

普通高等教育“十三五”规划教材

# 无机及分析化学

## 学习指导与习题解析

马凤霞 王秀彦 主编

董宪武 主审



化学工业出版社

普通高等教育“十三五”规划教材

# 无机及分析化学

## 学习指导与习题解析

马凤霞 王秀彦 主编

董宪武 主审



化学工业出版社

· 北京 ·

《无机及分析化学学习指导与习题解析》是化学工业出版社出版的“普通高等教育‘十三五’规划教材”《无机及分析化学》(王秀彦、马凤霞主编)的配套教学参考书。本书各章节与《无机及分析化学》(王秀彦、马凤霞主编)一致,每章包括内容提要、例题、习题和习题参考答案四个部分,书后附有综合自测练习题及参考答案。

本书能够帮助学生有效地复习教学内容,掌握解题的方法和技巧,提高学生的学习效率。

本书可作为高等院校农、林、牧、渔、生物、食品等专业及其他相关专业的教学用书,也可作为考研的参考资料,还可供社会相关读者阅读。

### 图书在版编目(CIP)数据

无机及分析化学学习指导与习题解析/马凤霞,王秀彦  
主编. —北京:化学工业出版社,2017.9

ISBN 978-7-122-30048-5

I. ①无… II. ①马… ②王… III. ①无机化学-高等学校-教学参考资料②分析化学-高等学校-教学参考资料  
IV. ①O61②O65

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第130367号

---

责任编辑:旷英姿 林媛  
责任校对:边涛

装帧设计:王晓宇

---

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印装:三河市延风印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张13¼ 字数332千字 2017年10月北京第1版第1次印刷

---

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

---

定 价: 32.00 元

版权所有 违者必究

# 编 审 成 员

主 编 马凤霞 王秀彦

副 主 编 李秀花 李 凯 范秀明

编写人员 (按姓氏笔画排序)

马凤霞 王 丰 王秀彦 王铁成

孙世清 李 凯 李秀花 范秀明

主 审 董宪武

# 前言

---

无机及分析化学是应用型本科高等院校制药工程、药物制剂、生物工程、生物技术、植物保护、植物科学与技术、动物医学、动植物检疫、中药学、中药资源与开发、食品科学与工程、食品质量与安全等专业的一门必修基础课，是培养高素质、创新型人才的基础课程，在人才培养方面起着举足轻重的作用。课程教学的目的是使学生学习和掌握无机及分析化学的基本理论、基本知识，了解基本分析方法，建立准确的“量”的概念，注重培养和提高学生的自学能力、思维能力、动手能力、表达能力以及分析与解决问题的能力，为学习后续课程和进行科学研究打下坚实的基础。由于学时数少，教学内容多，学生经常会出现教材看得懂，讲授内容听得懂，遇到习题却无从下手的情况，为了使学生能尽快掌握知识要点，灵活运用所学知识，提高学习效率，在化学工业出版社的指导下，组织编写了这本《无机及分析化学学习指导与习题解析》。

本书是《无机及分析化学》(王秀彦、马凤霞主编)教材的配套教学与学习参考书。本书各章节与主教材一致，各章内容分为四个部分。

(1) 内容提要：介绍每章教学内容的基本要求和重点、难点。

(2) 例题：通过对例题解题思路的分析和给出具体的解题步骤，帮助学生进行科学思维方法和表达能力的训练，引导学生深入思考，提高分析问题和解决问题的能力。

(3) 习题：包括主教材的课后习题和增选的大量练习题，主要包括填空题、选择题、判断题、简答题和计算题五种题型，通过练习加强对基本理论、基本知识的理解和应用。

(4) 习题参考答案：供学生自我检查参考，填空题和选择题的难题、简答题和计算题都给出了详细的解题过程。

另外书后附有综合自测练习题及参考答案，供学生参考检查学习效果。

本教材由马凤霞、王秀彦任主编，李秀花、李凯、范秀明任副主编。具体编写安排是王秀彦(第一至第三章)、马凤霞(第四、第六、第八章)、李秀花(第五、第七章)、范秀明(第九、第十三章)、李凯(第十、第十四章)、王丰(第十一章、综合自测练习题参考答案)、孙世清(第十二章)、王铁成(综合自测练习题)。

本书由马凤霞统稿，董宪武教授主审。本书是化学系全体教师多年教学、教材改革与实践的经验总结，是全体参加编写工作的同仁共同辛苦努力的成果。本书的编写得到吉林农业科技学院领导和化学系同志们的大力支持与帮助，在此表示衷心的感谢。

