



普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套参考书

# 基础化学习题解析 第二版

■ 供基础、预防、临床、口腔等医学类专业用 ■

张乐华 徐春祥 主编



高等教育出版社

内容简介

# 普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套参考书

## 基础化学习题解析

(第二版)

(供基础、预防、临床、口腔等医学类专业用)

张乐华 徐春祥 主编

ISBN 7-04-019110-0	定价	31.00元
ISBN 7-04-019111-7	定价	16.75元
ISBN 7-04-019112-4	定价	16.75元
ISBN 7-04-019113-1	定价	16.75元
ISBN 7-04-019114-8	定价	16.75元
ISBN 7-04-019115-5	定价	16.75元
ISBN 7-04-019116-2	定价	16.75元
ISBN 7-04-019117-9	定价	16.75元
ISBN 7-04-019118-6	定价	16.75元
ISBN 7-04-019119-3	定价	16.75元
ISBN 7-04-019120-0	定价	16.75元
ISBN 7-04-019121-7	定价	16.75元
ISBN 7-04-019122-4	定价	16.75元
ISBN 7-04-019123-1	定价	16.75元
ISBN 7-04-019124-8	定价	16.75元
ISBN 7-04-019125-5	定价	16.75元
ISBN 7-04-019126-2	定价	16.75元
ISBN 7-04-019127-9	定价	16.75元
ISBN 7-04-019128-6	定价	16.75元
ISBN 7-04-019129-3	定价	16.75元
ISBN 7-04-019130-0	定价	16.75元
ISBN 7-04-019131-7	定价	16.75元
ISBN 7-04-019132-4	定价	16.75元
ISBN 7-04-019133-1	定价	16.75元
ISBN 7-04-019134-8	定价	16.75元
ISBN 7-04-019135-5	定价	16.75元
ISBN 7-04-019136-2	定价	16.75元
ISBN 7-04-019137-9	定价	16.75元
ISBN 7-04-019138-6	定价	16.75元
ISBN 7-04-019139-3	定价	16.75元
ISBN 7-04-019140-0	定价	16.75元
ISBN 7-04-019141-7	定价	16.75元
ISBN 7-04-019142-4	定价	16.75元
ISBN 7-04-019143-1	定价	16.75元
ISBN 7-04-019144-8	定价	16.75元
ISBN 7-04-019145-5	定价	16.75元
ISBN 7-04-019146-2	定价	16.75元
ISBN 7-04-019147-9	定价	16.75元
ISBN 7-04-019148-6	定价	16.75元
ISBN 7-04-019149-3	定价	16.75元
ISBN 7-04-019150-0	定价	16.75元
ISBN 7-04-019151-7	定价	16.75元
ISBN 7-04-019152-4	定价	16.75元
ISBN 7-04-019153-1	定价	16.75元
ISBN 7-04-019154-8	定价	16.75元
ISBN 7-04-019155-5	定价	16.75元
ISBN 7-04-019156-2	定价	16.75元
ISBN 7-04-019157-9	定价	16.75元
ISBN 7-04-019158-6	定价	16.75元
ISBN 7-04-019159-3	定价	16.75元
ISBN 7-04-019160-0	定价	16.75元
ISBN 7-04-019161-7	定价	16.75元
ISBN 7-04-019162-4	定价	16.75元
ISBN 7-04-019163-1	定价	16.75元
ISBN 7-04-019164-8	定价	16.75元
ISBN 7-04-019165-5	定价	16.75元
ISBN 7-04-019166-2	定价	16.75元
ISBN 7-04-019167-9	定价	16.75元
ISBN 7-04-019168-6	定价	16.75元
ISBN 7-04-019169-3	定价	16.75元
ISBN 7-04-019170-0	定价	16.75元
ISBN 7-04-019171-7	定价	16.75元
ISBN 7-04-019172-4	定价	16.75元
ISBN 7-04-019173-1	定价	16.75元
ISBN 7-04-019174-8	定价	16.75元
ISBN 7-04-019175-5	定价	16.75元
ISBN 7-04-019176-2	定价	16.75元
ISBN 7-04-019177-9	定价	16.75元
ISBN 7-04-019178-6	定价	16.75元
ISBN 7-04-019179-3	定价	16.75元
ISBN 7-04-019180-0	定价	16.75元
ISBN 7-04-019181-7	定价	16.75元
ISBN 7-04-019182-4	定价	16.75元
ISBN 7-04-019183-1	定价	16.75元
ISBN 7-04-019184-8	定价	16.75元
ISBN 7-04-019185-5	定价	16.75元
ISBN 7-04-019186-2	定价	16.75元
ISBN 7-04-019187-9	定价	16.75元
ISBN 7-04-019188-6	定价	16.75元
ISBN 7-04-019189-3	定价	16.75元
ISBN 7-04-019190-0	定价	16.75元
ISBN 7-04-019191-7	定价	16.75元
ISBN 7-04-019192-4	定价	16.75元
ISBN 7-04-019193-1	定价	16.75元
ISBN 7-04-019194-8	定价	16.75元
ISBN 7-04-019195-5	定价	16.75元
ISBN 7-04-019196-2	定价	16.75元
ISBN 7-04-019197-9	定价	16.75元
ISBN 7-04-019198-6	定价	16.75元
ISBN 7-04-019199-3	定价	16.75元
ISBN 7-04-019200-0	定价	16.75元

