

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Олимпиада школьников по химии и химической технологии
«Потомки Менделеева» 2023/24 учебный год**

**Комплект заданий теоретического тура
10-й класс**

Контактные данные

сайт: <https://malun.kpfu.ru/mendeleev>

telegram: <https://t.me/potomkimendeleeva>

email: ammoniy.olimpiada@mail.ru

тел.: +7(843)233-72-12

Теоретический тур. 10 класс

Задача 10-1

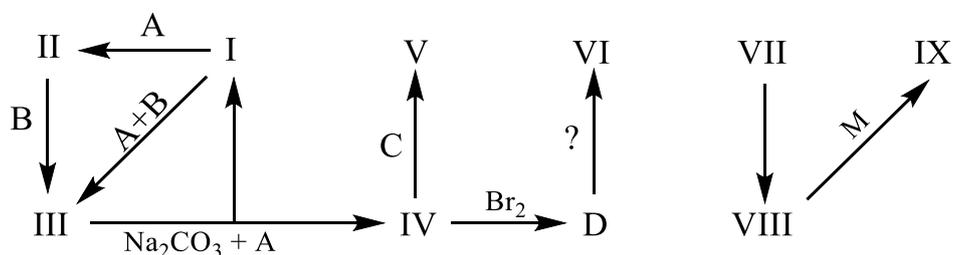
Соединения **I-X** – неорганические соли, анионы которых образованы тремя элементами **A**, **B** и **C**, стоящими друг за другом в периодической таблице. Каждый анион может включать как один, так и два и три элемента сразу. В таблице приведено содержание металлов (которые могут быть как одинаковыми, так и разными) в безводных солях:

Соль	ωМ, %	Соль	ωМ, %
I	?	VI	0
II	62.5	VII	?
III	50.0	VIII	?
IV	?	IX	63.0
V	35.4	X	62.0

Соль **I** образует несколько минералов, которые широко распространены на Земле. Нагревание данной соли с простым веществом **A** приводит к образованию вещества **II** (*Реакция 1*), а если дополнительно ввести в реакционную смесь простое вещество **B**, то образуется уже соль **III** (*Реакция 2*). **III** можно получить также нагреванием **II** с **B** (*Реакция 3*). При сплавлении **III** с содой и **A** образуются соли **I** и **IV** (*Реакция 4*). Под действием простого вещества **C** **IV** образует **V** в качестве единственного продукта (*Реакция 5*), а взаимодействие **IV** с избытком брома приводит к образованию соединения **D** (*Реакция 6*). Водородное соединение элемента **B** при взаимодействии с **D** даёт соль **VI** (*Реакция 7*), анион которой имеют близкое строение с анионом соли **III**.

Соединение **VII** также образует распространённый и широко известный минерал. Нагревание этого вещества ведёт к образованию соли **VIII** (*Реакция 8*). Если соль **VIII** в жидком аммиаке обработать тем металлом, что находится в катионе этой соли, то в результате реакции образуется вещество **IX** (*Реакция 9*).

При взаимодействии соли **X** и соединения **D** образуется бинарное соединение **E**, в котором мольная доля **A** составляет 20% (*Реакция 10*).



1. Приведите формулы солей **I-X**.
2. Приведите уравнения реакций 1-10.
3. Изобразите структурные формулы анионов солей **I-X**.

Задача 10-2

Вещества **A-G** содержат в своём составе элемент **X**.

При электролизе 8.40 г вещества **A** (*реакция 1*) на аноде выделяется 13.4 л водорода (объём измерен при давлении 750 мм рт. ст. и температуре 32 °С). Твёрдый остаток от электролиза при добавлении воды образует раствор **B** (*реакция 2*). Если к раствору **B** добавить перекись водорода и лишнюю воду выпарить (*реакция 3*), то образуется вещество **C**, содержащее 12.0 % **X** по массе. При нагревании **B** и **C** разлагаются на белые осадки **D** и **E** соответственно (*реакции 4 и 5*), имеющие одинаковый качественный состав. **E** применяется как добавка к стёклам и эмали.

В промышленности **B** получают из минерала **F**, содержащего 3.73 % **X** и 51.58 % кислорода по массе. Для этого его сплавляют с избытком оксида кальция (*реакция 6*), а после растворяют в воде (*реакция 7*).

Соединение **G** широко используется в органическом синтезе. Его получают с помощью взаимодействия **A** с хлоридом элемента, входящего в состав **F** (*реакция 8*).

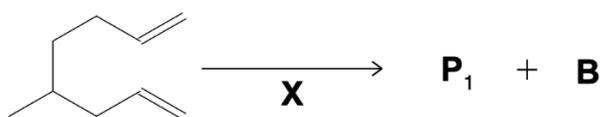
1. Определите вещества **A-F**. Ответ подтвердите расчётом.

2. Запишите уравнения реакций 1-8.

Задача 10-3

Лауреатами Нобелевской премии за 2005 год в области химии стали двое ученых из США - Роберт Граббс и Ричард Шрок, а также француз Ив Шовен, которые получили награду за разработку теоретических основ реакции метатезиса алкенов и высокоэффективных катализаторов для ее осуществления. Метатезис алкенов – одна из важнейших новых полезных реакций, в которых в качестве катализаторов применяются комплексы переходных металлов.

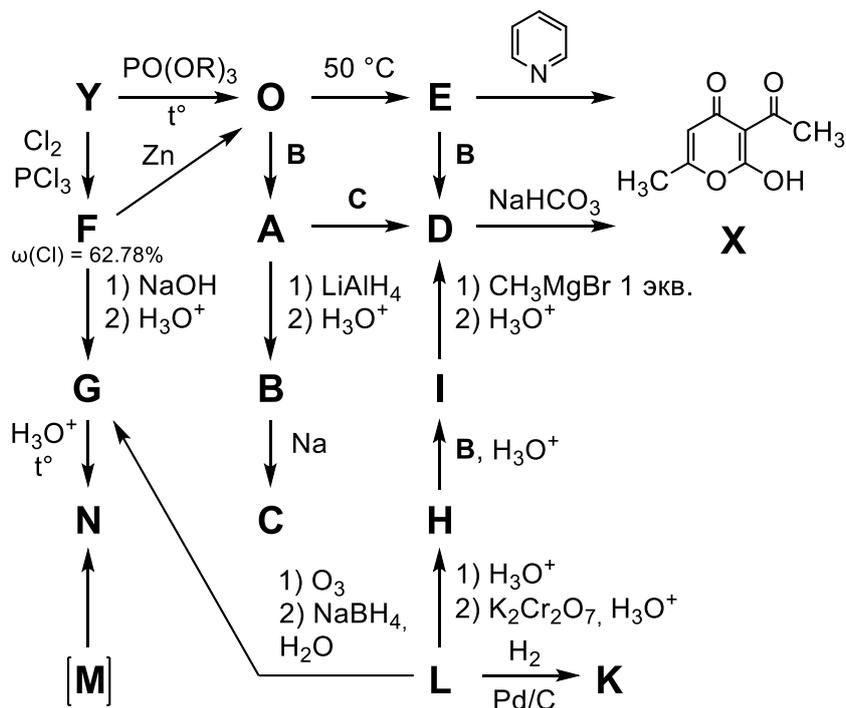
Несколько упрощая механизм метатезиса, можно сказать, что реакция протекает как формальное [2+2]-циклоприсоединение с последующим разложением циклобутана на два алкена, например:



1. Изобразите структурные формулы **P₁** и **B**, если известно, что **B** имеет меньшую молярную массу.

Данную реакцию катализирует катализатор Граббса 1-го поколения – **X**. Помимо этого, существует ещё несколько модификаций. Синтез катализатора **X**, а также двух из его модификаций – **Y** и **Z** – представлен на схеме ниже:

Для соединений **K**, **L**, **M**, **N**, **O** и **Y** возможны следующие взаимопревращения. На схеме также показаны два общепризнанных способа получения **X**.



Дополнительная информация:

- Вещества **H**, **K** и **L** принадлежат одному классу соединений, **A**, **D**, **E**, **I**, **M** и **N** – другому, а **O** – третьему;
- В реакции **A** → **B** образуется единственный органический продукт;
- Вещества **H** и **K** – ближайшие гомологи;
- Структура **M** является крайне неустойчивой, однако известен её димер **N**;
- Вещества **L** и **N** – изомеры;

1. Установите структурные формулы веществ **Y**, **A-I** и **K-O**, а также торговое название **X**.

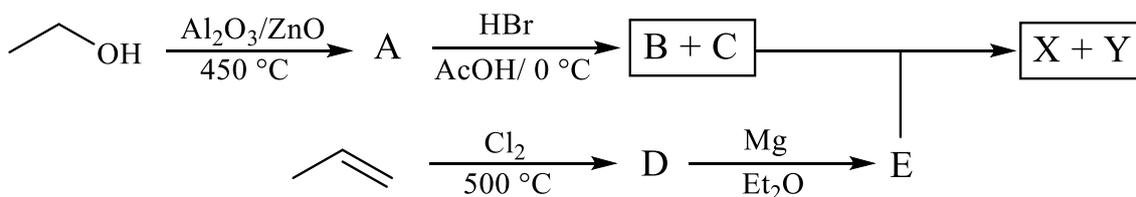
2. К каким классам соединений относятся **K**, **M** и **O**?

3. Объясните, по какой причине **X** (как и **Y**) может применяться в качестве консерванта.

4. В промышленности **X** синтезируют в две стадии из **O**. Рассчитайте массу **O**, которую следует использовать для получения 100 кг **X**, если на первой стадии выход равен 99%, а на второй – 95%.

Задача 10-5

Изомерные соединения **X** и **Y** могут быть синтезированы из доступных реагентов:



Промежуточные вещества **B** и **C** также являются изомерами, причём **B** содержит центральную, а **C** – терминальную двойную связь. Известно, что **Y** существует в смеси двух геометрических изомеров.

1. Приведите структурные формулы соединений **A-E**, **X** и **Y**.

При работе с соединениями **X** и **Y** при повышенных температурах (200-300 °C) было обнаружено, что эти вещества способны обратимо превращаться друг в друга. При изучении равновесия в этой реакции реакцию смесь массой **m** выдерживали до установления равновесия, затем резко охлаждали и подвергали восстановительному озонолузу. Состав продуктов восстановительного озонолуза приведён в таблице:

Продукт	F	G	H	I
$T = 250\text{ }^\circ\text{C}$	3.45 г	3.74 г	7.31 г	1.50 г

2. Приведите структурные формулы продуктов озонолуза смеси **X** и **Y** и соотнесите приведённые структуры с обозначениями **F-I**.

3. Рассчитайте массу навески **m**, которая использовалась при исследовании изомеризации.

4. Вычислите константу равновесия изомеризации **X** в **Y** при 250 °C.

Изучение равновесия $\text{X} \rightleftharpoons \text{Y}$ при других температурах показало, что константа равновесия изомеризации практически не меняется при изменении температуры.

5. Приведите приближённые значения $\Delta_r S^\circ$ и $\Delta_r H^\circ$ реакции изомеризации.

Необходимые формулы:

$$\Delta_r G^\circ = -RT \ln K$$

$$\Delta_r G^\circ = \Delta_r H^\circ - T\Delta_r S^\circ$$