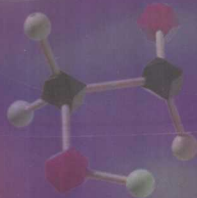
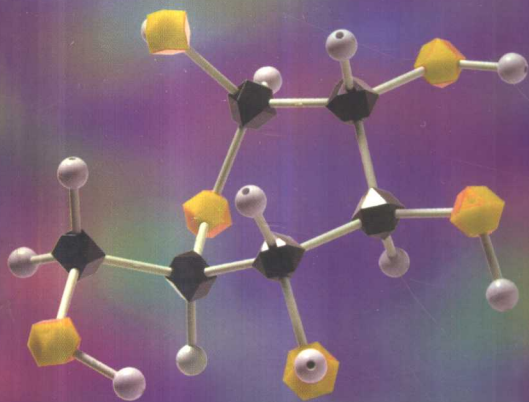


医学专业必修课考试辅导丛书



● 主编 徐春祥 朱玲

基础化学

依据教学大纲 梳理知识体系 解读重点难点
精选名校真题 精讲单项考点 引导复习路径

科学技术文献出版社

医学专业必修课考试辅导丛书

基础化学

主编 徐春祥 朱 玲
编者 (按章次为序)
张锦楠 罗一帆 伍莉萍
刘有训 徐春祥 顾国耀
张 璠 黄 靖 王宝珍
顾生满 夏 阳 戴伯川

科学技术文献出版社

Scientific and Technical Documents Publishing House

北 京

图书在版编目(CIP)数据

基础化学/徐春祥,朱玲主编. -北京:科学技术文献出版社,2002.5

(医学专业必修课考试辅导丛书)

ISBN 7-5023-3968-X

I. 基… II. ①徐…②朱… III. 医用化学-医学院校-教学参考资料
IV. R313

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 000428 号

出 版 者:科学技术文献出版社

地 址:北京市复兴路15号(中央电视台西侧)/100038

图书编辑部电话:(010)68514027,(010)68537104(传真)

图书发行部电话:(010)68514035(传真),(010)68514009

邮 购 部 电 话:(010)68515381,(010)68515544-2172

网 址:<http://www.stdph.com>

E-mail:stdph@istic.ac.cn;stdph@public.sti.ac.cn

策 划 编 辑:薛士滨

责 任 编 辑:樊雅莉

责 任 校 对:赵文珍

责 任 出 版:刘金来

发 行 者:科学技术文献出版社发行 全国各地新华书店经销

印 刷 者:北京国马印刷厂

版 (印) 次:2002年5月第1版第1次印刷

开 本:850×1168 32开

字 数:282千

印 张:8.5

印 数:1~6000册

定 价:13.00元

© 版权所有 违法必究

购买本社图书,凡字迹不清、缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责调换。

前 言

《基础化学》是医学专业必修课考试辅导丛书中的一个分册，读者对象是高等医药院校临床医学、口腔医学、精神卫生、预防医学、护理学和基础医学等各专业学生。同时，也可供讲授基础化学课程的教师 and 有关人员参考。

基础化学是我国高等医药院校各专业重要的基础理论课。它不仅给学生传授知识，并为后续课程做好准备，而且作为大学化学教育的主要内容，它还提供一种科学的思维方式，对如何思考，如何用所学知识解决实际问题，开发学生潜在的能动性和创造性起关键作用。医学课程的特点是需要记忆的东西太多，容易钝化学生的抽象思维能力和应用意识。目前，我国高等医药院校通常是在大学一年级第一学期开设基础化学课，由于学时少、内容多，使学生学习起来往往不得要领。为了使学生学好基础化学，编写出一本针对医科学生特点的教学辅导书，告诉学生应该掌握哪些内容，怎样正确理解和巩固加深所学的知识，以培养学生应用化学知识解决实际问题的能力，无疑是大有裨益的。