高等教育出版社

34236-00

## 内容简介

本书是为了配合普通高等教育“十一五”国家级规划教材《基础化学》(第二版)(徐春祥主编)而编写的配套教学参考书。

全书按教材的顺序编排,每章由教学基本要求、本章要点和习题解答三部分组成。为了方便教师考试出题和学生复习考试,本书还精心编写了十套基础化学水平测试题,全部测试题均给出参考答案。

本书适用于高等医药院校医学各专业,特别是使用《基础化学》(第二版)(徐春祥主编)的学校作教学参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

基础化学习题解析/张乐华,徐春祥主编. —2版.  
—北京:高等教育出版社,2008.6  
供基础、预防、临床、口腔等医学类专业用  
ISBN 978-7-04-024526-4

I. 基… II. ①张…②徐… III. 化学-医学院校—  
解题 IV. 06-44

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第051680号

策划编辑 郭新华 责任编辑 岳延陆 封面设计 张申申 责任绘图 尹 莉  
版式设计 范晓红 责任校对 姜国萍 责任印制 毛斯璐

出版发行 高等教育出版社  
社 址 北京市西城区德外大街4号  
邮政编码 100120  
总 机 010-58581000  
经 销 蓝色畅想图书发行有限公司  
印 刷 北京宏伟双华印刷有限公司

购书热线 010-58581118  
免费咨询 800-810-0598  
网 址 <http://www.hep.edu.cn>  
<http://www.hep.com.cn>  
网上订购 <http://www.landaco.com>  
<http://www.landaco.com.cn>  
畅想教育 <http://www.widedu.com>

开 本 787×960 1/16  
印 张 16.75  
字 数 310000

版 次 2003年6月第1版  
2008年6月第2版  
印 次 2008年6月第1次印刷  
定 价 19.60元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 24526-00

## 第二版 前言

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材《基础化学》(第二版)(徐春祥主编)的配套教学参考书,也可作为其他版本《基础化学》教材的参考书。

本书第一版出版以来,受到广大读者的欢迎。近几年来,随着高等医学教育事业的飞速发展,医学基础化学教材和教学内容发生了很大变化,为了适应教材的变化和教学内容的改革,满足广大读者学习基础化学的需要,在保持原书基本框架不变的基础上进行了修订。

本次修订的原则,一是保持第一版解答详细的特点,将第二版教材中的所有问题都进行了解答;二是修改和增加了部分习题;三是改正了一些错误和不妥之处。

本书由哈尔滨医科大学张乐华、徐春祥主编。参加本书修订的有大连医科大学燕小梅(第一章)、哈尔滨学院孙振海(第二章、基础化学水平测试题二)、哈尔滨医科大学张乐华(第三章)、福建医科大学戴伯川(第四章)、首都医科大学张锦楠(第五章)、海南医学院郭玲(第六章)、中国医科大学韩君君(第七章)、天津医科大学陈正华(第八章)、宁夏医学院冯宁川(第九章)、武汉大学田秋霖(第十章)、牡丹江医学院田语琳(第十一章)、贵阳医学院席晓岚(第十二章)、山西医科大学孙体健(第十三章)、哈尔滨医科大学徐春祥(基础化学水平测试题一)、北华大学陈彪(基础化学水平测试题三)、齐齐哈尔医学院刘亚琴(基础化学水平测试题四)、天津医科大学曹海燕(基础化学水平测试题五)、中国医科大学李栢林(基础化学水平测试题六)、大连医科大学刘有训(基础化学水平测试题七)、西安交通大学慕慧(基础化学水平测试题八)、兰州大学武世界(基础化学水平测试题九)、安徽医科大学顾志红(基础化学水平测试题十)。

