

医学基础系列教材

YIXUE JICHU XILIE JIAOCAI

基础化学 学习指南

JICHU HUAXUE
XUEXI ZHINAN

主编 胡常伟



四川大学出版社

医学基础系列教材

基础化学学习指南

主 编：胡常伟

副 主 编：孙俊梅 赵福岐 胡庆红

秦秀英 章小丽

其他编者：申明金 母昭德 刘毅敏

杜 曦 李雪华 张 欣

张 波 尚京川 赵先英

骆 鑫 聂咏飞 徐光域

席晓岚 黄丽芳 简 红

颜 军



四川大学出版社

责任编辑：胡兴戎
责任校对：骆筱秋 马 娜
封面设计：罗 光
责任印制：杨丽贤

图书在版编目 (CIP) 数据

基础化学学习指南 / 胡常伟主编. —成都：四川大学出版社，2006.8

ISBN 7-5614-3457-X

I. 基... II. 胡... III. 化学-高等学校-教学参考资料 IV.O6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 093578 号

书名 基础化学学习指南

主 编 胡常伟
出 版 四川大学出版社
地 址 成都市一环路南一段 24 号 (610065)
发 行 四川大学出版社
印 刷 成都蜀通印务有限责任公司
成品尺寸 185 mm×260 mm
印 张 14.5
字 数 325 千字
版 次 2006 年 8 月第 1 版
印 次 2006 年 8 月第 1 次印刷
印 数 0 001~3 000 册
定 价 21.00 元

◆读者邮购本书，请与本社发行科联系。电话：85408408/85401670/85408023 邮政编码：610065

◆本社图书如有印装质量问题，请寄回出版社调换。

版权所有◆侵权必究
此书无本社防伪标识一律不准销售。

◆网址：www.scupress.com.cn

前言

基础化学是目前我国高等院校医学、生命科学各专业一年级学生必修的一门重要的基础课，它为学生今后的专业学习打好化学基础。对于由中学进入大学的一年级学生，不仅学习的内容明显增多，而且对学习方法的要求也发生了很大的变化。由于学时少、内容多，使学生学习起来往往不得要领，学习效果欠佳。为了使学能学好基础化学，编写一本针对医学、生命科学各专业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，以培养学生应用所学的化学知识分析解决实际问题的能力，为今后的学习和工作打好坚实基础，无疑是大有裨益的。

基于上述目的，本书作为四川大学出版社出版的《基础化学》（第二版）的配套教学辅导教材推出。全书分为十五章，包括习题解答、补充习题解答和自我测试题的练习三部分内容。在习题解答部分，根据教学大纲要求，将教材中的所有习题逐一解答，以帮助学生正确理解和掌握基本概念、基本理论和基本方法，培养学生应用所学化学知识分析解决实际问题的能力。补充习题解答部分，扩充教材中的习题内容，加强深度和广度，选择了较多的习题作答，供学生学习时参考。自我测试题部分是根据各类考试要求安排的，所选试题具有相应的深度和广度。自我测试，巩固所学，加强灵活应用，总结经验教训，找出差距，以利进一步提高学习效果。所有试题均给出答案，供学生练习时参考。

应该指出的是：①解答习题是学习中一个不可缺少的重要环节，是学生在课堂和课本中所学知识的初步应用和实践。通过解答习题，不仅能考查对所学知识的理解和运用程度，还能培养科学的思维方法和解决问题的能力。②学生在使用此书时，首先应该是在理解的基础上独立解答教材中的习题，然后再与本书中的解答进行对比，从中受到启发并加以完善，这才是正确的学习方法。③对于有一些习题，可以从不同的角度或采用不同的思路去考虑，因此本书中的解答方法并非唯一的，仅供参考。④本书不应该成为一些学生不做练习题（或作业）的借口，但它可为培养学生的自学能力和自我检查提供方便，同时也可以减轻讲授基础化学课程的教师们批改作业时的负担，有助于提高教学质量 and 效果。

本书由胡常伟主编，参加编写的教师有：胡常伟（四川大学，第一章），骆鑫（四川大学，第二章和第十五章），聂咏飞（泸州医学院，第三章），胡庆红和张欣（遵义医学院，第四章），杜曦（泸州医学院，第五章），申明金和张波（川北医学院，第六章），章小丽和简红（昆明医学院，第七章），赵先英和刘毅敏（第三军医大学，第八章），黄丽芳和秦秀英（桂林医学院，第九章），赵福岐（泰山医学院，第十章），席晓岚（贵阳医学院，第十一章），李雪华（广西医科大学，第十二章），孙俊梅、颜军和徐光域（成都大学，第十三章）、母昭德和尚京川（重庆医科大学，第十四章）。

