

例谈守恒法在化学计算中的应用

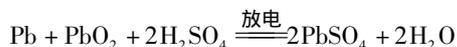
北方交通大学附属中学 100081 刘洋

守恒法是中学化学计算中常用方法之一,守恒法最大的优点是可以省略繁琐的中间过程,简化计算步骤,达到快速解题的目的。守恒法包括质量守恒、得失电子守恒、电荷守恒等。

一、得失电子守恒法

得失电子守恒法即化学反应中氧化剂所得电子总数等于还原剂所失电子总数,无论是自发进行的氧化还原反应还是原电池或电解池均如此。

例 1 实验室用铅蓄电池作电源电解饱和食盐水制取 Cl_2 ,已知铅蓄电池放电时发生如下反应:



若制得 0.050 mol Cl_2 ,电池内消耗 H_2SO_4 的物质的量至少是()。

- A. 0.025 mol B. 0.050 mol
C. 0.10 mol D. 0.20 mol

解析 在电解池中,由阳极上的电极反应: $2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- = \text{Cl}_2 \uparrow$,得知要制得 0.05 mol Cl_2 在电解池中转移电子的总物质的量为 0.10 mol。由于原电池内 H_2SO_4 的消耗实质上是 H^+ 的消耗,可得关系式: $2\text{e}^- \sim 4\text{H}^+ \sim 2\text{H}_2\text{SO}_4$,故转移 0.10 mol 电子要消耗 0.10 mol H_2SO_4 。

答案选 C。

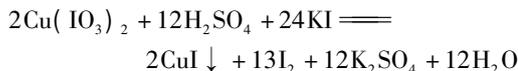
例 2 在 $3\text{BrF}_3 + 5\text{H}_2\text{O} = \text{HBrO}_3 + \text{Br}_2 + 9\text{HF} + \text{O}_2 \uparrow$ 反应中,若有 5 mol H_2O 参加反应,则被 H_2O 还原的 BrF_3 的物质的量为()。

- A. 4/3 mol B. 2/3 mol
C. 2 mol D. 1 mol

解析 此氧化还原反应中,还原剂是 H_2O 和 BrF_3 ,氧化剂是 BrF_3 ,在反应过程中 BrF_3 同时被 2 种还原剂还原而得到还原产物 Br_2 。其中被 H_2O 还原的 BrF_3 不能利用化学方程式中化学计量数之比直接计算。解答本题如果应用得失电子守恒的方法可快速准确求解:5 mol H_2O 参加反应时,有 2 mol H_2O 被 BrF_3 氧化,共失去 4 mol 电子,则被 2 mol H_2O 还原的 BrF_3 的物质的量为 $\frac{4 \text{ mol}}{3}$,得到还原产物(Br_2)的物质的量为 $\frac{1}{2} \times \frac{4 \text{ mol}}{3} = \frac{2}{3}$ mol。

正确答案: A。

例 3 已知反应:



下列说法正确的是()。

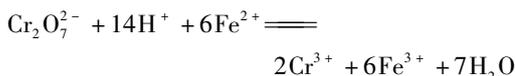
- A. CuI 既是氧化产物又是还原产物
B. $\text{Cu}(\text{IO}_3)_2$ 作氧化剂, $\text{Cu}(\text{IO}_3)_2$ 中的铜元

► ⑤容量瓶 ⑥胶头滴管 ⑦移液管

(6) 滴定操作中,如果滴定前装有 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 标准溶液的滴定管尖嘴部分有气泡,而滴定结束后气泡消失,则滴定结果将 ____ (填“偏大”、“偏小”或“不变”)。

解析 (5) 根据所给数据可计算出重铬酸钾的质量 $m = 0.01000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.25 \text{ L} \times 294.0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 0.7350 \text{ g}$; 配制溶液时溶质为固体不需要量筒量取,配制溶液有固定体积的容量瓶,不需要移液管。

(6) Fe_3O_4 溶于酸后形成 Fe^{2+} ,用 $0.01000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 标准液来进行滴定,离子方程式为:



因滴定管尖嘴气泡在滴定结束后消失,说明带入计算的 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 体积比实际体积偏大,则计算的 Fe^{2+} 含量偏大。

答案:(5) 0.7350 ③⑦ (6) 偏大

(收稿日期:2015-01-10)

素和碘元素被还原

C. 每生成 1 mol CuI, 有 12 mol KI 发生氧化反应

D. 每转移 1.1 mol 电子, 有 0.2 mol +5 价 I 被氧化

解析 依据元素化合价变化(Cu: +2→+1; I: +5→0; I: -1→0) 可知 Cu(IO₃)₂ 是氧化剂, 铜元素、碘元素同时被还原, 还原产物为 CuI 和 I₂。部分 KI 是还原剂, 氧化产物为 I₂。由此可知 A 选项错误; B 选项正确; 由化学方程式可知 KI 既是还原剂又是沉淀剂, 每生成 1 mol CuI 应有 11 mol KI 发生氧化反应, C 选项错误; Cu(IO₃)₂ 是氧化剂, 反应过程中碘元素化合价由 +5 价降至 -1 价被还原, D 选项错误。

