

不定方程讨论法在化学解题中的应用

宁夏银川市第九中学 750011 马会林

不定方程讨论法是解决化学计算的一种重要而又有效的方法之一。笔者现举例说明如下。

一、用不定方程讨论反应物间量的关系

例 1 将 Na_2O_2 、 HCl 和 Al_2O_3 一起溶于一定量的水中,完全反应后,测得所得溶液中只有 Na^+ 、 AlO_2^- 、 Cl^- (不考虑 AlO_2^- 的水解和水的电离) 则 Na_2O_2 、 HCl 和 Al_2O_3 的物质的量之比不可能是()。

A. 2:2:1 B. 3:3:1 C. 3:4:1 D. 4:6:1

解析 本题涉及的反应有: $2\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 4\text{NaOH} + \text{O}_2 \uparrow$ (1); $\text{HCl} + \text{NaOH} \rightleftharpoons \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ (2); $\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{NaOH} \rightleftharpoons 2\text{NaAlO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ (3)。据题意知: Na_2O_2 和水反应生成的 NaOH 恰好与 HCl 和 Al_2O_3 反应生成 NaCl 和 NaAlO_2 。设 Na_2O_2 、 HCl 和 Al_2O_3 的物质的量分别为 $x \text{ mol}$ 、 $y \text{ mol}$ 、 $z \text{ mol}$,可用以下三种方法列不定方程求解:

方法一 化学方程式法

由化学方程式(1)知: $x \text{ mol}$ Na_2O_2 反应生成 $2x \text{ mol}$ NaOH ;由化学方程式(2)知: $y \text{ mol}$ HCl 消耗 $y \text{ mol}$ NaOH ;由化学方程式(3)知: $z \text{ mol}$ Al_2O_3 消耗 $2z \text{ mol}$ NaOH 。由题知条件可得以下关系式: $y + 2z = 2x$ 将选项 A、B、C、D 代入上述关系式知 B 项不成立。故 B 项比例不可能。

方法二 原子守恒法

由题意知反应前后 Na 、 Cl 、 Al 原子守恒,所以可得以下原子守恒关系: $n(\text{Na}_2\text{O}_2) = \frac{1}{2}n(\text{Na}^+)$

$$= \frac{1}{2} [n(\text{NaCl}) + n(\text{NaAlO}_2)] = \frac{1}{2} [n(\text{HCl}) +$$

►品 不要把鼻孔凑到容器口闻药品的气味,不得尝任何药品的味道。

42. 金属活动顺序: (1) 金属的位置越靠前,它在水溶液中越容易失去电子变成离子,它的活动性就越强; (2) 排在氢前面的金属能置换出酸里的氢,排在氢后面的金属不能置换出酸里的氢; (3) 排在前面的金属能把排在后面的金属从它们

$2n(\text{Al}_2\text{O}_3)]$,即 $x = \frac{1}{2}(y + 2z)$,整理得: $2x = y +$

$2z$ 将选项 A、B、C、D 代入上述关系式知 B 项不成立。故 B 项比例不可能。

方法三 电荷守恒法

解析 由所得溶液中只有 Na^+ 、 AlO_2^- 、 Cl^- 得电荷守恒关系: $n(\text{Na}^+) = n(\text{Cl}^-) + n(\text{AlO}_2^-)$,即 $2n(\text{Na}_2\text{O}_2) = n(\text{HCl}) + 2n(\text{Al}_2\text{O}_3)$ 将 x 、 y 、 z 分别代入得 $2x = y + 2z$ 将选项 A、B、C、D 代入上述关系式知 B 项不成立。故 B 项比例不可能。

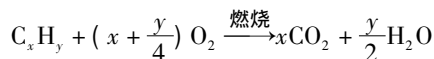
点评 方法一根据反应物间各量的关系,通过方程式列出不定方程,然后将选项所给比例代入不定方程进行判断。方法二是根据反应后终态原子守恒列出不定方程,然后代入不定方程进行判断。方法三是抓住溶液中只有 Na^+ 、 AlO_2^- 、 Cl^- (不考虑 AlO_2^- 的水解和水的电离) 这一重要信息,运用电荷守恒列出不定方程,使问题快速得以解决。

二、用不定方程讨论烃的分子式

例 2 25°C 某气态烃与 O_2 混合充入密闭容器中,点燃爆炸后又恢复至 25°C ,此时容器内压强为原来的一半,再经 NaOH 溶液处理,容器内几乎成为真空。该烃的分子式为()。

A. C_2H_4 B. C_2H_2 C. C_3H_6 D. C_3H_8

解析 由题知混合气体燃烧前后在相同温度下压强减小一半,则燃烧后气体的物质的量为原混合气体物质的量的一半,又知在 25°C 时燃烧产物 H_2O 是液态,燃烧后的气体只有 CO_2 (忽略水蒸气)。设该烃的分子式为 C_xH_y ,则有:



的盐溶液中置换出来。

43. 温度对固体溶解度的影响: (1) 大多数固体物质的溶解度随着温度的升高而增大; (2) 少数固体物质的溶解度受温度影响变化不大; (3) 极少数固体物质的溶解度随着温度的升高而减小。

(收稿日期: 2015-01-03)

由题意知: 烃和 O_2 的物质的量应为 CO_2 物质的量的 2 倍, 即 $1 + x + \frac{y}{4} = 2x$, 整理得不定方程: $x = 1 + \frac{y}{4}$ (x, y 均为正整数) 所以 y 为 4 的倍数。讨论如下:

当 $y = 4, x = 2$; 当 $y = 8, x = 3$; 当 $y = 12, x = 4$ (不合题意, 舍去)。故选 AD。

点评 本题通过分析反应前后在相同温度下压强减小一半, 找出生成物 CO_2 气体和原混合气体的物质的量的关系列不定方程, 然后依据 x, y 均为正整数和烃分子中 C、H 原子的关系进行讨论来确定烃的分子式。

三、用不定方程讨论金属的类别

例 3 将 6.5g 某金属跟过量稀硝酸反应时, 未观察到有气体放出, 但测知生成物中有 NH_4NO_3 。当向反应后的溶液中加入过量热的烧碱溶液时, 可放出一种气体, 体积为 560 mL (标准状况)。通过计算推断该金属是哪一种金属?

