

解读物质的量浓度的设陷方式

黑龙江省大庆市第五十六中学 卢国锋 163813

摘要:以学生在物质的量浓度相关内容学习过程中的认知陷阱为切入点,全面揭示隐性知识在解决物质的量浓度中的正确运用,提升学习者的思辨能力.

关键词:物质的量浓度;陷阱;公式;电解质;密度;配制

物质的量浓度是描述溶液组成的一个重要物理量,是高中化学的一个核心知识,使用者不注意理解其内隐性知识,很容易落入命题者精心设置的陷阱中,为了更好理解和应用物质的量浓度这一概念,本文从五个方面解读物质的量浓度的设陷方式.

1 基于“定义式”的理解设陷

物质的量浓度的基本公式为: $c_B = \frac{n_B}{V}$

理解要点:① V 为溶液体积,不是溶剂的体积,单位一般为 L ;② c_B 与溶液体积无关,溶液中溶质微粒浓度 c_B 与是否电离、电离程度、化学式有关;③ 物质的量为溶质物质的量,质量转化为物质的量时,摩尔质量与溶质化学式要对应,如胆矾的化学式为 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$,摩尔质量 250 g/mol ,结晶水需要计算在内;④ 一定体积的气体溶质溶于一定体积的水中,需要利用溶液质量和密度计算溶液体积.

例1 用单位质量的溶剂中所含溶质的物质的量来表示的溶液浓度叫做质量物质的

量浓度,其单位为 mol/kg .若 5 mol/kg 的 H_2SO_4 溶液的密度为 1.30 g/mL ,则它的物质的量浓度为

- A. 3.56 mol/L B. 4.36 mol/L
C. 5.00 mol/L D. 6.50 mol/L

解析:第一种错误,将 1000 g 溶剂理解为

1000 mL 溶液, $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{n(\text{H}_2\text{SO}_4)}{V[\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})]}$

$= \frac{5 \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 5 \text{ mol/L}$ 错选 C;第二种错误,将 1 kg

溶剂理解为 1000 g 溶液, $V = \frac{1000 \text{ g}}{1.30 \text{ g/ml}} \times$

$10^{-3} \text{ L/ml} = 0.769 \text{ L}$, $c(\text{H}_2\text{SO}_4) =$

$\frac{n(\text{H}_2\text{SO}_4)}{V[\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})]} = \frac{5 \text{ mol}}{0.769 \text{ L}} = 6.50 \text{ mol/L}$, 错

选 D;正确解法,质量物质的量浓度为 5 mol/kg 的 H_2SO_4 溶液,即 1000 g 水中溶解 5 mol H_2SO_4 的溶液,假设水为 1000 g ,则溶液质量 $1000 \text{ g} + 5 \text{ mol} \times 98 \text{ g/mol} = 1490 \text{ g}$,溶液体积通

过密度转换 $V = \frac{1490 \text{ g}}{1.30 \text{ g/ml}} \times 10^{-3} \text{ L/ml} =$

1.146 L , $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{n(\text{H}_2\text{SO}_4)}{V[\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})]} =$

$$\frac{5\text{mol}}{1.146\text{L}} = 4.36\text{mol/L} \text{ 答案选(B).}$$

例2 有五瓶溶液分别是①10mL 0.60 mol·L⁻¹ NaOH 水溶液 ②20mL 0.5mol·L⁻¹ H₂SO₄ 水溶液 ③30mL 0.40mol·L⁻¹ HCl 水溶液 ④40mL 0.30mol·L⁻¹ HCl 水溶液 ⑤50mL 0.20 mol·L⁻¹ 蔗糖水溶液. 以上各瓶溶液所含离子、分子总数大小顺序是

- A. ① > ② > ③ > ④ > ⑤
 B. ② > ③ = ④ > ① > ⑤
 C. ② > ③ > ④ > ① > ⑤
 D. ⑤ > ④ > ③ > ② > ①

解析:第一种错误,只按溶液浓度排序,既不考虑溶质的电离,也不换算成离子、分子的物质的量,更不考虑溶剂分子,错选A;第二种错误,①NaOH 物质的量为0.0060mol, NaOH 电离出 Na⁺、OH⁻, 离子总数为0.012 mol;②H₂SO₄ 物质的量为0.0010mol, H₂SO₄ = 2H⁺ + SO₄²⁻, 离子总数为0.030mol;同理③④离子总数都为0.024mol;⑤蔗糖不电离,分子数为0.010mol;错选B. 正确解法,从溶液中溶质和溶剂两个因素考虑,以NaOH 为例,溶剂水的物质的量为 $\frac{10\text{g}}{18\text{g/mol}} = 0.55$ mol,相比之下溶剂分子占优,其他4瓶溶液中,溶剂物质的量更大,因此只要比较溶剂的量的大小,即可得出离子、分子总数的排序;答案选(D).

