

与物质的量有关的计算

山东省博兴县第一中学 (256500) 穆玉鹏

一、以阿伏加德罗常数为载体的计算

例1 设 N_A 表示阿伏加德罗常数, 下列叙述正确的是()。

- A. 标准状况下 22.4 L 苯中含有 $0.6N_A$ 个碳原子
 B. 常温常压下 46 g NO_2 和 N_2O_4 混合气体中含有原子数为 $3N_A$
 C. 常温下 1L 0.1 mol/L MgCl_2 溶液中含 Mg^{2+} 数为 $0.1N_A$
 D. 0.01 mol 铝与足量的氢氧化钠溶液反应转移的电子数是 $0.03N_A$

解析 标准状况下苯为液态, 不能使用气体摩尔体积“22.4 L/mol”进行计算; 根据质量守恒定律, 46 g NO_2 和 N_2O_4 混合气体中含有原子数为 $3N_A$ (注意若求分子数则不能确定); 因 Mg^{2+} 在水溶液中发生水解, 故 Mg^{2+} 数小于 $0.1N_A$; 铝为三价金属, 则 0.01 mol 铝与足量的氢氧化钠溶液反应转移的电子数是 $0.03N_A$ 。答案为 BD。

归纳点拨 阿伏加德罗常数的运用是高考考查和命题的热点, 从高考试题来看, 此类题目多为选择题, 且题量和题型保持稳定, 命题的形式也都是: 已知阿伏加德罗常数为 N_A , 判断和计算一定量的物质所含粒子数的多少。审题时要特别注意下列一些细微的知识点: ①物质的状态 ②某些物质分子中的原子个数, ③一些物质结构中化学键的数目 ④物质的摩尔质量, ⑤氧化还原反应转移的电子数 ⑥22.4 L/mol 的适用条件 ⑦某些离子在水中是否发生水解反应。

二、有关气体体积的计算

例2 设阿伏加德罗常数的符号为 N_A , 标准状况下某种 O_2 和 N_2 的混合气体 m g 含有 b 个分子, 则 n g 该混合气体在相同状况下所占的体积应是()。

► 反应速率增大, 说明温度升高, 正反应为放热反应。c 点后随反应物浓度减小正反应速率减小, 但在整个过程中正反应速率始终在变化, 说明反应尚未达到平衡状态, 反应的浓度减小, SO_2 的转化率逐渐增大, 故正确答案为 D。

例4 (2012 年高考福建卷, 题 23 第(5)问) 在恒容绝热(不与外界交换能量)条件下进行 $2\text{A}(\text{g}) + \text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{C}(\text{g}) + \text{D}(\text{s})$ 反应, 按下表数据投料, 反应达到平衡状态, 测得体系压强升高。简述该反应

- A. $\frac{22.4nb}{mN_A}\text{L}$ B. $\frac{22.4nb}{nN_A}\text{L}$
 C. $\frac{22.4nN_A}{mb}\text{L}$ D. $\frac{nbN_A}{22.4m}\text{L}$

解析 此题虽然是混合气体, 根据气体的体积由分子之间的距离决定, 且相同状况下气体分子之间的距离大约相等的性质, 与纯净气体的处理方法相同。

据题意: $\frac{m}{M} = \frac{b}{N_A/\text{mol}}$, 得 $M = \frac{mN_A}{b}\text{g/mol}$,

$$\text{则 } V = \frac{n}{\frac{mN_A}{b}\text{g/mol}} \times 22.4\text{ L/mol} = \frac{22.4nb}{mN_A}\text{L}.$$

答案为 A。

归纳点拨 在进行气体摩尔体积计算时, 要注意以下几个问题: ①非标准状况下, 气体摩尔体积一般不是 22.4 L/mol, 但也可能是 22.4 L/mol, 可以利用 $pV = nRT$ 的关系推导, 但要注意单位的选择。②气体摩尔体积是对气体而言, 固体和液体也有摩尔体积, 但一般没有相同的数值。③“22.4 L/mol”这是标准状况下的气体摩尔体积, 若不在标准状况下或不是气体就不适用。

注意阿伏加德罗定律中的五同: 同温同压(前提), 同体积(条件), 同分子数(结果), 同物质的量(推论)。适用范围: 气体(既可以是单一气体, 也可用于混合气体)。

三、相对分子质量的求法

例3 在一只干燥的烧瓶中, 用排空气法充入 HCl 气体后, 测得烧瓶中气体对 O_2 的相对密度是 1.082, 然后将此气体倒扣在水中, 最后进入烧瓶中的液体应占烧瓶容积的()。

