

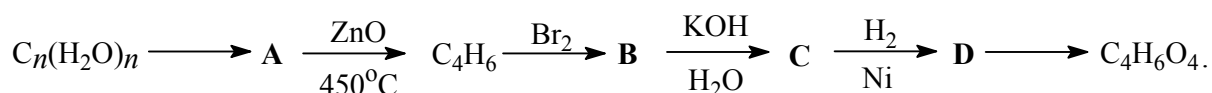
## Олимпиада «Ломоносов-2007»

## 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  $\text{SO}_2$  до  $\text{SO}_3$  выделилось 198 кДж. Рассчитайте теплоту образования  $\text{SO}_3$  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  $\text{H}_2$  увеличить в 3 раза, а концентрацию  $\text{HI}$  – 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:

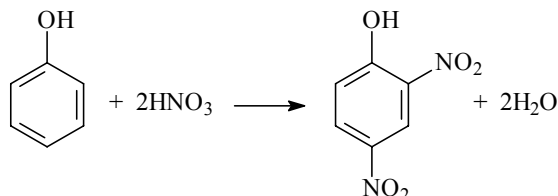


В уравнениях приведите структурные формулы веществ и укажите условия проведения реакций.

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**.

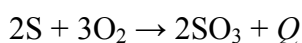
## Решения варианта 1

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  $\text{HNO}_3$  1 : 2, уравнение реакции:



3. 

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

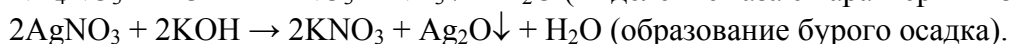
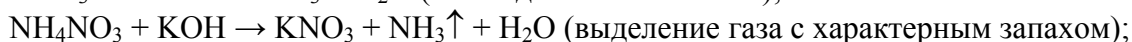
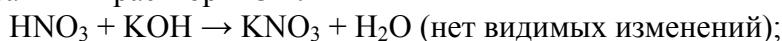


$$Q = 2 \cdot 297 + 198 = 792 \text{ кДж};$$

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

Ответ: 396 кДж/моль.

4. Реактив – раствор KOH:



Ответ: KOH.

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

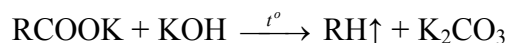
Скорость прямой реакции  $v_{\text{пр}} = k_{\text{пр}}[\text{H}_2][\text{I}_2]$ ;

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

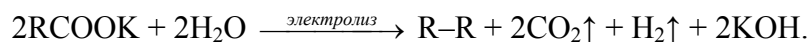
При увеличении  $[\text{H}_2]$  в 3 раза скорость прямой реакции увеличится также в 3 раза; а при увеличении  $[\text{HI}]$  в 2 раза скорость обратной реакции увеличится в  $2^2 = 4$  раза. Скорость обратной реакции превысит скорость прямой, поэтому равновесие сместится влево, в сторону реагентов.

6. Уравнения протекающих реакций:

**А**



**В**



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

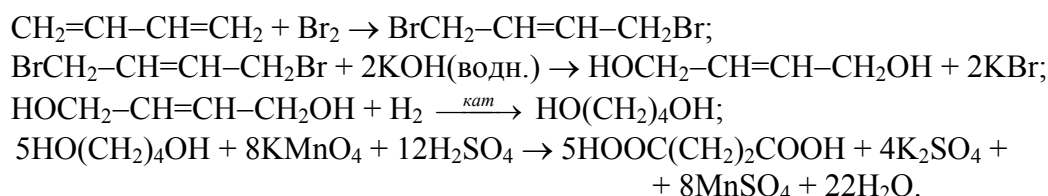
Отсюда получаем  $M^{\text{R}} = 57$ , что соответствует  $\text{C}_4\text{H}_9$ . Значит **А** – это  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ , а **В** –  $\text{C}_8\text{H}_{18}$ .

Ответ:  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ,  $\text{C}_8\text{H}_{18}$ .

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** –  $\text{CuSO}_4$ ; **Y** –  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ ; **Z** –  $\text{CuCl}$ .

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** –  $\text{HO}(\text{CH}_2)_4\text{OH}$ ;  $\text{HOOC}(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$ .

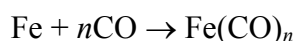
9. Сразу определим, что  $v(\text{газов}) = 8.96 / 22.4 = 0.4$  моль.

Один из газов – это  $\text{CO}_2$  (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.

