



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

供高职高专药学类专业及相关医学专业使用

无机化学

第 2 版

■ 主编 刘志红



第四军医大学出版社



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

供高职高专药学类专业及相关医学专业使用

无机化学

第2版

主 编 刘志红

副主编 商传宝 宋成英 贺艳斌

编 者 (按姓氏笔画排序)

丁润梅 (宁夏医科大学高职学院)

叶 翀 (黑龙江机械制造高级技工学校)

刘志红 (长春医学高等专科学校)

宋成英 (乐山职业技术学院)

李伟娜 (长春医学高等专科学校)

李彩云 (天津医学高等专科学校)

张若男 (黑龙江护理高等专科学校)

贺艳斌 (长治医学院)

商传宝 (淄博职业学院)

第四军医大学出版社·西安

图书在版编目 (CIP) 数据

无机化学/刘志红主编. —2 版. —西安: 第四军医大学出版社, 2014. 8

“十二五”职业教育国家规划教材

ISBN 978 - 7 - 5662 - 0563 - 6

I. ①无… II. ①刘… III. ①无机化学 - 高等职业教育 - 教材 IV. ①O61

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 134449 号

wujihuaxue

无机化学

出版人: 富 明 责任编辑: 张永利 崔宝莹

出版发行: 第四军医大学出版社

地址: 西安市长乐西路 17 号 邮编: 710032

电话: 029 - 84776765 传真: 029 - 84776764

网址: <http://press.fmmu.edu.cn>

制版: 新纪元文化传播

印刷: 西安市建明工贸有限责任公司

版次: 2011 年 8 月第 1 版 2014 年 8 月第 2 版第 3 次印刷

开本: 787 × 1092 1/16 印张: 12.75 彩插 1 页 字数: 310 千字

书号: ISBN 978 - 7 - 5662 - 0563 - 6/O · 17

定价: 28.00 元

版权所有 侵权必究

购买本社图书, 凡有缺、倒、脱页者, 本社负责调换

前 言

为全面贯彻《教育部关于“十二五”职业教育教材建设的若干意见》(教职成〔2012〕9号)等文件精神,适应现代高等职业教育的发展,根据行业发展和职业教育改革的实际需要,我们组织了具有多年从业经验及教学经验的一线教师,依据《高等职业学校专业教学标准(试行)》、《药品管理法》、《国家基本药物目录》、《国家非处方药目录》,对本教材进行了修订。

本次教材修订力争体现“改革创新、精益求精”的特色。以贴近现实生活、贴近药学专业、贴近工作岗位为主线,以培养学生学习兴趣和学习能力为根本,在继承传统的同时,适当引入学科前沿。在教材结构、内容取舍、编写风格上有所创新,坚持以标准为依据、以适用为目标、以借鉴为手段的编写原则,以符合学生的实际情况和专业、职业需要,体现工学结合和岗位对接。教材内容尽量与相关执业考试大纲相衔接,注重教材编写形式的创新,增加教材趣味性;注重对学生实践能力的培养,以实际的工作任务为载体,实现理论与实践的有效融合。全书按70学时编写,其中,理论教学为50学时,实验教学为20学时。为方便读者使用,本教材理论部分配有多媒体教学课件。

本教材理论部分包括十一章,章序编排既遵循本学科内容的逻辑关系,又充分考虑到学生的接受能力;章节之间层次关系分明、规范。理论内容主要有溶液和胶体、化学热力学和动力学基础、物质结构、配位化学和元素化学等。我们对纯理论内容进行适度精简,并注意与中学化学知识的衔接。实验内容主要有化学实验基本操作、溶液的配制、有关常数的测定、无机物的制备及性质等十个项目,均为有代表性的经典实验和中国药典中的项目,实验设计体现绿色化学和微型实验的环保理念。为使教材语言更具亲和力,对部分语句进行了修改。由于药典出新版、GMP新修订,还有新技术、新工艺和新材料等方面都有新发展,我们对教材中涉及的部分内容也进行了更新。另外,对教材中的存在的错误进行了更正,增补了必要的图表,替换和修订了表现力不强的插图。各章节设置“课堂互动”“知识链接”“实例解析”“综合测试”模块,为提高学生思维能力和探究精神,对每章正文后的“综合测试”模块进行了规范。删除“名词解释”,或改为其他题型。统一了各题型的编排顺序,简化了计算题的参考答案。

参与本教材编写的各位编者在编写中互勉互助,共同努力,在此表示感谢!教材在编写过程中得到了第四军医大学出版社和各编者所在院校领导的大力支持;同时,对本书所引用参考文献的作者,在此也深表谢意!

