

9 класс

Задача 1 (I)

Через раствор гидроксида натрия массой 200 г и массовой долей щелочи 8%, пропустили углекислый газ объемом 4,48 л (н.у.). Полученный раствор аккуратно упарили и получили кристаллы, масса которых составила 57,2 г.

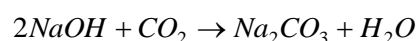
Определите состав кристаллов.

Решение:

$$\nu(\text{NaOH}) = \frac{200 \cdot 0,08}{40} = 0,4 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{CO}_2) = \frac{4,48}{22,4} = 0,2 \text{ моль}$$

$\nu(\text{NaOH}) : \nu(\text{CO}_2) = 2 : 1$, следовательно, реакция идет с образованием средней соли:



$$\nu(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,2 \text{ моль}, \quad m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 21,2 \text{ г}$$

Масса выделившихся кристаллов составила 57,2 г. Значит, вместе с ионами соли в осадок выделилась кристаллизационная вода и осадок представляет из себя кристаллогидрат состава $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$

$$m(\text{H}_2\text{O}_{\text{крист}}) = 57,2 - 21,2 = 36 \text{ г}$$

$$\nu(\text{H}_2\text{O}_{\text{крист}}) = 2 \text{ моль}$$

$$x = \frac{\nu(\text{H}_2\text{O})}{\nu(\text{Na}_2\text{CO}_3)} = \frac{2}{0,2} = 10$$

Состав кристаллов $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

Система оценивания

Определение количеств реагирующих веществ и составление уравнения 1 балл

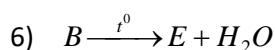
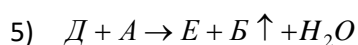
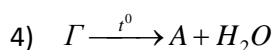
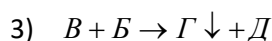
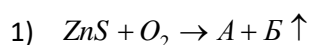
Определение массы образовавшейся соли и вывод, что кристаллы представляют собой кристаллогидрат 2 балла

Установление состава кристаллогидрата 1 балл

Всего 4 балла

Задание 2 (I)

Дан ряд химических превращений:



Определите формулы веществ А, Б, В, Г, Д, Е. Составьте уравнения реакций.

Решение

- 1) $2ZnS + 3O_2 \rightarrow 2ZnO + 2SO_2 \uparrow$ А - ZnO Б - SO_2
2) $ZnO + 2NaOH + H_2O \rightarrow Na_2[Zn(OH)_4]$ В - $Na_2[Zn(OH)_4]$
3) $Na_2[Zn(OH)_4] + 2SO_2 \rightarrow Zn(OH)_2 \downarrow + 2NaHSO_3$ Г - $Zn(OH)_2$ Д - $NaHSO_3$
4) $Zn(OH)_2 \xrightarrow{t} ZnO + H_2O$
5) $2NaHSO_3 + ZnO \xrightarrow{t} Na_2ZnO_2 + 2SO_2 \uparrow + H_2O$ Е - Na_2ZnO_2
6) $Na_2[Zn(OH)_4] \xrightarrow{t} Na_2ZnO_2 + 2H_2O$

Система оценивания:

За каждое правильно определенное вещество и правильно составленное уравнение реакции по 0,5 балла. Всего 6 баллов.

Задача 3 (I)

Относительная плотность газовой смеси, состоящей из азота и аммиака, по водороду равна 11,8. Определите состав смеси в объемных процентах.

Каким станет значение относительной плотности смеси по водороду, если в сосуд, заполненный исходной смесью, объемом 11,2 л (н.у.) добавить хлороводород объемом 8,96 л (н.у.)?

Изменением давления в сосуде пренебречь.

Решение

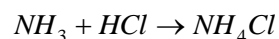
$$\overline{M}(\text{смеси}) = D_{H_2} \cdot M(H_2) = 11,8 \cdot 2 = 23,6 \text{ г / моль}$$

$$\overline{M}(\text{смеси}) = \varphi(NH_3) \cdot M(NH_3) + \varphi(N_2) \cdot M(N_2)$$

$$23,6 = 17x + (1 - x)28 \quad x = 0,4$$

Следовательно, $\varphi(NH_3) = 40\%$, а $\varphi(N_2) = 60\%$

При добавлении к смеси хлороводорода аммиак вступает с ним в реакцию с образованием кристаллов NH_4Cl :



$$V(NH_3) = 0,4 \cdot 11,2 = 4,48 \text{ л}$$

$V(HCl)$ в 2 раза больше $V(NH_3)$, значит, весь аммиак прореагирует, а в смеси останется хлороводород объемом 4,48 л.

$$\text{Тогда, } \overline{M}(\text{смеси}) = \varphi(HCl) \cdot M(HCl) + \varphi(N_2) \cdot M(N_2)$$

$$\overline{M}(\text{смеси}) = 0,4 \cdot 36,5 + 0,6 \cdot 28 = 31,4 \text{ г / моль}$$

$$D_{H_2} = \frac{\overline{M}(\text{смеси})}{2} = \frac{31,4}{2} = 15,7$$

Система оценивания:

Определение объемных долей газов в исходной смеси	1 балл
Определение состава смеси после добавления хлороводорода	3 балла
Определение плотности полученной смеси по водороду	1 балл

Всего 5 баллов

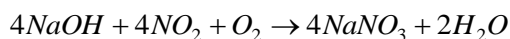
Задача 4 (1)

Смесь газов, выделившуюся при полном термическом разложении нитрата двухвалентного металла, полностью поглотили раствором гидроксида натрия массой 320 г и массовой долей щелочи 10%. После реакции в растворе осталась только одна соль. Масса твердого остатка после разложения составила 32,4 г.

- 1) Определите формулу нитрата, учитывая, что степень окисления металла в процессе разложения не изменилась.
- 2) Определите массовую долю соли, образовавшейся в растворе после реакции.

Решение

Записываем уравнения реакций в общем виде:



$$\nu(NaOH) = \frac{320 \cdot 0,1}{40} = 0,8 \text{ моль}$$

$$\text{Тогда, } \nu(NO_2) = \nu(NaOH) = 0,8 \text{ моль, } \quad \nu(O_2) = \frac{1}{4} \nu(NaOH) = 0,2 \text{ моль}$$

$$\nu(MeO) = \frac{1}{2} \nu(NaOH) = 0,4 \text{ моль}$$

$$M(MeO) = \frac{32,4}{0,4} = 81 \text{ г / моль}$$

$$M(Me) = 81 - 16 = 65 \text{ г / моль} \Rightarrow \text{это Zn, соль } Zn(NO_3)_2$$

В растворе после реакции остался $NaNO_3$.

$$\nu(NaNO_3) = \nu(NaOH) = 0,8 \text{ моль, } \quad m(NaNO_3) = 0,8 \cdot 85 = 68 \text{ г}$$

$$m(p - pa) = m(p - pa \text{ NaOH}) + m(NO_2) + m(O_2) = 320 + 0,8 \cdot 46 + 0,2 \cdot 32 = 363,2 \text{ г}$$

$$\omega(NaNO_3) = \frac{68}{363,2} = 0,1872 \quad \text{или } 18,72\%$$

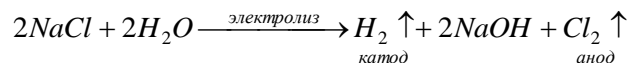
Система оценивания

Составление уравнений реакций (в общем виде)	2 балла
Определение количеств выделившихся газов	1 балл
Определение формулы соли	2 балла
Определение массы раствора после реакции	1 балл
Определение массовой доли соли в раствор	1 балл
Всего 7 баллов	

Задача 5 (I)

Раствор хлорида натрия массой 312 г и массовой долей соли 15% подвергли электролизу. Процесс прекратили, когда на катоде выделилось 6,72 л (н.у.) газа. Из полученного раствора отобрали порцию массой 58,02 г. Вычислите массу 20%-ного раствора сульфата меди (II), необходимого для полного осаждения гидроксид-ионов из отобранной порции раствора.

Решение



На катоде выделился водород.

$$v(H_2) = \frac{6,72}{22,4} = 0,3 \text{ моль}$$

$$v(NaOH)_{\text{обр}} = 2v(H_2) = 0,6 \text{ моль}$$

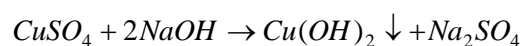
$$v(NaCl)_{\text{общ}} = \frac{312 \cdot 0,15}{58,5} = 0,8 \text{ моль} \quad v(NaCl)_{\text{изр}} = v(NaOH) = 0,6 \text{ моль}, \text{ следовательно, не вся соль}$$

подверглась электролизу и электролиз воды на аноде не проходил. То есть на аноде выделялся только хлор.

$$m(p - \text{ра после эл - за}) = 312 - m(H_2) - m(Cl_2) = 312 - 0,3 \cdot 2 - 0,3 \cdot 71 = 290,1 \text{ г}$$

Количество щелочи в отобранной порции вычисляем по пропорции:

$$\begin{matrix} 290,1 \text{ г} - 0,6 \text{ моль} \\ 58,02 \text{ г} - x \text{ моль} \end{matrix} \quad x = 0,12 \text{ моль}$$



$$v(CuSO_4) = \frac{1}{2} v(NaOH) = 0,06 \text{ моль}$$

$$m(p - \text{ра } CuSO_4) = \frac{0,06 \cdot 160}{0,2} = 48 \text{ г}$$

Ответ: 48 г

Система оценивания:

Составление уравнений процесса электролиза и взаимодействия щелочи с сульфатом меди по одному баллу
2 балла

Определение количества образовавшейся при электролизе щелочи	1 балл
Определение массы раствора после электролиза	1 балл
Вывод о том, что вода в растворе не подверглась электролизу	1 балл
Определение количества щелочи в отобранной порции	1 балл
Определение необходимого для осаждения количества сульфата меди	1 балл
Определение массы раствора для осаждения	1 балл

Всего 8 баллов

9 класс

Задача 1 (II)

К 20%-ному раствору серной кислоты массой 98 г добавили оксид магния массой 8 г.

После полного прохождения реакции полученный раствор аккуратно упарили и получили 49,2 г кристаллов.

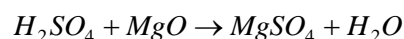
Определите состав кристаллов.

Решение:

$$\nu(H_2SO_4) = \frac{98 \cdot 0,2}{98} = 0,2 \text{ моль}$$

$$\nu(MgO) = \frac{8}{40} = 0,2 \text{ моль}$$

$\nu(H_2SO_4) : \nu(MgO) = 1 : 1$, следовательно, реакция идет с образованием средней соли:



$$\nu(MgSO_4) = 0,2 \text{ моль}, \quad m(MgSO_4) = 24g$$

Масса выделившихся кристаллов составила 49,2 г. Значит, вместе с ионами соли в осадок выделилась кристаллизационная вода и осадок представляет из себя кристаллогидрат состава $MgSO_4 \cdot xH_2O$

$$m(H_2O_{\text{крист}}) = 49,2 - 24 = 25,2g$$

$$\nu(H_2O_{\text{крист}}) = 1,4 \text{ моль}$$

$$x = \frac{\nu(H_2O)}{\nu(Na_2CO_3)} = \frac{1,4}{0,2} = 7$$

Состав кристаллов $MgSO_4 \cdot 7H_2O$

Система оценивания

Определение количеств реагирующих веществ и составление уравнения 1 балл

Определение массы образовавшейся соли и вывод, что кристаллы представляют собой кристаллогидрат 2 балла

Установление состава кристаллогидрата 1 балл

Всего 4 балла

Задание 2 (II)

Дан ряд химических превращений:

- 1) $Al_2S_3 + H_2O \rightarrow A \downarrow + B \uparrow$
- 2) $A + NaOH \rightarrow B$
- 3) $B + NaOH \rightarrow \Gamma + H_2O$
- 4) $B + B \rightarrow A \downarrow + \Delta + H_2O$
- 5) $\Delta + NaOH \rightarrow \Gamma + H_2O$
- 6) $B + SO_2 \rightarrow E \downarrow + H_2O$

Определите формулы веществ А, Б, В, Г, Д, Е. Составьте уравнения реакций.