正确答案 B。

二、电荷守恒法

例 4 今有一混合物的水溶液, 只可能含有以下离子中的若干种: K⁺、NH₄⁺、Cl⁻、Mg²⁺、Ba²⁺、CO₃²⁻、SO₄²⁻。现取三份 100 mL 溶液进行如下实验:

(1) 第一份加入 AgNO₃ 溶液有沉淀产生;

(2) 第二份加足量 NaOH 溶液加热后, 收集到气体 0.04 mol;

(3) 第三份加足量 BaCl₂ 溶液后, 得干燥沉淀 6.27 g, 经足量盐酸洗涤、干燥后, 沉淀质量为 2.33 g。根据上述实验, 以下推测正确的是 ()。

A. K⁺ 一定存在

B. 100 mL 溶液中含 0.01 mol CO₃²⁻

C. Cl⁻ 可能存在

D. Ba²⁺ 一定不存在, Mg²⁺ 可能存在

解析 (1) 混合溶液加 AgNO₃ 有沉淀产生, 则说明混合液中可能存在 Cl⁻、SO₄²⁻ 或 CO₃²⁻;

(2) 混合液与足量 NaOH 溶液共热, 收集到的气体为 NH₃, 说明原溶液含 NH₄⁺ 共 0.04 mol;

(3) 第三份溶液与足量 BaCl₂ 反应, 得到的 6.27 g 沉淀应为 BaCO₃ 和 BaSO₄ 混合物, 其中不溶于 HCl 的是 BaSO₄, 质量为 2.33 g $n(\text{SO}_4^{2-}) = \frac{m(\text{BaSO}_4)}{M(\text{BaSO}_4)} = \frac{2.33 \text{ g}}{233 \text{ g/mol}} = 0.01 \text{ mol}$; BaCO₃ 的质

量为: 6.27 g - 2.33 g = 3.94 g $n(\text{CO}_3^{2-}) =$

$$\frac{m(\text{BaCO}_3)}{M(\text{BaCO}_3)} = \frac{3.94 \text{ g}}{197 \text{ g/mol}} = 0.02 \text{ mol}.$$

由 (2) (3) 计算结果可知每份溶液中含 NH₄⁺ 0.04 mol, SO₄²⁻ 0.01 mol, CO₃²⁻ 0.02 mol。根据电荷守恒原则可知溶液中一定存在 K⁺。

正确答案为 A、C。

三、质量守恒

例 5 锌粉、铝粉、铁粉、镁粉的混合物 3.8 g 与一定质量的溶质质量分数为 25% 的稀硫酸恰好完全反应, 将反应后的混合物蒸干水分得到固体 (不含结晶水) 11 g, 则反应中生成氢气的质量为 ()。

A. 0.15 g

B. 0.20 g

C. 0.30 g

D. 0.45 g

解析 金属混合物全部与 H₂SO₄ 反应最后得到的固体物质为硫酸盐, 由电荷守恒和质量守恒可知, 硫酸盐中 $m(\text{SO}_4^{2-}) = 11 \text{ g} - 3.8 \text{ g} =$

7.2 g, 则 $n(\text{SO}_4^{2-}) = \frac{7.2 \text{ g}}{96 \text{ g/mol}} = 0.075 \text{ mol}$, 即参加反应的硫酸 $n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.075 \text{ mol}$ 。可生成的

氢气质量 $m(\text{H}_2) = n(\text{H}_2\text{SO}_4) \times M(\text{H}_2) = 0.075 \text{ mol} \times 2 \text{ g/mol} = 0.15 \text{ g}$ 。

正确答案 A。

四、原子守恒

例 6 25.6 g 铜粉跟一定量浓 HNO₃ 发生化学反应, 当铜全部反应后, 生成 NO 和 NO₂ 的混合气体在标准状况下为 11.2 L, 则反应中消耗 HNO₃ 的物质的量为 ()。

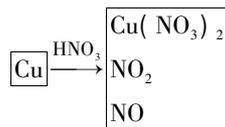
A. 1.3 mol

B. 1 mol

C. 3 mol

D. 1.8 mol

解析 根据题目所给信息, 其反应过程如下:



由上图知 HNO₃ 和铜反应后生成了 Cu(NO₃)₂、NO₂ 和 NO, 根据氮原子守恒: $n(\text{HNO}_3) = 2n(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) + n(\text{NO}) + n(\text{NO}_2) = 2 \times 25.6 \text{ g} / 64 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} + 11.2 / 22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} = 1.3 \text{ mol}$ 。

正确答案为 A。

(收稿日期: 2015-02-06)