

全国药学类专业“十三五”规划创新教材

无机化学

王志江 曾琦斐 主编



中国出版集团公司



世界图书出版公司

广州·上海·西安·北京

全国药学类专业“十三五”规划创新教材

《无机化学》编委会

主 编 王志江 曾琦斐

副主编 刘自平 睢超霞 于 野 布秀娟

编 委 (以下排名不分先后)

曾琦斐 湖南环境生物职业技术学院

王志江 山东中医药高等专科学校

于 野 长春东方职业学院

王雷清 山东中医药高等专科学校

王 赟 山东中医药高等专科学校

布秀娟 大庆医学高等专科学校

吕 研 聊城职业技术学院

刘自平 安徽新华学院

初丽媛 乐山职业技术学院

睢超霞 河南医学高等专科学校

资付益 云南新兴职业学院

洪开文 安顺职业技术学院

彭文毫 广东省湛江卫生学校

曾慧婷 湖南环境生物职业技术学院

前 言

为贯彻《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010—2020）》《高等职业教育创新发展行动计划（2015—2018）》和《教育信息化十年发展规划（2011—2020）》的精神，落实教育部《高等职业学校专业教学标准（试行）》的要求，满足药学类高职院校教育改革的需求，促进教学质量和人才培养质量的不断提高，特编写了本教材。

本教材以培养高职高专药学类专业实用型人才为宗旨，以体现岗位技能要求，坚持必需、够用和精练为原则，在充分考虑高职高专药学类专业教育特点，广泛听取一线教师的意见和建议，参考和汲取国内同类教材之精华的基础上，突出应用型、技能型知识，做到内容成熟、概念准确、术语规范、切合实用，使基础知识、基本理论、基本操作技能与药学专业的联系更紧密，符合学生对未来职业岗位的需求，为学生学好后期专业课程奠定坚实的基础。

全书共十四章，为理论与实训一体化教材，包括无机化学基本理论、物质结构、元素及其化合物和实训指导四大部分，并对近期无机化学的一些新发展和新成就作了适当的介绍。在突出重点，注重教材内容整体优化的原则下，全书简明扼要、深入浅出、通俗易懂。为了更好地加强实验教学，本教材特编写了实训指导。实训指导部分既有各类经典无机化学实验，又有综合性实验，有利于提高学生实践技能和综合素质，实现高职高专教育人才培养目标。为增加教材的可读性和激发学生学习的兴趣，在各章中附有与正文内容相关的学习目标、知识链接、目标检测。在本教材的数字化部分（二维码）中设有教学课件（PPT）、多媒体（动画、视频、图片）、复习思考、模拟试题等供学习参考。

本教材在编写过程中，得到了一些高职高专院校、出版社各位领导的大力支持与帮助。同时，全体编写人员对教材的编写付出了辛勤的劳动，在此表示衷心感谢！对本教材编写时所参考及引用的文献资料的作者，在此也一并表示衷心感谢！

鉴于编者的水平有限，难免有不足之处，敬请同行专家、广大师生和各位读者提出宝贵意见，以便进一步修订和完善。

编者

2020年3月

目 录

理论知识

第一章 绪 论	1
第一节 无机化学发展史和研究内容	1
第二节 无机化学与人类健康	3
第三节 无机化学的学习方法	6
第二章 溶 液	8
第一节 分散系	8
第二节 溶液浓度的表示方法及溶液的配制	9
第三节 稀溶液的依数性	14
第三章 胶体溶液和表面现象	25
第一节 胶体溶液	25
第二节 高分子化合物溶液	30
第三节 表面现象	33
第四章 化学反应速率和化学平衡	38
第一节 化学反应速率	38
第二节 化学平衡	46
第三节 化学平衡移动	50
第五章 酸碱平衡	56
第一节 酸碱理论	56



第二节	弱酸弱碱的电离平衡	58
第三节	溶液的酸碱性和pH	62
第四节	缓冲溶液	67
第六章	沉淀—溶解平衡	75
第一节	溶度积原理	75
第二节	溶度积的应用	78
第七章	氧化还原反应与电极电势	83
第一节	氧化还原反应	83
第二节	原电池及电极电势	87
第三节	电极电势的应用	94
第八章	原子结构与元素周期律	98
第一节	原子的组成和同位素	98
第二节	核外电子的运动状态	100
第三节	原子核外电子的排布	104
第四节	元素周期律和元素周期表	109
第五节	原子结构与元素性质的关系	112
第九章	分子结构	117
第一节	化学键	117
第二节	分子间作用力和氢键	126
第三节	晶体及离子的极化	131
第十章	配位化合物	135
第一节	配位化合物	135