在本书的编写和修订过程中,得到了高等教育出版社郭新华编辑的指导和帮助,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平所限,书中错误和不当之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编者

2007年12月

## 第一版前言

本书是为配合普通高等教育“十五”国家级规划教材《基础化学》(徐春祥主编)而编写的教学参考书。全书的编排顺序与《基础化学》相同,各章由教学基本要求、本章要点和习题解答三个部分组成:

- (1) 教学基本要求:概括说明各章应学习的内容。
- (2) 本章要点:依据教材的基本内容,简明阐述各章的要点,给出各章应掌握的基本概念、定义、重要定理和常用公式。
- (3) 习题解答:依据徐春祥主编的《基础化学》教材,将各章中所有习题都进行了解答。通过解题分析,培养学生应用化学知识解决实际问题的能力。

为了方便教师考试出题和学生复习考试,本书还精心编写了十套基础化学水平测试题。所有测试题均给出答案,可供学生练习时参考。

本书由哈尔滨医科大学徐春祥主编,张乐华为副主编。参加本书编写的有大连医科大学刘有训(第一章),北华大学陈彪(第二章),张乐华(第三章),福建医科大学戴伯川(第四章),首都医科大学赵光(第五章),中山大学罗一帆(第六章),中国医科大学路生满(第七章),天津医科大学陈正华(第八章),上海第二医科大学邓克敏(第九章),武汉大学张瑞(第十章),吉林大学王宝珍(第十一章),中南大学何跃武(第十二章),山西医科大学曹晓峰(第十三章),北京大学刘湘陶(基础化学水平测试题(一)),华中科技大学冯清(基础化学水平测试题(二)),西安交通大学慕慧(基础化学水平测试题(三)),海南医学院郭玲(基础化学水平测试题(四)),兰州医学院武世界(基础化学水平测试题(五)),宁夏医学院许红平、张娟(基础化学水平测试题(六)),四川大学骆鑫、刘娅(基础化学水平测试题(七)),安徽医科大学顾志红(基础化学水平测试题(八)),昆明医学院宋一林(基础化学水平测试题(九)),哈尔滨医科大学徐春祥(基础化学水平测试题(十))。

在本书的编写过程中,得到了高等教育出版社岳延陆编审的多方指导和帮助,在此表示深深的谢意。

由于编者水平所限,书中错误和不当之处在所难免。恳请使用本书的教师、同学们批评指正。

编者

2003年1月

# 目 录

第一章 溶液和胶体分散系 .....	1
第二章 化学热力学基础 .....	13
第三章 化学平衡 .....	28
第四章 化学反应速率 .....	42
第五章 酸碱解离平衡 .....	60
第六章 难溶强电解质的沉淀-溶解平衡 .....	78
第七章 氧化还原反应和电极电势 .....	86
第八章 原子结构和元素周期律 .....	100
第九章 分子结构 .....	109
第十章 配位化合物 .....	118
第十一章 定量分析中的误差与有效数字 .....	131
第十二章 滴定分析法 .....	139
第十三章 吸光光度法 .....	155
基础化学水平测试题一 .....	165
基础化学水平测试题二 .....	180
基础化学水平测试题三 .....	190
基础化学水平测试题四 .....	200
基础化学水平测试题五 .....	214
基础化学水平测试题六 .....	226
基础化学水平测试题七 .....	226
基础化学水平测试题八 .....	243
基础化学水平测试题九 .....	249
基础化学水平测试题十 .....	254

# 第一章 溶液和胶体分散系

## 一、教学基本要求

1. 了解分散系的定义和分类方法。
2. 掌握质量分数、体积分数、质量浓度、物质的量浓度、摩尔分数、质量摩尔浓度等溶液和混合物组成标度的定义、表示方法和计算。
3. 掌握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。
4. 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。
5. 掌握用凝固点降低和渗透压力计算溶质的摩尔质量的方法。
6. 了解稀溶液的依数性在日常生活中的应用。
7. 了解溶胶的基本性质及溶胶的应用。
8. 掌握溶胶胶团的结构;了解溶胶的稳定因素和溶胶的聚沉现象。
9. 了解高分子溶液的渗透压力和唐南平衡。

