\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ 和 $0.001\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ 糖水溶液隔开, 欲使系统达平衡在_____溶液上方施加的压力为_____ kPa。

11. 海水鱼放在淡水中, 由于产生_____现象而死亡, 这是鱼细胞的渗透压_____淡水的渗透压所致。

12. 某蛋白质的饱和水溶液 $5.18\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$, 在 293K 时的渗透压为 0.413kPa, 此蛋白质的摩尔质量为_____ $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。

参考答案 1. 154.80 2. H_2, CO_2 3. 1.0×10^{-35} 4. $h\nu$ 5. 高温低压 6. $1.25\text{mol}\cdot\text{kg}^{-1}$
7. $p_{\text{蔗糖溶液}} > p_{\text{葡萄糖溶液}}$ 8. $T_A < T_B, p_A > p_B$ 9. -0.186, -0.186, -0.186, 下降 10. $0.01\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$
糖水, 22.31 11. 溶血, 大于 12. 30 553

三、问答题

1. 产生稀溶液依数性的根本原因是什么? 说明稀溶液依数性有哪些。

答 产生稀溶液依数性的根本原因是蒸气压下降。

稀溶液依数性有沸点升高, 凝固点下降, 产生渗透压。

2. 在冬天抢修土建工程时, 常用掺盐水泥砂浆, 为什么?

答: 冬天气温低, 为防止上冻, 所以用掺盐水泥砂浆以降低水的凝固点。

3. 人体输液时, 所用的盐水和葡萄糖溶液浓度是否可以任意改变? 为什么?

答 不可以任意改变, 所输液体必须与血液的渗透压相同, 否则会出现溶血或红细胞皱缩的症状。

4. 渗透压产生的条件是什么? 如何用渗透现象解释盐碱地难以生长农作物?

答 渗透压产生的条件是存在浓度差。

盐碱地中可溶性盐较多, 溶液中微粒较多, 溶液浓度较大, 易发生反渗透作用。

5. 比较下列各水溶液的指定性质的高低(或大小)次序。

(1)凝固点: $0.1\text{mol}\cdot\text{kg}^{-1}\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ 溶液, $0.1\text{mol}\cdot\text{kg}^{-1}\text{CH}_3\text{COOH}$ 溶液, $0.1\text{mol}\cdot\text{kg}^{-1}\text{KCl}$ 溶液。

(2)渗透压: $0.1\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 溶液, $0.1\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}\text{CaCl}_2$ 溶液, $0.1\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}\text{KCl}$ 溶液, $1\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}\text{CaCl}_2$ 溶液。(提示: 从溶液中的粒子数考虑)

答 (1)根据溶液凝固点降低性质, $T(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}\text{溶液}) > T(\text{CH}_3\text{COOH}\text{溶液}) > T(\text{KCl}\text{溶液})$ 。

(2)根据溶液渗透压性质, $\Pi(1\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}\text{CaCl}_2\text{溶液}) > \Pi(0.1\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}\text{CaCl}_2\text{溶液}) > \Pi(0.1\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}\text{KCl}\text{溶液}) > \Pi(0.1\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6\text{溶液})$ 。

6. 难挥发非电解质溶液, 在不断的沸腾过程中, 它的沸点是否恒定? 为什么?

答 对于难挥发的非电解质溶液, 在不断沸腾过程中, 它的沸点不是恒定的。原因是沸腾会使溶剂不断蒸发而减少, 但溶质的量不变, 故溶液的浓度不断变浓, 其沸点也会不断升高。

四、计算题

1. 27℃、99.99kPa 压力下, 取 0.1dm³ 含有 N₂、H₂、NH₃ 的混合气体, 经用浓 H₂SO₄ 溶液吸收 NH₃ 后, 混合气体体积减小到 0.086dm³, 求混合气体中 NH₃ 的分压及物质的量。

