

全国高等中医药院校配套教材

供中药学专业用

无机化学 学习指导与习题集

主编 刘幸平 吴巧凤



人民卫生出版社
PEOPLE'S MEDICAL PUBLISHING HOUSE

全国高等中医药院校配套教材

供中药学专业用

无机化学 学习指导与习题集

主 编 刘幸平 吴巧凤

副主编 吴培云 刘毅敏 卞金辉 姚素梅

编 委 (以姓氏笔画为序)

于智莘 (长春中医药大学)	杨 春 (贵阳中医学院)
王 萍 (湖北中医药大学)	杨 婕 (江西中医学院)
卞金辉 (成都中医药大学)	吴培云 (安徽中医药大学)
卢文彪 (广州中医药大学)	吴巧凤 (浙江中医药大学)
史 锐 (辽宁中医药大学)	张浩波 (甘肃中医学院)
吕惠卿 (浙江中医药大学)	林 舒 (福建中医药大学)
刘艳菊 (河南中医学院)	庞维荣 (山西中医学院)
刘毅敏 (第三军医大学)	姚素梅 (河南大学)
刘幸平 (南京中医药大学)	徐 飞 (南京中医药大学)
齐学洁 (天津中医药大学)	黄 莺 (湖南中医药大学)
闫 静 (黑龙江中医药大学)	黄宏妙 (广西中医药大学)
李 伟 (山东中医药大学)	梁 琨 (上海中医药大学)

人民卫生出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

无机化学学习指导与习题集/刘幸平, 吴巧凤主编. —北京: 人民卫生出版社, 2013. 7

全国高等中医药院校配套教材

ISBN 978-7-117-17223-3

I. ①无… II. ①刘…②吴… III. ①无机化学-中医学
院-教学参考资料 IV. ①061

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 093881 号

人卫社官网	www.pmph.com	出版物查询, 在线购书
人卫医学网	www.ipmph.com	医学考试辅导, 医学数据库服务, 医学教育资源, 大众健康资讯

版权所有, 侵权必究!

无机化学学习指导与习题集

主 编: 刘幸平 吴巧凤

出版发行: 人民卫生出版社 (中继线 010-59780011)

地 址: 北京市朝阳区潘家园南里 19 号

邮 编: 100021

E - mail: pmph@pmph.com

购书热线: 010-59787592 010-59787584 010-65264830

印 刷: 北京市文林印务有限公司

经 销: 新华书店

开 本: 787 × 1092 1/16 印张: 16

字 数: 379 千字

版 次: 2013 年 7 月第 1 版 2013 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号: ISBN 978-7-117-17223-3/R · 17224

定 价: 31.00 元

打击盗版举报电话: 010-59787491 E-mail: WQ@pmph.com

(凡属印装质量问题请与本社市场营销中心联系退换)

前 言

《无机化学学习指导与习题集》是全国高等中医药院校国家卫生和计划生育委员会“十二五”规划教材《无机化学》(刘幸平、吴巧凤主编)的配套教材。本配套教材的基本框架与教材同步,编写过程仍然坚持“三基五性三特定”的基本原则,同时注重提高本配套教材的可读性。在多年的教学实践中我们深知要学习好本课程,必须做大量的习题演算,而目前习题集比较多,每套教材根据专业不同,要求各不相同,讲解内容也不一样,因此根据教材内容编写了本配套教材。

为了巩固所学知识,我们在习题集的每一章开头归纳总结了本章所学主要内容,对本章的重难点进行了分析,选择了一些有难度的习题做了例题解析,以方便学生在做这一章练习时有一些基本思路。随后将教材上所附习题做了详细解答,另外补充了一些难度适中的习题让学生自行选择做些练习,这些补充习题也附有答案。在书后附加了参编院校的模拟试卷,以使学生了解本校的考试模式,熟悉各类题型,以便顺利通过考试。

当然编写习题集的目的是为了帮助学生学习,但如果学生并不主动学习,而是抄题交作业,那肯定是学不好的,数、理、化的学习必须通过大量习题演算才能学好,所以相信我们的学生能正确对待习题,切不可抄一遍了之。

本配套教材的编写人员与教材相同,除绪论外,其他各章均由2~3人负责编写,写在前面的为编写者,后面的为审核者。编写人员如下:第一章溶液(徐飞、吴培云)、第二章化学反应速率和化学平衡(林舒、刘毅敏)、第三章酸碱平衡(刘艳菊、姚素梅)、第四章沉淀-溶解平衡(李伟、于智莘)、第五章原子结构与周期律(杨春、刘幸平)、第六章分子结构(梁琨、闫静)、第七章氧化还原反应(吴培云、黄莺)、第八章配位化合物(卢文彪、吴巧凤)、第九章主族元素(杨婕、王萍)、第十章副族元素(卞金辉、刘艳菊),另张浩波、史锐、庞维荣、齐学洁、黄宏妙等老师参加了各章的审稿任务。本编写组老师对本教材的编写倾注了大量心血,参考了大量国内外优秀教材,有力地保证了教材的编写质量。此外,人民卫生出版社对本次教材的编写从组织工作到教材的编排形式作了大量的指导,各参编的医药院校领导也给予了大力的支持,在此一并表示感谢。

