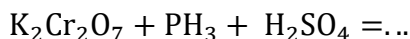
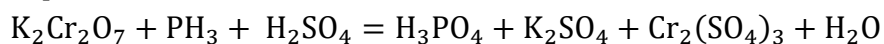


**ХИМИЯ****ВАРИАНТ 1****Задание 1 (5 баллов)**

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, в сокращенной ионно-молекулярной форме:

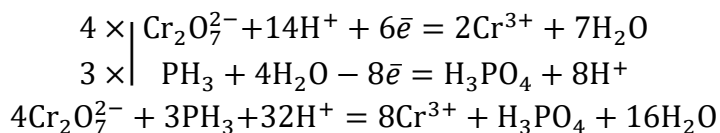
**Решение**

1) Продукты реакции:

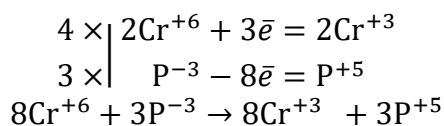


1 балл

2а) Метод полуреакций:

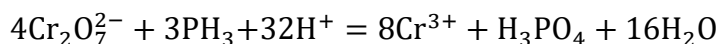


2б) Метод баланса электронов:



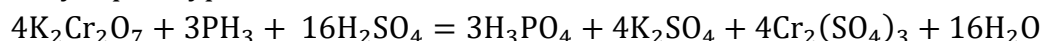
2 балла

3) Ионное уравнение:



1 балл

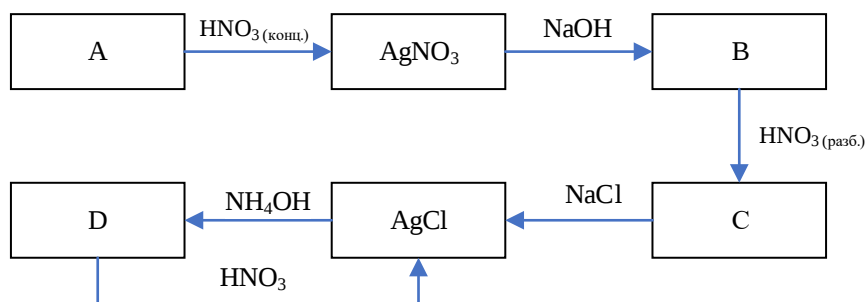
4) Молекулярное уравнение:



1 балл

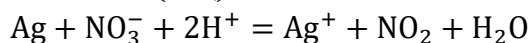
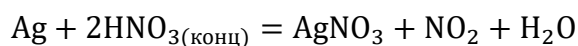
Задание 2 (10 баллов)

Определите формулы веществ *A*, *B*, *C*, *D*. 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 следует воспользоваться методом электронного баланса или методом полуреакций:

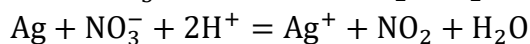
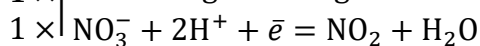


Решение:

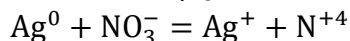
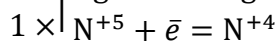
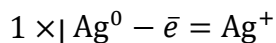
1.



Метод полуреакций:

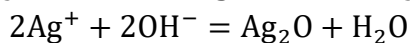


Метод баланса электронов:



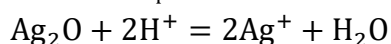
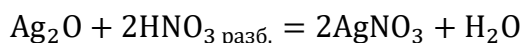
2 балла

2.



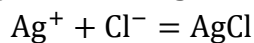
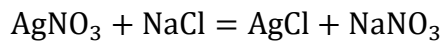
1 балла

3.



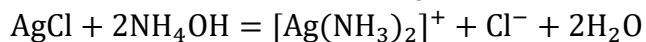
2 балла

4.



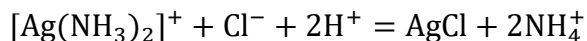
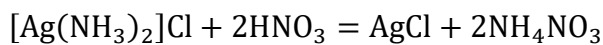
1 балла

5.



2 балла

6.

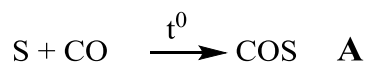


2 балла

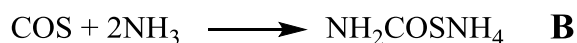
Ответ: A – Ag; B – Ag₂O; C – AgNO₃; D – [Ag(NH₃)₂]Cl

**Задание 3 (15 баллов)**

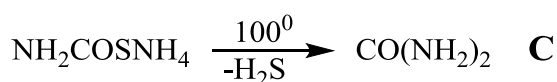
При пропускании смеси паров серы и оксида углерода (II) через раскаленные трубки получено вещество **A**, которое реагирует с аммиаком и дает вещество **B**. При нагревании до 100°C соединение **B** разлагаясь переходит в **C**, которое, взаимодействуя с 2-пропиновой кислотой в среде ортофосфорной кислоты, образует **D**. Дегидратация вещества **D** приводит к образованию вещества **E**.

Решение:

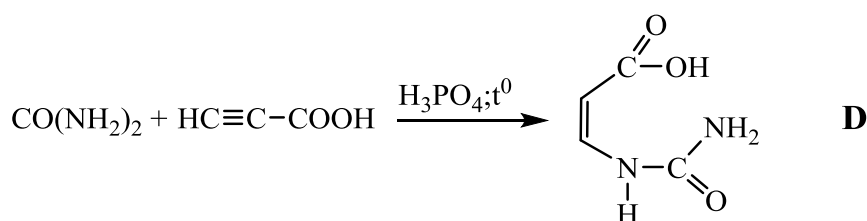
3 балла



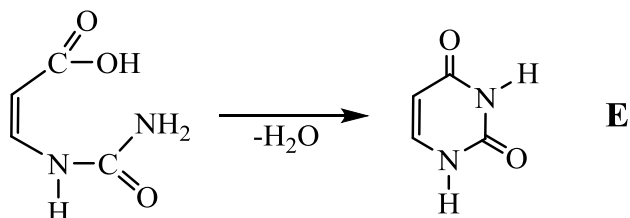
3 балла



3 балла



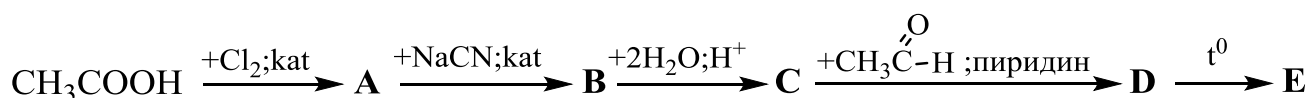
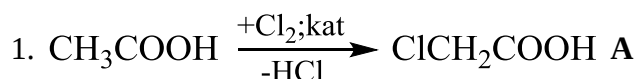
3 баллов



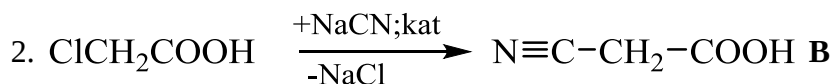
3 баллов

Задание 4 (20 баллов)

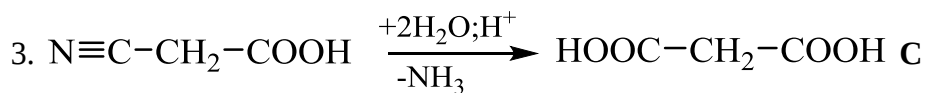
Предложите формулы органических веществ и уравнения химических реакций в соответствии со схемой превращений.

**Решение**

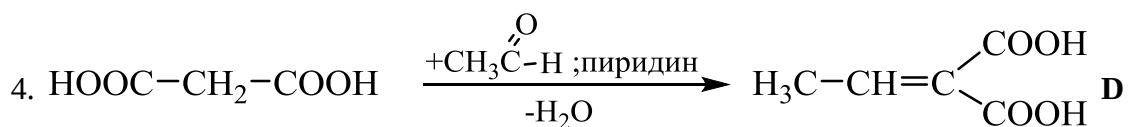
4 балла



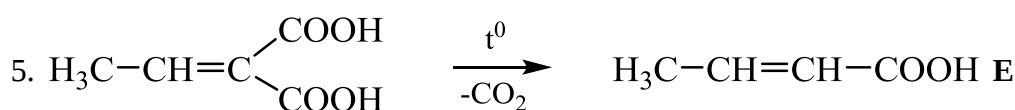
4 балла



4 балла



4 балла



4 балла

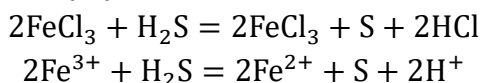
Задание 5 (25 баллов)

Лаборант нашел емкость с раствором, подписанную как «Смесь хлоридов магния, железа (III) и меди (II)». Раствор поделил на две одинаковые порции. К первой порции был добавлен избыток сульфида натрия, а ко второй – избыток сероводорода. После фильтрации, сушки и взвешивания было обнаружено, что масса осадка, полученного из первой порции, в 5 раз больше осадка, полученного из второй порции. После ряда расчетов, было выяснено, что, если в исходном растворе заменить хлорид железа (III) на такое же количество вещества хлорида железа (II), отношение масс осадков станет равным 6. Определите массовые доли хлоридов в исходном растворе.

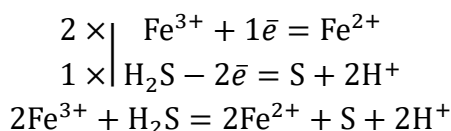
Решение:

1. Реакция с сероводородом смеси MgCl_2 , FeCl_3 , CuCl_2 .

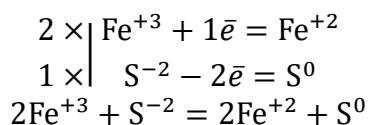
1.1 Реакция хлорида железа (III):



Метод полуреакций:



Метод баланса электронов:



1 балл

1.2. Материальный баланс реакции 1.1:

$$n_{\text{S}} = 0,5 \cdot n_{\text{FeCl}_3}$$



1.3 Молярная масса хлорида железа (III):

$$M_{\text{FeCl}_3} = M_{\text{Fe}} + 3M_{\text{Cl}} = 56 + 3 \cdot 35,5 = 162,5 \text{ г/моль.}$$

1.4 Масса серы с учетом п.1.2:

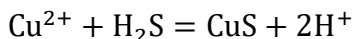
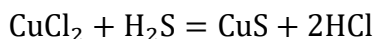
$$m_{\text{S}} = n_{\text{S}} \cdot M_{\text{S}} = 0,5 \cdot n_{\text{FeCl}_3} \cdot 32 = 16 \cdot n_{\text{FeCl}_3} \text{ г.}$$

Запись через массу FeCl_3 :

$$m_{\text{S}} = 16 \cdot \frac{m_{\text{FeCl}_3}}{M_{\text{FeCl}_3}} = \frac{16}{162,5} \cdot m_{\text{FeCl}_3} = 0,098 \cdot m_{\text{FeCl}_3} \text{ г.}$$

1 балл

1.5 Реакция хлорида меди (II):



1 балл

1.6 Материальный баланс реакции 1.5:

$$n_{\text{CuS}} = n_{\text{CuCl}_2}$$

1.7 Молярная масса сульфида меди:

$$M_{\text{CuS}} = M_{\text{Cu}} + M_{\text{S}} = 63,5 + 32 = 95,5 \text{ г/моль}$$

1.8 Молярная масса хлорида меди (II):

$$M_{\text{CuCl}_2} = M_{\text{Cu}} + 2 \cdot M_{\text{Cl}} = 63,5 + 2 \cdot 35,5 = 134,5 \text{ г/моль}$$

1.9 Масса сульфида меди (II) с учетом п. 1.6:

$$m_{\text{CuS}} = n_{\text{CuS}} \cdot M_{\text{CuS}} = n_{\text{CuCl}_2} \cdot M_{\text{CuS}} = 95,5 \cdot n_{\text{CuCl}_2} \text{ г}$$

или через массу CuCl_2 :

$$m_{\text{CuS}} = M_{\text{CuS}} \cdot \frac{m_{\text{CuCl}_2}}{M_{\text{CuCl}_2}} = \frac{95,5}{134,5} \cdot m_{\text{CuCl}_2} = 0,71 \cdot m_{\text{CuCl}_2} \text{ г}$$

1 балл

1.10 Хлорид магния с сероводородом не реагирует:



1.11 Масса осадка «1» с учетом п. 1.4 и п. 1.9:

$$m_1 = m_{\text{S}} + m_{\text{CuS}} = 16 \cdot n_{\text{FeCl}_3} + 95,5 \cdot n_{\text{CuCl}_2} \text{ г}$$

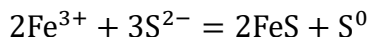
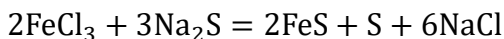
или

$$m_1 = 0,098 \cdot m_{\text{FeCl}_3} + 0,71 \cdot m_{\text{CuCl}_2} \text{ г}$$

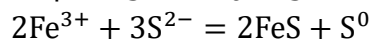
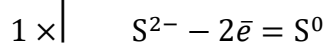
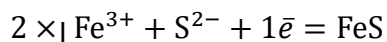
1 балл

2 Реакция смеси MgCl_2 , FeCl_3 , CuCl_2 с Na_2S .

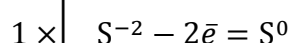
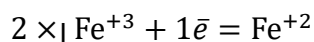
2.1 Реакция хлорида железа (III):

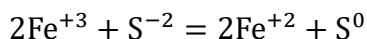


Метод полуреакций:



Метод баланса электронов:





1 балл

2.2. Материальный баланс реакции 2.1:

$$n_{\text{FeS}} = n_{\text{FeCl}_3};$$

$$n_{\text{S}} = 0,5 \cdot n_{\text{FeCl}_3}$$

2.3 Молярная масса сульфида железа (II):

$$M_{\text{FeS}} = M_{\text{Fe}} + M_{\text{S}} = 56 + 32 = 88 \text{ г/моль}$$

2.4 Масса серы:

$$m_{\text{S}} = n_{\text{S}} \cdot M_{\text{S}} = 0,5 \cdot n_{\text{FeCl}_3} \cdot 32 = 16 \cdot n_{\text{FeCl}_3}$$

или

$$m_{\text{S}} = 16 \cdot \frac{m_{\text{FeCl}_3}}{M_{\text{FeCl}_3}} = \frac{16}{162,5} \cdot m_{\text{FeCl}_3} = 0,098 \cdot m_{\text{FeCl}_3}$$

1 балл

2.5 Масса сульфида железа (II) с учетом п. 2.2:

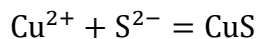
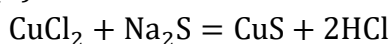
$$m_{\text{FeS}} = n_{\text{FeS}} \cdot M_{\text{FeS}} = n_{\text{FeCl}_3} \cdot M_{\text{FeS}} = 88 \cdot n_{\text{FeCl}_3}$$

или

$$m_{\text{FeS}} = M_{\text{FeS}} \cdot \frac{m_{\text{FeCl}_3}}{M_{\text{FeCl}_3}} = \frac{88}{162,5} \cdot m_{\text{FeCl}_3} = 0,54 \cdot m_{\text{FeCl}_3}$$

1 балл

2.6 Реакция хлорида меди (II):



1 балл

2.7 Материальный баланс:

$$n_{\text{CuS}} = n_{\text{CuCl}_2}$$

2.8 Масса сульфида меди (II):

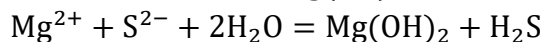
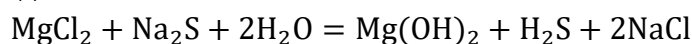
$$m_{\text{CuS}} = n_{\text{CuS}} \cdot M_{\text{CuS}} = n_{\text{CuCl}_2} \cdot M_{\text{CuS}} = 95,5 \cdot n_{\text{CuCl}_2}$$

или

$$m_{\text{CuS}} = M_{\text{CuS}} \cdot \frac{m_{\text{CuCl}_2}}{M_{\text{CuCl}_2}} = \frac{95,5}{134,5} \cdot m_{\text{CuCl}_2} = 0,71 \cdot m_{\text{CuCl}_2}$$

1 балл

2.9 Реакция хлорида магния:



1 балл

2.10 Материальный баланс:

$$n_{\text{Mg}(\text{OH})_2} = n_{\text{MgCl}_2}$$

2.11 Молярная масса гидроксида магния:

$$M_{\text{Mg}(\text{OH})_2} = M_{\text{Mg}} + 2M_{\text{O}} + 2M_{\text{H}} = 24 + 2 \cdot 16 + 2 \cdot 1 = 58 \text{ г/моль}$$

Молярная масса хлорида магния:

$$M_{\text{MgCl}_2} = M_{\text{Mg}} + 2M_{\text{Cl}} = 24 + 2 \cdot 35,5 = 95 \text{ г/моль}$$

2.12 Масса гидроксида магния с учетом п. 2.10:



$$m_{\text{Mg(OH)}_2} = n_{\text{Mg(OH)}_2} \cdot M_{\text{Mg(OH)}_2} = n_{\text{MgCl}_2} \cdot M_{\text{Mg(OH)}_2} = 58 \cdot n_{\text{MgCl}_2}$$

или

$$m_{\text{Mg(OH)}_2} = M_{\text{Mg(OH)}_2} \cdot \frac{m_{\text{MgCl}_2}}{M_{\text{MgCl}_2}} = \frac{58}{95} \cdot m_{\text{MgCl}_2} = 0,61 \cdot m_{\text{MgCl}_2}$$

1 балл

2.13 Масса осадка «2»:

$$m_2 = m_{\text{CuS}} + m_{\text{S}} + m_{\text{FeS}} + m_{\text{Mg(OH)}_2}$$

С учетом пунктов 1.10, 2.5 и 2.12:

$$m_2 = m_1 + 88 \cdot n_{\text{FeCl}_3} + 58 \cdot n_{\text{MgCl}_2}$$

или

$$m_2 = 95,5 \cdot n_{\text{CuCl}_2} + (16 + 88) \cdot n_{\text{FeCl}_3} + 58 \cdot n_{\text{MgCl}_2}$$

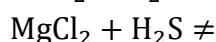
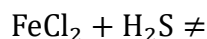
или

$$m_2 = 0,71 \cdot m_{\text{CuCl}_2} + (0,098 + 0,54) \cdot m_{\text{FeCl}_3} + 0,61 \cdot m_{\text{MgCl}_2}$$

1 балл

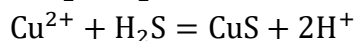
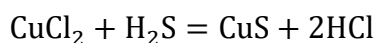
3. Реакция с сероводородом смеси FeCl_2 , MgCl_2 , CuCl_2 .