四川大学出版社对本书的出版给予了极大的支持和帮助，编者对此表示衷心的感谢。

本书在编写过程中，参考了部分已出版的高等院校教材和有关著作，在此向有关的作者和出版社一并致谢。

限于编者的水平，本书难免存在不当甚至错误之处，恳请专家和相关师生提出宝贵意见，以便订正。

编 者

2006 年 7 月

目 录

第一章 绪论	(1)
第二章 水和溶液	(2)
一、习题解答	(2)
二、补充习题解答	(8)
三、自我测试题	(13)
第三章 化学热力学	(23)
一、习题解答	(23)
二、补充习题解答	(25)
三、自我测试题	(26)
第四章 化学动力学	(32)
一、习题解答	(32)
二、补充习题解答	(35)
三、自我测试题	(43)
第五章 化学平衡	(52)
一、习题解答	(52)
二、补充习题解答	(56)
三、自我测试题	(59)
第六章 酸碱平衡	(66)
一、习题解答	(66)
二、补充习题解答	(68)
三、自我测试题	(72)
第七章 实验数据处理	(80)
一、习题解答	(80)
二、补充习题解答	(85)
三、自我测试题	(88)
第八章 缓冲溶液	(96)
一、习题解答	(96)
二、补充习题解答	(99)
三、自我测试题	(102)

第九章 沉淀溶解平衡·····	(110)
一、习题解答·····	(110)
二、补充习题解答·····	(115)
三、自我测试题·····	(119)
第十章 氧化还原平衡·····	(130)
一、习题解答·····	(130)
二、补充习题解答·····	(134)
三、自我测试题·····	(142)
第十一章 原子结构和元素周期律·····	(153)
一、习题解答·····	(153)
二、补充习题解答·····	(155)
三、自我测试题·····	(159)
第十二章 分子结构·····	(166)
一、习题解答·····	(166)
二、补充习题解答·····	(171)
三、自我测试题·····	(176)
第十三章 配位平衡·····	(182)
一、习题解答·····	(182)
二、补充习题解答·····	(187)
三、自我测试题·····	(190)
第十四章 可见—紫外分光光度法·····	(199)
一、习题解答·····	(199)
二、补充习题解答·····	(200)
三、自我测试题·····	(203)
第十五章 胶体溶液·····	(208)
一、习题解答·····	(208)
二、补充习题解答·····	(214)
三、自我测试题·····	(218)

第一章 绪 论

习题解答

怎样学好基础化学？

答：这是每个学习基础化学这门理论课程的学生都必须认真思考的问题。要真正学好这门课，首先必须清楚大学学习与中学学习的区别，尽快完成角色转变，适应大学的学习。我们认为，大学学习与中学学习的主要区别在于：

(1) 由中学进入大学学习，大学学习内容明显增多，“学时少，进度快”就成了二者的显著区别之一。这就要求同学们尽快习惯和具有同时摄取大量知识，抓住重点、难点，从而把握整体的能力。

(2) 由中学进入大学学习，家长、老师对同学们在学习上的督促明显减少，这就要求同学们要有高度的学习主动性，自觉地认真学习，自主地进行研究性学习。

(3) 由中学进入大学学习，目标要求提高，同学们不能只限于学习教材中的知识和老师讲授的知识，还应该注意基本方法、基本思路、基本技巧的学习和使用，根据自己的兴趣扩展学习内容，并用于解决实际问题。

(4) 高等基础化学有着与初等化学不同的特点，需要同学们从原来习惯的利用决定论的牛顿力学思想体系观察和分析问题，改变为利用概率论的统计的思想来观察和分析化学问题，不仅要注意观察分析宏观现象，而且要从微观上认识和解释这些现象。这就决定了对大学学习必须采用与以前不同的方法。

要学好基础化学这一重要的理论课程，需要从预习、听课、复习、做练习、查阅课外参考书刊、上好实验课等环节着手，其中最重要的是听课、做练习、做实验环节。希望同学们在总结自己在中学阶段学习方法的基础上，根据变化了的学习环境、生活环境、奋斗目标，尽快完成角色转变，学好基础化学及其他功课。

(胡常伟)

第二章 水和溶液

一、习题解答

1. 常用的溶液组成标度表示方法有哪些？它们各有何特点？

答：最常用的溶液组成标度表示方法有质量分数、物质的量分数、体积分数、质量摩尔浓度、物质的量浓度和质量浓度等。在此 6 种溶液组成标度表示方法中，体积分数、物质的量浓度及质量浓度的定义式中包含有溶液的体积或溶质的体积，因此它们会受温度变化的影响；因为质量分数、物质的量分数及质量摩尔浓度的定义式中只含有质量或摩尔质量，所以它们均与温度无关，即它们不会受温度变化的影响。

