




普通高等教育农业部“十二五”规划教材
全国高等农林院校“十二五”规划教材

无机及分析化学

学习指导

王仁国 赵茂俊 主编

 中国农业出版社

普通高等教育农业部“十二五”规划教材
全国高等农林院校“十二五”规划教材

无机及分析化学学习指导

王仁国 赵茂俊 主编

常州大学图书馆
藏书章

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

无机及分析化学学习指导 / 王仁国, 赵茂俊主编.
—北京: 中国农业出版社, 2012. 8

普通高等教育农业部“十二五”规划教材 全国高等
农林院校“十二五”规划教材

ISBN 978-7-109-16835-0

I. ①无… II. ①王…②赵… 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 (2012) 第 144713 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100125)

策划编辑 曾丹霞

文字编辑 陈晓

北京通州皇家印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2012 年 8 月第 1 版 2012 年 8 月北京第 1 次印刷

开本: 787×1092mm 1/16 印张: 18

字数: 430 千字

定价: 29.50 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

内容提要

本书是与普通高等教育农业部“十二五”规划教材《无机及分析化学》(王仁国、赵茂俊主编)配套的辅助教材,目的在于帮助学生理解和掌握无机及分析化学教学大纲要求的知识和内容。本书主要包括化学基本原理、化学平衡、物质结构及定量分析等基本概念和要点,练习题与解答,书末附有5套全国硕士研究生入学统一考试农学门类联考(无机及分析化学部分)的真题、参考答案和简要点评。

本书可供高等农林院校各相关专业的学生复习、自学、考研之用,同时也可供其他院校师生参考。

编写人员

主 编 王仁国 赵茂俊

副主编 周冬香 董彦莉 代先祥

编 者 (按姓名笔画排序)

王仁国 王显祥 印家健

代先祥 刘 勇 吴明君

张 利 张云松 陈华萍

赵 颖 赵茂俊 周冬香

姜 李 崔扬健 游承干

董彦莉 甄 铎

【前言】

解答习题是学好一门课程的必要手段。纵观中外名家大师的成才之路，独立思考，精解习题，是奠定他们以后发展所依存的坚实基础的重要环节。无机及分析化学是全国高等农林院校本科生的一门重要基础课程，也是农科门类硕士研究生入学考试全国统考的科目。

为了指导学生能更准确、更深入地理解该课程中的基本概念及基本原理，使学生通过解题进一步加深和掌握教材的内容，培养学生的科学思维方法，我们组织了一批教学经验丰富、长期从事无机及分析化学教学的教师编写此书。全书共分十二章，每章按基本概念与要点、解题示例、自测题及参考答案四部分编写。第一部分归纳总结各章的主要内容和基本概念；第二部分为典型例题的详细分析及解答；第三部分为练习题及解答，题型包括选择题、填空题、计算题和简答题。各章提纲挈领，明确要点，解析难点，澄清疑点。每章末均附有巩固和加深理解学习内容的练习题，选题力求基础性、实用性、趣味性和启发性，避免偏题、怪题和繁琐的难题。本书还对出现频率较高的综合题型，设专章分门别类进行了详细的分析和讨论。此外，为了考查学生全面综合运用所学知识的能力，书末附有5套全国硕士研究生入学统一考试农学门类联考（无机及分析化学部分）的真题、参考答案和简要点评。

学生在使用本教材时，首先要注重基本概念的理解、掌握和运用。“九层之台，起于垒土，千里之行，始于足下”，要循序渐进，勿急功近利，浅尝辄止。解题时不要沉迷题海战术，务必要精益求精，独立思考，善于总结归纳，举一反三，触类旁通。有些参考答案并非解题的唯一方法，如能深入探索其他更好的解题途径，匠心独具，必能提高学习水准，达到事半功倍的效果。

参加本书编写工作的有上海水产大学周冬香，河北农业大学董彦莉，四川农业大学王仁国、赵茂俊、游承干、崔扬健、姜李、陈华萍、吴明君、张利、印家健、代先祥、张云松、刘勇、王显祥、甄铎、赵颖等，全书由王仁国、赵

