



# 物质的量浓度

## 计算题型分析



◇ 广东 徐俊龙

纵观历年高考试题,不难发现,与物质的量浓度有关的计算是重复率较高的核心考点之一,然而考生的得分率并不理想,究其原因同学们对计算的题型不熟悉,相关公式运用不熟练,因此我们应该想方设法突破这个计算的“拦路虎”。

### 1 考点概述与复习对策

物质的量浓度的计算涉及电解质的电离与水解、溶液中溶质的质量分数、溶解度、气体摩尔体积等诸多知识点,是化学常用计量中的重点和难点之一。复习时要注意梳理物质的量、物质的量浓度、微粒数目、标准状况下气体体积、阿伏加德罗常数等基本概念、公式之间的换算关系并熟练应用,在应用时还要注意溶质的质量守恒、物质的量守恒以及溶液的电荷守恒、质子守恒等。要掌握物质的量浓度有关计算的各种题型,多做多练,熟能生巧。

### 2 物质的量浓度计算的最基本题型示例

**例 1** 在某温度下,有饱和 KOH 溶液体积为  $V$  mL,溶液密度为  $\rho$  g·mL<sup>-3</sup>,质量分数为  $w$ ,物质的量浓度为  $b$  mol·L<sup>-1</sup>,溶液中含 KOH 的质量为  $m$  g,试求:

- (1) 用  $w$  来表示该温度下 KOH 的溶解度( $S$ )为\_\_\_\_\_。
- (2) 用  $m$ 、 $V$  表示溶液中溶质的物质的量浓度( $c$ )为\_\_\_\_\_。
- (3) 用  $w$ 、 $\rho$  表示溶液中溶质的物质的量浓度( $c$ )为\_\_\_\_\_。
- (4) 用  $b$ 、 $\rho$  表示溶液中溶质的质量分数为\_\_\_\_\_。

**【思路分析】** 本题较好的将  $c(\text{B})$ 、 $n(\text{B})$ 、 $V(\text{aq})$ 、 $m(\text{B})$ 、 $\rho$ 、 $S$ 、 $w$  等融为一体,多角度阐释物质的量浓度的计算基本方法。注意按题目要求作答,不要畏惧字母,小心地对基本公式进行运算即可得出正确答案,具体解答过程如下:

**【解答过程】** (1) 结合初中所讲溶解度的概念与质量分数的概念可得:

$$w = \frac{m(\text{溶质})}{m(\text{溶液})} \times 100\% = \frac{S}{S+100} \times 100\%.$$

此处结合题意即有  $\frac{S}{S+100} = w$ ; 得  $S = \frac{100w}{1-w}$ .

$$(2) c(\text{KOH}) = \frac{n(\text{KOH})}{V(\text{aq})} = \frac{m(\text{KOH})}{M(\text{KOH}) \cdot V(\text{aq})} =$$

$$\frac{\frac{m}{\text{g}}}{\frac{56 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{V \text{ mL}}} = \frac{1000m}{56V} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = \frac{125m}{7V} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}.$$

(3) 此时不妨取溶液 1 L, 则  $m(\text{溶液}) = \rho V = 1000 \text{ mL} \times \rho \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1} = 1000\rho \text{ g}$ ;

$$m(\text{KOH}) = m(\text{溶液}) \times w = 1000\rho w \text{ g};$$

$$c(\text{KOH}) = \frac{m(\text{KOH})}{V(\text{aq})} = \frac{1000\rho w \text{ g}}{1 \text{ L}} = \frac{125\rho w}{7}$$

mol·L<sup>-1</sup>;

(4) 同理取 1 L 溶液, 则  $n(\text{KOH}) = c(\text{KOH}) \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times V = b \text{ mol}$ ,  $m(\text{KOH}) = 56b \text{ g}$ ;  $m(\text{溶液}) = V\rho = 1000\rho$ , 故质量分数可得:

$$\frac{m(\text{溶质})}{m(\text{溶液})} \times 100\% = \frac{56b}{1000\rho} \times 100\% = \frac{28b}{5\rho}\%.$$