解 把所有气体都看成理想气体, 据题意则

$$n_{\text{吸收前}} = \frac{p_1 V_1}{RT} = \left[\frac{99.99 \times 10^3 \times 0.1 \times 10^{-3}}{8.314 \times (273.15 + 27)} \right] \text{mol} = 0.0040 \text{mol}$$

$$n_{\text{吸收后}} = \frac{p_1 V_2}{RT} = \left[\frac{99.99 \times 10^3 \times 0.086 \times 10^{-3}}{8.314 \times (273.15 + 27)} \right] \text{mol} = 0.0034 \text{mol}$$

$$n_{\text{NH}_3} = (0.0040 - 0.0034) \text{mol} = 0.0006 \text{mol}$$

$$p_{\text{NH}_3} = \frac{n_{\text{NH}_3} RT}{V_1} = \left[\frac{0.0006 \times 8.314 \times 300.15}{0.1 \times 10^{-3}} \right] \text{kPa} = 14.97 \text{kPa}$$

2. 在 0℃、101.325kPa 下, CO₂ 的密度是 1.96kg·m⁻³, 试求它在 86.66kPa 和 25℃ 的密度。

解法 1 据题意知, 在 0℃、101.325kPa 下, 1.96kg CO₂ 的体积是 1m³, 而 1.96kg CO₂ 物质的量 $n=44.55\text{mol}$, 于是 CO₂ 在 86.66kPa 和 25℃ 的密度为

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{pm}{nRT} = \left(\frac{86.66 \times 10^3 \times 1.96}{44.55 \times 8.314 \times 298.15} \right) \text{kg} \cdot \text{m}^{-3} = 1.54 \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

解法 2 设 CO₂ 的相对分子质量为 M 。由 $\rho = \frac{m}{V} = \frac{nM}{V}$, 得

$$M = \frac{\rho V}{n}$$

$$\rho_2 = \frac{p_1 p_2 T_1}{p_1 T_2} = \left(\frac{1.96 \times 86\,660 \times 273.15}{101\,325 \times 298.15} \right) \text{kg} \cdot \text{m}^{-3} = 1.54 \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

3. 25℃ 时被水蒸气饱和的氢气, 经冷凝器冷却至 10℃ 以除去其中大部分的水蒸气。冷凝器的操作压力恒定为 128.5kPa, 已知水在 10℃ 及 25℃ 时的饱和蒸气压分别为 1227.8Pa 和 3167.2Pa。试求:

(1) 在冷却前、后混合气体中含水蒸气的摩尔分数;

(2) 1mol 氢气经过冷凝器时冷凝出水的物质的量。

解 (1) 根据道尔顿分压定律可得

$$y_{\text{冷却前}} = \frac{n_{\text{H}_2\text{O}}}{n_{\text{总}}} = \frac{P_{\text{H}_2\text{O(冷却前)}}}{P_{\text{总}}} = \frac{3167.2}{128.5 \times 10^3} = 0.025$$

$$y_{\text{冷却后}} = \frac{n_{\text{H}_2\text{O}}}{n_{\text{总}}} = \frac{P_{\text{H}_2\text{O(冷却后)}}}{P_{\text{总}}} = \frac{1227.8}{128.5 \times 10^3} = 0.01$$

(2)由(1)的答案可知在冷却前后水蒸气的摩尔分数之差即为 1mol 氢气经过冷凝后的冷凝水的量, 为 0.015mol。

4. 某气体在 293K、 $9.97 \times 10^4 \text{Pa}$ 下占有体积 0.19dm^3 , 其质量为 0.132g, 试求这种气体的相对分子质量, 它可能是何种气体?

解 根据理想气体状态方程式, 设该气体的相对分子质量为 M , 则

$$M = \frac{m}{n} = \frac{mRT}{pV} = \left(\frac{0.132 \times 8.314 \times 293}{9.97 \times 10^4 \times 0.19 \times 10^{-3}} \right) \text{g} \cdot \text{mol}^{-1} = 17.0 \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

因为 NH_3 的相对分子质量约为 $17.0 \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$, 该气体可能是 NH_3 。

5. 一容器中有 4.4g CO_2 、14g N_2 和 12.8g O_2 , 总压力为 $2.026 \times 10^5 \text{Pa}$, 求各组分压。

