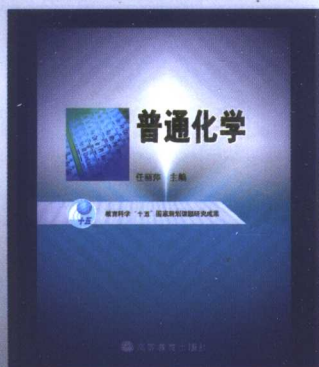


高等学校教学参考书



普通化学学习指导

虎玉森 主编



高等教育出版社

高等学校教学参考书

普通化学学习指导

虎玉森 主编

高等教育出版社

内容提要

本书是全国高等学校教学研究中心“21 世纪中国高等学校农林类专业数理化基础课程的创新与实践”课题的研究成果——普通化学系列教材之一。

本书根据高等学校农林专业本科生对普通化学基础知识的要求,紧扣《普通化学》(任丽萍主编)教材,结合各位编写教师多年的教学实践编写而成。全书分为 11 章,每章包含本章要求、重点内容概述、习题解答、自测题及自测题参考答案几个部分。这种安排便于学生抓住重点和难点,培养学生归纳问题、总结问题的能力,有利于全面提高学生的学习能力。书后附有普通化学模拟试题和研究生入学考试模拟试题。

本书可作为高等农林院校普通化学课程的教学参考书及学生的学习参考书,也可作为高等农林院校学生考研的复习资料。

图书在版编目(CIP)数据

普通化学学习指导 / 虎玉森主编. —北京: 高等教育出版社, 2007. 7

ISBN 978 - 7 - 04 - 021802 - 2

I. 普… II. 虎… III. 普通化学 - 高等学校 - 教学参考资料 IV. O6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 068878 号

策划编辑 郭新华 责任编辑 董淑静 封面设计 李卫青 责任绘图 黄建英
版式设计 王艳红 责任校对 王超 责任印制 毛斯璐

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	800 - 810 - 0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010 - 58581000		http://www.hep.com.cn
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landaco.com
印 刷	北京市联华印刷厂		http://www.landaco.com.cn
		畅想教育	http://www.widedu.com
开 本	787 × 960 1/16	版 次	2007 年 7 月第 1 版
印 张	14	印 次	2007 年 7 月第 1 次印刷
字 数	250 000	定 价	15.10 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 21802-00

前 言

本书是全国高等学校教学研究中心“21 世纪中国高等学校农林类专业数理化基础课程的创新与实践”课题的研究成果——普通化学系列教材之一。

普通化学是高等农林院校本科生的必修课,是农林科技工作者知识结构中必不可少的组成部分,是生物技术产业化的纽带和桥梁。为满足国家未来发展的需求,生物科学工作者必须具有坚实的化学基础,同时必须具备独立学习、自主学习和终生学习的能力。为此,我们结合多年的教学实践,取长补短,博采众长编写了这本学习指导,以期能够帮助学生准确理解基本概念和基本原理,牢固掌握基本知识和解题方法,启迪科学思维,培养自学能力。本书具有以下特点:

1. 全书内容详略安排得当,重点突出,概念明确,紧扣《普通化学》(任丽萍主编)教材,方便学生学习使用。

2. 每章均由本章要求、重点内容概述、习题解答、自测题、自测题参考答案几部分组成。本章要求对各章学习内容提出了不同层次的要求;重点内容概述归纳总结了各章的主要内容、重点和难点;习题解答针对《普通化学》教材中的思考题与习题,做了全面、详细的解析;同时为了便于学生自查学习效果,每章准备了具有代表性的自测题与自测题参考答案,自测题题型有选择题、填空题、判断题、简答题和计算题。

3. 为满足不同层次学生的学习需要,内容安排上除了习题解答、自测题以外,还收集、编写了普通化学模拟试题和研究生入学考试模拟试题,以满足学生各种考试复习之需。

4. 习题的选择除了注重强化基本理论和基础知识外,还兼顾实用性、研究性和启发性,以激发学生的学习兴趣,培养学生分析问题和解决问题的能力。

全书共分 11 章,其中第 1,6,7,10 章分别由甘肃农业大学蒲陆梅、肖雯、虎玉森和王兴民编写;第 2,3 章由西南大学廖家耀编写;第 4,5,11 章分别由中国农业大学任丽萍、王红梅和张春荣编写;第 8,9 章分别由北京林业大学石绍会和陈媛梅编写。全书由虎玉森统稿、修改和定稿。