3.1 Хлорид меди (II) и хлорид магния с сероводородом не реагируют:



1 балл

3.2



3.3 Масса осадка «3»:

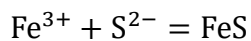
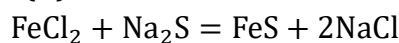
$$m_3 = m_{\text{CuS}}$$

Расчет массы CuS показан в п. 1.9.

1 балл

4 Реакция смеси FeCl_2 , MgCl_2 , CuCl_2 с Na_2S .

4.1 Реакция хлорида железа (II):



1 балл

4.2. Материальный баланс реакции 4.1:

$$n_{\text{FeS}} = n_{\text{FeCl}_2} = n_{\text{FeCl}_3}$$

4.3 Молярная масса сульфида железа (II) и хлорида железа (II):

$$M_{\text{FeS}} = M_{\text{Fe}} + M_{\text{S}} = 56 + 32 = 88 \text{ г/моль}$$

$$M_{\text{FeCl}_2} = M_{\text{Fe}} + 2M_{\text{Cl}} = 56 + 2 \cdot 35,5 = 127 \text{ г/моль}$$

4.4 Масса сульфида железа (II):

$$m_{\text{FeS}} = n_{\text{FeS}} \cdot M_{\text{FeS}} = n_{\text{FeCl}_3} \cdot M_{\text{FeS}} = 88 \cdot n_{\text{FeCl}_3}$$

или

$$m_{\text{FeS}} = M_{\text{FeS}} \cdot \frac{m_{\text{FeCl}_3}}{M_{\text{FeCl}_3}} = \frac{88}{162,5} \cdot m_{\text{FeCl}_3} = 0,54 \cdot m_{\text{FeCl}_3}$$

1 балл



4.5 Масса осадка «4»:

$$m_4 = m_{\text{CuS}} + m_{\text{FeS}} + m_{\text{Mg(OH)}_2}$$

С учетом пунктов 1.9, 2.5 и 2.12:

$$m_4 = 95,5 \cdot n_{\text{CuCl}_2} + 88 \cdot n_{\text{FeCl}_3} + 58 \cdot n_{\text{MgCl}_2}$$

или

$$m_4 = 0,71 \cdot m_{\text{CuCl}_2} + 0,54 \cdot m_{\text{FeCl}_3} + 0,61 \cdot m_{\text{MgCl}_2}$$

1 балл

5. Система уравнений:

$$\begin{cases} m_1 = m_{\text{S}} + m_{\text{CuS}} \\ m_2 = m_{\text{S}} + m_{\text{CuS}} + m_{\text{FeS}} + m_{\text{Mg(OH)}_2} \\ m_3 = m_{\text{CuS}} \\ m_4 = m_{\text{CuS}} + m_{\text{FeS}} + m_{\text{Mg(OH)}_2} \end{cases}$$

через количество вещества:

$$\begin{cases} m_1 = 16 \cdot n_{\text{FeCl}_3} + 95,5 \cdot n_{\text{CuCl}_2} \\ m_2 = 95,5 \cdot n_{\text{CuCl}_2} + (16 + 88) \cdot n_{\text{FeCl}_3} + 58 \cdot n_{\text{MgCl}_2} \\ m_3 = 95,5 \cdot n_{\text{CuCl}_2} \\ m_4 = 95,5 \cdot n_{\text{CuCl}_2} + 88 \cdot n_{\text{FeCl}_3} + 58 \cdot n_{\text{MgCl}_2} \\ n_{\Sigma} = n_{\text{CuCl}_2} + n_{\text{FeCl}_3} + n_{\text{MgCl}_2} = 1 \end{cases}$$

через массы компонентов:

$$\begin{cases} m_1 = 0,098 \cdot m_{\text{FeCl}_3} + 0,71 \cdot m_{\text{CuCl}_2} \\ m_2 = 0,71 \cdot m_{\text{CuCl}_2} + (0,098 + 0,54) \cdot m_{\text{FeCl}_3} + 0,61 \cdot m_{\text{MgCl}_2} \\ m_3 = 0,71 \cdot m_{\text{CuCl}_2} \\ m_4 = 0,71 \cdot m_{\text{CuCl}_2} + 0,54 \cdot m_{\text{FeCl}_3} + 0,61 \cdot m_{\text{MgCl}_2} \\ m_{\Sigma} = m_{\text{CuCl}_2} + m_{\text{FeCl}_3} + m_{\text{MgCl}_2} = 100 \text{ г} \end{cases}$$

2 балла

7. Решение одной из систем уравнений.

7.1. Количество вещества:

$$n_{\text{CuCl}_2} = 0,12 \text{ моль}$$

$$n_{\text{FeCl}_3} = 0,15 \text{ моль}$$

$$n_{\text{MgCl}_2} = 0,73 \text{ моль}$$

2 балла

7.2. Массы компонентов:

$$m_{\text{CuCl}_2} = n_{\text{CuCl}_2} \cdot M_{\text{CuCl}_2} = 0,12 \cdot 134,5 = 16,14 \text{ г};$$

$$m_{\text{FeCl}_3} = n_{\text{FeCl}_3} \cdot M_{\text{FeCl}_3} = 0,15 \cdot 162,5 = 24,38 \text{ г};$$

$$m_{\text{MgCl}_2} = n_{\text{MgCl}_2} \cdot M_{\text{MgCl}_2} = 0,73 \cdot 95 = 69,35 \text{ г}.$$

1 балл

7.3. Общая масса:

$$m_{\Sigma} = m_{\text{CuCl}_2} + m_{\text{FeCl}_3} + m_{\text{MgCl}_2} = 16,4 + 24,38 + 69,35 = 109,87 \text{ г}$$

1 балл

7.4. Массовые доли компонентов:

$$\omega_{\text{CuCl}_2} = \frac{m_{\text{CuCl}_2}}{m_{\Sigma}} \cdot 100\% = \frac{16,14}{109,87} \cdot 100 = 14,69 \%$$



$$\omega_{\text{FeCl}_3} = \frac{m_{\text{FeCl}_3}}{m_{\Sigma}} \cdot 100\% = \frac{24,38}{109,87} \cdot 100 = 22,19 \%;$$
$$\omega_{\text{MgCl}_2} = \frac{m_{\text{MgCl}_2}}{m_{\Sigma}} \cdot 100\% = \frac{69,35}{109,87} \cdot 100 = 63,12 \%.$$

1 балл

Ответ: массовые доли хлоридов в исходном растворе: $\omega_{\text{CuCl}_2} = 14,69 \%$; $\omega_{\text{FeCl}_3} = 22,19 \%$; $\omega_{\text{MgCl}_2} = 63,12 \%$.

Задание 6 (25 баллов)

Через раствор выщелачивания огарков сульфатизирующего обжига пиритных концентратов с $\text{pH}=0,5$ пропустили газообразный сероводород. Образовался осадок тёмного цвета, который растворили в азотной кислоте (2 моль/л), часть осадка растворилась. К полученному окрашенному раствору прибавили избыток гидроксида аммония и получили раствор синего цвета. Солянокислый раствор после сероводорода прокипятили, прибавили хлорид аммония и раствор аммиака до $\text{pH}=9$, небольшой избыток сульфида аммония, осадок отделили и дали постоять около часа. К осадку от сульфида аммония прибавили соляную кислоту (2 моль/л) – часть осадка растворилась. Не растворившуюся часть обработали перекисью водорода и соляной кислотой (2 моль/л) – получили жёлто-белый осадок и окрашенный раствор. Раствор разделили на две части. К одной части прибавили гидроксид аммония до $\text{pH}=8$ и реактив Чугаева, получили осадок розового цвета. К другой части прибавили гидроксид аммония до $\text{pH}=5$, хлорид цинка и тетрароданомеркурат (II) аммония, получили голубой осадок. К солянокислому раствору прибавили избыток крепкого гидроксида натрия, перекись водорода, нагрели. Получили раствор и осадок бурого цвета. Осадок растворили в азотной кислоте, прибавили роданид аммония, получили раствор красного цвета. Щелочной раствор подкислили до $\text{pH}=5$ уксусной кислотой, добавили жёлтой кровяной соли, получили белый осадок.

Укажите состав исходного раствора; составьте уравнения реакций в молекулярной и ионно-молекулярной формах, схему анализа раствора. Окислительно-восстановительные реакции рекомендуется уравнивать методом полуреакций. При составлении схемы состав осадка записывать в молекулярной форме, состав раствора – в ионно-молекулярной форме (в молекулярной форме записывают слабые электролиты).

Решение

Катионный и анионный состав исходного раствора.

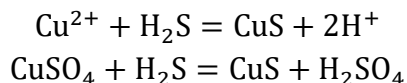
Раствор содержит сульфаты железа (III), меди (II), цинка (II), кобальта (II) и никеля (II): $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$; CuSO_4 ; ZnSO_4 ; CoSO_4 ; NiSO_4 .

2 балла

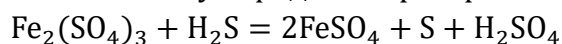
Уравнения реакций в молекулярной и ионно-молекулярной формах.

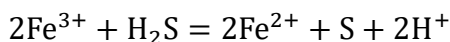
1. Реакции при действии сероводорода при $\text{pH}=0,5$.

1.1. Осаждение сульфида меди (II):

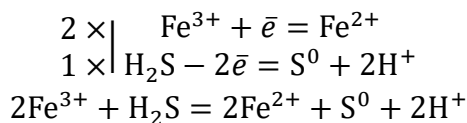


1.2. Побочная реакция окисления сульфидной серы трёхвалентным железом:

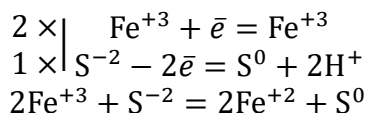




Метод полуреакций:

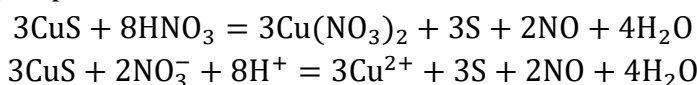


Метод баланса электронов:

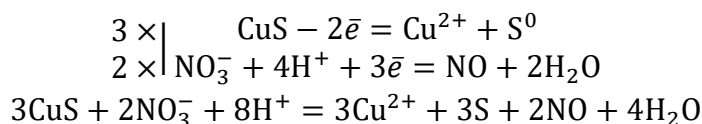


1 балл

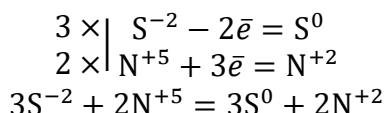
2. Растворение сульфида меди в азотной кислоте:



Метод полуреакций:

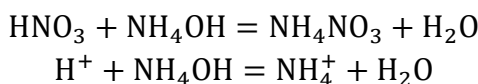


Метод баланса электронов:

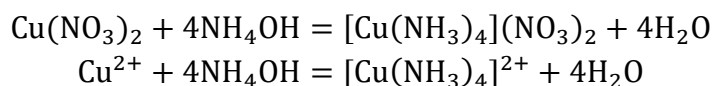


3. Реакции с гидроксидом аммония.

3.1. Остаток азотной кислоты:



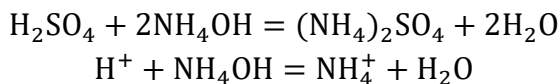
3.2. Образование аммиаката меди:



2 балла

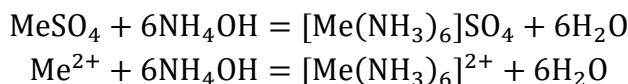
4. Реакции при добавлении гидроксида аммония в присутствии хлорида аммония.

4.1. Нейтрализация кислого раствора:



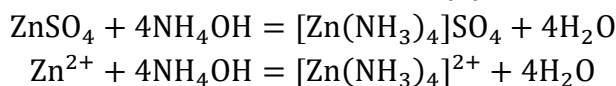
4.2. Образование аммиакатов металлов.

Допустима запись уравнения в общей форме:

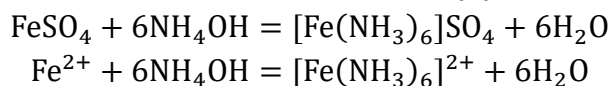


Частные случаи – равносильны записи общей реакции.

4.2.1) Образование аммиачного комплекса цинка (II):

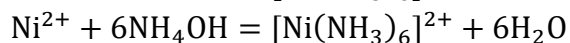


4.2.2) Образование аммиачного комплекса железа (II):





4.2.3) Образование аммиачного комплекса никеля (II):



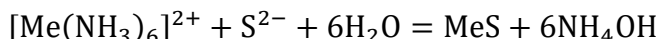
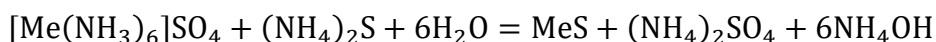
4.2.4) Образование аммиачного комплекса кобальта (II):



2 балла

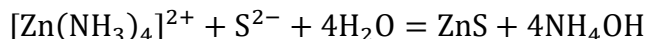
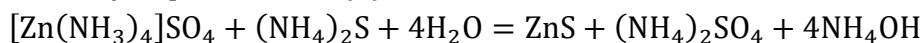
5. Реакции с сульфидом аммония в аммиачно-хлоридной среде, pH=9.

Запись реакций в общем виде:

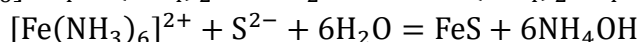
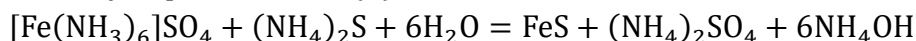


Частные случаи – равносильны записи общей реакции.

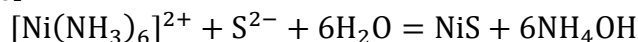
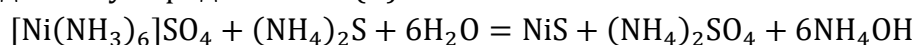
5.1) Осаждение сульфида цинка (II):



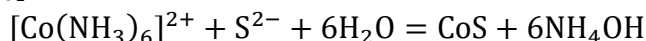
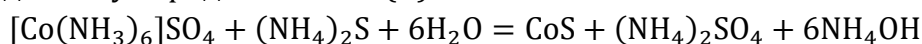
5.2) Осаждение сульфида железа (II):



5.3) Осаждение сульфида никеля (II):

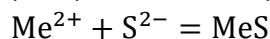
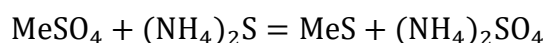


5.4) Осаждение сульфида кобальта (II):



5а. Допускается со снижением оценки вариант записи с простым катионом.

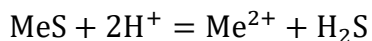
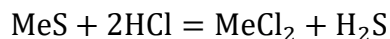
В общем виде:



3 балла

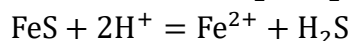
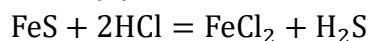
6. Растворение в соляной кислоте.

Запись реакций в общем виде:

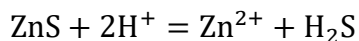
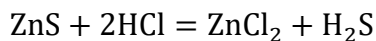


Частные случаи – равносильны записи общей реакции.

6.1 растворение сульфида железа (II):



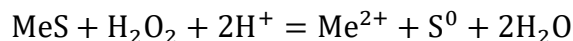
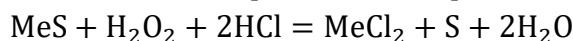
6.2 растворение сульфида цинка (II):



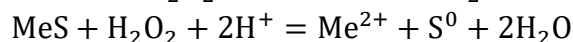
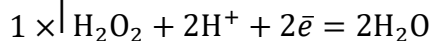
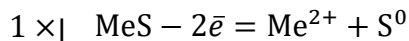
1 балл



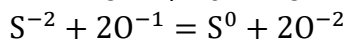
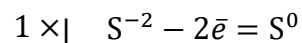
7. Растворение в соляной кислоте с перекисью водорода в общем виде:



Метод полуреакций:

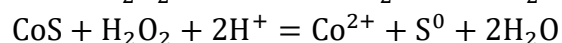
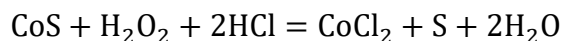


Метод баланса электронов:

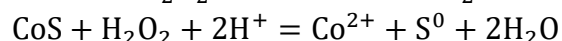
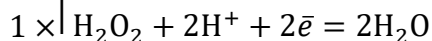
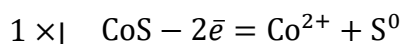


Частные случаи – равносильны записи общей реакции.

