

农林 课程提高与应试丛书

- 涵盖课程重点及难点
- 精设典型题详解及评注
- 选配课程考试模拟及全真试卷

赵晓农 主编

无机及分析化学

典型题解析及自测试题



西北工业大学出版社

农林课程提高与应试丛书编委会

主任委员 李振岐(中国工程院院士,西北农林科技大学博士生导师,教授)

副主任委员 张 波(西北农林科技大学副校长,教授)
王 蒂(甘肃农业大学校长,教授)
周泽扬(西南农业大学副校长,教授)
修耀华(贵州大学副校长,教授)
何慧星(石河子大学副校长,教授)
张近乐(西北工业大学出版社副总编,副编审)

委 员 刘光祖 卢恩双 张继澍 贺学礼
赵晓农 周文明 张社奇 王保莉

丛书策划 何格夫

序

□ 李振岐·

21 世纪,社会对德才兼备的高素质科技人才的需求更加迫切。通过行之有效的途径和方法培养符合时代要求的优秀人才,是摆在全社会尤其是高等院校和科学研究院(所)面前的一个艰巨而现实的问题。

为了强化素质教育,使大学生学有所长,增强才智,高等教育部门各有关单位对高等学校公共基础课、技术基础课到专业课的整个教学过程做了大量细致的工作。与之相配合,不少出版社也相继出版了指导学生理解、领会教学内容,增强分析、解决问题能力的辅导读物,其中多数是面向理工院校学生的。这些辅导读物,极大地满足了大学生学习相关课程的需求。

对于农林院校来说,学生们同样需要合适的参考书来帮助他们掌握课程重点和难点,明确解题思路、方法和技巧,提高课程学习能力和水平。不过,这类读物目前比较少见。基于此,西北工业大学出版社的同志们深入作者、读者之中,进行深入的市场调查研究,在广泛听取意见的基础上,组织了众多在农林院校执教多年、具有较高学术造诣的一线教师,精心编撰了这套旨在有效指导农林院校学生学习相关课程,为今后参加课程结业考试、研究生入学

· 李振岐,男,中国工程院院士,植物病理学家和小麦锈病专家,我国小麦锈病研究和植物免疫学教学的主要奠基人之一。现为西北农林科技大学植保系教授、博士生导师,杨凌国家农业高新技术产业示范区专家组组长。

考试及为以后工作提供帮助的参考书。

该套丛书首批推出 9 种,所有书稿几经修改,并经同行专家审定。内容选材符合课程基本要求,并且重在加深对知识的理解和提高读者分析问题、解决问题的能力。我热情地向大家推荐这套丛书,希望它能对广大读者的学习有所帮助,更期望它能在强化素质教育、推动教学改革方面起到积极作用。

李振岐

2001年10月

出版说明

随着经济建设的快速发展和科教兴国战略的实施,社会对高素质专业人才的需求更加迫切。崇尚知识,攻读学位,不仅是一种知识价值的体现,更是社会进步的标志。

过去,农林院校因为带着个“农”字,故一向不在热门之列。不过今年情况有所不同,因为“九五”特别是“十五”规划、“西部大开发”战略的实施,农业开发得到重视,农业单位的积极性得到调动,农业院校毕业生就业的形式随之发生变化。以河南农业大学为例,今年毕业1 000人,用人单位的需求达到了3 000人,西南农业大学毕业生的供需比则达到了1:4,许多农业院校尤其是重点院校的毕业生也变得甚为“抢手”,专业方面畜牧、园艺显得比往年更热,一些冷门专业也开始受到青睐。预计在未来的几年里,将会有更多的单位投身到农业建设中,同时也需要更多的农林院校毕业生。

为了配合全国各农林院校加强高素质、知识型人才的培养,西北工业大学出版社精心策划和组织编写了《农林课程提高与应试丛书》,首期推出9种公共基础课,其他课程将陆续出版。

本丛书具有以下4大特点。

1. 选题新颖,独树一帜

根据市场需求,全国首家有针对性、有计划性地推出整套农林院校课程的辅导学习用书,填补市场空白,一改广大农林院校学生找不到相关辅导书的尴尬局面。

2. 紧扣大纲,严把尺度

丛书紧紧围绕国家教育部制定的教学大纲和研究生入学考试

大纲,按照“基础知识—例题解析—自测实战”的主线,把握住内容的深浅程度,既保证课程学习时开卷有益,又能对复习应试行之有效。

3. 重视能力,提高技巧

丛书严格遵从不管是课程学习还是考试,其最终目的都是为了提高学生分析问题、解决问题的能力这一主旨,重在通过阐明基础要点及典型例题解析来引导学生掌握学习知识和解决实际问题的方法与技巧,以提高个人的综合素质。

