

科学版学习指导系列·农林类

无机及分析化学

学习指导

董元彦 王 运 张方钰 主编



科学出版社

www.sciencep.com

科学版学习指导系列·农林类

无机及分析化学学习指导

董元彦 王 运 张方钰 主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是与科学出版社2005年出版的“面向21世纪课程教材”《无机及分析化学》(第二版)配套的教学辅助用书,章节顺序与该教材基本一致。内容包括各章的学习要求,内容概要,例题与习题解答,练习题及练习题答案。此外,还有若干套模拟试题,包括研究生入学考试模拟试卷。

本书可供农林院校学生学习无机及分析化学课程时参考使用,也可供其他院校的学生和教师参考。

图书在版编目(CIP)数据

无机及分析化学学习指导/董元彦,王运,张方钰主编. —北京:科学出版社,2006

(科学版学习指导系列·农林类)

ISBN 7-03-016958-1

I. 无… II. ①董…②王…③张… 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. O6

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第014955号

责任编辑:杨向萍 赵晓霞 / 责任校对:钟 洋

责任印制:张克忠 / 封面设计:槐寿明

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新蕾印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2006年3月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2006年3月第一次印刷 印张: 20 1/2

印数: 1—4 000 字数: 409 000

定价: 29.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

前 言

随着科学技术的飞速发展,学科前沿相互渗透。化学科学的基础知识和基本技能对 21 世纪农林院校的大学生是必不可少的,是大学生们的科学素质、创新精神和实践能力的重要组成部分。“无机及分析化学”是农林院校最重要的基础课程,该课程是在面向 21 世纪教学改革的进程中,由“普通化学”和“分析化学”整合而成,并在 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研究中加以修改和完善,避免了教学过程中的重复脱节现象,强化了理论与实际的结合,有利于加强对学生的素质和能力的培养。

“无机及分析化学”课程内容广泛,理论性和应用性都很强,学生在学习中普遍感到困难。针对学生的困难和课程的特点,结合教师多年的教学经验,我们为农林院校“面向 21 世纪课程教材”《无机及分析化学》(第二版)(科学出版社,2005 年)编写这本配套使用的学习指导书。

本书明确地指出了农林院校对无机及分析化学课程的学习要求,概要地归纳了各章的主要内容,解答了教材中的全部习题,并从易到难列举了各种类型的例题,还提供了多种类型的练习题。为学习方便及满足考研究生复习的需要,本书还收集、整理了若干套模拟试卷,供学生参考。《无机及分析化学》(第二版)教材中的第 12 章“现代仪器分析简介”和第 13 章“元素选述”,在教学中一般由学生自学,本书略去有关这两章的内容。

参加本书编写的有张方钰(第 1,4 章),董元彦(第 2,3, 11 章),王运(第 5,8 章),胡先文(第 6 章),刘永红(第 7 章)和张新萍(第 9,10 章)。全书由董元彦、王运、张方钰定稿。由于编者水平所限,书中不当之处在所难免,欢迎读者批评指正。

编者

2005 年 10 月于武昌狮子山

目 录

前 言

第 1 章 分散体系	(1)
1.1 学习要求	(1)
1.2 内容概要	(1)
1.3 例题与习题解答	(8)
1.4 练习题	(17)
☞ 练习题答案	(21)
第 2 章 化学热力学基础	(23)
2.1 学习要求	(23)
2.2 内容概要	(23)
2.3 例题与习题解答	(29)
2.4 练习题	(37)
☞ 练习题答案	(41)
第 3 章 化学反应速率和化学平衡	(44)
3.1 学习要求	(44)
3.2 内容概要	(44)
3.3 例题与习题解答	(49)
3.4 练习题	(58)
☞ 练习题答案	(65)
第 4 章 物质结构	(68)
4.1 学习要求	(68)
4.2 内容概要	(68)
4.3 例题与习题解答	(75)
4.4 练习题	(83)
☞ 练习题答案	(86)
第 5 章 化学分析	(88)
5.1 学习要求	(88)
5.2 内容概要	(88)
5.3 例题与习题解答	(93)
5.4 练习题	(102)