第二节	配位平衡	140
第三节	配位化合物在医药学中的应用	144
第十一章	金属元素及其化合物	147
第一节	碱金属和碱土金属	147
第二节	过渡金属元素	152
第十二章	非金属元素及其化合物	164
第一节	卤族元素	164
第二节	氧族元素	171
第三节	氮族元素	177
第四节	碳族元素	182
第五节	硼族元素	185

实训指导

第一章	无机化学实训基本知识	189
第二章	无机化学实训	201
实训一	药用氯化钠的制备	201
实训二	溶液的配制和稀释	203
实训三	胶体溶液和高分子化合物的性质	205
实训四	化学反应速率和化学平衡	207
实训五	醋酸溶液电离常数的测定	209
实训六	缓冲溶液的配制及性质	211
实训七	醋酸银溶度积常数的测定	213
实训八	氧化还原反应与电极电势	215

实训九 配位化合物的性质	217
实训十 主要碱金属和碱土金属元素及其化合物的性质	219
实训十一 铜、银、锌、汞元素的性质	221
实训十二 硫代硫酸钠的制备	223
实训十三 硫酸亚铁铵的制备	224
附 录	226
参考文献	235
元素周期表	236



理论知识

第一章 绪论

学习目标

1. 掌握生命必需元素的概念和生理功能。
2. 掌握无机化学的学习方法。
3. 熟悉无机化学的研究内容。
4. 了解无机化学的发展史和发展新动态。

化学是研究物质的组成、结构、性质、变化规律及其应用的一门自然学科，也是药学类及相关专业不可缺少的基础学科。无机化学是研究无机物的组成、结构、性质及应用的一门学科。

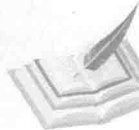
化学在人类的生存和社会的发展中起着重要的作用，化学的发展历经了古代化学、近代化学和现代化学三个时期。从古老的制陶、金属的冶炼、造纸的发明、火药的使用，到现代人类的衣食住行、环境的保护与改善、药品的开发与应用、食品的生产与加工、新型材料的研究与使用，以及工农业生产、国防建设等，无不与化学工业的发展密切相关。

第一节 无机化学发展史和研究内容

一、无机化学发展史

从古代开始人类就从事与化学相关的生产实践，17世纪以前称为古代化学时期。这一时期经历了实用化学、炼丹和炼金、医用化学和冶金化学等阶段，实用而未形成理论体系，但在化学实践中研制出来的各类器皿和创造的各种制作方法，对化学科学的发展做出了重大的贡献。

从17世纪中叶到19世纪末是近代化学时期，明确了化学的科学性，创造和建立了化学的理论体系。1661年，英国科学家波义耳提出了元素的概念，指出“化学不是为了炼金，也不是为了治病，它应当从炼金术和医学中分离出来，成为一门独立的科学”，确立了化学的科学性，被誉为“化学之父”；1783年，法国化学家拉瓦锡出版名著《对于燃素之回顾》，开创了定量分析的实验方法，否定了统治化学界近百年的“燃素说”，提出了燃烧是氧化过程的重大理



论, 揭开了困惑人类几千年的燃烧之谜; 1803年, 英国化学家道尔顿应用观察、实验和数学相结合的科学方法提出了原子的概念, 创立了“原子学说”, 认为一切物质都是由不可再分割的原子组成, 为人们进行物质结构的研究奠定了基础; 1869年, 俄国化学家门捷列夫总结了前人的工作, 根据量变引起质变的规律, 提出元素周期律, 是化学发展史上的一个里程碑。近代化学时期, 化学得到了快速发展, 并逐渐形成了无机化学、有机化学、分析化学和物理化学等分支学科。

