



普通高等专科学校教育药学类规划教材

(供药学专业用)

无机化学

WUJI HUAXUE

主编 侯新初 主审 汤启昭

中国医药科技出版社

普通高等专科学校教育药学类规划教材

无机化学

(供药学专业用)

主 编 侯新初
主 审 汤后昭
编写人员 侯新初 (开封医学高等专科学校)
彭夷安 (湖南医学高等专科学校)
李锐增 (广东药学院)
魏 红 (上海第二军医大学)
审稿人员 汤后昭 (中国药科大学)
黄庆安 (中国人民解放军北京医学高等专科学校)
赵岚宁 (沈阳药科大学)

中国医药科技出版社

内 容 提 要

本书是根据 1994 年 7 月“全国普通高等专科学校药学专业‘八五’规划教材工作会议”的精神，参考有关专业教学大纲，并结合教学实践编写而成。

本书主要内容分为无机化学原理和元素化学两部分，共十章。无机化学原理部分按溶液理论、热化学与反应方向和限度、氧化还原、物质结构、配位化学的顺序组成一个较完整的理论体系，重点讨论“四大平衡”及其变化规律。元素化学部分则以物质结构和周期系为依据，结合专业特点，着力突出重要的、有代表性的元素及其化合物的性质和反应类型，强调其在医药领域中的应用。根据课程要求，本书将“常见无机离子的鉴别与检出”放在元素化学中介绍。

本书为三年制药学专业基础课教材，也可供医药开放大学使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

无机化学/侯新初主编. —北京: 中国医药科技出版社, 1996.6

普通高等专科学校教育药学类规划教材 供药学专业用

ISBN 7 - 5067 - 1492 - 2

I. 无... II. 侯... III. 无机化学 - 高等学校 - 教材 IV. 061

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (95) 第 19118 号

出版 中国医药科技出版社
地址 北京市海淀区文慧园北路甲 22 号
邮编 100088
电话 010 - 62244206
网址 www.mpsky.com.cn
规格 787 × 1092mm 1/16
印张 20 1/2
插页 1
字数 483 千字
印数 121001—129000
版次 1996 年 6 月第 1 版
印次 2006 年 1 月第 19 次印刷
印刷 北京市朝阳区小红门印刷厂
经销 全国各地新华书店
书号 ISBN 7 - 5067 - 1492 - 2/G·0098
定价 28.00 元

本社图书如存在印装质量问题请与本社联系调换

序 言

我国药学高等专科学校教育历史悠久，建国后有了较大发展，但几十年来一直未能进行全国性的教材建设，在一定程度上影响了高等专科学校教育的质量和发展的。改革开放以来，高等专科学校教育面临更大的发展，对教材的需求也更为迫切。

国家医药管理局科教司根据国家教委的（1991）25号文，负责组织、规划药学高等专科学校教材的编审出版工作。在国家教委的指导下，在对全国药学高等专科学校教育情况调查的基础上，药学高等专科学校教材建设委员会于1993年底正式成立，并立即制订了“八五”教材编审出版规划，在全国20多所医药院校的支持下，成立了各门教材的编审专家组（共51人）和编写组（共86人），随即投入了紧张的编审、出版工作。经100多位专家组、编写组的教师和中国医药科技出版社的团结协作、共同努力，建国以来第一套高等专科学校教育药学类规划教材终于面世了。

这套教材是国家教委“八五”教材建设的一个组成部分，编写原则是紧扣高等专科学校教育的培养目标，适应高等专科学校教育改革与发展的要求，保证教材质量，反映专科教育的特色。同时，由于我们组织了全国设有药学高等专科学校的大多数院校和大批教师参加编审工作，既强调专家编写与审稿把关的作用，也注意发挥中、青年教师的积极性，使这套教材能在较短时间内以较高质量出版，适应了当前药学高等专科学校教育发展的需求。在编写过程中，也充分注意到目前高等专科学校教育中有全日制教育、函授教育、自学高考等多种办学形式，力求使这套教材能具有通用性，以适应不同办学形式的教学要求。