茂俊、代先祥统稿。在编写过程中，四川农业大学化学系的其他同仁，化学生物学专业的研究生杨鸿玉、夏运雪等做了许多有益的工作，在此一并表示衷心的感谢！

由于编写时间仓促，编者水平有限，书中难免有挂一漏万和错误之处，敬请同行专家及广大读者批评指正。

编 者

2012年3月

[目 录]

前言

第一章 分散系	1
一、基本概念与要点	1
二、解题示例	5
三、自测题	7
四、参考答案	10
第二章 化学热力学基础	12
一、基本概念与要点	12
二、解题示例	17
三、自测题	20
四、参考答案	25
第三章 化学反应速率与化学平衡	27
一、基本概念与要点	27
二、解题示例	32
三、自测题	37
四、参考答案	45
第四章 物质结构基础	49
一、基本概念与要点	49
二、解题示例	57
三、自测题	58
四、参考答案	65
第五章 酸碱和沉淀溶解平衡	67
一、基本概念与要点	67
二、解题示例	72
三、自测题	76

四、参考答案	85
第六章 配位化合物	89
一、基本概念与要点	89
二、解题示例	91
三、自测题	95
四、参考答案	101
第七章 氧化还原反应	103
一、基本概念与要点	103
二、解题示例	106
三、自测题	109
四、计算及简答题	115
五、参考答案	116
第八章 综合平衡	120
一、解题示例	120
二、自测题	132
三、参考答案	133
第九章 分析化学概述	139
一、基本概念与要点	139
二、解题示例	141
三、自测题	143
四、参考答案	145
第十章 容量分析	148
一、基本概念与要点	148
二、解题示例	153
三、自测题	164
四、参考答案	178
第十一章 电势分析法	186
一、基本概念与要点	186
二、解题示例	188
三、自测题	189
四、参考答案	191

第十二章 吸光光度分析法	194
一、基本概念与要点	194
二、解题示例	196
三、自测题	197
四、参考答案	201
综合练习	205
农学门类研究生入学联考（无机及分析化学部分）题汇	249
主要参考文献	275

(三) 稀溶液的依数性

1. 依数性 溶液的性质只与溶液单位体积内溶质的粒子数目多少有关, 与溶质的本性无关, 如溶液的蒸气压、沸点、凝固点及渗透压等, 统称为溶液的依数性或通性。而与溶质的本性有关的溶液的性质, 如颜色、密度、导电性及酸碱性等则是溶液的另一类性质。

2. 蒸气压 (饱和蒸气压) 在一定温度下, 在一密闭容器中, 液体和它的蒸气处于平衡 (即凝结的速度和蒸发的速度相等) 时, 蒸气所具有的压力。

对于同一溶剂, 蒸气压高, 它的能量也高。

溶液的蒸气压下降: 在相同温度下, 溶液中溶剂的蒸气压总是低于纯溶剂的蒸气压, 对于非挥发性溶质, 如尿素水溶液, 溶液的蒸气压即是溶剂水的蒸气压; 对于挥发性溶质的水溶液, 如乙醚水溶液, 溶液的蒸气压为乙醚的蒸气压和水的蒸气压的总和, 此溶液的蒸气压并未下降, 但对溶剂水而言, 蒸气压仍然是下降的。因此, 溶液的蒸气压指定为溶剂时, 则总是下降的。

$$\Delta p (\text{溶液的蒸气压下降值}) = p_A^* (\text{纯溶剂的蒸气压}) - p_A (\text{溶液的蒸气压})$$

蒸气压下降的定量描述——拉乌尔定律。

(1) 拉乌尔定律: 在一定温度下, 难挥发非电解质稀溶液的蒸气压 p_A 与溶剂的物质的量分数 x_A 成正比, 比例常数为纯溶剂的蒸气压 p_A^* 。

数学表达式:
$$p_A = p_A^* x_A$$

(2) 拉乌尔定律的另一种描述: 在一定温度下, 难挥发非电解质稀溶液的蒸气压下降和溶质的物质的量分数 x_B 或质量摩尔浓度 b_B 成正比, 即

$$\Delta p = p_A^* \cdot x_B = K_{\text{蒸}} \cdot b_B$$

式中, $K_{\text{蒸}} = p_A^* M_A$; p_A^* 是纯溶剂 A 的蒸气压, kPa; M_A 是纯溶剂的摩尔质量, $\text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