基于上述要求，应《医学专业必修课考试辅导丛书》组委会之邀，哈尔滨医科大学化学教研室与其他 10 所高等医药院校化学教研室的同仁合作编写了这本书。本书以人民卫生出版社出版的《基础化学》(第五版)和哈尔滨医科大学徐春祥教授等主编的《医学基础化学》(第三版)作为配套教材。全书分为十二章，内容包括稀溶液的依数性、电解质溶液、缓冲溶液、酸碱滴定法、化学反应热及化学反应的方向和限度、化学反应速率、氧化还原反应与电极电位、原子结构和元素周期律、共价键与分子间力、配位化合物、可见分光光度法和紫外分光光度法、胶体溶液等内容。各章均由下列四部分组成：

(1) 教学基本要求：这一部分概括说明按教学大纲要求本章应学习的内容。

(2) 本章要点：这一部分给出了本章应掌握的基本概念、定义、重要定理和常用公式，同时归纳总结出本章基本理论与方法之间的联系及重点和难点。

(3) 习题解析：根据教学大纲要求，选择了大量的习题，通过分析示范，以解题方式体现教学内容的要求。辅导学生正确理解和掌握基本概念、基本理论和基本方法，培养学生应用化学知识解决实际问题的能力。

(4) 单元测试题：这一部分是针对各类考试要求安排的，所选试题是经过仔细筛选的具有相应广度和深度的典型试题。所有测试题均给出答案，供学生练习时参考。

本书由哈尔滨医科大学徐春祥、朱玲主编。参加本书编写的有首都医科大学张锦楠(第一章)、中山大学罗一帆(第二章)、四川大学伍莉萍(第三章)、大连医科大学刘有训(第四章)、哈尔滨医科大学徐春祥(第五章)、上海第二医科大学顾国耀(第六章)、武汉大学张瑞(第七章)、天津医科大学苗靖(第八章)、吉林大学王宝珍(第九章)、中国医科大学路生满、夏阳(第十章)、福建医科大学戴伯川(第十一章)、哈尔滨医科大学朱玲(第十二章)。

由于水平所限，再加之时间仓促，本书一定会存在欠妥之处，恳请广大读者批评指正。

编者

(京)新登字 130 号

内 容 简 介

本书为高等医药院校各专业基础理论必修课《基础化学》的教学辅导读物。全书共分为十二章,内容分别为稀溶液的依数性、电解质溶液、缓冲溶液、酸碱滴定法、化学反应热及化学反应的方向和限度、化学反应速率、氧化还原反应与电极电位、原子结构和元素周期律、共价键与分子间力、配位化合物、可见分光光度法和紫外分光光度法、胶体溶液。每一章由教学基本要求、本章要点、习题解析、单元测试题四部分组成。本书旨在帮助学生正确理解和掌握基本的化学概念、理论和方法,培养其应用化学知识解决医学问题的能力。

本书读者对象为高等医药院校各专业的学生,也可供讲授基础化学课程的教师和有关人员参考。

我们所有的努力都是为了让您增长知识和才干

科学技术文献出版社是国家科学技术部所属的综合
性出版机构,主要出版医药卫生、农业、教学辅导,以及科
技政策、科技管理、信息科学、实用技术等各类图书。

目 录

第一章	稀溶液的依数性	(1)
第二章	电解质溶液	(18)
第三章	缓冲溶液	(49)
第四章	酸碱滴定法	(72)
第五章	化学反应热及化学反应的方向和限度	(93)
第六章	化学反应速率	(120)
第七章	氧化还原反应与电极电位	(143)
第八章	原子结构和元素周期律	(167)
第九章	共价键与分子间力	(184)
第十章	配位化合物	(206)
第十一章	可见分光光度法和紫外分光光度法	(239)
第十二章	胶体溶液	(252)

第一章 稀溶液的依数性

一、教学基本要求

1. 掌握物质的量浓度、摩尔分数、质量摩尔浓度等混合物组成标度的定义、表示方法、计算及相互换算。
2. 熟悉稀溶液的蒸气压下降、沸点升高和凝固点降低的原因和规律。
3. 了解产生渗透现象的条件和溶液渗透压力的概念,掌握渗透压力、渗透浓度的计算及渗透压力在医学上的应用。
4. 了解稀溶液 4 种依数性在日常生活中的应用。