## 二、本章要点

一种或几种物质分散在另一种物质中所组成的系统称为分散系。其中被分散的物质称为分散相,容纳分散相的物质称为分散介质。分散相粒子的直径大于 100 nm 的分散系称为粗分散系,包括悬浊液和乳浊液等;分散相粒子的直径在 1~100 nm 之内的分散系称为胶体分散系,包括溶胶和高分子溶液;分散相粒子的直径小于 1 nm 的分散系称为分子分散系,又称溶液。

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

$$\omega_B \stackrel{\text{def}}{=} \frac{m_B}{m_{\text{混合物}}}$$

质量分数的单位是 1。

B 的体积分数定义为

$$\varphi_B \stackrel{\text{def}}{=} \frac{V_B^*}{\sum_A V_A^*}$$

式中,  $V_B^*$  代表与混合物相同的温度和压力时纯 B 的体积;  $\sum_A V_A^*$  代表混合前所有纯组分的体积之和。体积分数的单位是 1。

B 的质量浓度定义为

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

质量浓度的 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  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

B 的浓度定义为

$$c_B \stackrel{\text{def}}{=} \frac{n_B}{V_{\text{混合物}}}$$

浓度的 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  $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。浓度也称物质的量浓度, 使用时必须指明基本单元。

B 的质量浓度与 B 的浓度之间的关系为

$$\rho_B = c_B M_B$$

式中,  $M_B$  为 B 的摩尔质量。

B 的摩尔分数定义为

$$x_B \stackrel{\text{def}}{=} \frac{n_B}{n_{\text{混合物}}}$$

摩尔分数的单位是 1。

溶质 B 的质量摩尔浓度定义为

$$b_B \stackrel{\text{def}}{=} \frac{n_B}{m_A}$$

质量摩尔浓度的 SI 单位是  $\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

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、酸碱性、黏度、粒子大小等)无关。

拉乌尔指出, 难挥发非电解质稀溶液的蒸气压等于纯溶剂的蒸气压乘以溶液中溶剂的摩尔分数:

$$p = p_A^* x_A$$

对于只有一种溶质的稀溶液, 拉乌尔定律可以表示为

$$\Delta p = p_A^* x_B = kb_B$$

即一定温度下, 难挥发非电解质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。



由于溶液的蒸气压下降,导致了难挥发非电解质稀溶液的沸点升高和凝固点降低。难挥发非电解质稀溶液的沸点升高和凝固点降低分别与溶质 B 的质量摩尔浓度成正比:

$$\Delta T_b = k_b b_B$$

$$\Delta T_f = k_f b_B$$

渗透压力是溶液的又一种依数性。产生渗透现象的必要条件,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纯溶剂通过半透膜进入溶液,或是由低渗溶液进入高渗溶液。

非电解质稀溶液的渗透压力与温度、浓度之间的定量关系为

$$\Pi = c_B RT$$

测定难挥发非电解质稀溶液的凝固点降低或溶液的渗透压力可以计算溶质的摩尔质量,计算公式分别为

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

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

渗透浓度是指溶液中能产生渗透作用的溶质微粒的总浓度。对于非电解质,其渗透浓度等于其物质的量浓度;对于电解质,其渗透浓度等于未解离的电解质的浓度与解离产生的阴、阳离子浓度的总和。

对于电解质稀溶液,渗透压力与温度、渗透浓度之间的关系为

$$\Pi = c_{os} RT$$

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  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{K}^+$ , 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组织间液之间的水平衡,维持血容量;而晶体渗透压力则调节细胞外液与细胞内液之间的渗透平衡。

溶胶和高分子溶液的共性为扩散速率慢,能透过滤纸,不能透过半透膜。溶胶是直径为  $1 \sim 100 \text{ nm}$  的分散相粒子分散在液体介质中形成的多相系统。溶胶的基本特性是多相性、高度分散性和热力学不稳定性。

丁铎尔现象源于溶胶的分散相粒子对光的散射作用。溶胶的布朗运动是由于溶胶的分散相粒子受到处于热运动的分散介质分子撞击时,其合力不为零引起的。溶胶的分散相粒子由于布朗运动,能自动地从高浓度处向低浓度处扩散。在生物体内,扩散是物质输送或物质分子透过细胞膜的推动力之一。

