

Ключ к варианту №1

Написать уравнения реакций, соответствующих следующим последовательностям химических превращений:

1. $\text{Si} \rightarrow \dots \rightarrow \text{SiH}_4 \rightarrow \text{SiO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{SiO}_3$;
2. $\text{Cu} \rightarrow \dots \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$;
3. Метан \rightarrow ацетилен $\rightarrow \dots \rightarrow$ фенол \rightarrow 2,4,6-трибромфенол.

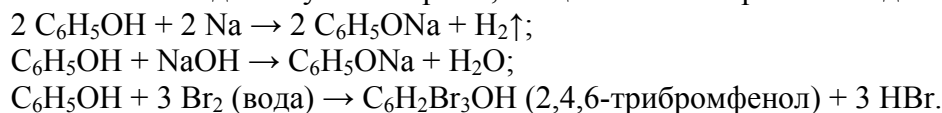
Каждый этап может быть осуществлен в одну или несколько стадий. Указать условия осуществления процессов.

Ответ.

1. $\text{Si} + 2 \text{Ca} \xrightarrow{t^\circ} \text{Ca}_2\text{Si}$;
 $\text{Ca}_2\text{Si} + 4 \text{HCl} = 2 \text{CaCl}_2 + \text{SiH}_4\uparrow$;
 $\text{SiH}_4 + 2 \text{O}_2 \xrightarrow{t^\circ} \text{SiO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$;
 $\text{SiO}_2 + 2 \text{KOH} = \text{K}_2\text{SiO}_3 + \text{H}_2\text{O}$;
 $\text{K}_2\text{SiO}_3 + 2 \text{HCl} = \text{H}_2\text{SiO}_3\downarrow + 2 \text{KCl}$.
2. $\text{Cu} + \text{Cl}_2 \xrightarrow{t^\circ} \text{CuCl}_2$;
 $\text{CuCl}_2 + 2 \text{NaOH} = \text{Cu}(\text{OH})_2\downarrow + 2 \text{NaCl}$;
 $\text{Cu}(\text{OH})_2 + 2 \text{HNO}_3 = \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$;
 $2 \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2 \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3\downarrow + 4 \text{NaNO}_3 + \text{CO}_2\uparrow$.
3. $2 \text{CH}_4 \xrightarrow{1500^\circ\text{C}} \text{C}_2\text{H}_2 + 3 \text{H}_2$;
 $3 \text{C}_2\text{H}_2 \xrightarrow{\text{C}_{(\text{активир.})}, t^\circ} \text{C}_6\text{H}_6$;
 $\text{C}_6\text{H}_6 + \text{Br}_2 \xrightarrow{\text{FeBr}_3} \text{C}_6\text{H}_5\text{Br} + \text{HBr}$;
 $\text{C}_6\text{H}_5\text{Br} + \text{NaOH} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}, P, t^\circ} \text{C}_6\text{H}_5\text{ONa} + \text{NaBr}$;
 $\text{C}_6\text{H}_5\text{ONa} + \text{HCl} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{OH} + \text{NaCl}$;
 $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH} + 3 \text{Br}_2 (\text{вода}) \rightarrow 2,4,6\text{-C}_6\text{H}_2\text{Br}_3\text{OH}\downarrow + 3 \text{HBr}$.

4. В пробирке без этикетки находится неизвестное органическое вещество. Напишите уравнения химических реакций, с помощью которых можно доказать, что неизвестным веществом является фенол.

Ответ. Фенол взаимодействует с натрием, со щелочью и с бромной водой:

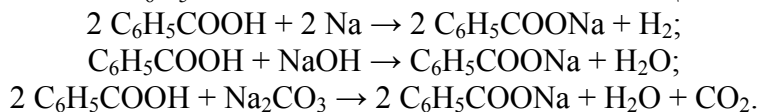


Фенол вступает также в реакцию поликонденсации с формальдегидом, образуя фенолформальдегидные смолы.

5. Неизвестное органическое вещество реагирует с металлическим натрием, с едким натрием и с содой. Напишите уравнения этих реакций, если известно, что это вещество кроме углерода содержит **4,92** мас.% водорода и **26,23** мас.% кислорода.

Решение: Массовая доля углерода в веществе: $100 - 4,92 - 26,23 = 68,85\%$. $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$.

