

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

Тема: Составление уравнений горения в воздухе. Определение группы горючести

Цель работы: Закрепить необходимые навыки для выполнения данных практических занятий.

Результат выполнения практической работы №1 - овладение умениями записывать химические уравнения горения в воздухе; определять горючесть индивидуальных веществ по коэффициенту горючести.

ОПИСАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Горение в большинстве случаев сложный химический процесс, состоящий из элементарных окислительно-восстановительных реакций. Окислителями также могут быть Cl_2 , Br_2 , S , O_2 , кислородсодержащие вещества и т.п.

При горении в атмосфере окислителем является кислород, входящий в состав воздуха. Но кислород к зоне горения поступает не в чистом виде, а вместе с другими компонентами воздуха, главнейшим из которых является азот. Учитывая, что содержание других инертных газов в воздухе составляет не более 1%, их количество объединяют с азотом, и состав воздуха условно принимают таким: азот - 79% объема или 0,77 массовых частей; кислород - 21% и 0,23 соответственно. Таким образом, при горении на один моль кислорода, который принимает участие в реакции горения, приходится

$79:21 = 3,76$ моль азота. В уравнениях реакции горения состав воздуха записывается как $\text{O}_2 + 3,76\text{N}_2$.

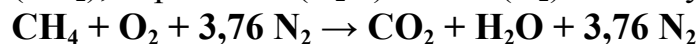
Уравнение реакции горения составляется на **1 моль горючего вещества**, т.е. коэффициент перед горючим веществом не ставят. Поэтому в уравнениях реакций горения могут присутствовать и дробные стехиометрические коэффициенты. Стехиометрический коэффициент – это цифра, которая ставится перед химической формулой соединения, и которая указывает количество молекул химического соединения, принимающего участие в химической реакции; индекс – это цифра, которая ставится внизу справа около символа каждого атома, и указывает количество атомов данного элемента в химической формуле. Если индекс около символа не поставлен, это означает, что в молекуле один атом данного элемента; если не поставлен коэффициент перед химической формулой соединения, то это означает, что в процессе принимает участие одна молекула данного вещества. При составлении уравнений реакции горения предполагается, что происходит полное сгорание горючего вещества, при этом воздух поступает в стехиометрическом соотношении. Количество моль воздуха, необходимого для полного сгорания горючего вещества, обозначается стехиометрическим коэффициентом β . Качественный состав продуктов горения зависит от того, атомы каких элементов входят в состав горючего вещества. В случае присутствия в горючем веществе : углерода **C** и водорода **H** образуются оксид углерода (IV) (углекислый газ, диоксид углерода) CO_2 и вода H_2O ; серы **S** - образуется оксид серы (IV) (диоксид серы) SO_2 ; фосфора **P** - образуется фосфорный ангидрид P_2O_5 ; кремния **Si** - образуется оксид кремния (IV) (диоксид кремния) SiO_2 ; металла - образуется оксид металла; в случае присутствия атомов азота **N** выделяется молекулярный азот N_2 , который

записывается отдельно от азота, содержащегося в воздухе; галогенов (*F, Cl, Br, I*) (если в состав горючего вещества входит водород) - образуются галогеноводороды (*HF, HCl, HBr, HI*). Для правильного составления реакций горения важно сначала уравнивать количество атомов углерода, потом серы, фосфора и кремния, потом уравнивается количество галогенов, после этого - количество водорода. Последними уравнивают количества атомов кислорода и азота в правой и левой частях уравнения.

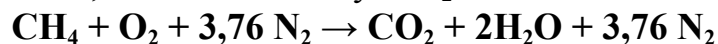
Пример решения задачи

Составить уравнение реакции горения в воздухе метана CH_4 и нитрометана CH_3NH_2 .

При горении метана в воздухе продуктами горения будут углекислый газ (CO_2), пары воды (H_2O) и азот (N_2) из воздуха:

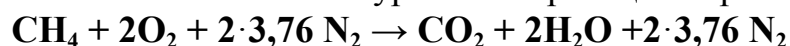


Уравниваем эту реакцию, в результате чего число атомов каждого элемента в правой части уравнения должно равняться числу атомов этих элементов в левой части. Сначала уравниваем количество атомов углерода: углерода в молекуле метана 1 атом, следовательно, в продуктах горения образуется 1 молекула углекислого газа; атомов водорода в молекуле метана 4, значит, в продуктах горения образуется 2 молекулы воды, так как в молекуле H_2O два атома водорода ($4:2 = 2$):