溶胶是多相系统,是热力学不稳定系统,胶粒有自发聚集的趋势。当胶粒的密度大于分散介质的密度时,在重力作用下将沉降下来,当扩散速率与沉降速率相等时,达到沉降平衡。

在外电场作用下,胶粒在分散介质中进行定向移动,这种现象称为电泳。溶胶能产生电泳现象,说明胶粒带有电荷。胶粒带电的原因,是由于胶核的选择吸附和胶粒表面分子的解离。当胶核选择吸附阳离子时胶粒带正电,选择吸附阴离子时胶粒带负电。

溶胶是热力学不稳定系统,胶粒有聚集变大而聚沉的趋势。然而经过纯化的溶胶往往可存在很长时间不聚沉,其主要原因是胶粒的布朗运动、胶粒带电和溶剂化作用。加入强电解质、加热或将两种带相反电荷的溶胶混合,都可使溶胶产生聚沉。

高分子是指分散相粒子直径在  $1\sim 100\text{ nm}$ ,相对分子质量在  $10\ 000$  以上的化合物(如蛋白质、多糖类物质等)。高分子溶液是稳定单相系统,其稳定性主要来自分散相高度的水化作用,当加入大量电解质时,除中和高分子所带电荷外,更主要的是电解质离子发生强烈的水化作用,使原来高度水化的高分子去水化,使其失去稳定性而沉淀析出。高分子对溶胶有絮凝作用,在溶胶中加入极少量的可溶性高分子,一个高分子长链可同时吸附两个或更多个胶粒,把胶粒聚集在一起而产生沉淀。同时,高分子对溶胶也具有保护作用,在溶胶中加入一定量的高分子,高分子吸附在胶粒表面上,包围住胶粒,形成一层高分子保护膜,阻止了胶粒之间及胶粒与电解质离子之间的直接接触,增加了溶胶的稳定性。

渗透压力是高分子溶液的依数性之一,利用渗透压力法可以测定高分子的相对分子质量。在测定一些高分子电解质稀溶液的渗透压力时,结果常常偏低,这是由于电解质离子对高分子溶液的渗透压力产生影响。用半透膜将高分子溶液与电解质溶液隔开,电解质离子在膜两侧呈不均匀分布,这种现象称为唐南平衡。根据热力学原理,达到唐南平衡时,半透膜内、外电解质的阴离子浓度与阳离子浓度的乘积相等。在用渗透压力法测定聚电解质的相对分子质量时,在半透膜外加入较多电解质,可以得到较准确的结果。

### 三、习题解答

1. 在  $90\text{ g}$  质量分数为  $0.15$  的  $\text{NaCl}$  溶液里加入  $10\text{ g}$  水或  $10\text{ g}$   $\text{NaCl}$  晶体,分别计算用这两种方法配制的  $\text{NaCl}$  溶液中  $\text{NaCl}$  的质量分数。

解：加入 10 g 水后，溶液中 NaCl 的质量分数为

$$\begin{aligned}\omega(\text{NaCl}) &= \frac{m(\text{NaCl})}{m(\text{NaCl}) + m(\text{H}_2\text{O})} \\ &= \frac{90 \text{ g} \times 0.15}{90 \text{ g} + 10 \text{ g}} = 0.135\end{aligned}$$

加入 10 g NaCl 晶体后，溶液中 NaCl 的质量分数为

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

2. 25 °C 时，将 50 mL 水与 150 mL 乙醇混合，所得乙醇溶液的体积为 193 mL。试计算此乙醇溶液中乙醇的体积分数。

解：乙醇溶液中乙醇的体积分数为

$$\begin{aligned}\varphi_{\text{乙醇}} &= \frac{V_{\text{乙醇}}^*}{V_{\text{水}}^* + V_{\text{乙醇}}^*} \\ &= \frac{150 \text{ mL}}{50 \text{ mL} + 150 \text{ mL}} = 0.75\end{aligned}$$

3. 2.0 mL 血浆中含 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

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{m_{\text{血糖}}}{V_{\text{血浆}}} \\ &= \frac{2.4 \text{ mg}}{2.0 \times 10^{-3} \text{ L}} = 1.2 \times 10^3 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} = 1.2 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}\end{aligned}$$

4. 静脉注射用 KCl 溶液的极限质量浓度是  $2.7 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ ，如果在 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 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

$$\begin{aligned}\rho(\text{KCl}) &= \frac{m(\text{KCl})}{V_{\text{溶液}}} \\ &= \frac{100 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.010 \text{ L}}{0.250 \text{ L} + 0.010 \text{ L}} = 3.8 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} > 2.7 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}\end{aligned}$$