尽管各位编者做了最大努力,但由于水平有限和编写时间较为仓促,书中难免存在不妥之处,恳请各院校师生在使用中给予批评指正。

刘志红

2014 年 6 月

目 录

第一章 绪 论	(1)
第一节 无机化学概述	(1)
第二节 分散系	(2)
第三节 混合物组成的表示方法	(4)
第二章 稀溶液的依数性	(8)
第一节 溶液的蒸气压下降	(8)
第二节 溶液的沸点升高	(10)
第三节 溶液的凝固点降低	(11)
第四节 溶液的渗透压	(12)
第三章 胶体和表面现象	(18)
第一节 胶体	(18)
第二节 表面现象	(23)
第四章 化学热力学基础	(27)
第一节 热力学基本概念	(27)
第二节 热力学定律	(29)
第五章 化学反应速率与化学平衡	(37)
第一节 化学反应速率	(37)
第二节 化学平衡	(43)
第六章 电解质溶液	(49)
第一节 酸碱质子理论	(49)
第二节 酸碱平衡	(52)
第三节 缓冲溶液	(59)
第四节 沉淀溶解平衡	(63)

第七章 氧化还原反应与电极电势	(71)
第一节 氧化数和氧化还原反应	(71)
第二节 原电池	(73)
第三节 电极电势	(75)
第八章 物质结构	(82)
第一节 核外电子运动状态	(82)
第二节 电子层结构与元素周期律	(90)
第三节 分子结构	(93)
第四节 分子间作用力与氢键	(98)
第九章 配位化合物	(103)
第一节 配位化合物的基本概念	(103)
第二节 配位平衡	(107)
第十章 金属元素及其生物学效应	(111)
第一节 钠和钾	(111)
第二节 镁和钙	(112)
第三节 铬和锰	(113)
第四节 铁和铂	(117)
第五节 铜和锌	(119)
第六节 镉和汞	(122)
第七节 铊和铅	(123)
第十一章 非金属元素及其生物学效应	(126)
第一节 卤素	(126)
第二节 硫和硒	(131)
第三节 磷和砷	(134)
第四节 硼	(136)
实 验	(139)
化学实验室规则	(139)
实验一 化学实验基本操作技术	(140)
实验二 溶液的配制	(148)

实验三 药用氯化钠的制备	(151)
实验四 溶胶的制备及性质	(152)
实验五 化学反应速率的测定	(155)
实验六 缓冲溶液的配制及性质	(157)
实验七 氧化还原反应与原电池	(160)
实验八 凝固点降低法测定摩尔质量	(162)
实验九 醋酸解离常数的测定	(163)
实验十 配合物的制备及性质	(165)
模拟测试卷	(167)
参考答案	(173)
参考文献	(181)
附 录	(182)
附录一 一些无机物的热力学数据(298K)	(182)
附录二 一些有机物的热力学数据(298K)	(183)
附录三 常用酸、碱溶液的相对密度、质量分数和物质的量浓度	(184)
附录四 常用酸、碱在水溶液中的解离常数(298K)	(184)
附录五 常用难溶电解质的溶度积常数(298K)	(185)
附录六 一些电对的标准电极电势(298K)	(187)
附录七 常用配离子的稳定常数(298K)	(193)

第一章 绪 论

学习目标

☆ 掌握:物质的量浓度、质量浓度、质量分数、体积分数、质量摩尔浓度、摩尔分数、物质的量浓度与质量浓度及质量分数的换算关系。

☆ 熟悉:分散系、分散质、分散剂、相、胶体分散系。

☆ 了解:无机化学的研究对象及发展过程,无机化学与药学的关系。

化学是研究物质的组成、结构、性质及变化规律的科学,是人类认识和改造物质世界的主要手段和方法之一,在人类生存和社会发展中起重要作用。

在旧石器时代,原始人就认识并学会利用火。用火加热是人类进行的第一个化学反应,是化学史的开端。1661年,英国化学家波义耳首次提出元素的概念,由此化学被确定为一门科学。