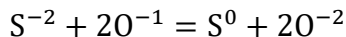
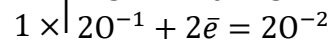
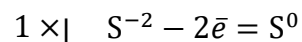
7.1 Растворение сульфида кобальта (II):



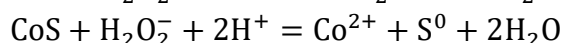
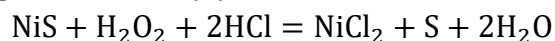
Метод полуреакций:



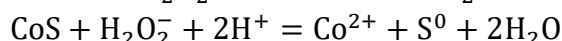
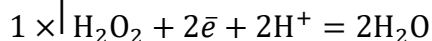
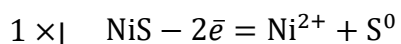
Метод баланса электронов:



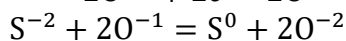
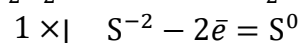
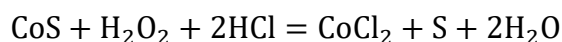
7.2 Растворение сульфида никеля (II):



Метод полуреакций:



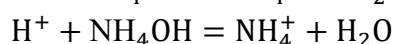
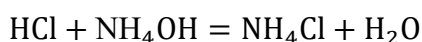
Метод баланса электронов:



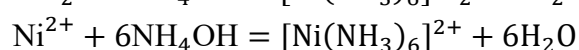
2 балла

8. Реакция гидроксида аммония с солянокислым раствором.

8.1. Нейтрализация соляной кислоты:



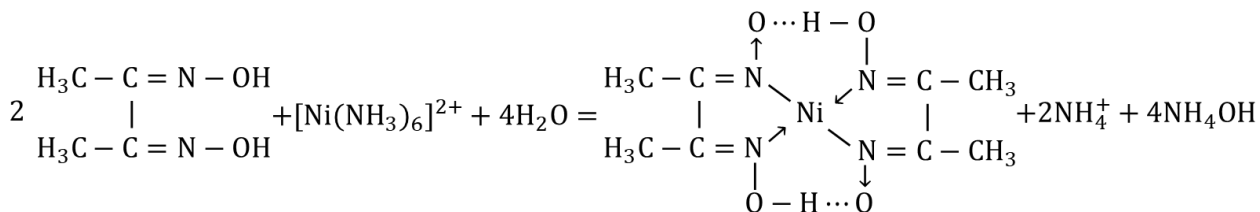
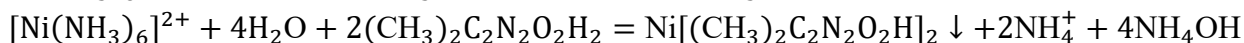
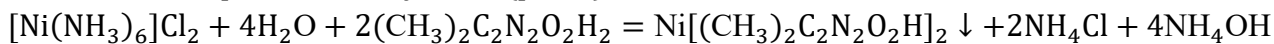
8.2. Образование аммиачного комплекса никеля (II):



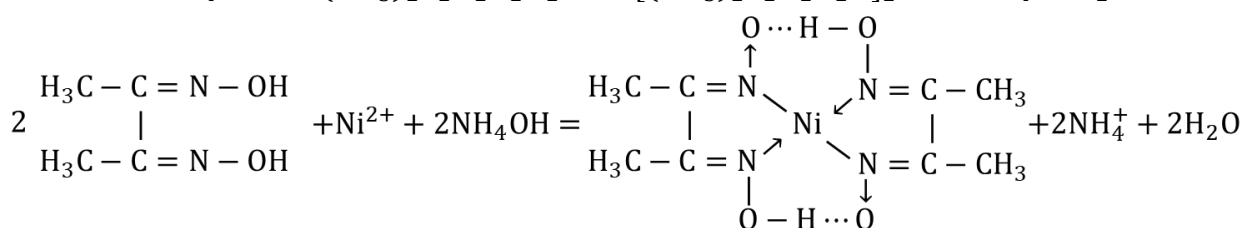
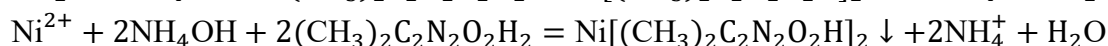
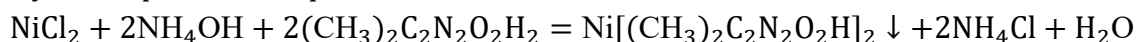
1 балл



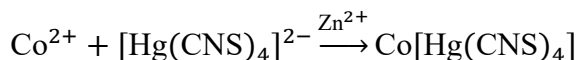
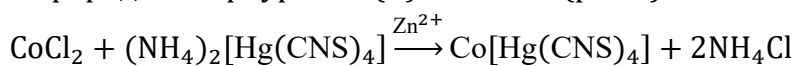
9. Реакция с реактивом Чугаева (pH=8):



Допустима реакция с простым катионом:



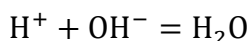
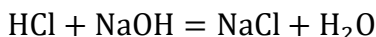
10. Реакция с тетрароданомеркуратом (II) аммония (pH=5):



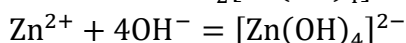
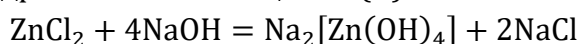
3 балла

11. Реакции при действии щёлочи на солянокислый раствор.

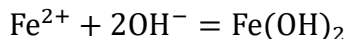
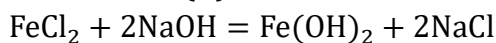
11.1. Нейтрализация соляной кислоты:



11.2. Образование гидроксокомплекса цинка (II):

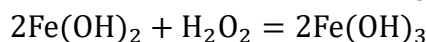
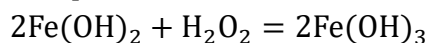


11.3. Осаждение гидроксида железа (II):

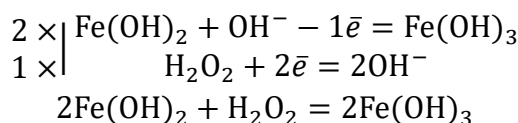


1 балл

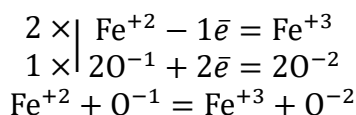
12. Окисление перекисью водорода:



Метод полуреакций:

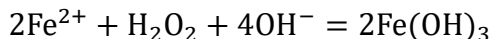


Метод баланса электронов:

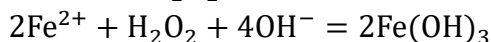
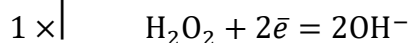
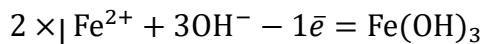




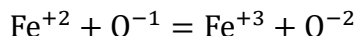
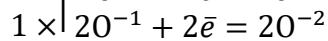
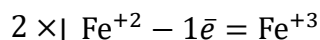
12.а) Допустима реакция катионов железа:



Метод полуреакций:

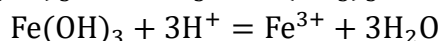
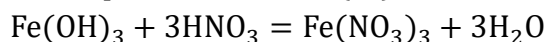


Метод баланса электронов:

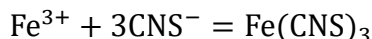
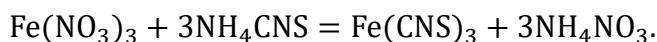


2 балла

13. Реакция растворения гидроксида железа (III) в азотной кислоте:

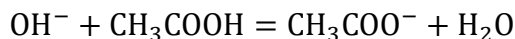
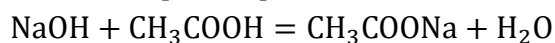


14. Реакция с роданидом аммония:

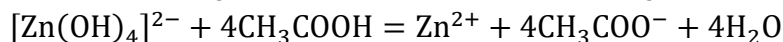
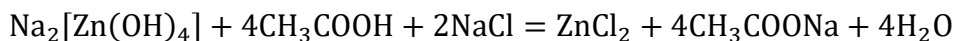


15. Реакция щелочного раствора с уксусной кислотой.

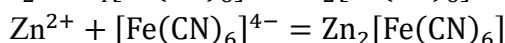
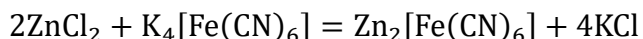
15.1. Нейтрализация щелочного раствора:



15.2. Разрушение гидроксокомплекса цинка (II):



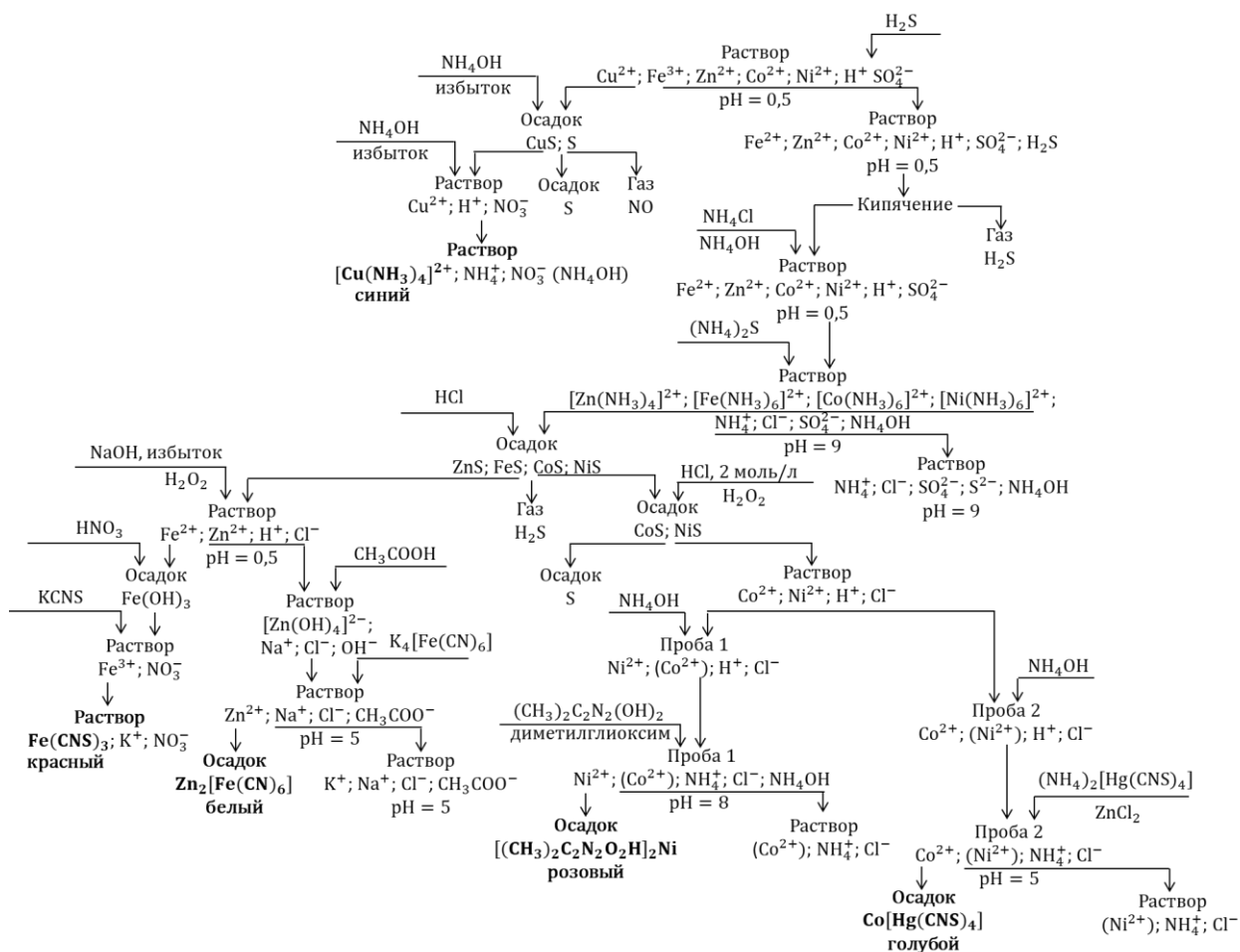
16. Реакция соли цинка с жёлтой кровяной солью (pH=5):



2 балла



Схема анализа:



3 балла

Текстовое пояснение к решению задачи.

«К раствору выщелачивания огарков сульфатирующего обжига пиритных концентратов...» свидетельствует о наличии в растворе сульфатов

«Через солянокислый раствор с $\text{pH}=0,5$ пропустили газообразный сероводород. Образовался осадок тёмного цвета» – в сильно кислой среде при действии сероводорода образуется сульфид меди, нерастворимый в сильных минеральных кислотах, за исключением азотной кислоты.

«...осадок обработали раствором азотной кислоты концентрацией 2 моль/л, смесь нагрели...» – описание растворения сульфида меди в азотной кислоте, которое протекает за счёт окислительной функции пятивалентного азота.

«Часть осадка растворилась» – загрязнение осадка сульфидов элементарной серой, которая образуется при восстановлении трёхвалентного железа сероводородом и при действии азотной кислоты.

«К части полученного окрашенного раствора прибавили избыток гидроксида аммония и получили раствор синего цвета» – описана реакция, характерная для меди.

«Солянокислый раствор после воздействия сероводорода прокипятили» – при кипячении раствора удаляют растворённый сероводород.

«...прибавили хлорид аммония и раствор аммиака до $\text{pH}=9$, небольшой избыток сульфида аммония, осадок отделили и дали постоять около часа» – описание осаждения сульфидов



железа (II), цинка, кобальта и никеля, которые не способны образоваться при действии сероводорода в кислой среде.

«К осадку после воздействия сульфида аммония прибавили соляную кислоту (2 моль/л)» – сравнительно легкорастворимые сульфиды превосходно разлагаются разбавленными сильными кислотами.

«При этом часть осадка растворилась» – частичное растворение осадка связано с изменением аллотропной формы сульфида кобальта (никеля) и уменьшением растворимости. Если бы осадок растворяли сразу после осаждения, то он, конечно, растворён был нацело. В данном случае, после стояния осадка, в разбавленной соляной кислоте растворяются только сульфиды железа и цинка.

«К солянокислому раствору прибавили избыток крепкой щёлочи – гидроксида натрия, перекись водорода, смесь нагрели. Получили раствор и осадок бурого цвета» – указывает на образование гидроксида железа (III).

«Осадок отделили, промыли, растворили в азотной кислоте, к раствору прибавили роданид аммония, получили раствор красного цвета» – указывает на наличие трёхвалентного железа.

«Щелочной раствор подкислили до $pH=5$ действием уксусной кислоты, прилили тетрароданомеркурат (II) аммония, получили осадок белого цвета» – описание реакции, характерной для цинка.

«Не растворившуюся часть осадка обработали перекисью водорода в солянокислой среде, получили жёлто-белый осадок и окрашенный раствор» – растворение сульфидов кобальта и никеля с окислителем.

«Раствор разделили на две части. К одной части прибавили гидроксид аммония до $pH=8$ и реактив Чугаева, получили осадок розового цвета» – описание наиболее известной реакции никеля – реакции Чугаева с диметилглиоксимом:

«К другой части прибавили гидроксид аммония до $pH=5$, немного хлорида цинка и тетрароданомеркурат (II) аммония, получили осадок голубого цвета» – характерная реакция кобальта.

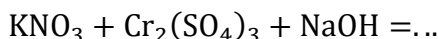


ХИМИЯ

ВАРИАНТ 2

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, в сокращенной ионно-молекулярной форме:



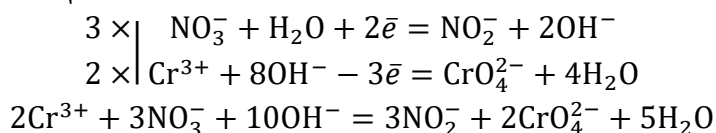
Решение:

1) Продукты реакции:

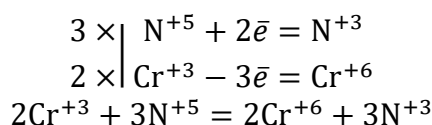


1 балл

2а) Метод полуреакций:

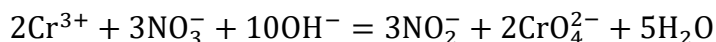


2б) Метод баланса электронов:



2 балла

3) Ионное уравнение:



1 балл

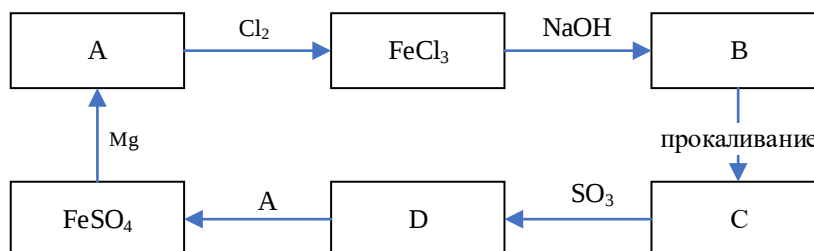
4) Молекулярное уравнение:



1 балл

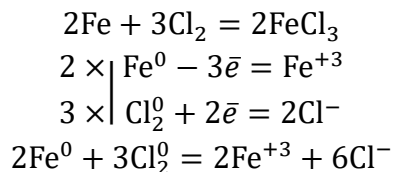
Задание 2 (10 баллов)

Определите формулы веществ A, B, C, D. 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 следует воспользоваться методом электронного баланса или методом полуреакций:



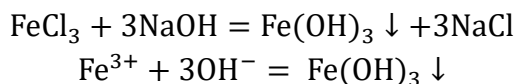
**Решение:**

1.