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  $\text{Ca}^{2+}$  和  $\text{HCO}_3^-$  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  $\text{Ca}^{2+}$  和  $\text{HCO}_3^-$  的质量浓度分别是  $300 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  和  $1.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。试通过计算判断该病人血浆中这两种离子的浓度是否正常。

解：该病人血浆中  $\text{Ca}^{2+}$  和  $\text{HCO}_3^-$  的浓度分别为

$$c(\text{Ca}^{2+}) = \frac{\rho(\text{Ca}^{2+})}{M(\text{Ca}^{2+})}$$

$$= \frac{300 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}}{40 \text{ mg} \cdot \text{mmol}^{-1}} = 7.5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$c(\text{HCO}_3^-) = \frac{\rho(\text{HCO}_3^-)}{M(\text{HCO}_3^-)}$$

$$= \frac{1.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}}{61 \text{ mg} \cdot \text{mmol}^{-1}} = 1.6 \times 10^{-2} \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$$

该病人血浆中  $\text{Ca}^{2+}$  和  $\text{HCO}_3^-$  的浓度均不正常。

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

解: 若需要  $500 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  葡萄糖溶液和  $50 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  葡萄糖溶液的体积分别为  $V_1$  和  $V_2$ 。则有:

$$\begin{cases} 500 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} \times V_1 + 50 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} \times V_2 = 100 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.50 \text{ L} \\ V_1 + V_2 = 0.50 \text{ L} \end{cases}$$

解上述方程组:

$$V_1 = 0.056 \text{ L} = 56 \text{ mL}$$

$$V_2 = 500 \text{ mL} - 56 \text{ mL} = 444 \text{ mL}$$

7. 某患者需补充  $0.050 \text{ mol Na}^+$ , 应补充多少克  $\text{NaCl}$  晶体? 如果采用生理盐水(质量浓度为  $9 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ )进行补  $\text{Na}^+$ , 需要多少毫升生理盐水?

解: 应补  $\text{NaCl}$  晶体的质量为

$$\begin{aligned} m(\text{NaCl}) &= n(\text{NaCl}) \cdot M(\text{NaCl}) = n(\text{Na}^+) \cdot M(\text{NaCl}) \\ &= 0.050 \text{ mol} \times 58.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 2.93 \text{ g} \end{aligned}$$

所需生理盐水的体积为

$$\begin{aligned} V_{\text{盐水}} &= \frac{m(\text{NaCl})}{\rho_{\text{盐水}}} \\ &= \frac{0.050 \text{ mol} \times 58.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{9 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}} = 0.325 \text{ L} = 325 \text{ mL} \end{aligned}$$

8. 在  $298.15 \text{ K}$  时, 质量分数为  $9.47\%$  的稀  $\text{H}_2\text{SO}_4$  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)  $\text{H}_2\text{SO}_4$  的质量摩尔浓度;

(2)  $\text{H}_2\text{SO}_4$  溶液的浓度;

(3)  $\text{H}_2\text{SO}_4$  的摩尔分数。

解: (1)  $\text{H}_2\text{SO}_4$  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)  $\text{H}_2\text{SO}_4$  溶液的浓度为

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

$$= 1.02 \times 10^3 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3} = 1.02 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

(3)  $\text{H}_2\text{SO}_4$  的摩尔分数为

$$x(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{n(\text{H}_2\text{SO}_4)}{n(\text{H}_2\text{SO}_4) + n(\text{H}_2\text{O})}$$

$$= \frac{\frac{m_{\text{溶液}} \times 9.47\%}{98 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}}{\frac{m_{\text{溶液}} \times 9.47\%}{98 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} + \frac{m_{\text{溶液}} \times (1 - 9.47\%)}{18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}}$$

$$= 1.89 \times 10^{-2}$$

9. 一由两种组分组成的溶液,若用  $x_B$  代表溶质 B 的摩尔分数,  $b_B$  代表溶质 B 的质量摩尔浓度,  $c_B$  代表 B 的浓度。

(1) 试证明这三种组成标度之间有如下的关系:

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

式中,  $\rho$  为溶液的密度;  $M_A$  和  $M_B$  分别为溶剂 A 和溶质 B 的摩尔质量。

(2) 证明当溶液很稀时,有如下的关系:

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

式中,  $\rho_A$  为溶剂 A 的密度。

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

证明: (1) 由摩尔分数定义:

$$x_B = \frac{n_B}{n_B + n_A} = \frac{c_B V_{\text{溶液}}}{c_B V_{\text{溶液}} + (V_{\text{溶液}} \rho - c_B V_{\text{溶液}} M_B) / M_A}$$

$$= \frac{c_B}{c_B + (\rho - c_B M_B) / M_A} = \frac{c_B M_A}{c_B M_A + \rho - c_B M_B} = \frac{c_B M_A}{\rho - c_B (M_B - M_A)}$$

$$x_B = \frac{n_B}{n_B + n_A} = \frac{n_B / m_A}{\frac{n_B}{m_A} + \frac{n_A}{m_A}} = \frac{b_B}{b_B + \frac{1}{M_A}} = \frac{b_B M_A}{1 + b_B M_A}$$

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

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

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

(3) 由于质量和摩尔质量均与温度无关, 因此物质的量也与温度无关, 所以  $\frac{dx}{dT} = 0$ ,  $\frac{db}{dT} = 0$ , 即  $b$  和  $x$  与温度无关。而溶液的体积与温度有关, 当温度升高时, 溶液的体积增大。所以物质的量浓度与温度有关, 即  $\frac{dc}{dT} \neq 0$ 。

10. 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, 该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

$$p = p^*(\text{H}_2\text{O}) \cdot x(\text{H}_2\text{O}) = \frac{p^*(\text{H}_2\text{O}) \cdot n(\text{H}_2\text{O})}{n(\text{H}_2\text{O}) + n_{\text{甘油}}}$$

$$= \frac{133.3 \text{ Pa} \times \frac{m_{\text{溶液}} \times (1 - 0.100)}{18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}}{\frac{m_{\text{溶液}} \times (1 - 0.100)}{18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} + \frac{m_{\text{溶液}} \times 0.100}{92 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}} = 130.5 \text{ Pa}$$

11. 从某种植物中分离出一种结构未知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, 测得溶液的凝固点降低了 0.220 K。计算该生物碱的相对分子质量。

解: 该生物碱的摩尔质量为

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

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

该生物碱的相对分子质量为

$$M_r = M / \text{g} \cdot \text{mol}^{-1} = 1.6 \times 10^3$$

12. 有几种昆虫能够耐寒, 是由于这些昆虫的血液中含有大量的甘油。已

知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

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

这种黄蜂的血液的凝固点约为  $-8.7^\circ\text{C}$ 。

13. 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力。

解: 人体血浆的质量渗透摩尔浓度和渗透浓度分别为

$$\begin{aligned}b_{\text{os,B}} &= \frac{\Delta T_f}{k_f} \\ &= \frac{273.15 \text{ K} - 272.59 \text{ K}}{1.86 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.301 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1} \\ c_{\text{os,B}} &\approx \frac{b_{\text{os,B}} \cdot c^\ominus}{b^\ominus} \\ &= \frac{0.301 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1} \times 1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{1.0 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}} = 0.301 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}\end{aligned}$$

正常体温下血浆的渗透压力为

$$\begin{aligned}\Pi &= c_{\text{os,B}} RT \\ &= 0.301 \times 10^3 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3} \times 8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 310.15 \text{ K} \\ &= 7.76 \times 10^5 \text{ Pa} = 776 \text{ kPa}\end{aligned}$$

14. 蛙肌细胞内液的渗透浓度为  $240 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 若把蛙肌细胞分别置于质量浓度分别为  $10 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ ,  $7 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  和  $3 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  NaCl 溶液中, 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

$$\begin{aligned}c_{\text{os1}}(\text{NaCl}) &= 2 \times \frac{10 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}}{58.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.342 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 342 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} \\ c_{\text{os2}}(\text{NaCl}) &= 2 \times \frac{7 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}}{58.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.240 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 240 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} \\ c_{\text{os3}}(\text{NaCl}) &= 2 \times \frac{3 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}}{58.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.103 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 103 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}\end{aligned}$$

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。

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

解: 混合溶液的渗透浓度为

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

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。

16. 树身内部树汁的上升是由渗透压力差造成的, 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  $0.010 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。已知 10.2 cm 水柱产生的压力为 1 kPa, 试估算  $20^\circ\text{C}$  时树汁上升的高度。