根据国务院对各部委的职责分工和国家教委文件要求，我们还将组织这套教材的修订、评优及配套教材（实验指导、习题集）的编写工作，竭诚欢迎广大读者对这套教材提出宝贵意见。

普通高等专科学校教育药学类
规划教材建设委员会

1995年11月

普通高等专科学校教育药学类
规划教材建设委员会

名誉主任委员：郑筱萸

主任委员：姚文兵

副主任委员：尹 舫 宋丽丽

委 员：(按姓氏笔画为序)

丁 红 毛季琨 王树春

王桂生 刘志华 朱家勇

宋智敏 陈天平 林 宁

罗向红

秘 书：浩云涛 高鹏来

前 言

根据 1994 年 7 月国家医药管理局召开的“全国普通高等专科药类专业‘八五’规划教材工作会议”的精神，参考有关专业教学大纲和各校“无机化学”教学实践的经验，我们组织编写了本教材，供三年制药学专业和医药开放大学学员使用。

为了体现专业特点，贯彻“少而精”、学以致用原则，本书着重于以下几个方面的工作：

1. 本教材按课程的内在联系分为无机化学原理和元素化学两部分，共十章。无机化学原理部分按溶液理论、热化学与反应方向和限度、氧化还原、物质结构、配位化学的顺序组成一个较完整的理论体系，重点讨论“四大平衡”及其变化规律，适当压缩对热力学、动力学和结构化学的论述。为避免重复，本书在论述化学反应中的能量关系时，着重介绍能量守恒定律和焓的概念；在论述反应速率时，重点放在对基本知识的介绍，采取由实验到理论的方法，不涉及繁琐的公式推导；在论述原子、分子结构时，尽量避免过多地引进量子力学概念。元素化学部分则以物质结构和周期系为依据，结合专业特点，着力突出重要的、有代表性的元素及其化合物的性质和反应类型，强调其在医药领域中的应用，改变以往系统、全面逐一叙述的方式。根据课程要求，本书将“常见无机离子的鉴定与检出”放在元素化学中介绍。

2. 本教材全面采用法定计量单位（SI 制），有时也保留了一些允许与 SI 制暂时并用的其它单位。请读者注意，原子量在 SI 单位制中曾被改为相对原子质量，而 1991 年国际纯化学和应用化学联合会恢复使用原子量，本书已作相应修正。

3. 本教材所列习题是在“少而精”原则的指导下编选而成的。内容包括基本概念、基本理论、数学演算、综合比较诸方面，力求作到思考性训练、技巧性训练和综合性训练相结合。书中穿插有阶段性测验题，书后附有部分习题答案，便于学生进行复习和自检。

鉴于各院校的具体情况不同，使用本教材时，应从实际出发，对于章节的内容与编排顺序，可酌情调整。

参加本书编写的有：侯新初（第一、二、三章）、彭夷安（第五、六、九章）、李锐增（第七、八章）和魏红（第十章）。第四章由开封医学高等专科学校

校的姚素梅编写。湖南医学高等专科学校的李其华协助彭夷安编写了部分章节。全稿由中国药科大学汤启昭教授、中国人民解放军北京医学高等专科学校黄庆安教授和沈阳药科大学赵岚宁副教授审定。本书的编写始终得到国家医药管理局、普通高等学校药学类专科教材建设委员会和各有关院校领导的关怀和支持。在此一并表示衷心的感谢。

