

## 10 класс

**10.1** Один моль смеси этилена с водородом, имеющий плотность по водороду 9, нагрели в замкнутом сосуде с платиновым катализатором при  $350^{\circ}\text{C}$ , при этом давление в сосуде уменьшилось на 20 %. Рассчитайте выход реакции (в % от теоретического).

### Решение:

Определим молекулярную массу смеси:

$$Mr_{\text{смеси}} = D_{H_2} \cdot M_{H_2} = 9 \cdot 2 = 18.$$

Определим состав исходной смеси:

$$18 = M_{C_2H_4} \cdot \varphi + M_{H_2} \cdot (1 - \varphi) = 28 \cdot \varphi + 2 \cdot (1 - \varphi)$$

$$18 = 28 \cdot \varphi + 2 \cdot (1 - \varphi)$$

$$26 \cdot \varphi = 16$$

$$\varphi = 0,615$$

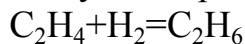
Состав исходной смеси:

$$\nu_{C_2H_4} = 0,615 \text{ моль} \quad \nu_{H_2} = 0,385 \text{ моль},$$

водород в недостатке.

Определим состав смеси после реакции.

Этилен с водородом взаимодействуют по реакции:



Пусть в реакции прореагировало  $x$  моль  $H_2$ , тогда состав смеси после реакции:

$$\nu_{C_2H_4} = 0,615 - x$$

$$\nu_{H_2} = 0,385 - x$$

$$\nu_{C_2H_6} = x$$

В сумме:  $1 - x$  моль.

Определим количество продукта реакции.

По условию задачи, давление после реакции упало на 20%, т.е. стало  $0,8P_{\text{исх}}$ . Из уравнения Менделеева-Клапейрона получаем для одного моля смеси при постоянных объеме и температуре:

$$\text{исходная смесь: } V = \frac{\nu \cdot R \cdot T}{P},$$

$$\text{конечная смесь: } V = \frac{(\nu - x) \cdot R \cdot T}{0,8 \cdot P},$$

$$\frac{\nu \cdot R \cdot T}{P} = \frac{(\nu - x) \cdot R \cdot T}{0,8 \cdot P}$$

При  $\nu = 1$  моль получаем:

$$1 = \frac{(1 - x)}{0,8},$$

$$x = 0,2 \text{ моль.}$$

Определим выход реакции:

$$\eta = \frac{0,2}{0,385} \cdot 100\% = 52\%.$$

**10.2** Напишите формулы двух частиц состава  $\text{XY}_4$ , содержащих 18 электронов. Дайте им названия. Приведите по одному уравнению реакций с участием каждой из этих частиц.

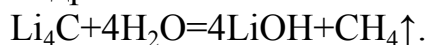
**Решение:**

Исходя из формулы, валентность одного элемента должна быть равна 1, а другого 4, следовательно один элемент может быть из 1-й группы, а другой из 4-й, с условием суммы электронов 18.

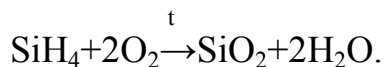
Этому условию могут отвечать  $\text{SiH}_4$  – силан или  $\text{Li}_4\text{C}$  – карбид лития.

Уравнения реакций для полученных веществ:

Гидролиз:



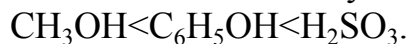
Горение:



**10.3** Расположите в порядке возрастания кислотности следующие вещества: фенол, сернистая кислота, метанол. Приведите уравнения химических реакций, подтверждающие правильность выбранной последовательности.

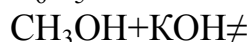
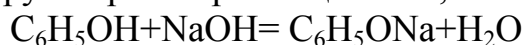
**Решение:**

Последовательность увеличения кислотности веществ:



Уравнения доказывающие, что фенол является более сильной кислотой, чем метанол.

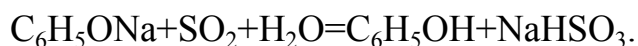
У фенола сильнее кислотные свойства, чем у метанола, поскольку он реагирует с растворами щелочей, а метанол нет:



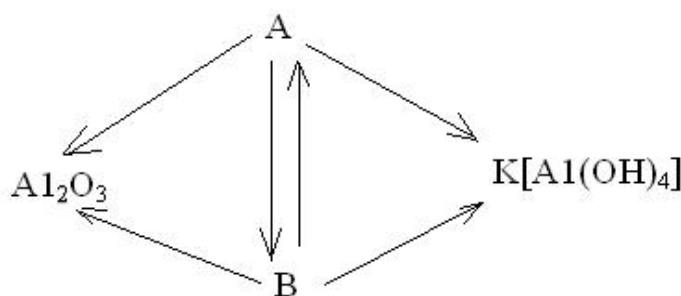
Уравнения доказывающие, что сернистая кислота является более сильной кислотой, чем фенол.

Более сильная кислота вытесняет более слабую кислоту из её солей.