☞ 练习题答案	(107)
第 6 章 酸碱平衡和酸碱滴定法	(110)
6.1 学习要求	(110)
6.2 内容概要	(110)
6.3 例题与习题解答	(118)
6.4 练习题	(127)
☞ 练习题答案	(134)
第 7 章 沉淀溶解平衡和沉淀分析法	(138)
7.1 学习要求	(138)
7.2 内容概要	(138)
7.3 例题与习题解答	(143)
7.4 练习题	(148)
☞ 练习题答案	(152)
第 8 章 配位化合物	(155)
8.1 学习要求	(155)
8.2 内容概要	(155)
8.3 例题与习题解答	(163)
8.4 练习题	(178)
☞ 练习题答案	(185)
第 9 章 氧化还原平衡与氧化还原滴定法	(191)
9.1 学习要求	(191)
9.2 内容概要	(191)
9.3 例题与习题解答	(199)
9.4 练习题	(217)
☞ 练习题答案	(225)
第 10 章 电势分析法	(229)
10.1 学习要求	(229)
10.2 内容概要	(229)
10.3 例题与习题解答	(233)
10.4 练习题	(237)
☞ 练习题答案	(240)
第 11 章 吸光光度法	(243)
11.1 学习要求	(243)
11.2 内容概要	(243)
11.3 例题与习题解答	(246)

11.4 练习题·····	(251)
☞ 练习题答案·····	(254)
模拟试卷 I ·····	(256)
模拟试卷 II ·····	(260)
模拟试卷 III ·····	(264)
模拟试卷 IV ·····	(270)
模拟试卷 V ·····	(276)
参考答案·····	(279)
研究生入学模拟试卷 I ·····	(288)
研究生入学模拟试卷 II ·····	(292)
研究生入学模拟试卷 III ·····	(296)
研究生入学模拟试卷 IV ·····	(301)
研究生入学模拟试卷 V ·····	(306)
参考答案·····	(310)

第 1 章 分散体系

1.1 学习要求

1. 了解分散体系的分类;
2. 掌握溶液浓度的定义及其相互换算;
3. 掌握稀溶液的依数性及其计算;
4. 掌握胶体的特性及胶团结构式的书写;
5. 掌握溶液的稳定性与凝结。

1.2 内容概要

1.2.1 分散体系

1. 分散系

由一种或几种物质分散在另一种物质中所构成的体系,称为分散体系,简称分散系(dispersion system)。其中,被分散的物质称为分散质(dispersion phase)或分散相;起分散作用的物质称为分散剂(dispersion medium)或分散介质。

2. 分散系的分类

按分散质粒子直径的大小,常把液态分散系分为三类:

(1) 分子或离子分散系

分散质粒子的平均直径小于 1nm,分散程度达到分子或离子大小的单相状态,习惯称为真溶液。

(2) 胶体分散系

分散质粒子的平均直径介于 1~100nm 之间,分散质常为分子(离子)的聚集体。习惯把大分子质点分散于液体介质中的胶体(colloid)称为高分子溶液;固体质点分散于液体介质中的胶体称为溶胶(sol)。

(3) 粗分散系

分散质粒子的平均直径大于 100nm,分散质常为分子的大聚集体,如乳浊液和悬浊液。

1.2.2 溶液

1. 溶液

分散质以小分子、离子或原子为质点均匀地分散在分散剂中所形成的分散系,称为溶液(solution)。

2. 物质的量及其单位

(1) 物质的量(amount of substance)

用来表示微观基本单元 B 的数量的物理量,符号用 n 表示。

(2) 单位

物质的量的单位为摩尔(mol)。摩尔的定义包含两点:

① 摩尔是一系统的物质的量,该系统中所包含的基本单元与 0.012kg 碳-12 的原子数目相等。

② 使用摩尔时,必须注明基本单元,它可以是分子、原子、离子、电子,也可以是这些离子的特定组合,还可以是某一特定的过程或反应。

(3) 摩尔质量

1mol 物质的质量,称为摩尔质量,用符号 $M(B)$ 表示。

$$M(B) = \frac{m(B)}{n(B)}$$

单位: $\text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$, 常用 $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 表示。

任何基本单元的摩尔质量,当单位为 $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 时,其数值等于相对原子质量或相对分子质量。

3. 浓度的表示方法

(1) 物质的量浓度

溶液中溶质(solute)B 的物质的量除以混合物的体积(volume)。

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

单位: $\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ 或 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

(2) 质量摩尔浓度

溶液中溶质 B 的物质的量除以溶剂(solvent)的质量(mass)。

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

单位: $\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

因 $b(B)$ 数值不随温度变化,所以稀水溶液的 $b(B) \approx c(B)$ 。

(3) 摩尔分数

溶液中溶质 B 的物质的量与混合物(mixture)的物质的量之比,称为组分 B 的摩尔分数(mole fraction substance),用“ $x(B)$ ”表示,其量纲为 1。

