

置换反应的分类与应用

湖南省衡阳县第三中学 421200 易建康

置换反应是无机反应中四类常见的反应类型之一,是熟练掌握元素化合物知识的重要途径,也是解析有关元素及化合物性质试题尤其是推断题的关键切入点。

一、置换反应的分类

根据置换反应中参加反应的单质和生成的单质的特点,将置换反应分为以下四类:

1. 金属置换金属

(1) 依据金属活动顺序表,用活泼性较强的金属置换活泼性较弱的金属,如 $\text{Fe} + \text{CuSO}_4 = \text{FeSO}_4 + \text{Cu}$ 。

(2) 通过铝热反应进行的置换,如 $2\text{Al} + \text{Fe}_2\text{O}_3 \xrightarrow{\text{高温}} \text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{Fe}$ 。

2. 金属置换非金属

常见的典型反应有: $2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{NaOH} + \text{H}_2 \uparrow$, $2\text{Al} + 6\text{H}^+ = 2\text{Al}^{3+} + 3\text{H}_2 \uparrow$, $2\text{Mg} + \text{CO}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{MgO} + \text{C}$, $3\text{Fe} + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \xrightarrow{\text{高温}} \text{Fe}_3\text{O}_4 + 4\text{H}_2$ 等。

3. 非金属置换金属

主要是还原性的非金属与金属氧化物的反应,如 $\text{H}_2 + \text{CuO} \xrightarrow{\Delta} \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$ 。

4. 非金属置换非金属

利用非金属性较强的单质与化合物反应生成非金属性较弱的金属,常见的主要反应有: $2\text{F}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{HF} + \text{O}_2$ 、 $\text{H}_2\text{S} + \text{X}_2 = 2\text{HX} + \text{S}$ (其中 X 代表 Cl、Br、I)、 $2\text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{S}$ 、 $\text{C} + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \xrightarrow{\Delta} \text{CO} + \text{H}_2$ 、 $2\text{C} + \text{SiO}_2 \xrightarrow{\text{高温}} \text{Si} + 2\text{CO} \uparrow$ 等。

二、试题解析

例1 下列物质中不能通过置换反应生成的是()。

A. Al_2O_3 B. F_2 C. Fe_3O_4 D. C

解析 Al 与难熔金属氧化物反应,即铝热反应生成 Al_2O_3 , Fe 与水蒸气反应后生成 Fe_3O_4 , CO_2 与 Mg 反应生成 C,而 F 是非金属性最强的元素,

不能通过置换反应制得 F_2 。

例2 下列关于置换反应: $\text{X} + \text{Y} = \text{W} + \text{Z}$ (反应条件略去) 的描述正确的是()。

A. 若 X 是金属单质,则 W 和 Z 中一定有一种物质是金属单质

B. 若 X 是非金属单质,则 W 和 Z 中一定有一种物质是非金属单质

C. 若 X 是含有金属元素的化合物,则 W 和 Z 中一定有一种是含金属元素的化合物

D. 若 X 是不含金属元素的化合物,则 W 和 Z 中一定有一种是非金属单质

解析 根据置换反应的分类,当 X 无论为金属单质还是非金属单质,生成物中的单质均可能为金属或为非金属。若 X 是含有金属元素的化合物,则在 W 和 Z 中,不一定有含金属元素的化合物,如 $\text{H}_2 + \text{CuO} \xrightarrow{\Delta} \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$ 。若 X 是不含金属元素的化合物,则发生置换反应时,生成物中一定有非金属单质。因此正确答案为 D。

例3 已知单质 X 与盐 Y 的水溶液发生置换反应生成单质 Z,则下列说法正确的是()。

A. 若 X 是金属单质,则 Z 一定是金属单质

B. 若 X 是非金属单质,则 Z 一定是非金属单质

C. 若 X 是金属单质,则 Z 可能是金属单质,也可能是非金属单质

D. 若 X 是非金属单质,则 Z 可能是金属单质,也可能是非金属单质

解析 由于单质 X 是与盐 Y 的水溶液反应,因此当 X 为非金属单质时 Z 不可能为金属单质。而当 X 为金属单质时 Z 可能为金属单质,也可能为非金属单质。此时,解题的关键在于对反应条件的理解,一种情况是与盐中的水发生反应,如 $2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{NaOH} + \text{H}_2 \uparrow$,另一种情况是与酸式盐反应,如 Fe 与 NaHSO_4 溶液反应后可得到 H_2 ,因此正确答案为 C。

例4 X、Y、Z 为短周期元素的单质,U、V 为

它们的化合物 这些物质之间的关系如图 1 所示 其中反应条件和某些产物已经略去 试回答如下问题:

(1) 如果 X、Y 的组成元素是同主族的, 写出反应 I 的化学反应方程式:

- ①若已知 V 是水: _____;
- ②若已知 U、V 均为氧化物_____。

(2) 如果 X、Y 的组成元素不同主族时, 按下列要求回答问题:

①X 组成元素是地壳中含量最多的金属元素时 则 X、Y、Z 的化学式是: X 为 _____; Y 为 _____; Z 为 _____。

②若 Y 组成元素在自然界中形成的化合物种类最多时 则 V、U 的化学式是: V 为 _____; U 为 _____。

③若 Z 是通常情况下密度最小的物质, 则反应 I 的化学反应方程式: _____。

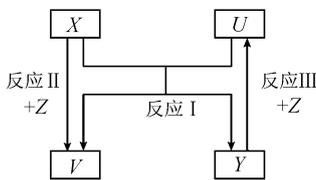


图 1

解析 由所给转化关系图可知, X 与 U 发生置换反应, 由于 X、Y 的组成元素是同主族, 则当 V 为水时, 符合条件的反应为: $2\text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 = 2\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$; 当 U、V 均为氧化物时, 符合条件的反应为: $\text{SiO}_2 + 2\text{C} \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{Si} + 2\text{CO}$ 。

地壳中含量最多的金属元素为 Al, 又由于 X、Y、Z 为短周期元素的单质, 则符合条件的反应为: $2\text{Al} + 6\text{HCl} = 2\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2 \uparrow$, X、Y、Z 分别为 Al、H₂、Cl₂; 在自然界中形成化合物种类最多的为 C, 对应的反应为: $2\text{Mg} + \text{CO}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{MgO} + \text{C}$; V、U 分别为 MgO、CO₂; 密度最小的物质为 H₂, 符合条件的反应方程式为: $2\text{F}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{HF} + \text{O}_2$ 或 $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{S} = 2\text{HCl} + \text{S}$ 。

例 5 A、B、C、D、E、F 六种物质的相互转化关系如图 2 所示(反应条件未标出), 其中反应①是置换反应。

(1) 若 A、D、F 都是非金属元素, 且 A、D 所含元素同主族, A、F 所含元素同周期, 则反应①的化

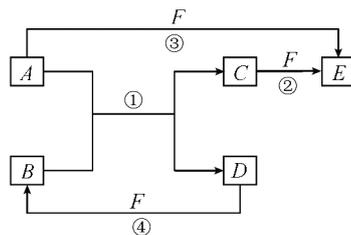


图 2

学方程式为_____。

(2) 若 A 是常见的金属元素, D、F 是气态单质, 反应①在水溶液中进行, 反应②(在水溶液中进行)的离子方程式是_____; 已知 1 g D 与 F 反应生成 B 时放出 92.3 kJ 的热量, 写出该反应的热化学方程式_____。

(3) 若 B、C、F 都是气态单质, 且 B 有毒, ③和④两个反应都有水生成, 反应②需要放电条件才能发生, A、D 相遇有白烟生成, 则 C 的电子式是_____, 反应③的化学方程式是_____。

(4) 若 A、D 为短周期元素单质, 且所含元素的原子序数 A 是 D 的 2 倍, 所含元素的原子核外最外层电子数 D 是 A 的 2 倍, ③和④两个反应中都有红棕色气体生成, 则反应④的化学方程式为_____。

解析 A 与 B 发生置换反应生成 C, C 与 F 反应生成 E, A 与 F 反应也能生成 E, 因此 E 中应含有变价元素。若 A、D、F 为非金属元素且 A 与 D 为同族, 则对应的反应为: $2\text{C} + \text{SiO}_2 \xrightarrow{\text{高温}} \text{Si} + 2\text{CO} \uparrow$; 当 A 为金属元素时, 由于 D、F 为气态且 E 中有变价元素, 符合条件的反应为: $\text{Fe} + 2\text{HCl} = \text{FeCl}_2 + \text{H}_2 \uparrow$, 反应②的离子方程式为: $\text{Fe}^{2+} + \text{Cl}_2 = 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{Cl}^-$; 在放电条件下能发生反应的为 N₂ 和 O₂, 相遇产生白烟为 NH₃ 和 HCl, 故 A 为 NH₃、B 为 Cl₂、C 为 N₂、D 为 HCl、F 为 O₂; 反应方程式略; 当 A、D 为短周期元素单质, 且所含元素的原子序数 A 是 D 的 2 倍, 所含元素的原子核外最外层电子数 D 是 A 的 2 倍, 则反应①为 $2\text{Mg} + \text{CO}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{MgO} + \text{C}$, 又③和④两个反应中有红棕色气体生成, 说明有 NO₂ 生成, ④为 C 与浓 HNO₃ 的反应, 方程式为: $\text{C} + 4\text{HNO}_3(\text{浓}) \xrightarrow{\Delta} \text{CO}_2 \uparrow + 4\text{NO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

(收稿日期: 2014 - 10 - 12)