



普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套教材

全国高等学校医学规划教材配套用书

(供临床·基础·检验·预防·护理·口腔·药学·临床药学·中药学·医药营销等专业用)

基础化学 学习指导与习题解析

第3版

主编 胡 琴 祁嘉义

高等教育出版社



普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套教材

全国高等学校医学规划教材配套用书

(供临床·基础·检验·预防·护理·口腔·药学·临床药学·中药学·医药营销等专业用)

基础化学 学习指导与习题解析

Jichu Huaxue Xuexi Zhidao yu Xiti Jiexi

第3版

主 编 胡 琴 祁嘉义

副主编 廖力夫 林 丽

编 者(以编写章节先后为序)

祁嘉义(南京医科大学)

林 丽(温州医科大学)

胡 琴(南京医科大学)

赵 光(首都医科大学)

于 丽(天津医科大学)

邓克敏(上海交通大学)

廖力夫(南华大学)

李发胜(大连医科大学)

程向晖(包头医学院)

李柏林(中国医科大学)

于素华(扬州大学)

沈雪松(桂林医学院)

周 萍(南京医科大学)

仇佩虹(温州医科大学)

周 丹(海南医学院)

高等教育出版社·北京

内容简介

《基础化学学习指导与习题解析(第3版)》是普通高等教育“十一五”国家级规划教材《基础化学(第3版)》的配套用书,对《基础化学》各章内容从知识要点、内容提要、例题解析、思考题和练习题解析、自我检测题五个方面进行辅导,并附有名校试卷。

本书旨在帮助医学类专业和医学相关专业学生掌握基础化学的重点,提高分析和解题能力。教材的思考题和练习题、自我检测题及名校试卷均有参考答案,有助于学生检测自己对于化学的基本理论、基础知识掌握的程度,明晰解题思路。

本书使用对象为高等学校医学类专业和医学相关专业学生,同时适用于高等学校基础化学教师、实验准备室人员作为参考资料,也可作为医务工作人员知识更新、继续教育的辅助工具书。

图书在版编目(CIP)数据

基础化学学习指导与习题解析 / 胡琴, 祁嘉义主编.
— 3版. — 北京: 高等教育出版社, 2014.9
ISBN 978-7-04-040310-7

I. ①基… II. ①胡… ②祁… III. ①化学-高等学校-教学参考资料 IV. ①06

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 181573 号

策划编辑 瞿德斌 责任编辑 瞿德斌 封面设计 张楠 责任印制 尤静

出版发行	高等教育出版社	网 址	http://www.hep.edu.cn
社 址	北京市西城区德外大街4号		http://www.hep.com.cn
邮政编码	100120	网上订购	http://www.landraco.com
印 刷	北京宏信印刷厂		http://www.landraco.com.cn
开 本	787mm×1092mm 1/16	版 次	2004年7月第1版
印 张	18.5		2014年9月第3版
字 数	460千字	印 次	2014年9月第2次印刷
购书热线	010-58581118	定 价	32.60元
咨询电话	400-810-0598		

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 40310-00

数字课程 (基础版)

基础化学

(第3版)

主编 胡琴 祁嘉义

登录方法:

1. 访问<http://abook.hep.com.cn/40023>
2. 输入数字课程用户名 (见封底明码)、密码
3. 点击“进入课程”

账号自登录之日起一年内有效, 过期作废
使用本账号如有任何问题

请发邮件至: medicine@pub.hep.cn



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

基础化学 (第3版)

主编 胡琴 祁嘉义

用户名 密码 验证码 [进入课程](#)

内容介绍

纸质教材

版权信息

联系方式

本数字课程是《基础化学(第3版)》纸质教材的配套资源, 是利用数字化技术整合优质教学资源的出版形式, 为学生的学习和拓展知识提供必要的参考资料。为读者提供阅读资料、教学视频、中英文小结、教学PPT、试卷库等, 供读者完善学习内容。

相关教材



基础化学学习指导与习题解析 (第3版)
胡琴 祁嘉义



医用有机化学 (第3版)
唐玉海



医用物理学 (第3版)
洪洋

高等教育出版社

<http://abook.hep.com.cn/40023>

前 言

“基础化学”是医学各类专业学生进入大学第一学年就学习的一门极其重要的必修课。在从原子和分子出发来探索生命奥秘、用化学规律来解释医学的今天,基础化学的重要性尤为突出。学好基础化学将为学生的后续课程——有机化学、生物化学及医学课程的学习打下坚实的化学基础。