若溶液为 A、B 两种组分,有

$$x(A) = \frac{n(A)}{n(A) + n(B)} \quad x(B) = \frac{n(B)}{n(A) + n(B)}$$

则

$$x(A) + x(B) = 1$$

若溶液为多种组分, $\sum x_i = 1$ 。

(4) 质量分数

溶质 B 的质量占溶液质量的分数,称为质量分数,用符号 $w(B)$ 表示。

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

$w(B)$ 的量纲为 1(也可以用百分数表示)。

(5) 几种浓度之间的换算

① 物质的量浓度与质量分数

$$c(B) = \frac{n(B)}{V} = \frac{m(B)}{M(B)V} = \frac{m(B)}{M(B)m/\rho} = \frac{\rho m(B)}{M(B)m} = \frac{w(B)\rho}{M(B)}$$

② 物质的量浓度与质量摩尔浓度

$$c(B) = \frac{n(B)}{V} = \frac{n(B)}{m/\rho} = \frac{n(B)\rho}{m}$$

对于稀溶液,当 $m \approx m(A)$ 时,则

$$c(B) = \frac{n(B)\rho}{m} = \frac{n(B)\rho}{m(A)} = b(B) \cdot \rho$$

1.2.3 稀溶液的依数性

只与粒子的数目有关,而与粒子的性质、大小无关的性质,称为依数性(colligative properties),如蒸气压下降(vapor pressure lowering)、沸点升高(boiling point elevation)、凝固点下降(freezing point lowering)和渗透压(osmotic pressure)等。

1. 溶液的蒸气压下降

(1) 蒸气压

在一定温度下,液体蒸发(evaporation)的速度和凝聚(coagulation)的速度相等时,液体上方的蒸气所具有的压力,称为该温度下液体的饱和蒸气压(saturated vapor pressure),简称蒸气压(vapor pressure)。不同物质的蒸气压(在同一温度时)是不同的。一般液体的蒸气压较大,固体物质也有蒸气压,但数值较小。蒸气压受温

度影响较大,温度升高,蒸气压增大。

常温下,蒸气压小的物质,称为难挥发物质(如甘油、硫酸等);蒸气压较大的物质,称为易挥发物质。

在同一温度下,纯溶剂的蒸气压 p^* 与溶液的蒸气压 p 之差,称为溶液的蒸气压下降。

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

难挥发、非电解质稀溶液的蒸气压下降与溶质的摩尔分数成正比,与溶质的本性无关,这一定量关系称为 Raoult(拉乌尔)定律,即

$$\Delta p = p^* \cdot x(\text{B})$$

在一定温度下,溶剂为水时,稀溶液的蒸气压下降与溶质的质量摩尔浓度 $b(\text{B})$ 成正比,即

$$\Delta p = \frac{p^*}{55.5} b(\text{B}) = K \cdot b(\text{B})$$

(2) 溶液蒸气压下降的原因

溶液的蒸气压实际上是指溶液中溶剂的蒸气压(因为溶质是难挥发的)。溶液蒸气压下降的原因有:

- ① 溶液表面溶剂的分子数目减少;
- ② 形成溶剂化分子。

2. 溶液的沸点升高和凝固点下降

(1) 沸点和溶液的沸点升高

液体的蒸气压等于外界大气压时液体沸腾的温度称为沸点(boiling point)。在 101.325kPa 压力下液体的沸点称为正常沸点(normal boiling point),如水的正常沸点为 100℃。在 100kPa 压力下的沸点称为标准沸点,水的标准沸点为 99.67℃。

不同的物质,沸点不同;同一物质,外压不同时,沸点也不一样,外压减小,沸点降低。

溶液的沸点升高是指溶液的沸点与纯溶剂的沸点之差,即

$$\Delta T_b = T_b - T_b^*$$

(2) 凝固点和溶液的凝固点下降

物质的固相蒸气压等于液相蒸气压时的温度称为该物质的凝固点(freezing point)。溶液的凝固点下降是纯溶剂的凝固点与溶液凝固点之差,即

$$\Delta T_f = T_f^* - T_f$$

显然,拉乌尔定律又可以表述为:难挥发非电解质稀溶液的沸点升高、凝固点下降也近似地与溶质的质量摩尔浓度成正比,而与溶质的本性无关。

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

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

K_b 为溶剂的摩尔沸点升高常数, K_f 为溶剂的摩尔凝固点下降常数。

(3) 溶液的沸点升高和凝固点下降的原因是溶液的蒸气压下降。

3. 溶液的渗透压

(1) 渗透作用

溶剂通过半透膜(semi-permeable membrane)进入溶液的单向扩散过程, 称为渗透作用(osmosis)。

产生渗透作用必须满足两个条件:

- ① 有半透膜存在;
- ② 半透膜两边存在浓度差。

(2) 渗透压

渗透压(osmotic pressure)是阻止渗透作用而施加于溶液的最小压力;若半透膜两侧溶液的浓度相等, 称为等渗溶液(isotonic solution);若半透膜两侧渗透压不等, 则渗透压高的称为高渗溶液, 渗透压低的称为低渗溶液。

产生渗透压的原因: 由于溶液的蒸气压比溶剂的蒸气压小, van't Hoff(范特霍夫)根据实验总结出稀溶液的渗透压与浓度和温度的关系为

$$\pi V = nRT$$

$$\pi = \frac{n}{V}RT = c(B)RT \quad \text{或} \quad \pi = b(B)RT$$

1.2.4 电解质溶液

1. 电解质溶液

(1) 强电解质和弱电解质

凡是在水溶液中全部以离子形式存在的物质, 称为强电解质(strong electrolyte); 凡是在水溶液中部分以离子形式存在的物质, 称为弱电解质(weak electrolyte)。

(2) 离解度

弱电解质在水溶液中已离解的部分与其总量之比, 称为离解度(degree of ionization), 用 α 表示。

$$\alpha = \frac{\text{已离解的电解质分子数}}{\text{电解质的分子总数}} \times 100\%$$

2. 电解质稀溶液的依数性

电解质溶液也有蒸气压下降,沸点升高,凝固点下降及渗透压等现象,但稀溶液定律所表达的这些依数性与溶液浓度的定量关系不适用浓溶液和电解质溶液。

3. 活度和活度系数

(1) 活度

电解质溶液中离子的有效浓度,称为活度(activity)。

$$a = \gamma \cdot \frac{c}{c^\ominus} \quad \text{或} \quad a = \gamma \cdot \frac{b}{b^\ominus}$$

(2) 活度系数

实际测量值与理论值之比,称为活度系数(activity coefficient)。

$$\gamma = \frac{a}{c/c^\ominus} \quad \text{或} \quad \gamma = \frac{a}{b/b^\ominus}$$

4. 离子强度

活度系数的大小与离子的强度有关,离子的强度主要决定离子的浓度和该离子所带的电荷数。

$$I = \frac{1}{2} \sum c(B) Z^2(B)$$

离子平均活度系数可通过 Debye-Hückel 极限公式计算

$$\lg \gamma_{\pm} = -A |Z_+ \cdot Z_-| \sqrt{I}$$

此公式只适用于强电解质单价离子的稀溶液。

对于弱电解质稀溶液和难溶电解质溶液,当 $I \rightarrow 0$ 时, $\gamma \rightarrow 1$, a 可用 c 代替。

1.2.5 胶体溶液

胶体溶液(colloid)是分散质颗粒大小在 $1 \sim 100\text{nm}$ 的分散系,是高度分散的多相体系,具有一系列特殊的性质。

1. 分散度和比表面

分散质的分散程度,称为分散度(dispersion degree)。分散度的大小常用比表面(specific surface)表示,比表面是单位体积所具有的表面积。

$$S_0(\text{比表面}) = \frac{A(\text{总表面积})}{V(\text{总体积})}$$

2. 表面能和表面吸附

物质的表面分子的能量比内部分子的能量高,高出的这部分能量称为表面能(surface energy)。体系的分散度越大,表面积越大,表面能也越大,因而容易产生表面吸附。

一种物质的微粒(如分子、原子、离子等)自动聚集到另一种物质表面上的过程,称为吸附(adsorption),其中具有吸附能力的物质称为吸附剂(sorbent),被吸附的物质称为吸附质(adsorbate)。