由于编写时间较短,习题的演算也特别费时,尽管我们付出了很大的努力,但可能会有一些疏漏或是错误之处,恳请各位读者在使用过程中提出宝贵意见或建议,以便及时修订完善。

编 者

2013年4月

题型说明

本教材所涉题型包括判断题、选择题、名词解释、填空题、简答题、论述题等,其他还包括填表、命题、完成方程式等题型,各主要题型的简介与解题说明如下。

(一) 判断题

根据所学知识,判断各题论述是否正确。

(二) 单项选择题

一般由一个题干和五个备选答案组成。题干以论述题形式出现,或为叙述式,或为否定式。答题时只能选择其中一个符合题意要求的最佳答案。

(三) 多项选择题

由一个叙述性题干(一个小病例或一个问题情景)和五个备选答案组成。答题时,要求从备选答案中选择(两项或两项以上)作为正确答案。

(四) B 型题

由若干道考题共用一组(五个)备选答案。每道考题可选择其中一个或多个正确答案。每个备选答案可以选用一次或一次以上;也可以一次也不选用。

(五) 名词解释

要求简要解释某词、词组或短语的基本概念。主要考核对知识的记忆和理解。答题时应简明、正确,对概念或范畴的解释应能概括其基本特征。

(六) 填空题

提出一个不完整的陈述句,要求学生填空,可空1处,也可空多处,所要填写的必须是关键的字、词、句。主要考核对知识的记忆、理解和简单应用。

(七) 简答题

简答题要求突出重点、概念正确、简明扼要回答所问内容;计算题则需要给出计算过程。

(八) 计算题

依据题干正确计算得出结果,要求写明计算过程。

(九) 论述题

这种题型是将本章节甚至是跨章节的内容联系起来的题。要求将学过的多个知识点、综合运用到较复杂的问题情景中去。主要考核学生综合分析、运用、整合知识的能力。答题要求围绕问题的中心作相关阐述。或者要求按解答方向,理论结合实际地作出扼要的分析、归纳、总结。

目 录

第一章 溶液	1
一、内容提要	1
二、重难点解析	2
三、例题解析	3
四、复习思考题与习题解答	4
五、补充习题	6
六、补充习题参考答案	9
第二章 化学反应速率和化学平衡	11
一、内容提要	11
二、重难点解析	14
三、例题解析	14
四、复习思考题与习题解答	15
五、补充习题	19
六、补充习题参考答案	21
第三章 酸碱平衡	22
一、内容提要	22
二、重难点解析	25
三、例题解析	25
四、复习思考题与习题解答	28
五、补充习题	36
六、补充习题参考答案	39
第四章 沉淀-溶解平衡	41
一、内容提要	41
二、重难点解析	42
三、例题解析	42
四、复习思考题与习题解答	43
五、补充习题	47
六、补充习题参考答案	49

第五章 原子结构与周期律	51
一、内容提要	51
二、重难点解析	54
三、例题解析	55
四、复习思考题与习题答案	57
五、补充习题	60
六、补充习题参考答案	65
第六章 分子结构	67
一、内容提要	67
二、重难点解析	68
三、例题解析	70
四、复习思考题与习题解答	71
五、补充习题	78
六、补充习题参考答案	81
第七章 氧化还原反应	85
一、内容提要	85
二、重难点解析	88
三、例题解析	88
四、复习思考题与习题解答	90
五、补充习题	96
六、补充习题参考答案	98
第八章 配位化合物	100
一、内容提要	100
二、重难点解析	103
三、例题解析	104
四、复习思考题与习题解答	106
五、补充习题	110
六、补充习题参考答案	115
第九章 主族元素	120
一、内容提要	120
二、重难点解析	122
三、例题解析	124
四、复习思考题与习题解答	125
五、补充习题	128

六、补充习题参考答案	131
第十章 副族元素	134
一、内容提要	134
二、重难点解析	135
三、例题解析	136
四、复习思考题与习题解答	137
五、补充习题	142
六、补充习题参考答案	145
模拟试卷及参考答案	147
模拟试卷一	147
模拟试卷二	152
模拟试卷三	157
模拟试卷四	162
模拟试卷五	166
模拟试卷六	172
模拟试卷七	176
模拟试卷八	181
模拟试卷九	185
模拟试卷十	190
模拟试卷十一	196
模拟试卷十二	199
模拟试卷十三	204
模拟试卷十四	209
模拟试卷十五	214
模拟试卷十六	217
模拟试卷十七	221
模拟试卷十八	228
模拟试卷十九	238
模拟试卷二十	242