本书编写过程中参阅了一些兄弟院校的教材和习题指导书并吸取了部分内容，对此我们表示深深的谢意！

限于我们水平，书中不妥之处在所难免，恳请批评指正！

编者

2017年5月



<b>第一章 溶液和胶体</b> .....	<b>001</b>
内容提要 .....	001
例题 .....	003
习题 .....	006
习题参考答案 .....	008
<b>第二章 化学动力学基础</b> .....	<b>012</b>
内容提要 .....	012
例题 .....	015
习题 .....	017
习题参考答案 .....	019
<b>第三章 化学热力学基础及化学平衡</b> .....	<b>023</b>
内容提要 .....	023
例题 .....	030
习题 .....	034
习题参考答案 .....	040
<b>第四章 物质结构简介</b> .....	<b>047</b>
内容提要 .....	047
例题 .....	052
习题 .....	053
习题参考答案 .....	056
<b>第五章 元素选论</b> .....	<b>059</b>
内容提要 .....	059
例题 .....	063
习题 .....	064
习题参考答案 .....	066
<b>第六章 酸碱平衡与沉淀溶解平衡</b> .....	<b>068</b>
内容提要 .....	068
例题 .....	071
习题 .....	074
习题参考答案 .....	078

<b>第七章 配位化合物</b> .....	<b>088</b>
内容提要 .....	088
例题 .....	091
习题 .....	093
习题参考答案 .....	096
<b>第八章 电极电势与氧化还原平衡</b> .....	<b>100</b>
内容提要 .....	100
例题 .....	105
习题 .....	108
习题参考答案 .....	111
<b>第九章 分析化学概论</b> .....	<b>117</b>
内容提要 .....	117
例题 .....	120
习题 .....	121
习题参考答案 .....	125
<b>第十章 滴定分析法</b> .....	<b>131</b>
内容提要 .....	131
例题 .....	135
习题 .....	137
习题参考答案 .....	142
<b>第十一章 重量分析法</b> .....	<b>149</b>
内容提要 .....	149
例题 .....	150
习题 .....	151
习题参考答案 .....	151
<b>第十二章 紫外-可见分光光度法</b> .....	<b>154</b>
内容提要 .....	154
例题 .....	156
习题 .....	158
习题参考答案 .....	158
<b>第十三章 电势分析法</b> .....	<b>161</b>
内容提要 .....	161
例题 .....	163
习题 .....	163
习题参考答案 .....	166
<b>第十四章 分析化学中的分离方法</b> .....	<b>169</b>
内容提要 .....	169

例题	171
习题	172
习题参考答案	173
<b>综合自测练习题及参考答案</b>	<b>177</b>
综合自测练习题（Ⅰ）	177
综合自测练习题（Ⅰ）参考答案	179
综合自测练习题（Ⅱ）	181
综合自测练习题（Ⅱ）参考答案	183
综合自测练习题（Ⅲ）	185
综合自测练习题（Ⅲ）参考答案	187
综合自测练习题（Ⅳ）	189
综合自测练习题（Ⅳ）参考答案	191
综合自测练习题（Ⅴ）	194
综合自测练习题（Ⅴ）参考答案	196
综合自测练习题（Ⅵ）	198
综合自测练习题（Ⅵ）参考答案	200
<b>参考文献</b>	<b>203</b>



## 内容提要

### 一、分散系的分类及其特点

一种(或几种)物质分散在另一种物质中构成混合体系称为分散系,在分散系中,被分散了的物质称为分散质,它是不连续的;容纳分散质的物质称为分散剂,它是连续的。

按分散质粒子直径的大小,常把分散系分为三类:低分子或离子分散系(也称均相掺和物)、胶体分散系和粗分散系,见表 1-1。

表 1-1 分散系按分散质粒子直径大小的分类

分散系类型	低分子、离子分散系 (溶液)	胶体分散系 (溶胶、高分子溶液)	粗分散系 (乳浊液、悬浊液)
粒子直径	<1nm	1~100nm	>100nm
分散质	小分子或离子	大分子、分子的小聚集体	分子的大聚集体
主要特点	透明、均匀、最稳定;能透过滤纸与半透膜	透明、不均匀,较稳定;能透过滤纸但不能透过半透膜	不透明,不稳定;不能透过滤纸和半透膜

### 二、溶液浓度的表示方法

在一定量的溶液或溶剂中所含溶质的量叫溶液的浓度。用 A 表示溶剂,用 B 表示溶质,在化学上常用的浓度表示法有物质的量浓度、质量摩尔浓度、摩尔分数、质量分数等,见表 1-2。

表 1-2 溶液浓度的表示方法

浓度的类型	表达式	说 明
1. 物质的量浓度( $c_B$ )	$c_B = \frac{n_B}{V}$	式中, $n_B$ 为溶质的物质的量,单位 mol; $V$ 为溶液体积,单位 L 或 $\text{dm}^3$ 。 $c_B$ 为物质 B 的浓度,单位 $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 或 $\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ ;B 是溶质的基本单元
2. 质量摩尔浓度( $b_B$ )	$b_B = \frac{n_B}{m_A}$	式中, $n_B$ 为溶质的物质的量,单位为 mol; $m_A$ 为溶剂的质量,单位为 kg。所以,质量摩尔浓度的单位为 $\text{mol}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。由于物质的质量不受温度的影响,常用于稀溶液依数性的研究
3. 摩尔分数( $x_A$ )	$x_A = \frac{n_A}{\sum n_i}$	对于多组分系统溶液来说,某组分 A 的摩尔分数为: $x_A = \frac{n_A}{\sum n_i}$ , $n_i$ 为系统中物质 $i$ 的物质的量
4. 质量分数( $\omega_B$ )	$\omega_B = \frac{m_B}{m}$	质量分数以前常称质量百分浓度(用百分率表达则再乘以 100%)