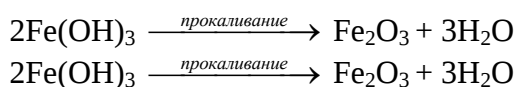
2 балла

2.



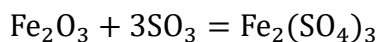
2 балла

3.



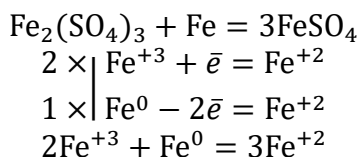
2 балла

4.



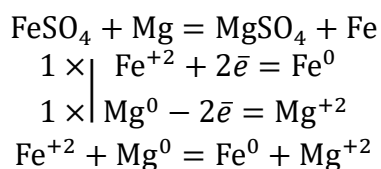
1 балла

5.



2 балла

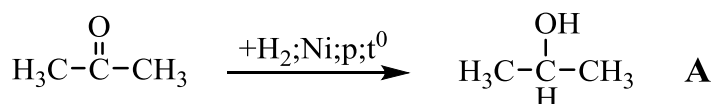
6.



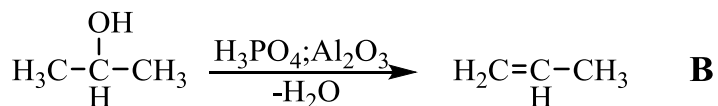
1 балла

Ответ: A – Fe; B – Fe(OH)₃; C – Fe₂O₃; D – Fe.**Задание 3 (15 баллов)**

Гидрирование ацетона в жидкой фазе на никельсодержащем катализаторе при давлении 0,7 – 1,0 МПа и температуре 70 – 120 °С даёт вещество **A**, которое при действии на него ортофосфорной кислоты на носителе Al₂O₃ переходит в соединение **B**. Высушенное газообразное соединение **B** идет в реактор, где подвергается газофазному хлорированию с образованием вещества **C**. После очистки последнего его диспергируют в воде, охлаждают и вторично обрабатывают хлором до получения вещества **D**, которое взаимодействуя с известковым молоком, образует вещество **E**.

Решение:

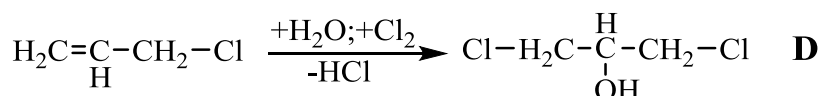
3 балла



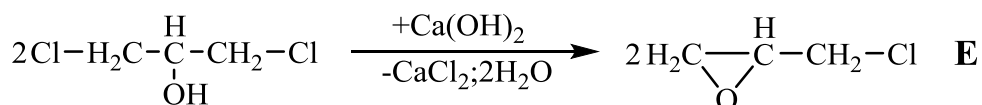
3 балла



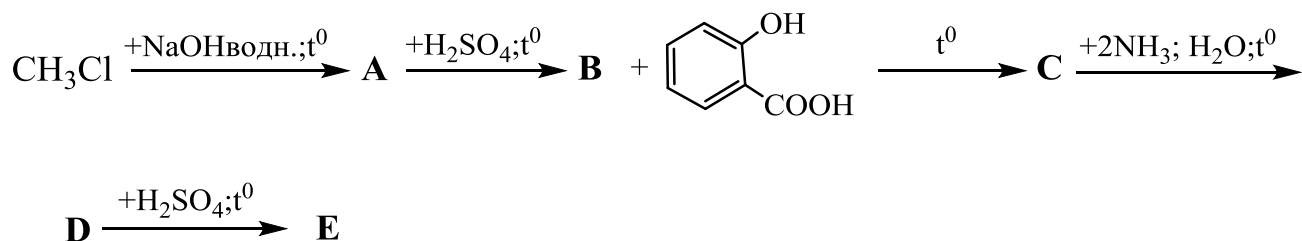
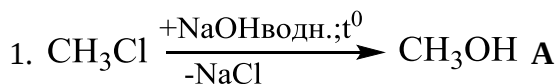
3 балла



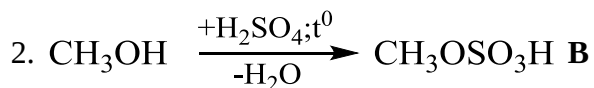
3 балла

**Задание 4 (20 баллов)**

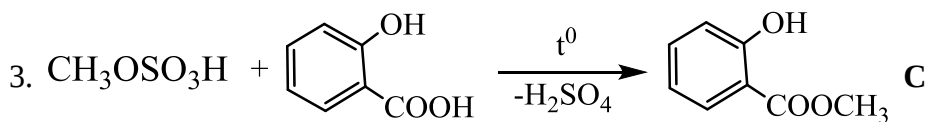
Предложите формулы органических веществ и уравнения химических реакций в соответствии со схемой превращений.

**Решение:**

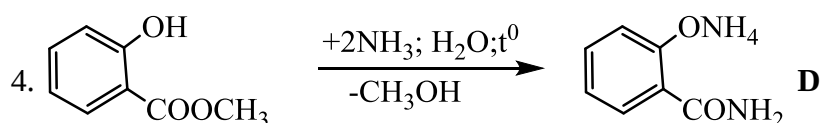
4 балла



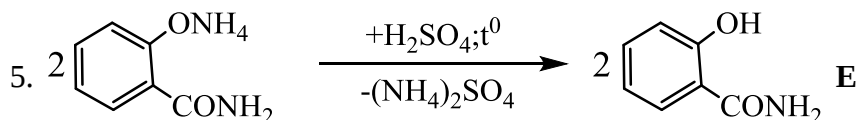
4 балла



4 балла



4 балла



4 балла

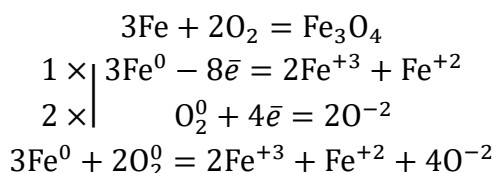
Задание 5 (25 баллов)

Лаборант нашел коробку с порошком, на которой было написано – «Смесь магния и железа». Из нее он отобрал навеску массой 3,12 г и разделил навеску на две равные части. Первую порцию порошка он сжёг в токе кислорода, получив 2,36 г продуктов сгорания. Вторую порцию сжёг на воздухе, получив 2,27 г продуктов сгорания. Продукты сгорания второй порции поместил в водный раствор гидроксида натрия, и наблюдал выделение газа. Какой газ и в каком объёме при этом выделился? Свои рассуждения подтвердите уравнениями реакций.

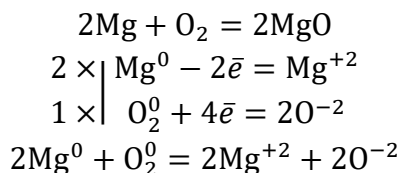
Решение:

1. Реакции горения смеси в токе кислорода.

1.1. Горение железа:



1.2. Горение магния:



2 балла

2. Материальный баланс.

2.1 Реакция 1.1:

$$n_{\text{Fe}_3\text{O}_4} = \frac{1}{3} \cdot n_{\text{Fe}}$$

2.2. Реакция 1.2:

$$n_{\text{MgO}} = n_{\text{Mg}}$$

1 балл

3. Молярная масса железной окалины и оксида магния:

$$\begin{aligned} M_{\text{Fe}_3\text{O}_4} &= 3M_{\text{Fe}} + 4M_{\text{O}} = 3 \cdot 56 + 4 \cdot 16 = 232 \text{ г/моль}, \\ M_{\text{MgO}} &= M_{\text{Mg}} + M_{\text{O}} = 24 + 16 = 40 \text{ г/моль}. \end{aligned}$$

1 балл

4. Массы исходных веществ и продуктов реакции:

$$\begin{aligned} m_{\text{Fe}_3\text{O}_4 - \text{MgO}} &= \frac{1}{3} \cdot n_{\text{Fe}} \cdot M_{\text{Fe}_3\text{O}_4} + n_{\text{Mg}} \cdot M_{\text{MgO}} = 2,36 \text{ г}; \\ m_{\text{Fe} - \text{Mg}} &= n_{\text{Fe}} \cdot M_{\text{Fe}} + n_{\text{Mg}} \cdot M_{\text{Mg}} = 1,56 \text{ г}. \end{aligned}$$

2 балла



5. Решение системы уравнений п. 4 даёт:

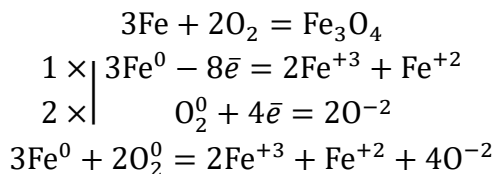
$$n_{\text{Mg}} = 0,03 \text{ моль};$$

$$n_{\text{Fe}_3\text{O}_4} = 0,015 \text{ моль}.$$

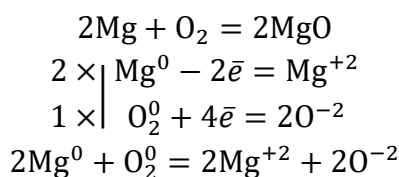
1 балл

6. Реакция горения на воздухе.

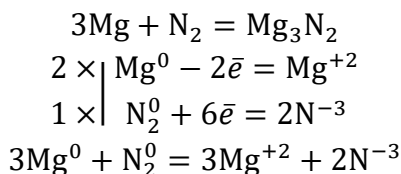
6.1 Окисление железа:



6.2 Окисление магния:



6.3 Реакция магния с азотом:



6.4 Материальный баланс реакции 6.3:

$$n_{\text{Mg}_3\text{N}_2} = \frac{1}{3} \cdot n_{\text{Mg}}$$

5 баллов

7. Расчёт продуктов горения на воздухе.

7.1. Масса продуктов сгорания:

$$m_2 = m_{\text{Fe}_3\text{O}_4} + m_{\text{MgO}} + m_{\text{Mg}_3\text{N}_2}$$

7.2 Материальный баланс реакции 6.1:

$$n_{\text{Fe}_3\text{O}_4} = \frac{1}{3} \cdot n_{\text{Fe}}$$

7.3 С учетом пунктов 3 и 5:

$$m_{\text{Fe}_3\text{O}_4} = \frac{1}{3} \cdot n_{\text{Fe}} \cdot M_{\text{Fe}_3\text{O}_4} = \frac{0,015 \cdot 232}{3} = 1,16 \text{ г}$$

7.4 С учетом условия задачи и п. 7.3:

$$m_{\text{MgO}} + m_{\text{Mg}_3\text{N}_2} = m_2 - m_{\text{Fe}_3\text{O}_4} = 2,27 - 1,16 = 1,11 \text{ г}$$

7.5 Масса оксида магния:

$$m_{\text{MgO}} = n_{\text{Mg}}^{\text{MgO}} \cdot M_{\text{MgO}}.$$

7.6 Масса нитрида магния с учетом п. 6.4:

$$m_{\text{Mg}_3\text{N}_2} = n_{\text{Mg}_3\text{N}_2} \cdot M_{\text{Mg}_3\text{N}_2} = \frac{1}{3} \cdot n_{\text{Mg}}^{\text{Mg}_3\text{N}_2} \cdot M_{\text{Mg}_3\text{N}_2}$$

7.7 Молярная масса нитрида магния:

$$M_{\text{Mg}_3\text{N}_2} = 3 \cdot M_{\text{Mg}} + 2 \cdot M_{\text{N}} = 3 \cdot 24 + 2 \cdot 14 = 100 \text{ г/моль}$$



5 баллов

8. Система уравнений:

$$\begin{cases} m_{\text{MgO}} + m_{\text{Mg}_3\text{N}_2} = n_{\text{Mg}}^{\text{MgO}} \cdot M_{\text{MgO}} + \frac{1}{3} \cdot n_{\text{Mg}}^{\text{Mg}_3\text{N}_2} \cdot M_{\text{Mg}_3\text{N}_2} = 1,11 \text{ г} \\ n_{\text{Mg}} = n_{\text{Mg}}^{\text{MgO}} \cdot M_{\text{MgO}} \end{cases}$$

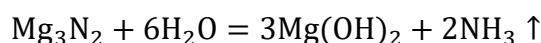
9. Решение системы уравнений с учетом п.п. 7.4 и 5:

$$\begin{aligned} n_{\text{Mg}}^{\text{MgO}} &= 0,017 \text{ моль} \\ n_{\text{Mg}}^{\text{Mg}_3\text{N}_2} &= 0,013 \text{ моль} \end{aligned}$$

3 балла

10. Гидролиз нитрида магния.

10.1 Уравнение реакции:



10.2 Материальный баланс:

$$n_{\text{NH}_3} = 2 \cdot n_{\text{Mg}_3\text{N}_2}$$

10.3 Количество вещества NH_3 с учётом п. 6.3 и 9:

$$n_{\text{NH}_3} = \frac{2}{3} \cdot n_{\text{Mg}}^{\text{Mg}_3\text{N}_2} = \frac{2 \cdot 0,013}{3} = 8,7 \cdot 10^{-3} \text{ моль.}$$

10.4 Объем NH_3 :

$$V_{\text{NH}_3} = n_{\text{NH}_3} \cdot V_{\text{M}} = 8,7 \cdot 10^{-3} \cdot 22,4 = 0,194 \text{ л.}$$

5 баллов

Ответ: объём аммиака при нормальных условиях 0,194 л.

3 балла

Задание 6 (25 баллов)

От объединенных отработанных растворов электролитов (pH=0,5) отобрали 2 пробы. Одну пробу поместили в пробирку, прибавили некоторое количество крепкой калиевой щёлочи, над пробиркой поместили фильтровальную бумагу, смоченную нитратом ртути (I). После добавления щёлочи проба помутнела, а на фильтре образовалось тёмное пятно. К другой пробе прибавили нитрат бария, получили белый осадок. К оставшему раствору прибавили избыточное количество сероводорода. Осадок тёмного цвета отделили, растворили в азотной кислоте (2 моль/л), прибавили избыток гидроксида аммония, получив раствор синего цвета; нерастворённую часть бело-жёлтого цвета отбросили. Раствор после сероводорода кипятили, прибавили хлорид аммония, гидроксид аммония до pH=9 и раствор сульфида аммония. Осадок растворили при нагревании в азотной кислоте (2 моль/л), нерастворённую часть жёлто-белого цвета отбросили. К полученному раствору прибавили избыток гидроксида аммония. Получили бурый осадок и раствор светло-синего цвета. На осадок действовали крепкой натриевой щёлочью и перекисью водорода, раствор желтого цвета отделили. Бурый осадок растворили в азотной кислоте (2 моль/л), прибавили гидроксид натрия до pH=2 и жёлтую кровяную соль, получили осадок синего цвета. Щелочной окрашенный раствор нейтрализовали уксусной кислотой до pH=8, прилили нитрат бария, получили осадок жёлтого цвета. К аммиачному раствору прибавили реактив Чугаева (диметилглиоксим), получили осадок розового цвета.



Укажите катионный и анионный состав исходного раствора, составьте уравнения реакций в молекулярной и ионно-молекулярной формах, составьте схему анализа раствора. Окислительно-восстановительные реакции рекомендуется уравнивать методом полуреакций. При составлении схемы анализа состав осадка рекомендуется записывать в молекулярной форме, состав раствора – в ионно-молекулярной форме (в молекулярной форме записывают слабые электролиты).

Решение:

Катионный и анионный состав исходного раствора

Раствор содержит сульфаты железа (III), хрома (III), меди (II), и никеля (II) и аммония:
 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$; $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$; CuSO_4 ; NiSO_4 ; $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$.

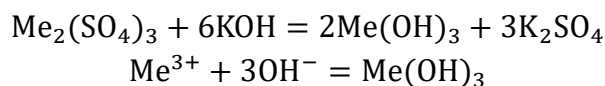
2 балла

Уравнения реакций в молекулярной и ионно-молекулярной форме.

1. Реакции в растворе при добавлении калиевой щёлочи.

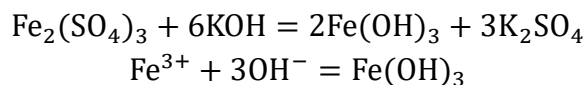
1.1. Осаждение гидроксидов железа (III) и хрома (III).

В общем виде:

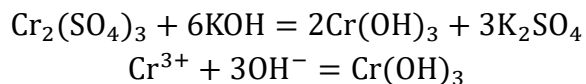


Частные случаи – равносильны записи общей реакции.

