



从微观视角看“物质的量”

浙江省桐乡市高级中学 314500 谢曙初

笔者通过几届高一学生的教学实践证明,从微观角度解释物质的量及相关概念,将物质的量及相关概念与学生已有的微粒知识相联系,循序渐进,从而使学生深刻地掌握“物质的量”的内涵。

一、物质的量与摩尔

“物理量”是用来计量可计量事物的量,而物质的量其内涵是用“摩尔”做单位来计量微粒数量的物理量。物质的量的计量对象只能为微观粒子,如原子、质子等,不能为宏观物质。“摩尔”是人为制定的、以阿伏加德罗常数个微粒的集体为单位来计量微粒数量的。摩尔是计量单位而不是计数单位。物质的量虽表示微观粒子的数目,但

不是表示微观粒子个数的多少,而是微观粒子集合体的多少。

通俗地讲,我们把微粒的个数放大阿伏加德罗常数倍,就成了 1 mol 的微粒,也就是说我们把阿伏加德罗常数个微粒当成一个集体,定义为 1 mol 微粒。我们可以想象一下,你的眼前有很多很多的微粒,这些微粒的大小和形状都相同,个数是阿伏加德罗常数个,即约为 6.02×10^{23} 个。这堆微粒就是 1 mol 的微粒。好比是我们把 12 个物体放在一起,就说成是 1 打物体。火柴厂以“根”为单位不合适,而用“盒”,1 盒 = 60 根;啤酒厂以“瓶”为单位不方便,而用“箱”,1 箱 = 24 瓶等。

► 哪种配比充入容器 Q 可使平衡时 C 的浓度为 $v \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ()。

- A. 1 mol C + 0.5 mol D
 B. 3 mol A + 2 mol B
 C. 3 mol A + 1 mol B + 1 mol D
 D. 以上均不能满足条件

解析 (1) 在恒温恒压下,只要 $n(A) : n(B) = 3 : 1$ 或 $n(C) : n(D) = 2 : 1$,达到的平衡就为等效平衡,答案为 A。(2) 现在容器 Q 体积不变,条件不同了,与(1)不属于等效平衡,无法判断,答案为 D。(3) 随反应的进行,容器中压强减小,相当于对(1)的平衡减压,平衡向逆反应方向移动, C 的浓度降低,答案为 B。(4) 温度、体积不变时,投入 2 mol C 和 1 mol D 与投入 3 mol A 和 1 mol B 相当,属等效平衡。再加 1 mol D 时平衡将向左移动 $v < \omega$,答案为 B。(5) 恒温恒容下 $n(A) = 3 \text{ mol}$ 和 $n(B) = 1 \text{ mol}$ 时与 $n(C) = 2 \text{ mol}$ 和 $n(D) = 1 \text{ mol}$ 时建立的平衡为等效平衡。答案为 C。

答案: (1) A (2) D (3) B (4) B (5) C

例 2 在相同温度和压强下,对反应



进行甲、乙、丙、丁四组实验,实验起始时放入容器

内各组分的物质的量见下表:

	CO_2	H_2	CO	H_2O
甲	$a \text{ mol}$	$a \text{ mol}$	0 mol	0 mol
乙	$2a \text{ mol}$	$a \text{ mol}$	0 mol	0 mol
丙	0 mol	0 mol	$a \text{ mol}$	$a \text{ mol}$
丁	$a \text{ mol}$	0 mol	$a \text{ mol}$	$a \text{ mol}$

上述四种情况达到平衡后, $n(\text{CO})$ 的大小顺序是()。

- A. 乙 = 丁 > 丙 = 甲 B. 乙 > 丁 > 甲 > 丙
 C. 丁 > 乙 > 丙 = 甲 D. 丁 > 丙 > 乙 > 甲

解析 本题主要考查外界条件对化学平衡的影响及等效平衡问题。解题时应注意该反应前后气体体积不变,同时要明确等效平衡的条件。把丙中 $a \text{ mol CO}$ 和 $a \text{ mol H}_2\text{O}$ 按化学计量数转成 CO_2 和 H_2 也分别为 $a \text{ mol}$,则甲与丙是等量等效,则达平衡时 $n(\text{CO})$ 应相等;把丁中 $a \text{ mol CO}$ 和 $a \text{ mol H}_2\text{O}$ 按化学计量数转成 CO_2 和 H_2 ,则起始时丁中 CO_2 为 $2a \text{ mol}$, H_2 为 $a \text{ mol}$,则与乙等量等效,到达平衡时 $n(\text{CO})$ 相等。乙与甲相比相当于在甲的平衡中又加入了 $a \text{ mol}$ 的 CO_2 ,导致平衡右移,则平衡时 $n(\text{CO})_{\text{乙}} > n(\text{CO})_{\text{甲}}$ 故选 A。答案: A

(收稿日期: 2014-010-10)

微粒很小,无法观察和测量,但是放大阿伏加德罗常数倍后就成了宏观的可观察和测量的物体了。

二、阿伏加德罗常数

阿伏加德罗常数是为了纪念意大利化学家阿伏加德罗而命名的,但它并不是一个常数,而是一个有单位的常量,它约等于 $6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ 。它的定义是 12 g C-12 中碳原子的个数。我们称取 12 g C-12 原子,数一数,有阿伏加德罗常数个 C-12 原子(当然我们不可能真的去数,几辈子都数不完)。换个角度说,阿伏加德罗常数个 C-12 原子的质量为 12 g。而每个 C-12 的质量是相同的,也就是说每个 C-12 的质量为 $\frac{12}{N_A} \text{ g}$ 。

三、摩尔质量

单位物质的量的物质所具有的质量称为摩尔质量。我们可以理解为 1 mol 物质所具有的质量在数值上等于摩尔质量,阿伏加德罗常数个微粒的质量数值上等于摩尔质量(强调数值上相等,是因为单位不相同,摩尔质量的单位一般是 g/mol,而 1 mol 物质的质量单位为 g)。因此摩尔质量大小与一个物质微粒质量的大小有关,一个微粒的质量等于 $\frac{M}{N_A} \text{ g}$,放大阿伏加德罗常数数值上就是摩尔质量 M 了。一个原子的质量和另一个原子的质量比等于它们的相对原子质量之比,同时放大阿伏加德罗常数倍,则摩尔质量比等于相对原子质量比。再加上 C-12 的摩尔质量(单位: g/mol)数值上刚好是它的相对原子质量 12。因此我们说当质量以“克”为单位,摩尔质量在数值上等于相对质量。

四、气体摩尔体积

一定温度和压强下,单位物质的量的气体所占的体积称为气体摩尔体积。我们可以理解为 1 mol 气体所占的体积在数值上等于气体摩尔体积,阿伏加德罗常数个气体微粒所占的体积数值上等于气体摩尔体积。由于气体间的间距远远大于气体分子的直径,也就是说气体的空隙体积远远大于自身所占的体积。阿伏加德罗常数个气体分子所占的体积实际上大部分是空隙的体积,而不是气体分子本身的体积。所以我们不能像摩尔

质量一样,将 $\frac{V_m}{N_A}$ 当成是分子本身的大小。 V_m 可以说是空隙大小的衡量标准,空隙大,则 V_m 大,空隙小,则 V_m 小。外界的温度和压强是影响气体分子空隙大小的因素,也就是影响 V_m 大小的因素。温度高,则大,温度低,则 V_m 小。压强大,则 V_m 小,压强小,则 V_m 大。标准状况下, $V_m = 22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$,而 $V_m = 22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$ 时,并不一定对应于标准状况。因为只需温度高点,同时压强大点,空隙大小就有可能不变, V_m 保持不变。

同样,我们也可从微观角度来理解阿伏加德罗定律及其推论。同温同压下,气体的体积比等于分子个数比。同温同压,说明气体分子间距相同,气体的体积当然决定于气体分子数的多少。就好比全校的同学在操场上做操,人与人之间的距离相等,则所占面积的多少决定于人数的多少了。同温同压下,气体的密度之比等于摩尔质量之比。我们还是可以用上述的比喻,同学在操场上做操,人与人之间的距离相等,密度当然就决定于每个点上的人的质量(在气体中也就相当于一个分子的质量)。而一个分子质量的阿伏加德罗常数倍是摩尔质量。

五、物质的量浓度

物质的量浓度是以单位体积的溶液中所含溶质的物质的量来表示溶液组成的物理量。可以理解为 1L 溶液中含有多少摩尔的溶质? 物质的量浓度用于表达一定体积的溶液中溶质微粒数目。溶液是均一的、稳定的分散系,因此物质的量浓度也就反映了溶质微粒的拥挤程度,这一点和气体摩尔体积相似,气体摩尔体积反映的是气体分子的拥挤程度。

中学生进入高中阶段,其抽象逻辑思维从“经验型”向“理论型”转变。他们思维的广阔性、深刻性、逻辑性、批判性和创造性明显增加,学习动机比较稳定。但是我们的教学中也应注意高视角、低起点,从学生认识基础出发,加强直观性教学。从微观角度讲解物质的量及其相关概念,是基于学生已有的微粒知识,采用类比、迁移等手段,轻松过渡,深刻理解内涵,既锻炼学生的思维,又教会了学生学习的方法。

(收稿日期:2014-10-21)