

从问题入手，浅析物质组成推测方法

秋红

湖北潜江江汉油田教育集团

[摘要] 利用化学原理和数学方法，推测物质的组成，是中学化学常见题型，考察学生综合运用知识的能力。常见有固体组成定量计算，有溶液离子浓度定性比较，本文从常见题型入手，浅析物质组成推测方法。

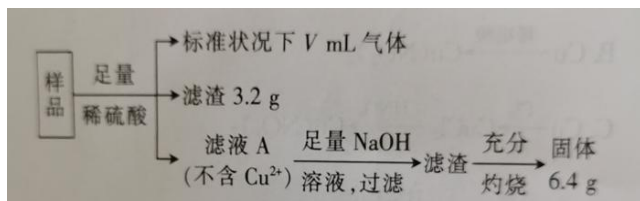
[关键词] 物质组成；计算；推测方法

【DOI】 10.12252/j.issn.2096-6261.2021.09.2268

一、原子守恒法

例1. 部分氧化的Fe—Cu合金样品，氧化产物为 Fe_2O_3 和 CuO

共8.0g，经如下处理：



下列说法不正确的是（ ）

- A、滤液A中的阳离子为 Fe^{2+} 、 H^+
- B、 $V=1344$
- C、样品中 CuO 的质量为4.0g4.48 g
- D、样品中Fe元素的质量为4.48g

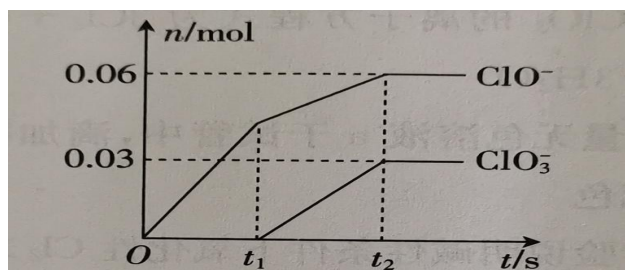
解析：加入硫酸后，发生复分解反应和氧化还原反应，离子氧化性排序， $\text{Fe}^{3+} > \text{Cu}^{2+} > \text{H}^+$ ，还原性排序 $\text{Fe} > \text{Cu}$ ，按照先强后弱的原则，Fe先后将 Fe^{3+} 、 Cu^{2+} 、 H^+ 还原成 Fe^{2+} 、 Cu 、 H_2 ，3.2克固体全部是Cu。硫酸足量，滤液A中阳离子为 Fe^{2+} 、 H^+ ，A正确。灼烧后固体为 Fe_2O_3 ，反应中Fe原子守恒， $n(\text{Fe}) = 6.4\text{g} / 160\text{g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 2 = 0.08\text{mol}$ ， $m(\text{Fe}) = 0.08\text{mol} \times 56\text{g} \cdot \text{mol}^{-1} = 4.48\text{g}$ ，D正确。由化学式 FeSO_4 可知，参加反应的硫酸的 $n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.08\text{mol}$ ， $n(\text{H}^+) = 0.16\text{mol}$ ，一部分生成氢气，一部分与氧元素结合生产水。样品中 $n(\text{O}) = (8 - 3.2 - 4.48)\text{g} / 16\text{g} \cdot \text{mol}^{-1} = 0.02\text{mol}$ ，结合 0.04mol H^+ 生成水， 0.12mol H^+ 生成氢气，则 $n(\text{H}_2) = 0.06\text{mol}$ ，标况下 $V = 0.06\text{mol} \times 22.4\text{L} / \text{mol} = 1.344\text{L} = 1344\text{mL}$ ，B正确。固体总量8.0g，Fe元素的总重量4.48g， CuO 的质量不超过3.52g，C错误。

方法小结：原子守恒法。对于混合物，反应复杂，头绪多的题型，抓住一种元素的原子物质的量，顺藤摸瓜，推定其他元素的量。定量计算中，可能用到由化学式找关系式，

有电子得失守恒找关系式，由物料守恒找关系式。

二、电子得失守恒法

例2. 将定量的 Cl_2 通入一定浓度的苛性钾溶液中，两者恰好完全反应（已知反应过程放热）生成物中有三种含氯元素的离子，其中 ClO^- 和 ClO_3^- 两种离子的物质的量（n）与反应时间（t）的变化关系如图所示下列说法不正确的是（ ）