第一章 溶 液

一、内 容 提 要

(一) 溶液的浓度

1. 物质的量及其单位 物质的量是表示组成物质的基本单元数目多少的物理量,用符号 n 表示,单位名称为[摩尔],单位符号为 mol。某物系中所含基本结构单元数目与 $0.012\text{kg } ^{12}\text{C}$ 的原子数目相等,该物系的物质的量为 1mol。 $0.012\text{kg } ^{12}\text{C}$ 所含的碳原子数目(6.022×10^{23} 个)称为阿伏伽德罗常数(N_A)。

2. 摩尔质量 1 摩尔物质的质量,称为摩尔质量,用 M_B 表示。单位为 kg/mol 或 g/mol 。摩尔质量使用时也必须指明基本结构单元。

3. 常用溶液浓度的表示方法

(1) 物质的量浓度(简称浓度)

定义:溶液中溶质 B 的物质的量 n_B (以 mol 为单位)除以溶液的体积(以 L 为单位),用符号 c_B 表示,常用单位为 mol/dm^3 或 mol/L 。

$$c_B = \frac{n_B}{V}$$

(2) 质量摩尔浓度

定义:溶液中溶质 B 的物质的量 n_B 除以溶剂 A 的质量 m_A ,称为溶质 B 的质量摩尔浓度,用符号 b_B 表示,SI 单位为 mol/kg 。

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

(3) 摩尔分数

定义:混合物中物质 B 的物质的量 n_B 与混合物总物质的量 $n_{\text{总}}$ 之比称为物质的摩尔分数,用符号 x_B 表示,SI 单位为 1。溶液中各物质的摩尔分数之和等于 1,即 $\sum_i x_i = 1$ 。

$$x_B = \frac{n_B}{n_A + n_B} = \frac{n_B}{\sum n_i}$$

(4) 质量浓度

定义:溶质 B 的质量 m_B 与溶液的体积 V 之比,用符号 ρ_B 表示,SI 单位为 kg/m^3 ,常用单位为 g/L 或 g/ml 。

$$\rho_B = \frac{m_B}{V}$$

(5) 体积分数

定义:溶质 B 的体积与溶液的总体积之比,用符号 φ_B 表示,SI 单位为 1。

$$\varphi_B = \frac{V_B}{V}$$

(6) 质量分数

定义:溶质 B 的质量 m_B 与溶液的质量 m 之比称为溶质 B 的质量分数,用符号 ω_B 表示,SI 单位为 1。质量分数 ω_B 用百分数表示即原使用的质量百分浓度。

$$\omega_B = \frac{m_B}{m} = \frac{m_B}{m_A + m_B}$$

(二) 稀溶液的依数性

难挥发性非电解质稀溶液的某些性质只取决于其所含溶质分子的数目,而与溶质的种类和本性无关,这些性质叫做依数性。稀溶液的依数性共有 4 种:

1. 蒸气压下降 在一定温度下,难挥发非电解质稀溶液的蒸气压下降值(Δp),近似地与溶液的质量摩尔浓度成正比。

$$\Delta p \approx k_v b_B$$

式中, $k_v = p_A^\ominus M_A$, 称蒸气压下降常数, $p_A^\ominus$ 表示纯溶剂的蒸气压, M_A 为溶剂的摩尔质量(g/mol)。

2. 溶液的凝固点降低 非电解质稀溶液的凝固点降低(ΔT_f)与溶液的质量摩尔浓度成正比。

$$\Delta T_f = T_f^\ominus - T_f = k_f b_B$$

k_f 为溶剂的摩尔凝固点降低常数(K · kg/mol)。不同溶剂的 k_b 值和 k_f 值不同。有机溶剂的 k_b 值和 k_f 值一般都大于纯水的 k_b 值和 k_f 值。

3. 溶液的沸点升高 难挥发非电解质稀溶液的沸点升高(ΔT_b)与溶液的质量摩尔浓度成正比。

$$\Delta T_b = T_b - T_b^\ominus = k_b b_B$$

k_b 为溶剂的摩尔沸点升高常数(K · kg/mol)。

4. 溶液的渗透压 溶剂分子通过半透膜从纯溶剂或从稀溶液向较浓溶液单向扩散的现象称为渗透。由于渗透作用而产生的静压力,称为该溶液的渗透压(Π , 单位 kPa), 在数值上等于刚好阻止渗透作用所需加给溶液的额外压力。对于非电解质的稀溶液: $\Pi = c_B RT$ 或 $\Pi = b_B RT$ 。