1.1.1) Осаждение гидроксида железа (III):



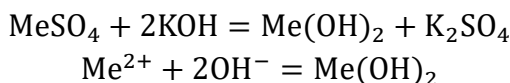
1.1.2) Осаждение гидроксида хрома (III):



1 балл

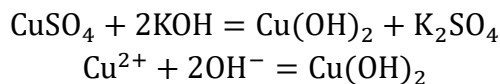
1.2. Осаждение гидроксидов меди (II), никеля (II).

В общем виде:

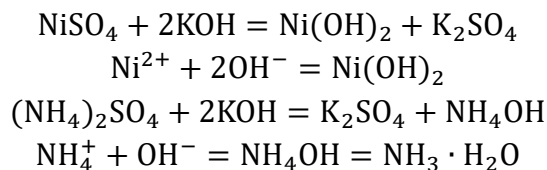


Частные случаи – равносильны записи общей реакции.

1.2.1) Осаждение гидроксида меди (II):

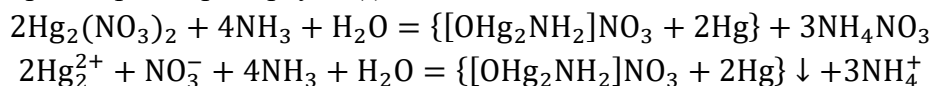


1.2.2) Осаждение гидроксида никеля (II):

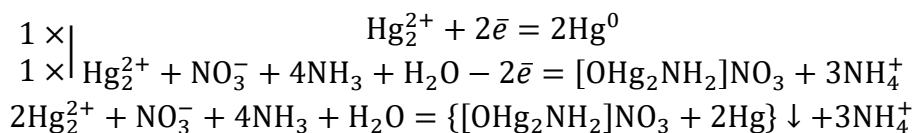


1 балл

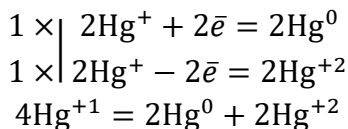
2. Реакция раствора нитрата ртути (I) и аммиака:



Метод полуреакций:



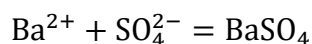
Метод баланса электронов:



1 балл

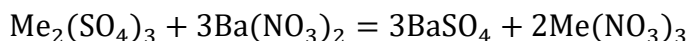
3. Реакция пробы раствора и нитрата бария.

3.1. в ионно-молекулярной форме:



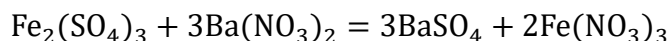
3.2 в молекулярной форме для сульфатов железа (III), хрома (III).

В общем виде:

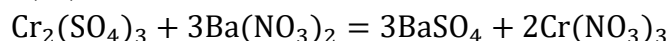


Частные случаи – равносильны записи общей реакции.

Для сульфата железа (III):



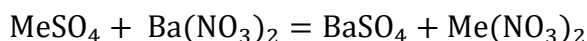
Для сульфата хрома (III):



1 балл

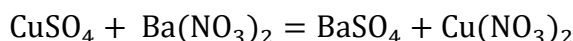
3.3. В молекулярной форме для сульфатов меди, никеля.

В общем виде:

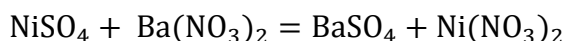


Частные случаи – равносильны записи общей реакции.

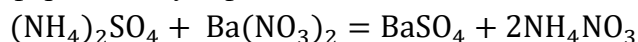
Для сульфата меди:



Для сульфата никеля:



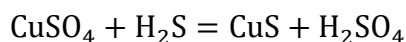
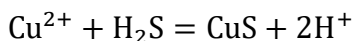
3.4 В молекулярной форме для сульфата аммония:



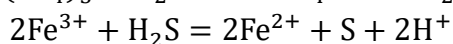
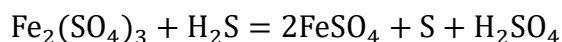
1 балл

4. Реакции при действии сероводорода при pH=0,5.

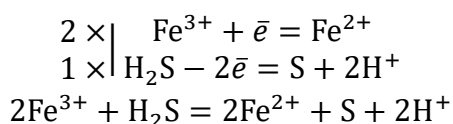
4.1. Осаждение сульфида меди:



4.2 Восстановление трёхвалентного железа:

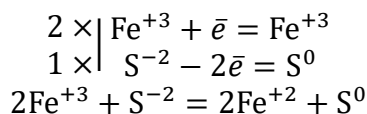


Метод полуреакций:



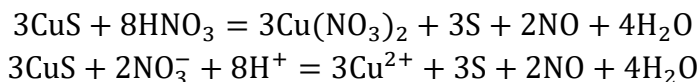


Метод баланса электронов:

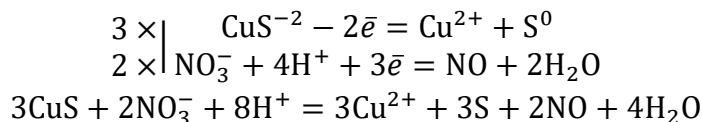


1 балл

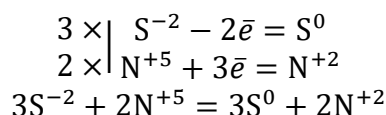
5. Растворение сульфида меди в азотной кислоте:



Метод полуреакций:

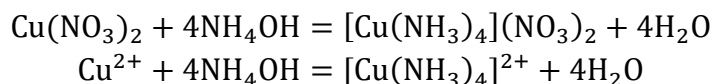


Метод баланса электронов:



1 балл

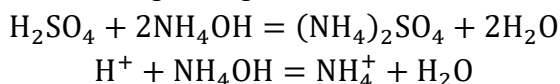
6. Реакция с гидроксидом аммония – образование аммиачного комплекса меди (II):



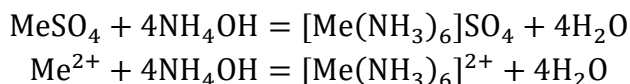
1 балл

7. Реакции при действии гидроксида аммония в присутствии хлорида аммония.

7.1. Нейтрализация сернокислого раствора:

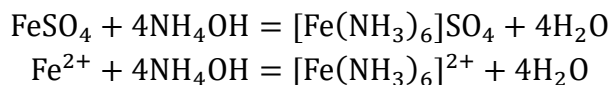


7.2. Образование аммиачных комплексов железа (II) и никеля в общем виде:

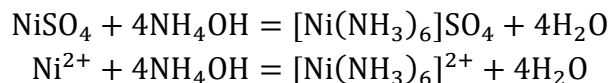


Частные случаи – равносильны записи общей реакции.

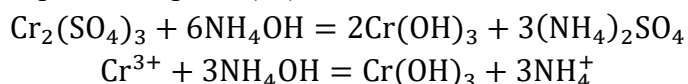
7.2.1) образование аммиачного комплекса железа (II):



7.2.2) образование аммиачного комплекса никеля (II):



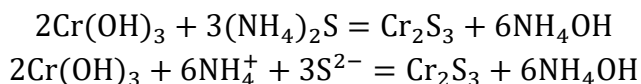
7.3. Образование гидроксида хрома (III):



1 балл

8. Реакции при действии сульфида аммония при pH=9.

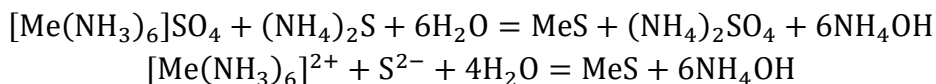
8.1. Осаждение сульфида хрома (III):



8.2. Осаждение сульфидов железа (II) и никеля (II).

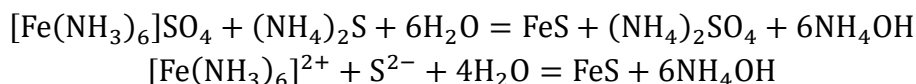


В общем виде:

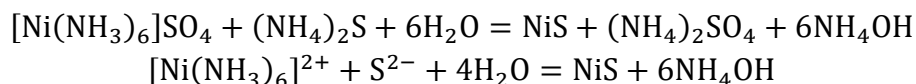


Частные случаи – равносильны записи общей реакции.

8.2.1) Осаждение сульфида железа (II):



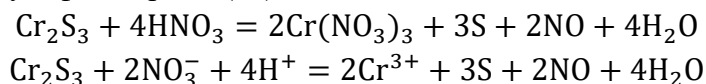
8.2.3) Осаждение сульфида никеля (II):



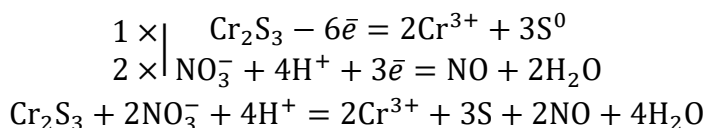
1 балл

9. Реакции сульфидного осадка с азотной кислотой.

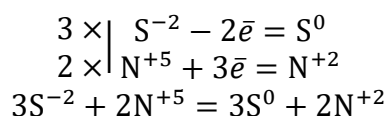
9.1. Растворение сульфида хрома (III):



Метод полуреакций:

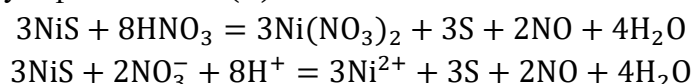


Метод баланса электронов:

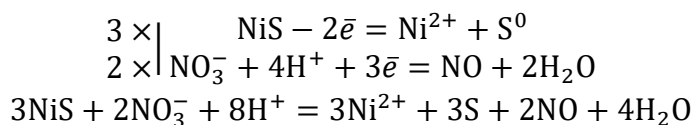


1 балл

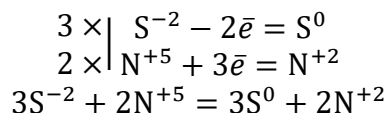
9.2. Растворение сульфида никеля (II):



Метод полуреакций:

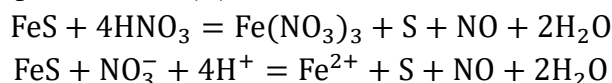


Метод баланса электронов:

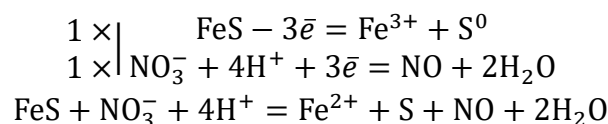


1 балл

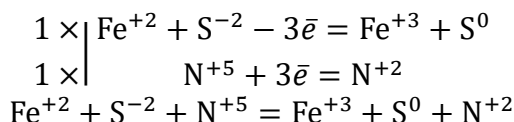
9.3. Растворение сульфида железа (II):



Метод полуреакций:



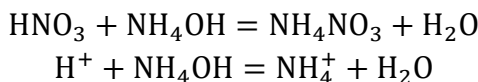
Метод баланса электронов:



1 балл

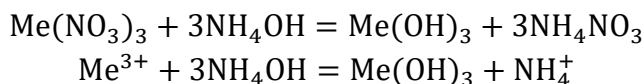
10. Реакции при добавлении к нитратному раствору гидроксида аммония.

10.1. Нейтрализация азотной кислоты:



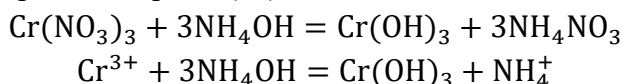
10.2. Осаждение гидроксидов хрома (III), железа (III).

В общем виде:

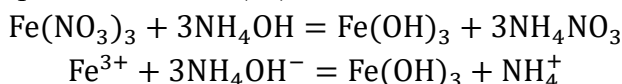


Частные случаи – равносильны записи общей реакции.

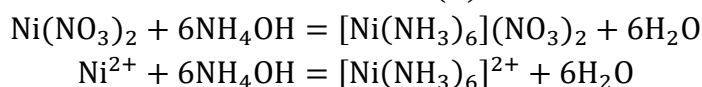
10.2.1) осаждение гидроксида хрома (III):



10.2.2) осаждение гидроксида железа (III):

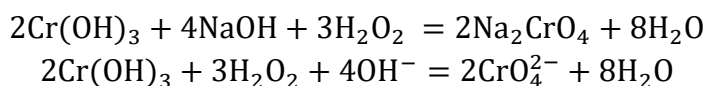


10.3. образование аммиачного комплекса никеля (II):

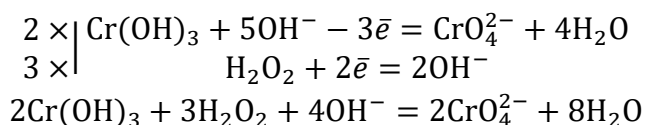


1 балл

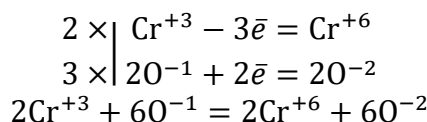
11. Действие на осадок перекиси водорода в щелочной среде – растворение гидроксида хрома (III) :



Метод полуреакций:

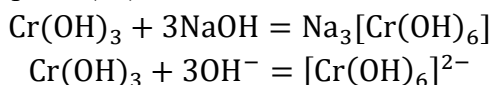


Метод баланса электронов:

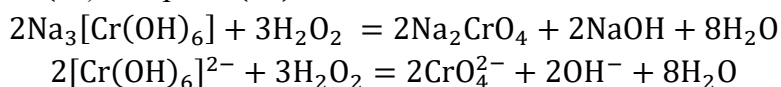


Допускается запись по стадиям; оценка не меняется.

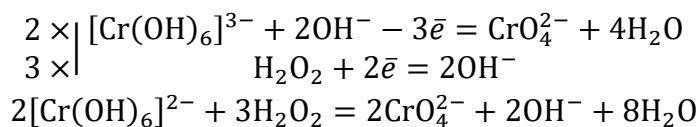
Растворение гидроксида хрома (III):



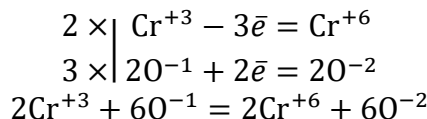
Окисление хрома (III) до хрома (VI):



Метод полуреакций:

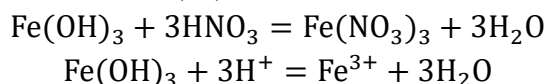


Метод баланса электронов:

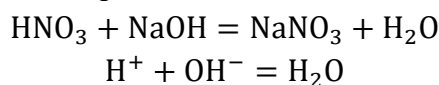


1 балл

12. Растворение гидроксида железа (III) в азотной кислоте:

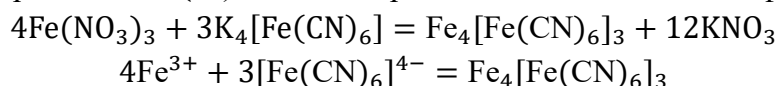


13. Реакция азотной кислоты с натриевой щёлочью:



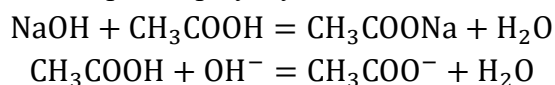
1 балл

14. Реакция нитрата железа (III) и жёлтой кровяной соли – гексацианоферратом (II) калия:

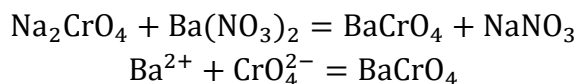


1 балл

15. Нейтрализация щелочного раствора уксусной кислотой:

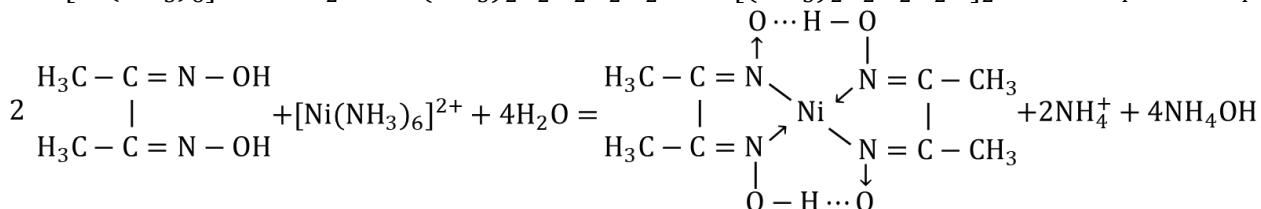
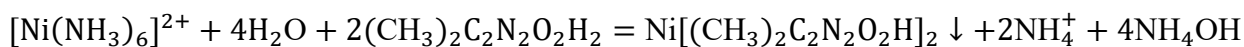
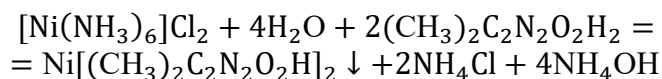


16. Реакция раствора хрома (VI) с солью бария:



