ХИМИЯ

ВАРИАНТ 1

Задание 1 (5 баллов)

Для предложенной окислительно-восстановительной реакции определить продукты. Реакцию уравнять, пользуясь методом электронного баланса или методом полуреакций. Реакцию записать в молекулярной и, для реакции, протекающей в растворе, сокращенной ионной формах:

$$C_6H_{12}O_6 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow CO_2 \ldots$$

Решение:

$$C_6H_{12}O_6 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow CO_2 + MnSO_4 + K_2SO_4 + H_2O$$

1 балл

$$\begin{array}{r|l} 5\times & 6C^0 - 24\bar{e} \rightarrow 6C^{+4} \\ 24\times & Mn^{+7} + 5\bar{e} \rightarrow Mn^{+2} \end{array}$$

или

$$\begin{array}{r|l} 5\times & C_6H_{12}O_6 - 24\bar{e} + 6H_2O \rightarrow 6CO_2 + 24H^+ \\ 24\times & MnO_4^- + 5\bar{e} + 8H^+ \rightarrow Mn^{+2} + 4H_2O \end{array}$$

2 балла

$$30C^0 + 24Mn^{+7} \rightarrow 30C^{+4} + 24Mn^{+2}$$

или

$$5C_6H_{12}O_6 + 24\,MnO_4^- + 30H_2O + 192H^+ \rightarrow 30CO_2 + 24Mn^{+2} + 120H^+ + 96H_2O$$

$$5C_6H_{12}O_6 + 24\,MnO_4^- + 72H^+ \rightarrow 30CO_2 + 24Mn^{+2} + 66H_2O$$

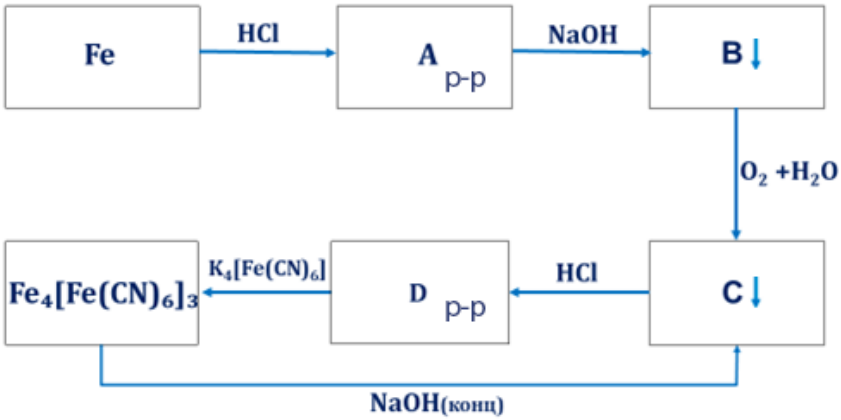
1 балл

$$5C_6H_{12}O_6 + 24KMnO_4 + 36H_2SO_4 \rightarrow 30CO_2 + 24MnSO_4 + 12K_2SO_4 + 66\,H_2O$$

1 балл

Задание 2 (10 баллов)

Определите формулы веществ *A, B, C, D*. Напишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакции, с помощью которых можно осуществить следующие химические превращения. Вещества в цепочке могут находиться как в твердом состоянии, так и в растворе. При уравнивании окислительно-восстановительных реакций воспользоваться методом электронного баланса или методом полуреакций:



Решение:

1.

$$Fe + 2HCl \rightarrow FeCl_2 + H_2\uparrow$$
$$Fe^0 - 2\bar{e} \rightarrow Fe^{+2} \mid \times 1$$
$$2H^+ + 2\bar{e} \rightarrow H_2^0 \mid \times 1$$
$$Fe^0 + 2H^+ \rightarrow Fe^{+2} + H_2^0\uparrow$$

2 балла

2.

$$FeCl_2 + 2NaOH \rightarrow Fe(OH)_2\downarrow + 2NaCl$$
$$Fe^{2+} + 2OH^- \rightarrow Fe(OH)_2\downarrow$$

1 балл

3.

$$4Fe(OH)_2 + O_2 + 2H_2O \rightarrow 4Fe(OH)_3\downarrow$$
$$Fe^{+2} - \bar{e} \rightarrow Fe^{+3} \mid \times 4$$
$$O_2^0 + 4\bar{e} \rightarrow O^{-2} \mid \times 1$$
$$4Fe^{+2} + O_2^0 \rightarrow 4Fe^{+3} + O^{-2}$$
$$Fe(OH)_2 + \bar{e} + OH^- \rightarrow Fe(OH)_3$$
$$O_2 + 2H_2O + 4\bar{e} \rightarrow 4OH^-$$

2 балла

4.

$$Fe(OH)_3 + 3HCl \rightarrow FeCl_3 + 3H_2O$$
$$Fe(OH)_3 + 3H^+ \rightarrow Fe^{3+} + 3H_2O$$

1 балл

5.

$$4FeCl_3 + 3K_4[Fe(CN)_6] \rightarrow Fe_4[Fe(CN)_6]_3\downarrow + 12KCl$$
$$4Fe^{3+} + 12Cl^- + 12K^+ + 3[Fe(CN)_6]^{4-} \rightarrow Fe_4[Fe(CN)_6]_3\downarrow + 12K^+ + 12Cl^-$$
$$4Fe^{3+} + 3[Fe(CN)_6]^{4-} \rightarrow Fe_4[Fe(CN)_6]_3\downarrow$$

2 балла

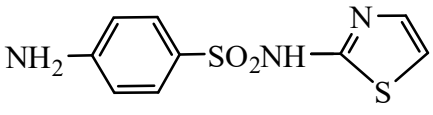
6.

$$Fe_4[Fe(CN)_6]_3 + 12NaOH\ (\text{конц.}) \rightarrow 4Fe(OH)_3\downarrow + 3Na_4[Fe(CN)_6]$$
$$Fe_4[Fe(CN)_6]_3 + 12Na^+ + 12OH^- \rightarrow 4Fe(OH)_3\downarrow + 12Na^+ + 3[Fe(CN)_6]^{4-}$$
$$Fe_4[Fe(CN)_6]_3 + 12OH^- \rightarrow 4Fe(OH)_3\downarrow + 3[Fe(CN)_6]^{4-}$$

2 балла

Ответ: *A – $FeCl_2$; B –$Fe(OH)_2$; C – $Fe(OH)_3$; D – $FeCl_3$.*

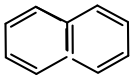
Задание 3 (15 баллов)

Карбид кальция привзаимодействии с водой дает вещество **A**, которое реагируя с бензолом при температуре и на катализаторе, образует соединение **B**. Соединение **B** подвергли окислению на оксиде ванадия (V) при температуре, получив **C**. Соединение **C** нагрели в водной среде с образованием **D**. Вещество **D** реагирует при нагревании с соединением  , образовав продукт **E**. Раскрыть формулы всех веществ и написать реакции.

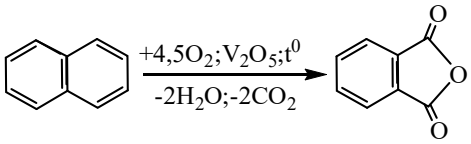
Решение

1. $CaC_2 \xrightarrow[-Ca(OH)_2]{+2H_2O} C_2H_2$ **A**

3 балла

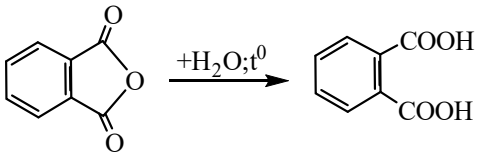
2. $C_2H_2 \xrightarrow[-H_2]{+C_6H_6;+C_2H_2;t^0;cat}$  **B**

3 балла

3. 

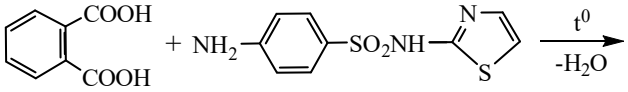
C

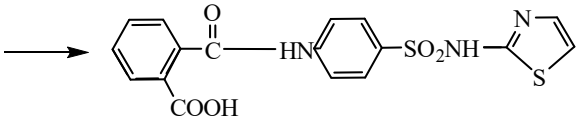
3 балла

4. 

D

3 балла



5. 