二、本章要点

对于均相掺和物系统,混合物是指含一种以上物质的气相、液相或固相;溶液是指含一种以上物质的液相或固相。

B 的质量分数定义为 B 的质量(m_B)与混合物的质量($m_{\text{混合物}}$)之比,用符号 w_B 表示,其单位是 1。

$$w_B = \frac{m_B}{m_{\text{混合物}}}$$

B 的质量浓度定义为 B 的质量(m_B)除以混合物的体积($V_{\text{混合物}}$),用符号 ρ_B 表示,其 SI 单位是 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$,医学上常用单位是 $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

$$\rho_B = \frac{m_B}{V_{\text{混合物}}}$$

B 的物质的量浓度定义为 B 的物质的量(n_B)除以混合物的体积($V_{\text{混合物}}$),用符号 c_B 表示,其 SI 单位是 $\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$,医学上常用的单位是 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

$$c_B = \frac{n_B}{V_{\text{混合物}}}$$

物质的量浓度可以简称为浓度,使用时应指明基本单元。

B 的质量浓度与 B 的物质的量浓度可以通过 B 的摩尔质量(M_B)进行换

算:

$$\rho_B = c_B M_B$$

B 的摩尔分数定义为 B 的物质的量(n_B)与混合物的物质的量($n_{\text{混合物}}$)之比,用符号 x_B 表示,其单位是 1。

$$x_B = \frac{n_B}{n_{\text{混合物}}}$$

溶质 B 的质量摩尔浓度定义为溶质 B 的物质的量(n_B)除以溶剂的质量(m_A),用符号 b_B 表示,其 SI 单位是 $\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

$$b_B = \frac{n_B}{m_A}$$

难挥发非电解质稀溶液的性质只与溶质的数目有关,而与溶质的性质(如颜色、酸性、黏度、粒子大小等)无关。因此,当难挥发非电解质稀溶液的质量摩尔浓度相同时,溶液的蒸气压下降、溶液的沸点升高、溶液的凝固点降低及溶液的渗透压力就相同。

Raoult 定律指出:难挥发非电解质稀溶液的蒸气压(p)等于纯溶剂的蒸气压(p_A^*)乘以溶液中溶剂的摩尔分数(x_A):

$$p = p_A^* x_A$$

对于只有一种溶质的稀溶液,Raoult 定律又可以表示为:

$$\Delta p = p_A^* x_B = K b_B$$

即一定温度下,理想稀溶液的蒸气压下降与溶质的质量摩尔浓度成正比,而与溶质的本性无关。

由于溶液的蒸气压的下降,导致了溶液的沸点升高和凝固点降低:

$$\Delta T_b = K_b b_B$$

$$\Delta T_f = K_f b_B$$

渗透压力是溶液的又一种依数性,是溶液的内在特性。产生渗透现象的必要条件有两点:一是有半透膜存在;二是膜两侧存在渗透浓度差。渗透方向是溶剂分子从溶剂一方通过半透膜进入溶液一方,或是由较稀溶液(低渗溶液)进入较浓溶液(高渗溶液)。

van't Hoff 公式给出了溶液的渗透压力与温度、浓度之间的定量关系:

$$\Pi = c_B R T$$

对于电解质溶液的依数性公式,要引入一个 van't Hoff 因子——校正因子 i 。在近似处理时, i 是 1“分子”电解质解离出的离子个数。电解质溶液的

依数性公式为:

$$\Delta T_b = i K_b b_B$$

$$\Delta T_f = i K_f b_B$$

$$\Pi = i c_B RT \approx i b_B RT$$

渗透压力与医学有着密切的关系,生物体内的许多生物膜(如红细胞膜、毛细血管壁等)都属于半透膜。在一定温度下,要使膜两侧或膜内外的溶液达到渗透平衡,两溶液的渗透浓度必须相等。临床上将渗透浓度在 $280 \sim 320 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 范围内的溶液称为等渗溶液。血红细胞在等渗溶液中形态不发生改变,所以大量输液时,要采用等渗溶液。