但要学好基础化学,并非易事。基础化学的内容涵盖面宽,由无机化学、物理化学、分析化学的基本理论和基础知识组成,知识点多,要记要背的概念、公式多。和中学相比,大学教学进度快,每堂课授课的内容多,第二堂课又教授大量的新内容,学生往往不适应,对于每章的重点抓不住、难点吃不透、习题不会解。《基础化学学习指导与习题解析(第2版)》以解决这个问题为目的,受到广大学生的欢迎。

《基础化学学习指导与习题解析(第3版)》组织了全国多所高校的资深化学教师和学科带头人,对第2版去粗取精、削枝强干,帮助一年级的医学生尽快适应大学的化学教学,明确教学大纲的“掌握、熟悉、了解”三级“教学要求”,通过“内容提要”强化重点、钻透难点,并通过“例题解析”、“思考题和练习题解析”讲解解题的思路和技巧。通过“自我检测题”,使学生发现差距,总结经验,改进方法,提高学习效率,增强独立思考和解决问题的能力,牢固掌握“基础化学”的基础理论和知识,顺利完成本门课程的学业。

本书充分学习国内外同类教材的长处,以提高学生解题能力作为学好基础化学的突破口。对于例题、习题,不是简单地写出答案,而是进行分析,写出思路,在解题过程中,不仅写出公式和过程,而且尽可能进行详细运算,使学生不但知其然,更要知其所以然,这是本书的主要特点。

参与编写的教师按书写章节先后顺序是祁嘉义、程向晖、林丽、李柏林、胡琴、于素华、赵光、沈雪松、于丽、欧阳燕、周萍、邓克

敏、仇佩虹、廖力夫、周丹、李发胜。

希望这本书能成为高等学校医学类专业和医学类相关专业学生的良师益友。不妥之处,敬请读者批评指正。

胡 琴 祁嘉义
2014年4月于南京

目 录

001	第一章	绪论	134	第十一章	共价键和分子间作用力
009	第二章	稀溶液的依数性	148	第十二章	配位化合物
021	第三章	电解质溶液	163	第十三章	滴定分析法
035	第四章	缓冲溶液	176	第十四章	紫外-可见分光光度法
050	第五章	难溶强电解质的多相离子平衡	188	第十五章	环境化学基础
062	第六章	胶体和乳状液			
070	第七章	化学热力学基础	199	名校试卷	
087	第八章	化学反应速率	237	自我检测题参考答案	
105	第九章	电极电位	263	名校试卷参考答案	
121	第十章	原子结构与元素周期表		 附录	

本章知识要点^①

(化学与医药学的关系;基础化学的研究内容)

物质的量与物质的量浓度、质量浓度、质量摩尔浓度、摩尔分数、质量分数与体积分数;
(标准平衡常数的表达式)

内容提要

一、溶液的组成标度

物质的量(amount of substance)是表示微观物质数量的基本物理量,是国际单位制7个基本物理量之一。物质B的质量(mass)为 m_B ,摩尔质量(molar mass)为 M_B ,则物质B的物质的量为

$$n_B = \frac{m_B}{M_B}$$

物质的量与质量是不同的两种概念,质量的单位是kg和g等;物质的量的单位为mol和mmol等。物质的量不能称为“摩尔数”。这里摩尔质量 M_B 与相对分子质量 M ,虽然数值相同,但概念不同,单位也不同。

物质的量浓度(amount-of-substance concentration)^②定义为溶质的物质的量除以溶液的体积,即

$$c_B \stackrel{\text{def}}{=} \frac{n_B}{V}$$

① 知识要点分为“掌握”、“熟悉”、“了解”三级要求。

掌握:要求透彻理解、牢固记忆、灵活运用、融会贯通。在“知识要点”中用下划线_____表示。

熟悉:要求清楚理解、熟悉要点。在“知识要点”中不用任何符号表示。

了解:要求一般性理解,拓宽学生知识面。在“知识要点”中用圆括号()表示。

② 外文资料常用 molarity, 表示“摩尔浓度”,此术语我国废除,可将其等同于“物质的量浓度”。

使用物质的量和物质的量浓度时,特别要注意必须用元素符号、化学式或相应的粒子符号标明**基本单元**(elementary entity),基本单元可以是实际存在的,也可以是想象的或根据需要假设的各种粒子或其分割与组合。基本单元不同,同一份溶液的浓度数值出不同。它们之间换算公式是

$$c(xB) = \frac{1}{x} c(B)$$

例如, $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 而 $c(2\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