4. 选材得当,重点突出

参加本丛书编写的作者均是从事教学工作多年的资深教师,因此,在丛书内容的取舍、材料的选编以及文字表达方面能更胜一筹,使丛书内容详略得当,材料全而不滥,讲解精而易懂,注释简明扼要。

本丛书的出版得到了多方面的支持和关心,西北农林科技大学、中国农业大学、华中农业大学、华南农业大学、西南农业大学等单位的有关人士为本丛书的出版出谋划策,提出了许多建设性的意见和建议。79岁高龄的中国工程院院士、西北农林科技大学李振岐教授,献身教育事业50余年,德高望重,学识渊博,他在百忙之中出任本丛书的编委会主任,并为本丛书作序,充分肯定了本丛书的价值。为此,我们一并表示衷心的感谢。

我们坚信,这套丛书将为在书海中勤奋进取的同学们指引一条通向成功的捷径,也必将成为在知识海洋中遨游的学子们不断搏击、获取胜利的力量源泉。

丛书编委会

2001年10月

前 言

“无机及分析化学”是高等农林院校的大部分专业开设的一门必修的基础课。包括了以前开设的“普通化学”和“定量分析”两门课程的全部内容。“无机及分析化学”在农林院校的教学占有举足轻重的地位，它为相应专业的后续课程的学习建立了坚实的基础。长期以来我们在教学实践中体会到，本课程的内容多，课时相对较少。同时一般都在大学一年级的第一学期开设，学生学习的困难也较大。特别是在许多专业的硕士研究生入学考试科目中安排有本课程，而这类参加考研的学生对本课程的学习已经是三年多前的事情了，其复习难度必然会加大。为适应上述两类学生对“无机分析化学”课程的学习和复习、练习的需要，我们编写了这本“无机及分析化学典型题解析及自测试题”。

本书共分为十三章，其内容基本与“无机及分析化学教学大纲”的要求一一对应。在每章首先概括性地总结了相关教学内容，知识点和难点、重点。然后给出一定数量的典型例题，并且进行详细的解题思路的分析，力争举一反三，触类旁通。每个典型题都有完整详尽的解答，最后给出了对典型题的评注，使读者能够更深刻地理解此题的内涵。典型题在选择时考虑了其教学内容和学习的特点，题型各有侧重。

本书的编写人员均是长期从事“无机及分析化学”课程教学的第一线教师，他们对本课程的教学内容有较为全面的认识，非常了解学习本课程的学生的需求和学生结业考试及研究生入学考试的情况。因此我们希望本书既能成为本科学生学习《无机及分析化学》的得力助手，又可以成为考研复习的必备参考书。

本书由赵晓农主编，参加编写的人员有：毛富春（第九、十章及自测试题五）、孟昭福（第六、七、八章及自测试题二）、杨淑英（第四、五章及自测试题三）、张增强（第一、二、三章及自测试题一）、赵晓农（第十一、十二、十三章及自测试题四）。

由于编者的水平有限，书中不尽完善和错漏之处请读者批评指正。

编 者

2002 年 1 月

目 录

第一部分 典型题解析

第一章 溶液	1
一、内容提要	1
二、典型题解析	5
三、习题	10
第二章 胶体	12
一、内容提要	12
二、典型题解析	17
三、习题	19
第三章 化学反应速率与化学平衡	21
一、内容提要	21
二、典型题解析	28
三、习题	34
第四章 化学热力学基础	37
一、内容提要	37
二、典型题解析	43
三、习题	50

第五章 物质结构简介	55
一、内容提要	55
二、典型题解析	62
三、习题	69
第六章 定量分析概论	73
一、内容提要	73
二、典型题解析	87
三、习题	99
第七章 酸碱平衡.....	101
一、内容提要.....	101
二、典型题解析.....	108
三、习题.....	116
第八章 酸碱滴定.....	118
一、内容提要.....	118
二、典型题解析.....	124
三、习题.....	137
第九章 沉淀溶解平衡与沉淀测定法.....	140
一、内容提要.....	140
二、典型题解析.....	142
三、习题.....	149
第十章 配位化合物和配位滴定法.....	153
一、内容提要.....	153
二、典型题解析.....	157
三、习题.....	168

第十一章 氧化还原反应和氧化还原滴定法	173
一、内容提要	173
二、典型题解析	178
三、习题	188
第十二章 电位分析法	191
一、内容提要	191
二、典型题解析	195
三、习题	199
第十三章 吸光分析法	201
一、内容提要	201
二、典型题解析	204
三、习题	206