例3 标准状况下,VLHCl 气体溶解在 a mL 水中(水的密度近似为 1g/mL),所得溶

液的密度为 ρg/mL,质量分数为 ω,物质的量浓度为 c mol/L,下列表达正确的是

A. 溶质的质量分数 $\omega = \frac{36.5 V}{22.4 a \rho} \times 100\%$

B. 溶质的物质的量浓度 $c = \frac{1000 V}{22.4 a}$

C. 溶液的密度 $\rho = \frac{36.5 c}{1000 \omega}$

D. 取题中所述溶液 10mL,再加入等体积水后,所得溶液的质量分数等于 0.5 ω

解析:A 选项,错误将溶剂的体积当做溶液体积进行计算,正确解法是

$$\omega = \frac{m(\text{溶质})}{m(\text{溶液})} \times 100\% =$$

$$\frac{\frac{VL}{22.4\text{L/mol}} \times 36.5\text{g/mol}}{\frac{VL}{22.4\text{L/mol}} \times 36.5\text{g/mol} + a\text{ml} \times 1\text{g/ml}} = \frac{36.5 V}{36.5 V + 22.4 a} \times 100\%.$$

B 选项,同 A 错误一致,正确解法一,用定义进行计算 $c =$

$$\frac{\frac{VL}{22.4\text{L/mol}} \times 36.5\text{g/mol} + a\text{ml} \times 1\text{g/ml}}{\rho\text{g/ml}} \times 10^{-3}\text{L/ml} = \frac{1000\rho V}{36.5 V + a} \text{mol/L}$$

正确解法二,用物质的量

浓度与质量分数的转化公式 $c = \frac{1000\rho\omega}{M}$; C

选项,可用 B 选项的解法二的转换公式 $\rho =$

$$\frac{cM}{1000\omega} = \frac{36.5 c}{1000\omega} \text{g/ml}, \text{C 正确; D 选项,根据原}$$

溶液取液体,浓度不变,稀释前后溶质的质量和物质的量不变原则列式计算,稀释后溶液

的质量分数

$$\omega(\text{稀释后}) = \frac{10\text{ml} \times \rho\text{g/ml} \times \omega}{10\text{ml} \times \rho\text{g/ml} + 10\text{ml} \times 1\text{g/ml}}$$

水的密度比盐酸的密度小,

$$\omega(\text{稀释后}) = \frac{10\text{ml} \times \rho\text{g/ml} \times \omega}{10\text{ml} \times \rho\text{g/ml} + 10\text{ml} \times 1\text{g/ml}} >$$

$$\frac{10\text{ml} \times \rho\text{g/ml} \times \omega}{10\text{ml} \times \rho\text{g/ml} + 10\text{ml} \times \rho\text{g/ml}}$$

等体积混合所得溶液溶质的质量分数大于 0.5ω , D 错误;

答案选(C).

2 基于溶液中隐含“密度”问题设陷

理解要点:根据密度对溶液进行分类,第一类溶液比水密度大如硫酸、硝酸,此类溶液密度,随溶液质量分数增大而增大;第二类溶液比水密度小如氨水、乙醇,此类溶液密度,随溶液质量分数增大而减小.

以酒精为例说明原因,水的密度是 1g/cm^3 ,无水酒精的相对密度是 0.7893g/cm^3 .由于酒精和水可以无限互溶,若是酒精多水少的浓溶液,酒精浓溶液的密度自然小到趋于 0.7893g/cm^3 ;若是水多酒精少的稀溶液,稀酒精溶液的密度当然趋于 1g/cm^3 .