Решение

- | | | |
|--|--------------------|------------|
| 1) $Al_2S_3 + 6H_2O \rightarrow 2Al(OH)_3 \downarrow + 3H_2S \uparrow$ | А - $Al(OH)_3$ | Б - H_2S |
| 2) $Al(OH)_3 + NaOH \rightarrow Na[Al(OH)_4]$ | В - $Na[Al(OH)_4]$ | |
| 3) $H_2S + 2NaOH \rightarrow Na_2S + 2H_2O$ | Г - Na_2S | |
| 4) $Na[Al(OH)_4] + H_2S \rightarrow Al(OH)_3 \downarrow + NaHS + H_2O$ | Д - $NaHS$ | |
| 5) $NaHS + NaOH \rightarrow Na_2S + H_2O$ | | |
| 6) $2H_2S + SO_2 \rightarrow 3S \downarrow + 2H_2O$ | Е - S | |

Система оценивания:

За каждое правильно определенное вещество и правильно составленное уравнение реакции по 0,5 балла
Всего 6 баллов

Задача 3 (II)

Газовая смесь азота и оксида азота (II) имеет относительную плотность по воздуху равную 1.

Определите состав смеси в объемных процентах.

В сосуд, содержащий данную смесь, объемом 17,92 л (н.у.) ввели 4,48 л (н.у.) кислорода.

Определите плотность по воздуху полученной смеси газов.

Решение

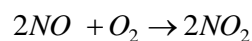
$$\overline{M}(\text{смеси}) = D_{\text{возд}} \cdot \overline{M}(\text{возд}) = 29 \cdot 1 = 29 \text{ г / моль}$$

$$\overline{M}(\text{смеси}) = \varphi(NO) \cdot M(NO) + \varphi(N_2) \cdot M(N_2)$$

$$29 = 30x + (1 - x)28 \quad x = 0,5$$

Следовательно, $\varphi(NO) = 50\%$, а $\varphi(N_2) = 50\%$

При добавлении к смеси кислорода оксид азота (II) вступает с ним в реакцию с образованием кристаллов оксида азота (IV):



$$V(NO) = 0,5 \cdot 17,92 = 8,96 \text{ л}$$

$V(O_2)$ в 2 раза меньше $V(NO)$, значит, оба реагента полностью израсходуются, а в смеси останется оксид азота (IV) и азот в равных объемах – по 8,96 л.

$$\text{Тогда, } \overline{M}(\text{смеси}) = \varphi(NO_2) \cdot M(NO_2) + \varphi(N_2) \cdot M(N_2)$$

$$\overline{M}(\text{смеси}) = 0,5 \cdot 46 + 0,5 \cdot 28 = 37 \text{ г / моль}$$

$$D_{\text{возд}} = \frac{\overline{M}(\text{смеси})}{\overline{M}(\text{возд})} = \frac{37}{29} = 1,276$$

Система оценивания:

Определение объемных долей газов в исходной смеси	1 балл
Определение состава смеси после добавления кислорода	3 балла
Определение плотности полученной смеси по воздуху	1 балл

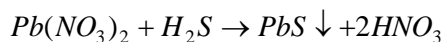
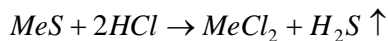
Всего 5 баллов

Задача 4 (II)

При взаимодействии сульфида двухвалентного металла с соляной кислотой, масса раствора которой 146 г, а массовая доля HCl 10%, выделился газ, при пропускании которого через избыток раствора нитрата свинца выпал черный осадок массой 47,8 г. В полученном растворе массовая доля образовавшейся соли составила 12,63%. Исходный сульфид прореагировал полностью.

Определите формулу сульфида металла.

Решение



$$\nu(PbS) = \frac{47,8}{239} = 0,2 \text{ моль}$$

$$\nu(MeCl_2) = \nu(H_2S) = \nu(PbS) = 0,2 \text{ моль}$$

$$\omega(MeCl_2) = \frac{m(MeCl_2)}{m(p - pa \ HCl) + m(MeS) - m(H_2S \uparrow)}$$

$$0,1263 = \frac{0,2(M(Me) + 71)}{146 + 0,2(M(Me) + 32) - 0,2 \cdot 34}; \quad x = 24 \Rightarrow Mg$$

Формула сульфида MgS

Система оценивания

Составление уравнений реакций (в общем виде)	2 балла
Определение количества выделившегося газа	1 балл
Определение количества хлорида металла	1 балл
Составление уравнения и определение молярной массы металла с использованием массовой доли соли	балл

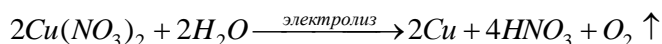
Всего 7 баллов

Задача 5 (II)

Электролиз раствора нитрата меди (II) массой 940 г и массовой долей соли 8% прекратили, когда масса катода увеличилась на 12,8 г.

Определите массу раствора гидроксида калия, массовая доля щелочи в котором равна 16%, которую нужно затратить для того, чтобы осадить все катионы Cu^{2+} , находящиеся в растворе после электролиза.

Решение



Масса катода увеличилась на массу выделившейся меди.

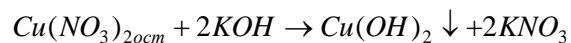
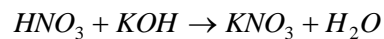
$$\nu(Cu) = \frac{12,8}{64} = 0,2 \text{ моль}$$

$$\nu(Cu(NO_3)_2)_{изр} = \nu(Cu) = 0,2 \text{ моль} \quad \nu(Cu(NO_3)_2)_{общ} = \frac{940 \cdot 0,08}{188} = 0,4 \text{ моль}$$

Таким образом, электролизу подверглась не вся соль. В растворе **осталось еще 0,2 моль $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$** .

Но нужно учитывать, что кроме соли меди, в растворе находится и образовавшаяся азотная кислота. Для того, чтобы осадить катионы Cu^{2+} , сначала нужно нейтрализовать кислоту.

$$\nu(\text{HNO}_3) = 2\nu(\text{Cu}) = 0,4 \text{ моль}$$



$$\nu(\text{KOH})_{\text{общ}} = \nu(\text{HNO}_3) + 2\nu(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 0,8 \text{ моль}$$

$$m(p - \text{раKOH}) = \frac{0,8 \cdot 56}{0,16} = 280 \text{ г}$$

Ответ: 280 г

Система оценивания:

За составление уравнения электролиза	1 балл
Определение количества оставшегося в растворе $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$	2 балла
Вывод, что вначале нужно нейтрализовать кислоту в растворе	1 балл
Составление уравнений взаимодействия со щелочью $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ и HNO_3 по 1 баллу	2 балла
Определение общего количества гидроксида калия	1 балл
Определение массы раствора гидроксида калия	1 балл
Всего 8 баллов	

9 класс

Задача 1 (III)

Слили два раствора – 10%-ный раствор гидроксида кальция массой 222 г и 5%-ный раствор соляной кислоты массой 438 г.

Полученный раствор аккуратно упарили и получили кристаллы, масса которых составила 54,9 г.

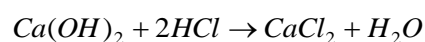
Определите состав кристаллов.

Решение:

$$\nu(\text{Ca}(\text{OH})_2) = \frac{222 \cdot 0,1}{74} = 0,3 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{HCl}) = \frac{438 \cdot 0,05}{36,5} = 0,6 \text{ моль}$$

$\nu(\text{Ca}(\text{OH})_2) : \nu(\text{HCl}) = 1 : 2$, следовательно, реакция идет с образованием средней соли:



$$\nu(\text{CaCl}_2) = 0,3 \text{ моль}, m(\text{CaCl}_2) = 33,3 \text{ г}$$

Масса выделившихся кристаллов составила 54,9 г. Значит, вместе с ионами соли в осадок выделилась кристаллизационная вода и осадок представляет из себя кристаллогидрат состава $\text{CaCl}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$

$$m(\text{H}_2\text{O}_{\text{крист}}) = 54,9 - 33,3 = 21,6 \text{ г}$$

$$\nu(\text{H}_2\text{O}_{\text{крист}}) = 1,2 \text{ моль}$$

$$x = \frac{\nu(\text{H}_2\text{O})}{\nu(\text{CaCl}_2)} = \frac{1,2}{0,3} = 4$$

Состав кристаллов $\text{CaCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

Система оценивания

Определение количеств реагирующих веществ и составление уравнения 1 балл

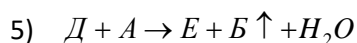
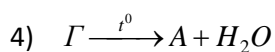
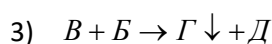
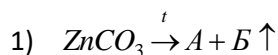
Определение массы образовавшейся соли и вывод, что кристаллы представляют собой кристаллогидрат 2 балла

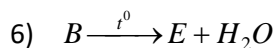
Установление состава кристаллогидрата 1 балл

Всего 4 балла

Задание 2 (III)

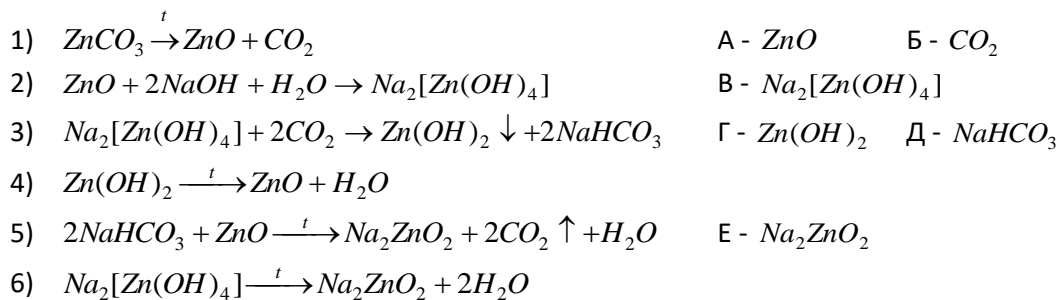
Дан ряд химических превращений:





Определите формулы веществ А, Б, В, Г, Д, Е. Составьте уравнения реакций.

Решение



Система оценивания:

За каждое правильно определенное вещество и правильно составленное уравнение реакции по 0,5 балла
Всего 6 баллов

Задача 3 (III)

Средняя молярная масса газовой смеси, состоящей из азота и бромоводорода, равна 38,6 г/моль. Определите состав смеси в объемных процентах.