二、重难点解析

1. 溶液的浓度有多种表示,用在不同的场合,如在理论计算中普遍使用的是物质的量浓度,在分析溶液依数性时就使用质量摩尔浓度,而在试剂上常标有质量百分浓度,对于溶质为液态时常用体积分数表示等等。它们之间的换算就是本章重点,换算时始终从定义出发逐项分析。如物质的量浓度定义为: $c_B = \frac{n_B}{V}$, 对一定体积的溶液,首先求出溶液中溶质的物质的量再除以体积就可以了,其他浓度也是作类似的分析而求得。

2. 稀溶液的依数性的 4 个公式,只适用于难挥发非电解质的稀溶液。对于强电解质的稀溶液,仍可按此公式计算,但其中溶质的数量不再是按分子的浓度计算,而要按完全

解离后的有效离子的浓度进行数量的计算。而对于易挥发的溶质、电解质溶液以及非电解质的浓溶液等,虽然也会导致蒸气压下降、沸点升高、凝固点降低和渗透压的产生,但数值上不符合稀溶液依数性公式的计算结果。

沸点升高、凝固点降低和渗透压等性质的起因均与溶液的蒸气压下降有关,它们之间可以通过浓度联系起来:

$$b_B = \frac{\Delta p}{k_p} = \frac{\Delta T_b}{k_b} = \frac{\Delta T_f}{k_f} = \frac{\Pi}{RT}$$

3. 根据沸点上升与凝固点下降与浓度的关系可以测定溶质的摩尔质量。由于凝固点下降常数比沸点上升常数大,实验误差相应较小,而且在达到凝固点时,溶液中有晶体析出,现象明显,故常用凝固点下降法测分子的摩尔质量。

三、例题解析

例 1-1 现需 2.2L 浓度为 2.0mol/L 的盐酸,问:

(1) 应取多少毫升质量分数为 0.20, 密度为 1.10g/ml 的盐酸?

(2) 现已有 550ml 1.0mol/L 的稀盐酸, 应加多少毫升质量分数为 0.20 的盐酸来配制?

解析: (1) 先将质量分数换算为物质的量浓度, 再根据稀释公式: $c_1 \times V_1 = c_2 \times V_2$, “取浓配稀” 原则:

$$c_{\text{HCl}} = \frac{0.20 \times 1.10 \times 1000}{36.5} = 6.03 \text{ mol/L}$$

$$6.03 \times V = 2.0 \times 2200$$

$$V_{\text{浓HCl}} = 730 \text{ ml}$$

(2) 根据稀释原理: $c_1 \times V_1 + c_2 \times V_2 = c \times V$, 用稀盐酸 + 浓盐酸, 配成中间浓度的盐酸:

$$1.0 \times 550 + 6.03 \times V_2 = 2.0 \times 2200$$

$$V_2 = 638 \text{ ml}$$

例 1-2 一化合物含碳 40.00%, 氢 6.60%, 氧 53.33%。实验表明, 10.55g 该化合物溶于 500g 水后, 水溶液沸点为 373.21K, 求它的分子式。

解析: 纯水的沸点 373.15K, 溶液的沸点升高值为:

$$\Delta T_b = T_b - T_b^* = 373.21 - 373.15 = 0.06 \text{ K}$$

$$\Delta T_b = k_b b_B = k_b \cdot \frac{m_B}{M_B} \cdot \frac{1000}{m_A}$$

$$M_B = \frac{k_b \cdot m_B \cdot 1000}{\Delta T_b \cdot m_A} = \frac{0.512 \times 10.55 \times 1000}{0.06 \times 500} = 180 \text{ g/mol}$$

1mol 该化合物所含 C、H、O 原子的物质的量分别为:

$$n_C = \frac{180 \times 40\%}{12} = 6 \text{ mol},$$

$$n_H = \frac{180 \times 6.60\%}{1} = 12 \text{ mol},$$

$$n_0 = \frac{180 \times 53.33\%}{16} = 6\text{mol}$$

故该化合物的分子式为 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 。

四、复习思考题与习题解答

复习思考题解答

1. 在稀溶液中, 蒸气压降低、沸点升高、冰点下降和渗透压现象本质上出于同一原因, 它们之间的联系是什么?

解: 沸点升高、凝固点降低和渗透压等现象的起因均与溶液的蒸气压下降有关, 它们之间可以通过浓度联系起来: $b_B = \frac{\Delta p}{k_v} = \frac{\Delta T_b}{k_b} = \frac{\Delta T_f}{k_f} = \frac{\Pi}{RT}$ 。

2. 北方人冬天吃冻梨前, 将冻梨放入凉水中浸泡, 过一段时间后冻梨内部解冻了, 但表面结了一层薄冰。原因是什么?

