

探究两溶液等体积混合后浓度的变化

江苏省江阴市第一中学 214400 喻婷婷

将相同溶质的两种不同浓度溶液进行混合,在高考中成为常考的知识点。在江苏高考中曾连续三年考查了将不同浓度的两溶液进行等体积混合后的浓度的变化,在三年中以不同的载体,如氨水、硫酸、酒精等进行了考查。相同溶质的两种不同浓度溶液相混合,主要有两种考查方式,一种是将不同浓度的两溶液等质量混合;另一种是将不同浓度的两溶液等体积混合。本文重点讨论后一种情况,即不同浓度的两溶液等体积混合,但等体积混合通常是以等质量混合为基础进行讨论,所以本文就这两类不同的问题进行相应的讨论。

一、等质量混合不同浓度的两溶液

由于在溶液混合过程中,质量是守恒的,也就是说质量具有加和性。因而将两溶液等质量混合后,其实溶质质量等于两溶液中的溶质质量总和,溶液质量也等于两溶液质量总和,从而就可以简单得到溶液的质量分数应为两溶液质量分数的总和除以 2。即设两溶液质量分数分别为 w_1 、 w_2 ,设所取溶液质量为 m ,则可得混合后溶液的质量分数 $w_3 = (w_1 \times m + w_2 \times m) / 2m = (w_1 + w_2) / 2$ 。

例 1 有甲、乙两种 $H_2SO_4(aq)$,甲中 H_2SO_4

► pH 或 pOH 越小,则 α_0 越大。pH 或 pOH 相等,则 α_0 相等。(说明:弱酸弱碱形成的盐比较复杂,不予讨论。)

利用上述规律,可以比较准确的判断有关此类问题。

例 2 25℃ 时,在 4 种溶液 (1) pH = 4 的 NH_4Cl 溶液、(2) pH = 3 的 $FeCl_3$ 溶液、(3) pH = 12 的 CH_3COONa 溶液、(4) pH = 10 的 Na_2CO_3 溶液中,水的电离度分别为 α_1 、 α_2 、 α_3 、 α_4 ,则下列关系式正确的是()。

A. $\alpha_3 > \alpha_4 > \alpha_2 > \alpha_1$ B. $\alpha_1 > \alpha_2 > \alpha_4 > \alpha_3$

C. $\alpha_3 > \alpha_2 > \alpha_1 = \alpha_4$ D. $\alpha_2 > \alpha_3 > \alpha_1 = \alpha_4$

解析 pH = 12 的 CH_3COONa 溶液的 pOH = $14 - 12 = 2$ 。pH = 10 的 Na_2CO_3 溶液的 pOH = $14 - 10 = 4$ 。依据在盐溶液中 pH 或 pOH 越小, α_0 越

的质量分数为 $3a\%$,乙中 H_2SO_4 的质量分数为 $a\%$,取甲、乙两溶液等质量混合,搅拌均匀后所得 $H_2SO_4(aq)$ 中溶质的质量分数()。

A. $> 2a\%$ B. $< 2a\%$

C. $= 2a\%$ D. 无法确定

解析 可设分别取两溶液质量为 m g,则可得混合后的质量分数为: $(m \text{ g} \times 3a\% + m \text{ g} \times a\%) / 2m = 2a\%$,所以选 C。

二、等体积混合不同质量分数的两溶液

由于在溶液的混合过程中,体积是不守恒的,也就是说体积不具有加和性。因而将两溶液进行等体积混合的情况要比等质量混合复杂一些。等体积混合溶液时的体积不守恒,所以是不能直接运算的,所以我们仍然是将等体积的情况进行转化,形成仍然用质量进行讨论,才能得到最终的结果。而从体积换算到质量则需要用到密度,所以在等体积混合溶液时,需要考虑的是溶液的密度及密度与浓度的关系。

中学讨论的都是水溶液,所以我们将溶液的密度分为两类,一类是溶液密度小于水的密度($\rho < 1 \text{ g/mL}$),此类溶液的密度随着溶液浓度的增

大, pH = pOH 则 α_0 相等,可知:

$\alpha_3 > \alpha_2 > \alpha_1 = \alpha_4$ 。选 C。

例 3 室温下, 0.1 mol/L 的下列溶液中,水的电离度大小排列正确的是()。

① $AlCl_3$ ② $NaNO_3$ ③ $NaOH$ ④ H_2SO_4

A. ① > ② > ③ > ④ B. ① > ② > ④ > ③

C. ④ > ③ > ② > ① D. ② > ① > ③ > ④

解析 ①②是盐溶液,③④是酸碱溶液,所以①②中 α_0 比③④中 α_0 大。 $AlCl_3$ 水解 pH < 7, $NaNO_3$ 不水解 pH = 7,故①中 α_0 大于②中 α_0 。0.1 mol/L $NaOH$ 溶液 pH = 13, pOH = 1, 0.1 mol/L H_2SO_4 溶液 pH < 1,依据酸碱溶液中 pH 或 pOH 越小, α_0 越小,可知④中 α_0 小于③中 α_0 。综上所述,① > ② > ③ > ④,所以应选 A。

