



普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套参考书

无机及分析化学 学习指导(第二版)

浙江大学 编

主 编 宣贵达



高等教育出版社
Higher Education Press

普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套参考书

无机及分析化学学习指导

(第二版)

浙江大学 编

主编 宣贵达

高等教育出版社

内容提要

本书是与浙江大学编写的普通高等教育“十一五”国家级规划教材《无机及分析化学》(第二版)配套的参考书。本书以章作为基本单元,每章包括内容概要、典型例题、自测习题(附参考答案)和习题解答四个部分,书后附了六套模拟试题及答案。在修订过程中修改、补充了部分典型例题、自测习题和模拟试题,并对第二版主教材的习题做了详细解答。

本书适用于理工农医各专业开设“无机及分析化学”课程使用,也可作为相关专业研究生入学考试的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

无机及分析化学学习指导/宣贵达主编;浙江大学编.
2版. —北京:高等教育出版社,2009.8

ISBN 978-7-04-027264-2

I. 无… II. ①宣… ②浙… 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. O61 O65

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 111066 号

策划编辑	郭新华	责任编辑	刘佳	封面设计	于文燕	责任绘图	尹莉
版式设计	王莹	责任校对	胡晓琪	责任印制	朱学忠		

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 煤炭工业出版社印刷厂

购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598
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 787×1092 1/16
印 张 18
字 数 440 000

版 次 2004 年 6 月第 1 版
2009 年 8 月第 2 版
印 次 2009 年 8 月第 1 次印刷
定 价 19.70 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 27264-00

第二版前言

《无机及分析化学学习指导》(第二版)是与浙江大学编的《无机及分析化学》(第二版)配套的教学参考书。

浙江大学编写的《无机及分析化学》(第二版)是在总结了近年来课程改革和教材建设经验的基础上修订的,已于2008年6月出版。该版在保持原课程体系的基础上对教学内容进行了一定的补充、删除和重组。为配合主教材的修订,并在多方听取兄弟院校教师对教材的修改意见后,我们对《无机及分析化学学习指导》也进行了修订和完善。

本书以章作为基本单元,每章包括内容概要、典型例题、自测习题(附参考答案)和习题解答四个部分,书后附了六套模拟试题及答案。在修订过程中修改、补充了部分典型例题、自测习题和模拟试题,并对第二版主教材的章后习题做了详细解答。

本书第三、九(部分)、十、十一章由宣贵达(主编,浙江大学城市学院)编写,第一、五、八、九(部分)章由贾之慎(浙江大学)编写,第二、七章由张仕勇(浙江大学)编写,第四、六章由倪哲明(浙江工业大学)编写。全书由宣贵达负责统稿、修改和定稿。

本书在普通高等教育“十一五”国家级规划教材立项过程中得到高等教育出版社的支持和指导,在修订过程中得到了杭州市教委“无机及分析化学精品课程”建设项目和浙江大学城市学院“重点规划教材”教改项目的资助,在此表示衷心的感谢。同时,对本书选用的参考文献的作者致以诚挚的谢意。

在教材的编写和试用过程中,许多教师提出了宝贵的意见,编者在此一并表示感谢。

限于编者水平,书中仍会有疏漏甚至错误之处,恳请读者和专家批评指正。

编 者

2009年2月

第一版前言

“无机及分析化学”是为实现课程结构和教学内容整合、优化而设置的一门新课程。近年来,为适应各层次的教学需要而相继出版了多个版本的无机及分析化学教材,但是有关本课程学习指导方面的书籍还为数不多。为配合由浙江大学编、高等教育出版社出版的《无机及分析化学》教材,适应新形势下的教学要求,满足学生的学习需求,使学生能更有效地掌握课程内容,提高学习效果,特编写了这本《无机及分析化学学习指导》。

本书共分三篇。第一篇是《无机及分析化学》各章的内容提要、例题解析、自测习题及其参考答案,主要解决学生抓不住重点的问题,并通过自测习题检验学生的学习效果,提高学生的解题能力。第二篇是配合《无机及分析化学》的习题与习题解答,旨在引导学生如何审题和解题,以巩固和掌握无机及分析化学基本原理和基本知识。第三篇是六份模拟试题及参考答案,力求题目典型,覆盖面广,是本科生和考研生复习迎考的好参考。