### 三、稀溶液的依数性

稀溶液一般是指溶液的摩尔分数 $\leq 0.02$ 的溶液，相同溶剂的溶质摩尔分数相同的溶液，必定具有一系列相同的性质。即与纯溶剂比较，稀溶液的蒸气压下降、沸点升高、凝固点降低和渗透压等，这些与溶质的性质无关，只与溶液的浓度（即溶液中溶质的粒子数）有关的性质称为稀溶液的依数性，见表 1-3。

表 1-3 稀溶液的依数性

依数性	表达式	说 明
1. 溶液的蒸气压下降	$p = p^* x_A$	式中, $p^*$ 为纯溶剂的饱和蒸气压, $p$ 为溶液的蒸气压, $x_A$ 为溶剂的摩尔分数。对二组分的稀溶液, 上式又可表示为: $\Delta p = p^* - p = p^* x_B$
2. 溶液的沸点升高	$\Delta t_b = K_b b_B$	式中, $K_b$ 为溶剂摩尔沸点升高常数, 单位为 $K \cdot kg \cdot mol^{-1}$ ; $K_b$ 只取决于溶剂本身的性质, 而与溶质无关
3. 溶液的凝固点降低	$\Delta t_f = K_f b_B$	式中, $K_f$ 为摩尔凝固点下降常数, 单位为 $K \cdot kg \cdot mol^{-1}$ , $K_f$ 只取决于溶剂本身的性质, 而与溶质无关
4. 溶液的渗透压	$\Pi = c_B RT$	$\Pi$ 为溶液的渗透压; $R$ 为气体常数, 数值为 $8.314 kPa \cdot L \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$ ; $T$ 为热力学温度, 单位为 $K$ 。对于很稀的水溶液, $c_B \approx b_B$ , 因此 $\Pi = b_B RT$

稀溶液依数性定律（或称拉乌尔-范特霍夫定律）即难挥发的非电解质稀溶液的某些性质（蒸气压下降、沸点升高、凝固点降低及渗透压）与一定量的溶剂中所含溶质的物质的量成正比，而与溶质的本性无关。

值得注意的是，稀溶液依数性定律所表达的与溶液浓度的定量关系不适用于浓溶液或电解质溶液。这是因为在浓溶液中，溶液中粒子之间作用较为复杂，简单的依数性的定量关系不再适用；而相同浓度的电解质溶液在溶液中会解离产生正负离子，因此它的总的溶质的粒子数目就要多。此时稀溶液的依数性取决于溶质分子、离子的总数目，但稀溶液通性所指的定量关系不再存在。

电解质类型不同，同浓度溶液的沸点高低或渗透压大小的顺序为：

$AB_2$  ( $BaCl_2$ ) 或  $A_2B$  ( $Na_2SO_4$ ) 型强电解质溶液  $<$   $AB$  ( $NaCl$ ) 型强电解质溶液  $<$  弱电解质溶液  $<$  非电解质溶液

而蒸气压或凝固点的顺序则相反为：

非电解质溶液  $<$  弱电解质溶液  $<$   $AB$  ( $NaCl$ ) 型强电解质溶液  $<$   $AB_2$  ( $BaCl_2$ ) 或  $A_2B$  ( $Na_2SO_4$ ) 型强电解质溶液

### 四、胶体

胶体是颗粒直径为  $1 \sim 100 nm$  的分散质分散到分散剂中形成的多相系统（高分子溶液除外），称为溶胶。

#### 1. 溶胶的性质

溶胶的性质见表 1-4。

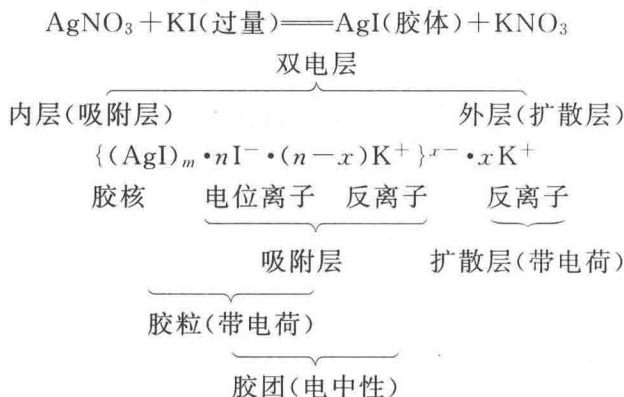
表 1-4 溶胶的性质

类型	现象	说 明
(1) 光学性质	丁达尔现象	将一束强光射入胶体溶液时, 从光束的侧面可以看到一条发亮的光柱, 这种现象是英国科学家丁达尔(J. Tyndall)在 1869 年发现的, 故称为丁达尔现象