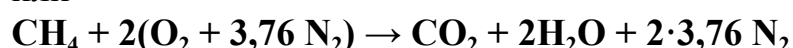


Теперь подсчитываем число атомов кислорода в правой части уравнения: число атомов кислорода в 1 молекуле CO_2 равно 2; в состав 1 молекулы воды входит 1 атом кислорода, число атомов кислорода в 2 молекулах воды равно 2 ($2 \cdot 1 = 2$). Всего в правой части получается 4 атома кислорода ($2 + 2 = 4$), следовательно, в левой части перед кислородом мы должны поставить коэффициент равный 2 ($4:2 = 2$), т. к. в молекуле кислорода 2 атома. Коэффициент перед азотом в левой и правой частях уравнения будет равен коэффициенту перед кислородом, умноженному на 3,76.

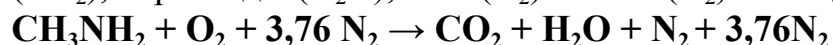
Окончательная запись уравнения реакции горения метана в воздухе имеет вид:



или



При горении нитрометана в воздухе продуктами горения будут углекислый газ (CO_2), пары воды (H_2O), азот (N_2) и азот (N_2) из воздуха:



Расставим коэффициенты в этой реакции. Сначала уравниваем количество атомов углерода: углерода в молекуле метана 1 атом, следовательно, в продуктах горения образуется 1 молекула углекислого газа; атомов водорода в молекуле метана 5, значит, в продуктах горения образуется 2,5 молекулы воды, так как в молекуле H_2O два атома водорода ($5:2 = 2,5$):

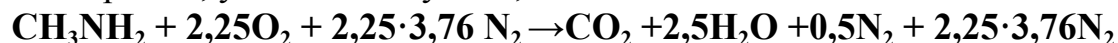


Уравниваем количество атомов азота, выделившегося из нитрометана при горении. В молекуле нитрометана 1 атом азота, следовательно, в правой части уравнения число молекул азота, выделившегося из нитрометана, равно 0,5 ($1:2=0,5$):



Подсчитываем число атомов кислорода в правой части уравнения: число атомов кислорода в 1 молекуле CO_2 равно 2; в состав 1 молекулы воды входит 1 атом кислорода, число атомов кислорода в 2,5 молекулах воды равно 2,5

($2,5 \cdot 1 = 2,5$). Всего в правой части получается 4,5 атома кислорода ($2 + 2,5 = 4,5$), следовательно, в левой части перед кислородом мы должны поставить коэффициент равный 2,25 ($4,5 : 2 = 2,25$), т. к. в молекуле кислорода 2 атома. Коэффициент перед азотом воздуха в левой и правой частях уравнения будет равен коэффициенту перед кислородом, умноженному на 3,76:



или



Горючие вещества и материалы можно классифицировать по разным признакам: по химической природе, происхождению, агрегатному состоянию и т.п.

Для определения горючести индивидуальных веществ служит коэффициент горючести:

$$K_{\Gamma} = 4n_{\text{C}} + 4n_{\text{S}} + n_{\text{H}} + n_{\text{N}} - 2n_{\text{O}} - 2n_{\text{Cl}} - 3n_{\text{F}} - 5n_{\text{Br}},$$

где n_{C} , n_{S} , n_{H} , n_{N} , n_{O} , n_{Cl} , n_{F} , n_{Br} – число соответствующих атомов в молекуле вещества.

Если коэффициент горючести больше или равен единице, то вещество горючее, если меньше единицы, то вещество негорючее.

Пример решения задачи

Рассчитать коэффициент горючести нитрометана CH_3NO_2 и угольной кислоты H_2CO_3 .

$$K_{\Gamma} = 4n_{\text{C}} + 4n_{\text{S}} + n_{\text{H}} + n_{\text{N}} - 2n_{\text{O}} - 2n_{\text{Cl}} - 3n_{\text{F}} - 5n_{\text{Br}}$$

$$K_{\Gamma}(\text{CH}_3\text{NO}_2) = 4n_{\text{C}} + n_{\text{H}} + n_{\text{N}} - 2n_{\text{O}} = 4 \cdot 1 + 3 + 1 - 2 \cdot 2 = 4$$

$$K_{\Gamma}(\text{H}_2\text{CO}_3) = 4n_{\text{C}} + n_{\text{H}} - 2n_{\text{O}} = 4 \cdot 1 + 2 \cdot 1 - 2 \cdot 3 = 0$$