



全国高等卫生职业教育技能紧缺型
人才培养“十二五”规划教材

适合护理、助产、临床医学等专业使用

医用化学

于 辉 刘晓瀛 主编



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>



全国高等卫生职业教育技能紧缺型
人才培养“十二五”规划教材

适合护理、助产、临床医学等专业使用

医用化学

主 编 于 辉 刘晓瀛

副主编 盛文文 左 丽

编 者 (以姓氏笔画为序)

于 辉 承德护理职业学院

左 丽 铁岭卫生职业学院

刘晓瀛 铁岭卫生职业学院

闫 芳 铁岭卫生职业学院

陈 超 承德护理职业学院

卑占宇 漯河医学高等专科学校

周恩红 皖西卫生职业学院

盛文文 皖西卫生职业学院

董玉红 承德护理职业学院



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

中国·武汉

内 容 简 介

本书是全国高等卫生职业教育技能紧缺型人才培养“十二五”规划教材。

全书共分 13 章理论内容,由无机化学、有机化学中与医学关系较为密切的基础理论、基本知识、基本技能组合而成,主要内容有溶液,电解质溶液,配位化合物,各类有机化合物的结构特征、重要的理化性质及应用等。此外,还包括 9 个实验内容供选做。

本书主要供护理、助产、临床医学等专业使用。

图书在版编目(CIP)数据

医用化学/于辉,刘晓瀛主编. —武汉:华中科技大学出版社,2014.5

ISBN 978-7-5680-0086-4

I. ①医… II. ①于… ②刘… III. ①医用化学-高等职业教育-教材 IV. ①R313

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 100161 号

医用化学

于 辉 刘晓瀛 主编

策划编辑:荣 静

责任编辑:程 芳

封面设计:范翠璇

责任校对:封力煊

责任监印:周治超

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)81321915

录 排:华中科技大学惠友文印中心

印 刷:华中理工大学印刷厂

开 本:880mm×1230mm 1/16

印 张:11.25

字 数:360 千字

版 次:2014 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

定 价:29.80 元



华中出版

本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

全国高等卫生职业教育技能紧缺型 人才培养“十二五”规划教材编委会



总顾问 文历阳 沈 彬

主任委员

徐江荣 江西医学高等专科学校
罗 杰 湖北医药学院附属太和医院
王承明 荆楚理工学院医学院

委员 (按姓氏笔画排序)

朱宗明 湖北医药学院附属太和医院
许晓飞 清远职业技术学院
李文忠 荆楚理工学院医学院
钟 平 铜陵市人民医院
唐吉斌 铜陵市人民医院
袁 静 辽宁卫生职业技术学院
黄拥军 清远职业技术学院
章晓红 江西医学高等专科学校
韩丽华 铁岭卫生职业学院

总序

随着我国经济的持续发展和教育体系、结构的重大调整,职业教育办学思想、培养目标随之发生了重大变化,人们对职业教育的认识也发生了本质性的转变。我国已将发展职业教育作为重要的国家战略之一,高等职业教育成为高等教育的重要组成部分。作为高等职业教育重要组成部分的高等卫生职业教育也取得了长足的发展,为国家输送了大批高素质技能型、应用型医疗卫生人才。

我国的护理教育有着百余年的历史,积累了丰富的经验,为培养护理人才作出了历史性的贡献,但在当今的新形势下也暴露出一些问题,急需符合中国国情又具有先进水平的护理人才体系。为了更好地服务于医学职业教育,《“十二五”期间深化医药卫生体制改革规划暨实施方案》中强调:加大护士、养老护理员、药师、儿科医师,以及精神卫生、院前急救、卫生应急、卫生监督、医院和医保管理人员等急需紧缺专门人才和高层次人才的培养。护理专业被教育部、卫生部等六部委列入国家紧缺人才专业,予以重点扶持。根据卫生部的统计,到2015年我国的护士数量将增加到232.3万人,平均年净增加11.5万人,这为护理专业的毕业生提供了广阔的就业空间,也对卫生职业教育如何进行高素质技能型护理人才的培养提出了新的要求。

为了顺应高等卫生职业教育教学改革的新形势和新要求,在认真、细致调研的基础上,在全国卫生职业教育教学指导委员会副主任委员文历阳教授及沈彬教授等专家的指导下,在部分示范院校的引领下,我们组织了全国20多所高等卫生职业院校的200多位老师编写了符合各院校教学特色的全国高等卫生职业教育技能紧缺型人才培养“十二五”规划教材,并得到参编院校的大力支持。

本套教材充分体现新一轮教学计划的特色,强调以就业为导向,以能力为本位,紧密围绕现代护理岗位人才培养目标,根据整体性、综合性原则,以及护理专业的特点将原有的课程进行有机重组,使之成为具有21世纪职业技术人才培养特色,并与护理专业相适应的课程体系。本套教材着重突出以下特点。

1. 突出技能,引导就业 以就业为导向,注重实用性,核心课程围绕技能紧缺型人才的培养目标,设计“基本执业能力+特色特长”的人才培养模式。构建以护理技术应用能力为主线、相对独立的实践教学体系。

2. 紧扣大纲,直通护考 紧扣教育部制定的高等卫生职业教育教学大纲和护士执业资格考试大纲,按照我国现行护理操作技术规范,辅以系统流程图、必要的解剖图谱和关键操作要点。