类型	现象	说明
(2)动力学性质	布朗运动	在超显微镜下可以观察到胶体中分散质的颗粒在不断地作无规则运动,这是英国植物学家布朗(Brown)在1827年观察花粉悬浮液时首先看到的,故称这种运动为布朗运动
(3)电学性质	电泳和电渗现象	在外加电场的作用下,胶体的微粒在分散剂里向阴极(或阳极)作定向移动的现象,称为电泳。在外电场作用下胶体溶液中的液相的定向移动现象称为电渗。电泳和电渗现象统称为电动现象。电动现象说明胶体粒子是带电荷的

## 2. 胶团的结构

胶团的结构可表示如下:



胶团的结构说明见表 1-5。

表 1-5 胶团的结构说明

	说明
胶核	组成胶粒的核心部分,胶核就要优先选择吸附溶液中与其组成有关的某种离子,因而使胶核表面带电
电位离子	决定胶体带电的离子称为电位离子
反离子	带有电位离子的胶核,由于静电引力的作用,还能吸引溶液中带有相反电荷的离子,称为反离子
胶粒	由胶核和吸附层构成的部分
胶团	由胶粒和扩散层组成

## 3. 溶胶的稳定性和聚沉

(1) 溶胶的稳定性 溶胶是相当稳定的,溶胶的稳定性因素有两方面,一是动力稳定因素,另外一种为聚集稳定因素。

(2) 溶胶的聚沉 如果设法减弱或消除胶体稳定的因素,就能使胶粒聚集成较大的颗粒而沉降。这种使胶粒聚集成较大颗粒而沉降的过程叫做溶胶的聚沉。

胶体聚沉的方法一般有三种:加电解质、加入相反电荷的胶体、加热。

## 例 题

**【例 1】**将 7.00g 结晶草酸 ( $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) 溶于 93.0g 水中,所得溶液的密度为  $1.025\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ,求该溶液的:(1)物质的量浓度;(2)质量摩尔浓度;(3)溶质物质的量分数;(4)质量

分数。

已知： $M(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 126.07\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ， $M(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 90.04\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

**【分析】** 本题考察的是溶液浓度的计算公式，关键点有两个：一是计算出 7.00g 结晶草酸 ( $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) 中的草酸 ( $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ) 的质量；二是通过溶液的密度求出溶液的体积。

**【解】**

(1) 由题意知溶质的质量为：

$$m(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 7.00\text{g} \times \frac{90.04\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}}{126.07\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 5.00\text{g}$$

由题意知溶液的体积为：

$$V(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = \frac{m_{\text{溶液}}}{\rho} = \frac{7.00\text{g} + 93.0\text{g}}{1.025\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}} = 97.6\text{cm}^3$$

溶液的物质的量浓度为：

$$c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = \frac{n(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)}{V} = \frac{5.00\text{g}/90.04\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}}{97.6\text{cm}^3 \times 10^{-3}} = 0.569\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

(2) 质量摩尔浓度为：

$$b(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = \frac{n(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)}{m(\text{H}_2\text{O})} = \frac{5.00\text{g}/90.04\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}}{(93.0 + 7.00 - 5.00) \times 10^{-3}\text{kg}} = 0.584\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$$

(3) 溶质物质的量分数：

$$\begin{aligned} n(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) &= 5.00\text{g}/90.04\text{g} \cdot \text{mol}^{-1} = 0.0555\text{mol} \\ n(\text{H}_2\text{O}) &= (93.0 + 7.00 - 5.00)\text{g}/18.00\text{g} \cdot \text{mol}^{-1} = 5.28\text{mol} \\ x(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) &= \frac{n(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)}{n(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) + n(\text{H}_2\text{O})} = \frac{0.0555\text{mol}}{0.0555\text{mol} + 5.28\text{mol}} = 1.04 \times 10^{-2} \end{aligned}$$

(4) 质量分数为：

$$w(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = \frac{m(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)}{m_{\text{溶液}}} = \frac{5.00\text{g}}{(7.00 + 93.0)\text{g}} = 0.0500 = 5.00\%$$

**【例 2】** 与纯溶剂相比，溶液的蒸气压 ( )。

A. 一定降低      B. 一定升高      C. 不变      D. 不一定

**【分析】** 如果溶质是挥发性较大的化合物的溶液的蒸气压就不一定降低，所以答案是 D。

**【例 3】** 取下列物质各 2g，分别溶于 1000g 苯中，溶液的凝固点最高的是 ( )。

A.  $\text{CH}_3\text{Cl}$       B.  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$       C.  $\text{CHCl}_3$       D.  $\text{CCl}_4$

**【分析】** 物质的分子量越大，溶液的质量摩尔浓度越小，凝固点降低得小，所以答案是 D。

**【例 4】** 将 4.5g 葡萄糖溶于 100g 水中，求该葡萄糖水溶液的沸点。已知：水的沸点升高常数  $K_b = 0.512\text{K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$ ，葡萄糖的摩尔质量为  $180\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