血浆的渗透压力由两部分产生,大分子物质(如蛋白质)产生的渗透压力称为胶体渗透压力,小分子物质(如 Na^+ 、 Cl^- 、 K^+ 、葡萄糖等)产生的渗透压力称为晶体渗透压力。胶体渗透压力调节血浆与细胞间液之间的水平衡,维持血容量;而晶体渗透压力则调节细胞间液与细胞内液之间的水平衡。

难挥发非电解质稀溶液的四种依数性之间相互联系如下:

$$b_B = \frac{\Delta p}{K} = \frac{\Delta T_b}{K_b} = \frac{\Delta T_f}{K_f} = \frac{\Pi}{RT}$$

若测定出其中一种依数性,则可求出另外一种依数性。

测定溶液的凝固点降低或溶液的渗透压力可以计算溶质的相对分子质量,计算公式为:

$$M_B = \frac{K_f \cdot m_B}{m_A \cdot \Delta T_f}$$

$$M_B = \frac{m_B RT}{\Pi}$$

三、习题解析

1. 求 0.010 kg NaOH 、 $0.100 \text{ kg}(\frac{1}{2} \text{Ca}^{2+})$ 、 $0.100 \text{ kg}(\frac{1}{2} \text{Na}_2\text{CO}_3)$ 的物质的量。

解: NaOH 、 $\frac{1}{2} \text{Ca}^{2+}$ 、 $\frac{1}{2} \text{Na}_2\text{CO}_3$ 的物质的量分别为:

$$n(\text{NaOH}) = \frac{m(\text{NaOH})}{M(\text{NaOH})} = \frac{10 \text{ g}}{40 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.25 \text{ mol}$$

$$n\left(\frac{1}{2}\text{Ca}^{2+}\right) = \frac{m(\text{Ca}^{2+})}{M\left(\frac{1}{2}\text{Ca}^{2+}\right)} = \frac{100 \text{ g}}{20 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 5.0 \text{ mol}$$

$$\begin{aligned} n\left(\frac{1}{2}\text{Na}_2\text{CO}_3\right) &= \frac{m(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{M\left(\frac{1}{2}\text{Na}_2\text{CO}_3\right)} \\ &= \frac{100 \text{ g}}{53 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 1.9 \text{ mol} \end{aligned}$$

2. 20℃, 将 350 g ZnCl₂ 溶于 650 g 水中, 溶液的体积为 739.5 mL, 求此溶液的物质的量浓度和质量摩尔浓度。

解: ZnCl₂ 溶液的物质的量浓度和质量摩尔浓度分别为:

$$\begin{aligned} c(\text{ZnCl}_2) &= \frac{m(\text{ZnCl}_2)/M(\text{ZnCl}_2)}{V} \\ &= \frac{350 \text{ g}/136.3 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{0.7395 \text{ L}} = 3.47 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b(\text{ZnCl}_2) &= \frac{m(\text{ZnCl}_2)/M(\text{ZnCl}_2)}{m(\text{H}_2\text{O})} \\ &= \frac{350 \text{ g}/136.3 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{0.650 \text{ kg}} = 3.95 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1} \end{aligned}$$

3. 每 100 mL 血浆含 K⁺ 和 Cl⁻ 分别为 20 mg 和 366 mg, 试计算它们的物质的量浓度, 单位用 mmol·L⁻¹ 表示。

解: K⁺ 和 Cl⁻ 的物质的量浓度分别为:

$$\begin{aligned} c(\text{K}^+) &= \frac{m(\text{K}^+)/M(\text{K}^+)}{V} \\ &= \frac{0.020 \text{ g}/39 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{0.10 \text{ L}} \\ &= 5.1 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 5.1 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c(\text{Cl}^-) &= \frac{m(\text{Cl}^-)/M(\text{Cl}^-)}{V} \\ &= \frac{0.366 \text{ g}/35.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{0.100 \text{ L}} \\ &= 0.103 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 103 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} \end{aligned}$$

4. 如何用含结晶水的葡萄糖(C₆H₁₂O₆·H₂O)配制质量浓度为 50 g·L⁻¹ 的葡萄糖溶液 500 mL? 设溶液密度为 1.00 kg·L⁻¹, 该溶液的物质的量浓度

和葡萄糖($C_6H_{12}O_6$)的摩尔分数是多少?