Каким станет значение средней молярной массы если в сосуд, заполненный данной смесью, объемом 15,68 л (н.у.) добавить аммиак объемом 6,272 л (н.у.)?

Изменением давления в сосуде пренебречь.

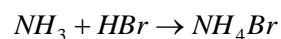
Решение

$$\overline{M}(\text{смеси}) = \varphi(HBr) \cdot M(HBr) + \varphi(N_2) \cdot M(N_2)$$

$$38,6 = 81x + (1 - x)28 \quad x = 0,2$$

Следовательно, $\varphi(HBr) = 20\%$, а $\varphi(N_2) = 80\%$

При добавлении к смеси аммиака бромоводород вступает с ним в реакцию с образованием кристаллов NH_4Br :



$$V(HBr) = 0,2 \cdot 15,68 = 3,136 \text{ л}$$

$V(NH_3)$ в 2 раза больше $V(HBr)$, значит, весь бромоводород прореагирует, а в смеси останется аммиак объемом 3,136 л.

$$\text{Тогда, } \overline{M}(\text{смеси}) = \varphi(NH_3) \cdot M(NH_3) + \varphi(N_2) \cdot M(N_2)$$

Объемные доли газов остаются такими же, как и в исходной смеси.

$$\overline{M}(\text{смеси}) = 0,2 \cdot 17 + 0,8 \cdot 28 = 25,8 \text{ г / моль}$$

Система оценивания:

Определение объемных долей газов в исходной смеси	1 балл
Определение состава смеси после добавления аммиака	3 балла
Определение средней молярной массы полученной смеси	1 балл

Всего 5 баллов

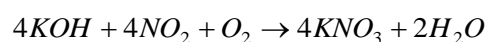
Задача 4 (III)

Смесь газов, выделившуюся при полном термическом разложении нитрата двухвалентного металла, полностью поглотили раствором гидроксида калия массой 448 г и массовой долей щелочи 10%. После реакции в растворе осталась только одна соль. Масса твердого остатка после разложения составила 32 г.

- 1) Определите формулу нитрата, учитывая, что степень окисления металла в процессе разложения не изменилась.
- 2) Определите массовую долю соли, образовавшейся в растворе после реакции.

Решение

Записываем уравнения реакций в общем виде:



$$\nu(KOH) = \frac{448 \cdot 0,1}{56} = 0,8 \text{ моль}$$

$$\text{Тогда, } \nu(NO_2) = \nu(KOH) = 0,8 \text{ моль, } \nu(O_2) = \frac{1}{4} \nu(KOH) = 0,2 \text{ моль}$$

$$\nu(MeO) = \frac{1}{2} \nu(KOH) = 0,4 \text{ моль}$$

$$M(MeO) = \frac{32}{0,4} = 80 \text{ г / моль}$$

$$M(Me) = 80 - 16 = 64 \text{ г / моль} \Rightarrow \text{это Cu, соль } Cu(NO_3)_2$$

В растворе после реакции остался KNO_3 .

$$\nu(KNO_3) = \nu(KOH) = 0,8 \text{ моль, } m(KNO_3) = 0,8 \cdot 101 = 80,8 \text{ г}$$

$$m(p - pa) = m(p - pa \text{ KOH}) + m(NO_2) + m(O_2) = 448 + 0,8 \cdot 46 + 0,2 \cdot 32 = 491,2$$

$$\omega(KNO_3) = \frac{80,8}{491,2} = 0,1645 \quad \text{или } 16,45\%$$

Система оценивания

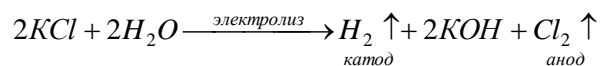
Составление уравнений реакций (в общем виде)	2 балла
Определение количеств выделившихся газов	1 балл
Определение формулы соли	2 балла
Определение массы раствора после реакции	1 балл
Определение массовой доли соли в раствор	1 балл

Всего 7 баллов

Задача 5 (III)

При проведении электролиза 447 г 10%-ного раствора хлорида калия процесс прекратили, когда на катоде выделилось 4,48 л (н.у.) газа. Из полученного раствора отобрали порцию массой 108,1 г. Вычислите массу 5%-ного раствора сульфата магния, необходимого для полного осаждения гидроксид-ионов из отобранной порции раствора.

Решение



На катоде выделился водород.

$$v(H_2) = \frac{4,48}{22,4} = 0,2 \text{ моль}$$

$$v(KOH)_{\text{обр}} = 2v(H_2) = 0,4 \text{ моль}$$

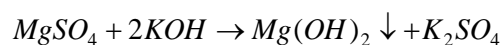
$$v(KCl)_{\text{общ}} = \frac{447 \cdot 0,1}{74,5} = 0,6 \text{ моль} \quad v(KCl)_{\text{изр}} = v(KOH) = 0,4 \text{ моль}, \text{ следовательно, не вся соль подверглась}$$

электролизу и электролиз воды на аноде не проходил. То есть на аноде выделялся только хлор.

$$m(p - \text{ра после эл - за}) = 447 - m(H_2) - m(Cl_2) = 447 - 0,2 \cdot 2 - 0,2 \cdot 71 = 432,4 \text{ г}$$

Количество щелочи в отобранной порции вычисляем по пропорции:

$$\begin{array}{l} 432,4 \text{ г} - 0,4 \text{ моль} \\ 108,1 \text{ г} - x \text{ моль} \end{array} \quad x = 0,1 \text{ моль}$$



$$v(MgSO_4) = 2v(KOH) = 0,2 \text{ моль}$$

$$m(p - \text{ра } MgSO_4) = \frac{0,2 \cdot 120}{0,05} = 480 \text{ г}$$

Ответ: 480 г

Система оценивания:

Составление уравнений процесса электролиза и взаимодействия щелочи с сульфатом магния по одному баллу 2 балла

Определение количества образовавшейся при электролизе щелочи 1 балл

Определение массы раствора после электролиза 1 балл

Вывод о том, что вода в растворе не подверглась электролизу 1 балл

Определение количества щелочи в отобранной порции 1 балл

Определение необходимого для осаждения количества сульфата магния 1 балл

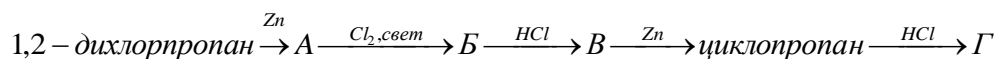
Определение массы раствора для осаждения 1 балл

Всего 8 баллов

10 класс

Задание 1(1)

Осуществите цепочку превращений:



Напишите уравнения реакций.

Решение

- 1) $1,2\text{-дихлорпропан} + \text{Zn} \rightarrow \text{пропен} + \text{ZnCl}_2$
- 2) $\text{пропен} + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{свет}} 3\text{-хлорпропен} + \text{HCl}$
- 3) $3\text{-хлорпропен} + \text{HCl} \rightarrow 1,3\text{-дихлорпропан}$
- 4) $1,3\text{-дихлорпропан} + \text{Zn} \rightarrow \text{циклопропан} + \text{ZnCl}_2$
- 5) $\text{циклопропан} + \text{HCl} \rightarrow 1\text{-хлорпропан}$

Система оценивания:

За каждое правильно составленное уравнение по 2 балла

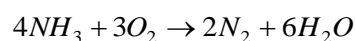
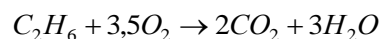
Всего 10 баллов

Задача 2 (1)

Исходную смесь этана и аммиака объемом 78,4 л (н.у.) сожгли. Полученную в результате сгорания газопаровую смесь привели к нормальным условиям, после чего её плотность составила 1,786 г/л. При пропускании этой смеси через избыток раствора щелочи её объем уменьшился до 22,4 л (н.у.).

Определите объемные доли этана и аммиака в исходной смеси.

Решение



При н.у. в смеси остались только CO_2 и N_2 .

$$\overline{M}(\text{смеси}) = \rho \cdot V_M = 1,786 \frac{\text{г}}{\text{л}} \cdot 22,4 \frac{\text{л}}{\text{моль}} = 40 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

$$\overline{M}(\text{смеси}) = \frac{\nu(\text{N}_2) \cdot M(\text{N}_2) + \nu(\text{CO}_2) \cdot M(\text{CO}_2)}{\nu(\text{N}_2) + \nu(\text{CO}_2)} = 40 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

При пропускании через раствор щелочи непоглощенный остается только N_2 . По условию, объем уменьшается до 22,4 л => это и есть объем непоглотившегося N_2 .

Тогда, $\nu(\text{N}_2) = 1 \text{ моль}$.

$$\overline{M}(\text{смеси}) = \frac{1 \cdot 28 + \nu(\text{CO}_2) \cdot 44}{1 + \nu(\text{CO}_2)} = 40 \frac{\text{г}}{\text{моль}}; \quad \nu(\text{CO}_2) = 3 \text{ моль}$$

Тогда, $\nu(\text{C}_2\text{H}_6) = \frac{1}{2} \nu(\text{CO}_2) = 1,5 \text{ моль}$

$\nu(\text{NH}_3) = 2\nu(\text{N}_2) = 2 \text{ моль}$

$$\nu_{\text{общ}}(\text{исх. смеси}) = \frac{V}{V_M} = \frac{78,4 \text{ л}}{22,4 \frac{\text{л}}{\text{моль}}} = 3,5 \text{ моль}$$

Для газов мольная и объемная доля – это одно и то же.

$$\varphi(C_2H_6) = \chi(C_2H_6) = \frac{1,5}{3,5} = 0,4286 \text{ или } 42,9\%$$

$$\varphi(N_2) = 57,1\%$$

Система оценивания:

За составление уравнений сгорания по 1 баллу (без коэффициентов – 0)	2 балла
Определение состава смеси после сгорания при н.у. и её средней молярной массы	2 балла
Определение количеств газов в смеси продуктов	3 балла
Определение количеств газов в исходной смеси	2 балла
Определение объемных долей газов в исходной смеси	1 балл
Всего 10 баллов	

Задание 3 (I)

При сгорании органического соединения массой 51 г образовалось 89,6 л (н.у.) углекислого газа и 27 г воды.

- 1) Выведите молекулярную формулу соединения, если известно, что его молярная масса не больше 115 г/моль.
- 2) Составьте структурную формулу, которая однозначно отражает порядок связи атомов, учитывая, что данное соединение реагирует с аммиачным раствором оксида серебра с образованием серо-белого осадка.
- 3) Напишите уравнения реакций гидратации (реакция 1) и тримеризации (реакция 2) данного вещества, реакцию взаимодействия с горячим подкисленным раствором перманганата калия (реакция 3), используя структурные формулы веществ. Расставьте коэффициенты, укажите условия проведения реакций.
- 4) Назовите продукты в реакциях 1 и 2.