- A. 全部 B. 3/4 C. 1/2 D. 1/4

的平衡常数与温度的变化关系_____。

物质	A	B	C	D
起始投料/mol	2	1	2	0

解析 由于 D 的物质的量为 0, 因此起始时, 反应向正反应方向进行, 由反应放出热量, 体系的温度升高, 反应得以逆向进行, 说明正确反应为放热反应, 故其平衡常数随温度升高而减小。

(收稿日期: 2013-12-17)

解析 $\overline{M_r} = D \times M_r(\text{O}_2) = 1.082 \times 32 = 34.6 < M_r(\text{HCl}) = 36.5$, 故该混合气体中必混有空气. HCl 易溶于水, 空气不溶于水, 故进入容器中液体的体积等于 HCl 气体的体积. 可用十字交叉法求出混合气体中 HCl 与空气的体积比:

$$\begin{array}{ccc} \text{HCl} & 36.5 & \\ & \diagdown & \diagup \\ & 34.6 & \\ & \diagup & \diagdown \\ \text{空气} & 29 & \end{array} \quad \begin{array}{ccc} & 5.6 & \\ & \diagdown & \diagup \\ & 34.6 & \\ & \diagup & \diagdown \\ & 1.9 & \end{array} \approx 3:1 \text{ 即 HCl 占烧瓶}$$

容积的 $3/4$. 答案为 B.

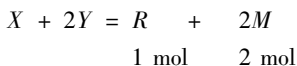
归纳点拨 熟悉相对分子质量(摩尔质量)的几种求法及其计算公式, 是解这类题的关键. 另外, 弄清平均值问题并掌握平均值法规律, 对提高解题速度也很重要. 平均值问题是指对于混合物来说, 其某些性质受各组分的一些性质的制约, 使得混合物的某些性质具有可预见性. 其规律: 混合物的平均相对分子质量、元素的质量分数、平均相对原子质量等总是介于组分的相应量的最大与最小值之间.

四、物质的量在化学方程式中的计算

例4 在反应 $X + 2Y = R + 2M$ 中, 已知 R 和 M 的摩尔质量之比为 $22:9$. 当 $1.6 \text{ g } X$ 与 Y 完全反应后, 生成 $4.4 \text{ g } R$. 则此反应中 Y 和 M 的质量之比为().

A. $16:9$ B. $23:9$ C. $32:9$ D. $46:9$

解析 解本题是(1)应用化学方程式中各物质的化学计量数之比等于物质之间的物质的量之比;
(2)巧用质量守恒定律. 根据反应:



$$n(R) : n(M) = \frac{4.4 \text{ g}}{M(R)} : \frac{m(M)}{M(M)} \quad ①$$

$$\text{由题意知 } M(R) : M(M) = 22:9 \quad ②$$

联解两式可得 $m(M) = 3.6 \text{ g}$.

再根据质量守恒定律得: $1.6 \text{ g} + m(Y) = 4.4 \text{ g} + 3.6 \text{ g}$, 则 $m(Y) = 6.4 \text{ g}$. 所以 $m(Y) : m(M) = 6.4 \text{ g} : 3.6 \text{ g} = 16:9$. 答案为 A.

归纳点拨 以化学方程式为基础进行计算时应注意的问题:

1. 化学方程式所表示的是纯净物之间的量的关系, 因此不纯物质的量必须换算成纯净物的量, 才能按化学方程式列出比例式进行计算.

2. 进行化学方程式的有关计算中, 方程式首先要配平, 再分析: 已知什么量, 要求哪种物质的量, 从而建立计算的比例关系式, 注意各量的单位必须统一, 书写要规范, 计算过程要代入单位. 在比例式中, 同一物质用同一单位, 不同物质可以用两种不同的单位, 只要注意它们成比例关系就行.

3. 如果是离子反应, 可以根据离子方程式进行计算. 如果是氧化还原反应, 也可以利用电子转移关系进行有关计算.

4. 在熟练掌握常规解题方法的基础上, 注重理解化学反应的实质, 可从不同的思维角度分析题意, 逐步形成解答化学方程式的有关计算技巧(主要有差量法、守恒法等).