同一温度, 溶剂不同, $K_{\text{蒸}}$ 不同; 同一溶剂, 温度不同, $K_{\text{蒸}}$ 也不同, 表 1-3 为不同温度下水和苯的蒸气压下降常数。

表 1-3 不同温度下水和苯的蒸气压下降常数

溶剂	温度/K	p^*/kPa	$M(\text{H}_2\text{O})/(\text{kg} \cdot \text{mol}^{-1})$	$K_{\text{蒸}}/(\text{kPa} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1})$
H ₂ O	298	3.17	0.018	0.057
H ₂ O	293	2.33	0.018	0.042
C ₆ H ₆	299	13.3	0.078	1.04

3. 沸点 液体的蒸气压等于外界压力时的温度。

4. 凝固点 液体蒸气压和固相蒸气压相等 (固液两相共存) 时的温度。

$$\Delta T_b (\text{溶液的沸点上升}) = T_b (\text{溶液的沸点}) - T_b^* (\text{纯溶剂的沸点})$$

$$\Delta T_f (\text{溶液的凝固点下降}) = T_f^* (\text{纯溶剂的凝固点}) - T_f (\text{溶液的凝固点})$$

对于难挥发的非电解质稀溶液:

$$\Delta T_b = K_b b_B$$

$$\Delta T_f = K_f b_B$$

溶液的沸点升高和凝固点降低与质量摩尔浓度 $b_B (\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1})$ 成正比, 比例常数 K_b 为沸点上升常数, K_f 为凝固点下降常数, 溶剂不同, 数值各异, 单位都为 $\text{K} \cdot \text{kg} \cdot$

$\text{mol}^{-1}(\text{°C} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1})$ 。

5. **渗透** 溶剂透过半透膜（只对溶剂有透过性的膜）而进入溶液的现象。

6. **渗透压** 阻止溶剂通过半透膜进入溶液所施加于溶液的最小的额外压力。

当温度一定时，稀溶液的渗透压（ Π ）和溶液的物质的量浓度 $c_B(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$ 成正比；当浓度不变时，稀溶液的渗透压和热力学温度成正比。

$$\Pi = c_B RT$$

稀溶液定律（依数定律）：难挥发非电解质稀溶液的性质（ Δp 、 ΔT_b 、 ΔT_f 、 Π ）与一定量溶剂（或一定体积的溶液）中溶解的溶质的物质的量成正比。其中蒸气压下降 Δp 是导致其他依数性的根本原因。

对于稀溶液 $c_B \approx b_B$

$$\frac{\Delta p}{K_{\text{蒸}}} = \frac{\Delta T_f}{K_f} = \frac{\Delta T_b}{K_b} = \frac{\Pi}{RT} = b_B$$

7. 依数性应用要点

(1) 稀溶液依数性定量计算适用范围：①一定温度；②稀溶液；③溶质难挥发的非电解质。

(2) 如果溶质是易挥发的，则溶液的蒸气压由溶剂和溶质两部分组成，溶液的蒸气压与纯溶剂相比会升高而致沸点下降。但挥发性溶质仍使溶液的凝固点下降。例如，大气中 CO_2 等空气溶解饱和的水溶液，与纯水相比，凝固点降低 0.00242°C 。

(3) 如果溶质是电解质，由于溶质分子解离产生更多的粒子，增大了对溶液依数性的影响，而且不同电解质解离的粒子数（即离子数）不同，对溶液的依数性的影响也不同。在相同条件下（浓度相同，溶剂相同），一般而言：电解质大于非电解质，如 $\text{NaCl} > \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ （葡萄糖）， $\text{HAc} > \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ；强电解质大于弱电解质，如 $\text{HCl} > \text{HAc}$ ；能解离出较多离子的电解质大于能解离出较少离子的电解质，如 $\text{Na}_2\text{SO}_4 > \text{NaCl}$ ，见表 1-4。

