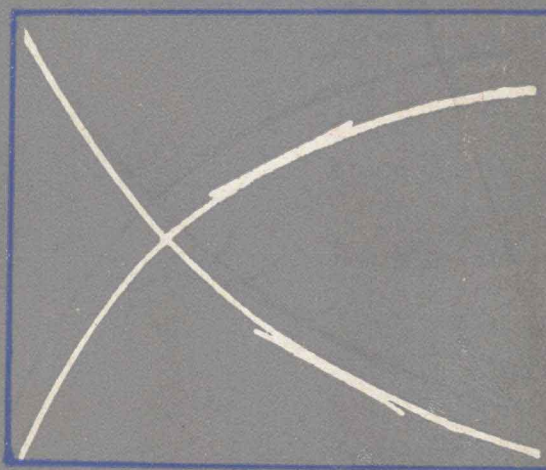


高等医学院校教学参考书

基础化学学习指导

徐春祥 王一凡 刘有训 主编

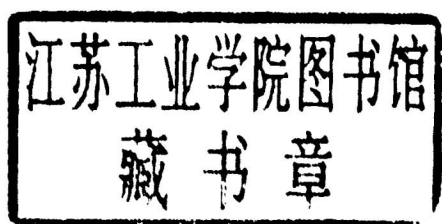


黑龙江科学技术出版社

高等医学院校教学参考书

基础化学学习指导

徐春祥 王一凡 刘有训 主编



黑龙江科学技术出版社

(黑)新登字第2号

责任编辑:张日新

封面设计:张秉顺

基 础 化 学 学 习 指 导

徐春祥 王一凡 刘有训 主编

黑龙江科学技术出版社
(哈尔滨市南岗区建设街41号)

哈尔滨市群力印刷厂印刷

黑龙江省新华书店发行

850×1168毫米 32开本 7印张 181.9千字

1994年7月第1版·1994年7月第1次印刷

印数:1—4 000册 定价:4.20元

ISBN 7-5388-2590-8/N·123

前 言

本书是哈尔滨医科大学化学教研室、上海医科大学化学教研室主编《医学基础化学》教材的配套教学参考书。可供使用《医学基础化学》的师生参考,也可供从事无机化学和医学基础化学教学的教师参阅。

为了方便教师教学和学生复习,本书将教材中除第十五章以外的所有习题和测试题都逐题进行了解答。全书包括14章习题解答和10套医学基础化学水平测试题解答(教材中的第十五章为选学内容,未列入),编排顺序与教材相同。

遵照国务院的有关规定,全书全部来用以国际单位制(SI)为基础的法定计量单位。各物理量及其单位的符号均采用国家标准局所颁布的国家标准(GB)。

参加本书编写工作的有(按编写章节为序)王一凡(第一章)、李泽民(第二章)、姚素英(第三章)、傅迎(第四章)、廖喜漫(第五章)、徐春祥(第六章)、马利民(第七章)、刘绍乾(第八章)、李星全(第九章)、张乐华(第十章)、于宝珍(第十一章)、朱玲(第十二章)、王炎(第十三章)、刘有训(第十四章)、刘亚琴(测试题一)、刘丹伟(测试题二)、田语琳(测试题三)、于泓(测试题四)、刘有昌(测试题五)、苏群(测试题六)、王淑芬(测试题七)、殷明文(测试题八)、杨洁茹(测试题九)和李贞子(测试题十)。