**【题后反思】** 求算  $c(\text{B})$ 、 $n(\text{B})$ 、 $V(\text{aq})$ 、 $m(\text{B})$  等时, 要紧扣定义, 由定义出发, 运用守恒及公式:  $c(\text{B}) = \frac{n(\text{B})}{V(\text{aq})}$ 、 $w = \frac{m(\text{溶质})}{m(\text{溶液})} \times 100\%$  等进行推理, 注意  $\rho$  的桥梁作用, 计算基本依据可用如下关系式表示:

$$c(\text{B}) \xrightarrow{\frac{\times V(\text{aq})}{\div V(\text{aq})}} n(\text{B}) \xrightarrow{\frac{\div c(\text{B})}{\times c(\text{B})}} V(\text{aq}) \xrightarrow{\frac{\times \rho}{\div \rho}} m.$$

本例利用了假设法可使问题简化, 第(3)小问的结论可当作公式来用, 已知溶质的质量分数  $w$  求物质的量浓度, 则  $c(\text{B}) = \frac{1000\rho w}{M}$  ( $M$  为溶质 B 的摩尔质量,  $\rho$  为溶液密度), 若是饱和溶液则继续可得:  $c(\text{B}) = \frac{1000\rho S}{M(100+S)}$  (溶质在该温度下溶解度为  $S$ , 溶质 B 的摩尔质量为  $M$ ), 掌握这些, 就能快速解题。

**例 2** 标准状况下, 将  $x$  L R 气体(摩尔质量为  $M$  g·mol<sup>-1</sup>)溶于  $y$  L 水(密度为 1 g·cm<sup>-3</sup>)中, 得到密度为  $d$  g·cm<sup>-3</sup> 的溶液, 求此溶液的物质的量浓度及质量分数。

**【思路分析】** 本题涉及气体溶于水的计算题, 思路要明确: 第 1 步, 求溶质的物质的量  $n(\text{R}) = V(\text{R})/V_m$ ; 第 2 步, 求溶液的质量  $m(\text{溶液}) = m(\text{溶质}) + m(\text{溶剂})$ , 再求溶质的质量分数; 第 3 步, 求溶液的体积  $V = m/\rho$ ; 第 4 步求溶质的物质的量浓度  $c = n/V$ 。



$$\text{【解答过程】 } n(\text{R}) = V(\text{R})/V_m = \frac{x}{22.4} \text{ mol};$$

$$m(\text{R}) = \frac{x}{22.4} \text{ mol} \times M \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = \frac{Mx}{22.4} \text{ g};$$

$$m(\text{溶液}) = m(\text{溶质}) + m(\text{溶剂}) = \frac{Mx}{22.4} \text{ g} + 1000y \text{ g};$$

$$w = \frac{m(\text{溶质})}{m(\text{溶液})} \times 100\% = \frac{Mx}{22.4} \text{ g} \div$$

$$\left( \frac{Mx}{22.4} \text{ g} + 1000y \text{ g} \right) \times 100\% = \frac{100xM}{22400y + xM}\%;$$

$$V(\text{aq}) = m(\text{溶液})/\rho = \left( \frac{Mx}{22.4} \text{ g} + 1000y \text{ g} \right) \div$$

$$1000d = \frac{xM + 22400y}{22400d} \text{ L};$$

$$c(\text{R}) = n/V = \frac{x}{22.4} \text{ mol} \div \left( \frac{xM + 22400y}{22400d} \text{ L} \right) =$$

$$\frac{1000xd}{22400y + xM} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}.$$

**【题后反思】**有关气体溶于水的计算有以下几点要注意:

1) 溶质是否变化? 特殊的是氨水中的溶质主要是  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , 但要以  $\text{NH}_3$  为准计算;

2) 必须根据定义表达式进行计算;

3) 溶液的体积不能直接用气体的体积或水的体积或气体与水的体积之和, 而必须通过  $V = \frac{m}{\rho}$  计算得到;

本题所得结论可作为公式用, 注意看清题给各量的表达形式; 本题算出  $w$  后同样可用  $c$ 、 $\rho$ 、 $w$  之间的计算:

$c = \frac{1000\rho w}{M}$  (同种溶液的质量分数与物质的量浓度之间的换算).