表 1-4 不同非电解质和电解质水溶液凝固点降低值比较

物质	非电解质水溶液		物质	电解质水溶液	
	浓度/ $(\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1})$	$\Delta T_f/\text{K}$		浓度/ $(\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1})$	$\Delta T_f/\text{K}$
甘油	0.100	0.187	(1:1)HCl	0.100	0.352
乙醇	0.100	0.183	KNO_3	0.100	0.331
葡萄糖	0.100	0.186	KCl	0.100	0.345
蔗糖	0.100	0.188			
蔗糖	0.200	0.376	(1:2) Na_2SO_4	0.100	0.434
葡萄糖	0.200	0.372	CaCl_2	0.100	0.494
葡萄糖	0.300	0.558	(2:1) NiCl_2	0.100	0.538

由表 1-4 看出，强电解质在稀溶液中虽然完全解离，但其离子带有相反的电荷，由于离子间的互吸作用以及形成离子对等因素，会减弱对溶液依数性的影响。例如，实验测得 $0.1 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ HCl 溶液的凝固点下降值为 0.352°C ，与相同浓度非电解质溶液的 $\Delta T_f(0.186 \text{°C})$ 相比，它们凝固点下降值不是两倍关系而是接近两倍。 Na_2SO_4 不是 3 倍而是近 3 倍，随着浓度的增大，离子所带的电荷增多，溶质粒子间相互作用加大，偏离越显著。因此，拉乌尔定律必须在溶质为难挥发非电解质，而溶液的浓度较小，即溶质间、溶质与溶剂间的相互作用

用可以忽略时才适用。

(4) 缔合 当溶质在溶剂中因氢键等相互作用发生缔合时, 单位体积溶剂中的粒子数会减少, 对依数性的影响也随之减小。

(5) 依数性具有加和性 无相互作用的溶质, 如葡萄糖和蔗糖的混合溶液, 它们的浓度分别为 c_1 和 c_2 , 则溶液的渗透压

$$\Pi = \Pi_1 + \Pi_2 = c_1 RT + c_2 RT = (c_1 + c_2) RT$$

(6) 固体溶液也具有依数性 含有杂质的半导体硅熔点比纯硅低, 工业上依此性质通过“区域熔炼”的手段, 可分离提纯得到纯度很高的高晶硅。

(四) 胶体溶液

1. 吸附 物质的分子或离子自发地聚集到界面的过程。

吸附遵循“相似相吸”的经验规则, 即吸附剂容易吸附与它作用力相似或组成相似的吸附质。

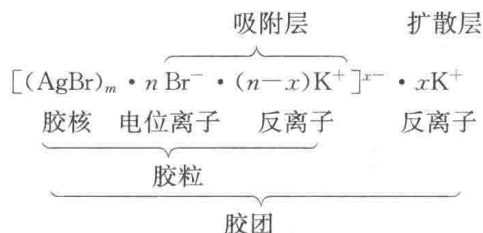
2. 溶胶

(1) 溶胶的光学性质 胶体粒子对光的散射引起丁达尔效应, 它是胶体溶液区别于真溶液、乳浊液及悬浊液的主要特征。

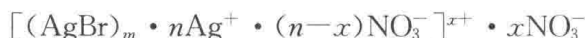
(2) 溶胶的动力学性质 溶胶中胶粒做无规则热运动, 称为布朗运动。

(3) 溶胶的电学性质 外加直流电场而产生的电动现象, 表现为电泳和电渗。电泳是固相胶粒在电场中的定向移动, 液相相对不动; 电渗则是液相定向移动而固相不动。通过电动现象可以①判断溶胶的正负; ②测定电动电位 ζ , ζ 越大, 胶粒所带的电荷越多, 溶胶越稳定。