解: 配制 500 mL 葡萄糖溶液所需 $C_6H_{12}O_6 \cdot H_2O$ 的质量为:

$$\begin{aligned} m(C_6H_{12}O_6 \cdot H_2O) &= \rho(C_6H_{12}O_6) V(C_6H_{12}O_6) \times \frac{M_r(C_6H_{12}O_6 \cdot H_2O)}{M_r(C_6H_{12}O_6)} \\ &= 50 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.50 \text{ L} \times \frac{198}{180} = 27.5 \text{ g} \end{aligned}$$

称取 27.5 g $C_6H_{12}O_6 \cdot H_2O$ 晶体, 用少量水溶解后, 加水稀释至 500 mL, 混匀, 即可配制成 500 mL $50 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 葡萄糖溶液。

该溶液的物质的量浓度和 $C_6H_{12}O_6$ 的摩尔分数分别为:

$$c(C_6H_{12}O_6) = \frac{\rho(C_6H_{12}O_6)}{M(C_6H_{12}O_6)} = \frac{50 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}}{180 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.278 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$\begin{aligned} x(C_6H_{12}O_6) &= \frac{n(C_6H_{12}O_6)}{n(C_6H_{12}O_6) + n(H_2O)} \\ &= \frac{0.278 \times 0.50 \text{ mol}}{0.278 \times 0.50 \text{ mol} + \frac{500 \times 1.00 - 50 \times 0.50}{18} \text{ mol}} \\ &= \frac{0.139 \text{ mol}}{0.139 \text{ mol} + 26.4 \text{ mol}} = 5.24 \times 10^{-3} \end{aligned}$$

5. 某患者需补充 Na^+ 5.0 g, 如用生理盐水补充 [$\rho(\text{NaCl}) = 9.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$], 应补多少?

解: 需补充 NaCl 的质量为:

$$\begin{aligned} m(\text{NaCl}) &= \frac{m(\text{Na}^+) M(\text{NaCl})}{M(\text{Na}^+)} \\ &= \frac{5.0 \text{ g} \times 58.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{23 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 12.7 \text{ g} \end{aligned}$$

需补充生理盐水的体积为:

$$V(\text{NaCl}) = \frac{m(\text{NaCl})}{\rho(\text{NaCl})} = \frac{12.7 \text{ g}}{9 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}} = 1.4 \text{ L}$$

6. 溶液中 KI 与 KMnO_4 反应, 假如最终有 0.508 g I_2 析出, 以 $(\text{KI} + \frac{1}{5} \text{KMnO}_4)$ 为基本单元, 所消耗的反应物的物质的量是多少?

解: 以 $(\text{KI} + \frac{1}{5} \text{KMnO}_4)$ 为基本单元, 所消耗的反应物的物质的量为:

$$n(\text{KI} + \frac{1}{5}\text{KMnO}_4) = n(\frac{1}{2}\text{I}_2) = \frac{m(\text{I}_2)}{M(\frac{1}{2}\text{I}_2)}$$

$$= \frac{0.508 \text{ g}}{126.9 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}$$

$$= 4.00 \times 10^{-3} \text{ mol} = 4.00 \text{ mmol}$$

7. 水在 20℃ 时的饱和蒸气压为 2.34 kPa。若 100 g 水中溶有 10.0 g 蔗糖 ($M_r = 342$)，求此溶液的蒸气压。

解：蔗糖溶液中水的摩尔分数为：

$$\begin{aligned} x(\text{H}_2\text{O}) &= \frac{n(\text{H}_2\text{O})}{n(\text{H}_2\text{O}) + n_{\text{蔗糖}}} \\ &= \frac{\frac{100 \text{ g}}{18.02 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}}{\frac{100 \text{ g}}{18.02 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} + \frac{10.0 \text{ g}}{342 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}} \\ &= \frac{5.55 \text{ mol}}{(5.55 + 0.029) \text{ mol}} = 0.995 \end{aligned}$$