本书用[B]表示物质B的平衡浓度,用 $c(B)$ 或 c_B 表示物质B的初始浓度。国外资料用符号 M 表示浓度,我国已废止使用。

物质B的**质量浓度**(mass concentration) ρ_B 定义为

$$\rho_B \stackrel{\text{def}}{=} \frac{m_B}{V}$$

质量浓度多用于溶质为固体配制的溶液。医学上对相对分子质量未知的溶质使用质量浓度,它的质量单位可以变化,可用 g 、 mg 、 μg , 体积单位不变,用 L 。物质的量浓度与质量浓度有如下换算关系

$$c_B \cdot M_B = \rho_B$$

溶质B的**质量摩尔浓度**(molality) 符号为 b_B , 定义为

$$b_B \stackrel{\text{def}}{=} \frac{n_B}{m_A}$$

b_B 的单位是 $\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。因为不受温度的影响,在物理化学上常用。有些教材使用符号 m_B , 但易与质量符号 m 混淆。当溶质的质量为 m_B (g), 摩尔质量为 M_B ($\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$), 则溶质B的质量摩尔浓度为

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

注意这里 m_A 的单位应该用 kg 。

B的**物质的量分数**(amount-of-substance) 即**摩尔分数**(mole fraction) 定义为B的物质的量与混合物的物质的量之比,符号为 x_B , 单位是1(one)。即

$$x_B \stackrel{\text{def}}{=} n_B / \sum_i n_i$$

摩尔分数也不受温度的影响。若溶液由溶质B和溶剂A两组分组成,则有

$$x_B = n_B / (n_A + n_B), x_A = n_A / (n_A + n_B), x_A + x_B = 1$$

质量分数(mass fraction) 的定义为

$$w_B \stackrel{\text{def}}{=} \frac{m_B}{m}$$

体积分数(volume fraction) 的定义为

$$\varphi_B \stackrel{\text{def}}{=} \frac{V_B}{V}$$

二、标准平衡常数的表达式

对于任一可逆反应 $aA + bB \rightleftharpoons dD + eE$

对于溶液中的反应,标准平衡常数表达式为

$$K^\ominus = \frac{([\text{D}]/c^\ominus)^d ([\text{E}]/c^\ominus)^e}{([\text{A}]/c^\ominus)^a ([\text{B}]/c^\ominus)^b}$$

式中 $[\text{A}]$ 、 $[\text{B}]$ 和 $[\text{D}]$ 、 $[\text{E}]$ 分别表示反应物和生成物的平衡浓度。

对于气体反应,有如下关系式

$$K^\ominus = \frac{(p_D/p^\ominus)^d (p_E/p^\ominus)^e}{(p_A/p^\ominus)^a (p_B/p^\ominus)^b}$$

式中 p_A 、 p_B 和 p_D 、 p_E 分别表示反应物和产物的平衡分压。

因为 $c^\ominus = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $p^\ominus = 100 \text{ kPa}$, 所以 K^\ominus 是单位为 1 的量。

除了在热力学的章节外,本书在其他章节用 K 代替 K^\ominus ,不写出 c^\ominus 或 p^\ominus ,即

$$K = \frac{[\text{D}]^d [\text{E}]^e}{[\text{A}]^a [\text{B}]^b}$$

$$K = \frac{[p_D]^d [p_E]^e}{[p_A]^a [p_B]^b}$$

例如,对于醋酸 HAc 的质子转移平衡 $\text{HAc} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Ac}^- + \text{H}_3\text{O}^+$, 其标准平衡常数不写成

$$K^\ominus = \frac{([\text{H}_3\text{O}^+]/c^\ominus) ([\text{Ac}^-]/c^\ominus)}{([\text{HAc}]/c^\ominus)}$$

而写成

$$K = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{Ac}^-]}{[\text{HAc}]}$$

对于多相离子平衡如 $\text{AgCl}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$, 其标准平衡常数不写成 $K_{\text{sp}}^\ominus = \{[\text{Ag}^+]/c^\ominus\} \{[\text{Cl}^-]/c^\ominus\}$, 而写成 $K_{\text{sp}} = [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-]$ 。

对于配位平衡如 $\text{Ag}^+ + 2\text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$, 其标准平衡常数不写成 $K_{\text{b}}^\ominus = \frac{\{[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+]/c^\ominus\}}{\{[\text{Ag}^+]/c^\ominus\} \{[\text{NH}_3]/c^\ominus\}^2}$, 而写成 $K_{\text{b}} = \frac{[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+]}{[\text{Ag}^+][\text{NH}_3]^2}$ 。