本书层次分明,内容精炼,通用性强,适用面广,既可与浙江大学编的《无机及分析化学》配套,也可与其他同类教材配合使用,可供理工农医类专业本科生、研究生和教师使用。

本书由浙江大学宣贵达主编。参加本书编写工作的有浙江大学理学院化学系贾之慎(第一章、第五章、第八章、第十章)、张仕勇(第二章、第七章)、何巧红(第三章、第十二章),浙江大学城市学院药学系宣贵达(第九章、第十一章、其他),浙江工业大学化工与材料学院倪哲明(第四章、第六章)。张仕勇与倪哲明分别校阅了习题解答和模拟试题,全书由宣贵达负责统稿、修改和定稿。贾之慎教授对全书进行了仔细的审阅。

由于编者水平所限及时间仓促,难免存在错误、疏漏及不妥之处,恳请各位读者不吝赐教和指正。

编 者

2004年1月

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

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

目 录

第一章 物质的聚集状态	1	自测习题	124
内容概要	1	习题解答	127
典型例题	5	第七章 物质结构基础	136
自测习题	7	内容概要	136
习题解答	10	典型例题	149
第二章 化学反应的一般原理	17	自测习题	154
内容概要	17	习题解答	162
典型例题	28	第八章 配位化合物与配位滴定	177
自测习题	37	内容概要	177
习题解答	41	典型例题	184
第三章 定量分析基础	55	自测习题	187
内容概要	55	习题解答	191
典型例题	59	第九章 仪器分析法选介	199
自测习题	62	内容概要	199
习题解答	66	典型例题	207
第四章 酸碱平衡与酸碱滴定	77	自测习题	211
内容概要	77	习题解答	216
典型例题	84	第十章 元素化学	223
自测习题	87	内容概要	223
习题解答	89	典型例题	237
第五章 沉淀溶解平衡与沉淀滴定法	101	自测习题	239
内容概要	101	习题解答	243
典型例题	103	第十一章 复杂物质的分离与富集	247
自测习题	105	内容概要	247
习题解答	109	典型例题	251
第六章 氧化还原平衡与氧化还原		自测习题	252
滴定法	116	习题解答	255
内容概要	116	附录一 模拟试题	259
典型例题	121	附录二 模拟试题参考答案	277

第一章 物质的聚集状态

内 容 概 要

一、分散系

1. 系统和相

研究的对象(包括物质和空间)称为系统。系统中物理性质和化学性质完全相同并且组成均匀的部分叫做相。它可以分为气相、液相和固相,相与相之间有明显的界面。

2. 分散系的基本概念

一种(或多种)物质分散于另一种物质中所形成的系统称之为分散系。在分散系中,被分散了的物质称为分散相,而容纳分散相的物质称为分散介质。

3. 分散系的分类

分散相和分散介质可以是固体、液体或气体,故按分散相和分散介质的聚集状态分类,分散系可以有九种。按分散相粒子的大小,常把液态分散系分为三类:粗分散系($>100\text{ nm}$)、胶体分散系($1\sim100\text{ nm}$)和低分子或离子分散系($<1\text{ nm}$)。

二、气体

1. 理想气体状态方程

当压力不太高(小于 101.325 kPa)、温度不太低(大于 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$)的情况下,气体的压力、体积、温度以及物质的量之间的关系可近似地用理想气体状态方程来表示。

$$pV=nRT$$

式中: p 为气体的压力,SI 单位为 Pa ; V 为气体的体积,SI 单位为 m^3 ; n 为物质的量,SI 单位为 mol ; T 为气体的热力学温度,SI 单位为 K ; R 为摩尔气体常数, $R=8.314\text{ Pa}\cdot\text{m}^3\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}=8.314\text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ 。

2. 分压定律

在一定温度下,混合气体中任一组分气体 B 占有整个混合气体容器时所呈现的压力,称为该气体的分压力 p_B 。在一定温度下,混合气体的总压等于组成混合气体的各组分气体的分压之和,这一关系被称为分压定律。可表示为

$$p=\sum p_B$$

式中: p 为气体的总压; p_B 为组分气体 B 的分压。

混合气体组分 B 的分压等于组分 B 的摩尔分数与混合气体总压之乘积,这是分压定律的另

一种表现形式。

$$p_B = x_B p$$

在同温同压的条件下,混合气体组分 B 的分压等于组分 B 的体积分数与混合气体总压之乘积。

$$p_B = \frac{V_B}{V} p$$

三、溶液浓度的表示方法

1. 物质 B 的物质的量浓度(c_B)

物质 B 的物质的量浓度是指物质 B 的物质的量(n_B)除以混合物的体积(V),用符号 c_B 表示,即

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

常用单位为 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

2. 溶质 B 的质量摩尔浓度(b_B)

