

## 例析用化学式变形解两类有机试题

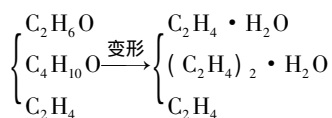
江西省赣州市一中学 (341000) 黄小勇

题型一: 求元素的质量分数

例1 在实验室制备的乙烯中, 不可避免混有乙醇、乙醚, 现有一瓶含乙醇、乙醚的乙烯气体, 经测知, 氧的质量分数为  $a\%$ .

能否求得 C 的质量分数? 若能则求之.

解析 乙醇、乙醚、乙烯的化学式及其变形如下:



即  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ 、 $(\text{CH}_3\text{CH}_2)_2\text{O}$ 、 $\text{C}_2\text{H}_4$  可视为  $\text{C}_2\text{H}_4$  与  $\text{H}_2\text{O}$  的混和物. 显然在  $\text{C}_2\text{H}_4$  与  $\text{H}_2\text{O}$  的混和物中已知氧的质量分数, 则可求出  $\text{H}_2\text{O}$  的质量分数, 进一步可求得碳的质量分数. 具体解法如下:

$$w(\text{O}) = a\% \quad \text{则} \quad w(\text{H}_2\text{O}) = \frac{18}{16} \times a\%$$

$$w(\text{C}_2\text{H}_4) = 1 - \frac{18}{16} a\%$$

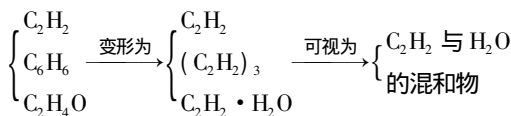
$$w(\text{C}) = \frac{12}{14} \left( 1 - \frac{18}{16} a\% \right) = \frac{6}{7} \left( 1 - \frac{9}{8} a\% \right).$$

通过上例的分析可知: 分子组成符合  $(\text{CH}_2)_m(\text{H}_2\text{O})_n$  的有机物作为混合物的组分均可求碳的质量分数.

例2 已知, 乙炔、苯、乙醛的混和气体中含碳 84%, 则混和物中氢、氧元素的质量分数分别为 ( ).

- A. 6% 和 10%      B. 8% 和 8%  
C. 10% 和 6%      D. 4% 和 12%

解析 三者的化学式及变形情况如下



$$\text{同理: } \therefore w(\text{C}) = 84\% \quad \text{则} \quad w(\text{C}_2\text{H}_2) = \frac{13}{12} \times 84\%$$

$$\text{则} \quad w(\text{H}_2\text{O}) = 1 - \frac{13}{12} \times 84\%$$

$$\text{则} \quad w(\text{O}) = \frac{16}{18} \left( 1 - \frac{13}{12} \times 84\% \right) = 8\%$$

$$w(\text{H}) = 1 - w(\text{O}) - w(\text{C}) = 8\%$$

答案: B.

组成符合  $(\text{CH})_m(\text{H}_2\text{O})_n$  的有机物均可作为该混合物的组分.

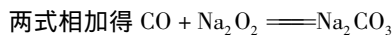
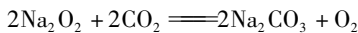
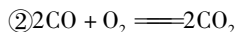
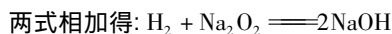
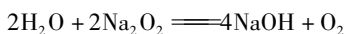
变形时通常选分子简单、组成元素少的物质为参照物, 其它物质通过变形转化为该参照物或该参照物与另一种物质的混和物, 如例 1 中的  $\text{C}_2\text{H}_4$ .

题型二: 与有机物燃烧相关的问题

例3 某温度下  $m$  克下列物质与足量  $\text{O}_2$  充分燃烧, 其燃烧产物立即与过量的  $\text{Na}_2\text{O}_2$  反应, 固体质量增加  $m$  克, 符合此要求的是 ( ).

- ① $\text{H}_2$     ② $\text{CO}$     ③ $\text{CO}$  与  $\text{H}_2$  混和气  
④ $\text{HCHO}$     ⑤ $\text{CH}_3\text{COOH}$   
A. ①②③      B. ③④  
C. ①②③④      D. ①②③④⑤

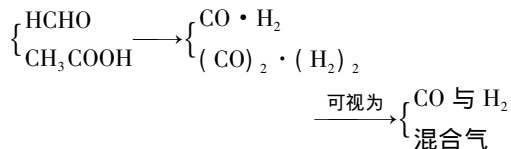
解析 ①  $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{H}_2\text{O}$



显然, 两个反应过程中, 固体的增量即为参与反应的  $\text{H}_2$ 、 $\text{CO}$  的质量.

