

硝酸与金属反应的有关计算

山东省东营市河口区第一中学 257200 宋凤莲

一、基本题型

1. 金属与硝酸的反应计算

例 1 38.4 mg 铜与适量的浓硝酸反应,铜全部作用后,共收集到 22.4 mL(标准状况)气体,反应消耗的 HNO_3 物质的量可能是()。

- A. $1.0 \times 10^{-3} \text{ mol}$ B. $1.6 \times 10^{-3} \text{ mol}$
C. $2.2 \times 10^{-3} \text{ mol}$ D. $2.4 \times 10^{-3} \text{ mol}$

解析 解法一 极端假设法

$n(\text{Cu}) = 6.0 \times 10^{-4} \text{ mol}$,若 38.4 mg 铜全部与浓硝酸反应,则可求得参加反应的硝酸为 $2.4 \times 10^{-3} \text{ mol}$,若 38.4 mg 铜全部与稀硝酸反应,则可求得参加反应的硝酸为 $1.6 \times 10^{-3} \text{ mol}$,事实上铜先与浓硝酸反应,浓硝酸变稀后,又与稀硝酸反应。消耗的硝酸的物质的量应在 $1.6 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 和 $2.4 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 之间。

故选 C。

解法二 氮原子守恒法

$n(\text{HNO}_3) = n(\text{作酸用 HNO}_3) + n(\text{作氧化剂用 HNO}_3)$
 $= 2n[\text{Cu}(\text{NO}_3)_2] + n(\text{NO}) + n(\text{NO}_2)$
 $= 2n(\text{Cu}) + n(\text{气体})$
 $= 2 \times 6.0 \times 10^{-4} \text{ mol} + 1.0 \times 10^{-3} \text{ mol}$
 $= 2.2 \times 10^{-3} \text{ mol}$

2. 金属与硝酸反应产生的气体又被氧气氧化成硝酸的计算

例 2 1.92 g Cu 投入到一定量的浓硝酸中,铜完全溶解,生成的气体的颜色越来越浅,共收集到 672 mL 的气体(标准状况下)。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氧气,恰好使气体完全溶于水,则通入的氧气的体积为() mL。

- A. 168 B. 224 C. 336 D. 504

解析 得失电子守恒法

从反应的过程分析,铜失去电子,先被硝酸氧化,得到 NO_2 、 NO ,然后 NO_2 、 NO 失去电子又被氧气氧化。从反应的始态和终态看,铜在反应中失去电子,氧气在反应中得电子,根据得失电子守恒,铜失去的电子总量等于氧气得到的电子总量。设通入的氧气的体积为 $x \text{ mL}$,则: $(1.92/64) \times 2 = (x/22400) \times 4$,解得: $x = 336$,答案选 C。

3. 金属与硝酸和硫酸的混合酸反应的计算

例 3 在 100 mL 某混合酸中,硝酸的物质的量浓度为 $0.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,硫酸的物质的量浓度为 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,向其中加入 1.92 g 铜粉,微热,待充分反应后,则溶液中 Cu^{2+} 的物质的量浓度为() $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

► 酸铵溶液的过程中,阳极发生的电极反应为 $2\text{SO}_4^{2-} - 2e^- = \text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ (具体答案略)

三、常见题干的分析方法

常见的有关工业生产的题型主要是把工业生产过程与某些元素化合物结合起来,在理解整个生产过程的同时推断分析出相关化合物的性质和反应原理。此类题目一般是由前提已知、图表过程及问题设置三部分组成,在解答过程要充分利用已知条件结合图表进行分析。通过分析要了解题目的基本操作是什么,题干中涉及到的相关反应是什么,能否准确写出化学方程式。通常根

据化学方程式就能得出很多相关的信息。在实验条件的控制方面,主要都是为了化学反应能够稳定顺畅地进行,减少误差,答题时注意词语的表达要准确。

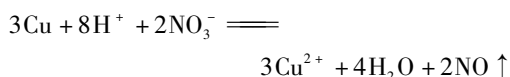
总的来说,这类型的题目看起来似乎很复杂,实际上考查的就是课本上所学习的相关化学知识,主要是考查元素化合物的性质及相关的反应原理。解决这类问题的关键还是要把化学基础打扎实,工业生产流程只是一种形式,本质还是对化学知识的考查。

(收稿日期:2014-06-25)

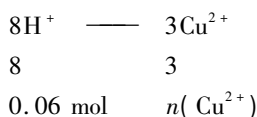
A. 0.15 B. 0.225 C. 0.35 D. 0.45

解析 在 100 mL 溶液中, HNO₃ 和 H₂SO₄ 共电离出 0.06 mol H⁺, 0.04 mol NO₃⁻, 0.01 mol SO₄²⁻, Cu 和 0.04 mol HNO₃ 完全反应后还有剩余, 此时溶液中仍有 0.03 mol NO₃⁻, 0.02 mol H⁺, 0.015 mol Cu²⁺, 0.01 mol SO₄²⁻, 由此可见, 溶液中还有相当于 0.02 mol HNO₃ 存在仍可和 Cu 反应。