第一节 无机化学概述

随着科学技术的发展和生产水平的提高,化学的研究对象、研究方法和手段不断发生变化,迅猛发展并分化。从19世纪中叶开始,化学的重要分支学科——分析化学、无机化学、有机化学和物理化学相继建立。现今,化学主要包括无机化学、有机化学、物理化学、分析化学、生物化学、高分子化学及核化学七个分支学科;此外,化学与其他学科的相互交叉与渗透,又产生了很多边缘学科,如药物化学、地球化学、宇宙化学、海洋化学、大气化学等。

一、无机化学的研究对象

无机化学是研究无机物的组成、结构、性质及其变化规律的科学。无机化学的研究对象是元素和无机物。无机物包括单质和无机化合物,无机化合物是指由所有元素组成的化合物,但不包括碳氢化合物及其衍生物。如硫酸、氢氧化钠、碳酸钠等都是无机化合物,应该注意的是大多数含碳化合物均属于有机物,只有二氧化碳、一氧化碳、二硫化碳、碳酸盐等简单的含碳化合物属于无机物。



课堂互动

确定碳酸氢钠、四氯化碳、石墨、碳酸是否属于无机物。

二、无机化学发展简介

从火的应用到制陶、冶炼和酿造,人类开创了化学科学的历史。18 世纪末,由于冶金工业的发展,人们逐步掌握了无机矿物的冶炼、提取及合成技术,同时也发现了很多新元素。无机化学是化学科学中最古老的分支学科之一,无机化学的形成以 1870 年前后俄国化学家门捷列夫发现元素周期律为标志。元素周期律揭示了化学元素的自然系统分类,元素周期表就是根据周期律将化学元素按周期和族排列而成的。元素周期律对无机化学的研究和应用发挥了极为重要的作用,是现代物质结构理论发展的基础。

19 世纪末的一系列重要发现迎来了现代无机化学时代。X 线和电子的发现使人们对微观世界有了进一步的认识,物质结构理论得到迅速发展。

近百年来,借助于数学、物理学、计算机技术和信息技术,无机化学和其他化学分支学科得到了长足发展。当前,无机化学正处在蓬勃发展的新时期,许多边缘领域迅速崛起,研究范围不断扩大,已形成无机合成、元素化学、配位化学、有机金属化学、无机固体化学、生物无机化学和同位素化学等领域。无机化学在能源开发、防病治病、新材料研发等众多领域为人类提供重要的理论和技术支持。

三、无机化学与药学的关系

药学的任务是研制预防和治疗疾病、促进身体健康、保护劳动力的药物,揭示药物与机体及病原体相互作用的规律。化学是药学专业的主干学科之一,无机化学课程是药学专业的一门必修课,为后续有机化学、分析化学、药剂学、生理学等课程打下必要的基础。无机化学为药物制备、研究与开发提供理论和方法。

四、无机化学的学习方法

大学的学习主要表现为学习态度的自觉性、学习时间的自控性、学习内容的自主性、学习方式的自选性等。大学生应主动适应大学的学习生活,在学习过程中既要自主又要自律,珍惜学习机会,充分利用现有的学习资源,在知识、能力和素质等方面获得快速提升。达尔文曾经说过:最有价值的知识是关于方法的知识。掌握并运用有效的学习方法和策略,是学习成功的关键。

学习无机化学既要遵循一般课程的学习规律,也要注意无机化学课程的特殊性。大学生应该以发现学习、探究学习为主,同时兼顾个人兴趣和学习习惯。除课堂上认真听讲外,还要学会自学和互学。由于无机化学概念和理论抽象难懂,化学术语和符号较多,且容易混淆;因此,要深入理解概念的内涵与外延,充分发挥想象力,提高对物质微观结构的认识水平。通过习题演练,掌握基本的化学原理和有关计算方法;重视实验操作,不断提高观察能力、分析和解决问题的能力。

