

YAOYONG
JICHU
HUAXUE

药用基础化学

张宝成 俞晨秀 主编



应用型、技术型药学类专业教材

药用基础化学

主 编 张宝成 俞晨秀

副主编 马云梅 庞 键 刘晨光

参 编(以姓氏笔画为序)

马云梅(宝鸡职业技术学院)

王司雷(漳州卫生职业学院)

王炜祺(江苏建康职业学院)

刘晨光(辽阳职业技术学院)

巩振虎(滁州职业技术学院)

张宝成(安徽中医药高等专科学校)

李晓亮(黑龙江中医药大学佳木斯学院)

庞 键(铜陵职业技术学院)

程 正(安徽省铜陵市食品药品检验中心)

俞晨秀(安徽中医药高等专科学校)



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

· 南京 ·

图书在版编目(CIP)数据

药用基础化学 / 张宝成, 俞晨秀主编. — 南京 :
东南大学出版社, 2016. 5
ISBN 978 - 7 - 5641 - 6428 - 7

I. ①药… II. ①张… ②俞… III. ①药物化学-教材 IV. ①R914

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 057636 号

药用基础化学

出版发行 东南大学出版社
出 版 人 江建中
社 址 南京市四牌楼 2 号
邮 编 210096
经 销 江苏省新华书店
印 刷 扬中市印刷有限公司
开 本 787 mm×1 092 mm 1/16
印 张 19.25
字 数 486 千字
版 次 2016 年 5 月第 1 版 2016 年 5 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978 - 7 - 5641 - 6428 - 7
定 价 47.00 元

* 本社图书若有印装质量问题, 请直接与营销部联系, 电话: 025—83791830。

前言

为深入贯彻落实国家职业教育的指导思想,更好落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要》和《医药卫生中长期人才发展规划(2011—2020)》,深化职业教育教学改革,全面提高人才培养质量,在深入调研并总结同类教材的基础上,以高职高专中医药各专业的培养目标为基础,确立了本教材的编写大纲和思路,期望能更好地满足新时期高职高专教学的需求。

本教材本着基础化学课程以“实用和够用”的原则,吸取了其他教材对分析化学基础理论知识和无机化学元素知识的整合方法,并结合各院校仪器分析都单独开设课程的现状和仪器分析与基础化学知识的关联性较弱的特点,删去了仪器分析部分,同时结合岗位需求和未来发展需求,增加了实验室小型电仪器内容,以溶液、物质结构基础、元素化学、四大平衡与滴定、化学分析基础和小型电仪器六大模块构成,使本教材尽可能做到“实用、够用、耐用”。

为提高教材的可读性和针对性,本教材尽量采用图表法和案例法等简化深奥的理论知识,采用“测一测”、“分析/思考”、“点拨/提示”、“要点凝练”来强化对知识点的掌握,采用“知识链接”、“知识拓展”来扩大学生的学习兴趣和知识面,采用增设趣味题和合理选择习题难度及量以提高学生的解题能力和分析能力,采用对基础实验知识和技能训练分项目编排以增强基本技能的掌握,采用重点实验操作配图的形式,帮助学生阅读理解。

本书章节选取及编排由安徽中医药高专俞晨秀设计并统稿,主编张宝成、俞晨秀。其中俞晨秀(绪论、第二章、实验三)、王司雷(第一章、实验二)、刘晨光(第三章、实验四)、李晓亮(第四章、实验五)、庞键(第五章、实验一)、程正(第六章、实验六)、张宝成(第七章、实验七)、王炜祺(第八章、实验八)、巩振虎(第九章、实验九)、马云梅(第十章、实验十)编写了各章节和实验。

由于编者水平有限,教材中存在的不足之处,欢迎各位师生批评指正。

目 录

绪 论

第一章 溶液

第一节 分散系	4
第二节 溶液的组成标度	6
第三节 稀溶液的依数性	12
第四节 胶体溶液	24
第五节 表面现象	31

第二章 物质结构基础

第一节 原子的组成	39
第二节 元素周期律与元素周期表	48
第三节 化学键	53
第四节 分子间作用力和氢键	60

第三章 药用主要元素化学

第一节 生命必需元素	66
第二节 s 区主要元素及其化合物	70
第三节 p 区主要元素及其化合物	74
第四节 d 和 ds 区主要元素及其化合物	81

第四章 化学反应速率和化学反应平衡

第一节 化学反应速率	89
第二节 化学平衡	94

第五章 化学分析基础

第一节 绪言	107
第二节 定量分析中的误差和分析数据统计处理	109
第三节 滴定分析化学中的基础知识	117
第四节 重量分析法	122

第六章 实验室常用小型电仪器

第一节 pH 计	128
----------------	-----

目 录

第二节	分析天平	131
第三节	水的净化设备	134
第四节	常用基本仪器	136

第七章 酸碱平衡与酸碱滴定

第一节	酸碱质子理论	145
第二节	酸碱平衡	148
第三节	缓冲溶液	156
第四节	酸碱滴定	160

第八章 沉淀溶解平衡与沉淀滴定

第一节	溶度积	176
第二节	沉淀溶解平衡	179
第三节	沉淀滴定法	185

第九章 配位化合物与配位滴定

第一节	配位化合物	194
第二节	配位平衡移动	200
第三节	配位滴定	203

第十章 氧化还原反应与氧化还原滴定

第一节	氧化还原反应	223
第二节	原电池与电极电势	227
第三节	氧化还原滴定法	235

实验部分

实验一	化学实验基本知识介绍	250
实验二	化学实验基本技能	259
实验三	药用氯化钠的制备	264
实验四	无机化合物的反应及已知离子鉴别	266
实验五	缓冲溶液的性质及 pH 测定	269
实验六	化学分析基本操作训练	271
实验七	酸碱标准溶液的配制与标定	275

目 录

实验八	药用氯化钠含量的测定	277
实验九	葡萄糖酸钙含量的测定	279
实验十	高锰酸钾标准溶液的配制与标定	281

附 录

附录一	计量单位和常用单位换算	286
附录二	部分弱酸弱碱在水中的解离常数(273 K)	287
附录三	常用缓冲溶液的配制	289
附录四	常见难溶电解质的溶度积 K_{sp} (298 K)	289
附录五	配离子的稳定常数和部分稳定常数的对数	290
附录六	部分电对的标准电极电势(298.15 K, 101.325 kPa)	292
附录七	常用指示剂及其配制	296
附录八	化学试剂等级对照表和危险品分类	297

主要参考文献



绪 论

一、化学发展简史

化学是一门历史悠久又充满活力的学科,它的发展大致经过了古代、近代和现代三个时期。

我国早在新石器时代的陶器烧制,到随后的青铜器冶炼、金属冶炼、炼丹术、火药、酿酒等技术发展都离不开化学;而国外的炼金术和制药技术也都与化学密切相关,这期间制造出了一系列无机化合物,制作了蒸锅、烧瓶等设备,掌握了冶炼和提取等工艺,提出了最初的原子概念等,这是具有实用和经验特点的古代理学时期,也是化学学科产生的萌芽时期。大约在十七世纪中叶,自波意耳提出了元素概念,人们对物质间的变化有了更进一步的认识,科学家在对气体反应的研究中,又提出了物质不灭定律、定组成定律、定比定律等,道尔顿和阿伏伽德罗分别提出了原子理论和分子理论,门捷列夫创立了元素周期表等,从而确立了化学是从原子和分子水平上去认识物质,创立了化学学科,并发展形成了无机化学、分析化学、有机化学和物理化学四门基础学科,这一时期被称为近代化学时期。自十九世纪末,化学进入了高速发展的时期,人们发现并合成了许多新元素,进一步认清了原子的内部结构,卢瑟福和玻尔等科学家建立了更加精准的原子模型,提出了诸如共价键等多个理论,特别是分析化学已经能够不分离、在线化、实时化、微量化地表征化学物质的水平,人们合成了像胰岛素、维生素 B₁₂ 等许多新化合物,产生了像生物化学、药物化学、高分子化学、环境化学等很多边缘学科构成的庞大学科群,而今,化学已经渗透到人们生活的各个领域,与我们的生产和生活密不可分,它已被公认为是“21 世纪的一门中心科学”。

二、基础化学课程的产生与任务

医药学中涉及大量的化学知识,因此,对于医药学专业的学生,掌握必要和够用的化学知识是学好专业课程的前提与基础。根据课程内容和国家教育发展目标,教育工作者提出了将原无机化学课程和分析化学中的化学分析部分整合为基础化学课程的想法,并创立了基础化学课程。

基础化学课程的任务是使学生掌握必要的最基础的化学知识和理论,掌握必要的化学实验基本技能和化学分析方法,培养学生科学的思维方式和严谨求实的科学作风,为后续课程的学习打下良好的基础,为岗位需求培养基本技能。

三、基础化学课程的内容

基础化学课程包括无机化学和化学分析两部分。无机化学主要是研究无机物的结构、组成、性质和应用等的学科。无机物包括所有化学元素的单质和化合物,但大部分的碳化合物除外(二氧化碳、一氧化碳、碳酸盐、二硫化碳等简单化合物仍属于无机化合物)。

化学分析是以化学反应为基础,研究物质组成和含量的测定方法和原理的学科,涉及的知识模块有化学分析基础知识,有效数据处理、容量分析和重量分析等,无机化学涉及的知识模块有微观物质结构、四大反应和平衡知识,溶液浓度计算和稀溶液的依数性,化学反应速率与化学平衡等,整合后的基础化学涉及的模块有微观物质结构、溶液浓度计算和稀溶液的依数性、化学反应速率与化学平衡、四大平衡和滴定、化学分析基础知识、有效数据处理等。

四、基础化学与药学的关系

首先,基础化学中的无机物有很多都是药物,在李时珍的《本草纲目》中提到的 266 种矿物药都是无机物,目前,在人体健康保健中涉及的元素化学药物很多是无机物,在人体重金属解毒方面离不开 EDTA 钙盐,特别是在抗癌、治疗糖尿病、治疗白血病等疑难杂症方面,像铂配合物,钒化合物和砷化合物都具有良好的治疗效果,是未来治疗这些疾病的主流药物。

其次,基础化学中的基础知识也被广泛应用在药物的生产和使用中,如不同浓度剂型的配制,药物设计的反应原理,药物生产中物质的性质,药物运输和存储中条件的控制等等。特别是化学分析是药物生产中产品质量控制的重要手段,是药物研究中不可或缺的手段,并且,基础化学还是后续药物化学、药物分析、中药化学等课程的基础,它为药学及相关学科的学习、研究、生产和服务奠定了基础。

五、基础化学的学习方法

基础化学是一门涉及大量现象、反应、实验、原理和概念的学科,总体来说,该课程强调在理解的基础上进行记忆学习,易采用比归法,注重课堂学习和课后复习,并要求持之以恒才能学好本门课程。主要方法有:

1. 确定学习目标,合理制订计划 大学中的学习具有很大的自由度,影响、干扰学习的因素较多,学习的热情往往会随着时间的推移逐渐减弱,因此,确定最初的目标,制订合理的计划是非常有必要的,特别是计划中要保证每天合理的学习时间,章节完成后要达到的水平和所做的工作,每章结束要自己归纳总结,同时选定 1~2 本参考书同步学习。

2. 做好预习、听课和复习三环节 预习是保证听课效果的很好手段,预习可采用泛读,标记疑难点,通过各级标题,梳理知识的脉络。听课是学习的关键环节,首先要跟着老师的讲解积极思考,重难点处要有笔记,不懂处要及时提问,尽量做到重难点知识在课堂上能基本掌握。复习也是大学学习的关键环节,也是保证学习成功的重要环节,复习时可边看书边整理笔记→做题→归纳小结。不懂的地方先思考,或借助参考书来理解,还不能理解再问老师。

3. 学会比归法和自学 化学虽然属于理科,但是记忆的内容也很多,它们往往有相似性,采用比较法既能增加记忆的内容,也能提高记忆的效果;而归纳能将知识由厚变薄,并能帮助对重难点知识的理解,使知识的条理性更加清晰。如沉淀生成、溶解、转化、分步沉淀都与 Q_c 和 K_{sp} 的比较有关,通过对“ $>$ ”和“ $<$ ”的比较,这一系列知识就一目了然。另外,大学

中老师的讲解有限,广度和深度的学习往往靠自学,学生可以充分利用图书馆功能,通过多本教材比较阅读,来加强知识的全面掌握。

4. 树立信心,坚持不懈 化学虽然是一门较难学的科目,但是进入大学中的学习不同中学阶段,更加提倡多阅读、多思考,并配以适当练习的方式学习。且不可三天打鱼两天晒网,也不可遇到困难就退缩,学习贵在坚持,只要持之以恒,就能学好化学这门课程。

第一章 溶 液

溶液和胶体在自然界广泛存在,与工农业生产、医药卫生、生命活动等关系密切。地球上的江河湖海里的水因其溶有各种物质,其实就是溶液,生物体和土壤中的液态部分大都为溶液或胶体。溶液和胶体是物质在不同条件下所形成的两种不同状态。例如:NaCl 溶于水得到溶液,把它溶于乙醇则是胶体。如何区别溶液和胶体?它们各自有何特点?要回答这两个问题,首先我们需要了解分散系的有关概念。

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里所形成的系统称为分散系统,简称分散系。例如:土壤分散在水中成为泥浆,水滴分散在空气中成为云雾,氯化钠分散在水中形成盐水等都是分散系。在分散系中,被分散的物质叫做分散相(或分散质),容纳分散质的物质称为分散剂(或分散介质)。在以上例子中,土壤、水滴、氯化钠等是分散相,水、空气是分散剂。分散质和分散剂的聚集状态不同,分散质粒子大小不同,分散系的性质也不同。

二、分散系的分类

在分散系中,根据分散相和分散剂之间是否有界面存在,分散系可分为均相(单相)分散系与非均相(多相)分散系。相是指体系中物理性质和化学性质完全相同的均匀部分。相内部是完全均匀的,而相与相之间有明显的界面。例如:蔗糖溶液、生理盐水等分散系,其中分散相以单个的小分子(蔗糖分子)或离子(Na^+ 或 Cl^-)分散在分散剂中,分散相与分散剂均匀混合,其内部性质完全相同,分散相和分散剂之间没有界面存在,只有一个相,属于均相分散系。泥浆水为悬浊液,分散相粒子为固体小颗粒,分散剂是液态的水。油水混合物是乳浊液,其分散相为液态的油,分散剂是液态的水。泥浆水与油水混合物,分散相颗粒或液滴与分散剂之间有明显的界面,界面两侧是不均匀的,这样的分散系属于非均相分散系。

按分散质粒子直径大小进行分类,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类(表 1-1)。

表 1-1 三类分散系的比较

类型	粒子大小	分散相粒子	主要特征	实例
分子、离子分散系(真溶液)	<1 nm	单个小分子、原子或离子	均相,最稳定,扩散快,能透过滤纸及半透膜,对光散射极弱	盐水
胶体分散系	溶胶	1~100 nm 胶粒(多个分子、原子或离子的聚集体)	非均相,较稳定,扩散慢,能透过滤纸,不能透过半透膜,对光散射强	Fe(OH) ₃ 溶胶
	高分子溶液	单个高分子	均相,稳定,扩散慢,能透过滤纸,不能透过半透膜,对光散射极弱,黏度大	蛋白质溶液
粗分散系	悬浊液	>100 nm 固体小颗粒	非均相,不稳定,扩散慢,不能透过滤纸及半透膜,无光散射	泥浆
	乳浊液	液体小液滴		牛奶

(一) 分子(离子)分散系

分散相粒子直径小于 1 nm 的分散系称为分子(离子)分散系。分子(离子)分散系又称为真溶液,简称溶液,如蔗糖溶液、食盐溶液。其分散相粒子一般为小分子、原子或离子,与分散剂的亲和力极强。分子(离子)分散系是高度均匀、稳定的单相系统,能透过滤纸和半透膜。

在溶液中,分散相称为溶质,分散剂称为溶剂。如生理盐水中,氯化钠是溶质,水是溶剂。

物质在常温时有固体、液体和气体三种状态,溶液也有三种状态。空气就是一种气体溶液,固体溶液混合物常称固溶体,如合金。一般溶液只是专指液体溶液。液体溶液包括两种,即电解质溶液和非电解质溶液。

胶体溶液,高分子溶液更确切地说不是溶液,属于胶体分散系。

(二) 胶体分散系

分散相粒子直径在 $1\sim 100\text{ nm}$ 之间的分散系称为胶体分散系,简称胶体。胶体分散系包括溶胶和高分子化合物溶液两种类型。小分子、原子或离子聚集而成的固体小颗粒高度分散在液体介质(如水)中所形成的胶体分散系称为胶体溶液,简称溶胶。其中分散相粒子即固体小颗粒称为胶粒。溶胶的稳定性、均匀程度小于真溶液,胶粒能透过滤纸但不能透过半透膜。溶胶是较稳定,对光散射强的非均相体系,例如:氢氧化铁溶胶、硫化砷溶胶、碘化银溶胶、金溶胶等内部都是不均匀的,胶粒与水之间有明显的界面。

高分子化合物以单个分子的形式分散在水中形成的胶体分散系称为高分子化合物溶液,如淀粉溶液、纤维素溶液、蛋白质溶液等。高分子溶液中,分散相粒子是单个的高分子,与分散剂的亲和力强,分散相与分散剂之间没有明显的界面,高分子溶液是高度均匀、稳定、透明的单相系统,分散相粒子即高分子由于粒径较大,在 $1\sim 100\text{ nm}$ 之间,高分子能透过滤纸但不能透过半透膜。

(三) 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。粗分散系中分散相粒子是大量分子的聚集体,分散相与分散剂之间有明显的界面,用普通显微镜甚至肉眼也能分辨出。粗分散系是浑浊不透明、稳定性差的多相系统。粗分散系中分散相颗粒大,能阻挡光线通过,不能通过滤纸和半透膜。

粗分散系常见的有两种：一类是液体分散相分散在液体分散剂中，称为乳浊液，如牛奶、医用松节油擦剂。另一类是固体分散相分散在液体分散剂中，称为悬浊液，如泥浆、皮肤杀菌剂硫黄合剂。粗分散系中，分散相粒子大，容易聚集成团，并从分散剂中分离出来。乳浊液易发生分层，悬浊液易发生沉淀。

以分散质粒子直径大小作为分散系分类的依据是相对的。三类分散系之间虽有明显的区别，但没有明显的界线，三者之间的过渡是渐变的。实际中某些系统因其构成的复杂性可以同时表现出两种或者三种分散系的性质。例如：血液中分散相种类较多，既有 Na^+ 、 K^+ 、 Cl^- 等小离子，还有蛋白质大分子、红细胞、白细胞等大粒径粒子。

本章将重点讨论溶液和胶体分散系的一些性质。

要点凝练

分散系的概念、分类以及三大分散系的区别与主要特征。

测 一 测

按分散相粒子直径大小分散系分为几大类？各自的主要特征是什么？

第二节 溶液的组成标度

一、溶液组成标度的表示方法

溶液组成的标度即溶液的浓度，浓度是指一定量溶液或溶剂中所含溶质的量。由于“溶质的量”可取物质的量、质量、体积，溶液的量可取体积，溶剂的量常可取质量、体积等，所以在实际生活中我们所遇到的浓度的表示方法有多种形式。下面重点介绍几种常用的浓度表示方法。