由于编写时间仓促，加之编者水平所限，书中缺点、漏误在所难免，敬请读者赐教指正。

编者

1995年8月

目 录

第一章 溶液	(1)
第一节 溶液的浓度	(1)
一、溶液浓度的表示方法	(1)
二、浓度的有关计算	(3)
第二节 稀溶液的依数性	(4)
一、溶液的蒸气压下降	(4)
二、溶液的沸点升高	(6)
三、溶液的凝固点降低	(7)
四、溶液的渗透压	(9)
习题	(13)
第二章 化学反应中的能量关系	(15)
第一节 基本概念和常用术语	(15)
一、体系和环境	(15)
二、状态函数	(15)
三、热、功和热力学能	(16)
第二节 化学反应的热效应	(17)
一、能量守恒定律	(17)
二、反应热与反应焓变	(18)
三、热化学方程式	(20)
四、Hess 定律	(21)
五、生成焓	(23)
习题	(24)
第三章 化学反应速率、限度和方向	(26)
第一节 单相体系和多相体系	(26)
第二节 化学反应速率	(26)
一、化学反应速率的概念和表示方法	(27)
二、反应的活化能与反应热	(28)
三、浓度对反应速率的影响	(30)
四、温度对反应速率的影响	(34)
五、催化剂对反应速率的影响	(36)
第三节 化学反应的限度和方向	(37)
一、可逆反应与化学平衡	(37)

二、化学平衡常数	(3 8)
第四节 化学平衡的移动	(4 4)
一、浓度对化学平衡的影响	(4 4)
二、压力对化学平衡的影响	(4 5)
三、温度对化学平衡的影响	(4 6)
习题	(4 8)
第四章 电离平衡与溶液的酸碱性	(5 1)
第一节 酸碱质子理论	(5 1)
一、酸碱的定义	(5 1)
二、酸碱反应	(5 2)
三、酸碱强度	(5 4)
第二节 溶液的酸碱性	(5 5)
一、水的电离平衡	(5 5)
二、溶液的酸度	(5 6)
三、酸碱指示剂	(5 7)
第三节 电解质溶液	(5 8)
一、强电解质溶液	(5 9)
二、弱电解质溶液	(6 1)
第四节 盐类的水解	(6 7)
一、盐类水解的实质	(6 7)
二、各类盐的水解平衡	(6 8)
三、影响盐类水解的因素	(7 1)
第五节 缓冲溶液	(7 2)
一、缓冲溶液的概念	(7 2)
二、缓冲作用原理	(7 3)
三、缓冲溶液的 pH 值	(7 4)
四、缓冲溶液的缓冲能力	(7 6)
五、缓冲溶液的选择和配制	(7 7)
习题	(7 8)
第五章 沉淀-溶解平衡	(8 0)
第一节 难溶电解质的溶度积	(8 0)
一、溶度积常数	(8 0)
二、溶度积和溶解度	(8 1)
三、溶度积规则	(8 3)
第二节 沉淀的生成和溶解	(8 4)
一、沉淀的生成	(8 4)
二、分级沉淀	(8 7)
三、沉淀的溶解	(8 9)

四、沉淀的转化	(9 2)
习题	(9 3)
第一章至第五章阶段测验题	(9 6)
第六章 氧化还原与电极电势	(9 9)
第一节 氧化还原反应的基本概念	(9 9)
一、氧化数	(9 9)
二、氧化还原共轭关系	(100)
三、氧化还原反应式的配平	(101)
第二节 电极电势	(104)
一、原电池	(104)
二、电极电势的产生	(105)
三、标准电极电势的测定	(105)
四、影响电极电势的因素——Nernst 方程	(108)
第三节 电极电势的应用	(111)
一、比较氧化剂和还原剂的相对强弱	(111)
二、判断氧化还原反应进行的方向	(112)
三、判断氧化还原反应进行的限度	(115)
四、元素标准电极电势图及其应用	(118)
习题	(120)
第七章 原子结构	(123)
第一节 核外电子运动状态的描述	(123)
一、核外电子运动的特殊性	(123)
二、核外电子的运动状态	(125)
第二节 多电子原子的结构	(132)
一、基态原子中电子分布原理	(132)
二、多电子原子轨道的能级	(133)
第三节 电子层结构与元素周期系	(141)
一、元素周期系与电子层结构的关系	(141)
二、元素性质的周期性	(144)
习题	(149)
第八章 化学键与分子结构	(153)
第一节 共价键理论	(153)
一、现代价键理论	(154)
二、杂化轨道理论	(157)
三、价层电子对互斥理论	(160)
四、分子轨道理论	(162)
五、键参数	(166)
第二节 分子间作用力和氢键	(168)