解 根据道尔顿分压定律, 可知

$$p_{\text{B}} = p_{\text{总}} y_{\text{B}}$$

于是

$$p_{\text{O}_2} = p_{\text{总}} \cdot y_{\text{O}_2} = \left(2.026 \times 10^5 \times \frac{12.8 / 32}{4.4 / 44 + 14 / 28 + 12.8 / 32} \right) \text{Pa} = 8.104 \times 10^4 \text{Pa}$$

$$p_{\text{CO}_2} = p_{\text{总}} \cdot y_{\text{CO}_2} = \left(2.026 \times 10^5 \times \frac{4.4 / 44}{4.4 / 44 + 14 / 28 + 12.8 / 32} \right) \text{Pa} = 2.026 \times 10^4 \text{Pa}$$

$$p_{\text{N}_2} = p_{\text{总}} \cdot y_{\text{N}_2} = \left(2.026 \times 10^5 \times \frac{14 / 28}{4.4 / 44 + 14 / 28 + 12.8 / 32} \right) \text{Pa} = 1.013 \times 10^5 \text{Pa}$$

6. 在 300K、 $1.013 \times 10^5 \text{Pa}$ 时, 加热一敞口细颈瓶到 500K, 然后封闭其细颈口, 并冷却至原来的温度, 求此时瓶内的压力。

解 把该气体作为理想气体处理, 则本题可以看成是在 $p_1 = 1.013 \times 10^5 \text{Pa}$ 、 $T_1 = 500 \text{K}$ 的条件下, 将该气体温度冷却至 300K, 且气体的体积、物质的量保持不变, 求该气体的压强。于是有

$$p_1 V_1 = n_1 R T_1 \text{ 和 } p_2 V_1 = n_1 R T_2$$

故

$$\frac{V_1}{n_1} = \frac{RT_1}{p_1} = \frac{RT_2}{p_2}$$

则

$$p_2 = \frac{RT_2 p_1}{RT_1} = \left(\frac{8.314 \times 300 \times 1.013 \times 10^5}{8.314 \times 500} \right) \text{Pa} = 6.078 \times 10^4 \text{Pa}$$

7. 在 273K、 $1.013 \times 10^5 \text{Pa}$ 下, 将 1.0dm^3 洁净干燥的空气缓慢通过 $\text{H}_3\text{C}-\text{O}-\text{CH}_3$ 液

体, 在此过程中, 液体损失 0.0335g, 求该液体在 273K 时的饱和蒸气压。

解 该气体的摩尔质量为 $46\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。通过后气体的压强不变, 则增加的体积为

$$V_{\text{二甲醚}} = n_{\text{二甲醚}} RT / p = \left(\frac{0.0335 \times 8.314 \times 273}{46 \times 1.013 \times 10^5} \right) \text{m}^3 = 1.63 \times 10^{-5} \text{m}^3$$

$$p_{\text{二甲醚}} = \frac{n_{\text{二甲醚}} RT}{V_{\text{空气}} + V_{\text{二甲醚}}} = \left(\frac{7.28 \times 10^{-4} \times 8.314 \times 273}{1.0 \times 10^{-3} + 1.63 \times 10^{-5}} \right) \text{Pa} = 1.68 \times 10^3 \text{Pa}$$

8. 0.5mol N_2 在 273K 时的体积为 $7.03 \times 10^{-4} \text{m}^3$, 计算其压力:

(1) 用范德华公式; (2) 用压缩因子法。

已知压缩因子 $Z = 0.96$, N_2 的范德华常数 $a = 0.137 \text{Pa}\cdot\text{m}^6\cdot\text{mol}^{-2}$, $b = 3.91 \times 10^{-5} \text{m}^3\cdot\text{mol}^{-1}$ 。

解 (1) 由 $\left(p + \frac{an^2}{V^2}\right)(V - nb) = nRT$ 可得

$$\begin{aligned} p &= \frac{nRT}{V - nb} - \frac{an^2}{V^2} \\ &= \left[\frac{0.5 \times 8.314 \times 273}{7.03 \times 10^{-4} - 0.5 \times 3.91 \times 10^{-5}} - \frac{0.137 \times 0.25}{(7.03 \times 10^{-4})^2} \right] \text{Pa} \\ &= 1.729 \times 10^6 \text{Pa} \end{aligned}$$