- A. ClO_3^- 的生成是浓度减小引起的
- B. 反应中转移电子的物质的量是0.21mol
- C. 该反应的氧化产物有两种
- D. 苛性钾溶液中 KOH 的质量是16.8g

解析：氯气与氢氧化钾溶液反应生成次氯酸钾、氯酸钾和氯化钾，由图像知， $n(\text{ClO}^-) = 0.06\text{mol}$ ， $n(\text{ClO}_3^-) = 0.03\text{mol}$ ，由电子守恒可知生成的氯离子 $n(\text{Cl}^-) = 0.06\text{mol} \times (1-0) + 0.03\text{mol} \times (5-0) = 0.21\text{mol}$ ，即电子转移总数是0.21mol。根据物料守恒 $n(\text{K}^+) = n(\text{Cl}^-) + n(\text{ClO}^-) + n(\text{ClO}_3^-) = 0.21\text{mol} + 0.06\text{mol} + 0.03\text{mol} = 0.3\text{mol}$ ，由 $m = n \cdot M = 16.8\text{g}$ ，B、C、D项正确。由图像可知，氯气与氢氧化钾反应，先生成次氯酸钾，放热，随着温度升高，有氯酸钾生成，A项错误。

方法小结：电子得失守恒法。应用于氧化还原反应，这类解题思路：（1）找出氧化剂、还原剂及相应的还原产物和氧化产物。（2）找准一个原子或离子得失电子数，（注意化学式中粒子的个数）。（3）根据题中物质的物质的量和得失电子守恒列出等式。 $n(\text{氧化剂}) \times \text{变价原子个数} \times \text{化合价降}$

低值 $=n(\text{还原剂}) \times \text{变价原子个数} \times \text{化合价升高值}$ 。(4) 常见守恒关系及运用: ①反应前后元素种类和某种原子总数不变的原子守恒; ②电解质溶液中的电荷守恒; ③氧化还原反应中得失电子守恒、原电池或电解池中两级通过的电子总数相等; ④从守恒思路延伸到多步反应的关系式。

三、结果假设法

例3. 取一定质量的NaBr、NaI的混合物平均分成五等份, 分别加水配成溶液并编号为甲、乙、丙、丁、戊, 再分别向各溶液中通入一定体积的氯气, 将反应后所得溶液蒸干灼烧得固体, 通入氯气的体积与最终所得固体质量记录如下:

编号	甲	乙	丙	丁	戊
固体组成					NaCl
Cl ₂ 的体积/mL	V	2V	3V	4V	5V
固体质量/g	54.62	43.64	35.48	30.14	29.25

下列实验结论正确的是 ()

- A、甲溶液中发生的反应是 $\text{Cl}_2 + 2\text{Br}^- = 2\text{Cl}^- + \text{Br}_2$
 B、乙中固体组成为NaBr、NaCl
 C、标准状况V为2688mL
 D、原混合物中NaBr的物质的量为1mol

