

(高教版)

无机及分析化学

导教 · 导学 · 导考

DAOJIAO DAOXUE DAOKAO

赵晓农 主编



- 内容提要
- 知识结构图
- 教学要求、重点、难点及考点
- 典型题解析
- 课后习题选解
- 学习效果测试及答案

农林 HONG LIN SAN DAO
三 导 丛 书

西北工业大学出版社



农林三导丛书

无机及分析化学

(高教版)

导教 · 导学 · 导考

主 编	赵晓农		
编 者	毛富春	孟昭福	杨淑英
	张增强	赵晓农	龚 宁

西北工业大学出版社

【内容提要】 全书共分 11 章,每章均设了 6 个板块,即按照内容提要,知识结构图,教学要求、重点、难点及考点,典型题解析,课后习题选解,学习效果测试及答案等 6 个部分来编写,旨在帮助读者掌握课程重点、难点,学会分析方法,提高解题能力,为考研的读者提供帮助,同时可为教师教学提供参考。

本书可作为高等农林院校各专业本、专科生的课程辅导及应试参考书,也可作为报考硕士研究生的考生进行强化训练的指导书。

图书在版编目(CIP)数据

无机及分析化学导教·导学·导考/赵晓农主编. —西安:西北工业大学出版社,2006.10
(农林三导)

ISBN 7-5612-2135-5

I. 无… II. 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. O6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 109644 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072

电话:(029) 88493844 88491147

网址:www.nwpup.com

印刷者:陕西丰源印务有限公司

开本:787 mm×960 mm 1/16

印张:13.375

字数:357 千字

版次:2006 年 10 月第 1 版 2006 年 10 月第 1 次印刷

定价:20.00 元



出版说明

2006年2月15日,胡锦涛同志在新农村专题研讨班上的重要讲话中指出,建设社会主义新农村,是我们党在深刻分析当前国际国内形势、全面把握我国经济社会发展阶段性特征的基础上,从党和国家事业发展的全局出发确定的一项重大历史任务。同时,他也指出,重视农业、农村、农民问题是我们党的一贯战略思想。“三农”问题始终是关系党和人民事业发展的全局性和根本性问题,农业丰则基础强,农民富则国家盛,农村稳则社会安。在新世纪新阶段,我们必须始终不渝地高度重视并认真解决好“三农”问题,不断开创“三农”工作的新局面。

中国是个农业大国,农民多,市场广阔,特别是经过20多年的发展,许多人致了富。美国著名财经杂志《福布斯》评出的“2005年福布斯中国富豪榜”显示,中国排名前10名的富豪中,排名第五、第六的是刘永行、刘永好兄弟,谁都知道,他们是从事农业的。而曾任《福布斯》杂志中国地区调研员的胡润更是语出惊人:中国最热的行业是农业,赚钱最多的民营企业也是农业。我国农业科技和农业发展与世界相比,还存在较大的差距,并面临着严峻挑战,这无疑需要大量的农业人才。目前,我国农业改革已进入关键时期,教学、科研、管理等方面农业人才的需求呈现出强劲势头。

从报考研究生的人数和录取比例来看,农林院校不再是冷门,甚至一些专业颇受考生的青睐。2003年以来,农林院校的研究生报考人数持续增长,有的院校报考人数增长率甚至超过当年全国研究生报名人数平均增长率。一般情况下,农林院校研究生的录取比率在3:1左右,部分专业竟达到了8:1甚至10:1,如生物学、食品安全、农药检测、公共卫生等专业。这些专业正是伴随着近年来的社会热点事件如SARS疫情、禽流感的出现及人们公共卫生意识的增强而日益火爆起来的。

随着经济建设的快速发展、“十一五”规划战略的实施和科教兴国战略、人才强国战略的进一步实施,社会对高素质专业人才的需求更加迫切。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“农林三导”丛书,首批推出9种公共基础课辅导用书。

