

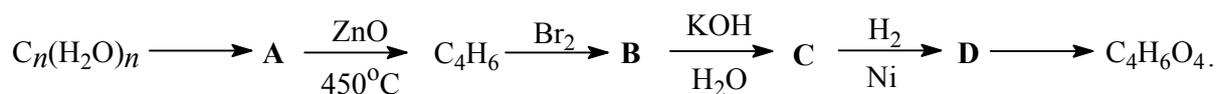
Олимпиада «Ломоносов-2007»

Вариант 1

1. Напишите по одному уравнению реакций, в которых газообразный хлор: а) восстанавливается; б) окисляется.
2. Напишите уравнение реакции, протекающей при добавлении 0.2 моль азотной кислоты к 0.1 моль фенола.
3. При полном сжигании одного моля серы до оксида серы (IV) выделилось 297 кДж теплоты, а при полном окислении двух молей SO_2 до SO_3 выделилось 198 кДж. Рассчитайте теплоту образования SO_3 из простых веществ (в кДж/моль).
4. В трех пробирках без этикеток находятся водные растворы азотной кислоты, нитрата аммония и нитрата серебра. Как с помощью одного реактива различить эти растворы? Напишите уравнения реакций и укажите их признаки.
5. Реакция между водородом и иодом $\text{H}_{2(\text{г})} + \text{I}_{2(\text{г})} \rightarrow 2\text{HI}_{(\text{г})}$ и обратная ей реакция имеют второй порядок. Как изменятся скорости прямой и обратной реакций, если концентрацию H_2 увеличить в 3 раза, а концентрацию HI – в 2 раза? В какую сторону сместится равновесие в этом случае?
6. При сплавлении со щелочью калиевой соли предельной одноосновной карбоновой кислоты образовалось 17.4 г углеводорода **A**, а при электролизе водного раствора такого же количества этой соли образовалось 17.1 г углеводорода **B**. Определите формулы веществ **A** и **B**.
7. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующим схемам:
 - а) $\text{Cu} \rightarrow \text{X} \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2$;
 - б) $\text{Cu} \rightarrow \text{Y} \rightarrow \text{CuO}$;
 - в) $\text{Cu} \rightarrow \text{Z} \rightarrow [\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$.

Определите неизвестные вещества **X**, **Y** и **Z**.

8. Напишите уравнения химических реакций, соответствующие следующей схеме, и определите неизвестные вещества:

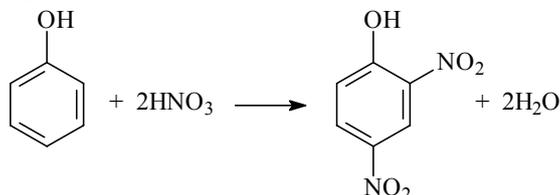


В уравнениях приведите структурные формулы веществ и укажите условия проведения реакций.

9. При термическом разложении 18.0 г органического вещества образовалось 8.96 л смеси газов (в пересчете на н.у.), имеющей плотность по водороду 18.0. После пропускания смеси через известковую воду объем газа уменьшился вдвое. Оставшееся газообразное вещество легче воздуха. При нагревании оно реагирует с железом, образуя летучее соединение, содержащее 28.6% железа по массе. Установите формулы всех перечисленных веществ и напишите уравнения всех реакций.
10. Массовая доля углерода в неизвестном углеводороде **X** равна 94.12%. Этот углеводород, обладающий слабыми кислотными свойствами, способен образовать соль **Y**, в которой массовая доля металла составляет 65.98%. Определите структурные формулы веществ **X** и **Y**. Напишите уравнение превращения **X** в **Y** и уравнение полной каталитической гидратации **X**.

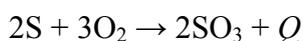
Решения варианта 1

1. а) $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{HCl}$ – хлор восстанавливается ($\text{Cl}^0 + e \rightarrow \text{Cl}^{-1}$);
 б) $\text{Cl}_2 + 3\text{F}_2 \rightarrow 2\text{ClF}_3$ – хлор окисляется ($\text{Cl}^0 - 3e \rightarrow \text{Cl}^{+3}$).
2. Соотношение количеств фенола и HNO_3 1 : 2, уравнение реакции:



3.

