

例谈电荷守恒在高中化学中的应用

甘肃省张掖市山丹县第一中学 (734100) 温向前

电荷(电子)守恒是化学中普遍存在的一种规律.凡是化学反应均服从电荷守恒.在高中化学学习中,学生若能避开复杂的反应和中间过程,直接寻找始态和终态中特有的电荷守恒关系,能帮助学生更快、更便捷地解决较为复杂的问题,提高解题的速度和准确度.本文主要通过实例介绍电荷守恒在高中化学中的应用,旨在帮助学生理解和掌握电荷守恒的基本概念和基本方法,从而提高学生利用电荷守恒法解决化学问题的能力.

一、电荷守恒在电解质溶液中的应用

1. 方法介绍

由于电解质溶液一定呈电中性,所以电解质溶液中的阳离子所带的正电荷总数与阴离子所带的负电荷总数相等,即:阳离子的物质的量×阳离子的电荷数=阴离子的物质的量×阴离子的电荷数.因此,当涉及到与电解质溶液或固体离子化合物及它们的混合物中离子的物质的量或物质的量浓度等问题有关的化学问题时,可考虑电荷守恒法.

2. 例题解析

例1 在 $a\text{ L Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 和 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 的混合溶液中加入 $b\text{ mol BaCl}_2$,恰好使溶液中的 SO_4^{2-} 完全沉淀;如加入足量强碱并加热可得到 $c\text{ mol NH}_3$,则原溶液中 Al^{3+} 的浓度($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)为().

- A. $\frac{2b-c}{2a}$ B. $\frac{2b-c}{a}$
C. $\frac{2b-c}{3a}$ D. $\frac{2b-c}{6a}$

解析 由于产生 $c\text{ mol NH}_3$,则必定有 NH_4^+ $c\text{ mol}$,使 SO_4^{2-} 完全沉淀需 Ba^{2+} $b\text{ mol}$,因此 SO_4^{2-} 有 $b\text{ mol}$.根据电荷守恒: $2c(\text{SO}_4^{2-}) = c(\text{NH}_4^+) +$

► C. 元素①与元素⑥形成的化合物中不可能存在共价键

D. 元素⑧对应的氢氧化物可能具有两性

解析 根据原子半径和主要化合价可以判断出③④⑥⑦元素分别是 Li、P、Na、N,进而推断出①②⑤⑧元素分别是 O、Mg、Cl、B,选项 A 和 B 正确;元素①与元素⑥形成的化合物有 Na_2O 和 Na_2O_2 , Na_2O_2 中既存在离子键又存在非极性共价键,选项

$$3c(\text{Al}^{3+}) \text{ 则 } 3c(\text{Al}^{3+}) = (2 \times \frac{b}{a} - \frac{c}{a}) \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1},$$

$$c(\text{Al}^{3+}) = \frac{2b-c}{3a} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}.$$

例2 在硫酸、明矾和硫酸铝组成的混合溶液中 $c(\text{Al}^{3+}) = 0.3\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $c(\text{SO}_4^{2-}) = 0.7\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,由水电离的 $c(\text{H}^+) = 10^{-13}\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,则 $c(\text{K}^+)$ 为().

- A. $0.15\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ B. $0.2\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
C. $0.3\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ D. $0.4\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

解析 由水电离的 $c(\text{H}^+) = 10^{-13}\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,则由水电离的 $c(\text{OH}^-) = 10^{-13}\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,说明水的电离主要受到硫酸电离的抑制,溶液中的 $c(\text{H}^+) = 0.1\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.根据电荷守恒可得 $c(\text{Al}^{3+}) \times 3 + c(\text{H}^+) + c(\text{K}^+) = c(\text{SO}_4^{2-}) \times 2 + c(\text{OH}^-)$,则 $c(\text{K}^+) \approx 0.4\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

二、电荷守恒在氧化还原反应中的应用

1. 方法介绍

在氧化还原反应中(或系列化学反应中)氧化剂所得电子总数等于还原剂所失电子总数;或在电解池、原电池中两极转移的电子总数相等.常见的类型主要有:

- (1) 在氧化还原反应中:氧化剂得电子总数 = 还原剂失电子总数;
(2) 在电解过程中:阴极得电子总数 = 阳极失电子总数;
(3) 在原电池中:负极失去的电子数 = 正极得到的电子数.

在处理这三类问题时,一般应采取如下步骤进行处理:

C 错误;选项 D,由于元素 B 在周期表中处于金属和非金属交界线附近,且与 Al 处于同一族中,它们之间性质有相似之处,因此选项 D 正确.故不正确的为 C.

总之,只有对于元素所在的周期,对于化合物的常见性质,以及他们所存在的状态分门别类,了然于胸,比较熟练的掌握,才能快速地推断出来.

(收稿日期:2015-11-13)

第一步 找出氧化剂、还原剂及相应的还原产物和氧化产物;

第二步 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);

第三步 根据题中物质的物质的量和电子守恒列出等式,即 $n(\text{氧化剂}) \times \text{变价原子个数} \times \text{化合价变化值(高价} - \text{低价)} = n(\text{还原剂}) \times \text{变价原子个数} \times \text{化合价变化值(高价} - \text{低价)}$.

