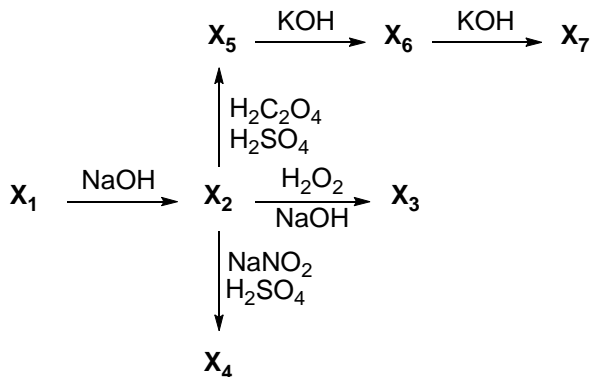


11 класс

Указание: при решении задач используйте точные значения атомных масс.

Задача 1.

Ниже приведена схема превращений соединений некоторого элемента X:



Соединение	Массовая доля X, %
X ₁	56,02
X ₂	41,78
X ₃	20,55
X ₄	26,12
X ₅	31,25
X ₆	50,46
X ₇	47,84

Определите неизвестные вещества X₁–X₇ и напишите уравнения приведённых реакций. Дополнительно известно, что вещество X₁ состоит из двух элементов, вещества X₂–X₇ – из трёх, а формульные единицы веществ X₂, X₃, X₅, X₆ содержат по одному атому элемента X.

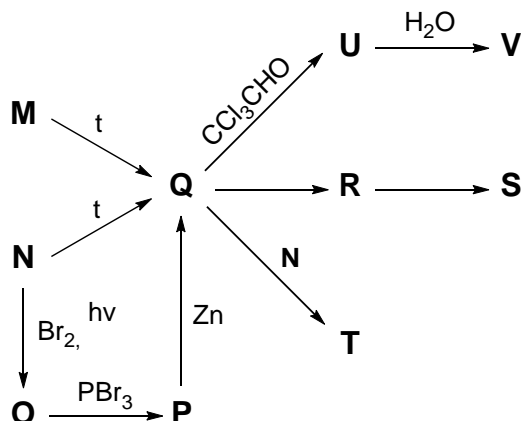
Задача 2.

Неорганическое вещество X было впервые получено в 1910 году путём взаимодействия бинарного соединения A и концентрированного водного раствора бинарного соединения B (реакция 1). Если ту же реакцию проводить в среде ацетонитрила, то удаётся достичь гораздо более высокого выхода X. Водные растворы X неустойчивы и со временем распадаются на соединение B и вещество C (реакция 2), которое производится в промышленных масштабах. Вещество C можно использовать для получения X. Для этого вещество C окисляют фтором на холоду, с образованием веществ D и E (реакция 3), а затем полученное вещество D подвергают частичному гидролизу, с образованием веществ C и X (реакция 4). Соединение D также можно получить при взаимодействии хлорной кислоты с солью F (реакция 5), образующейся при электролизе холодного концентрированного раствора соли G (реакция 6), содержащей 44,9% калия (по массе). Известно, что при взаимодействии раствора соли G с раствором хлорида бария выпадает белый осадок (реакция 7), растворимый в соляной кислоте (реакция 8). Определите неизвестные вещества A–G и X и напишите уравнения реакций 1–8. Изобразите структурные формулы веществ D и X. Как в промышленности получают вещество C?

Задача 3.

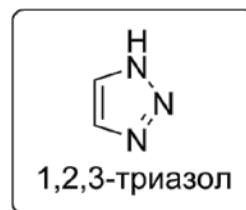
Вещество Q представляет собой бесцветный газ с резким запахом. В промышленности газ Q получают пиролизом соединений M или N, каждое из которых является продуктом крупнотоннажного производства, причём вещество N применяют как в органическом синтезе, так и в кулинарии. Одним из лабораторных способов получения Q является взаимодействие вещества P с цинковой пылью. Основным промышленным применением газа Q является получение вещества T путём взаимодействия с веществом N. Газ Q крайне реакционноспособен, и в отсутствие других реагентов со временем превращается в жидкость

R, которая, в свою очередь, со временем превращается в твёрдое вещество **S**. Вещество **S**, молярная масса которого в 4 раза больше, чем у газа **Q**, не содержит карбоксильных групп, однако обладает выраженными кислотными свойствами и применяется как фунгицидное и бактерицидное средство. При взаимодействии газа **Q** с хлоралем образуется соединение **U**, гидролиз которого даёт органическую кислоту **V**, встречающуюся во многих фруктах и ягодах. Определите неизвестные вещества **M–V** и приведите их структурные формулы.

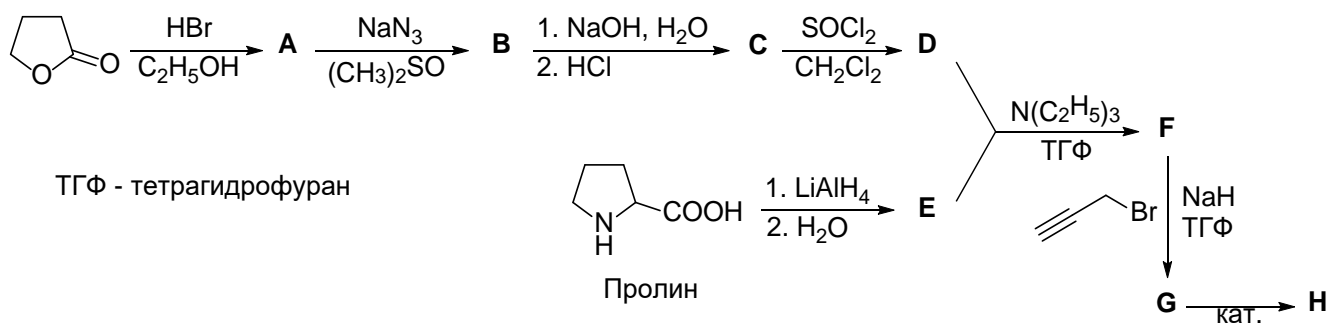


Задача 4.

1. Взаимодействие органических азидов с алкинами с образованием 1,2,3-триазолов является важным инструментом в синтетической органической химии и биохимии. За разработку эффективных методов данного превращения была присуждена Нобелевская премия по химии 2022 года. Региоселективность протекания данной реакции сильно зависит от выбора катализатора. Один из катализаторов, получают следующим образом: к раствору тригидрата хлорида рутения(III) в этаноле добавляют 1,2,3,4,5-пентаметилциклопентадиен-1,3 и кипятят полученную смесь в инертной атмосфере в течение 3 часов. Затем в реакционную смесь добавляют трифенилфосфин и продолжают кипячение ещё 16 часов. Затем полученный раствор охлаждают и наблюдают выпадение оранжевых кристаллов катализатора. Из 200 мг тригидрата хлорида рутения(III) можно получить почти 500 мг катализатора (выход при этом составит около 82 %). Определите структуру катализатора. Ответ подтвердите расчётом.



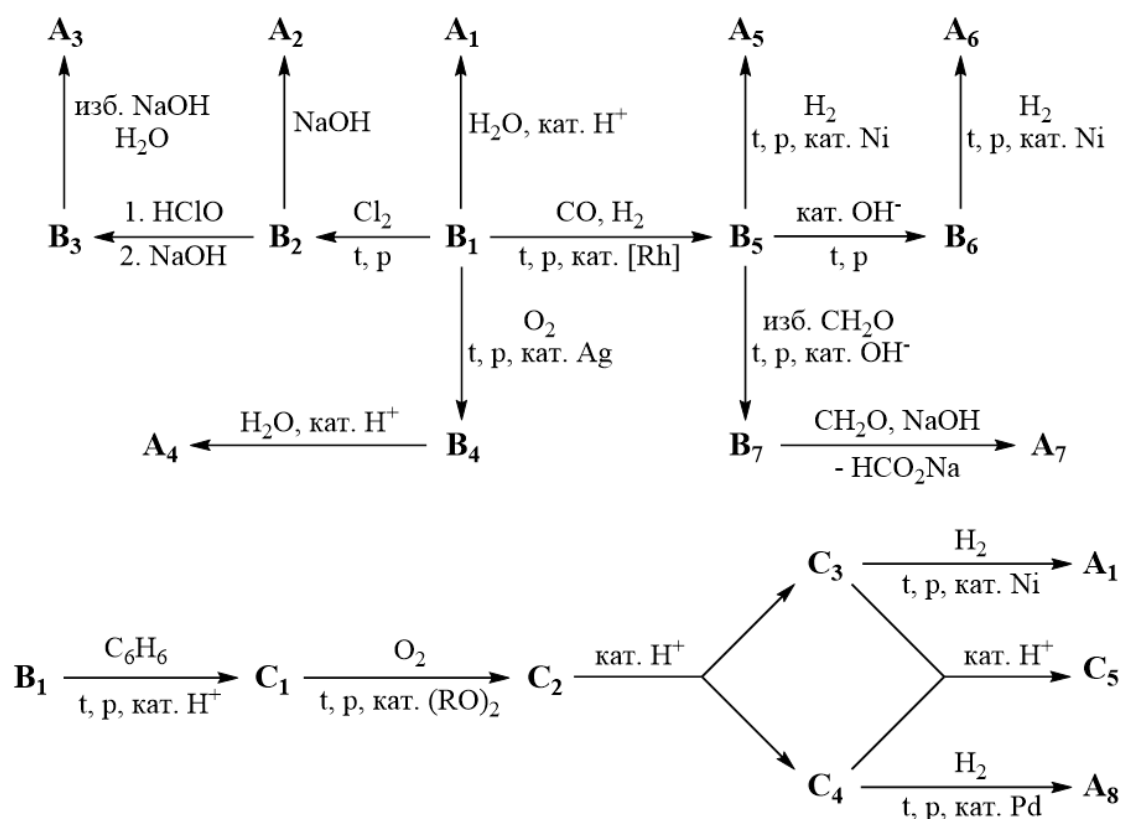
2. Полученный катализатор использовали на последней стадии синтеза вещества **H**:



Определите неизвестные вещества **A–H** и приведите их структурные формулы.

Задача 5.

Соединения A_1 – A_8 являются крупнотоннажными продуктами химического синтеза и относятся к одному классу органических веществ. На схеме представлены промышленные процессы для получения этих соединений из углеводорода B_1 . В лаборатории B_1 можно получить дегидратацией A_1 или его изомера, также относящегося к классу соединений A_1 – A_8 , при этом других изомеров A_1 , относящихся к этому классу веществ, нет. Определите приведённые на схеме неизвестные вещества A_1 – A_8 , B_1 – B_7 , C_1 – C_5 и запишите их структурные формулы.



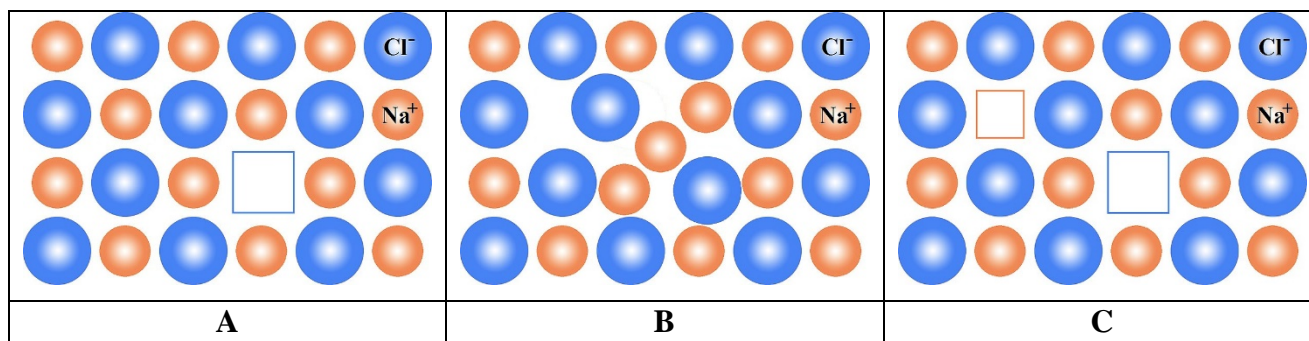
Задача 6.

Кристаллохимия – наука о кристаллических структурах веществ и о том, как связаны особенности кристаллической структуры вещества с его химическими и физическими свойствами. Обычно кристаллохимия имеет дело с идеальными кристаллическими структурами, в которых каждая позиция занята правильным атомом или ионом. Однако такое состояние возможно лишь при температуре, равной 0 К, поэтому в реальности мы почти всегда имеем дело не с идеальными кристаллами, а с дефектными, хотя эти дефекты и бывают незаметны. *Внутренними* дефектами называют дефекты, которые возникают в чистых веществах в отсутствие примесей.

Выделяют три основных типа внутренних дефектов:

- **Дефект Шоттки**, при котором в позициях, соответствующих катионам и анионам, отсутствуют атомы, причём для стехиометрии A_mB_n на каждые n отсутствующих атомов B приходится m отсутствующих атомов A .
- **Дефект Френкеля**, при котором атом занимает одну из пустот кристалла, оставляя узел решётки свободным.
- **F-центр**, который возникает, если электрон оказывается локализован в одной из позиций атома в кристаллической решётке («F» от немецкого *Farbe* – цвет).

1. На рисунке ниже изображены три типа дефектов решётки NaCl (в одном слое). Соотнесите изображения дефектов с их названиями.



2. Влияют ли дефекты Френкеля и Шоттки и F-центры на стехиометрию вещества?

Чтобы определять наличие и концентрацию дефектов используют разнообразные спектральные и дифракционные методы анализа. Так, для определения концентрации F-центров очень мощным методом является спектроскопия электронного парамагнитного резонанса (ЭПР). Она основывается на том, что в достаточно сильном магнитном поле неспаренные электроны могут находиться на двух энергетических уровнях: более выгодном по энергии, при котором спин электрона параллелен вектору магнитного поля, создаваемого прибором, и менее выгодном, при котором спин электрона антипараллелен вектору магнитного поля. По интенсивности сигнала в спектре ЭПР образца можно судить о количестве неспаренных электронов в нём.

3. Какие из следующих чистых веществ ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, CrCl_3 , $\text{Cr}_2(\text{CH}_3\text{COO})_4$, KMnO_4 , CdCl_2 , $\text{V}(\text{CO})_6$) можно обнаружить методом ЭПР?

Образец NaCl в течение 10 часов облучали рентгеновским излучением с энергией 50 кэВ. По результатам исследования полученного образца с помощью метода спектроскопии ЭПР концентрация F-центров составила 10^{18} см^{-3} .

- Приведите уравнения процессов, протекающих при облучении NaCl и приводящих к образованию F-центров.
- Формулу облучённого хлорида натрия можно записать в общем виде как Na_xCl . Рассчитайте величину x (либо её отклонение от целочисленного значения), если известно, что плотность NaCl равна $2,165 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$.
- Обычные электронные аналитические весы имеют предел взвешивания 80 г и дискретность измерения массы 0,1 мг. Возможно ли с помощью этих весов по изменению массы найти концентрацию F-центров в описанном выше образце NaCl? Если да, то чему будет равна минимальная абсолютная погрешность величины x ?
- Каким ещё способом можно получить хлорид натрия с F-центрами?