1 балл

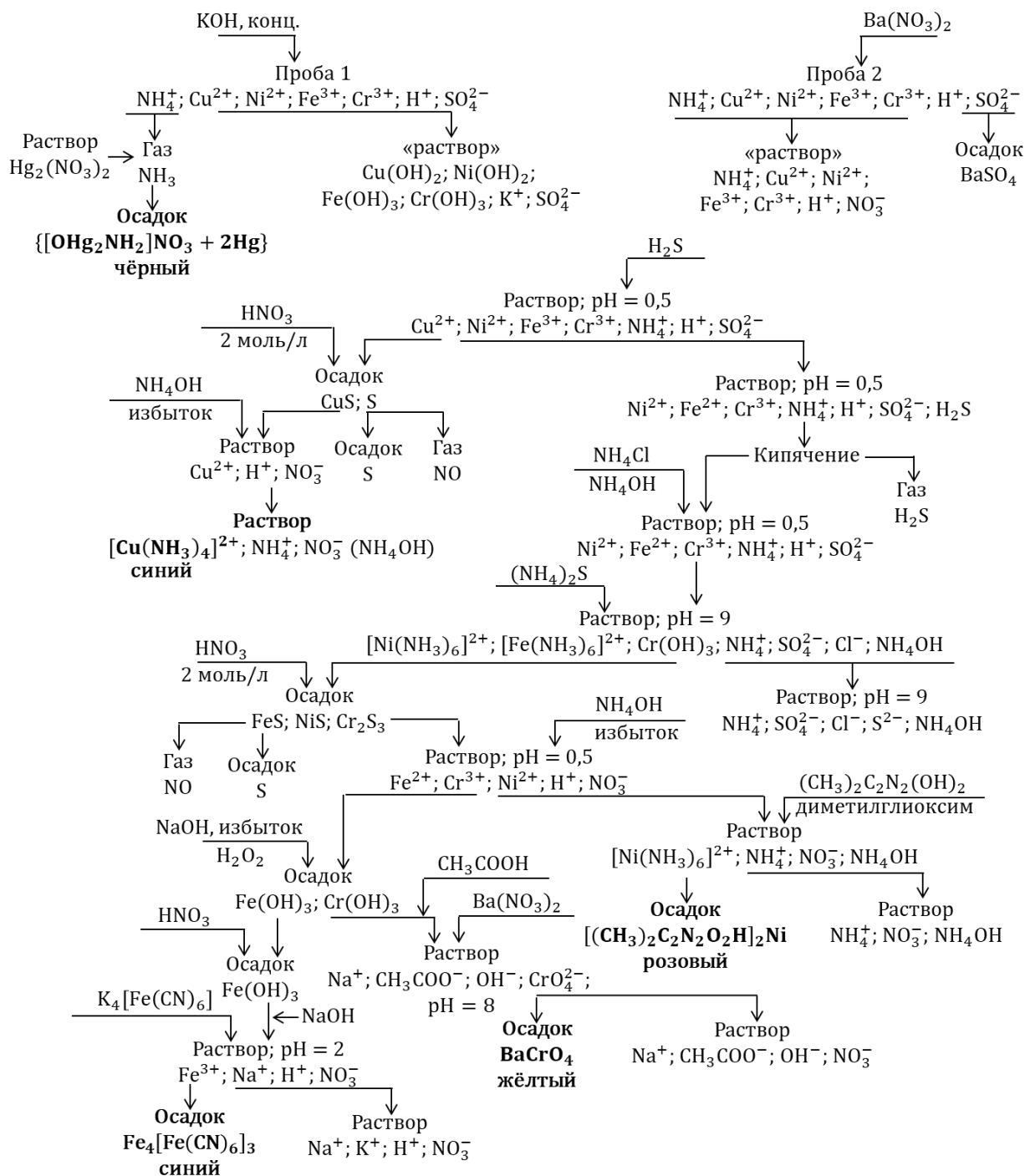
17. Реакция с реактивом Чугаева (pH=8):



2 балла



Схема анализа:



3 балла

Текстовое пояснение к решению задачи

«...пробу поместили в пробирку, прибавили крепкой калиевой щёлочи, над пробиркой поместили фильтровальную бумагу, смоченную нитратом ртути (I). После добавления щёлочи проба помутнела, а на фильтре образовалось тёмное пятно.» Помутнение раствора – образование осадком нерастворимых гидроксидов, изменение цвета фильтровальной бумаги – присутствие в пробе соли аммония.

«К другой пробе прибавили нитрат бария, получили белый осадок» – указание на наличие сульфата.



«К оставшемуся раствору прибавили избыточное количество сероводорода. Осадок тёмного цвета отделили, растворили в азотной кислоте (2 моль/л)» – в сильно кислой среде при действии сероводорода образуется самый малорастворимый сульфид меди, который растворим только в азотной кислоте за счёт окислительной функции азота.

«К полученному раствору прибавили избыток гидроксида аммония, получив раствор синего цвета» – указание на наличие в растворе меди.

«...нерастворённую часть бело-жёлтого цвета отбросили» – при осаждении и растворении сульфида меди побочным продуктом является сера; при осаждении сульфида меди сероводород реагирует с трёхвалентным железом, образуется сера и железо двухвалентное.

«Раствор после воздействия сероводорода кипятили» – операция для удаления растворённого сероводорода.

«К раствору прибавили хлорид аммония, гидроксид аммония до $pH=9$; затем сульфид аммония, отделили полученный осадок» – описание получения сульфидов железа (II), никеля, хрома.

«Раствор нейтрализовали до pH , близкого к нейтральному. К одной порции раствора прибавили дигидроантимонат калия, образования осадка не наблюдали. К другой порции раствора прибавили гексанитрокобальтат (III) натрия, образования осадка не наблюдали» – отсутствие калия и натрия.

«Осадок растворили при нагревании в азотной кислоте (2 моль/л), нерастворённую часть жёлто-белого цвета отбросили» – сульфид хрома легко растворяется в любых разбавленных сильных минеральных кислотах; растворение сульфида никеля происходит в азотной кислоте за счёт окислительной функции пентавалентного азота; растворение сульфида железа (II) в азотной кислоте сопровождается окислением железа до трёхвалентного состояния; побочным продуктом является элементарная сера.

«К полученному окрашенному раствору прибавили избыток гидроксида аммония. Получили бурый осадок и раствор светло-синего цвета» – указание на существование элемента, образующего аммиачные комплексы (никеля).

«На осадок подействовали крепким раствором натриевой щёлочи, к полученной взвеси добавили перекись водорода, прокипятили, раствор желтого цвета отделили от осадка бурого цвета» – перевод в раствор и окисление хрома до шестивалентного состояния.

«Бурый осадок обработали азотной кислотой концентрацией 2 моль/л, к полученному раствору прибавили гидроксид натрия до $pH=2$ и жёлтую кровавую соль, получили осадок синего цвета» – образование т.н. берлинской лазури, указание на наличие соли трёхвалентного железа.

«Щелочной окрашенный раствор нейтрализовали уксусной кислотой до $pH=8$ и разделили на 2 части и прилили нитрат бария, получили осадок жёлтого цвета» – осаждение хромат-иона солью бария, указание на наличие в растворе хрома.

«К аммиачному раствору прибавили реактив Чугаева (диметилглиоксим) и получили осадок розового цвета» – указание на наличие никеля.

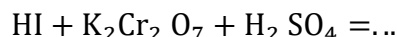


ХИМИЯ

ВАРИАНТ 3

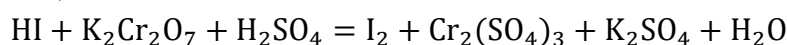
Задание 1 (5 баллов)

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, в сокращенной ионно-молекулярной форме:



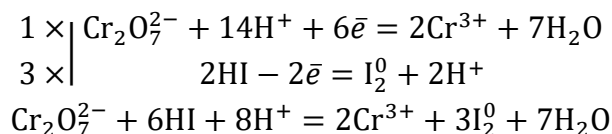
Решение:

1) Продукты реакции:

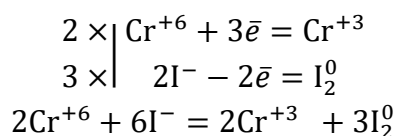


1 балл

2а) Метод полуреакций:

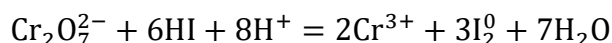


2б) Метод баланса электронов:



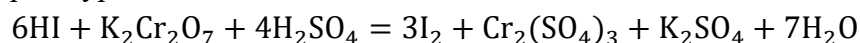
2 балла

3) Ионное уравнение:



1 балл

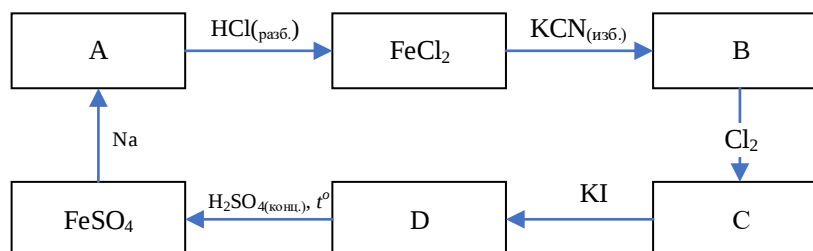
4) Молекулярное уравнение:



1 балл

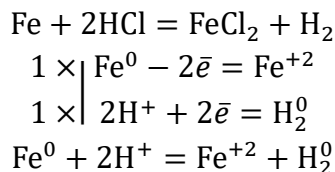
Задание 2 (10 баллов)

Определите формулы веществ A, B, C, D. Напишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакции, с помощью которых можно осуществить следующие превращения. Вещества в цепочке могут находиться как в твердом состоянии, так и в растворе. Окислительно-восстановительные реакции должны сопровождаться методом полуреакций или методом электронного баланса:



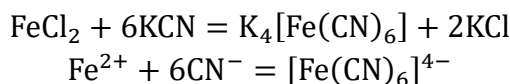
**Решение:**

1.



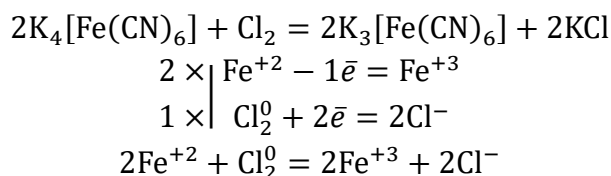
2 балла

2.



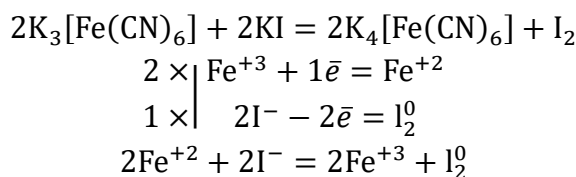
1 балла

3.



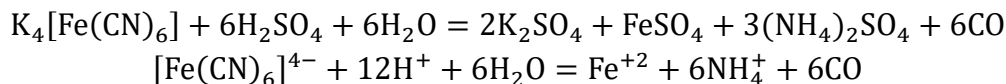
2 балла

4.



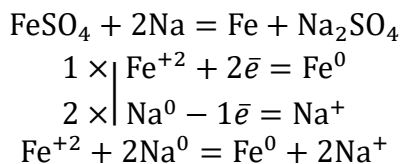
2 балла

5.



1 балла

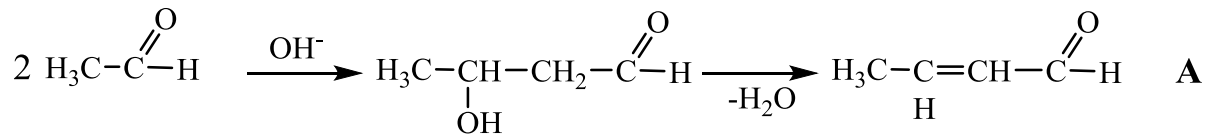
6.



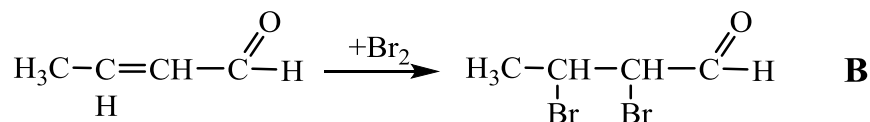
2 балла

Ответ: А – Fe; В – $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$; С – $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$; D – $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$.**Задание 3 (15 баллов)**

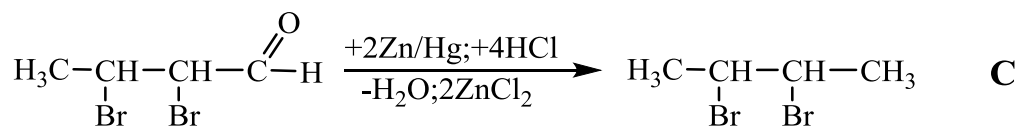
Продукт конденсации уксусного альдегида **А** пропустили через бромную воду с образованием вещества **В**, которое в условиях реакции Клемменсена образует вещество **С**. При взаимодействии вещества **С** с водным раствором щелочи получили соединение **Д**, которое подвергли микроволновому облучению в среде паратолуолсульфокислоты с образованием соединения **Е**. Напишите все реакции и формулы веществ.

**Решение:**

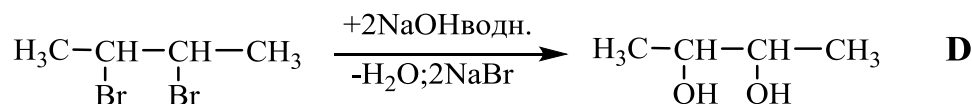
3 балла



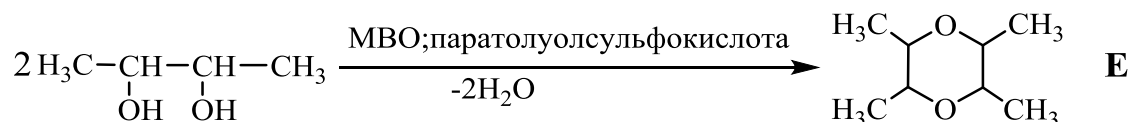
3 балла



3 балла



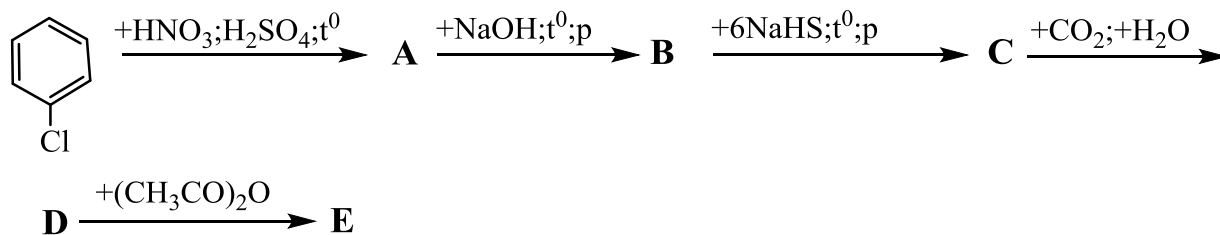
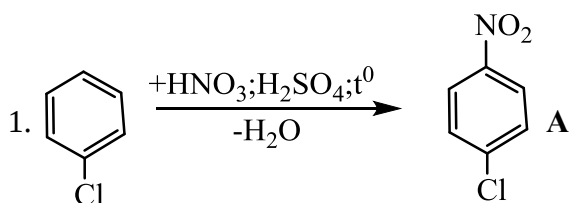
3 балла



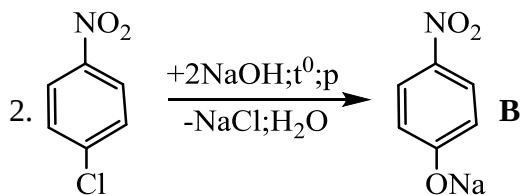
3 балла

Задание 4 (20 баллов)

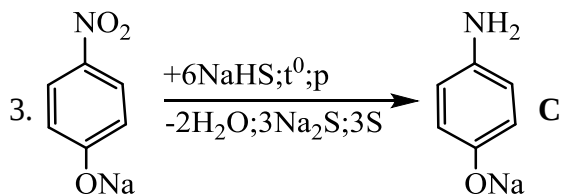
Предложите формулы органических веществ и уравнения химических реакций в соответствии со схемой превращений.

**Решение:**

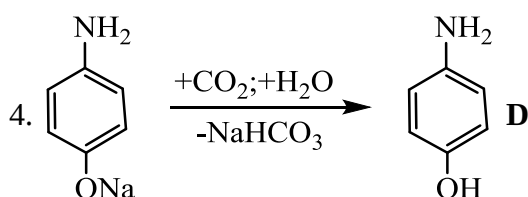
4 балла



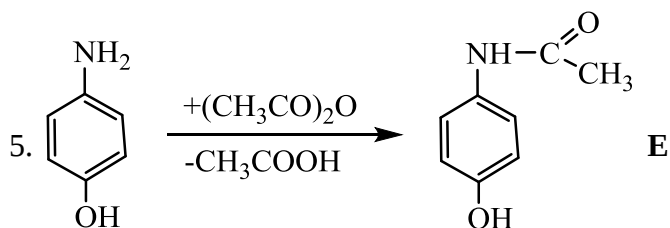
4 балла



4 балла



4 балла



4 балла

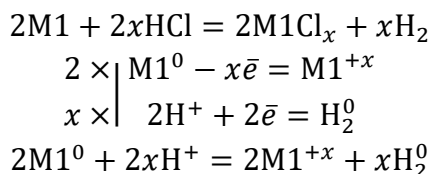
Задание 5 (25 баллов)

Лаборант взял сплав, состоящий из двух металлов. Известно, что эти два металла в сплаве находятся в одинаковом молярном соотношении. Было замечено, что если обработать 2,04 г сплава соляной кислотой, то выделится 2240 мл (н.у.) водорода, столько же, как если бы обработать 3,4 г сплава избытком горячего раствора гидроксида натрия. Помогите лаборанту определить качественный и количественный (массовые доли) состав металлов в исходном сплаве.

Решение:

1. Действие соляной кислоты.

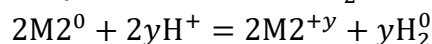
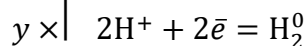
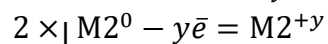
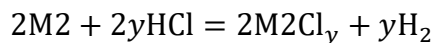
1.1. Реакция металла-1 (M1) со степенью окисления x :



1.2. Материальный баланс реакции 1.1 с учётом условия задачи $n_{M1} = n_{M2} = n_M^{(1)}$:

$$n_{H_2}^{M1} = \frac{x}{2} n_{M1} = \frac{x}{2} n_M^{(1)}$$

1.3. Реакция металла-2 (M2) со степенью окисления y :



1.4. Материальный баланс реакции 1.3 с учётом условия задачи $n_{M1} = n_{M2} = n_M^{(1)}$:

$$n_{H_2}^{M2} = \frac{y}{2} n_{M2} = \frac{y}{2} n_M^{(1)}$$

1.5. Количество вещества водорода:

$$n_{H_2}^{(1)} = n_{H_2}^{M1} + n_{H_2}^{M2} = 0,5 \cdot n_M^{(1)} \cdot (x + y)$$

1.6. Масса сплава, взятая на реакцию с соляной кислотой:

$$m_1 = m_{M1} + m_{M2} = n_{M1}M_1 + n_{M2}M_2 = n_M^{(1)} \cdot (M_1 + M_2)$$

5 баллов

2. Взаимодействие со щёлочью.

2.1. Схема (баланс электронов) реакции металла-1:

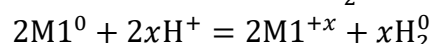
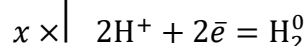
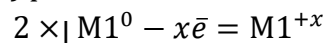


Схема реакции идентична п. 1.1., поэтому материальный баланс реакции 2.1 такой же (п. 1.2).

2.2. Предполагаемое взаимодействие металла-2 со щёлочью будет описано как п. 1.3 и

1.4.

2.3. Масса сплава, взятая на реакцию с щёлочью:

$$m_2 = n_M^{(2)} \cdot (M_1 + M_2) > m_1$$

2.4. При условии реакции со щёлочью двух металлов:

$$n_{H_2}^{(2)} = 0,5 \cdot n_M^{(2)} \cdot (x + y)$$

Ожидаемо:

$$n_{H_2}^{(2)} > n_{H_2}^{(1)}.$$

Согласно условию задачи:

$$n_{H_2}^{(2)} = n_{H_2}^{(1)} = n_{H_2}$$

следовательно, со щёлочью реагирует только один металл с амфотерными свойствами и количество водорода, получаемое по реакции 2.1 определяется количеством этого металла и его степенью окисления (валентностью):

$$n_{H_2}^{(2)} = \frac{x}{2} n_M^{(2)}$$

5 баллов

3. Количество вещества водорода:

$$n_{H_2} = \frac{V}{V_M} = \frac{2,24}{22,4} = 0,1 \text{ моль.}$$

2 балла

4. Соотношение масс сплава, взятых на реакцию с соляной кислотой и щёлочью согласно п. 1.6. и п. 2.3:



$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{n_M^{(2)} \cdot (M_1 + M_2)}{n_M^{(1)} \cdot (M_1 + M_2)} = \frac{n_M^{(2)}}{n_M^{(1)}} = \frac{3,4}{2,04} = 1,67$$

или

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{n_M^{(1)} \cdot (M_1 + M_2)}{n_M^{(2)} \cdot (M_1 + M_2)} = \frac{n_M^{(1)}}{n_M^{(2)}} = \frac{2,04}{3,4} = 0,60$$

2 балла

5. Соотношение количества вещества водорода, полученного по реакции амфотерного металла с соляной кислотой и щёлочью согласно п. 1.2 и п. 2.5 и с учётом п. 4:

$$\frac{n_{H_2}^{(2)}}{n_{H_2}^{M1}} = \frac{0,5x \cdot n_M^{(2)}}{0,5x \cdot n_M^{(1)}} = \frac{n_M^{(2)}}{n_M^{(1)}} = 1,67$$

или

$$\frac{n_{H_2}^{M1}}{n_{H_2}^{(2)}} = \frac{0,5x \cdot n_M^{(1)}}{0,5x \cdot n_M^{(2)}} = \frac{n_M^{(1)}}{n_M^{(2)}} = 0,60$$

2 балла

6. Количество вещества водорода, полученного при реакции амфотерного металла M1 с соляной кислотой по реакции 1.1:

$$n_{H_2}^{M1} = \frac{n_{H_2}^{(2)}}{1,67} = \frac{0,1}{1,67} = 0,06 \text{ моль}$$

или

$$n_{H_2}^{M1} = n_{H_2}^{(2)} \cdot 0,6 = 0,1 \cdot 0,6 = 0,06 \text{ моль.}$$

1 балла

7. Количество вещества водорода, полученного по реакции основного металла M2 с соляной кислотой по реакции 1.3:

$$n_{H_2}^{M2} = n_{H_2} - n_{H_2}^{M1} = 0,1 - 0,06 = 0,04 \text{ моль.}$$

1 балл

8. Соотношение количества водорода по реакциям 1.1. и 1.3:

$$\frac{n_{H_2}^{M1}}{n_{H_2}^{M2}} = \frac{0,5x \cdot n_M^{(1)}}{0,5y \cdot n_M^{(1)}} = \frac{x}{y} = \frac{0,06}{0,04} = \frac{3}{2}$$

валентность металла-1 равна трём, валентность металла-2 равна двум.

1 балл

9. Количество вещества металла.

9.1. По реакции металла 1 с соляной кислотой – п. 1.1, п. 1.2:

$$n_M^{(1)} = n_{H_2}^{M1} \cdot \frac{2}{3} = 0,06 \cdot \frac{2}{3} = 0,04 \text{ моль}$$

9.2. По реакции металла 2 с соляной кислотой:

$$n_M^{(1)} = n_{H_2}^{M2} = 0,04 \text{ моль}$$

9.3. По реакции металла 1 с щёлочью:

$$n_M^{(2)} = n_{H_2}^{(2)} \cdot \frac{2}{3} = 0,1 \cdot \frac{2}{3} = 0,067 \text{ моль}$$

2 балла



10. Сумма молярных масс:

$$(M_1 + M_2) = \frac{m_1}{n_M^{(1)}} = \frac{2,04}{0,04} = \frac{m_2}{n_M^{(2)}} = \frac{3,4}{0,067} = 51 \text{ г/моль}$$

Молярная масса сплава:

$$M = \frac{m_1}{2n_M^{(1)}} = \frac{2,04}{0,08} = 25,5 \text{ г/моль}$$

является средним арифметическим молярных масс компонентов.

Методом подбора получают качественный состав металлов в исходном сплаве:

металл-1 – алюминий, молярная масса 27 г/моль, валентность равна 3;

металл 2 – магний, молярная масса 24 г/моль, валентность равна 2.

2 балла

11. Количественный состав металлов в исходном сплаве.

11.1 Массы металлов:

$$m_{Al} = n_M^{(1)} \cdot M_{Al} = 0,04 \cdot 27 = 1,08 \text{ г};$$

$$m_{Mg} = n_M^{(1)} \cdot M_{Al} = 0,04 \cdot 24 = 0,96 \text{ г}.$$

11.2. Массовые доли металлов:

$$\omega_{Al} = \frac{m_{Al}}{m_1} \cdot 100 \% = \frac{1,08}{2,04} \cdot 100 = 52,94 \%;$$

$$\omega_{Mg} = \frac{m_{Mg}}{m_1} \cdot 100 \% = \frac{0,96}{2,04} \cdot 100 = 47,06 \%.$$

2 балла

Ответ: сплав состоит из магния и алюминия; $\omega(Mg) = 47,06 \%$; $\omega(Al) = 52,94 \%$.

Задание 6 (25 баллов)

К отдельной пробе раствора с $pH=2$, полученного кислотным разложением комплексной окисленной руды, прибавили соляную кислоту концентрацией 2 моль/л, и получив осадок белого цвета, который полностью растворили в горячей воде, добавили иодид калия – получили осадок жёлтого цвета. К общей массе раствора добавили хлорид аммония, гидроксид аммония до $pH=9$, сульфид аммония, полученный осадок отделили и тут же растворили в соляной кислоте (2 моль/л). Раствор нейтрализовали гидроксидом аммония в присутствии хлорида аммония до $pH=5,5$, полученный белый осадок растворили в небольшом количестве разбавленной уксусной кислоты, при $pH=5$ (добавление разбавленного гидроксида натрия) добавили раствор алюминона – получили осадок красного цвета. Раствор после отделения белого осадка подкислили соляной кислотой до $pH=2$, добавили сульфид натрия, получили белый осадок. К раствору после добавления сульфида аммония добавили уксусную кислоту, смесь прокипятили и упарили до получения сухих кристаллов, которые растворили в воде. Полученный раствор разделили на три части. К одной части при $pH=7-8$ добавили раствор дигидроантимоната калия, получили белый осадок, к другой части прилили раствор гиксанитрокобальтата натрия, получили жёлтый осадок, к третьей части прилили раствор оксалата натрия, получили белый осадок.

Укажите состав исходного раствора, составьте уравнения реакций в молекулярной и ионно-молекулярной формах, схему анализа раствора. Окислительно-восстановительные



реакции рекомендуется уравнивать методом полуреакций. При составлении схемы состав осадка рекомендуется записывать в молекулярной форме, состав раствора – в ионно-молекулярной форме (в молекулярной форме записывают слабые электролиты).

Решение:

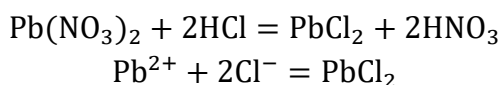
Катионный и анионный состав исходного раствора

Раствор содержит нитраты свинца (II), алюминия, цинка, магния, калия, натрия: $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$; $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$; $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$; $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$; KNO_3 ; NaNO_3 .

2 балла

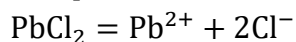
Уравнения реакций в молекулярной и ионно-молекулярной форме.

1. Реакция с соляной кислотой:



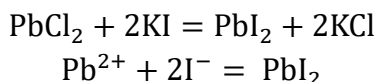
1 балл

2. Растворение хлорида свинца в горячей воде:



1 балл

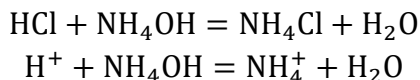
3. Реакция с иодидом калия (в горячем растворе) :



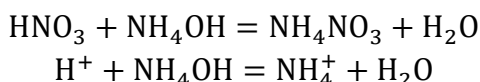
1 балл

4. Реакции с гидроксидом аммония (в присутствии хлорида аммония).

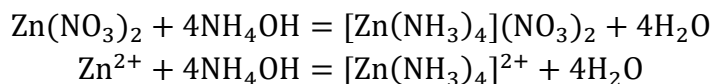
4.1. Нейтрализация соляной кислоты:



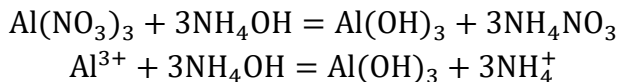
4.2. Нейтрализация азотной кислоты:



4.3. Образование аммиачного комплекса цинка:



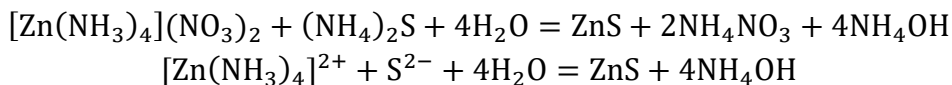
4.4. Образование гидроксида алюминия:



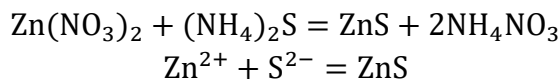
2 балла

5. Реакции с сульфидом аммония.

5.1. Осаждение сульфида цинка:



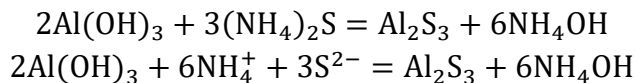
Допускается запись с простым катионом цинка:



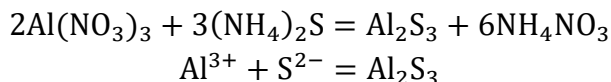


1 балл

5.2. Образование сульфида алюминия:



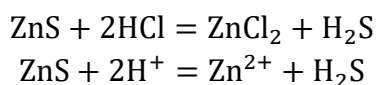
Допускается запись с простым катионом алюминия:



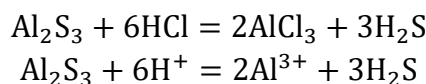
1 балл

6. Растворение в соляной кислоте.

6.1. Сульфида цинка:



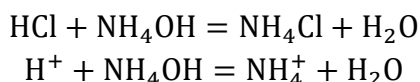
6.2. Сульфида алюминия:



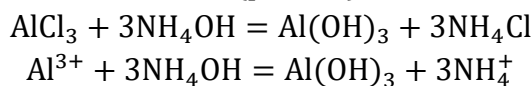
1 балл

7. Реакции при добавлении гидроксида аммония (в присутствии хлорида аммония).

7.1. Частичная нейтрализация соляной кислоты (до pH=5,5):

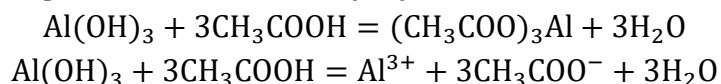


7.2. Осаждение гидроксида алюминия (pH=5,5):



1 балл

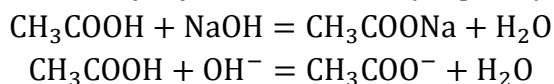
8. Растворение гидроксида алюминия в уксусной кислоте:



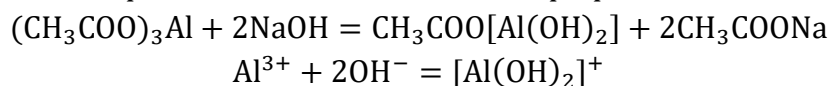
1 балл

9. Реакции при добавлении гидроксида натрия.

9.1. Частичная нейтрализация уксусной кислоты (до pH=5):

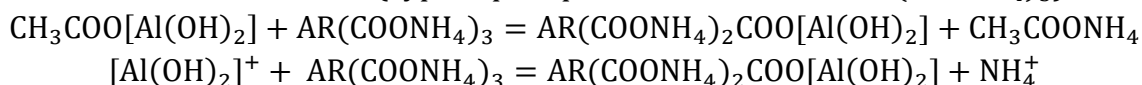


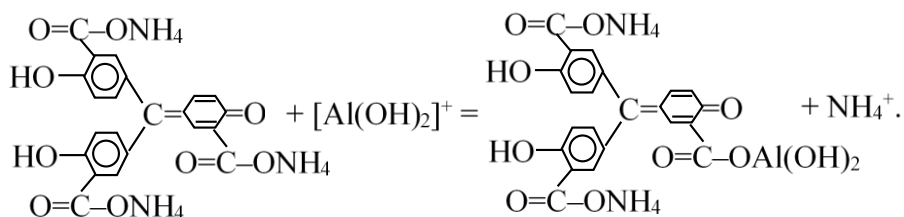
9.2. Образование гидрокомплекса алюминия при pH=5:



2 балла

10. Реакция с алюминоном (ауринтрикарбонатом аммония, $\text{AR}(\text{COONH}_4)_3$):

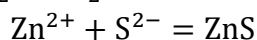
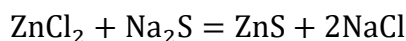




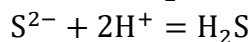
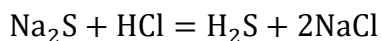
2 балла

11. Реакции с сульфидом натрия, pH=2.

11.1. Осаждение сульфида цинка:



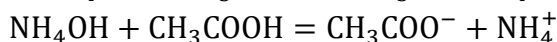
11.2. Разложение сульфида натрия в кислой среде:



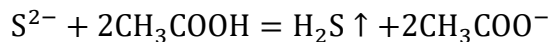
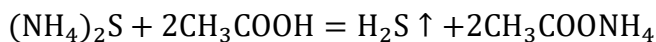
1 балл

12. Реакции с уксусной кислотой в аммиачно-сульфидном растворе.