**例 3** 将质量分数为  $a$  的  $\text{H}_2\text{SO}_4$  和质量分数为  $4a$  的  $\text{H}_2\text{SO}_4$  等质量混合后, 所得溶液的质量分数 \_\_\_\_\_ (填“大于”“小于”或“等于”)  $2.5a$ , 如果等体积混合, 混合后溶液的质量分数 \_\_\_\_\_ (填“大于”“小于”或“等于”)  $2.5a$ .

**【思路分析】**本题考查溶液的混合问题, 混合时抓住溶质守恒, 注意溶质不同, 溶液的密度与质量分数变化的关系, 另外抓住关键词“等质量”“等体积”, 假设一些数据即可解决, 具体如下.

**【解答过程】**等质量混合时, 假设质量为  $m$ , 则  $w(\text{混}) = (ma + m4a)/2m = 2.5a$ ; 等体积混合, 假设溶液体积为  $V$ , 则有  $\rho_1 aV + \rho_2 4aV = (\rho_1 V + \rho_2 V)w(\text{混})$ .

得  $w(\text{混}) = \left( \frac{\rho_1 + 4\rho_2}{\rho_1 + \rho_2} \right) a = 2.5a + 1.5 \left( \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_1 + \rho_2} \right)$ , 由于硫酸浓度越大, 密度越大, 即  $\rho_2 > \rho_1$ , 所以  $w(\text{混}) > 2.5a$ .

**【题后反思】**涉及溶液的混合计算时要特别注意

是否忽略溶液体积变化, 若可忽略则:  $c_1 V_1 + c_2 V_2 = c(\text{混})(V_1 + V_2)$ ; 不能忽略时则有:  $c_1 V_1 + c_2 V_2 = c(\text{混})V(\text{混})$ , 其中  $V(\text{混}) = m(\text{混})/\rho(\text{混})$ , 本例结论可当作一般结论推而广之, 一般如硫酸、盐酸、 $\text{NaCl}$  等溶液密度与浓度的变化趋势相同, 且比水的密度大, 结论同本例; 而乙醇、氨水等溶液密度则反之, 得到与本例相反的结论.

### 3 物质的量浓度计算常见技巧题型示例

**例 4** 把 1 L  $\text{BaCl}_2$  和  $\text{KCl}$  的混合溶液分成 4 等份, 取 1 份加入含  $a \text{ mol Na}_2\text{SO}_4$  的溶液, 恰好使  $\text{Ba}^{2+}$  完全沉淀; 另取一份加入含  $b \text{ mol AgNO}_3$  的溶液, 恰好使  $\text{Cl}^-$  完全沉淀. 则该混合溶液中  $\text{K}^+$  浓度为 ( )  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .

A  $b - 2a$ ;      B  $10(2a - b)$ ;

C  $4(b - 2a)$ ;      D  $10(b - 2a)$

**【思路分析】**电荷守恒法是溶液中离子浓度计算的常用方法:

1) 离子的物质的量浓度与溶质的组成及溶质的离子浓度有关. 强电解质在溶液中完全电离:  $\text{A}_x\text{B}_y = x\text{A}^{y+} + y\text{B}^{x-}$ , 因此有:  $c(\text{A}^{y+}) = xc(\text{A}_x\text{B}_y)$ 、 $c(\text{B}^{x-}) = yc(\text{A}_x\text{B}_y)$ 、 $c(\text{A}^{y+}) : c(\text{B}^{x-}) = x : y$ ;

2) 离子所带的电荷数等于离子的物质的量乘以每个离子所带的电荷数. 如  $\text{K}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{NaCl}$  混合液中

$$c(\text{H}^+) + c(\text{K}^+) + c(\text{Na}^+) = c(\text{OH}^-) + 2c(\text{SO}_4^{2-}) + c(\text{Cl}^-).$$

**【解答过程】**据题意, 1 L 溶液分成 4 等份, 每份中  $n(\text{Ba}^{2+}) = n(\text{SO}_4^{2-}) = a \text{ mol}$ ,  $n(\text{Cl}^-) = n(\text{Ag}^+) = b \text{ mol}$ , 而混合液中, 电荷守恒关系,  $n(\text{K}^+) = (b - 2a) \text{ mol}$ . 则  $c(\text{K}^+) = (b - 2a) \text{ mol}/0.25 \text{ L} = 4(b - 2a) \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 答案为 C.