溶液中溶质 B 的物质的量除以溶剂的质量(m_A),称为溶质 B 的质量摩尔浓度。其数学表达式为

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

其 SI 单位为 $\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$,由于物质的质量不受温度的影响,所以溶液的质量摩尔浓度是一个与温度无关的物理量。

3. 物质 B 的摩尔分数(x_B)

物质 B 的物质的量与混合物的物质的量(n)之比,称为物质 B 的摩尔分数,其数学表达式为

$$x_B = \frac{n_B}{n}$$

x_B 的 SI 单位为 1。

4. 物质 B 的质量分数(w_B)

物质 B 的质量(m_B)与混合物的质量(m)之比,称为物质 B 的质量分数,其数学表达式为

$$w_B = \frac{m_B}{m}$$

w_B 的 SI 单位为 1。

四、稀溶液的通性

难挥发、非电解质稀溶液的某些性质(蒸气压下降、沸点升高、凝固点降低和渗透压)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。

1. 溶液蒸气压下降

在一定温度下,难挥发非电解质稀溶液的蒸气压的下降值(Δp)与溶质的摩尔分数(x_B)成正比,通常称这个结论为拉乌尔定律。

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

式中: p^* 为溶剂的饱和蒸气压,单位为 Pa。

2. 溶液沸点升高和凝固点降低

当液相的蒸气压等于外界压力(大气压)时,液体开始沸腾,此时液体的温度称为该液体的沸点。在一定外压下,一切纯物质的固相和液相蒸气压相等时的温度称为该物质的凝固点。

一切纯物质都有一定的沸点和凝固点。而溶液则由于蒸气压下降,其蒸气压低于外界压力,必须升高温度才能使其蒸气压达到外界压力,因此引起溶液沸点的升高。固相蒸气压随温度变化要比液相大,由于溶液的蒸气压下降,要使固相和液相蒸气压相等必须降低温度,因此引起溶液凝固点降低。

难挥发、非电解质稀溶液的沸点的升高和凝固点降低的定量关系可表示如下:

$$\Delta T_b = K_b b_B$$

$$\Delta T_f = K_f b_B$$

式中: ΔT_b 为溶液沸点的升高值, ΔT_f 为溶液凝固点降低值,单位为 K 或 $^{\circ}\text{C}$; K_b 为溶剂沸点升高常数, K_f 为溶剂凝固点降低常数,单位为 $\text{K}\cdot\text{kg}\cdot\text{mol}^{-1}$ 或 $^{\circ}\text{C}\cdot\text{kg}\cdot\text{mol}^{-1}$; b_B 为溶质的质量摩尔浓度,单位为 $\text{mol}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

3. 溶液的渗透压

物质自发地由高浓度向低浓度迁移的现象称为扩散。能有选择地允许或阻止某些粒子通过的膜称为半透膜。由某种物质粒子通过半透膜单向扩散的现象称为渗透。阻止渗透作用进行时所需加给溶液的额外压力称为渗透压。

稀溶液的渗透压可通过下式定量计算:

$$\Pi = c_B RT$$

式中: Π 是溶液的渗透压,单位为 kPa; c_B 是溶液的浓度,单位为 $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$; R 是摩尔气体常数,为 $8.314 \text{ kPa}\cdot\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$; T 是系统的温度,单位为 K。

五、电解质溶液的通性

电解质溶液,或者浓度较大的非电解质溶液也具有蒸气压下降、沸点升高、凝固点降低和渗透压等性质。但是,稀溶液所表达的这些依数性与溶液浓度的定量关系不适用于浓溶液或电解质溶液。在浓溶液中,由于溶质的粒子较多,溶质粒子之间的相互影响以及溶质粒子与溶剂之间的相互影响大大加强,使得稀溶液定律所表达的定量关系产生了偏差。在电解质溶液中,这种偏差则是由电解质的解离所引起的。

对于同浓度的各种溶液来说,其沸点高低或渗透压的大小顺序为

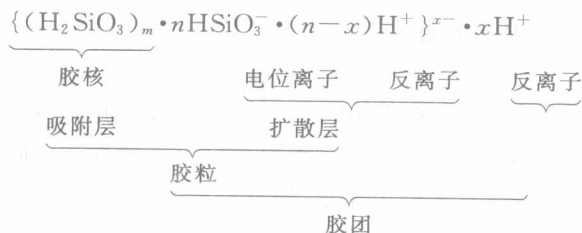
A_2B 或 AB_2 型强电解质溶液 > AB 型强电解质溶液 > 弱电解质溶液 > 非电解质溶液