(4) 溶胶的胶团结构 稀的 AgNO_3 和 KBr 反应, 当 KBr 略过量时, AgBr 溶胶的胶团结构式为



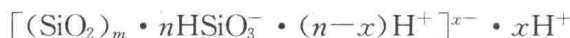
当 AgNO_3 略过量时, AgBr 胶团结构式为



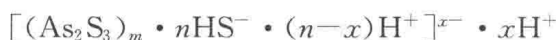
FeCl_3 在沸水中水解制备的 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 溶胶的胶团结构为



硅酸溶胶的胶团结构式为



在亚砷酸溶液中通入过量 H_2S , 制得的硫化砷溶胶的胶团结构式为



带电胶粒是电泳中的运动单元, 电中性胶团是布朗运动的单元。

溶胶的稳定性表现为①布朗运动使胶粒扩散阻止胶粒下沉; ②溶剂化膜(电位离子和反离子与极性水分子结合而水化), 膜厚且具弹性; ③胶粒带电而产生的静电排斥。胶粒带电是胶粒稳定存在的主要原因。

凝结是分散质粒子合并变大沉降的过程。促使凝结的因素有：①加入电解质；②等电量的正负溶胶的混合；③加热。三种因素中加入电解质促使溶胶凝结是研究最多也是最主要的方法。

电解质中的反离子进入吸附层中和了胶粒所带的电荷，电动电位 ζ 降低，静电排斥作用减小，使分散质粒子聚集而凝结。

凝结能力和凝结值互为相反关系，凝结能力越强，凝结值越小。凝结能力大小取决于电解质中反离子所带的电荷数，三价离子的凝结能力约是一价离子的 3^6 倍，二价离子的凝结能力约是一价离子的 2^6 倍。

(五) 乳浊液及类型

高分子溶液是真溶液，足量加入对溶胶有保护作用，少量则有敏化絮凝作用。

1. 盐析 加入大量电解质使高分子从溶剂中析出现象，与通常所述溶胶凝结的区别在于，洗去电解质后再加水，高分子又会重新溶解。盐析和溶解是可逆过程，而溶胶的凝结则一般不可逆。

2. 乳浊液 两种互不相溶液体的液液粗分散体系。

(1) 乳浊液的类型 分为 O/W 和 W/O 型。

(2) 表面活性物质 少量加入即可显著降低液体表面张力的物质。表面活性剂的结构特点是具有亲水基和亲油基。

(3) 乳浊液是热力学不稳定体系，要使它稳定存在必须有稳定剂（又称乳化剂，多为表面活性物质）。乳浊液的类型与乳化剂的亲油亲水的相对强弱有关，如亲水性强的钠皂形成 O/W，亲油性强的钙皂形成 W/O。

二、解题示例

【例 1-1】在 $20\text{ }^\circ\text{C}$ 将 7.00 g 溶质 B 溶于 100 g 水所形成的溶液的体积为 105 mL ，测得溶液的凝固点为 $-0.86\text{ }^\circ\text{C}$ 。

(1) 试求 B 的质量摩尔浓度、摩尔分数和溶质 B 的摩尔质量；

(2) 计算 B 的物质的量浓度和溶液的渗透压。

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

$$\text{摩尔分数 } x_B = \frac{0.46\text{ mol}}{0.46\text{ mol} + 1000\text{ g} / 18.02\text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = \frac{0.46\text{ mol}}{0.46\text{ mol} + 55.5\text{ mol}} = 0.0082$$

1 kg 溶剂水中含有 B 为 $7.00\text{ g} \times 1000\text{ g} / 100\text{ g} = 70.0\text{ g}$

溶质 B 的摩尔质量为 $70.0\text{ g} / 0.46\text{ mol} = 152\text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \approx 1.5 \times 10^2\text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

(2) 溶质 B 的物质的量浓度 $c_B = \frac{0.46\text{ mol}}{105\text{ mL}} \times 1000 = 0.44\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

溶液的渗透压 $\Pi = c_B RT$

$$\begin{aligned} &= 0.44\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 8.314\text{ kPa} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times (20 + 273)\text{K} \\ &= 1072\text{ kPa} \approx 1.1 \times 10^3\text{ kPa} \end{aligned}$$