2. 计算下列市售化学试剂的物质的量浓度、物质的量分数及质量摩尔浓度。

(1) 浓 HNO_3 的质量分数为 0.70，密度为 1.42kg/L 。

(2) 浓 HCl 的质量分数为 0.37，密度为 1.19kg/L 。

(3) 浓 HAc （即冰 HAc ）的质量分数为 0.91，密度为 1.05kg/L 。

(4) 浓 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 的质量分数为 0.28，密度为 0.90kg/L 。

解：(1)

$$c_{\text{HNO}_3} = \frac{n_{\text{HNO}_3}}{V_{\text{溶液}}} = \frac{\frac{m_{\text{溶液}} \cdot \omega_{\text{HNO}_3}}{M_{\text{HNO}_3}}}{\frac{m_{\text{溶液}}}{\rho_{\text{溶液}}}} = \rho_{\text{溶液}} \cdot \frac{\omega_{\text{HNO}_3}}{M_{\text{HNO}_3}} = 1.42 \times 10^3 \times \frac{0.70}{63} = 16(\text{mol/L})$$

$$\begin{aligned} x_{\text{HNO}_3} &= \frac{n_{\text{HNO}_3}}{n_{\text{HNO}_3} + n_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{\frac{m_{\text{溶液}} \cdot \omega_{\text{HNO}_3}}{M_{\text{HNO}_3}}}{\frac{m_{\text{溶液}} \cdot \omega_{\text{HNO}_3}}{M_{\text{HNO}_3}} + \frac{m_{\text{溶液}}(1 - \omega_{\text{HNO}_3})}{M_{\text{H}_2\text{O}}}} = \frac{\frac{\omega_{\text{HNO}_3}}{M_{\text{HNO}_3}}}{\frac{\omega_{\text{HNO}_3}}{M_{\text{HNO}_3}} + \frac{1 - \omega_{\text{HNO}_3}}{M_{\text{H}_2\text{O}}}} \\ &= \frac{\frac{0.70}{63}}{\frac{0.70}{63} + \frac{1 - 0.70}{18}} = 0.40 \end{aligned}$$

$$b_{\text{HNO}_3} = \frac{n_{\text{HNO}_3}}{m_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{\frac{\omega_{\text{HNO}_3}}{M_{\text{HNO}_3}}}{\frac{1 - \omega_{\text{HNO}_3}}{1000}} = \frac{\frac{0.70}{63}}{\frac{1 - 0.70}{1000}} = 37(\text{mol/kg})$$

$$(2) \quad c_{\text{HCl}} = \rho_{\text{溶液}} \cdot \frac{\omega_{\text{HNO}_3}}{M_{\text{HCl}}} = 1.19 \times 10^3 \times \frac{0.37}{36.5} = 12(\text{mol/L})$$

$$x_{\text{HCl}} = \frac{\frac{\omega_{\text{HCl}}}{M_{\text{HCl}}}}{\frac{\omega_{\text{HCl}}}{M_{\text{HCl}}} + \frac{1 - \omega_{\text{HCl}}}{M_{\text{H}_2\text{O}}}} = \frac{\frac{0.37}{36.5}}{\frac{0.37}{36.5} + \frac{1 - 0.37}{18}} = 0.22$$

$$b_{\text{HCl}} = \frac{n_{\text{HCl}}}{m_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{\frac{\omega_{\text{HCl}}}{1 - \omega_{\text{HCl}}}}{\frac{1000}{1 - \omega_{\text{HCl}}}} = \frac{0.37}{36.5} \times \frac{1000}{1 - 0.37} = 16(\text{mol/kg})$$

$$(3) \quad c_{\text{HAc}} = \rho_{\text{溶液}} \cdot \frac{\omega_{\text{HAc}}}{M_{\text{HAc}}} = 1.05 \times 10^3 \times \frac{0.91}{60} = 16(\text{mol/L})$$

$$x_{\text{HAc}} = \frac{\frac{\omega_{\text{HAc}}}{M_{\text{HAc}}}}{\frac{\omega_{\text{HAc}}}{M_{\text{HAc}}} + \frac{1 - \omega_{\text{HAc}}}{M_{\text{H}_2\text{O}}}} = \frac{\frac{0.91}{60}}{\frac{0.91}{60} + \frac{1 - 0.91}{18}} = 0.75$$

$$b_{\text{HAc}} = \frac{n_{\text{HAc}}}{m_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{\frac{\omega_{\text{HAc}}}{1 - \omega_{\text{HAc}}}}{\frac{1000}{1 - \omega_{\text{HAc}}}} = \frac{0.91}{60} \times \frac{1000}{1 - 0.91} = 169(\text{mol/kg})$$

$$(4) \quad c_{\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}} = \rho_{\text{溶液}} \cdot \frac{\omega_{\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}}}{M_{\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}}} = 0.90 \times 10^3 \times \frac{0.28}{17} = 15(\text{mol/L})$$

$$x_{\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}} = \frac{\frac{\omega_{\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}}}{M_{\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}}}}{\frac{\omega_{\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}}}{M_{\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}}} + \frac{1 - \omega_{\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}}}{M_{\text{H}_2\text{O}}}} = \frac{\frac{0.28}{17}}{\frac{0.28}{17} + \frac{1 - 0.28}{18}} = 0.29$$

$$b_{\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}} = \frac{n_{\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}}}{m_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{\frac{\omega_{\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}}}{1 - \omega_{\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}}}}{\frac{1000}{1 - \omega_{\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}}}} = \frac{0.28}{17} \times \frac{1000}{1 - 0.28} = 23(\text{mol/kg})$$

3. 用体积分数为 0.95 的酒精溶液如何配制 1500ml 体积分数为 0.75 的消毒酒精溶液?