蒸气压或凝固点的顺序则相反。

六、胶体溶液

1. 胶团的结构

硅胶的胶团结构式可表示如下：



胶核为了减小其表面能,就会吸附体系中的和其组成有关的其他离子,被胶核吸附的离子使胶核带电,称为电位离子。

2. 胶体溶液的性质

光学性质——丁达尔效应,这是由于溶胶粒子对光的散射作用的结果。可以通过此效应来鉴别溶液与胶体。

动力学性质——布朗运动,即胶体粒子在分散介质中的不规则运动。

电学性质——电泳,即在电场中,溶胶系统的溶胶粒子在分散介质中发生的定向迁移。可以通过溶胶粒子在电场的迁移方向来判断溶胶粒子的带电性。

3. 溶胶的聚沉

如果溶胶的动力学稳定性与聚结稳定性遭到破坏,胶粒就会因碰撞而聚结沉淀,这种胶体分散系中的分散相从分散介质中分离出来的过程称为聚沉。造成溶胶聚沉的因素很多,如溶胶本身浓度过高;溶胶被长时间的加热;以及在溶胶中加入强电解质等。对溶胶的聚沉起作用的主要是电解质中那些与胶粒所带电荷相反的离子,并且离子电荷越高,对溶胶的聚沉作用就越大。

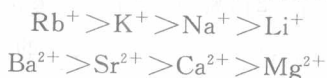
例如,使 $Fe(OH)_3$ 正溶胶聚沉的负离子的聚沉能力为



使 As_2S_3 负溶胶聚沉的正离子的聚沉能力为



对带有相同电荷的离子来说,随着离子半径的减小,其水化半径相应增加,因而离子的聚沉能力就会减弱。例如,在相同阴离子的条件下,对带负电溶胶的聚沉能力大小为



七、高分子溶液和乳状液

1. 高分子溶液

高分子化合物是指相对分子质量在 10 000 以上的有机化合物。当高分子化合物溶解在适

当的溶剂中,就形成高分子溶液。高分子溶液由于其溶质的颗粒大小与溶胶粒子相近,属于胶体分散系,所以它表现出某些溶胶的性质。

盐析 通过加入大量电解质使高分子化合物聚沉的作用称为盐析。

高分子溶液对溶胶的保护作用 在溶胶中加入适量的高分子化合物,就会提高溶胶对电解质的稳定性。

表面活性剂 凡是溶于水后能显著地降低水的表面能的物质称为表面活性剂。表面活性剂的分子是由极性基团(亲水)和非极性基团(疏水)两大部分构成。极性部分通常是一OH, —COOH, —NH₂, =NH, —NH₃⁺ 等基团构成。而非极性部分主要是由碳氢组成的长链或芳香基团所构成。由于表面活性剂特殊的分子结构,所以它具有既能进入水相,又能进入油相的能力。表面活性剂可作为乳化剂、洗涤剂 and 润湿剂等。

2. 乳状液

乳状液是分散相和分散介质均为液体的粗分散系。乳状液又可分为两大类:

一类是“油”(通常指有机物)分散在水中所形成的系统,以油/水型表示,如牛奶、豆浆、农药乳化剂等。制备油/水型乳状液需要亲水性乳化剂(钾肥皂、钠肥皂、蛋白质、动物胶等)。

另一类是水分散在“油”中形成的水/油型乳状液,例如石油。制备水/油型乳状液需要亲油性乳化剂(钙肥皂、高级醇类、高级酸类、石墨等)。

典型例题

【例 1-1】 比较下列水溶液凝固点和渗透压的大小:

0.1 mol·L⁻¹ Na₂SO₄ 溶液, 0.1 mol·L⁻¹ CH₃COOH 溶液, 0.1 mol·L⁻¹ C₆H₁₂O₆ 溶液, 0.1 mol·L⁻¹ NaCl 溶液。

解: 稀溶液通性的计算公式不适用于浓溶液和电解质溶液,但可以根据单位体积的溶液中溶质的粒子的多少来大致地判断溶液的凝固点的高低和渗透压的大小。单位体积内的粒子数则根据溶液的浓度和溶质的解离情况而定。同浓度的溶液中电解质的粒子数最多,弱电解质其次,非电解质最少。因此,