Решение

$$v(C) = v(CO_2) = \frac{V}{V_M} = \frac{89,6 \text{ л}}{22,4 \frac{\text{л}}{\text{моль}}} = 4 \text{ моль} \quad m(C) = 48 \text{ г}$$

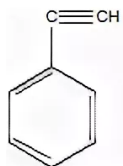
$$v(H) = 2v(H_2O) = 2 \cdot \frac{27 \text{ г}}{18 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 3 \text{ моль} \quad m(H) = 3 \text{ г}$$

Проверяем наличие кислорода:

$$m(O) = 51 - 48 - 3 = 0 \text{ г} \quad \Rightarrow \quad \text{кислорода в молекуле нет, значит, формула } C_xH_y$$

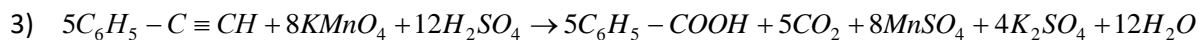
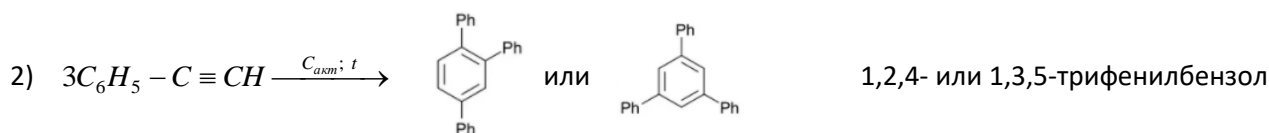
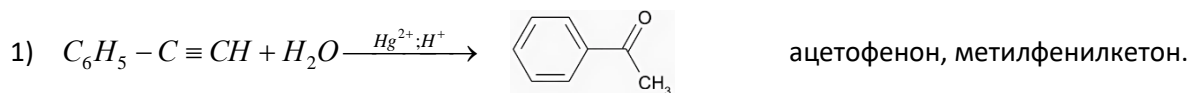
$x : y = 4 : 3$, количество атомов Н не может быть нечетным, значит $x : y = 4 : 3 = 8 : 6$, то есть формула углеводорода C_8H_6 . По соотношению атомов С и Н очевидно, что в молекуле присутствует бензольное кольцо. По условию, с аммиачным раствором оксида серебра соединение дает серо-белый осадок. Это качественная реакция на терминальные алкины. Значит, в молекуле есть связь $-C \equiv CH$.

Структурная формула:



фенилацетилен

Уравнения реакций:



Система оценивания

За вывод молекулярной формулы 1 балл

За составление структурной формулы 1 балл

За каждое из трех уравнений по 2 балла, если правильно определены продукты, указаны условия и расставлены коэффициенты. За схемы реакций с указанием правильных продуктов – по 1 баллу.

6 баллов

За каждое из названий по 1 баллу 2 балла

Всего 1- баллов

Задача 4 (I)

Олеум состава $xSO_3 \cdot H_2SO_4$ массой 41,8 г, в котором количество атомов кислорода в 8 раз больше атомов водорода, растворили в воде объемом 448,2 мл. К полученному раствору серной кислоты прилили раствор гидроксида натрия массой 260 г и массовой долей щелочи 10,77%.

Задание:

- 1) Установите точный состав олеума (определите x в формуле $xSO_3 \cdot H_2SO_4$)
- 2) Определите массовую долю серной кислоты в полученном при разбавлении растворе.
- 3) Определите состав конечного раствора (в массовых %), который образовался при добавлении к раствору кислоты раствора щелочи.
- 4) Напишите уравнения трех протекающих реакций.

Решение

Если $\nu(O) : \nu(H) = 8 : 1$, тогда на 2 атома Н в H_2SO_4 приходится 16 атомов О.

Из этих 16 в H_2SO_4 будет 4, остальные 12 – в SO_3 . В 1 молекуле SO_3 – 3 атома О, а 12 атомов О в 4 молекулах SO_3 .

Таким образом, **состав олеума** $4SO_3 \cdot H_2SO_4$.

$M(4SO_3 \cdot H_2SO_4) = 418$ г/моль.

$\nu(4SO_3 \cdot H_2SO_4) = 0,1$ моль ;



$m_{\text{общ}}(H_2O) = \frac{\nu(H_2O)}{\rho(H_2O)} = 448,2$ г

$\nu(H_2SO_4) = 0,5$ моль ; $m(H_2SO_4) = 49$ г / моль

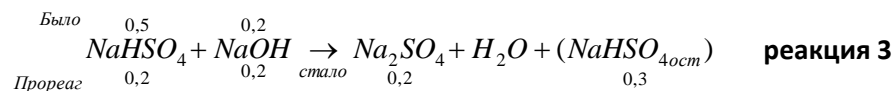
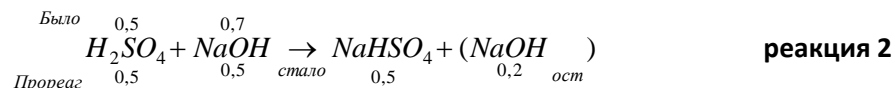
$m_{p-ра}(H_2SO_4) = m(4SO_3 \cdot H_2SO_4) + m_{\text{общ}}(H_2O) = 41,8 + 448,2 = 490$ г

$\omega(H_2SO_4) = \frac{m(H_2SO_4)}{m_{p-ра}} = \frac{49}{490} = 0,1$ **или 10%**

Раствор щелочи содержит:

$$\nu(\text{NaOH}) = \frac{\omega(\text{NaOH}) \cdot m(p - pa)}{M(\text{NaOH})} = \frac{260 \cdot 0,1077}{40} = 0,7 \text{ моль}$$

При смешивании растворов происходят следующие реакции:



Итак, в растворе после реакции содержится 0,2 моль Na_2SO_4 и 0,3 моль NaHSO_4 .

$$m_{\text{конеч}}(p - pa) = m_{p-pa}(\text{H}_2\text{SO}_4) + m_{p-pa}(\text{NaOH}) = 490 + 260 = 750 \text{ г}$$

$$\omega(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{\nu \cdot M}{m_{p-pa}} = \frac{0,2 \cdot 142}{750} = 0,038 \quad \text{или } 3,8\%$$

$$\omega(\text{NaHSO}_4) = \frac{\nu \cdot M}{m_{p-pa}} = \frac{0,3 \cdot 120}{750} = 0,048 \quad \text{или } 4,8\%$$

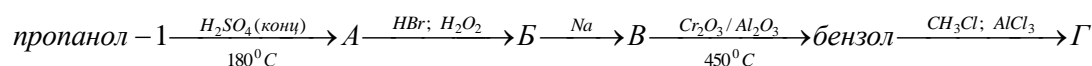
Система оценивания

За определение состава олеума	2 балла
За определение массовой доли серной кислоты в растворе	2 балла
За написание каждой реакции по 1 баллу	3 балла
За определение состава раствора после реакции	2 балла
За расчет массовых долей веществ в растворе	1 балл
Всего 10 баллов	

10 класс

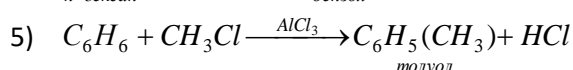
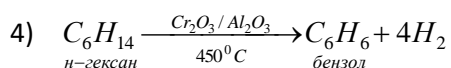
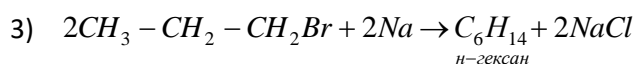
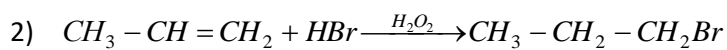
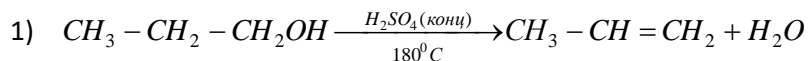
Задание 1(II)

Осуществите цепочку превращений:



Напишите уравнения реакций.

Решение



Система оценивания:

За каждое правильно составленное уравнение по 2 балла

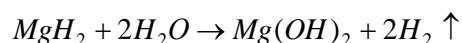
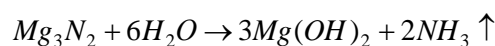
Всего 10 баллов

Задача 2 (II)

Смесь нитрида и гидрида магния массой 178 г растворили в горячей воде. В результате получили смесь газов, плотность которой по гелию составляет 1,4375. При пропускании этой смеси через избыток раствора соляной кислоты её объем уменьшился до 134,4 л (н.у.).

Считая, что все реакции проходят в соответствии со стехиометрией, определите массовые доли нитрида и гидрида магния в исходной смеси.

Решение



Смесь газов состоит из NH_3 и H_2 .

$$\overline{M}(\text{смеси}) = D_{\text{He}} \cdot M(\text{He}) = 1,4375 \cdot 4 \frac{\%}{\text{моль}} = 5,75 \frac{\%}{\text{моль}}$$

$$\overline{M}(\text{смеси}) = \frac{\nu(\text{NH}_3) \cdot M(\text{NH}_3) + \nu(\text{H}_2) \cdot M(\text{H}_2)}{\nu(\text{NH}_3) + \nu(\text{H}_2)} = 5,75 \frac{\%}{\text{моль}}$$

При пропускании через раствор кислоты непоглощенный остается только H_2 . По условию, объем уменьшается до 134,4 л => это и есть объем непоглотившегося H_2 .

$$\text{Тогда, } \nu(\text{H}_2) = \frac{134,4 \text{ л}}{22,4 \frac{\%}{\text{моль}}} = 6 \text{ моль} .$$

$$\overline{M}(\text{смеси}) = \frac{\nu(\text{NH}_3) \cdot 17 + 6 \cdot 2}{\nu(\text{NH}_3) + 6} = 5,75 \frac{\%}{\text{моль}}; \quad \nu(\text{NH}_3) = 2 \text{ моль}$$

$$\text{Тогда, } \nu(\text{Mg}_3\text{N}_2) = \frac{1}{2} \nu(\text{NH}_3) = 1 \text{ моль}; \quad m(\text{Mg}_3\text{N}_2) = 1 \text{ моль} \cdot 100 \frac{\%}{\text{моль}} = 100 \text{ г}$$

$$\nu(\text{MgH}_2) = \frac{1}{2} \nu(\text{H}_2) = 3 \text{ моль}$$

$$m(\text{MgH}_2) = 3 \text{ моль} \cdot 26 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 78 \text{ г}$$

$$\omega(\text{Mg}_3\text{N}_2) = \frac{m(\text{Mg}_3\text{N}_2)}{m(\text{смеси})} = \frac{100}{178} = 0,5618 \text{ или } 56,2\%$$

$$\omega(\text{MgH}_2) = 43,8\%$$

Система оценивания:

За составление уравнений взаимодействия с водой по 1 баллу (без коэффициентов – 0)	2 балла
Определение состава газовой смеси и её средней молярной массы	2 балла
Определение количеств газов в смеси продуктов	3 балла
Определение количеств гидрида и нитрида в исходной смеси	2 балла
Определение массовых долей веществ в исходной смеси	1 балл

Всего 10 баллов

Задание 3 (II)

В некотором углеводороде А массовая доля углерода составляет 94,38%.

Известно, что гидратация этого вещества в присутствии солей ртути (II) приводит к образованию кетона, а продуктом окисления А кислым горячим раствором перманганата калия является только одна карбоновая кислота.

