

巧用终态法

妙解计算题

■江西 胡建树 张丽芹

终态法就是避开复杂的中间过程,抓住终态的特征量,借助守恒、方程叠加等技巧列出始态与终态的关系式快速求解的一种方法.其特点是化繁为简、化难为易,为解题赢得时间,达到事半功倍的效果.下面列举几例,旨在抛砖引玉.

一、借助电子守恒,巧用终态法

例1 0.03 mol Cu 投入到一定量的浓硝酸中,Cu 完全溶解,生成气体颜色越来越浅,共收集到标准状况下 a mL 气体,将盛有此气体的容器倒扣在水槽中,通入标准状况下一定体积的 O_2 ,恰好使气体完全溶于水,则通入 O_2 的体积为().

A. 504 mL

B. 336 mL

C. 224 mL

D. 168 mL

分析: 气体颜色变浅,则生成的气体有 NO_2 和 NO ,只要求出 NO_2 和 NO 各是多少,接下来便顺理成章了.可气体体积未知,计算中会遇到很大阻力.若能换个思路,便会柳暗花明!

硝酸中的 N 原子得到电子还原成 NO_2 和 NO ,随后全部的 NO_2 和 NO 又失去电子氧化成硝酸,也就在该过程中把得到的电子最终全部传递给了氧气.抓住电子守恒有 $n(Cu) \times 2e^- = n(O_2) \times 4e^-$, $n(O_2) = 0.015$ mol,故选 B.

例2 有一块质量为 29.8 g 的镁、铝、锌合金,将其溶解于足量稀盐酸中,生成了标况下 22.4 L H_2 气体,再加入 KOH 溶液使镁、铝、锌全部转化为沉淀,将生成的沉淀过滤、洗涤、自然晾干,则所得氢氧化物沉淀的质量比原合金质量增加了().



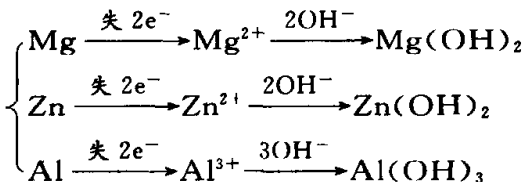
A. 17 g

B. 51 g

C. 34 g

D. 无法计算

分析:根据题意很难分别求出镁、铝、锌的质量,也就算不出各自结合的 OH^- 的质量,怎么办呢?从整个反应过程来看:



容易得出合金失去电子的物质的量与合金结合 OH^- 的物质的量相等.借助电子守恒很快求得质量增加了 $\frac{22.4 \text{ L}}{22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}} \times 2 \times 17 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, 选 C.

二、借助电荷守恒,巧用终态法

例3 将 1.02 g Al_2O_3 和 Fe_2O_3 混合物,完全溶解在 100 mL $0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 H_2SO_4 溶液中,然后加入 NaOH 溶液,使 Fe^{3+} 、 Al^{3+} 刚好全部转为沉淀,用去 NaOH 溶液 100 mL,则 NaOH 溶液的物质的量浓度为_____.

分析:乍看本题应属于混合物的计算.于是考虑反应后有没有 H_2SO_4 剩余,剩余多少,生成的 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 和 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 又各是多少,这样已步入了困境!从整个过程来看 Al_2O_3 和 Fe_2O_3 最后转化为不溶性的 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 和 $\text{Fe}(\text{OH})_3$,最终溶液只含溶质 Na_2SO_4 ,由溶液中的电荷守恒得 $n(\text{Na}^+) = 2n(\text{SO}_4^{2-}) = 2 \times 0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.1 \text{ L} = 0.01 \text{ mol}$,又 $n(\text{NaOH}) = 0.01 \text{ mol}$,故 $c(\text{NaOH}) = \frac{0.01 \text{ mol}}{0.1 \text{ L}} = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,答案为 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

三、借助原子守恒,巧用终态法

例4 已知 NO 和 NO_2 与 NaOH 溶液反应为 $\text{NO} + \text{NO}_2 + 2\text{NaOH} = 2\text{NaNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$; NO_2 和 NaOH 溶液反应为 $3\text{NO}_2 + 2\text{NaOH} = 2\text{NaNO}_3 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$.在盛 $x \text{ mol NO}$ 、 $y \text{ mol NO}_2$ 和 $z \text{ mol O}_2$ 的密闭容器中,加入 $V \text{ L}$ 某浓度的烧碱溶液,充分反应后容器中压强几乎为零,则 NaOH 溶液的物质的量浓度为_____.

分析:容器中压强几乎为零, O_2 必全部与 NO 反应,再考虑此时 NO 和 NO_2 数量关系,根据已知方程讨论求算.可题中数据都是字母,给讨论带来很大麻烦.若能根据最终容器压强几乎为零,说明气体全部消耗.所得溶液是 NaNO_2 和 NaNO_3 溶液,其中氮原子都来自 NO_2 和 NO ,共 $(x+y) \text{ mol}$.由 N 守恒 $n(\text{NaNO}_2) + n(\text{NaNO}_3) = (x+y) \text{ mol}$,由 Na 守恒





$n(\text{NaOH}) = (x+y) \text{ mol}$, 则 NaOH 物质的量浓度为 $\frac{(x+y)}{V} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

四、抓住存在形式,巧用终态法

例5 将含有 CH_4 和 O_2 的气体通入装有 23.4 g Na_2O_2 的密闭容器中,电火花点燃,反应结束后,容器于 150°C 测得压强为 0 Pa,将残留固体溶于水,无气体逸出,下面说法正确的是().