在电极电位能斯特方程中也用简便书写方法处理。

例题解析

【例 1-1】下列说法中正确的是

A. 氧的摩尔数为 2

B. “1 mol O_2 ”可说成“1 摩尔分子氧”

C. 1 mol C 原子等于 12 g

D. $c[(1/3)(\text{H}_2\text{SO}_4)] = 3c[(\text{H}_2\text{SO}_4)]$

【解】D 正确。

A 说法有 3 个错误:未指明基本单元是什么,是“O”还是“ O_2 ”;摩尔是表示物质的量的 SI 单位名称,不能用“摩尔数”代替物质的量;“2”实际未明确指出单位,是“mol”还是“mmol”。正确的说法是:氧分子的物质的量是 2 摩尔,即 $n(\text{O}_2) = 2 \text{ mol}$ 。

B 应该说“1 摩尔氧分子”。

C 的正确说法是“1 mol C 原子的质量是 12 g”或“C 原子的摩尔质量是 12 g · mol⁻¹”。

【例 1-2】溶液组成标度的计算

将 9.00 g NaCl 溶解于 996.0 g 水中,此溶液的密度为 1.005 g · mL⁻¹,求 NaCl 溶液的质量摩尔浓度、物质的量浓度、物质的量分数。

【分析】溶剂(水)的质量为 0.996 0 kg,

则溶液的体积 $V = (9.00 \text{ g} + 996.0 \text{ g}) / (1.005 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}) = 1\ 000 \text{ mL} = 1.000 \text{ L}$ 。

已知 $M(\text{NaCl}) = 58.44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, $M(\text{H}_2\text{O}) = 18.02 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。根据各种标度的定义求解。

【解】 $n(\text{NaCl}) = 9.00 \text{ g} / (58.44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}) = 0.154 \text{ mol}$

$b(\text{NaCl}) = 0.154 \text{ mol} / 0.996 \text{ kg} = 0.155 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$

$c(\text{NaCl}) = 0.154 \text{ mol} / 1.000 \text{ L} = 0.154 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

$n(\text{H}_2\text{O}) = 996.0 \text{ g} / (18.02 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}) = 55.27 \text{ mol}$

$x(\text{NaCl}) = 0.154 \text{ mol} / (0.154 \text{ mol} + 55.27 \text{ mol}) = 2.78 \times 10^{-3}$

【例 1-3】A sucrose solution was prepared by dissolving 0.013 5 kg C₁₂H₂₂O₁₁ in enough water to make exactly 0.100 0 L solution, which was then found to have a density of 1.050 kg · L⁻¹. Compute molarity and molality of the solution.

【分析】sucrose solution: 蔗糖溶液; dissolving: 溶解; density: 密度; molarity: 物质的量浓度; molality: 质量摩尔浓度。已知 $M(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = 342 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$,

$n(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = 0.013 \text{ 5 kg} \times 10^3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} / (342 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}) = 0.039 \text{ 5 mol}$ 。

又从溶液的体积和密度可求出溶液的质量,

$m = Vd = 0.100 \text{ 0 L} \times 1.050 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1} = 0.105 \text{ 0 kg}$,

则溶剂的质量 $m_A = 0.105 \text{ 0 kg} - 0.013 \text{ 5 kg} = 0.091 \text{ 5 kg}$ 。

【解】 $c(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = n(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) / V = 0.039 \text{ 5 mol} / 0.100 \text{ 0 L} = 0.395 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

$b(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = n(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) / m_A = 0.039 \text{ 5 mol} / 0.091 \text{ 5 kg} = 0.432 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$

思考题和练习题解析

1. 为什么说化学和医学的关系密切,医学专业学生必须学好化学?

答:(略)

2. “1 mol 硫酸的质量是 98.0 g”,对吗?

答:错误!未指明基本单元,正确说法是:1 mol H₂SO₄ 的质量是 98.0 g 或 1 mol [(1/2)(H₂SO₄)] 的质量是 49.0 g。

3. 0.4 mol H₂SO₄ 溶解于水,配成 500 mL 溶液,其浓度表示正确的是

A. $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.8 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

B. $c\left[\frac{1}{2}(\text{H}_2\text{SO}_4)\right] = 0.8 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

C. $c[(\text{H}_2\text{SO}_4)] = 0.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

D. 硫酸的浓度为 0.8 mol · L⁻¹

答:正确的是 A。根据定义,1 L 溶液中含有 0.8 mol H₂SO₄, $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.8 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