第二部分 自测试题

自测试题一	207
自测试题二	212
自测试题三	218
自测试题四	224
自测试题五	229

附录 习题及自测试题答案

习题答案	237
自测试题答案	258

第一部分 典型题解析

第一章 溶 液

一、内容提要

(一) 本章重点

本章的重点是物质的量及其单位的使用、溶液浓度的表示方法和稀溶液的依数性。

1. 物质的量及其单位的使用方法

(1) 物质的量及其单位摩尔的使用方法

物质的量是 7 个基本物理量之一,它是以阿佛加德罗常数为计数单位,表示组成物质的基本单元数目多少的物理量,常用符号“ n ”表示。它的单位名称是摩尔,符号为“mol”。

物质的量作为七个基本物理量之一,与其他 6 个基本物理量的根本区别在于在描述体系的物质的量时必须指明所指物质的基本单元,并规定物质的基本单元必须以该物质的化学符号(国际符号)表达。一般泛指时以 B 代表基本单元,且写做“ n_B ”;特指时,基本单元写在与物质的量“ n ”齐线的括号里,如 $n(\frac{1}{2} \text{H}_2\text{SO}_4)$, n

($\frac{1}{2}\text{KMnO}_4$)等。

在用到物质的量的单位“摩尔”时,也应指明所指物质的基本单元,如 0.25 mol 的 H_2 , 0.50 mol 的 Mg^{2+} , 1 mol 的 ^{12}C 等。

(2) 物质的量的导出量及摩尔的组合单位的使用方法

与物质的量及其单位“摩尔”的使用方法相同,在用到物质的量的导出量及摩尔的组合单位时,也应指明所指物质的基本单元。例如,常用的物质的量的导出量有“摩尔质量” M_B 和“物质的量浓度” c_B 等,我们可以说 $M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98 \text{ g/mol}$, $M(2\text{NaOH}) = 80 \text{ g/mol}$, $c(\frac{1}{2} \text{H}_2\text{SO}_4) = 0.1245 \text{ mol/L}$, $c(\frac{1}{6} \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 0.1000 \text{ mol/L}$ 等和 0.15 mol/L 的 HCl , 0.100 mol/L 的 $\frac{1}{5}\text{KMnO}_4$ 等等。

2. 溶液浓度的表示方法

在无机及分析化学中常用的溶液浓度的表示方法有:物质的量浓度、质量摩尔浓度、物质的量分数浓度等。

(1) 物质的量浓度

根据 SI 的定义,若体积为 V 的溶液中含有溶质 B 的物质的量为 n_B ,该溶液的物质的量浓度 c_B 为

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

其 SI 单位为 mol/m^3 ,常用单位为 mol/dm^3 或 mol/L 。物质的量浓度与溶液的体积有关,受温度和压力的影响而变化。

若溶液中溶质 B 的质量为 m_B ,溶质 B 的摩尔质量为 M_B 时,则上式可写为

$$c_B = \frac{m_B}{M_B V}$$

在计算时,应注意运算式中各物理量单位的统一。

(2) 质量摩尔浓度

溶液中溶质 B 的物质的量 n_B 除以溶剂 A 的质量 m_A , 称为该溶液的质量摩尔浓度, 常用 b_B 表示, 其数学表达式为

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

其 SI 单位为 mol/kg。质量摩尔浓度与体积无关, 故不受温度变化的影响, 常用于科学研究中。

(3) 物质的量分数浓度

溶质的物质的量占溶液总的物质的量的分数称为该溶液的物质的量分数浓度。该浓度不受温度变化的影响, 常用于溶液的物理性质或溶质与溶剂之间物质的量的关系研究。

设某溶液由溶质 B 和溶剂 A 组成, 溶质与溶剂的物质的量分别为 n_B 和 n_A , 溶液总的物质的量为 $n_B + n_A$, 则溶液的物质的量分数浓度为

$$x_B = \frac{n_B}{n_A + n_B}$$

3. 稀溶液依数性产生的原因及其相关计算

(1) 溶液蒸汽压下降 —— 拉乌尔(Raoult) 定律

在一定温度下, 难挥发的非电解质稀溶液的蒸汽压下降与溶解在溶剂中的溶质的摩尔分数成正比, 而与溶质的本性无关。

其数学表达式为

$$\Delta p = x_B \cdot p^0$$

式中 $x_B = n_B / (n_A + n_B)$;

n_B —— 溶质 B 的物质的量;

n_A —— 溶剂 A 的物质的量;