由于编者的水平有限,再加之时间仓促,书中的错误和不妥之处在所难免,恳请使用本书的师生批评指正。

编 者

1994年7月于哈尔滨

《基础化学学习指导》编者名单

主 编：徐春祥 王一凡 刘有训

副主编：李贞子 马利民 苏 群

主 审：江世益

编 者 (按编写章次为序)：

王一凡 李泽民 姚素英

傅 迎 廖喜漫 徐春祥

马利民 刘绍乾 李星全

张乐华 苏 群 朱 玲

王 炎 刘有训 刘亚琴

刘丹伟 田语琳 于 泓

刘有昌 苏 群 王淑芬

殷明文 杨洁茹 李贞子

目 录

第一章 溶液	1
第二章 化学热力学基础	13
第三章 化学平衡	24
第四章 电解质溶液	33
第五章 缓冲溶液	43
第六章 化学反应速率	49
第七章 酸碱滴定法	61
第八章 氧化-还原反应	73
第九章 原子结构	85
第十章 分子结构	96
第十一章 配位化合物	103
第十二章 表面现象和溶胶	117
第十三章 高分子化合物溶液	122
第十四章 可见-紫外分光光度法	126
医学基础化学水平测试题(一)	132
医学基础化学水平测试题(二)	141
医学基础化学水平测试题(三)	151
医学基础化学水平测试题(四)	160
医学基础化学水平测试题(五)	167
医学基础化学水平测试题(六)	176
医学基础化学水平测试题(七)	185
医学基础化学水平测试题(八)	193
医学基础化学水平测试题(九)	202
医学基础化学水平测试题(十)	210

第一章 溶 液

1. 在 90 g $w(\text{NaCl})=0.15$ 的 NaCl 溶液里加入 10 g 水或 10 g NaCl 固体, 分别计算用这两种方法配制的 NaCl 溶液中 NaCl 的质量分数和质量摩尔浓度。

解: 在 90 g $w(\text{NaCl})=0.15$ NaCl 溶液里加入 10 g 水, NaCl 的质量分数和质量摩尔浓度分别为:

$$w(\text{NaCl}) = \frac{m(\text{NaCl})}{m_{\text{溶液}}} = \frac{90 \text{ g} \times 0.15}{90 \text{ g} + 10 \text{ g}} = 0.135$$

$$\begin{aligned} b(\text{NaCl}) &= \frac{n(\text{NaCl})}{m(\text{H}_2\text{O})} \\ &= \frac{90 \text{ g} \times 0.15}{58.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \\ &= \frac{0.090 \text{ kg} \times (1 - 0.15) + 0.010 \text{ kg}}{2.67 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}} \end{aligned}$$

加入 10 g NaCl 固体后, NaCl 的质量分数和质量摩尔浓度分别为:

$$w(\text{NaCl}) = \frac{90 \text{ g} \times 0.15 + 10 \text{ g}}{90 \text{ g} + 10 \text{ g}} = 0.235$$

$$b(\text{NaCl}) = \frac{\frac{90 \text{ g} \times 0.15 + 10 \text{ g}}{58.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}}{0.090 \text{ kg} \times (1 - 0.15)} = 5.25 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$$

2. 用 $\varphi_{\text{酒精}}=0.95$ 的酒精溶液配制 500 mL $\varphi_{\text{酒精}}=0.75$ 的消毒酒精溶液, 计算所需 $\varphi_{\text{酒精}}=0.95$ 的酒精溶液的体积。

解: 所需体积分数为 0.95 的酒精溶液的体积为:

$$V_2 = \frac{V_1 \varphi_1}{\varphi_2} = \frac{500 \text{ mL} \times 0.75}{0.95} = 395 \text{ mL}$$

量取 395 mL 体积分数为 0.95 的酒精溶液, 加水稀释至 500

mL 即可。

3. 2 mL 血浆含 2.4 mg 血糖, 计算该血浆中血糖的质量浓度。

解: 该血浆中血糖的质量浓度为:

$$\rho = \frac{m_{\text{血糖}}}{V_{\text{血浆}}} = \frac{2.4 \text{ mg}}{2 \times 10^{-3} \text{ L}} = 1.2 \times 10^3 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} = 1.2 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$$

4. 静脉注射用 KCl 溶液的极限质量浓度是 $2.7 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 。若在 250 mL 葡萄糖溶液中加入 1 安瓿(10 mL) $100 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ KCl 溶液, 所得混合溶液中的 KCl 的质量浓度是否超过了极限值?

解: 混合溶液中 KCl 的质量浓度为:

$$\begin{aligned}\rho(\text{KCl}) &= \frac{m(\text{KCl})}{V_{\text{溶液}}} \\ &= \frac{100 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.010 \text{ L}}{0.25 \text{ L} + 0.010 \text{ L}} = 3.8 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} > 2.7 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}\end{aligned}$$

所得混合溶液中 KCl 的质量浓度超过极限值。

5. 正常人血浆中 Ca^{2+} 和 HCO_3^- 的浓度分别是 $2.5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $27 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。化验测得某病人血浆中 Ca^{2+} 和 HCO_3^- 的质量浓度分别是 $300 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 该病人血浆中这两种离子的含量是否正常?

