

名师解惑丛书



摩尔 反应热

朱元 编著

山东教育出版社

名师解惑丛书

摩尔 反应热

朱元 编著

山东教育出版社

1999年·济南

名师解惑丛书

摩尔 反应热

朱 元 编著

出版发行：山东教育出版社

地 址：济南市纬一路 321 号

出版日期：1998 年 9 月第 1 版

1999 年 5 月第 2 次印刷

印 数：5001—7000

用纸规格：787 毫米×1092 毫米 32 开

2 印张 41 千字

制版印刷：山东新华印刷厂临沂厂

书 号：ISBN 7-5328-2711-9/G·2489

定 价：1.60 元

前 言

摩尔是物质的量的单位。有关“物质的量”及其单位摩(mol)的应用贯穿于中学化学的始终,在化学计算中处于重要的核心地位。在工农业生产和科学研究中有广泛的应用,对培养化学计算技能和实验技能均有重要的意义。

本书根据知识的内在联系主要分两部分。第一部分重点介绍物质的量、摩尔及气体摩尔体积和物质的量浓度等概念,并讨论了有关计算。通过一些典型试题的分析,可对以上概念进一步加深理解、巩固并灵活运用。另外由气体摩尔体积导出的阿伏伽德罗定律在中学化学计算中亦有广泛的应用,对此我们也通过具体实例进行了探讨和分析,以求读者能充分理解,更好地掌握。

第二部分简单介绍了有关反应热的初步知识。帮助读者了解吸热反应、放热反应等概念,及热化学方程式表达的含义,并能正确地书写热化学方程式。

最后,还精选了部分与摩尔、反应热知识有关的习题,供读者练习和参考。

作者

目 录

一、摩尔	(1)
(一)物质的量	(1)
(二)摩尔(mol)	(3)
(三)摩尔质量	(4)
(四)气体摩尔体积	(9)
(五)阿伏伽德罗定律的应用	(16)
(六)物质的量浓度	(26)
二、反应热	(37)
(一)研究反应热的意义	(37)
(二)反应热和键能的关系	(38)
(三)热化学方程式及书写方法	(39)
练习题	(47)
附:练习题参考答案	(59)

一、摩 尔

(一)物质的量

在日常生活、工农业生产和科学实验中,经常要使用一些物理量来表示物质及其运动的多少、大小、强度等。例如,人们用米、千克(公斤)、秒等计量单位,分别表示物体的长度、物质的质量及时间等。但由于世界各国,各民族的文化发展不同,往往形成各自的单位制,如英国的英制、法国的米制等;而且同一个物理量常用不同的单位表示,如压强有标准大气压、毫米汞柱、巴、托等多种单位。随着国际上的科学技术和商业往来的增多,众多单位制的并行给人们带来了极大的不便,换算时又易出差错,因此,便有实行统一标准的必要,国际单位制应运而生。

1960年,国际计量会议以米、千克(公斤)、秒制为基础,制定了国际单位制,简称为SI。1971年第14届国际计算大会决定,在国际单位制中增加第七个基本单位——摩尔,从此“物质的量”成为国际单位制中的基本物理量之一。

国际单位制的基本单位是:

物理量的名称	单位名称	国际符号
长 度	米	m
质 量	千克(公斤)	kg
时 间	秒	s
电流强度	安〔培〕	A
热力学温度	开〔尔文〕	K
光 强 度	坎〔德拉〕	cd
物质的量	摩〔尔〕	mol

作为基本物理量之一的物质的量,与长度、质量、时间、电流等概念一样,是一个物理的整体名称。“物质的量”四个字不得化简或增添任何字,更不能按字面意义把物质的量当作物质的数量或质量。

确切地说,物质的量是表示物质所含微粒数目多少的物理量。构成物质的微粒有原子、离子、分子,这些微粒肉眼看不见,也难以称量,而实验室里取用的物质,不论是单质还是化合物,都是看得见,可以称量的。工农业生产上,物质的用量当然更大,常以吨计。物质之间的反应,虽然是按照一定个数,肉眼看不见的原子、分子或离子来进行,而实践上又是可称量的物质进行反应的。化学上,为达到既方便计数,又便于称量的目的,采用了阿伏伽德罗常数的倍数为计数单位,名称为摩尔。物质的量就是“表示物质所含微粒数是阿伏伽德罗常数的多少倍”的物理量。它的计量基准是 0.012kg 碳-12 所含有的原子数,这个数值就是阿伏伽德罗常数。也就是说,物质所