第二节 分散系

药物有片剂、注射剂、丸剂、膏剂和栓剂等不同剂型。在不同剂型药物中,混合物的分散情况也不尽相同。对药物的研究,离不开对混合物的种类、组成和性质的认识。各

种各样的混合物统称为分散系,有关分散系的内容是药学专业的必备知识。

一、分散系的概念

一种(或多种)物质分散到另一种(或多种)物质中所形成的混合物,叫做分散系。在分散系中,被分散的物质叫做分散质(或分散相),能容纳分散质的物质叫做分散剂(或分散介质)。例如,蔗糖溶于水中形成的糖水、泥土分散在水中形成的泥浆都是分散系,其中蔗糖、泥土是分散质,水是分散剂。

二、分散系的分类

分散系无处不在,且多种多样。为便于研究,需要对分散系进行分类,主要有以下三种分类方法。

1. 按聚集状态分类 常温常压下,分散质和分散剂的存在状态可以是气相、液相或固相;依据分散质和分散剂所处的状态不同,可将分散系分为九种类型,见表1-1。

表 1-1 不同聚集状态的分散系

分散质	分散剂		
	气相	液相	固相
气相	气-气	气-液	气-固
液相	液-气	液-液	液-固
固相	固-气	固-液	固-固

2. 按相数分类 相是体系中物理性质和化学性质完全相同的部分。根据相的数目不同,可以将分散系分为均相分散系和非均相分散系两种类型。一般来说,分散质和分散剂均为气相的混合物就是均相分散系,互溶的液体混合物也是均相分散系,如空气、消毒酒精等;而牛奶、浑浊的石灰水等则属于非均相分散系。



根据分散质和分散剂的存在状态,确定空气、生理盐水、金银合金所属的分散系类型,并指明分散质和分散剂。

3. 根据分散度分类 分散质被分散的程度(即分散质粒子大小)不同,分散系表现出来的性质会有很大差异。按分散质粒子直径大小可以将分散系分为分子(离子)分散系、胶体分散系和粗分散系三种类型,见表1-2。

表 1-2 三种类型分散系及其特征

分散系类型	分散质粒子	分散质粒子直径/nm	实例	主要特征
分子(离子)分散系	分子或离子	<1	空气 生理盐水 合金	均相,透明,稳定;能透过滤纸和半透膜,普通显微镜、超显微镜下均看不见

续表

分散系类型	分散质粒子	分散质粒子直径/nm	实例	主要特征
胶体分散系 (简称胶体)	胶粒	1 ~ 100	雾、云、烟 氢氧化铁溶胶 有色玻璃	非均相, 透明度不一, 介稳; 能透过滤纸, 不能透过半透膜, 超显微镜下可见
	高分子		蛋白质溶液 核酸溶液	均相, 透明, 稳定; 能透过滤纸, 不能透过半透膜, 超显微镜下可见
粗分散系	粗粒子	> 100	氧化锌擦剂 松节油擦剂	非均相, 不透明, 不稳定; 不能透过滤纸和半透膜, 普通显微镜下可见

当分散剂为液体时, 分子(离子)分散系又称为真溶液(简称溶液), 胶体分散系又称为液溶胶(简称溶胶), 粗分散系又称为浊液(包括悬浊液和乳浊液)。



课堂互动

葡萄糖注射液、三硫化二砷溶胶、鱼肝油乳剂中的分散剂都是水, 分析这三种药物中主要分散质粒子的存在形式, 并依此确定其分散系的类型。

第三节 混合物组成的表示方法

在实际工作中, 经常会用到表示混合物组成的量和单位。本节介绍化学和医药上常用于表示混合物组成的量和单位及量之间的换算关系。

一、表示混合物组成的量和单位

混合物是由分散质和分散剂组成的分散系。表示混合物组成的量是指一定量的分散剂(或分散系)里所含分散质的量。表示同一混合物组成的数量关系, 可以使用不同的量和单位。

1. 物质的量浓度 B 的物质的量除以混合物的体积, 叫做 B 的物质的量浓度, 简称 B 的浓度。该量的符号是 c_B 或 $c(B)$, 可以表示为:

$$c_B = n_B / V \quad (1-1)$$

式中, n_B 为 B 的物质的量; V 为混合物的体积。浓度的国际单位制(简称 SI)单位是 $\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$, 浓度的国家标准(简称 GB)单位是 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 在化学、医药上也可以使用 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 等。