解: 渗透压力差为

$$\begin{aligned}\Delta\Pi &= \Delta c_{\text{os,B}} RT \\ &= (0.20 - 0.010) \times 10^3 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-3} \times 8.314 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1} \times 293 \text{ K} \\ &= 4.63 \times 10^5 \text{ Pa}\end{aligned}$$

293.15 K 时树汁上升的高度为

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

17. 已知血液中蛋白质 ( $M_r = 6.6 \times 10^4$ ) 的质量浓度为  $70 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ , 试计算毛细血管壁所间隔的血液与组织液 (与血液的差别是不含蛋白质) 之间的渗透压力的差值。

解: 血液与组织液间的渗透压力差值为

$$\begin{aligned}\Delta\Pi &= \Delta c_{\text{os,B}} RT = c_{\text{蛋白质}} RT \\ &= \frac{70 \times 10^3 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}}{6.6 \times 10^4 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}} \times 8.314 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1} \times 310 \text{ K} \\ &= 3.01 \times 10^3 \text{ Pa} = 3.01 \text{ kPa}\end{aligned}$$

18. 糖尿病人和健康人的血浆中葡萄糖的质量浓度分别为  $1.80 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  和  $0.85 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 。假定糖尿病人和健康人血浆的渗透压力的差异仅仅是由于糖尿病患者血浆中含有较高浓度的葡萄糖, 试计算在体温  $37^\circ\text{C}$  时此渗透压力的差值。

解: 糖尿病患者和健康人在正常体温时的渗透压力差为



$$\begin{aligned}\Delta\Pi &= \Delta c_{\text{葡萄糖}} RT \\ &= \frac{(1.80 - 0.85) \times 10^3 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}}{180 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \times 8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 310 \text{ K} \\ &= 1.36 \times 10^4 \text{ Pa} = 13.6 \text{ kPa}\end{aligned}$$

19. 将 5.0 g 鸡蛋白溶于水并配制成 1.0 L 溶液, 25 °C 时测得该溶液的渗透压力为 306 Pa, 计算鸡蛋白的相对分子质量。

解: 鸡蛋白的摩尔质量为

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

故鸡蛋白的相对分子质量为  $4.05 \times 10^4$ 。

20. 将一动物筋肉内的某种细胞置于  $7 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  NaCl 溶液中, 该细胞既不膨胀也不皱缩。计算该细胞在 25 °C 时的渗透压力。

解: 该细胞内液在 25 °C 时的渗透压力为

$$\begin{aligned}\Pi &= c_{\text{os}}(\text{NaCl})RT = 2c(\text{NaCl})RT \\ &= 2 \times \frac{7 \times 10^3 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}}{58.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \times 8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 298 \text{ K} \\ &= 5.93 \times 10^5 \text{ Pa} = 593 \text{ kPa}\end{aligned}$$

21. 用等体积的  $0.0008 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  KI 溶液和  $0.0010 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$   $\text{AgNO}_3$  溶液制成的 AgI 溶胶。下列电解质溶液对此 AgI 溶胶的聚沉能力如何?

- (1)  $\text{AlCl}_3$                       (2)  $\text{Na}_3\text{PO}_4$                       (3)  $\text{MgSO}_4$

解: 用 KI 和  $\text{AgNO}_3$  制备 AgI 溶胶的反应为



将等体积的  $0.0008 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  KI 溶液和  $0.0010 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$   $\text{AgNO}_3$  溶液混合制备 AgI 溶胶时, 由于  $\text{AgNO}_3$  溶液过量, 胶核优先吸附具有相同组成的  $\text{Ag}^+$ , 胶粒带正电荷。对于此 AgI 正溶胶, 主要是电解质的阴离子起聚沉作用, 阴离子所带电荷越多, 其聚沉能力就越强。因此, 三种电解质对此 AgI 正溶胶聚沉能力的大小顺序为  $\text{Na}_3\text{PO}_4 > \text{MgSO}_4 > \text{AlCl}_3$ 。

22. 欲制备 AgI 正溶胶(胶粒带正电荷), 在 25 mL  $0.0010 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$   $\text{AgNO}_3$  溶液中最多加入多少毫升  $0.0005 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  KI 溶液?

解: 欲制备 AgI 正溶液,  $\text{AgNO}_3$  必须过量, 即  $n(\text{AgNO}_3) > n(\text{KI})$ , 故所需 KI 溶液的体积为