解: 该病人血浆中 Ca^{2+} 和 HCO_3^- 的物质的量浓度分别为:

$$\begin{aligned}c(\text{Ca}^{2+}) &= \frac{\rho(\text{Ca}^{2+})}{M(\text{Ca}^{2+})} \\ &= \frac{300 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}}{40 \text{ mg} \cdot \text{mmol}^{-1}} = 7.5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} \\ c(\text{HCO}_3^-) &= \frac{\rho(\text{HCO}_3^-)}{M(\text{HCO}_3^-)} \\ &= \frac{1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}}{61 \text{ mg} \cdot \text{mmol}^{-1}} = 1.6 \times 10^{-2} \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}\end{aligned}$$

该病人血浆中 Ca^{2+} 和 HCO_3^- 的含量均不正常。

6. 某患者需用 500 mL $100 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 葡萄糖溶液, 若用 $500 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $50 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 两种葡萄糖溶液进行配制, 需要这两种溶液各多少毫

升?

解: 设需用 $500 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 葡萄糖溶液的体积为 $x \text{ mL}$, 可知需用 $50 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 葡萄糖溶液的体积为 $(500-x) \text{ mL}$ 。则:

$$0.50 \text{ L} \times 100 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} = \frac{x}{1000} \text{ L} \times 500 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} + \frac{500-x}{1000} \text{ L} \times 50 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$x = 55.6$$

所需 $500 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 葡萄糖溶液的体积为:

$$V = x \text{ mL} = 55.6 \text{ mL}$$

所需 $50 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 葡萄糖溶液的体积为:

$$V = (500 - x) \text{ mL} = 444.4 \text{ mL}$$

7. 某患者需补 0.05 mol Na^+ , 应补多少克氯化钠? 若用质量浓度为 $9 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 生理盐水补 Na^+ , 需要多少毫升生理盐水?

解: 应补 NaCl 的质量为:

$$\begin{aligned} m(\text{NaCl}) &= n(\text{NaCl}) \cdot M(\text{NaCl}) = n(\text{Na}^+) \cdot M(\text{NaCl}) \\ &= 0.05 \text{ mol} \times 58.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 2.93 \text{ g} \end{aligned}$$

所需生理盐水的体积为:

$$\begin{aligned} V_{\text{盐水}} &= \frac{m_{\text{盐水}}}{\rho_{\text{盐水}}} \\ &= \frac{0.05 \text{ mol} \times 58.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{9 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}} \\ &= 0.325 \text{ L} = 325 \text{ mL} \end{aligned}$$

8. 在 298.15 K 时, 质量分数为 9.47% 的稀硫酸溶液的密度为 $1.06 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, 在该温度下纯水的密度为 $997 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ 。计算:

(1) H_2SO_4 的质量摩尔浓度;

(2) H_2SO_4 的物质的量浓度;

(3) H_2SO_4 的物质的量分数。

解: (1) H_2SO_4 的质量摩尔浓度为:

$$b(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{n(\text{H}_2\text{SO}_4)}{m(\text{H}_2\text{O})}$$

$$= \frac{\frac{m_{\text{溶液}} \times 9.47\%}{98 \times 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1}}}{m_{\text{溶液}} \times (1 - 9.47\%)} = 1.07 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$$

(2) H_2SO_4 的物质的量浓度为:

$$\begin{aligned} c(\text{H}_2\text{SO}_4) &= \frac{n(\text{H}_2\text{SO}_4)}{V_{\text{溶液}}} = \frac{n(\text{H}_2\text{SO}_4)}{m_{\text{溶液}} / \rho_{\text{溶液}}} \\ &= \frac{\frac{1000 \text{ g} \times 9.47\%}{98 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}}{\frac{1 \text{ kg}}{1.06 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}}} = 1.02 \times 10^3 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3} \\ &= 1.02 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \end{aligned}$$

(3) H_2SO_4 的物质的量分数为:

$$\begin{aligned} x(\text{H}_2\text{SO}_4) &= \frac{n(\text{H}_2\text{SO}_4)}{n(\text{H}_2\text{SO}_4) + n(\text{H}_2\text{O})} \\ &= \frac{\frac{m_{\text{溶液}} \times 9.47\%}{98 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}}{\frac{m_{\text{溶液}} \times 9.47\%}{98 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} + \frac{m_{\text{溶液}} \times (1 - 9.47\%)}{18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}} \\ &= 1.89 \times 10^{-2} \end{aligned}$$

