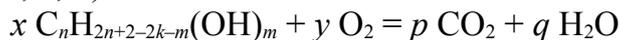


Школьные задачи / Химия / X-18

Дано уравнение горения спирта состава $C_nH_{2n+2-2k-m}(OH)_m$ (n – число атомов углерода в молекуле; $k = 0, 1, 2, 4$; $m = 1, 2, 3$):



Найти значения коэффициентов уравнения x, y, p, q .

Решение

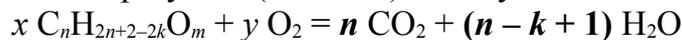
Из условий задачи следует, что величины x, y, p, q должны представлять или конкретные числа, или математические выражения, содержащие n, k и m . Для удобства запишем формулу спирта как $C_nH_{2n+2-2k}O_m$:



Одна молекула углеводорода содержит n атомов С, а поскольку в молекуле углекислого газа один атом углерода, то из одной молекулы $C_nH_{2n+2-2k}O_m$ получится n молекул CO_2 :



Далее, в молекуле воды два атома водорода, а в молекуле $C_nH_{2n+2-2k}O_m$ их $2 \cdot (n + 1 - k)$, следовательно, в ходе реакции образуется $(n - k + 1)$ молекул воды:

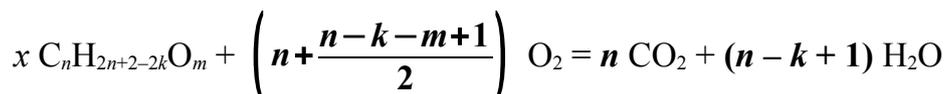


Так как молекула кислорода двухатомна, то на образование $(n - k + 1)$ молекул воды должно потребоваться $\frac{n - k + 1}{2}$ молекул O_2 . Кроме этого, ещё n молекул кислорода нужно для

образования n молекул углекислого газа. Таким образом надо $\left(n + \frac{n - k + 1}{2}\right)$ молекул O_2 , но m атомов кислорода у нас уже есть в молекуле спирта – если учесть и их (а это $\frac{m}{2}$ молекул O_2), то всего молекул кислорода понадобится

$$n + \frac{n - k + 1}{2} - \frac{m}{2} = n + \frac{n - k - m + 1}{2}$$

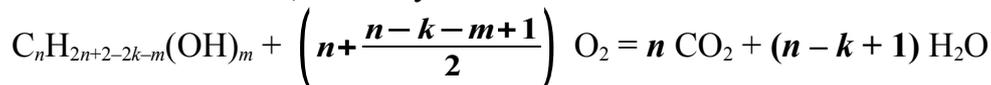
и



Легко видеть, что в зависимости от того, будет ли величина $(n - k - m + 1)$ чётной или нечётной значения коэффициента перед кислородом получится либо целым, либо полуцелым. В связи с этим рассмотрим оба варианта.

1) $(n - k - m + 1)$ – чётное

В этом случае достаточно одной молекулы $C_nH_{2n+2-2k}O_m$, чтобы количества атомов в обеих частях уравнения были одинаковы, поэтому его можно записать в виде



Таким образом получается, что $x = 1$; $y = n + \frac{n - k - m + 1}{2}$; $p = n$; $q = n - k + 1$.

2) $(n - k - m + 1)$ – нечётное

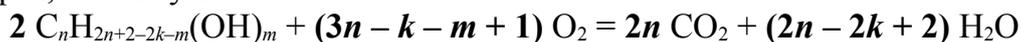
Здесь понадобится удвоить все уже подобранные значения коэффициентов. В уравнении будет фигурировать следующее количество молекул кислорода:

$$2 \cdot \left(n + \frac{n - k - m + 1}{2}\right) = 2n + 2 \cdot \frac{n - k - m + 1}{2} = 2n + n - k - m + 1 = 3n - k - m + 1$$