从19世纪末开始, 科技的迅猛发展影响着化学, 使近代化学发生了飞跃, 化学进入现代化学时期。特别是结构理论的发展和现代物理方法的引入, 使人们对大量无机物的结构和变化规律有了比较系统的认识。例如, 卢瑟福原子结构模型和波尔原子模型的相继建立, 开启了原子的内部结构和微观粒子的运动规律; 1930年, 美国化学家鲍林把量子力学处理氢分子的成果推广到多原子分子体系, 建立了价键理论。20世纪30年代以来, 依据量子力学理论和化学、电磁学等技术, 建立了现代原子结构模型和化学键理论, 揭示了分子结构的本质, 一个比较完整的具有理论和实验的现代化学科体系已经建立。这期间, 化学发展既高度分化又高度综合。一方面, 化学和其他自然学科互相交叉渗透, 产生了一系列的边缘学科, 如化学和数学的交叉形成了计算机化学; 化学和生物之间的渗透形成了生物化学、化学仿生学; 化学与地理、地质学的交叉产生了地球化学、海洋化学; 化学与物理的结合形成了激光化学和核化学等。另一方面, 近30年来, 由于有机化学、物理化学和电化学等学科对无机化学的渗透和影响, 开拓了无机化学的研究领域, 产生了许多新的分支学科, 如金属有机化学、无机固体化学、生物无机化学等。

伴随着人类社会的不断进步, 无机化学这门学科不断从描述性向推理性过渡、从定性向定量转化、从宏观向微观深入、从稳定态向亚稳定态渗透, 经验上升到理论并用理论指导实践, 进而开创新的研究, 展示出了一部辉煌的发展史。

二、无机化学的研究内容

无机化学是化学领域中发展最早的分支学科, 对整个化学的发展起着非常重要的作用。在发展进程中, 鉴于人们对无机化学理论、实验科学体系的研究和生产需求, 促进了无机化学基础理论的形成并用理论来指导生产实践, 拓宽了现代无机化学的领域, 推动无机化学研究进入了一个崭新的时代。如元素无机化学中由于稀土元素的特殊电子构型, 具有许多独特的电、光、磁性质, 使新型稀土永磁材料、稀土高温超导材料、稀土激光晶体等不断问世。无机化学是随着元素的发现而逐步发展起来的, 已形成了许多分支学科, 如无机高分子化学、元素无机化学、稀土元素化学、无机合成化学、配位化学等。无机化学一方面继续发展本身的学科, 另一方面正在同其他学科进行渗透交叉, 如药物无机化学、环境化学、地球化学、海洋化学等, 这些学科都为无机化学的研究和发展开辟了新的途径。

近年来, 人们对新理论、新方法、新领域、新材料、高产出和低污染等不断的追求, 促进了对无机化学的深入研究。因此, 无机化学的任务除了传统的研究无机物质的组成、结构、性质和反应外, 还要不断运用新的理论和技术, 研究新型无机化合物的开发和应用, 以及新研

究领域的开辟和建立。随着生产实践与科学技术的发展,化学这门科学现在已经深入到人类生活的各个领域,并在国民经济中起着越来越重要的作用。如功能材料的研制、新能源的开发利用、环境保护、生命奥秘的探索等都与化学的发展密切相关。所以,化学面临着前所未有的世界性挑战,在未来化学的贡献也将是前所未有的。

无机化学是一门为高职高专药学及相关专业开设的专业基础课程,重点介绍无机化学的基本概念、基本理论、基本原理、实验方法和各项基本技能,以及相关应用。其教学目的是给予学生高质量的化学教育,使学生能全面掌握相关的无机化学基本概念、基本理论、基本原理和实验操作的基本实验技能,培养学生分析和解决与化学有关的实际问题的能力,为后续课程的学习和走向社会打好基础。

根据药学专业的需要,教材中无机化学课程的内容主要包括无机化学的基本概念,如溶液的渗透压的概念、氧化还原的概念、配合物的概念等;基本理论,如化学平衡(酸碱平衡、沉淀—溶解平衡、氧化还原平衡和配位平衡)、原子结构、分子结构等;化学计算,如溶液浓度的计算、化学平衡的计算、溶液pH的计算等;元素及其化合物的知识;实训指导等。

第二节 无机化学与人类健康

随着时代的进步及人类生活水平的提高,加强研究无机化学与人类健康的相互关系,对人类高质量的健康生活具有重要意义。现在,人们希望在充分享受化学带来便利的同时,尽可能地减少其对人体健康的伤害,科技及社会的发展使人们已认识到了无机化学对整个人类的健康与发展的重要作用。