含微粒数是阿伏伽德罗常数时,其物质的量为 1mol 。 12g 碳-12 的物质的量就是 1mol 。

使用物质的量这一量时,还应注意的问题是:

第一,必须指明物质的基本单元。基本单元可以是分子、原子、离子、原子团、电子、光子及其它粒子,或者是这些粒子的特定组合。例如说,应指明是 1mol 氢原子,或 1mol 氢分子,而不能笼统地称 1mol 氢。

第二,物质的量是一个量的名称,一般可用符号 n 表示,因为物理量=数值 $\times$ 单位,所以如果把物质的量 n 视为数值的代号,显然是错误的。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。

(二)摩尔(mol)

摩尔是物质的量的单位,每摩物质含有阿伏伽德罗常数个微粒。

那么,阿伏伽德罗常数到底是多少呢?它是人们利用科学方法测定出来的,随着科学技术水平的不断发展,阿伏伽德罗常数的数值逐步趋于精确,最新测定的数据是 6.022943×10^{23} 。目前我们用 N_A 作为阿伏伽德罗常数的代表符号,取其近似值为 6.02×10^{23} ,单位是每摩即 $1/\text{mol}$ 。 N_A 与 6.02×10^{23} 的关系类似圆周率 π 与 3.14 的关系,也就是说 $N_A \neq 6.02 \times 10^{23}$ 。作为摩尔的定义,我们必须说每摩物质含有阿伏伽德罗常数个微粒。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 硫酸分子中含有 6.02×10^{23} 个硫酸分子, 1mol 氢氧根离子中含有 6.02×10^{23} 个氢氧

根离子……

6.02×10^{23} 这个数值有多大呢？有人曾做过这样有趣的计算：假如地球上人口有 50 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 $(6.02 \times 10^{23} \div 4 \div 10^4) \div (50 \times 10^8) \approx 3.01 \times 10^9 \text{ kg}$ ，即 30 多亿公斤，若一人每天可食用 1 kg ，这些小麦可供此人食用 $3.01 \times 10^9 \div 1 \div 365 \approx 8.25 \times 10^6$ 年，即大约 825 万年。由此也可以看出阿伏伽德罗常数不适宜计算宏观物体，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，便可以计算出此物质物质的量是多少摩，例如： 9.03×10^{22} 个氯化氢分子相当于多少摩？便可用 $9.03 \times 10^{22} \div (6.02 \times 10^{23} / \text{mol}) = 0.15 \text{ mol}$ 。由此可得：

$$\text{物质的量}(\text{mol}) = \frac{\text{微粒数}}{6.02 \times 10^{23} / \text{mol}}$$

另外，摩尔和其它基本计量单位一样，还有它的倍数单位和分数单位，如兆摩、千摩和毫摩。

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

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

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

(三) 摩尔质量

1 mol 物质的质量通常叫做物质的摩尔质量，其单位是 g/mol 。由摩尔的定义可知， 1 mol 碳的质量是 12 g ，即碳的摩尔质量是 12 g/mol 。据此，任何一种物质的摩尔质量都可以通过论证推导得出。例如：在碳燃烧的化学反应里

	C	+	O ₂	=	CO ₂
微粒个数比	1	:	1	:	1
	$1 \times 6.02 \times 10^{23}$	:	$1 \times 6.02 \times 10^{23}$	:	$1 \times 6.02 \times 10^{23}$
物质的量之比	1	:	1	:	1
原子量或式量	12	:	32	:	44

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之比等于各物质的物质的量之比

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原子量。

(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。

如果已知物质的质量, 则

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

由此可见, 引用物质的量及其单位摩尔, 它就像一座桥梁把单个的、肉眼看不见的微粒跟很大数量的微粒集体、可称量的物质之间联系起来了, 这就给实际应用带来了极大的方便。