3. 创新模式,理念先进 创新教材编写体例和内容编写模式,参照职业资格标准,体现“工学结合”特色。教材的编写突出课程的综合性,淡化学科界限,同时结合各学科特点,适当增加人文科学相关知识,强化专业与人文科学的有机融合。

教材是体现教学内容和教学方法的知识载体,是把教学理念、宗旨等转化为具体教学现实的媒介,是实现专业培养目标和培养模式的重要工具,也是教学改革成果的结晶。本套教材在编写安排上,坚持以“必需、够用”为度,坚持体现教材的思想性、科学性、先进性、启发性和适用性原则,坚持以培养技术应用能力为主线设计教材的结构和内容。在医学基础课程的设置中,重视专业岗位对相关知识、技能的需求,淡化传统的学科体系,以多学科的综合为主,强调整体性和综合性,对不同学科的相关内容进行了融合与精简,使医学基础课程真正成为专业课程学习的先导。在专业课程的设置中,以培养解决临床问题的思路与技能为重点,教学内容力求体现先进性和前瞻性,并充分反映专业领域的新知识、新技术、新方法。在文字的表达上,避免教材的学术著作化倾向,注重循序渐进、深入浅出、图文并茂,以利于学生的学习和发展,使之既与我国的国情相适应,又逐步与国际医学教育相接轨。我们衷心希望这套教材能在相关课程的教学发挥积极作用,并深受读者的喜爱。我们也相信这套教材在使用过程中,通过教学实践的检验和实际问题的解决,能不断得到改进、完善和提高。

全国高等卫生职业教育技能紧缺型人才培养
“十二五”规划教材编写委员会

前言

本书是全国高等卫生职业教育技能紧缺型人才培养“十二五”规划教材。本书围绕技能紧缺型人才的培养目标,以教育部制定的高等卫生职业教育的教学计划和教学大纲为依据,树立以全面素质教育为基础、以能力为本位的指导思想,突出技能,引导就业,注重实用性。教材注重教学内容的提炼,编写模式的创新,强化知识的实践运用和专业能力的训练。

教材突出了高等卫生职业教育的特点,精选医学专业学生必须掌握的化学基本理论、基本知识和基本技能。在编写过程中对基本知识的描述力求做到深入浅出,语言简练,通俗易懂。重视内容的基础性、科学性、先进性、启发性和实用性。坚持“必需、够用”的原则,注重化学与医学的融合,强调化学在医学上的应用。通过“知识链接”反映学科最新信息、最新成果和最新技术,化学与医学的联系及应用,以拓宽学生的知识面。为了引导学生有目的地学习,章首设有“学习目标”,章末设有“目标检测”,便于学生进行自我检测。

全书共编写了13章理论内容和9个实验内容。理论内容由无机化学、有机化学中与医学关系较为密切的基础理论、基本知识、基本技能组合而成,主要内容有溶液,电解质溶液,配位化合物,各类有机化合物的结构特征、重要的理化性质及其应用等。总共72学时,其中理论课54学时,实验课18学时。在使用过程中各校可根据学时情况安排教学内容。

本书在编写过程中,参考了部分高等卫生职业教育相关教材,在此对原作者表示感谢。此外,编写工作得到了各编者所在单位领导的关心和支持,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平和编写时间所限,错误和缺点在所难免,敬请同行、专家和广大师生批评指正。

于 辉

目 录

第一章 绪论 /1

第二章 溶液 /3

第一节 胶体溶液和高分子溶液 /3

第二节 物质的量 /6

第三节 溶液的浓度 /8

第四节 溶液的渗透压 /11

第三章 电解质溶液 /17

第一节 弱电解质的电离平衡 /17

第二节 酸碱质子理论 /20

第三节 水溶液的酸碱性和 pH 值 /21

第四节 离子反应 /23

第五节 盐的水解 /24

第六节 缓冲溶液 /26

第四章 配位化合物 /31

第一节 化学键 /31

第二节 配位化合物 /34

第五章 有机化合物概述 /40

第一节 有机化合物概述 /40

第二节 有机化合物的结构 /41

第三节 有机化合物的分类 /43

第六章 烃 /47

第一节 饱和链烃(烷烃) /47

第二节 不饱和链烃 /51

第三节 环烃 /55

第七章 醇、酚、醚 /64

第一节 醇 /64

第二节 酚 /71

第三节 醚 /75

第八章 醛和酮 /80



第九章 羧酸和取代羧酸 /91

- 第一节 羧酸 /91
- 第二节 羟基酸 /97
- 第三节 酮酸和酮体 /98

第十章 酯类 /103

- 第一节 酯 /103
- 第二节 油脂 /104

第十一章 含氮有机化合物 /112

- 第一节 胺 /112
- 第二节 酰胺 /116
- 第三节 含氮杂环化合物 /118

第十二章 糖类 /122

- 第一节 单糖 /122
- 第二节 双糖 /126
- 第三节 多糖 /127

第十三章 氨基酸和蛋白质 /131

- 第一节 氨基酸 /131
- 第二节 蛋白质 /135

实验部分 /147

- 化学实验须知 /147
- 实验一 化学实验基本操作技术 /148
- 实验二 溶液的配制与稀释 /154
- 实验三 电解质溶液 /156
- 实验四 醇和酚的性质 /157
- 实验五 醛和酮的性质 /158
- 实验六 羧酸的性质 /159
- 实验七 胺和酰胺的性质 /160
- 实验八 糖的性质 /161
- 实验九 氨基酸蛋白质的性质 /162