2. 例题解析

例3 ClO_2 是一种广谱型的消毒剂,根据世界环保联盟的要求 ClO_2 将逐渐取代 Cl_2 成为生产自来水的消毒剂.工业上常用 NaClO_3 和 Na_2SO_3 溶液混合并加 H_2SO_4 酸化后反应制 ClO_2 ,在以上反应中 NaClO_3 和 Na_2SO_3 的物质的量之比为().

- A. 1:1
- B. 2:1
- C. 1:2
- D. 2:3

解析 NaClO_3 和 Na_2SO_3 溶液混合产生 ClO_2 和 Na_2SO_4 根据氧化还原反应中电子得失守恒的关系,有

$$n(\text{NaClO}_3) \times 1 = n(\text{Na}_2\text{SO}_3) \times 2$$

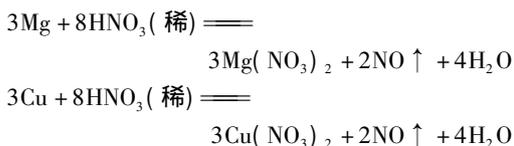
可求得 $n(\text{NaClO}_3) : n(\text{Na}_2\text{SO}_3) = 2:1$.

例4 将一定质量的镁、铜合金加入稀硝酸溶液中,两者恰好完全反应,假设反应过程中还原产物全部是 NO ,向所得溶液中加入物质的量浓度为 $3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 NaOH 溶液至沉淀完全,测得生成沉淀的质量比原合金的质量增加 5.1 g ,则下列有关叙述中正确的是().

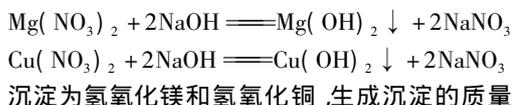
- A. 沉淀完全时消耗 NaOH 溶液的体积为 100 mL
- B. 参加反应的硝酸的物质的量为 0.1 mol
- C. 开始加入合金的质量可能为 16.4 g
- D. 标准状况下产物 NO 的体积为 22.4 L

解析 选 A.

将一定量的镁、铜合金加入稀硝酸中,两者恰好完全反应,金属、硝酸都没有剩余,反应中还原产物只有 NO ,发生反应:



向反应后的溶液中加入 $3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaOH 溶液至沉淀完全,发生反应:

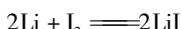


比原合金的质量增加 5.1 g ,则氢氧化镁和氢氧化铜含有氢氧根的质量为 5.1 g ,氢氧根的物质的量为 $5.1 \text{ g} / 17 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 0.3 \text{ mol}$,则镁和铜的总的物质的量为 $0.3 \text{ mol} / 2 = 0.15 \text{ mol}$.根据电子转移守恒,转移 0.3 mol 电子,生成 NO 为 $0.3 \text{ mol} / (5 - 2) = 0.1 \text{ mol}$.加入的氢氧化钠恰好与硝酸镁、硝酸铜反应,由上述分析可知,加入的 NaOH 为 0.3 mol ,故加入 NaOH 溶液的体积为 $0.3 \text{ mol} / 3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 0.1 \text{ L} = 100 \text{ mL}$,故 A 正确;根据方程式可知参加反应的 $n_{\text{反应}}(\text{HNO}_3) = \frac{8}{3} \times n(\text{金属}) = \frac{8}{3} \times 0.15 \text{ mol} = 0.4 \text{ mol}$,故 B 错误;镁和铜的总的物质的量为 0.15 mol ,假定全为镁,质量为 $0.15 \text{ mol} \times 24 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 3.6 \text{ g}$,若全为铜,质量为 $0.15 \text{ mol} \times 64 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 9.6 \text{ g}$,所以参加反应的金属的总质量(m)为 $3.6 \text{ g} < m < 9.6 \text{ g}$,故 C 错误;标准状况下 NO 的体积为 $0.1 \text{ mol} \times 22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} = 2.24 \text{ L}$,故 D 错误.

例5 取 Pt 和 Zn 为电极材料埋入人体内作为心脏起搏器的能源,它跟人体的体液中含有一定浓度的溶解 O_2 、 H^+ 和 Zn^{2+} 进行作用.

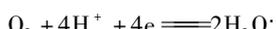
(1) 其正极的反应式为 _____ 负极的反应式为 _____

(2) 心脏起搏器是一种人造心脏激励器.它向心脏发送小的电脉冲,以使心脏有规则地跳动.大多数起搏器是由锂电池或银锌电池驱动.有一种心脏起搏器中使用的新型 $\text{Li} - \text{I}_2$ 电池使用寿命可超过 10 年,其反应可简化为:



则工作时负极的电极反应为 _____,根据你所学的碱金属的有关知识判断:该新型锂电池中能否用 LiI 水溶液作电解液? _____(选填“能”或“不能”)原因是 _____.

解析 (1) 正极反应式为:



负极反应式为:



(2) 负极: $2\text{Li} - 2\text{e} \rightleftharpoons 2\text{Li}^+$,不能,原因是: Li 在常温时能跟水剧烈反应.

总之,电荷守恒法是中学化学计算中一种很重要的方法与技巧,也是在高考试题中应用最多的方法之一,其特点是抓住有关变化的始态和终态,忽略中间过程,利用其中某种不变量建立关系式,从而简化思路,快速解题.

(收稿日期: 2015 - 11 - 22)