为了正确理解物质的量、摩尔、摩尔质量等概念, 下面我们来看几个例题:

【例题 1】下列论述正确的是

(A)摩尔是七个基本物理量之一

(B)每摩尔物质含有 N_A 个指定的微粒

(C) 1mol H 就是指 1mol 氢

(D) 0.012kg 碳-12 所含的原子个数的精确数值是 6.02×10^{23}

【解析】分析此题应明确的是：(1)物质的量是七个基本物理量之一，摩尔不是物理量，是物质的量的单位。(2)使用摩尔时，基本单元应予指明， 1mol H 指 1mol 氢原子，而不能笼统地说成是 1mol 氢。(3)阿伏伽德罗常数 $\neq 6.02 \times 10^{23}$

所以，此题的正确答案是 B

【例题 2】某元素一个原子的质量为 $a\text{g}$ ，又知一个 ^{12}C 原子的质量为 $b\text{g}$ ， N_A 代表阿伏伽德罗常数，则下列各式中能表示该原子的原子量数值的是

(A) $\frac{a}{N_A}$ (B) $\frac{12a}{b}$

(C) aN_A (D) $\frac{12b}{a}$

【解析】此题可从元素的一种原子的相对质量的求法考虑，元素一种原子的原子量 $= \frac{a}{\frac{b}{12}} = \frac{12a}{b}$ ，即答案 B 是正确的。

另外，根据摩尔质量的定义， 1mol 某元素原子的质量就是 N_A 个原子的总质量， aN_A 就是该元素原子的摩尔质量，在数值上等于该原子的原子量。所以此题的另一个答案是 C。

【例题 3】如果 $m\text{g}$ 氨气由 x 个原子构成，则在 $2m\text{g}$ 硫化氢中含有的分子数为

(A) $0.25x$ (B) $0.5x$

(C) $2x$ (D) $4x$

【解析】此题给的条件和所求，表面看上去似乎毫无联系，但可通过物质的量把两者联系起来， mg 氨气的物质的量为 $\frac{m}{17} \text{mol}$ ，含有 $\frac{x}{4}$ 个分子。 $2mg$ 的硫化氢的物质的量为 $\frac{2mg}{34g/\text{mol}} = \frac{m}{17} \text{mol}$ 故也含 $\frac{x}{4} = 0.25x$ 个分子。答案为 A。

【例题 4】 0.2mol 的单质 A_x 和 1.2mol 的 B_2 反应生成 0.8mol 的化合物 AB_3 ，则单质 A_x 的化学式为

- (A) A (B) A_2
(C) A_3 (D) A_4

【解析】根据化学方程式中微粒个数之比(即化学计量数之比) = 各物质的物质的量之比。反应物 A_x 、 B_2 与生成物 AB_3 间的物质的量之比为

$$\begin{aligned} n(A_x) : n(B_2) : n(AB_3) &= 0.2 \text{mol} : 1.2 \text{mol} : 0.8 \text{mol} \\ &= 1 : 6 : 4 \end{aligned}$$

由此写出化学方程式： $A_x + 6B_2 = 4AB_3$ 根据质量守恒定律 $x=4$

正确选项为 D

【例题 5】设 N_A 表示阿伏伽德罗常数，下列论述中不正确的是

- (A) $18g NH_4^+$ 含有的电子数为 $10N_A$
(B) N_A 个硫酸分子和 N_A 个磷酸分子的质量比为 $1:1$
(C) $3.9g$ 金属钾变为 K^+ 时失去的电子数为 $0.1N_A$
(D) $62g$ 白磷分子中含有 $2N_A$ 个白磷分子

【解析】做此题第一要注意题干的要求，须选择不正确的论述。第二要明确选项中物质的质量，摩尔质量及与阿伏伽德罗常数间的关系，1 个 NH_4^+ 离子含 10 个电子， $18g NH_4^+$ 的物

质的量为 1mol , 含电子数 $10N_A$, 所以选项 A 论述正确; H_2SO_4 和 H_3PO_4 的式量均为 98, 故它们的摩尔质量也相等, N_A 个 H_2SO_4 分子和 N_A 个 H_3PO_4 分子的质量比为 $98:98=1:1$, 选项 B 论述也正确; 3.9g 金属钾为 $3.9\text{g} \div 39\text{g/mol} = 0.1\text{mol}$ 钾原子, 当它变为 K^+ 时失去的电子数为 $0.1N_A$, 选项 C 正确; 由于白磷的化学式为 P_4 , 式量为 31×4 摩尔质量为 $31 \times 4\text{g/mol}$, 62g 的白磷相当于 $\frac{62\text{g}}{31 \times 4\text{g/mol}} = 0.5\text{mol}$, 应含 $0.5N_A$ 个白磷分子, D 选项论述不正确, 应为此题答案。

【练习】

1. 下列说法正确的是

- (A) 摩尔是既表示微粒又表示质量的单位
- (B) 反应前各物质的“物质的量”之和与反应后各物质的“物质的量”之和一定相等
- (C) 氢氧化钠的摩尔质量是 40g
- (D) 氩气的摩尔质量在数值上等于它的原子量

2. 若 1g 氯气含 n 个氯气分子, 则阿伏伽德罗常数可表示为

- (A) $35.5n$
- (B) $\frac{1}{35.5n}$
- (C) $71n$
- (D) $\frac{1}{71n}$

3. 化学式分别为 C_3H_6 和 C_2H_4 的两物质各取相同的物质的量时, 下列叙述正确的组合是

- ① 碳原子数之比为 $3:2$
- ② 氢原子数之比为 $3:2$
- ③ 含碳的质量分数相同

④分子数相同

(A)只有①、④ (B)只有②、③

(C)只有③、④ (D)①、②、③、④

4. 有 30gA 物质和 21gB 物质恰好完全反应,生成了 14. 4gC 物质和 3. 6gD 物质及 0. 6molZ 物质,则 Z 的摩尔质量为

(A)100g/mol (B)55g/mol

(C)110g/mol (D)58. 5g/mol

5. 设 N_A 表示阿伏伽德罗常数,下列叙述不正确的是

(A) N_A 个 N_2 分子和 N_A 个 ^{14}CO 分子的质量比等于 1 : 1

(B)4g 氦气所含的原子个数为 N_A

(C) SiO_2 晶体中,每 1molSi 原子与 O 原子形成 $2N_A$ 个共价键

(D)1. 6g NH_2^- 中含有的电子数目为 N_A

【答案】

1. D 2. C 3. D 4. B 5. A、C

(四)气体摩尔体积

人们在进行科学实验和工农业生产中,常常要遇到气态物质,而气体有别于固态和液态物质,有它一定的规律性变化。特别在引入了摩尔这一单位后,人们发现,1mol 不同固态和液态物质的体积是不同的。例如:20℃时:

物 质	状 态	微粒数	体积/cm ³
铁	固 态	6.02×10^{23}	7.1
铝	固 态	6.02×10^{23}	10.0
水	液 态	6.02×10^{23}	18(4℃)
硫 酸	液 态	6.02×10^{23}	54.1

对于固态和液态物质, 1mol 各种物质的体积为什么会不相同呢? 我们知道, 决定物质体积大小的因素主要有三点: (1)是微粒本身的大小; (2)是微粒数的多少; (3)是微粒间的距离。如果构成物质的微粒数相同, 微粒间距离相等, 微粒本身大的, 自然体积也大; 而微粒大小相同, 微粒间的距离相等, 微粒数多的, 体积大; 同理, 当微粒大小相同, 微粒数相等, 物质体积的大小, 取决于微粒间的距离, 即微粒间距离大的体积大, 微粒间距离小的体积小。构成液态、固态物质的微粒间的距离是很小的, 在微粒数相同的条件下, 固、液态物质的体积主要决定于原子、分子或离子本身的大小。由于构成它们的原子、分子或离子的大小是不同的, 所以尽管物质的量都是 1mol, 但它们的体积却有所不同。