**【题后反思】**同种溶液, 取出任意体积后, 其各种浓度(物质的量浓度、溶质的质量分数、离子浓度等)均不变, 但所含溶质的质量则因体积不同而不同, 不要弄错! 本题若不注意体积可能错选 A 答案. 另外, 守恒法是化学计算中常用的基本方法, 在高考中或平时练习中都有广泛应用. 它包括电荷守恒、得失电子守恒、质量守恒(元素、原子个数)守恒、物料守恒等. 平时多加练习, 考试时就能正确使用, 会达到事半功倍的效果.

**例 5** 向某  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  溶液中逐滴滴加  $\rho = 1.165 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  的稀硫酸, 恰好完全反应时, 过滤后滤液的质量与原  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  溶液质量相等, 求此稀硫酸的物质的量浓度(结果保留 2 位有效数字).



**【思路分析】**本题属于典型的无数据型计算题,要从发生的反应入手,找出它们与题给条件之间的关系,然后进行合理的假设,即可顺利求解。

**【解答过程】**发生的反应方程式为:  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{BaSO}_4 \downarrow + 2\text{HNO}_3$ ; 根据质量守恒可知  $m(\text{BaSO}_4) + m(\text{H}_2\text{SO}_4) = m(\text{Ba}(\text{NO}_3)_2) + m(\text{HNO}_3)$ , 题意知:  $m(\text{HNO}_3) = m(\text{Ba}(\text{NO}_3)_2)$ , 故  $m(\text{H}_2\text{SO}_4) = m(\text{BaSO}_4)$ , 不妨假设该反应生成的  $n(\text{BaSO}_4) = 1 \text{ mol} = n(\text{H}_2\text{SO}_4)$ , 其质量为 233 g, 则

$$V(\text{H}_2\text{SO}_4) = 233 \text{ g} / 1.165 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3} = 200 \text{ mL} = 0.2 \text{ L},$$

$$c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1 \text{ mol} / 0.2 \text{ L} = 5.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}.$$

**【题后反思】**解决此类问题一定要注意保持冷静, 仔细分析, 本例中要注意沉淀不是溶液的质量, 反应物之间质量守恒, 整体(反应与未反应的)仍然满足质量守恒. 解决问题的方法有时并不是唯一的, 可以多种方法联用, 题目做多了, 这些自然能够顺利突破。

**例 6** 设  $N_A$  为阿伏加德罗常数的数值, 下列说法正确的是( )。

A 85 °C 时, 1 L pH=1 的醋酸溶液中含有醋酸分子数等于  $0.1N_A$ ;

B 10 L  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液中,  $\text{Na}^+$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$  总数为  $3N_A$ ;

C 在含  $c(\text{Al}^{3+}) = 1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的  $\text{AlCl}_3$  溶液中,  $\text{Cl}^-$  总数大于  $3N_A$ ;

D  $0.1 \text{ mol FeCl}_3$  在溶液中  $\text{Fe}^{3+}$  完全水解生成  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  胶粒数小于  $0.1N_A$

