

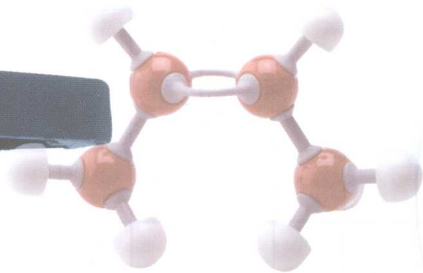
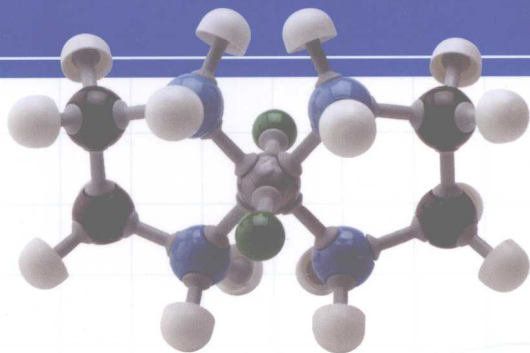


普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套参考书

# 医学化学 学习指导

(第二版)

徐春祥 主编



高等教育出版社  
Higher Education Press



第 1 章 绪论

# 医学化学 学习指导

主编 王 颖  
副主编 王 颖 王 颖



北京理工大学出版社  
Beihang University Press

普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套参考书

# 医学化学学习指导

(第二版)

徐春祥 主编

高等教育出版社

## 内容简介

《医学化学学习指导》(第二版)是为了配合徐春祥教授主编的《医学化学》(第二版)而编写的教学参考书。

全书按《医学化学》(第二版)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。本书将《医学化学》(第二版)一书中的所有习题都进行了详细解答。为了方便教师考试出题和学生复习考试,本书还精心编写了八套医学化学水平测试题,全部测试题均给出参考答案。

本书可供高等医药院校医学类各专业本科学生使用,也可供医学类各专业专科学生和成人专科学子使用。

## 图书在版编目(CIP)数据

医学化学学习指导/徐春祥主编.—2版.—北京:高等教育出版社,2009.7

ISBN 978-7-04-027284-0

I. 医… II. 徐… III. 医用化学-高等学校-教学参考资料 IV. R313

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 101837 号

---

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	400-810-0598
邮政编码	100120	网 址	<a href="http://www.hep.edu.cn">http://www.hep.edu.cn</a>
总 机	010-58581000		<a href="http://www.hep.com.cn">http://www.hep.com.cn</a>
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	<a href="http://www.landaco.com">http://www.landaco.com</a>
印 刷	北京明月印务有限责任公司		<a href="http://www.landaco.com.cn">http://www.landaco.com.cn</a>
		畅想教育	<a href="http://www.widedu.com">http://www.widedu.com</a>
		版 次	2004 年 7 月第 1 版
开 本	787×960 1/16		2009 年 7 月第 2 版
印 张	15	印 次	2009 年 7 月第 1 次印刷
字 数	270 000	定 价	16.60 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 27284-00

## 郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

反盗版举报传真：(010) 82086060

E - mail: dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100120

购书请拨打电话：(010)58581118

策划编辑	郭新华
责任编辑	张小强
封面设计	赵 阳
责任绘图	黄建英
版式设计	范晓红
责任校对	殷 然
责任印制	朱学忠

## 第二版前言

《医学化学学习指导》(第二版)是普通高等教育“十一五”国家级规划教材《医学化学》(第二版)(徐春祥主编)的配套教学参考书。

《医学化学学习指导》(第一版)出版后,受到广大高等医药院校师生的欢迎。为了适应《医学化学》(第二版)内容的修订,满足广大师生学习医学化学的需要,我们在保持原书基本框架不变的基础上对第一版进行了修订。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习题都逐题进行了解答;二是修订和增加了一部分习题;三是改正了第一版中存在的错误和不妥之处。

《医学化学学习指导》(第二版)由哈尔滨医科大学徐春祥教授主编。参加编写的有大连医科大学刘有训(第一章)、泰山医学院赵福岐(第二章)、福建医科大学戴伯川(第三章)、内蒙古医学院乌恩(第四章)、牡丹江医学院高静(第五章)、哈尔滨医科大学黄静(第六章、医学化学水平测试题四)、长治医学院杨金香(第七章)、重庆医科大学范琦(第八章)、滨州医学院沈云修(第九章)、河南大学李省(第十章)、中国医科大学张喜轩(第十一章)、哈尔滨医科大学徐春祥(第十二章、医学化学水平测试题一、医学化学水平测试题二、医学化学水平测试题八)、包头医学院程向晖(第十三章)、北华大学陈彪(第十四章、医学化学水平测试题三)、齐齐哈尔医学院刘亚琴(第十五章、医学化学水平测试题六)、山西医科大学卞伟(第十六章)、首都医科大学燕京医学院王蓓(第十七章)、赣南医学院李青松(第十八章)、嘉应学院苑星海(第十九章)、天津医科大学姜炜(第二十章)、湖北中医学院周雯(第二十一章)、中山大学黄爱东(第二十二章)、山西医科大学卫建琮(医学化学水平测试题七)、哈尔滨医科大学大庆校区张林娜(医学化学水平测试题五)。