实例解析

实例:生理盐水的规格为 0.5L NaCl 溶液中含 4.5g NaCl,计算生理盐水的物质的量浓度。

解析:已知 $V = 0.5\text{L}$, $m(\text{NaCl}) = 4.5\text{g}$, $M(\text{NaCl}) = 58.5\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

$$\text{则 } n(\text{NaCl}) = \frac{m(\text{NaCl})}{M(\text{NaCl})} = \frac{4.5\text{g}}{58.5\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.077\text{mol}$$

$$c(\text{NaCl}) = \frac{n(\text{NaCl})}{V} = \frac{0.077\text{mol}}{0.5\text{L}} = 0.154\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

2. 质量浓度 B 的质量除以混合物的体积,叫做 B 的质量浓度。该量符号是 ρ_B 或 $\rho(B)$,可以表示为:

$$\rho_B = m_B / V \quad (1-2)$$

式中, m_B 为 B 的质量; V 为混合物的体积。质量浓度的 SI 单位是 $\text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$,在化学和医药上常用 $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$,也可以用 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 等。

课堂互动

乳酸钠 ($\text{NaC}_3\text{H}_5\text{O}_3$) 注射液在临床上主要用于纠正酸中毒,其规格为每支注射液 (20ml) 中含乳酸钠 2.24g。通过计算,求出该注射液中乳酸钠的质量浓度和物质的量浓度。

知识链接

世界卫生组织 (WHO) 提议:凡已知相对分子质量的物质在体内的含量,均应用物质的量浓度来表示,对于未知相对分子质量的物质仍用质量浓度来表示,对于注射液应同时标明质量浓度和物质的量浓度。

3. 体积分数 同温同压下, B 的体积分数是 B 的体积除以混合物的体积。该量的符号是 φ_B 或 $\varphi(B)$,可以表示为:

$$\varphi_B = V_B / V \quad (1-3)$$

式中, V_B 为 B 的体积; V 为混合物的体积。体积分数的 SI 单位是 1。

实例解析

实例:配制体积分数为 0.75 的外用消毒酒精溶液 500ml,计算其所含纯酒精体积。

解析: $\varphi_B = 0.75$, $V = 500\text{ml}$

$$V_B = \varphi_B V = 0.75 \times 500\text{ml} = 375\text{ml}$$

4. 质量分数 B 的质量分数是 B 的质量与混合物的质量之比。该量的符号是 ω_B 或 $\omega(B)$,可以表示为:

$$\omega_B = m_B / m \quad (1-4)$$

式中, m_B 为 B 的质量; m 为混合物的质量。质量分数的 SI 单位是 1。



实例解析

实例: 已知浓盐酸的质量分数为 0.36, 密度为 $1.18 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。计算 500ml 浓盐酸中所含 HCl 的质量。

解析: 已知 $V = 500 \text{ ml} = 0.5 \text{ L}$, $\rho = 1.18 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$, $\omega(\text{HCl}) = 0.36$

$$m = \rho V = 1.18 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.5 \text{ L} = 0.59 \text{ kg} = 590 \text{ g}$$

$$m(\text{HCl}) = \omega(\text{HCl}) m = 0.36 \times 590 \text{ g} = 212 \text{ g}$$



知识链接

当所用 B 的质量单位与混合物的质量单位不同时, 质量分数的单位是组合单位, 如 $5 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$; 体积分数也可以用同法表示。

5. 质量摩尔浓度 溶液中溶质 B 的物质的量除以溶剂的质量, 叫做溶质 B 的质量摩尔浓度。该量的符号是 b_B 或 $b(\text{B})$ 。可以表示为:

$$b_B = n_B / m_A \quad (1-5)$$

式中, n_B 为溶质 B 的物质的量; m_A 为溶剂的质量。该物理量的 SI 单位是 $\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。例如, 将 0.1mol NaOH 溶解于 500g 水中, 所得 NaOH 溶液的质量摩尔浓度是 $0.2 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。



知识链接

质量摩尔浓度是与体积无关的物理量, 不受温度变化的影响。在常温常压下, 对于很稀的溶液, 质量摩尔浓度(单位为 $\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$)与物质的量浓度(单位为 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)的数值近似相等, 即 $b_B \approx c_B$ 。