解: 设需体积分数为 0.95 的酒精溶液 $x\text{ml}$, 则

$$0.95x = 0.75 \times 1500 \quad x = \frac{0.75 \times 1500}{0.95} = 1184(\text{ml})$$

准确量取 1184ml 体积分数为 0.95 的酒精溶液加入 1500ml 容量瓶中, 加纯净水至标线, 充分摇匀, 便可得到所需消毒酒精溶液。

4. 2ml 血浆中含血糖 2.4mg, 试计算该血浆中血糖的质量浓度。

解:

$$\rho_B = \frac{m_{\text{血糖}}}{V_{\text{血糖}}} = \frac{2.4}{2.0 \times 10^{-3}} = 1.2 \times 10^3 (\text{mg/L}) = 1.2 (\text{g/L})$$

5. 静脉注射用 KCl 溶液的极限质量浓度为 2.70g/L。若在 250ml 葡萄糖溶液中加入 1 安瓶 (10ml) 100g/L KCl 溶液, 所得混合溶液中 KCl 的质量浓度是否超过了极限值?

解:

$$\rho_{\text{KCl}} = \frac{m_{\text{KCl}}}{V} = \frac{100 \times 0.010}{0.250 + 0.010} = 3.85 (\text{g/L}) > 2.70 (\text{g/L})$$

所得混合溶液中 KCl 的质量浓度超过了极限值。

6. 正常人血浆中 Ca^{2+} 和 HCO_3^- 的浓度分别为 2.5mmol/L 和 27mmol/L。化验得某病人血浆中 Ca^{2+} 和 HCO_3^- 的质量浓度分别为 300mg/L 和 1mg/L。试通过计算判断该病人血浆中这两种离子的含量是否正常?

解:

$$c_{\text{Ca}^{2+}} = \frac{\rho_{\text{Ca}^{2+}}}{M_{\text{Ca}^{2+}}} = \frac{300}{40} = 7.5 (\text{mmol/L})$$

$$c_{\text{HCO}_3^-} = \frac{\rho_{\text{HCO}_3^-}}{M_{\text{HCO}_3^-}} = \frac{1}{61} = 1.6 \times 10^{-2} (\text{mmol/L})$$

由计算可知该病人血浆中 Ca^{2+} 和 HCO_3^- 均不正常。

7. 临床上用于治疗碱中毒的 NH_4Cl 针剂的规格为每支 20ml, 每支含 NH_4Cl 0.16g。试计算每支针剂含 NH_4Cl 的物质的量和该针剂的浓度。

解:

$$n_{\text{NH}_4\text{Cl}} = \frac{m_{\text{NH}_4\text{Cl}}}{M_{\text{NH}_4\text{Cl}}} = \frac{0.16}{53.5} = 3.0 \times 10^{-3} (\text{mol})$$

$$c_{\text{NH}_4\text{Cl}} = \frac{n_{\text{NH}_4\text{Cl}}}{V_{\text{溶液}}} = \frac{3.0 \times 10^{-3}}{0.020} = 0.15 (\text{mol/L})$$

8. 某病人需 0.050mol Na^+ , 应补充多少 NaCl? 若用生理盐水 (9.0g/L NaCl 溶液) 进行补充, 则需要多大体积?

解:

$$m_{\text{NaCl}} = n_{\text{Na}^+} \cdot M_{\text{NaCl}} = 0.050 \times 58.5 = 2.93 (\text{g})$$

$$V_{\text{NaCl}} = \frac{m_{\text{NaCl}}}{\rho_{\text{NaCl}}} = \frac{0.050 \times 58.5}{9.0} = 0.325 (\text{L}) = 325 (\text{ml})$$

9. 临床上纠正酸中毒时常常用乳酸钠针剂, 其规格为每支 20ml, 含乳酸钠 ($\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3\text{Na}$) 2.24g。试计算该针剂的浓度及每支针剂中含乳酸钠的物质的量。

