

ВАРИАНТ 1

1.1. Сколько электронов и протонов входит в состав частиц K^+ и NO_2^- ?

K^+ : число протонов – 19, число электронов – 18.

NO_2^- : число протонов – 23, число электронов – 23.

(6 баллов)

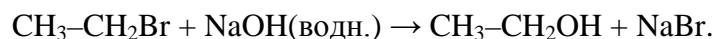
2.1. Даны растворы хлорида лития и фторида калия одинаковой молярной концентрации. В каком случае pH раствора больше и почему?

$LiCl$ – соль сильного основания и сильной кислоты, в воде не гидролизует, раствор имеет нейтральную реакцию ($pH = 7$). KF – соль сильного основания и слабой кислоты. Раствор имеет щелочную реакцию ($pH > 7$) вследствие гидролиза по аниону.

Ответ: pH раствора KF выше.

(6 баллов)

3.6. Напишите уравнение реакции бромэтана с водным раствором щелочи. Укажите механизм реакции.



Реакция протекает по механизму нуклеофильного замещения (S_N).

(6 баллов)

4.5. Константа скорости изомеризации $A \rightarrow C$ равна 50 с^{-1} , а константа скорости обратной реакции равна 10 с^{-1} . Рассчитайте состав равновесной смеси (в граммах), полученной из 15 г вещества A .

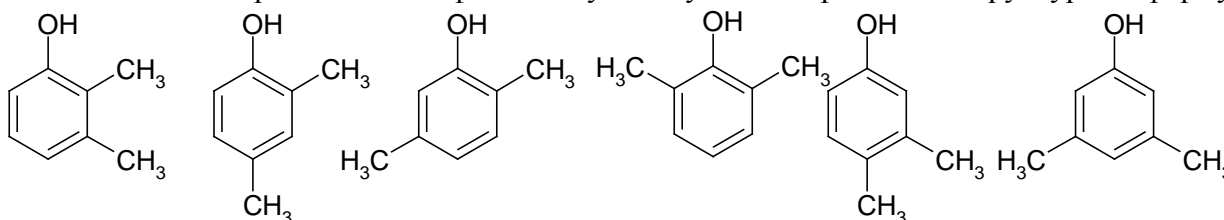
Пусть в вещество C превратилось x г вещества A , тогда в равновесной смеси содержится $(15 - x)$ г A и x г C . При равновесии скорости прямой и обратной реакции равны:

$$50 \cdot (15 - x) = 10x, \text{ откуда } x = 12.5.$$

Состав равновесной смеси: 2.5 г A , 12.5 г C .

(8 баллов)

5.1. Сколько изомерных диметилфенолов существует? Изобразите их структурные формулы.



(8 баллов)

6.1. К 2.0 г смеси сульфида меди (II) и сульфида алюминия прилили 100 мл воды, при этом выделилось 1.02 г газа. Осадок отфильтровали и высушили. Рассчитайте массу осадка.

Сульфид меди в воде не растворяется, гидролизу не подвергается. Сульфид алюминия гидролизует полностью:



$$v(H_2S) = 1.02 / 34 = 0.03 \text{ моль.}$$

Следовательно, $v(Al_2S_3) = 0.03 / 3 = 0.01$ моль.

$$m(Al_2S_3) = 0.01 \cdot 150 = 1.5 \text{ г.}$$

Отфильтрованный и высушенный осадок состоит из сульфида меди и гидроксида алюминия:

$$m(CuS) = 2.0 - 1.5 = 0.5 \text{ г,}$$

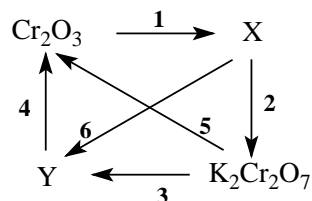
$$m(Al(OH)_3) = 0.02 \cdot 78 = 1.56 \text{ г.}$$

Масса осадка составляет $0.5 + 1.56 = 2.06$ г.

Ответ: 2.06 г.