2	$\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2 + 297 \text{ кДж/моль}$
1	$2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{SO}_3 + 198 \text{ кДж/моль}$

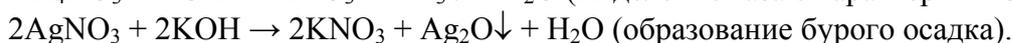


$$Q = 2 \cdot 297 + 198 = 792 \text{ кДж};$$

$$Q_{\text{обр}}(\text{SO}_3) = 792 / 2 = 396 \text{ кДж/моль}.$$

Ответ: 396 кДж/моль.

4. Реактив – раствор KOH:



Ответ: KOH.

5. $\text{H}_{2(\text{r})} + \text{I}_{2(\text{r})} \rightleftharpoons 2\text{HI}_{(\text{r})}$

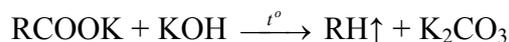
Скорость прямой реакции $v_{\text{пр}} = k_{\text{пр}}[\text{H}_2][\text{I}_2]$;

Скорость обратной реакции $v_{\text{обр}} = k_{\text{обр}}[\text{HI}]^2$.

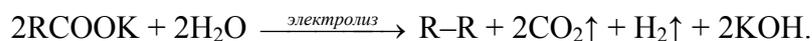
При увеличении $[\text{H}_2]$ в 3 раза скорость прямой реакции увеличится также в 3 раза; а при увеличении $[\text{HI}]$ в 2 раза скорость обратной реакции увеличится в $2^2 = 4$ раза. Скорость обратной реакции превысит скорость прямой, поэтому равновесие сместится влево, в сторону реагентов.

6. Уравнения протекающих реакций:

A



B



Поскольку из уравнений реакций $v(\text{RH}) = 2v(\text{R-R})$, можно выразить $\frac{17.4}{M(\text{R})+1} = 2 \frac{17.1}{2M(\text{R})}$.

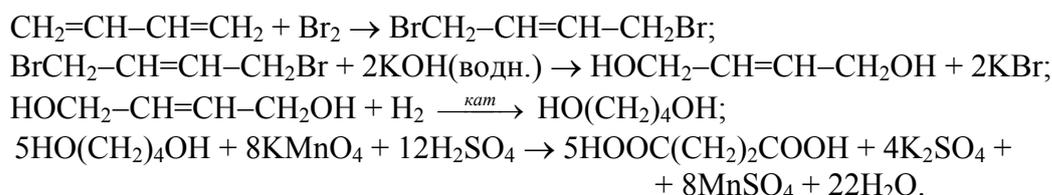
Отсюда получаем $M^{\text{R}} = 57$, что соответствует C_4H_9 . Значит **A** – это C_4H_{10} , а **B** – C_8H_{18} .

Ответ: C_4H_{10} , C_8H_{18} .

7. а) $\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц}) \rightarrow \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$;
 $\text{CuSO}_4 + 2\text{KOH} \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2\downarrow + \text{K}_2\text{SO}_4$.
 б) $\text{Cu} + 4\text{HNO}_3(\text{конц}) \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$;
 $2\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \xrightarrow{t^\circ} 2\text{CuO} + 4\text{NO}_2\uparrow + \text{O}_2\uparrow$.
 в) $\text{Cu} + \text{CuCl}_2 \rightarrow 2\text{CuCl}$;
 $\text{CuCl} + 2\text{NH}_3 \rightarrow [\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$.

Ответ: **X** – CuSO_4 ; **Y** – $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$; **Z** – CuCl .

8. $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \xrightarrow{\text{фермент}} 2\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 2\text{CO}_2$;
 $2\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \xrightarrow{\text{кат}, t^\circ} \text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2$;



Ответ: глюкоза; **A** – $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$; $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$; **B** – $\text{BrCH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2\text{Br}$;
C – $\text{HOCH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2\text{OH}$; **D** – $\text{HO}(\text{CH}_2)_4\text{OH}$; $\text{HOOC}(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$.

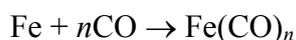
9. Сразу определим, что $v(\text{газов}) = 8.96 / 22.4 = 0.4$ моль.

Один из газов – это CO_2 (поглощается известковой водой, $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3\downarrow + \text{H}_2\text{O}$).

Объем уменьшился вдвое, следовательно $v_1 = v_2 = 0.2$ моль.

Составим уравнение $M_{\text{ср}} = \frac{0.2 \cdot 44 + 0.2M}{0.4} = 36$, из которого найдем $M(\text{газа}) = 28$ г/моль – это

может быть CO , N_2 или C_2H_4 . Из этих трех газов с железом реагирует только CO , образуя карбонил:



Из условия $\frac{56}{56 + 28n} = 0.286$ найдем $n = 5$.

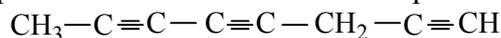
При разложении органического вещества из 18.0 г образуется 0.2 моль CO (массой 5.6 г), 0.2 моль CO_2 (массой 8.8 г), остается $18.0 - 5.6 - 8.8 = 3.6$ г. Это – 0.2 моль H_2O . Разложению подверглась щавелевая кислота:



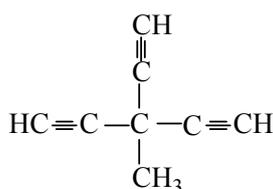
10. Пусть формула углеводорода **X** – C_xH_y . Установим простейшую формулу:

$$x : y = (94.12/12) : (5.88/1) = 7.843 : 5.88 = 4 : 3.$$

Простейшей формуле C_4H_3 соответствует истинная формула C_8H_6 (количество атомов H должно быть четным). По условию, этот углеводород содержит, по крайней мере, одну тройную связь на конце цепи, а всего тройных связей – три. При этом концевыми могут оказаться от одной до трех тройных связей. Возможные варианты строения **X**:



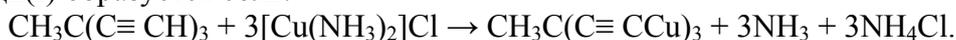
или



В зависимости от числа этинильных групп $-\text{C}\equiv\text{CH}$, на металл может заместиться от одного до трех атомов водорода, и общую формулу соли **Y** можно записать так: $\text{C}_8\text{H}_{6-n}\text{M}_n$, где n – число замещенных атомов водорода. Согласно этой формуле, массовая доля металла равна (A – атомная масса металла)

$$\frac{nA}{8 \cdot 12 + (6 - n) + nA} = 0.6598,$$

откуда $A = \frac{1.939 \cdot (102 - n)}{n}$. Перебором получаем единственное решение: при $n = 3$ значение $A = 64$ (медь). Следовательно, углеводород имеет три этинильные группы, и его структура соответствует последней из приведенных формул. При действии аммиачного раствора хлорида меди(I) образуется соль:



В результате полной каталитической гидратации образуется кетон:



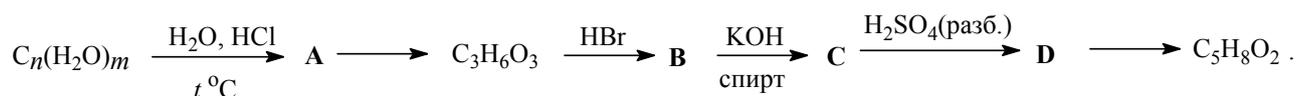
Ответ: метилтриэтинилметан, $\text{CH}_3\text{C}(\text{C}\equiv\text{CH})_3$, $\text{CH}_3\text{C}(\text{C}\equiv\text{CCu})_3$.

Вариант 2

1. Напишите по одному уравнению реакций, в которых элементарная сера: а) восстанавливается; б) окисляется.
2. Напишите уравнение реакции, протекающей при добавлении 0.4 моль азотной кислоты к 0.2 моль толуола в присутствии серной кислоты.
3. При полном окислении одного моля газообразного азота до NO_2 поглотилось 68 кДж теплоты, а при окислении четырех молей NO_2 до N_2O_5 выделилось 110 кДж. Рассчитайте теплоту образования N_2O_5 из простых веществ (в кДж/моль).
4. В трех пробирках без этикеток находятся водные растворы гидроксида калия, фторида натрия и хлорида аммония. Как с помощью одного реактива различить эти растворы? Напишите уравнения реакций и укажите их признаки.
5. Реакция между водородом и иодом $\text{H}_{2(\text{г})} + \text{I}_{2(\text{г})} \rightarrow 2\text{HI}_{(\text{г})}$ и обратная ей реакция имеют второй порядок. Как изменятся скорости прямой и обратной реакций, если концентрацию I_2 увеличить в 2 раза, а концентрацию HI – в 1.5 раза? В какую сторону сместится равновесие в этом случае?
6. При сплавлении со щелочью калиевой соли предельной одноосновной карбоновой кислоты образовалось 17.6 г углеводорода **A**, а при электролизе водного раствора такого же количества этой соли образовалось 17.2 г углеводорода **B**. Определите формулы веществ **A** и **B**.
7. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующим схемам:
 - а) $\text{Al} \rightarrow \text{X} \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3$;
 - б) $\text{Al} \rightarrow \text{Y} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3$;
 - в) $\text{Al} \rightarrow \text{Z} \rightarrow \text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4]$.

Определите неизвестные вещества **X**, **Y** и **Z**.

8. Напишите уравнения химических реакций, соответствующие следующей схеме, и определите неизвестные вещества:



В уравнениях приведите структурные формулы веществ и укажите условия проведения реакций.

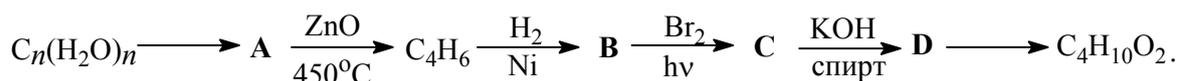
9. При термическом разложении 19.2 г неорганического вещества образовалось 13.44 л смеси газов (в пересчете на н.у.), имеющей плотность по водороду 13.0. После пропускания смеси над твердым гидроксидом калия объем газа уменьшился в 1.5 раза. Оставшееся газообразное вещество легче воздуха. В определенных условиях оно реагирует с натрием, образуя ионное соединение, содержащее 59.0% натрия по массе. Установите формулы всех перечисленных веществ и напишите уравнения всех реакций.
10. Массовая доля водорода в неизвестном углеводороде **X** равна 5.88%. Этот углеводород, обладающий слабыми кислотными свойствами, способен образовать соль **Y**, в которой массовая доля металла составляет 17.50%. Определите структурные формулы веществ **X** и **Y**. Напишите уравнение превращения **X** в **Y** и уравнение полной каталитической гидратации **X**.

Вариант 3

1. Напишите по одному уравнению реакций, в которых белый фосфор: а) восстанавливается; б) окисляется.
2. Напишите уравнение реакции, протекающей при добавлении 0.5 моль азотной кислоты к 0.25 моль бензойной кислоты в присутствии серной кислоты.
3. При фторировании одного моля хлора до ClF_3 выделилось 329 кДж теплоты, а при фторировании одного моля ClF_3 до ClF_5 выделилось 73 кДж. Рассчитайте теплоту образования ClF_5 из простых веществ (в кДж/моль).
4. В трех пробирках без этикеток находятся водные растворы уксусной кислоты, нитрата кальция и сульфата аммония. Как с помощью одного реактива различить эти растворы? Напишите уравнения реакций и укажите их признаки.
5. Реакция между водородом и иодом $\text{H}_{2(\text{г})} + \text{I}_{2(\text{г})} \rightarrow 2\text{HI}_{(\text{г})}$ и обратная ей реакция имеют второй порядок. Как изменятся скорости прямой и обратной реакций, если концентрацию H_2 уменьшить в 4 раза, а концентрацию HI уменьшить в 2 раза? В какую сторону сместится равновесие в этом случае?
6. При сплавлении со щелочью калиевой соли предельной одноосновной карбоновой кислоты образовалось 11.6 г углеводорода **A**, а при электролизе водного раствора такого же количества этой соли образовалось 11.4 г углеводорода **B**. Определите формулы веществ **A** и **B**.
7. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующим схемам:
 - а) $\text{Cr} \rightarrow \text{X} \rightarrow \text{Cr}(\text{OH})_2$;
 - б) $\text{Cr} \rightarrow \text{Y} \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_3$;
 - в) $\text{Cr} \rightarrow \text{Z} \rightarrow \text{K}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6]$.

Определите неизвестные вещества **X**, **Y** и **Z**.

8. Напишите уравнения химических реакций, соответствующие следующей схеме, и определите неизвестные вещества:



В уравнениях приведите структурные формулы веществ и укажите условия проведения реакций.

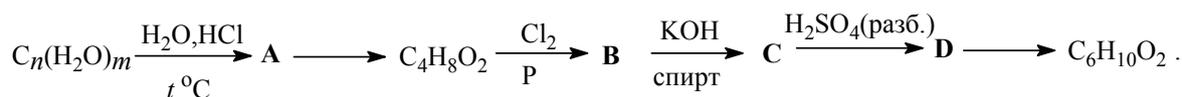
9. При термическом разложении 14.4 г неорганического вещества образовалось 10.08 л смеси газов (в пересчете на н.у.), имеющей плотность по гелию 6.5. После пропускания смеси над твердым оксидом кальция объем газа уменьшился в 1.5 раза. Оставшееся газообразное вещество легче воздуха. В определенных условиях оно реагирует с калием, образуя ионное соединение, содержащее 70.9% калия по массе. Установите формулы всех перечисленных веществ и напишите уравнения всех реакций.
10. Массовая доля углерода в неизвестном углеводороде **X** равна 94.12%. Этот углеводород, обладающий слабыми кислотными свойствами, способен образовать соль **Y**, в которой массовая доля металла составляет 76.60%. Определите структурные формулы веществ **X** и **Y**. Напишите уравнение превращения **X** в **Y** и уравнение полной каталитической гидратации **X**.

Вариант 4

1. Напишите по одному уравнению реакций, в которых оксид серы (IV):
а) восстанавливается; б) окисляется.
2. Напишите уравнение реакции, протекающей при добавлении азотной кислоты к равному количеству нитробензола в присутствии серной кислоты.
3. При полном окислении одного моля газообразного азота до NO поглотилось 180 кДж теплоты, а при окислении двух молей NO до NO₂ выделилось 114 кДж. Рассчитайте теплоту образования NO₂ из простых веществ (в кДж/моль).
4. В трех пробирках без этикеток находятся водные растворы соляной кислоты, гидроксида кальция и сульфата калия. Как с помощью одного реактива различить эти растворы? Напишите уравнения реакций и укажите их признаки.
5. Реакция между водородом и иодом $\text{H}_{2(\text{г})} + \text{I}_{2(\text{г})} \rightarrow 2\text{HI}_{(\text{г})}$ и обратная ей реакция имеют второй порядок. Как изменятся скорости прямой и обратной реакций, если концентрацию H₂ увеличить в 2.5 раза, а концентрацию HI – в 2 раза? В какую сторону сместится равновесие в этом случае?
6. При сплавлении со щелочью калиевой соли предельной одноосновной карбоновой кислоты образовалось 13.2 г углеводорода **A**, а при электролизе водного раствора такого же количества этой соли образовалось 12.9 г углеводорода **B**. Определите формулы веществ **A** и **B**.
7. Напишите уравнения реакций по следующим схемам:
а) $\text{Fe} \rightarrow \text{X} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2$;
б) $\text{Fe} \rightarrow \text{Y} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3$;
в) $\text{Fe} \rightarrow \text{Z} \rightarrow \text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$.

Определите неизвестные вещества **X**, **Y** и **Z**.

8. Напишите уравнения химических реакций, соответствующие следующей схеме, и определите неизвестные вещества:



В уравнениях приведите структурные формулы веществ и укажите условия проведения реакций.

9. При термическом разложении 27.0 г органического вещества образовалось 13.44 л смеси газов (в пересчете на н.у.), имеющей плотность по гелию 9.0. После пропускания смеси через известковую воду объем газа уменьшился вдвое. Оставшееся газообразное вещество легче воздуха. При нагревании оно реагирует с хромом, образуя летучее соединение, содержащее 23.6% хрома по массе. Установите формулы всех перечисленных веществ и напишите уравнения всех реакций.
10. Массовая доля водорода в неизвестном углеводороде **X** равна 5.88%. Этот углеводород, обладающий слабыми кислотными свойствами, способен образовать соль **Y**, в которой массовая доля металла составляет 80.12%. Определите структурные формулы веществ **X** и **Y**. Напишите уравнение превращения **X** в **Y** и уравнение полной каталитической гидратации **X**.