解：因为乳酸钠的 $M_{\text{NaL}}=112\text{g/mol}$ ，所以该针剂含乳酸钠的物质的量为

$$n_{\text{NaL}} = \frac{m_{\text{NaL}}}{M_{\text{NaL}}} = \frac{2.24}{112} = 0.020(\text{mol})$$

$$c_{\text{NaL}} = \frac{n_{\text{NaL}}}{V_{\text{NaL}}} = \frac{0.020}{0.020} = 1.0(\text{mol/L})$$

10. 某病人需用 100g/L 葡萄糖溶液 1500ml，若用 500g/L 葡萄糖溶液和 50g/L 葡萄糖溶液混合配制，应该各取此两种溶液多大体积相混合，才能得到所需的溶液？

解：设应取 500g/L 溶液 $x\text{ml}$ ，则应取 50g/L 溶液 $(1500-x)\text{ml}$ 。

$$500x + 50 \times (1500 - x) = 100 \times 1500$$

$$x = 167(\text{ml})$$

即应取 500g/L 溶液 167ml。所以，应取 50g/L 溶液的体积为 $1500 - 167 = 1333(\text{ml})$ 。分别按应取体积取出溶液相混合即可得到所需溶液。

11. 稀溶液的依数性有哪些？它们之间有什么联系？相互间如何换算？

答：稀溶液的依数性指的是稀溶液的蒸气压下降、沸点升高、凝固点降低和渗透压力等四种性质。稀溶液的蒸气压下降指的是稀溶液中纯溶剂的蒸气压始终低于同温度下纯溶剂的蒸气压。因为稀溶液中的溶质微粒总是会或多或少地占据一部分纯溶剂的容器表面，所以造成纯溶剂的蒸气压下降，即稀溶液的蒸气压会下降。

稀溶液的沸点升高、凝固点降低都是由于稀溶液的蒸气压下降引起的，而包括渗透压力在内的稀溶液的四种依数性性质，都是由溶解于一定量溶剂中的溶质质点数目决定的，因此它们相互之间有密切的联系。

在稀水溶液中，溶液的质量摩尔浓度 (b_B) 近似于物质的量浓度 (c_B)，故四种依数性可以相互换算，即

$$\Delta p = \frac{p^0}{55.5} \cdot m = Km \quad m = \frac{\Delta p}{K}$$

$$\Delta T_b = K_b m \quad m = \frac{\Delta T_b}{K_b}$$

$$\Delta T_f = K_f m \quad m = \frac{\Delta T_f}{K_f}$$

$$\Pi = cRT = mRT \quad m = \frac{\Pi}{RT}$$

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

12. 将一冰块投入 273.15K 的水中，另一冰块投入 273.15K 的 NaCl 溶液中，各有什么现象发生？

答：投入水中的冰块体积既不增大也不变小，因为此种情况下冰块和水的蒸气压相

等；投入 NaCl 溶液的冰块体积会越来越小，因为此种情况下，NaCl 溶液的蒸气压低于冰块的蒸气压，所以冰块蒸发并凝结成水，其体积会越来越小。

13. 为什么必须控制输入人体血液中的溶液的浓度？

答：正常人体血液的渗透浓度为 280mmol/L~320mmol/L，在此范围内，红细胞处于正常状态，能维持正常的生理功能。当输入溶液的渗透浓度低于 280mmol/L 时，由于大量的水分子渗入红细胞，会使红细胞逐渐膨胀，甚至破裂造成“溶血”，危及生命。当输入溶液的渗透浓度高于 320mmol/L 时，由于红细胞中的水分子渗出，会使红细胞逐渐皱缩，皱缩的红细胞相互聚结成团；若此种情况出现在小血管中，便会出现“栓塞现象”而阻断血流，因而会危及生命。因此，必须严格控制输入人体血液中的溶液的浓度。

14. 将下列水溶液按其蒸气压增大的顺序排列：1mol/L NaCl, 1mol/L H₂SO₄, 1mol/L C₆H₁₂O₆ (葡萄糖), 0.1mol/L HAc, 0.1mol/L C₆H₁₂O₆, 0.1mol/L NaCl。

答：根据 Raoult 定律，溶液的蒸气压下降与溶液的质量摩尔浓度成正比，即在相同温度及相同体积下，蒸气压下降与溶液中溶质的总粒子数目有关，溶液中溶质的总粒子数目越大，其蒸气压下降便越多。因为 H₂SO₄ 解离为 2 个 H⁺ 和 1 个 SO₄²⁻，为强电解质；NaCl 解离为 Na⁺ 和 Cl⁻，也为强电解质；HAc 解离为 H⁺ 和 Ac⁻，为弱电解质；C₆H₁₂O₆ 为非电解质。所以，其蒸气压增大的顺序为：1mol/L H₂SO₄, 1mol/L NaCl, 1mol/L C₆H₁₂O₆, 0.1mol/L NaCl, 0.1mol/L HAc, 0.1 mol/L C₆H₁₂O₆。