本套丛书具有以下4大特点。

1. 选题新颖,独树一帜

根据市场需求,2001年西北工业大学出版社在全国首家有针对性、有计划性地推出整套农林院校课程的辅导学习用书——“农林提高与应试”丛书,填补了市场空白,一改广大农林院校学生找不到相关辅导书的尴尬局面,引起全国农林院校师生的良好社会反响,体现了很好的

社会效益与经济效益。而今,根据广大师生的需求,再次重拳出击,推出“农林三导”丛书,涵盖导教、导学、导考三个层面,更好地体现“贴近读者,贴近需求,贴近实际”。

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,以全国通用的主流教材为蓝本,按照“内容提要—知识结构图—教学要求、重点、难点及考点—典型题解析—课后习题选解—学习效果测试及答案”的主线,把握课程内容的主旨和要害,使读者按照由浅入深、循序渐进,从感性认知、实际应用到理性认知的科学认知规律最快捷、最有效地掌握本门课程。

3. 重视能力,提高技巧

丛书严格遵从不管是课程学习还是过关考试,其最终目的都是为了提高学生分析问题、解决问题、举一反三的能力这一主旨,重在通过简明扼要的基础要点、独具特色的知识结构图以及绝对经典的典型题解析来引导学生掌握学习理论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和综合能力,为今后个人的良好发展奠定坚实的基础。

4. 一流作者,更胜一筹

参加丛书编写的作者,均是全国重点农林院校从事相关课程教学的资深骨干教师。他们教学经验丰富,对于课程相当熟识,深谙教学、学习和考试的规律及关键所在,因此,在丛书内容的取舍、材料的选编以及文字表述等方面能更胜一筹,使丛书详略得当,重点突出,内容精益求精,分析一针见血,讲解简明扼要,注释切中要害。

本套丛书的出版得到了广大师生读者的支持和关心,西北农林科技大学、中国农业大学、东北农业大学、华中农业大学、华南农业大学、南京农业大学、西南大学等单位的有关人士也为丛书的出版出谋划策,提出了许多建设性的意见和建议。84岁高龄的中国工程院院士、西北农林科技大学李振岐^①教授,献身教育事业50余年,德高望重,学识渊博,他自2001年在百忙之中出任“农林提高与应试”丛书的编委会主任以来,一直十分关注农林方面的教材、教辅出版工作。为此,我们一并表示衷心的感谢。

我们坚信,这套丛书将为广大农林院校的师生提供有力的帮助,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

2006年6月

^① 李振岐,男,1922年生,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,主编了我国第一部《植物免疫学》全国统编教材。现为西北农林科技大学植物保护学院教授、博士生导师,西北农林科技大学学术委员会常委,陕西省委省政府特邀咨询委员。



前 言

无机及分析化学是农林院校一门重要的基础课,是许多专业的学生学好后继课程的必需条件,而且也是农林院校有关专业硕士研究生入学考试的必考内容。

为了加强学生对所学内容的深入理解,帮助他们了解解题规律,掌握解题的方法与技巧,提高应试解题能力,强化技能训练,我们根据农林院校的教学特点,编写了“农林三导”丛书之一的《无机及分析化学导教·导学·导考》一书。

本书涵盖了该课程教学大纲和研究生考试大纲涉及的全部内容,并突出了重点和难点内容。本书内容共分 11 章,每章均设计了 6 个板块。

(1) 内容提要。简要介绍本章内容,列出基本概念、重要定理和公式,突出考点的核心知识。

(2) 知识结构图。用框图形式列出本章的主要内容,并指出了各知识点的有机联系。

(3) 教学要求、重点、难点及考点。包括教学基本要求,重点、难点指南,考点指南 3 部分的内容,言简意赅,其目的是使读者明确本章的重点、难点和考点以及应掌握的程度,并将其内容加以细化和归纳,使学生能够正确把握教学、学习和考试的要求。