目标检测选择题参考答案 /163

教学大纲 /164

主要参考文献 /169

元素周期表 /170

学习目标

1. 了解化学研究的对象和范畴。
2. 熟悉化学与医学的关系。
3. 掌握学习化学的基本方法。

一、化学研究的对象和范畴

世界是物质的,物质是人类赖以生存的基础。自然界中的物质有两种基本的形态,即实物和场。二者的区别在于实物(包括宏观物质和微观粒子)有静止的质量,而场(磁场、电场等)没有静止的质量,我们习惯上把实物称为物质。化学是以实物为研究对象,在原子、分子层次上研究物质的组成、结构、性质、变化、合成及其应用的一门自然科学。

化学是众多的科学门类中重要的基础学科之一。化学研究的范围非常广泛,依照所研究的对象、方法、手段、目的和任务不同,可以分成许多分支学科。其中最重要的是以下基础学科。

无机化学:研究所有元素的单质及其化合物(有机物除外)的化学。

有机化学:研究碳氢化合物及其衍生物的化学。

分析化学:研究物质的组成、含量、结构和形态等化学信息的分析方法和理论。

物理化学:研究反应机制、反应中的能量变化和反应速率理论及物质结构的化学。

化学是一门历史悠久而又充满活力的学科。化学学科的飞速发展,在推动其他学科发展的同时,也与其他学科产生相互交叉、相互渗透、相互融合,形成许多新的边缘学科和应用学科,如医用化学、生物化学、药物化学、食品化学、环境化学、农业化学、结构化学、材料化学、分子生物学、基因工程学等。化学已经深入到了人类生活的各个领域,并发挥着巨大的作用。特别是当今人类正在进行着新的科学技术革命,化学科学进入了一个新的飞速发展阶段。化学的发展必将对诸如生命科学、环境保护、能源开发、新材料的合成与利用等重大课题的研究起重要作用。因此,21 世纪,化学已被公认为一门中心科学。

二、化学与医学及护理学的关系

化学与医学自古至今就有着不解之缘,二者相互促进,共同发展。早在 16 世纪,欧洲化学家就提出要为医治疾病制造药物。1800 年,英国化学家 Davy 发现了一氧化二氮的麻醉作用。后来乙醚、氯仿相继被用作全身麻醉(全麻)剂,使得外科手术和牙科手术能够在无痛情况下实施。19 世纪末又发明了局部麻醉剂如普鲁卡因等,克服了全麻手续繁杂、副作用多的不足。麻醉剂的发现和使用,对外科学的发展起到了决定性的作用。1932 德国科学家 Domagk 发现了一种偶氮磺胺染料可治愈细菌性败血症。后来,化学家制备了许多新型的磺胺类药物,并开创了抗生素领域的新篇章。由此可见,化学与医学的发展是密切相关的。

现代医学与化学的关系更加密切。医学研究的主要对象是人体,而人体各种组织都是由蛋白质、脂肪、糖类、水和无机盐等化学物质构成的。人体内许多生理现象和病理现象,如消化、吸收、呼吸、排泄等都包含着复杂的化学变化。医学的主要任务是研究人体正常的生理现象和病理现象,寻求防病、治病的方法,保障人类健康。在疾病的诊断和治疗过程中,常常对血液、尿液、胃液、粪便等进行化学检验,以帮助做出正确的诊断;治疗疾病离不开药物,药物的合成制备和中草药有效成分的提取和鉴定以及新药物的研制



等,也需要有丰富的化学知识;输液是护士的一项重要治疗工作,而输液原则涉及溶液的浓度、渗透压等方面的化学知识;了解微量元素与人体健康和疾病的关系,能够有效地预防及对病人进行科学的饮食护理和治疗,缩短病人的康复周期;医学科学日新月异,人造器官、人造血管、人造皮肤、人造血浆等应用于临床,放射性同位素在医学上的广泛应用,更加密切了化学与医学的关系。随着医学科学的发展,对遗传、变异、疾病、死亡等生命过程的探索,越来越显示出化学对医学的重要性。所以,化学是学习医学及护理学不可缺少的基础课程之一。

三、医用化学的内容和学习方法

医学化学以中学化学等前序课程为基础,以生物化学、病理生理学、药理学等临床基础课程为后续课程,是医学专业的一门专业基础课。医用化学融合了医学和化学两门学科的知识,既有化学学科的内容又不乏医学的特点。医用化学是一门重要的医学基础课,其任务是使学生掌握与医学相关的化学基本理论、基本知识和基本技能,培养化学思维方式,为学习后续课程奠定基础。

医用化学的内容是根据医学专业的特点和需要而精心选定的,内容包括无机化学、有机化学和化学实验三部分。无机化学部分主要介绍与医学、护理学密切相关的化学的基本理论和基本原理,包括:溶液、电解质溶液、配位化合物;有机化学部分主要介绍烃和烃的衍生物的基本知识及其在医学上的应用;化学实验部分介绍了医用化学实验的基本知识,并精心编制了包括无机化学和有机化学实验内容,包括常用实验仪器的正确使用、溶液的配制、化合物的性质及制备等基本操作的实验。通过理论和实验教学,提高学生的观察、思考和综合归纳能力、逻辑思维能力、分析问题和解决问题的能力。