胶体粒子的吸附分为分子吸附和离子吸附。

(1) 分子吸附

固体吸附剂在非电解质或弱电解质水溶液中对分子的吸附,一般遵循“相似相吸”规律,即极性吸附剂吸附极性分子,非极性吸附剂吸附非极性分子。

(2) 离子吸附

固体吸附剂在强电解质水溶液中对离子的吸附。离子吸附又分为离子选择吸附和离子交换吸附。

固体吸附剂从电解质溶液中选择性地吸附某种离子,称为离子选择吸附,其原则是“优先吸附与吸附剂组成有关的离子”。

固体吸附剂从电解质溶液中吸附某种离子的同时,等量置换已被吸附的同号离子的过程,称为离子交换吸附。

3. 溶胶的性质

(1) 光学性质——Tyndall 效应

在强光照射的垂直方向上的光路中可看到一条光锥的现象(溶胶粒子对光散射的结果)。

(2) 动力学性质——Brown 运动

溶胶粒子在溶胶中的无规则运动(溶胶粒子本身的热运动和溶剂分子撞击所致)。

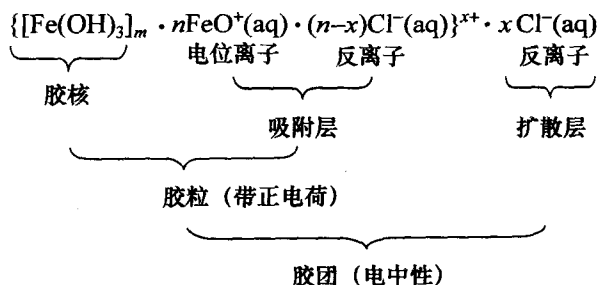
(3) 电学性质——电泳(electrophoresis)

在外电场作用下,分散质在分散剂中定向移动的现象。

电渗(electro-osmosis):在外电场作用下,固相不动,分散剂定向移动的现象。电泳和电渗现象统称为电动现象(electrokinetic phenomenon)。

4. 胶团结构

溶胶具有双电层结构。如氢氧化铁溶胶的胶团结构式为



5. 溶胶的稳定性和凝结

(1) 溶胶的稳定性

溶胶虽属热力学不稳定体系,但由于双电层结构的存在使胶粒带电,一方面同种电荷之间相互排斥,另一方面胶粒的溶剂化膜的保护作用,阻止了胶粒间的直接接触,保持了溶胶的稳定性。双电层越厚,溶剂化膜越厚,胶团越稳定。

(2) 溶胶的凝结

电解质可使溶胶发生凝结(coagulation),与胶粒带相反电荷的离子进入吸附层,会减少胶粒的带电量,使扩散层变薄,溶胶发生凝结。反离子的价数增高,凝聚能力将显著增强,电解质的凝结值明显减小。此外,将两种异号电荷的溶胶混合或适当加热也会减弱离子的吸附作用和水化程度,促使溶胶凝结,如果加入适当的高分子化合物或表面活性物质,可以保护胶体,使之稳定。

6. 表面活性物质和乳浊液

凡是溶于水后能显著降低水的表面能的物质称为表面活性物质(surface active substance),或表面活性剂。表面活性物质可以在水油界面(或水表面)形成一层定向排列的单分子膜,从而降低水的表面能。

乳浊液(emulsion)属于粗分散体系,但它必须有乳化剂(emulsifying agent)存在才能形成稳定的分散系。乳浊液有两类,即O/W型和W/O型。常用的乳化剂是一些表面活性物质,它在液滴表面形成具有一定机械强度的保护膜,降低液滴的比表面能,使乳浊液稳定存在,如许多农药就是一种O/W的乳浊液。

1.3 例题与习题解答

1.3.1 例题

【例题 1-1】 将 7.00g 草酸($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)溶于 93.0g 水,所得溶液的密度为 $1.025\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 。求该溶液的:(1)质量分数;(2)物质的量浓度;(3)质量摩尔浓

度;(4)摩尔分数。

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

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

$$w(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = \frac{m(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)}{m_{\text{溶液}}} = \frac{5.00}{7.00 + 93.0} = 0.05$$

$$(2) \quad n(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = \frac{m(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)}{M(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)} = \frac{5.00}{90.04} = 0.0555(\text{mol})$$

$$c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = \frac{n(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)}{V} = \frac{0.0555}{97.6 \times 10^{-3}} = 0.569(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$$

$$(3) \quad b(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = \frac{n(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)}{m(\text{H}_2\text{O})} = \frac{0.0555}{(93.0 + 7.00 - 5.00) \times 10^{-3}} \\ = 0.584(\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1})$$

$$(4) \quad n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O})} = \frac{93.0 + 2.00}{18.0} = 5.28(\text{mol})$$

$$x(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = \frac{n(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)}{n(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) + n(\text{H}_2\text{O})} = \frac{0.0555}{0.0555 + 5.28} = 1.04 \times 10^{-2}$$

【例题 1-2】 已知浓硫酸的密度 ρ 为 $1.84 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$, 硫酸质量分数为 96.0%, 如何配制 500mL $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.10 \text{ mol} \cdot \text{mL}^{-1}$ 的 H_2SO_4 溶液?

