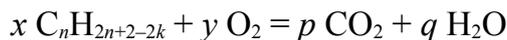


## Школьные задачи / Химия / X-16

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

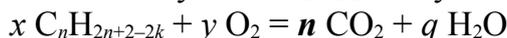


Найти значения коэффициентов уравнения  $x, y, p, q$ .

### Решение

По условию задачи величины  $x, y, p, q$  должны представлять или конкретные числа, или математические выражения, содержащие  $n$  и  $k$ .

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

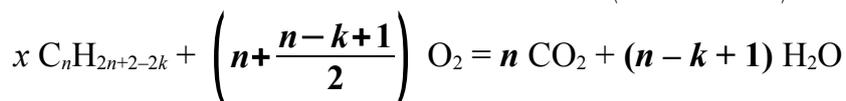


Далее, в молекуле воды два атома водорода, а в молекуле  $C_nH_{2n+2-2k}$  их  $2 \cdot (n + 1 - k)$ , следовательно, в ходе реакции образуется  $(n - k + 1)$  молекул воды:



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

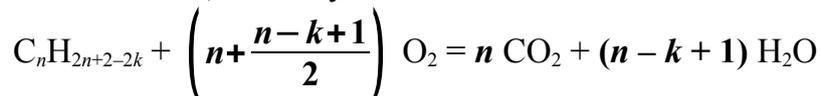
$n$  молекул углекислого газа. Таким образом всего требуется  $\left(n + \frac{n - k + 1}{2}\right)$  молекул кислорода:



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

1)  $(n - k + 1)$  – чётное

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



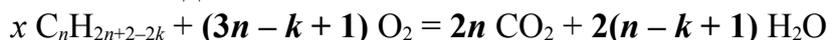
Таким образом получается, что  $x = 1$ ;  $y = n + \frac{n - k + 1}{2}$ ;  $p = n$ ;  $q = n - k + 1$ .

2)  $(n - k + 1)$  – нечётное

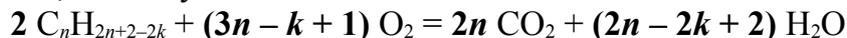
Здесь нужно будет удвоить все уже подобранные значения коэффициентов. В уравнении будет фигурировать следующее количество молекул кислорода:

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

Уравнение запишется в виде



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



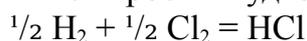
и  $x = 2$ ;  $y = 3n - k + 1$ ;  $p = 2n$ ;  $q = 2n - 2k + 2$ .

О т в е т

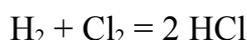
Для чётного  $(n - k + 1)$ :  $x = 1$ ;  $y = n + \frac{n - k + 1}{2}$ ;  $p = n$ ;  $q = n - k + 1$ ; для нечётного  $(n - k + 1)$ :  $x = 2$ ;  $y = 3n - k + 1$ ;  $p = 2n$ ;  $q = 2n - 2k + 2$ .

Комментарий

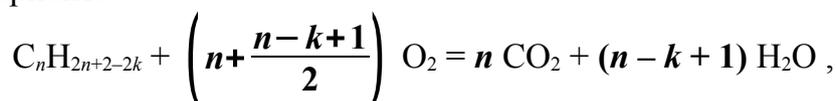
В школьном курсе химии принято использовать целые значения коэффициентов в уравнениях химических реакций. Именно по этой причине при решении задачи рассмотрены варианты с чётным и нечётным значениями  $(n - k + 1)$ . Тем не менее стоит помнить, что коэффициенты выражают мольное соотношение вступающих в реакцию и образующихся в ходе неё веществ, поэтому использование полуцелых (а в общем случае – дробных) значений тоже вполне допустимо и встречается в химической литературе, ведь в случае необходимости от «половинчатости молекул» легко избавиться простым удвоением. Сравните:



и

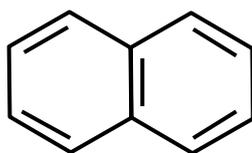


На основании сказанного считаю, что при решении задачи вполне допустимо было бы остановиться и на варианте



не рассматривая случаи с чётностью и нечётностью.

Перечисленные в условии задачи конкретные значения  $k$  соответствуют классам углеводородов, изучаемым в школьном курсе химии: алканы (0), алкены или циклоалканы (1), алкадиены или алкины (2), а также арены (4). Величина  $k$  характеризует суммарное количество имеющихся в молекуле углеводорода циклов и двойных связей (с допущением, что тройная связь стехиометрически эквивалентна двум двойным), поэтому полученное общее уравнение горения оказывается применимым значительно шире. Например, в молекуле нафталина десять атомов углерода ( $n = 10$ ), образующих два цикла, кроме того, там формально имеются пять двойных связей:



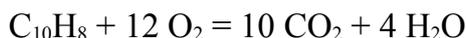
Таким образом

$$k = 2 + 5 = 7$$

Число атомов водорода в молекуле нафталина получается равным

$$2n + 2 - 2k = 2 \cdot 10 + 2 - 2 \cdot 7 = 8,$$

и брутто-формула этого вещества действительно  $\text{C}_{10}\text{H}_8$ . Нетрудно проверить, что при подстановке «нафталиновых» значений  $n$  и  $k$  в уравнение горения получаются правильные коэффициенты:



© Широков Александр, 31.10.2024