9. 一由两种组分组成的溶液,若用 x 代表物质的量分数, b 代表质量摩尔浓度, c 代表物质的量浓度。

(1) 试证明这三种组成表示方法之间有如下的关系

$$x_B = \frac{c_B \cdot M_A}{\rho - c_B \cdot (M_B - M_A)} = \frac{b_B \cdot M_A}{1.0 + b_B \cdot M_A}$$

式中 ρ 为溶液的密度, M_A 和 M_B 分别为溶剂和溶质的摩尔质量。

(2) 证明当溶液很稀时,有如下的关系

$$x_B = \frac{c_B \cdot M_A}{\rho_A} = b_B \cdot M_A$$

式中 ρ_A 为溶剂的密度。

(3) 说明为什么物质的量分数、质量摩尔浓度与温度无关,而物质的量浓度与温度有关?

证明:

$$\begin{aligned}
 (1) \quad x_B &= \frac{n_B}{n_B + n_A} = \frac{c_B V_{\text{溶液}}}{c_B V_{\text{溶液}} + (V_{\text{溶液}} \rho - c_B V_{\text{溶液}} M_B) / M_A} \\
 &= \frac{c_B}{c_B + (\rho - c_B M_B) / M_A} = \frac{c_B M_A}{c_B M_A + \rho - c_B M_B} \\
 &= \frac{c_B M_A}{\rho - c_B (M_B - M_A)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 x_B &= \frac{n_B}{n_B + n_A} = \frac{\frac{n_B}{m_A}}{\frac{n_B}{m_A} + \frac{n_A}{m_A}} = \frac{b_B}{b_B + \frac{1}{M_A}} \\
 &= \frac{b_B \cdot M_A}{1 + b_B \cdot M_A}
 \end{aligned}$$

(2) 当溶液很稀时, $c_B \rightarrow 0$, $\rho \rightarrow \rho_A$, $b_B \rightarrow 0$ 。则

$$x_B = \frac{c_B M_A}{\rho - c_B (M_B - M_A)} = \frac{c_B M_A}{\rho_A}$$

$$x_B = \frac{b_B \cdot M_A}{1 + b_B \cdot M_A} = b_B \cdot M_A$$

(3) 由于质量与温度无关, 所以 $\frac{dx}{dT} = 0$ 、 $\frac{db}{dT} = 0$ 。而体积与温度有关, 所以物质的量浓度与温度有关, 即 $\frac{dc}{dT} \neq 0$ 。

10. 将 22.5 g $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 溶于水, 配制成 200 mL 溶液, 此溶液的密度为 $1.04 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ 。试计算:

- (1) 溶液的质量分数;
- (2) 溶液的物质的量分数;
- (3) 溶液的质量摩尔浓度;
- (4) 溶液的物质的量浓度。

解: $M(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 286 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, $\rho = 1.04 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} = 1.04 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

$$\begin{aligned}
 (1) \quad w(\text{Na}_2\text{CO}_3) &= \frac{m(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{m_{\text{溶液}}} \\
 &= \frac{22.5 \text{ g} \times \frac{106 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{286 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}}{0.2 \text{ L} \times 1.04 \times 10^3 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}} = 0.040
 \end{aligned}$$

$$w(\text{H}_2\text{O}) = 1 - w(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 1 - 0.040 = 0.960$$

$$\begin{aligned} (2) \quad x(\text{Na}_2\text{CO}_3) &= \frac{n(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{n(\text{Na}_2\text{CO}_3) + n(\text{H}_2\text{O})} \\ &= \frac{\frac{22.5 \text{ g}}{286 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}}{\frac{22.5 \text{ g}}{286 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} + \frac{0.20 \text{ L} \times 1.04 \times 10^3 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} - 22.5 \text{ g} \times 106/286}{18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}} \\ &= 7.0 \times 10^{-3} \end{aligned}$$

$$x(\text{H}_2\text{O}) = 1 - x(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0.993$$

$$\begin{aligned} (3) \quad b(\text{Na}_2\text{CO}_3) &= \frac{n(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{m(\text{H}_2\text{O})} \\ &= \frac{\frac{22.5 \text{ g}}{286 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}}{0.20 \text{ L} \times 1.04 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1} - 0.0225 \text{ kg} \times 106/286} \\ &= 0.394 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (4) \quad c(\text{Na}_2\text{CO}_3) &= \frac{n(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{V_{\text{溶液}}} \\ &= \frac{\frac{22.5 \text{ g}}{286 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}}{0.20 \text{ L}} = 0.393 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \end{aligned}$$

11. 水的三相点与水的冰点有何不同?

