

Химия.10 класс

1 вариант

Решения

**Задача 1.**

1. Самым очевидным углеводородом, который отвечает формуле  $C_6H_6$ , является бензол. Характерная черта бензола – неспособность вступать в реакции присоединения при обычных условиях. Так как вещество **В** является стабильным и ароматическим, причем не вступает в реакции присоединения, то **В** – бензол. Вещество **А**, имеющее в своем составе два четырехчленных цикла, может быть только мостиковым, так как в любых других случаях число атомов углерода превышает 6. Допустим только один вариант расстановки кратных связей в **А** (рисунок 1). В любых других случаях молекула оказывается сильно напряженной.

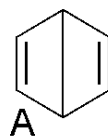
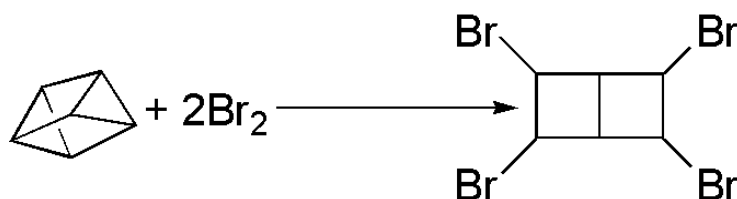
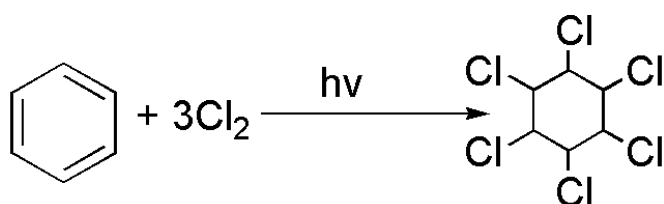
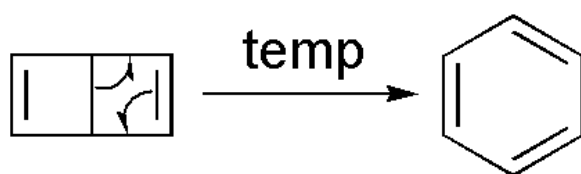


Рисунок 1 – Структурная формула А.

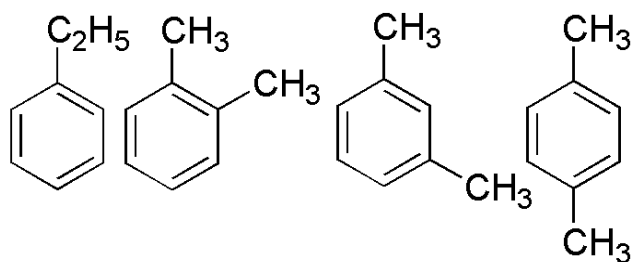
Из-за наличия в соединении **С** пяти циклов, оно может быть только каркасным, так как в любом другом случае расположить три четырехчленных и два трехчленных цикла с сохранением формулы  $C_6H_6$  невозможно. В реакцию взаимодействия **С** с водным раствором брома вступает только 2 моль  $Br_2$ , так как формула получившегося продукта  $C_6H_6Br_4$ . Так как в состав **С** входит два трехчленных цикла, то именно к ним и присоединяется бром, что приводит к их раскрытию. Четырехчленные циклы в меньшей мере склонны к раскрытию цикла при взаимодействии с галогенами. Отсюда **С** – призма (рисунок 2).



2. Уравнения реакций:



3. Всего существует 4 изомера  $C_8H_{10}$  (гомологических бензолу): этилбензол, 1,2-диметилбензол, 1,3-диметилбензол и 1,4-диметилбензол.



## Задача 2.

1. На первой стадии перегруппировки Вольфа происходит отщепление молекулы азота от  $\alpha$ -диазокамфоры с образованием неустойчивого карбена **A**. Поскольку исходный диазокетон имеет циклическое строение, в ходе перегруппировки карбена на второй стадии реакции происходит сокращение цикла на один атом углерода с образованием замещённого кетена **B**. Присоединение к нему молекулы воды приводит к карбоновой кислоте **C**.

Схема превращений:

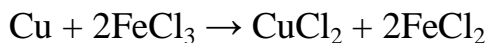


### Задача 3.

Запишем реакцию растворения магнетита в соляной кислоте:

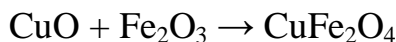


Как видим, образуется хлорид железа (III), который способен окислять металлическую медь согласно уравнению:

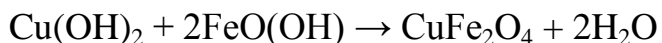


Данное свойство хлорида железа (III) применялось ранее при изготовлении печатных плат для частичного удаления меднения с текстолита.

Твердофазная реакция получения феррита меди:



Также могут применяться карбонаты или гидроксиды (карбонат железа (III) не существует из-за гидролиза):



Верным ответом является любая из приведенных реакций, а также аналогичные (с участием оксидов, гидроксидов, карбонатов).