解: 冻梨含有糖分, 故其凝固点低于水的冰点, 当冻梨内部解冻时, 要吸收热量, 而解冻后的温度仍略低于水的冰点, 所以冻梨内部解冻了而表面上仍凝结一层薄冰。

3. 甘油的沸点是 290.9°C , 乙醇的沸点是 78.3°C , 哪一种用作防冻剂更好? 为什么?

解: 用甘油较好。∵ 沸点高, 难挥发。

4. 把一块冰放在 273K 的水中, 另一块冰放在 273K 的盐水中, 现象有何差异?

解: 前者冰水共存, 冰不会溶化。后者由于盐水的凝固点低于纯水的凝固点, 冰会逐渐溶化为水。

5. 把相同质量的葡萄糖和乙二醇分别溶于 100ml 水中, 所得溶液的沸点、凝固点、蒸气压和渗透压是否相同? 如果把相同物质的量的葡萄糖和乙二醇分别溶于 100ml 水中, 结果又怎样? 为什么?

解: 葡萄糖和乙二醇溶液的沸点、凝固点、蒸气压和渗透压不相同。因为它们的摩尔质量不同, 所得溶液的质量摩尔浓度不同。相同物质的量的葡萄糖和乙二醇分别溶于 100ml 水中, 两溶液的质量摩尔浓度相同, 所得溶液的沸点、凝固点、蒸气压和渗透压相同。

习题解答

1. 试计算下列常用试剂的物质的量浓度、质量摩尔浓度及摩尔分数。

(1) 质量分数为 36% , 密度 d 为 $1.19\text{g}/\text{cm}^3$ 的浓盐酸。

(2) 质量分数为 28% , 密度 d 为 $0.90\text{g}/\text{cm}^3$ 的浓氨水。

解: (1) HCl 的摩尔质量为 $36.5\text{g}/\text{mol}$, 物质的量浓度为:

$$c_{\text{HCl}} = \frac{n_{\text{HCl}}}{V_{\text{溶液}}} = \frac{\omega_{\text{HCl}} \times d}{M_{\text{HCl}}} \times 1000 = \frac{0.36 \times 1.19}{36.5} \times 1000 = 12\text{mol}/\text{L}$$

设溶液的总质量为 100g , 则

$$b = \frac{n_{\text{HCl}}}{m_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{100 \times 0.36/36.5}{100 \times 0.63} \times 1000 = 16\text{mol}/\text{kg}$$

$$x_{\text{HCl}} = \frac{n_{\text{HCl}}}{n_{\text{HCl}} + n_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{36/36.5}{36/36.5 + (100 - 36)/18} = 0.22$$

(2) 氨的摩尔质量为 17g/mol 。同理,该氨水的物质的量浓度和摩尔分数分别为

$$c_{\text{NH}_3} = \frac{n_{\text{NH}_3}}{V_{\text{溶液}}} = \frac{\omega_{\text{NH}_3} \cdot d}{M_{\text{NH}_3}} \times 1000 = \frac{28\% \times 0.90}{17} \times 1000 = 15\text{mol/L}$$

$$b_{\text{NH}_3} = \frac{n_{\text{NH}_3}}{m_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{100 \times 28\% / 17}{100 \times 72\%} \times 1000 = 22.8\text{mol/kg}$$

$$x_{\text{NH}_3} = \frac{n_{\text{NH}_3}}{n_{\text{NH}_3} + n_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{28/17}{28/17 + (100 - 28)/18} = 0.29$$

2. 甘油、 CH_3COOH 、 NaCl 、 Na_2SO_4 水溶液浓度均为 0.1mol/L ,凝固点哪一个最高,渗透压哪一个最大?

解:稀溶液通性的计算公式不适用于浓溶液和电解质溶液,但可以根据溶液中质点数的多少来定量地判断溶液的凝固点的高低和渗透压的大小。

NaCl 、 Na_2SO_4 是强电解质, CH_3COOH 是弱电解质,甘油是非电解质。在水溶液中,其质点数大小依次为: $\text{Na}_2\text{SO}_4 > \text{NaCl} > \text{CH}_3\text{COOH} > \text{甘油}$ 。非电解质在溶液中的粒子数最少,凝固点降低的最小,故凝固点最高。 Na_2SO_4 是强电解质,在溶液中的粒子数最多,所以渗透压最大。

3. 在一定温度下,乙醇($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)溶液和葡萄糖($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$)溶液渗透压相等,同体积乙醇和葡萄糖两种溶液中,两者质量之比是多少?