③ 根据①②的结论, 即  $\text{H}_2$  或  $\text{CO}$  在  $\text{O}_2$  中充分燃烧后, 其产物立即与  $\text{Na}_2\text{O}_2$  作用, 固体物质的质量增量即为  $\text{H}_2$  或  $\text{CO}$  的质量. 因此,  $\text{CO}$  与  $\text{H}_2$  无论按何种比例混和, 固体的增量即为混和气的总质量.

④与⑤可变形为



④⑤亦满足条件. 因此答案: D.

凡化学式变形后符合通式  $(\text{CO})_n(\text{H}_2)_m$  的物质均满足题设情况. 在  $(\text{CO})_n(\text{H}_2)_m$  中  $n$ 、 $m$  为不同. 如  $n=2$ 、 $m=3$  时, 为  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$  乙二醇.

例4 只含碳、氢、氧的有机物, 为便于研究燃烧时反应物、生成物与所需氧气量的关系, 可用通式  $(\text{C}_x\text{H}_y)_m(\text{H}_2\text{O})_n$  或  $(\text{C}_x\text{O}_y)_m(\text{H}_2\text{O})_n$  表示,  $(m, n, x,$

$y$  为正整数)。

例如  $\text{CH}_3\text{OH}$ 、 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 、 $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$  等物质可用通式  $(\text{CH}_2)_m(\text{H}_2\text{O})_n$  表示, 它们的  $m$  分别为 1、2、3,  $n$  均为 1, 它们燃烧时所需的  $\text{O}_2$  和生成  $\text{CO}_2$  的体积比均为 3:2。

(1) 现有一类只含 C、H、O 的有机物, 它们燃烧时消耗的  $\text{O}_2$  和生成的二氧化碳的体积比为 5:4, 按照上述要求, 该类化合物的通式为 \_\_\_\_\_。

(2) 写出这类化合物中相对分子质量最小的物质的结构简式 \_\_\_\_\_。

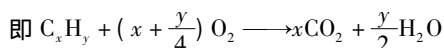
(3) 若这类化合物中生成的二氧化碳与生成的水的物质的量之比为 1:1, 能发生水解反应的物质的化学式是 \_\_\_\_\_, 式量最小的该物质能发生水解的同分异构体有 \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_。

(4) 若某类有机物可用通式  $(\text{C}_x\text{O}_y)_m(\text{H}_2\text{O})_n$  表示, 则在相同条件下, 该类化合物完全燃烧时消耗氧气的体积  $V(\text{O}_2)$  和生成  $\text{CO}_2$  的体积  $V(\text{CO}_2)$  必须满足的条件 \_\_\_\_\_。

(5) 现有一种有机物, 它们完全燃烧时  $V(\text{O}_2) : V(\text{CO}_2) = 3 : 4$ , 且它具有两个羧基, 其余的碳原子结合的原子或原子团都相同, 取 0.2625 g 该化合物恰好能与 25.00 mL 0.1000 mol/L 的 NaOH 完全中和, 则该有机化合物的结构简式 \_\_\_\_\_, 它与乙醇反应的方程式为 \_\_\_\_\_。

解析 烃的含氧衍生物的燃烧, 在研究其反应物、生成物及所需氧气的关系时, 通常将化学式中氧与氢结合写成  $\text{H}_2\text{O}$  的形式, 如果氧原子数过剩将其化学式变形为  $(\text{C}_x\text{O}_y)_m(\text{H}_2\text{O})_n$ ; 如果氧原子数不足则变形为  $(\text{C}_x\text{H}_y)_m(\text{H}_2\text{O})_n$ ; 如二者恰好符合  $\text{H}_2\text{O}$  的组成比, 则变形为  $\text{C}_m(\text{H}_2\text{O})_n$ 。对于  $\text{C}_m(\text{H}_2\text{O})_n$  燃烧时, 耗氧量(记为  $V(\text{O}_2)$  下同), 恰好等于生成的  $\text{CO}_2$  的体积(记为  $V(\text{CO}_2)$  下同); 而  $(\text{C}_x\text{O}_y)_m(\text{H}_2\text{O})_n$  燃烧时, 其  $V(\text{O}_2) < V(\text{CO}_2)$ ;  $(\text{C}_x\text{H}_y)_m(\text{H}_2\text{O})_n$  燃烧时, 其  $V(\text{O}_2) > V(\text{CO}_2)$ 。