一、分子的极性	(168)
二、分子间作用力	(169)
三、氢键	(171)
第三节 离子极化 晶体	(174)
一、离子的极化	(174)
二、晶体	(177)
习题	(180)
第九章 配位化合物	(183)
第一节 配位化合物的基本概念	(183)
一、配位化合物及其组成	(183)
二、配位化合物的类型	(186)
三、配位化合物的化学式和命名	(187)
第二节 配位化合物的价键理论	(189)
一、键的本质和配位化合物的分类	(189)
二、配位化合物的磁性	(191)
三、配位化合物的空间构型	(191)
第三节 配位化合物在水溶液中的稳定性	(193)
一、配位平衡常数	(193)
二、配位平衡的移动	(198)
第四节 配位化合物的应用	(201)
一、在生物学方面的应用	(202)
二、在医药学方面的应用	(203)
三、在分析化学中的应用	(205)
习题	(206)
第六章至第九章阶段测验题	(209)
第十章 重要元素及其化合物	(212)
第一节 概述	(212)
一、元素在自然界中的分布	(212)
二、无机物的性质	(214)
三、生物无机化学的一些基本概念	(219)
第二节 卤素	(221)
一、卤素的通性	(221)
二、卤素单质	(222)
三、卤化氢和氢卤酸	(225)
四、氯的含氧酸及其盐	(226)
五、拟卤素	(229)
六、卤素在生物体内的分布及作用	(230)
七、常用的含卤素药物	(231)

第三节 氧族元素	(231)
一、氧族元素的通性	(232)
二、氧、臭氧和过氧化氢	(233)
三、硫、硫化氢和金属硫化物	(235)
四、硫的重要含氧酸及其盐	(237)
五、氧族元素在生物体内的分布及作用	(241)
六、常用的含氧族元素药物	(242)
第四节 氮族元素	(242)
一、氮族元素的通性	(242)
二、氨和铵盐	(244)
三、氮的含氧酸及其盐	(245)
四、磷的含氧酸及其盐	(246)
五、砷、锑、铋的重要化合物	(247)
六、氮族元素在生物体内的分布及作用	(249)
七、常用的含氮族元素药物	(250)
第五节 碳族和硼族元素	(250)
一、碳族和硼族元素的通性	(251)
二、活性炭的吸附作用	(252)
三、碳的无机含氧酸及其盐	(253)
四、硅的含氧化合物	(254)
五、硼酸和硼砂	(255)
六、铝、锡、铅的重要化合物	(256)
七、碳族和硼族元素在生物体内的分布及作用	(258)
八、常用的含碳族和硼族元素药物	(259)
第六节 碱金属和碱土金属元素	(259)
一、碱金属和碱土金属元素的通性	(260)
二、碱金属、碱土金属的氧化物和氢氧化物	(261)
三、常见的碱金属和碱土金属盐类	(261)
四、碱金属、碱土金属元素在生物体内的分布及作用	(263)
五、常用的含碱金属和碱土金属元素药物	(263)
第七节 过渡元素	(264)
一、过渡元素的通性	(264)
二、铬、锰的重要化合物	(266)
三、铁、钴、镍的重要化合物	(270)
四、铜、银的重要化合物	(272)
五、锌、镉、汞的重要化合物	(275)
六、过渡元素在生物体内的分布及作用、以及镉、汞的生物毒性	(277)
七、常用的含过渡元素药物	(279)

第八节 常见无机离子的鉴别和检出	(280)
一、离子鉴定的基本概念	(280)
二、常见阴离子的一般性质及鉴别反应	(284)
三、常见阳离子的一般性质及鉴别反应	(286)
四、混合离子检出	(292)
五、常见无机杂质限度检验	(294)
习题	(295)
附录	(299)
I-1 SI 单位制的词头	(299)
I-2 一些非推荐单位、导出单位与 SI 单位的换算	(299)
II 一些常用的物理化学常数	(300)
III 常见物质的标准生成焓	(301)
IV 弱酸、弱碱的电离平衡常数 K^{\ominus}	(304)
V 常见难溶电解质的溶度积 K_{sp} (298K)	(305)
VI-1 酸性溶液中的标准电极电势 (298K)	(306)
VI-2 碱性溶液中的标准电极电势 (298K)	(308)
VII 常见配(络)离子的稳定常数 $K_{\text{稳}}$	(309)
VIII 本书使用的重要符号	(309)
部分习题答案	(312)
元素周期表	(315)