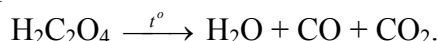
Составим уравнение  $M_{\text{cp}} = \frac{0.2 \cdot 44 + 0.2M}{0.4} = 36$ , из которого найдем  $M(\text{газа}) = 28$  г/моль – это

может быть  $\text{CO}$ ,  $\text{N}_2$  или  $\text{C}_2\text{H}_4$ . Из этих трех газов с железом реагирует только  $\text{CO}$ , образуя карбонил:



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

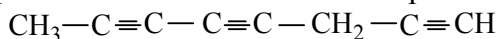
При разложении органического вещества из 18.0 г образуется 0.2 моль  $\text{CO}$  (массой 5.6 г), 0.2 моль  $\text{CO}_2$  (массой 8.8 г), остается  $18.0 - 5.6 - 8.8 = 3.6$  г. Это – 0.2 моль  $\text{H}_2\text{O}$ . Разложению подверглась щавелевая кислота:



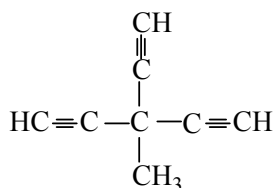
10. Пусть формула углеводорода **X** –  $\text{C}_x\text{H}_y$ . Установим простейшую формулу:

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

Простейшей формуле  $\text{C}_4\text{H}_3$  соответствует истинная формула  $\text{C}_8\text{H}_6$  (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**:



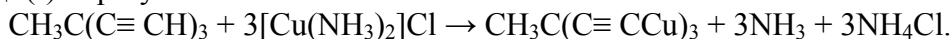
или



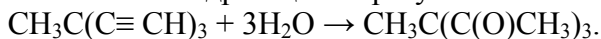
В зависимости от числа этинильных групп  $-\text{C}\equiv\text{CH}$ , на металл может заместиться от одного до трех атомов водорода, и общую формулу соли **Y** можно записать так:  $\text{C}_8\text{H}_{6-n}\text{M}_n$ , где  $n$  – число замещенных атомов водорода. Согласно этой формуле, массовая доля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



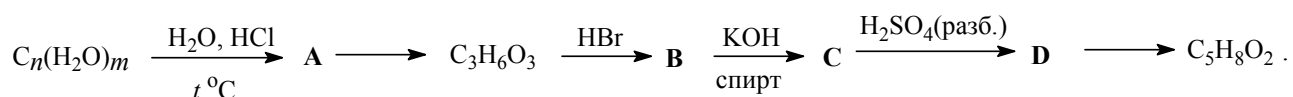
Ответ: метилтриэтинилметан,  $\text{CH}_3\text{C}(\text{C}\equiv\text{CH})_3$ ,  $\text{CH}_3\text{C}(\text{C}\equiv\text{CCu})_3$ .

## 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  $\text{NO}_2$  поглотилось 68 кДж теплоты, а при окислении четырех молей  $\text{NO}_2$  до  $\text{N}_2\text{O}_5$  выделилось 110 кДж. Рассчитайте теплоту образования  $\text{N}_2\text{O}_5$  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  $\text{I}_2$  увеличить в 2 раза, а концентрацию  $\text{HI}$  – 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.

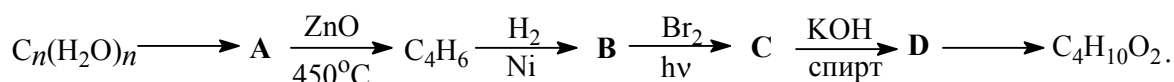
9. При термическом разложении 19.2 г неорганического вещества образовалось 13.44 л смеси газов (в пересчете на н.у.), имеющей плотность по водороду 13.0. После пропускания смеси над твердым гидроксидом калия объем газа уменьшился в 1.5 раза. Оставшееся газообразное вещество легче воздуха. В определенных 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  $\text{ClF}_3$  выделилось 329 кДж теплоты, а при фторировании одного моля  $\text{ClF}_3$  до  $\text{ClF}_5$  выделилось 73 кДж. Рассчитайте теплоту образования  $\text{ClF}_5$  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  $\text{H}_2$  уменьшить в 4 раза, а концентрацию  $\text{HI}$  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.

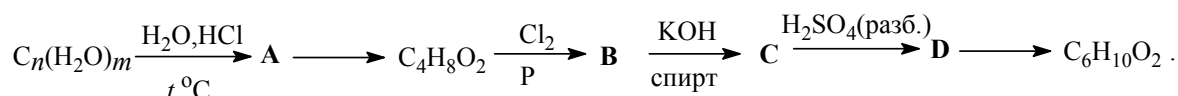
9. При термическом разложении 14.4 г неорганического вещества образовалось 10.08 л смеси газов (в пересчете на н.у.), имеющей плотность по гелию 6.5. После пропускания смеси над твердым оксидом кальция объем газа уменьшился в 1.5 раза. Оставшееся газообразное вещество легче воздуха. В определенных условиях 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 NO<sub>2</sub> выделилось 114 кДж. Рассчитайте теплоту образования NO<sub>2</sub> 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  $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightarrow 2HI_{(g)}$  и обратная ей реакция имеют второй порядок. Как изменятся скорости прямой и обратной реакций, если концентрацию H<sub>2</sub> 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)  $Fe \rightarrow X \rightarrow Fe(OH)_2$ ;
  - б)  $Fe \rightarrow Y \rightarrow Fe(OH)_3$ ;
  - в)  $Fe \rightarrow Z \rightarrow K_4[Fe(CN)_6]$ .

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**.