6. 摩尔分数 B 的摩尔分数是 B 的物质的量与混合物的物质的量之比。该量的符号是 x_B 或 $x(\text{B})$, 可以表示为:

$$x_B = n_B / n \quad (1-6)$$

式中, n_B 为 B 的物质的量; n 为混合物的物质的量。摩尔分数的 SI 单位是 1。

二、表示混合物组成的量之间的换算

同一混合物的组成可以用不同的量来表示。如生理盐水的质量浓度是 $9 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$, 其物质的量浓度是 $0.154 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$; 市售浓硫酸的质量分数约为 98%, 其物质的量浓度是 $18.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。混合物组成的不同表示方法之间可以换算, 下面介绍 c_B 与 ρ_B 、 ω_B 之间的换算。

1. c_B 与 ρ_B 之间的换算 由 $c_B = n_B / V$ 、 $\rho_B = m_B / V$ 及 $n_B = m_B / M_B$, 可以推导出 c_B 与 ρ_B 之间的换算关系是:

$$c_B = \rho_B / M_B \quad (1-7)$$

2. c_B 与 ω_B 之间的换算 由 $c_B = n_B/V$ 、 $\omega_B = m_B/m$ 、 $\rho = m/V$ 及 $n_B = m_B/M_B$, 可以推导出 c_B 与 ω_B 之间的换算关系是:

$$c_B = \omega_B \rho / M_B \quad (1-8)$$

式中, ρ 为混合物的密度。



实例:市售浓氨水的质量分数为 0.27, 密度为 $0.90 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$, 计算浓氨水的物质的量浓度。

解析:已知 $\omega(\text{NH}_3) = 0.27$, $\rho = 0.90 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1} = 900 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$, $M(\text{NH}_3) = 17 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

$$\text{则 } c(\text{NH}_3) = \frac{\omega(\text{NH}_3) \rho}{M(\text{NH}_3)} = \frac{0.27 \times 900 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}}{17 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 14.3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

综合测试

一、填空题

1. 化学被确定为一门科学的标志是_____。
2. 无机化学作为化学的分支学科,其形成标志是_____。
3. 简称为浓度的物理量是_____。
4. 质量摩尔浓度的 SI 单位是_____。

二、选择题

1. 下列各混合物,属于非均相分散系的是
A. 葡萄糖溶液 B. 鸡蛋白溶液 C. 碘化银溶胶 D. 氢气和氮气混合物
2. 只应用于表示溶液组成的物理量是
A. 质量浓度 B. 物质的量浓度 C. 质量摩尔浓度 D. 摩尔分数
3. 下列药物中,其主要成分不属于无机物的是
A. 用于治疗低血钾的氯化钾缓释片 B. 治疗急性血钙缺乏症的氯化钙注射液
C. 用于治疗酸中毒的碳酸氢钠片 D. 消毒酒精
4. 下列各分散系中,分散质能透过半透膜的是
A. 生理盐水 B. 鸡蛋白溶液 C. 氢氧化铁溶胶 D. 鱼肝油乳剂
5. 医学上表示已知相对分子质量的物质在人体内组成标度时,常采用
A. 物质的量浓度 B. 质量浓度 C. 质量摩尔浓度 D. 质量分数

三、简答题

1. 大多数含碳化合物属于有机物,但少数简单的含碳化合物属于无机物,请举 5 例,写出其分子式和化学名称。
2. 依据分散质粒子直径大小可以将分散系分为哪几种类型?

四、计算题

1. 临床上常用的葡萄糖注射液的规格是 500ml 葡萄糖溶液中含有 25g 葡萄糖,计算其质量浓度和物质的量浓度。
2. 用于治疗低血钾的氯化钾注射液的质量浓度是 $100 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$,一支氯化钾注射液(10ml)可以补充多少克钾离子?这种氯化钾注射液的物质的量浓度是多少?

(刘志红)

第二章 稀溶液的依数性

学习目标

☆ 掌握:拉乌尔定律、溶液的凝固点降低、渗透压、范特荷夫定律、生理等渗溶液。

☆ 熟悉:溶液的蒸气压下降、溶液的沸点升高。

☆ 了解:晶体渗透压和胶体渗透压

溶液的某些性质,如颜色、密度、气味、酸碱性等与溶质的种类有关;而溶液的另一一些性质,如蒸气压、沸点、凝固点、渗透压等则与溶质的种类无关。实验证明:在一定条件下,稀溶液的蒸气压下降、沸点升高、凝固点降低、渗透压等只与一定量溶剂内所含溶质的粒子数目成正比,而与溶质的本性无关。因此,将这些性质统称为稀溶液的依数性。