(2) 由 $pV = ZnRT$ 可得

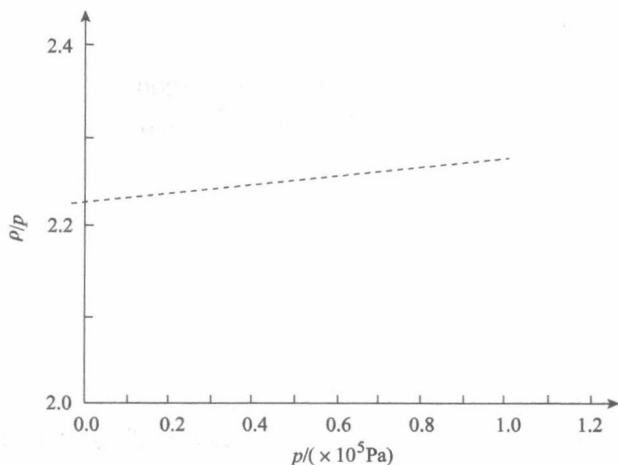
$$p = ZnRT/V = (0.96 \times 0.5 \times 8.314 \times 273 / 7.03 \times 10^{-4}) \text{Pa} = 1.55 \times 10^6 \text{Pa}$$

9. 在 273K 时测得一氯甲烷在不同压力下的密度如下:

$p/(\times 10^5 \text{Pa})$	1.013	0.675	0.507	0.338	0.253
$\rho/(\text{g}\cdot\text{dm}^{-3})$	2.3074	1.5263	1.1401	0.7571	0.5666

用作图外推法(ρ/p 对 p 作图)求一氯甲烷的摩尔质量。

解 作图如下:



由图可知, 当 $p \rightarrow 0$ 时, ρ/p 的值为 2.23, 则 $M = \rho/pRT = 50.61 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

10. 将 2.50g 葡萄糖(摩尔质量为 $180 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$)溶解在 100g 乙醇中, 乙醇的沸点升高了 0.143°C , 而某有机物 2.00g 溶于 100g 乙醇时沸点升高了 0.125°C , 已知乙醇的 $K_f = 1.86 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。求: (1)该有机物乙醇溶液的 ΔT_f 是多少? (2) 25°C 时, 该有机物乙醇溶液的渗透压约是多少?

解 (1) 因为 $\Delta T_b = K_b \cdot b$, $\Delta T_f = K_f \cdot b$, 所以

$$0.143^\circ\text{C} = K_b \cdot \frac{2.50}{180 \times 0.1} \quad K_b = 1.03^\circ\text{C} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$$

又因为 $0.125^\circ\text{C} = (1.03^\circ\text{C} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}) \cdot b$, $b = 0.121 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$, 所以

$$\Delta T_f = (1.86 \times 0.121)^\circ\text{C} = 0.225^\circ\text{C}$$

$$(2) \quad \Pi = cRT \approx bRT = (0.121 \times 10^3 \times 8.314 \times 298) \text{ Pa} = 299.8 \text{ kPa}$$

11. 在 53.2g 的氯仿(CHCl_3)中溶有 0.804g 萘(C_{10}H_8)的溶液, 其沸点比氯仿的沸点升高 0.445°C 。求氯仿的沸点升高常数。

解 由 $\Delta T_b = K_b \cdot b$, 则 $K_b = \frac{\Delta T_b}{b}$, 所以

$$b = \left(\frac{\frac{0.804}{128} \times 10^3}{53.2} \right) \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1} = 0.118 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$$K_b = \left(\frac{0.445}{0.118} \right)^\circ\text{C} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1} = 3.77^\circ\text{C} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$$

12. 烟草的有害成分尼古丁的实验式是 $\text{C}_5\text{H}_7\text{N}$, 现将 496mg 尼古丁溶于 10.0g 水中, 所得溶液在 101.3kPa 下的沸点是 100.17°C 。求尼古丁的分子式。

解 该尼古丁相对分子质量为 M , 且 $y_B = \frac{n_B}{n_{\text{总}}} = \frac{p_B}{P_{\text{总}}}$, 则

$$p_B = P_{\text{总}} \cdot y_B$$

$$0.17 = 0.512 \times \frac{496 \times 10^{-3}}{M} \times \frac{1000}{10.0}$$

解得 $M = 149 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

$\text{C}_5\text{H}_7\text{N}$ 的摩尔质量为 $81 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, 则

$$\frac{149 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{81 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 1.84 \approx 2$$

则尼古丁分子式为 $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2$ 。

13. 树木内部树汁的上升是由渗透压造成的, 设树汁浓度为 $0.20 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$, 树汁小