- 1) Выведите молекулярную формулу соединения, если известно, что его молярная масса не больше 200 г/моль.
- 2) Составьте структурную формулу А, которая однозначно отражает порядок связи атомов, и назовите это соединение.
- 3) Напишите уравнения реакции гидратации (реакция 1) данного вещества и дайте название продукту этой реакции, реакции взаимодействия А с горячим подкисленным раствором перманганата калия (реакция 2). Используйте структурные формулы веществ. Расставьте коэффициенты, укажите условия проведения реакций.
- 4) Составьте уравнение получения А из соответствующего дигалогенпроизводного (реакция 3).

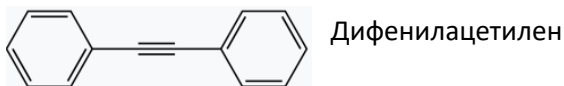
Решение

Пусть формула углеводорода А – C_xH_y .

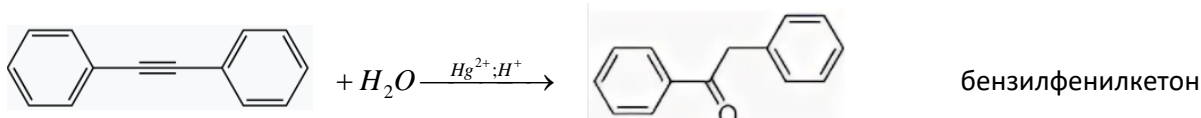
$$\text{Тогда, } x : y = \frac{\omega(\text{C})}{A_r(\text{C})} : \frac{\omega(\text{H})}{A_r(\text{H})} = \frac{94,38}{12} : \frac{5,618}{1} = 7 : 5 = 14 : 10$$

Молекулярная формула $\text{C}_{14}\text{H}_{10}$. Молярная масса равна 178 г/моль, что соответствует условию задачи.

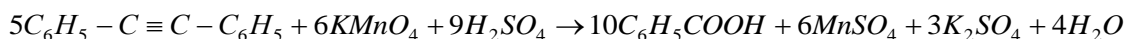
Если при гидратации А получается кетон, значит присутствует тройная связь. А если при окислении получается только одна кислота, значит, соединение симметричное. Следовательно,



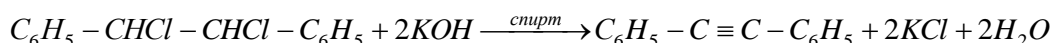
Реакций 1:



Реакция 2:



Реакция 3: дифенилацетилен можно получить дегидрогалогенированием 1,2-дихлор-1,2-дифенилэтана в присутствии избытка спиртового раствора щелочи.



Система оценивания:

Составление молекулярной формулы А	1 балл
Составление структурной формулы А	2 балла
Название А	1 балл
Составление уравнения реакции 1	1 балл
Название продукта в реакции 1	1 балл
Составление уравнения реакции 2	2 балла
Составление уравнения реакции 3	2 балла

Всего 10 баллов

Задача 4 (II)

Кристаллогидрат карбоната натрия состава $Na_2CO_3 \cdot xH_2O$ массой 53,6 г, в котором на 9 атомов водорода приходится 6 атомов кислорода, растворили в воде объемом 370,4 мл (раствор 1). Через полученный раствор пропустили 3,36 л (н.у.) углекислого газа (реакция 1, раствор 2).

Раствор 2 выпарили и прокалили при $t^0 = 125^{\circ}C$ до прекращения изменения массы (реакция 2).

Задание:

- 1) Установите точный состав кристаллогидрата (определите x в формуле $Na_2CO_3 \cdot xH_2O$)
- 2) Определите массовую долю карбоната натрия в полученном растворе.
- 3) Определите состав конечного раствора (в массовых %), который образовался при пропускании углекислого газа через раствор карбоната натрия.
- 4) Определите объем газа, выделившегося в реакции 2 (в пересчете на н.у.)
- 5) Напишите уравнения протекающих реакции.

Решение

В соотношении $\nu(O) : \nu(H) = 6 : 9$ число атомов водорода нечетное. Так как атомы водорода в кристаллогидрате входят только в состав молекул воды, их число не может быть нечетным. Значит, $\nu(O) : \nu(H) = 12 : 18$.

В 1 моль карбоната натрия входит 3 моль атомов О. Значит, остальные 9 – в молекулах H_2O . Тогда количество моль H_2O тоже равно девяти.

Таким образом, **состав кристаллогидрата** $Na_2CO_3 \cdot 9H_2O$.

$M(Na_2CO_3 \cdot 9H_2O) = 268$ г/моль.

$$\nu(Na_2CO_3 \cdot 9H_2O) = \frac{53,6}{268} = 0,2 \text{ моль}; \quad \nu(Na_2CO_3) = 0,2 \text{ моль}, \text{ а } m(Na_2CO_3) = 21,2 \text{ моль}$$

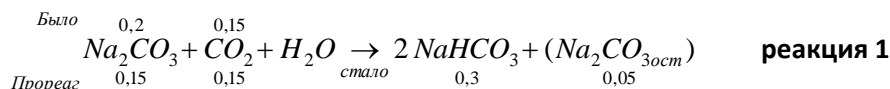
$$m_{\text{общ}}(H_2O) = \frac{\nu(H_2O)}{\rho(H_2O)} = 370,4 \text{ г}$$

$$m_{p-pa1} = m(H_2O) + m(Na_2CO_3 \cdot 9H_2O) = 53,6 + 370,4 = 424г$$

$$\omega(Na_2CO_3) \text{ в } p-pa1 = \frac{21,2}{424} = 0,05 \text{ или } 5\%$$

При пропускании углекислого газа через полученный раствор:

$$v(CO_2) = \frac{V}{V_m} = \frac{3,36}{22,4} = 0,15 \text{ моль}$$



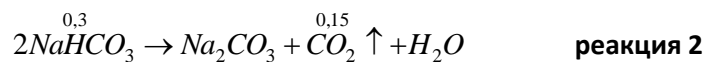
Итак, в растворе 2 после реакции 1 содержится 0,05 моль Na_2CO_3 и 0,3 моль $NaHCO_3$.

$$m(p-pa2) = m_{p-pa}(Na_2CO_3) + m(CO_2) = 424 + 0,15 \cdot 44 = 430,6г$$

$$\omega(Na_2CO_3) = \frac{v \cdot M}{m_{p-pa}} = \frac{0,05 \cdot 106}{430,6} = 0,0123 \text{ или } 1,23\%$$

$$\omega(NaHCO_3) = \frac{v \cdot M}{m_{p-pa}} = \frac{0,3 \cdot 84}{430,6} = 0,0585 \text{ или } 5,85\%$$

При выпаривании раствора 2 и последующем прокаливании твердого остатка протекает реакция 2:



Na_2CO_3 термически устойчив.

$$v(CO_2) = \frac{1}{2} v(NaHCO_3) = 0,15 \text{ моль}$$

$$V(CO_2) = 3,36л$$

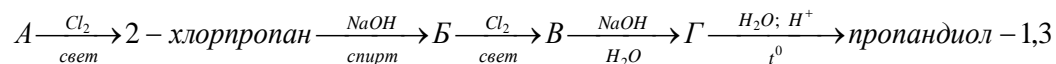
Система оценивания

За определение состава кристаллогидрата	2 балла
За определение массовой доли карбоната натрия в растворе 1	2 балла
За написание каждой реакции по 1 баллу	2 балла
За определение состава раствора 2 после реакции 1	2 балла
За расчет массовых долей веществ в растворе 2	1 балл
За определение объема выделившегося в реакции 2 газа	1 балл
Всего 10 баллов.	

10 класс

Задание 1(III)

Осуществите цепочку превращений:



Напишите уравнения реакций.

Решение

- $CH_3 - CH_2 - CH_3 + Cl_2 \xrightarrow{\text{свет}} CH_3 - CH(Cl) - CH_3 + HCl$
- $CH_3 - CH(Cl) - CH_3 + NaOH \xrightarrow{\text{спирт}} CH_3 - CH = CH_2 + NaCl + H_2O$
- $CH_3 - CH = CH_2 + Cl_2 \xrightarrow{\text{свет}} CH_2(Cl) - CH = CH_2 + HCl$
- $CH_2(Cl) - CH = CH_2 + NaOH \xrightarrow{H_2O} CH_2(OH) - CH = CH_2 + NaCl$
- $CH_2(OH) - CH = CH_2 + H_2O \xrightarrow{H^+; t^0} CH_2(OH) - CH_2 - CH_2(OH)$

Система оценивания:

За каждое правильно составленное уравнение по 2 балла

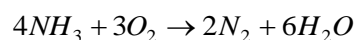
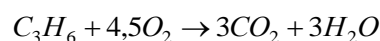
Всего 10 баллов

Задача 2 (III)

Исходную смесь пропилена и аммиака объемом 89,6 л (н.у.) сожгли. Полученную в результате сгорания газопаровую смесь привели к нормальным условиям, после чего её плотность по метану составила 2,47. При пропускании этой смеси через избыток раствора щелочи её объем уменьшился до 31,36 л (н.у.).

Определите объемные доли пропилена и аммиака в исходной смеси.

Решение



При н.у. в смеси остались только CO_2 и N_2 .

$$\overline{M}(\text{смеси}) = D_{CH_4} \cdot M(CH_4) = 2,47 \cdot 16 \frac{\%}{\text{моль}} = 39,52 \frac{\%}{\text{моль}}$$

$$\overline{M}(\text{смеси}) = \frac{\nu(N_2) \cdot M(N_2) + \nu(CO_2) \cdot M(CO_2)}{\nu(N_2) + \nu(CO_2)} = 39,52 \frac{\%}{\text{моль}}$$

При пропускании через раствор щелочи непоглощенный остается только N_2 . По условию, объем уменьшается до 31,36 л => это и есть объем непоглотившегося N_2 .

Тогда, $\nu(N_2) = 1,4 \text{ моль}$.

$$\overline{M}(\text{смеси}) = \frac{1,4 \cdot 28 + \nu(CO_2) \cdot 44}{1,4 + \nu(CO_2)} = 39,52 \frac{\%}{\text{моль}}; \quad \nu(CO_2) = 3,6 \text{ моль}$$

Тогда, $\nu(C_3H_6) = \frac{1}{3} \nu(CO_2) = 1,2 \text{ моль}$

$\nu(NH_3) = 2\nu(N_2) = 2,8 \text{ моль}$

$$\nu_{\text{общ}}(\text{исх. смеси}) = \frac{V}{V_M} = \frac{89,6 \text{ л}}{22,4 \frac{\text{л}}{\text{моль}}} = 4 \text{ моль}$$

Для газов молярная и объемная доля – это одно и то же.

$$\varphi(C_3H_6) = \chi(C_3H_6) = \frac{1,2}{4} = 0,3 \text{ или } 30\%$$

$$\varphi(N_2) = 70\%$$

Система оценивания:

За составление уравнений сгорания по 1 баллу (без коэффициентов – 0)	2 балла
Определение состава смеси после сгорания при н.у. и её средней молярной массы	2 балла
Определение количеств газов в смеси продуктов	3 балла
Определение количеств газов в исходной смеси	2 балла
Определение объемных долей газов в исходной смеси	1 балл
Всего 10 баллов	

Задание 3 (III)

При сгорании органического соединения массой 59 г образовалось 100,8 (н.у.) углекислого газа и 45 г воды.

