

**Межрегиональная олимпиада школьников
«Будущие исследователи – будущее науки»
2017-2018уч.г.**

г.Саров, Нижегородская область

Химия

Финальный тур

11 класс

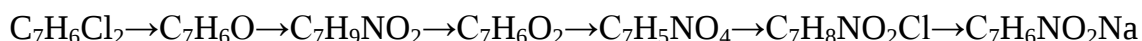
Задание №1. 4,84 г металла, проявляющего в соединениях постоянную степень окисления +2, растворили в разбавленной азотной кислоте. В полученном растворе добавлением небольшого количества щелочи создали слабощелочную среду и прилили избыток гидрофосфата натрия. Это привело к образованию 6,84 г белого кристаллического осадка. Установите природу металла, если известно, что при прокаливании выпавшего осадка выделяется газ с характерным запахом. Напишите уравнения протекающих реакций.

(16 баллов)

Задание №2. Чему равны средняя молярная масса смеси водорода и кислорода с равными массовыми долями и масса 49,1 л этой смеси при температуре 25°C и нормальном давлении?

(15 баллов)

Задание №3. Запишите уравнения реакций, соответствующие следующей схеме превращений:



(24 балла)

Задание №4. Полный сложный эфир глюкозы подвергли щелочному гидролизу, в результате чего получили смесь трех веществ массой 185,4 г. Массовая доля пропионата натрия в полученной смеси составляет 0,3107. Установите состав сложного эфира и предложите его возможную структурную формулу, если известно, что количество вещества моносахарида в продуктах гидролиза не равно количеству вещества ни одной из двух солей.

(25 баллов)

Задание №5. Реакция выражается уравнением $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$. В замкнутом сосуде смешали 0,4 моль NO и 0,4 моль O₂. Считая реакцию элементарной, определите, как и во сколько раз изменится скорость реакции к моменту времени, когда прореагирует 25% кислорода.

(20 баллов)

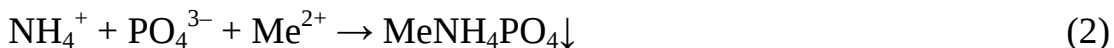
11 КЛАСС

Задание №1

Растворение металла в разбавленной азотной кислоте протекает по реакции:



При нейтрализации раствора и добавлении к нему гидрофосфата натрия выпадает осадок двойной соли фосфорной кислоты:



Обозначим молярную массу металла через x г/моль, тогда количество металла равно $(4.84/x)$ моль. Из уравнения (1) следует, что при растворении навески металла в азотной кислоте образуется такое же количество $(4.84/x)$ моль $\text{Me}(\text{NO}_3)_2$ и в четыре раза меньше $(4.84/4x)$ моль NH_4NO_3 .

В реакции (2) $\text{Me}(\text{NO}_3)_2$ и NH_4NO_3 реагируют в соотношении 1:1, при этом NH_4NO_3 оказывается в недостатке, поэтому количество образовавшейся соли MeNH_4PO_4 равно $(4.84/4x)$ моль, а ее масса: $m(\text{MeNH}_4\text{PO}_4) = n(\text{MeNH}_4\text{PO}_4) \cdot M(\text{MeNH}_4\text{PO}_4)$.

$$M(\text{MeNH}_4\text{PO}_4) = x + 14 + 4 \cdot 1 + 31 + 16 \cdot 4 = x + 113$$

С учетом данных по условию задачи, получаем:

$$m(\text{MeNH}_4\text{PO}_4) = (4.84/4x) \cdot (x + 113) = 6.84, \quad x = 24.3.$$

Молярную массу 24,3 г/моль имеет магний.