蔗糖溶液的蒸气压为：

$$\begin{aligned} p &= p^*(\text{H}_2\text{O})x(\text{H}_2\text{O}) \\ &= 2.34 \text{ kPa} \times 0.995 = 2.33 \text{ kPa} \end{aligned}$$

8. 甲溶液由 1.68 g 蔗糖 ($M_r = 342$) 和 20.00 g 水组成。乙溶液由 2.45 g $M_r = 690$ 的某非电解质和 20.00 g 水组成。

(1) 在相同温度下，哪份溶液的蒸气压高？

(2) 将两份溶液放入同一个恒温密闭的钟罩里，时间足够长，两份溶液浓度会不会发生变化，为什么？

(3) 当达到系统蒸气压平衡时，转移的水的质量是多少？

解：(1) 甲溶液中水的摩尔分数为：

$$\begin{aligned} x(\text{H}_2\text{O})_{\text{甲}} &= \frac{\frac{20.00 \text{ g}}{18.0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}}{\frac{20.00 \text{ g}}{18.0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} + \frac{1.68 \text{ g}}{342 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}} \\ &= \frac{1.11 \text{ mol}}{(1.11 + 4.91 \times 10^{-3}) \text{ mol}} = 0.996 \end{aligned}$$

乙溶液中水的摩尔分数为：

$$x(\text{H}_2\text{O})_{\text{Z}} = \frac{1.11 \text{ mol}}{1.11 \text{ mol} + \frac{2.45 \text{ g}}{690 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}} = 0.997$$

由于 $x(\text{H}_2\text{O})_{\text{甲}} < x(\text{H}_2\text{O})_{\text{Z}}$, 由 Raoult 定律可知, 乙溶液的蒸气压较高。

(2) 由于两溶液的蒸气压不相等, 同放在一恒温密闭的钟罩里, 两溶液的浓度将发生变化。乙溶液浓度变大, 甲溶液的浓度变小, 直到两溶液的浓度相等时为止。

(3) 当甲、乙两溶液的浓度相等时, 它们的蒸气压相等, 两溶液中水的摩尔分数相等, 蔗糖的摩尔分数与此非电解质的摩尔分数也相等:

$$x_{\text{蔗糖}} = x_{\text{非电解质}}$$

若转移的水的质量为 $m(\text{H}_2\text{O})$, 则有:

$$\frac{4.91 \times 10^{-3} \text{ mol}}{4.91 \times 10^{-3} \text{ mol} + \frac{20.0 \text{ g} + m(\text{H}_2\text{O})}{18.0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}} = \frac{3.55 \times 10^{-3} \text{ mol}}{3.55 \times 10^{-3} \text{ mol} + \frac{20.0 \text{ g} - m(\text{H}_2\text{O})}{18.0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 3.22 \text{ g}$$

9. 现有碳的质量分数 $w(\text{C}) = 0.944$ 的某种难挥发碳氢化合物 2.00 g。在 20°C 时将它溶解在 100 g 苯中, 使苯的蒸气压从 9.9538 kPa 降低到 9.8672 kPa, 试求此碳氢化合物的化学式。

解: 由 Raoult 定律可得:

$$\Delta p = p_{\text{A}}^* x_{\text{B}} \approx p_{\text{A}}^* \frac{n_{\text{B}}}{n_{\text{A}}} = p_{\text{A}}^* \frac{m_{\text{B}}/M_{\text{B}}}{m_{\text{A}}/M_{\text{A}}} = \frac{p_{\text{A}}^* m_{\text{B}} M_{\text{A}}}{m_{\text{A}} M_{\text{B}}}$$