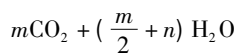
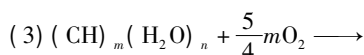
(1) 由于  $V(\text{O}_2) / V(\text{CO}_2) = 5 : 4$ , 即  $V(\text{O}_2) > V(\text{CO}_2)$ , 则其化学式应符合通式  $(\text{C}_x\text{H}_y)_m(\text{H}_2\text{O})_n$ , 研究  $V(\text{O}_2)$  与  $V(\text{CO}_2)$  的关系, 可只需考虑  $(\text{C}_x\text{H}_y)_m(\text{H}_2\text{O})_n$  中的  $\text{C}_x\text{H}_y$  的部分。



$$\text{显然: 有 } \frac{(x + \frac{y}{4})}{x} = 5 : 4 \quad \text{化简得 } x = y$$

通式为  $(\text{CH})_m(\text{H}_2\text{O})_n$

(2) 因烃的含氧衍生物中 H 原子数必为偶数, 故式量最小为  $m = 2, n = 1$ , 即  $\text{CH}_3\text{CHO}$ 。



依题设条件, 则:

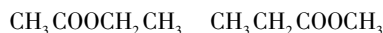
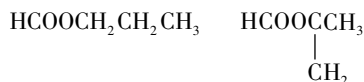
$$V(\text{CO}_2) : V(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m}{\frac{m}{2} + n} = 1 : 1$$

得:  $m = 2n$

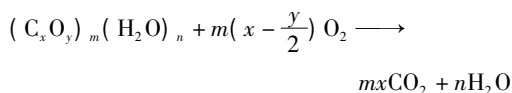
通式为  $(\text{CH})_{2n}(\text{H}_2\text{O})_n$ , 即  $\text{C}_{2n}\text{H}_{4n}\text{O}_n$ 。

该化合物能水解, 且 H 原子数为 C 原子数的 2 倍, 通常应为饱和一元酯。

$\therefore n = 2$ , 即为  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$ , 其能水解的同分异构体应为:



(4) 若有机物能用通式  $(\text{C}_x\text{O}_y)_m(\text{H}_2\text{O})_n$  表示, 则必然有  $V(\text{O}_2) < V(\text{CO}_2)$ , 定量的关系如下:



$$V(\text{O}_2) : V(\text{CO}_2) = m\left(x - \frac{y}{2}\right) : mx = \left(x - \frac{y}{2}\right) : x$$

$$(5) V(\text{O}_2) : V(\text{CO}_2) = 3 : 4 \quad \text{即 } \left(x - \frac{y}{2}\right) : x = 3 : 4$$

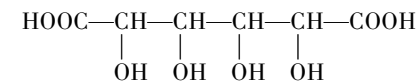
$\therefore x = 2y$ , 即通式为  $(\text{C}_{2y}\text{O}_y)_m(\text{H}_2\text{O})_n$

分子中有两个  $-\text{COOH}$ , 则 1 mol 该物质中和 2 mol NaOH

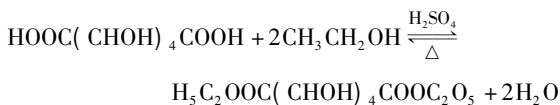


则  $m = 210 \text{ g}$ ,  $\therefore$  其摩尔质量为 210g/mol。

在  $(\text{C}_{2x}\text{O}_y)_m(\text{H}_2\text{O})_n$  中 O 原子数比 H 原子数的多, 考虑到两个  $-\text{COOH}$  的式量和为 90, 则其余的 C 原子上不可能全为  $\text{CH}_2$  结构, 而  $210 - 90 = 120$  是一  $\text{CHOH}$  一式量(为 30)的整数倍, 故其为:



它与乙醇反应的方程式为:



(收稿日期: 2015 - 10 - 13)