**【分析】** 本题考察的是稀溶液依数性的计算公式，先计算出葡萄糖水溶液的质量摩尔浓度  $b_B$ ，再由公式  $\Delta t_b = K_b b_B$  计算出沸点升高值，进而求得葡萄糖水溶液的沸点。

**【解】** 葡萄糖水溶液的质量摩尔浓度为：

$$b(\text{葡萄糖}) = \frac{n(\text{葡萄糖})}{m(\text{H}_2\text{O})} = \frac{4.5\text{g}/180\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}}{100 \times 10^{-3}\text{kg}} = 0.250\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$$

葡萄糖水溶液的沸点升高值为：

$$\Delta t_b = K_b b(\text{葡萄糖}) = 0.512\text{K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1} \times 0.250\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1} = 0.13\text{K}$$

葡萄糖水溶液的沸点为： $T_b = 373.15\text{K} + 0.13\text{K} = 373.28\text{K}$

**【例 5】**为了使溶液的凝固点为  $-2.00^{\circ}\text{C}$ ，需要向 1000g 水中加入多少克尿素  $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$ ？已知：水的凝固点降低常数  $K_f = 1.86\text{K}\cdot\text{kg}\cdot\text{mol}^{-1}$ ，尿素的摩尔质量为  $60.1\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。

**【分析】**本题考察的也是稀溶液依数性的计算公式，先由公式  $\Delta t_f = K_f b_B$  计算出溶液的质量摩尔浓度  $b_B$ ，再由公式  $b_B = \frac{n_B}{m_A}$  求出物质的量  $n_B$ ，进而求尿素的质量。

**【解】**  $\Delta t_f = 273.15\text{K} - 271.15\text{K} = 2\text{K}$

由凝固点降低公式  $\Delta t_f = K_f b_B$  得：

$$b_B = \frac{\Delta t_f}{K_f} = \frac{2\text{K}}{1.86\text{K}\cdot\text{kg}\cdot\text{mol}^{-1}} = 1.08\text{mol}\cdot\text{kg}^{-1}$$

由公式  $b_B = \frac{n_B}{m_A}$  求出尿素物质的量  $n_B$ ：

$$n_B = b_B m_A = 1.08\text{mol}\cdot\text{kg}^{-1} \times 1\text{kg} = 1.08\text{mol}$$

所以尿素的质量为  $m_B = n_B M_B = 1.08\text{mol} \times 60.1\text{g}\cdot\text{mol}^{-1} = 64.9\text{g}$

**【例 6】**将 1.00g 胰岛素溶于 100g 水中，所配成的溶液在  $25^{\circ}\text{C}$  时的渗透压为  $4.32\text{kPa}$ ，求胰岛素的摩尔质量。

**【分析】**本题考察的也是稀溶液依数性的计算公式，对于很稀的水溶液， $c_B \approx b_B$ ，所以由公式  $\Pi = b_B RT$  及公式  $b_B = \frac{n_B}{m_A}$ ，而求胰岛素的摩尔质量。

**【解】**设胰岛素的摩尔质量为  $M(\text{g}\cdot\text{mol}^{-1})$

$$\begin{aligned} \Pi &= b_B RT = \frac{n_B}{m_A} RT = \frac{m_B}{M m_A} RT \\ M &= \frac{m_B}{\Pi m_A} RT = \frac{1.00\text{g} \times 8.314\text{kPa}\cdot\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1} \times 298\text{K}}{4.32\text{kPa} \times 100 \times 10^{-3}\text{L}} \\ &= 5735\text{g}\cdot\text{mol}^{-1} \end{aligned}$$

胰岛素的摩尔质量为  $5735\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。

**【例 7】**某溶胶在电渗时向正极移动，说明胶粒带（ ）电。

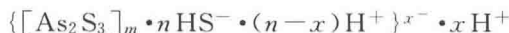
**【分析】**电渗过程中是扩散层在移动，扩散层和胶粒带相反电荷，因此溶胶电渗时向正极移动，说明扩散层带负电荷，则胶粒带正电荷。答案是正电。

**【例 8】**通  $\text{H}_2\text{S}$  气体到  $\text{As}_2\text{O}_3$  溶液中以制备  $\text{As}_2\text{S}_3$  胶体时：



溶液中过量的  $\text{H}_2\text{S}$  会电离出  $\text{H}^+$  和  $\text{HS}^-$ ，试写出  $\text{As}_2\text{S}_3$  胶团结构。

**【分析】**本题考察的是胶团结构的书写。 $\text{As}_2\text{S}_3$  固体颗粒是溶胶的胶核，根据离子选择性吸附规则，胶核优先吸附与自身有关的  $\text{HS}^-$ ， $\text{HS}^-$  成为电位离子， $\text{H}^+$  为反离子，所以胶团的结构为：



**【例 9】**将  $\text{AgNO}_3$  溶液和  $\text{KI}$  溶液混合制得  $\text{AgI}$  溶胶，测得该溶胶的聚沉值为： $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ， $140\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ ， $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ ， $6.0\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。该溶胶的胶团结构式为（ ）。