该碳氢化合物的摩尔质量为:

$$M_{\text{B}} = \frac{p_{\text{A}}^* M_{\text{A}} m_{\text{B}}}{m_{\text{A}} \Delta p} = \frac{9.9538 \text{ kPa} \times 78.11 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 2.00 \text{ g}}{100 \text{ g} \times (9.9538 - 9.8672) \text{ kPa}} \\ = 179.6 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

1 mol 该碳氢化合物中所含碳、氢原子的物质的量分别为:

$$n(\text{C}) = \frac{1 \text{ mol} \times 179.6 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 0.944}{12.01 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 14 \text{ mol}$$

$$n(\text{H}) = \frac{1 \text{ mol} \times 179.6 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times (1 - 0.944)}{1.008 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 10 \text{ mol}$$

该碳氢化合物的化学式为 $\text{C}_{14}\text{H}_{10}$ 。

10. 将 2.80 g 难挥发性物质溶于 100 g 水中, 该溶液在 101.3 kPa 下, 沸点为 100.51°C。求该溶质的相对分子质量及该溶液的凝固点 ($K_{\text{b}} = 0.512 \text{ K} \cdot$

$\text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$, $K_f = 1.86 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

解：水溶液的沸点升高为：

$$\Delta T_b = 100.51^\circ\text{C} - 100.00^\circ\text{C} = 0.51^\circ\text{C} = 0.51 \text{ K}$$

溶质的摩尔质量为：

$$\begin{aligned} M_B &= \frac{K_b m_B}{m_A \Delta T_b} \\ &= \frac{0.512 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1} \times 2.80 \text{ g}}{100 \text{ g} \times 0.51 \text{ K}} \\ &= 0.0281 \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1} = 28.1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \end{aligned}$$

该溶液的凝固点降低为：

$$\begin{aligned} \Delta T_f &= K_f b_B = K_f \frac{n_B}{m_A} = K_f \frac{m_B / M_B}{m_A} \\ &= 1.86 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1} \times \frac{2.80 \text{ g}}{28.1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 0.100 \text{ kg}} \\ &= 1.85 \text{ K} \end{aligned}$$

溶液的凝固点为：

$$T_f = T_f^\circ - \Delta T_f = 273.15 \text{ K} - 1.85 \text{ K} = 271.30 \text{ K}$$

该溶质的相对分子质量为 28.1；该溶液的凝固点为 271.30 (−1.85℃)。

11. 烟草有害成分尼古丁的实验式是 $\text{C}_5\text{H}_7\text{N}$ 。今将 538 mg 尼古丁溶于 10.0 g 水，所得溶液在 101.3 kPa 下的沸点是 100.17℃。求尼古丁的分子式。

解：尼古丁的摩尔质量为：

$$\begin{aligned} M_B &= \frac{K_b \cdot m_B}{m_A \Delta T_b} \\ &= \frac{0.512 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1} \times 0.538 \text{ g}}{10.0 \text{ g} \times (373.32 - 373.15) \text{ K}} \\ &= 0.162 \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1} = 162 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \end{aligned}$$

若尼古丁的分子式为 $(\text{C}_5\text{H}_7\text{N})_a$ ，则：

$$a = \frac{M\{(\text{C}_5\text{H}_7\text{N})_a\}}{M(\text{C}_5\text{H}_7\text{N})} = \frac{162 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{81 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 2$$

故尼古丁的分子式为 $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2$ 。

12. 溶解 3.24 g 硫于 40.0 g 苯中，苯的凝固点降低 1.62℃。求此溶液中硫分子是由几个硫原子组成的 ($K_f = 5.12 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$)？

解：在苯中硫分子的分子式为 S_x 。则硫分子的摩尔质量为：

$$M(S_N) = K_f \frac{m_B}{m_A \Delta T_f}$$

$$= 5.12 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1} \times \frac{3.24 \text{ g}}{40.0 \text{ g} \times 1.62 \text{ K}} = 256 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