高等教育出版社郭新华编辑为本书的出版做了大量的工作,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,恳请使用本书的教师和同学们批评指正。

编者

2008年12月

# 第一版前言

《医学化学学习指导》是教育部全国高等学校教学研究中心“21世纪中国高等学校医药类专业数理化基础课程的创新与实践”国家级课题的研究成果。

本书是为配合徐春祥、徐瑞兴主编的《医学化学》而编写的教学参考书。全书的编排顺序与《医学化学》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:概括说明各章应掌握和理解的学习内容。

(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:将《医学化学》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,本书还精心编写了八套医学化学水平测试题。所有测试题均给出答案,可供学生练习时参考。

本书采用中华人民共和国国家标准 GB3100 ~ 3102—93《量和单位》所规定的符号和单位;化学名词采用全国自然科学名词审定委员会公布的《化学名词》(科学出版社,1991年第一版)所推荐的名称;配位化合物的命名及化学式的书写执行中国化学会1980年颁布的《化学命名原则》(科学出版社,1984年第一版)的规定。

全书由苗靖、徐春祥主编。参加本书编写的有大连医科大学刘有训(第一章)、中国医科大学马汝海(第二章)、四川大学刘娅(第三章)、湖南师范大学彭夷安(第四章)、吉林大学王宝珍[第五章、医学化学水平测试题(三)]、哈尔滨医科大学徐春祥[第六章、医学化学水平测试题(一)]、内蒙古医学院乌恩(第七章)、包头医学院阎秀英(第八章)、河南大学李省(第九章)、河南科技大学顾少华(第十章)、内蒙古医学院陈其秀(第十一章)、哈尔滨医科大学孙学滨(第十二章)、河北工程学院王广斗(第十三章)、齐齐哈尔医学院刘亚琴(第十四章)、山西医科大学黄文(第十五章)、首都医科大学徐瑞兴[第十六章、医学化学水平测试题(六)]、赣南医学院李青松(第十七章)、泸州医学院聂咏飞(第十八章)、川北医学院卿笑天(第十九章)、天津医科大学姜炜(第二十章)、中山大学黄爱东(第二十一章)、哈尔滨医科大学张乐华[医学化学水平测试题(二)]、天津医科大学苗靖[医学化学水平测试题(四)]、哈尔滨医科大学分校张林娜[医学化学水平测试题(五)]、哈尔滨医科大学董陆陆[医学化学水平测试题(七)]、山西

医科大学卫建琮[医学化学水平测试题(八)]。

高等教育出版社高等理科分社化学化工策划部主任岳延陆编审为本书的编辑出版做了大量的工作。在此一并致以衷心的感谢!

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

编 者  
2003 年 12 月



# 目 录

第一章	溶液和溶胶	1
第二章	化学反应速率和化学平衡	12
第三章	酸碱解离平衡和沉淀-溶解平衡	25
第四章	氧化还原反应与电极电势	39
第五章	原子结构和元素周期律	48
第六章	化学键和分子结构	53
第七章	配位化合物	60
第八章	滴定分析法	66
第九章	吸光光度法	78
第十章	烷烃	83
第十一章	烯烃和炔烃	87
第十二章	环烃	96
第十三章	对映异构	104
第十四章	卤代烃	109
第十五章	醇、酚、醚	115
第十六章	醛和酮	124
第十七章	羧酸及其衍生物	132
第十八章	有机含氮化合物	142
第十九章	杂环化合物	147
第二十章	糖类	150
第二十一章	脂类	156
第二十二章	氨基酸	161
	医学化学水平测试题一	165
	医学化学水平测试题二	173
	医学化学水平测试题三	181
	医学化学水平测试题四	189
	医学化学水平测试题五	195
	医学化学水平测试题六	204
	医学化学水平测试题七	213
	医学化学水平测试题八	220