1. 物质的量浓度 物质的量是 SI(国际单位制)规定的一个基本物理量，用来表示系统中所含基本单元的量，用符号“ n ”表示；其单位为摩尔(简称摩)，符号 mol。书写物质的量时，应在物质的量的符号 n 的右下角或用括号的形式标明微粒的基本单元，基本单元可以是分子、原子、离子、电子及其他粒子，也可以是这些微粒的特定组合。基本单元不宜用中文名称，例如：“1 摩尔氢”未明确基本单位，氢指的是氢气(H_2)还是氢原子(H)，含义模糊。基本单元的选择可以是实际存在的，也可以根据需要而人为设定。当基本单元为微粒特定组合时，通常用加号连接，例如： $4 \text{ mol}(\text{H}_2 + 0.5 \text{O}_2)$ 就是 4 mol H_2 和 2 mol O_2 的特定组合。再如，求 KMnO_4 的物质的量时，若分别用 KMnO_4 和 $\frac{1}{5} \text{KMnO}_4$ 作基本单元，则相同质量的 KMnO_4 其物质的量之间有如下关系：

$$n_{\text{KMnO}_4} = \frac{1}{5} n_{\frac{1}{5}\text{KMnO}_4} = 5n_{5\text{KMnO}_4}$$

1 mol B 物质的质量称为该物质的“摩尔质量”，符号为 M_B ，单位为 g/mol。例如：1 mol

^{12}C 的质量是 0.012 kg , 则 ^{12}C 的摩尔质量 $M_{\text{C}} = 12\text{ g/mol}$ 。任何分子、原子或离子的摩尔质量, 当单位为 g/mol 时, 数值上等于其相对原子质量、分子质量或离子式量。若用 m_{B} 表示物质 B 的质量, 则该物质 B 的物质的量为:

$$n_{\text{B}} = \frac{m_{\text{B}}}{M_{\text{B}}} \quad (1-1)$$

单位体积溶液中所含溶质 B 的物质的量, 称为物质 B 的物质的量浓度, 以符号 c_{B} 表示。

$$c_{\text{B}} = \frac{n_{\text{B}}}{V} \quad (1-2)$$

式中, n_{B} 表示溶液中溶质 B 的物质的量, V 表示溶液的体积, B 是溶质的基本单元。 c_{B} 的 SI(国际单位制)单位为摩尔每立方米(mol/m^3), 医药学领域常用单位为 mol/L 、 mmol/L 等。使用物质的量浓度时, 必须指明物质 B 的基本单元。例如: $c_{\text{NaCl}} = 0.1\text{ mol/L}$ 对应的基本单元是 (NaCl) , 表示每升溶液中含 $(0.1 \times 58.5)\text{ g}$ 氯化钠。 $c_{\frac{1}{2}\text{NaCl}} = 0.1\text{ mol/L}$ 对应的基本单元是 $(\frac{1}{2}\text{NaCl})$, 表示每升溶液中含 $(0.1 \times \frac{1}{2} \times 58.5)\text{ g}$ 氯化钠。

由于 $n_{\text{B}} = \frac{m_{\text{B}}}{M_{\text{B}}}$, 可推导

$$c_{\text{B}} = \frac{\frac{m_{\text{B}}}{M_{\text{B}}}}{V} \quad (1-3)$$

2. 质量浓度 单位体积溶液中所含溶质 B 的质量(g), 称为物质 B 的质量浓度, 用符号 ρ_{B} 表示。即:

$$\rho_{\text{B}} = \frac{m_{\text{B}}}{V} \quad (1-4)$$

质量浓度的 SI 单位为 kg/m^3 , 常用单位是 g/L 、 mg/L 等。

3. 质量摩尔浓度 1 kg 溶剂中所含溶质 B 的物质的量, 称为溶质 B 的质量摩尔浓度, 用符号 b_{B} 表示, 表达式为:

$$b_{\text{B}} = \frac{n_{\text{B}}}{m_{\text{A}}} \quad (1-5)$$

质量摩尔浓度的单位为 mol/kg , 使用时应注明溶质 B 的基本单位。

质量摩尔浓度与体积无关, 故不受温度变化的影响, 常用于稀溶液依数性的研究。对于较稀的水溶液来说, 质量摩尔浓度近似地等于其物质的量浓度。

4. 摩尔分数 溶质 B 的物质的量 n_{B} 除以溶液中各物质的物质的量之和 $\sum_i n_i$, 称为物质 B 的摩尔分数, 又称为物质 B 的物质的量分数, 用符号 x_{B} 表示。

$$x_{\text{B}} = \frac{n_{\text{B}}}{\sum_i n_i} \quad (1-6)$$

对于双组分系统的溶液来说, 若溶质的物质的量为 n_{B} , 溶剂的物质的量为 n_{A} , 则溶质的摩尔分数为:

$$x_{\text{B}} = \frac{n_{\text{B}}}{n_{\text{A}} + n_{\text{B}}} \quad (1-7)$$

溶剂的摩尔分数为:

$$x_{\text{A}} = \frac{n_{\text{A}}}{n_{\text{A}} + n_{\text{B}}} \quad (1-8)$$

显然, $x_A + x_B = 1$ 。对于多组分系统来说, 则有 $\sum x_i = 1$ 。

5. 质量分数 混合系统中, 某组分 B 的质量(m_B)与混合物总质量(m)之比, 称为组分 B 的质量分数, 用符号 ω_B 表示, 即:

$$\omega_B = \frac{m_B}{m} \quad (1-9)$$

质量分数无单位, 可以用小数或百分数表示。例如: 浓硫酸的质量分数为 0.98 或 98%。

6. 体积分数 体积分数是溶质 B 所占的体积 V_B 除以溶液的体积 V 之比, 用符号 φ_B 表示。即:

$$\varphi_B = \frac{V_B}{V} \quad (1-10)$$

体积分数无单位, 可以用小数或百分数表示。如消毒乙醇的体积分数为 0.75 或 75%。

医学上常用体积分数表示溶质和溶剂均为液体的溶液浓度。例如: 乙醇的浓度通常用体积分数表示。

点 拨 / 提 示

c_B 、 ρ_B 、 b_B 、 x_B 、 ω_B 、 φ_B 的含义及单位。

二、溶液组成标度的有关计算

(1) 已知溶质的质量(或物质的量)和溶液的体积, 求溶液的物质的量浓度(或质量浓度)。

例 1 100 ml 正常人的血液中含 10 mg Ca^{2+} , 计算正常人血清中 Ca^{2+} 的物质的量浓度。

解: 已知 $m_{\text{Ca}^{2+}} = 10 \text{ mg} = 0.01 \text{ g}$, $M_{\text{Ca}^{2+}} = 40 \text{ g/mol}$, $V = 100 \text{ ml} = 0.1 \text{ L}$

$$c_{\text{Ca}^{2+}} = \frac{\frac{m_{\text{Ca}^{2+}}}{M_{\text{Ca}^{2+}}}}{V} = \frac{\frac{0.01 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}}}{0.1 \text{ L}} = 0.0025 \text{ mol/L} = 2.5 \text{ mmol/L}$$

正常人血液中 Ca^{2+} 的物质的量浓度为 2.5 mmol/L。

例 2 1 000 ml 的生理盐水中含 9.0 g NaCl, 计算生理盐水的质量浓度。

$$\text{解: } \rho_{\text{NaCl}} = \frac{m_{\text{NaCl}}}{V} = \frac{9.0 \text{ g}}{1 \text{ L}} = 9.0 \text{ g/L}$$

生理盐水的质量浓度为 9.0 g/L。

(2) 已知溶质、溶剂的量, 计算溶液的质量摩尔浓度。

例 3 50 g 水中溶解 0.585 g NaCl, 求此溶液的质量摩尔浓度。

解: NaCl 的摩尔质量 $M_{\text{NaCl}} = 58.5 \text{ g/mol}$

$$\begin{aligned} b_{\text{NaCl}} &= \frac{n_{\text{NaCl}}}{m_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{m_{\text{NaCl}}}{M_{\text{NaCl}} \cdot m_{\text{H}_2\text{O}}} \\ &= \frac{0.585 \text{ g}}{58.5 \text{ g/mol} \times 50 \text{ g} \times 10^{-3}} = 0.2 \text{ mol/kg} \end{aligned}$$

(3) 已知溶液的浓度, 计算一定体积的溶液中所含溶质的量。

例 4 生理盐水浓度为 $c_{\text{NaCl}} = 154 \text{ mmol/L}$, 配制 1 500 ml 生理盐水需氯化钠多少克?

解:已知 $c_{\text{NaCl}} = 154 \text{ mmol/L} = 0.154 \text{ mol/L}$, $V = 1500 \text{ ml} = 1.5 \text{ L}$

$M_{\text{NaCl}} = 58.5 \text{ g/mol}$

根据 $c_B = \frac{\frac{m_B}{M_B}}{V}$ 得 $m_B = c_B \cdot V \cdot M_B$

$m_{\text{NaCl}} = c_{\text{NaCl}} \cdot V \cdot M_{\text{NaCl}} = 0.154 \text{ mol/L} \times 1.5 \text{ L} \times 58.5 \text{ g/mol} \approx 13.5 \text{ g}$

配制 1500 ml 生理盐水需氯化钠 13.5 g。

(4) 已知溶液的浓度和溶质的质量, 计算溶液的体积。

例 5 现有 18 g 葡萄糖, 可配制 $c_{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} = 280 \text{ mmol/L}$ 的葡萄糖溶液多少毫升?

解:已知 $c_{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} = 280 \text{ mmol/L} = 0.280 \text{ mol/L}$, $M_{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} = 180 \text{ g/mol}$, $m_{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} = 18 \text{ g}$

根据 $c_B = \frac{n_B}{V}$ 和 $n_B = \frac{m_B}{M_B}$ 得:

$$V = \frac{n_B}{c_B} = \frac{\frac{m_B}{M_B}}{c_B} = \frac{\frac{18 \text{ g}}{180 \text{ g/mol}}}{0.280 \text{ mol/L}} \approx 0.357 \text{ L} = 357 \text{ ml}$$

18 g 葡萄糖可配制 $c_{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} = 280 \text{ mmol/L}$ 的葡萄糖溶液 357 ml。

(5) 物质的量浓度与质量浓度的换算。

根据 $c_B = \frac{n_B}{V}$ 、 $n_B = \frac{m_B}{M_B}$ 和 $\rho_B = \frac{m_B}{V}$ 得:

$$c_B = \frac{n_B}{V} = \frac{\frac{m_B}{M_B}}{V} = \frac{m_B}{V} \cdot \frac{1}{M_B} = \frac{\rho_B}{M_B}$$

$$\text{即 } c_B = \frac{\rho_B}{M_B} \quad (1-11)$$

$$\text{或 } \rho_B = c_B \cdot M_B \quad (1-12)$$

例 6 医用葡萄糖溶液($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$)的质量浓度为 50.0 g/L, 求该溶液的物质的量浓度。

解:已知 $\rho_{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} = 50.0 \text{ g/L}$, $M_{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} = 180 \text{ g/mol}$

根据 $c_B = \frac{\rho_B}{M_B}$ 得:

$$c_{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} = \frac{\rho_{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}}{M_{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}} = \frac{50.0 \text{ g/L}}{180 \text{ g/mol}} = 0.278 \text{ mol/L}$$

医用葡萄糖溶液的物质的量浓度为 0.278 mol/L。

(6) 质量分数与物质的量浓度之间的换算。

根据 $c_B = \frac{n_B}{V}$ 、 $n_B = \frac{m_B}{M_B}$ 、 $m_B = m \cdot \omega_B$ 和 $m = \rho \cdot V$ 得

$$c_B = \frac{n_B}{V} = \frac{\frac{m_B}{M_B}}{V} = \frac{m \cdot \omega_B}{M_B \cdot V} = \frac{\rho \cdot V \cdot \omega_B}{M_B \cdot V} = \frac{\rho \cdot \omega_B}{M_B}$$

$$\text{即 } c_B = \frac{\rho \cdot \omega_B}{M_B} \quad (1-13)$$

$$\text{或 } \omega_B = \frac{c_B \cdot M_B}{\rho} \quad (1-14)$$

注意:溶液的密度 ρ 是指单位体积溶液的质量, 质量浓度 ρ_B 是指单位体积溶液中所含溶