- 1) Выведите молекулярную формулу соединения, если известно, что его молярная масса не превышает 120 г/моль.
- 2) Составьте структурную формулу, которая однозначно отражает порядок связи атомов, учитывая, что при окислении данного соединения подкисленным раствором перманганата калия газов в продуктах не образуется. Назовите соединение.
- 3) Напишите уравнения реакций гидратации (реакция 1) и полимеризации (реакция 2) данного вещества, реакцию взаимодействия с горячим подкисленным раствором перманганата калия (реакция 3), используя структурные формулы веществ. Расставьте коэффициенты, укажите условия проведения реакций.
- 4) Назовите продукт в реакции 1.

Решение

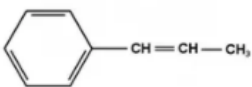
$$\nu(C) = \nu(CO_2) = \frac{V}{V_M} = \frac{100,8\text{л}}{22,4\frac{\text{л}}{\text{моль}}} = 4,5\text{моль} \quad m(C) = 54\text{г}$$

$$\nu(H) = 2\nu(H_2O) = 2 \cdot \frac{45\text{г}}{18\frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 5\text{моль} \quad m(H) = 5\text{г}$$

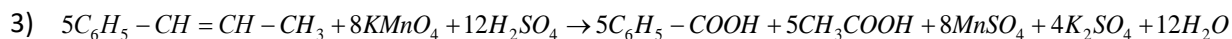
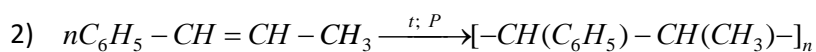
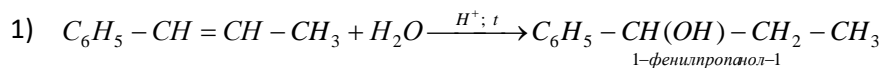
Проверяем наличие кислорода:

$$m(O) = 59 - 54 - 5 = 0\text{г} \quad \Rightarrow \quad \text{кислорода в молекуле нет, значит, формула } C_xH_y$$

$x : y = 9 : 10$, то есть формула углеводорода C_9H_{10} . По соотношению атомов С и Н очевидно, что в молекуле присутствует бензольное кольцо. По условию, при окислении данного соединения подкисленным раствором перманганата калия газов в продуктах не образуется. Значит, не входящие в кольцо три атома С входят в состав одного радикала C_3H_5 . По формуле радикала видно, что в его составе есть одна двойная связь. Расположена она после α -С атома, в таком случае в продуктах окисления получатся две карбоновые кислоты.

Структурная формула:  пропенилбензол

Уравнения реакций:



Система оценивания

За вывод молекулярной формулы 1 балл

За составление структурной формулы 1 балл

За каждое из трех уравнений по 2 балла, если правильно определены продукты, указаны условия и расставлены коэффициенты. За схемы реакций с указанием правильных продуктов – по 1 баллу.

max 6 баллов

За каждое из названий по 1 баллу 2 балла

Всего 10 баллов

Задача 4 (III)

Олеум, масса которого 67,6 г, растворили в воде объемом 422,4 г. Состав олеума в общем виде выражается формулой $x\text{SO}_3 \cdot \text{H}_2\text{SO}_4$. Известно, что количество кислорода в нём больше количества водорода в 6,5 раз.

К полученному раствору серной кислоты добавили раствор гидроксида калия массой 480 г и массовой долей щелочи 14%.

Задание:

- 1) Установите точный состав олеума (определите x в формуле $x\text{SO}_3 \cdot \text{H}_2\text{SO}_4$)
- 2) Определите массовую долю серной кислоты в полученном при разбавлении растворе.
- 3) Определите состав конечного раствора (в массовых %), который образовался при добавлении к раствору кислоты раствора щелочи.
- 4) Напишите уравнения трех протекающих реакций.

Решение

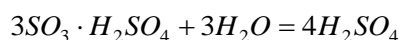
Если $\nu(\text{O}) : \nu(\text{H}) = 6,5 : 1$, тогда на 2 моль атомов H в H_2SO_4 приходится 13 моль атомов O.

Из этих 13 в H_2SO_4 будет 4, остальные 9 – в SO_3 . В 1 молекуле SO_3 – 3 атома O, а 9 атомов O в 3х молекулах SO_3 .

Таким образом, **состав олеума** $3\text{SO}_3 \cdot \text{H}_2\text{SO}_4$.

$M(3\text{SO}_3 \cdot \text{H}_2\text{SO}_4) = 338$ г/моль.

$\nu(3\text{SO}_3 \cdot \text{H}_2\text{SO}_4) = 0,2$ моль ;



реакция 1

$m_{\text{общ}}(\text{H}_2\text{O}) = \frac{\nu(\text{H}_2\text{O})}{\rho(\text{H}_2\text{O})} = 422,4$ г

$\nu(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,8$ моль ; $m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 78,4$ г / моль

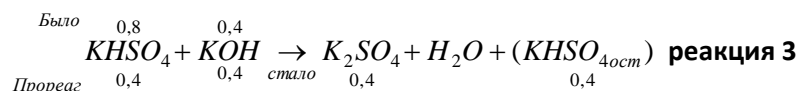
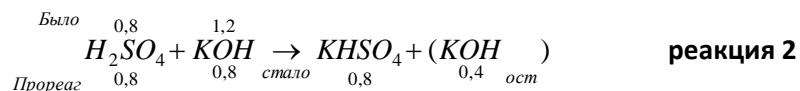
$m_{\text{р-ра}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = m(4\text{SO}_3 \cdot \text{H}_2\text{SO}_4) + m(\text{H}_2\text{O}) = 67,6 + 422,4 = 490$ г

$$\omega(H_2SO_4) = \frac{m(H_2SO_4)}{m_{p-pa}} = \frac{78,4}{490} = 0,16 \text{ или } 16\%$$

Раствор щелочи содержит:

$$\nu(KOH) = \frac{\omega(KOH) \cdot m(p-pa)}{M(KOH)} = \frac{480 \cdot 0,14}{56} = 1,2 \text{ моль}$$

При смешивании растворов происходят следующие реакции:



Итак, в растворе после реакции содержится 0,4 моль K_2SO_4 и 0,4 моль $KHSO_4$.

$$m_{\text{конеч}}(p-pa) = m_{p-pa}(H_2SO_4) + m_{p-pa}(NaOH) = 490 + 480 = 970 \text{ г}$$

$$\omega(K_2SO_4) = \frac{\nu \cdot M}{m_{p-pa}} = \frac{0,4 \cdot 174}{970} = 0,0718 \text{ или } 7,18\%$$

$$\omega(KHSO_4) = \frac{\nu \cdot M}{m_{p-pa}} = \frac{0,4 \cdot 136}{970} = 0,0561 \text{ или } 5,61\%$$

Система оценивания

За определение состава олеума	2 балла
За определение массовой доли серной кислоты в растворе	2 балла
За написание каждой реакции по 1 баллу	3 балла
За определение состава раствора после реакции	2 балла
За расчет массовых долей веществ в растворе	1 балл

Всего 10 баллов

11 класс

Задача 1 (I)

Темно-красное бинарное соединение А, массовая доля кислорода в котором составляет 48%, растворили в концентрированном растворе аммиака и получили раствор лимонно-желтого цвета (реакция 1). При добавлении к этому раствору серной кислоты получили раствор оранжевого цвета (реакция 2).

Если к оранжевому раствору добавить избыток хлорида бария, выпадет смесь осадков Б и В, из которых Б лимонно-желтого цвета (реакция 3 и реакция 4).

А если оранжевый раствор выпарить и прокалить, то одним из продуктов прокаливания будет вещество Г сине-зеленого цвета (реакция 5).

Задание:

- 1) Определите формулы веществ А, Б, В, Г
- 2) Напишите уравнения пяти перечисленных реакций

Решение:

По описанию понятно, что речь идет об оксиде. Пусть масса оксида 100 г, тогда масса атомов О составляет 48 г.

$$\nu(O) = \frac{48\text{г}}{16\text{г/моль}} = 3\text{моль}$$

Пусть соотношение $\nu(O) : \nu(\text{Э})$ в оксиде будет 3:1, тогда $M(\text{Э}) = 52 \text{ г/моль} \Rightarrow \text{Cr}$.

Высший оксид хрома CrO_3 темно-красного цвета, совпадает с условием задачи.

- 1) $\text{CrO}_3 + 2(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{CrO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
лимонно-желтый
- 2) $2(\text{NH}_4)_2\text{CrO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
оранжевый
- 3) $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 2\text{BaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{BaCrO}_4 \downarrow + 2\text{NH}_4\text{Cl} + 2\text{HCl}$
Б

Из растворов дихроматов выпадают хроматы, как менее растворимые.

- 4) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{BaCl}_2 \rightarrow \text{BaSO}_4 \downarrow + 2\text{NH}_4\text{Cl}$
В
- 5) $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{N}_2 \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$
Г
сине-зеленый

Тогда: А – CrO_3 , Б – BaCrO_4 , В – BaSO_4 , Г – Cr_2O_3 .

Система оценивания:

- | | |
|--|---------|
| 1) За определение формулы каждого из веществ А, Б, В, Г по 1 баллу | 4 балла |
| 2) За написание уравнений реакций 1,2,4,5, по 1 баллу | 4 балла |
| 3) За написание уравнения реакции 3 | 2 балла |

Итого 10 баллов.

Задание 2 (I)

Допишите левые части уравнений, расставьте коэффициенты. Троекотия показывают число реагирующих веществ.

- 1) $\dots + \dots \rightarrow \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- 2) $\dots + \dots + \dots \rightarrow \text{HNO}_3$
- 3) $\dots + \dots + \dots \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{CO}_2 \uparrow + \text{NaCl}$

- 4) ... + ... $\rightarrow FeCl_2$
 5) ... + ... + ... $\rightarrow CuCl \downarrow + Na_2SO_4 + NaCl + H_2O$
 6) ... + ... $\rightarrow CaHPO_4 \downarrow + Ca(H_2PO_4)_2 + H_2O$

Решение

- 1) $4NH_3 + 3O_2 \rightarrow 2N_2 + 6H_2O$
 2) $4NO_2 + O_2 + 2H_2O \rightarrow 4HNO_3$
 3) $3Na_2CO_3 + 2AlCl_3 + 3H_2O \rightarrow 2Al(OH)_3 \downarrow + 3CO_2 \uparrow + 6NaCl$
 4) $2FeCl_3 + Fe \rightarrow 3FeCl_2$
 5) $2CuCl_2 + Na_2SO_3 + 2NaOH \rightarrow 2CuCl \downarrow + Na_2SO_4 + 2NaCl + H_2O$
 6) $2Ca(OH)_2 + 3H_3PO_4 \rightarrow CaHPO_4 \downarrow + Ca(H_2PO_4)_2 + 4H_2O$

Система оценивания

За уравнения реакций:

№ 1, 2, 3, по 1 баллу

№ 4 и 5 – по 2 балла

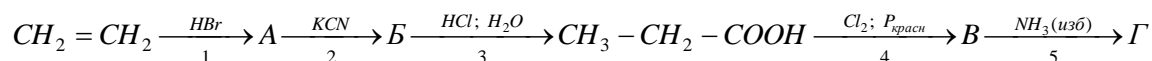
№ 6 – 3 балла

Если реагенты определены верно, но коэффициенты расставлены неправильно, общую оценку за задание снизить на 1 балл.