# 第一章 溶液和溶胶

## 一、教学基本要求

1. 了解分散系统的定义和分类方法。
2. 掌握质量分数、体积分数、质量浓度、物质的量浓度、摩尔分数等混合物组成标度和溶质 B 的质量摩尔浓度的定义、表示方法和计算。
3. 了解难挥发非电解质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. 掌握产生渗透现象的条件和溶液渗透压力的概念。
5. 掌握利用凝固点降低法和渗透压力法计算非电解质溶质的摩尔质量的方法。
6. 掌握渗透压力和渗透浓度的计算。
7. 了解溶胶的基本性质、溶胶的稳定因素和溶胶的聚沉现象。
8. 掌握溶胶胶团的结构。

## 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统。分散系统中被分散的物质称为分散相,起分散作用的物质称为分散介质。分散相粒子的直径大于 100 nm 的分散系统称为粗分散系统,包括悬浊液和乳状液等;分散相粒子的直径在 1 ~ 100 nm 的分散系统称为胶体分散系统,包括溶胶和高分子溶液;分散相粒子的直径小于 1 nm 的分散系统称为分子分散系统,又称溶液。通常把溶液中的分散相称为溶质,把分散介质称为溶剂。水是一种常用的溶剂,未指明溶剂的溶液就是水溶液。

B 的质量分数定义为:

$$w_B \stackrel{\text{def}}{=} \frac{m_B}{\sum_A m_A}$$

B 的体积分数定义为:

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

B 的质量浓度定义为：

$$\rho_B \stackrel{\text{def}}{=} \frac{m_B}{V}$$

B 的浓度定义为：

$$c_B \stackrel{\text{def}}{=} \frac{n_B}{V}$$

B 的质量浓度与 B 的浓度之间的关系为：

$$\rho_B = c_B \cdot M_B$$

B 的摩尔分数定义为：

$$x_B \stackrel{\text{def}}{=} \frac{n_B}{\sum_A n_A}$$

溶质 B 的质量摩尔浓度定义为：

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

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:

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

上式表明,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。

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均与溶质 B 的质量摩尔浓度成正比:

$$\Delta T_b = k_b b_B$$

$$\Delta T_f = k_f b_B$$

溶剂分子通过半透膜从纯溶剂进入稀溶液,或是由低渗溶液通过半透膜进入高渗溶液的现象称为渗透现象。产生渗透现象的条件是有半透膜存在和半透膜两侧溶液的渗透浓度不同。

为维持只允许溶剂分子通过的半透膜所隔开的溶液与纯溶剂之间的渗透平

衡而施加在溶液液面上的超额压力称为溶液的渗透压力。非电解质稀溶液的渗透压力与热力学温度、浓度之间的定量关系为：

$$\Pi = c_B RT$$

测定出非电解质稀溶液的凝固点降低或渗透压力，可以计算溶质的摩尔质量：

$$M_B = \frac{k_f m_B}{m_A \Delta T_f}$$
$$M_B = \frac{m_B RT}{\Pi V}$$

渗透浓度是指溶液中能产生渗透作用的溶质粒子的总浓度。对于非电解质溶液，其渗透浓度等于其物质的量浓度；对于弱电解质稀溶液，其渗透浓度等于未解离的电解质的浓度与解离产生的阳离子浓度和阴离子浓度之和；对于强电解质稀溶液，其渗透浓度等于阳离子浓度与阴离子浓度之和。

电解质稀溶液的渗透压力与热力学温度、渗透浓度之间的关系为：

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

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；渗透浓度低于  $280 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  的溶液称为低渗溶液；渗透浓度高于  $320 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  的溶液称为高渗溶液。红细胞在等渗溶液中形态不发生改变，所以大量输液时要使用等渗溶液。

溶胶的分散相粒子的扩散速率慢，能透过滤纸，但不能透过半透膜。溶胶是直径为  $1 \sim 100 \text{ nm}$  的分散相粒子高度分散在液体介质中形成的多相系统。

丁铎尔现象源于溶胶的胶粒对光的散射，胶粒的直径小于可见光波长，当可见光照射在胶粒上时发生光的散射而产生丁铎尔现象。

溶胶的布朗运动是由于胶粒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。

在外电场作用下，胶粒在分散介质中定向移动，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。胶粒带电荷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荷，选择吸附阴离子时胶粒带负电荷。

溶胶是不稳定系统，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以在很长时间内不聚沉。使溶胶暂时稳定存在的主要原因是胶粒带电荷、胶粒的布朗运动和胶粒的溶剂化作用。加入电解质、加热或将两种胶粒带相反电荷的溶胶混合，都可使溶胶产生聚沉。电解质对溶胶起聚沉作用的主要是与胶粒带相反电荷的离子，而且反离子的电荷数的绝对值越大，电解质的聚沉能力就越强。