(10 баллов)

7.1. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений, укажите условия их протекания:

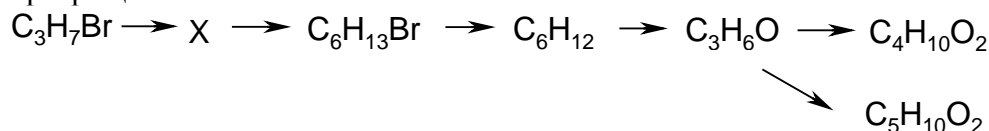


Один из возможных вариантов решения:

- 1) $\text{Cr}_2\text{O}_3 + 3\text{Cl}_2 + 10\text{KOH} \rightarrow 2\text{K}_2\text{CrO}_4 + 6\text{KCl} + 5\text{H}_2\text{O}$
- 2) $2\text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{O}$;
- 3) $3\text{K}_2\text{SO}_3 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 4\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$;
- 4) $2\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \xrightarrow{t} 2\text{Cr}_2\text{O}_3 + 6\text{SO}_2\uparrow + 3\text{O}_2\uparrow$;
- 5) $4\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \xrightarrow{t} 4\text{K}_2\text{CrO}_4 + 2\text{Cr}_2\text{O}_3 + 3\text{O}_2\uparrow$;
- 6) $3\text{K}_2\text{SO}_3 + 2\text{K}_2\text{CrO}_4 + 5\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 5\text{K}_2\text{SO}_4 + 5\text{H}_2\text{O}$.

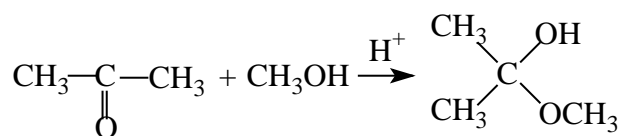
(12 баллов)

8.5. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений:

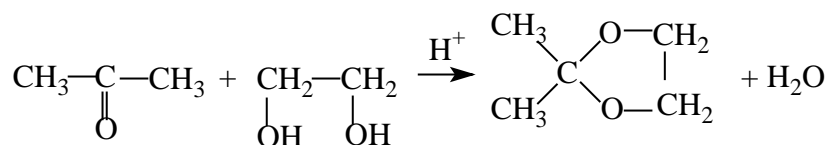


Укажите структурные формулы веществ и условия протекания реакций.

- 1) $2(\text{CH}_3)_2\text{CHBr} + 2\text{Na} \rightarrow (\text{CH}_3)_2\text{CH}-\text{CH}(\text{CH}_3)_2 + 2\text{NaBr}$; (реакция Вюрца)
- 2) $(\text{CH}_3)_2\text{CH}-\text{CH}(\text{CH}_3)_2 + \text{Br}_2 \rightarrow (\text{CH}_3)_2\text{CBr}-\text{CH}(\text{CH}_3)_2 + \text{HBr}$;
- 3) $(\text{CH}_3)_2\text{CBr}-\text{CH}(\text{CH}_3)_2 + \text{NaOH}(\text{спирт. р-р}) \rightarrow (\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{C}(\text{CH}_3)_2 + \text{NaBr} + \text{H}_2\text{O}$;
- 4) $5(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{C}(\text{CH}_3)_2 + 4\text{KMnO}_4 + 6\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 10\text{CH}_3\text{C}(\text{O})\text{CH}_3 + 4\text{MnSO}_4 + 2\text{K}_2\text{SO}_4 + 6\text{H}_2\text{O}$;
- 5)



6)



Вещество X – 2,3-диметилбутан.

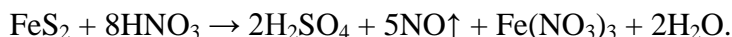
(12 баллов)

9.2. При взаимодействии дисульфида железа (II) FeS_2 с избытком азотной кислоты выделилось 3.667 л газа, плотность которого при 1 атм. и 25°C составила 1.227 г/л. В результате реакции образовался раствор массой 49.1 г, в котором массовая доля азотной кислоты в три раза превышает массовую долю серной кислоты. Рассчитайте массовую долю азотной кислоты в исходном растворе.

Найдем молярную массу выделившегося газа:

$$M = \rho RT / p = 30 \text{ г/моль} - \text{это газ NO.}$$

Уравнение реакции:



Выделилось $\nu(\text{NO}) = 101.3 \cdot 3.667 / (8.31 \cdot 298) = 0.15$ моль, $m(\text{NO}) = 0.15 \cdot 30 = 4.5$ г.

Значит, в реакции образовалось также 0.06 моль серной кислоты ($0.06 \cdot 98 = 5.88$ г), а вступило в реакцию 0.03 моль пирита ($0.03 \cdot 120 = 3.6$ г) и 0.24 моль HNO_3 (15.12 г).

По условию задачи в получившемся растворе содержится еще $5.88 \cdot 3 = 17.64$ г азотной кислоты, всего же в исходном растворе ее было $15.12 + 17.64 = 32.76$ г.

Найдем массу исходного раствора:

$$m = 49.1 - m(\text{FeS}_2) + m(\text{NO}) = 49.1 - 3.6 + 4.5 = 50 \text{ г.}$$

Таким образом, массовая доля азотной кислоты в исходном растворе:

$$\omega(\text{HNO}_3) = 32.76 / 50 = 0.655.$$

Ответ: 65.5%.

(16 баллов)

10.6. Для полного гидролиза 18 г сложного эфира потребовалось 100 г 10%-ного раствора гидроксида натрия. Смесь после гидролиза нагрели с избытком подкисленного раствора перманганата натрия, при этом выделилось 16.8 л (н.у.) углекислого газа. Установите строение сложного эфира, напишите уравнения реакций гидролиза и окисления.

Для гидролиза 1 моль сложного эфира одноосновной карбоновой кислоты требуется 1 моль щелочи, сложного эфира двухосновной кислоты – 2 моль щелочи, сложного эфира фенола – 2 моль щелочи.

$$\nu(\text{NaOH}) = 10 \cdot 0.1 / 40 = 0.25 \text{ моль.}$$

Если исходное соединение – эфир одноосновной кислоты, то $\nu(\text{эфира}) = 0.25$ моль, и тогда его молярная масса составляет $M = 72$ г/моль, если же это эфир двухосновной кислоты, то $\nu(\text{эфира}) = 0.125$ моль, и его $M = 144$ г/моль.

При окислении продуктов гидролиза сложного эфира образуется углекислый газ. Следовательно, в процессе окисления разрушается углеродный скелет. До углекислого газа в условиях реакции может окисляться метанол.

$$\nu(\text{CO}_2) = 16.8 / 22.4 = 0.75 \text{ моль.}$$

$$\nu(\text{CO}_2) = \nu(\text{атомов C}).$$

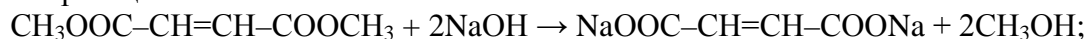
Для эфира с молярной массой 72 г/моль отношение $\nu(\text{эфира}) : \nu(\text{атомов C}) = 0.25 : 0.75 = 1 : 3$. Этот сложный эфир должен содержать три атома углерода и два атома кислорода, тогда на водород остается четыре атома. Формула CHCOOCH_3 некорректна. Формула $\text{HCOOCH}=\text{CH}_2$ не удовлетворяет условию задачи, т.к. окисление одного моля винилформиата перманганатом калия дает только один моль CO_2 .

Для эфира двухосновной кислоты с $M = 144$ г/моль соотношение

$$\nu(\text{эфира}) : \nu(\text{атомов C}) = 0.125 : 0.75 = 1 : 6.$$

Этот сложный эфир должен содержать шесть атомов углерода и четыре атома кислорода, тогда на водород остается восемь атомов. Формула $\text{CH}_3\text{OOC}-\text{CH}=\text{CH}-\text{COOCH}_3$ отвечает условию задачи.

Уравнения реакций:



(16 баллов)

ВАРИАНТ 2

1.6. Сколько электронов и протонов входит в состав частиц Mg^{2+} и NH_3 ?