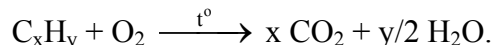
$x:y:z = 68,85/12 : 4,92/1 : 26,23/16 = 5,7375:4,92:1,6394$. Или приводя к целым числам получаем $\text{C}:\text{H}:\text{O} = 7:6:2$. Соединение – $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$ – **бензойная кислота**. Реакции:



6. При сгорании **8,5** г углеводорода, плотность которого по кислороду равна **2,125**, получено **14,0** л (н.у.) углекислого газа и **9,0** г воды. Определите формулу углеводорода и нарисуйте возможные графические формулы его изомеров.

Решение.

Молярная масса углеводорода равна $2,125 \cdot 32 = 68$ г/моль. Обозначим углеводород C_xH_y .
Схема реакции сгорания углеводорода:



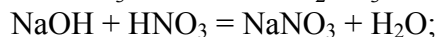
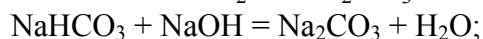
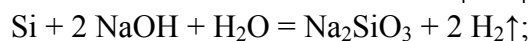
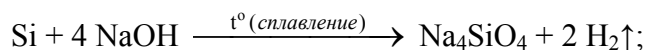
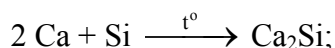
Количество вещества сгоревшего углеводорода равно $8,5:68=0,125$ моль. Количество полученного углекислого газа составляет $14:22,4=0,625$ моль. Отсюда находим $x=0,625:0,125=5$.

Количество полученной воды равно $9,0:18=0,5$ моль; $y/2=0,5:0,125=4$; $y=8$.

Ответ: C_5H_8 ; пентин-1, пентин-2, циклопентен, 1,3-пентадиен.

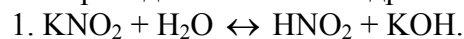
7. Определите, какие химические реакции могут протекать между веществами: Ca, Si, NaOH, $NaHCO_3$, HNO_3 . Напишите уравнения этих реакций с указанием условий их проведения.

Решение. Реакции, которые могут протекать между веществами:

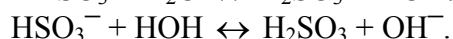
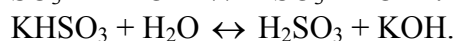
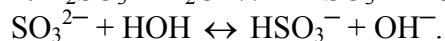
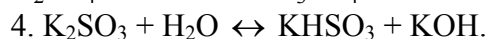
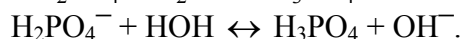
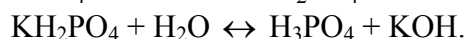
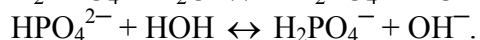
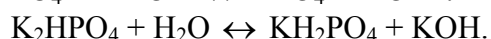
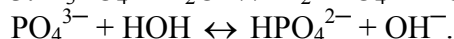
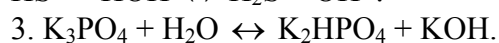
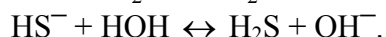
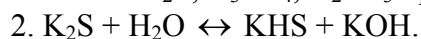


8. Определите, какие из ниже приведенных солей KNO_2 , KNO_3 , K_2S , K_3PO_4 , K_2SO_3 подвергаются гидролизу в водных растворах. Напишите уравнения гидролиза этих солей в ионной и молекулярной формах.

Ответ. Из приведенных солей гидролизу подвергаются: KNO_2 , K_2S , K_3PO_4 , K_2SO_3 .

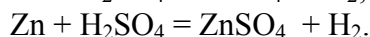
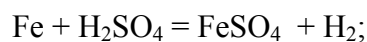


Гидролиз солей K_2S , K_3PO_4 , K_2SO_3 протекает ступенчато (по стадиям):



9. Для растворения 17,7 г смеси порошкообразных железа и цинка потребовалось 227,8 мл 12,0 мас.% серной кислоты, плотность раствора которой равна 1,0755 г/см³. Определите, сколько литров хлора (н.у.) понадобится для полного хлорирования исходной смеси этих металлов.

Решение. Уравнения химических реакций взаимодействия металлов с кислотой:

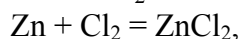
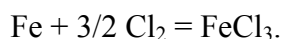


Масса раствора серной кислоты равна $227,8 \cdot 1,0755 = 245,0$ г. Масса кислоты в этом растворе составит $245 \cdot 0,12 = 29,4$ г. Количество вещества кислоты равно $29,4 : 98 = 0,3$ моль. Столько же моль металлов в исходной смеси.

Массу железа обозначим x . Цинка в смеси $17,7 - x$. Составляем уравнение:

$$x/56 + (17,7 - x)/65 = 0,3 \text{ моль.}$$

Решаем уравнение и получаем массу железа $x = 11,2$ г. Количество вещества железа равно $11,2 : 56 = 0,2$ моль. Масса цинка составит $17,7 - 11,2 = 6,5$ г. Количество вещества цинка составит $6,5 : 65 = 0,1$ моль. Реакции взаимодействия металлов с хлором:



Количество вещества хлора на взаимодействие с цинком равно 0,1 моль, с железом – $0,2 \cdot 3 : 2 = 0,3$ моль. Всего потребуется $0,1 + 0,3 = 0,4$ моль хлора или $0,4 \cdot 22,4 = 8,96$ л (н.у.).

Ответ: 8,96 л Cl₂.

10. 2,66 л оксида серы (IV) (объем измерен при 298К и давлении 74,5 кПа) растворили в 157 мл 2,0 мас. % раствора едкого натра (плотность 1,0191 г/мл). Определите состав (в массовых %) полученного раствора.

Решение.

По уравнению Менделеева-Клапейрона находим количество вещества оксида серы (IV):

$$pV = nRT; n = \frac{pV}{RT}. n(\text{SO}_2) = \frac{74,5 \cdot 2,66}{8,31 \cdot 298} = 0,08 \text{ моль.}$$

Масса газа равна $0,08 \cdot 64 = 5,12$ г.

Масса раствора щелочи равна $157 \cdot 1,0191 = 160$ г. Масса NaOH равна $160 \cdot 0,02 = 3,2$ г. Количество вещества NaOH составляет $3,2 : 40 = 0,08$. Уравнение реакции: $\text{SO}_2 + \text{NaOH} = \text{NaHSO}_3$.

Таким образом в растворе образуется 0,08 моль NaHSO₃. $M(\text{NaHSO}_3) = 104$ г/моль.

$m(\text{NaHSO}_3) = 0,08 \cdot 104 = 8,32$ г. Масса раствора составит $160 + 5,12 = 165,12$ г. Массовая доля соли в растворе равна $8,32 : 165,12 = 0,0504$ или 5,04 %.

Ответ: 5,04 мас. % NaHSO₃; 94,96 мас. % воды.

Ключ к варианту №2

Написать уравнения реакций, соответствующих следующим последовательностям химических превращений:

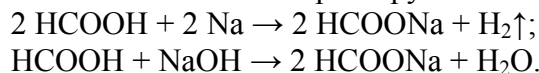
1. $\text{KCl} \rightarrow \dots \rightarrow \text{KClO}_3 \rightarrow \text{KClO}_4 \rightarrow \text{Cl}_2$.
2. $\text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \dots \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{K}_3\text{AlO}_3 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3$.
3. Гексан \rightarrow бензол $\rightarrow \dots \rightarrow$ анилин \rightarrow 2,4,6-триброманилин.

Каждый этап может быть осуществлен в одну или несколько стадий. Указать условия осуществления процессов.

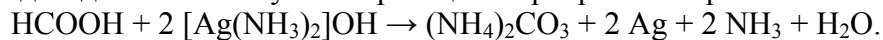
1. $2 \text{KCl} + 2 \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{электролиз_раствора}} 2 \text{KOH} + \text{Cl}_2\uparrow + \text{H}_2\uparrow;$
 $3 \text{Cl}_2 + 6 \text{KOH} \xrightarrow{t^\circ} 5 \text{KCl} + \text{KClO}_3 + 3 \text{H}_2\text{O};$
 $4 \text{KClO}_3 \xrightarrow{t^\circ} \text{KCl} + 3 \text{KClO}_4;$
 $\text{KClO}_4 \xrightarrow{t^\circ} \text{KCl} + 2 \text{O}_2;$
 $2 \text{KCl} \xrightarrow{\text{электролиз_расплава}} 2 \text{K} + \text{Cl}_2\uparrow.$
2. $\text{Al}_2\text{O}_3 + 6 \text{HCl} = 2 \text{AlCl}_3 + 3 \text{H}_2\text{O};$
 $\text{AlCl}_3 + 3 \text{NaOH} = \text{Al}(\text{OH})_3\downarrow + 3 \text{NaCl};$
 $\text{Al}(\text{OH})_3 + 3 \text{KOH} \xrightarrow{\text{сплавление}} \text{K}_3\text{AlO}_3 + 3 \text{H}_2\text{O};$
 $\text{K}_3\text{AlO}_3 + 6 \text{HCl} = 3 \text{KCl} + \text{AlCl}_3;$
 $\text{AlCl}_3 + 3 \text{NaOH} = \text{Al}(\text{OH})_3\downarrow + 3 \text{NaCl};$
 $2 \text{Al}(\text{OH})_3 \xrightarrow{t^\circ} \text{Al}_2\text{O}_3 + 3 \text{H}_2\text{O}.$
3. $\text{C}_6\text{H}_{14} \xrightarrow{\text{Pt}, 1500^\circ\text{C}} \text{C}_6\text{H}_6 + 4 \text{H}_2;$
 $\text{C}_6\text{H}_6 + \text{HNO}_3 \xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4} \text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O};$
 $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2 + 3 \text{Zn} + 7 \text{HCl} \rightarrow [\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_3]^+\text{Cl}^- + 3 \text{ZnCl}_2 + 2 \text{H}_2\text{O};$
 $[\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_3]^+\text{Cl}^- + \text{NaOH} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2 + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O};$
 $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2 + 3 \text{Br}_2 (\text{вода}) \rightarrow 2,4,6\text{-C}_6\text{H}_2\text{Br}_3\text{NH}_2 + 3 \text{HBr}.$

