

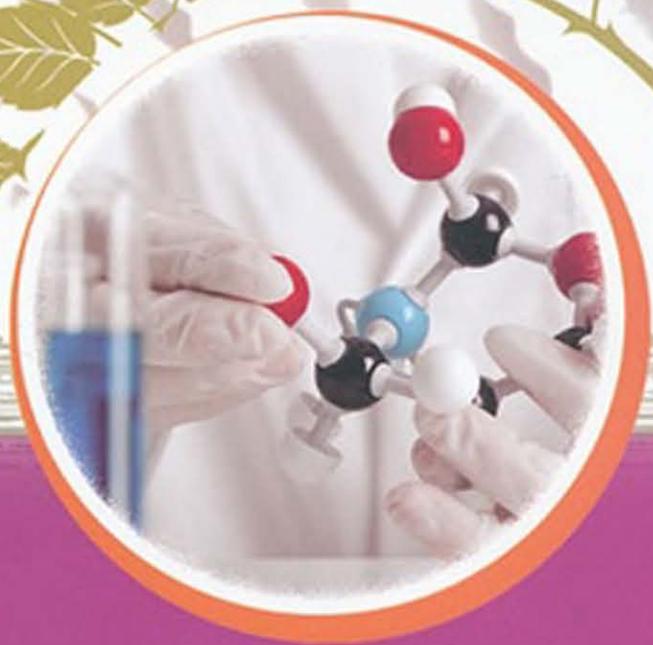


全国高等卫生职业教育护理专业“双证书”人才培养“十二五”规划教材  
供护理、助产等专业使用

丛书顾问 文历阳 沈彬

# 医用化学

主 编 张培宇 陆艳琦 刘忠丽



*Yiyong Huaxue*



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

全国高等卫生职业教育护理专业“双证书”人才培养  
“十二五”规划教材  
供护理、助产等专业使用

# 医用化学

主 编 张培宇 陆艳琦 刘忠丽  
副主编 夏河山 买吐送·居买 温倩·纳斯尔  
编 者 (以姓氏笔画为序)  
白 琳 枣庄科技职业学院  
买吐送·居买 新疆维吾尔医学专科学校  
刘忠丽 枣庄科技职业学院  
张培宇 枣庄科技职业学院  
陆艳琦 郑州铁路职业技术学院  
夏河山 郑州铁路职业技术学院  
彭秀丽 郑州铁路职业技术学院  
温倩·纳斯尔 新疆维吾尔医学专科学校  
潘 伦 重庆医药高等专科学校

华中科技大学出版社  
中国·武汉

## 内 容 简 介

本书是全国高等卫生职业教育护理专业“双证书”人才培养“十二五”规划教材。

本书的编写以“双证书”人才培养为指导思想,以尽量满足高职护理专业的教学需求和临床护理工作对护理人才知识、能力、素质的要求为宗旨,以实现高素质技能型护理人才培养为目标。全书由理论和实验两部分组成。理论部分共分14章,包括溶液的渗透压、电解质溶液、胶体溶液、物质结构基础、有机化合物概述、烃和卤代烃、醇、酚、醚、醛、酮、醌、羧酸及取代羧酸、酯和脂类、立体异构、胺和酰胺、杂环化合物和生物碱、生命物质等内容。实验部分包括7个基础实验。

本书可供高职高专护理、助产等专业学生使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

医用化学/张培宇 陆艳琦 刘忠丽 主编. —武汉:华中科技大学出版社,2012.9  
ISBN 978-7-5609-8013-3

I. 医… II. ①张… ②陆… ③刘… III. 医用化学-高等职业教育-教材 IV. R313

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 103683 号

医用化学

张培宇 陆艳琦 刘忠丽 主编

策划编辑:居 颖

责任编辑:熊 彦

封面设计:刘 卉

责任校对:何 欢

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:华中科技大学印刷厂

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:16.5

字 数:378千字

版 次:2012年9月第1版第1次印刷

定 价:36.00元



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护理专业“双证书”人才培养 “十二五”规划教材编委会



丛书学术顾问 文历阳 沈 彬

## 委 员（按姓氏笔画排序）

- 于洪宇 辽宁医学院护理学院  
王志亮 枣庄科技职业学院  
艾力·孜瓦 新疆维吾尔医学专科学校  
付 莉 郑州铁路职业技术学院  
白梦清 湖北职业技术学院  
任海燕 内蒙古医科大学  
孙学华 淮北职业技术学院  
杨美玲 宁夏医科大学高等卫生职业技术学院  
沈小平 上海思博职业技术学院  
陈荣凤 上海健康职业技术学院  
金扣干 上海欧华职业技术学院  
姚文山 盘锦职业技术学院  
夏金华 广州医学院从化学院  
倪洪波 荆州职业技术学院  
徐国华 江西护理职业技术学院  
郭素华 漳州卫生职业学院  
隋玲娟 铁岭卫生职业学院

# 总序

Zongxu

世界职业教育发展的经验和我国职业教育发展的历程都表明,职业教育是提高国家核心竞争力的要素之一。近年来,我国高等职业教育发展迅猛,成为我国高等教育的重要组成部分,与此同时,作为高等职业教育重要组成部分的高等卫生职业教育的发展也取得了巨大成就,为国家输送了大批高素质技能型、应用型医疗卫生人才。截至2010年底,我国各类医药卫生类高职高专院校已达343所,年招生规模超过24万人,在校生78万余人。

医药卫生体制的改革要求高等卫生职业教育也应顺应形势调整目标,根据医学发展整体化的趋势,医疗卫生系统需要全方位、多层次、各种专业的医学专门人才。护理专业与临床医学专业互为羽翼,在维护人民群众身体健康、提高生存质量等方面起到了不可替代的作用。当前,我国正处于经济社会发展的关键阶段,护理专业已列入国家紧缺人才专业,根据卫生部的统计,到2015年我国对护士的需求将增加到232.3万人,平均每年净增加11.5万人,这为护理专业的毕业生提供了广阔的就业空间,也对高等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。

教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》中明确指出,高等职业教育必须“以服务为宗旨,以就业为导向,走产学结合的发展道路”,《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》中再次强调“在全社会实行学业证书和职业资格证书并重的制度”。上述文件均为新时期我国职业教育的发展提供了具有战略意义的指导意见。高等卫生职业教育既具有职业教育的普遍特性,又具有医学教育的特殊性,护理专业的专科人才培养应以职业技能的培养为根本,与护士执业资格考试紧密结合,力求满足学科、教学和社会三方面的需求,把握专科起点,突出职业教育特色。高等卫生职业教育发展的形势使得目前使用的教材与新形势下的教学要求不相适应的矛盾日益突出,加强高等卫生职业教育教材建设成为各院校的迫切要求,新一轮教材建设迫在眉睫。

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,在教育部高职高专医学类及相关医学类专业教学指导委员会专家和部分高职高专示范院校领导的指导下,我们组织了全国30所高职高专医药院校的200多位老师编写了这套秉承“学业证书和职业资格证书并重”理念的全国高等卫生职业教育护理专业“双证书”人才培养“十二五”规划教材。本套教材由国家示范性院校引领,多所学校广泛参与,其中有副教授及以上职称的老师占70%,每门课程的主编、副主编均由

来自高职高专医药院校教学一线的教研室主任或学科带头人组成。教材编写过程中,全体主编和参编人员进行了认真的研讨和细致的分工,在教材编写体例和内容上均有所创新,各主编单位高度重视并有力配合教材编写工作,责任编辑和主审专家严谨和忘我地工作,确保了本套教材的编写质量。

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、贴近学生的原则,体现教材的“三基”(基本知识、基本理论、基本实践技能)及“五性”(思想性、科学性、先进性、启发性和适用性)要求,着重突出以下编写特点。

(1) 紧跟教改,接轨“双证书”制度。紧跟教育部教学改革步伐,引领职业教育教材发展趋势,注重学业证书和职业资格证书相结合,提升学生的就业竞争力。

(2) 创新模式,理念先进。创新教材编写体例和内容编写模式,迎合高职高专学生思维活跃的特点,体现“工学结合”特色。教材的编写以纵向深入和横向宽广为原则,突出课程的综合性,淡化学科界限,对课程采取精简、融合、重组、增设等方式进行优化,同时结合各学科特点,适当增加人文社会科学相关知识,提升专业课的文化层次。

(3) 突出技能,引导就业。注重实用性,以就业为导向,专业课围绕高素质技能型护理人才的培养目标,强调突出护理、注重整体、体现社区、加强人文的原则,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。充分体现理论与实践的结合,知识传授与能力、素质培养的结合。

(4) 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最新护士执业资格考试大纲,随章节配套习题,全面覆盖知识点与考点,有效提高护士执业资格考试通过率。

这套规划教材作为秉承“双证书”人才培养编写理念的护理专业教材,得到了各学校的大力支持与高度关注,它将为高等卫生职业教育护理专业的课程体系改革作出应有的贡献。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,并得到读者的青睐。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,不断得到改进、完善和提高。

**全国高等卫生职业教育护理专业“双证书”人才培养“十二五”规划教材  
编写委员会**

# 目录

M u l u



## 第一篇 理论部分

绪言	/ 3
<b>第一章 溶液的渗透压</b>	/ 5
第一节 物质的量	/ 5
第二节 溶液浓度的常用表示方法及换算	/ 9
第三节 溶液的配制和稀释	/ 12
第四节 溶液的渗透压	/ 13
<b>第二章 电解质溶液</b>	/ 23
第一节 弱电解质在溶液中的电离	/ 23
第二节 水溶液的酸碱性及 pH 值的计算	/ 26
第三节 酸碱质子理论	/ 29
第四节 盐类的水解	/ 31
第五节 缓冲溶液	/ 33
<b>第三章 胶体溶液</b>	/ 42
第一节 分散系	/ 42
第二节 胶体溶液	/ 43
第三节 高分子化合物溶液	/ 47
<b>第四章 物质结构基础</b>	/ 51
第一节 原子结构	/ 51
第二节 元素周期律和元素周期表	/ 57
第三节 化学键	/ 60
第四节 分子的极性和分子间作用力	/ 65
第五节 氧化剂与还原剂	/ 67
第六节 配位化合物	/ 71
<b>第五章 有机化合物概述</b>	/ 77
第一节 有机化合物的概念	/ 77
第二节 有机化合物的结构理论	/ 78



第三节	有机化合物的分类和反应类型	/ 83
<b>第六章</b>	<b>烃和卤代烃</b>	/ 87
第一节	烷烃	/ 87
第二节	烯烃	/ 94
第三节	炔烃	/ 100
第四节	环烃	/ 104
第五节	卤代烃	/ 114
<b>第七章</b>	<b>醇、酚、醚</b>	/ 120
第一节	醇	/ 120
第二节	酚	/ 128
第三节	醚	/ 133
<b>第八章</b>	<b>醛、酮、醌</b>	/ 138
第一节	醛和酮	/ 138
第二节	醌	/ 147
<b>第九章</b>	<b>羧酸及取代羧酸</b>	/ 153
第一节	羧酸	/ 153
第二节	取代羧酸	/ 159
<b>第十章</b>	<b>酯和脂类</b>	/ 167
第一节	酯	/ 167
第二节	脂类	/ 168
<b>第十一章</b>	<b>立体异构</b>	/ 176
第一节	旋光异构	/ 177
第二节	构象异构	/ 182
<b>第十二章</b>	<b>胺和酰胺</b>	/ 185
第一节	胺	/ 185
第二节	酰胺	/ 192
<b>第十三章</b>	<b>杂环化合物和生物碱</b>	/ 198
第一节	杂环化合物	/ 198
第二节	生物碱概述	/ 203
<b>第十四章</b>	<b>生命物质</b>	/ 207
第一节	氨基酸	/ 207
第二节	蛋白质	/ 212
第三节	糖类	/ 218
<b>第二篇 实验部分</b>		
	实验室相关规则	/ 237
	实验一 缓冲溶液	/ 238
	实验二 胶体溶液	/ 240

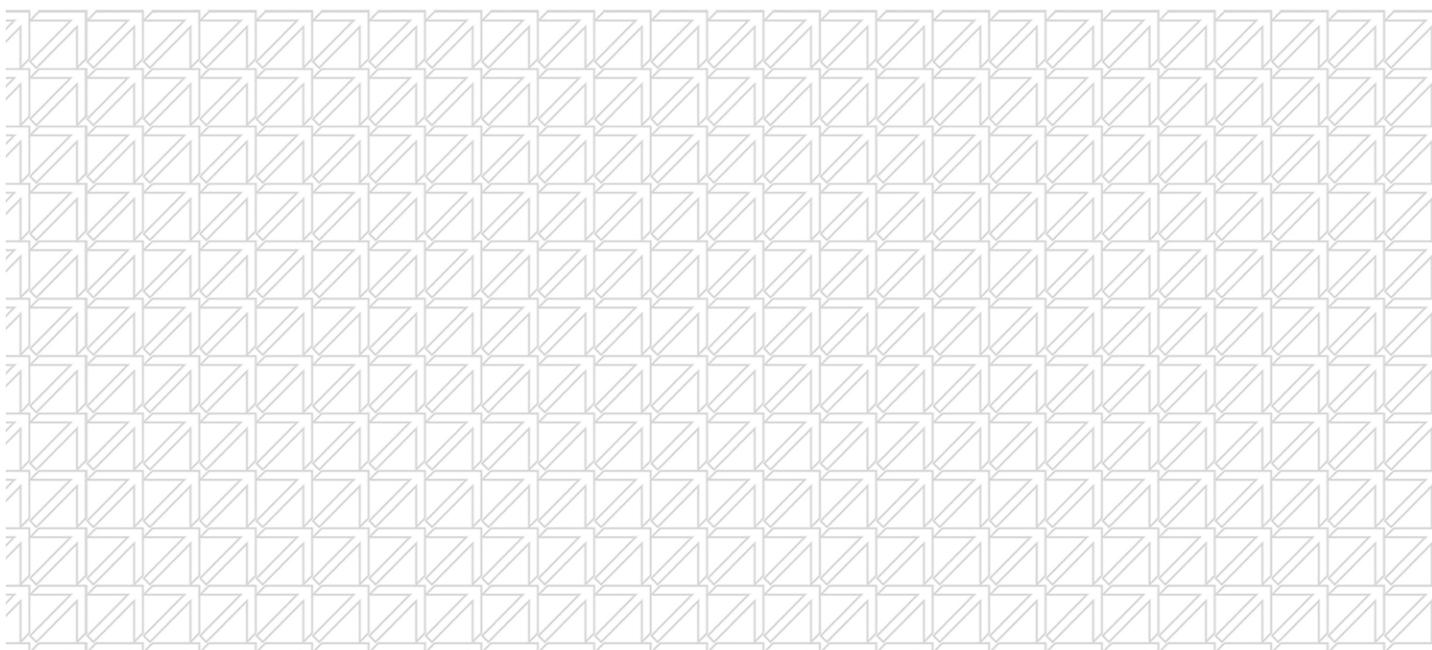
实验三	醇和酚的化学性质	/ 242
实验四	醛、酮的化学性质	/ 244
实验五	羧酸、取代羧酸的化学性质	/ 248
实验六	酯和脂类的化学性质	/ 250
实验七	糖类的化学性质	/ 251
<b>参考文献</b>		/ 253

第一篇

# 理论部分

Lilun Bufen

---





# 绪 言



化学是一门在原子及分子水平上研究物质的组成、结构、性质及其变化规律的科学。作为人类认识自然和改造自然的基本方法和手段之一,化学是一门历史悠久而又充满活力、发展迅速的学科,经过几个世纪的发展与研究,化学已发展了无机化学、有机化学、分析化学、物理化学、生物化学等多个分支学科,并在医学、药学、生物学、环境科学、计算机科学等领域都作出了突出贡献,可以说人类的生产、生活及发展离不开化学,化学已成为“21 世纪的中心科学”。

## 一、化学与医学的密切关系

医学研究的对象是人体,而构成人体的物质(如蛋白质、脂肪、糖类、无机盐和水等)都属于化学物质。在人的生命过程中,人体的生长、发育、新陈代谢及一切生理和病理现象都离不开化学变化。在正常生命过程中,人体内的各种化学反应,时时刻刻处在平衡状态,当平衡被破坏,人体就会产生某些疾病,医学解决的问题就是如何利用现有的科技和医学手段,查找病因,及时治疗,让体内的化学平衡得以恢复,使人体恢复健康。

药物是人类与疾病作斗争的重要武器之一。早在 16 世纪,欧洲化学家就提出化学要为医治疾病而制造药物。18 世纪后期,随着有机化学的发展,科学家们可以从植物中不断提纯其活性成分,得到纯度较高的药物,比如 1806 年德国化学家 F. W. Serturmer(1783—1841)首先从罂粟中分离提纯吗啡,1819 年由金鸡纳树皮中提取出奎宁等,从而为药理学提供了物质基础。随后,科学家们开始了人工合成新药,1859 年水杨酸盐类解热镇痛药合成成功,19 世纪末将其精制成阿司匹林,其后各种药物的合成精制不断得到发展。19 世纪中叶,一氧化二氮、乙醚、氯仿相继被用作全身麻醉药,使外科手术能够在无痛情况下施行。1935 年,德国病理学家 G. Domagk 在染料中发现磺胺类药物——百浪多息可治疗溶血性链球菌感染,在此基础上,人们合成出了治疗全身感染的第一类化学药物——对氨基苯磺酰胺。此药曾治好了当时美国总统罗斯福的儿子和英国首相丘吉尔的细菌感染,此后,化学家制备了许多新型的磺胺类药物,为细菌感染的人们解除了病痛,重获了健康。

随着科学技术的不断发展,天然药物的种类不一定会有大幅度的增加,但人工合成的药物将会层出不穷,迅速增多,尽管有些药物的有效成分还不清楚或化学结构尚未阐明,但它们均属于化学物质,都有一定的化学成分、分子结构及理化性质,因此可以说“药物是特殊的化学品”。

现代化学尤其是有机化学的发展,为药物的研究开辟了更加崭新的天地。依靠有机化学理论和实验方法可以研究药物的组成、结构,从本质上认识药物,并使药物既可以在实验室合成,又能在现代化工厂内生产。如今,有 95% 的药品来自于化学合成,可以说,新药物的开发离不开化学,医学、药学的飞跃离不开化学。



## 二、医用化学的地位和作用

医用化学是医学类专业的专业基础课程,在整个专业课程体系中占有十分重要的地位。只有学好医用化学,掌握与医学有关的现代化学的基本理论、基本知识和基本应用,具备一定的实验技能和动手操作能力,拥有良好的学习态度和学习方法,才能顺利学习后续专业课程,成为合格的医学人才。

医用化学的内容依据医学类专业特点选定,主要包括无机化学和有机化学两部分内容。其中:无机化学部分侧重溶液浓度的表示方法,溶液的配制方法,水溶液的有关性质、理论及其在医学上的应用,化学反应的规律性及应用等知识;有机化学部分侧重各类有机化合物的结构、分类、性质及其在医学上的应用等知识。

## 三、怎样学好医用化学

大学学习与中学学习不同之处主要在于学习节奏快,课堂知识容量大,主要以学生自主学习为主。因此,一年级学生应尽快规划好自己的学习目标,适应大学课程的教学规律,掌握学习的主动权,养成良好、高效的学习习惯,培养较强的自学能力,要善于归纳、总结、发现问题和解决问题。

首先,做好课前预习。因为课堂上内容多,进展快,做好预习有助于更好地理解 and 掌握课堂内容。其次,课上认真听讲,积极思考,理解基本知识和基本原理,跟上老师解决问题的思路和方法,并善于做笔记。最后,做好复习、巩固。课下要及时进行复习、总结。力求做到不遗漏知识点,重点知识及时理解、掌握,应记住的知识及时记住,并通过做课后习题加以巩固。大学的学习以自主学习为主,课后的总结、复习完全是在自主学习的基础上展开的,所以通过本课程的学习,加强自主学习能力的锻炼,可以为后续课程乃至终身自主学习奠定坚实的基础。

(陆艳琦)

# 第一章 溶液的渗透压



## 学习目标 | ...

**掌握:**物质的量、摩尔质量、气体的摩尔体积的概念,溶液浓度的各种表示方法及换算方法。

**熟悉:**溶液的配制、稀释方法和浓度的计算方法。

**了解:**渗透压与溶液浓度的关系,渗透压在医学上的意义。

人体的生命过程与溶液有着密切的关系,血液、淋巴液、组织间液等都是溶液,体内一系列的新陈代谢都必须在溶液中进行,如食物的消化和吸收、营养物质的输送及废物的排泄等,都离不开溶液。大部分化学反应只有在溶液中才能进行得比较快速和完全。溶液在临床上有着广泛的应用。本章主要介绍物质的量、溶液的组成的表示方法和溶液的渗透压。

## | 第一节 物质的量 |

物质是由原子、分子、离子等微观粒子构成的。物质之间的化学反应,如果只取一个或几个原子、分子或离子来进行,是难以做到的。单个或几个粒子不但难以称量,而且无法观察到反应现象。实际上,分子、原子或离子都是以巨大数目的“集体”宏观形式出现的,所以生产和科学实验常需要一个物理量把微观粒子的数目与宏观可称量的物质的质量联系起来,这个物理量就是“物质的量”。

### 一、物质的量及其单位

#### (一) 物质的量

物质的量是表示构成物质粒子数目的物理量。它是国际单位制(SI)7个基本物理量之一,用符号  $n$  表示。

例如:

氢原子的物质的量可表示为  $n_{\text{H}}$  或  $n(\text{H})$ ;

氢分子的物质的量可表示为  $n_{\text{H}_2}$  或  $n(\text{H}_2)$ ;

氢离子的物质的量可表示为  $n_{\text{H}^+}$  或  $n(\text{H}^+)$ 。

“物质的量”是个特定词组,是专有名词,使用时不能拆开、缺字、加字或颠倒。



## (二) 物质的量的单位——摩尔

物质的量与质量、长度、体积等一样,是一种物理量的名称,是表示物质粒子数量的基本物理量。1971年第14届国际计量大会(CGPM)通过决议,规定物质的量的单位是摩尔(mole),符号为摩(mol)。

“摩尔”一词来源于拉丁文 moles,原意为大量和堆集。科学上应用  $0.012 \text{ kg}^{12}\text{C}$  来衡量碳原子。 $^{12}\text{C}$  是原子核里有 6 个质子和 6 个中子的碳原子。经实验测定, $0.012 \text{ kg}^{12}\text{C}$  中所含的原子数目约为  $6.02 \times 10^{23}$  个,这个数值因意大利科学家阿伏加德罗而命名,故称为阿伏加德罗常数,用符号  $N_A$  表示, $N_A = 6.02 \times 10^{23}$ 。

由  $6.02 \times 10^{23}$  个粒子所构成的物质的量,即为 1 mol。1 mol 的任何物质都包含有  $6.02 \times 10^{23}$  个粒子。例如:

- 1 mol C 含有  $6.02 \times 10^{23}$  个碳原子;
- 1 mol  $\text{H}_2$  含有  $6.02 \times 10^{23}$  个氢分子;
- 1 mol  $\text{H}_2\text{O}$  含有  $6.02 \times 10^{23}$  个水分子;
- 1 mol  $\text{H}^+$  含有  $6.02 \times 10^{23}$  个氢离子;
- 0.5 mol  $\text{H}^+$  含有  $0.5 \times 6.02 \times 10^{23}$  个氢离子;
- 2 mol  $\text{H}^+$  含有  $2 \times 6.02 \times 10^{23}$  个氢离子。

由此可知,物质的量  $n$  是与物质粒子数  $N$  成正比的物理量,它们之间有如下关系:

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

**问题 1-1**  $6.02 \times 10^{23}$  个  $\text{O}_2$  的物质的量是多少?  $3.01 \times 10^{23}$  个 Fe 的物质的量是多少?  $6.02 \times 10^{23}$  个  $\text{H}^+$  的物质的量是多少?

**问题 1-2** 1 mol  $\text{Na}^+$  含有多少个  $\text{Na}^+$ ? 2 mol  $\text{H}_2\text{O}$  含有多少个  $\text{H}_2\text{O}$ ?

## 二、摩尔质量

1 mol 物质的质量称为该物质的摩尔质量。摩尔质量的符号为  $M$ ,基本单位是  $\text{kg/mol}$ ,化学上常用  $\text{g/mol}$  作单位。物质 B 的摩尔质量表示为  $M_B$  或  $M(B)$ ,如氢原子的摩尔质量表示为  $M_{\text{H}}$  或  $M(\text{H})$ 。可以推知,原子的摩尔质量若以  $\text{g/mol}$  为单位,则数值上等于该原子的相对原子质量。

例如:

- C 的相对原子质量是 12,则  $M_{\text{C}} = 12 \text{ g/mol}$ ;
- O 的相对原子质量是 16,则  $M_{\text{O}} = 16 \text{ g/mol}$ ;
- Na 的相对原子质量是 23,则  $M_{\text{Na}} = 23 \text{ g/mol}$ 。

同样可以推知,分子的摩尔质量若以  $\text{g/mol}$  为单位,则数值上等于该分子的相对分子质量。

例如:

- $\text{H}_2$  的相对分子质量是 2,则  $M_{\text{H}_2} = 2 \text{ g/mol}$ ;
- $\text{O}_2$  的相对分子质量是 32,则  $M_{\text{O}_2} = 32 \text{ g/mol}$ ;

H<sub>2</sub>O 的相对分子质量是 18, 则  $M_{\text{H}_2\text{O}} = 18 \text{ g/mol}$ ;

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 的相对分子质量是 98, 则  $M_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 98 \text{ g/mol}$ 。

由于电子的质量非常微小, 失去或得到电子的质量可以忽略不计。因此, 离子的摩尔质量可以看成是形成离子的原子或原子团的摩尔质量。例如:

H 的相对原子质量是 1, 则  $M_{\text{H}^+} = 1 \text{ g/mol}$ ;

Na 的相对原子质量是 23, 则  $M_{\text{Na}^+} = 23 \text{ g/mol}$ ;

OH<sup>-</sup> 的相对原子质量之和是 17, 则  $M_{\text{OH}^-} = 17 \text{ g/mol}$ ;

SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 的相对原子质量之和是 96, 则  $M_{\text{SO}_4^{2-}} = 96 \text{ g/mol}$ 。

总之, 任何物质 B 的摩尔质量如果以 g/mol 为单位, 则其数值就等于该物质的化学式式量。物质的量  $n$ 、质量  $m$  和摩尔质量  $M$  之间的关系可以用下式表示:

$$n = \frac{m}{M} \quad (1-2)$$

在医学上, 摩尔这个单位有时显得偏大, 常常还采用毫摩尔 (mmol) 和微摩尔 ( $\mu\text{mol}$ ) 作辅助单位。三者的换算关系为:  $1 \text{ mol} = 10^3 \text{ mmol} = 10^6 \mu\text{mol}$ 。

**问题 1-3** 计算下列物质的摩尔质量:

Fe; Ca; Na; NaOH; CO<sub>2</sub>; NaCl; C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>; C<sub>3</sub>H<sub>5</sub>O<sub>3</sub>Na; NH<sub>4</sub><sup>+</sup>。

### 三、气体的摩尔体积

1 mol 某物质在一定条件下所具有的体积, 称为该物质在该条件下的摩尔体积。摩尔体积的符号为  $V_m$ , 摩尔体积的 SI 单位是  $\text{m}^3/\text{mol}$ 。化学上对固态或液态物质常用  $\text{cm}^3/\text{mol}$  作单位, 对气态物质则常用  $\text{L}/\text{mol}$  作单位。

实验证明, 状态相同时 (即同温和同压条件下), 任何气体如果它们的物质的量相同, 则它们所占有的体积也几乎相同。气体体积必须在同温同压下进行比较才有意义, 通常是在标准状态下即 0 °C (273.15 K)、101.325 kPa 时进行比较。

1 mol 气态物质在标准状态下 (STP) 的体积称为气体摩尔体积, 用符号  $V_{m,0}$  表示。

实验测定, 在标准状态下, 1 mol 任何气体所占的体积基本相同, 约等于 22.4 L, 即  $V_{m,0} = 22.4 \text{ L/mol}$ 。在标准状态下, 气体物质的量  $n$ 、气体体积  $V$  和气体摩尔体积  $V_{m,0}$  的关系为

$$n = \frac{V}{V_{m,0}} = \frac{V}{22.4 \text{ L/mol}} \quad (1-3)$$

### 四、有关物质的量的计算

有关物质的量的计算主要有以下几种类型。

(一) 已知物质的质量, 求物质的量

**例 1-1** 90 g 水的物质的量是多少?

**解** 已知  $M_{\text{H}_2\text{O}} = 18 \text{ g/mol}$ ,  $m_{\text{H}_2\text{O}} = 90 \text{ g}$ 。

则 
$$n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{m_{\text{H}_2\text{O}}}{M_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{90 \text{ g}}{18 \text{ g/mol}} = 5 \text{ mol}$$



故 90 g 水的物质的量是 5 mol。

(二) 已知物质的量, 求物质的质量

例 1-2 2.5 mol 铁原子的质量是多少?