Фенол вытесняется сернистой кислотой из фенолята натрия, т.е. сернистая кислота является более сильной кислотой, чем фенол:

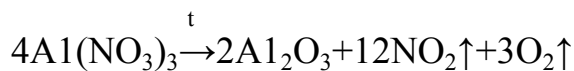


**10.4** Напишите уравнения химических реакций, соответствующие следующей схеме, определите вещества А и В. Дайте названия продуктов реакции.



**Решение:**

Составим уравнение 1, дадим названия продуктов реакции и определим вещество А:

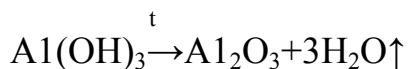


$\text{Al}_2\text{O}_3$  – оксид алюминия

$\text{NO}_2$  – оксид азота (IV)

$\text{O}_2$  – кислород

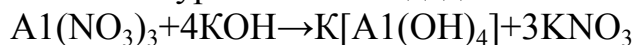
Составим уравнение 2 и дадим названия продуктов реакции:



$\text{Al}_2\text{O}_3$  – оксид алюминия

$\text{H}_2\text{O}$  – вода

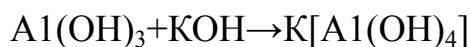
Составим уравнение 3 и дадим названия продуктов реакции:



$\text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4]$  – тетрагидроксоалюминат калия

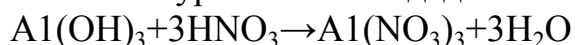
$\text{KNO}_3$  – нитрат калия

Составим уравнение 4, даны названия продуктов реакции и определим вещество В:



$\text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4]$  – тетрагидроксоалюминат калия

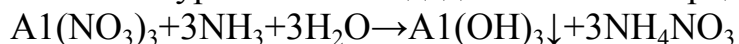
Составим уравнение 5 и дадим названия продуктов реакции:



$\text{Al}(\text{NO}_3)_3$  – нитрат алюминия

$\text{H}_2\text{O}$  – вода

Составим уравнение 6 и дадим названия продуктов реакции:



Вещества А и В:

Вещество А –  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$  – нитрат алюминия

Вещество В –  $\text{Al}(\text{OH})_3$  – гидроксид алюминия

**10.5** Сколько молей водяного пара надо ввести на каждый моль  $\text{CO}$ , чтобы 90%  $\text{CO}$  превратить в  $\text{CO}_2$  по реакции  $\text{CO}(\text{г}) + \text{H}_2\text{O}(\text{г}) \leftrightarrow \text{H}_2(\text{г}) + \text{CO}_2(\text{г}) - Q$  при константе равновесия равной 1. Предложите способ усиления прямого процесса.

**Решение:**

Напишем выражение константы равновесия:

$$K_c = [\text{H}_2] \cdot [\text{CO}_2] / [\text{CO}] \cdot [\text{H}_2\text{O}].$$

Определим количество израсходованного  $\text{CO}$ :

$$1 \cdot 0,9 = 0,9 \text{ моль.}$$

Определим равновесное количество воды.

$$\text{Равновесное количество CO равно: } C_{\text{равн}}(\text{CO}) = C_{\text{исх}} - \Delta C = 1 - 0,9 = 0,1 \text{ моль.}$$

Исходя из уравнения реакции, все вещества реагируют и образуются в соотношении 1 к 1. Значит, если потрачено 0,9 моль  $\text{CO}$ , то воды тратится такое же количество, и образуется столько же  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2$ .

Начальное количество продуктов реакции равно 0 моль. Тогда:

$$\Delta C(\text{H}_2\text{O}) = 0,9 \text{ моль}$$

$$C_{\text{равн}}(\text{H}_2) = 0 + 0,9 = 0,9 \text{ моль}$$

$$C_{\text{равн}}(\text{CO}_2) = 0 + 0,9 = 0,9 \text{ моль}$$

$$C_{\text{равн}}(\text{CO}) = 0,1 \text{ моль}$$

Зная что  $K_c = 1$ , определим  $C_{\text{равн}}(\text{H}_2\text{O})$ :

$$1 = 0,9 \cdot 0,9 / 0,1 \cdot x$$

$$x = 8,1 \text{ моль.}$$

Определим исходное количество воды:

$$C_{\text{исх}}(\text{H}_2\text{O}) = C_{\text{равн}} + \Delta C = 8,1 + 0,9 = 9 \text{ моль.}$$

Способы усиления прямого процесса.

а) давление не влияет, т.к. в ходе прямого процесса давление не меняется

(не меняется число молей газообразных веществ: из двух молей газа образуется два моля газообразных веществ);

б) прямой процесс эндотермический (идет с уменьшением температуры), т.к.  $Q < 0$ . Для усиления процесса, согласно принципа Ле Шателье, температуру надо увеличить;

в) Прямой процесс идет с уменьшением концентрации воды и угарного газа и с увеличением концентрации водорода и углекислого газа. Для усиления процесса, согласно принципа Ле Шателье, концентрацию воды и угарного газа нужно увеличить, а концентрацию водорода и углекислого газа уменьшить.