Всего 10 баллов

Задание 3 (I)

Осуществите цепочку превращений. Составьте уравнения химических реакций, используя структурные формулы органических веществ. Расставьте коэффициенты.



К какому классу органических веществ относится соединение Б? Назовите его по систематической номенклатуре.

Решение

- 1) $CH_2 = CH_2 + HBr \rightarrow CH_3 - \underset{A}{CH_2}Br$
 2) $CH_3 - \underset{B}{CH_2}Br + KCN \rightarrow CH_3 - \underset{B}{CH_2} - CN + KBr$
 3) $CH_3 - CH_2 - CN + HCl + 2H_2O \rightarrow CH_3 - CH_2 - COOH + NH_4Cl$
 4) $CH_3 - CH_2 - COOH + Cl_2 \xrightarrow{P_{красн}} CH_3 - \underset{B}{CH}Cl - COOH + HCl$
 5) $CH_3 - \underset{Г}{CH}Cl - COOH + 2NH_3 \rightarrow CH_3 - \underset{Г}{CH}(NH_2) - COONH_4$

Соединение Б относится к классу нитрилов. Название: пропаннитрил, нитрил пропионовой кислоты.

Система оценивания:

За каждое уравнение реакции по 1 баллу

5 баллов

За определение веществ А, Б, В, Г по 1 баллу

4 балла

За ответ на дополнительный вопрос

1 балл

Всего 10 баллов

Задача 4 (I)

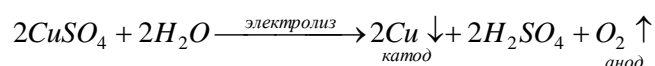
Раствор сульфата меди (II) массой 640 г и массовой долей соли 7,5% подвергали электролизу до тех пор, пока на аноде не выделилось 2,24 л газа. После этого внешний источник питания отключили, из оставшегося после электролиза раствора отобрали порцию массой 156 г, перенесли в стандартную колбу и довели водой объем раствора до 1,0 л.

Задание:

- составьте уравнение процесса электролиза
- определите состав раствора после электролиза (в молях)
- определите молярную концентрацию (моль/л) веществ в колбе
- учитывая, что $pH = -\lg C_{H^+}$, определите pH раствора в колбе.

Решение

$$\nu_{исх}(CuSO_4) = \frac{m_{p-ра} \cdot \omega(CuSO_4)}{M(CuSO_4)} = \frac{640 \cdot 0,075}{160} = 0,3 \text{ моль}$$



Газ, выделившийся на катоде, кислород.

$$\nu(O_2) = \frac{V}{V_m} = \frac{2,24}{22,4} = 0,1 \text{ моль}, \text{ тогда}$$

$$\nu_{изр}(CuSO_4) = 2\nu(O_2) = 0,2 \text{ моль}$$

Таким образом, количество сульфата меди, подвергшегося электролизу, меньше исходного, т.е. в растворе после электролиза осталось 0,1 моль $CuSO_4$ и образовалось 0,2 моль H_2SO_4 .

$$\nu(H_2SO_4)_{обр} = 2\nu(O_2) = 0,2 \text{ моль}$$

Находим, массу раствора после электролиза:

$$m_{p-ра2} = m_{p-ра\text{ исх}} - m(Cu \downarrow) - m(O_2 \uparrow) = 640 - 0,2 \cdot 64 - 0,1 \cdot 32 = 624 \text{ г}$$

Если в растворе массой 624 г содержится 0,2 моль H_2SO_4 и 0,1 моль $CuSO_4$, то в отобранной порции массой 156 г будет содержаться:

$$624 \text{ г} - 0,2 \text{ моль } H_2SO_4 \qquad 624 \text{ г} - 0,1 \text{ моль } CuSO_4$$

$$156 \text{ г} - x \text{ моль} \qquad 156 \text{ г} - x \text{ моль}$$

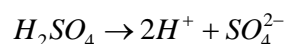
$$x = 0,05 \text{ моль}$$

$$x = 0,025 \text{ моль}$$

Таким образом, концентрация веществ в колбе будет равна $C_M(H_2SO_4) = 0,05 \text{ моль / л}$, а

$$C_M(CuSO_4) = 0,025 \text{ моль / л}.$$

Учитываем, что в растворе соли и сильной кислоты характер среды раствора определяет именно сильная кислота:



$$C_{H^+} = 2C_{H_2SO_4} = 0,1 \text{ моль / л}$$

$$\text{Тогда, } pH = -\lg C_{H^+} = 1$$

Система оценивания:

Составление уравнения электролиза	2 балла
Определение количества соли, подвергшейся электролизу	1 балл
Определение состава раствора после электролиза	2 балла
Определение концентрации веществ в колбе после разбавления	2 балла
Определение концентрации катионов водорода в растворе	1 балл
Расчет pH раствора	2 балла

Всего 10 баллов

(даже если концентрация катионов водорода в растворе была определена неправильно, но расчет pH правильный, засчитывать 2 балла)

- 3) $\dots \rightarrow CuO + NO_2 + O_2$
- 4) $\dots + \dots \rightarrow Fe(OH)_3$
- 5) $\dots + \dots \rightarrow CuCl_2 + FeCl_2$
- 6) $\dots + \dots \rightarrow H_2O + O_2 \uparrow + HCl$

Решение

- 1) $Fe_3O_4 + 8HCl \rightarrow FeCl_2 + 2FeCl_3 + 4H_2O$
- 2) $4NH_3 + 5O_2 \rightarrow 4NO + 6H_2O$
- 3) $2Cu(NO_3)_2 \rightarrow 2CuO + 4NO_2 + O_2$
- 4) $2Fe(OH)_2 + H_2O_2 \rightarrow 2Fe(OH)_3$
- 5) $Cu + 2FeCl_3 \rightarrow CuCl_2 + 2FeCl_2$
- 6) $HClO + H_2O_2 \rightarrow H_2O + O_2 \uparrow + HCl$

Система оценивания

За уравнения реакций:

№ 1, 2, 3, по 1 баллу

№ 4 и 5 – по 2 балла

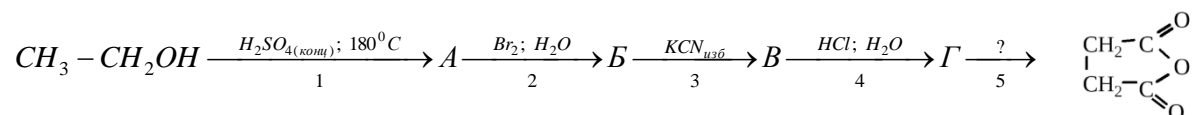
№6 – 3 балла

Если реагенты определены верно, но коэффициенты расставлены неправильно, общую оценку за задание снизить на 1 балл.

Всего 10 баллов

Задание 3 (II)

Осуществите цепочку превращений. Составьте уравнения химических реакций, используя структурные формулы органических веществ. Расставьте коэффициенты.



Укажите условия проведения реакции №5. Дайте название веществу В (по любой номенклатуре).

Решение:

- 1) $CH_3 - CH_2OH \xrightarrow{H_2SO_4(конц); 180^{\circ}C} CH_2 = CH_2 + H_2O$
A
- 2) $CH_2 = CH_2 + Br_2 \xrightarrow{H_2O} CH_2Br - CH_2Br$
B
- 3) $CH_2Br - CH_2Br + 2KCN \longrightarrow NC - CH_2 - CH_2 - CN + 2KBr$
B
- 4) $NC - CH_2 - CH_2 - CN + 2HCl + 2H_2O \longrightarrow HOOC - CH_2 - CH_2 - COOH + 2NH_4Cl$
Г
- 5) $HOOC - CH_2 - CH_2 - COOH \xrightarrow{t^{\circ}} H_2O + \begin{array}{c} CH_2 - C \\ | \quad \diagup \quad \diagdown \\ \quad \quad O \quad O \\ CH_2 - C \\ \quad \quad \diagdown \quad \diagup \\ \quad \quad O \quad O \end{array}$

Вещество В: сукцинонитрил, бутандинитрил, нитрил янтарной кислоты.

Система оценивания:

За каждое уравнение реакции по 1 баллу

5 баллов

За определение веществ А, Б, В, Г по 1 баллу

4 балла

За ответ на дополнительный вопрос

1 балл

Всего 10 баллов

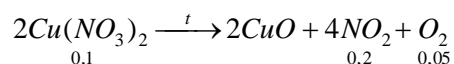
Задача 4 (II)

Нитрат меди (II) массой 18,8 г подвергли полному термическому разложению. Смесь выделившихся газов пропустили через водный раствор гидроксида натрия массой 200 г и массовой долей щелочи 2%. Образовавшийся после этого раствор перелили в стандартную колбу объемом 1 л и довели водой до метки.

Задание:

- составьте уравнения процесса термического разложения и взаимодействия выделившихся газов с водным раствором щелочи;
- определите состав раствора после взаимодействия с водным раствором щелочи (в молях);
- определите молярную концентрацию (моль/л) веществ в колбе после разбавления
- учитывая, что $pH = -\lg C_{H^+}$, определите pH раствора в колбе.

Решение

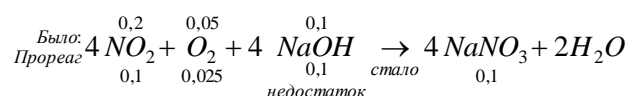


$$\nu(Cu(NO_3)_2) = \frac{m}{M} = \frac{18,8}{188} = 0,1 \text{ моль}$$

$$\nu(NO_2) = 2\nu(Cu(NO_3)_2) = 0,2 \text{ моль}$$

$$\nu(O_2) = \frac{1}{2}\nu(Cu(NO_3)_2) = 0,05 \text{ моль}$$

$$\nu(NaOH) = \frac{m_{p-pa} \cdot \omega(NaOH)}{M(NaOH)} = \frac{200 \cdot 0,02}{40} = 0,1 \text{ моль}$$



По отношению к щелочи, газы находятся в избытке:

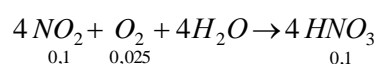
$$\nu(NO_2)_{\text{прореаг}} = \nu(NaOH) = 0,1 \text{ моль}$$

$$\nu(O_2)_{\text{прореаг}} = \frac{1}{4}\nu(NaOH) = 0,025 \text{ моль}$$

$$\nu(NO_2)_{\text{ост}} = 0,1 \text{ моль}$$

$$\nu(O_2)_{\text{ост}} = 0,025 \text{ моль}$$

Следовательно, оставшиеся в избытке газы реагируют с водой с образованием азотной кислоты:



$$\nu(HNO_3) = \nu(NO_2) = 0,1 \text{ моль}$$

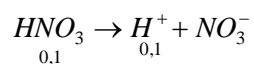
Таким образом, после взаимодействия с гидроксидом натрия в растворе содержится 0,1 моль $NaNO_3$ и 0,1 моль HNO_3 .