医用化学是在大一学生入学第一学期授课,由于学习及生活环境的改变,课程设置、学习方法和中学有所不同,中学是精讲多练,对教学内容通过各种题型不断强化,大学课程内容多,信息量大,课时少,精简有度。大一学生应尽快调整心态,适应大学的教学规律,在掌握化学基本知识和基本技能的同时,养成良好的学习习惯,变被动学习为主动学习。

医用化学具有概念抽象、理论性强等特点,要学好这门课程,应准确、牢固地掌握化学的基本概念、基本理论、基本知识和基本技能。首先做到课前预习,先提出问题,带着问题听课,紧跟老师讲课的思路,在老师的讲解中寻找问题的答案,并领悟提出问题、解决问题的方法和途径;课后及时复习巩固、归纳总结并认真完成作业。其次,对教学内容进行分析、比较、归纳和综合,从中找出知识上的共性、差异和联系,并在理解的基础上加强记忆,在记忆的基础上加深理解,将知识融会贯通,灵活运用。再次,学会自主学习,努力培养自学能力,增强运用所学到的理论知识去分析问题和解决问题的能力。最后,要重视实验课的学习,化学是一门以实验为基础的学科,化学实验是医用化学的重要组成部分。通过实验加深对所学理论知识的理解和记忆,并提高动手操作、观察、记录、分析及总结能力,培养学生严谨求实的科学态度、科学的思维方法和独立工作的能力。

(于 辉)

学习目标

1. 掌握胶体的基本概念和溶胶的基本性质;了解高分子溶液的基本特性。
2. 掌握物质的量、摩尔质量、物质的量浓度、质量浓度、质量分数、体积分数等名词的含义和定义式。
3. 熟练地进行有关溶液浓度的计算和溶液的配制与稀释。
4. 掌握渗透压的基本概念,学会渗透浓度的计算和渗透压大小的比较。
5. 理解渗透压在医学上意义。

溶液在日常生活、化工生产和科学实验中都有广泛的应用,许多化学反应需要在溶液中进行,许多食物需经过消化形成溶液后才容易被人体吸收,临床上常将一些药物配制成具有一定浓度的溶液使用。溶液在人类的生活、生产和生命过程中具有十分重要的意义。

第一节 胶体溶液和高分子溶液

一、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系。其中,被分散的物质称为分散相(或分散质),容纳分散相的物质称为分散剂(或分散介质)。例如,生理盐水是氯化钠分散在水中形成的分散系,氯化钠为分散质,水为分散介质。

(二) 分散系的分类

根据分散相粒子的大小不同,将分散系分为以下三类(表 2-1)。

1. 分子或离子分散系 分散相粒子直径小于 1 nm 的分散系称为分子或离子分散系。在此类分散系中,分散相粒子实际上是单个的分子或离子,在分散相和分散介质之间不存在界面,也不会阻止光线通过,所以这类分散系的主要特征是均匀、透明、稳定,分散相粒子能透过滤纸和半透膜。

分子或离子分散系通常又叫作真溶液,简称为溶液。在真溶液中,分散相又称为溶质,分散介质又称为溶剂。

2. 胶体分散系 分散相粒子直径在 1~100 nm 的分散系称为胶体分散系,简称胶体溶液。此类分散系的分散相粒子是由许多分子聚集而成的,比分子或离子分散系粒子大。在分散相和分散介质之间有界面,属不均匀体系,但仍能让部分光线通过。所以胶体分散系的主要特征是不均匀、相对稳定、外观上透明,分散相粒子能透过滤纸,但不能透过半透膜。

3. 粗分散系 分散相粒子直径大于 100 nm 的分散系称为粗分散系。此类分散系的分散相粒子是大量分子的聚集体,比胶体粒子更大。分散相与分散介质之间有明显的界面,能阻止光线通过,也容易受重力作用而沉降。所以粗分散系的主要特征是很不均匀,也很不稳定,整个分散系是浑浊而不透明的,分散相粒子不能透过滤纸和半透膜。悬浊液和乳浊液属于粗分散系。悬浊液是指不溶性的固体小颗粒分散在



液体中形成的粗分散系,例如,泥浆水、外用皮肤杀菌药硫黄合剂等。乳浊液是指一种液体以液珠的形式分散在与它不相混溶的另一种液体中而形成的粗分散系,如牛奶、医药上用的松节油搽剂等。

乳浊液在医药上又称乳剂。乳剂一般都不稳定。要使乳剂稳定,必须加入另一种能使其稳定的物质,这种物质称为乳化剂。乳化剂的作用是在分散相的小液珠上形成一层乳化剂薄膜,使小液滴间不易相互聚集。常见的乳化剂有肥皂、合成洗涤剂以及人体内的胆汁酸盐等。乳化剂使乳剂稳定的作用称为乳化作用。乳化作用对脂肪的消化和吸收有着重要的意义。

表 2-1 分散系的分类

类 型		分散质粒子	粒子直径	特 征
分子或离子分散系		分子、离子	$<1\text{ nm}$	稳定、透明,能透过滤纸和半透膜,分散质粒子扩散快
胶体分散系	溶胶	胶粒	$1\sim 100\text{ nm}$	相对稳定,分散质粒子扩散慢,能透过滤纸,不能透过半透膜
	高分子溶液	单个高分子		稳定、透明,分散质粒子扩散慢,能透过滤纸,不能透过半透膜
粗分散系	悬浊液	固体小颗粒	$>100\text{ nm}$	不稳定、不透明,分散相粒子无扩散能力,不能透过滤纸和半透膜
	乳浊液	液体小珠滴		

二、胶体溶液

胶体分散系包括溶胶和高分子化合物溶液。固态分散相分散在液态分散介质中形成的胶体分散系称为胶体溶液,简称溶胶。

(一) 溶胶的性质

1. 丁铎尔效应 当光波投射到粒子上时,如果粒子大小大于波长,则光波以一定的角度从粒子表面反射出来。如果粒子大小远小于光波的波长,则光波绕过粒子前进,不受阻碍。当粒子的大小和光波波长接近或稍小时,光波产生散射。溶胶粒子的大小在 $1\sim 100\text{ nm}$ 之间,略小于可见光的波长($400\sim 760\text{ nm}$),因此有一定强度的散射现象。丁铎尔现象即当一束强光投射到溶胶上,在暗室中或黑暗背景下,从光束的垂直方向观察,可以清楚地观察到一条光带(图 2-1),这是胶体溶液的特点,也是溶胶区别于真溶液的一个基本特征。

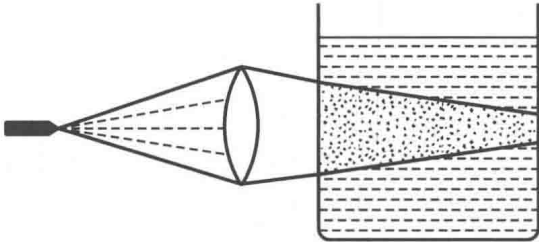


图 2-1 丁铎尔效应

2. 布朗运动 1827 年,英国植物学家布朗在显微镜下观察悬浮的花粉时,发现花粉颗粒在介质中不停地作无规则运动。此后又发现溶胶的胶粒在介质中也做这种不定向的、无规则的运动,因此将这种运动称为布朗运动(图 2-2)。布朗运动是由分散剂的分子无规则地从各个方向撞击分散相的颗粒而引起的。分散介质的分子由于热运动不断地从各个方向同时冲击胶粒,由于胶粒很小,在某一瞬间,它所受冲击力不会相互抵消,因而使它在不同时刻以不同速度、不同方向作不规则的运动。胶粒质量愈小,温度愈高,布朗运动愈激烈。

3. 电泳 在外电场的作用下,溶胶粒子在介质中定向移动的现象称为电泳(图 2-3)。例如在 U 形管中,加入红棕色的氢氧化铁溶胶,然后插上电极并通直流电,阴极附近颜色逐渐变深,表明氢氧化铁胶体粒子则向阴极移动。如果在 U 形管中换上黄色的硫化砷溶胶并通电,胶体粒子则向阳极移动。

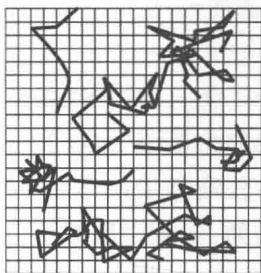


图 2-2 胶粒布朗运动

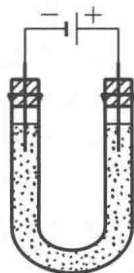


图 2-3 电泳现象

电泳实验证明胶粒带电,由电泳的方向可以判断胶粒所带电荷的性质。大多数金属氢氧化物溶胶的胶粒带正电,称为正溶胶;大多数金属硫化物、非金属氧化物、硅胶、金、银等溶胶的胶粒带负电,称为负溶胶。电泳现象在蛋白质、多肽、氨基酸和核酸等物质的分离和鉴定方面有着广泛的应用,例如,在临床检验中,常用电泳法分离血清中的各种蛋白质。

(二) 溶胶的稳定性和聚沉

1. 溶胶的稳定性 溶胶能够在相对较长时间内稳定存在的性质称为溶胶的稳定性。溶胶之所以具有相对稳定性,除了胶粒作布朗运动克服重力下沉起到部分作用外,主要还有以下两个原因。

(1) 胶粒带电。一种溶胶的各个胶粒都带有相同的电荷。同性电荷相斥,阻止了胶粒的靠近而不易聚沉。

(2) 胶粒表面水化膜的保护作用。由于胶粒表面带电,对溶剂分子具有吸引力,因此在胶粒的外面有一层水化膜,它阻止了胶粒互相碰撞而使胶粒合并变大,水化膜越厚,溶胶越稳定。

2. 溶胶的聚沉 消除或削弱使溶胶稳定的因素,胶粒就会聚集成较大颗粒从分散介质中沉淀析出,这种现象称为聚沉。使溶胶聚沉可以采用以下方法。

(1) 加入电解质。电解质离子与胶粒带相反电荷,中和了胶粒所带的一部分电荷,使胶粒电荷量减少,溶剂化层变薄,胶粒容易聚结而发生聚沉。例如,在 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 溶胶中加入少量 Na_2SO_4 溶液, SO_4^{2-} 就可以中和 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶粒所带电荷,促使 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶粒聚合,从而析出 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀。电解质不同,聚沉能力也不同,同价离子聚沉能力几乎相等,而反离子的价态越高,电解质对溶胶的聚沉能力越强。

(2) 加入带相反电荷的溶胶。将正溶胶和负溶胶互相混合,也能发生相互聚沉作用。它与电解质聚沉溶胶不同之处在于,只有当正溶胶的胶粒所带总正电荷量恰好等于负溶胶的胶粒所带总负电荷量时,才会完全相互聚沉,否则只能发生部分聚沉,甚至不聚沉。例如,天然水中常含有 SiO_2 负溶胶,若加入明矾 $[\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}]$,明矾水解后形成 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 正溶胶,二者相互中和,以达到净水的目的。

(3) 加热。加热能使溶胶聚沉。这是因为加热提高了胶粒的运动速度和碰撞机会,削弱了胶粒的吸附能力,使溶胶的稳定性下降,进而发生聚沉。

三、高分子化合物溶液

(一) 高分子化合物的概念

高分子化合物又称大分子化合物,其相对分子质量在 1 万以上,甚至上百万,如生物体中的蛋白质、核酸、糖原、淀粉、纤维等都是高分子化合物。

(二) 高分子化合物溶液的特性

高分子化合物溶液中,分散相的粒子是单个高分子,溶质和溶剂有较强的亲和力,两者之间没有明显界面,属于均相分散系,具有真溶液的性质。由于在 高分子 溶液中,分散质粒子已进入胶体范围(1~100 nm),因此,高分子化合物溶液也被列入胶体体系,它还具有胶体体系的某些性质,如扩散速度小、分散质粒子不能透过半透膜等,因此高分子化合物溶液具有自己的特征。

1. 稳定性 高分子化合物溶液属均相分散系,在无菌、溶剂不蒸发的条件下可长期放置而不沉淀。在稳定性方面与真溶液相似。另外,由于高分子化合物具有许多亲水基团(如 $-\text{OH}$ 、 $-\text{COOH}$ 、 $-\text{NH}_2$



等),当其溶解在水中时,其亲水基团与水分子结合,在分子化合物表面形成了一层水化膜,增加了体系的稳定性,这也是分子化合物溶液具有稳定性的主要原因。

对于溶胶来说,加入少量电解质就可使它发生聚沉。而对于分子化合物溶液,要使分散相粒子从溶液中沉淀出来,必须加入大量电解质。加入大量电解质使分子化合物从溶液中沉淀出来的作用,称为盐析。盐析时,电解质的离子从分子周围夺取水分子,破坏了水化膜,使分子化合物溶液失去稳定因素,分子之间相互碰撞而聚集,从而导致分子化合物从溶液中析出。例如,向蛋白质溶液中加入大量电解质如硫酸铵等,就可以使蛋白质在水中的溶解度降低而析出。注意,盐析并不破坏蛋白质的结构,不会引起蛋白质的变性,加溶剂稀释后,蛋白质可以重新溶解。

2. 黏度大 液体的一部分流过其他一部分所受到的阻力称为黏度。分子化合物溶液的黏度比一般溶液或溶胶大得多,分子化合物溶液的高黏度与它的特殊结构有关。

(三) 分子溶液对溶胶的保护作用

在溶胶中加入适量分子化合物溶液,可以显著地增加溶胶的稳定性,这种现象称为分子溶液对溶胶的保护作用。分子化合物保护作用的机理是,分子化合物的大分子被溶胶胶粒所吸附,并在胶粒表面形成保护膜,因而大大削弱了胶粒聚结的可能性,同时由于分子化合物含有亲水基团,在它的外面又形成一层水化膜,进一步提高了溶胶的稳定性。

分子溶液对溶胶的保护作用在人体的生理过程中很重要。例如,血液中碳酸钙、磷酸钙等难溶性的无机盐都是以溶胶的形式存在的,由于血液中的蛋白质对这些盐类溶胶起保护作用,所以它们分散在血液中的浓度虽然比溶解在水中的浓度大,但仍然能稳定存在而不聚沉。当发生某些疾病使血液中的蛋白质减少时,就减弱了对这些盐类溶胶的保护作用,则难溶性盐类就可能沉积在肾、胆囊等器官中,这就是形成各种结石的原因之一。医药上使用的防腐剂胶体银(如蛋白银),就是利用蛋白质的保护作用制成银的胶态制剂,使银稳定地分散在水中。用于胃肠道造影的硫酸钡合剂,也含有分子化合物阿拉伯胶,对硫酸钡溶胶起着保护作用。

第二节 物质的量

一、物质的量及其单位

(一) 物质的量

物质的量与长度、质量、温度和时间等一样,是国际单位制(SI)的7个基本物理量之一。物质的量是表示以一特定数目的基本单元粒子为集体的、与基本单元粒子数成正比的物理量,用符号“ n ”表示。书写物质的量 n 时,应在 n 的右下角或用括号的形式表明微粒的基本单元。例如:

氢原子的物质的量 记为 n_{H} 或 $n(\text{H})$

水分子的物质的量 记为 $n_{\text{H}_2\text{O}}$ 或 $n(\text{H}_2\text{O})$

钠离子的物质的量 记为 n_{Na^+} 或 $n(\text{Na}^+)$

硫酸的物质的量 记为 $n_{\text{H}_2\text{SO}_4}$ 或 $n(\text{H}_2\text{SO}_4)$

泛指时,微粒B的物质的量记为 n_{B} 或 $n(\text{B})$ 。

(二) 物质的量的单位

1971年第十四届国际计量大会(CGPM)通过决议,规定物质的量的单位是“摩尔”,符号为 mol。定义为摩尔是一系统的物理量,该系统中所包含的基本单元数与 $0.012 \text{ kg}^{12}\text{C}$ 的原子数相等。在使用摩尔时,应指明基本单元。基本单元可以是原子、分子、离子、电子或其他粒子,或是这些粒子的任意组合。在临床医学工作中,还常常还采用毫摩尔(mmol)、微摩尔(μmol)等单位。

$$1 \text{ mol} = 1000 \text{ mmol} \quad 1 \text{ mmol} = 1000 \mu\text{mol}$$

实验测定, $0.012 \text{ kg}^{12}\text{C}$ 所含的碳原子数约为 6.02×10^{23} 个碳原子, 这个数值最初是由意大利化学家阿伏伽德罗所提出的, 故称为阿伏伽德罗常数, 用符号 N_A 表示, 即 $N_A = 6.02 \times 10^{23}$ 。所以, 1 mol 任何物质都含有 6.02×10^{23} 个基本单元。例如:

1 mol H 含有 6.02×10^{23} 个氢原子。

$1 \text{ mol H}_2\text{O}$ 含有 6.02×10^{23} 个水分子。

1 mol Mg^{2+} 含有 6.02×10^{23} 个镁离子。

$1 \text{ mol } \frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4$ 含有 6.02×10^{23} 个 $\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4$ 基本单元, 或 3.01×10^{23} 个 H_2SO_4 分子。

物质的量相等的任何物质, 它们所包含的粒子数一定相同, 所以要比较几种物质所含的粒子数多少, 只要比较它们的物质的量 n 的大小即可。物质的量 n 与基本单元数 N 、阿伏伽德罗常数 N_A 之间的关系如下:

$$n = \frac{N}{N_A} \quad (2-1)$$

或

$$N = nN_A \quad (2-2)$$

二、摩尔质量

(一) 摩尔质量

摩尔质量就是 1 mol 物质所具有的质量, 符号为 M , 单位为 $\text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$, 化学、医学上常用 $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$, 中文符号为“克·摩⁻¹”。

$$M = \frac{m}{n} \quad (2-3)$$

书写摩尔质量(M)时, 要在右下角或用括号形式标明物质的基本单元。

例如: 水的摩尔质量记为 $M_{\text{H}_2\text{O}}$ 或 $M(\text{H}_2\text{O})$

氯化钠的摩尔质量记为 M_{NaCl} 或 $M(\text{NaCl})$

1 mol C 的质量是 12 g , 记为 $M_{\text{C}} = 12 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 或 $M(\text{C}) = 12 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

1 mol H 的质量是 1 g , 记为 $M_{\text{H}} = 1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 或 $M(\text{H}) = 1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

1 mol O 的质量是 16 g , 记为 $M_{\text{O}} = 16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 或 $M(\text{O}) = 16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

由此, 可以得出任何原子的摩尔质量 M 如果以 $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 为单位, 其数值就等于该元素的相对原子质量。同理, 任何分子或离子的摩尔质量如果以 $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 为单位, 其数值就等于该物质的相对化学式量。例如:

$1 \text{ mol H}_2\text{O}$ 的质量是 18 g , 记为 $M_{\text{H}_2\text{O}} = 18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 或 $M(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

$1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4$ 的质量是 98 g , 记为 $M_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 98 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 或 $M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

1 mol SO_4^{2-} 的质量是 96 g , 记为 $M_{\text{SO}_4^{2-}} = 96 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 或 $M(\text{SO}_4^{2-}) = 96 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

由式(2-3)可知, 物质的量 n 、质量 m 和 M 之间, 只要已知其中的任意两个量, 就可以求出第三个量。

即

$$n = \frac{m}{M} \quad (2-4)$$

或

$$m = nM \quad (2-5)$$

将式(2-4)代入式(2-1), 即得

$$N = \frac{m}{M} N_A \quad (2-6)$$

此式表明, 只要已知质量 m , 即可算出其中所含粒子数 N 。

通过物质的量 n 能把肉眼看不见的微观粒子数 N 与可以称量的物质质量 m 联系起来, 使化学科学的描述和表达更加科学、系统、简明, 给实际工作和科研带来了极大的方便。



(二) 有关物质的量的计算

例 2-1 49 g H_2SO_4 的物质的量是多少?

解: 已知 $M_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 98 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, $m = 49 \text{ g}$ 。

$$n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{m}{M_{\text{H}_2\text{SO}_4}} = \frac{49 \text{ g}}{98 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.5 \text{ mol}$$

答: 49 g H_2SO_4 的物质的量是 0.5 mol。

例 2-2 1.5 mol Ca^{2+} 的质量是多少?

解: 已知 $M_{\text{Ca}^{2+}} = 40 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, $n = 1.5 \text{ mol}$ 。

$$m = n_{\text{Ca}^{2+}} M_{\text{Ca}^{2+}} = 1.5 \text{ mol} \times 40 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 60 \text{ g}$$

答: 1.5 mol Ca^{2+} 的质量是 60 g。

例 2-3 求 90 g 葡萄糖 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 中含有多少个葡萄糖分子? 多少个氧原子?