4. 下列说法正确的是

A. “1 mol O”可以说成“1 mol 原子 O”

B. 1 摩尔 C 原子等于 12 g

C. 1 L 溶液中含有 H_2SO_4 98 g, 该溶液的摩尔浓度是 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

D. 基本单元不仅可以是构成物质的任何自然存在的粒子或粒子的组合, 也可以是想象的或根据需要假设的各种粒子或其分割与组合

答: 正确的是 D。

A 应说成“1 mol 氧原子”; B 应为“1 摩尔 C 原子的质量等于 12 g”; C 不应该使用“摩尔浓度”, 此术语已被废除。

5. 求 $0.100 \text{ kg} \left(\frac{1}{2} \text{Ca}^{2+} \right)$ 的物质的量。

$$\text{解: } M \left(\frac{1}{2} \text{Ca}^{2+} \right) = 40.08 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} / 2 = 20.04 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1},$$

$$n \left(\frac{1}{2} \text{Ca}^{2+} \right) = \left[m / M \left(\frac{1}{2} \text{Ca}^{2+} \right) \right] = 0.100 \text{ kg} \times 10^3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} / (20.04 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}) = 4.99 \text{ mol}$$

6. 每 100 mL 血浆含 K^+ 为 20 mg, 计算 K^+ 的物质的量浓度, 单位用 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 表示。

$$\text{解: } M(\text{K}^+) = 39.10 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1},$$

$$n(\text{K}^+) = [m / M(\text{K}^+)] = 20 \text{ mg} / (39.10 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}) = 0.51 \text{ mmol}$$

$$c(\text{K}^+) = [n(\text{K}^+) / V] = 0.51 \text{ mmol} / 0.100 \text{ L} = 5.1 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}.$$

7. 计算下列常用试剂的物质的量浓度

(1) 浓硝酸, 含 HNO_3 的质量分数为 0.700, 密度为 $1.42 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$

(2) 浓氨水, 含 NH_3 的质量分数为 0.280, 密度为 $0.900 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$

$$\text{解: (1) } c(\text{HNO}_3) = \frac{1000 \text{ mL} \times 1.42 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1} \times 0.700}{63.01 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 1.00 \text{ L}} = 15.8 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$(2) c(\text{NH}_3) = \frac{1000 \text{ mL} \times 0.900 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1} \times 0.280}{17.03 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 1.00 \text{ L}} = 14.8 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

8. 某患者需补充 $\text{Na}^+ 5.0 \times 10^{-2} \text{ mol}$, 应补充 NaCl 的质量是多少? 若用生理盐水 [$\rho(\text{NaCl}) = 9.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$] 补充, 应需生理盐水的体积是多少?

$$\text{解: } m = 5.0 \times 10^{-2} \text{ mol} \times 58.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 2.9 \text{ g}$$

$$\text{设补充生理盐水 } x \text{ L, 则 } x \times 9.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} = 2.9 \text{ g}$$

$$x = 0.32 \text{ L}$$

9. 实验室现有剩余的 $0.100 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{H}_2\text{SO}_4$ 500 mL 和 $0.0500 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{H}_2\text{SO}_4$ 300 mL, 如何利用上述溶液加入一定体积的 $w_B = 0.960$ 的 H_2SO_4 (相对密度 $\rho = 1.84 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$) 配制成 1000 mL 浓度为 $0.250 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 H_2SO_4 溶液?

解: 500 mL $0.100 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{H}_2\text{SO}_4$ 中,

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = c_1 V_1 = 500 \text{ mL} \times 0.100 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 50.0 \text{ mmol}$$

300 mL $0.0500 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{H}_2\text{SO}_4$ 中,

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = c_2 V_2 = 300 \text{ mL} \times 0.0500 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 15.0 \text{ mmol}$$

$w = 0.960$ H_2SO_4 的浓度为

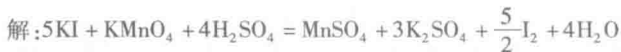
$$c_3 = \frac{1000 \text{ mL} \times 1.84 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 0.960}{98.0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 1.00 \text{ L}} = 18.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}, \text{ 这里 } M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98.0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

设取该酸体积为 V_3 mL, 则有

$$50.0 \text{ mmol} + 15.0 \text{ mmol} + (18.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}) V_3 = 1000 \text{ mL} \times 0.250 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$V_3 = 10.3 \text{ mL}$$

10. 溶液中 KI 与 KMnO_4 反应, 假如最终有 0.508 g I_2 析出, 以 $\left(\text{KI} + \frac{1}{5} \text{KMnO}_4 \right)$ 为基本单元, 所消耗的反应物的物质的量是多少?



$$n\left[\text{KI} + \frac{1}{5}\text{KMnO}_4\right] = n\left[\frac{1}{2}\text{I}_2\right] = \frac{0.508 \text{ g} \times 1000 \text{ mmol} \cdot \text{mol}^{-1}}{126.9 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 4.00 \text{ mmol}$$

11. 用质量摩尔浓度来表示溶液的组成标度有何优点?