Уравнение запишется в виде



Чтобы числа атомов в обеих частях уравнения были одинаковы, понадобится две молекулы спирта, поэтому окончательно имеем:



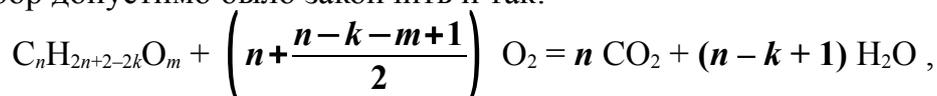
и $x = 2$; $y = 3n - k - m + 1$, $p = 2n$; $q = 2n - 2k + 2$.

О т в е т

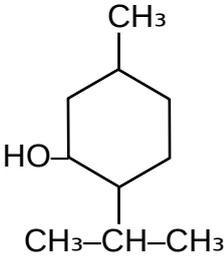
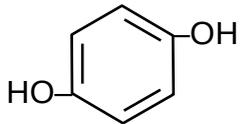
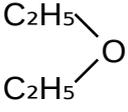
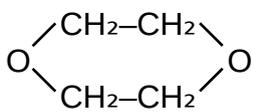
Для чётного $(n - k - m + 1)$: $x = 1$; $y = n + \frac{n - k - m + 1}{2}$; $p = n$; $q = n - k + 1$; для нечётного $(n - k - m + 1)$: $x = 2$; $y = 3n - k - m + 1$, $p = 2n$; $q = 2n - 2k + 2$.

Комментарий

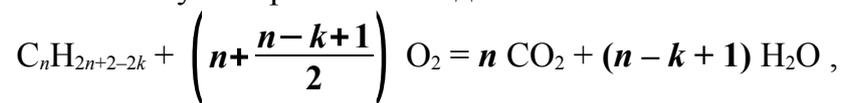
При $n > 1$ появляется принципиальная возможность изомерии спирта с простым эфиром, поэтому если формулу записать как $C_n H_{2n+2-2k} O_m$ и принять во внимание, что в уравнениях реакций иногда используют дробные значения коэффициентов (см. комментарий к заданию X-16), то их подбор допустимо было закончить и так:



Запись в этом случае получается довольно универсальной, величина k характеризует суммарное количество циклов и двойных связей, имеющих в углеводородной части молекулы спирта, а m равна числу гидроксильных групп – указанные в условии задачи значения 1, 2 и 3 соответствуют рассматриваемым в школьном курсе одно-, двух- и трёхатомным спиртам (или фенолам, если гидроксил непосредственно соединён с ароматическим кольцом). Ниже в таблице приведены примеры для некоторых конкретных соединений:

Вещество	Формула	$n / k / m$	Уравнение реакции горения
ментол		10 / 1 / 1	$2 C_{10}H_{19}(OH) + 29 O_2 = 20 CO_2 + 20 H_2O$
гидрохинон		6 / 4 / 2	$2 C_6H_4(OH)_2 + 13 O_2 = 12 CO_2 + 6 H_2O$
ксилит	$\begin{array}{cccccc} CH_2 & -CH- & -CH- & -CH- & -CH_2 \\ & & & & \\ OH & OH & OH & OH & OH \end{array}$	5 / 0 / 5	$2 C_5H_7(OH)_5 + 11 O_2 = 10 CO_2 + 12 H_2O$
диэтиловый эфир		4 / 0 / 1	$C_4H_{10}O + 6 O_2 = 4 CO_2 + 5 H_2O$
1,4-диоксан		4 / 1 / 2	$C_4H_8O_2 + 5 O_2 = 4 CO_2 + 4 H_2O$

Отдельно стоит отметить вариант, когда $m = 0$, то есть молекула вещества не содержит кислорода. Уравнение в этом случае принимает вид



то есть описывает горение углеводорода, которое рассматривалось отдельно в качестве самостоятельной задачи (упражнение X-16).

© Широков Александр, 31.10.2024