

速寻关系式 巧解计算题

——用“关系式”法巧解计算题例析

江苏省溧水高级中学 211200 许宁

关系式法是根据有关反应的化学(或离子)方程式或有关物质的化学式,利用反应的相互关系或元素的守恒关系,找出有关物质间的相互关系——关系式,从而利用关系式进行计算。

一、根据化学(或离子)方程式确立关系式

根据化学(或离子)方程式确立关系式,就是根据有关反应的化学(或离子)方程式,通过中介物质,找出有关物质间的相互关系,从而进行计算。

例1 用足量的稀盐酸与11.78 g纯碱样品反应(假设杂质不参加反应),把生成的CO₂全部通入到过量的澄清石灰水中,得到的沉淀干燥后质量为10.00 g,则样品中Na₂CO₃的质量分数约为()。

A. 80% B. 83% C. 86% D. 90%

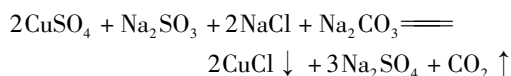
解析 设样品中Na₂CO₃的质量为m(Na₂CO₃)。由反应Na₂CO₃ + 2HCl = 2NaCl + CO₂↑ + H₂O和CO₂ + Ca(OH)₂ = CaCO₃↓ + H₂O得关系式“Na₂CO₃ ~ CO₂ ~ CaCO₃”,则106 g : 100 g = m(Na₂CO₃) : 10.00 g,解得m(Na₂CO₃) = 10.60 g;则样品中Na₂CO₃的质量分数为(10.60 g ÷ 11.78 g) × 100% = 90%。故答案为D。

例2 金属锡的纯度可以通过下述实验方法分析测定:将试样溶于盐酸,反应的化学方程式为Sn + 2HCl = SnCl₂ + H₂↑,再加入过量的FeCl₃溶液,反应的化学方程式为SnCl₂ + 2FeCl₃ = SnCl₄ + 2FeCl₂,最后用已知浓度的K₂Cr₂O₇溶液滴定生成的Fe²⁺,反应的化学方程式为6FeCl₂ + K₂Cr₂O₇ + 14HCl = 6FeCl₃ + 2KCl + 2CrCl₃ + 7H₂O。现有金属锡试样0.613 g,经上述反应后,共用去0.100 mol/L K₂Cr₂O₇溶液16.0 mL。则试样中锡的质量为(假设杂质不参加反应)()。

A. 0.286 g B. 0.429 g
C. 0.571 g D. 0.613 g

解析 设试样中锡的质量为m(Sn)。由题给三个化学方程式得关系式“Sn ~ SnCl₂ ~ 2FeCl₂ ~ 1/3K₂Cr₂O₇”,则119 g : 1/3 mol = m(Sn) : 0.100 mol/L × 0.0160 L,解得m(Sn) = 0.571 g。故答案为C。

例3 氯化亚铜(CuCl)是重要的化工原料。国家标准规定合格CuCl产品的主要质量指标为CuCl的质量分数大于96.50%。工业上常通过下列反应制备CuCl:



准确称取所制备的0.2500 g CuCl样品置于一定量的0.5 mol/L FeCl₃溶液中,待样品完全溶解后,加水20 mL,用0.1000 mol/L的Ce(SO₄)₂溶液滴定到终点,消耗24.60 mL Ce(SO₄)₂溶液。有关化学反应为:Fe³⁺ + CuCl = Fe²⁺ + Cu²⁺ + Cl⁻,Ce⁴⁺ + Fe²⁺ = Fe³⁺ + Ce³⁺。通过计算说明上述样品中CuCl的质量分数是否符合标准。

解析 设样品中CuCl的质量为m(CuCl)。由题给两个离子方程式可得关系式“CuCl ~ Fe²⁺ ~ Ce⁴⁺”,则99.5 g : 1 mol = m(CuCl) : 0.1000 mol/L × 24.60 × 10⁻³ L,解得m(CuCl) = 0.2448 g。

从而得样品中CuCl的质量分数为(0.2448 g ÷ 0.2500 g) × 100% = 97.92% > 96.5%,故该样品符合标准。

答:该样品中CuCl的质量分数符合标准。

二、根据化学式确立关系式

根据化学式确立关系式,就是根据反应中有关物质的化学式,利用相同元素的守恒原则,找出有关物质间的相互关系,从而进行计算。

例4 将100 g CaCO₃的质量分数为96%的大理石样品与足量的稀盐酸反应,把生成的CO₂全部通入到过量的NaOH溶液中,则生成Na₂CO₃

的质量为()。

- A. 101.76 g B. 96.00 g
C. 76.32 g D. 50.88 g

解析 设生成 Na_2CO_3 的质量为 $m(\text{Na}_2\text{CO}_3)$ 。根据碳原子数守恒得关系式“ $\text{CaCO}_3 \sim \text{CO}_2 \sim \text{Na}_2\text{CO}_3$ ”, 则 $100 \text{ g} : 106 \text{ g} = 100 \text{ g} \times 96\% : m(\text{Na}_2\text{CO}_3)$, 解得 $m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 101.76 \text{ g}$ 。故答案为 A。

例5 将 200.0 mL 4.00 mol/L K_2SO_3 溶液与足量的氯化钡溶液反应, 过滤得到白色沉淀, 再将白色沉淀与过量的稀盐酸反应, 则放出气体的体积(标准状况)为()。

- A. 11.20 L B. 14.00 L
C. 17.92 L D. 22.40 L

解析 设放出气体的体积为 $V(\text{SO}_2)$ 。根据硫原子数守恒原则得关系式“ $\text{K}_2\text{SO}_3 \sim \text{BaSO}_3 \sim \text{SO}_2$ ”, 则 $1 \text{ mol} : 22.4 \text{ L} = 4.00 \text{ mol/L} \times 0.20 \text{ L} : V(\text{SO}_2)$, 解得 $V(\text{SO}_2) = 17.92 \text{ L}$ 。故答案为 C。

例6 已知: 工业上用黄铁矿制硫酸的原理是: ①煅烧黄铁矿制得 SO_2 ; ② SO_2 接触氧化制得 SO_3 ; ③ SO_3 吸收制得硫酸。现用含 FeS_2 质量分数为 72% 的黄铁矿 75 t, 可制得 98% 的硫酸多少吨(假设反应过程中 FeS_2 的损失率为 4%)?