凝固点(从高到低): 0.1 mol·L⁻¹ C₆H₁₂O₆ 溶液, 0.1 mol·L⁻¹ CH₃COOH 溶液, 0.1 mol·L⁻¹ NaCl 溶液, 0.1 mol·L⁻¹ Na₂SO₄ 溶液。

渗透压(从小到大): 0.1 mol·L⁻¹ C₆H₁₂O₆ 溶液, 0.1 mol·L⁻¹ CH₃COOH 溶液, 0.1 mol·L⁻¹ NaCl 溶液, 0.1 mol·L⁻¹ Na₂SO₄ 溶液。

【例 1-2】 将 4.50 g 某化合物溶于 250 g 水中,水的沸点升高了 0.051 °C。已知该化合物的组成为:含 C 40.07%, H 6.60%, O 53.33%, $K_b(\text{水}) = 0.52 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。求该化合物的相对分子质量和分子式。

解: $\Delta T_b = K_b(\text{水}) \cdot b(\text{未知物}) = K_b(\text{水}) \cdot m(\text{未知物}) / [M(\text{未知物}) \cdot m(\text{水})]$

$$\begin{aligned} M(\text{未知物}) &= K_b(\text{水}) \cdot m(\text{未知物}) / [\Delta T_b \cdot m(\text{水})] \\ &= 0.52 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1} \times 1000 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \times 4.50 \text{ g} / (0.051 \text{ K} \times 250 \text{ g}) \\ &= 184 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{C:H:O} &= (184 \times 40.07\% / 12.011) : (184 \times 6.60\% / 1.008) : (184 \times 53.33\% / 16.00) \\ &= 6:12:6 \end{aligned}$$

所以该物质的相对分子质量是 184, 分子式是 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 。

【例 1-3】 试分别比较 MgSO_4 , $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 和 AlCl_3 三种电解质对下列两种溶胶的聚沉能力:

(1) $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{AgNO}_3$ 溶液和 $0.02 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{KCl}$ 溶液等体积混合制成 AgCl 溶胶;

(2) $0.02 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{AgNO}_3$ 溶液和 $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{KCl}$ 溶液等体积混合制成 AgCl 溶胶。

解: (1) KCl 溶液过量, AgCl 溶胶吸附 Cl^- 带负电, 正电荷起聚沉作用。因此聚沉能力从大到小的顺序为: $\text{AlCl}_3, \text{MgSO}_4, \text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 。

(2) AgNO_3 溶液过量, AgCl 溶胶吸附 Ag^+ 带正电, 负电荷起聚沉作用。因此聚沉能力从大到小的顺序为: $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6], \text{MgSO}_4, \text{AlCl}_3$ 。

【例 1-4】 配制 0.25% (质量分数) ZnSO_4 滴眼液 1000 g, 需要加入多少克 H_3BO_3 才能使溶液的渗透压与人的渗透压相等? 已知该水溶液 (滴眼液) 的凝固点降低为 0.52°C , 水的 $K_f = 1.86 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$, ZnSO_4 的摩尔质量为 $161.4 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, H_3BO_3 的摩尔质量为 $61.8 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

解: 按题意没有给出人体体液的渗透压及溶液的密度, 只能从给出的 ΔT_f 直接计算溶液浓度。

$$\Delta T_f = K_f \cdot b, 0.52^\circ\text{C} = 1.86^\circ\text{C} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot b$$

$$\text{所以 } b = 0.280 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$$

设 m 为加入 H_3BO_3 的质量

$$\begin{aligned} 1000 \text{ g 眼药水中水的质量} &= 1000 \text{ g} - 0.25\% \times 1000 \text{ g} - m \\ &= 997.5 \text{ g} - m \end{aligned}$$

$$\left(\frac{0.25\% \times 1000 \text{ g} \times 2}{161.4 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} + \frac{m}{61.8 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \right) \times \frac{1000 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}}{997.5 \text{ g} - m} = 0.280 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$$

设全部 ZnSO_4 解离为 Zn^{2+} 和 SO_4^{2-} , 而 H_3BO_3 解离度很小, 作为非电解质处理, $m = 15.1 \text{ g}$, 所以需要加入 $15.1 \text{ g H}_3\text{BO}_3$ 。

【例 1-5】 将 26.3 g CdSO_4 固体溶解在 1000 g 水中, 其凝固点比纯水降低了 0.285 K , 计算 CdSO_4 在水溶液中的解离度。(已知 H_2O 的 $K_f = 1.86 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$, 相对原子质量为 $\text{Cd}: 112.4, \text{S}: 32.06$)