Mg^{2+} : число протонов – 12, число электронов – 10.

NH_3 : число протонов – 10, число электронов – 10.

(6 баллов)

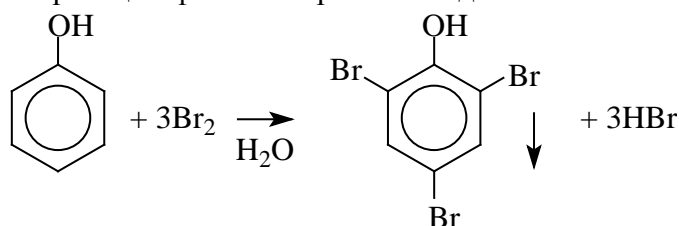
2.6. Даны растворы хлорида натрия и сульфата аммония одинаковой молярной концентрации. В каком случае pH раствора больше и почему?

$NaCl$ – соль сильного основания и сильной кислоты, в воде не гидролизует, раствор имеет нейтральную реакцию ($pH = 7$). $(NH_4)_2SO_4$ – соль слабого основания и сильной кислоты. Раствор имеет кислую реакцию ($pH < 7$) вследствие гидролиза по катиону.

Ответ: pH раствора $NaCl$ выше.

(6 баллов)

3.6. Напишите уравнение реакции фенола с бромной водой. Укажите механизм реакции.



Реакция протекает по механизму электрофильного замещения (S_E).

(6 баллов)

4.4. Константа скорости изомеризации $X \rightarrow Y$ равна 110 мин^{-1} , а константа скорости обратной реакции равна 44 мин^{-1} . Рассчитайте состав равновесной смеси (в граммах), полученной из 125 г вещества X .

Пусть в вещество Y превратилось x г вещества X , тогда в равновесной смеси содержится $(125 - x)$ г X и x г Y . При равновесии скорость прямой реакции равна скорости обратной реакции:

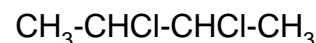
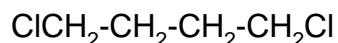
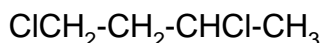
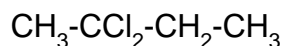
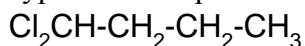
$$110 \cdot (125 - x) = 44x, \text{ откуда } x = 89.3.$$

Состав равновесной смеси: 35.7 г X , 89.3 г Y .

(8 баллов)

5.1. Сколько изомерных дихлорпроизводных н-бутана существует? Изобразите их структурные формулы.

Структурные изомеры:



Существуют также стереоизомеры.

(8 баллов)

6.1. К 2.0 г смеси сульфида меди (II) и сульфида алюминия прилили 100 мл воды, при этом выделилось 1.02 г газа. Осадок отфильтровали и высушили. Рассчитайте массу осадка.

Сульфид меди в воде не растворяется, гидролизу не подвергается. Сульфид алюминия гидролизует полностью:



$$v(\text{H}_2\text{S}) = 1.02 / 34 = 0.03 \text{ моль.}$$

Следовательно, $v(\text{Al}_2\text{S}_3) = 0.03 / 3 = 0.01$ моль.

$$m(\text{Al}_2\text{S}_3) = 0.01 \cdot 150 = 1.5 \text{ г.}$$

Отфильтрованный и высушенный осадок состоит из сульфида меди и гидроксида алюминия:

$$m(\text{CuS}) = 2.0 - 1.5 = 0.5 \text{ г,}$$

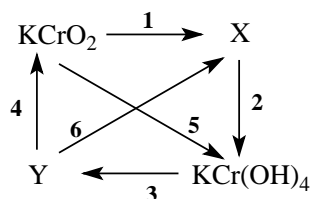
$$m(\text{Al}(\text{OH})_3) = 0.02 \cdot 78 = 1.56 \text{ г.}$$

Масса осадка составляет $0.5 + 1.56 = 2.06$ г.

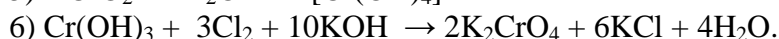
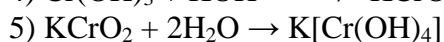
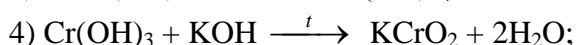
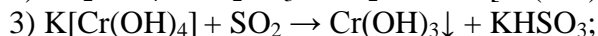
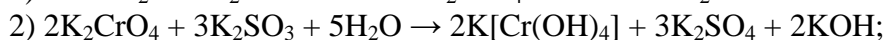
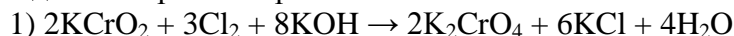
Ответ: 2.06 г.

(10 баллов)

7.1. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений, укажите условия их протекания:

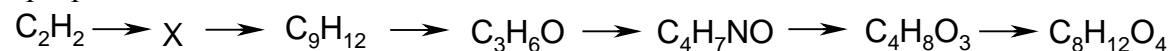


Один из вариантов решения:

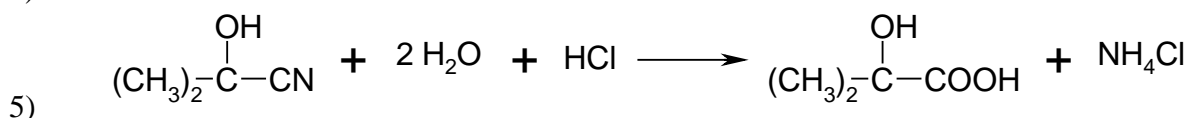
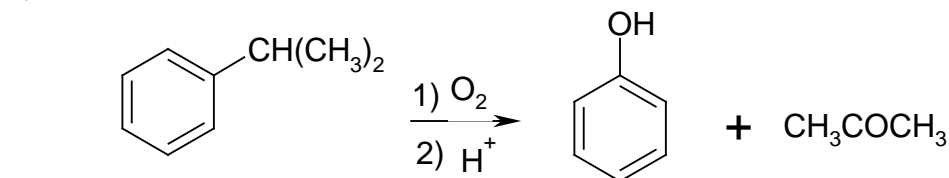
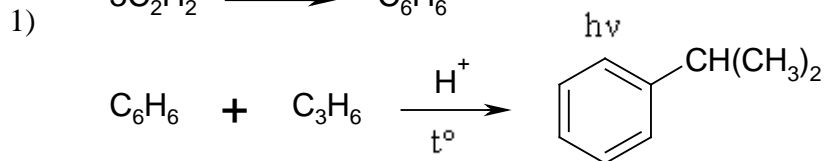
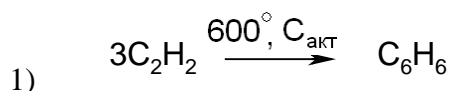


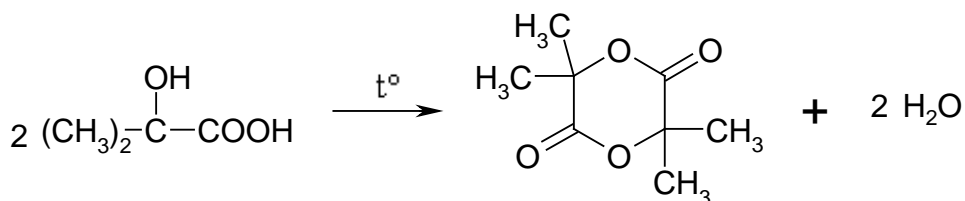
(12 баллов)

8.4. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений:



Укажите структурные формулы веществ и условия протекания реакций.





б)

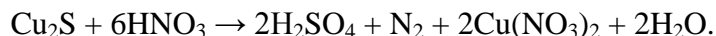
(12 баллов)

9.5. При взаимодействии сульфида меди (I) с избытком азотной кислоты выделилось 2.38 л газа, плотность которого при 1 атм. и 17°C составила 1.176 г/л. В результате реакции образовался раствор массой 243.2 г, в котором массовая доля азотной кислоты вдвое превышает массовую долю серной кислоты. Рассчитайте массовую долю азотной кислоты в исходном растворе.