解:根据 $\Pi = c_B RT$,则在一定温度下,非电解质稀溶液的渗透压相等,即所含物质的量(mol)相等。所以同体积的两种溶液中乙醇和葡萄糖质量之比即摩尔质量之比。

$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 摩尔质量为 46g/mol , $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 摩尔质量为 180g/mol

$$\frac{M_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}}}{M_{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}} = \frac{m_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}}}{m_{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}} \approx \frac{1}{4}$$

4. 将 6.00g 某纯净试样溶于 250g 苯中,测得该溶液的凝固点为 4.00°C ,求该试样的相对分子质量。(纯苯的凝固点 5.53°C , $k_f = 5.10\text{K} \cdot \text{kg/mol}$)。

解:设该试样的摩尔质量为 M ,根据拉乌尔定律 $\Delta T_f = k_f b_B$

$$\text{得 } b_B = \frac{\Delta T_f}{k_f} = \frac{5.53 - 4.00}{5.10} = 0.30\text{mol/kg}$$

$$\text{由 } \frac{6.00/M}{250 \times 10^{-3}} = 0.30\text{mol/kg} \quad M = 80.00\text{g/mol}$$

5. 孕酮是一种雌性激素,其中含 $9.5\%\text{H}$, $10.2\%\text{O}$ 和 $80.3\%\text{C}$ 。今有 2.0g 孕酮试样溶于 20.0g 苯,所得的溶液的凝固点为 277.04K ,求孕酮的分子式(苯的 $k_f = 5.1\text{K} \cdot \text{kg/mol}$, $T_f = 278.5\text{K}$)。

解:根据拉乌尔定律 $\Delta T_f = k_f b_B$

$$\text{得 } b_B = \frac{\Delta T_f}{k_f} = \frac{278.65 - 277.03}{5.1} = 0.318(\text{mol/kg})$$

$$\text{由 } \frac{2.0/M_{\text{孕酮}}}{20.0 \times 10^{-3}} = 0.318(\text{mol/kg})$$

孕酮的摩尔质量 $M = 314\text{g/mol}$

则: H 的原子数为 $(314 \times 9.5\%) / 1 \approx 30$, O 的原子数为 $(314 \times 10.2\%) / 16 \approx 2$

C 的原子数为 $(314 \times 80.3\%) / 12 \approx 21$

孕酮的分子式为 $C_{21}H_{30}O_2$ 。

6. 乙二醇 $CH_2(OH)CH_2(OH)$ 是一种常用的汽车防冻剂, 它溶于水并完全是非挥发性(乙二醇的摩尔质量 62.01 g/mol , 水的 $k_f = 1.86 \text{ K} \cdot \text{kg/mol}$, $k_b = 0.512 \text{ K} \cdot \text{kg/mol}$), 计算:

(1) 在 2500 g 水中溶解 600 g 该物质的溶液的凝固点。

(2) 夏天能否将它用于汽车散热器中?

解:(1) 溶液的质量摩尔浓度:

$$b_B = \frac{n_B}{m_A} = \frac{600/62.01}{2500} \times 1000 = 3.87 \text{ mol/kg}$$

凝固点降低值: $\Delta T_f = k_f b_B = 1.86 \times 3.87 = 7.19 \text{ K}$

则该溶液的凝固点: $T_f = 273.15 - 7.19 = 265.96 \text{ K}$

(2) 溶液的沸点升高: $\Delta T_b = k_b b_B = 0.512 \times 3.87 = 1.98 \text{ K}$

纯水的沸点 373.15 K , 则, 该溶液的沸点: $T_b = 373.15 + 1.98 = 375.13 \text{ K}$

此溶液在 375.13 K 沸腾, 所以夏天能用于汽车散热器中防止溶液沸腾。

7. 将 40.0 g 血红蛋白(Hb)溶于足量水中配成 1 L 溶液, 若此溶液在 298 K 的渗透压是 1.52 kPa , 计算 Hb 的摩尔质量。

解: 根据 $\Pi = c_B RT$, 则: $c_B = \frac{\Pi}{RT} = \frac{1.52}{8.314 \times 298} = 6.14 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$

因此, Hb 摩尔质量为 $\frac{40.00}{6.14 \times 10^{-4}} = 6.51 \times 10^4 \text{ g/mol}$

五、补充习题

(一) 判断题

1. 质量摩尔浓度是指溶液中溶质的物质的量除以溶液的质量。()
2. 等温度等体积的两杯葡萄糖溶液, 浓度分别为 0.10 mol/L 和 0.10 mol/kg , 前者溶液中的葡萄糖含量多。()
3. 0.20 mol/L HAc 溶液与 0.20 mol/L HNO_3 溶液的凝固点相等。()
4. 沸点升高常数 k_b 的数值主要取决于溶液的浓度。()
5. 任何两种溶液用半透膜隔开, 都有渗透现象发生。()
6. 0.10 mol/kg 食盐水和糖水在 101 kPa 下沸点都高于 100°C , 糖水比食盐水沸点要低。()
7. 难挥发的电解质和非电解质稀溶液中均存在沸点升高、凝固点降低、渗透压等现象。()