答: 水的三相点是水在水蒸气压为 0.6106 kPa 下的凝固点, 其温度为 273.16 K, 此时冰的蒸气压和水的蒸气压相等。而水的冰点是在 101.3 kPa 下被空气饱和了的水溶液的凝固点, 其温度为 273.15 K, 此时冰的蒸气压和水溶液的蒸气压相等。

12. 什么叫做沸点和凝固点? 外界压力对它们有无影响?

答: 沸点是液体的蒸气压等于外压时的温度, 在外压为 101.3 kPa 下的沸点称为正常沸点。外压对沸点影响较大, 外压增大时, 沸点随之升高; 外压减小时, 沸点随之降低。

凝固点是液相和固相可以平衡共存的温度, 在外压为 101.3 kPa 下的凝固点称为正常凝固点。外压对凝固点的影响很小。

13. 难挥发非电解质的稀溶液在沸腾时, 其沸点是否恒定? 在冷却过程中其凝固点是否恒定, 为什么?

答：难挥发非电解质的稀溶液在沸腾时，水不断蒸发，溶液的浓度逐渐增大，因此溶液的沸点也逐渐升高。

而在冷却过程中，当温度下降到溶液的凝固点时，冰开始析出，溶液的浓度逐渐增大，凝固点逐渐下降。当溶液的浓度增大成为饱和溶液时，冰和溶质从溶液中析出，溶液的浓度不再发生变化，溶液的凝固点也不再下降。

14. 什么叫做渗透现象？产生渗透现象的条件是什么？

答：溶剂分子透过半透膜进入溶液的过程叫做渗透现象。

产生渗透现象的条件是：

- (1) 必须有半透膜存在；
- (2) 半透膜两侧溶液或溶剂的渗透浓度不相等。

15. 为什么必须控制注入血液中的溶液的浓度？

答：血液的正常渗透浓度为 $280 \sim 320 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。若输入溶液的渗透浓度低于血液的渗透浓度，将使细胞外液的渗透浓度降低，细胞外液中的水分子就会通过细胞膜向红细胞内液渗透，使红细胞膨胀而产生溶血现象。若输入溶液的渗透浓度高于血液的渗透浓度，将使细胞外液的渗透浓度升高，红细胞内液中的水分子就会通过细胞膜向细胞外液渗透，使红细胞皱缩而产生质壁分离。以上两种情况，严重时可危及生命，所以在通常情况下必须控制输入血液中的溶液的浓度，使输入溶液的渗透浓度等于血液的渗透浓度。

16. 25°C 时水的蒸气压为 133.3 Pa ，若一甘油水溶液中甘油的质量分数为 0.100 ，其溶液的蒸气压为多少？

解： 25°C 时，质量分数为 0.100 的甘油水溶液的蒸气压为：

$$\begin{aligned} p_{\text{溶液}} &= p^*(\text{H}_2\text{O}) \cdot x(\text{H}_2\text{O}) = p^*(\text{H}_2\text{O}) \frac{n(\text{H}_2\text{O})}{n(\text{H}_2\text{O}) + n_{\text{甘油}}} \\ &= 133.3 \text{ Pa} \times \frac{\frac{m_{\text{溶液}} \times (1 - 0.100)}{18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}}{\frac{m_{\text{溶液}} \times (1 - 0.100)}{18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} + \frac{m_{\text{溶液}} \times 0.100}{92 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}} \\ &= 130.5 \text{ Pa} \end{aligned}$$

17. 乙醚的正常沸点为 34.5°C , 在 40°C 时往 100 g 乙醚中至少加入多少摩不挥发溶质才能防止乙醚沸腾? 已知乙醚在 40°C 时的蒸气压为 122.7 kPa 。