Найдем молярную массу выделившегося газа:

$$M = \rho RT / p = 28 \text{ г/моль} - \text{это газ } \text{N}_2.$$

Уравнение реакции:



Выделилось $\nu(\text{N}_2) = 101.3 \cdot 2.38 / (8.31 \cdot 290) = 0.1$ моль, $m(\text{N}_2) = 0.1 \cdot 28 = 2.8$ г.

Значит, в реакции образовалось также 0.1 моль серной кислоты ($0.1 \cdot 98 = 9.8$ г), а вступило в реакцию 0.1 моль сульфида ($0.1 \cdot 160 = 16$ г) и 0.6 моль HNO_3 (37.8 г).

По условию задачи в получившемся растворе содержится еще $9.8 \cdot 2 = 19.6$ г азотной кислоты, всего ее в исходном растворе было $19.6 + 37.8 = 57.4$ г.

Найдем массу исходного раствора: $m = 243.2 - m(\text{Cu}_2\text{S}) + m(\text{N}_2) = 243.2 - 16 + 2.8 = 230$ г.

Таким образом, массовая доля азотной кислоты в исходном растворе составила $57.4 / 230 = 0.25$.

Ответ: 25%.

(16 баллов)

10.2. Для полного гидролиза 14.75 г сложного эфира потребовалось 56 г 25% раствора гидроксида калия. Смесь после гидролиза нагрели с избытком подкисленного раствора перманганата калия, при этом выделилось 11.2 л (н.у.) углекислого газа. Установите строение сложного эфира, напишите уравнения реакций гидролиза и окисления.

Для гидролиза сложного эфира одноосновной карбоновой кислоты требуется 1 моль щелочи, сложного эфира двухосновной кислоты – 2 моль щелочи, сложного эфира фенола – 2 моль щелочи.

$\nu(\text{KOH}) = 56 \cdot 0.25 / 56 = 0.25$ моль. Если исходное соединение – эфир одноосновной кислоты, то $\nu(\text{эфира}) = 0.25$ моль, и тогда его молярная масса $M = 59$ г/моль. Если это эфир двухосновной кислоты, то $\nu(\text{эфира}) = 0.125$ моль, и тогда $M = 118$ г/моль.

При окислении продуктов гидролиза сложного эфира образуется углекислый газ. Следовательно, в процессе окисления разрушается углеродный скелет. До углекислого газа в условиях реакции может окисляться метанол.

$$\nu(\text{CO}_2) = 11.2 / 22.4 = 0.5 \text{ моль}.$$

$\nu(\text{CO}_2) = \nu(\text{атомов C})$.

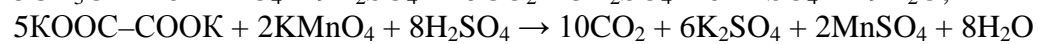
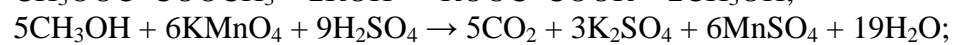
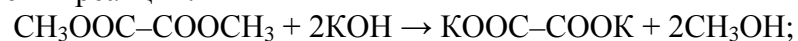
Для эфира с $M = 59$ г/моль отношение $\nu(\text{эфира}) : \nu(\text{атомов C}) = 0.25 : 0.5 = 1 : 2$. Этот сложный эфир должен содержать два атома углерода и два атома кислорода, тогда на водород остается три атома. Формула COOCH_3 некорректна.

Для эфира двухосновной кислоты с $M = 118$ г/моль отношение

$$\nu(\text{эфира}) : \nu(\text{атомов C}) = 0.125 : 0.5 = 1 : 4.$$

Этот сложный эфир должен содержать четыре атома углерода и четыре атома кислорода, тогда на водород остается шесть атомов. Формула $\text{CH}_3\text{OOC-COOCH}_3$ отвечает условию задачи.

Уравнения реакций:



(16 баллов)