(二) 单项选择题

1. 硝酸瓶上的标记是: HNO_3 70% (质量分数); 密度 1.42 g/ml ; 摩尔质量 63.0 g/mol 。则该酸的物质的量浓度 (mol/L) 是()
A. 10.2 B. 14.1 C. 15.8 D. 16.8 E. 17.4
2. 已知 NaCl 的摩尔质量为 58.5 g/mol , 用 0.40 mol/L 的 NaCl 溶液 100 ml 配制

0. 50mol/L 的 NaCl 溶液 100ml, 设加入溶质后溶液的体积不变, 则下列操作正确的是()
- A. 加入 0. 10mol NaCl B. 加入 10ml H_2O
 C. 加入 0. 59g NaCl D. 蒸发 10mol H_2O
 E. 加入 10g H_2O
3. 下列符号表示稀溶液依数性的是()
- A. $\Delta p, \Delta T_b, \Delta T_f, \Delta \Pi$ B. $\Delta p, \Delta T_b, \Delta T_f, \Pi$
 C. p, T_b, T_f, Π D. $p, \Delta T_b, \Delta T_f, \Pi$
 E. $p, T_b, T_f, \Delta \Pi$
4. 甘油、葡萄糖、乙二胺、氯化钾、氯化钡的水溶液具相同的质量摩尔浓度, 沸点最高的溶液是()
- A. 乙二胺 B. 氯化钾 C. 甘油 D. 氯化钡 E. 葡萄糖
5. 冬季为了防止仪器中的水结冰, 可加入甘油降低凝固点, 若需降低 3. 00K, 则每 100g 水中需加入甘油的质量为($M_{\text{甘油}} = 92. 09\text{g/mol}$, 水的 $k_f = 1. 86\text{K} \cdot \text{kg/mol}$)()
- A. 60. 1g B. 74. 1g C. 81. 5g D. 14. 8g E. 25. 1g
6. 农田中施肥太浓时植物会被烧死, 这与下列溶液的哪项性质有关()
- A. 蒸气压下降 B. 沸点升高 C. 凝固点降低
 D. 渗透压 E. 沸点降低
7. 下列相同物质的量浓度制冷剂体系中, 温度最低的是()
- A. 水 + 乙醇 B. 水 + KCl C. 水 + 冰
 D. 冰 + $BaCl_2$ E. 冰 + NaCl
8. 下列属于生理等渗溶液的是()
- A. 0. 2mol/L NaCl 与 0. 2mol/L HCl
 B. 0. 2mol/L NaCl 与 0. 1mol/L H_2SO_4
 C. 0. 5% (g/ml) NaCl 与 0. 5% (g/ml) $C_6H_{12}O_6$
 D. 0. 9% (g/ml) NaCl 与 0. 28mol/L $C_6H_{12}O_6$
 E. 0. 9% (g/ml) NaCl 与 0. 15mol/L 甘油
9. 若某不合格生理盐水的浓度低于药典规范, 此生理盐水注入血管后将导致()
- A. 红细胞中部分水渗出细胞 B. 血液中部分水渗入红细胞内
 C. 内外均有渗透但相等 D. 相互之间没有关联
 E. 血栓现象

(三) 多项选择题

1. 下列有关稀溶液依数性的叙述不正确的是()
- A. 非电解质的稀溶液一定都遵守依数性规律
 B. 稀溶液的某些性质只决定于溶质的粒子数而与溶质的本性无关
 C. 遵守依数性规律的性质共有: 蒸气压下降、沸点升高和凝固点降低
 D. 稀溶液的依数性是因为溶液的部分表面被难挥发的溶质粒子占据, 在单位时间内逸出液面的溶剂分子数减少, 引起蒸气压降低
 E. 沸点升高、凝固点降低和渗透压等性质的起因均与溶液的蒸气压下降有关
2. 下列说法正确的是()