一、生命必需元素

人类早已认识到生命机体的构成和活动与生命元素息息相关,随着人类对生命奥秘探索的不断深入,已认识到了无机化学在人类健康中的重要作用。

(一) 生命必需元素的概念和分类

人们把维持生命所必需的元素称为生命必需元素。科学认为生命必需元素有28种,根据元素在生物体内的含量不同分为宏量(常量)元素和微量(痕量)元素,宏量元素11种,微量元素17种。

必需宏量元素:参与生物体的各种生理活动,占生物体总质量0.01%以上的元素,称为宏量元素,如C、H、O、N、P、S、Cl、Na、K、Ca、Mg。

必需微量元素:占生物体总质量0.01%以下的元素,称为微量元素,如Fe、Cu、Zn、Mn、Co、Ni、Cr、Sn、Mo、V、Sr、Se、Si、B、I、F、As。

非必需微量元素:目前既没有明显的生物作用,也未发现毒性的元素称为非必需微量元素,如Al、Ba、Rb等。

有害元素:对人体健康有害的元素称为有害元素,如Hg、Pb、As等。

(二) 生命必需元素的生物功能

生命元素在生物体内起到的生理和生化现象,称为生命元素的生物功能。生命必需元素不仅是生物体的重要组成部分,而且不同的元素具有不同的功能。特别是生物体的一些微量元素,在生物体内众多的反应中发挥着开关、控制、调节、放大、传递等作用,与生物体的物质代谢、能量代谢、信息传递、生物解毒等多方面的生命活动过程紧密相关。缺乏或过量都会引起病变,生命必需元素在人体中的作用见表1-1。

表1-1 生命必需元素在人体中的作用

元素	缺乏引起的疾病	过量引起的疾病	补充该元素的食物
Fe	贫血	肝硬化	肉、蛋、水果
Cr	糖尿病、动脉硬化	肺癌	肉、蛋、粗粮
Ca	骨骼畸形	胆结石、动脉硬化	动物性食物
Cu	贫血、冠心病	癫痫	干果、葡萄干、茶
Zn	侏儒症	高热症、致癌	肉、蛋、奶、谷物
Mn	不孕、死胎	运动机能失调、头痛	豆类、肉、奶
I	甲状腺肿大、地方性呆小病	甲状腺肿大	海带、奶、加碘食盐

【知识链接】

生命元素的生理功能

生命元素在人体内的生理功能主要有:

- 1.构成生命体。生物元素中Ca、P可构成硬组织,C、H、O、N构成有机大分子,如糖类、蛋白质、核酸。
- 2.参与运载作用。生物体中某些元素和营养物质的吸收、传递、输送,不是简单的渗透和扩散过程,而是金属离子或一些配合物在这个过程中起着载体的作用。
- 3.调节体液的物理和化学特性。体液主要是由水和溶解于其中的电解质组成。
- 4.充当“信使”作用。生物体需要不断协调机体内各种生物过程,需要有传递各种信息的完善体系。
- 5.参与激素和维生素的生理作用。激素是人体生长代谢过程中不可缺少的物质,某些微量元素直接参与激素的组成或影响激素的功能。
- 6.作为酶的活性因子。人体内约有1/4酶的活动与金属离子有关,酶是生物体内具有催化作用、结构复杂的蛋白质。
- 7.维持核酸的正常代谢。核酸是由许多单核苷酸组成的。

二、无机化学与无机药物

近现代以来,无论是合成药物的研发、天然药物的提取,还是药物剂型、药理及生物解毒的研究,都要依靠化学知识。因此,化学已经渗透到许多与生命科学有关的研究领域和工业生产过程中。例如,用无机化学和有机化学的理论和方法合成具有特定功能的药物;用物理化学的方法研究药物的稳定性、生物利用度和药物代谢动力学;用化学的概念和理论解释病理、药理和毒理的过程,提出解决问题的办法。

(一) 开发无机药物是现代医药学发展的需要

目前在药物的开发中,以无机物为主的制剂大量出现,许多无机药物对人体某些疾病的治疗具有显著的效果。药物设计、血液代用品的研究、抗癌药物的开发、人体器官材料的利用等都需要无机化学的知识。

1. 抗癌药物的研究

最近的研究表明,在抗癌化合物的筛选中,从无机化合物中发现活性物质的概率要比在有机化合物中大20多倍。例如,1967年人们发现顺铂具有抗肿瘤活性,目前已经研制和开发出第二及第三代铂类抗癌药物,如卡铂;合成的非铂系配合物的抗癌药物是临床上治疗生殖泌尿系统、头颈部、食道、结肠等癌症有效的抗癌药物,如有机锗、有机锡等。