15. 在 26.6g 氯仿 (CHCl₃) 中溶有 0.402g 萘 (C₁₀H₈) 的溶液，测得其沸点比纯氯仿的沸点高 0.455℃。试求氯仿的质量摩尔沸点升高常数。

$$\text{解：} \quad b_{\text{C}_{10}\text{H}_8} = \frac{n_{\text{C}_{10}\text{H}_8}}{m_{\text{CHCl}_3}} = \frac{\frac{m_{\text{C}_{10}\text{H}_8}}{M_{\text{C}_{10}\text{H}_8}}}{\frac{m_{\text{CHCl}_3}}{M_{\text{CHCl}_3}}} = \frac{\frac{0.402}{128.1}}{\frac{26.6 \times 10^{-3}}{128.1}} = 0.118(\text{mol/kg})$$

$$\text{因为} \quad \Delta T_b = K_b \cdot b_B$$

$$\text{所以} \quad K_b = \frac{\Delta T_b}{b_B} = \frac{0.455}{0.188} = 3.86(\text{K} \cdot \text{kg/mol})$$

16. 将一个实验式为 C₅H₄ 的化合物样品 7.85g 溶解于 301g 苯中，该溶液的凝固点比纯苯的凝固点低 1.05℃。计算该化合物的摩尔质量并写出其分子式。

解：查表得知苯的 $K_f = 5.10 \text{K} \cdot \text{kg/mol}$ ，则该溶液的质量摩尔浓度为

$$b_B = \frac{\Delta T_f}{K_f} = \frac{1.05}{5.10} = 0.206(\text{mol/kg})$$

因为该溶液是将 7.85g 溶质溶解于 301g 苯中配成的，所以 1kg 苯中可溶解的溶质克数为 $\frac{7.85}{0.301} = 26.1(\text{g/kg})$ 。

又因为 0.206mol 溶质重 26.1g，所以该溶质的摩尔质量 $M_B = \frac{26.1}{0.206} = 127(\text{g/mol})$ 。

因为 C_5H_4 的摩尔质量为 64g/mol ，而样品的摩尔质量为 127g/mol ，所以该化合物的分子式应为 $C_{10}H_8$ 。

17. 树身内部树汁的上升是由渗透压力造成的。若树汁为 0.20mol/L 的糖溶液，树汁小管外部水溶液的渗透浓度为 0.01mol/L ，试估计 25°C 时树汁上升的高度为多少？

(已知： 1m 高水柱的压力约为 9.8kPa)

解：树汁糖溶液与树汁小管水溶液的渗透压力差为

$$\Delta\Pi = \Delta c_{os} RT = (0.20 - 0.01) \times 8.314 \times 298.15 = 471(\text{kPa})$$

则树汁可上升的高度为 $\frac{471}{9.8} = 48(\text{m})$ 。

18. 糖尿病人和健康人血液中葡萄糖的质量浓度分别为 1.80g/L 和 0.85g/L 。假定糖尿病人和健康人血液渗透压力的差异仅由糖尿病人血液中含有较高浓度的葡萄糖所致，试计算在体温 37°C 时此渗透压力的差值。

(已知：葡萄糖的摩尔质量 $M = 180\text{g/mol}$)

解：

$$\Delta\Pi = \Delta c RT = \frac{1.80 - 0.85}{180} \times 8.314 \times 310.15 = 13.6(\text{kPa})$$

19. 某大分子物质 10.0g 溶解于 1L 水中，测得该溶液在 27°C 时的渗透压力为 0.37kPa 。求该物质的相对分子质量，并计算该溶液的凝固点。

解：

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

$$M_B = \frac{m_B RT}{\Pi V} = \frac{10.0 \times 8.314 \times 300.15}{0.37 \times 1} = 6.7 \times 10^4 (\text{g/mol})$$

即该物质的相对分子质量为 6.7×10^4 。

$$\Delta T_f = K_f \cdot b_B = 1.86 \times \frac{10.0}{6.7 \times 10^4} = 2.8 \times 10^{-4} (^\circ\text{C})$$

即该溶液的凝固点为 $-2.8 \times 10^{-4}^\circ\text{C}$ 。

20. 某一水溶液的凝固点为 -1.00°C ，求其沸点、在 0°C 时的渗透压力以及在 20°C 时的蒸气压各为多少？

(已知：水的 $K_f = 1.86\text{K} \cdot \text{kg/mol}$ ， $K_b = 0.512\text{K} \cdot \text{kg/mol}$ ， 20°C 时水的蒸气压为 2.34kPa)

解：

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

$$b_B = \frac{\Delta T_f}{K_f} = \frac{1.00}{1.86} = 0.538(\text{mol/kg})$$

则

$$\Delta T_b = K_b \cdot b_B = 0.512 \times 0.538 = 0.275 (^\circ\text{C})$$

即该溶液的沸点为 $100 + 0.275 = 100.275 (^\circ\text{C})$ 。

因为稀水溶液中 $b_B = c_{os}$, 所以 0°C 时该溶液的渗透压力为

$$\Pi = cRT = b_B RT = 0.538 \times 8.314 \times 273.15 = 1.22 \times 10^3 (\text{kPa})$$