- A.  $[(\text{AgI})_m \cdot n\text{I}^- (n-x)\text{K}^+]^{x-} \cdot x\text{K}^+$       B.  $[(\text{AgI})_m \cdot n\text{I}^- (n-x)\text{NO}_3^-]^{x-} \cdot x\text{NO}_3^-$   
C.  $[(\text{AgI})_m \cdot n\text{Ag}^+ (n-x)\text{NO}_3^-]^{x+} \cdot x\text{NO}_3^-$       D.  $[(\text{AgI})_m \cdot n\text{Ag}^+ (n-x)\text{I}^-]^{x+} \cdot x\text{I}^-$

**【分析】**离子所带电荷越高，其对荷相反电荷溶胶的聚沉能力越强；聚沉值越小，表示该电解质对溶胶的聚沉能力越大。故该溶胶应为负电溶胶，答案 A 正确。答案 B 的胶团结

构式错误。

【解】答案 A。

## 习 题

### 1. 填空题

(1) 溶液的沸点升高是由于其蒸气压 ( ) 的结果。

(2) 丁达尔效应能够证明溶胶具有 ( ) 性质, 其动力学性质可以由 ( ) 实验证明, 电泳和电渗实验证明溶胶具有 ( ) 性质。

(3) 在常压下将固体 NaCl 撒在冰上, 冰将 ( )。

(4) 1mol H 所表示的基本单元是 ( ), 1mol  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , 1mol  $\frac{1}{2} \text{H}_2\text{SO}_4$  所表示的基本单元分别是 ( )、( )。

(5) ① 1mol·kg<sup>-1</sup> 的  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ; ② 1mol·kg<sup>-1</sup> 的 NaCl; ③ 1mol·kg<sup>-1</sup> 的葡萄糖 ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ); ④ 0.1mol·kg<sup>-1</sup> 的 HAc; ⑤ 0.1mol·kg<sup>-1</sup> 的 NaCl; ⑥ 0.1mol·kg<sup>-1</sup> 的  $\text{CaCl}_2$  水溶液, 其蒸气压的大小顺序为 ( ); 沸点高低顺序为 ( ); 凝固点高低顺序为 ( ); 渗透压大小顺序为 ( )。

(6) 由  $\text{AgNO}_3$  溶液和 NaBr 溶液制备 AgBr 胶体, 如果 NaBr 加过量, 回答下表中问题:

问 题	回 答
(1) 判断胶粒带正电荷还是负电荷?	
(2) 判断胶粒在电场中向阴极还是阳极移动?	
(3) 写出电位离子。	
(4) 写出反离子。	
(5) 写出胶团结构式	

(7) 将物质的量浓度相同的 60mL KI 稀溶液与 40mL  $\text{AgNO}_3$  稀溶液混合制得 AgI 溶胶, 该溶胶进行电泳时, 胶粒向 ( ) 极移动。

(8) 正溶胶  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Na}_3\text{PO}_4$ 、NaCl、 $\text{MgCl}_2$ 、 $\text{Na}_2\text{SO}_4$  中聚沉能力最大的是 ( )。

(9) 要使乙二醇水溶液的凝固点为  $-12^\circ\text{C}$ , 须向 100g 水中加入乙二醇 ( ) g。已知  $K_f(\text{H}_2\text{O})=1.86\text{K}\cdot\text{kg}\cdot\text{mol}^{-1}$ ,  $M(\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2)=62.08\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。

### 2. 选择题

(1) 等压下加热下列溶液最先沸腾的是 ( )。

A. 5%  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  溶液

B. 5%  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$  溶液

C. 5%  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  溶液

D. 5%  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$  溶液

(2) 下列溶液凝固点最低的是 ( )

A. 0.01mol·L<sup>-1</sup>  $\text{KNO}_3$

B. 0.01mol·L<sup>-1</sup>  $\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$

C. 0.01mol·L<sup>-1</sup>  $\text{BaCl}_2$

D. 0.01mol·L<sup>-1</sup>  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$

(3) 当 2mol 难挥发的非电解质溶于 3mol 溶剂时, 溶液的蒸气压与纯溶剂的蒸气压之比是 ( )。

- A. 2 : 3                      B. 3 : 2                      C. 3 : 5                      D. 5 : 3

(4) 将 0℃ 的冰放进的 0℃ 盐水中, 则 ( )。

- A. 冰-水平衡  
B. 水会结冰  
C. 冰会融化  
D. 与加入冰的量有关, 因而无法判断发生何种变化

(5) 测定分子量较大化合物的分子量的最好方法是 ( )。

- A. 凝固点下降              B. 沸点升高              C. 蒸气压下降              D. 渗透压

(6) 以下关于溶胶的叙述正确的是 ( )。

- A. 均相, 稳定, 粒子能通过半透膜  
B. 多相, 比较稳定, 粒子不能通过半透膜  
C. 均相, 比较稳定, 粒子能通过半透膜  
D. 多相, 稳定, 粒子不能通过半透膜