- A. 浓度越大,活度系数越大
B. 浓度越大,活度系数越小
C. 浓度极稀时,活度系数接近于1
D. 离子强度越大,活度系数越小
E. 浓度一定时,活度系数越大,则活度越大
3. 关于溶剂的凝固点降低常数,下列说法不正确的是()
A. 与溶质的性质有关
B. 只与溶剂的性质有关
C. 只与溶剂的浓度有关
D. 是溶质的质量摩尔浓度为 1mol/kg 时凝固点的实验值
E. 该常数既可以由理论推算,也可以通过实验测定
4. 下列现象中因为溶液的渗透压差别引起的是()
A. 海水鱼不能生活在淡水中
B. 用 0.9% 的 NaCl 生理盐水对人体输液补充病人的血容量
C. 用食盐腌制蔬菜,是蔬菜储藏的一种办法
D. 盐碱地的农作物长势不良,甚至枯萎
E. 植物利用根部从土壤中吸收水分和营养
5. 与 0.9% 的 NaCl (摩尔质量为 58.5g/mol) 溶液产生的渗透压近似相等的是()
A. 0.2mol/L 的蔗糖溶液 B. 0.5% 的 KCl 溶液
C. $5\%(\text{g/ml})$ 葡萄糖溶液 D. 0.15mol/L 的 NaHCO_3 溶液
E. 0.10mol/L 的 FeSO_4 溶液
6. 30.0g 乙醇溶于 50.0g 四氯化碳,配成的溶液密度 $d = 1.28\text{g/ml}$ 。则下列结果正确的是()
A. 乙醇的物质的量浓度是 10.4mol/L
B. 乙醇的摩尔分数是 0.6
C. 溶液的质量是 80g
D. 乙醇的摩尔分数是 0.375
E. 水的摩尔分数是 0.6

(四) 填空题

1. 难挥发非电解质稀溶液具有蒸气压下降、沸点升高、_____和_____现象,称为稀溶液的依数性。
2. 稀溶液依数性的本质是_____。
3. 产生渗透的基本条件是_____和_____,渗透方向是_____。
4. 临床上规定,渗透浓度在_____ mmol/L 的溶液叫等渗溶液,静脉注射大量高渗溶液,易造成_____现象;大量输入低渗溶液,易造成_____现象。
5. 难挥发物质的溶液在沸腾过程中,沸点不断_____;在冷却过程中,凝固点不断_____。
6. 今有质量分数相同的蔗糖($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$)、甘油($\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$)和氯化钾(KCl)三种溶液,三者渗透压的大小顺序为:_____。

(五) 计算题

- 80g 草酸晶体($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)溶于水中,形成密度为 1.45g/ml 的草酸溶液 1L,求溶液物质的量浓度和质量摩尔浓度。
- 实验室需 2.0L 浓度为 3.0mol/L 的盐酸,问:
 - (1)应取多少毫升质量分数为 0.20,密度为 1.10g/ml 的盐酸来配制?
 - (2)若现已有 800ml 1.0mol/L 的稀盐酸,则应加多少毫升质量分数为 0.20,密度为 1.10g/ml 盐酸来配制?
- 取 2.00g 苯甲酸乙酯溶于 20.0g 苯中,测得溶液的蒸气压为 9.497kPa,已知苯的蒸气压为 9.99kPa,试求苯甲酸乙酯的摩尔质量。
- 将 5.05g 葡萄糖溶于 60g 水中所得溶液在 101.3kPa 下沸点升高 0.239K,求水的沸点升高常数。
- 今有两种溶液,一种是 2.0g 尿素 $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$ 溶在 200g 水中,另一种是 50.0g 未知物溶于 1000g 水中,这两种溶液在同一温度结冰,求这个未知物的摩尔质量。
- 四氢呋喃($\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$)曾被建议用做防冻剂,往同样量的水中应该加多少克才能与加 1g 甘油($\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$)防冻效果等同?
- 某蛋白质的饱和水溶液含溶质 7.89g/L,25℃时渗透压为 0.532kPa。求:
 - (1)此蛋白质的摩尔质量。
 - (2)此饱和溶液的凝固点降低值(水的 $k_f = 1.86\text{K} \cdot \text{kg/mol}$)。
- 临床上输液用的葡萄糖等渗溶液的凝固点降低 0.543K。试求此葡萄糖溶液的质量摩尔浓度和血液的渗透压(水的 $k_f = 1.86\text{K} \cdot \text{kg/mol}$,葡萄糖的摩尔质量为 180g/mol,血液的温度为 310K)。

六、补充习题参考答案**(一) 判断题**

1. × 2. × 3. × 4. × 5. × 6. √ 7. √

(二) 单项选择题

1. C 2. C 3. B 4. D 5. D 6. D 7. D 8. D 9. B

(三) 多项选择题

1. AC 2. BCDE 3. ACD 4. ACDE 5. CD 6. AC

(四) 填空题

- 凝固点降低,渗透压
- 蒸气压下降
- 存在半透膜,膜两侧存在浓度差,从溶剂至溶液或从稀溶液至浓溶液
- 280 ~ 320,栓塞,溶血
- 升高,下降
- 氯化钾 > 甘油 > 蔗糖

(五) 计算题

- $c_B = 0.635\text{mol/L}$, $b_B = 0.455\text{mol/kg}$
- (1)995ml (2)862ml