(4) 典型题解析。从历年本科生期末试题和历年研究生入学考试题以及各教材综合题中精选出典型题目,通过对典型题的解题分析,归纳出无机及分析化学中一些问题的解决方法和技巧,使读者可以举一反三、触类旁通。这也是各章的主要部分。

(5) 课后习题选解。由于篇幅所限,对高等教育出版社“面向 21 世纪课程教材”《无机及分析化学》(呼世斌、黄蔷蔷主编)的部分课后习题作了详细解答,希望读者在学习过程中先独立思考,自己动手解题,然后再对照检查,不要依赖解答。

(6) 学习效果测试及答案。根据无机及分析化学课程考试和考研内容,精选了适当的自测题,并附有答案和部分提示。读者可以通过这些测试题进一步掌握解题要领,巩固和加深对基本概念的理解,增强解决问题的能力,并检验自己对所学知识掌握的程度。

本书从指导课程教学、学习和考试、考研的角度,通过对大量涉及内容广、类型多、技巧性强的习题的解答,揭示了无机及分析化学的解题方法、解题规律和解题技巧,对于提高读者分

析问题的能力,理解基本概念和理论,开拓解题思路,全面增强综合素质,会起到良好的效果。

本书可作为高等农林院校各专业本、专科生的课程辅导及应试参考书,也可作为报考硕士研究生考生进行强化训练的指导书,同时可为教师教学提供参考。

本书的第1,3章由张增强编写,第2,4章由杨淑英编写,第5,6章由孟昭福编写,第7,8章由毛富春编写,第9~11章由赵晓农编写。龚宁参加了部分内容的编写工作。全书由赵晓农负责统稿和定稿。编写工作自始至终得到西北工业大学出版社的指导和支持,同时也得到西北农林科技大学教材中心和理学院领导、无机及分析化学教研室全体老师的热切关心、大力支持和帮助,在此,对他们一并致以诚挚的谢意。同时,对本书选用的参考文献的作者表示衷心的感谢。

由于编者水平所限,不当之处在所难免,诚请广大读者批评指正。

编 者

2006年7月



目 录

第 1 章 溶液和胶体	1
1.1 内容提要	1
1.2 知识结构图	5
1.3 教学要求、重点、难点及考点	5
1.4 典型题解析	6
1.5 课后习题选解	9
1.6 学习效果测试及答案	12
第 2 章 化学热力学基础	16
2.1 内容提要	16
2.2 知识结构图	20
2.3 教学要求、重点、难点及考点	20
2.4 典型题解析	21
2.5 课后习题选解	25
2.6 学习效果测试及答案	28
第 3 章 化学反应的速率和限度	34
3.1 内容提要	34
3.2 知识结构图	38
3.3 教学要求、重点、难点及考点	38
3.4 典型题解析	38
3.5 课后习题选解	42
3.6 学习效果测试及答案	48
第 4 章 物质结构简介	52
4.1 内容提要	52
4.2 知识结构图	56
4.3 教学要求、重点、难点及考点	57

4.4 典型题解析	57
4.5 课后习题选解	61
4.6 学习效果测试及答案	65
第5章 定量分析概论	70
5.1 内容提要	70
5.2 知识结构图	77
5.3 教学要求、重点、难点及考点	78
5.4 典型题解析	78
5.5 课后习题选解	84
5.6 学习效果测试及答案	88
第6章 酸碱平衡与酸碱滴定法	90
6.1 内容提要	90
6.2 知识结构图	98
6.3 教学要求、重点、难点及考点	99
6.4 典型题解析	99
6.5 课后习题选解	110
6.6 学习效果测试及答案	120
第7章 沉淀溶解平衡与沉淀测定法	125
7.1 内容提要	125
7.2 知识结构图	126
7.3 教学要求、重点、难点及考点	126
7.4 典型题解析	127
7.5 课后习题选解	131
7.6 学习效果测试及答案	138
第8章 配位化合物和配位滴定法	141
8.1 内容提要	141
8.2 知识结构图	143
8.3 教学要求、重点、难点及考点	144
8.4 典型题解析	144
8.5 课后习题选解	150
8.6 学习效果测试及答案	161
第9章 氧化还原反应和氧化还原滴定法	164
9.1 内容提要	164



9.2 知识结构图	167
9.3 教学要求、重点、难点及考点	168
9.4 典型题解析	168
9.5 课后习题选解	174
9.6 学习效果测试及答案	183
第 10 章 电位和电导分析法	186
10.1 内容提要	186
10.2 知识结构图	188
10.3 教学要求、重点、难点及考点	189
10.4 典型题解析	189
10.5 课后习题选解	192
10.6 学习效果测试及答案	193
第 11 章 吸光光度分析法	195
11.1 内容提要	195
11.2 知识结构图	197
11.3 教学要求、重点、难点及考点	197
11.4 典型题解析	198
11.5 课后习题选解	199
11.6 学习效果测试及答案	203



第1章 溶液和胶体

1.1 内容提要

1.1.1 粗分散系、分子分散系和胶体分散系的划分依据及分散度概念

1. 粗分散系

粗分散系是机械分散的产物,其分散粒子直径大于 100 nm。在粗分散系中,分散质粒子与分散剂之间存在明显的相界面,因此粗分散系是多相体系。

2. 分子分散系

分散质粒子直径小于 1 nm 的分散系称为分子分散系。在此分散系中,分散质分散程度达到了分子或离子状态,因此称为“真溶液”,简称溶液。

3. 胶体分散系

分散质粒子直径在 1 ~ 100 nm 之间的分散系称为胶体分散系。胶体分散系的分散质粒子是多个分子的聚集体,但比粗分散系粒子要小得多,因此胶体分散系也为多相体系,通常称为溶胶。

4. 分散度

分散度是描述分散质在分散剂中的分散程度的物理量。在多相体系中,粒子与介质间存在界面,以单位体积物质的表面代表物质的分散度(也称为比表面),即

$$S_0 = \frac{S}{V}$$

式中, S_0 为比表面; V 为分散质的总体积; S 为总表面积。

1.1.2 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,它是以阿伏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 7 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用该物质的化学符号(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 $n(\frac{1}{2} \text{H}_2\text{SO}_4)$,

$n(\frac{1}{5} \text{KMnO}_4)$ 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 $M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, $M(2\text{NaOH}) = 80 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, $c(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.1245 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $c(\frac{1}{6}\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 0.1000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 等和 $0.15 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 HCl , $0.100 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 $\frac{1}{5}\text{KMnO}_4$, 等等。

1.1.3 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 ,则该溶液的物质的量浓度为

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

其 SI 单位为 $\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$, 常用单位为 $\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ 或 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。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中。

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

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

1.1.4 稀溶液依数性产生的原因及其相关计算

1. 溶液蒸气压下降——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气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

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

式中, $x_B = n_B / (n_A + n_B)$; n_B 为溶质 B 的物质的量; n_A 为溶剂 A 的物质的量; p^0 为纯溶剂的蒸气压。

上式也可以表示为

$$p = p^0 x_A$$

即难挥发的非电解质稀溶液的蒸气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

$$\Delta p = \frac{n_B}{n_A} p^0$$

由于 $n_A = m_A / M_A$, 代入上式得

$$\Delta p = M_A p^0 \frac{n_B}{m_A} = K b_B$$

式中 $K = M_A p^0$, 称为蒸气压下降常数。对于水溶液, 它等于 $1 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的水溶液的蒸气压的下降值。一般 K 值由实验测定。

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气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。

$$\Delta T_b = K_b b_B$$

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。

$$\Delta T_f = K_f b_B$$

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。

$$\Pi = c_B RT$$

式中, Π 为溶液的渗透压, 其单位为 kPa ; c_B 为溶液的物质的量浓度, 其单位为 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; R 为摩尔气体常数, 其值为 $8.314 \text{ kPa} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1}$; T 为绝对温度, 其单位为 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 , 因此渗透压公式也可写为

$$\Pi = b_B RT$$

1.1.5 吸附作用的机理

1. 基本概念

(1) 表面能: 物质表面分子比内部分子的能量高, 表面分子比内部分子多余的能量称为表面能(界面能)。

(2) 吸附: 是指物质表面吸住周围介质中的分子或离子的现象。具有吸附能力的物质称吸附剂, 被吸附的物质称为吸附质。

2. 分子吸附——相似相吸原理

这类吸附是吸附剂对非电解质或弱电解质的吸附。其吸附规律是: 极性的吸附剂易于吸附极性的溶质或

溶剂,非极性的吸附剂易于吸附非极性的溶质或溶剂——相似相吸原理。

3. 离子吸附

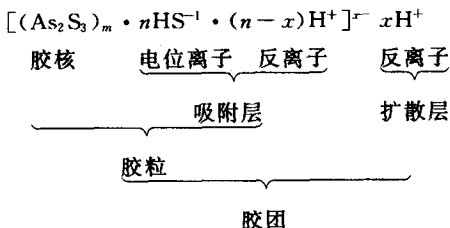
(1) 离子选择性吸附: 离子选择性吸附是吸附剂从溶液中优先选择吸附与自己组成、性质相关的离子,即吸附剂优先选择那些能在固体表面形成难电离、难溶解、形成同晶格的离子。

(2) 离子交换性吸附: 离子交换吸附是当吸附剂从溶液中吸附某种离子时,从吸附剂本身等电荷地置换出另外一种符号相同的离子到溶液中,这种交换是不完全的,是一个可逆过程。

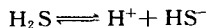
1.1.6 溶胶胶团的结构与溶胶的性质

1. 胶团的结构

胶体具有扩散双电层结构。如硫化亚砷胶体的胶团结构式



溶液中 H_2S 发生电离:



2. 溶胶的性质

(1) 光学性质: 丁达尔(Tyndall)现象: 用一束强光射入胶体溶液,在透过垂直方向的光线中看到一条光柱的现象(胶体粒子的光散射)。

(2) 动力学性质: 布朗(Brown)运动: 胶体粒子做无规则的运动(由于溶剂分子的无规则的运动造成)。

(3) 电学性质:

电泳: 在外加电场的作用下,带电胶核向相反电极移动的现象。

电渗: 在外加电场的作用下,介质(溶剂)移动的现象。

这些性质都是由于胶体粒子具有扩散双电层结构所引起的。

3. 溶胶的热力学电位 φ 与电动电位 ζ

胶体颗粒固相表面上的全部电位离子与液相中总的反离子之间存在电位差,这种电位称为热力学电位,又称为 φ 电位。

溶胶吸附层与扩散层之间带有相反的电荷,当胶粒在介质中受外界电场作用而运动时,在吸附层与扩散层液体内部产生一个电位差,称为电动电位,又称为 ζ 电位。

φ 电位与 ζ 电位的主要区别:

(1) 由于电位是发生电动现象时吸附层与扩散层液体内部的电位,而吸附层中吸附了一部分反离子,它们抵消了一部分电荷,因而 ζ 电位比 φ 电位小。

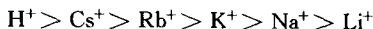
(2) φ 电位的大小决定于电位离子在溶液中的浓度,只要被吸附的电位离子浓度不变,电位就不变。 ζ 电位除与电位离子在溶液中的浓度有关外,还随着溶液中其他离子浓度的变化而变化,外加电解质可以使电位降低。

4. 溶胶的聚沉

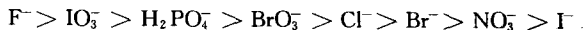
(1) 电解质对溶胶的聚沉: 电解质对溶胶的聚沉作用主要是异号电荷的作用。离子的价数越高,水化半径

越小,聚沉能力越大。同价离子的聚沉能力很接近,但也有差异,并有一定的规律。

(2) 感胶离子序: 正离子对负溶胶的聚沉能力顺序为



负一价阴离子对正溶胶的聚沉能力顺序为



(3) 聚沉值: 聚沉值是使一定量的溶胶在一定时间内完全聚沉所需电解质的最小浓度($\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$)。聚沉值愈大,表示该电解质的聚沉能力愈小,聚沉值与聚沉能力互成倒数关系。

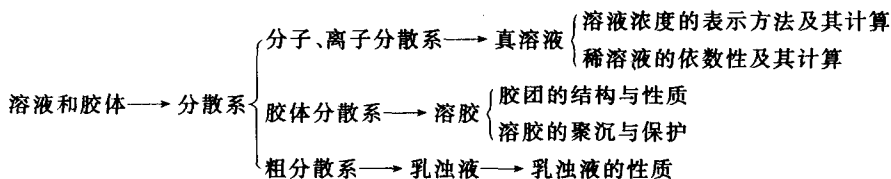
(4) 相互聚沉现象: 将带相反电荷的溶胶按一定比例混合,使两种溶胶的电荷相互抵消,则可发生相互聚沉作用。

1.1.7 乳浊液的性质

乳浊液是一种多相分散体系,它是一种液体以极小的液滴形式分散在另一相与其不相混溶的液体中所构成的。被分散液滴的直径约在 $100 \sim 500 \text{ nm}$ 之间,属粗分散系。乳浊液是热力学不稳定的多相体系。

定向楔形理论: 该理论认为,乳化剂分子在液滴表面上可形成紧密的吸附层,其空间构型起重要作用。所谓分子的空间构型指分子中极性集团和非极性集团截面积的相对大小,即用极性集团截面直径 d_1 和非极性集团截面直径 d_2 之比来判断可能形成的乳浊液类型。当 $d_1 > d_2$ 时,易于形成 O/W 型乳浊液; $d_1 < d_2$ 时,则形成 W/O 型乳浊液。如一价金属皂形成 O/W 型乳浊液,二价金属皂形成 W/O 型乳浊液。

1.2 知识结构图



1.3 教学要求、重点、难点及考点

1.3.1 教学基本要求

- (1) 理解分散系的概念、表面吸附、溶胶的性质及乳浊液的性质。
- (2) 熟练掌握溶液浓度的表示方法、稀溶液的依数性及其相关计算和胶团的结构。

1.3.2 重点、难点指南

重点: 溶液的浓度及其计算、稀溶液的依数性及其计算、胶团的结构。

难点: 物质的量及其导出量的使用规则; 稀溶液的依数性计算过程中不同物理量单位的换算; 胶团的结

构式的写法和溶胶双电层结构的理解。

1.3.3 考点指南

- (1) 溶液浓度的计算。
- (2) 稀溶液依数性的计算。
- (3) 胶团的结构及溶胶的聚沉。

1.4 典型题解析

例 1.1 计算在 293 K 时,密度为 $1.84 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$,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

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{100}{1.84 \times 1000} = 0.0543 \text{ L}$$

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

$$c(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{n(\text{H}_2\text{SO}_4)}{V} = \frac{1.00}{0.0543} = 18.7 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

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

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

根据物质的量浓度定义可得

$$c(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{n(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4)}{V} = \frac{2.00}{0.0543} = 36.9 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

【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

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

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

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

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



$$c_B = \frac{\rho \cdot a\% \times 1000}{M_B} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

式中, ρ 为溶液的密度; $a\%$ 为溶液的质量百分比浓度。

例 1.2 30.00 mL NaCl 饱和溶液重 36.009 g, 将其蒸干后得 NaCl 9.519 g, 求该溶液的: (1) 物质的量浓度; (2) 质量摩尔浓度; (3) 物质的量分数浓度。

分析 这是一个已知溶液中溶质和溶剂的质量与溶液总体积, 求算溶液不同浓度的典型例题, 只要知道溶质和溶剂的摩尔质量, 则可计算出溶质和溶剂的物质的量, 根据公式可计算出不同的浓度。

解 已知 $m(\text{NaCl}) = 9.519 \text{ g}$, $M(\text{NaCl}) = 58.44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, $M(\text{H}_2\text{O}) = 18.02 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, $V = 30.00 \text{ mL}$, 则 30.00 mL 的溶液中水的质量为

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 36.009 - 9.519 = 26.49 \text{ g}$$

(1) 求物质的量浓度。根据 $c_B = \frac{n_B}{V}$ 可得

$$c(\text{NaCl}) = \frac{m(\text{NaCl})}{M(\text{NaCl})V} = \frac{9.519 \times 1000}{58.44 \times 30.00} = 4.529 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

(2) 求质量摩尔浓度。根据 $b_B = \frac{n_B}{m_A}$ 可得

$$b(\text{NaCl}) = \frac{m(\text{NaCl})}{M(\text{NaCl})m(\text{H}_2\text{O})} = \frac{9.519 \times 1000}{58.44 \times 26.49} = 6.149 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$$

(3) 求物质的量分数浓度。根据 $x_B = \frac{n_B}{n_A + n_B}$ 可得

$$x(\text{NaCl}) = \frac{n(\text{NaCl})}{n(\text{NaCl}) + n(\text{H}_2\text{O})} = \frac{9.519/58.44}{9.519/58.44 + 26.49/18.02} = 0.09976$$

【评注】 该题考查的是对溶液不同浓度定义的理解掌握情况, 只要对溶液不同浓度的定义有正确的理解, 则不难计算出相应的浓度。

例 1.3 20℃ 时葡萄糖 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ (摩尔质量为 $180 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$) 15.0 g 溶解于 200 g 水中, 试计算溶液的蒸气压、沸点、凝固点和渗透压 (20℃ 时水的蒸气压为 2 333.14 Pa, H_2O 的沸点上升常数为 $0.512 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$, H_2O 凝固点下降常数为 $1.86 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$)。

分析 溶液的蒸气压可直接通过相应的公式进行计算; 该溶液的沸点、凝固点的计算, 则应先计算出该溶液的质量摩尔浓度, 并通过相关公式计算出沸点的升高值、凝固点的降低值, 再与纯水的沸点和凝固点的温度相结合, 得到该溶液的沸点、凝固点; 溶液渗透压的计算, 则应通过稀溶液物质的量浓度与质量摩尔浓度之间的近似相等关系, 用渗透压公式进行计算。

解 (1) 计算溶液的蒸气压。根据公式 $p = p^\circ x_A$ 可得

$$p = p^\circ \cdot \frac{n(\text{H}_2\text{O})}{n(\text{H}_2\text{O}) + n(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)} = \frac{2333.14 \times 200/18.02}{200/18.02 + 15.0/180} = 2315.78 \text{ Pa}$$

也可先计算出该溶液蒸气压的降低值, 再与纯水的蒸气压相比较, 得到溶液的蒸气压值。如:

$$\Delta p = M_A p^\circ \frac{n_B}{m_A} = 2333.14 \times \frac{18.02}{1000} \times \frac{15.0/180}{200/1000} = 17.52 \text{ Pa}$$

$$p = p^\circ - \Delta p = 2333.14 - 17.52 = 2315.62 \text{ Pa}$$

(2) 计算溶液的沸点。根据公式 $\Delta T_b = K_b b_B$ 可得

$$\Delta T_b = 0.512 \times \frac{15.0/180}{200/1000} = 0.213 \text{ K}$$