本书承西北师范大学化学化工学院张有明教授审阅和指导,特此致谢。同时感谢参编学校教务处和高等教育出版社郭新华的大力支持与协助。

II 前言

鉴于编者水平有限,书中疏漏乃至错误之处,敬请同行专家和读者批评指正。

编者

2007 年元月

目 录

第 1 章 物质的状态、溶液和胶体	1
1.1 本章要求	1
1.2 重点内容概述	1
1.3 习题解答	5
1.4 自测题	11
1.5 自测题参考答案	13
第 2 章 原子结构	16
2.1 本章要求	16
2.2 重点内容概述	16
2.3 习题解答	19
2.4 自测题	24
2.5 自测题参考答案	26
第 3 章 化学键与物质结构基础	28
3.1 本章要求	28
3.2 重点内容概述	28
3.3 习题解答	32
3.4 自测题	36
3.5 自测题参考答案	39
第 4 章 化学热力学基础	41
4.1 本章要求	41
4.2 重点内容概述	41
4.3 习题解答	46
4.4 自测题	55
4.5 自测题参考答案	58
第 5 章 化学平衡	61
5.1 本章要求	61
5.2 重点内容概述	61
5.3 习题解答	63

5.4 自测题	68
5.5 自测题参考答案	71
第6章 化学反应速率	74
6.1 本章要求	74
6.2 重点内容概述	74
6.3 习题解答	77
6.4 自测题	81
6.5 自测题参考答案	84
第7章 酸碱反应与酸碱平衡	87
7.1 本章要求	87
7.2 重点内容概述	87
7.3 习题解答	93
7.4 自测题	101
7.5 自测题参考答案	104
第8章 沉淀反应与沉淀溶解平衡	107
8.1 本章要求	107
8.2 重点内容概述	107
8.3 习题解答	108
8.4 自测题	113
8.5 自测题参考答案	116
第9章 配位化合物与配位平衡	120
9.1 本章要求	120
9.2 重点内容概述	120
9.3 习题解答	122
9.4 自测题	131
9.5 自测题参考答案	133
第10章 氧化还原反应	136
10.1 本章要求	136
10.2 重点内容概述	136
10.3 习题解答	140
10.4 自测题	150
10.5 自测题参考答案	154
第11章 重要元素及其化合物	159
11.1 本章要求	159

11.2 重点内容概述	159
11.3 习题解答	164
模拟试题	167
普通化学模拟试题(1)	167
普通化学模拟试题(1)参考答案	170
普通化学模拟试题(2)	172
普通化学模拟试题(2)参考答案	175
普通化学模拟试题(3)	177
普通化学模拟试题(3)参考答案	180
普通化学模拟试题(4)	182
普通化学模拟试题(4)参考答案	185
研究生入学考试模拟试题(1)	188
研究生入学考试模拟试题(1)参考答案	190
研究生入学考试模拟试题(2)	192
研究生入学考试模拟试题(2)参考答案	195
研究生入学考试模拟试题(3)	197
研究生入学考试模拟试题(3)参考答案	200
研究生入学考试模拟试题(4)	201
研究生入学考试模拟试题(4)参考答案	204
研究生入学考试模拟试题(5)	205
研究生入学考试模拟试题(5)参考答案	207
主要参考书	210

第 1 章 物质的状态、溶液和胶体

1.1 本章要求

1. 了解物质的存在状态及性质,掌握理想气体状态方程、分压定律及其应用。
2. 了解物质的量及其单位摩尔的概念,掌握物质的量浓度、质量摩尔浓度、摩尔分数、质量分数的计算。
3. 熟练掌握稀溶液依数性的相关计算,能定性判断各类溶液依数性的大小。
4. 了解分散系的概念及分类,了解溶胶的性质,掌握胶团结构,掌握溶胶的稳定性和聚沉及其影响因素。
5. 了解乳状液的特点、类型、稳定性。

1.2 重点内容概述

1. 理想气体状态方程

$$pV=nRT$$

式中各物理量的单位: $p(\text{kPa})$, $V(\text{m}^3 \text{ 或 } \text{L})$, $T(\text{K})$, $n(\text{mol})$ 。 R 为摩尔气体常数, $R=8.314 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ 或 $8.314 \text{ kPa}\cdot\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ 。

