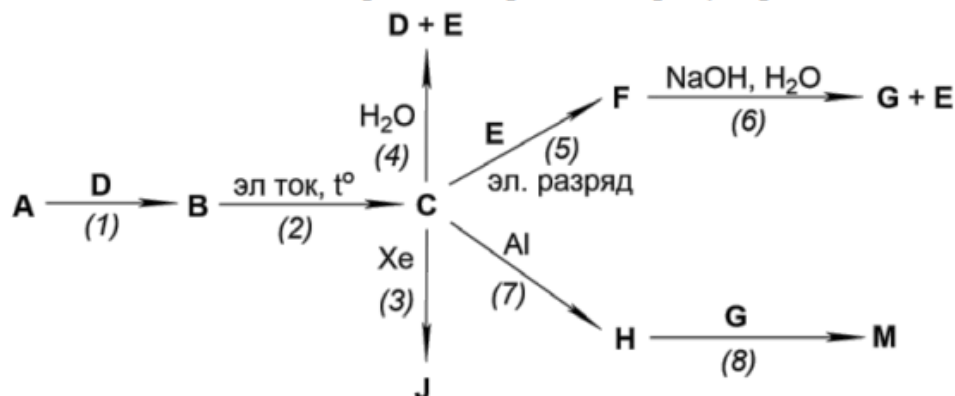


Задача 4.

Ниже приведена цепочка превращений, все зашифрованные буквами вещества, кроме **Е**, являются соединениями элемента **Э**. Уравнения реакций пронумерованы.



Также известно следующее:

- Отношение числа атомов калия и элемента **Э** в соединении **В** составляет 1 : 3.
- Вещества **С** и **Е** – простые.
- В веществе **Г** отношение атомов входящих в его состав элементов равно 1 : 2.
- Массовые доли некоторых элементов в соединениях приведены в таблице:

Вещество	Элемент	Массовая доля, %
А	К	67,24
В	К	39,80
Ж	Хе	53,47
М	Аl	12,86

Задания:

- Идентифицируйте вещества **А–М**, учтите, что формулы веществ **В**, **Ж**, **М** должны быть выведены при помощи расчётов, а не угаданы; если верность угаданной формулы будет проверена расчётом массовых долей элементов, то это не будет засчитано как расчёт. Атомные массы элементов необходимо брать с точностью до целых.
- Напишите уравнения реакций №1–8.
- Какое тривиальное название у вещества **М**? Для чего его применяют?

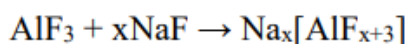
Решение и критерии оценивания

1) С учетом того, что простое вещество **С** может реагировать с ксеноном (*реакция №3*), то можно сделать вывод об исключительной активности вещества **С**.

Следовательно, **С** – фтор F_2 , а **Э** – химический элемент фтор **F**. При сгорании воды во фторе (*реакция №4*) образуются фтороводород HF (**D**) и простое вещество кислород O_2 (**E**).

2) При взаимодействии фтора с кислородом образуется фторид кислорода OF_2 (**F**), при его взаимодействии с раствором щелочи (*реакция №5*) образуется кислород (**E**) и фторид натрия (**G**).

3) При взаимодействии фтора с алюминием (*реакция №7*) образуется фторид алюминия (**H**). При его взаимодействии с **G** (фторид натрия) образуется комплексное соединение **M**, в котором анионы фтора выступают в роли лигандов, а алюминий в роли комплексообразователя. Реакцию получения **M** (*реакция №8*) можно записать в общем виде:



Чтобы найти « x » запишем выражение для массовой доли алюминия в **M**:

$$\omega(Al) = \frac{M(Al)}{M(Al) + (3 + x) \cdot M(F) + x \cdot M(Na)}$$

Подставим числа в полученное выражение:

$$0,1286 = \frac{27}{27 + (3 + x) \cdot 19 + x \cdot 23}$$

Решая полученное уравнение, находим, что $x \approx 3$. Тогда, вещество **M** – гексафтороалюминат натрия $Na_3[AlF_6]$. Его тривиальное название – криолит, это вещество используют при получении алюминия из расплава оксида алюминия. Криолит необходим для существенного понижения температуры плавления расплава, подвергаемого электролизу, а также для повышения электропроводимости расплава.