例4 质量分数为 $a\%$,物质的量浓度为 $c\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 NaCl 溶液,蒸发溶剂,恢复到原来的温度,若物质的量浓度变为 $2c\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$,则质量分数变为(蒸发过程中没有晶体析出,且 NaCl 溶液的密度大于 1g/mL)

- A. 等于 $2a\%$ B. 大于 $2a\%$
C. 小于 $2a\%$ D. 无法确定

解析:根据物质的量浓度与质量分数转化公式 $c = \frac{1000\rho\omega}{M}$,列出蒸发前后表达式 c

$$= \frac{1000\rho_1 \times a\%}{M}, 2c = \frac{1000\rho_2 \times \omega}{M} \text{ NaCl 溶液}$$

浓度越大密度越大 $\rho_1\text{g/mL} < \rho_2\text{g/mL}$, $\frac{c}{2c} =$

$$\frac{1}{2} = \frac{\frac{1000\rho_1 \times a\%}{M}}{\frac{1000\rho_2 \times \omega}{M}} = \frac{\rho_1 \times a\%}{\rho_2 \times \omega} \text{ 解得 } \omega =$$

$$\frac{2\rho_1 \times a\%}{\rho_2} < 2a\% \text{ 答案选(C).}$$

例5 已知:一般溶液浓度越大密度越大,氨水等例外.则体积为 $v\text{L}$ 、质量为 $m\text{g}$ 、浓度为 $a\text{mol/L}$ 的氨水溶液的溶质质量分数为 $b\%$,用水稀释到 $0.5a\text{mol/L}$,下列说法正确的是

- A. 加水的体积为 $v\text{L}$
B. 加水的质量为 $m\text{g}$
C. $0.5a\text{mol/L}$ 的氨水质量分数等于 $0.5b\%$
D. $0.5a\text{mol/L}$ 的氨水质量分数小于 $0.5b\%$

解析:A选项,根据稀释定律,稀释前后溶质的物质的量相等列式 $a\text{mol/L} \times v\text{L} = 0.5a\text{mol/L} \times x$, $x = 2v\text{L}$,稀释后溶液的体积不等于浓氨水的体积与水的体积之和,则加入水的体积不是 $v\text{L}$;B选项,稀释后密度增大 $2v\text{L} \times 10^3\text{ml/L} \times \rho(\text{大})\text{g/mL} > 2m$,加入水的质量大于 $m\text{g}$;C选项, $c = \frac{1000\rho\omega}{M}$,

$$a\text{mol/L} = \frac{1000 \times \rho(\text{小}) \times b\%}{M} \quad 0.5a\text{mol/L} =$$

$$\frac{1000 \times \rho(\text{大}) \times \omega}{M} \text{ 两者相比 } \frac{a}{0.5a} = \frac{2}{1} =$$

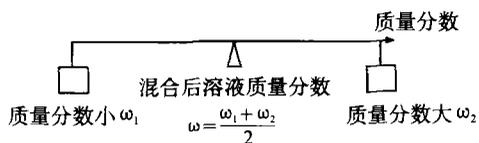
$$\frac{\frac{1000\rho(\text{小}) \times b\%}{M}}{\frac{1000\rho(\text{大}) \times \omega}{M}} = \frac{\rho(\text{小}) \times b\%}{\rho(\text{大}) \times \omega} \text{ 解得 } \omega =$$

$\frac{\rho(\text{小}) \times b\%}{2\rho(\text{大})} < 0.5b\%$, C选项错误 D选项正确;答案选(D).

例6 浓度不等的两种硫酸等质量混合后,溶液的质量分数为 $a\%$,而等体积混合时,质量分数则为 $b\%$;浓度不同的两种酒精溶液等质量混合后,其质量分数也为 $a\%$,而等体积混合时,质量分数则为 $c\%$,那么 a 、 b 、 c 数值关系为

- A. $a > b > c$ B. $b > a > c$
C. $c > b > a$ D. $c > a > b$

解析:等质量与等体积混合除用稀释定律外,还可以用杠杆原理直观图示法解题,不同质量分数的溶液等质量混合时,混合后的质量分数 $\omega = \frac{m\omega_1 + m\omega_2}{2m}$,图示如下,等质量混合相当于在杠杆两端加上质量相等的砝码,为了保持平衡,支点在中点位置,平衡点的质量分数为两混合溶液质量分数和的一半.