2. 理想气体分压定律

若用 $p(\text{A})$, $p(\text{B})$ 表示气体 A, B 的分压力, p 代表总压力, V 为系统的总体积, 则

$$p(\text{A})V=n(\text{A})RT, \quad p(\text{B})V=n(\text{B})RT, \quad \dots \quad (1)$$

分压定律可表示为

$$p=p(\text{A})+p(\text{B})+\dots$$

对所有气体的分压求和得

$$[p(\text{A})+p(\text{B})+\dots]V=n(\text{A})RT+n(\text{B})RT+\dots$$

$$\begin{aligned} [p(\text{A}) + p(\text{B}) + \cdots]V &= [n(\text{A}) + n(\text{B}) + \cdots]RT \\ pV &= [n(\text{A}) + n(\text{B}) + \cdots]RT = nRT \end{aligned} \quad (2)$$

(2)式即为混合气体的状态方程。以(1)式除以(2)式得

$$\frac{p(\text{B})}{p} = \frac{n(\text{B})}{n} = x(\text{B}) \quad \text{或} \quad p(\text{B}) = p \cdot x(\text{B})$$

$x(\text{B})$ 是气体 B 的摩尔分数。

3. 溶液的组成标度

溶液的组成常用浓度表示。浓度是指溶液中溶质的含量,其表示方法可分为两大类,一类是用溶质和溶剂的相对量表示,另一类是用溶质和溶液的相对量表示。由于溶质、溶剂或溶液使用的单位不同,浓度的表示方法也不同。

(1) 物质的量浓度 单位体积溶液中所含溶质 B 的物质的量,用符号 $c(\text{B})$ 表示,常用单位为 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

$$c(\text{B}) = \frac{n(\text{B})}{V}$$

“物质的量”指系统中所含基本单元的数量,用符号“ n ”表示,单位为“mol”,叫做“摩尔”。摩尔是一系统的物质的量,该系统中所包含的基本单元与 $0.012 \text{ kg } ^{12}\text{C}$ 的原子数目相等。在使用摩尔时,应指明基本单元。这里所谓的基本单元可以是分子、离子、原子及其他粒子,或这些粒子的特定组合。基本单元要求用加圆括号的化学式(或化学式的组合)表示,例如, $1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4$ 或 $n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1 \text{ mol}$ 。同一系统 $\frac{1}{2} \text{H}_2\text{SO}_4$ 和 $2\text{H}_2\text{SO}_4$ 均可作基本单元,则相同质量的硫酸的物质的量之间有下列关系:

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{1}{2} n\left(\frac{1}{2} \text{H}_2\text{SO}_4\right) = 2n(2\text{H}_2\text{SO}_4)$$

可见,基本单元的选择是任意的,既可以是实际存在的,也可以根据需要人为设定。

(2) 质量摩尔浓度 每千克溶剂中所含溶质的物质的量,用符号 $b(\text{B})$ 表示,单位为 $\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

$$b(\text{B}) = \frac{n(\text{B})}{m(\text{A})}$$

(3) 摩尔分数 溶液中某组分 B 的物质的量 $n(\text{B})$ 占溶液总物质的量 n 的分数,用符号 $x(\text{B})$ 表示,单位为 1。

$$x(\text{B}) = \frac{n(\text{B})}{n}$$

(4) 质量分数 溶液中某组分 B 的质量 $m(\text{B})$ 占溶液总质量 m 的分数,用符号 $w(\text{B})$ 表示,单位为 1。

$$w(B) = \frac{m(B)}{m}$$

4. 稀溶液的通性

难挥发非电解质稀溶液的通性也称为依数性,包括溶液的蒸气压下降、沸点升高、凝固点降低和渗透压。在溶剂的种类指定后,其依数性与一定量溶剂中溶质的含量(常用质量摩尔浓度表示)成正比,而与溶质的本性无关,这就是稀溶液定律。

(1) 溶液的蒸气压下降 难挥发非电解质稀溶液的表面被难挥发溶质粒子占据,从而使溶剂分子进入气相的相对数量降低,致使溶液的蒸气压下降。

在一定温度下,难挥发的非电解质稀溶液的蒸气压 p 等于纯溶剂的饱和蒸气压与溶液中溶剂 A 的摩尔分数之积,即

$$p = p^* x(A)$$

对双组分系统,可推导出

$$\Delta p = p^* x(B) \approx K_b b(B)$$

Δp 为溶液的蒸气压下降,即

$$\Delta p = p^* - p$$

(2) 溶液的沸点升高和凝固点降低 由于难挥发非电解质稀溶液的蒸气压下降,使得其沸点必然升高,凝固点必然降低。沸点升高值和凝固点降低值均与溶质的本性无关,只与溶液的质量摩尔浓度成正比。其数学表达式如下:

$$\Delta T_b = K_b b(B)$$

$$\Delta T_f = K_f b(B)$$

ΔT_b 和 ΔT_f 分别为稀溶液的沸点升高值和凝固点降低值。

(3) 渗透压 在一定温度下,难挥发非电解质稀溶液的渗透压与溶液的物质的量浓度成正比,其数学表达式如下:

$$\Pi = \frac{n}{V} RT = cRT$$

该式称为范特霍夫方程。式中, Π 为溶液的渗透压, T 为热力学温度, V 为溶液的体积, n 为溶质的物质的量, R 为摩尔气体常数, c 为溶液的物质的量浓度。如果溶液浓度很稀,则 $c \approx b$, 上式可写为

$$\Pi = bRT$$

由于凝固点降低值 ΔT_f 易于测定,且测定的准确度较高,故常利用测定凝

固点降低的方法来求难挥发非电解质的摩尔质量;而渗透压主要用于求高分子(如蛋白质、高聚物等)的摩尔质量。

5. 胶体

分散系:一种或几种物质分散在其他一种物质中构成的系统。

分散质:被分散的物质。

分散剂:容纳分散质的物质。

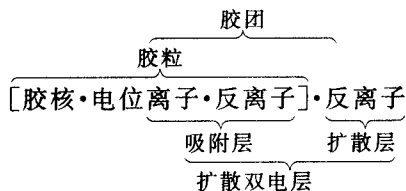
按照分散质粒子直径大小不同,分散系分为分子、离子分散系,胶体分散系和粗分散系。分散质直径在 $1\sim 100\text{ nm}$ 的分散系叫做胶体分散系,胶体是高度分散的多相系统,因此,溶胶有特殊的光学、电学和动力学性质。

(1) 溶胶的光学性质 将一束平行光照射在溶胶系统上,在与入射光垂直的方向上可观察到一道发亮的光柱,这种现象称为丁达尔现象。丁达尔现象是溶胶特有的现象,可以用于区别溶胶和溶液。

(2) 溶胶的动力学性质 在超显微镜下观察溶胶,可以看到胶体粒子的发光点在做永不停息的无规则运动,这种现象称为布朗运动。布朗运动的存在使胶粒不致因重力的作用而产生沉降,有利于保持溶胶的稳定性。

(3) 溶胶的电学性质 在外电场的作用下,溶胶中的分散质与分散剂会发生定向移动,这种现象称为溶胶的电动现象。主要有电泳和电渗。

(4) 胶团结构 胶团结构可用下列结构式表示:



书写胶团结构的关键在于确定电位离子和反离子。电位离子是与胶核组成相关且溶液中浓度较大的离子;反离子是与电位离子符号相反、同时溶液中浓度较大的离子。吸附层和扩散层带着符号相反的电荷,胶粒中反离子数比电位离子少,故胶粒所带电荷与电位离子电荷符号相同。其余的反离子则分散在溶液中,构成扩散层,胶粒和扩散层的整体称为胶团,胶团中反离子和电位离子的电荷总数相等,故胶团是电中性的。

(5) 溶胶的稳定性和聚沉 溶胶具有动力学稳定性和聚结稳定性。溶胶粒子具有强烈的布朗运动,使其能够抵抗重力的作用而不沉淀,所以溶胶是动力学稳定系统。由于溶胶系统中胶粒带有相同的电荷,当两个胶团互相靠近到它们的扩散层部分重叠时,胶粒间就产生静电排斥作用使它们分开,从而阻止了胶粒的聚结合并。另外,胶团中电位离子和反离子都是水化离子,在胶粒周围形成具

有一定强度和弹性的水化膜,也阻隔了胶粒的聚结合并,从而使溶胶具有聚结稳定性。

消除了溶胶的稳定性因素,胶粒就会相互聚结合并成大颗粒而沉降,这就是溶胶的聚沉。加入强电解质可以破坏溶胶的带电结构,使溶胶聚沉,而且随着电解质中反离子电荷数的增大,聚沉能力增强,聚沉值降低;另外将两种带相反电荷的溶胶按适当比例相互混合或者加热溶胶,都能使溶胶聚沉。