解析: 向NaBr、NaI通入氯气, 考虑置换反应的先后顺序, 还原性 $\text{I}^- > \text{Br}^- > \text{Cl}^-$, 所以先① $\text{Cl}_2 + 2\text{NaI} = 2\text{NaCl} + \text{I}_2$, 后② $\text{Cl}_2 + 2\text{NaBr} = 2\text{NaCl} + \text{Br}_2$ 。由氯原子守恒, 完全反应后, $n(\text{NaCl}) = n(\text{NaI}) + n(\text{NaBr}) = 29.25\text{g} / 58.5\text{g} \cdot \text{mol}^{-1} = 0.5\text{mol}$ 。A项, 由Na元素守恒可知, 固体甲的物质的量为0.5mol, 则平均摩尔质量为 $54.62\text{g} / 0.5\text{mol} = 109.24\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$, NaBr摩尔质量为 $103\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ NaI 摩尔质量为 $150\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$, 所以甲为NaI、NaBr、NaCl, I⁻未被完全氧化, A错。B项, 乙、丙对比固体减少8.16克, 丙、丁对比固体减少5.34克, 丁、戊减少0.89克, 说明丁中NaBr未反应完。假设乙中无NaI, 由于通入的氯气量相同, 则乙丙减少量应等于丙丁减少量, 与实际不符, 说明乙中含有NaI, 组成与甲相同, B错误。C项, 甲、乙固体组成相同, 从甲到乙固体减少量就是VL氯气与NaI反应, NaI与NaCl的质量差量。V L Cl₂反应的 $n(\text{NaI}) = (54.62 - 43.64) / (150 - 58.5) = 0.12\text{mol}$, V L Cl₂的物质的量为0.06 mol, 标况下V=1.344L, 即1344 mL, C项错。D项, 固体甲与通入氯气前相比, 减少的质量就是V L Cl₂反应消耗的NaI和生成的NaCl的质量的差值, 即 $54.62\text{g} - 43.64\text{g} = 10.98\text{g}$, 那么通入氯气之前, 固体质量是

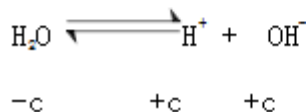
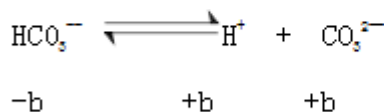
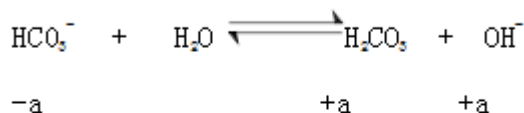
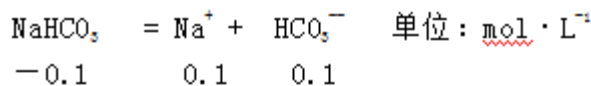
$54.62\text{g} + 10.98\text{g} = 65.6\text{g}$ 。设起始溶液含NaI物质的量为x, 含NaBr的物质的量为y, $x + y = 0.5$, $150x + 103y = 65.6$, 联立解得 $x = 0.3$, $y = 0.2$ 。原溶液分为五等分, 则原溶液NaBr的物质的量 $= 0.2\text{mol} \times 5 = 1\text{mol}$, 正确。

方法小结: 结果假设法。在解题过程中巧妙地通过某种假设, 可以帮助我们避开一些矛盾, 使复杂问题简单化, 在日常学习中, 只要我们善于总结, 恰当运用假设方法, 一定能起到融会贯通、举一反三的效果。

四、合理赋值法

例4. 由大到小写出 $0.1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaHCO₃溶液中各离子浓度的大小。

解析: NaHCO₃是强碱弱酸盐, 溶液显碱性, 说明HCO₃⁻以水解为主, 电离为辅。按反应程度由大到小, 并赋以数据 $a > b > c$ 为各离子浓度。



则 $c(\text{Na}^+) = 0.1$, $c(\text{HCO}_3^-) = 0.1 - a - b$, $c(\text{CO}_3^{2-}) = b$, $c(\text{OH}^-) = a + c$, $c(\text{H}^+) = b + c$, 由大到小排列离子浓度: $c(\text{Na}^+) > c(\text{HCO}_3^-) > c(\text{OH}^-) > c(\text{H}^+) > c(\text{CO}_3^{2-})$

方法小结: 合理赋值法。一般分三步, 第一步是确定溶液成分及酸碱性, 知晓水解和电离哪个程度大。第二步, 反应程度由大到小, 依次写出各步离子方程式, 设置由大到小的数据为各离子的浓度赋值。第三步, 计算各离子浓度并排序。

参考文献

- [1] 曹宏海. 高中化学解题中假设法的有效应用[J]. 数理化解题研究, 2020(34): 89-90.
 [2] 马晓艳. 守恒法在高中化学教学中的应用研究[D]. 合肥师范学院, 2020.