制备溶胶的方法有分散法和凝集法两类方法。分散法是在稳定剂存在下将大颗粒分散成胶粒。凝集法是先形成难溶物质的过饱和溶液,再使难溶分散相粒子聚集形成胶粒。

利用分散法或凝集法制备的溶胶中常含有电解质和杂质。把溶胶装在用半透膜缝制的袋子里,放在纯水中,定时更换纯水,可将溶胶中的电解质和杂质除去。这种利用半透膜净化溶胶的方法称为渗析。

### 三、习题解答

1. 什么叫分散系统? 分散系统是如何分类的?

答: 一种或一种以上物质分散在另一种物质中形成的系统称为分散系统。按分散系统中分散相粒子直径的大小进行分类,分散系统可分为粗分散系统、胶体分散系统和分子分散系统。粗分散系统中分散相粒子的直径大于 100 nm,胶体分散系统中分散相粒子的直径为 1 ~ 100 nm,分子分散系统中分散相粒子的直径小于 1 nm。

2. 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,从纯溶剂进入溶液或从渗透浓度较小的溶液进入渗透浓度较大的溶液的现象称为渗透现象。产生渗透现象的条件是:

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

3. 什么叫溶液的渗透压力? 影响溶液的渗透压力的因素有哪些?

答: 用半透膜把纯溶剂与溶液隔开,为了防止发生渗透现象而在溶液的液面上所施加的超额压力,称为溶液的渗透压力。影响溶液的渗透压力的因素有热力学温度和溶液的渗透浓度。溶液的渗透压力与热力学温度和溶液的渗透浓度之间的关系为:

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

4. 什么叫渗透浓度? 渗透浓度与物质的量浓度之间的关系如何?

答: 溶液中能产生渗透作用的溶质的分子和离子的总浓度称为溶液的渗透浓度。对于非电解质稀溶液,溶液的渗透浓度等于溶液的物质的量浓度;对于弱电解质稀溶液,溶液的渗透浓度等于弱电解质解离产生的阳离子浓度、阴离子浓度与未解离的电解质分子的浓度之和;对于强电解质稀溶液,溶液的渗透浓度等于溶液中阳离子浓度与阴离子浓度之和。

5. 医学上的低渗溶液、等渗溶液和高渗溶液是如何确定的?

答: 医学上的低渗溶液、等渗溶液和高渗溶液是以血浆的渗透压力为比较标准确定的。渗透浓度低于  $280 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  的溶液称为低渗溶液;渗透浓度在

280 ~ 320 mmol·L<sup>-1</sup> 的溶液称为等渗溶液；渗透浓度高于 320 mmol·L<sup>-1</sup> 的溶液称为高渗溶液。

6. 丁铎尔现象的本质是什么？为什么溶胶会产生丁铎尔现象？

答：丁铎尔现象的本质是溶胶的胶粒对光的散射作用。所谓光的散射是指除入射光方向外，四面八方都能看到发光的现象。产生光散射作用的必要条件是入射光的波长大于分散相粒子的直径。

溶胶的胶粒的直径在 1 ~ 100 nm 范围内，小于可见光的波长，因此当可见光照射溶胶时会发生散射作用产生丁铎尔现象。

7. 溶胶是不稳定系统，但它却能在相当长的时间内存在，这是为什么？

答：溶胶是高度分散的多相系统，具有很大的比表面积，有自动聚集的趋势，因此是不稳定系统。溶胶能在一定时间内稳定存在的原因有以下三种：

(1) 胶粒带电荷的稳定作用。胶粒带有相同电荷，胶粒之间的静电斥力使得胶粒难以相互接近，增加了溶胶的稳定性。

(2) 溶胶的动力稳定性。胶粒因布朗运动可克服重力产生的下沉作用，从而保持溶胶的相对稳定。

(3) 溶剂化的稳定作用。溶胶的胶粒溶剂化形成具有一定弹性的溶剂化外壳，增加了胶粒相互接近的机械阻力，使得溶胶难以聚沉。

在以上三种稳定作用中，以胶粒带电荷的稳定作用最为重要。

8. 溶胶的胶核吸附离子时有何规律？

答：溶胶的胶核对离子的吸附具有选择性，与胶核具有相同组成或相似组成的离子优先被吸附。

9. 电解质对溶胶的聚沉作用，主要是由何种离子产生的？

答：电解质对溶胶主要起聚沉作用的是与胶粒带相反电荷的离子，而且带相反电荷离子的电荷数的绝对值越大，电解质的聚沉能力就越强。

10. 什么叫渗析？

答：把溶胶装在缝制的半透膜袋中，再将其放入纯溶剂中，溶胶中的杂质离子和杂质分子透过半透膜从溶胶进入溶剂，不断更换溶剂，即可将溶胶中的杂质除去。这种利用半透膜净化溶胶的方法称为渗析。