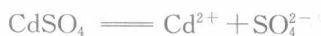
解: 本题除了考虑稀溶液的依数性外, 由于 CdSO_4 是电解质, 还要考虑其解离过程。

$$b = \frac{26.3 \text{ g} / (112.4 + 32.06 + 16.00 \times 4) \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{1 \text{ kg}} = 0.126 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$$

将 26.3 g CdSO_4 溶解在 1000 g 水中, 其质量摩尔浓度通过 $\Delta T_f = K_f \cdot b$, 求出 b 后, 再利用 b 来计算解离度。

根据凝固点降低数值 $\Delta T_f = K_f \cdot b$, 则实验所得质量摩尔浓度

$$b = 0.285 \text{ K} / 1.86 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1} = 0.153 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$$



设有 x mol CdSO_4 解离, 则

$$x + x + (0.126 - x) = 0.153$$

$$x = 0.027$$

所以, CdSO_4 的解离度为 $0.027 \text{ mol} / 0.126 \text{ mol} = 0.21$

【例 1-6】 3.50 g 溶质 B 溶于 50.0 g 水所成溶液的体积为 52.5 mL, 凝固点为 -0.86°C 。

(1) 试求 B 的质量摩尔浓度、摩尔分数和物质的量浓度;

(2) 计算 B 的相对分子质量。

解: (1) 质量摩尔浓度 $b = \Delta T_f / K_f = 0.86^\circ\text{C} / 1.86^\circ\text{C} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1} = 0.46 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$

摩尔分数 $x_B = 0.46 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1} / (0.46 + 55.5) \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1} = 0.0082$

溶液的密度为 $(50.0 \text{ g} + 3.50 \text{ g}) / 52.5 \text{ mL} = 1.02 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$

每千克水中溶质 B 为 $3.50 \text{ g} \times 1000 \text{ g} / 50.0 \text{ g} = 70.0 \text{ g}$

每千克溶液的总体积为 $(1070 \text{ g}) \times (1 \text{ mL} / 1.02 \text{ g}) = 1.05 \text{ L}$

所以, 物质的量浓度 $c_B = 0.46 \text{ mol} / 1.05 \text{ L} = 0.44 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

(2) $70.0 \text{ g} / 0.46 \text{ mol} = 152 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

B 的相对分子质量为 152。

自 测 习 题

一、是非题

1. 液体的沸点就是其蒸发和凝聚的速度相等时的温度。()
2. 质量相等的甲苯和二甲苯均匀混合时, 溶液中甲苯和二甲苯的摩尔分数都为 0.5。()
3. 电解质的聚沉值越大, 其聚沉能力也越大。()
4. 使用亲水乳化剂能形成水/油型乳状液。()
5. 土壤中的水分能传递到植物体中是因为土壤溶液的渗透压比植物细胞液的渗透压大的缘故。()
6. 系统的水溶液随着温度不断降低, 冰不断析出, 因此溶液的浓度会不断上升。()
7. 根据相的概念可知, 由液态物质组成的系统中仅存在一个相。()
8. 难挥发非电解质稀溶液的依数性不仅与溶质种类有关, 而且与溶液的浓度成正比。()
9. 溶液在达到凝固点时, 溶液中的溶质和溶剂均以固态析出, 形成冰。()
10. 纯溶剂通过半透膜向溶液渗透的压力叫渗透压。()

二、选择题

1. 将 $0.001 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaI}$ 和 $0.002 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{AgNO}_3$ 等体积混合制成溶胶, 分别用下列电解质使其聚沉, 聚沉能力最大的为()
A. Na_3PO_4 B. NaCl C. MgSO_4 D. Na_2SO_4
2. $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{KCl}$ 水溶液 100°C 时的蒸气压为()
A. 101.325 kPa B. 10.1325 kPa C. 略低于 101.325 kPa D. 略高于 101.325 kPa

3. 用亲油性乳化剂制备乳状液,得到的乳状液为()

A. 水/油型 B. 油/水型 C. 混合型

4. 下列溶液浓度相同,沸点最高的是()

A. $C_6H_{12}O_6$ B. H_3BO_3 C. KCl D. $BaCl_2$

5. 称取同样质量的两种难挥发的电解质 A 和 B,分别溶解在 1 L 水中,测得 A 溶液的凝固点比 B 溶液的凝固点低,则()

A. B 的相对分子质量小于 A 的相对分子质量

B. A 的相对分子质量和 B 的相对分子质量相同

C. B 的相对分子质量大于 A 的相对分子质量

6. 0.58%(质量分数)NaCl 溶液产生的渗透压接近于()