因为 b_B 为 0.538mol/kg 表示 1000g 水中溶解有 0.538mol 溶质, 因此溶液中水的物质的量分数为

$$x_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{\frac{1000}{18.0}}{\frac{1000}{18.0} + 0.538} = 0.990$$

所以根据 Raoult 定律, 20°C 时该溶液的蒸气压为

$$p = p^0 \cdot x_{\text{H}_2\text{O}} = 2.34 \times 0.990 = 2.32 (\text{kPa})$$

二、补充习题解答

1. ΔT_f 、 Π 等数值仅决定于溶液的浓度而与溶质的本性无关, 但为什么能用测定 ΔT_f 、 Π 的方法测定溶质的特征性质“摩尔质量”?

答: 稀溶液的凝固点降低 ΔT_f 、渗透压力 Π 与溶质的质量摩尔浓度 b_B 或溶液的浓度 c_B 成正比, 而与溶质的本性无关。因此可利用稀溶液的这些依数性, 分别测量出 ΔT_f 和 Π , 即可求出 b_B 和 c_B , 再利用溶质的摩尔质量 M_B 与 b_B 、 c_B 的定量关系, 便可以算出 M_B 。

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

所以

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

$$\Pi = c_B RT = \frac{n_B}{V} \cdot RT = \frac{\frac{m_B}{M_B}}{V} \cdot RT$$

所以

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

2. 将相同质量的葡萄糖和甘油分别溶解于 1000g 水中, 所得溶液的蒸气压下降、沸点升高、凝固点降低和渗透压力是否相同, 为什么? 如果将相同物质的量的葡萄糖和甘油分别溶解于 1000g 水中, 结果又如何?

答: 将相同质量的葡萄糖和甘油分别溶解于 1000g 水中配成溶液后, 由于葡萄糖的摩尔质量 ($M_B = 180\text{g/mol}$) 大于甘油的摩尔质量 ($M_B = 92\text{g/mol}$), 则所得甘油溶液的质量摩尔浓度 b_B 大于葡萄糖溶液, 因此两种溶液的蒸气压下降, 沸点升高、凝固点降低和渗透压力均不相同, 并且都是甘油溶液的较大, 葡萄糖溶液的较小。

将相同物质的量的葡萄糖和甘油分别溶解于 1000g 水配成溶液后，它们的质量摩尔浓度 b_B 相同，所以两溶液的蒸气压下降、沸点升高、凝固点降低和渗透压力均相同。

3. 分别判断下列各组溶液渗透压力的高低，若用半透膜将其隔开，渗透方向会如何？

(1) 质量分数均为 0.5% 的葡萄糖 ($C_6H_{12}O_6$) 和蔗糖 ($C_{12}H_{22}O_{11}$) 溶液。

(2) 0.5mol/L $CaCl_2$ 溶液和 0.5mol/L 尿素溶液。

(3) 正常血浆与 1.87% 乳酸钠 ($M = 112g/mol$) 溶液。

(4) 100ml 5% 葡萄糖溶液中加入有 0.9% NaCl 的混合溶液与 10% 的葡萄糖溶液。

解：溶液渗透压力的高低，仅决定于溶液的渗透浓度，而与溶质的本性无关。

(1) 因为葡萄糖和蔗糖均为非电解质，其溶液的质量分数虽然相同，但由于它们的摩尔质量不同，则它们的渗透浓度不同，所以葡萄糖溶液的渗透压力较高，蔗糖溶液的渗透压力较低；渗透方向是溶剂分子自 0.5% 的蔗糖溶液向 0.5% 的葡萄糖溶液渗透。

(2) 因为尿素为非电解质， $CaCl_2$ 为电解质，其溶液的物质的量浓度虽然相同，但由于 $CaCl_2$ 会发生解离，而尿素不解离，它们的渗透浓度不同，所以 $CaCl_2$ 溶液的渗透压力较高，尿素溶液的渗透压力较低；渗透方向是溶剂分子自 0.5mol/L 尿素溶液向 0.5mol/L $CaCl_2$ 溶液渗透。

(3) 因为正常血浆的渗透浓度范围为 280mmol/L~320mmol/L，1.87% 乳酸钠溶液的渗透浓度为

$$\frac{1.87 \times 10 \times 1000}{112} \times 2 = 334(\text{mmol/L})$$

所以，1.87% 乳酸钠溶液的渗透压力略高于正常血浆，故渗透方向是溶剂分子自血浆向 1.87% 乳酸钠溶液渗透。但在临床中，由于它们的差别不大，通常仍认为两者为等渗溶液。