### Задача 4.

Бихроматы с концентрированной серной кислотой образуют хромовый ангидрид – красные кристаллы, плохо растворимые в серной кислоте и потому выпадающие в осадок.

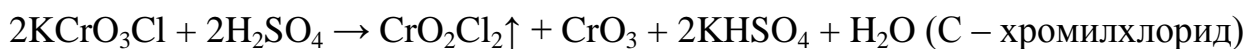


Хромовый ангидрид, в свою очередь, с хлоридом калия образует хлорхромат калия – соль Пелиго.

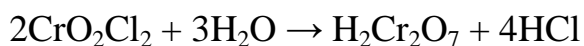


Проверка:  $M = 39 + 52 + 16 \cdot 3 + 35,5 = 174,5 \text{ г/моль}$

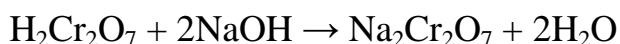
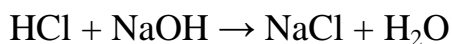
Соль Пелиго при взаимодействии с серной кислотой образует соответствующий ангидрид – хромилхлорид, летучую кроваво-красную жидкость. Также образуется хромовый ангидрид.



Рассчитаем массу гидроксида натрия.



Соответственно, реакции нейтрализации:



Исходя из реакции с водой, количества соляной и двуххромовой кислот:

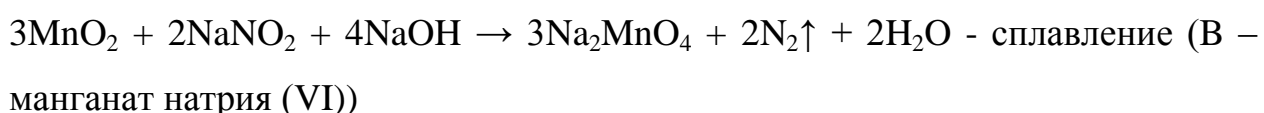
$$n(\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 1,55 / 155 / 2 = 0,005 \text{ моль}$$

$$n(\text{HCl}) = 1,55 / 155 / 2 \cdot 4 = 0,02 \text{ моль}$$

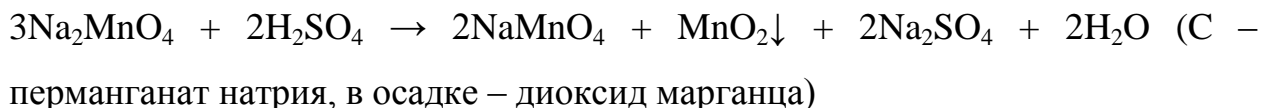
$$\underline{m(\text{NaOH}) = (0,02 + 0,005 \cdot 2) \cdot 40 = 1,2 \text{ г}}$$

### Задача 5.

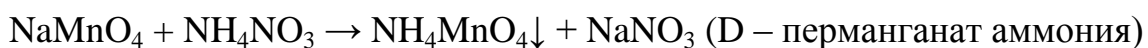
Черный порошок А внутри солевых батареек - диоксид марганца, он же пиролюзит, используемый в качестве деполяризатора. Диоксид марганца при сплавлении со щелочью и окислителем (например, нитритами или нитратами) образует манганаты (VI), имеющие зеленую окраску.



Манганаты (VII) в кислой среде диспропорционируют, образуя перманганаты и диоксид марганца.



Многие перманганаты хорошо растворимы в воде. Но, например, перманганат аммония растворяется слабо, потому может быть осажден из раствора перманганата натрия солью аммония.



Перманганат аммония содержит как анион с выраженными окислительными свойствами, так и катион со слабыми восстановительными свойствами, потому при нагревании или ударе разлагается, подобно, например, перхлорату или бихромату аммония.

$2\text{NH}_4\text{MnO}_4 \rightarrow 2\text{MnO}_2 + \text{N}_2\uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$  - при нагревании или резком ударе

Как видно, в ходе разложения перманганата аммония образуется вода (в виде пара) и азот. В то же время, все продукты разложения перхлората аммония – газообразные вещества. Следовательно, у перманганата аммония сразу 3 недостатка:

1. твердые продукты реакции могут забивать двигатель;
2. объем газообразных продуктов на 1 моль топлива меньше, чем в случае перхлората;

из-за большей молярной массы перманганата его потребуется больше (по массе), чтобы обеспечить такой же объем газов (даже если бы все продукты были бы газообразными).