等体积混合时,体积与密度之积为溶液质量,若浓度不等的两种硫酸等体积混合后,因硫酸密度随浓度增大而增大,等体积浓度大的硫酸质量大,为保持杠杆平衡缩短力臂,支点向浓度大的一侧移动,质量分数在 $\omega = \frac{\omega_1 + \omega_2}{2}$ 和 ω_2 之间;若浓度不同的两种乙醇

溶液等体积混合后,因酒精密度随浓度增大而减小,等体积浓度小的酒精质量大,为保持杠杆平衡缩短力臂,支点向浓度小的一侧移动,质量分数在 ω_1 和 $\omega = \frac{\omega_1 + \omega_2}{2}$ 之间;答案选(B).

小结规律:①无论是密度比水大的液体,还是密度比水小的液体,当他们等质量混合时溶质的质量分数 $\omega(\text{混合}) = (\omega_1 + \omega_2)/2$.

②同一物质不同浓度的溶液(溶液密度比水大的液体)当他们等体积混合时溶质的质量分数 $\omega(\text{混合}) > (\omega_1 + \omega_2)/2$.

③同一物质不同浓度的溶液(溶液密度比水小的液体)当他们等体积混合时溶质的质量分数 $\omega(\text{混合}) < (\omega_1 + \omega_2)/2$.

3 基于溶质溶解“限度”设陷

理解要点:中学物质范围中除少量的有机物如酒精与水互溶外,绝大多数物质在一定温度和压强下,受到溶解度的限定,一定量的溶剂中不会无限量的溶解溶质,所以一定条件下溶质存在最大的物质的量浓度.

例7 在某温度下,NaOH 的溶解度为 20 克,该温度下将 40 克 NaOH 放入 110 克水中,充分搅拌后,测的溶液的密度为 1.2 g/mL,则溶液中溶质的物质的量浓度为
A. 5 mol/L B. 8 mol/L
C. 9 mol/L D. 0.27 mol/L

解析:错误解法,没有考虑溶质是否能完全溶解直接代入定义式计算. $c(\text{NaOH}) =$

$$\frac{n(\text{NaOH})}{V} = \frac{\frac{40\text{g}}{40\text{g/mol}}}{\frac{40\text{g} + 110\text{g}}{1.2\text{g/ml}} \times 10^{-3}\text{L/ml}} = 8\text{mol/L}$$

正确解法,已知 NaOH 的溶解度 20 克,40 克 NaOH 完全溶解需要溶剂 200 克水中,该温度下 40 克 NaOH 部分溶解,为饱和溶液,可直接利用溶解度进行计算.将溶解度转化为

$$\omega = \frac{S}{100 + S} \times 100\% = \frac{20\text{g}}{100\text{g} + 20\text{g}} \times 100\%, \text{再根据 } c = \frac{1000\rho\omega}{M} = \frac{1000 \times 1.2 \times \frac{20\text{g}}{120\text{g}} \times 100\%}{40} = 5\text{mol/L. 答案选}$$

(A).

4 基于物质的量浓度配制仪器设陷

理解要点:配制一定物质的量浓度的溶液,第一步计算溶质的量,若是固体溶质用两个公式计算溶质的质量,① $n = c \cdot V$ ② $m = n \cdot M$;若是液体溶质用 $c(\text{浓溶液}) \cdot V(\text{浓溶液}) = c(\text{稀溶液}) \cdot V(\text{稀溶液})$;计算公式中的 V 和 $V(\text{稀溶液})$ 是指容量瓶的容积不是所配体积.

例 8 实验中需 1mol/L 的溶液 950mL,配制时应选用的容量瓶的规格和称取的胆矾的质量分别是

- A. 950mL, 152g B. 950mL, 237.5g
C. 1000mL, 250g D. 1000mL, 160g

解析:错误解法, $n(\text{CuSO}_4) = c \cdot V = 1\text{mol/L} \times 0.95\text{L} = 0.95\text{mol}$, $m(\text{CuSO}_4) = n \cdot M = 0.95\text{mol} \times 250\text{mol/g} = 237.5\text{g}$, 错选 B. 正确解法,通常容量瓶有 100mL、250mL、

500mL、1000mL,没有 950 mL 规格,选用容量瓶的原则是大于并接近,选用 1000mL 容量瓶并计算, $n(\text{CuSO}_4) = c \cdot V = 1\text{mol/L} \times 1\text{L} = 1\text{mol}$, $m(\text{CuSO}_4) = n \cdot M = 1\text{mol} \times 250\text{g/mol} = 250\text{g}$, 答案选(C).