**【思路分析】**本题考查物质的量浓度与电离、水解、微粒数目、物质的量、阿伏加德罗常数的转化关系. 此类试题的特点是: 综合性较强, 陷阱较多, 稍不留神, 则易做错; 因此解决问题时要细心作答, 具体过程如下。

**【解答过程】**醋酸是弱酸, 1 L pH=1 的醋酸溶液中已电离的醋酸分子数为  $0.1N_A$ , 而未电离出的醋酸分子远大于  $0.1N_A$ , 选项 A 错误; 由于  $\text{CO}_3^{2-}$  水解:  $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{OH}^-$ , 1 mol  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  的溶液中  $\text{CO}_3^{2-}$  数目小于  $N_A$ , 故  $\text{Na}^+$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$  总数小于  $3N_A$ , 选项 B 错误; 由于  $\text{Al}^{3+}$  发生水解:  $\text{Al}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Al}(\text{OH})_3(\text{胶体}) + 3\text{H}^+$ , 若溶液中含  $\text{Al}^{3+}$  总数为  $N_A$ , 则投入的  $n(\text{AlCl}_3) > 1 \text{ mol}$ , 溶液中  $N(\text{Cl}^-) > 3N_A$ , 但由于不知道溶液体积, 物质的量无法计算, 选项 C 错误;  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  胶粒是若干个  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  的聚集体, 故  $0.1 \text{ mol Fe}^{3+}$  产生的  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  胶粒远小于  $0.1N_A$ , 选项 D 正确。

**【题后反思】**本题其实还有很多知识可以去挖掘

的, 例如选项 A: 85 °C, 对 pH=1 的酸中  $c(\text{H}^+) = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  无影响, 若是该温度下的 pH=13 的碱中  $c(\text{OH}^-) = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  吗? 又如选项 B: 若改为阴离子数目小于  $N_A$  对吗? 若是在 1 mol  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  晶体中,  $\text{Na}^+$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$  总数为  $3N_A$  对吗? 另外还有不少同学可能会选 C 答案, 思路按上述解答过程来分析, 但是却忘了没有告诉溶液体积问题, 而对于选项 D 却不知道胶粒是如何得到的, 反而不选。

有关物质的量浓度计算的题型还有: 滴定计算、气体的平衡常数计算、溶液中离子浓度大小比较、 $K_{sp}$  计算、电解有关计算等, 限于本文篇幅及后续还要专门讲到, 此处就不再赘述. 不管怎么样, 计算的基本思路还是相通的, 在掌握方法后, 加以强化训练, 会有所突破的, 这也是笔者的初衷所在。

#### 链接练习

1. 已知某温度时饱和  $\text{NaOH}$  溶液中溶质的质量分数为  $w$ , 该饱和溶液密度为  $\rho$ , 则

(1) 该温度下  $\text{NaOH}$  的溶解度为 \_\_\_\_\_;

(2) 在 500 mL 上述溶液中含有  $\text{NaOH}$  的质量为 \_\_\_\_\_;

(3) 上述饱和溶液中  $\text{NaOH}$  的物质的量浓度为 \_\_\_\_\_;

(4) 在 100 mL 水中溶解  $\text{NaOH}$  至质量分数为  $w$  时, 溶液的体积为 \_\_\_\_\_。

2. 在标准状况下, 将体积为  $V$  的气体(摩尔质量为  $M$ ) 溶于 0.1 L 水中, 所得溶液密度  $\rho$ , 则此溶液的物质的量浓度为( )。

A  $\frac{V\rho}{MV+2240}$ ; B  $\frac{1000V\rho}{MV+2240}$ ;

C  $\frac{1000V\rho M}{MV+2240}$ ; D  $\frac{MV}{22.4(V+0.1)\rho}$

3. 2 种  $\text{H}_2\text{SO}_4$  溶液, 其中一种的物质的量浓度为  $c_1$ , 密度为  $\rho_1$ ; 另一种的物质的量浓度为  $c_2$ , 密度为  $\rho_2$ , 将它们等体积混合后, 所得溶液的密度为  $\rho_3$ , 则混合后硫酸的物质的量浓度为( )。

A  $\frac{(c_1+c_2)\rho_3}{\rho_1+\rho_2}$ ; B  $\frac{c_1+c_2}{\rho_1+\rho_2}$ ;

C  $\frac{(c_1+c_2)\rho_3}{1000(\rho_1+\rho_2)}$ ; D  $\frac{1000(c_1+c_2)\rho_3}{\rho_1+\rho_2}$

#### 链接练习参考答案

1. (1)  $\frac{w}{1-w} \text{ g}$ ; (2)  $5\rho_1 w_1 \text{ g}$ ; (3)  $\frac{aw_1}{4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ;

(4)  $\frac{100}{(1-w_1)\rho_1}$  或  $\frac{10000}{(100-w_1)\rho_1}$ .

2. B. 3. A.

(作者单位: 广东省深圳市深圳科学高中)