Школьные задачи / Химия / X-24

Дан углеводород состава $C_nH_{2n+2-2k}$ ($k = 0, 1, 2, 4$). При каких значениях n в реально существующих веществах углероду может быть приписана степень окисления, имеющая целое значение?

Решение

При решении задачи будем опираться на алгоритм, описанный в разборе задания X-20.

Углеводород состоит из двух элементов, причём водород имеет меньшую электроотрицательность (ЭО) по сравнению с углеродом:

$$\text{ЭО(H)} < \text{ЭО(C)}$$

Это означает, что у водорода в $C_nH_{2n+2-2k}$ степень окисления всегда будет +1. Обозначаем степень окисления углерода как x , составляем уравнение и решаем его относительно этой переменной, помня, что n – натуральное число (количество атомов углерода в молекуле):

$$\begin{aligned} n \cdot x + (2n + 2 - 2k) \cdot (+1) = 0 & \Leftrightarrow n \cdot x + 2n + 2 - 2k = 0 & \Leftrightarrow n \cdot x = -2n + 2k - 2 & \Leftrightarrow \\ & \Leftrightarrow x = \frac{-2n + 2k - 2}{n} & \Leftrightarrow x = -2 + \frac{2k - 2}{n} \end{aligned}$$

Чтобы степень окисления углерода формально была целым числом, выражение $\frac{2k-2}{n}$ также должно принимать целое значение. Переберём указанные в условии варианты для k .

а) $k = 0$

Нулевое значение k соответствует алканам C_nH_{2n+2} (см. комментарий к заданию X-16). В этом случае $x = -2 - \frac{2}{n}$ и предъявляемому требованию степень окисления будет удовлетворять только при $n = 1$ (метан CH_4) и $n = 2$ (этан C_2H_6).

б) $k = 1$

Здесь выходит, что $\frac{2k-2}{n} = 0$, то есть при любом $n > 1$ будет $x = -2$ (формуле CH_2 , получающейся при $n = 1$, соответствует очень реакционноспособный радикал метилен, а не стабильное вещество). Это, в свою очередь, говорит о том, что в алкенах и циклоалканах (у тех и других общая формула как раз C_nH_{2n}) номинальная степень окисления углерода -2 .

в) $k = 2$

Данный вариант означает, что $x = -2 + \frac{2}{n}$. Формально для целого значения x допустимо, когда $n = 1$ и $n = 2$, но углеводород состава CH_0 ($2n + 2 - 2k = 2 \cdot 1 + 2 - 2 \cdot 2 = 0$) невозможен и остаётся единственный реалистичный вариант с $n = 2$ (ацетилен C_2H_2).

г) $k = 4$

В этом случае имеем, что $x = -2 + \frac{6}{n}$. Формально x получится целым при $n = 1; 2; 3; 6$, однако вещества состава CH_{-6} , C_2H_{-2} (отрицательное число атомов водорода в молекуле!) и C_3H_0 невозможны и потому остаётся лишь одно допустимое значение $n = 6$ (например, бензол C_6H_6).

О т в е т

а) $k = 0$: $n = 1, n = 2$; б) $k = 1$: $n > 1$; в) $k = 2$: $n = 2$; г) $k = 4$: $n = 6$.

© Широков Александр, 23.02.2025