第一节 溶液的蒸气压下降

溶液在医药上应用的实例很多,如生理盐水、葡萄糖注射液等。本节重点介绍纯液体和溶液的蒸气压问题。

一、饱和蒸气压

将纯水放在密闭容器中,由于分子的热运动,一部分具有较高能量的分子脱离水面,扩散到空间形成水蒸气,这一过程称为蒸发。水蒸气分子不停地运动,其中一部分蒸气分子又受到水面分子的吸引变成液态水,这一过程称为凝聚。在一定温度下,当蒸发速度与凝聚速度相等时,水蒸气的浓度不再随时间而改变,此时水面上的蒸气压称为该温度下水的饱和蒸气压,简称水的蒸气压。

温度升高,分子的平均动能增大,蒸发速度加快,蒸气压也相应增大。表 2-1 列出不同温度下水的蒸气压。

表 2-1 不同温度时水的饱和蒸气压

T/K	273	293	313	333	353	373
p/kPa	0.61	2.34	7.38	19.92	31.16	101.3

蒸气压与物质的本性 & 温度有关。除液体外,固体也能蒸发;在一般情况下,固体的

蒸气压都很小。冰在不同温度下的蒸气压见表 2-2。

表 2-2 不同温度时冰的饱和蒸气压

T/K	253	263	265	267	269	271	273
p/kPa	0.11	0.295	0.34	0.39	0.45	0.53	0.61

二、溶液的蒸气压

在水中加入一种难挥发的非电解质,所形成的难挥发非电解质溶液的蒸气压会低于同温度时水的蒸气压,这种现象称为溶液的蒸气压下降。为什么溶液的蒸气压会低于纯溶剂的蒸气压呢?一是溶质分子与水分子结合形成水合分子,束缚了一部分高能水分子,降低了蒸发速度;二是溶液表面被一些溶质分子占据,单位面积上水分子数减少,蒸发速度也降低;所以单位时间内从溶液表面逸出的水分子数比相同条件下从纯水表面逸出的水分子数少,达到平衡状态时溶液的蒸气压低于纯水的蒸气压,见图 2-1。

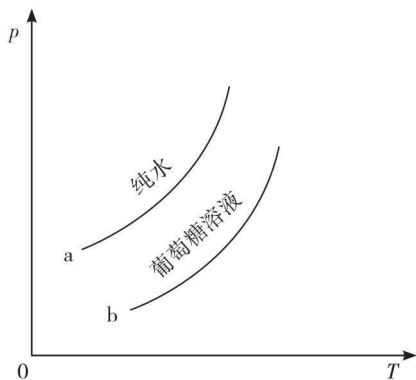


图 2-1 溶剂和溶液的蒸气压曲线

1887 年法国物理学家拉乌尔 (Raoult) 根据实验结果得出:在一定温度下,难挥发非电解质稀溶液的蒸气压下降与溶液中溶质的摩尔分数成正比,而与溶质的本性无关,这一规律称为拉乌尔定律。其数学表达式:

$$\Delta p = x_B p^* \quad (2-1)$$

式中, Δp 为溶液的蒸气压下降,单位是 Pa; x_B 为溶质的摩尔分数; p^* 为纯溶剂的蒸气压,单位是 Pa。

对于只有一种溶质的稀溶液来说:

$$x_B = \frac{n_B}{n_A + n_B}, \text{ 且 } n_B + n_A \approx n_A$$

$$\text{将 } x_B \approx \frac{n_B}{n_A} \text{ 代入式 (2-1)}$$

$$\text{则 } \Delta p \approx \frac{n_B}{n_A} \times p^*$$

将 $n_A = 1000m_A/M_A$ (注: m_A 单位用 kg) 代入上式中,有:

$$\Delta p \approx \frac{M_A}{1000} \times p^* \times \frac{n_B}{m_A}$$

其中 $\frac{M_A}{1000} \times p^*$ 在一定温度下对指定溶剂来说是一常数,用 K 表示;则

$$\Delta p \approx K b_B \quad (2-2)$$

因此,拉乌尔定律也可以表述为:在一定温度下,难挥发非电解质稀溶液的蒸气压