本题需要指出的是，在求 ΔT_f 和 ΔT_b 时既可用热力学温度 (K) 也可用摄氏度 ($^\circ\text{C}$)，

但渗透压中的 T 必须用热力学温度。

【例 1-2】某樟脑酸酯只含有 C、H 和 O，经分析 C 和 H 的质量分数分别为 65.60% 和 9.44%，将其 0.785 g 溶解于 8.040 g 的樟脑中，测得该溶液的冰点降低 15.2 °C，试确定其摩尔质量和化学式。[$K_f(\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{O})=40 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$]

解：设该樟脑酸酯的摩尔质量为 $M_{\text{樟}}$ ，则

$$b_{\text{樟}} = \frac{0.785 \text{ g}}{M_{\text{樟}} \times 8.040 \text{ g}} \times 1000$$

将 $b_{\text{樟}} = \Delta T_f / K_f$ 代入

$$\text{得} \quad \frac{0.785 \text{ g}}{M_{\text{樟}} \times 8.040 \text{ g}} \times 1000 = 15.2 \text{ K} / 40 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$M_{\text{樟}} = \frac{0.785 \text{ g}}{(15.2 \text{ K} / 40 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}) \times 8.040 \text{ g}} \times 1000 = 257 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

依题元素分析数据得

$$\text{C: } (257 \times 65.60\%) / 12 = 14$$

$$\text{H: } (257 \times 9.44\%) / 1 = 24$$

$$\text{O: } (257 \times 24.96\%) / 16 = 4$$

溶质的化学式为 $\text{C}_{14}\text{H}_{24}\text{O}_4$ 。

【例 1-3】硝基苯 ($\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$) 和苯 (C_6H_6) 可无限混溶。二者凝固点分别为 5.7 °C 和 5.5 °C，凝固点降低常数分别为 $8.10 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$ 和 $5.12 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。二者按不同比例混合，可配得两种凝固点均为 0 °C 的溶液。试计算此二溶液中硝基苯的质量分数。

[$M(\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2)=123 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ， $M(\text{C}_6\text{H}_6)=78 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$]

解：设硝基苯 ($\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$) 在苯 (C_6H_6) 中的质量摩尔浓度为 $b_{\text{硝}}$ ，苯在硝基苯中的质量摩尔浓度为 $b_{\text{苯}}$ ，由于所得二者溶液凝固点均为 0 °C，依凝固点降低公式

$$\Delta T_{\text{硝}} = K_{\text{硝}} \cdot b_{\text{苯}} \quad 5.7 \text{ K} = 8.10 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1} b_{\text{苯}}$$

$$b_{\text{苯}} = 5.7 \text{ K} / 8.10 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1} = 0.704 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$$w(\text{C}_6\text{H}_6) = \frac{0.704 \text{ mol} \times 78 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{1000 \text{ g} + 0.704 \text{ mol} \times 78 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.052$$

$$w(\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2)_1 = 1 - 0.052 = 0.948$$

$$\Delta T_{\text{苯}} = K_{\text{苯}} \cdot b_{\text{硝}} \quad 5.5 \text{ K} = 5.12 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1} b_{\text{硝}}$$

$$b_{\text{硝}} = 5.5 \text{ K} / 5.12 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1} = 1.07 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$$w(\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2)_2 = \frac{1.07 \text{ mol} \times 123 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{1000 \text{ g} + 1.07 \text{ mol} \times 123 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.12$$

【例 1-4】可卡因是一元有机弱碱，化学式为 $\text{C}_{17}\text{H}_{21}\text{NO}_4$ ，其 $\text{pH}=8.53$ 的水溶液在 15 °C 的渗透压为 7.02 kPa，试近似计算其解离常数 K_b^\ominus 。(忽略 $\text{C}_{17}\text{H}_{21}\text{NO}_4$ 的解离)

解：由渗透压可计算可卡因的浓度 $c_{\text{可}}$

$$c_{\text{可}} = \Pi / RT = 7.02 \text{ kPa} / [8.31 \text{ kPa} \cdot \text{L} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} \times (273 + 15) \text{ K}] = 0.00293 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$\text{pOH} = 14 - 8.53 = 5.47 \quad [\text{OH}^-]_{\text{r}} = 10^{-5.47} = 3.4 \times 10^{-6}$$