(7) 土壤胶粒带负电荷, 对它凝结能力最强的电解质是 ( )。

- A.  $\text{AlCl}_3$                       B.  $\text{MgCl}_2$                       C.  $\text{Na}_2\text{SO}_4$                       D.  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$

(8)  $\text{AgBr}$  溶胶在电场作用下, 向正极移动的是 ( )。

- A. 胶核                      B. 胶粒                      C. 胶团                      D. 电位离子

(9) 将浓度为  $0.006\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  的  $\text{KCl}$  水溶液和浓度为  $0.005\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  的  $\text{AgNO}_3$  水溶液等体积混合, 所得  $\text{AgCl}$  溶液胶团的结构为 ( )。

- A.  $\{(\text{AgCl})_m \cdot n\text{Cl}^- \cdot (n-x)\text{K}^+\}^{x-} \cdot x\text{K}^+$   
B.  $\{(\text{AgCl})_m \cdot n\text{Ag}^+ \cdot (n-x)\text{NO}_3^-\}^{x+} \cdot x\text{NO}_3^-$   
C.  $\{(\text{AgCl})_m \cdot n\text{NO}_3^- \cdot (n-x)\text{Ag}^+\}^{x-} \cdot x\text{Ag}^+$   
D.  $\{(\text{AgCl})_m \cdot n\text{K}^+ \cdot (n-x)\text{Cl}^-\}^{x+} \cdot x\text{Cl}^-$

(10) 胶体溶液中, 决定溶胶电性的物质是 ( )。

- A. 胶团                      B. 电位离子                      C. 反离子                      D. 胶粒

### 3. 简答题

(1) 为什么水中加入乙二醇可以防冻? 为什么氯化钙和五氧化二磷可作为干燥剂? 而食盐和冰的混合物可以作为冷冻剂?

(2) 人在河水中长时间游泳睁开眼睛会感到疼痛, 在海水里则无不适之感, 为什么?

(3) 溶胶稳定的原因是什么? 有什么方法可以使胶体粒子凝结? 为什么在江河入海口, 流水所携带的大量泥沙会在海口形成三角洲?

(4) 由  $\text{AgNO}_3$  和  $\text{KI}$  制备  $\text{AgI}$  胶体的时候, 如果  $\text{AgNO}_3$  加过量, 那么胶团结构式如何表示?

(5) 为什么施肥过多会将作物“烧死”? 为什么盐碱地上栽种植物难以生长? 试以渗透现象解释。

4. 从一瓶氯化钠溶液中取出 50g 溶液, 蒸干后得到 4.5g 热氯化钠固体, 试确定这瓶溶液中溶质的质量分数及该溶液的质量摩尔浓度。

5. 一种防冻溶液为 40g 乙二醇 ( $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ ) 与 60g 水的混合物, 计算该溶液的质量摩尔浓度及乙二醇的质量分数。

6. 已知浓  $\text{H}_2\text{SO}_4$  的质量分数为 96%, 密度为  $1.84\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ , 如何配制 500mL 物质的量浓度为  $0.20\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  的  $\text{H}_2\text{SO}_4$  溶液?

7. 计算 5% 的蔗糖 ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ) 水溶液与 5% 的葡萄糖 ( $C_6H_{12}O_6$ ) 水溶液的沸点。
8. 有一质量分数为 1.0% 的水溶液, 测得其凝固点为 273.05K, 计算溶质的分子量。
9. 在严寒的季节里, 为了防止仪器内的水结冰, 欲使其凝固点下降到  $-3.0^{\circ}C$ , 试问在 500g 水中应加甘油 ( $C_3H_8O_3$ ) 多少克?
10. 将 15.6g 苯溶于 400g 环己烷 ( $C_6H_{12}$ ) 中, 该溶液的凝固点比纯溶剂的低  $10.1^{\circ}C$ , 试求环己烷的凝固点下降常数。
11. 现有两种溶液, 一种为 3.6g 葡萄糖溶于 200g 水中; 另一种为未知物 20g 溶于 500g 水中, 这两种溶液在同一温度下结冰, 求算未知物的摩尔质量。
12. 医学上用的葡萄糖 ( $C_6H_{12}O_6$ ) 注射液是血液的等渗溶液, 测得其凝固点下降为  $0.543^{\circ}C$ 。(1) 计算葡萄糖溶液的质量分数; (2) 如果血液的温度为  $37^{\circ}C$ , 血液的渗透压是多少?
13. 在  $20^{\circ}C$  时, 将 5g 血红素溶于适量水中, 然后稀释到 500mL, 测得渗透压为 0.366kPa, 计算血红素的分子量。

## 习题参考答案

### 1. 填空题

- (1) 下降
- (2) 光学, 布朗运动, 电学
- (3) 融化
- (4) H,  $H_2SO_4$ ,  $\frac{1}{2} H_2SO_4$
- (5) ④⑤⑥③②①; ①②③⑥⑤④; ④⑤⑥③②①; ①②③⑥⑤④
- (6)