2. 金属配合物解毒剂

依地酸二钠钙是临床上治疗铅中毒及某些放射性元素中毒的高效解毒剂,二巯丁二酸是我国研制的解毒剂,是用于锑、汞、铅、砷和镉等中毒的特效解毒剂。

3. 纳米中药

20世纪90年代纳米中药的问世,又为应用无机化学开辟了一个新领域。将矿物药制成纳米微囊、颗粒、贴剂等多种剂型,提高了临床疗效。

(二) 矿物药是重要的无机药物

我国地域辽阔,矿物药种类繁多,应用矿物药治病历史悠久,早在春秋战国时期就有矿物药的有关文字记载,《全国中草药汇编》《中药大辞典》等专著也有矿物药记载。明代李时珍的《本草纲目》收录矿物药266种,《中华人民共和国药典》收录了常用矿物药几十种。如有些无机物质作为矿物药(见表1-2),是中药的重要组成部分。

表1-2 常见的几种矿物药

名称	主要成分	功效	常用中成药
雄黄	As_2S_3	解毒、杀虫	牛黄解毒丸
石膏	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	清热、泻火	明目上清丸
胆矾	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	催吐、化痰、消淤	光明眼药水
朱砂	HgS	镇惊、安神、解毒	朱砂安神丸
无名异	MnO_2	去痰止痛、消肿生肌	跌打万花油

第三节 无机化学的学习方法

无机化学是药学类专业的一门重要专业基础课,学习无机化学的目的是为今后有机化学、分析化学、中药化学等课程的学习打下坚实的基础,并培养科学的思维方式。同时培养高效率的学习方法及较强的自学能力,提高自己的创新意识、独立思考和独立解决问题的能力。为更好地学好无机化学,要做好如下几个方面:

1. 课前做好预习

课前预习既是一种科学的学习方法,也是一种良好的学习习惯。课前要预习本次课的学习内容,以求对知识的重点和难点有一定的认识。这样既可培养自学能力,又能保证有的放矢地听老师讲解。只有认识到预习的重要性,才能积极地去实践,持之以恒,最终养成预习的好习惯,提高学习效率。

2. 课堂认真听讲

课堂听讲十分关键,听课时要紧跟老师的思路,积极思考,认真听讲。老师授课内容经过了精心设计,突出重点和化解难点。有些讲授内容、比拟、分析推理和归纳会很生动深刻,对理解很有帮助。特别要注意弄清基本概念、弄懂基本原理,学会老师提出问题、分析问题和解决问题的思路和方法,从中受到启发,培养自己良好的思维方式,听课时应适当做好笔记,重点内容记下,以备复习、回味和深入思考。

3. 课后归纳总结

课后复习是消化和巩固所学知识的重要环节。每章节内容学习完之后,学生先要自己归纳总结本章节所学内容,启发思考。复习要及时,要有计划性。归纳总结可以按照事物的某种属性,运用求同思维去进行;也可以根据事物本质加以概括,使知识更加精练、更加简约、更加便于理解和记忆。无机化学课程的特点是理论性强,有些概念、理论比较抽象,很难做到一学就会、一听就懂,要经过反复思考并应用一些原理去说明、去解释,才能逐渐理解和掌握。要重视书本的例题和老师讲解中的分析方法与技巧,努力培养独立思考和分析问题、解决问题的能力。

4. 注重实验,增强教学互动性

实验课是无机化学课程的重要组成部分,是理解和掌握课程内容、学习科学规范的实验方法、培养动手能力的重要环节,要树立正确的实验态度。实验课前要预习实验内容,实验中做到目的性强、原理明确、步骤清楚、操作认真、仔细观察实验现象和正确记录。实验完毕要认真处理实验数据,分析实验现象和问题,得出正确结论,写好实验报告。通过实验可以帮助学生形成化学基本概念、基本理论,理解和巩固化学基础知识,认证所学过的定义和原理,同时为药专业技能的形成打下扎实的基础。

学习不要习惯于单纯地死记教材内容,而要力求融会贯通。在理解的基础上掌握学过的内容,并在辩证地思考教材内容的过程中,善于提出问题、分析问题和解决问题。学会利用各种参考资料,通过思考提高自己的综合能力,启迪智慧。


目标检测
一、单项选择题

- 元素周期律的提出是化学发展史上的一个里程碑。提出元素周期律的科学家是()。
 - 卢瑟福
 - 玻意耳
 - 门捷列夫
 - 道尔顿
- 20世纪30年代初,建立在量子力学基础上的现代原子结构模型及化学键理论,揭示了()的本质。
 - 原子核结构
 - 原子结构
 - 分子结构
 - 晶体结构
- “原子学说”的创立人是()。
 - 道尔顿
 - 拉瓦锡
 - 玻意耳
 - 门捷列夫
- 下列不属于无机化合物的是()。
 - CO_2
 - CH_4
 - CS_2
 - CaC_2
- 下列元素不属于人体必需的常量元素的是()。
 - 碳
 - 硫
 - 氯
 - 铁
- 含有金属钴元素的维生素是()。
 - 维生素C
 - 维生素E
 - 维生素 B_1
 - 维生素 B_{12}
- 研究表明,某些无机药物对人体的某些疾病显示了强大的活力。其中具有抗癌作用的是()。
 - 铁配合物
 - 铂配合物
 - 金配合物
 - 铜配合物
- 地方性“克汀病”是因为缺乏()元素所致。
 - 碘
 - 锌
 - 硒
 - 铁

二、填空题

- 依据化学发展的特征,可分为_____、_____和_____三个阶段。
- 无机化学是研究无机物质的_____、_____、_____和_____的学科。

三、简答题

根据自己的实际情况,谈谈你打算怎样学好无机化学?

第二章 溶 液

学习目标

1. 掌握溶液浓度的表示方法及相关计算。
2. 掌握稀溶液依数性的种类、原理和应用。
3. 理解溶液渗透压的概念及其在医药学上的意义。
4. 了解分散系的概念及分类。
5. 熟悉溶液配制的操作方法。

溶液广泛存在于人们的生活和工作之中，人体内的化学反应及药物在体内的吸收和代谢过程也大多是在溶液中进行的，药物的研发、生产和使用过程同样要经常涉及溶液。因此，掌握溶液的相关知识是十分必要的。本章在简要介绍各种分散系性质的基础上，重点讨论溶液的相关知识。

第一节 分散系

一、分散系的概念

一种或几种物质分散在另一种物质中所形成的体系称为分散体系，简称分散系。其中被分散的物质称为分散相或分散质；容纳分散相的连续介质称为分散介质或分散剂。分散体系可以是液态，也可以是气态或固态。

二、分散系的分类

根据分散相粒子的大小不同，将分散系分为三种类型：分子或离子分散系、胶体分散系和粗分散系，见表2-1。

表2-1 三类分散系的特点

分散系类型		粒子直径	分散相组成	主要特征	实例
分子或离子分散系 (真溶液)		<1 nm	低分子或离子	均相, 稳定, 能透过滤纸和半透膜	NaCl水溶液、 NaOH水溶液
胶体分散系	溶胶	1 ~ 100 nm	胶粒(分子、原子、离子的聚集体)	非均相, 有相对稳定性, 能透过滤纸, 不能透过半透膜	Fe(OH) ₃ 溶胶、AgI溶胶
	高分子溶液		高分子	均相, 稳定, 能透过滤纸, 不能透过半透膜	蛋白质水溶液、橡胶的苯溶液
粗分散系(乳浊液、悬浊液)		>100 nm	粗粒子	非均相, 不稳定, 不能透过滤纸和半透膜	牛奶、泥浆

1. 分子或离子分散系 (又叫真溶液, 简称溶液)

当分散相粒子直径小于1 nm, 以分子或离子形式混溶在分散介质中时, 没有界面, 是均匀的单相。粒子直径小于1 nm的分散相以分子或离子的形式被均匀地分散到分散介质中, 所形成的均匀分散体系称为分子或离子分散系, 溶液中分散相和分散介质的颗粒直径都很小 (<1 nm), 分子或离子分散系均相、稳定, 能透过滤纸和半透膜, 因此也将这种分散体系称为真溶液, 简称溶液。如NaCl水溶液、NaOH水溶液等。