Рассчитаем состав вещества **J**. Оно является одним из фторидов ксенона. В общем виде его формулу можно записать как XeF_y . Чтобы найти « y » запишем выражение для массовой доли ксенона в **J**:

$$\omega(Xe) = \frac{M(Xe)}{M(Xe) + y \cdot M(F)}$$

Подставим числа в полученное выражение:

$$0,5347 = \frac{131}{131 + y \cdot 19}$$

Решая полученное уравнение, находим, что $y \approx 6$. Тогда, вещество **J** – гексафторид ксенона XeF_6 .

4) Рассчитаем состав вещества **B**. Пусть его масса равна 100 г, тогда можно найти массу и количество вещества калия:

$$m(\text{K}) = \omega(\text{K}) \cdot m(\text{B}) = 0,3980 \cdot 100 \text{ г} = 39,80 \text{ г}$$

$$n(\text{K}) = m(\text{K}) : M(\text{K}) = 39,80 \text{ г} : 39 \text{ г/моль} \approx 1,02 \text{ моль}$$

Теперь можем найти количество вещества и массу фтора, учитывая условие, что его в три раза больше, чем калия:

$$n(\text{F}) = 3 \cdot n(\text{K}) \approx 3,06 \text{ моль}$$

$$m(\text{F}) = n(\text{F}) \cdot M(\text{F}) = 3,06 \text{ моль} \cdot 19 \text{ г/моль} = 58,14 \text{ г}$$

Из 100 г вещества **B** на калий и фтор приходится масса равная:

$$m(\text{K}) + m(\text{F}) = 39,80 \text{ г} + 58,14 \text{ г} = 97,94 \text{ г}$$

Оставшаяся масса ($100 \text{ г} - 97,94 \text{ г} = 2,06 \text{ г}$) приходится на атомы ещё одного элемента. С учетом того, что вещество **B** получается из **A** при взаимодействии с фтороводородом (**D**),

логично предположить, что этим элементом является водород. Тогда его количество вещества равно:

$$n(\text{H}) = m(\text{H}) : M(\text{H}) = 2,06 \text{ г} : 1 \text{ г/моль} = 2,06 \text{ моль}$$

Теперь можно найти соотношение калия, водорода и фтора в веществе **B**:

$$n(\text{K}) : n(\text{H}) : n(\text{F}) = 1,02 : 2,06 : 3,06 \approx 1 : 2 : 3$$

Таким образом, вещество **B** имеет формулу KNH_2F_3 . Именно его используют для получения фтора электролизом расплава, так как его температура плавления меньше, чем у фторида калия.

5) С учетом состава и способа получения **B**, логично предположить, что **A** – это фторид калия KF . Проверим это расчетом массовой доли калия, это не противоречит условию задачи.

$$\omega(\text{K}) = \frac{M(\text{K})}{M(\text{KF})} \cdot 100\% = \frac{39}{58} \cdot 100\% \approx 67,24\%$$

Значит, наше предположение было верно.

Формулы веществ

A	B	C	D	E	F	G	H	J	M
KF	KNH_2F_3	F_2	HF	O_2	OF_2	NaF	AlF_3	XeF_6	$\text{Na}_3[\text{AlF}_6]$

Уравнения реакций:

- 1) $\text{KF} + 2\text{HF} \rightarrow \text{KH}_2\text{F}_3$
- 2) $2\text{KH}_2\text{F}_3 \rightarrow 2\text{K} + \text{F}_2 + 4\text{HF}$
- 3) $3\text{F}_2 + \text{Xe} \rightarrow \text{XeF}_6$
- 4) $2\text{F}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{HF}$
- 5) $\text{O}_2 + 2\text{F}_2 \rightarrow 2\text{OF}_2$
- 6) $\text{OF}_2 + 2\text{NaOH} \rightarrow 2\text{NaF} + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- 7) $2\text{Al} + 3\text{F}_2 \rightarrow 2\text{AlF}_3$
- 8) $\text{AlF}_3 + 3\text{NaF} \rightarrow \text{Na}_3[\text{AlF}_6]$

Критерии оценивания:

1) За каждое правильно определенное вещество по 1 баллу. За вещества **В, Ж, М** баллы ставятся только при наличии соответствующего расчета, иначе – 0 баллов. Итого: **10 баллов**

2) За каждую правильно уравненную реакцию по 1 баллу. Если реакция написана и не уравнена, но вещества взяты правильные, то 0,5 балла. Итого: **8 баллов**

3) За правильное название **М** – 1 балл. За правильный ответ на вопрос об использовании **М** – 1 балл. Итого: **2 балла**.

Всего 20 баллов