(收稿日期:2015-03-11)

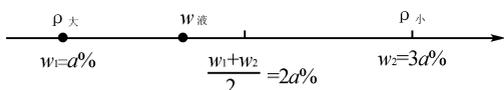
大而减小,即溶液浓度越大,溶液的密度越小;另一类是溶液密度大于水的密度($\rho > 1 \text{ g/mL}$),此类溶液的密度随着溶液浓度的增大而增大,即溶液浓度越大,溶液的密度越大。

对于 $\rho < 1 \text{ g/mL}$ 的溶液,取相同体积的不同浓度溶液时,浓度大的溶液的质量小,浓度小的溶液的质量大,将两者混合,则可看作为先将两溶液等质量混合,然后再向混合后溶液中加入一定质量的浓度小的溶液,所以所得溶液的质量分数应该小于 $(w_1 + w_2) / 2$ 。

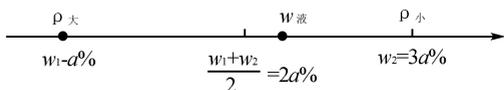
对于 $\rho > 1 \text{ g/mL}$ 的溶液,取相同体积的不同浓度溶液时,浓度大的溶液的质量大,浓度小的溶液的质量小,将两者等体积混合,则可看作为先将两溶液等质量混合,然后再向混合后溶液中加入一定质量的浓度大的溶液,所以所得溶液的质量分数应该大于 $(w_1 + w_2) / 2$ 。

如果我们将数学中的数轴知识应用来分析,那么就会更一目了然了。如下图所示:

当 $\rho < 1 \text{ g/mL}$ 的溶液混合时: (w_1 小,密度大 ρ_1 大,密度小)



当 $\rho > 1 \text{ g/mL}$ 的溶液混合时: (w_1 小,密度小 ρ_1 小,密度大)



例 2 有甲、乙两种 $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$,甲中 H_2SO_4 的质量分数为 $3a\%$,乙中 H_2SO_4 的质量分数为 $a\%$,取甲、乙两溶液等体积混合(硫酸的密度大于 1 g/mL)搅拌均匀后所得 $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ 中溶质的质量分数()。

- A. $> 2a\%$ B. $< 2a\%$
C. $= 2a\%$ D. 无法确定

解析 设甲密度 ρ_1 ,乙的密度 ρ_2 ,溶液体积是 V ,则可得混合后的溶液的 $w = (\rho_1 \times V \times 3a\% + \rho_2 \times V \times a\%) / (\rho_1 \times V + \rho_2 \times V) = 2a\% + ((\rho_1 - \rho_2) / (\rho_1 + \rho_2)) \times a\%$,由于硫酸溶液的密度大于 1 g/mL ,所以可得浓度越大,其溶液的密度越大,即 $\rho_1 > \rho_2$,所以可得 $w > 2a\%$ 。

如果本例中将硫酸换成溶液密度小于 1 g/mL

的氨水或是酒精时,进行等体积混合后所得溶液的浓度恰好与本例的结论相反,由读者自行验算。

三、等体积不同物质的量浓度溶液的混合

物质的量浓度是单位体积的溶液中含有溶质物质的量多少的物理量,它直接与溶液体积相关,但在溶液的混合过程中,体积是不守恒的,因而同样我们要借助于溶液混合过程中的质量守恒来进行问题解决。

例 3 将 $3a\%$ 的硫酸溶液与 $a\%$ 的硫酸溶液等体积混合,若混合后溶液的密度为 $\rho \text{ g/mL}$,则溶液中硫酸的物质的量浓度为()。

- A. 等于 $20\rho a / 98$ B. 小于 $20\rho a / 98$
C. 大于 $20\rho a / 98$ D. 无法确定

解析 本题是讨论将不同浓度的两溶液等体积混合后的物质的量浓度的变化情况。从物质的量浓度的定义可以看出 $c = n / V$,将两溶液等体积(体积可以假定为 $V \text{ L}$)混合,由于在混合的过程中溶液的体积是不守恒的,所以不能将体积直接相加,而在混合过程中质量是守恒的,可以直接相加。我们可以通过假设原两溶液的密度分别对应为: $3a\%$ 的硫酸溶液密度为 ρ_1 , $a\%$ 的硫酸溶液密度为 ρ_2 ,则可以通过物质的量浓度的定义式而得到如下的计算过程: $n = [(\rho_1 \times V \times 3a\% + \rho_2 \times V \times a\%) / 98] \text{ mol}$,混合后的体积为 $V(\text{混}) = [(\rho_1 \times V + \rho_2 \times V) / \rho] / 1000 \text{ L}$,从而可得混合后的溶液物质的量浓度为: $c = \rho(30\rho_1 + 10\rho_2) / 98(\rho_1 + \rho_2) = 20\rho a / 98 + 10\rho a(\rho_1 - \rho_2) / 98(\rho_1 + \rho_2)$ 。又由于硫酸是一种密度大于 1 的溶液,其溶液密度的变化规律为随着硫酸溶液浓度的增大,溶液的密度增大,即可得到 $\rho_1 > \rho_2$,也即可以得到 $\rho_1 - \rho_2 > 0$,从而可得混合后溶液的浓度 $c > 20\rho a / 98$ 。