E

3 балла

Задание 4 (20 баллов)

В ходе демонстрационного опыта химик частично прокалил образец нитрата железа (III). В результате разложения в пробирке остался твёрдый остаток массой 90,0 г. При добавлении к этому остатку 240 г 15 %-ного раствора гидроксида натрия произошла реакция, в ходе которой выпал бурый осадок гидроксида железа (III), а избыток щёлочи остался в растворе. На основании проведённых данных определите: а) массу исходного образца нитрата железа (III); б) объём смеси газов (в пересчёте на нормальные условия), выделившихся при его термическом разложении. Запишите уравнения всех протекающих реакций и приведите пошаговые вычисления с указанием единиц измерения.

Решение:

$4Fe(NO_3)_3 \rightarrow 2Fe_2O_3 + 12NO_2\uparrow + 3O_2\uparrow$ [1]

$Fe(NO_3)_3 + 3NaOH \rightarrow Fe(OH)_3\downarrow + 3NaNO_3$ [2]

Рассчитаем количество вещества нитрата железа (III), оставшегося в твёрдом остатке.

Масса NaOH в растворе:

m(NaOH) = 240 · 0,15 = 36,0 г

Количество вещества NaOH:

n(NaOH) = 36,0 / 40 = 0,9 моль

5 баллов

Из уравнения (2): 1 моль $Fe(NO_3)_3$ реагирует с 3 моль NaOH, следовательно:

n($Fe(NO_3)_3$) в остатке = 0,9 / 3 = 0,3 моль

Молярная масса $Fe(NO_3)_3$ = 56 + 3·(14 + 48) = 56 + 186 = 242 г/моль

Масса неразложившегося $Fe(NO_3)_3$:

m($Fe(NO_3)_3$) ост. = 0,3 · 242 = 72,6 г

Масса оксида железа (III) в остатке:

m(Fe_2O_3) = масса твёрдого остатка − масса соли = 90,0 − 72,6 = 17,4 г

Молярная масса Fe_2O_3 = 2·56 + 3·16 = 112 + 48 = 160 г/моль

Количество вещества Fe_2O_3:

n(Fe_2O_3) = 17,4 / 160 = 0,10875 моль

Из уравнения (1): 2 моль Fe_2O_3 образуются из 4 моль $Fe(NO_3)_3$,

следовательно, n($Fe(NO_3)_3$, разложившегося) = 2 · n(Fe_2O_3) = 2 · 0,10875 = 0,2175 моль

Масса разложившегося $Fe(NO_3)_3$:

m = 0,2175 · 242 = 52,635 г

5 баллов

Масса исходного образца:

m исх. = масса неразложившегося + масса разложившегося = 72,6 + 52,635 = 125,235 г ≈ 125,2 г

Объём выделившихся газов.

Из уравнения (1): на 2 моль Fe_2O_3 приходится 15 моль газов ($12NO_2 + 3O_2$),

то есть на 1 моль Fe_2O_3 — 7,5 моль газов.

Следовательно:

n(газов) = 7,5 · n(Fe_2O_3) = 7,5 · 0,10875 = 0,8156 моль

Объём газов при нормальных условиях:

V(газов) = 0,8156 · 22,4 ≈ 18,27 л

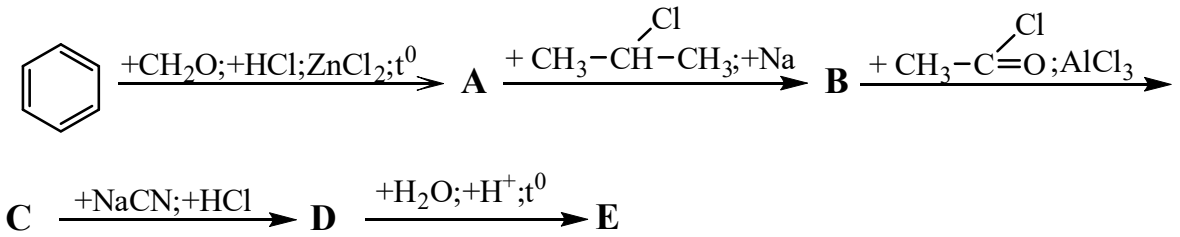
10 баллов

Ответ:

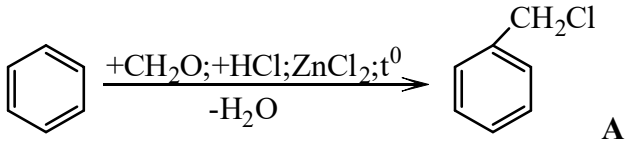
а) масса исходного образца нитрата железа (III) — 125,2 г; б) объём выделившейся смеси газов — 18,27 л (при н.у.).

Задание 5 (20 баллов)

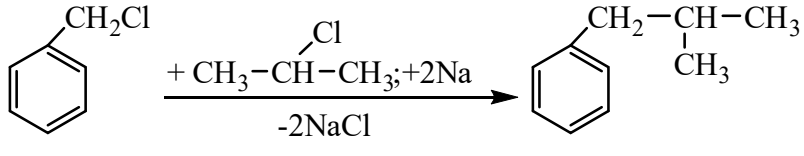
Предложите формулы органических веществ и уравнения химических реакций в соответствии со схемой превращений.



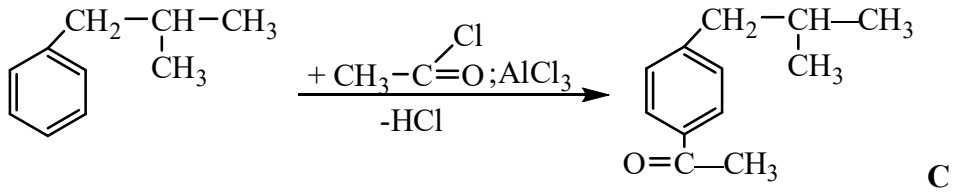
Решение

1. 

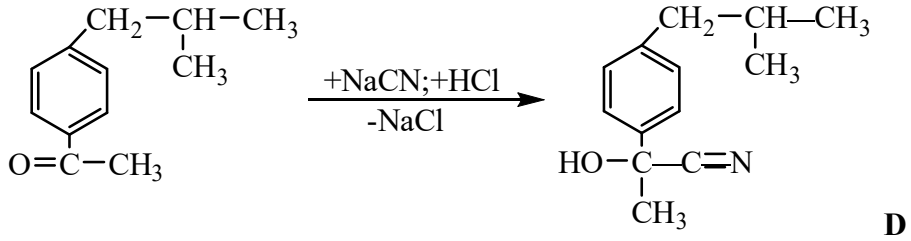
4 балла

2. 

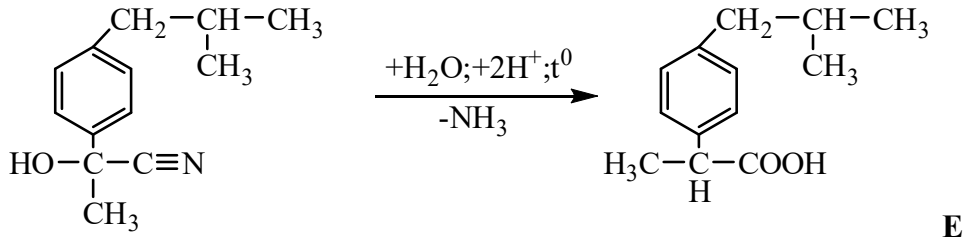
4 балла

3. 

4 балла

4. 

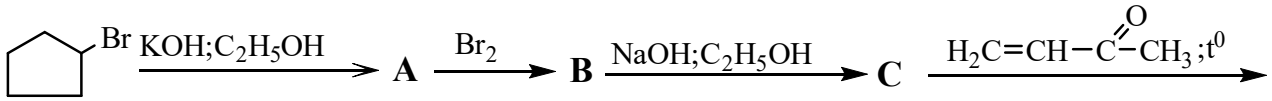
4 балла

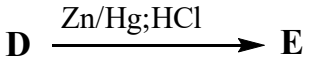
5. 

4 балла

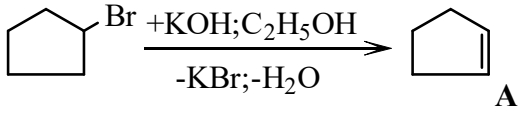
Задание 6 (30 баллов)

Напишите уравнения реакций, при помощи которых можно осуществить следующие химические превращения:

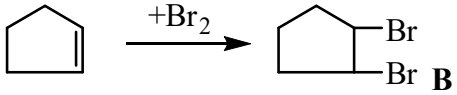




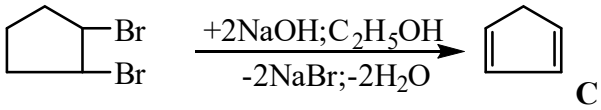
Решение

1. 