11. 在 90 g 质量分数为 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 溶液的质量分数。

解：加入 10 g 水后，溶液中 NaCl 的质量分数为：

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

加入 10 g NaCl 固体后,溶液中 NaCl 的质量分数为:

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

12. 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:

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

13. 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:

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

14. 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:

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

所得混合溶液中 KCl 的质量浓度已超过极限值。

15. 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:

$$\begin{aligned}c(\text{Ca}^{2+}) &= \frac{\rho(\text{Ca}^{2+})}{M(\text{Ca}^{2+})} = \frac{300 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}}{40 \text{ mg} \cdot \text{mmol}^{-1}} = 7.5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} \\ c(\text{HCO}_3^-) &= \frac{\rho(\text{HCO}_3^-)}{M(\text{HCO}_3^-)} = \frac{1.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}}{61 \text{ mg} \cdot \text{mmol}^{-1}} = 1.6 \times 10^{-2} \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}\end{aligned}$$

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

16. 某患者需用 500 mL  $100 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  葡萄糖溶液,若用  $500 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  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：若配制 500 mL 100 g·L<sup>-1</sup> 葡萄糖溶液需要 500 g·L<sup>-1</sup> 葡萄糖溶液和 50 g·L<sup>-1</sup> 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：

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

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

17. 某患者需要补充 0.050 mol Na<sup>+</sup>，应补充多少克 NaCl 固体？如果采用 9.00 g·L<sup>-1</sup> 的生理盐水补充 Na<sup>+</sup>，需要多少毫升生理盐水？

解：应补充 NaCl 固体的质量为：

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

需要生理盐水的体积为：

$$V_{\text{盐水}} = \frac{m(\text{NaCl})}{\rho_{\text{盐水}}} = \frac{0.050 \text{ mol} \times 58.5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}}{9.00 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}} = 0.325 \text{ L} = 325 \text{ mL}$$

18. 25 °C 时水的蒸气压为 3.17 kPa，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：

$$\begin{aligned} p &= p^*(\text{H}_2\text{O}) \cdot x(\text{H}_2\text{O}) = \frac{p^*(\text{H}_2\text{O}) \cdot n(\text{H}_2\text{O})}{n(\text{H}_2\text{O}) + n_{\text{甘油}}} \\ &= \frac{3.17 \text{ kPa} \times \frac{m_{\text{溶液}} \times (1 - 0.100)}{18.0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}}}{\frac{m_{\text{溶液}} \times (1 - 0.100)}{18.0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}} + \frac{m_{\text{溶液}} \times 0.100}{92.0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}}} = 3.10 \text{ kPa} \end{aligned}$$

19. 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：

$$\begin{aligned} M_B &= \frac{k_f \cdot m_B}{m_A \cdot \Delta T_f} \\ &= \frac{1.86 \text{ K}\cdot\text{kg}\cdot\text{mol}^{-1} \times 19.0 \text{ g}}{100 \times 10^{-3} \text{ kg} \times 0.220 \text{ K}} = 1.61 \times 10^3 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1} \end{aligned}$$

该生物碱的相对分子质量为：

$$M_r = M / (\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}) = 1.61 \times 10^3$$

20. 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:

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

这种黄蜂的血液的凝固点约为  $-8.7^\circ\text{C}$ 。

21. 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:

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

正常体温下血浆的渗透压力为:

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

22. 药典规定氯化钾注射液的质量浓度应为  $95 \sim 105 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ , 试计算氯化钾注射液的渗透浓度范围。

解: 氯化钾注射液的质量浓度为  $95 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  时, 其渗透浓度为:

$$c_{\text{os}}(\text{KCl}) = 2c(\text{KCl}) = \frac{2\rho(\text{KCl})}{M(\text{KCl})} = \frac{2 \times 95 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}}{74.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 2.55 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

氯化钾注射液的质量浓度为  $105 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  时, 其渗透浓度为:

$$c_{\text{os}}(\text{KCl}) = \frac{2 \times 105 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}}{74.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 2.82 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

此氯化钾注射液的渗透浓度范围为  $2.55 \sim 2.82 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

23. 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  $10.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ ,  $7.00 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  和  $3.00 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  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: