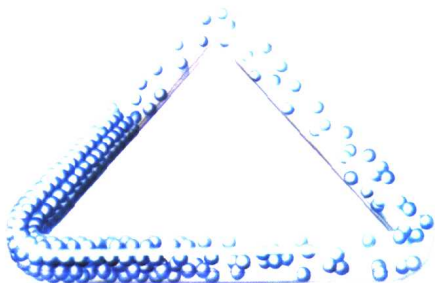


名师解惑丛书



物质的量

张连如 编著

山东教育出版社

名师解惑丛书

物质的量

张连如 编著

山东教育出版社

名师解惑丛书

物质的量

张连如 编著

出 版 者:山东教育出版社

(济南市纬一路 321 号 邮编:250001)

电 话:(0531)2023919 传真:(0531)2050104

网 址:<http://www.sjs.com.cn>

发 行 者:山东教育出版社

印 刷:济南申汇印务有限责任公司

版 次:2001 年 2 月第 1 版

2001 年 6 月第 2 次印刷

规 格:787mm×1092mm 32 开本

印 张:5.125

字 数:98 千字

书 号:ISBN 7-5328-3084-5/G·2796

定 价:4.90 元

如印装质量有问题,请与印刷厂联系调换

图书在版编目(CIP)数据

物质的量/张连如编著. — 济南: 山东教育出版社, 2001
(名师解惑丛书)

ISBN 7-5328-3084-5

I. 物… II. 张… III. 化学课—高中—课外读物
IV. G634.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 83208 号

再 版 说 明

“名师解惑丛书”出版发行以来,以其新颖的编写体例和缜密的知识阐述,深受广大读者青睐,曾连续多次重印。

近几年来,基础教育正发生深刻的改革:“科教兴国”战略深入人心,素质教育全面推进,与此同时,以“普通高等学校招生全国统一考试试卷”为主要载体,所反映出的高考招生改革信息和发展趋势,迫切需要广大教师和莘莘学子以新的视角和思维,关注并投身到这场改革之中。

有鉴于此,我们对“名师解惑丛书”进行了全面修订。此次修订将依然保持被广大读者认同的,每一册书为一个专题讲座的模式,围绕“如何学”,“如何建立知识间的联系”,“如何学以致用”等,帮助广大学生读者解决在学习知识和考试答卷过程中可能遇到的疑难问题。更重要的是,最新修订的“名师解惑丛书”在如何培养学生的创新精神和创造能力,联系现代科学技术及其在日常生产生活中的应用方面,做了较大的充实和修订……

丛书的编写者和出版者相信,您正在翻阅的这本书,将有助于您目前的学习。



作 者 的 话

“物质的量”和“长度”、“质量”一样,是基本物理量,它的国际基本单位是摩尔(mol)。物质的量的应用贯穿于高中化学的始终,在化学计算中处于核心地位,在现代工农业生产和科学研究诸方面都有着广泛的应用。

作者动笔写此书之前,对刚学习完“物质的量”的高一学生以及部分高二、高三学生进行了问卷调查,找出了学生在学习这部分知识时遇到的 12 条疑难问题,基于此,进行了耐心细致的答疑解惑和学法指导。然后精选典型例题进行分析解答,对典型错解进行剖析,并介绍了 6 种化学计算的常用基本方法,包括巧解速算方法,每种方法均配有跟踪练习,以期达到总结规律、拓展思路、发展智能的目的。最后配有一组综合自测题,供读者检查、评价自己的学习效果。

本书读者对象是高中学生。

2000 年 9 月

AAA01/06

作者简介 张连如,1962年生。中学高级教师。现为临沂市兰山区教研室高中化学教研员,兼高中化学教学工作。从教20年来,多次获优秀教学奖,及国家级、省级化学奥林匹克竞赛优秀辅导奖,出版专著3部,在国家级刊物发表教研论文多篇。1999年被省教科所聘为“山东省中学创新教育实验与研究”课题实验教师。

目 录

引子	1
一 物质的量的基本知识和学习方法	2
(一)知识的基本结构	2
(二)重、难知识点的解析	4
(三)知识的例题分析	29
(四)知识的学习方法	53
(五)智能自测	55
二 物质的量与化学计算	62
(一)物质的量在化学计算中的应用及解题规律	62
(二)化学计算的基本方法	98
三 物质的量与 STS	139
四 综合自测题	143

引 子

“一分子的硫化亚铜和两分子的氧气反应生成两分子氧化铜和一分子的二氧化硫。但是,如果一个金属冶炼厂的厂主想知道焙烧一定数量的硫化亚铜矿能产生多少污染空气的二氧化硫,这条信息对他没有太大的帮助。怎么办呢?化学家设计了一种计数单位,即摩尔……它有助于解决这个厂主的问题”。[引自美国《社会中的化学》(Chemcon, 美国化学会, 1988)“物质的量”一章的开场白]

自从引入了“物质的量”及其基本单位“摩尔”,便解决了一个非常有实际意义的问题,即把微观粒子同宏观可称量的物质联系起来了。这对我们定量地研究物质、研究化学反应、进行化学计算、指导化工生产等,带来了很大的方便。

一 物质的量的基本知识和学习方法

(一) 知识的结构

1. 弄清 6 个概念、1 个定律, 掌握 3 种技能

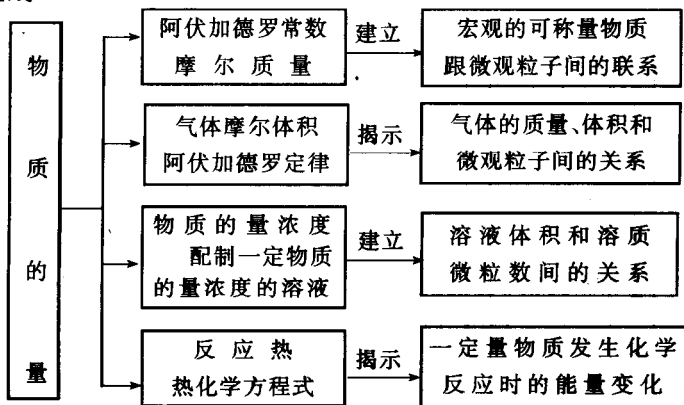
学习物质的量这部分知识, 应弄清如下 6 个概念的内涵(定义), 对其外延(诸如概念的使用对象、适用范围、单位及相互联系等)要通过举例、练习及应用来逐步弄清。

6 个概念: ①阿伏加德罗常数, ②物质的量及其单位(mol), ③摩尔质量, ④气体摩尔体积, ⑤物质的量浓度, ⑥反应热。

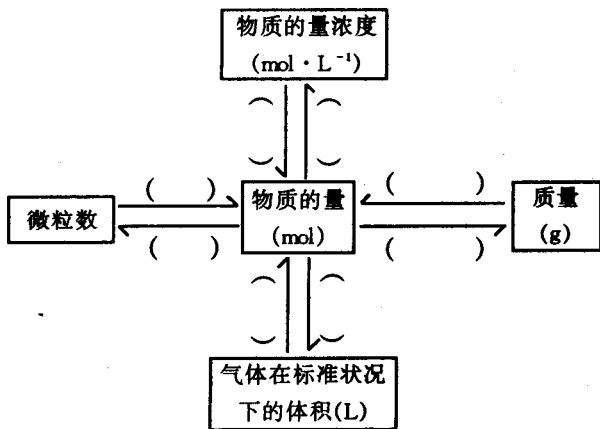
1 个定律: 阿伏加德罗定律。

3 种技能: ①以物质的量为中心的化学计算技能, ②书写热化学方程式的技能, ③配制一定物质的量浓度的溶液的实验技能。

2. 物质的量及其单位(mol)是贯穿本书所述知识的一条红线



3. 物质的量是联系和换算有关物理量的“桥梁”(填写以下括号内的量及单位)



(二)重、难知识点的解析

1.“摩尔是个复合单位,它既表示物质的数量,又表示物质的质量。”这句话对吗?为什么?

“物质的量”是根据外文含义翻译过来的物理量名称,“摩尔”是从外文直接音译过来的单位名称。由于文字结构和语言习惯的原因,初学物质的量和它的单位摩尔,会觉得有点别扭。如果能把物质的量、摩尔跟已经熟悉的物理量及其对应的单位加以对照,就能克服这一困难。

国际单位制各物理量及其基本单位

物理量名称	单位名称	单位符号
长度	米	m
质量	千克	kg
时间	秒	s
电流强度	安[培]*	A
热力学温度	开[尔文]	K
发光强度	坎[德拉]	cd
物质的量	摩[尔]	mol

* 方括号内的字可以省略,作为单位的简称,如安培可简称安。

从上表可以看出,物质的量如同长度、质量、时间、电流强度一样,是个物理量的名称;摩尔如同米、千克、秒、安培一样,是个基本单位。“物质的量”这四个字是一个整体,这个名词虽然有点拗口,但目前尚无更确切的名词替代它,“物质的量”

不得化简或增添任何字。

1971年,由41个国家派代表参加的第十四届国际计量大会正式宣布了关于必须定义一个物质的量单位的提议,并做出了决议。从此,“物质的量”就成为国际单位制中的基本物理量,在国际单位制中增加了第七个基本单位,这就是物质的量的单位——摩尔。这次大会还批准了国际计量委员会于1969年提出的摩尔定义:

(1)摩尔是一系统的物质的量,该系统中所包含的基本单元数与0.012kg 碳-12的原子数相等。

(2)在使用摩尔时,基本单元应予指出,可以是原子、分子、离子、电子及其它粒子,或是这些粒子的特定组合,同时还规定了它的国际符号是mol。摩尔的英文名称是mole。

我国国务院在1984年2月27日发布《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》,法定计量单位包括国际单位制的单位和一些国际计量委员会提出的跟国际单位制并用的单位。自此,摩尔这个单位在我国工农业生产、科学技术各方面推行使用起来。

使用摩尔时,要注意表述方法。如可以说“1.5mol 氢气、1.5mol H_2 、3mol 氢原子、0.8mol H^+ ”等,但不能说“1.5mol 氢”;可以说“6mol H_2SO_4 、7.8mol $NaCl$ 、20mol OH^- 、 $NaOH$ 的物质的量为3mol、1mol Cl 原子中含17mol 电子”等。对于像空气这种特定组合的混合物,可以说“1mol 空气中含0.7809mol N_2 、0.2095mol O_2 、0.0093mol Ar 和 0.0003mol CO_2 。”另外还应注意:物质的量一般可用符号 n 表示,因为物理量 = 数值 $\times$ 单位,所以 n 既包含数值,又包含单位摩尔。

把物质的量 n 视为数值的代号是不对的,因此不应称物质的量 n 为摩尔数,这就如同将质量 m 称为“千克数”,将长度 l 称为“米数”,将时间 t 称为“秒数”等,都是不正确的。

综上所述,摩尔就是物质的量的基本单位,它的数值的大小即反映了物质所含微粒数目的多少。因此说,“摩尔是个复合单位,它既表示物质的数量,又表示物质的质量”这句话是不对的。

2. 怎样理解阿伏加德罗常数? 它与物质的量有何关系?

初中化学给原子的相对原子质量(即原子量)下定义时,用的碳原子是原子核内含 6 个质子和 6 个中子的一种碳原子,叫做碳-12 原子(写作 ^{12}C),1 个 ^{12}C 原子的实际质量约为 $1.993 \times 10^{-26} \text{ kg}$,那么 $0.012 \text{ kg } ^{12}\text{C}$ 含有多少个 ^{12}C 原子呢?

我们可以计算一下: $\frac{0.012 \text{ kg}}{1.993 \times 10^{-26} \text{ kg}} \approx 6.02 \times 10^{23}$ 。科学上定

义 12 g (即 0.012 kg) ^{12}C 含有的碳原子数为阿伏加德罗常数。科学发展到今天,人们实验测得的阿伏加德罗常数已达到相当精确的数值: $N_{\text{A}} = 6.0221367 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$,通常采用 6.02×10^{23} 这个非常近似的数值。有的同学认为阿伏加德罗常数就是 6.02×10^{23} ,这种认识是不对的。阿伏加德罗常数的定义值是 $12 \text{ g } ^{12}\text{C}$ 中所含的原子数,而 6.02×10^{23} 这个数是阿伏加德罗常数的近似值,二者是有区别的。阿伏加德罗常数不是纯数,其单位是 mol^{-1} 。顺便提一下,阿伏加德罗是意大利物理学家,曾对分子结构理论的发展作出了重要贡献,为了纪念他的功绩,人们把 $12 \text{ g } ^{12}\text{C}$ 所含的碳原子数叫阿伏加德罗常数。这样,我们就可以得到反映摩尔实质的正确认识:摩尔

是以原子、分子、离子、电子等微粒为计量对象,以阿伏加德罗常数作为计量基准(计数单位)的物质的量的单位,1mol 任何物质都含有阿伏加德罗常数个基本微粒。作为摩尔的定义,我们必须说“每摩尔物质含有阿伏加德罗常数个微粒”;作为具体的物质,例如,我们可以说“1mol 氧分子中含有 6.02×10^{23} 个氧分子,1mol 氢氧根离子中含有 6.02×10^{23} 个 OH^- ”等等。

6.02×10^{23} 这个数值有多大呢?有人曾做过这样有趣的类比:假如地球上人口有 60 亿,每千克小麦约 4×10^4 粒,那么 6.02×10^{23} 粒小麦可使每位地球人分得 $(6.02 \times 10^{23} \div 4 \div 10^4) \div (60 \times 10^8) \approx 2.51 \times 10^9 \text{ kg}$ 即 25 亿多千克。若每人每天可食用 1kg,这些小麦可供人类食用 $2.51 \times 10^9 \div 1 \div 365 \approx 6.88 \times 10^6$ 年,即大约 688 万年。由此可以看出,阿伏加德罗常数不适宜计量宏观物体,只适用于微观粒子的计量。

从摩尔的定义出发,如果我们知道了物质的微粒数(用 N 表示),便可计算出此物质的物质的量是多少 mol。例如: 9.03×10^{22} 个氯化氢分子是多少 mol? 列式计算如下:

$$9.03 \times 10^{22} \div (6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}) = 0.15 \text{ mol}$$

由此可得:

$$\text{物质的量} = \frac{\text{微粒数}}{6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}} \quad \text{或} \quad n = \frac{N}{N_A}$$

这便是阿伏加德罗常数与物质的量之间的关系。

另外,摩尔和其他基本计量单位一样,还有它的倍数单位和分数单位,如兆摩尔(Mmol)、千摩尔(kmol)和毫摩尔(mmol):

$$1\text{Mmol} = 1000\text{kmol}$$

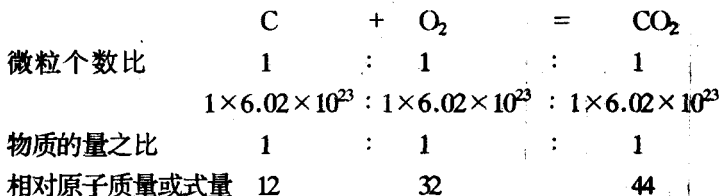
$$1\text{kmol} = 1000\text{mol}$$

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

3. 什么是物质的摩尔质量、混合物的平均摩尔质量？写出它们的数学表达式和单位。

某物质的物质的量一旦确定为多少摩尔，那么，它的微粒数目及该物质的质量也相应地确定。可见，摩尔把微观的物质粒子数和宏观的可称量的物质的质量联系起来了。

单位物质的量的某物质的质量通常叫做该物质的摩尔质量。若该物质为混合均匀的混合物，则称为平均摩尔质量，单位都是 g/mol (或写作 $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$)。由摩尔的定义可知， 1mol 碳的质量是 12g ，即碳的摩尔质量是 12g/mol 。据此，任何一种物质的摩尔质量都可以推导得出。例如：在碳完全燃烧的化学反应里：



因为碳的摩尔质量是 12g/mol ，则氧气的摩尔质量是 32g/mol ，二氧化碳的摩尔质量是 44g/mol 。

由此我们可以得出的结论是：

(1) 化学方程式中的化学计量数(系数)之比等于各物质的物质的量之比，这一规律使化学计算得到简化。

(2) 物质的量与物质的质量关系是：

① 1mol 任何原子的质量就是以克为单位,在数值上等于该原子的相对原子质量。

② 1mol 任何分子的质量就是以克为单位,在数值上等于该分子化学式的式量。

③ 由于电子的质量可以忽略不计,因而 1mol 任何离子的质量就是以克为单位,在数值上等于该离子化学式的式量。

如果已知某纯净物质的化学式和它的质量,则可求得该纯净物的物质的量 n :

$$\text{物质的量}(\text{mol}) = \frac{\text{物质的质量}(\text{g})}{\text{摩尔质量}(\text{g} \cdot \text{mol}^{-1})} = \frac{m}{M}$$

对于一特定均匀混合物,1mol 该混合物的质量以克为单位时,在数值上等于其平均摩尔质量。即混合物的平均摩尔质量:

$$\overline{M}(\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}) = \frac{\text{混合物的质量}(\text{g})}{\text{混合物的物质的量}(\text{mol})} = \frac{m}{n}$$

例如,空气的平均摩尔质量约为 29g/mol,我们可以计算一下:已知 1mol 空气中含 N_2 、 O_2 、Ar、 CO_2 的物质的量依次为 0.7809mol、0.2095mol、0.0093mol、0.0003mol,它们各自的摩尔质量依次为 28g/mol、32g/mol、40g/mol、44g/mol。所以 1mol 空气的质量 = 28g/mol $\times$ 0.7809mol + 32g/mol $\times$ 0.2095mol + 40g/mol $\times$ 0.0093mol + 44g/mol $\times$ 0.0003mol = 21.8652g + 6.7040g + 0.3720g + 0.01320g = 28.9544g $\approx$ 29g。

可见,无论纯净物的摩尔质量,还是混合物的平均摩尔质量,实质上都是单位物质的量的物质所具有的质量,其数学表达式为: