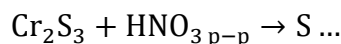
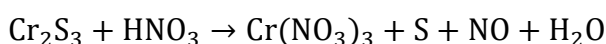


**ХИМИЯ**
ВАРИАНТ 1**Задание 1 (5 баллов)**

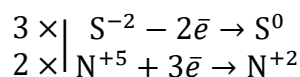
Для предложенной окислительно-восстановительной реакции определить продукты. Реакцию уравнивать, пользуясь методом электронного баланса или методом полуреакций. Реакцию записать в молекулярной и, для реакции, протекающей в растворе, сокращенной ионной формах:



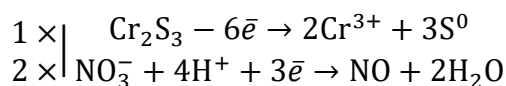
Решение:



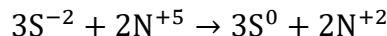
_____ 1 балл



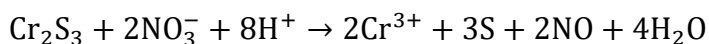
или



_____ 2 балла



или



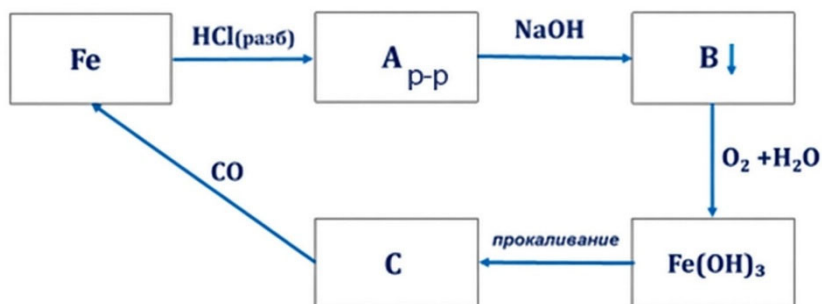
_____ 1 балл



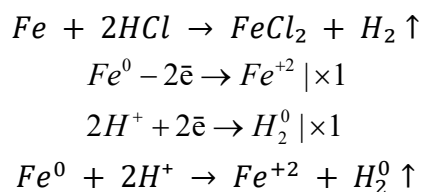
_____ 1 балл

Задание 2 (10 баллов)

Определите формулы веществ А, В, С. Напишите молекулярные и ионные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения (прямое и обратное превращения должны быть разными). Окислительно-восстановительные реакции должны сопровождаться методом полуреакций или электронного баланса:

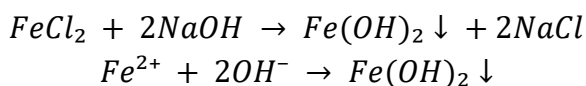
**Решение:**

1.



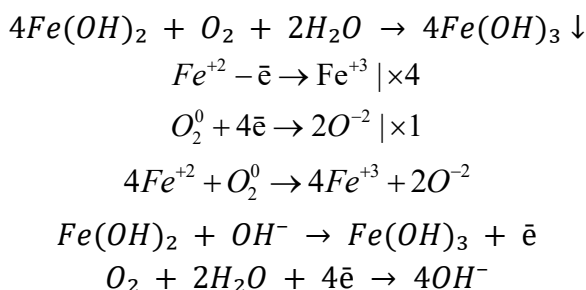
2 балла

2.



2 балла

3.



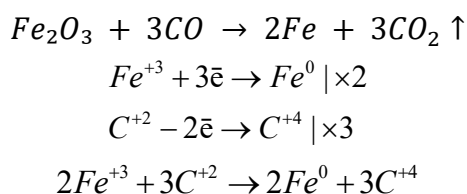
2 балла

4.



2 балла

5.

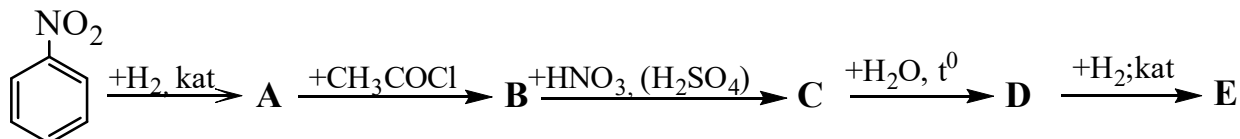
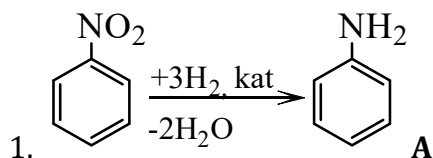


2 балла

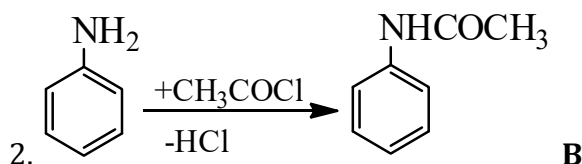
Ответ: A – FeCl_2 ; B – Fe(OH)_2 ; C – Fe_2O_3 .

**Задание 3 (15 баллов)**

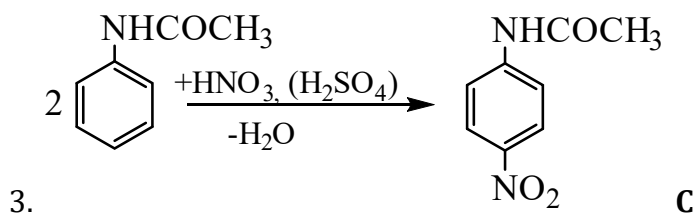
Предложите формулы органических веществ и уравнения химических реакций в соответствии со схемой превращений.

**Решение**

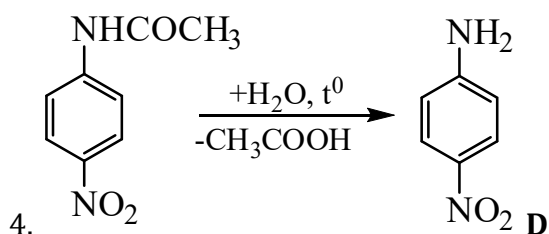
3 балла



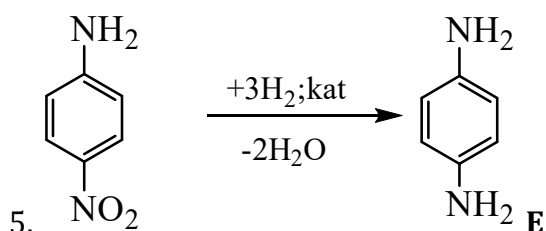
3 балла



3 балла



3 балла



3 балла

Задание 4 (20 баллов)

Юный химик приготовил насыщенный раствор карбоната аммония при температуре, при которой его растворимость составляет 96 г на 100 г воды. Для этого он растворил ровно 192 г безводной соли в необходимом количестве воды. Полученный раствор он разделил на две части. В первую колбу он прилил избыток

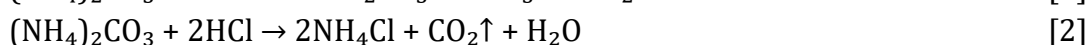
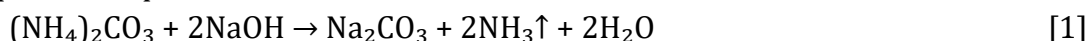


концентрированного раствора гидроксида натрия и осторожно нагрел — из колбы начал выделяться резко пахнущий газ. Во вторую колбу он добавил 200 г 10%-ной соляной кислоты, взятой в избытке, и сразу же началось бурное выделение другого бесцветного газа. К удивлению юного исследователя, объём газа, выделившегося во второй колбе, оказался в 3 раза меньше, чем объём газа из первой колбы (измерения проводились при одинаковых условиях). Определите массовую долю соли в конечном растворе, образовавшемся во второй колбе.

Запишите уравнения протекающих реакций и приведите все необходимые вычисления с указанием единиц измерения.

Решение:

Запишем уравнения реакций:



Определим общее количество карбоната аммония:

Молярная масса $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 = 96$ г/моль

$n_{\text{общ}} = 192 \text{ г} / 96 \text{ г/моль} = 2,0$ моль

Обозначим количество соли во второй колбе как x [моль], тогда в первой — $(2,0 - x)$ [моль].

Из уравнений:

В первой колбе выделяется: $n(\text{NH}_3) = 2(2,0 - x) = 4 - 2x$ [моль]

Во второй колбе выделяется: $n(\text{CO}_2) = x$ [моль]

По условию:

$n(\text{CO}_2) = \frac{1}{3} n(\text{NH}_3)$, следовательно, $x = \frac{1}{3} (4 - 2x)$

Решаем:

$x = 0,8$ моль

Значит:

Во второй колбе: $n((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3) = 0,8$ моль

В первой колбе: $2,0 - 0,8 = 1,2$ моль

_____ 5 баллов

Проведём расчёты для второй колбы:

По уравнению (2):

$n(\text{NH}_4\text{Cl}) = 2 \cdot 0,8 = 1,6$ моль

$m(\text{NH}_4\text{Cl}) = 1,6 \cdot 53,5 = 85,6$ г

$n(\text{CO}_2) = 0,8$ моль

$m(\text{CO}_2) = 0,8 \cdot 44 = 35,2$ г

_____ 5 баллов

Найдём массу исходного раствора во второй колбе:

Растворимость: 96 г соли на 100 г воды → масса раствора на 1 моль соли = $96 + 100 = 196$ г

На 0,8 моль соли приходится:

соль: $0,8 \cdot 96 = 76,8$ г

вода: $0,8 \cdot 100 = 80$ г

Следовательно, масса этой части раствора = $76,8 + 80 = 156,8$ г



Масса конечного раствора:

$$m_{\text{кон.}} = 156,8 \text{ г (раствор карбоната)} + 200 \text{ г (раствор HCl)} - 35,2 \text{ г (CO}_2\uparrow) = 321,6 \text{ г}$$

Массовая доля соли (NH₄Cl):

$$\omega(\text{NH}_4\text{Cl}) = (85,6 / 321,6) \cdot 100\% \approx 26,6\%$$

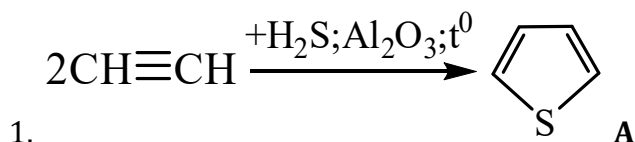
_____ 10 баллов

Ответ: массовая доля соли в конечном растворе составляет 26,6%.