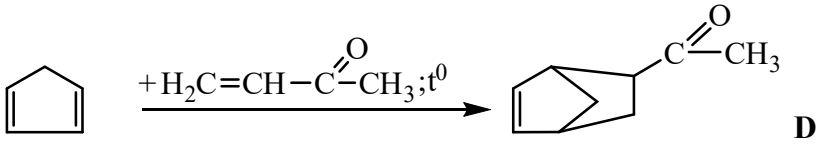
6 баллов

2. 

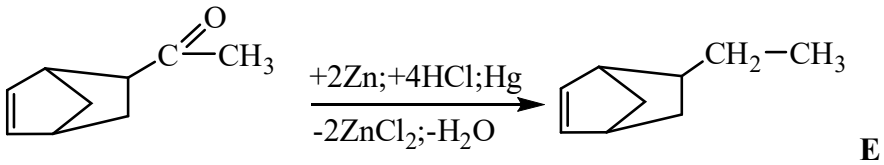
6 баллов

3. 

6 баллов

4. 

6 баллов

5. 

6 баллов

ХИМИЯ

ВАРИАНТ 2

Задание 1 (5 баллов)

Для предложенной окислительно-восстановительной реакции определить продукты. Реакцию уравнять, пользуясь методом электронного баланса или методом полуреакций. Реакцию записать в молекулярной и, для реакции, протекающей в растворе, сокращенной ионной формах:

$$C_6H_5CH_2CH_3 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow C_6H_5COOH \ldots$$

Решение:

$$C_6H_5CH_2CH_3 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow C_6H_5COOH + CO_2 + MnSO_4 + K_2SO_4 + H_2O$$

1 балл

$$\begin{array}{r|l} 5\times & \begin{cases} C^{-3} - 7\bar{e} \rightarrow C^{+4} \\ C^{-2} - 5\bar{e} \rightarrow C^{+3} \end{cases} \\ 12\times & Mn^{+7} + 5\bar{e} \rightarrow Mn^{+2} \end{array}$$

или

$$\begin{array}{r|l} 5\times & C_8H_{10} - 12\bar{e} + 4H_2O \rightarrow C_7H_6O_2 + CO_2 + 12H^+ \\ 12\times & MnO_4 + 5\bar{e} + 8H^+ \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O \end{array}$$

2 балла

$$12Mn^{+7} + 5C^{-3} + 5C^{-2} \rightarrow 12Mn^{+2} + 5C^{+4} + 5C^{+3}$$

или

$$5C_8H_{10} + 12MnO_4 + 20H_2O + 96H^+ \rightarrow 5C_7H_6O_2 + 5CO_2 + 12Mn^{2+} + 48H_2O + 60H^+$$

$$5C_8H_{10} + 12MnO_4 + 36H^+ \rightarrow 5C_7H_6O_2 + 5CO_2 + 12Mn^{2+} + 28H_2O$$

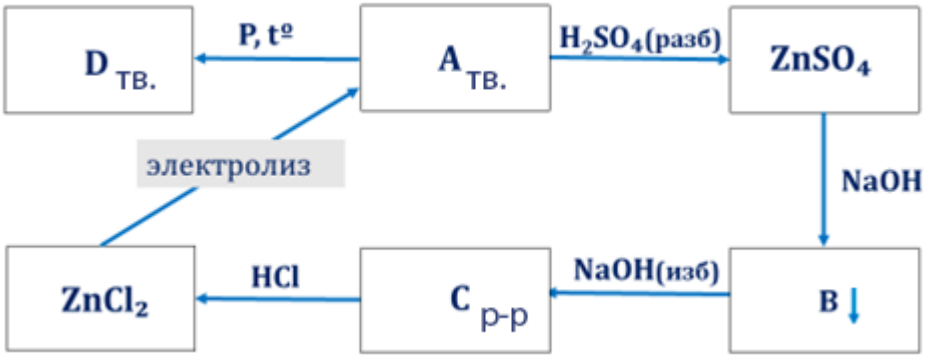
1 балл

$$5C_6H_5CH_2CH_3 + 12KMnO_4 + 18H_2SO_4 \rightarrow 5C_6H_5COOH + 5CO_2 + 12MnSO_4 + 6K_2SO_4 + 28H_2O$$

1 балл

Задание 2 (10 баллов)

Определите формулы веществ *A, B, C, D*. Напишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакции, с помощью которых можно осуществить следующие химические превращения. Вещества в цепочке могут находиться как в твердом состоянии, так и в растворе. При уравнивании окислительно-восстановительных реакций воспользоваться методом электронного баланса или методом полуреакций:



Решение:

1.

$$Zn + H_2SO_4(\text{разб.}) \rightarrow ZnSO_4 + H_2\uparrow$$

$$Zn^0 - 2\bar{e} \rightarrow Zn^{+2} \mid \times 1$$

$$2H^+ + 2\bar{e} \rightarrow H_2^0 \mid \times 1$$

$$Zn^0 + 2H^+ \rightarrow Zn^{+2} + H_2^0\uparrow$$

2 балла

2.

$$ZnSO_4 + 2NaOH \rightarrow Zn(OH)_2\downarrow + Na_2SO_4$$

$$Zn^{2+} + 2OH^- \rightarrow Zn(OH)_2\downarrow$$

1 балл

3.

$$Zn(OH)_2 + 2NaOH_{(\text{избыток})} \rightarrow Na_2[Zn(OH)_4]$$

$$Zn(OH)_2 + 2OH^- \rightarrow [Zn(OH)_4]^{2-}$$

1 балл

4.

$$Na_2[Zn(OH)_4] + 4HCl \rightarrow ZnCl_2 + 2NaCl + 4H_2O$$

$$[Zn(OH)_4]^{2-} + 4H^+ \rightarrow Zn^{2+} + 4H_2O$$

2 балла

5.

$$ZnCl_{2,(\text{расплав})} \xrightarrow{\text{электролиз}} Zn^0 + Cl_2\uparrow$$

$$Zn^{+2} + 2\bar{e} \rightarrow Zn^0 \mid \times 1$$

$$2Cl^- - 2\bar{e} \rightarrow Cl_2^0 \mid \times 1$$

2 балла

6.

$$3Zn + 2P \xrightarrow{t} Zn_3P_2$$

$$Zn^0 - 2\bar{e} \rightarrow Zn^{+2} \mid \times 3$$

$$P^0 + 3\bar{e} \rightarrow P^{-3} \mid \times 2$$

$$3Zn^0 + 2P^0 \rightarrow 3Zn^{+2} + 2P^{-3}$$

2 балла

Ответ: *A – Zn; B – $Zn(OH)_2$; C – $Na_2[Zn(OH)_4]$; D – Zn_3P_2.*

Задание 3 (15 баллов)

Угарный газ взаимодействует с водородом на катализаторе при температуре и давлении с образованием вещества **A**. Вещество **A** окисляют кислородом на серебрянном катализаторе при нагревании с получением **B**. Соединение **B** реагирует с ацетиленом при нагревании и давлении на катализаторе, образуя **C**. Соединение **C** вступает в реакцию с аммиаком на оксиде алюминия при температуре и образует соединение **D**, которое в реакции с хлороформом в среде натриевой щелочи образует **E**. Раскрыть формулы всех веществ и написать реакции.

Решение:

1. $CO \xrightarrow{+2H_2;t^0;P_{atm};kat} CH_3OH$ **A**

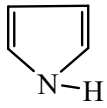
3 балла

2. $CH_3OH \xrightarrow[-H_2O]{+{}^1/_2O_2;t^0;Ag} HC(=O)H$ **B**

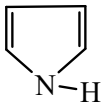
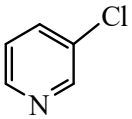
3 балла

3. $HC(=O)H \xrightarrow{+C_2H_2;t^0;+CH(=O)H;kat;t^0;p} HOCH_2-C\equiv C-CH_2OH$ **C**

3 балла

4. $HOCH_2-C\equiv C-CH_2OH \xrightarrow[-H_2O]{+NH_3;Al_2O_3;t^0}$  **D**

3 балла

5.  $\xrightarrow[-NaCl]{+CHCl_3;NaOH}$  **E**

3 балла

Задание 4 (20 баллов)

В лаборатории юный химик решил провести эксперимент с газами, хорошо растворимыми в воде. Он приготовил насыщенный раствор аммиака (растворимость — 680 л газа при н.у. в 1 л воды) и насыщенный раствор хлороводорода (растворимость — 460 л газа при н.у. в 1 л воды). Затем он аккуратно смешал эти растворы в таком соотношении, что аммиак и хлороводород прореагировали полностью, образовав хлорид аммония. К полученной смеси он добавил 100 г воды и раствор нитрата серебра. В результате выпал белый осадок, а в растворе осталось единственное растворённое вещество. Конечный раствор имел массу 750 г, а массовая доля растворённого вещества в нём составила 21,33 %. Определите массовую долю нитрата серебра в добавленном растворе. Запишите уравнения всех протекающих реакций и приведите пошаговые вычисления с указанием единиц измерения.

Решение:

$NH_3 + HCl \rightarrow NH_4Cl$ [1]

$AgNO_3 + NH_4Cl \rightarrow NH_4NO_3 + AgCl\downarrow$ [2]

Из условия известно, что в конечном растворе содержится только одно растворённое вещество — нитрат аммония (NH_4NO_3).

Масса NH_4NO_3 в конечном растворе:

$m(NH_4NO_3) = 750 \cdot 0{,}2133 = 160{,}0$ г

Молярная масса $NH_4NO_3 = 14 + 4 + 14 + 48 = 80$ г/моль

Количество вещества:

$n(NH_4NO_3) = 160{,}0 / 80 = 2{,}0$ моль

5 баллов

Следовательно, по уравнениям реакций:

$n(NH_3) = n(HCl) = n(AgNO_3) = n(NH_4Cl) = n(NH_4NO_3) = 2{,}0$ моль

Объём каждого газа при н.у.:

$V = n \cdot 22{,}4 = 2{,}0 \cdot 22{,}4 = 44{,}8$ л

Массы газов:

$m(NH_3) = 2{,}0 \cdot 17 = 34{,}0$ г

$m(HCl) = 2{,}0 \cdot 36{,}5 = 73{,}0$ г

Теперь найдём массу воды в каждом насыщенном растворе.

Для аммиака:

растворимость = 680 л NH_3 в 1000 г воды

→ на 44,8 л NH_3 приходится:

$m(H_2O$ в р-ре $NH_3) = (44{,}8 / 680) \cdot 1000 \approx 65{,}9$ г

Для хлороводорода:

растворимость = 460 л HCl в 1000 г воды

→ на 44,8 л HCl приходится:

$m(H_2O$ в р-ре $HCl) = (44{,}8 / 460) \cdot 1000 \approx 97{,}4$ г

Масса осадка AgCl:

$M(AgCl) = 108 + 35{,}5 = 143{,}5$ г/моль

$m(AgCl) = 2{,}0 \cdot 143{,}5 = 287{,}0$ г

Масса добавленного $AgNO_3$:

$M(AgNO_3) = 108 + 14 + 48 = 170$ г/моль

$m(AgNO_3) = 2{,}0 \cdot 170 = 340{,}0$ г

5 баллов

Определим массу раствора нитрата серебра.

Общая масса конечного раствора = 750 г

Эта масса сложилась из:

– массы раствора NH_3

– массы раствора HCl

– массы добавленной воды (100 г)

– массы раствора $AgNO_3$

– минус масса осадка AgCl (он не входит в раствор)

Обозначим массу раствора $AgNO_3$ как $m(AgNO_3$ р-ра).

Тогда:

750 = [m(H_2O в NH_3) + m(NH_3)] + [m(H_2O в HCl) + m(HCl)] + 100 + m($AgNO_3$ р-ра) − m(AgCl)

Подставим числа:

750 = (65,9 + 34,0) + (97,4 + 73,0) + 100 + m($AgNO_3$ р-ра) − 287,0

m($AgNO_3$ р-ра) = 750 − 83,3 = 666,7 г

Найдём массовую долю $AgNO_3$ в его растворе:

ω($AgNO_3$) = (340,0 / 666,7) · 100% ≈ 51,0 %

10 баллов

Ответ: массовая доля нитрата серебра в добавленном растворе составляет 51,0 %.

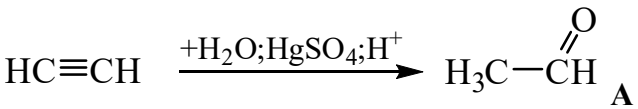
Задание 5 (20 баллов)

Предложите формулы органических веществ и уравнения химических реакций в соответствии со схемой превращений.

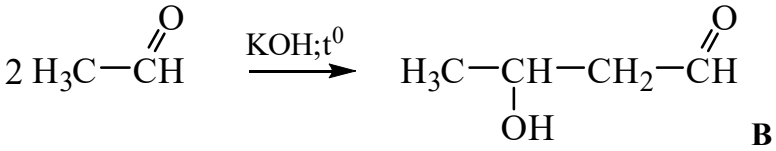
$$HC{\equiv}CH \xrightarrow{+H_2O;HgSO_4;H^+} \mathbf{A} \xrightarrow{KOH;t^0} \mathbf{B} \xrightarrow{+H_2;t^0;p;LiAlH_4} \mathbf{C} \xrightarrow{t^0;p;H_3PO_4}$$

$$\mathbf{D} \xrightarrow{+F_2C{=}CF_2;t^0;\text{автоклав}} \mathbf{E}$$

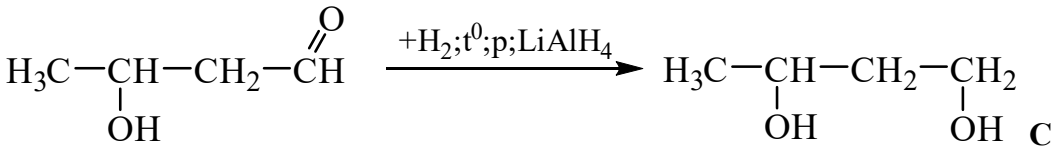
Решение:

1. 

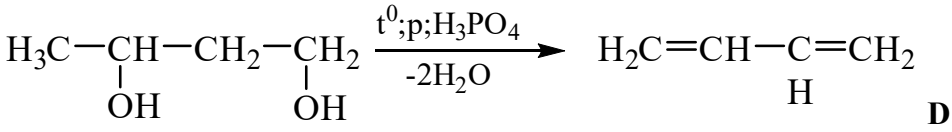
4 балла

2. 

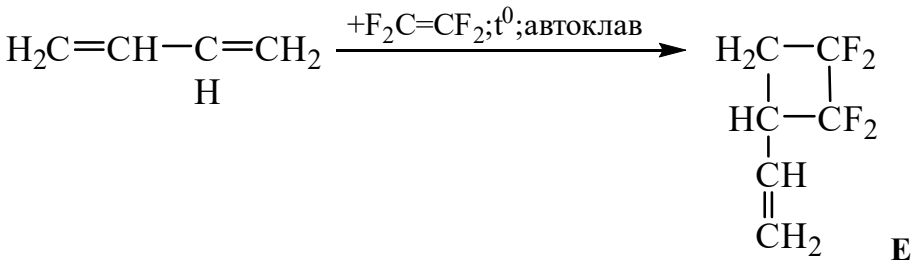
4 балла

3. 

4 балла

4. 

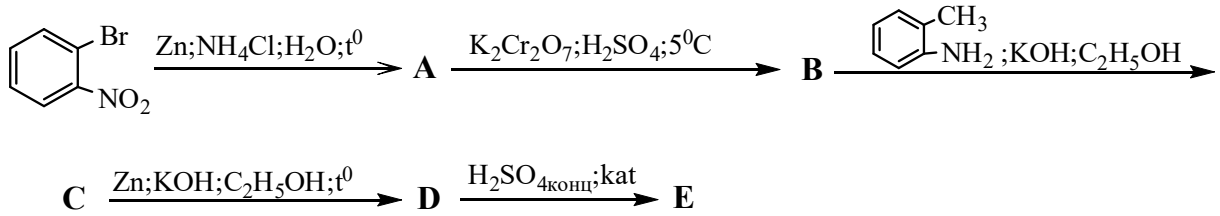
4 балла

5. 

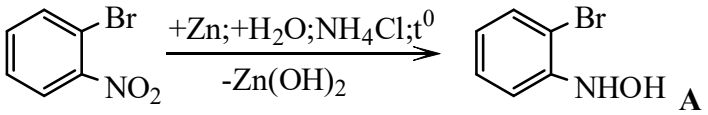
4 балла

Задание 6 (30 баллов)

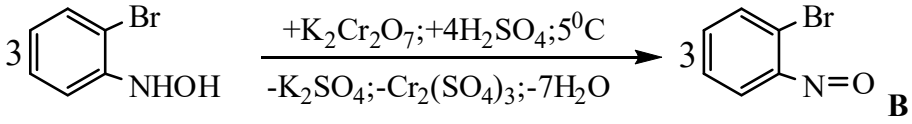
Напишите уравнения реакций, при помощи которых можно осуществить следующие химические превращения:



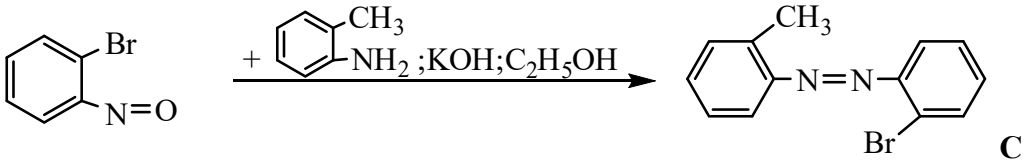
Решение:

1. 

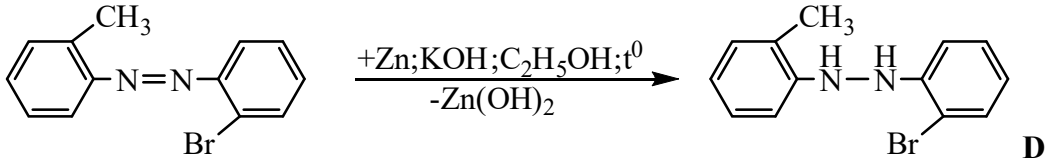
6 баллов

2. 

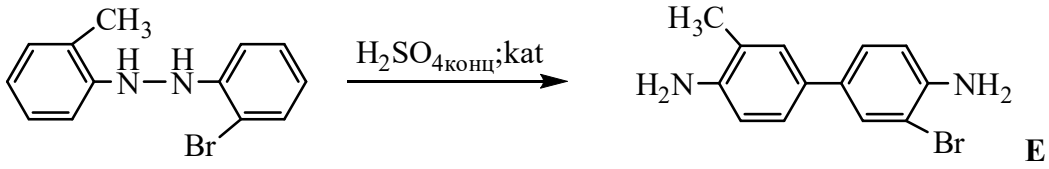
6 баллов

3. 

6 баллов

4. 

6 баллов

5. 

6 баллов

ХИМИЯ

ВАРИАНТ 3

Задание 1 (5 баллов)

Для предложенной окислительно-восстановительной реакции определить продукты. Реакцию уравнять, пользуясь методом электронного баланса или методом полуреакций. Реакцию записать в молекулярной и, для реакции, протекающей в растворе, сокращенной ионной формах:

$$CH_3 - C \equiv CH + KMnO_4 + H_2O \rightarrow CH_3COCHO \ldots$$

Решение

$$CH_3 - C \equiv CH + KMnO_4 + H_2O \rightarrow CH_3CO - CHO + MnO_2 + KOH$$

1 балл

$$\begin{array}{r|l} 3\times & \begin{cases} C^0 - 2\bar{e} \rightarrow C^{+2} \\ C^{-1} - 2\bar{e} \rightarrow C^{+1} \end{cases} \\ 4\times & Mn^{+7} + 3\bar{e} \rightarrow Mn^{+4} \end{array}$$

или

$$\begin{array}{r|l} 3\times & CH_3 - C \equiv CH \xrightarrow{+2[O]} CH_3CO - CHO \\ 2\times & 2MnO_4 + H_2O \xrightarrow{-3[O]} 2MnO_2 + 2OH^- \end{array}$$

2 балла

$$4Mn^{+7} + 3C^{-1} + 3C^0 \rightarrow 4Mn^{+4} + 3C^{+2} + 3C^{+1}$$

Или

$$3CH_3 - C \equiv CH + 4MnO_4^{-1} + 2H_2O \rightarrow 3CH_3COCHO + 4MnO_2 + 4OH^-$$

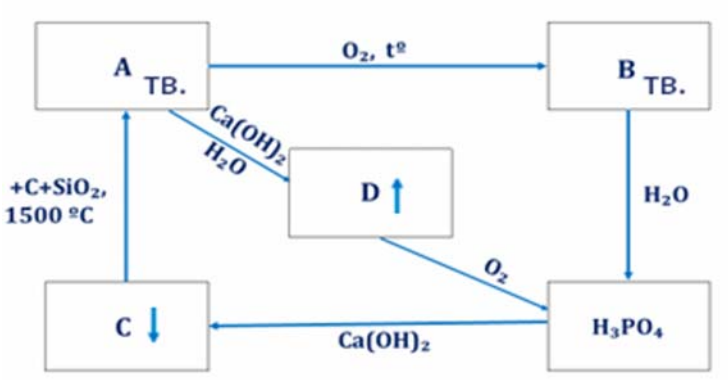
1 балл

$$3CH_3 - C \equiv CH + 4KMnO_4 + 2H_2O \rightarrow 3CH_3COCHO + 4MnO_2 + 4KOH$$

1 балл

Задание 2 (10 баллов)

Определите формулы веществ *A, B, C, D*. Напишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакции, с помощью которых можно осуществить следующие химические превращения. Вещества в цепочке могут находиться как в твердом состоянии, так и в растворе. При уравнивании окислительно-восстановительных реакций воспользоваться методом электронного баланса или методом полуреакций:



Решение:

1.

$$P_4 + 5O_2 \rightarrow 2P_2O_5$$
$$P_4{}^0 - 20\bar{e} \rightarrow 4P^{+5} | \times 1$$
$$O_2^0 + 4\bar{e} \rightarrow 2O^{-2} | \times 5$$
$$P_4{}^0 + 5O_2^0 \rightarrow 4P^{+5} + 10O^{-2}$$

2 балла

2.

$$P_2O_5 + 3H_2O \rightarrow 2H_3PO_4$$

1 балл

3.

$$2H_3PO_4 + 3Ca(OH)_2 \rightarrow Ca_3(PO_4)_2 \downarrow + 6H_2O$$
$$2H_3PO_4 + 3Ca^{2+} + 6OH^- \rightarrow Ca_3(PO_4)_2 \downarrow + 6H_2O$$

1 балл

4.

$$2Ca_3(PO_4)_2 + 6SiO_2 + 10C \rightarrow 6CaSiO_3 + 10CO + P_4$$
$$4P^{+5} + 20\bar{e} \rightarrow P_4{}^0 | \times 1$$
$$C^0 - 2\bar{e} \rightarrow C^{+2} | \times 10$$
$$4P^{+5} + 10C^0 \rightarrow P_4{}^0 + 10C^{+2}$$

2 балла

5.

$$2P_4 + 3Ca(OH)_2 + 6H_2O \rightarrow 2PH_3 \uparrow + 3Ca(H_2PO_2)_2$$
$$P^0 + 3\bar{e} \rightarrow P^{-3} | \times 2$$
$$Zn^0 - 2\bar{e} \rightarrow Zn^{+2} | \times 3$$

2 балла

6.

$$PH_3 + 2O_2 \rightarrow H_3PO_4$$
$$P^{-3} - 8\bar{e} \rightarrow P^{+5} | \times 1$$
$$O_2^0 + 4\bar{e} \rightarrow 2O^{-2} | \times 2$$
$$P^{-3} + 2O_2^0 \rightarrow P^{+5} + 4O^{-2}$$

2 балла

Ответ: *A – P_4; B – P_2O_5; C – $Ca_3(PO_4)_2$; D – PH_3.*

Задание 3 (15 баллов)

1,1,1-трихлорпропан в водном растворе натриевой щелочи образует соединение **A**, которое с тионилхлоридом образует **B**. При последующем взаимодействии вещества **B** с диазометаном при температуре в среде простого эфира образовалось соединение **C**, которое принагревании на катализаторе перешло в вещество **D**. Взаимодействие воды с веществом **D** привело к получению **E**. Раскрыть формулы всех веществ и написать реакции.

Решение:

1. $H_3C{-}CH_2{-}CCl_3 \xrightarrow[-H_2O;-3NaCl]{+NaOH_{(aq)}} H_3C{-}CH_2{-}COOH$ **A**

3 балла

2. $H_3C{-}CH_2{-}COOH \xrightarrow[-SO_2;-HCl]{+SOCl_2} H_3C{-}CH_2{-}C(=O)Cl$ **B**

3 балла

3. $H_3C{-}CH_2{-}C(=O)Cl \xrightarrow[-N_2;-CH_3Cl]{+CH_2N_2;t^0;R\text{-}O\text{-}R'} H_3C{-}CH_2{-}C(=O)CH{=}N{=}N$ **C**

3 балла

4. $H_3C{-}CH_2{-}C(=O)CH{=}N{=}N \xrightarrow[-N_2]{t^0;kat} H_3C{-}CH_2{-}CH{=}C{=}O$ **D**

3 балла

5. $H_3C{-}CH_2{-}CH{=}C{=}O \xrightarrow{+H_2O} H_3C{-}CH_2{-}CH_2{-}C(=O)OH$ **E**

3 балла

Задание 4 (20 баллов)

В двух одинаковых колбах провели параллельные опыты с медью и азотной кислотой. В каждую колбу налили по 360 г концентрированной азотной кислоты. Во вторую колбу дополнительно добавили 240 г воды, разбавив кислоту. Затем в обе колбы поместили кусочки меди. В первой колбе (с концентрированной кислотой) выделился бурый газ, а во второй (с разбавленной) — бесцветный газ. При этом объёмы газов оказались равными (измерены при одинаковых условиях), и в каждой колбе образовался только один из возможных газов. Бурый газ из первой колбы полностью поглотили раствором гидроксида калия. В процессе поглащения весь гидроксид калия был израсходован. В результате образовался раствор массой 380,0 г, в котором массовая доля атомов водорода составила 8,40 %. Определите массовую долю нитрата меди (II) в растворе, полученном во второй колбе после растворения меди. Запишите уравнения всех протекающих реакций и приведите пошаговые вычисления с указанием единиц измерения.

Решение:

$Cu + 4HNO_3$ (конц.) $\rightarrow Cu(NO_3)_2 + 2NO_2\uparrow + 2H_2O$ [1]

$3Cu + 8HNO_3$ (разб.) $\rightarrow 3Cu(NO_3)_2 + 2NO\uparrow + 4H_2O$ [2]

$2NO_2 + 2KOH \rightarrow KNO_3 + KNO_2 + H_2O$ [3]

Анализ раствора после поглощения NO_2.

Масса раствора: 380,0 г

Массовая доля атомов водорода: 8,40 %

$m(H) = 380,0 \cdot 0,0840 = 31,92$ г

$n(H) = 31,92 / 1 = 31,92$ моль

5 баллов

Весь водород содержится в воде (единственном источнике H в растворе после реакции 3).

В одной молекуле H_2O — 2 атома H →

$n(H_2O) = 31,92 / 2 = 15,96$ моль

$m(H_2O) = 15,96 \cdot 18 = 287,28$ г

Масса солей ($KNO_3 + KNO_2$) = 380,0 − 287,28 = 92,72 г

Связь с количеством NO_2.

Пусть в реакцию (3) вступило x моль NO_2.

Тогда по уравнению (3):

2 моль NO_2 → 1 моль KNO_3 + 1 моль KNO_2

→ x моль NO_2 → 0,5x моль KNO_3 и 0,5x моль KNO_2

Молярные массы:

$M(KNO_3) = 101$ г/моль, $M(KNO_2) = 85$ г/моль

Масса смеси солей:

$0,5x \cdot 101 + 0,5x \cdot 85 = 0,5x \cdot (101 + 85) = 0,5x \cdot 186 = 93x$

По условию: $93x = 92,72 \rightarrow x \approx 1,0$ моль

Следовательно:

$n(NO_2) = 1,0$ моль

По условию задачи объём газа во второй колбе равен объёму в первой, а при одинаковых условиях — значит, $n(NO) = n(NO_2) = 1,0$ моль

5 баллов

Расчёт для второй колбы.

Из уравнения (2):

2 моль NO образуются из 3 моль Cu →

$n(Cu) = (3/2) \cdot n(NO) = 1,5 \cdot 1,0 = 1,5$ моль

$m(Cu) = 1,5 \cdot 64 = 96,0$ г

Образуется $Cu(NO_3)_2$:

$n(Cu(NO_3)_2) = n(Cu) = 1,5$ моль (по уравнению 2: 3 моль Cu → 3 моль $Cu(NO_3)_2$)

$m(Cu(NO_3)_2) = 1,5 \cdot 188 = 282,0$ г

Масса газа NO:

$m(NO) = 1,0 \cdot 30 = 30,0$ г

Масса конечного раствора во второй колбе:

= масса кислоты + масса воды + масса меди − масса выделившегося газа

= 360 + 240 + 96 − 30 = 666 г

Массовая доля соли:

$\omega(Cu(NO_3)_2) = 282,0 / 666 \cdot 100\% \approx 42,34$ %

10 баллов

Ответ: массовая доля нитрата меди (II) в растворе, полученном во второй колбе, составляет 42,34 %.

Задание 5 (20 баллов)

Предложите формулы органических веществ и уравнения химических реакций в соответствии со схемой превращений.

$$H_2C{=}CH{-}\underset{H}{C}{=}CH_2 \xrightarrow{+Cl_2} \mathbf{A} \xrightarrow{+NaCN} \mathbf{B} \xrightarrow{+H_2;kat;t^0}$$

$$\mathbf{C} \xrightarrow{+H_2O} \mathbf{D} \xrightarrow{+\,NH_2{-}(CH_2)_6{-}NH_2;t^0} \mathbf{E}$$

Решение:

1. $H_2C{=}CH{-}\underset{H}{C}{=}CH_2 \xrightarrow{+Cl_2} H_2\underset{Cl}{C}{-}\underset{H}{C}{=}\underset{H}{C}{-}\underset{Cl}{CH_2}$ **A**

4 балла

2. $H_2\underset{Cl}{C}{-}\underset{H}{C}{=}\underset{H}{C}{-}\underset{Cl}{CH_2} \xrightarrow[-2NaCl]{+2NaCN} H_2\underset{CN}{C}{-}\underset{H}{C}{=}\underset{H}{C}{-}\underset{CN}{CH_2}$ **B**

4 балла

3. $H_2\underset{CN}{C}{-}\underset{H}{C}{=}\underset{H}{C}{-}\underset{CN}{CH_2} \xrightarrow{+H_2;kat;t^0} H_2\underset{CN}{C}{-}CH_2{-}CH_2{-}\underset{CN}{CH_2}$ **C**

4 балла

4. $H_2\underset{CN}{C}{-}CH_2{-}CH_2{-}\underset{CN}{CH_2} \xrightarrow[-2NH_3]{+4H_2O} H_2\underset{COOH}{C}{-}CH_2{-}CH_2{-}\underset{COOH}{CH_2}$ **D**

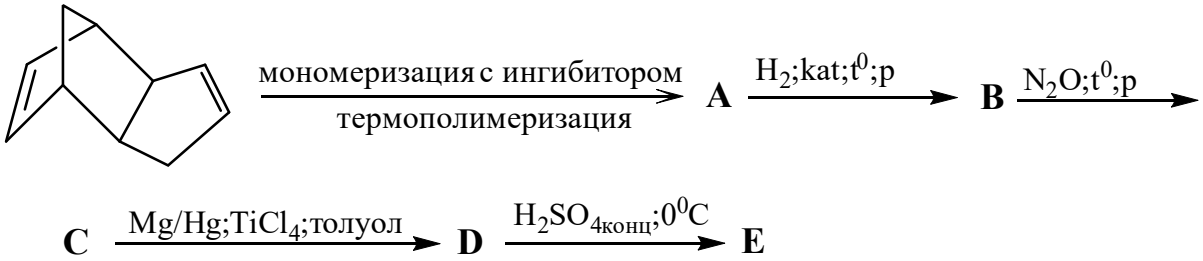
4 балла

5. $H_2\underset{COOH}{C}{-}CH_2{-}CH_2{-}\underset{COOH}{CH_2} \xrightarrow[-H_2O]{+\,nNH_2{-}(CH_2)_6{-}NH_2;t^0} \left[\overset{O}{\overset{\|}{C}}{-}(CH_2)_4{-}\overset{O}{\overset{\|}{C}}{-}NH{-}(CH_2)_6{-}NH\right]_n$ **E**

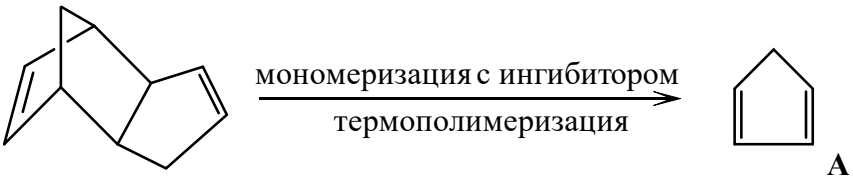
4 балла

Задание 6 (30 баллов)

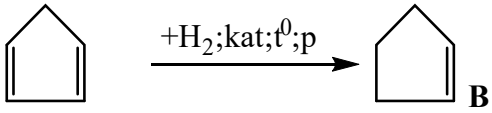
Напишите уравнения реакций, при помощи которых можно осуществить следующие химические превращения:



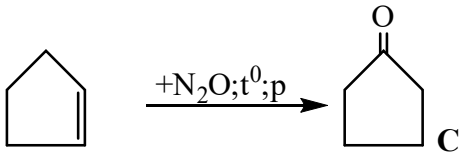
Решение:

1. 