第一章 溶 液

溶液 (solution) 在日常生活、化工生产和科学实验中得到广泛应用。许多化学反应需要在溶液中进行；许多食物须经过消化形成溶液后才易被人体吸收；临床上常将一些药物配制成具有一定浓度的溶液使用；人体内的体液，如血液、淋巴液以及各种腺体的分泌液等，也属于溶液的范畴。可见，溶液在人类的生产活动、科学实验和生命过程中具有十分重要的意义。

第一节 溶液的浓度

溶液的性质常与溶液中溶质和溶剂的相对组成有关。稀硫酸能与铁起置换反应放出氢气；而浓硫酸则可使铁钝化，在铁表面生成一层致密的氧化膜以阻止硫酸继续与铁作用。同为硫酸，由于浓度不同，性质迥异。因此，配制一种溶液，不仅要标明溶质和溶剂的名称，还必须标明溶液的浓度 (concentration)。

溶液的浓度是指溶液中溶质和溶剂的相对含量。为了实际工作的需要或方便，对溶液的浓度规定了相应的标准。

一、溶液浓度的表示方法

同是一种溶液，根据不同的需要，可选择不同的浓度表示方法。溶液的浓度表示方法是多种多样的，大体可分为两大类：一类是用溶质和溶剂的相对量表示，其单位可用克 (g) 或摩尔 (mol)，如质量分数、摩尔分数、质量摩尔浓度等；另一类是用一定体积溶液中所含溶质的量表示，如体积分数、“物质的量”浓度等。现将几种常用的浓度表示方法作简单介绍。

1. 质量分数和体积分数

以往使用的质量百分比浓度、体积百分比浓度，按国标^①已改为质量分数、体积分数。

(1) 质量分数 溶质的质量与溶液的质量之比称为该溶质的质量分数，用符号 w 表示，即

$$w = \frac{m_{\text{溶质}}}{m_{\text{溶液}}}$$

质量分数常用的表示方法有：

① 溶质的质量 (g) 占全部溶液质量 (g) 的百分比^②

① 中华人民共和国国家标准。

② 医药上惯用符号 % (g/g) 表示。

$$w = \frac{\text{溶质的质量(g)}}{\text{溶液的质量(g)}} \times 100\%$$

例如：100 克硫酸溶液中含有 98 克 H_2SO_4 ，其浓度可表示为 $w(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98\%$ 或 $w(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.98$ 。

② 溶质的质量占全部溶液质量的百万分比(10^{-6})^①

$$w = \frac{\text{溶质的质量(g)}}{\text{溶液的质量(g)}} \times 10^6/10^6$$

例如：1g 溶液中含有 $2.5\mu\text{gFe}^{3+}$ 离子，其浓度可表示为 $w(\text{Fe}^{3+}) = 2.5 \times 10^{-6}$

(2) 体积分数 在相同温度和压强的条件下，混合气体中组分 B 单独占有的体积 (V_B) 与混合气体总体积 ($V_{\text{总}}$) 之比，称为组分 B 的体积分数，用符号 φ_B 表示，即

$$\varphi_B = \frac{V_B}{V_{\text{总}}}$$

两种液体相互溶解时，假若不考虑体积变化，某一组分的浓度亦可用体积分数表示。例如 3 体积酒精溶解在 1 体积水中，酒精在此溶液中的浓度约为

$$\varphi_{\text{酒精}} = \frac{V_{\text{酒精}}}{V_{\text{酒精}} + V_{\text{水}}} = \frac{3}{3+1} = 0.75 \text{ 或 } 75\% \text{ ②}$$

