

11 класс

Задание 1.

Элемент **X**, речь о котором пойдёт в этой задаче, впервые получен в 1808 году французскими химиками, Луи Гей-Люссаком и Луи Тенаром. Через несколько месяцев **X** был получен Гемфри Дэви с помощью электролиза. В наше время этот элемент является очень важным: его соединения применяют в сельском хозяйстве, электронике, при изготовлении композитов, в органическом синтезе. При очень низкой температуре и повышенном давлении простое вещество, образованное элементом **X**, переходит в сверхпроводящее состояние.

X фторируется вблизи комнатной температуры, уже при 30 °С (*р-ция 1*). Полученное вещество **A** при нормальных условиях представляет собой бесцветный удушливый газ, хорошо растворяющийся в воде и реагирующий с ней (*р-ция 2*). Также **A** является сильной кислотой Льюиса, применяющейся в органическом синтезе, при реакции с HF образующей сильную кислоту **B** с $pK_a = -0.4$ (*р-ция 3*). Стехиометрия соединений **X** с металлами крайне разнообразна. Например, при реакции с торием (*р-ция 4*) получают фиолетово-красные кристаллы **C** (молярная доля Th в **C** равна 14.29 %), применяющиеся в качестве материала катода в термоэмиссионных трубках.

При сгорании 0.1000 г **X** в токе кислорода с быстрым последующим охлаждением образуется аморфный оксид **D** (*р-ция 5*). Методом гравиметрии было определено, что прирост массы по сравнению с исходной навеской составил 222 %. Вещество **E** используется в качестве удобрения и переходит обратно в **D** посредством нагревания (*р-ция 6*), однако при этом образуется множество продуктов поликонденсации, один из которых – **F** (*р-ция 7*), потеря массы твердого вещества при образовании которого из **E** составляет 36.41 %.

Также при помощи вещества **D** в две стадии синтезируют одно из широко применяемых в органической химии соединений, **H**. Сначала проводят восстановительное хлорирование **D** в присутствии углерода, а получившийся продукт **G** вводят в реакцию с NaNH (*р-ции 8 и 9*). Известно, что вещество **H** гидролизует парами воды при нагревании до продукта **I**, содержащего 16.41% **X** по массе (*р-ция 10*).

1. Приведите формулы элемента **X** и его соединений **A-I**.

2. Напишите уравнения реакций 1-10.

Задание 2.

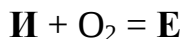
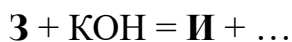
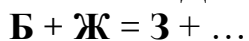
Сильную неорганическую кислоту **X** (не содержащую в своём составе углерода) в промышленности получают реакцией между веществом **A** и безводной H_2SO_4 (реакция 1). Её также можно получить реакцией двух бинарных неорганических веществ **B** и **B** (реакция 2). В растворе кислота **X** существует в виде цвиттер-иона.

При кипячении в растворе щёлочи вещество **A** выделяет газ **B**, а при кипячении в растворе кислоты – газ **Г**. Массовая доля азота в веществе **A** равна 46.65 %.

1. Определите вещества **X**, **A**, **B**, **B** и **Г** и изобразите структурную формулу цвиттер-иона **X**.

2. Напишите уравнения реакций 1 и 2.

Само вещество **A** впервые было синтезировано известным немецким химиком в первой половине XIX века из неорганической соли **D**. Соль **E**, способ получения которой приведен на схеме ниже, содержит тот же анион, что и соль **D**:



Дополнительно известно, что:

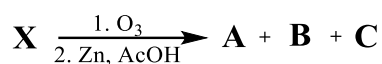
- **Ж** – горючий газ, молекула которого имеет тетраэдрическую геометрию;
- реакция получения **З** протекает при $1200 - 1300\text{ }^\circ\text{C}$;
- во всех трёх реакциях на схеме не указаны коэффициенты перед веществами.

3. Определите все неизвестные вещества **D** – **И**.

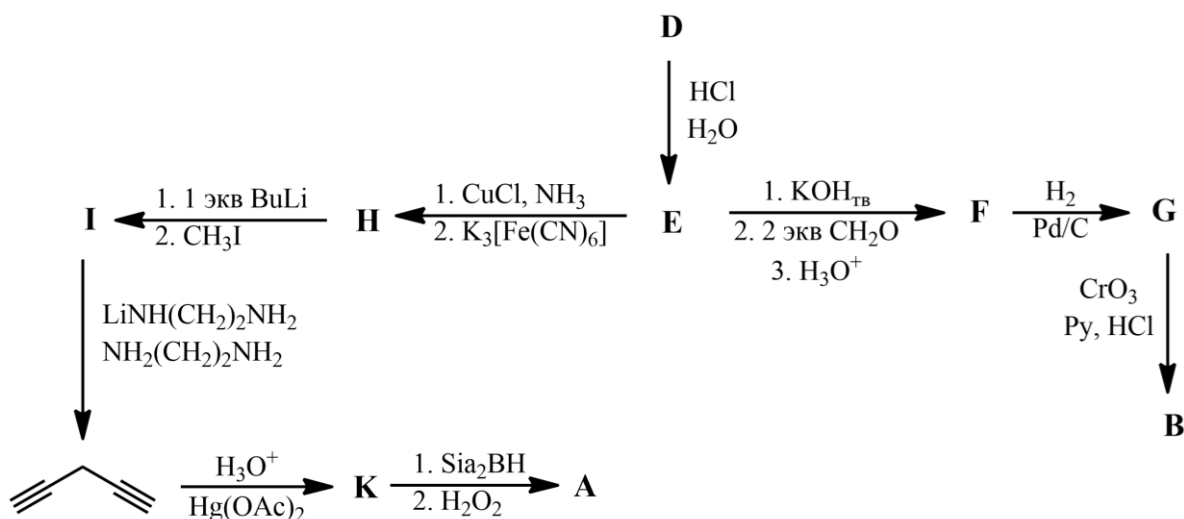
4. Назовите фамилию химика, впервые осуществившего синтез вещества **A** из соли **D**.

Задание 3.

Вещество **X** широко распространено в природе и является промежуточным соединением в биохимических процессах. Для определения структуры вещества **X** его подвергли озонолузу с последующим восстановлением в системе $\text{Zn}/\text{CH}_3\text{COOH}$, в результате чего получили смесь соединений **A**, **B** и **C** в мольном соотношении 4:1:2, соответственно.



Вещества **A** и **B** можно получить по нижеследующей схеме:



1. Установите структуры веществ **A-K**, если известно, что:

- Соединение **C** является одним из продуктов кумольного синтеза и содержит 62.0 % углерода по массе;
- Вещество **E** может быть получено гидролизом из вещества **D**, содержащего 37.5% углерода по массе;
- **A** представляет собой продукт присоединения воды к **K** против правила Марковникова.

Вещество **X** имеет симметричный углеродный скелет, не содержит тройных связей и при каждой двойной связи содержит метильный заместитель.

2. Определите число двойных связей в соединении **X**.

3. Установите строение соединения **X** (без учета цис-транс-конфигурации двойных связей).

Задание 4.

H_2X и H_2Y – изомерные двухосновные кислоты. В таблице приведены константы диссоциации этих кислот:

Кислота	K_{a1}	K_{a2}
H_2X	$1.26 \cdot 10^{-2}$	?
H_2Y	$9.33 \cdot 10^{-4}$	$3.63 \cdot 10^{-5}$

1. Рассчитайте величину pH 10^{-2} М раствора H_2X (*раствор 1*). Диссоциацией по второй ступени при расчёте можно пренебречь.

Раствор Na_2X концентрацией $8.50 \cdot 10^{-3}$ М (*раствор 2*) имеет $\text{pH} = 9.00$.

2. Рассчитайте величину K_{a2} для H_2X .

3. В каком объёмном соотношении нужно смешать растворы 1 и 2 для получения нейтрального значения pH ?

4. Рассчитайте молярные концентрации форм H_2Y , HY^- и Y^{2-} в 0.050 М растворе H_2Y , подщелоченного NaOH до $\text{pH} = 3.50$.

При полном сгорании 1.16 г смеси твёрдых H_2X и H_2Y было получено 896 мл углекислого газа (н.у.) и 0.36 мл H_2O .

5. Установите брутто-формулы H_2X и H_2Y и приведите их структурные формулы, если дополнительно известно, что превращения H_2X в H_2Y и обратно можно осуществить при помощи облучения светом.