答: 质量摩尔浓度不会因为温度的变化而变化, 在物理化学应用较多。

12. 100 g 浓硫酸中含纯 H_2SO_4 95 g, 将此 100 g 浓硫酸加入 400 g 水中, 混合后溶液的密度为 $1.13 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$, 计算此溶液的质量摩尔浓度、物质的量浓度和摩尔分数。

$$\text{解: } b_B = \frac{95 \text{ g} / (98 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1})}{(400 + 5) \times 10^{-3} \text{ kg}} = 2.4 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$$c_B = \frac{95 \text{ g} / (98 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1})}{500 \times 10^{-3} \text{ kg} / (1.13 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1})} = 2.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$x(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{95 \text{ g} / (98 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1})}{95 \text{ g} / (98 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}) + 405 \text{ g} / (18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1})} = 0.041$$

13. What is the mole fraction of the solute in a $1.00 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$ aqueous solution?

$$\text{解: } x_B = \frac{1 \text{ mol}}{1 \text{ mol} + \frac{1000 \text{ g}}{18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}} = 0.018$$

14. A solution contains 20.0 g acetic acid, CH_3COOH , in 250 g water. What is the concentration of the solution expressed as (1) mole fraction of CH_3COOH and H_2O (2) molality?

$$\text{解: (1) } x(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{20.0 \text{ g} / (60 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1})}{\frac{20.0 \text{ g}}{60 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} + \frac{250 \text{ g}}{18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}} = 0.023$$

$$x(\text{H}_2\text{O}) = 1 - 0.023 = 0.977$$

$$(2) b_B = \frac{20.0 \text{ g}}{0.250 \text{ kg}} = 1.33 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$$

自我检测题

一、是非判断题

- 1 mol 硫酸的质量是 98 g。 ()
- 物质 B 的浓度就是物质 B 的物质的量的浓度的简称。 ()
- 物质 B 的物质的量就是指微观物质 B 的质量除以它的摩尔质量的商。 ()
- 分子物质 B 的摩尔质量用符号 M_B 表示, 物质 B 的相对分子质量用符号 M_r 表示, 两者虽然数值相同, 但是单位不同, 不是同一个概念。 ()
- $c(3\text{HCl}) = 3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 则 $c(\text{HCl}) = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。 ()
- 在使用物质的量、摩尔、物质的量的浓度时, 必须指明基本单元。这里的基本单元不一定是自然存在的粒子或其特定组合, 也可以是想象的或根据需要假设的各种粒子或其分割与组合。 ()
- 使用质量浓度 ρ_B 时, 质量单位可以改变, 可用 kg、g、mg 等, 体积单位也能改变, 可用 mL、L 等。 ()
- 溶剂是水的溶液不必指明溶剂, 如可以说 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 NaCl 溶液。但溶剂不是水时, 必须指明溶剂种类, 如可以说 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 萘 (C_{10}H_8) 的苯溶液。 ()

9. 国家法定计量单位规定英文单位符号不用复数形式,如 20 分钟应记为 20 min,不得记为 20 mins. ()

10. 对稀溶液而言,可近似认为在数值上 $c_B = b_B$,但两者不是同一种组成标度。 ()

二、选择题

1. 下列说法或做法正确的是 ()

A. 质量摩尔浓度的优点是不受温度的影响,常用于物理化学

B. 某硕士写论文时根据国外资料将物质的量浓度的符号写成 M

C. 1 L 溶液中含有 NaOH ($M_r = 40.00$) 40.00 g,该溶液的摩尔浓度为 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

D. 20 分钟可记为 20 mins 而不应该记为 20 min

2. 将溶液温度从 298 K 升高到 310 K,该溶液在下列组成标度中数值变化的是 ()

A. 物质的量分数

B. 物质的量浓度

C. 质量摩尔浓度

D. 质量分数

3. 某温度下, $V(\text{mL})$ NaCl 饱和溶液 $m(\text{g})$,其中含 $\text{NaCl}(a(\text{g}))$,NaCl 的摩尔质量为 $M_B(\text{g} \cdot \text{mol}^{-1})$,则该溶液的质量摩尔浓度为 ()

A. $\frac{a}{(m-a)M_B}$

B. $\frac{1000 a}{mM_B}$

C. $\frac{1000 a}{(m-a)M_B}$

D. $\frac{10^{-3}a}{(m-a)M_B}$

4. 用 NaOH 滴定分析 H_2SO_4 ,化学方程式为 $2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$,计算结果时按照“等物质的量”规则,终点时有 $c(2\text{NaOH})V(\text{NaOH}) = c(\text{H}_2\text{SO}_4)V(\text{H}_2\text{SO}_4)$ 。这里氢氧化钠的基本单元是 ()