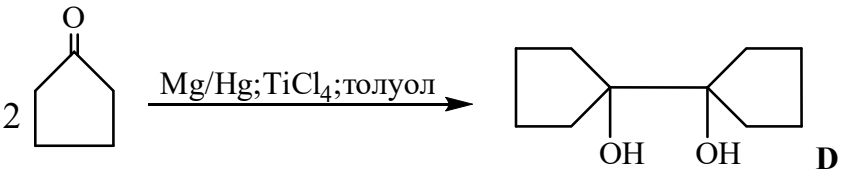
6 баллов

2. 

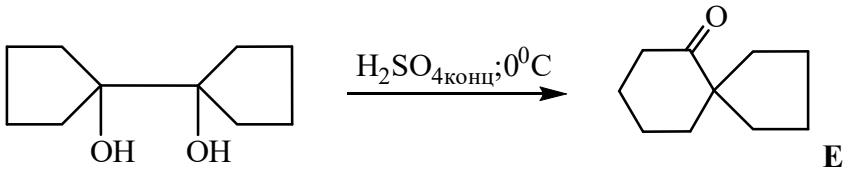
6 баллов

3. 

6 баллов

4. 

6 баллов

5. 

6 баллов

ХИМИЯ

ВАРИАНТ 4

Задание 1 (5 баллов)

Для предложенной окислительно-восстановительной реакции определить продукты. Реакцию уравнять, пользуясь методом электронного баланса или методом полуреакций. Реакцию записать в молекулярной и, для реакции, протекающей в растворе, сокращенной ионной формах:

$$CH_3-CH(OH)-CH_3+K_2Cr_2O_7+H_2SO_4 \xrightarrow{t^0} CH_3-C(O)-CH_3 \ldots$$

Решение

$$CH_3-CH(OH)-CH_3+K_2Cr_2O_7+H_2SO_4 \rightarrow CH_3-C(O)-CH_3+K_2SO_4+Cr_2(SO_4)_3+H_2O$$

1 балл

$$\begin{array}{r|l} 3\times & C^0-2\bar{e}\rightarrow C^{-2} \\ 1\times & 2Cr^{+6}+6\bar{e}\rightarrow 2Cr^{+3} \end{array}$$

или

$$\begin{array}{r|l} 3\times & CH_3-CH(OH)-CH_3-2\bar{e}\rightarrow CH_3-C(O)-CH_3+2H^+ \\ 1\times & Cr_2O_7{}^{2-}+14H^++\overline{6e}\rightarrow 2Cr^{3+}+7H_2O \end{array}$$

2 балла

$$3C^0+2Cr^{+6}\rightarrow 3C^{+2}+2Cr^{+3}$$

или

$$3CH_3-CH(OH)-CH_3+Cr_2O_7{}^{2-}+14H^+\rightarrow 3\,CH_3-C(O)-CH_3+6H^++2Cr^{3+}+7H_2O$$

$$3CH_3-CH(OH)-CH_3+Cr_2O_7{}^{2-}+8H^+\rightarrow 3\,CH_3-C(O)-CH_3+2Cr^{3+}+7H_2O$$

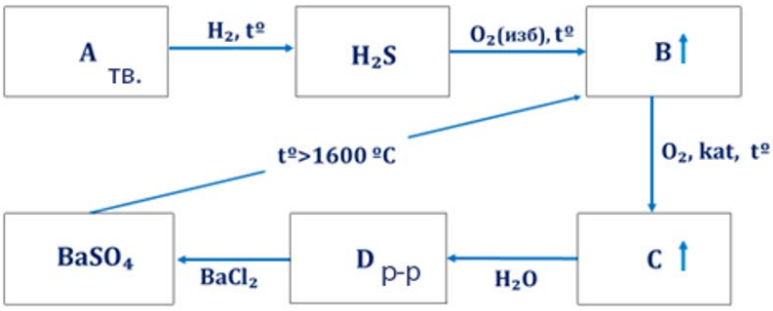
1 балл

$$3CH_3-CH(OH)-CH_3+K_2Cr_2O_7+4H_2SO_4 \rightarrow 3CH_3-C(O)-CH_3+K_2SO_4+Cr_2(SO_4)_3+7H_2O$$

1 балл

Задание 2 (10 баллов)

Определите формулы веществ *A, B, C. D*. Напишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакции, с помощью которых можно осуществить следующие химические превращения. Вещества в цепочке могут находиться как в твердом состоянии, так и в растворе. При уравнивании окислительно-восстановительных реакций воспользоваться методом электронного баланса или методом полуреакций:



Решение:

1.

$$S + H_2 \xrightarrow{t} H_2S$$
$$S^0 + 2\bar{e} \rightarrow S^{-2} \mid \times 1$$
$$H_2^0 - 2\bar{e} \rightarrow 2H^+ \mid \times 1$$

2 балла

2.

$$2H_2S + 3O_{2,(избыток)} \xrightarrow{t} 2SO_2 + 2H_2O$$
$$S^{-2} - 6\bar{e} \rightarrow S^{+4} \mid \times 2$$
$$O_2^0 + 4\bar{e} \rightarrow 2O^{-2} \mid \times 3$$
$$2S^{-2} + 3O_2^0 \rightarrow 2S^{+4} + 6O^{-2}$$

2 балла

3.

$$2SO_2 + O_2 \xrightarrow{t,kat(V_2O_5)} 2SO_3$$
$$S^{+4} - 2\bar{e} \rightarrow S^{+6} \mid \times 2$$
$$O_2^0 + 4\bar{e} \rightarrow 2O^{-2} \mid \times 1$$

2 балла

4.

$$SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$$

1 балл

5.

$$H_2SO_4 + BaCl_2 \rightarrow BaSO_4\downarrow + 2HCl$$
$$SO_4^{2-} + Ba^{2+} \rightarrow BaSO_4\downarrow$$

2 балла

6.

$$2BaSO_4 \xrightarrow{t>1600°C} 2BaO + 2SO_2\uparrow + O_2\uparrow$$
$$S^{+6} + 2\bar{e} \rightarrow S^{+4} \mid \times 2$$
$$2O^{-2} - 4\bar{e} \rightarrow O_2^0 \mid \times 1$$

2 балла

Ответ: *A – S; B – SO_2; C – SO_3; D – H_2SO_4..*

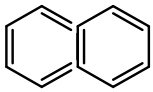
Задание 3 (15 баллов)

При нагревании ацетилена на угле образовалось вещество **A**, которое затем пропустили через раскаленные трубки с новой порцией ацетилена до образования **B**. Вещество **B** окислили кислородом при нагревании на катализаторе оксида ванадия (V) до получения вещества **C**, которое взаимодействует с бензолом на хлориде алюминия с образованием вещества **D**. Соединение **D** пропускают через тетрагидроборат натрия с образованием конечного продукта **E**. Раскрыть формулы всех веществ и написать реакции.

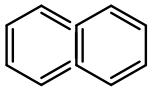
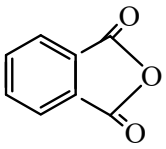
Решение:

1. $3CH{\equiv}CH \xrightarrow{t^0;C}$ **A**

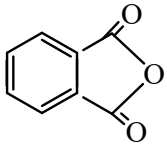
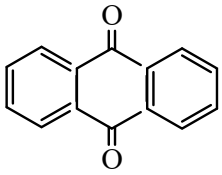
4 балла

2. $\xrightarrow{t^0;+2HC{\equiv}CH}$  **B**

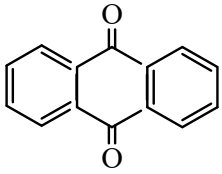
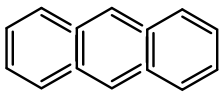
4 балла

3.  $\xrightarrow[-2CO_2;-2H_2O]{+4,5O_2;V_2O_5;t^0}$  **C**

4 балла

4.  $\xrightarrow[-HCl]{+C_6H_6;AlCl_3}$  **D**

4 балла

5.  $\xrightarrow[-2H_2O]{NaBH_4}$  **E**

4 балла

Задание 4 (20 баллов)

В ходе лабораторного эксперимента химик прокалил смесь двух солей — карбоната магния и карбоната натрия. В результате нагревания выделилось 3,36 литра газа (объём измерен при нормальных условиях). Образовавшийся после прокаливания твёрдый остаток полностью растворили в 73 граммах 20 %-ного раствора соляной кислоты. Определите массовую долю карбоната натрия в исходной смеси солей. Запишите уравнения всех протекающих реакций и выполните необходимые расчёты, указав единицы измерения и обозначения физических величин.