(4) 因为 100ml 5% 葡萄糖溶液中加入 0.9g NaCl 后便成为葡萄糖生理盐水，其渗透浓度为

$$\frac{50 \times 1000}{180} + \frac{9 \times 1000}{58.5} \times 2 = 278 + 308 = 586(\text{mmol/L})$$

10% 葡萄糖溶液的渗透浓度为

$$2 \times 278 = 556(\text{mmol/L})$$

所以葡萄糖生理盐水的渗透压力略高于 10% 葡萄糖溶液的渗透压力，渗透方向是溶剂分子自 10% 葡萄糖溶液向葡萄糖生理盐水渗透。但在临床使用中，由于它们的差别不大，通常仍认为两者为等渗溶液。

4. 蛙肌细胞内液的渗透浓度为 240mmol/L。若将蛙肌细胞分别置于质量浓度分别为 10g/L、7g/L 和 3g/L 的 NaCl 溶液中，蛙肌细胞的形态将会如何？

解：NaCl 溶液的渗透浓度分别为

$$10g/L: c_{os} = 2 \times \frac{10}{58.5} \times 1000 = 342(\text{mmol/L})$$

$$7\text{g/L: } c_{\text{os}} = 2 \times \frac{7}{58.5} \times 1000 = 240(\text{mmol/L})$$

$$3\text{g/L: } c_{\text{os}} = 2 \times \frac{3}{58.5} \times 1000 = 103(\text{mmol/L})$$

与蛙肌细胞内液的渗透浓度相比较, 10g/L 的 NaCl 溶液为高渗溶液, 所以蛙肌细胞在其中将会失水皱缩; 7g/L 的 NaCl 溶液为等渗溶液, 所以蛙肌细胞在其中形态不会发生变化; 3g/L 的 NaCl 溶液为低渗溶液, 所以蛙肌细胞在其中将会吸水膨胀。

5. 腐蚀印刷线路板常用质量分数 ω_B 为 35% 的 FeCl_3 溶液, 怎样用 $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 配制 2.0kg 这种溶液? 该溶液的物质的量分数为多少?

解: 配制目的溶液所需 $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 的质量为

$$m_{\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}} = m_{\text{溶液}} \cdot \omega_{\text{FeCl}_3} \cdot \frac{M_{\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}}}{M_{\text{FeCl}_3}} = 2.0 \times 35\% \times \frac{270}{162} = 1.2(\text{kg})$$

所需水的质量 $m_{\text{H}_2\text{O}} = m_{\text{溶液}} - m_{\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}} = 2.0 - 1.2 = 0.8(\text{kg})$

35% FeCl_3 溶液中的 FeCl_3 的物质的量分数为

$$x_{\text{FeCl}_3} = \frac{n_{\text{FeCl}_3}}{n_{\text{H}_2\text{O}} + n_{\text{FeCl}_3}} = \frac{\frac{m_{\text{FeCl}_3}}{M_{\text{FeCl}_3}}}{\frac{m_{\text{H}_2\text{O}}}{M_{\text{H}_2\text{O}}} + \frac{m_{\text{FeCl}_3}}{M_{\text{FeCl}_3}}} = \frac{\frac{m_{\text{溶液}} \times 35\%}{162}}{\frac{m_{\text{溶液}} \times (1 - 35\%)}{18} + \frac{m_{\text{溶液}} \times 35\%}{162}} = 0.056$$

6. 四氢呋喃 ($\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$) 曾被建议用作防冻剂, 应往水中加入多少四氢呋喃才能使它的凝固点降低与加入 1g 乙醇 ($\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$) 的作用相当?

解: 两溶液的质量摩尔浓度应该相等, 即

$$\frac{m_{\text{C}_4\text{H}_8\text{O}}}{M_{\text{C}_4\text{H}_8\text{O}}} = \frac{m_{\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2}}{M_{\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2}}$$

所以 $m_{\text{C}_4\text{H}_8\text{O}} = \frac{m_{\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2} \cdot M_{\text{C}_4\text{H}_8\text{O}}}{M_{\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2}} = \frac{1.0 \times 72}{62} = 1.2(\text{g})$

7. 烟草有害成分尼古丁的实验式为 $\text{C}_5\text{H}_7\text{N}$, 现将 0.53g 尼古丁溶解于 10.0g 水中, 所得溶液在 101.325kPa 下的沸点为 373.32K。求尼古丁的分子式。

解: 尼古丁的摩尔质量为

$$M_B = \frac{K_b \cdot m_B}{m_A \cdot \Delta T_b} = \frac{0.512 \times 0.538}{10.0 \times (373.32 - 373.15)} = 162(\text{g/mol})$$

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

$$x = \frac{M_{(\text{C}_5\text{H}_7\text{N})_x}}{M_{\text{C}_5\text{H}_7\text{N}}} = \frac{162}{81} = 2$$

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