例 4 将溶质的质量分数为 $a\%$ 的硫酸溶液,物质的量浓度为 $c_1 \text{ mol/L}$,与一定质量分数的硫酸等体积混合后,得到了溶质的质量分数为 $2a\%$ 的硫酸溶液,物质的量浓度为 $c_2 \text{ mol/L}$,则 c_1 、 c_2 的关系为()。

- A. $c_1 = c_2$ B. $c_1 > c_2$ C. $2c_1 < c_2$ D. $2c_1 = c_2$

解析 本题中是将两个不同浓度的硫酸溶液进行混合,最终所得到的溶液质量分数正好是原溶液质量分数的两倍,而此时所得的溶液的物质的量浓度我们也可以顺理成章地认为物质的量

活用质量守恒 决胜中考试场*

江苏省连云港市海州实验中学 222000 赵青

目前绝大多数省市的中考兼具有毕业考试(水平考试)和升学考试(选拔考试)的功能。所以在中考化学的试题中一般来说基础性的属于水平测试的试题占全卷的 80% 左右,保证了大部分学生能通过毕业考试,但同时也会有少量的试题具有选拔性,拉开不同目标学生的成绩差距以达到选拔的目的。那么,在中考中如何才能获得高分呢?这是教师和学生在学习的过程中不得不面对的问题。本文从质量守恒定律的知识点出发,讨论在学习中如何能对所学知识进行融会贯通而从识记转化成理解,最终上升到应用的渠道。

一、关于质量守恒定律

初中化学教材中给出的质量守恒定律的定义指出,质量守恒定律是指参加化学反应的各物质的质量总和等于反应后生成的各物质的质量总和。

从教材给出的定义可以看出,它是从宏观的角度来下的定义,即从可称量的物质来进行定义。但我们来理解或是解释质量守恒定律可以从微观的角度出发,即在学习物质构成的奥秘时我们就知道了分子是保持物质化学性质的最小微粒,而原子在化学变化中不可再分,原子是化学变化中的最小微粒。也就是说在化学反应中分子可能是有变化的,分子的种类和数目包括质量都可能是不守恒的,但原子在化学反应中仅仅是重新组合而形成了其他物质,所以原子在化学反应前后种类、数目,包括质量都没有改变。这才是质量守恒定律的实质和本原。

质量守恒定律在初中化学知识中反映得最为完

美的是化学反应方程式中的守恒。从化学方程式中可以得到的与质量守恒有关的信息有:反应前后原子的种类、数目及质量是守恒的;反应前后的分子种类不同,分子数目也不一定相等;反应前的各物质的质量总和等于反应后的各物质的质量总和等等。

二、应用质量守恒进行问题解决

1. 从宏观对质量守恒概念的理解与应用

例 1 根据质量守恒定律及 $2\text{Mg} + \text{O}_2 = 2\text{MgO}$ 的反应方程式,下列各组数据正确的是()。

- A. 镁的质量 2 g 氧气质量 3 g 氧化镁质量 5 g
- B. 镁的质量 3 g 氧气质量 2 g 氧化镁质量 5 g
- C. 镁的质量 1 g 氧气质量 4 g 氧化镁质量 5 g
- D. 镁的质量 4 g 氧气质量 1 g 氧化镁质量 5 g

解析 质量守恒是指反应前后物质的质量保持相等。这里对质量守恒的理解要注意的是“反应前后”,也就是说,只能参加反应与生成的物质之间才存在质量守恒,而不是你所提供的反应物与生成物之间的关系,所以要从方程式本身出发,即找到本反应中各物质的关系为:48:32:80,即 3:2:5;因而本题的答案中应选择 B。

例 2 现在一密闭容器中有四种物质 X、Y、Z、W,测得其在化学反应前后的质量数据如下表所示,试选择该反应所属的反应类型。

物质	X	Y	Z	W
反应前质量	15	84	30	28
反应后质量	未知	0	48	52

- A. 化合反应
- B. 置换反应

► 浓度也应为原溶液的两倍,但事实上,由于是等体积混合而不是等质量混合,溶液体积在混合过程中是不守恒的,因而不能直接用体积加和的方式得到物质的量浓度也为两倍的关系,我们可以应用物质的量浓度与质量分数换算的公式 $c = 1000\rho a\% / M$,即: $c_1 = 1000\rho(\text{稀}) a\% / M$, $c_2 = 1000\rho(\text{浓}) 2a\% / M$,即可得 $c_1 / c_2 = \rho(\text{稀}) / 2\rho(\text{浓})$,又由于 $\rho(\text{浓}) > \rho(\text{稀})$,所以可得 $c_2 > 2c_1$ 。

本文讨论了等体积不同浓度溶液的混合,在混合过程中由于体积的不守恒,需将其转化成守恒的质量来进行换算,再根据不同溶液的密度与浓度的关系进行讨论而解决。当然在不同的试题中有着不同的要求,比如在有些试题中忽略了体积的变化,从而将问题进行了简化,这也是我们在问题解决时要注意的。

(收稿日期:2015-02-10)