Таким образом, первоначально была взята навеска магния. При добавлении к раствору гидрофосфата, полученному после растворения магния в азотной кислоте, выпадает осадок магний аммоний фосфата. Это вещество используется в качестве удобрения. При прокаливании MgNH_4PO_4 выделяется аммиак:



Примечание:

а) За запись уравнений реакций - 6 баллов

б) За определение природы металла - 10 баллов

Итого: 16 баллов

Задание №2

Пусть смесь содержит x г водорода и x г кислорода, тогда масса смеси $m = 2x$, а суммарное количество вещества в ней $n = x/2 + x/32$.

$$\text{Средняя молярная масса } M_{\text{ср}} = m/n = \frac{2x}{\frac{x}{2} + \frac{x}{32}} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 32}{2 + 32} = 3.76 \text{ г/моль.}$$

По закону Менделеева-Клапейрона: $pV = nRT$, $n = 101.3 \cdot 49.1 / (8.31 \cdot 298) = 2$ моль, тогда масса смеси $m = n \cdot M_{\text{ср}} = 2 \cdot 3.76 = 7.52$ г.

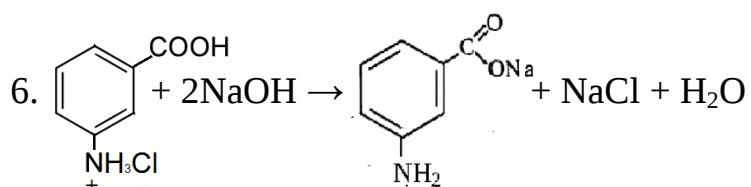
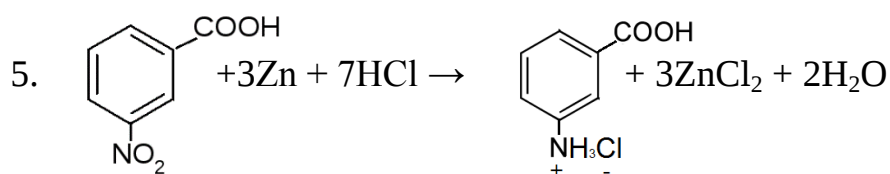
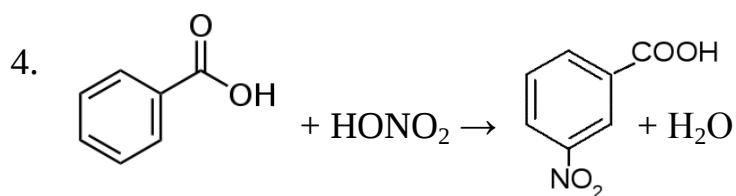
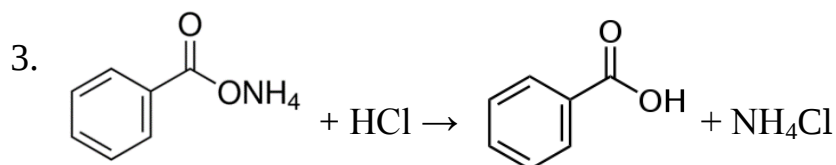
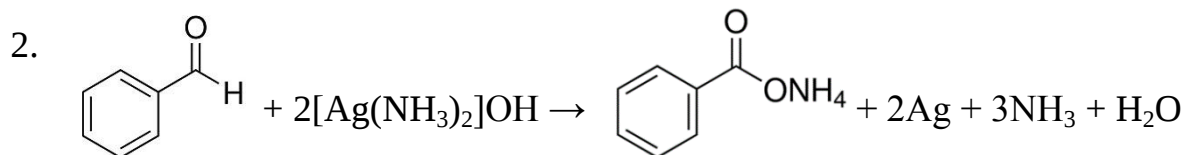
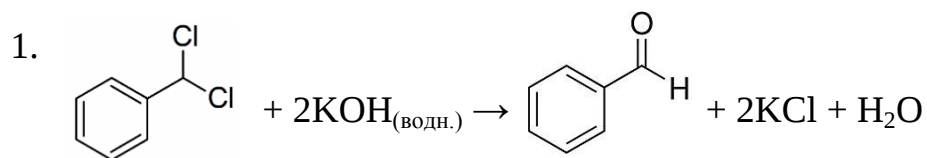
Примечание:

а) За расчет средней молярной массы - 8 баллов

б) За расчет массы смеси - 7 баллов

Итого: 15 баллов

Задание №3



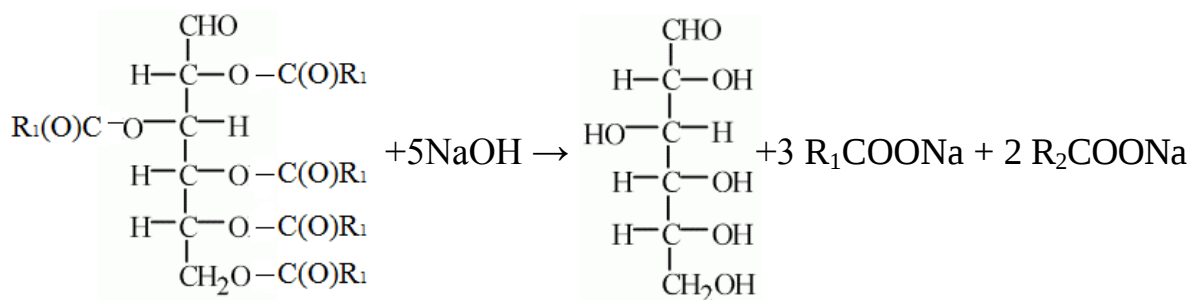
Примечание:

За запись уравнений реакции и условий их протекания - 24 балла

Итого: 24 балла

Задание №4

В результате щелочного гидролиза полного сложного эфира была получена смесь трех веществ. Одно из этих веществ - глюкоза, два другие - соли карбоновых кислот. Это свидетельствует о том, что эфир образован кислотными остатками только двух различных карбоновых кислот. То, что количество вещества моносахарида в продуктах реакции не равно количеству вещества ни одной из солей позволяет сделать заключение о том, что в состав эфира входят два кислотных остатка одной кислоты и три - другой.



В продуктах реакции содержится пропионат натрия массой $185.4 \cdot 0.3107 = 57.6$ г и количеством $57.6/96 = 0.6$ моль.

При решении задачи возможны два случая: а) в состав эфира входит два кислотных остатка пропионовой кислоты; б) в состав эфира входят три остатка этой кислоты.

1. Предположим, что в состав эфира глюкозы входит два кислотных остатка пропионовой кислоты, т.е. R_2COONa - это пропионат натрия. Тогда в соответствии с уравнением реакции в продуктах гидролиза эфира содержится $0.6/2 = 0.3$ моль глюкозы массой $0.3 \cdot 180 = 54$ г и $0.6 \cdot 3/2 = 0.9$ моль пропионата массой

$$m(\text{R}_1\text{COONa}) = m(\text{смеси}) - [m(\text{глюкозы}) + m(\text{R}_1\text{COONa})] = 185.4 - (54 + 57.6) = 73.8 \text{ г}$$

Найдем молярную массу соли R_1COONa :

$$M(\text{R}_1\text{COONa}) = m/n = 73.8/0.9 = 82 \text{ г/моль, тогда}$$

$$M(\text{R}_1) = M(\text{R}_1\text{COONa}) - [M(\text{Na}) + M(\text{C}) + 2M(\text{O})] = 82 - [23 + 12 + 2 \cdot 16] = 15 \text{ г/моль.}$$

2. Для предельного радикала C_nH_{2n+1} получаем $12n + (2n+1) = 14n+1 = 15$, отсюда $n=1$, что соответствует метильному радикалу CH_3 . Таким образом в состав глюкозы входит два остатка пропионовой кислоты и три - уксусной кислоты.