p^0 —— 纯溶剂的蒸汽压。

上式也可以表示为

$$p = p^0 \cdot x_A$$

即难挥发的非电解质稀溶液的蒸汽压与溶剂的物质的量分数浓度成正比。

对于稀溶液而言, $n_A \gg n_B$, 即 $n_A + n_B \approx n_A$, 故可得

$$\Delta p = \frac{n_B}{n_A} \cdot p^\circ$$

由于 $n_A = m_A/M_A$, 代入上式得

$$\Delta p = M_A p^\circ \frac{n_B}{m_A} = K b_B$$

式中 $K = M_A p^\circ$, 称为蒸汽压下降常数。对于水溶液, 它等于 1 mol/kg 的水溶液的蒸汽压的下降值, 一般由试验测定。

由上式可知, 拉乌尔定律又可表述为: 在一定温度下, 难挥发的非电解质稀溶液的蒸汽压下降与溶液的质量摩尔浓度成正比, 而与溶质的本性无关。

(2) 溶液的沸点升高

难挥发非电解质稀溶液的沸点上升 ΔT_b 与溶液的质量摩尔浓度 b_B 成正比, 而与溶质的本性无关。

$$\Delta T_b = K_b \cdot b_B$$

式中 K_b 称为溶液的沸点上升常数, 其单位为 $\text{K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。一般 K_b 值由实验测定。溶剂不同, K_b 不同。

(3) 溶液的凝固点降低

难挥发非电解质稀溶液的凝固点下降 ΔT_f 与溶液的质量摩尔浓度 b_B 成正比, 而与溶质的本性无关。

$$\Delta T_f = K_f \cdot b_B$$

式中 K_f 称为溶液的凝固点下降常数, 其单位为 $\text{K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。一般 K_f 值由实验测定。溶剂不同, K_f 不同。

(4) 溶液的渗透压

难挥发非电解质稀溶液的渗透压与绝对温度和溶液的物质的量浓度成正比, 而与溶质的本性无关。

$$\pi = c_B \cdot R \cdot T$$

式中 π —— 溶液的渗透压, kPa;

c_B —— 溶液的物质的量浓度, mol/L;

R —— 摩尔气体常数, 其值为 $8.314 \text{ kPa} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1}$;

T —— 绝对温度, K。

对于很稀的水溶液, 溶液的物质的量浓度 c_B 近似地等于质量摩尔浓度 b_B , 所以渗透压公式也可写为

$$\pi = b_B \cdot R \cdot T$$

(二) 本章难点

本章的难点之一是物质的量及其导出量的使用规则, 即在使用此类物理量时要求指明所指物质的基本单元, 尤其是当所指物质的基本单元发生变化时, 此类物理量的变化; 难点之二是稀溶液的依数性计算过程中不同物理量单位的换算。

二、典型题解析

例 1.1 计算在 293 K 时, 密度为 1.84 g/ml , 质量百分比浓度为 98.3% 的硫酸溶液的浓度: (1) $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = ?$ (2) $c(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4) = ?$

分析 根据硫酸溶液的密度和质量百分比浓度, 先计算出一定质量的硫酸溶液的体积和 $n(\text{H}_2\text{SO}_4)$ 及 $n(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4)$, 再依据物质的量浓度定义分别计算出 $c(\text{H}_2\text{SO}_4)$ 和 $c(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4)$ 。

解 (1) 求 $c(\text{H}_2\text{SO}_4)$

根据质量百分比浓度的定义可知, 100 g 溶液的体积为

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{100}{1.84 \times 1\,000} = 0.054\,3\text{ L}$$

含 98.3% H_2SO_4 的溶液的物质的量为

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{M(\text{H}_2\text{SO}_4)} = \frac{98.3}{98.1} = 1.00\text{ mol}$$

根据物质的量浓度的定义

$$c(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{n(\text{H}_2\text{SO}_4)}{V} = \frac{1.00}{0.053\,4} = 18.7\text{ mol/L}$$

$$(2) \text{ 求 } c\left(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4\right)$$

以 $\left(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4\right)$ 为基本单元的硫酸溶液的物质的量为

$$n\left(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4\right) = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{M\left(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4\right)} = \frac{98.3}{49.1} = 2.00\text{ mol}$$

根据物质的量浓度定义可得

$$c\left(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4\right) = \frac{n\left(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4\right)}{V} = \frac{2.00}{0.054\,3} = 36.9\text{ mol/L}$$

【评注】 通过该例可以看出,同一物系,物质的基本单元选择不同,则该物系的物质的量浓度大小也不同,它们之间的换算关系式为

$$c(b\text{B}) = \frac{1}{b}c(\text{B})$$

上式中 b 为系数,可以为整数,也可以为分数;该关系来源于该物系物质的量有如下关系

$$n(b\text{B}) = \frac{1}{b}n(\text{B})$$

通过该例的解法,我们还可以得出某一溶液的物质的量浓度与质量百分比浓度的换算关系式为

$$c_{\text{B}} = \frac{\rho \cdot a\% \cdot 1\,000}{M_{\text{B}}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

上式中, ρ 为溶液的密度; $a\%$ 为溶液的质量百分比浓度。