用质量分数和体积分数表示浓度，配制方法简单，使用方便，是常用的方法。

2. 比例浓度

将固体溶质 1g 或液体溶质 1cm^3 配成 $X\text{cm}^3$ 溶液，这种浓度表示方法称为比例浓度。用符号 1 : X 表示。

例如 1 : 1000 的高锰酸钾溶液是指将 1g 高锰酸钾加水溶解成 1000cm^3 的溶液。

这种表示方法极为简单，这样的溶液也最容易配制，因此是药物调剂中常用的一种浓度表示法。

3. 摩尔分数

混合物中物质 B 的物质的量与混合物的总物质的量之比，称为该物质 B 的摩尔分数。以符号 x_B 表示，即

$$x_B = \frac{n_B}{n_{\text{总}}}$$

式中 n_B 为物质 B 的物质的量， $n_{\text{总}}$ 为混合物中各物质的物质的量之和。混合物中各物质的摩尔分数之和等于 1，即

$$\sum_i x_i = 1$$

例如市售浓硫酸的浓度为 98%，其中 H_2SO_4 和 H_2O 的摩尔分数分别为

$$n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{\text{质量}}{\text{摩尔质量}} = \frac{98\text{g}}{98\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 1.0\text{mol}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{\text{质量}}{\text{摩尔质量}} = \frac{2\text{g}}{18\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.11\text{mol}$$

$$\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ 的摩尔分数 } x_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{1.0}{1.0+0.11} = 0.9$$

① 对于极稀的溶液，过去使用 ppm、ppb 表示，因概念模糊和数据不统一，现已废除。

② 医药上惯用符号 % (ml/ml) 表示。

$$\text{H}_2\text{O} \text{ 的摩尔分数 } x_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{0.11}{1.0+0.11} = 0.1$$

由于用摩尔比表示有关物质之间量的关系比较简便，所以用摩尔分数来表示溶液的浓度可以和化学反应直接联系起来。同时这种浓度表示方法也常用到稀溶液性质的研究上。

4. “物质的量”浓度

“物质的量”浓度简称浓度，其定义为：溶液中溶质 B 的物质的量 (mol) 除以溶液的体积 (m^3 或 dm^3)，称为溶质 B 的“物质的量”浓度，用符号 c_B 表示，即

$$c_B = \frac{n_B}{V} = \frac{\text{溶质 B 的“物质的量”}}{\text{溶液的体积}}$$

“物质的量”浓度的 SI 单位为 $\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ 或 $\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$ ，但最常用的是 $\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ (或 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)。

这种浓度表示方法是实验室中最常用的，只要量取一定体积的溶液，很容易计算出其中所含溶质的量 (mol 或 g)。例如 500cm^3 (ml) $0.50\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ 的氢氧化钠溶液中含 NaOH 的量为

$$n_{\text{NaOH}} = 0.50\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3} \times \frac{500\text{cm}^3}{1000\text{cm}^3 \cdot \text{dm}^{-3}} = 0.25\text{mol}$$

$$\text{或 } 0.25\text{mol} \times 40\text{g} \cdot \text{mol}^{-1} = 10\text{g}$$

此法的缺点是溶液密度与温度变化有关，浓度数值随温度略有变化。所以在实际工作中有时需采用另一种浓度表示方法。

5. 质量摩尔浓度

溶液中溶质 B 的物质的量 (mol) 除以溶剂的质量 (kg)，称为溶质 B 的质量摩尔浓度，用符号 m_B 表示，即

$$m_B = \frac{n_B}{m} = \frac{\text{溶质 B 的“物质的量”}}{\text{溶剂的质量}}$$

质量摩尔浓度的 SI 单位为 $\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

例如将 18g 葡萄糖 (摩尔质量是 $180\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$) 溶于 1000g 水中，所得溶液的浓度为 $0.1\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$ ，习惯写作 0.1m。

又如 10% 氯化钠溶液的质量摩尔浓度为

$$m_{\text{NaCl}} = \frac{10\text{g}/58.5\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}}{0.09\text{kg}} = 1.9\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$$