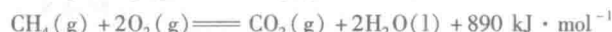
A. NaOH

B. $(1/2)\text{NaOH}$

C. 4NaOH

D. 2NaOH

5. 在一定的条件下,CO 和 CH_4 燃烧的热化学方程式分别为 ()



由 1 mol 的 $\text{CO}(\text{g})$ 和 3 mol 的 $\text{CH}_4(\text{g})$ 组成的混合气体在上述条件下完全燃烧时,释放的热量为

A. 2 912 kJ

B. 2 953 kJ

C. 3 236 kJ

D. 3 867 kJ

6. 硫酸瓶上的标记是 80% H_2SO_4 ,相对分子质量 $M_r = 98.00$,密度 $\rho = 1.73 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$,下列数值中接近该酸的物质的量浓度的是 ()

A. $14.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

B. $9.8 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

C. $10.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

D. $16.6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

7. In an aqueous solution of strontium nitrate, $c(\text{NO}_3^-) = 0.60 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. This solution is correctly labelled ()

A. $0.60 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ Sr}(\text{NO}_3)_2$

B. $0.30 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ Sr}(\text{NO}_3)_2$

C. $1.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ Sr}(\text{NO}_3)_2$

D. $0.60 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ Sr}^{2+}$

注: strontium nitrate——硝酸锶, labelled——标记。

8. 0.2 mol H_2SO_4 溶解在水中,配制成 500 mL 溶液,其浓度表示正确的是 ()

A. $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

B. $c\left(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4\right) = 0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

C. $c\left(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4\right) = 0.8 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

D. 硫酸的浓度为 $0.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

9. A sample of 4.404 g of catechol ($\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_2$, $M_r = 110.0$) is dissolved in 200.0 g of benzene (C_6H_6), at 26.1 °C. The molality of catechol in this solution, in $\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$ is ()

A. 0.412 8

B. 2.000×10^{-4}

C. 4.128×10^{-4}

D. 0.200 2

注: catechol——儿茶素或邻苯二酚。

10. $0.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ CaCl}_2$ 的 500 mL 溶液中氯离子 Cl^- 的物质的量是 () mol

A. 0.2

B. 0.3

C. 0.4

D. 0.8

三、填空题

1. 物质 B 的物质的量的符号是 (1), 单位符号是 (2); 浓度的符号是 (3), 医学化学中常用单位是 (4), 平衡浓度用 (5) 表示。

2. $c\left(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4\right) = 0.8 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 在 1L H_2SO_4 溶液中含 H_2SO_4 (6) g。

3. 分子物质的摩尔质量符号是 (7), 常用单位是 (8); 相对分子质量的符号是 (9), 它的单位是 (10)。

4. 物质 B 的质量浓度的符号是 (11), 它与 c_B 的关系是 (12)。

5. 物质 B 的质量摩尔浓度的符号是 (13), 常用单位是 (14)。

6. 物质 B 的物质的量分数的符号是 (15)。

四、计算题

1. 市售浓硫酸密度为 $1.84 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$, 质量分数 $w_B = 0.980$, 计算此溶液溶质的质量摩尔浓度、物质的量浓度和摩尔分数。已知 $M_r(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98.0$ 。

2. What is the molarity of NaOH in a solution which contains 24.0 g NaOH in 600 mL of solution? 注: molarity——质量摩尔浓度

3. What is the molality of a solution which contains 20.0 g cane sugar, $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$, dissolved in 250 g water? 注: molality——质量摩尔浓度, cane sugar——蔗糖

4. What is the mole fraction of the solute in a $1.20 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$ aqueous solution?

5. 若溶液中溶质 B 的浓度是 $c_B (\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$, 质量摩尔浓度是 $b_B (\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1})$, 摩尔质量是 $M_B (\text{g} \cdot \text{mol}^{-1})$, 溶液的密度是 $\rho (\text{kg} \cdot \text{L}^{-1})$, 证明 $c_B \left(\frac{M_B}{1000} + \frac{1}{b_B} \right) = \rho$

(祁嘉义)

本章知识要点

难挥发性非电解质的稀溶液的蒸气压下降和拉乌尔定律;溶液的沸点升高与凝固点降低;溶液的渗透现象、净渗透方向、渗透压;范特霍夫公式;强电解质溶液的依数性;渗透浓度;等渗、高渗和低渗溶液;皱缩和溶血;(晶体渗透压与胶体渗透压)

内容提要

难挥发性非电解质的稀溶液中溶剂的蒸气压下降(vapor pressure lowering)、沸点升高(boiling point elevation)和凝固点降低(freezing point depression)以及溶液的渗透压(osmotic pressure)等性质称为稀溶液的依数性(colligative properties),这类性质只与溶质、溶剂微粒(分子、离子)数的比值有关,而与溶质的本性无关。