问 题	回 答
(1) 判断胶粒带正电荷还是负电荷?	负电荷
(2) 判断胶粒在电场中向阴极还是阳极移动?	阳极
(3) 写出电位离子	$Br^-$
(4) 写出反离子	$Na^+$
(5) 写出胶团结构式	$\{(AgBr)_m \cdot nBr^- \cdot (n-x)Na^+\}^{x-} \cdot xNa^+$

(7) 阳。

【分析】先通过计算, 得出 KI 过量。 $AgNO_3 + KI(过量) = AgI(胶体) + KNO_3$ , AgI 胶核优先选择吸附溶液中与其组成有关的过量的  $I^-$ , 因而使胶核表面带负电。

(8)  $Na_3PO_4$

(9) 40

### 2. 选择题

- (1) B (2) C (3) C (4) C (5) D (6) B (7) A (8) B (9) A  
(10) B

### 3. 简答题

(1) 答 乙二醇是一种无色微黏的液体, 能与水任意比例混合, 混合后的溶液蒸气压下



降，因此凝固点降低。

氯化钙和五氧化二磷可作为干燥剂，是利用了由它们形成的水溶液的蒸气压下降，所以可以吸收水分。

在冰的表面撒上食盐，盐就溶解在冰表面上少量的水中，形成溶液，此时溶液的蒸气压下降，凝固点降低，冰就要融化，吸收大量的热，故盐冰混合物的温度降低，温度可降至251K（-22℃），故可以作为冷冻剂。

(2) 答 人眼睛里有半透膜。河水是淡水。眼睛里的液体浓度高，为了保持内外渗透压平衡，眼睛会调节，这时候，水会进到眼球中，就会胀痛。而海水是咸的，与眼睛里的液体浓度差不多，就没那么多水进来了，就不胀痛了。

(3) 答 溶胶的稳定性因素有两方面：一是动力稳定因素，另外一种为聚集稳定因素。从动力学角度看，胶体粒子质量较小，其受重力的作用也较小，而且由于胶体粒子不断地在做无规则的布朗运动，克服了重力的作用从而阻止了胶粒的下沉。此外溶胶聚集稳定因素是由于胶核选择性地吸附了溶液中的离子，导致同一胶体的胶粒带有相同电荷，当带同种电荷的胶体粒子由于不停地运动而相互接近时，彼此间就会产生斥力，这种斥力将使胶体微粒很难聚集成较大的粒子而沉降，有利于溶胶的稳定；此外，电位离子与反离子在水中能吸引水分子形成水合离子，所以胶核外面就形成了一层水化层，当胶粒相互接近时，将使水化层受到挤压而变形，并有力图恢复原来形状的趋势，即水化层表现出弹性，成为胶粒接近的机械阻力。

胶体聚沉的方法一般有三种：加电解质、加入相反电荷的胶体、加热。

江河的水携带有大量的泥沙形成的胶体，在入海口处遇到了海水中大量的电解质，造成了胶体的聚沉，久而久之就形成了三角洲。

(4) 答  $\{(AgI)_m \cdot nAg^+ \cdot (n-x)NO_3^-\}^{x+} \cdot xNO_3^-$

(5) 答 当土壤中溶液浓度大于作物细胞液浓度时，细胞将向土壤渗透失水，因此，过多肥料使细胞严重失水，导致“烧死”。盐碱地土壤中溶液浓度大，导致作物细胞易渗透失水，因此，栽种植物难以生长。

$$4. \text{解 } w(\text{NaCl}) = \frac{m(\text{NaCl})}{m(\text{溶液})} = \frac{4.5\text{g}}{50\text{g}} = 0.09 = 9\%$$

$$b(\text{NaCl}) = \frac{n(\text{NaCl})}{m(\text{H}_2\text{O})} = \frac{4.5\text{g}/58.44\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}}{(50-4.5)\times 10^{-3}\text{kg}} = 1.70\text{mol}\cdot\text{kg}^{-1}$$

5. 解 乙二醇的摩尔质量为  $62.12\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。

$$b(\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2) = \frac{n(\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2)}{m(\text{H}_2\text{O})} = \frac{m(\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2)}{M(\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2)m(\text{H}_2\text{O})}$$
$$= \frac{40\text{g}}{62.12\text{g}\cdot\text{mol}^{-1} \times 60\text{g} \times 10^{-3}} = 10.73\text{mol}\cdot\text{kg}^{-1}$$

$$w(\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2) = \frac{m(\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2)}{m(\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2) + m(\text{H}_2\text{O})} = \frac{40\text{g}}{40\text{g} + 60\text{g}} = 0.4 = 40\%$$

6. 解 浓  $\text{H}_2\text{SO}_4$  的物质的量浓度为：

$$c(\text{浓 H}_2\text{SO}_4) = \frac{n(\text{浓 H}_2\text{SO}_4)}{V}$$
$$= \frac{1000\text{mL} \times 1.84\text{g}\cdot\text{mL}^{-1} \times 96\% / 98\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}}{1\text{L}}$$
$$= 18.02\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$$