此法的优点是浓度数值不受温度影响，所以在讨论某些理论问题时，常用这种浓度表示方法。

对于很稀的溶液， $1\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1} \approx 1\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ 。

二、浓度的有关计算

实际工作中，常遇到不同浓度表示方法之间的相互换算，一种浓溶液加溶剂稀释为一种稀溶液，以及两种不同浓度的溶液相互混合为一种所需浓度溶液等问题。现举例加以说明。

【例 1-1】 10% 氯化钠溶液的密度 $\rho = 1.07\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ (283K)，该溶液的“物质的量”浓度是多少？

$$\begin{aligned} \text{解: } c_{\text{NaCl}} &= \frac{\text{溶质的“物质的量”(mol)}}{\text{溶液的体积}(\text{dm}^3)} \\ &= \frac{10\text{g}/58.5\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}}{100\text{g}/1.07\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}} \times 1000\text{cm}^3 \cdot \text{dm}^{-3} \\ &= 1.83\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3} \end{aligned}$$

所以, 283K 时, 10% 氯化钠溶液的“物质的量”浓度为 $1.83\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ 。

【例 1-2】 欲配制 $1.0\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ 的硫酸溶液 0.50dm^3 , 需取用 $\rho=1.84\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 、98% 的浓硫酸多少立方厘米?

解: 设需取用浓硫酸 $x\text{cm}^3$ 。

因为稀释前后溶液中溶质含量不变

$$\text{故有 } 0.50\text{dm}^3 \times 1.0\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3} \times 98\text{g} \cdot \text{mol}^{-1} = x \times 1.84\text{g} \cdot \text{cm}^{-3} \times 98\%$$

$$\text{解得 } x = 27.2\text{cm}^3$$

故需取用浓硫酸 27.2cm^3 。

【例 1-3】 配制某药剂需用 $0.300\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ 硫酸溶液, 欲将 2000cm^3 $0.100\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ 硫酸溶液利用起来, 问需取 $3.00\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ 硫酸溶液多少立方厘米与其混合, 才能配成 $0.300\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ 硫酸溶液?

解: 设需取 $3.00\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ 硫酸溶液 $x\text{cm}^3$ 。

混合后溶质的量应等于混合前两溶液中溶质的量之和。

$$\text{故有 } 0.100\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3} \times 2000\text{cm}^3 + 3.00\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3} \times x = 0.300\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3} \times (2000\text{cm}^3 + x)$$

$$\text{解得 } x = 148\text{cm}^3$$

所以取 $3.00\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ 硫酸溶液 148cm^3 即可。

第二节 稀溶液的依数性

人们都知道, 在 101.3kPa 下, 纯水的沸点为 373K , 凝固点为 273K 。而海水却在高于 373K 时沸腾, 低于 273K 时才结冰。这一现象与溶液的性质密切相关。

溶解过程是物理-化学过程。当溶质溶解于溶剂中形成溶液后, 溶液的性质已不同于原来的溶质和溶剂。溶液的一些性质与溶质的本性有关, 如颜色、导电性等。而溶液的另一一些性质如蒸气压、沸点、凝固点和渗透压等却与溶质的本性无关, 而仅仅取决于溶液的浓度, 即一定量溶液或溶剂中所含溶质粒子数的多少。由于这类性质的变化依赖于溶质的粒子数且又只适用于稀溶液, 所以 Ostwald 将这类性质称为稀溶液的“依数性”。

一、溶液的蒸气压下降

1. 溶剂的蒸气压

将一杯纯水放在密闭容器中。由于分子的热运动, 一部分动能较高的分子自水面逸出, 扩散到空间形成水蒸气, 这一过程称为蒸发。水蒸气分子也在不停地运动着, 其中一些蒸气分子又可能碰到水面重新变成液态水, 这一过程称为凝聚。在一定温度下, 水的蒸发速度是恒定的。开始时凝聚速度小于蒸发速度, 随着蒸发过程的进行, 水面上空蒸气分子浓