A. 0.58%(质量分数) $C_{12}H_{22}O_{11}$ 溶液 B. 0.58%(质量分数) $C_6H_{12}O_6$ 溶液

C. $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ $C_{12}H_{22}O_{11}$ 溶液 D. $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ $C_6H_{12}O_6$ 溶液

7. 难挥发物质的水溶液,在不断沸腾时,它的沸点是()

A. 继续升高 B. 恒定不变 C. 继续下降

8. 溶胶发生电泳时,向某一方向定向移动的是()

A. 胶核 B. 吸附层 C. 胶团 D. 胶粒

9. $b=0.01 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$ AB 水溶液的凝固点是 -0.0186°C ,水的 $K_f=1.86 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$,AB 分子的解离度是()

A. 100% B. 99% C. 1.0% D. 0%

10. 甲醛(CH_2O)溶液和葡萄糖($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$)溶液在指定温度下渗透压相等,同体积甲醛和葡萄糖两种溶液中,所含甲醛和葡萄糖质量之比是()

A. 6:1 B. 1:6 C. 1:1

三、填空题

1. 现有 100 mL 浓度为 $3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 H_2SO_4 (相对分子质量为 98) 溶液,密度 $\rho=1.18 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$,取出 10 mL 放在干燥烧杯中。烧杯中溶液的浓度 $c(\text{H}_2\text{SO}_4)=$ _____, H_2SO_4 的质量分数为 _____,烧杯中溶液含溶质的物质的量 $n(\text{H}_2\text{SO}_4)=$ _____。

2. FeCl_3 溶液滴入沸水中制得 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 溶胶,胶团结构为 _____,其中胶核是 _____,胶粒是 _____,电位离子是 _____。电泳实验时 _____ 向 _____ 极运动。

3. $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, NaCl , MgSO_4 , K_2SO_4 四种水溶液的 b_B 均为 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。蒸气压最大的为 _____,最小的为 _____。凝固点最高的为 _____,最低的为 _____。沸点最高的为 _____,最低的为 _____。

4. 溶胶粒子带电的原因是 _____ 和 _____。

5. 68%(质量分数) HNO_3 (相对分子质量为 63.01,密度 ρ 为 $1.40 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$) 水溶液,它的摩尔分数为 _____,质量摩尔浓度为 _____。

6. 为使水中带负电荷的黏土溶胶净化透明,用 KCl , MgCl_2 , MgSO_4 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 来聚沉时,效果最好的是 _____,效果最差的是 _____。

7. 按反应: $\text{Ba}(\text{SCN})_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 = 2\text{KSCN} + \text{BaSO}_4$

在 $\text{Ba}(\text{SCN})_2$ 过量的情况下制成 BaSO_4 溶胶,其胶团结构式为_____,其中胶核是_____,胶粒是_____,电位离子是_____。

8. 防止水在仪器中结冰,可加入甘油降低凝固点,若需将凝固点降至 $-2\text{ }^\circ\text{C}$,每 100 g 水中应加入甘油_____g。($M_{\text{甘油}}=92\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$,水的 $K_f=1.86\text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{kg}\cdot\text{mol}^{-1}$)

9. 乳状液有 O/W 和 W/O 两大类型,前者应使用_____乳化剂,后者应使用_____乳化剂。

四、计算题

1. 将 2.6 g 某未知物溶解于 500 g 水中,测出该溶液凝固点为 $-0.186\text{ }^\circ\text{C}$ 。已知 $K_f(\text{H}_2\text{O})=1.86\text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{kg}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。求未知物的相对分子质量。

2. 某水溶液的凝固点是 272.15 K ,试计算:

(1) 此溶液的沸点;

(2) 298.15 K 时的渗透压。

已知 $K_f(\text{H}_2\text{O})=1.86\text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{kg}\cdot\text{mol}^{-1}$, $K_b(\text{H}_2\text{O})=0.52\text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{kg}\cdot\text{mol}^{-1}$,纯水在 101.325 kPa 时的沸点是 373.15 K 。

3. 已知樟脑的 $K_f=40\text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{kg}\cdot\text{mol}^{-1}$,熔点是 $178\text{ }^\circ\text{C}$,取某有机晶体 0.014 g 与 0.20 g 樟脑熔融混合,测定其熔点为 $162\text{ }^\circ\text{C}$,求此物质的相对分子质量。

4. $0.025\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 某一元酸溶液的凝固点为 $-0.060\text{ }^\circ\text{C}$,已知 $K_f(\text{H}_2\text{O})=1.86\text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{kg}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。求此酸的 $K_a^\ominus$ 。

5. 血浆的渗透压在 $37\text{ }^\circ\text{C}$ 时为 777.0 kPa 。请问静脉注射时每升注射液中需要多少克葡萄糖才能使渗透压与之平衡?