1 个硫分子中所含硫原子的数目为:

$$N = \frac{M_r(S_N)}{M_r(S)} = \frac{256}{32} = 8$$

在苯溶液中 1 个硫分子是由 8 个硫原子组成的。

13. 试比较下列溶液的凝固点的高低(苯的凝固点为 5.5°C , $K_f = 5.12 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$, 水的 $K_f = 1.86 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$);

- (1) $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 蔗糖的水溶液;
- (2) $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 甲醇的水溶液;
- (3) $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 甲醇的苯溶液;
- (4) $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 氯化钠水溶液。

解: 为计算方便, 可近似认为 $b_B = \frac{c_B}{c^\ominus} b^\ominus$ 。

(1) $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 蔗糖水溶液的凝固点为:

$$T_f = T_f^*(\text{H}_2\text{O}) - K_f(\text{H}_2\text{O}) \times \frac{c_{\text{蔗糖}}}{c^\ominus} b^\ominus$$

$$= 273.15 \text{ K} - 1.86 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1} \times \frac{0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}} \times 1 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$$= 272.96 \text{ K}$$

(2) $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 甲醇水溶液的凝固点为:

$$T_f = T_f^*(\text{H}_2\text{O}) - K_f(\text{H}_2\text{O}) \times \frac{c_{\text{甲醇}}}{c^\ominus} b^\ominus$$

$$= 273.15 \text{ K} - 1.86 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1} \times \frac{0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}} \times 1 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$$= 272.96 \text{ K}$$

(3) $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 甲醇的苯溶液的凝固点为:

$$T_f = T_f^*(\text{C}_6\text{H}_6) - K_f(\text{C}_6\text{H}_6) \times \frac{c_{\text{甲醇}}}{c^\ominus} b^\ominus$$

$$= 278.65 \text{ K} - 5.12 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1} \times \frac{0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}} \times 1 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$$= 278.14 \text{ K}$$

(4) $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ NaCl}$ 水溶液的凝固点为:

$$\begin{aligned} T_f &= T_f^\ominus(\text{H}_2\text{O}) - K_f(\text{H}_2\text{O}) \frac{ic(\text{NaCl})}{c^\ominus} b^\ominus \\ &= 273.15 \text{ K} - 1.86 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1} \times \frac{2 \times 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}} \times 1 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1} \\ &= 272.78 \text{ K} \end{aligned}$$

四种溶液的凝固点由高到低的顺序为(3) > (2) = (1) > (4)。

14. 试排出相同温度下下列溶液渗透压力由大到小的顺序:

- (1) $c(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$;
- (2) $c[(1/2)\text{Na}_2\text{CO}_3] = 0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$;
- (3) $c[(1/3)\text{Na}_3\text{PO}_4] = 0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$;
- (4) $c(\text{NaCl}) = 0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

解: 在相同温度下, 溶液的渗透压力与渗透浓度成正比, 可以通过比较溶液渗透浓度的大小, 确定溶液渗透压力的大小。

(1) 溶液的渗透浓度为:

$$c_{os}(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = c(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

(2) 溶液的渗透浓度为:

$$\begin{aligned} c_{os}(\text{Na}_2\text{CO}_3) &= 3c(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{3}{2}c\left(\frac{1}{2}\text{Na}_2\text{CO}_3\right) \\ &= \frac{3}{2} \times 0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 0.3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \end{aligned}$$

(3) 溶液的渗透浓度为:

$$\begin{aligned} c_{os}(\text{Na}_3\text{PO}_4) &= 4c(\text{Na}_3\text{PO}_4) = \frac{4}{3}c\left(\frac{1}{3}\text{H}_3\text{PO}_4\right) \\ &= \frac{4}{3} \times 0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 0.267 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \end{aligned}$$

(4) 溶液的渗透浓度为:

$$\begin{aligned} c_{os}(\text{NaCl}) &= 2c(\text{NaCl}) \\ &= 2 \times 0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 0.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \end{aligned}$$

溶液的渗透压力由大到小的顺序为(4) > (2) > (3) > (1)。

15. 今有一氯化钠溶液, 测得凝固点为 -0.26°C , 下列方法哪个正确, 为什么?