解 根据 $c(\text{B}) = \frac{n(\text{B})}{V} = \frac{m(\text{B})}{M(\text{B})V} = \frac{m(\text{B})}{M(\text{B})m/\rho} = \frac{\rho m(\text{B})}{M(\text{B})m} = \frac{w(\text{B})\rho}{M(\text{B})}$, 有

$$c(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{w(\text{H}_2\text{SO}_4)\rho}{M(\text{H}_2\text{SO}_4)} = \frac{0.96 \times 1.84 \times 1000}{98.0} = 18.0(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$$

根据 $c(\text{A})V(\text{A}) = c(\text{B})V(\text{B})$

$$V(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{0.10 \times 0.500}{18} = 0.0028(\text{L}) = 2.8(\text{mL})$$

所以需要取 2.8mL 浓硫酸, 将浓硫酸慢慢加入 400mL 左右的蒸馏水中, 然后稀释至 500mL。

【例题 1-3】 某水溶液含有难挥发性溶质, 在 271.7K 时凝固, 求: (1) 该溶液的正常沸点; (2) 在 298.15K 时的蒸气压 (该温度时纯水的蒸气压为 3.18kPa) (3) 298.15K 时的渗透压 (假定溶液是理想溶液)。

解 (1) $\Delta T_b = K_b \cdot b(\text{B})$, $\Delta T_f = K_f \cdot b(\text{B})$, 则

$$\Delta T_b = K_b \cdot \frac{\Delta T_f}{K_f}$$

溶液的正常沸点为

$$\begin{aligned} T_b &= 373.15 + \Delta T_b = 373.15 + \frac{K_b \cdot \Delta T_f}{K_f} \\ &= 373.15 + \frac{0.52 \times 1.45}{1.86} \\ &= 373.56(\text{K}) \end{aligned}$$

$$(2) \quad b(\text{B}) = \frac{\Delta T_f}{K_f} = \frac{1.45}{1.86} = 0.780(\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1})$$

$$\begin{aligned} p &= p^* - \Delta p = p^* - [p^* \cdot x(\text{B})] = p^* [1 - x(\text{B})] \\ &= p^* \left[1 - \frac{n(\text{B})}{n(\text{B}) + n(\text{A})} \right] = p^* \left[1 - \frac{\frac{n(\text{B})}{m(\text{A})}}{\frac{n(\text{B})}{m(\text{A})} + \frac{n(\text{A})}{m(\text{A})}} \right] \\ &= p^* \left[1 - \frac{b(\text{B})}{b(\text{B}) + \frac{1}{M(\text{A})}} \right] = p^* \left[1 - \frac{b(\text{B}) \cdot M(\text{A})}{1 + b(\text{B}) \cdot M(\text{A})} \right] \\ &= 3.18 \times \left(1 - \frac{0.780 \times 0.0180}{1 + 0.780 \times 0.0180} \right) \\ &= 3.14(\text{kPa}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (3) \quad \pi &= c(\text{B})RT \approx b(\text{B})RT \\ &= 1 \times 0.780 \times 8.314 \times 298.15 \\ &= 2.00 \times 10^3(\text{kPa}) \end{aligned}$$

【例题 1-4】将 2.50g 蔗糖($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$)溶解在 251.3g 水中;将 5.20g 未知物溶解在 100g 水中,两溶液在同一温度开始结冰,求未知物的摩尔质量。

解 已知 $M(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = 342\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$, 根据

$$\Delta T_f = K_f \cdot b(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = K_f \cdot \frac{m(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11})}{M(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) \cdot m(\text{H}_2\text{O})} \times 1000$$

则

$$\begin{aligned} \Delta T_f &= K_f \times \frac{2.50}{342 \times 253.1} \times 1000 \\ \Delta T_f(\text{未知物}) &= K_f \cdot \frac{m(\text{未知物})}{M(\text{未知物}) \cdot m(\text{H}_2\text{O})} \times 1000 = K_f \times \frac{5.20}{M(\text{未知物}) \times 1000} \times 1000 \end{aligned}$$

因为 $\Delta T_f(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = \Delta T_f(\text{未知物})$, K_f 相等, 所以

$$\begin{aligned} \frac{2.50}{342 \times 253.1} &= \frac{5.20}{M(\text{未知物}) \times 1000} \\ M(\text{未知物}) &= 342(\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}) \end{aligned}$$