

### Задача 9-1

#### *Лает, но не кусает*

В 1853 году немецкий химик Юстус фон Либих читал лекцию для баварской королевской семьи. Чтобы удивить высокопоставленных гостей, он продемонстрировал эффектную реакцию, в ходе которой бесцветная жидкость **A** вспыхивает синим пламенем в атмосфере газа **B** и раздается характерный лающий звук «гав» (*р-ция 1*).

При пропускании газообразных продуктов реакции через избыток известковой воды было получено 1.5 г белого осадка **C** (*р-ция 2*), который не обесцвечивает подкисленный раствор перманганата калия. Объем не поглотившегося при этом газа **D**, который входит в состав воздуха, составил 771 мл (при температуре 40°C и давлении 1 атм). Также известно, что жидкость **A** при нагревании с парами воды подвергается гидролизу (*р-ция 3*) с образованием смеси двух газов, имеющей плотность по воздуху 1.287. При пропускании продуктов гидролиза через раствор газа **E**, полученного при сжигании жидкости **A** (*р-ция 4*), наблюдается образование желтоватой взвеси вещества **F** (*р-ция 5*), являющегося одним из продуктов «лающей» реакции.

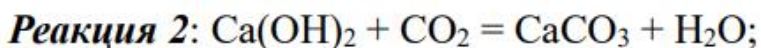
1. Определите вещества **A–F**, ответ подтвердите расчетами.

2. Составьте уравнения реакций 1–5.

### Решение задачи 9-1 (автор: Зарипов А.А.)

Известковая вода  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  образует белые осадки в реакциях с газообразными  $\text{SO}_2$  и  $\text{CO}_2$ , образуя труднорастворимые  $\text{CaSO}_3$  и  $\text{CaCO}_3$  соответственно.

Поскольку продукт реакции не обесцвечивает подкисленный раствор перманганата калия, полученный осадок **C** –  $\text{CaCO}_3$ .



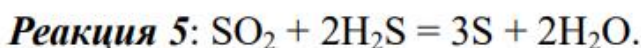
$$\nu(\text{CaCO}_3) = \frac{1.5 \text{ г}}{100 \text{ г/моль}} = 0.015 \text{ моль} = \nu(\text{CO}_2);$$

Газ, являющийся основным компонентом воздуха – это азот, **D** –  $\text{N}_2$ .

$$\nu(\text{N}_2) = \frac{PV}{RT} = \frac{101.325 \cdot 0.771}{8.314 \cdot 313} = 0.03 \text{ моль};$$

Логично предположить, что желтый осадок **F** – сера ( $\text{S}$  или  $\text{S}_8$ ).

Газы, в состав которых входит сера – это  $\text{SO}_2$  и  $\text{H}_2\text{S}$ . Реагируя между собой, они образуют серу.

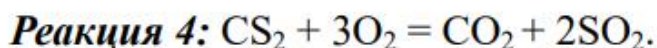
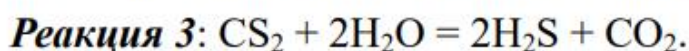


Определим молярную массу смеси газов, полученных при реакции гидролиза жидкости **A**.

$M(\text{смеси}) = 1.287 \cdot 29 = 37.323 \text{ г/моль}$ . Молярная масса  $\text{H}_2\text{S}$  равна 34 г/моль, значит в смеси есть газ с молярной массой больше 37.323 г/моль. Учитывая условие задачи, можно предположить, что это  $\text{CO}_2$ . Определим мольные доли газов в смеси.

$$37.323 = 34a + 44(1 - a), \text{ где } a - \text{мольная доля } \text{H}_2\text{S};$$

Решая уравнение, получим  $a = 0.67 = 2/3$  – мольная доля  $\text{H}_2\text{S}$ , а мольная доля  $\text{CO}_2$  равна 1/3. Тогда в жидкости **A** число атомов серы в 2 раза больше атомов углерода, что соответствует формуле  $\text{CS}_2$ .



Составим уравнение «лающей реакции». Как было установлено ранее,

ее продуктами являются S, CO<sub>2</sub> и N<sub>2</sub>, причем количество N<sub>2</sub> (0.03 моль) в два раза больше количества CO<sub>2</sub> (0.015 моль). Один из реагентов – CS<sub>2</sub>, значит второй реагент (газ **В**) содержит азот и кислород. Все атомы кислорода перешли в CO<sub>2</sub>, а все атомы азота – в N<sub>2</sub>. Количество вещества атомов азота в молекуле N<sub>2</sub> равно  $0.03 \cdot 2 = 0.06$  моль, а количество атомов кислорода в молекуле CO<sub>2</sub> равно  $0.015 \cdot 2 = 0.03$  моль. Соотношение атомов азота и кислорода в газе **В** равно  $N:O = 0.06:0.03 = 2:1$ . Значит газ **В** – N<sub>2</sub>O.

**Реакция 1:**



A	B	C	D	E	F
CS <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CaCO <sub>3</sub>	N <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	S (или S <sub>8</sub> )

**Система оценивания:**

1	Вещество <b>A</b> – 2 балла; вещество <b>B</b> – 2 балла; вещества <b>C – F</b> по 1.5 балла <i>если состав вещества не подтверждён необходимым расчётом, то 0 баллов</i>	10 баллов
2	Уравнения реакций <b>1 – 5</b> по 1 баллу (отсутствие или неверные коэффициенты – 0.5 балла)	5 баллов
		<b>ИТОГО: 15 баллов</b>