6. 表面活性物质和乳状液

溶于水后能显著降低水的表面自由能的物质称为表面活性物质,其特性取决于分子结构,它的分子都是由极性基团(亲水基)和非极性基团(亲油基)构成。

互不相溶的两种液体相互分散所构成的粗分散系称为乳状液。乳状液中使用的稳定剂称为乳化剂。常用的乳化剂有三类:表面活性剂、亲水性的高分子化合物、不溶性固体粉末。

1.3 习题解答

1. 在相同温度下,几种压力相同、体积不同的气体混合,混合后保持总压力不变,总体积与组分体积是什么关系?

答: 因为 $p_i V_i = n_i RT$ $p_{\text{总}} V_{\text{总}} = n_{\text{总}} RT$

根据题意,有

$$p_i = p_{\text{总}}$$

而

$$n_{\text{总}} = \sum n_i$$

$$\frac{V_{\text{总}}}{RT} p_{\text{总}} = \frac{V_1}{RT} p_1 + \frac{V_2}{RT} p_2 + \cdots = (V_1 + V_2 + \cdots) \frac{p_{\text{总}}}{RT}$$

所以

$$V_{\text{总}} = V_1 + V_2 + \cdots$$

即总体积是各组分分体积之和。

2. 什么是液体的临界温度、临界压力、临界体积?

答: 临界温度是指用加压的方法使气体液化的最高温度,在临界温度以上,不论加多大压力,都不能使气体液化;临界压力是指在临界温度时,使气体液化所必需的最低压力;临界体积是指在临界温度和临界压力下,1 mol 物质占有的体积。

3. 最常用的表示溶液组成标度的方法有几种?

答: 有四种,分别是

(1) 物质的量浓度,用符号 $c(\text{B})$ 表示,常用单位为 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

(2) 质量摩尔浓度,用符号 $b(\text{B})$ 表示,常用单位为 $\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

(3) 摩尔分数,用符号 $x(B)$ 表示,单位为 1。

(4) 质量分数,用符号 $w(B)$ 表示,单位为 1。

4. 什么是分散系? 分散系是如何分类的?

答: 一种或几种物质分散在其他一种物质中所构成的系统称为分散系。它可以按照分散质和分散剂的聚集状态分类,也可以按照分散质颗粒直径大小分类。用后一种分类方法时,可将分散系分为分子、离子分散系,胶体分散系和粗分散系三类。

5. 把两块冰分别放入 0°C 的水和 0°C 的盐水中,各有什么现象发生? 为什么?

答: 冰放入 0°C 的水中会保持固、液共存,放入 0°C 的盐水中会很快融化,因为盐水的凝固点低于 0°C 。

6. (1) 在北方,冬天吃冻梨前,先把梨放在凉水中浸泡一段时间,发现冻梨表面结了一层冰,而梨里面已经解冻了。这是为什么?

(2) 已知细胞中的水在很低的温度下才能结冰,为什么? 若将细胞慢慢地冷却,细胞将会被破坏,而将细胞迅速冰冻却能很好保持其生物活性,为什么?

答: (1) 梨的内部溶液的凝固点低于 0°C ,当放入凉水中时就会吸热而解冻,冻梨表面层温度低于 0°C ,而水的凝固点是 0°C ,则水就在梨表面结冰。

(2) 细胞液是水溶液,凝固点较低,所以细胞中的水在温度很低时才结冰。若将细胞慢慢地冷却(缓冻)至温度低于细胞液冰点时,细胞外液中的水先形成冰晶体,使细胞外液电解质浓度增大,渗透压升高,细胞内水分向细胞外大量渗出,使细胞组织脱水,蛋白质变性,酶活性降低,细胞发生皱缩,造成细胞内能量代谢物质的耗竭和丢失,从而使细胞线粒体的呼吸率下降,造成大量中间产物的堆积,从而使细胞死亡;此外,缓冻时细胞外液的冰晶体随着时间的延长逐渐长大,对组织细胞产生机械作用,使细胞膜破裂,细胞内容物外溢,从而造成细胞死亡。

如果利用 -25°C 以下的低温,在极短的时间内使细胞速冻,那么,在细胞内液和细胞外液中同时形成众多微小均匀的小冰晶,使细胞内外渗透压相等,而且细胞的组织结构也不会遭到机械损伤而破裂,解冻后能较完整地恢复其生物活性。

7. 为什么海水鱼不能生活在淡水中?