五、物质的量浓度的计算

例5 将标准状况下的 $a \text{ L HCl (g)}$ 溶于 1000 g 水中, 得到的溶液密度为 $b \text{ g/cm}^3$, 则该盐酸的物质的量浓度是().

$$\begin{array}{ll} \text{A. } \frac{a}{22.4} \text{ mol/L} & \text{B. } \frac{ab}{22400} \text{ mol/L} \\ \text{C. } \frac{ab}{22400 + 36.5a} \text{ mol/L} & \text{D. } \frac{1000ab}{22400 + 36.5a} \text{ mol/L} \end{array}$$

解析 要求溶液的物质的量浓度, 需知溶液的体积和溶质(HCl)的物质的量. 溶液的体积: $V[\text{HCl(aq)}]$

$$= \frac{\frac{a \text{ L}}{22.4 \text{ L/mol}} \times 36.5 \text{ g/mol} + 1000 \text{ g}}{b \text{ g/mL}} \times \frac{1}{1000} \text{ L/mL},$$

注意溶液的体积 $\neq V(\text{溶质}) + V(\text{溶剂})$, 溶质的物质的量: $n(\text{HCl}) = \frac{a \text{ L}}{22.4 \text{ L/mol}} \text{ mol/L}$, 则 $c(\text{HCl}) =$

$$\frac{n(\text{HCl})}{V[\text{HCl(aq)}]} \text{ mol/L} = \frac{1000ab}{22400 + 36.5a} \text{ mol/L}. \text{ 答案为 D.}$$

归纳点拨 1. 应用物质的量浓度定义式进行计算时应注意: (1) V 是指溶液的体积, 而不是溶剂体积, 常用单位是 L. (2)溶质必须用物质的量来表示, 不能用质量等表示. (3)以带有结晶水的物质做溶质, 在确定溶质物质的量时, 用结晶水合物的质量除以结晶水合物的摩尔质量即可. (4)溶质是溶液中的溶质, 可以指化合物, 也可以指离子或其他特定组合. 若溶质是非电解质时, 溶质在溶液中以分子形式存在; 若溶质是强酸、强碱和可溶性盐时, 溶质在溶液中是以阴阳离子存在的, 不存在溶质的分子. (5)分析溶质时要注意有关的化学变化, 例如三氧化硫溶于水后, 溶液中的溶质为硫酸.

2. 计算气体溶于水所得溶液的物质的量浓度时要注意: (1)溶液的体积必须用溶液的质量(气体的质量加上水的质量)除以溶液的密度. (2)溶液体积要换算成以“L”为单位.

3. 同一溶液, 取出任意体积的溶液, 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, 但所含溶质的量则因体积不同而不同.

六、物质的量浓度、溶质的质量分数和溶解度之间的换算

例6 已知某温度时饱和 NaOH 溶液中溶质的

质量分数为 $A\%$,该饱和溶液密度为 $a \text{ g/cm}^3$,则(1)该温度下 NaOH 的溶解度为 ____ .(2)在 500 mL 上述溶液中含有 NaOH 的质量为 ____ .(3)上述饱和溶液中 NaOH 的物质的量浓度为 ____ .(4)在 100 mL 水中溶解 NaOH 至质量分数为 $A\%$ 时 ,溶液的体积为 ____ .

解析 由溶解度与溶质的质量分数的换算公式: $S = \frac{w}{1-w} \times 100\%$,可求得 NaOH 的溶解度. 由 $m(\text{NaOH}) = V \times a \times A\%$ 可求得 500 mL 上述溶液中含有 NaOH 的质量为 $5aA \text{ g}$.由物质的量浓度与溶质的质量分数的换算式可求得 NaOH 的物质的量浓度为 $\frac{aA}{4} \text{ mol/L}$.

答案为: (1) $\frac{100A}{100-A} \text{ g}$ (2) $5aA \text{ g}$ (3) $\frac{aA}{4} \text{ mol/L}$

(4) $\frac{10}{(100-A)a} \text{ L}$ 或 $\frac{100}{(1-A\%)a} \text{ mL}$

归纳点拨 溶解度、溶质的质量分数和物质的量浓度的换算

(1)物质的量浓度与溶质的质量分数 w 的换算 (设溶液的密度为 ρ) $c =$

$$\frac{1000(\text{mL}) \times \rho(\text{g/cm}^3) \times w \div \text{溶质的摩尔质量}(\text{g/mol})}{1(\text{L}) \text{ 溶液}}$$

(2)溶解度与溶质的质量分数 w 的换算:

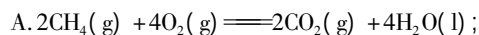
$$S = \frac{w}{1-w} \times 100\% \quad w = \frac{S}{100+S} \times 100\%$$

(3)溶解度与物质的量浓度的换算:

$$c = \frac{n}{V} = \frac{S/M}{S+100} = \frac{1000\rho S}{M(100+S)}$$

七、有关反应热的计算

例7 沼气是一种能源 ,它的主要成分是 CH_4 . 0.5 mol CH_4 完全燃烧生成 CO_2 和 H_2O 时 ,放出 445 kJ 热量 ,则下列热化学方程式正确的是() .



$$\Delta H = +890 \text{ kJ/mol}$$



$$\Delta H = +890 \text{ kJ/mol}$$



$$\Delta H = -890 \text{ kJ/mol}$$



$$\Delta H = -890 \text{ kJ/mol}$$

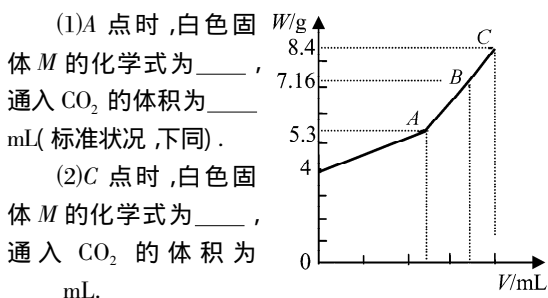
解析 0.5 mol CH_4 完全燃烧生成 CO_2 和 H_2O 时 ,放出 445 kJ 热量 ,则 1 mol CH_4 完全燃烧生成 CO_2 和 H_2O 时 ,放出 890 kJ 热量. 根据书写热化学方程式的有关规则及对 ΔH 的“+”与“-”的规定 ,

可知符合题意的是 C 项. 答案为 C.

归纳点拨 反应热在教材中的篇幅较少 ,高考内容主要涉及: (1) 书写热化学方程式或判断热化学方程式正误; (2) 有关反应热的简单计算; (3) 比较反应热的大小. 复习本部分内容时 ,要重视基础 ,形成知识规律. 哪些是放热反应 ,哪些是吸热反应 ,也有一些规律可循. 要熟悉一些常见的放热反应和吸热反应.

八、物质的量在化学计算中的综合应用

例8 往 100 mL 某浓度的 NaOH 溶液中通入 CO_2 充分反应后 ,在减压和较低温度下 ,小心将溶液蒸干 ,得白色固体 M .通入 CO_2 的体积 V (标准状况) 与 M 的质量 (W) 的关系如图 1 所示.



(1)A 点时 ,白色固体 M 的化学式为 ____ ,

通入 CO_2 的体积为 ____

mL (标准状况 ,下同) .

(2)C 点时 ,白色固体 M 的化学式为 ____ ,

通入 CO_2 的体积为 ____ mL .

(3)原 NaOH 溶液的

物质的量浓度为 ____ .

(4)推算 B 点时 M 的组成(用化学式表示) 及通入 CO_2 气体的体积.

解析 往 NaOH 溶液中通入 CO_2 发生的反应依次为: $2\text{NaOH} + \text{CO}_2 \rightleftharpoons \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$, $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{NaHCO}_3$.结合图中曲线、出现的拐点和有关数据可完成 (1) 、(2) 和 (3) . (1) Na_2CO_3 ; 1120 . (2) NaHCO_3 ; 2240 . (3) 1 mol/L ; (4) 由图知 M 全部为 Na_2CO_3 时 , Na_2CO_3 质量为 5.3 g ,全部为 NaHCO_3 时 , NaHCO_3 质量为 8.4 g ,从而可求得 NaOH 的物质的量为 0.1 mol .从图中可知 B 点时 M 的质量为 7.16 g , $5.3 \text{ g} < 7.16 \text{ g} < 8.4 \text{ g}$,可推知 M 由 Na_2CO_3 和 NaHCO_3 组成. 设在 B 点时 Na_2CO_3 物质的量为 x , NaHCO_3 物质的量为 y 则有

$$\begin{cases} 2x + y = 0.1 \text{ mol} \\ (106 \text{ g/mol})x + (84 \text{ g/mol})y = 7.16 \text{ g} \end{cases}$$

解之得: $x = 0.02 \text{ mol}$, $y = 0.06 \text{ mol}$. $V(\text{CO}_2) = (0.02 \text{ mol} + 0.06 \text{ mol}) \times 22400 \text{ mL/mol} = 1792 \text{ mL}$.

归纳点拨 这类题涉及内容广 ,难度大. 做这类题需要理清思路方法 ,列方程式进行计算.

与物质的量有关的计算涉及到化学的各个方面 ,上述只是比较重要的几点. 希望对大家的教与学有所帮助.

(收稿日期: 2014 - 03 - 04)