解析 设可制得 98% 的硫酸的质量为 $m(\text{H}_2\text{SO}_4)$ 。由化学式 FeS_2 和 H_2SO_4 , 根据硫原子数守恒原则得关系式“ $\text{FeS}_2 \sim 2\text{H}_2\text{SO}_4$ ”, 则 $120\text{t} : 2 \times 98\text{t} = 75 \text{ t} \times 72\% \times (1 - 4\%) : m(\text{H}_2\text{SO}_4) \times 98\%$, 解得 $m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 86.4 \text{ t}$ 。

答: 可制得 98% 的硫酸 86.4t。

三、根据化学式和化学(或离子)方程式确立关系式

根据化学式和化学(或离子)方程式确立关系式, 就是根据反应中有关物质的化学式和有关化学(或离子)方程式, 利用相同元素的守恒原则及反应关系, 找出有关物质间的相互关系, 从而进行计算。

例7 在氧气中灼烧 9.2 g 碳和铁组成的化合物, 使其中的碳全部转变为 CO_2 , 把这些 CO_2 用 NaOH 溶液完全吸收, 恰好使 100 mL 6.00 mol/L NaOH 溶液完全转化为 Na_2CO_3 。则原化合物中碳元素的质量分数为()。

- A. 19.56% B. 39.13%

- C. 60.87% D. 90.44%

解析 设原化合物中碳的质量为 $m(\text{C})$ 。根据化学式 C 和 CO_2 及化学方程式 $\text{CO}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$, 由碳原子数守恒原则与反应关系可得关系式“ $\text{C} \sim \text{CO}_2 \sim 2\text{NaOH}$ ”, 则 $12 \text{ g} : 2 \text{ mol} = m(\text{C}) : 6.00 \text{ mol/L} \times 0.1 \text{ L}$, 解得 $m(\text{C}) = 3.6 \text{ g}$ 。从而得原化合物中碳元素的质量分数为 $(3.6 \text{ g} \div 9.2 \text{ g}) \times 100\% = 39.13\%$ 。故答案为 B。

例8 用足量的 CO 在高温下还原 23.2 g 某种铁的氧化物, 将生成的气体通入足量澄清石灰水中, 得到 40 g 沉淀, 则该铁的氧化物的化学式为()。

- A. FeO B. Fe_2O_3 C. Fe_3O_4 D. Fe_4O_5

解析 设该铁的氧化物的化学式为 Fe_mO_n 。根据化学方程式 $\text{Fe}_m\text{O}_n + n\text{CO} \xrightarrow{\text{高温}} m\text{Fe} + n\text{CO}_2$ 与化学式 CO_2 和 CaCO_3 , 由反应关系与碳原子数守恒原则可得关系式“ $\text{Fe}_m\text{O}_n \sim n\text{CO}_2 \sim n\text{CaCO}_3$ ”, 则 $(56m + 16n) \text{ g} : 100n \text{ g} = 23.2 \text{ g} : 40 \text{ g}$, 解得 $m : n = 3 : 4$, 即该铁的氧化物的化学式为 Fe_3O_4 。故答案为 C。

例9 已知: $\text{KIO}_3 + 5\text{KI} + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = 3\text{K}_2\text{SO}_4 + 3\text{I}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$, $\text{I}_2 + 2\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = 2\text{NaI} + \text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$ 。某学生测定食用精制盐(含 NaCl 、 KIO_3) 的碘含量, 其步骤为: ①准确称取 $a \text{ g}$ 食盐, 加适量蒸馏水使其完全溶解; ②用稀硫酸酸化所得溶液, 加入足量 KI 溶液, 使 KIO_3 与 KI 反应完全; ③以淀粉为指示剂, 逐滴加入物质的量浓度为 $2.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ 的 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液 20.0 mL, 恰好反应完全。求该精制盐的碘含量(以 I 计)的计算式(以 mg/kg 为单位)。

解析 设 $a \text{ g}$ 该精制盐中碘的质量为 $m(\text{I})$ 。根据化学式 I 和 KIO_3 及题给两个化学方程式得关系式“ $\text{I} \sim \text{KIO}_3 \sim 3\text{I}_2 \sim 6\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ”, 则 $127 \text{ g} : 6 \text{ mol} = m(\text{I}) : 2.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L} \times 0.020 \text{ L}$, 解得 $m(\text{I}) = 8.47 \times 10^{-4} \text{ g}$ 。故该精制盐的碘含量的计算式为 $\frac{8.47 \times 10^{-4} \text{ g} \times 1000 \text{ mg/g}}{a \times 10^{-3} \text{ kg}} = \frac{8.47 \times 10^2}{a} \text{ mg/kg}$ 。

答 该精制盐的碘含量(以 I 计)的计算式为 $\frac{8.47 \times 10^2}{a} \text{ mg/kg}$ 。

(收稿日期: 2017-04-17)