4. В пробирке без этикетки находится неизвестное органическое вещество. Напишите уравнения химических реакций, с помощью которых можно доказать, что неизвестным веществом является муравьиная кислота.

Ответ. Как кислота HCOOH реагирует с металлами и со щелочами:



Как альдегид HCOOH вступает в реакцию серебряного зеркала:



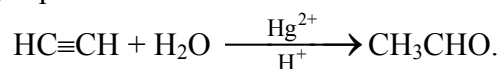
5. Плотность смеси этана и ацетилена по кислороду равна **0,8625**. Рассчитайте мольную долю ацетилена в этой смеси. Рассчитайте, сколько граммов этанала может быть получено из ацетилена, содержащегося в **33,12** г этой смеси, если выход реакции Кучерова составляет **75%**.

Решение. Молярная масса смеси $M=32 \cdot 0,8625=27,6$ г/моль. Обозначим мольную долю C_2H_2 за X . Тогда можно записать:

$$26X + 30(1-X) = 27,6.$$

Решая это уравнение, находим: $4X=2,4$. $X=0,6$. Значит в смеси 60 % C_2H_2 .

Количество вещества (n) в 33,12 г смеси равно $n=33,12/27,6=1,2$ моль; ацетилена $1,2 \cdot 0,6=0,72$ моль. Уравнение реакции Кучерова:



Этанала получается с учетом процента выхода – $0,72 \cdot 0,75=0,54$ моль или $0,54 \cdot 44=23,76$ г.

Ответ: 60% C_2H_2 , 23,76 г CH_3CHO .

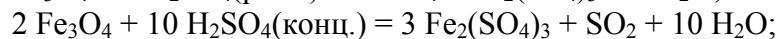
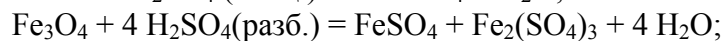
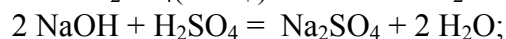
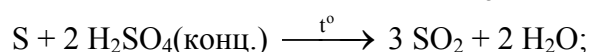
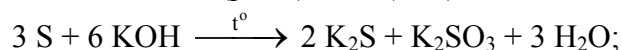
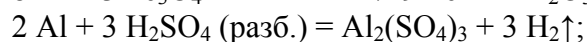
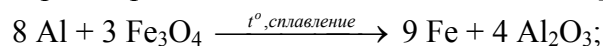
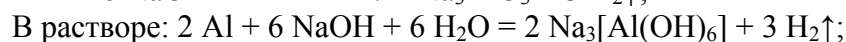
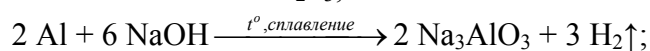
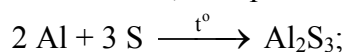
6. При обработке 16,7 г смеси фенола и предельного одноатомного спирта избытком щелочного металла выделяется 2,8 л (н.у.) газа, при обработке того же количества смеси избытком бромной воды выпадает 16,55 г осадка. Установить формулу спирта и его массовую долю в исходной смеси (в %).

Решение. В результате действия бромной воды выпадает осадок 2,4,6-трибромфенола. Количество вещества этого соединения равно $16,55:331=0,05$ моль. Значит в смеси содержится 0,05 моль фенола или $0,05 \cdot 94=4,7$ г. Масса спирта в смеси равна $16,7-4,7=12,0$ г. При взаимодействии со щелочным металлом выделилось водорода $2,8:22,4=0,125$ моль. Поскольку для выделения 1 моль водорода из спирта и фенола требуется 2 моль этих веществ, значит исходная смесь содержит их в количестве, равном 0,25 моль. Количество вещества спирта окажется равным $0,25-0,05=0,2$ моль. Молярная масса спирта равна $12,0:0,2=60$ г/моль. Искомый спирт – C_3H_7OH . Массовая доля спирта $12/16,7=0,7186$ или 71,86 %

Ответ: 71,86 мас.% C_3H_7OH .