При разбавлении полученного раствора водой и доведении его объема до 1 л, концентрация веществ в растворе составляет:

$$C_M(HNO_3) = 0,1 \text{ моль} / \text{л}$$

$$C_M(NaNO_3) = 0,1 \text{ моль} / \text{л}$$

Реакцию среды в конечном растворе, то есть количество средообразующих ионов, будет определять сильная азотная кислота:



$$C_{H^{+}} = C_{HNO_3} = 0,1 \text{ моль / л}$$

$$\text{Тогда, } pH = -\lg C_{H^{+}} = 1$$

Система оценивания:

Составление уравнения термического разложения	1 балл
Определение количеств выделившихся газов	1 балл
Составление уравнений взаимодействия смеси газов с раствором щелочи – по 1 баллу за уравнение, всего	2 балла
Определение состава раствора после взаимодействия с раствором щелочи	2 балла
Определение концентрации веществ в колбе после разбавления	1 балл
Определение концентрации катионов водорода в растворе	1 балл
Расчет pH раствора	2 балла

Всего 10 баллов

(даже если концентрация катионов водорода в растворе была определена неправильно, но расчет pH правильный, засчитывать 2 балла)

11 класс

Задача 1 (III)

Через раствор сине-фиолетового цвета пропускали газообразный аммиак до тех пор, пока не выпал серо-голубой осадок (реакция 1), который отделили, прокалили и получили бинарное вещество А серо-зеленого цвета (реакция 2), в котором массовая доля кислорода составляет 31,58%.

Вещество А сплавляли со смесью нитрата и карбоната калия. Получили твердые вещества Б желтого цвета, В белого цвета и газообразный продукт (реакция 3).

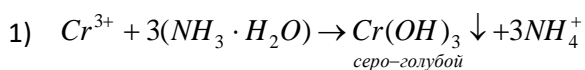
Полученный после сплавления твердый остаток растворили в воде. К раствору по каплям добавляли серную кислоту до тех пор, пока его исходная лимонно-желтая окраска не изменилась на оранжевую вследствие образования соединения Г (реакция 4).

Задание:

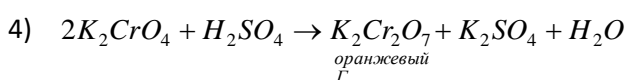
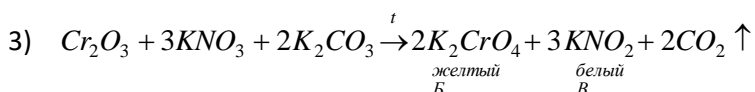
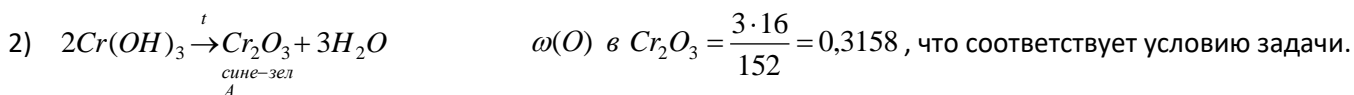
- 1) Определите формулы веществ А, Б, В, Г
- 2) Напишите уравнения четырех перечисленных реакций. Уравнение реакции 1 напишите в ионной форме.

Решение

Сине-фиолетовая окраска раствора присуща солям хрома (III).



Вместо $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ можно засчитывать NH_4OH и $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$.



Тогда, А – Cr_2O_3 , Б – K_2CrO_4 , В – KNO_2 , Г – $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$.

Система оценивания:

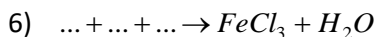
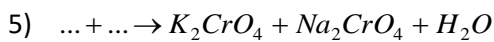
- 1) За определение формулы каждого из веществ А, Б, В, Г по 1 баллу 4 балла
- 2) За написание уравнений реакций 1,2 по 1 баллу (если коэффициенты в этих уравнениях расставлены неправильно или не расставлены, общий балл за задачу снизить на 1) 2 балла
- 3) За написание уравнения реакции 3,4 по 2 балла (если коэффициенты расставлены неправильно, то по 1 баллу) 4 балла

Итого 10 баллов.

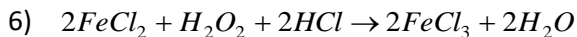
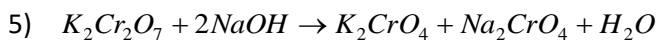
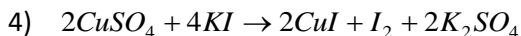
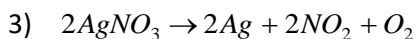
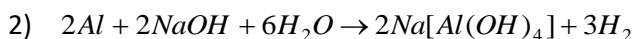
Задание 2 (III)

Допишите левые части уравнений, расставьте коэффициенты. Троекотия показывают число реагирующих веществ.

- 1) ... + ... $\rightarrow \text{FeCl}_3$
- 2) ... + ... + ... $\rightarrow \text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + \text{H}_2$
- 3) ... $\rightarrow \text{Ag} + \text{NO}_2 + \text{O}_2$
- 4) ... + ... $\rightarrow \text{CuI} + \text{I}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4$



Решение



Система оценивания

За уравнения реакций:

№ 1, 2, 3, по 1 баллу

№ 4 и 5 – по 2 балла

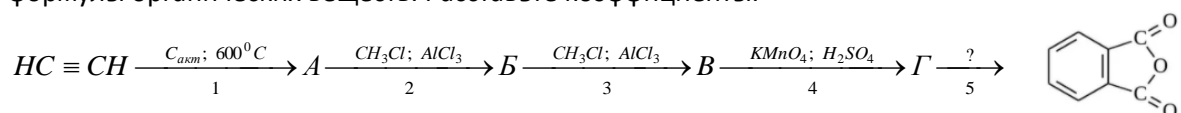
№6 – 3 балла

Если реагенты определены верно, но коэффициенты расставлены неправильно, общую оценку за задание снизить на 1 балл.

Всего 10 баллов

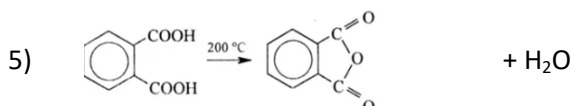
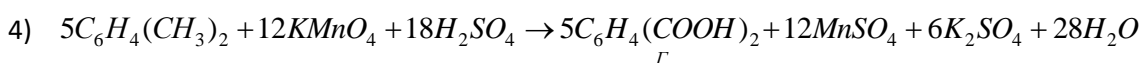
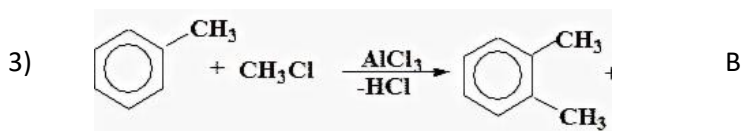
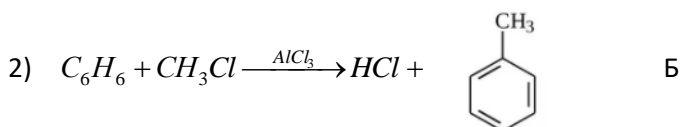
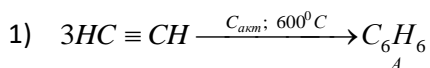
Задание 3 (III)

Осуществите цепочку превращений. Составьте уравнения химических реакций, используя структурные формулы органических веществ. Расставьте коэффициенты.



Укажите условия проведения реакции №5. Дайте название веществу Г (по любой номенклатуре).

Решение



Вещество Г: о-бензолдикарбоновая кислота, фталевая кислота.

Система оценивания:

За каждое уравнение реакции по 1 баллу

5 баллов

За определение веществ А, Б, В, Г по 1 баллу

4 балла

За ответ на дополнительный вопрос

1 балл

Всего 10 баллов

Задача 4 (III)

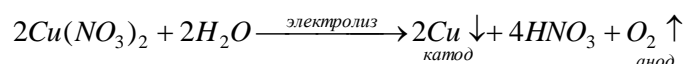
Раствор нитрата меди (II) массой 940 г и массовой долей соли 10% подвергали электролизу до тех пор, пока на аноде не выделилось 4,48 л газа. После этого внешний источник питания отключили, из оставшегося после электролиза раствора отобрали порцию массой 113,5 г, перенесли в стандартную колбу и довели водой объем раствора до 1,0 л.

Задание:

- составьте уравнение процесса электролиза
- определите состав раствора после электролиза (в молях)
- определите молярную концентрацию (моль/л) веществ в колбе
- учитывая, что $pH = -\lg C_{H^+}$, определите pH раствора в колбе.

Решение

$$\nu_{исх}(Cu(NO_3)_2) = \frac{m_{p-ра} \cdot \omega(Cu(NO_3)_2)}{M(Cu(NO_3)_2)} = \frac{940 \cdot 0,1}{188} = 0,5 \text{ моль}$$



Газ, выделившийся на катоде, кислород.

$$\nu(O_2) = \frac{V}{V_m} = \frac{4,48}{22,4} = 0,2 \text{ моль}, \text{ тогда}$$

$$\nu_{изр}(Cu(NO_3)_2) = 2\nu(O_2) = 0,4 \text{ моль}$$

Таким образом, количество нитрата меди, подвергшееся электролизу, меньше исходного, т.е. в растворе после электролиза осталось 0,1 моль $Cu(NO_3)_2$ и образовалось 0,8 моль HNO_3 .

$$\nu(HNO_3)_{обр} = 4\nu(O_2) = 0,8 \text{ моль}$$

Находим, массу раствора после электролиза:

$$m_{p-ра2} = m_{p-ра исх} - m(Cu \downarrow) - m(O_2 \uparrow) = 940 - 0,4 \cdot 64 - 0,2 \cdot 32 = 908 \text{ г}$$

Если в растворе массой 908 г содержится 0,8 моль HNO_3 и 0,1 моль $Cu(NO_3)_2$, то в отобранной порции массой 113,5 г будет содержаться:

$$908 \text{ г} - 0,8 \text{ моль } HNO_3 \quad 908 \text{ г} - 0,1 \text{ моль } Cu(NO_3)_2$$

$$113,5 \text{ г} - x \text{ моль} \quad 113,5 \text{ г} - x \text{ моль}$$

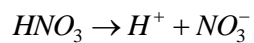
$$x = 0,1 \text{ моль}$$

$$x = 0,0125 \text{ моль}$$

Таким образом, концентрация веществ в колбе будет равна $C_M(HNO_3) = 0,1 \text{ моль} / \text{л}$, а

$$C_M(Cu(NO_3)_2) = 0,0125 \text{ моль} / \text{л}.$$

Учитываем, что в растворе соли и сильной кислоты характер среды раствора определяет именно сильная кислота:



$$C_{H^+} = C_{HNO_3} = 0,1 \text{ моль / л}$$

$$\text{Тогда, } pH = -\lg C_{H^+} = 1$$

Система оценивания:

Составление уравнения электролиза	2 балла
Определение количества соли, подвергшейся электролизу	1 балл
Определение состава раствора после электролиза	2 балла
Определение концентрации веществ в колбе после разбавления	2 балла
Определение концентрации катионов водорода в растворе	1 балл
Расчет pH раствора	2 балла

Всего 10 баллов

(даже если концентрация катионов водорода в растворе была определена неправильно, но расчет pH правильный, засчитывать 2 балла)