Решение:

$$MgCO_3 \rightarrow MgO + CO_2\uparrow \qquad [1]$$

$Na_2CO_3 + 2HCl \rightarrow 2NaCl + CO_2\uparrow + H_2O$ [2]

$MgO + 2HCl \rightarrow MgCl_2 + H_2O$ [3]

Количество выделившегося газа:

$n(CO_2) = 3,36 / 22,4 = 0,15$ моль

$n(MgCO_3) = 0,15$ моль

$m(MgCO_3) = 0,15 \cdot 84 = 12,6$ г

5 баллов

Масса и количество HCl:

$m(HCl) = 73 \cdot 0,20 = 14,6$ г

$n(HCl) = 14,6 / 36,5 = 0,40$ моль

На реакцию с MgO (0,15 моль) пошло:

$n_1(HCl) = 2 \cdot 0,15 = 0,30$ моль

Остаток HCl на реакцию с Na_2CO_3:

$n_2(HCl) = 0,40 - 0,30 = 0,10$ моль

5 баллов

Количество Na_2CO_3:

$n(Na_2CO_3) = 0,10 / 2 = 0,05$ моль

$m(Na_2CO_3) = 0,05 \cdot 106 = 5,3$ г

Масса исходной смеси:

$m = 12,6 + 5,3 = 17,9$ г

Массовая доля карбоната натрия:

$\omega(Na_2CO_3) = (5,3 / 17,9) \cdot 100\% \approx 29,6\ \%$

10 баллов

Ответ: массовая доля карбоната натрия в исходной смеси составляет 29,6 %.

Задание 5 (20 баллов)

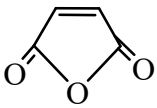
Предложите формулы органических веществ и уравнения химических реакций в соответствии со схемой превращений.

$$C_2H_2 \xrightarrow{Ni(CO)_4;\ t^0;p} \mathbf{A} \xrightarrow{+O_2;V_2O_5;t^0} \mathbf{B} \xrightarrow{+H_2;t^0;kat;p} \mathbf{C} \xrightarrow{+C_6H_6;AlCl_3} \mathbf{D} \xrightarrow{+Zn/Hg;+HCl;t^0} \mathbf{E}$$

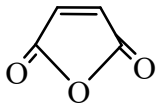
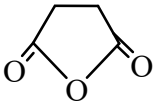
Решение:

1. $C_2H_2 \xrightarrow{Ni(CO)_4;\ t^0;p}$ **A**

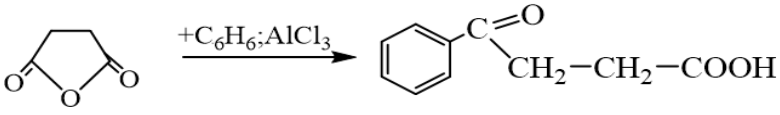
4 балла

2. $\xrightarrow[-2CO_2;-2H_2O]{+4,5O_2;V_2O_5;t^0}$  **B**

4 балла

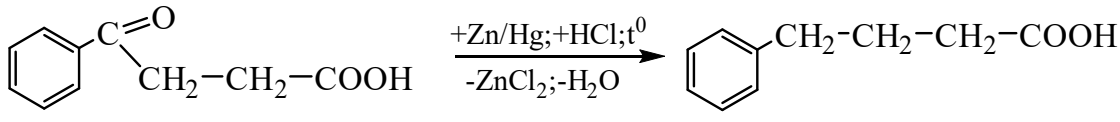
3.  $\xrightarrow{+H_2;t^0;kat;p}$  **C**

4 балла

4. 

D

4 балла

5. 

E

4 балла

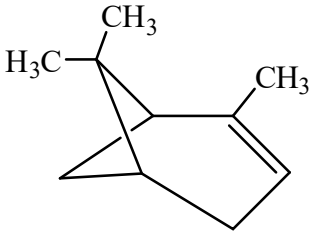
Задание 6 (30 баллов)

Напишите уравнения реакций, при помощи которых можно осуществить следующие химические превращения:

Сульфатный скипидар $\xrightarrow{ROOR;t^0;воздух}$ **A** $\xrightarrow{TiO_2;p;t^0}$ **B** $\xrightarrow{CH_3COOH;H_2SO_4}$

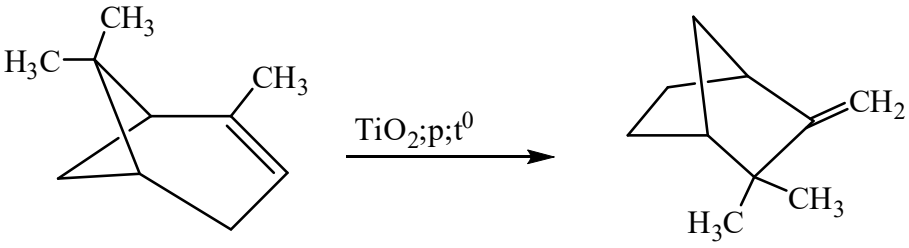
C $\xrightarrow{NaOH;t^0;p}$ **D** $\xrightarrow{K_2Cr_2O_7;H_2SO_4}$ **E**

Решение:

1. Сульфатный скипидар $\xrightarrow{ROOR;t^0;воздух}$ 

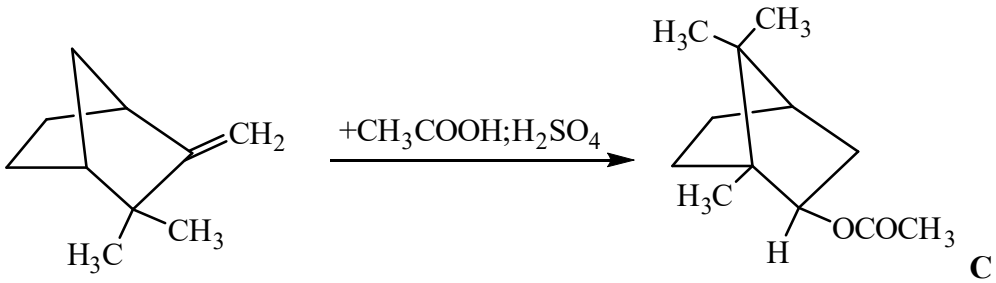
A

6 баллов

2. 

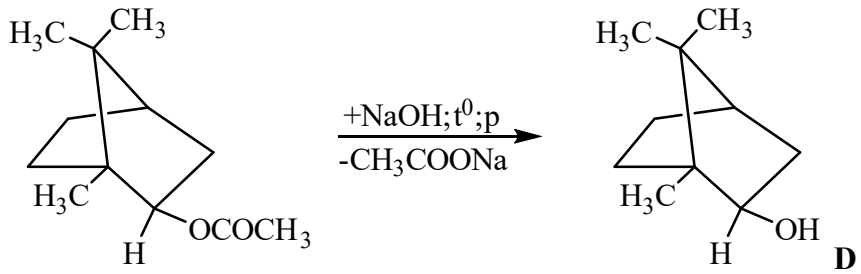
B

6 баллов

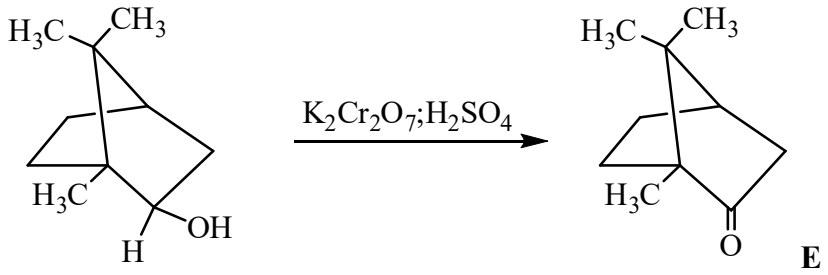
3. 

C

6 баллов

4. 

6 баллов

5. 

6 баллов