解: 已知 $M_{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} = 180 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, $m = 90 \text{ g}$ 。

$$n_{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} = \frac{m}{M_{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}} = \frac{90 \text{ g}}{180 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.5 \text{ mol}$$

$$N_{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} = n_{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} N_A = 0.5 \text{ mol} \times 6.02 \times 10^{23} = 3.01 \times 10^{23}$$

$$N_O = 6N_{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} = 6 \times 3.01 \times 10^{23} = 18.06 \times 10^{23}$$

答: 90 g 葡萄糖($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$)中含有 3.01×10^{23} 个葡萄糖分子, 18.06×10^{23} 个氧原子。

第三节 溶液的浓度

溶液的浓度是指一定量溶剂或溶液中所含溶质的量。

一、溶液浓度的表示方法

(一) 物质的量浓度

溶液中溶质 B 的物质的量除以溶液的体积, 称为溶质 B 的物质的量浓度, 简称 B 浓度, 用符号 c_B 或 $c(\text{B})$ 表示, 即

$$c_B = \frac{n_B}{V} \quad (2-7)$$

国际单位(SI 单位)为 $\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$; 化学和医学上常用的单位是 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

例 2-4 临床上纠正酸中毒时, 常用乳酸钠($\text{NaC}_3\text{H}_5\text{O}_3$)注射液。其规格是每支 20 mL 注射液中含乳酸钠 2.24 g, 该注射液的物质的量浓度是多少?

解: 已知 $m_{\text{NaC}_3\text{H}_5\text{O}_3} = 2.24 \text{ g}$, $M_{\text{NaC}_3\text{H}_5\text{O}_3} = 112 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

$$n = \frac{m}{M}$$

$$n_{\text{NaC}_3\text{H}_5\text{O}_3} = \frac{m_{\text{NaC}_3\text{H}_5\text{O}_3}}{M_{\text{NaC}_3\text{H}_5\text{O}_3}} = \frac{2.24 \text{ g}}{112 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.02 \text{ mol}$$

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

$$c_{\text{NaC}_3\text{H}_5\text{O}_3} = \frac{n_{\text{NaC}_3\text{H}_5\text{O}_3}}{V} = \frac{0.02 \text{ mol}}{0.02 \text{ L}} = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

答: 该乳酸钠注射液的物质的量浓度是 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

(二) 质量浓度

溶液中溶质 B 的质量除以溶液的体积, 称为溶质 B 的质量浓度, 用符号 ρ_B 表示, 即

$$\rho_B = \frac{m_B}{V} \quad (2-8)$$

质量浓度的国际单位(SI 单位)是 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$, 常用单位是 $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 。医学上常用质量浓度表示相对分子质量未知的物质在液体中的含量。应用时注意需质量浓度与密度的区别。

例 2-5 我国药典规定,生理盐水的规格是 500 mL 生理盐水中含有 4.5 g NaCl, 计算生理盐水的质量浓度。

解: 已知 $m_{\text{NaCl}} = 4.5 \text{ g}$, $V = 500 \text{ mL} = 0.5 \text{ L}$ 。

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

答: 生理盐水的质量浓度为 $9 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

(三) 质量分数

质量分数是指溶质与溶液的质量之比, 用符号 w_B 表示, 定义式为

$$w_B = \frac{m_B}{m} \quad (2-9)$$

质量分数可用小数或百分数表示, 例如市售浓硫酸的质量分数 $w_B = 0.98$ 或 $w_B = 98\%$ 。

例 2-6 将 10 g KCl 溶于水配成溶液 100 g, 计算此溶液中 KCl 的质量分数。

解: 已知 $m_{\text{KCl}} = 10 \text{ g}$, $m = 100 \text{ g}$ 。

$$w_{\text{KCl}} = \frac{m_{\text{KCl}}}{m} = \frac{10 \text{ g}}{100 \text{ g}} = 0.1$$

答: 此溶液中 KCl 的质量分数为 0.1。

(四) 体积分数

体积分数是指溶质与溶液的体积之比, 用符号 φ_B 表示, 定义式为

$$\varphi_B = \frac{V_B}{V} \quad (2-10)$$

体积分数可用小数或百分数表示。例如, 消毒用的酒精的体积分数为 $\varphi_B = 0.75$ 或 $\varphi_B = 75\%$ 。

例 2-7 配制 500 mL 消毒用的酒精溶液($\varphi_B = 0.75$)需纯酒精多少毫升?

解: 已知 $V = 500 \text{ mL}$, $\varphi_B = 0.75$ 。

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

答: 需纯酒精 375 mL。

二、溶液浓度的换算

溶液浓度的换算是浓度表示方法的改变, 是单位的换算, 溶液的溶质和溶剂并没有发生变化。这里主要介绍下面两种溶液浓度之间的换算。

(一) 物质的量浓度 c_B 与质量浓度 ρ_B 之间的换算

根据式(2-7)、式(2-8)和 $n_B = \frac{m_B}{M_B}$, 可推导出它们之间的换算关系, 公式如下:

$$c_B = \frac{\rho_B}{M_B} \quad \text{或} \quad \rho_B = c_B M_B \quad (2-11)$$

(二) 物质的量浓度 c_B 与质量分数 w_B 之间的换算

根据式(2-7)、式(2-9)、 $n_B = \frac{m_B}{M_B}$ 和密度公式 $\rho = \frac{m}{V}$, 可推导出它们之间的换算关系, 公式如下:

$$c_B = \frac{\rho w_B}{M_B} \quad \text{或} \quad w_B = \frac{c_B M_B}{\rho} \quad (2-12)$$

例 2-8 $280 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的葡萄糖($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$)静脉注射液, 其质量浓度是多少?