- A. 原混合气体中 CH_4 和 O_2 的体积比为 2 : 1
- B. 原混合气体中 CH_4 和 O_2 的体积比为 1 : 2
- C. 残留固体中有 Na_2O_2
- D. 残留固体中有 Na_2CO_3

分析:依题意可知反应为:



生成的 CO_2 和 H_2O 又分别与 Na_2O_2 反应



接下来生成的 O_2 又与 CH_4 反应,反应①②③如此循环直到反应完全.如果思维跟着这样循环,会陷入僵局.对此不妨跳出该过程,从整体去把握,拨开云雾见晴天!

一方面残留固体溶于水,无气体逸出,说明 Na_2O_2 已全部反应;另一方面容器于 150°C 测得压强为 0 Pa,表明 CH_4 和 O_2 无剩余且容器内无其它气体产物(没有水).进一步判断碳原子只能存在 Na_2CO_3 中,氢原子只存在 NaOH 中.也就是反应物全部消耗,生成且只生成了 Na_2CO_3 和 NaOH 两种产物,写出总反应配平: $2\text{CH}_4 + \text{O}_2 + 6\text{Na}_2\text{O}_2 = 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + 8\text{NaOH}$,易选 A、D.

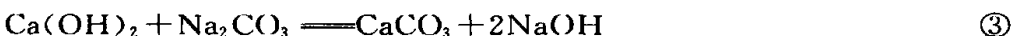
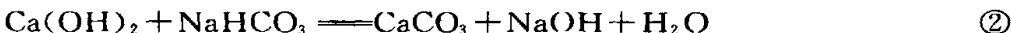
五、借助方程叠加,巧用终态法

例6 把 Na_2CO_3 、 NaHCO_3 、 CaO 和 NaOH 组成的混合物 27.2 g 溶于足量水中,充分反应后,溶液中的 Ca^{2+} 、 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 均转化为沉淀,将反应后容器内的水充分蒸干,最后得到白色固体 29g,则原混合物中 Na_2CO_3 质量为_____.

分析:依题意知:



溶液中的 Ca^{2+} 结合 HCO_3^- 及 CO_3^{2-} 转化为沉淀发生如下反应②③:



由①+②得:



由①+③得:





从④、⑤看出最后所得白色固体 CaCO_3 和 NaOH 质量共 29 g 等于起始混合物质量 27.2 g 加上消耗的水的质量, 有 $m(\text{H}_2\text{O}) = 29 \text{ g} - 27.2 \text{ g} = 1.8 \text{ g}$, 且从⑤中得 $(\text{H}_2\text{O}) = n(\text{Na}_2\text{CO}_3)$, 所以有:

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{1.8 \text{ g}}{18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \times 106 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 10.6 \text{ g}.$$

 感悟与提高

1. 有 15 g 铁和铁的氧化物组成的混合物, 往混合物中加入 150 mL 稀硫酸充分反应, 放出氢气 1.68 L (标准状况), 铁和铁的氧化物均无剩余. 向生成的溶液中滴入 KSCN 溶液, 未见颜色变化, 向溶液中加入 200 mL $3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaOH 溶液, 恰好使 Fe^{2+} 全部转化成 $\text{Fe}(\text{OH})_2$, 则原硫酸溶液的物质的量浓度为().

- A. $1.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ B. $2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
C. $2.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ D. $3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

2. 向 100 mL FeCl_3 溶液中通入标准状况下的 H_2S 气体 2.24 L, 设 H_2S 全部被吸收后, 再加入过量铁粉, 待反应停止后, 测得溶液中含有 0.6 mol 金属阳离子, 则原 FeCl_3 溶液的物质的量浓度为().

- A. $2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ B. $4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
C. $6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ D. $8 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

3. 取 a g 某物质在氧气中完全燃烧, 将其产物跟足量的过氧化钠固体完全反应, 反应后固体的质量恰好也增加了 a g, 下列物质中不能满足上述结果的是().

- A. H_2 B. CO
C. $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ D. $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$

4. 将 32.64 g 铜与 140 mL 一定浓度的硝酸反应, 铜完全溶解产生的 NO 和 NO_2 混合气体在标准状况下的体积为 11.2 L. 请回答:

(1) NO 的体积为 _____ L, NO_2 的体积为 _____ L.

(2) 待产生的气体全部释放后, 向溶液加入 V mL $a \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 NaOH 溶液, 恰好使溶液中的 Cu^{2+} 全部转化成沉淀, 则原硝酸溶液的浓度为 _____ $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

(3) 欲使铜与硝酸反应生成的气体在 NaOH 溶液中全部转化为 NaNO_3 , 至少需要 30% 的双氧水 _____ g.

参考答案: 1. B 2. B 3. D 4. (1) 5.8; 5.4 (2) $\frac{aV \times 10^{-3} + 0.5}{0.14}$

(3) 57.8

(责任编辑 肖博)