一、溶液的蒸气压下降

与液相处于动态平衡的气体叫做饱和蒸气(saturated vapor),它具有的压力称为该温度下的饱和蒸气压,简称蒸气压(vapor pressure; p),单位是 kPa(千帕)。

在一定的温度下,蒸气压是一个定值,而与气相的体积、液相的量无关,它与物体的本性有关。同温度下蒸气压大的称为易挥发性的物质,蒸气压小的叫难挥发性物质。蒸气压也与温度有关,即蒸气压将随温度升高而增大。

本章讨论溶液依数性时忽略溶质的蒸气压,只考虑溶剂的蒸气压。

当纯溶剂中溶有难挥发性溶质后,溶质分子要占据溶液的部分液面,所以含有难挥发性溶质溶液的蒸气压总是低于同温度纯溶剂的蒸气压。

拉乌尔(Raoult)定律给出了溶液蒸气压下降的定量关系:

$$p = p^* x_A$$

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

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

式中 p 为单一溶质与溶剂组成的溶液在某温度下的蒸气压; p^* 为同温度下纯溶剂的蒸气压; $\Delta p = p^* - p$, 为溶液的蒸气压下降; x_A 是溶剂的摩尔分数; x_B 是溶质的摩尔分数; $K = p^* M_A$, M_A 是溶剂的摩尔质量, b_B 为溶质的质量摩尔浓度。

二、溶液的沸点升高和凝固点降低

液体的**沸点** (boiling point) 是液体的蒸气压等于外压时的温度, 随外压而变化, 压强愈大, 沸点愈高。

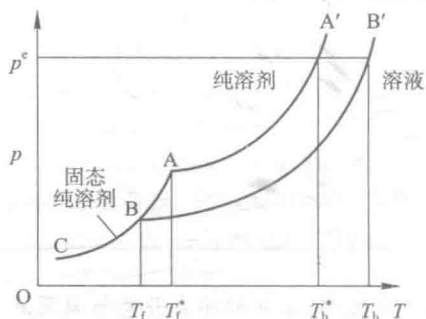


图 2-1 沸点升高和凝固点降低

外压为 101.3 kPa 时的沸点称为液体的**正常沸点** (normal boiling point)。**凝固点** (freezing point) 是物质的固相纯溶剂的蒸气压与它的液相蒸气压相等的温度。

由于溶液的蒸气压恒低于纯溶剂, 必然使溶液的沸点升高、凝固点降低, 如图 2-1 所示:

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

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

K_b 为溶剂的沸点升高常数, K_f 为溶剂的凝固点降低常数, 二者只与溶剂本性有关。

纯溶剂的沸点是恒定的, 可是溶液沸腾后溶剂不断被蒸发掉因此溶液沸点会不断地升高。溶液的沸点是指溶液刚开始沸腾时的温度。

溶液的凝固点时析出的是纯溶剂。随着冰的析出, 溶液浓度不断增大, 溶液的凝固点也不断下降。因此, 溶液的凝固点是指溶液刚开始凝固时的温度。

在医学和生物科学实验中利用凝固点降低法测定溶质的相对分子质量, 计算公式为

$$M_B = \frac{K_f \cdot m_B}{m_A \cdot \Delta T_f}$$

三、溶液的渗透压力

若用只允许溶剂 (如水) 分子透过而溶质 (如蔗糖) 分子不能透过的**半透膜** (semi-permeable membrane) 把溶液和纯溶剂隔开, 纯溶剂透过半透膜进入溶液, 溶液一侧的液面升高, 称为渗透现象。渗透现象发生的条件一是存在半透膜, 二是膜两侧单位体积内溶剂分子数不相等。

净渗透的方向是溶剂分子从纯溶剂往溶液或从稀溶液往浓溶液进行。

为了使渗透现象不发生, 必须在溶液液面上施加一超额的压力。超额压力等于溶液的**渗透压** (osmotic pressure)。符号为 Π , 单位为 kPa。

渗透压与浓度、温度关系的范特霍夫 (van't Hoff) 公式是

$$\Pi = c_B RT$$

式中 c_B 为溶液物质的量浓度 ($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$), T 为热力学温度。 R 是摩尔气体常数, 为 $8.314 \text{ kPa} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$; Π 与 c_B 或 T 成正比。

在稀溶液中 $c_B \approx b_B$, $\Pi \approx RTb_B$ 。

用渗透压力法测定蛋白质等高分子化合物的相对分子质量, 公式是