答: 这是由于溶液的渗透现象所致。海水鱼体液的盐浓度较高,当它生活在淡水中时,由于渗透,过量的水就会渗入鱼的体内,从而破坏了其身体组织细胞,造成生命危险。

8. 如何理解溶胶的稳定性? 破坏溶胶稳定性的办法有哪些?

答: 溶胶粒子具有强烈的布朗运动,使其能够抵抗重力的作用而不沉淀,所

以溶胶是动力学稳定系统。另外溶胶系统中胶粒带有相同的电荷,当两个胶团互相靠近到它们的扩散层部分重叠时,胶粒间就产生静电排斥作用使它们分开,从而阻止了胶粒的聚结合并;同时,胶团中电位离子和反离子的水化作用所形成的具有一定强度和弹性的溶剂化膜,也阻隔了胶粒的聚结合并,从而使溶胶具有聚结稳定性。

破坏溶胶稳定性的办法有:加入强电解质;将两种带相反电荷的溶胶按适当比例相互混合;加热。

9. 试述明矾净水的原理。

答:天然水中的悬浮粒子一般带负电荷,明矾 $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 在水中水解后生成 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 正溶胶。 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 正溶胶与水中悬浮粒子发生相互聚沉作用而沉淀,再加上 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 絮状物的吸附作用,可使污物被吸附沉淀,达到净化目的。

10. 什么叫表面活性剂? 其分子结构有何特点?

答:凡溶于液体后能显著降低液体的表面自由能的物质称为表面活性物质或表面活性剂。表面活性剂分子都是由极性基团(亲水基)和非极性基团(亲油基)两部分组成。

11. 试述乳状液的形成、性质和应用。

答:在乳化剂的作用下将互不相溶的液体互相分散而构成的粗分散系称为乳状液。油分散在水中所形成的乳状液称为水包油型(O/W)乳状液,水分散在油中所形成的乳状液称为油包水型(W/O)乳状液。乳状液在工农业生产和生物科学中都有着很广泛的应用。例如高速切削金属时用的润滑冷却液是O/W型乳状液,其中水主要起冷却作用,油起润滑作用;农业上使用的杀虫药剂、植物生长调节剂常制成乳状液,以便于喷洒,提高药效、降低成本;在生物体的正常生理过程中,脂肪在很大程度上依赖于乳化变为乳状液后,才在消化系统内被消化吸收。

12. 某容器中含有 14.0 g N_2 , 16.0 g O_2 , 4.40 g CO_2 , 20 °C 时容器的压力为 200 kPa, 计算各气体的分压和该容器的体积。

解:该容器中各气体的物质的量分别为

$$n(\text{N}_2) = \frac{14.0 \text{ g}}{28.0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.500 \text{ mol}$$

$$n(\text{O}_2) = \frac{16.0 \text{ g}}{32.0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.500 \text{ mol}$$

$$n(\text{CO}_2) = \frac{4.40 \text{ g}}{44.0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.100 \text{ mol}$$

各气体的摩尔分数为

$$x(\text{N}_2) = \frac{0.500 \text{ mol}}{(0.500 + 0.500 + 0.100) \text{ mol}} = 0.455$$

$$x(\text{O}_2) = \frac{0.500 \text{ mol}}{(0.500 + 0.500 + 0.100) \text{ mol}} = 0.455$$

$$x(\text{CO}_2) = \frac{0.100 \text{ mol}}{(0.500 + 0.500 + 0.100) \text{ mol}} = 0.091$$

各气体的分压为

$$p(\text{N}_2) = 0.455 \times 200 \text{ kPa} = 91.0 \text{ kPa}$$

$$p(\text{O}_2) = 0.455 \times 200 \text{ kPa} = 91.0 \text{ kPa}$$

$$p(\text{CO}_2) = 0.091 \times 200 \text{ kPa} = 18.2 \text{ kPa}$$

根据理想气体状态方程 $pV = nRT$ 得

$$\begin{aligned} V &= \frac{nRT}{p} \\ &= (0.500 + 0.500 + 0.100) \text{ mol} \times 8.314 \text{ kPa} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times \\ &\quad (273.15 + 20) \text{ K} / 200 \text{ kPa} \\ &= 13.4 \text{ L} \end{aligned}$$

13. 人体注射用生理盐水中, $w(\text{NaCl}) = 0.900\%$, 密度为 $1.01 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$, 若配制 300 kg 此溶液, 需 NaCl 多少克? 该溶液物质的量浓度是多少?

