

一、有关物质的量计算基础知识清单

1. 对化学计算的考查,主要是以“物质的量”为核心的计算,常用的计算公式如下:

$$n = \frac{N}{N_A} = \frac{m}{M} = \frac{V}{V_m} = c \times V(\text{aq}) = \frac{Q}{\Delta H} = \dots$$

上面这组公式,将粒子数(N)、阿伏加德罗常数(N_A)、质量(m)、摩尔质量(M)、气体体积(V)、气体摩尔体积(V_m)、溶液浓度(c)、溶液体积 $[V(\text{aq})]$ 、反应过程中的能量变化(Q)、反应热(ΔH)等多方面知识紧紧联系在一起。

2. 求气体摩尔质量(M)的常用方法。

(1) 根据标准状况下气体的密度 ρ :
 $M = \rho \times 22.4$ 。

(2) 根据气体的相对密度 ($D = \frac{\rho_1}{\rho_2}$):
 $\frac{M_1}{M_2} = D$ 。

(3) 根据物质的质量(m)和物质的量(n): $M = \frac{m}{n}$ 。

(4) 对于混合气体,求其平均摩尔质量,上述计算式仍然成立。

还可以用下式计算: $M = M_1 \times a\% + M_2 \times b\% + M_3 \times c\% \dots$

式中, $a\%$ 、 $b\%$ 、 $c\%$ 是混合物中各组分的物质的量分数(或体积分数)。

3. 解答化学计算的常用方法。

解答化学计算题常用的方法有:代数法(列方程或方程组)、平均值法、差量法、十字交叉法、极端假设法、得失电子守恒法、电荷守恒法、终态法(整体思维法)、总反应式法、关系式法、讨论法等。究竟使用哪种方法更好,要看试题的具体情况而定。

二、化学计算典题剖析示例

(一) 守恒法

守恒法主要包括得失电子守恒、反应过程中的某元素守恒、电荷守恒(阳离子所带正电荷总数与阴离子所带负电荷总数相等)三个方面。

例1 某含铬($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$)废水用硫酸亚铁铵 $[\text{FeSO}_4 \cdot (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ 处理,反应中铁元素和铬元素完全转化为沉淀,该沉淀经干燥后得到 $n \text{ mol FeO} \cdot \text{Fe}_y\text{Cr}_x\text{O}_3$ 。不考虑处理过程中的实际损耗,下列叙述错误的是()。

A. 消耗硫酸亚铁铵的物质的量为 $n(2-x) \text{ mol}$

B. 处理废水中 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 的物质的量为

$$\frac{nx}{2} \text{ mol}$$

C. 反应中发生转移的电子为 $3nx \text{ mol}$

D. 在 $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_y\text{Cr}_x\text{O}_3$ 中, $3x=y$

解析: $6\text{Fe}^{2+} + 14\text{H}^+ + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} \longrightarrow 6\text{Fe}^{3+} + 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$, 此式表示 Fe^{3+} 与 Cr^{3+} 的物质的量之比为 $3:1$, 即 $3x=y$, D 对。Cr 由 +6 价降低至 +3 价, 整个过程中转移的电子为 $3nx \text{ mol}$, C 对。因为 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 中有 2 个铬原子, 根据反应前后铬元素守恒知 B 对。根据 $\text{Fe}_y\text{Cr}_x\text{O}_3$ 中三元素正负化合价代数和等于 0, 有 $3x+3y-6=0$, 即 $x+y=2$, 消耗硫酸亚铁铵的物质的量应为 $n(3-x) \text{ mol}$, A 错。答案为 A。