解析 设该金属为 M 。由题意知金属与硝酸反应生成 NH_4NO_3 , 即金属将硝酸还原为 NH_4NO_3 。可根据电子得失守恒建立不定方程, 通过讨论确定该金属。令金属的化合价为 $+n$, 金属的摩尔质量为 A g/mol, 则: $n(NH_3) = \frac{0.56 \text{ L}}{22.4 \text{ L/mol}} = 0.025 \text{ mol}$, 每 1 mol HNO_3 被还原生成 1 mol NH_4NO_3 时, 得到 8 mol 电子, 1 mol NH_4NO_3 对应产生 1 mol NH_3 。即:



则根据电子得失守恒得 $\frac{6.5 \text{ g}}{A \text{ g/mol}} \times n = 0.025$

$\times 8$ 整理得不定方程: $A = 32.5n$ (n 为 1, 2, 3)。

讨论如下:

当 $n = 1$ 时 $A = 32.5$, 无对应金属;

当 $n = 2$ 时 $A = 65$, 金属为 Zn;

当 $n = 3$ 时 $A = 97.5$, 无对应金属。

综上, 该金属是 Zn。

点评 本题根据氧化还原反应电子得失守恒列出不定方程, 然后依据金属的化合价和金属的摩尔质量进行讨论来确定金属。

四、用不定方程讨论产物的分子式

例 4 某金属单质跟一定浓度的硝酸反应,

假定只生成单一的还原产物。当参加反应的金属与被还原的 HNO_3 的物质的量之比为 2:1 时, 还原产物是()。

- A. NO_2 B. NO C. N_2O D. N_2

解析 由题意知金属与硝酸发生氧化还原反应, 要确定还原产物的分子式, 则要根据氧化还原反应电子得失守恒确定还原产物中 N 的化合价。而金属未知, 所以要设出金属的化合价和还原产物中 N 的化合价, 用电子得失守恒列出不定方程, 通过讨论确定还原产物的分子式。设金属的化合价为 $+n$, 还原产物中 N 的化合价为 x 。则可根据电子得失守恒得以下不定方程: $2n = (5 - x)(n$ 为 1, 2, 3) 讨论如下:

当 $n = 1$ 时 $x = 3$, 无此还原产物;

当 $n = 2$ 时 $x = 4$, 还原产物为 NO_2 ;

当 $n = 3$ 时 $x = -1$, 无此还原产物。

综上, 选 A。

点评 本题根据氧化还原反应电子得失守恒列出不定方程, 然后依据金属的化合价和还原产物中 N 的化合价进行讨论来确定还原产物。

五、用不定方程讨论不同核素构成的分子数之比

例 5 氯只有 ^{35}Cl 和 ^{37}Cl 两种稳定同位素, 它们在氯气中的原子数之比为 3:1。则相对分子质量为 70、72、74 的氯气分子数之比可能是()。

- A. 5:2:1 B. 5:2:2 C. 9:3:1 D. 9:3:2

解析 由题意知相对分子质量为 70、72、74 的氯气分子分别为 $^{35}Cl_2$ 、 $^{35}Cl^{37}Cl$ 、 $^{37}Cl_2$ 。设 $^{35}Cl_2$ 、 $^{35}Cl^{37}Cl$ 、 $^{37}Cl_2$ 物质的量分别为 x mol、 y mol、 z mol。则根据原子守恒得:

$$n(^{35}Cl) = (2x + y) \text{ mol}, n(^{37}Cl) = (2z + y) \text{ mol}$$

即得: $\frac{n(^{35}Cl)}{n(^{37}Cl)} = \frac{2x + y}{2z + y} = \frac{3}{1}$, 整理得不定方程: $x = y + 3z$ 。将 A、B、C、D 各项比值代入不定方程得, AD 符合题意。故 AD 正确。

点评 本题根据 ^{35}Cl 和 ^{37}Cl 两种稳定同位素在氯气中的原子数之比为 3:1 和氯气相对分子质量为 70、72、74 知: 由 ^{35}Cl 和 ^{37}Cl 构成的氯气分子式分别为 $^{35}Cl_2$ 、 $^{35}Cl^{37}Cl$ 、 $^{37}Cl_2$ 。然后根据原子守恒列出不定方程, 再进行判断。

点评 本题根据 ^{35}Cl 和 ^{37}Cl 两种稳定同位素在氯气中的原子数之比为 3:1 和氯气相对分子质量为 70、72、74 知: 由 ^{35}Cl 和 ^{37}Cl 构成的氯气分子式分别为 $^{35}Cl_2$ 、 $^{35}Cl^{37}Cl$ 、 $^{37}Cl_2$ 。然后根据原子守恒列出不定方程, 再进行判断。

(收稿日期: 2015-01-15)