依一元弱碱的近似计算式得

$$K_b^\ominus = \{[\text{OH}^-]_{\text{r}}\}^2 / c_{\text{可r}} = (3.4 \times 10^{-6})^2 / 0.00293 = 4.0 \times 10^{-9}$$

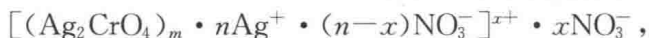
【例 1-5】下列说法正确的是 ()。

- A. 相同质量摩尔浓度的物质的水溶液，其渗透压相同
 B. 溶液的蒸气压总是比纯溶剂的蒸气压低
 C. 蒸发蔗糖水溶液时沸点恒定不变
 D. 0℃的冰加入相同温度下的盐溶液中，则冰要融化

答：D。A，未指明电解质和非电解质，电解质在水中解离后，微粒数增多，渗透压较大；B，若溶质是挥发性的则溶液的蒸气压比纯溶剂的蒸气压高；C，随水的蒸发，溶剂减少，蔗糖浓度增大，沸点会继续升高。

【例 1-6】用 AgNO_3 和 K_2CrO_4 稀溶液，制得 Ag_2CrO_4 溶胶，实验结果表明 Na_2SO_4 对溶胶的聚沉值远小于 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ，试写出溶胶的胶团结构。

解：对溶胶聚沉起决定作用的是电解质中反离子的电荷数，可忽略浓度的影响。若是负溶胶，则 Ca^{2+} 所带的正电荷大于 Na^+ ， $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 的聚沉值应小，实验表明恰好相反，说明非负即正。事实也是因为 SO_4^{2-} 所带负电荷高于 NO_3^- ，故聚沉值小，可判断为正溶胶，制备时 AgNO_3 略过量，电位离子是 Ag^+ ，也是稳定剂，胶团结构为



书写胶团结构首先确定难溶物胶核， m 是不定的聚集数，数目只要使聚集体在 1~100 nm 的范围内即可，其次根据“相似相吸”经验规则确定电位离子， n 表示吸附数， $(n-x)$ 表示吸附层中的反离子数， x 表示胶粒所带电荷数。电位离子和反离子都必须是溶胶中大量存在的离子。若电位离子是带两个电荷，如 K_2CrO_4 稍过量，则胶团结构为



随着科学技术的发展，几乎所有的难溶物都可制备为溶胶，这也是目前制备纳米材料的方法之一。另外，某些溶胶的制备中，控制制备条件，可得到正或负溶胶。例如，卤化银溶胶， BaCl_2 与 Na_2SO_4 制备 BaSO_4 溶胶，其中之一稍过量就会制备出正或负溶胶。 FeCl_3 水解可制得正溶胶，电位离子是 FeO^+ ，若加氨水控制水解的 pH，也可得到 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 负溶胶，电位离子是 OH^- 。

三、自测题

(一) 选择题

- 一蔗糖水溶液，在 101.3 kPa 下凝固点为 -0.372°C ，则沸点为 ()。(水的 $K_f=1.86 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$ ， $K_b=0.52 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$)
 - 99.896℃
 - 100.104℃
 - 101.331℃
 - 102.103℃
- 同体积的甲醛 (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，溶液中甲醛与葡萄糖的质量比为 ()。(相对原子质量 $\text{H}=1$ ， $\text{O}=16$ ， $\text{C}=12$)
 - 6:1
 - 1:6
 - 1:1
 - 1:3
- 下列质量摩尔浓度相同的稀溶液： Na_2SO_4 、 NaCl 、 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 、 HAc ，它们的凝固点依次为 T_1 、 T_2 、 T_3 和 T_4 ，下列顺序正确的是 ()。
 - $T_1 < T_2 < T_4 < T_3$
 - $T_1 < T_2 < T_3 < T_4$
 - $T_1 > T_2 > T_3 > T_4$
 - $T_4 > T_2 > T_3 > T_1$