点评: 本题是守恒法(包括得失电子守恒、电荷守恒和元素守恒三个方面)的综合应用。

(二) 十字交叉法

针对两组分混合物的相关计算,如已知平均相对分子(原子)质量、平均分子式、混合溶液的质量分数等,通常可用十字交叉法进行计算,既快速又准确。

例2 一定条件下磷与干燥氯气反应,若 0.25 g 磷消耗掉 314 mL 氯气(标准状况),则产物中 PCl_3 与 PCl_5 的物质的量之比接近于()。

A. 3:1 B. 5:3

C. 2:3 D. 1:2

解析: 十字交叉法。

$$n(\text{P}) : n(\text{Cl}) = \frac{0.25}{31} : \frac{0.314}{22.4} \times 2 = 1 : 3.5$$

$$\begin{array}{ccc} \text{PCl}_3 & 3 & \\ & \searrow \nearrow & \\ & 3.5 & \\ & \nwarrow \nearrow & \\ \text{PCl}_5 & 5 & \end{array} \quad \begin{array}{ccc} & 1.5 & \\ & \searrow \nearrow & \\ & 0.5 & \\ & \nwarrow \nearrow & \\ & 3 & \end{array}$$

答案为 A。

点评: 用十字交叉法可简化计算,一目了然。

(三) 代数法(方程组)

根据化学反应原理(化学方程式),并设未知数,列出方程(组),然后求解。

例3 将 9.6 g 铜加入 50 mL $12 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ HNO_3 溶液中,待铜全部溶解后剩余溶液的 $\text{pH}=0$ (忽略溶液体积的变化),产生的气体(NO 、 NO_2 、 N_2O_4 中的一种或几种)折算成标准状况下的体积为 4.48 L。试求所得气体的成分及其各成分的物质的量。

解析: 溶液中 $n(\text{H}^+) = 0.05 \text{ L} \times 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} =$

有关物质的量计算的思路、方法与技巧

■ 湖南

朱如平



$$0.05 \text{ mol}, n(\text{Cu}^{2+}) = n(\text{Cu}) = \frac{9.6 \text{ g}}{64 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} =$$

0.15 mol。

根据电荷守恒有 $n(\text{NO}_3^-) = 2n(\text{Cu}^{2+}) + n(\text{H}^+) = 0.35 \text{ mol}$ 。

被还原的硝酸的物质的量为 $0.05 \text{ L} \times 12 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} - 0.35 \text{ mol} = 0.25 \text{ mol}$ 。

$$\text{产生气体的物质的量为 } \frac{4.48 \text{ L}}{22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}} =$$

0.2 mol。

即 $n(\text{NO}) + n(\text{NO}_2) + n(\text{N}_2\text{O}_4) = 0.2 \text{ mol}$ 。①

铜失去电子的物质的量为 $0.15 \text{ mol} \times 2 = 0.3 \text{ mol}$ 。

根据电子守恒有: $3n(\text{NO}) + n(\text{NO}_2) + 2n(\text{N}_2\text{O}_4) = 0.3 \text{ mol}$ 。②

根据氮元素守恒有: $n(\text{NO}) + n(\text{NO}_2) + 2n(\text{N}_2\text{O}_4) = 0.25 \text{ mol}$ 。③

解方程组①②③得: $n(\text{NO}) = 0.025 \text{ mol}$, $n(\text{NO}_2) = 0.125 \text{ mol}$, $n(\text{N}_2\text{O}_4) = 0.05 \text{ mol}$ 。

点评:本题是对守恒法与代数法的综合考查,其核心是“守恒列式,代数求解”。

(四)讨论法

如果某个因素不能完全确定,通常分多种情况进行讨论,分别求解,找出合理答案。

例4 某气态烷烃与气态烯烃组成的混合物对氢气的相对密度为13。在标准状况下,56 L该混合气体通过足量的溴水后,溴水增重35 g。通过计算写出该烯烃可能的结构简式并系统命名。