5 基于物质的量浓度配制思维定势设陷

理解要点:物质的量浓度配制分精确配制和粗略配制,教科书中介绍的是标准溶液精确配制的过程,计算→称量(量取)→溶解→冷却→转移→洗涤→注水→定容→摇匀→装瓶贴标签.

一般配制精确度不高的溶液,可用溶剂的体积代替溶液的体积,用烧杯代替容量瓶进行粗配.

例 9 要配制浓度约为 $2\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 NaOH 溶液 100mL,下列操作正确的是

- A. 称取 8gNaOH 固体,放入 250mL 烧杯中,用 100mL 量筒取 100mL 蒸馏水,加入烧杯中,同时不断搅拌至固体溶解
B. 称取 8gNaOH 固体,放入 100mL 量筒中,边搅拌,边慢慢加入蒸馏水,待固体完全溶解后用蒸馏水稀释至 100mL
C. 称取 8gNaOH 固体,放入 100mL 容量瓶中,加入适量蒸馏水,振荡容量瓶使固体溶解,再加入水到刻度,盖好瓶塞,反复摇匀
D. 用 100mL 量筒量取 40mL5mol/LNaOH 溶液,倒入 250mL 容量瓶中,再用同一量筒取 60mL 蒸馏水,不断搅拌下,慢慢倒入容量瓶中

解析:易错点为没有审清题目,错误认为

是精确配制,因 A、B 选项没有选用容量瓶排除, C 选项,容量瓶不可以直接溶解固体排除,错选 D. 题目要求“约为” $2\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 是粗略配制,溶质的质量为 $m = n \cdot M = c \cdot V \cdot M = 2\text{mol/L} \times 0.1\text{L} \times 40\text{g/mol} = 8\text{g}$, A 选项,用 100mL 量筒量取 100mL 蒸馏水,因为这是粗略配制,可以用溶剂代替溶液,用烧杯代替容量瓶, A 选项正确; B 选项,因量筒不能用来溶解固体, B 错误; C 选项,因容量瓶不能

直接用来溶解固体, C 错误; D 选项,用 5mol/L NaOH 溶液来稀释需体积为 $\frac{2\text{mol/L} \times 0.1\text{L}}{5\text{mol/L}} = 0.04\text{L}$ 即 40mL,所以可用 100mL 量筒量取 40mL 5mol/L NaOH 溶液,倒入 250mL 烧杯中,再用同一量筒量取 60mL 蒸馏水,再慢慢搅拌下慢慢倒入烧杯中,容量瓶不能作为稀释仪器, D 错误; 正确答案选(A).

(上接第 27 页)

分析: 观察四元函数 $(a - c)^2 + (b - d)^2$ 的结构特征,很容易联想到两点之间距离公式,根据已知条件, $b = a^2 - 2\ln a$, $d = 3c - 4$,则可将四元函数转为二元函数. 令点 $P(a, a^2 - 2\ln a)$, $Q(c, 3c - 4)$, 则 $(a - c)^2 + (b - d)^2 = PQ^2$ 又点 P 在函数 $f(x) = x^2 - 2\ln x$ 图像上,点 Q 在函数 $y = 3x - 4$ 图像上,下面通过切线法求 PQ 的最小值,设直线 l 与 $y = 3x - 4$ 平行,且与函数 $f(x) = x^2 - 2\ln x$ 相切于点 $M(x_0, y_0)$, 令 $f'(x_0) = 2x_0 - \frac{2}{x_0} = 3$, 解得 $x_0 = 2$, 即切点 $M(2,$

$4 - 2\ln 2)$, PQ 的最小值即为点 M 到直线 $y = 3x - 4$ 的距离, $PQ_{\min} = \frac{2\ln 2 - 2}{\sqrt{10}}$, 所以 $(a - c)^2 + (b - d)^2$ 得最小值为 $(\frac{2\ln 2 - 2}{\sqrt{10}})^2 = \frac{2}{5}(1 - \ln 2)^2$.

参考文献

- 1 戴定华,对多元函数值域与最值问题求解策略的一些思考. 数学教学研究, 2014(1): 52 - 57.
- 2 朱传美,主元:多元最值(或取值范围)问题的软肋. 中学数学研究, 2014(2): 39 - 41.