7. Определите, какие химические реакции могут протекать между веществами: Al, S, NaOH, Fe_3O_4 , H_2SO_4 . Напишите уравнения этих реакций с указанием условий их проведения.

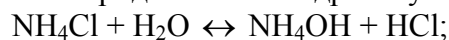
Решение. Реакции, которые могут протекать между веществами:



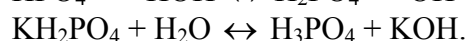
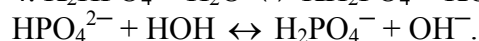
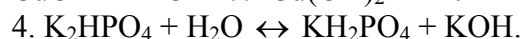
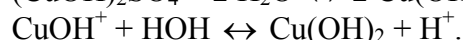
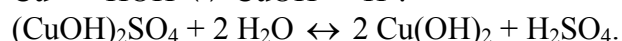
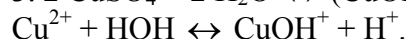
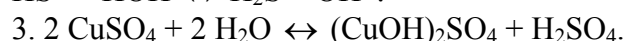
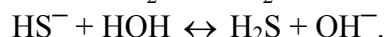
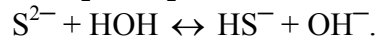
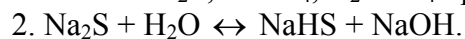
8. Определите, какие из ниже приведенных солей Na_2S , $CuSO_4$, K_2HPO_4 , $CsNO_3$, NH_4Cl подвергаются гидролизу в водных растворах. Напишите уравнения гидролиза этих солей в ионной и молекулярной формах.

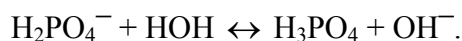
Ответ. Из приведенных солей гидролизу подвергаются: Na_2S , $CuSO_4$, K_2HPO_4 , NH_4Cl .

1. Хлорид аммония гидролизуется в одну стадию:



Гидролиз солей Na_2S , $CuSO_4$, K_2HPO_4 протекает ступенчато (по стадиям):





9. **7,98** л аммиака (объем измерен при **303**К и давлении **75,75** кПа) растворили в **289** мл **4,0** мас. % раствора ортофосфорной кислоты (плотность **1,0173** г/мл). Определите состав (в массовых %) полученного раствора.

Решение. По уравнению Менделеева-Клапейрона находим количество вещества аммиака:

$$pV = nRT; n = \frac{pV}{RT}. n(\text{NH}_3) = \frac{75,75 \cdot 7,98}{8,31 \cdot 303} = 0,24 \text{ моль. Масса газа равна } 0,24 \cdot 17 = 4,08 \text{ г.}$$

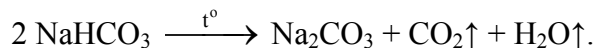
Масса раствора кислоты равна $289 \cdot 1,0173 = 294$ г. Масса H_3PO_4 равна $294 \cdot 0,04 = 11,76$ г. Количество вещества кислоты составляет $11,76 : 98 = 0,12$ моль. Реакция: $2 \text{NH}_3 + \text{H}_3\text{PO}_4 = (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$.

В растворе образуется $0,12$ моль $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$. $M[(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4] = 132$ г/моль.

$m(\text{NH}_4\text{HPO}_4) = 0,12 \cdot 132 = 15,84$ г. Масса раствора составит $294 + 4,08 = 298,08$. Массовая доля соли в растворе равна $15,84 : 298,08 = 0,0531$ или **5,31 %**. **Ответ: 5,31 мас. % $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, 94,69 мас. % воды.**

10. После прокаливания на воздухе смеси гидрокарбоната и карбоната натрия оказалось, что масса этой смеси уменьшилась в **1,25** раза. Определите массовую долю гидрокарбоната натрия (в %) в исходной смеси.

Решение. При прокаливании разлагается только гидрокарбонат натрия:



Если взять 100 г смеси, то после прокаливания останется 80 г карбоната натрия и выделится 20 г смеси воды и углекислого газа в количестве $20 : (44 + 18) = 0,3226$ моль. С учетом уравнения реакции термическому разложению подверглось в 2 раза больше соли, т.е. $0,6452$ моль NaHCO_3 . Масса этой соли равна $0,6452 \cdot 84 = 54,20$ г.

Ответ: 54,2 % NaHCO_3 .