6. 反渗透法是咸水淡化制取饮用水的一种方法,即把高于渗透压的压强加在咸水液面上在半透膜的另一侧流出饮用水。根据这一原理,在 $25\text{ }^\circ\text{C}$ 时从海水中提取饮用水需要多大的压强?(假设海水的密度为 $1.021\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$, NaCl 的质量分数为 3% , NaCl 完全解离)

7. 临床上有时利用静脉注射 H_2O_2 水溶液以提供 O_2 来挽救呼吸道疾病患者或有害气体中毒者。若每次注射 0.3% (质量分数) H_2O_2 溶液 300 g ,问 H_2O_2 完全分解相当于在 $27\text{ }^\circ\text{C}$ 和 96.3 kPa 压力下吸入多少升空气?

附自测习题答案

一、是非题

1. $\times$ 2. $\times$ 3. $\times$ 4. $\times$ 5. $\times$ 6. $\checkmark$ 7. $\times$ 8. $\times$ 9. $\times$ 10. $\times$

二、选择题

1. A 2. C 3. A 4. D 5. C 6. C 7. A 8. D 9. D 10. B

三、填空题

1. $3\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, 0.249 , 0.03 ;

2. $\{(\text{Fe}(\text{OH})_3)_m \cdot n\text{FeO}^+ \cdot (n-x)\text{Cl}^-\}^{x+} \cdot x\text{Cl}^-$, $[\text{Fe}(\text{OH})_3]_m$;
 $\{(\text{Fe}(\text{OH})_3)_m \cdot n\text{FeO}^+ \cdot (n-x)\text{Cl}^-\}^{x+}$, FeO^+ , 胶粒, 负极;

3. $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, K_2SO_4 , $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, K_2SO_4 , K_2SO_4 , $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$;

4. 解离、吸附；
5. $0.38, 33.72 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$ ；
6. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3, \text{KCl}$ ；
7. $\{(\text{BaSO}_4)_m \cdot n(\text{Ba}^{2+}) \cdot 2(n-x)\text{SCN}^-\}^{2x+} \cdot 2x\text{SCN}^-, (\text{BaSO}_4)_m, \{(\text{BaSO}_4)_m \cdot n(\text{Ba}^{2+}) \cdot 2(n-x)\text{SCN}^-\}^{2x+}, \text{Ba}^{2+}$ ；
8. 9.89 g ；
9. 亲水乳化剂, 亲油乳化剂。

四、计算题

1. $52 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
2. $373.43 \text{ K}, 1.333 \times 10^3 \text{ kPa}$
3. $175 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
4. 3×10^{-3}
5. 54.3 g
6. 2594.5 kPa
7. 1.63 L

习题解答

基本题

1-1 有一混合气体, 总压为 150 Pa , 其中 N_2 和 H_2 的体积分数分别为 0.25 和 0.75 , 求 H_2 和 N_2 的分压。

解: 根据

$$p_{\text{B}} = \frac{V_{\text{B}}}{V} p$$

$$p(\text{N}_2) = 0.25p = 0.25 \times 150 \text{ Pa} = 37.5 \text{ Pa}$$

$$p(\text{H}_2) = 0.75p = 0.75 \times 150 \text{ Pa} = 112.5 \text{ Pa}$$

1-2 液化气主要成分是甲烷。某 10.0 m^3 贮罐能贮存 -164°C 、 100 kPa 下的密度为 $415 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ 的液化气。计算此气罐容纳的液化气在 20°C 、 100 kPa 下的气体的体积。

解: 甲烷的物质的量为

$$n = 415 \times 1000 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3} \times 10.0 \text{ m}^3 / 16.04 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 259 \times 10^3 \text{ mol}$$

所以

$$\begin{aligned} V &= \frac{nRT}{p} = \frac{259 \times 10^3 \text{ mol} \times 8.314 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 293.15 \text{ K}}{100 \times 10^3 \text{ Pa}} \\ &= 6312 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

1-3 用作消毒剂的过氧化氢溶液中过氧化氢的质量分数为 0.03 , 这种水溶液的密度为