2. 胶体分散系

分散相粒子直径在1 ~ 100 nm的分散体系, 称为胶体分散系, 简称胶体。胶体又分为溶胶和高分子溶液两类: 溶胶是指分散相为分子、原子或离子的聚集体, 如Fe(OH)₃溶胶、AgI溶胶等; 高分子溶液是指分散相为聚合物分子或生物大分子, 如蛋白质水溶液、橡胶的苯溶液等。

3. 粗分散系

分散相粒子直径大于100 nm的分散体系称粗分散系。非均相, 不稳定, 不能透过滤纸和半透膜, 放置后会沉淀或分层。粗分散系按分散相状态的不同可分为悬浊液和乳浊液。悬浊液是指固体小颗粒分散在液体中所形成的粗分散系, 如泥浆、临床上外用的皮肤杀菌药硫黄合剂等。乳浊液是指液体以微小液滴的形式, 分散在与它不相溶的另一种液体中所形成的粗分散系, 如牛奶、乳白鱼肝油等。

第二节 溶液浓度的表示方法及溶液的配制

一、溶液浓度的表示方法

在生产和实验中, 通常使用溶液中溶质的量与溶液(或溶剂)的量之比来表示溶液的组成。其中溶质的量与溶液(或溶剂)的量是使用不同的物理量(如质量、物质的量、体积等)来表示的, 一般情况下, 使用不同的物理量表示溶质和溶液(或溶剂)的量的表示方法, 称为浓度; 使用同一种物理量表示溶质和溶液(或溶剂)的量的表示方法, 称为分数。常见的溶液组成的表示方法有以下几种:

(一) 溶液浓度的表示方法

1. 物质的量浓度

物质的量浓度定义为：溶质B的物质的量除以溶液的体积，用符号 c_B 表示，即：

$$c_B = \frac{n_B}{V} \quad (2-1)$$

式中， n_B 为溶质B的物质的量、 V 为溶液的体积。化学和医药学上物质的量浓度常用 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 或 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 等单位表示。

物质的量浓度是最常用的溶液浓度的表示方法。在医学上，世界卫生组织提议，凡是已知相对分子质量的物质在体液内的含量均应该用物质的量浓度表示。

【例2-1】将4 g NaOH溶于水，配成1 L溶液，计算所得NaOH溶液的物质的量浓度。

解： $m_{\text{NaOH}} = 4 \text{ g}$ ， $M_{\text{NaOH}} = 40 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ， $V = 1 \text{ L}$

$$n_{\text{NaOH}} = \frac{m_{\text{NaOH}}}{M_{\text{NaOH}}} = \frac{4 \text{ g}}{40 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.1 \text{ mol}$$

$$c_{\text{NaOH}} = \frac{n_{\text{NaOH}}}{V} = \frac{0.1}{1} = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

故所得的NaOH溶液的物质的量浓度为 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

当溶质含量较少时，常用 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 或 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 作为物质的量浓度的单位。 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 1000 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ ， $1 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} = 1000 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。例如，生理盐水的 c_{NaCl} 为 $0.154 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，也就是 $154 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

2. 质量浓度

质量浓度定义为：溶液中溶质B的质量除以溶液的体积，用符号 ρ_B 表示，即

$$\rho_B = \frac{m_B}{V} \quad (2-2)$$

式中， m_B 为溶质B的质量， V 为溶液的体积。质量浓度的单位为 $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 或 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

质量浓度可以表示单位体积内物质中某组分的质量，而与质量浓度单位一致的密度，则表示单位体积内物质整体的质量。

【例2-2】根据《中国药典》规定，注射用生理盐水的规格为0.5 L生理盐水中含NaCl 4.5 g，计算生理盐水中氯化钠的质量浓度。

解： $m_{\text{NaCl}} = 4.5 \text{ g}$ ， $V = 0.5 \text{ L}$

$$\rho_{\text{NaCl}} = \frac{m_{\text{NaCl}}}{V} = \frac{4.5}{0.5} = 9 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$$

故生理盐水中氯化钠的质量浓度为 $9 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

医药上，对于未知其相对分子质量的物质可用质量浓度表示。由固态溶质配制溶液时，可用质量浓度表示溶液的组成，如 $50 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 的葡萄糖溶液、 $9 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 的NaCl溶液、 $12.5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 NaHCO_3 溶液等。

3. 质量摩尔浓度

质量摩尔浓度定义为：溶液中溶质B的物质的量除以溶剂A的质量，用符号 b_B 表示，即

$$b_B = \frac{n_B}{m_A} \quad (2-3)$$