对于气态物质, 由于分子间有着较大的距离, 通常状况下气态物质的体积要比它在液态或固态时大 1000 倍左右。一般气体分子的直径约是 $4 \times 10^{-10} \text{m}$, 通常状况下分子间的平均距离约是 $4 \times 10^{-9} \text{m}$, 即平均距离是分子直径的 10 倍左右, 这就可以推知, 气体体积主要取决于分子间的平均距离, 而不像液体或固体那样, 体积主要决定于分子的大小。在标准状况下 (压强为 $1.01 \times 10^5 \text{Pa}$ 、温度为 0°C) 不同气体分子间的平均距

离几乎是相等的,所以对于 1mol 的任何气体,它们所含的分子数相同,标准状况下分子间的平均距离几乎相等,它们所占的体积当然也大体相等,都约是 22.4L,这个体积就是气体摩尔体积,它的单位为 L/mol。如果已知某气体在标准状况下的体积,我们可以通过气体摩尔体积,求出该气体物质的量,即

$$\text{物质的量(mol)} = \frac{\text{某气体在标准状况下的体积(L)}}{\text{气体摩尔体积(L/mol)}} = \frac{V}{V_m}$$

掌握气体摩尔体积这个概念,必须注意以下几点:

(1)条件:标准状况。因为气体的体积较大地受到温度和压强的影响。温度升高,气体分子间的平均距离增大,体积增大;压强增大,气体分子间的平均距离减小,体积减小。

(2)物质的量为 1mol。

(3)使用范围:任何气体。

(4)所占体积:约是 22.4L,22.4L 的大小相当于边长为 0.282m 的立方体。使用这个数据时,情况类同阿伏伽德罗常数。叙述定义要强调一个“约”字,具体到某一气态物质可把“约”字去掉,如:1mol 氢气在标准状况下占的体积是 22.4L。

通过对气体摩尔体积的理解,我们不难看出,不仅是在标准状况下,只要温度、压强相同,气体体积的大小只随分子数的多少而变化,体积大的含的分子数多,体积小的含的分子数少,体积相同则含有的分子数相同。关于这种说法,早在 1811 年,意大利物理学家阿伏伽德罗在化学中引入分子概念的同时,提出了阿伏伽德罗假说:在同温同压下,相同体积的任何气体都含有相同数目的分子。这个假定在当时并没有被公认,直到 19 世纪 60 年代,由于意大利化学家康尼查罗的工作,阿伏伽德罗假说才获得公认。现在,阿伏伽德罗假说早已被物理

学和化学中的许多事实所证实,公认是一条定律。

对于阿伏伽德罗定律须明确的是:

(1)仅适用于气体。

(2)注意条件中的“三同”:只有在相同温度、相同压强、相同体积时,才有分子数相同这一结论。

(3)气体摩尔体积是阿伏伽德罗定律的特例。

由阿伏伽德罗定律,我们又可推知,在有气体参加的化学反应中,只要温度压强一定,其微粒个数比(即化学计量数比)=物质的量之比=气体体积之比

【例题 1】如果 ag 某气体中含有 b 个分子,则 cg 该气体在标准状况下的体积是(式中 N_A 为阿伏伽德罗常数)

(A) $\frac{22.4bc}{aN_A}L$ (B) $\frac{22.4ab}{cN_A}L$

(C) $\frac{22.4ac}{bN_A}L$ (D) $\frac{22.4b}{acN_A}L$

【解析】本题可根据题目所给条件 ag 某气体中含 b 个分子,先求气体的摩尔质量为:

$$a \frac{N_A}{b} \text{ g/mol}$$

则 cg 气体的物质的量为:

$$cg \div \frac{aN_A \cdot \text{mol}^{-1}}{b} = \frac{bc}{a \cdot N_A} \text{ mol}$$

$$\text{在标准状况下的体积为 } \frac{bc}{a \cdot N_A} \cdot 22.4L$$

此题的正确答案是 A。

【例题 2】在一定温度和压强下,1 体积 X_2 (气)跟 3 体积 Y_2 (气)化合生成两体积气态化合物,则该气态化合物的化学式是