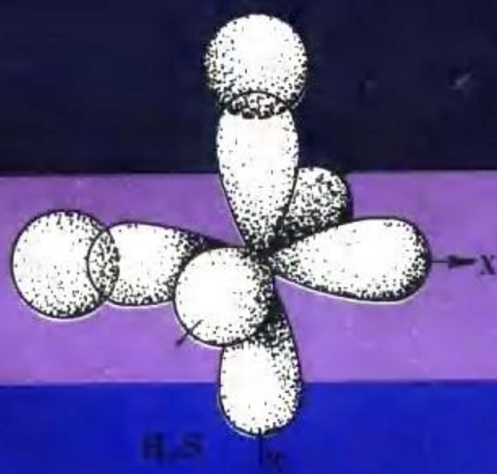


普通化学

(中等专业学校适用教材)

曹天鹏 主编



中国纺织出版社

普通化学

(中等专业学校适用教材)

主 编 曹天鹏

编写者 吕 檀 高兆昶 胡婉玉 孙晓杰
柯盛中 陆宁宁 谢 冬 邓云辉

中国纺织出版社

(京)新登字 037 号

图书在版编目(CIP)数据

普通化学/曹天鹏主编. —北京:中国纺织出版社,1995

ISBN 7-5064-1128-8

I. 普… II. 曹… III. 普通化学 IV. 06

中国版本图书馆 CIP 数据核字(94)第 13904 号

中国纺织出版社出版发行

北京东直门南大街 4 号

邮政编码:100027 电话:010-4168226

中国纺织出版社印刷厂印刷 各地新华书店经销

1995 年 3 月第一版 1995 年 3 月第一次印刷

开本:787×1092 毫米 1/32 印张:9.875 插页:1

字数:221 千字 印数:1—7500

定价:8.70 元

前 言

鉴于纺织、丝绸、轻工类专业与其它非化工专业的区别,本教材改变了传统《化学》教材重无机化学而轻有机化学的结构,确立了无机化学与有机化学并重的编写原则。无机化学部分与国家教委颁发的非化工专业化学教学大纲相比,内容适当减少,如电化学内容不入编。基本理论以物质结构理论为主,适当介绍化学平衡、电离平衡等有关理论的基础知识。有机化学内容适当增加,加强有机结构理论的教学,糖类和蛋白质列专章作介绍,并结合专业需要,从有机化学引伸论述高分子合成材料内容。本教材在选材时,注意把握以“必需”和“够用”为度,力图创造以后续课程应用为目的的新体系。

本教材由全国八所纺织、丝绸中专学校联合编写。常州纺校曹天鹏任主编,甘肃纺校吕檀、盐城纺校高兆昶、安徽纺校胡婉玉、内蒙纺校孙晓杰、新疆纺校柯盛中、常州纺校陆宁宁、苏州丝绸学校谢冬、成都纺校邓云辉参加编写。全书由曹天鹏、吕檀、孙晓杰统一校对。

中国科学技术大学张祖德教授、常州纺校朱世林高级讲师担任本教材主审,提出了指导性的审稿意见。河南纺校吴亚娟、河北纺校赵玲俊等参加审稿并提出了宝贵意见,在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平有限,编写时间仓促,教材中错误及不妥之处,恐难避免,敬请各校老师和读者予以指正。

编 者

1994 年 8 月

内 容 提 要

本书根据纺织、丝绸、轻工专业的特点,打破了传统《化学》教材重无机化学而轻有机化学的格局,将无机化学与有机化学并重进行讲解,这一新的编写体系具有开创性。经多年教学实践证明,该教材切合专业教学实际,体现了专业教学计划对本课程教学的基本要求。

本书可供纺织、丝绸、轻工类中等专业学校作教材,也可作为技工学校和职业学校相关专业的教材和参考书。

责任编辑:范 森

目 录

绪论	(1)
第一章 物质的量	(3)
第一节 物质的量及其单位	(3)
第二节 气体摩尔体积	(7)
第三节 物质的量浓度	(10)
本章小结	(13)
习题	(15)
第二章 碱金属和卤素	(17)
第一节 碱金属	(17)
第二节 卤素	(23)
第三节 氧化还原反应	(32)
本章小结	(37)
习题	(38)
第三章 物质结构和元素周期律	(42)
第一节 原子的组成	(42)
第二节 核外电子的运动状态	(45)
第三节 原子核外电子的排布	(49)
第四节 元素周期律和元素周期表	(55)
第五节 化学键	(65)
第六节 分子的极性	(73)
第七节 分子间力和氢键	(76)
本章小结	(80)
习题	(82)
第四章 重要的非金属元素及其化合物	(86)

第一节	硫及其化合物	(86)
第二节	氮、磷及其化合物	(92)
第三节	化学反应速度和化学平衡	(101)
本章小结		(112)
习题		(115)
第五章	电解质溶液、胶体	(117)
第一节	强电解质和弱电解质	(117)
第二节	弱电解质的电离平衡和电离度	(119)
第三节	水的电离和溶液的 pH 值	(124)
第四节	离子反应和离子方程式	(130)
第五节	盐类的水解	(133)
第六节	胶体	(138)
本章小结		(144)
习题		(146)
第六章	重要的金属元素及其化合物	(148)
第一节	金属的通性	(148)
第二节	镁和钙、硬水及其软化	(152)
第三节	铝及其化合物	(155)
第四节	过渡元素	(158)
本章小结		(167)
习题		(169)
第七章	烃	(172)
第一节	有机化合物概述	(172)
第二节	烷烃	(175)
第三节	烯烃	(186)
第四节	炔烃	(194)
第五节	芳香烃	(200)

本章小结·····	(208)
习题·····	(210)
第八章 烃的衍生物·····	(215)
第一节 卤代烃·····	(215)
第二节 醇、酚、醚·····	(218)
第三节 醛、酮、醌·····	(229)
第四节 羧酸·····	(235)
第五节 酯和油脂·····	(240)
第六节 胺·····	(244)
* 第七节 表面活性剂 ·····	(248)
本章小结·····	(253)
习题·····	(254)
第九章 糖类和蛋白质·····	(258)
第一节 糖类化合物·····	(258)
第二节 蛋白质·····	(267)
阅读材料 浆料·····	(277)
本章小结·····	(280)
习题·····	(281)
第十章 合成有机高分子化合物·····	(283)
第一节 高分子化合物·····	(283)
第二节 高分子化合物的基本性质·····	(289)
第三节 常用高分子合成材料·····	(291)
本章小结·····	(299)
习题·····	(300)
附录·····	(301)
一、国际单位制 ·····	(301)
二、原子量表 ·····	(302)
三、酸、碱和盐的溶解性·····	(304)
四、元素周期表 ·····	(304)

绪 论

世界是由物质组成的,丰富多彩的物质世界是人类生活、活动的基础,不仅人类的生活依赖于物质世界,人的思维也产生于物质世界。而化学就是研究物质的组成、结构、性质及其变化规律的一门科学。化学和人类生活的关系最为密切,我国古代的炼铜、冶铁、陶瓷、火药、造纸等重大发明,都与化学有着密切的关系。

化学是自然科学中最重要的基础学科之一。近半个世纪以来,它的发展极为迅速,从而也推动和促进了近代科学的高速发展。譬如,空间科学的发展若没有以化学为基础的材料科学的成果是不可想象的,火箭本身从推进剂到结构材料(高强度合金、增强塑料)等全部都是通过化学研究而得到的;电子计算机若没有半导体材料的不断革新,亦不会达到目前的水平;分子生物学、遗传工程学更明显地是以化学为基础的;环境科学则是从化学学科中衍生出来的一门科学。总而言之,哪里有物质,哪里就有化学。若忽视了化学这个基础,则认识自然、改造自然的进程和深度必将受到影响和限制。

化学对于我国的现代化建设具有重要的作用。例如,现代农业需要大量高效肥料,高效、低毒、低残留的农药及除草剂等;现代工业需要耐高温、高强度、耐腐蚀、优良电性能、磁性能等新型的材料;现代科学技术和现代国防特殊需要的化工材料和产品,象原子反应堆用的重水,导弹、飞机用的轻质非金属材料,火箭推进剂等。这些材料和产品的生产都要用到化

学知识。

纺织、丝绸和轻工等行业与化学均有相当密切的关系。随着人类社会的不断进步和生产力的发展,作为传统纺织材料的天然纤维已经不能满足社会生产和人类生活的需要,许多具有强度高、质轻、耐酸、耐碱、抗霉变、抗虫蛀等优良性能的化学纤维,通过采用纯纺或与天然纤维混纺的方法,纺制出性能更加优异的纺织品。各种化学助剂,如表面活性剂、油剂、染色助剂、涂料以及浆料等,在纺织工艺中发挥了优良的效能。此外,工业生产中的环境污染和劳动防护等,也涉及到许多化学课题。

普通化学是纺织、丝绸、轻工专业的一门必修基础课程。由于化学对纺织、丝绸、轻工行业的“渗透”越来越深入,所以在上述专业的教学计划中,化学教学的地位和重要性得到了明显的提高和肯定。

学习本课程,要牢固地掌握化学的基础理论、基本知识和基本技能,坚持理论联系实际的原则,做好化学实验,逐步培养唯物主义世界观,提高分析问题和解决问题的能力,为学习专业知识和今后从事实际工作打下一定的化学基础,以适应现代工业生产的需要。

第一章 物质的量

在生产和科学研究中,经常要用到一些物理量和相应的单位。例如,计量长度用米、计量质量用千克等等。目前国际上规定了七个基本物理量及其单位(称国际单位制,即 SI 制,见书末附录),物质的量及其单位摩尔是其中之一。

第一节 物质的量及其单位

我们在初中化学里已经知道,化学是研究物质的,而物质是由人们看不见的微粒(分子、原子或离子)结合而成的。物质的多少常以质量、体积这些物理量来计量。如 1kg(千克)碳、1kg 氧气、1m³(立方米)氢气等。但在化学反应时,物质间是以 1 个微粒和 1 个微粒、几个微粒和几个微粒发生反应,重新组合成新的物质,而不是 1g 和 1g、1kg 和 1kg、1m³ 和 1m³ 物质相互起反应。这样就需要引进一个新的物理量,以计量肉眼看不到的物质的微观粒子的多少,这个物理量就称为“物质的量”。

既然“物质的量”和“长度”、“质量”等一样是用于计量的物理量,那么它自然也需要有一个单位。“米”是长度单位,符号为 m,“千克”是质量单位,符号为 kg,那么“物质的量”是以什么为单位呢?在国际单位制中规定以“摩尔”为单位,国际符号为“mol”,中文简称为“摩”。

一、摩尔定义

摩尔是物质的量的基本单位,它所包含的结构单元数与0.012kg 碳-12的原子数相等。在使用摩尔时,结构单元应予以指明,它可以是原子、分子、离子、电子及其它微粒,或是这些微粒的特定组合体。碳-12就是原子核里有6个质子和6个中子的碳原子,经实验测定0.012kg 碳-12的原子数为 6.02×10^{23} 个。

数值 6.02×10^{23} 叫阿佛加德罗^①常数,用符号 N_A 表示。当任何物质中只要含有 6.02×10^{23} 个微粒(原子、分子、离子、电子等),这些微粒的“物质的量”就是1mol。例如:

6.02×10^{23} 个碳原子为1mol C;

12.04×10^{23} 个氢分子为2mol H_2 ;

3.01×10^{23} 个钠离子为0.5mol Na^+ 。

二、摩尔质量

1mol 物质的质量就是该物质的摩尔质量。显然,1mol 原子的质量就是 6.02×10^{23} 个原子的质量之和,1mol 分子的质量就是 6.02×10^{23} 个分子的质量之和。例如:

$$\text{碳原子的质量} = 1.993 \times 10^{-23} \text{g}$$

$$\begin{aligned} 1\text{mol 碳原子的质量} &= 1.993 \times 10^{-23} \text{g} \times 6.02 \times 10^{23} \\ &= 12.00 \text{g} \end{aligned}$$

$$\text{氧原子的质量} = 2.657 \times 10^{-23} \text{g}$$

$$\begin{aligned} 1\text{mol 氧原子的质量} &= 2.657 \times 10^{-23} \text{g} \times 6.02 \times 10^{23} \\ &= 16.00 \text{g} \end{aligned}$$

^① 阿佛加德罗(1776~1856)意大利物理学家。 N_A 的精确值为 6.022045×10^{23} 。

$$1\text{mol CO}_2 \text{ 的质量} = (1.993 + 2.567 \times 2) \times 10^{-23} \text{g} \\ \times 6.02 \times 10^{23} = 44.00\text{g}$$

用同样的方法,可以算出 1mol H_2 的质量为 2.016g 、 1mol O_2 的质量为 32.00g 、 $1\text{mol H}_2\text{O}$ 的质量为 18.02g 等。

当摩尔应用于表示离子的质量时,由于电子的质量太微小,失去或得到的电子的质量可以略去不计,这样:

1mol H^+ 的质量是 1.008g ;

1mol OH^- 的质量是 17.00g ;

1mol Cl^- 的质量是 35.50g 等。

通过计算得知: **1mol 元素或化合物的质量即摩尔质量,如果用克作单位,其数值正好就是该物质的原子量或分子量。摩尔质量的符号是 M ,单位是 $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$,读作“克每摩尔”。**

总之,摩尔这个单位,象桥梁一样把物质的微观粒子与宏观的质量联系起来,给科研和生产带来了方便。例如从化学反应中物质微粒数的比值,就可知它们在物质的量和质量之间的关系:



微粒数之比 2 : 1 : 2

物质的量之比 2 : 1 : 2

物质的质量比 1 : 8 : 9

〔问题 1-1〕 物质的量的单位“摩尔”是什么含义? 1.802×10^{24} 个碳原子是几摩尔?

〔问题 1-2〕 0.01mol 的氢气质量为多少克?

〔问题 1-3〕 1 个水分子、 1g 水和 1mol 水三者有何不同?

三、关于物质的量的计算

1. 物质的量(n)、物质的质量(m)和物质的摩尔质量

(M)之间的关系可用下式表示:

$$n(\text{mol}) = \frac{m(\text{g})}{M(\text{g} \cdot \text{mol}^{-1})}$$

2. 物质的量(n)、物质的微粒数(N)和阿佛加德罗常数(N_A)的关系可用下式表示:

$$n = \frac{N}{N_A}$$

例 1 81g 铝的物质的量是多少? 又 5mol 铝原子的质量是多少?

解 Al 的原子量是 27, 其摩尔质量为 $27\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$, 所以 81g 铝的物质的量是:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{81}{27} = 3(\text{mol})$$

5mol 铝原子的质量是:

$$m = n \cdot M = 5 \times 27 = 135(\text{g})$$

答: 81g 铝的物质的量是 3mol, 5mol 铝原子的质量是 13.5g。

例 2 19.6g 硫酸里含有多少个硫酸分子? 含多少摩尔氢原子、硫原子和氧原子?

解 硫酸的分子量是 98, 它的摩尔质量是 $98\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

所以 19.6g 硫酸的物质的量是:

$$n = \frac{19.6}{98} = 0.2(\text{mol})$$

$$19.6\text{g 硫酸的分子数} = 6.02 \times 10^{23} \times 0.2 = 1.204 \times 10^{23}$$

从硫酸的分子式 H_2SO_4 可看出, 1mol 硫酸中含 2mol 氢原子、1mol 硫原子和 4mol 氧原子, 所以 0.2mol 硫酸里含 0.4mol 氢原子、0.2mol 硫原子和 0.8mol 氧原子。

答: 19.6g 硫酸中含有 1.204×10^{23} 个硫酸分子、0.4mol

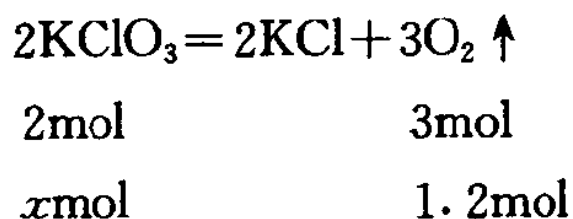
氢原子、0.2mol 硫原子和 0.8mol 氧原子。

例 3 分解氯酸钾制氧气,若制 1.2mol 氧气,需氯酸钾多少克?

解 氯酸钾分解的化学方程式:



方程式中的系数,表示反应物和生成物分子间的个数比,同时扩大 6.02×10^{23} 倍,则系数比即为物质的量的比:



$$x = 0.8\text{mol}$$

KClO_3 的摩尔质量为 $122.5\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$,所以需氯酸钾的克数为:

$$0.8\text{mol} \times 122.5\text{g} \cdot \text{mol}^{-1} = 98\text{g}$$

答:需氯酸钾 98g。

从上例可知,可直接运用方程式中反应物和生成物的物质的量之比来进行化学计算,而且往往显得比较方便。

第二节 气体摩尔体积

一、气体摩尔体积

氢、氮都是很轻的气体,可以填充气球,二氧化碳是比空气重的气体。这些熟知的常识告诉我们,气体有一定的质量并占有一定的体积。在化工生产和化学实验中,往往要计算一定质量的气体所占的体积有多少或一定体积的气体有多少质量。因为测定气体的体积较为方便,所以气体的量常用体积表示。

表示。但气体的体积和温度、压力有关。一定质量的气体,若压力不变,温度升高,则体积增大;温度不变,压力增大,则体积减小。因此,要比较气体体积的大小,必须在相同的温度和相同的压强条件下进行。为了研究方便,人们规定温度为273K^①、压强为 $1.0133 \times 10^5 \text{Pa}$ 时的状况叫做标准状况。

例如,在标准状况下,1L 氢气的质量是0.0899g;1L 氧气的质量是1.429g。又知道1mol 的 H_2 的质量是2.016g;1mol 的 O_2 的质量是32g。因此,1mol 的 H_2 和 O_2 在标准状况下所占的体积经下面的计算可以看出:

$$\text{氢气为} \quad \frac{2.016\text{g}}{0.0899\text{g} \cdot \text{L}^{-1}} = 22.4\text{L}$$

$$\text{氧气为} \quad \frac{32\text{g}}{1.429\text{g} \cdot \text{L}^{-1}} = 22.4\text{L}$$

用同样的方法还可以算出:在标准状况下,1mol 任何气体所占的体积都约为22.4L。这个22.4L的体积叫做气体摩尔体积(图1-1所示)。

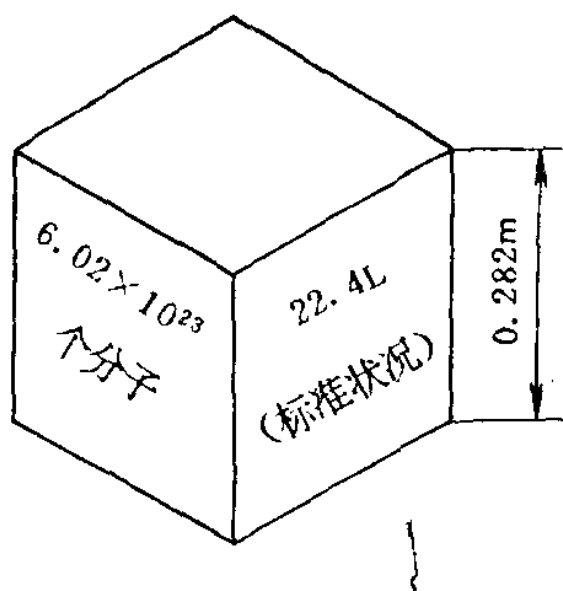


图1-1 气体摩尔体积

应当指出,气体摩尔体积只适用气态物质。对于固态或液态的物质来说,1mol 各种物质的体积是不相同的。这是因为气体的分子在较大的空间里迅速地运动着,在一般情况下,气态物质的体积要比它在液态或固态时大1000 倍左右。气体体积主要决定于分子间的平均距离,而液体或

① K 为热力学温度单位,热力学温度与摄氏温度的换算关系是 $T = (273 + t)\text{K}$ 。

固体的分子间隙小,它们的体积主要决定于它们的分子的大小。在标准状况下,不同气体分子间的平均距离几乎是相等的,所以 1mol 任何气态物质的体积都约为 22.4L。

二、气体摩尔体积的计算

在标准状况下气体的摩尔体积(V_0)、体积(V)与物质的量(n)之间的关系如下式:

$$n(\text{mol}) = \frac{V(\text{L})}{V_0(22.4\text{L}\cdot\text{mol}^{-1})}$$

例 1 128g SO_2 在标准状况下占有多大体积?

解 先求出 SO_2 物质的量 n 。

$$n = \frac{128\text{g}}{64\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}} = 2\text{mol}$$

SO_2 的体积 $V = n \cdot V_0 = 2\text{mol} \times 22.4\text{L}\cdot\text{mol}^{-1} = 44.8\text{L}$

答:128g SO_2 在标准状况下占有 44.8L 的体积。

例 2 在标准状况下,与 5.5g CO_2 占有相同体积的 H_2 是多少克?

解 两气体体积相同,则它们物质的量必定相等。
5.5g CO_2 的物质的量为:

$$\frac{5.5\text{g}}{44\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}} = 0.125\text{mol}$$

1mol H_2 的质量为 2g, 0.125mol H_2 的质量为 $2\text{g}\cdot\text{mol}^{-1} \times 0.125\text{mol} = 0.25\text{g}$ 。

答:在标准状况下,0.25g H_2 所占的体积与 5.5g CO_2 所占的体积相同。

例 3 在标准状况下,某气体 500mL 的质量是 0.714g,求这种气体的分子量。

解 根据 $V_0 = \frac{M}{d_0}$