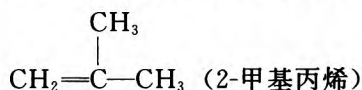
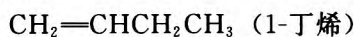
解析:混合烃的平均相对分子质量为 $2 \times 13 = 26$,烯烃的相对分子质量均大于26,则烷烃的相对分子质量必小于26,混合物中的烷烃一定是 CH_4 。2.5 mol混合烃中烯烃的质量为35 g,则1 mol混合烃中烯烃的质量为 $\frac{35}{2.5} = 14(\text{g})$ 。气态烃分子中的碳原子数通常不超过4个,讨论如下:

(1)若烯烃是 C_2H_4 ,则 $n(\text{C}_2\text{H}_4) = \frac{14 \text{ g}}{28 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.5 \text{ mol}$, $n(\text{CH}_4) = 1 \text{ mol} - 0.5 \text{ mol} = 0.5 \text{ mol}$,此时混烃的平均相对分子质量为 $\bar{M} = \frac{1}{2} \times 28 + \frac{1}{2} \times 16 = 22$,不符合题意。

(2)若烯烃是 C_3H_6 ,则 $n(\text{C}_3\text{H}_6) = \frac{14 \text{ g}}{42 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = \frac{1}{3} \text{ mol}$, $n(\text{CH}_4) = 1 \text{ mol} - \frac{1}{3} \text{ mol} = \frac{2}{3} \text{ mol}$,此时混烃的平均相对分子质量为 $\bar{M} = \frac{1}{3} \times 42 + \frac{2}{3} \times 16 = \frac{74}{3}$,不符合题意。

$$(3) \text{若烯烃是 } \text{C}_4\text{H}_8, \text{则 } n(\text{C}_4\text{H}_8) = \frac{14 \text{ g}}{56 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} =$$

0.25 mol, $n(\text{CH}_4) = 1 \text{ mol} - 0.25 \text{ mol} = 0.75 \text{ mol}$,此时混烃的平均相对分子质量为 $\bar{M} = 0.25 \times 56 + 0.75 \times 16 = 26$,符合题意。该烯烃可能的结构简式与名称为:



点评:本题是讨论法求解的典型试题,其关键是“气态烃”中碳原子数不超过4。

三、专项训练

1. 现有一包铝热剂是铝粉和氧化铁粉末的混合物,在高温下使之充分反应,将反应后的固体分为两等份,进行如下实验(计算pH时假定溶液体积没有变化):①向其中一份固体中加入100 mL $2.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的NaOH溶液,加热使其充分反应后过滤,测得滤液的pH=14;②向另一份固体中加入140 mL $4.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的HCl溶液,使固体全部溶解,测得反应后所得溶液中只有 H^+ 、 Fe^{2+} 和 Al^{3+} 三种阳离子且pH=0。

(1)求这包铝热剂中铝的质量和氧化铁的质量。

(2)计算实验②产生气体的体积(标准状况)。

2. 已知国家行业标准中铸造铝合金的各成分的质量分数为:Si为4.5%~5.5%,Cu为1.0%~1.5%,Mg为0.4%~0.6%,其余为Al。现对某品牌的铸造铝合金中所含的四种成分做如下实验检测:

①称取18.0 g铸造铝合金样品,分成等质量的A、B两份。向A份加入足量NaOH溶液,B份加入足量的稀盐酸。(已知: $\text{Si} + 2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} = \text{Na}_2\text{SiO}_3 + 2\text{H}_2 \uparrow$)

②待两份反应物都充分反应之后,称得滤渣质量相差0.512 g,收集得到的两份气体的体积相差851.2 mL(标准状况下)。

试回答下列问题:

(1)求样品中Si和Mg的物质的量。

(2)通过计算判断该品牌的铸造铝合金是否为合格产品(一项不达标即为不合格产品)。

参考答案

1. (1) $m(\text{Al}) = 5.4 \text{ g}$, $m(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 9.6 \text{ g}$ 。

(2) $V(\text{H}_2) = 2.688 \text{ L}$ 。

2. (1) Si为0.02 mol, Mg为0.002 mol。

(2) 不合格。

(责任编辑 谢启刚)