3. Аналогичные расчеты можно провести и для случая, когда в состав эфира входят три остатка пропионовой кислоты, т.е. R_1COONa - это пропионат натрия. В этом случае в продуктах гидролиза эфира содержится $0.6/3 = 0.2$ моль глюкозы массой $0.2 \cdot 180 = 36$ г и $0.6 \cdot 2/3 = 0.4$ моль R_2COONa массой

$$m(R_2COONa) = m(\text{смеси}) - [m(\text{глюкозы}) + m(R_1COONa)] = 185.4 - (36 + 57.6) = 91.8 \text{ г.}$$

Найдем молярную массу соли R_2COONa :

$$M(R_2COONa) = m/n = 91.8/0.4 = 229.5 \text{ г/моль, тогда}$$

$$M(R_2) = M(R_2COONa) - [M(Na) + M(C) + 2M(O)] = 229.5 - [23 + 12 + 2 \cdot 16] = 162.5 \text{ г/моль. В этом случае получаем дробные значения } n.$$

Таким образом можно сделать вывод, что в состав глицерина входит два кислотных остатка пропионовой кислоты и три - уксусной кислоты.

Примечание:

- а) За запись уравнения реакции - 4 балла
- б) За расчет молярной массы радикала R_1 и установление его формулы - 8 баллов
- в) За расчет молярной массы радикала R_2 и установление его формулы - 8 баллов
- г) За установление состава эфира - 5 баллов

Итого: 25 баллов

Задание №5

Скорость данной элементарной реакции:

$$W = k [\text{NO}]^2 [\text{O}_2]$$

Считая объем системы равным V , выразим начальную скорость:

$$W_0 = k \left(\frac{0.4}{V}\right)^2 \cdot \left(\frac{0.4}{V}\right)$$

Известно, что прореагировало $0.25 \cdot 0.4 = 0.1$ моль O_2 , следовательно, по уравнению реакции прореагировало 0.2 моль NO . Осталось $0.4 - 0.1 = 0.3$ моль O_2 и $0.4 - 0.2$ моль NO . Скорость реакции к этому моменту времени составила:

$$W = k \left(\frac{0.2}{V}\right)^2 \left(\frac{0.3}{V}\right)$$

Скорость уменьшилась в $\frac{W_0}{W} = \frac{0.4^2 \cdot 0.4}{0.2^2 \cdot 0.3} \approx 5.33$ раза.

Примечание:

- а) За выражение начальной скорости и скорости реакции - 10 баллов
- б) За определение изменения скорости к моменту времени - 8 баллов
- в) За нахождение отношения скоростей - 2 балла

Итого: 20 баллов

**Межрегиональная олимпиада школьников
«Будущие исследователи – будущее науки»
2017-2018уч.г.**

г.Саров, Нижегородская область

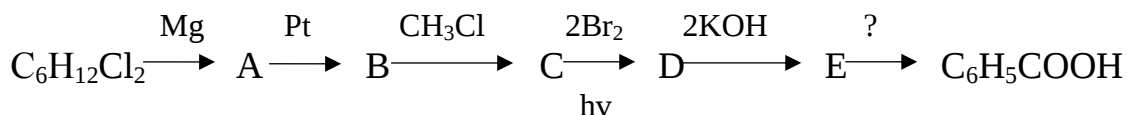
Химия

Финальный тур

10 класс

Задание №1. 100 мл СО пропустили через трубку с нагретым CuO (объем газа при этом не изменился), затем через трубку с раскаленным углеродом (объем газа увеличился до 125 мл), и, наконец, через раствор с известковой водой (объем газа уменьшился до 100 мл). Определить природу и степень протекания реакций (%). Объемы газов измерены при одинаковых условиях. Реакция с известковой водой протекает количественно. **(16 баллов)**

Задание №2. Запишите уравнения реакций, соответствующие следующей схеме превращений:



(24 балла)

Задание №3. Приведите пример вещества, которое может необратимо реагировать в водном растворе с каждым из перечисленных соединений: CH₃COOH, KOH, AlCl₃.

(12 баллов)

Задание №4. Реакция превращения аденозинтрифосфата (АТФ) в аденозиндифосфат (АДФ):



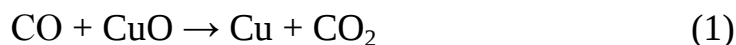
катализируется ферментом. Константа скорости реакции, протекающей при 30°C, равна $6.95 \cdot 10^7 \text{ с}^{-1}$, а при 35°C - $9.22 \cdot 10^7 \text{ с}^{-1}$. Определите энергию активации данной реакции в присутствии фермента. **(20 баллов)**

Задание № 5. 100 г углеводорода, имеющего плотность 3,270 г/л при 152°C и нормальном давлении, нагрели в присутствии оксида хрома (III) и получили смесь двух изомерных гомологов бензола, которую затем окислили нейтральным раствором перманганата калия. В результате окисления выделили смесь солей карбоновых кислот общей массой 153 г, содержащую 30,59% калия по массе. Установите формулу исходного углеводорода и рассчитайте процент его превращения в ароматические углеводороды при условии, что их окисление было количественным. **(28 баллов)**

10 КЛАСС

Задание №1

1. При указанных в задаче условиях возможно протекание следующих реакций:



2. Пусть x мл CO по реакции (1) превращается в CO_2 , тогда полученная смесь представляет собой x мл CO_2 и $(100-x)$ мл CO.

Пусть из x мл образовавшегося CO_2 y мл по реакции (2) превращается в $2y$ мл CO, тогда новая выходящая смесь представляет собой $(x-y)$ мл CO_2 и $(100-x+2y)$ мл CO.

3. Составим систему уравнений:

$$\begin{cases} (100-x+2y) + (x-y) = 125, \\ x-y = 25. \end{cases}$$

Откуда $x = 50$ и $y = 25$. Следовательно, из 100 мл CO 50 мл вступает в реакцию (1), а из 50 мл образовавшегося CO_2 25 мл вступает в реакцию (2). Обе реакции протекают на 50%.

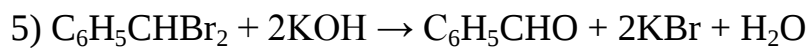
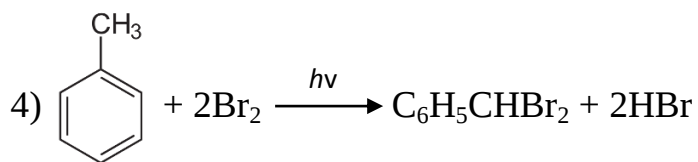
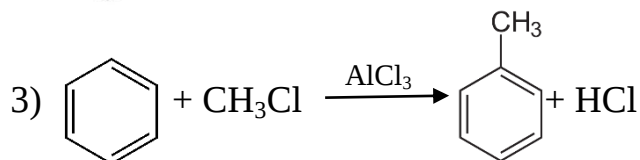
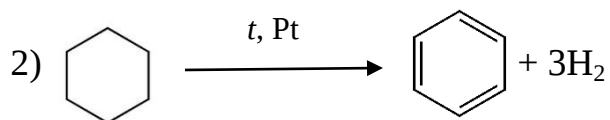
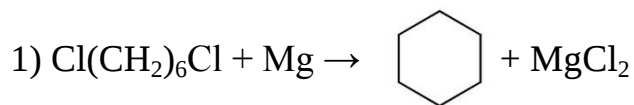
Примечание:

- 1) за запись уравнений реакций – 6 баллов;
- 2) за составление и решение системы уравнений – 8 баллов;
- 3) за расчет степени протекания реакции – 2 балла.

Итого: 16 баллов.

Задание №2

Запишем уравнения шести реакций и укажем условия их протекания:



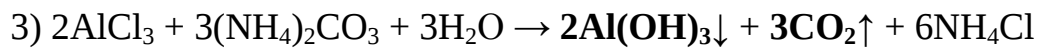
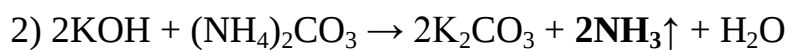
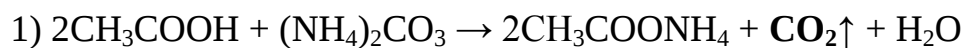
Примечание:

за запись уравнений реакций и условий их протекания – 24 балла.

Итого: 24 балла.

Задание №3

Искомый реактив – карбонат аммония $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$



Примечание:

а) за определение искомого реактива – 3 балла;

б) за запись уравнений реакций и признаки их протекания – 9 баллов.

Итого: 12 баллов.

Задание №4

Температурная зависимость константы скорости реакции описывается уравнением Аррениуса:

$$k(T) = A \cdot e^{-E_A/RT}.$$

Зная величины констант скорости реакции при двух разных температурах, можно рассчитать значение энергии активации E_A для данной реакции:

$$\frac{k_{308}^1}{k_{303}^2} = \frac{9.22 \cdot 10^7}{6.95 \cdot 10^7} = 1.327.$$

$$\frac{E_A}{8.31} \cdot \left(\frac{1}{303} - \frac{1}{308} \right) \approx \ln 1.327, E_A = 43882 \text{ Дж/моль} = 43.9 \text{ кДж/моль}.$$

Примечание:

а) за выражение энергии активации с учетом констант скорости при разных температурах – 12 баллов;

б) за расчет энергии активации – 8 баллов.

Итого: 20 баллов.

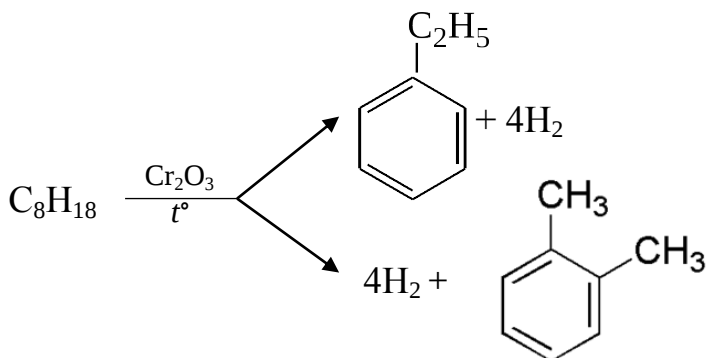
Задание №5

1. Молярную массу исходного углеводорода рассчитаем исходя из уравнения Менделеева-Клапейрона: $pV = \frac{m}{M}RT$, $M = 3.270 \cdot 8.31 \cdot 425 / 101.3 = 114$ г/моль.

2. Обозначим углеводород как C_xH_y , тогда $114 = 12x + y$, $x = 8$, $y = 18$ (метод подбора). Формула алкана: C_8H_{18} – октан.

Количество вещества алкана $n = 100/114 = 0.877$ моль.

3. Дегидроциклизация *n*-октана может привести к образованию двух изомерных продуктов: этилбензола (x моль) и *o*-диметилбензола (y моль):



4. Окисление этих продуктов водным раствором $KMnO_4$ приводит соответственно к образованию бензоата калия ($C_7H_5O_2K$, x моль) и фталата калия ($C_8H_4O_4K_2$, y моль).

По условию задачи:

$$\begin{cases} 160x + 242y = 153, \\ (x \cdot 39 + 2y \cdot 39) / 153 = 0.3059. \end{cases}$$

Решением системы являются $x = 0.2$, $y = 0.5$.

Значит, общее количество вещества продуктов дегидроциклизации составляет $x + y = 0.7$ моль.

5. Процент превращения исходного алкана (выход реакции) составляет:

$\eta_{\text{общ}} = 0.7/0.877 = 0.798$ (79.8%) или по отдельности:

$\eta_{\text{этилбензола}} = 0.2/0.877 = 0.228$ (22.8%) и $\eta_{\text{диметилбензола}} = 0.5/0.877 = 0.570$ (57%)

Примечание:

а) за определение формулы углеводорода – 9 баллов;

б) за запись формул изомеров – 7 баллов;

в) за расчет количества вещества солей – 8 баллов;

г) за нахождение выхода продуктов реакции – 4 балла.

Итого: 28 баллов.

**Межрегиональная олимпиада школьников
«Будущие исследователи – будущее науки»
2017-2018уч.г.**

г.Саров, Нижегородская область

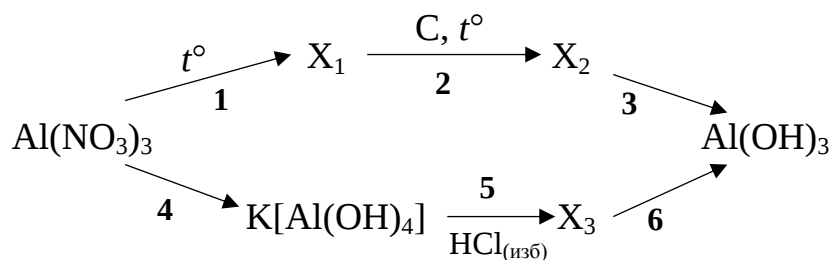
Химия

Финальный тур

9 класс

Задание №1. Газ, выделившийся в результате термического разложения карбоната магния, был поглощен 75 г водного раствора гидроксида бария с массовой долей 5,7%. Установите массовую долю соли в полученном растворе, если известно, что тепловой эффект реакции разложения карбоната магния равен -102 кДж/моль, а для разложения взятого образца потребовалось 5,1 кДж теплоты. **(20 баллов)**

Задание №2. Запишите уравнения реакций, соответствующие следующей схеме превращений:



(30 баллов)

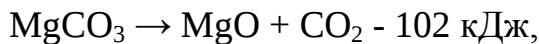
Задание №3. Даны водные растворы хлорида марганца, фосфорной кислоты, сульфата хрома и нитрата серебра. Предложите реагент, с помощью которого можно идентифицировать все названные вещества. Укажите признаки протекающих реакций и составьте необходимые химические уравнения. **(24 балла)**

Задание №4. Оксид серы (IV) растворили в воде. К полученному раствору прилили бромную воду до начала появления окраски брома, а затем избыток раствора хлорида бария. Отфильтрованный и высушенный осадок имеет массу 1,165 г. Какой объем оксида серы (н.у.) растворили в воде и какой объем 5%-ного раствора хлорида бария (плотность 1,05 г/мл) потребуется на реакцию? Напишите уравнения протекающих химических реакций. **(26 баллов)**

9 КЛАСС

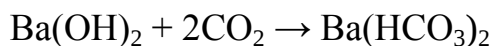
Задание №1

По условию задачи при разложении 1 моль карбоната магния поглощается 102 кДж теплоты:



следовательно, 5,1 кДж теплоты поглотилось при разложении 0,05 моль карбоната магния ($5,1/102 = 0,05$ моль) и образовании 0,05 моль CO_2 .

В заданной массе раствора Ba(OH)_2 содержится $75 \cdot 0,057/171 = 0,025$ моль карбоната магния. При поглощении данным раствором 0,05 моль CO_2 образуется гидрокарбонат бария в количестве 0,025 моль.



Тогда масса гидрокарбоната бария равна $0,025 \cdot 259 = 6,48$ г.

Массовая доля гидрокарбоната составляет:

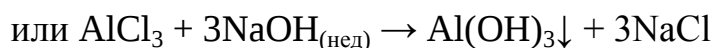
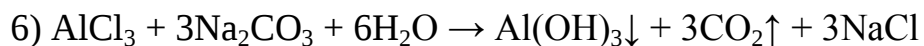
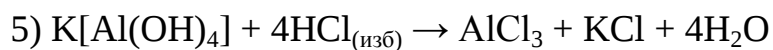
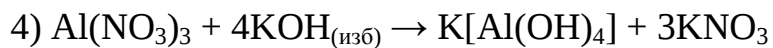
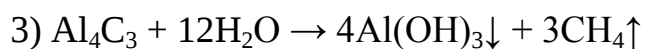
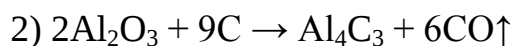
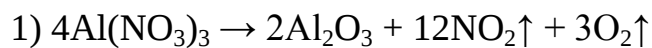
$$\omega(\text{Ba(HCO}_3)_2) = 6,48/(75 + 44 \cdot 0,05) = 6,48/77,2 = 0,084 \text{ (8,4\%)}$$

Примечание:

- 1) За запись уравнений реакций - 10 баллов
- 2) За определение массы гидрокарбоната бария - 5 баллов
- 3) За расчет массовой доли гидрокарбоната бария в растворе - 5 баллов

Итого: 20 баллов

Задание №2



X_1 - Al_2O_3 , X_2 - Al_4C_3 , X_3 - AlCl_3

Примечание:

1) За запись уравнений реакций и условий их протекания - 24 балла

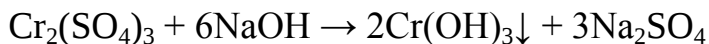
2) За определение веществ X_1 - X_3 - 6 баллов

Итого: 30 баллов

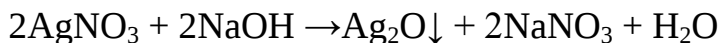
Задание №3

Искомый реактив - водный раствор щелочи NaOH или KOH.

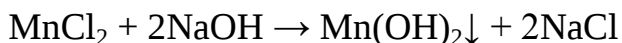
1. При добавлении водного раствора щелочи к раствору $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ сначала выпадает фиолетовый осадок гидроксида хрома, который растворяется в избытке реактива:



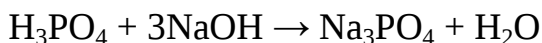
2. При добавлении раствора гидроксида натрия к AgNO_3 выпадает черный осадок оксида серебра (I):



3. В растворе хлорида марганца выпадает белый осадок гидроксида, нерастворимый в избытке щелочи:



4. В пробирке с фосфорной кислотой протекает реакция нейтрализации, однако, никаких видимых изменений не наблюдается



Примечание:

а) За определение искомого реактива - 4 балла

б) За запись уравнений реакций и признаки их протекания - 20 баллов

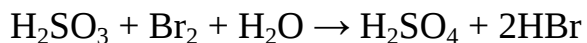
Итого: 24 балла

Задание №4

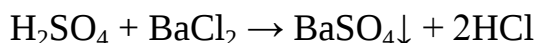
1. а) При растворении оксида серы (IV) в воде образуется сернистая кислота:



б) К полученному раствору прилили бромную воду до появления желтой окраски, присущей бром:



в) При добавлении избытка хлорида бария выпадет осадок сульфата бария:



2. Количество осадка сульфата бария: $n = 1,165/233 = 0,005$ моль, тогда масса хлорида бария по уравнению реакции: $m = 0,005 \cdot 208 = 1,04$ г. Эта масса вещества содержится в $m_{\text{р-ра}} = m(\text{BaCl}_2)/\omega = 1,04/0,05 = 20,8$ г 5%-ного раствора, а объем раствора равен $V = 20,8/1,05 = 19,8$ мл.

3. Из уравнений реакций следует, что взяли 0,005 моль SO_2 , который при нормальных условиях занимает объем $V = 0,005 \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 0,112 \text{ л}$.

Примечание:

а) За написание уравнений реакции - 15 баллов

б) За выполнение элемента 2 - 8 баллов

в) За расчет объема оксида серы - 2 балла

Итого: 26 баллов