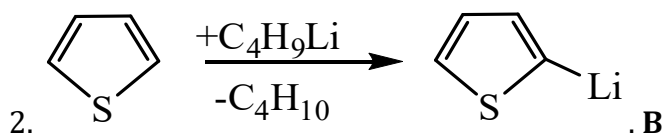
Задание 5 (20 баллов)

Ацетилен прореагировал с сероводородом на катализаторе оксида алюминия при температуре с образованием **A**. Вещество **A** провзаимодействовало с бутиллитием и получили соединение **B**, через которое пропустили диоксид углерода с образованием вещества **C**. В кислой среде вещество **C** провзаимодействовало с водой с образованием **D**. Вещество **D** реагирует с этанолом в кислой среде с образованием продукта **E**. Раскрыть формулы всех веществ и написать реакции.

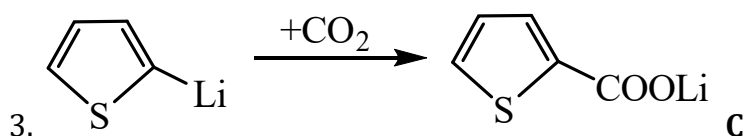
Решение:



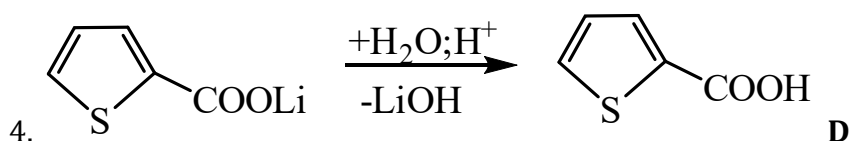
_____ 4 балла



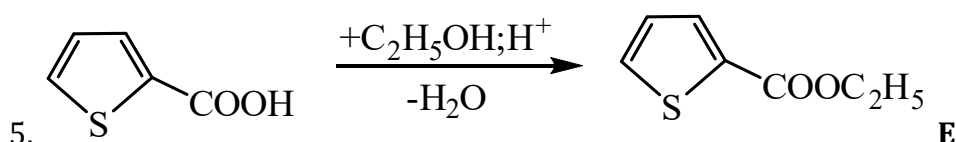
_____ 4 балла



_____ 4 балла



_____ 4 балла



_____ 4 балла

Задание 6 (30 баллов)

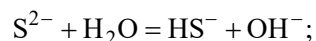
На полке в химической лаборатории при обнаружили водный раствор сульфида натрия с указанной концентрацией 0,1 моль/кг и без даты приготовления раствора. Открыв стеклянную емкость с содержимым, лаборант явно почувствовал запах



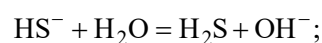
сероводорода. Можно ли использовать раствор реагента, если для проведения аналитических исследований содержание сульфида натрия не должно быть меньше 70% от указанной концентрации? Ответ сопроводить необходимыми расчетами, принимая константы диссоциации сероводородной кислоты при 25°C по первой и второй ступени: $K_{d_1}^{H_2S} = 1,1 \cdot 10^{-7}$; $K_{d_2}^{H_2S} = 3,63 \cdot 10^{-12}$.

Решение.

1. Составим уравнения гидролиза сульфид-иона и выразим соответствующие константы гидролиза



$$K_{h1} = \frac{[HS^-][OH^-]}{[S^{2-}]} \quad (1)$$



$$K_{h2} = \frac{[H_2S][OH^-]}{[HS^-]} \quad (2)$$

_____ 5 баллов

2. Дополним систему уравнений (1) и (2) уравнениями баланса масс

$$C_{Na_2S} = 0,5[Na^+] = [S^{2-}]_{\text{сумма}} = [S^{2-}] + [HS^-] + [H_2S] \quad (3)$$

и баланса зарядов через равенство эквивалентов

$$2C_{Na_2S} = [Na^+] = 2[S^{2-}] + [HS^-] + [H_2S] \quad (4)$$

Решим систему уравнений (1) – (4) численными методами

3. Из уравнения (1) выразить концентрацию гидросульфид-ионов

$$[HS^-] = \frac{K_{h1}}{[OH^-]} [S^{2-}] \quad (5)$$

4. Из уравнения (2) выразим концентрацию молекул сероводородной кислоты

$$[H_2S] = \frac{K_{h2}}{[OH^-]} [HS^-] = \frac{K_{h1}K_{h2}}{[OH^-]^2} [S^{2-}] \quad (6)$$

5. Уравнения (5) и (6) подставим в уравнения баланса масс

$$C_{Na_2S} = [S^{2-}] + \frac{K_{h1}}{[OH^-]} [S^{2-}] + \frac{K_{h1}K_{h2}}{[OH^-]^2} [S^{2-}] \quad (7)$$

и выразим концентрацию сульфид-иона:

$$[S^{2-}] = \frac{C_{Na_2S}}{1 + \frac{K_{h1}}{[OH^-]} + \frac{K_{h1}K_{h2}}{[OH^-]^2}} \quad (8)$$

6. Уравнения (5) и (6) подставим в уравнения баланса зарядов

$$2C_{Na_2S} = 2[S^{2-}] + \frac{K_{h1}}{[OH^-]} [S^{2-}] + [OH^-] \quad (9)$$

С учетом уравнения (8) получим:

$$2C_{Na_2S} = \frac{C_{Na_2S}}{1 + \frac{K_{h1}}{[OH^-]} + \frac{K_{h1}K_{h2}}{[OH^-]^2}} \left(2 + \frac{K_{h1}}{[OH^-]} \right) + [OH^-] \quad (10)$$

_____ 10 баллов



7. Уравнение (10) преобразовали в форму кубического уравнения:

$$[OH^-]^3 + K_{h1}[OH^-]^2 + (K_{h1}K_{h2} - K_{h1}C_{Na_2S})[OH^-] = 2K_{h1}K_{h2}C_{Na_2S} \quad (11)$$

8. Вычисляем константы гидролиза:

$$K_{h1} = \frac{K_W}{K_{d2}(H_2S)} = \frac{10^{-14}}{3.63 \cdot 10^{-12}} = 2.976 \cdot 10^{-3}$$
$$K_{h2} = \frac{K_W}{K_{d1}(H_2S)} = \frac{10^{-14}}{1.1 \cdot 10^{-7}} = 0.909 \cdot 10^{-7}$$

9. Подставим в уравнение (11) численные значения:

$$[OH^-]^3 + 2.976 \cdot 10^{-3}[OH^-]^2 - 3.0 \cdot 10^{-4}[OH^-] = 5.411 \cdot 10^{-11} \quad (12)$$

Для упрощения расчетов можно принять, что

$$[OH^-]^3 + 2.976 \cdot 10^{-3}[OH^-]^2 - 3.0 \cdot 10^{-4}[OH^-] = 0$$
$$[OH^-]^2 + 2.976 \cdot 10^{-3}[OH^-] - 3.0 \cdot 10^{-4} = 0, \text{ где}$$

$$[OH^-] = 0,01583 \text{ моль/кг}$$

10. Оцениваем pH раствора сульфида натрия

$$pH = 14 - pOH = 14 - 1,80 = 12,20$$

11. Вычислим концентрацию сульфид-ионов по уравнению (8), гидросульфид-ионов – по уравнению (5) и H_2S – (6):

$$[S^{2-}] = 0,0842 \text{ моль/кг},$$

$$[HS^-] = 0,0158 \text{ моль/кг}, [H_2S] = 9,0909 \cdot 10^{-8} \text{ моль/кг}.$$

$$\text{Проверка: } [HS^-] + [S^{2-}] + [H_2S] = 1 \text{ моль/кг}$$

Ответ:

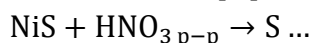
$$\omega [S^{2-}] = 84,17\%; \omega [HS^-] = 15,83\%; \omega [H_2S] - \text{следы}$$

Раствор реагента, содержащий сульфид натрия, можно использовать в аналитических целях.

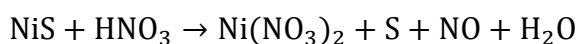
_____15 баллов

**ХИМИЯ
ВАРИАНТ 2****Задание 1 (5 баллов)**

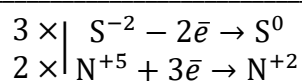
Для предложенной окислительно-восстановительной реакции определить продукты. Реакцию уравнивать, пользуясь методом электронного баланса или методом полуреакций. Реакцию записать в молекулярной и, для реакции, протекающей в растворе, сокращенной ионной формах:



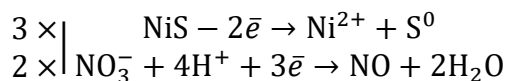
Решение



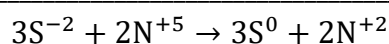
1 балл



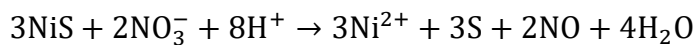
или



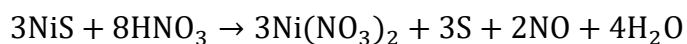
2 балла



или



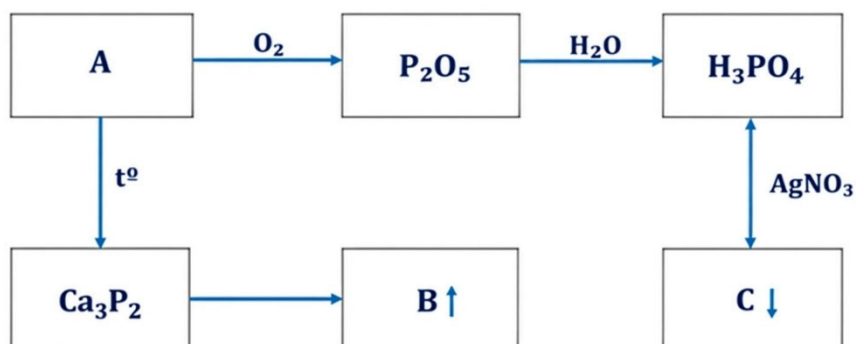
1 балл



1 балл

Задание 2 (10 баллов)

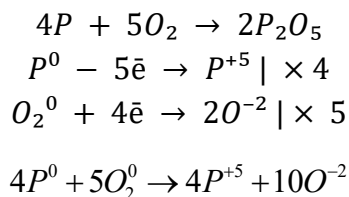
Определите формулы веществ A, B, C. Напишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакции, с помощью которых можно осуществить следующие химические превращения. Вещества в цепочке могут находиться как в твердом состоянии, так и в растворе. При уравнивании окислительно-восстановительных реакций воспользоваться методом электронного баланса или методом полуреакций:



Решение:

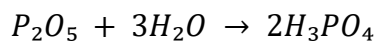


1.



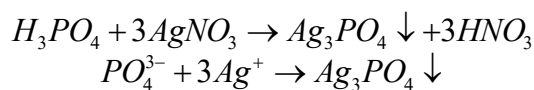
2 балла

2.



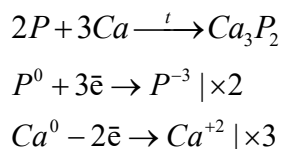
2 балл

3.



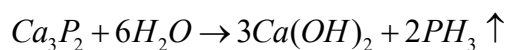
2 балла

4.



2 балла

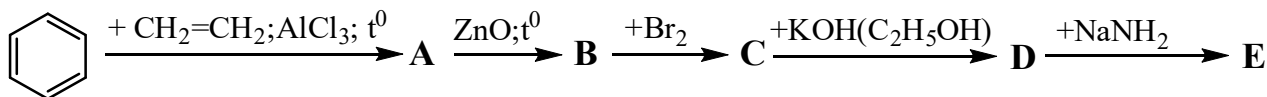
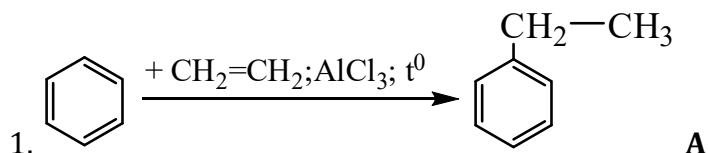
5.



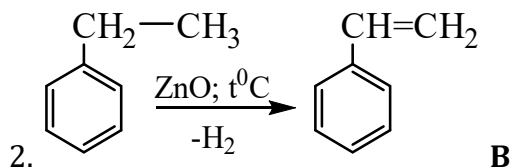
2 балла

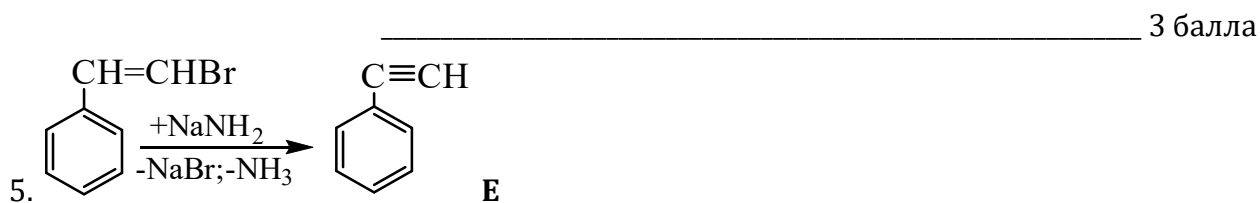
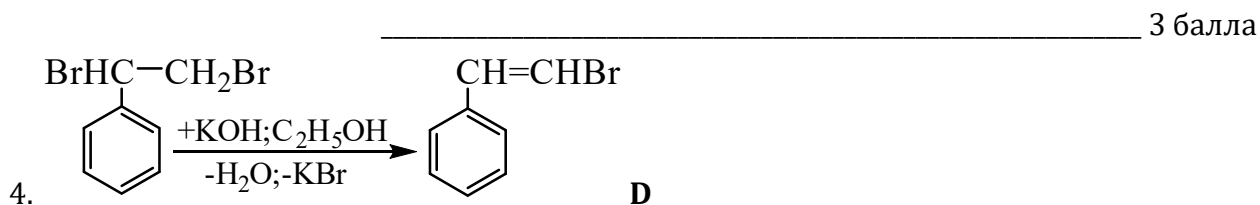
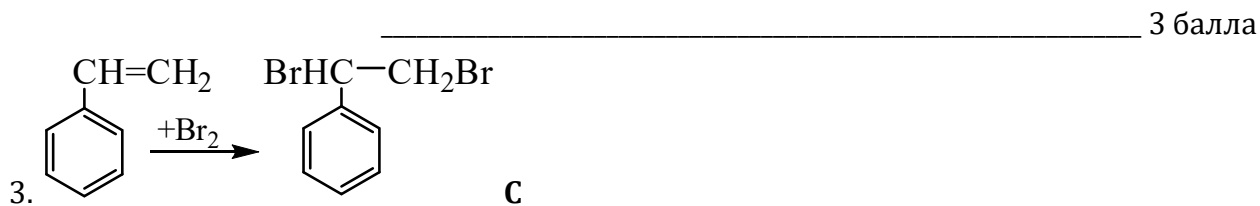
Ответ: A – P; B – PH₃; C – Ag₃PO₄.**Задание 3 (15 баллов)**

Предложите формулы органических веществ и уравнения химических реакций в соответствии со схемой превращений.

**Решение:**

3 балла





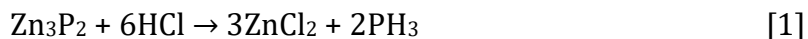
_____ 3 балла

Задание 4 (20 баллов)

В лаборатории юного химика-исследователя оказалась загадочная твёрдая смесь, содержащая фосфид цинка и нитрид магния. Масса этой смеси составила ровно 69,6 граммов. Анализ показал удивительную деталь: общее число электронов во всех её частицах превышает число Авогадро ровно в 34 раза. Решив изучить её реакционную способность, юный учёный растворил всю смесь в 740 г 30 %-ной соляной кислоты. При этом выделился ядовитый газ с запахом гнилой рыбы. Помогите химику вычислить массовую долю кислоты в получившемся растворе. Запишите уравнения всех протекающих реакций и выполните необходимые расчёты, указав единицы измерения и обозначения физических величин.

Решение:

Записаны уравнения реакций:



1 моль Zn_3P_2 содержит $30 \cdot 3 + 15 \cdot 2 = 120$ моль электронов.

1 моль Mg_3N_2 содержит $12 \cdot 3 + 7 \cdot 2 = 50$ моль электронов.

Пусть в смеси было x моль Zn_3P_2 и y моль Mg_3N_2 .

Тогда составим систему уравнений:

Первое уравнение — по массе смеси:

$$257x + 100y = 69,6$$

Второе уравнение — по количеству электронов:

$$120x + 50y = 34$$

_____ 5 баллов



Умножим второе уравнение на 2, чтобы упростить вычитание:

$$240x + 100y = 68$$

Вычтем из него первое уравнение:

$$(240x + 100y) - (257x + 100y) = 68 - 69,6$$

$$x = 1,6 / 17 \approx 0,0941 \text{ моль}$$

Подставим $x = 0,0941$ во второе уравнение:

$$y = 0,454 \text{ моль}$$

Принимаем:

$$n(\text{Zn}_3\text{P}_2) = 0,0941 \text{ моль}$$

$$n(\text{Mg}_3\text{N}_2) = 0,454 \text{ моль}$$

_____ 5 баллов

Масса HCl в исходном растворе:

$$m(\text{HCl}) = 740 \cdot 0,3 = 222 \text{ г}$$

Количество вещества HCl:

$$n(\text{HCl}) = 222 / 36,5 \approx 6,082 \text{ моль}$$

Количество прореагировавшего HCl:

$$n(\text{HCl прореаг.}) = 6 \cdot 0,0941 + 8 \cdot 0,454 = 4,197 \text{ моль}$$

Остаток HCl:

$$n(\text{HCl ост.}) = 6,082 - 4,197 = 1,885 \text{ моль}$$

Масса оставшейся HCl:

$$m(\text{HCl ост.}) = 1,885 \cdot 36,5 \approx 68,8 \text{ г}$$

Газ, покинувший раствор — только PH_3 :

$$n(\text{PH}_3) = 2 \cdot n(\text{Zn}_3\text{P}_2) = 2 \cdot 0,0941 = 0,1882 \text{ моль}$$

$$m(\text{PH}_3) = 0,1882 \cdot 34 = 6,4 \text{ г}$$

Масса конечного раствора:

$$m(\text{конечного раствора}) = \text{масса смеси} + \text{масса раствора HCl} - \text{масса улетевшего газа}$$

$$m(\text{кон}) = 69,6 + 740 - 6,4 = 803,2 \text{ г}$$

Массовая доля HCl в конечном растворе:

$$\omega(\text{HCl}) = (68,8 / 803,2) \cdot 100\% \approx 8,57\% \approx 8,6\%$$

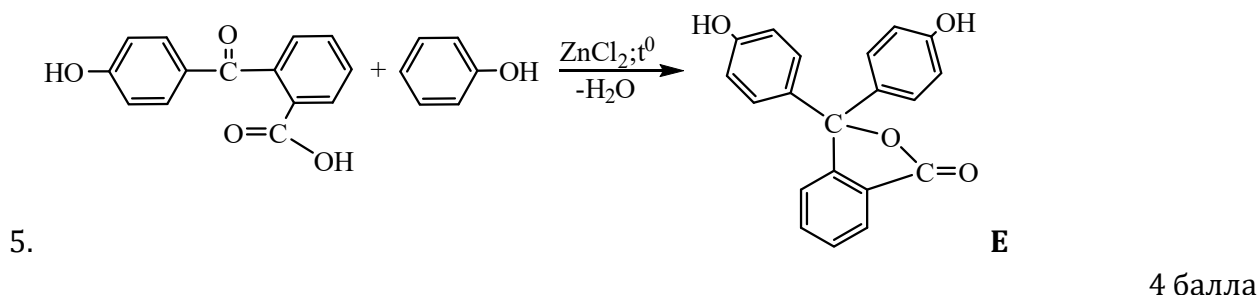
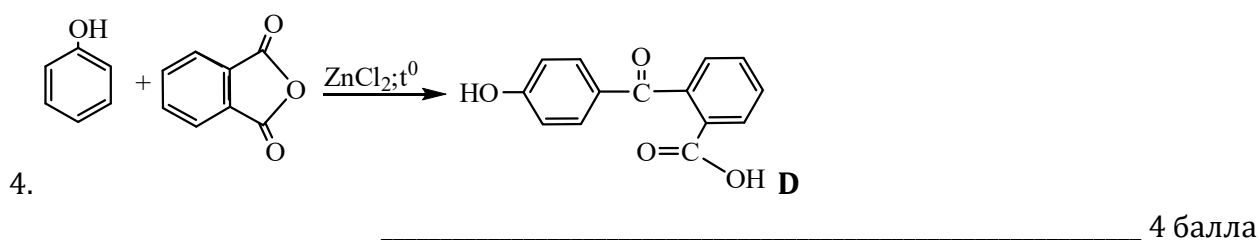
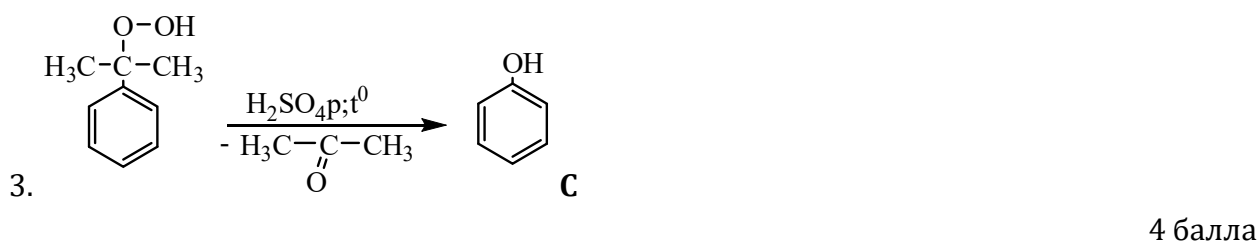
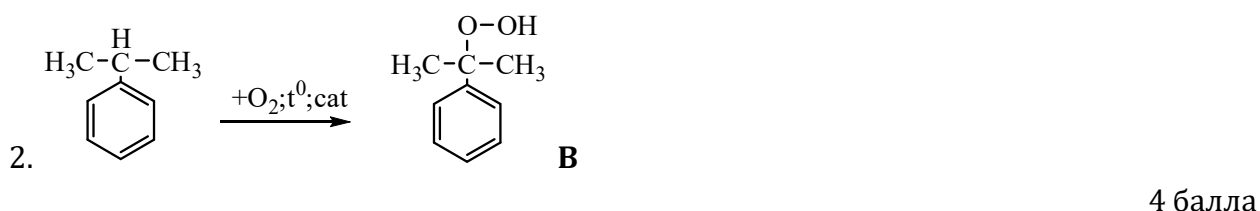
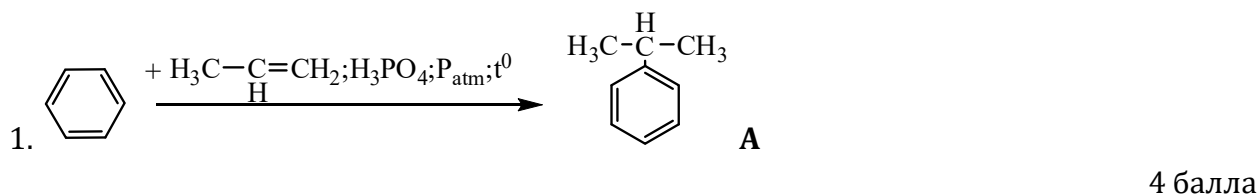
_____ 10 баллов

Ответ: массовая доля соляной кислоты в конечном растворе составляет 8,6%.

Задание 5 (20 баллов)

Бензол подвергают воздействию пропена в среде ортофосфорной кислоты при нагревании и определенном давлении с образованием вещества **А**. Вещество **А** окисляют кислородом на катализаторе при нагревании с получением **В**. Соединение **В** при нагревании в среде серной кислоты и заданном давлении дает **С**. Фталевый ангидрид при нагревании с веществом **С** на катализаторе хлорида цинка образует соединение **Д**. Взаимодействие фенола с веществом **Д** при нагревании на катализаторе хлорида цинка образует **Е**. Раскрыть формулы всех веществ и написать реакции.

Решение:

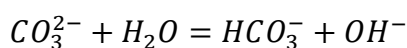


Задание 6 (30 баллов)

На полке в химической лаборатории обнаружили водный раствор карбоната натрия с указанной концентрацией 0,1 моль/кг и без даты приготовления раствора. Открыв стеклянную емкость с содержимым, лаборант не обнаружил визуальных признаков изменения раствора. Можно ли использовать раствор реагента, если для проведения аналитических исследований содержание карбоната натрия не должно быть меньше 85% от указанной концентрации? Ответ сопроводить необходимыми расчетами, принимая константы диссоциации угольной кислоты при 25°C по первой и второй ступени: $K_{d1}^{\text{H}_2\text{CO}_3} = 1,45 \cdot 10^{-7}$; $K_{d2}^{\text{H}_2\text{CO}_3} = 4,69 \cdot 10^{-11}$

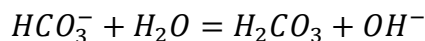
Решение.

Составим уравнения гидролиза карбонат-иона и выразим соответствующие константы гидролиза





$$K_{h1} = \frac{[HCO_3^-][OH^-]}{[CO_3^{2-}]} \quad (1)$$



$$K_{h2} = \frac{[H_2CO_3][OH^-]}{[HCO_3^-]} \quad (2)$$

5 баллов

2. Дополним систему уравнений (1) и (2) уравнениями баланса масс

$$C_{Na_2CO_3} = 0,5[Na^+] = [CO_3^{2-}]_{\text{сумма}} = [CO_3^{2-}] + [HCO_3^-] + [H_2CO_3] \quad (3)$$

и баланса зарядов

$$2C_{Na_2CO_3} = [Na^+] = 2[CO_3^{2-}] + [HCO_3^-] + [H_2CO_3] \quad (4)$$

Решим систему уравнений (1) – (4) численными методами

3. Из уравнения (1) выразим концентрацию гидрокарбонат-ионов

$$[HCO_3^-] = \frac{K_{h1}}{[OH^-]} [CO_3^{2-}] \quad (5)$$

4. Из уравнения (2) выразим концентрацию молекул угольной кислоты

$$[H_2CO_3] = \frac{K_{h2}}{[OH^-]} [HCO_3^-] = \frac{K_{h1}K_{h2}}{[OH^-]^2} [CO_3^{2-}] \quad (6)$$

5. Уравнения (5) и (6) подставим в уравнения баланса масс

$$C_{Na_2CO_3} = [CO_3^{2-}] + \frac{K_{h1}}{[OH^-]} [CO_3^{2-}] + \frac{K_{h1}K_{h2}}{[OH^-]^2} [CO_3^{2-}] \quad (7)$$

и выразим концентрацию карбонат-иона:

$$[CO_3^{2-}] = \frac{C_{Na_2CO_3}}{1 + \frac{K_{h1}}{[OH^-]} + \frac{K_{h1}K_{h2}}{[OH^-]^2}} \quad (8)$$

6. Уравнения (5) и (6) подставим в уравнения баланса зарядов

$$2C_{Na_2CO_3} = 2[CO_3^{2-}] + \frac{K_{h1}}{[OH^-]} [CO_3^{2-}] + [OH^-] \quad (9)$$

С учетом уравнения (8) получим:

$$2C_{Na_2CO_3} = \frac{C_{Na_2CO_3}}{1 + \frac{K_{h1}}{[OH^-]} + \frac{K_{h1}K_{h2}}{[OH^-]^2}} \left(2 + \frac{K_{h1}}{[OH^-]} \right) + [OH^-] \quad (10)$$

10 баллов

7. Уравнение (10) преобразовали в форму кубического уравнения:

$$[OH^-]^3 + K_{h1}[OH^-]^2 + (K_{h1}K_{h2} - K_{h1}C_{Na_2CO_3})[OH^-] = 2K_{h1}K_{h2}C_{Na_2CO_3} \quad (11)$$

8. Вычисляем константы гидролиза:

$$K_{h1} = \frac{K_W}{K_{d2}(H_2CO_3)} = \frac{10^{-14}}{4,69 \cdot 10^{-11}} = 2,13 \cdot 10^{-4}$$

$$K_{h2} = \frac{K_W}{K_{d1}(H_2CO_3)} = \frac{10^{-14}}{1,45 \cdot 10^{-7}} = 0,690 \cdot 10^{-7}$$



9. Подставим в уравнение (11) численные значения:

$$[OH^-]^3 + 2,13 \cdot 10^{-4}[OH^-]^2 - 2,13 \cdot 10^{-5}[OH^-] = 2,94 \cdot 10^{-12} \quad (12)$$

Для упрощения расчетов можно принять, что

$$[OH^-]^3 + 2,13 \cdot 10^{-4}[OH^-]^2 - 2,13 \cdot 10^{-5}[OH^-] = 0$$

$$[OH^-]^2 + 2,13 \cdot 10^{-4}[OH^-] - 2,13 \cdot 10^{-5} = 0, \text{ где}$$

$$[OH^-] = 0,00462 \text{ моль/кг}$$

10. Оцениваем pH раствора карбоната натрия

$$pH = 14 - pOH = 14 - 2,34 = 11,66$$

Вычислим концентрацию карбонат-ионов по уравнению (8), гидрокарбонат-ионов – по уравнению (5) и H_2CO_3 – (6):

$$[CO_3^{2-}] = 0,0956 \text{ моль/кг}, [HCO_3^-] = 0,0044 \text{ моль/кг}, [H_2CO_3] = 6,59 \cdot 10^{-8} \text{ моль/кг}.$$

Проверка: $[HCO_3^-] + [CO_3^{2-}] + [H_2CO_3] = 1 \text{ моль/кг}$

Ответ:

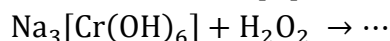
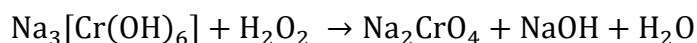
$$\omega [CO_3^{2-}] = 95,59 \%; \omega [HCO_3^-] = 4,41 \%; \omega [H_2CO_3] - \text{следы}$$

Раствор реагента, содержащий карбонат натрия, можно использовать в аналитических целях.

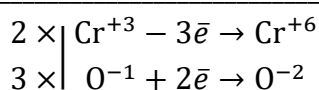
_____ 15 баллов

**ХИМИЯ**
ВАРИАНТ 3**Задание 1 (5 баллов)**

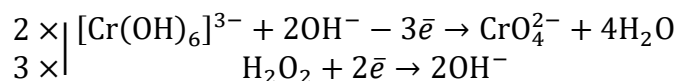
Для предложенной окислительно-восстановительной реакции определить продукты. Реакцию уравнивать, пользуясь методом электронного баланса или методом полуреакций. Реакцию записать в молекулярной и, для реакции, протекающей в растворе, сокращенной ионной формах:

**Решение:**

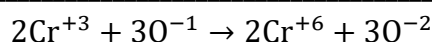
1 балл



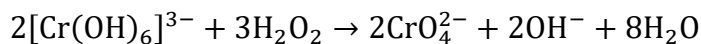
или



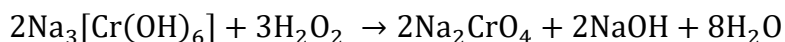
2 балла



или



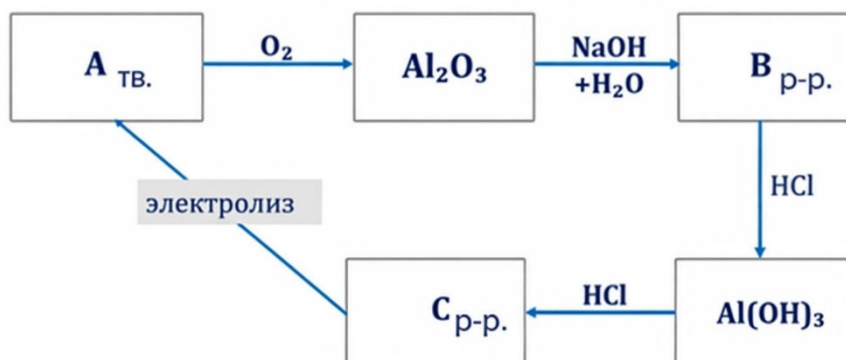
1 балл



1 балл

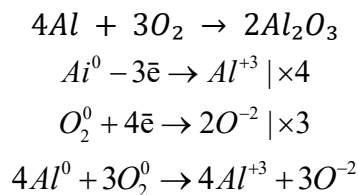
Задание 2 (10 баллов)

Определите формулы веществ *A*, *B*, *C*. Напишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакции, с помощью которых можно осуществить следующие химические превращения. Вещества в цепочке могут находиться как в твердом состоянии, так и в растворе. При уравнивании окислительно-восстановительных реакций воспользоваться методом электронного баланса или методом полуреакций:



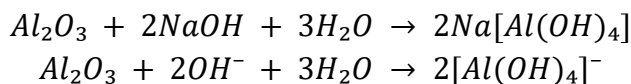
**Решение:**

1.



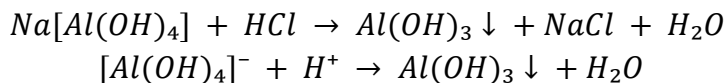
2 балла

2.



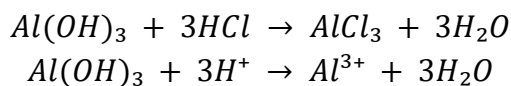
2 балла

3.



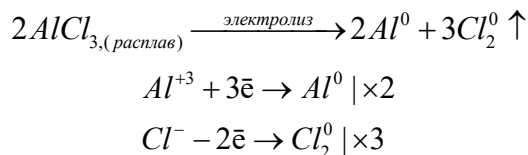
2 балла

4.



2 балла

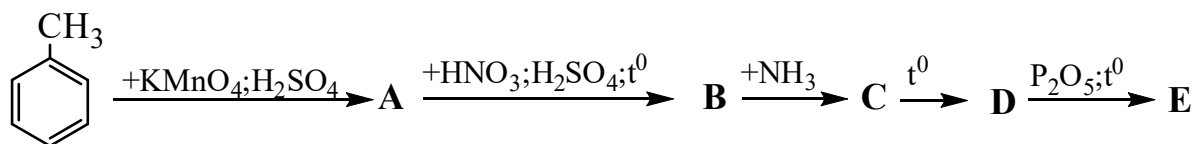
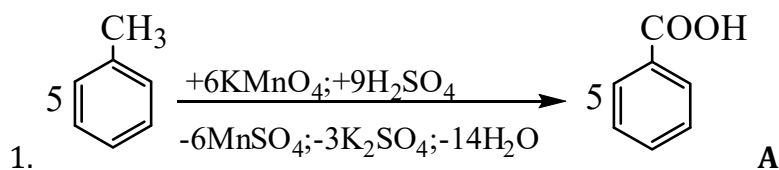
5.



2 балла

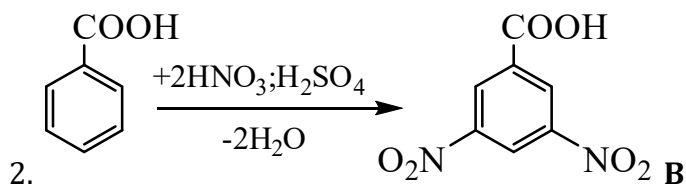
Ответ: A – Al; B – Na[Al(OH)₄]; C – AlCl₃.**Задание 3 (15 баллов)**

Предложите формулы органических веществ и уравнения химических реакций в соответствии со схемой превращений.

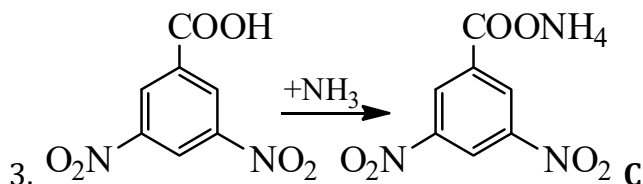
**Решение:**

1.

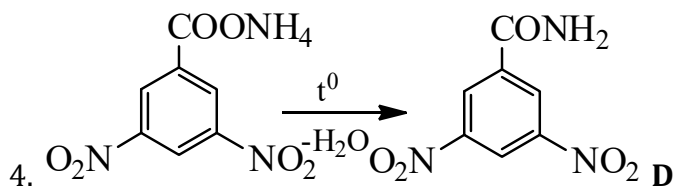
3 балла



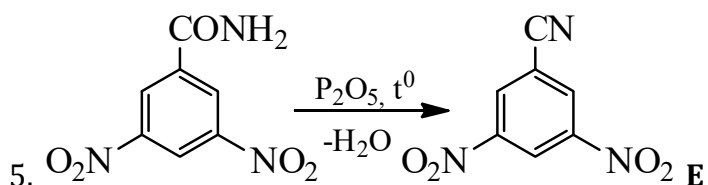
3 балла



3 балла



3 балла



3 балла

Задание 4 (20 баллов)

В ходе эксперимента химик сплавил смесь оксида калия и оксида фосфора (V). Анализ исходной смеси показал, что соотношение числа атомов кислорода к числу атомов фосфора составляет 15:4. После сплавления твёрдый продукт полностью растворили в горячей воде. В результате образовался раствор массой 461,5 г, в котором массовая доля атомов водорода равна 7,8 %. Определите массу фосфата калия в полученном растворе. Запишите все уравнения протекающих реакций и приведите пошаговые вычисления с указанием единиц измерения.

Решение:

Записаны уравнения реакций:



Рассчитаем массу и количество атомов водорода в конечном растворе:

Масса атомов водорода:

$$m(\text{H}) = 461,5 \cdot 0,078 = 36,0 \text{ г}$$

Количество вещества атомов водорода:

$$n(\text{H}) = 36,0 / 1 = 36,0 \text{ моль}$$

5 баллов



Вся вода в растворе — единственный источник водорода, и в каждой молекуле H_2O содержится 2 атома Н.

Следовательно:

$$n(\text{H}_2\text{O}) = n(\text{H}) / 2 = 36,0 / 2 \approx 18,0 \text{ моль}$$

Масса воды:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 18,0 \cdot 18 \approx 324,0 \text{ г}$$

Масса твёрдого сплава (до добавления воды):

$$m(\text{сплава}) = 461,5 - 324,0 = 137,5 \text{ г}$$

Пусть в смеси было x моль K_2O и y моль P_2O_5 .

Молярные массы:

$$M(\text{K}_2\text{O}) = 94 \text{ г/моль}, M(\text{P}_2\text{O}_5) = 142 \text{ г/моль}$$

Тогда уравнение по массе:

$$94x + 142y = 137,5$$

Учтём соотношение атомов кислорода и фосфора в исходной смеси:

— В K_2O : 1 атом О на молекулу $\rightarrow x$ моль K_2O даёт x моль атомов О

— В P_2O_5 : 5 атомов О и 2 атома Р на молекулу $\rightarrow$

атомов О от P_2O_5 : $5y$ моль,

атомов Р: $2y$ моль

Общее число атомов кислорода: $x + 5y$

Общее число атомов фосфора: $2y$

По условию задачи:

$$(x + 5y) : (2y) = 15 : 4$$

Решим пропорцию:

$$4(x + 5y) = 15 \cdot 2y$$

$$4x + 20y = 30y$$

$$4x = 10y \rightarrow x = 2,5y$$

Подставим в уравнение массы:

$$94 \cdot 2,5y + 142y = 137,5$$

$$y = 0,365 \text{ моль}$$

Тогда:

$$x = 2,5 \cdot 0,365 = 0,913 \text{ моль}$$

5 баллов

Определим, сколько P_2O_5 израсходовалось на реакцию с K_2O (уравнение 1):

Из уравнения (1): на 1 моль P_2O_5 требуется 3 моль K_2O .

Имеем K_2O : 0,913 моль $\rightarrow$ может прореагировать с $0,913 / 3 = 0,304$ моль P_2O_5

Значит:

— P_2O_5 , прореагировавший по (1): 0,304 моль

— P_2O_5 в избытке: $0,365 - 0,304 = 0,061$ моль

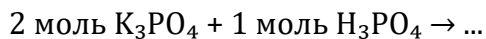
Этот избыток реагирует с водой по уравнению (2):

$$n(\text{H}_3\text{PO}_4) = 2 \cdot 0,061 = 0,122 \text{ моль}$$

Образовавшийся K_3PO_4 по (1):

$$n(\text{K}_3\text{PO}_4) = 2 \cdot 0,304 = 0,608 \text{ моль}$$

Часть K_3PO_4 реагирует с H_3PO_4 по (3):



Следовательно, на 0,122 моль H_3PO_4 расходуется:

$$n(K_3PO_4 \text{ прореаг.}) = 2 \cdot 0,122 = 0,244 \text{ моль}$$

Остаток K_3PO_4 в растворе:

$$n(K_3PO_4 \text{ ост.}) = 0,608 - 0,244 = 0,364 \text{ моль}$$

$$\text{Молярная масса } K_3PO_4 = 3 \cdot 39 + 31 + 4 \cdot 16 = 117 + 31 + 64 = 212 \text{ г/моль}$$

Масса оставшегося фосфата калия:

$$m(K_3PO_4) = 0,364 \cdot 212 = 77,17 \text{ г}$$

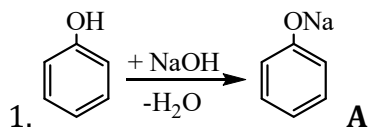
_____ 10 баллов

Ответ: масса оставшегося фосфата калия 77,17 г.

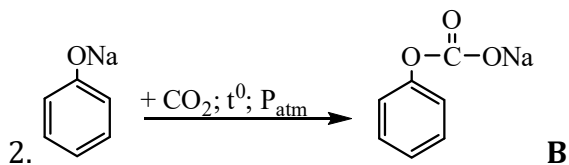
Задание 5 (20 баллов)

Реакция взаимодействия фенола с гидроксидом натрия дает соединение **A**, которое при нагревании с углекислым газом при определенной температуре и давлении образует **B**. Нагревание вещества **B** дало соединение **C**, которое в среде соляной кислоты перешло в вещество **D**. Взаимодействие уксусного ангидрида с веществом **D** привело к получению **E**. Раскрыть формулы всех веществ и написать реакции.

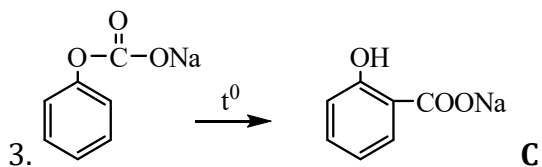
Решение:



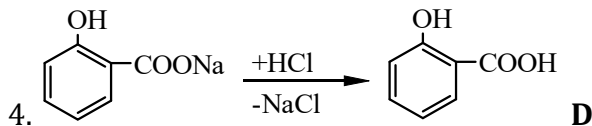
_____ 4 балла



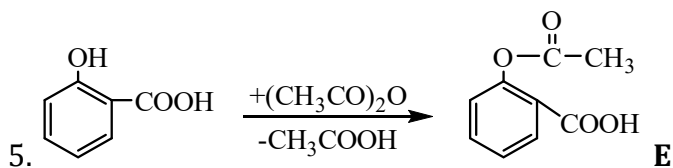
_____ 4 балла



_____ 4 балла



_____ 4 балла



_____ 4 балла

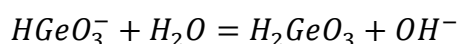
**Задание 6 (30 баллов)**

На полке в химической лаборатории обнаружили водный раствор германата натрия с указанной концентрацией 0,1 моль/кг и без даты приготовления раствора. Открыв стеклянную емкость с содержимым, лаборант не обнаружил визуальных признаков изменения раствора. Можно ли использовать раствор реагента, если для проведения аналитических исследований содержание германата натрия не должно быть меньше 85% от указанной концентрации? Ответ сопроводить необходимыми расчетами, принимая константы диссоциации германиевой кислоты при 25°C по первой и второй ступени: $K_{d1} = 2,6 \cdot 10^{-9}$; $K_{d2} = 1,9 \cdot 10^{-13}$

Решение.

Составим уравнения гидролиза германат-иона и выразим соответствующие константы гидролиза

$$GeO_3^{2-} + H_2O = HGeO_3^- + OH^-$$
$$K_{h1} = \frac{[HGeO_3^-][OH^-]}{[GeO_3^{2-}]}$$
(1)



$$K_{h2} = \frac{[H_2GeO_3][OH^-]}{[HGeO_3^-]}$$
(2)

5 баллов

2. Дополним систему уравнений (1) и (2) уравнениями баланса масс

$$C_{Na_2GeO_3} = 0,5[Na^+] = [GeO_3^{2-}]_{\text{сумма}} = [GeO_3^{2-}] + [HGeO_3^-] + [H_2GeO_3]$$
(3)

и баланса зарядов

$$2C_{Na_2GeO_3} = [Na^+] = 2[GeO_3^{2-}] + [HGeO_3^-] + [H_2GeO_3]$$
(4)

Решим систему уравнений (1) – (4) численными методами

3. Из уравнения (1) выразим концентрацию гидрогерманат-ионов

$$[HGeO_3^-] = \frac{K_{h1}}{[OH^-]} [GeO_3^{2-}]$$
(5)

4. Из уравнения (2) выразим концентрацию молекул германиевой кислоты

$$[H_2GeO_3] = \frac{K_{h2}}{[OH^-]} [HGeO_3^-] = \frac{K_{h1}K_{h2}}{[OH^-]^2} [GeO_3^{2-}]$$
(6)

5. Уравнения (5) и (6) подставим в уравнения баланса масс

$$C_{Na_2GeO_3} = [GeO_3^{2-}] + \frac{K_{h1}}{[OH^-]} [GeO_3^{2-}] + \frac{K_{h1}K_{h2}}{[OH^-]^2} [GeO_3^{2-}]$$
(7)

и выразим концентрацию германат-иона:

$$[GeO_3^{2-}] = \frac{C_{Na_2GeO_3}}{1 + \frac{K_{h1}}{[OH^-]} + \frac{K_{h1}K_{h2}}{[OH^-]^2}}$$
(8)

6. Уравнения (5) и (6) подставим в уравнения баланса зарядов



$$2C_{Na_2GeO_3} = 2[GeO_3^{2-}] + \frac{K_{h1}}{[OH^-]}[GeO_3^{2-}] + [OH^-] \quad (9)$$

С учетом уравнения (8) получим:

$$2C_{Na_2GeO_3} = \frac{C_{Na_2GeO_3}}{1 + \frac{K_{h1}}{[OH^-]} + \frac{K_{h1}K_{h2}}{[OH^-]^2}} \left(2 + \frac{K_{h1}}{[OH^-]} \right) + [OH^-] \quad (10)$$

10 баллов

7. Уравнение (10) преобразовали в форму кубического уравнения:

$$[OH^-]^3 + K_{h1}[OH^-]^2 + (K_{h1}K_{h2} - K_{h1}C_{Na_2GeO_3})[OH^-] = 2K_{h1}K_{h2}C_{Na_2GeO_3} \quad (11)$$

8. Вычисляем константы гидролиза:

$$K_{h1} = \frac{K_W}{K_{d2}(H_2GeO_3)} = \frac{10^{-14}}{1,9 \cdot 10^{-13}} = 5,263 \cdot 10^{-2}$$

$$K_{h2} = \frac{K_W}{K_{d1}(H_2GeO_3)} = \frac{10^{-14}}{2,6 \cdot 10^{-9}} = 3,846 \cdot 10^{-6}$$

9. Подставим в уравнение (11) численные значения:

$$[OH^-]^3 + 5,263 \cdot 10^{-2}[OH^-]^2 - 5,27 \cdot 10^{-3}[OH^-] = 4,05 \cdot 10^{-8} \quad (12)$$

Для упрощения расчетов можно принять, что

$$[OH^-]^3 + 5,263 \cdot 10^{-2}[OH^-]^2 - 5,27 \cdot 10^{-3}[OH^-] = 0$$

$$[OH^-]^2 + 5,263 \cdot 10^{-2}[OH^-] - 5,27 \cdot 10^{-3} = 0, \text{ где}$$

$$[OH^-] = 0,0509 \text{ моль/кг}$$

10. Оцениваем pH раствора германата натрия

pH=14-pOH=14-1,29=12,71 Вычислим концентрацию германат-ионов по уравнению (8), гидрогерманат-ионов – по уравнению (5) и H_2GeO_3 – (6):

$$[GeO_3^{2-}] = 0,0491 \text{ моль/кг}, [HGeO_3^-] = 0,0509 \text{ моль/кг}, [H_2GeO_3] = 3,84 \cdot 10^{-6} \text{ моль/кг}.$$

$$\text{Проверка: } [HGeO_3^-] + [GeO_3^{2-}] + [H_2GeO_3] = 0,1 \text{ моль/кг}$$

Ответ:

$$\omega [GeO_3^{2-}] = 49,14 \%; \omega [HGeO_3^-] = 50,86 \%; \omega [H_2GeO_3] - \text{следы}$$

Раствор реагента с содержанием германата натрия для проведения аналитических исследований использовать нельзя.

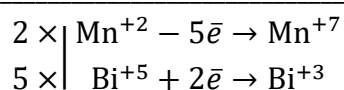
15 баллов

**ХИМИЯ**
ВАРИАНТ 4**Задание 1 (5 баллов)**

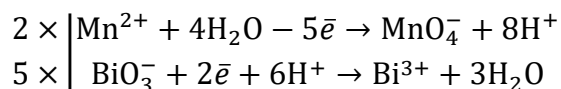
Для предложенной окислительно-восстановительной реакции определить продукты. Реакцию уравнять, пользуясь методом электронного баланса или методом полуреакций. Реакцию записать в молекулярной и, для реакции, протекающей в растворе, сокращенной ионной формах:

**Решение:**

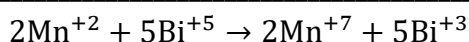
1 балл



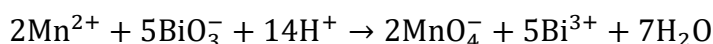
или



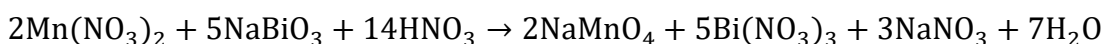
2 балла



или



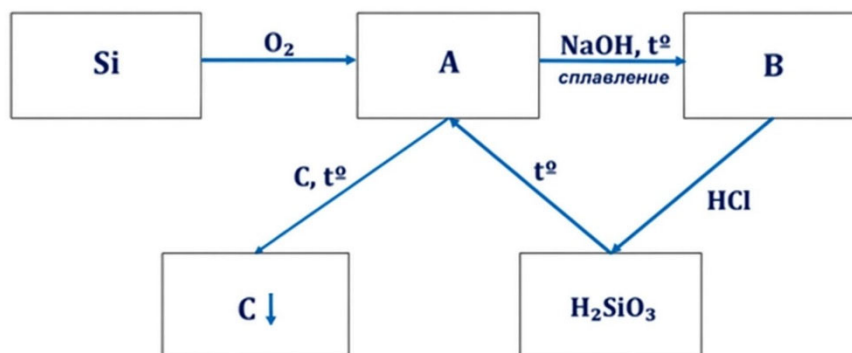
1 балл



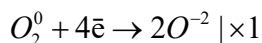
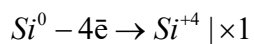
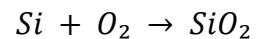
1 балл

Задание 2 (10 баллов)

Определите формулы веществ *A*, *B*, *C*. Напишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакции, с помощью которых можно осуществить следующие химические превращения. Вещества в цепочке могут находиться как в твердом состоянии, так и в растворе. При уравнивании окислительно-восстановительных реакций воспользоваться методом электронного баланса или методом полуреакций:

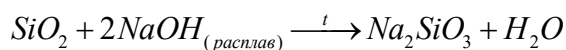
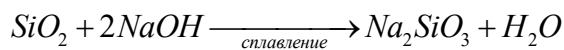
**Решение:**

1.



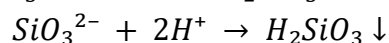
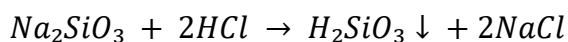
_____ 2 балла

2.



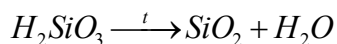
_____ 2 балла

3.



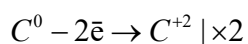
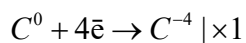
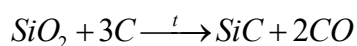
_____ 2 балла

4.



_____ 2 балла

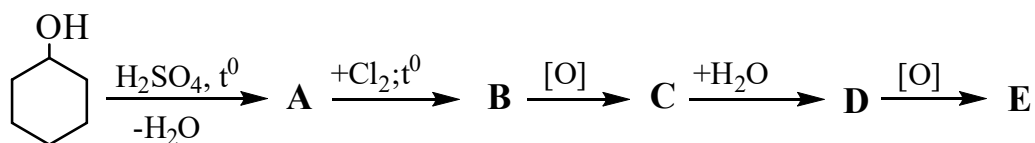
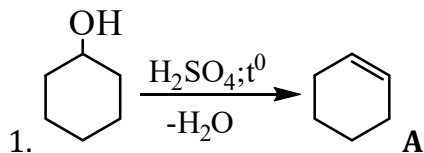
5,



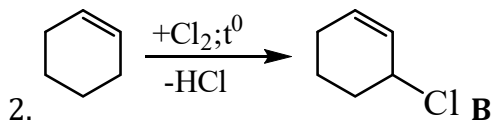
_____ 2 балла

Ответ: A – SiO_2 ; B – Na_2SiO_3 ; C – SiC **Задание 3 (15 баллов)**

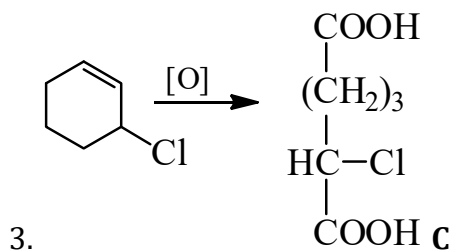
Предложите формулы органических веществ и уравнения химических реакций в соответствии со схемой превращений.

**Решение:**

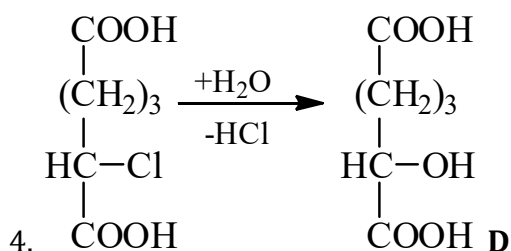
_____ 4 балла



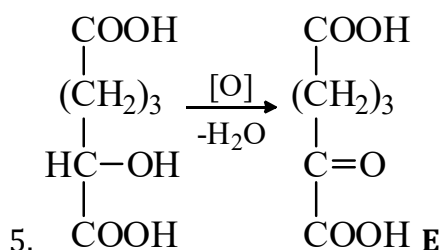
_____ 4 балла



_____ 4 балла



_____ 4 балла



_____ 4 балла

Задание 4 (20 баллов)

В ходе лабораторного эксперимента студент осторожно прокалил образец нитрата магния. В результате частичного термического разложения выделилась смесь бурого и бесцветного газов, а в пробирке остался твёрдый остаток массой 54,8 г. К этому остатку он добавил 210 г 20 %-ного раствора гидроксида натрия. После завершения реакции образовался раствор массой 215,0 г, в котором массовая доля гидроксида натрия составила 14,88 %. Определите объём выделившихся газов (в пересчёте на нормальные условия) в ходе прокаливания нитрата магния. Запишите уравнения всех протекающих реакций и приведите пошаговые вычисления с указанием единиц измерения искомых физических величин.

Решение:

Записаны уравнения реакций:



Рассчитаем количество гидроксида натрия, вступившего в реакцию.

Масса NaOH в исходном растворе:

$$m(\text{NaOH})_{\text{исх.}} = 210 \cdot 0,20 = 42,0 \text{ г}$$

Масса NaOH в конечном растворе:

$$m(\text{NaOH})_{\text{конечн.}} = 215,0 \cdot 0,1488 = 32,0 \text{ г}$$



5 баллов

Масса прореагировавшего NaOH:

$$m(\text{NaOH})_{\text{прореаг.}} = 42,0 - 32,0 = 10,0 \text{ г}$$

Количество вещества, прореагировавшего NaOH:

$$n(\text{NaOH}) = 10,0 / 40 = 0,25 \text{ моль}$$

Согласно уравнению (2), 2 моль NaOH реагируют с 1 моль $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$, следовательно:

$$n(\text{Mg}(\text{NO}_3)_2) \text{ в остатке} = 0,25 / 2 = 0,125 \text{ моль}$$

$$\text{Молярная масса } \text{Mg}(\text{NO}_3)_2 = 24 + 2 \cdot (14 + 48) = 24 + 124 = 148 \text{ г/моль}$$

Масса неразложившегося $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$:

$$m(\text{Mg}(\text{NO}_3)_2) = 0,125 \cdot 148 = 18,5 \text{ г}$$

Масса MgO в твёрдом остатке:

$$m(\text{MgO}) = \text{масса остатка} - \text{масса соли} = 54,8 - 18,5 = 36,3 \text{ г}$$

5 баллов

Молярная масса MgO = 40 г/моль

Количество вещества MgO:

$$n(\text{MgO}) = 36,3 / 40 = 0,9075 \text{ моль}$$

Согласно уравнению разложения (1):



Следовательно, на 2 моль MgO приходится 5 моль газов,

а на 1 моль MgO — 2,5 моль газов.

Тогда общее количество выделившихся газов:

$$n(\text{газов}) = 2,5 \cdot n(\text{MgO}) = 2,5 \cdot 0,9075 = 2,26875 \text{ моль}$$

Объём газов при нормальных условиях:

$$V(\text{газов}) = 2,26875 \cdot 22,4 \approx 50,82 \text{ л}$$

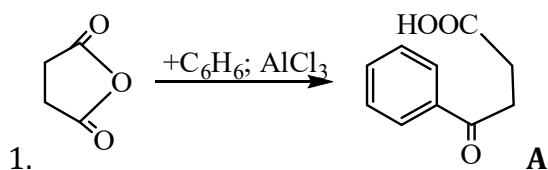
10 баллов

Ответ: объём выделившихся газов составляет 50,8 литров (при н.у.).

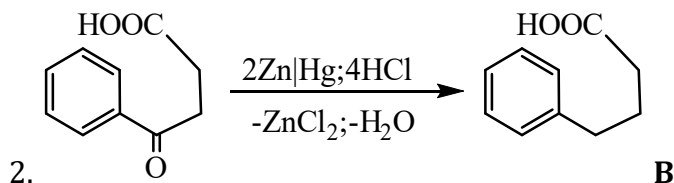
Задание 5 (20 баллов)

Янтарный ангидрид взаимодействуя с бензолом на катализаторе хлорида алюминия образует вещество **A**, которое в условиях восстановления реакции Клемменсена образует **B**. Вещество **B** реагирует с HF с образованием **C**, подвергающегося восстановлению по Клемменсену с выходом вещества **D**. Соединение **D** пропускают над платиновым катализатором при нагревании с образованием **E**. Раскрыть формулы всех веществ и написать реакции.

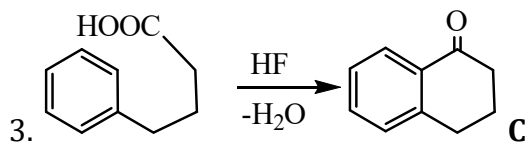
Решение:



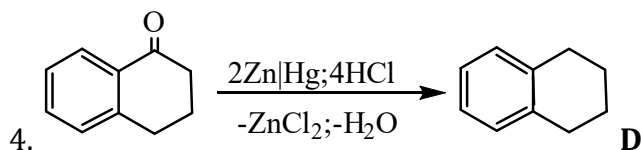
4 балла



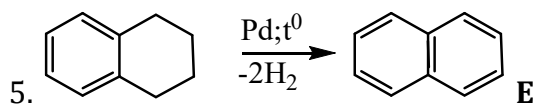
4 балла



4 балла



4 балла



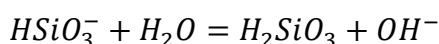
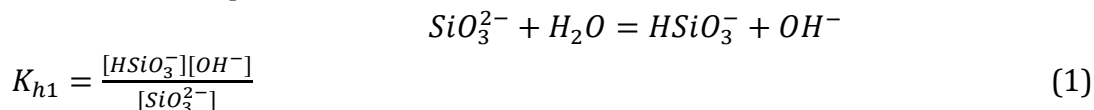
4 балла

Задание 6 (30 баллов)

На полке в химической лаборатории обнаружили водный раствор силиката натрия с указанной концентрацией 0,1 моль/кг и без даты приготовления раствора. Открыв стеклянную емкость с содержимым, лаборант не обнаружил визуальных признаков изменения раствора. Можно ли использовать раствор реагента, если для проведения аналитических исследований содержание силиката натрия не должно быть меньше 85% от указанной концентрации? Ответ сопроводить необходимыми расчетами, принимая константы диссоциации метакремниевой кислоты при 25°C по первой и второй ступени: $K_{d1} = 2,2 \cdot 10^{-10}$; $K_{d2} = 1,62 \cdot 10^{-12}$

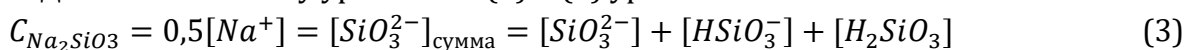
Решение.

Составим уравнения гидролиза силикат-иона и выразим соответствующие константы гидролиза



5 баллов

2. Дополним систему уравнений (1) и (2) уравнениями баланса масс





и баланса зарядов

$$2C_{Na_2SiO_3} = [Na^+] = 2[SiO_3^{2-}] + [HSiO_3^-] + [H_2SiO_3] \quad (4)$$

Решим систему уравнений (1) – (4) численными методами

3. Из уравнения (1) выразим концентрацию гидросиликат-ионов

$$[HSiO_3^-] = \frac{K_{h1}}{[OH^-]} [SiO_3^{2-}] \quad (5)$$

4. Из уравнения (2) выразим концентрацию молекул кремниевой кислоты

$$[H_2SiO_3] = \frac{K_{h2}}{[OH^-]} [HSiO_3^-] = \frac{K_{h1}K_{h2}}{[OH^-]^2} [SiO_3^{2-}] \quad (6)$$

5. Уравнения (5) и (6) подставим в уравнения баланса масс

$$C_{Na_2SiO_3} = [SiO_3^{2-}] + \frac{K_{h1}}{[OH^-]} [SiO_3^{2-}] + \frac{K_{h1}K_{h2}}{[OH^-]^2} [SiO_3^{2-}] \quad (7)$$

и выразим концентрацию силикат-иона:

$$[SiO_3^{2-}] = \frac{C_{Na_2SiO_3}}{1 + \frac{K_{h1}}{[OH^-]} + \frac{K_{h1}K_{h2}}{[OH^-]^2}} \quad (8)$$

6. Уравнения (5) и (6) подставим в уравнения баланса зарядов

$$2C_{Na_2SiO_3} = 2[SiO_3^{2-}] + \frac{K_{h1}}{[OH^-]} [SiO_3^{2-}] + [OH^-] \quad (9)$$

С учетом уравнения (8) получим:

$$2C_{Na_2SiO_3} = \frac{C_{Na_2SiO_3}}{1 + \frac{K_{h1}}{[OH^-]} + \frac{K_{h1}K_{h2}}{[OH^-]^2}} \left(2 + \frac{K_{h1}}{[OH^-]} \right) + [OH^-] \quad (10)$$

10 баллов

7. Уравнение (10) преобразовали в форму кубического уравнения:

$$[OH^-]^3 + K_{h1}[OH^-]^2 + (K_{h1}K_{h2} - K_{h1}C_{Na_2SiO_3})[OH^-] = 2K_{h1}K_{h2}C_{Na_2SiO_3} \quad (11)$$

8. Вычисляем константы гидролиза:

$$K_{h1} = \frac{K_W}{K_{d2}(H_2SiO_3)} = \frac{10^{-14}}{1,62 \cdot 10^{-12}} = 6,172 \cdot 10^{-3}$$

$$K_{h2} = \frac{K_W}{K_{d1}(H_2SiO_3)} = \frac{10^{-14}}{2,2 \cdot 10^{-10}} = 4,545 \cdot 10^{-5}$$

9. Подставим в уравнение (11) численные значения:

$$[OH^-]^3 + 6,172 \cdot 10^{-3}[OH^-]^2 - 6,17 \cdot 10^{-4}[OH^-] = 5,611 \cdot 10^{-8} \quad (12)$$

Для упрощения расчетов можно принять, что

$$[OH^-]^3 + 6,172 \cdot 10^{-3}[OH^-]^2 - 6,17 \cdot 10^{-4}[OH^-] = 0$$

$$[OH^-]^2 + 6,172 \cdot 10^{-3}[OH^-] - 6,17 \cdot 10^{-4} = 0, \text{ где}$$

$$[OH^-] = 0,0219 \text{ моль/кг}$$



10. Оцениваем pH раствора силиката натрия

$pH=14-pOH=14-1,66=12,34$ Вычислим концентрацию силикат-ионов по уравнению (8), гидросиликат-ионов – по уравнению (5) и H_2SiO_3 – (6):

$[SiO_3^{2-}] = 0,0780$ моль/кг, $[HSiO_3^-] = 0,0219$ моль/кг, $[H_2SiO_3] = 4,54 \cdot 10^{-5}$ моль/кг.

Проверка: $[HSiO_3^-] + [SiO_3^{2-}] + [H_2SiO_3] = 0,1$ моль/кг

Ответ:

$\omega [SiO_3^{2-}] = 78,01 \%$; $\omega [HSiO_3^-] = 21,94 \%$; $\omega [H_2SiO_3] = 0,05 \%$

Раствор реагента с содержанием силиката натрия для проведения аналитических исследований использовать нельзя.

_____15 баллов