可根据铜和硝酸反应的离子方程式计算:



1.92 g Cu 即 0.03 mol Cu 完全溶解, 需 $n(\text{H}^+) = 0.08 \text{ mol}$, $n(\text{NO}_3^-) = 0.02 \text{ mol}$, 而此时溶液中有 0.06 mol 的 H⁺ (不足量)、0.04 mol NO₃⁻ (足量), 因此按 H⁺ 的物质的量计算:



所以 $n(\text{Cu}^{2+}) = 0.0225 \text{ mol}$, 则 $c(\text{Cu}^{2+}) = 0.225 \text{ mol/L}$

4. 金属与硝酸反应后, 再加氢氧化钠使金属离子沉淀的计算

例 4 足量铜与一定量浓硝酸反应, 得到硝酸铜溶液和 NO₂、N₂O₄、NO 的混合气体, 这些气体与 1.68 L O₂ (标准状况) 混合后通入水中, 所有气体完全被水吸收生成硝酸。若向所得硝酸铜溶液中加入 5 mol/L NaOH 溶液至 Cu²⁺ 恰好完全沉淀, 则消耗 NaOH 溶液的体积是()。

A. 60 mL B. 45 mL
C. 30 mL D. 15 mL

解析 铜失去电子先被硝酸氧化, 得到氮的氧化物, 然后氮的氧化物又失去电子被 1.68 L O₂ 氧化, 由得失电子守恒, 铜失去的电子总量等于 O₂ 得到的电子总量。 $n(e^-) = (1.68 \text{ L} \div 22.4 \text{ L/mol}) \times 4 = 0.3 \text{ mol}$, 又 1 mol 铜失去 2 mol 电子, 1 mol Cu²⁺ 可以结合 2 mol OH⁻, 故 $2n(\text{Cu}) = n(e^-) = n(\text{OH}^-)$, 故 $n(\text{NaOH}) = n(\text{OH}^-) = n(e^-) = 0.3 \text{ mol}$, $V[\text{NaOH}(\text{aq})] = n(\text{NaOH}) \div c(\text{NaOH}) = 0.3 \text{ mol} \div 5 \text{ mol/L} = 0.06 \text{ L} = 60 \text{ mL}$ 。

二、体验高考

1. (2012 年四川理综) 向 27.2 g Cu 和 Cu₂O 的混合物中加入某浓度的稀硝酸 0.5 L, 固体物

质完全反应, 生成 NO 和 Cu(NO₃)₂, 在所得溶液中加入 1.0 mol/L 的 NaOH 溶液 1.0 L, 此时溶液呈中性, 金属离子已完全沉淀, 沉淀质量为 39.2 g, 下列有关说法不正确的是()。

A. Cu 与 Cu₂O 的物质的量之比为 2:1
B. 硝酸的物质的量浓度为 2.6 mol/L
C. 产生的 NO 在标准状况下的体积为 4.48 L
D. Cu、Cu₂O 与硝酸反应后剩余 HNO₃ 为 0.2 mol

答案: B。

2. (2013 年四川理综) 1.52 g 铜镁合金完全溶解于 50 mL 密度为 1.40 g/mL、质量分数为 63% 的浓硝酸中, 得到 NO₂ 和 N₂O₄ 的混合气体 1120 mL (标准状况), 向反应后的溶液中加入 1.0 mol/L NaOH 溶液, 当金属离子全部沉淀时, 得到 2.54 g 沉淀。下列说法不正确的是()。

A. 该合金中铜与镁的物质的量之比是 2:1
B. 该浓硝酸中 HNO₃ 的物质的量浓度是 14.0 mol/L
C. NO₂ 和 N₂O₄ 的混合气体中, NO₂ 的体积分数是 80%
D. 得到 2.54 g 沉淀时, 加入 NaOH 溶液的体积是 600 mL

答案: D。

三、常用解题方法

1. 氮原子守恒法

$n(\text{总的硝酸}) = n(\text{NO}_3^-) + n(\text{还原产物中氮原子}) = n(\text{作酸用 HNO}_3) + n(\text{作氧化剂用 HNO}_3)$

2. 得失电子守恒法

硝酸与金属的反应属于氧化还原反应, 氮原子得到的电子数等于金属原子失去的电子数。

3. 电荷守恒法

M^{n+} 和 H⁺ 所带正电荷总数等于 NO₃⁻ 所带负电荷总数。

4. 离子方程式计算法

当溶液中有硝酸和硫酸的混合酸反应时, 由于 $c(\text{H}^+) > c(\text{NO}_3^-)$, 而实际参加反应的 $c(\text{H}^+) > c(\text{NO}_3^-)$, 所以要依据离子方程式来计算。

(收稿日期: 2014-05-22)