解 已知  $M_{\text{Fe}} = 56 \text{ g/mol}$ ,  $n_{\text{Fe}} = 2.5 \text{ mol}$ 。

则  $m_{\text{Fe}} = n_{\text{Fe}} M_{\text{Fe}} = 2.5 \text{ mol} \times 56 \text{ g/mol} = 140 \text{ g}$

故 2.5 mol 铁原子的质量是 140 g。

(三) 已知物质的质量, 求物质的粒子数

例 1-3 4.9 g 硫酸里含有多少个硫酸分子?

解 已知  $M_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 98 \text{ g/mol}$ ,  $m_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 4.9 \text{ g}$ 。

则  $n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{m_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{M_{\text{H}_2\text{SO}_4}} = \frac{4.9 \text{ g}}{98 \text{ g/mol}} = 0.05 \text{ mol}$

$$N_{\text{H}_2\text{SO}_4} = n_{\text{H}_2\text{SO}_4} N_A = 0.05 \text{ mol} \times 6.02 \times 10^{23} = 3.01 \times 10^{22}$$

故 4.9 g 硫酸里含有  $3.01 \times 10^{23}$  个硫酸分子。

(四) 关于气体摩尔体积的计算

例 1-4 在标准状态下, 4 mol 和 4 g 的氢气各占多大体积?

解 (1) 求 4 mol 氢气的体积。

已知  $V_{\text{m},0} = 22.4 \text{ L/mol}$ ,  $n_{\text{H}_2} = 4 \text{ mol}$ 。

则  $V_{\text{H}_2} = V_{\text{m},0} n_{\text{H}_2} = 22.4 \text{ L/mol} \times 4 \text{ mol} = 89.6 \text{ L}$

(2) 求 4 g 氢气的体积。

已知  $m_{\text{H}_2} = 4 \text{ g}$ ,  $M_{\text{H}_2} = 2 \text{ g/mol}$ 。

$$n_{\text{H}_2} = \frac{m_{\text{H}_2}}{M_{\text{H}_2}} = \frac{4 \text{ g}}{2 \text{ g/mol}} = 2 \text{ mol}$$

则  $V_{\text{H}_2} = V_{\text{m},0} n_{\text{H}_2} = 22.4 \text{ L/mol} \times 2 \text{ mol} = 44.8 \text{ L}$

故在标准状态下, 4 mol 和 4 g 的氢气各占 89.6 L、44.8 L。

例 1-5 成人平静呼吸时, 每小时呼出的  $\text{CO}_2$  的体积在标准状态下约为 11.2 L, 则每小时呼出的  $\text{CO}_2$  的质量为多少?

解 根据  $m = nM = \frac{V}{V_{\text{m},0}} M = \frac{V}{22.4 \text{ L/mol}} M$

已知  $V_{\text{CO}_2} = 11.2 \text{ L}$ ,  $M_{\text{CO}_2} = 44 \text{ g/mol}$ 。

则  $m_{\text{CO}_2} = \frac{V_{\text{CO}_2}}{V_{\text{m},0}} M_{\text{CO}_2} = \frac{11.2 \text{ L}}{22.4 \text{ L/mol}} \times 44 \text{ g/mol} = 22 \text{ g}$

故在标准状态下成人每小时呼出的  $\text{CO}_2$  为 22 g。

综上所述, 物质的量是用来表示构成物质粒子数目的一个物理量, mol 是这个物理量的单位, 物质的量的多少是用 mol 这个单位来度量的。1 mol 的任何物质都约含有  $6.02 \times 10^{23}$  个粒子。如果物质的量相等, 则它们所包含的粒子数目一定相等。不同的物质由于摩尔质量不同, 它们的物质的量即使相同, 但质量也是不相同的。

通过物质的量  $n$  和摩尔质量  $M$ , 把肉眼看不见的微观粒子数  $N$  与宏观可称量的物质质量  $m$  联系起来, 从而给科学研究带来了极大的方便。