解: 配制该溶液需 NaCl 的质量为

$$m(\text{NaCl}) = 0.900\% \times 300 \times 10^3 \text{ g} = 2700 \text{ g}$$

该溶液的物质的量浓度为

$$c(\text{NaCl}) = \frac{2700 \text{ g} / 58.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{300 \times 10^3 \text{ g} / 1.01 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-3}} = 0.155 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

14. 从某种植物中分离出的一种未知结构的有特殊功能的生物碱, 为了测定其摩尔质量, 将 0.190 g 该物质溶于 10.0 g 水中, 测得溶液的凝固点降低了 0.220 K . 计算该生物碱的摩尔质量。

解: 已知 $\Delta T_f = 0.220 \text{ K}$, $K_f(\text{水}) = 1.86 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$, 设该生物碱的摩尔质量为 M , 则

$$\Delta T_f = K_f b(\text{B}) = 1.86 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1} \times \frac{0.190 \text{ g}}{M \times 0.010 \text{ kg}}$$

$$M = 160.6 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

15. 溶解 0.324 g 单质硫于 4.00 g 苯中, 使苯的沸点上升了 0.81 K . 问此溶液中的硫分子是由几个原子组成的?

解: 已知 $\Delta T_b = 0.81 \text{ K}$, $K_b(\text{苯}) = 2.53 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$, 设此溶液中的硫分子由 x 个硫原子组成, 则其摩尔质量为 $32x \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, 则

$$b(\text{B}) = \frac{n(\text{B})}{m(\text{A})} = \frac{\frac{0.324 \text{ g}}{32x \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}}{4.00 \times 10^{-3} \text{ kg}} = \frac{2.53}{x} \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$$

由于 $\Delta T_b = K_b b(\text{B})$, 则

$$0.81 \text{ K} = 2.53 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1} \times \frac{2.53}{x} \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$$x \approx 8$$

故此溶液中的 1 个硫分子是由 8 个硫原子组成的。

16. 101 mg 胰岛素溶于 10.0 mL 水, 该溶液在 25.0 °C 时的渗透压是 4.34 kPa, 计算胰岛素的摩尔质量和该溶液的凝固点。

解: 设胰岛素的摩尔质量为 M , 其渗透压可由下式计算

$$\Pi = \frac{n(\text{B})}{V} RT$$

$$4.34 \text{ kPa} = \frac{101 \times 10^{-3} \text{ g}}{M \times 10.0 \times 10^{-3} \text{ L}} \times 8.314 \text{ kPa} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 298.15 \text{ K}$$

$$M = 5.77 \times 10^3 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

该溶液的凝固点降低值为

$$\Delta T_f = K_f \cdot b(\text{B}) = 1.86 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1} \times \frac{(101 \times 10^{-3} / 5.77 \times 10^3) \text{ mol}}{10 \times 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$= 0.0033 \text{ K}$$

胰岛素的摩尔质量为 $5.77 \times 10^3 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, 该溶液的凝固点 $T_f = -0.0033 \text{ } ^\circ\text{C}$ 。

17. 今有两种溶液, 其一为 1.50 g 尿素 $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ 溶于 200 g 水中; 另一为 42.8 g 未知物溶于 1000 g 水中, 这两种溶液在同一温度开始沸腾, 计算这种未知物的摩尔质量。

解: 由于两种水溶液的沸点相同, 故其沸点升高值相同, 则它们的质量摩尔浓度相同。设未知物的摩尔质量为 M , 可得如下关系:

$$\frac{1.50 \text{ g}}{60 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 0.2 \text{ kg}} = \frac{42.8 \text{ g}}{M \times 1.0 \text{ kg}}$$

$$M = 342.4 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

所以, 该未知物的摩尔质量为 $342.4 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

18. 人体血浆的凝固点为 272.59 K, 计算在正常体温 (36.5 °C) 下血浆的渗透压。

解: $K_f = 1.86 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$, 血浆的质量摩尔浓度为

$$b(\text{B}) = \frac{\Delta T_f}{K_f} = \frac{(273.15 - 272.59) \text{ K}}{1.86 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.30 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$$