解: 在 40°C 时将乙醚的蒸气压降至 101.3 kPa 以下可防止乙醚沸腾。即:

$$p_{\text{乙醚}}^{\circ} \cdot x_{\text{乙醚}} < 101.3\text{ kPa}$$

代入数据得:

$$122.7\text{ kPa} \times \frac{\frac{100\text{ g}}{74\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}}}{\frac{100\text{ g}}{74\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}} + n_{\text{B}}} < 101.3\text{ kPa}$$

$$n_{\text{B}} > 0.285\text{ mol}$$

在 40°C 时在 100 g 乙醚中至少加入 0.285 mol 不挥发溶质才能防止乙醚沸腾。

18. 从植物中分离出一种未知结构的有抗白血球增多症的生物碱, 为了测定其相对分子质量, 将 19.0 g 该物质溶于 100 g 水中测得溶液的沸点升高 0.060 K , 凝固点下降 0.220 K 。计算该物质的相对分子质量。

解: (1) 利用沸点升高进行计算

$$M_{\text{B}} = \frac{K_{\text{b}} \cdot m_{\text{B}}}{m_{\text{A}} \cdot \Delta T_{\text{b}}}$$

$$= \frac{0.512\text{ K}\cdot\text{kg}\cdot\text{mol}^{-1} \times 19.0\text{ g}}{100 \times 10^{-3}\text{ kg} \times 0.060\text{ K}} = 1.6 \times 10^3\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

(2) 利用凝固点降低进行计算

$$M_{\text{B}} = \frac{K_{\text{f}} \cdot m_{\text{B}}}{m_{\text{A}} \cdot \Delta T_{\text{f}}}$$

$$= \frac{1.86\text{ K}\cdot\text{kg}\cdot\text{mol}^{-1} \times 19.0\text{ g}}{100 \times 10^{-3}\text{ kg} \times 0.220\text{ K}} = 1.6 \times 10^3\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

该物质的相对分子质量 M_r 为 1.6×10^3 。

19. 有几种昆虫能够耐低温, 这些昆虫的血液中含有大量的甘油。某种寄生黄蜂的血液中甘油的质量分数大约为 0.30 , 试估

算这种黄蜂的血液的凝固点。

解：这种黄蜂的血液的凝固点降低为：

$$\begin{aligned}\Delta T_f &= K_f \cdot b_{\text{甘油}} = \frac{K_f \times \frac{m_{\text{血液}} \cdot w_{\text{甘油}}}{M_{\text{甘油}}}}{m_{\text{血液}} \times (1 - w_{\text{甘油}})} \\ &= \frac{K_f \cdot w_{\text{甘油}}}{M_{\text{甘油}} \times (1 - w_{\text{甘油}})} \\ &= \frac{1.86 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1} \times 0.30}{92 \times 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1} \times (1 - 0.30)} = 8.7 \text{ K}\end{aligned}$$

这种黄蜂的血液的凝固点约为 -8.7°C 。

20. 人体血浆的凝固点为 272.59 K ，计算在正常体温下血浆的渗透压。

解： $K_f = 1.86 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1} \approx 1.86 \times 10^{-3} \text{ K} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$

正常体温下血浆的渗透压为：

$$\begin{aligned}\Pi &= c_{\infty} RT \approx \frac{\Delta T_f}{K_f} RT \\ &= \frac{273.15 \text{ K} - 272.59 \text{ K}}{1.86 \times 10^{-3} \text{ K} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}} \times 8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 310 \text{ K} \\ &= 7.76 \times 10^5 \text{ Pa}\end{aligned}$$

21. 蛙肌细胞内液的渗透浓度为 $240 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，若将蛙肌细胞分别置于 $10 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $7 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $3 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ NaCl 溶液里，将各呈什么形态？

解： $10 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $7 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $3 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ NaCl 溶液的渗透浓度分别为：

$$c_{\infty}(\text{NaCl}) = 2 \times \frac{10 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}}{58.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.342 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 342 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$c_{\infty}(\text{NaCl}) = 2 \times \frac{7 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}}{58.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.240 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 240 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$c_{\infty}(\text{NaCl}) = 2 \times \frac{3 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}}{58.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.103 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 103 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$$

与蛙肌细胞内液相比较， $10 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $7 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $3 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ NaCl 溶

液分别为高渗、等渗和低渗溶液。若将蛙肌细胞分别置于 $10 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $7 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $3 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ NaCl 溶液中, 蛙肌细胞的形态分别为皱缩、正常和膨胀。

22. 把 $100 \text{ mL } 9 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 生理盐水和 $100 \text{ mL } 50 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 葡萄糖溶液混合, 与血浆相比较, 此混合溶液是高渗、低渗或等渗溶液?

解: 混合溶液的渗透浓度为:

$$\begin{aligned} c_{os} &= c_{os}(\text{NaCl}) + c_{\text{葡萄糖}} \\ &= \frac{2 \times 9 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} \times 100 \text{ mL}}{58.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times (100 + 100) \text{ mL}} \\ &\quad + \frac{50 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} \times 100 \text{ mL}}{180 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times (100 + 100) \text{ mL}} \\ &= 0.293 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 293 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} \end{aligned}$$

正常血浆的渗透浓度为 $280 \sim 320 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。与血浆相比较, 此混合溶液为等渗溶液。

23. 树身内部树汁的上升是由渗透压差造成的。若树汁为 $0.20 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 糖溶液, 树汁小管外部水溶液的渗透浓度为 $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 已知 10.2 cm 水柱产生的压力为 1 kPa , 试估算 293.15 K 时树汁上升的高度。

解: 渗透压差为:

$$\begin{aligned} \Delta \Pi &= \Delta c_{os} RT \\ &= (0.20 \times 10^3 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3} - 0.01 \times 10^3 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3}) \\ &\quad \times 8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 293.15 \text{ K} \\ &= 4.63 \times 10^5 \text{ Pa} \end{aligned}$$

树汁上升的高度为:

$$h = \frac{4.63 \times 10^5 \text{ Pa}}{1000 \text{ Pa}} \times 10.2 \text{ cm} = 4.72 \times 10^3 \text{ cm} = 47.2 \text{ m}$$

24. 已知血液中蛋白质的质量浓度为 $70 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$, 若蛋白质的相对分子质量为 6.6×10^4 , 试计算毛细血管壁所间隔的血液和组织液(与血液的差别是不含蛋白质)之间的渗透压差值。

解: 血液与组织液间的渗透压差值为:

$$\begin{aligned}\Delta\Pi &= \Delta c_{\text{os}} RT \\ &= \frac{70 \times 10^3 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}}{6.0 \times 10^4 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \times 8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 310 \text{ K} \\ &= 3.01 \times 10^3 \text{ Pa}\end{aligned}$$

25. 糖尿病人和健康人血浆中葡萄糖的质量浓度分别是 $1.80 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $0.85 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 。假定糖尿病人与健康人血浆的渗透压的差异仅仅是由于糖尿病人血浆中含有较高浓度的葡萄糖, 试计算在正常体温时此渗透压差值。

解: 糖尿病人和健康人在正常体温时的渗透压差值为:

$$\begin{aligned}\Delta\Pi &= \Delta c_{\text{葡萄糖}} RT \\ &= \frac{1.80 \times 10^3 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3} - 0.85 \times 10^3 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}}{180 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \\ &\quad \times 8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 310 \text{ K} \\ &= 1.36 \times 10^4 \text{ Pa}\end{aligned}$$

26. 将 5.0 g 鸡蛋白溶于水并配制成 1.0 L 溶液, 在 298.15 K 时测得该溶液的渗透压为 306 Pa , 计算鸡蛋白的相对分子质量。

解: 鸡蛋白的摩尔质量为:

$$\begin{aligned}M_B &= \frac{m_B RT}{\Pi V} \\ &= \frac{5.0 \text{ g} \times 8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 298.15 \text{ K}}{306 \text{ Pa} \times 1.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3} \\ &= 4.05 \times 10^4 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}\end{aligned}$$

鸡蛋白的相对分子质量为 4.05×10^4 。

27. 将一动物筋肉内的某种细胞置于 $7 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaCl}$ 溶液中, 该细胞既不膨胀也不皱缩。计算该细胞内液在 298.15 K 时的渗透压。

解: 该细胞内液在 298.15 K 时的渗透压为:

$$\begin{aligned}\Pi &= c_{\text{os}} RT = c_{\text{os}}(\text{NaCl}) RT \\ &= 2 \times \frac{7 \times 10^3 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}}{58.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \times 8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 298.15 \text{ K}\end{aligned}$$