Химия.10 класс

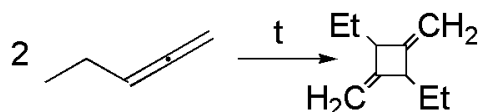
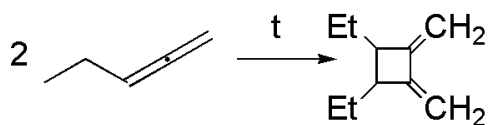
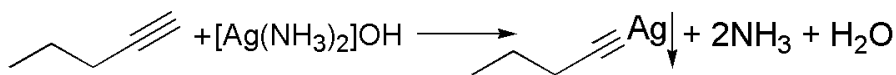
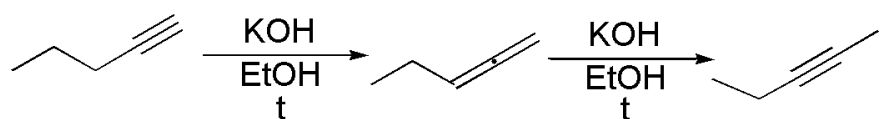
2 вариант

Решения

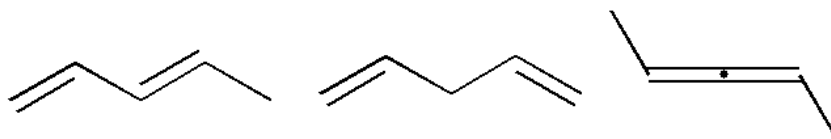
Задача 1.

4. Веществам с общей формулой  $C_5H_8$  могут соответствовать алкины, алкадиены и циклоалкены. Так как вещество **A** способно реагировать с  $[Ag(NH_3)_2]OH$ , то **A** – терминальный алкин, пентин-1. Веществом **C**, которое также является алкином, может быть только пентин-2. Ввиду того, что вещество **B** имеет в своем составе только один атом углерода в  $sp$ -гибридизации и по условию не является алкином, то **B** – кумулированный диен. Кумулированных диенов, отвечающих формуле  $C_5H_8$ , два: пентадиен-1,2 и пентадиен-2,3. Если обратить внимание на структуру вещества **A** (пентин-1) и вещества **C** (пентин-2), то можно заметить “сдвиг” тройной связи, который осуществим только через стадию образования пентадиена-1,2 (ацетилен-алленовая перегруппировка). Отсюда **B** – пентадиен-1,2. Кумулированные диены способны димеризоваться при нагревании, причем соотношение изомеров зависит от температуры (соотношение продуктов в задании не оценивается).

5. Уравнения реакций:



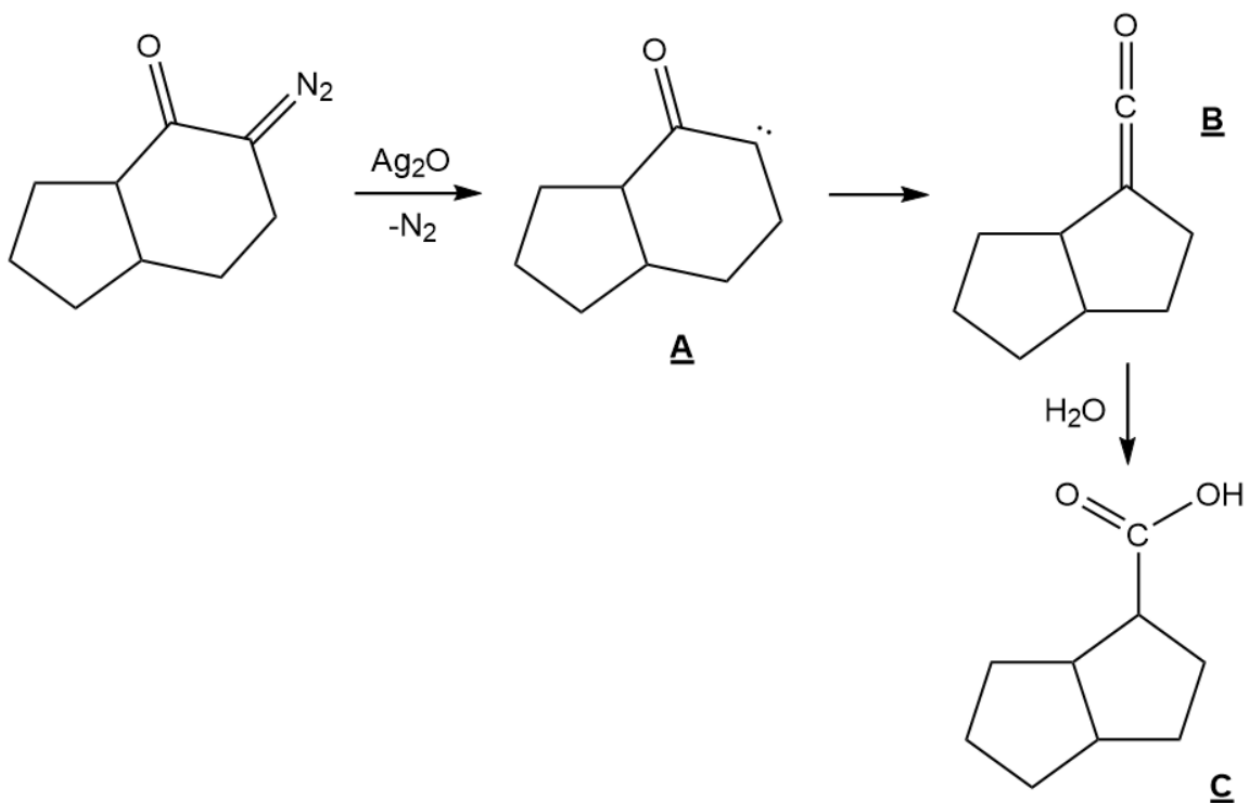
6. Условию задачи отвечают 3 изомера  $C_5H_8$ , которые являются алкадиенами: пентадиен-1,3, пентадиен-1,4, пентадиен-2,3.



### Задача 2.

3. На первой стадии перегруппировки Вольфа происходит отщепление молекулы азота от исходного бициклического диазокетона с образованием неустойчивого карбена **A**. Поскольку исходный диазокетон имеет циклическое строение, в ходе перегруппировки карбена на второй стадии реакции происходит сокращение цикла на один атом углерода с образованием замещённого кетена **B**. Присоединение к нему молекулы воды приводит к карбоновой кислоте **C**.

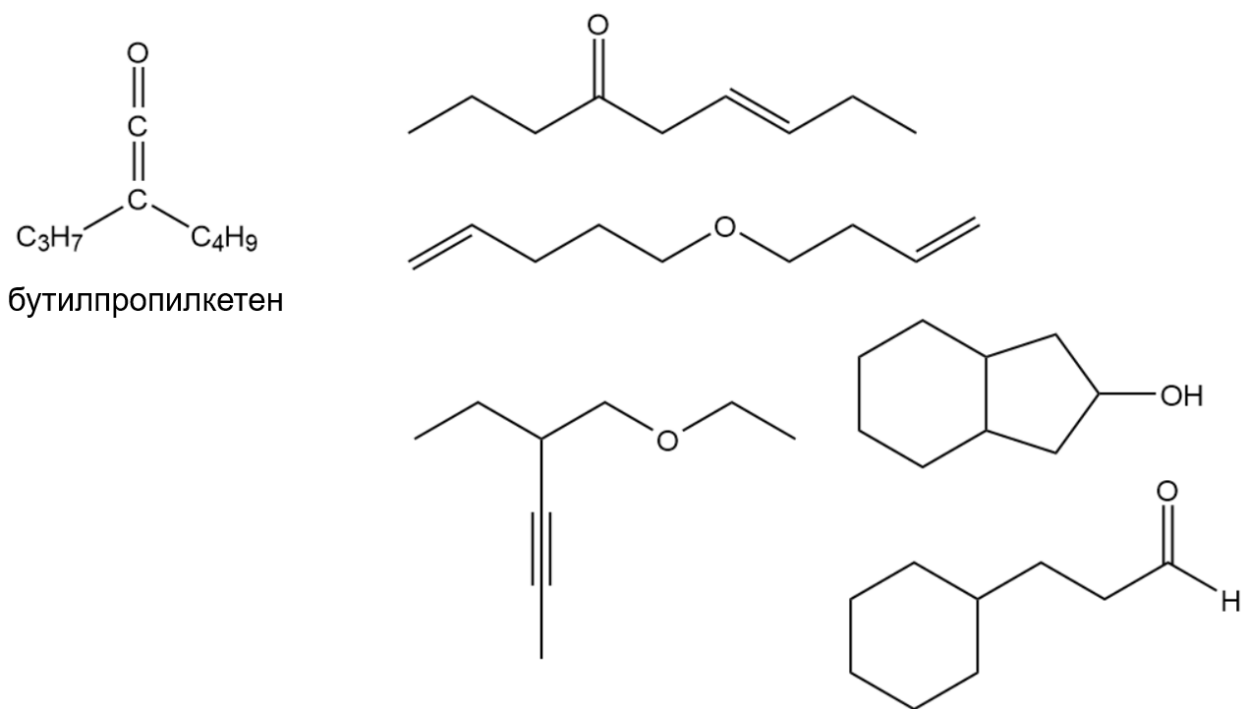
Схема превращений:



4. Кетенам отвечает общая формула  $C_nH_{2n-2}O$ . Они изомерны ненасыщенным альдегидам и кетонам, содержащим одну двойную связь или



один насыщенный цикл, а также ненасыщенным спиртам и простым эфирам, содержащим две двойные связи (два насыщенных цикла или один ненасыщенный) или одну тройную (три насыщенных цикла и т.п.). Примерами изомеров бутилпропилкетена могут служить любые соединения, отвечающие формуле  $C_9H_{16}O$  и принадлежащие к данным классам. К примеру:



### Задача 3.

Раствор I:

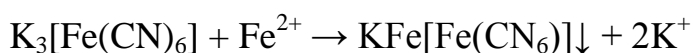


Образуется комплексный оксалат железа-аммония. Данное соединение фоточувствительно – воздействие света сопровождается разрушением комплекса и восстановлением иона железа (III) в его составе до железа (II).

Раствор II:



Как было отмечено выше, раствор I содержит комплекс, разрушающийся под действием света с образованием ионов железа (II). Ионы железа (II) реагируют с гексацианоферратом (III) калия согласно уравнению:



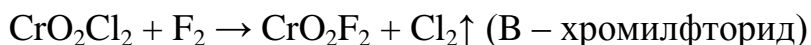
В результате в бумаге образуются коллоидные частицы турнбулевой сини. Поскольку образование ионов железа (II) происходит только на освещенных участках, именно они оказываются окрашенными в синий цвет.

#### Задача 4.

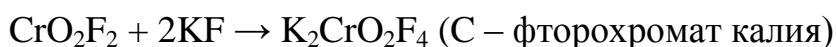
Реакция бихроматов с соляной кислотой в присутствии водоотнимающего средства приводит к образованию хромилхлорида – кроваво-красной летучей жидкости.



Хромилхлорид, в свою очередь, может быть профторирован. Продукт – хромилфторид – менее летучий и при комнатной температуре является твердым веществом. Вторым продуктом реакции – хлор.



Хромилфторид с двукратным количеством фторидов щелочных металлов образует соответствующие фторохроматы.



Вычислим количество хромилхлорида, полученного из 2,62 г бихромата.

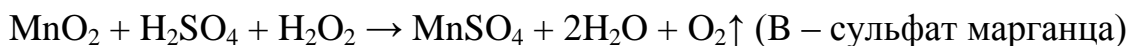
$$n(\text{CrO}_2\text{Cl}_2) = 2,62 / 262 \cdot 2 = 0,02 \text{ моль}$$

Поскольку температура кипения вещества составляет 117 °С, при 150 °С хромилхлорид существует в газообразном виде. Воспользуемся уравнением Клапейрона-Менделеева.

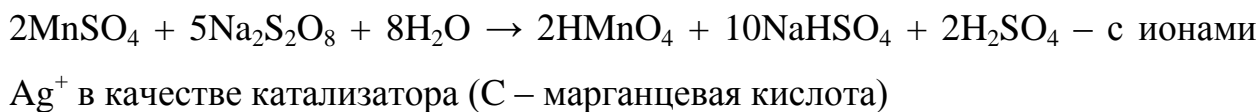
$$V = n \cdot R \cdot T / P = 0,02 \cdot 8,31 \cdot (150 + 273) / 101325 = 6,938 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 = 694 \text{ мл}$$

#### Задача 5.

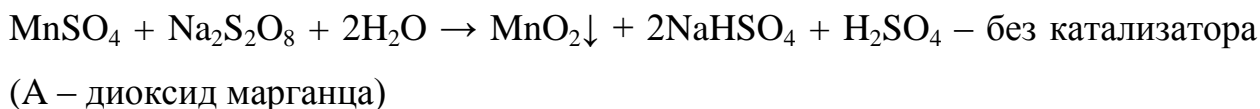
Черный порошок А внутри солевых батареек - диоксид марганца, он же пиролюзит, используемый в качестве деполяризатора. Пиролюзит катализирует разложение перекиси (поэтому в реакцию растворения ее вводили в избытке), но также сам восстанавливается перекисью в кислой среде до марганца (II). Выделяющийся газ – кислород.



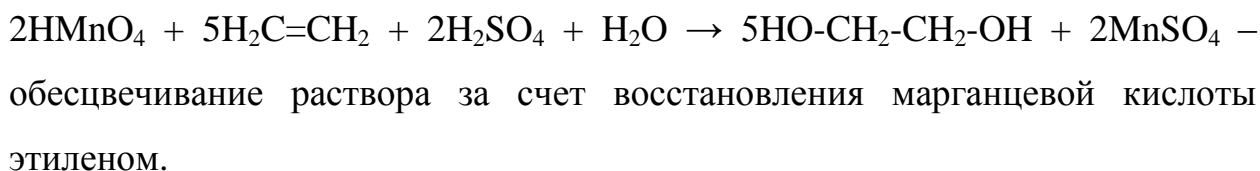
Персульфаты – сильные окислители, способные при катализе ионами серебра окислять ионы марганца (II) до перманганат-иона.



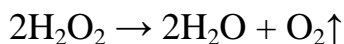
Без катализатора данная реакция приводит к образованию диоксида марганца в виде черного осадка.



Раствор марганцевой кислоты обесцвечивается при пропускании этилена. Образуется сульфат марганца (В) и этиленгликоль.



Как уже было отмечено выше, диоксид марганца катализирует разложение перекиси, поэтому перекись берется в значительном избытке. Уравнение каталитической реакции:



Химия.10 класс

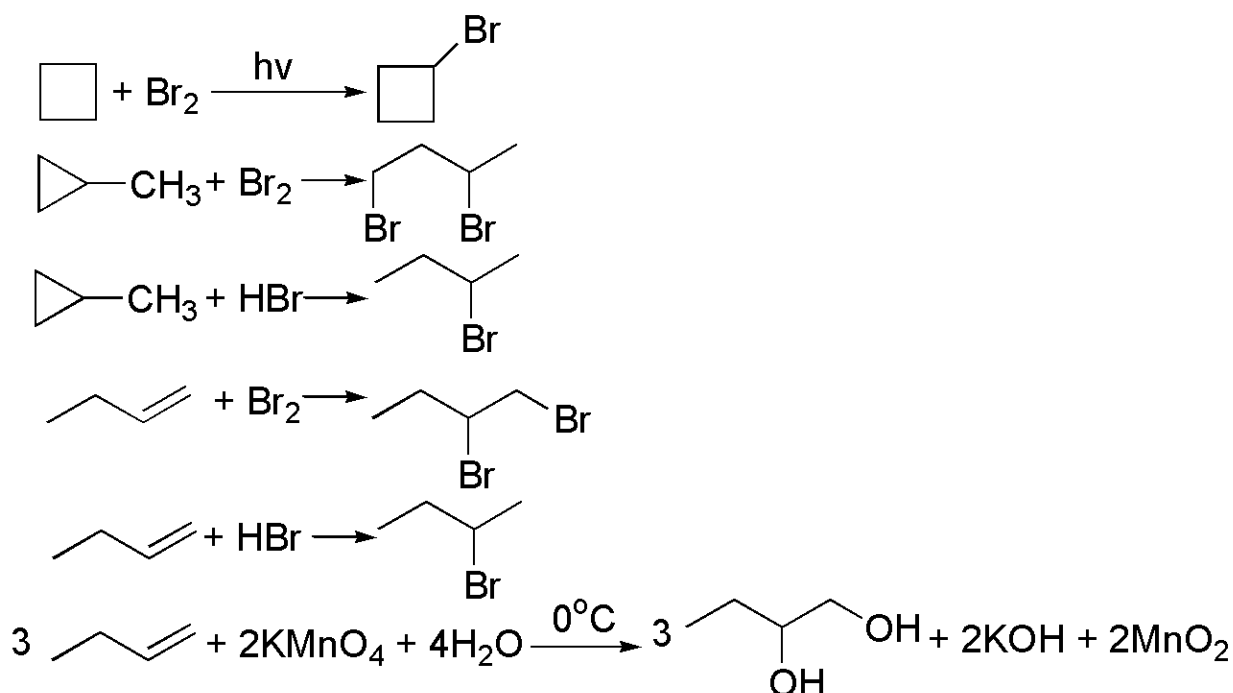
3 вариант

Решения

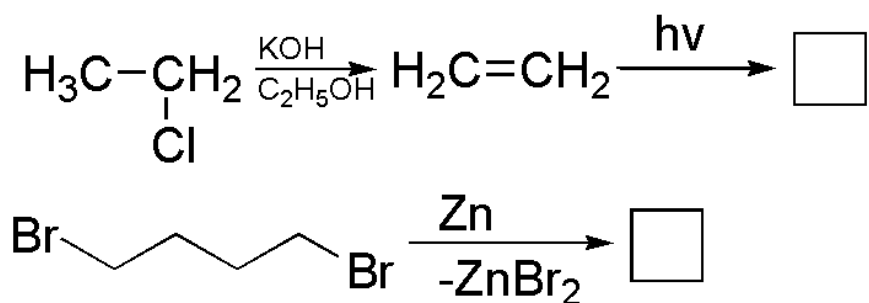
Задача 1.

7. Веществам с общей формулой  $C_4H_8$  могут соответствовать алкены и циклоалканы. Так как только вещество **В** способно обесцвечивать водный раствор  $KMnO_4$  (с образованием 1,2-диола), то **В** – бутен-1. Составу  $C_4H_8$  также отвечают циклобутан и метилциклопропан. Циклобутан не реагирует с  $HBr$ , а с бромом реагирует только на свету. **С** – циклобутан. **А** – метилциклопропан, так как трехчленные циклы склонны к реакциям присоединения с раскрытием кольца.

8. Уравнения реакций:



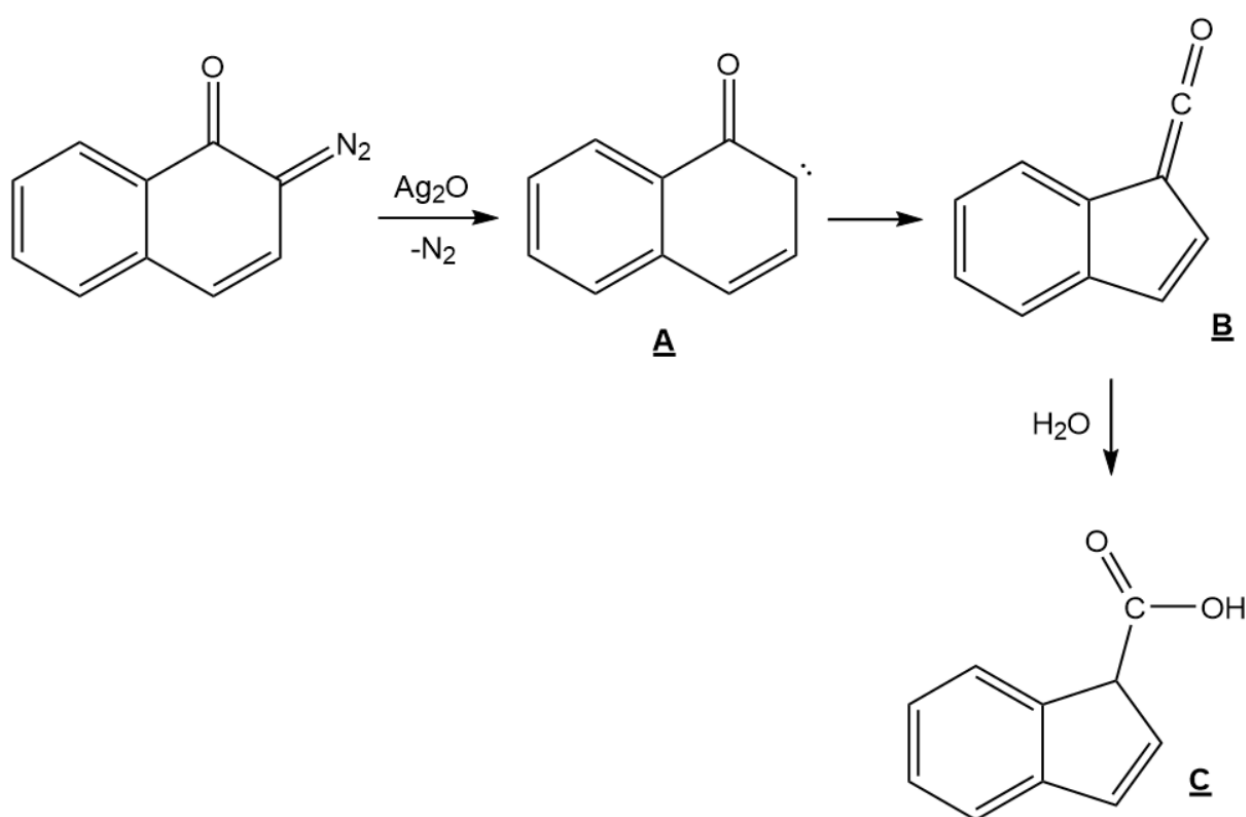
9. Возможные синтезы вещества **С**:



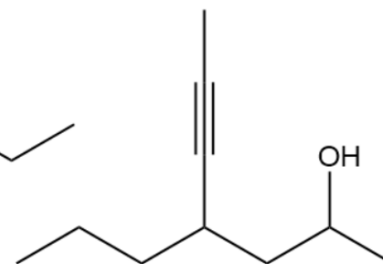
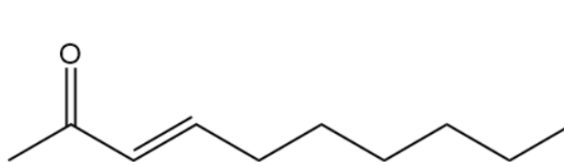
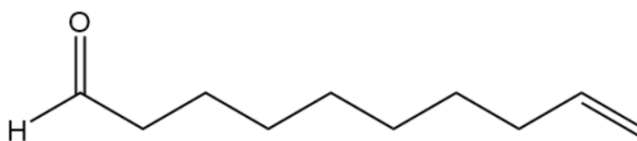
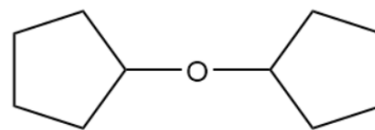
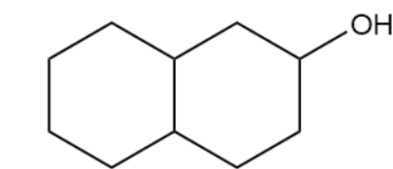
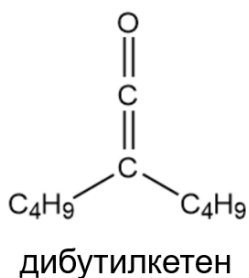
## Задача 2.

5. На первой стадии перегруппировки Вольфа происходит отщепление молекулы азота от исходного диазокетона с образованием неустойчивого карбена **A**. Поскольку исходный диазокетон имеет циклическое строение, в ходе перегруппировки карбена на второй стадии реакции происходит сокращение цикла на один атом углерода с образованием замещённого кетена **B**. Присоединение к нему молекулы воды приводит к карбоновой кислоте **C**.

Схема превращений:



6. Кетенам отвечает общая формула  $C_nH_{2n-2}O$ . Они изомерны ненасыщенным альдегидам и кетонам, содержащим одну двойную связь или один насыщенный цикл, а также ненасыщенным спиртам и простым эфирам, содержащим две двойные связи (два насыщенных цикла или один ненасыщенный) или одну тройную (три насыщенных цикла и т.п.). Примерами изомеров дибутилкетена могут служить любые соединения, отвечающие формуле  $C_{10}H_{18}O$  и принадлежащие к данным классам. К примеру:

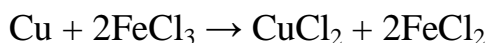


### Задача 3.

Запишем реакцию растворения магнетита в соляной кислоте:

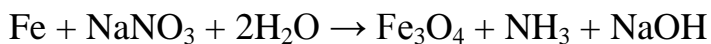


Как видим, образуется хлорид железа (III), который способен окислять металлическую медь согласно уравнению:



Данное свойство хлорида железа (III) применялось ранее при изготовлении печатных плат для частичного удаления меднения с текстолита.

Реакция наночастиц железа с нитратом натрия:



Выделяется аммиак, который, растворяясь во влаге на индикаторной бумаге, создает щелочную среду. В щелочной среде универсальный индикатор окрашивается в синий.

### Задача 4.

Черный порошок А внутри солевых батареек - диоксид марганца, он же пиролюзит, используемый в качестве деполяризатора. Диоксид марганца –

окислитель, особенно в сильноокислой среде, способен окислять кислород в составе молекул воды, восстанавливаясь до соединений марганца (II).

$2\text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{MnSO}_4 + \text{O}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$  – при нагревании (В – сульфат марганца (II))

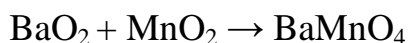
Метависмутат натрия – сильный окислитель, способный в кислой среде окислять ионы марганца (II) до перманганат-ионов.

$4\text{MnSO}_4 + 10\text{NaBiO}_3 + 16\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 4\text{HMnO}_4 + 5\text{Bi}_2(\text{SO}_4)_3 + 5\text{Na}_2\text{SO}_4 + 14\text{H}_2\text{O}$   
(С – марганцевая кислота)

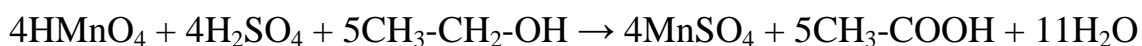
Марганцевая кислота способна окислять ион аммония при нагревании. Реакция идет медленно и сопровождается выделением диоксида марганца и азота.

$2\text{HMnO}_4 + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{MnO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{N}_2\uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$  – при нагревании.

Запишем реакцию получения касселевой зелени:



Реакции с этанолом:



Ввиду того, что перманганат – очень сильный окислитель, реакция с этанолом не останавливается на стадии уксусного альдегида – Д - и приводит к образованию уксусной кислоты - Е. Манганат (VI) бария – более мягкий окислитель, поэтому при реакции с ним спирты окисляются до соответствующих альдегидов.

### Задача 5.

Бихроматы в щелочной среде переходят в хроматы, что сопровождается сменой окраски раствора с оранжевой на желтую.



Найдем формулу соединения В:

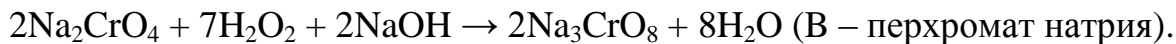
$$20,88 : 52 = 0,401 \mid 0,401 : 0,401 \approx 1$$

$$27,71 : 23 = 1,205 \mid 1,205 : 0,401 \approx 3$$

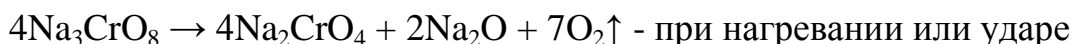
$$54,41 : 16 = 3,213 \mid 3,213 : 0,401 \approx 8$$

=> Формула **В: Na<sub>3</sub>CrO<sub>8</sub>**

Хроматы в щелочной среде образуют с перекисью неустойчивые перхроматы. Перхромат-ион CrO<sub>8</sub><sup>3-</sup> содержит сразу 4 пероксо-группы.



Перхроматы могут быть выделены в чистом виде, однако крайне нестабильны, взрываются при нагревании или ударе.

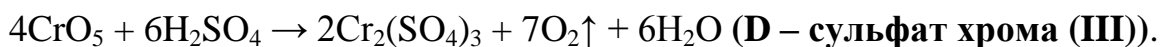


Предположим, что С – бинарное соединение хрома с кислородом (ангидрид?). Найдем формулу вещества С:

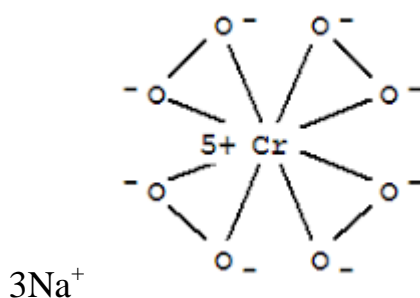
$$(100 - 39,39) : (39,39 \cdot 16 : 52) \approx 5$$

=> Формула **С: CrO<sub>5</sub>**

В кислой среде перхроматы разлагаются, образуя промежуточно оксид-пероксид хрома, который также быстро разлагается с выделением кислорода.



Изобразим структурную формулу пероксохромат-иона.



Как видно, суммарный заряд иона -3, соответственно, для нейтрализации заряда необходимо 3 иона Na<sup>+</sup>