12.1. Гидроксида аммония:

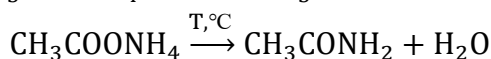
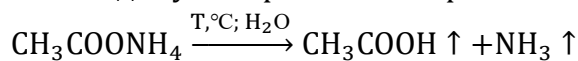


12.2. Сульфида аммония:

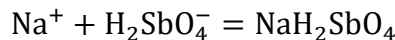
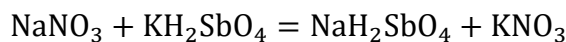


1 балл

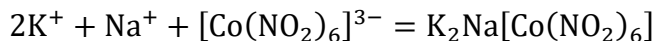
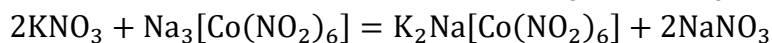
13. Реакции при нагревании до сухих кристаллов – разложение ацетата аммония:



1 балл

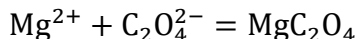
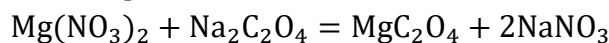
14. Реакция с дигидроантимонатом калия KH_2SbO_4 :

1 балл

15. Реакция с гексанитрокобальтатом (III) натрия $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$:

1 балл

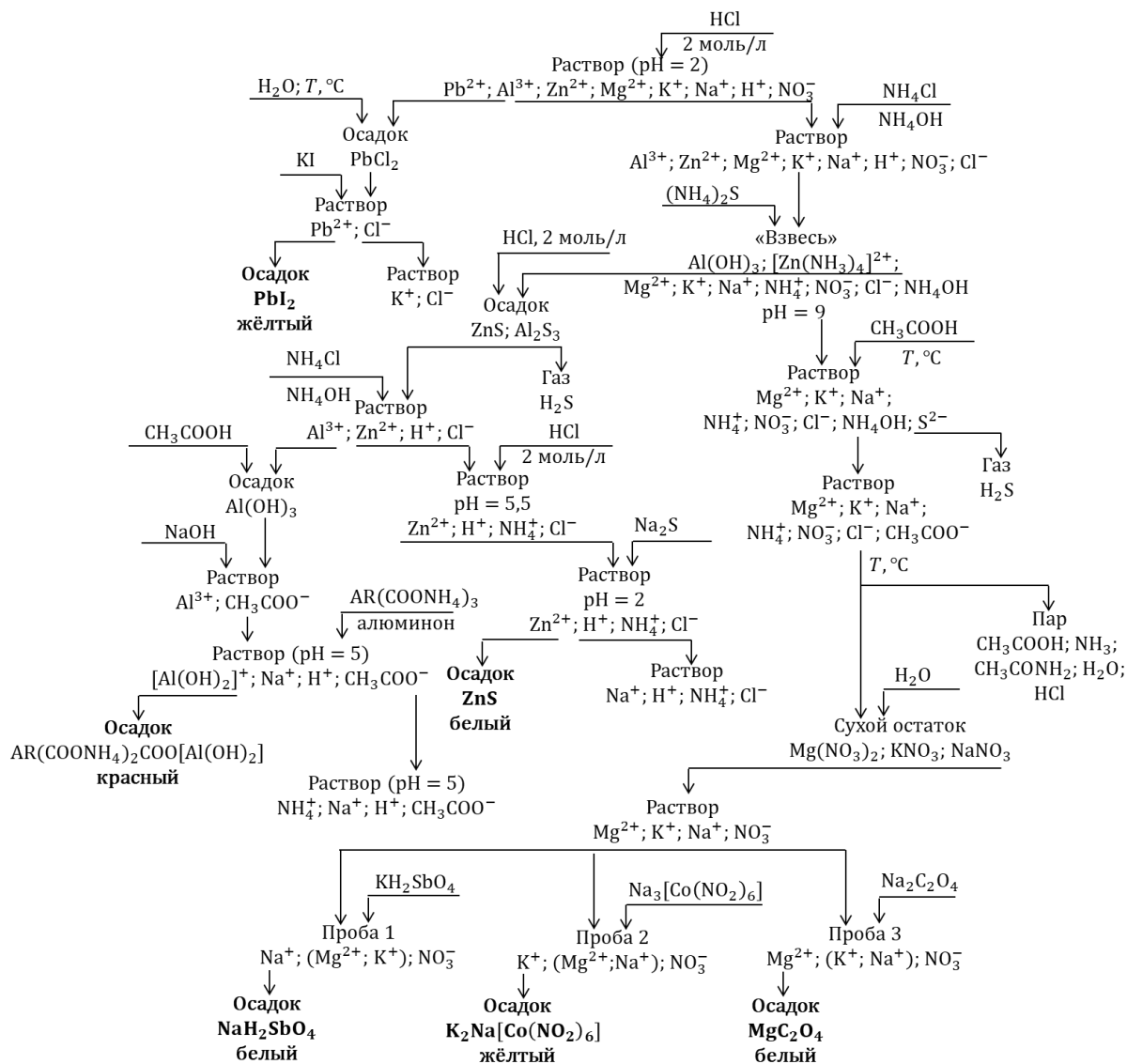
16. Реакция с оксалатом натрия:



1 балл



Схема анализа:



3 балла

Текстовое пояснение к решению задачи.

«К пробе раствора прибавили соляную кислоту концентрацией 2 моль/л и получили осадок белого цвета, который при действии горячей воды полностью растворился, а при добавлении к раствору иодида калия получили осадок жёлтого цвета» – указание на наличие в растворе ионов свинца (II) и отсутствие серебра и ртути (I), следовательно, раствор нитратный.

«... добавили хлорид аммония, затем гидроксид аммония до $pH=9$, ... сульфид аммония, ... осадок ... растворили в соляной кислоте» – указание на наличие элементов, дающих сульфиды при $pH=9$, растворимых в соляной кислоте – алюминий, цинк.

«Раствор нейтрализовали гидроксидом аммония в присутствии хлорида аммония до $pH=5,5$, белый осадок растворили в ... уксусной кислоте ... при $pH=5$ добавили алюминон, получили осадок красного цвета» – указание на наличие алюминия.

«Раствор подкислили до $pH=2$, добавили сульфид натрия и получили белый осадок» – указание на наличие в растворе цинка.



«К раствору после добавления сульфида аммония добавили небольшой избыток уксусной кислоты, смесь прокипятили и упарили до получения сухих кристаллов» – операция удаления избытка солей аммония: при прокаливании «до сухих кристаллов» ацетат аммония разлагается.

«К одной части при $pH=7-8$ добавили раствор дигидроантимоната калия, получили белый осадок» – указание на наличие натрия.

«... к другой части прилили раствор гексанитрокобальтата натрия, получили жёлтый осадок» – свидетельство наличия калия.

«... к третьей части прилили раствор оксалата натрия, получили белый осадок» – наличие магния.

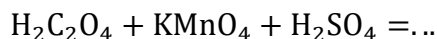


ХИМИЯ

ВАРИАНТ 4

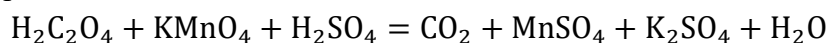
Задание 1 (5 баллов)

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, в сокращенной ионно-молекулярной форме:



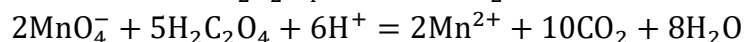
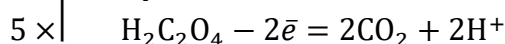
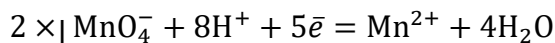
Решение:

1) Продукты реакции:

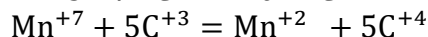
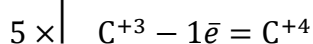
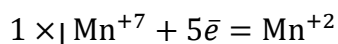


1 балл

2а) Метод полуреакций:

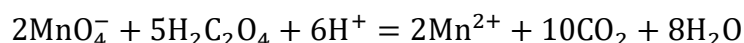


2б) Метод баланса электронов:



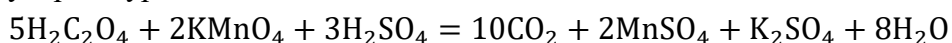
2 балла

3) Ионное уравнение:



1 балл

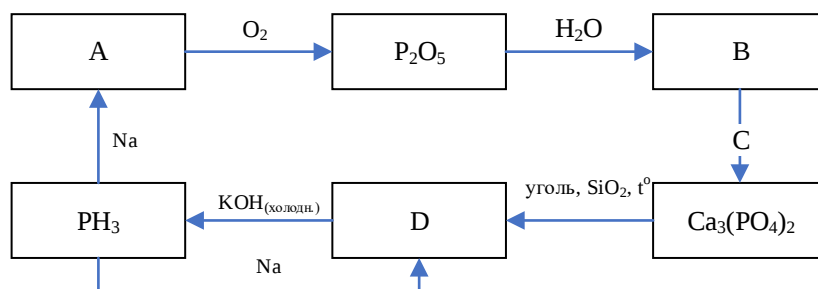
4) Молекулярное уравнение:



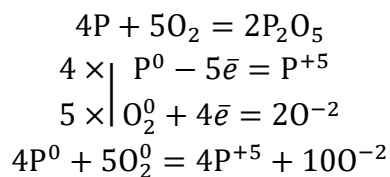
1 балл

Задание 2 (10 баллов)

Определите формулы веществ *A*, *B*, *C*, *D*. Напишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакции, с помощью которых можно осуществить следующие превращения. Вещества в цепочке могут находиться как в твердом состоянии, так и в растворе. Окислительно-восстановительные реакции должны сопровождаться методом полуреакций или методом электронного баланса:

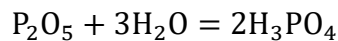
**Решение:**

1.



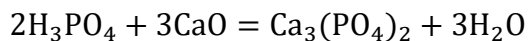
2 балла

2.



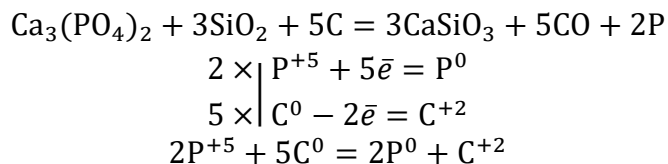
1 балл

3.



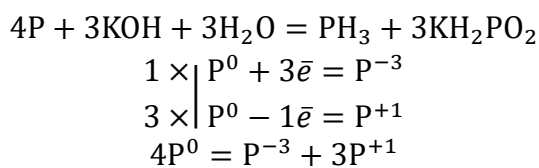
1 балла

4.



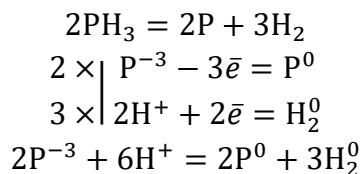
2 балла

5.



2 балла

6.

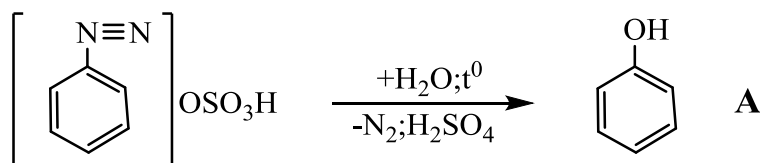


2 балла

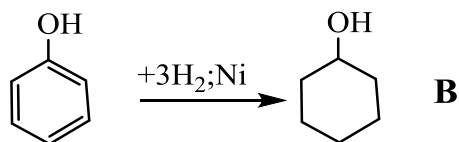
Ответ: A – P; B – H_3PO_4 ; C – CaO; D – P.

**Задание 3 (15 баллов)**

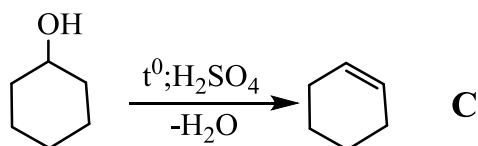
Водный раствор сульфата фенилдиазония прокипятили до образования продукта **A**. Продукт **A** восстановили на никелевом катализаторе до соединения **B**, которое при нагревании с серной кислотой перешло в вещество **C**. Продукт окисления вещества **C** на катализаторе SeO_2 **D** подвергли озонолиту без добавления цинковой пыли до образования **E**. Напишите все реакции и формулы веществ.

Решение:

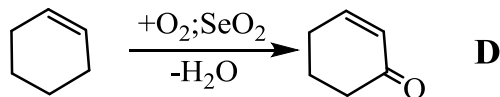
3 балла



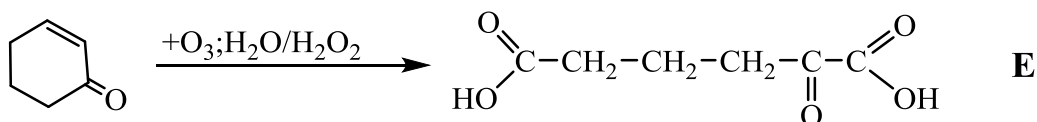
3 балла



3 балла



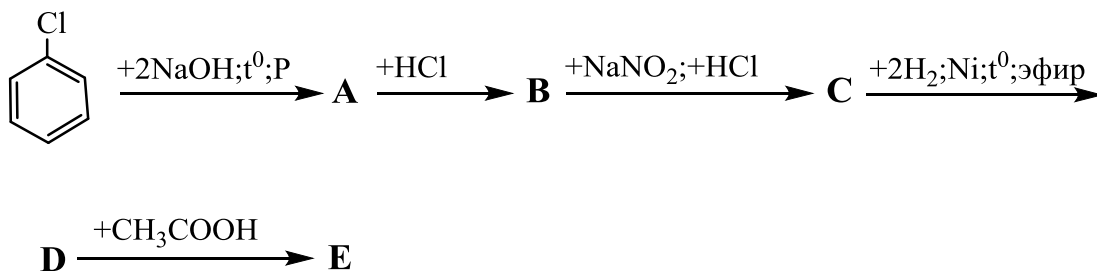
3 балла

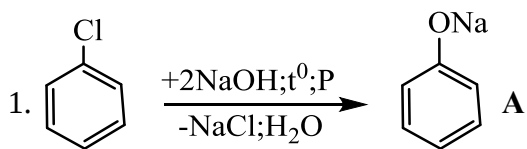


3 балла

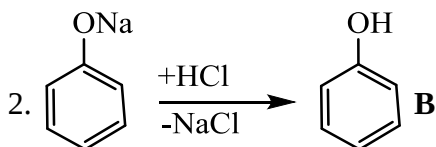
Задание 4 (20 баллов)

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

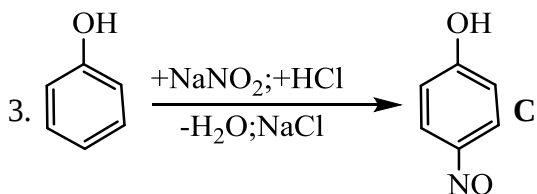


**Решение:**

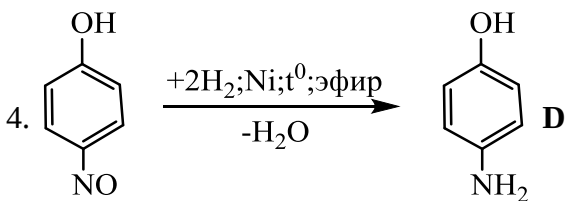
4 балла



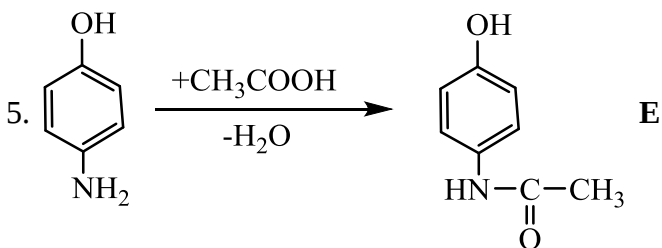
4 балла



4 балла



4 балла



4 балла

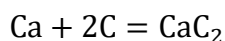
Задание 5 (25 баллов)

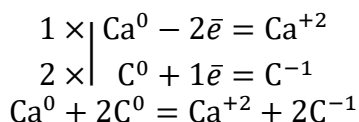
Лаборант набрал в тигель 37,6 г смеси, содержащей кальций и алюминий, после чего добавил избыточное количество графитового порошка. Тигель с приготовленной смесью поместили в вакуумную печь и прокалили до полного спекания компонентов. Полученный после реакции продукт поместили в раствор 10 % соляной кислоты, в которой он полностью растворился, при этом выделилось 22,4 л газа. Определите состав исходной смеси (в граммах) и полученного газа (в литрах измеренных при н.у.). Свои размышления подтвердите химическими реакциями.

Решение:

1. Реакция спекания.

1.1. Реакция кальция и углерода:

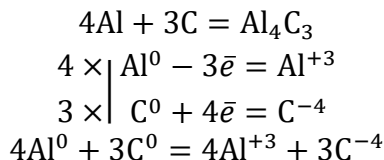




1.2. Материальный баланс реакции 1.1:

$$n_{\text{CaC}_2} = n_{\text{Ca}}$$

1.3. Реакция алюминия и углерода:



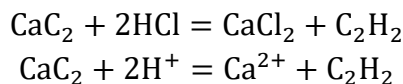
1.4. Материальный баланс реакции 1.3:

$$n_{\text{Al}_4\text{C}_3} = 0,25 \cdot n_{\text{Al}}$$

4 балла

2. Реакция с соляной кислотой.

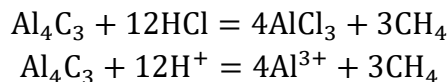
2.1. Реакция карбида кальция:



2.2. Материальный баланс реакции 2.1. с учётом п. 1.2:

$$n_{\text{C}_2\text{H}_2} = n_{\text{CaC}_2} = n_{\text{Ca}}$$

2.3. Реакция карбида алюминия:



2.4. Материальный баланс реакции 2.3. с учётом п. 1.3:

$$n_{\text{CH}_4} = 3n_{\text{Al}_4\text{C}_3} = 0,75 \cdot n_{\text{Al}}$$

4 балла

3. Объём газа по реакциям 2.1 и 2.3:

$$V = V_{\text{C}_2\text{H}_2} + V_{\text{CH}_4} = 22,4 \text{ л}$$

2 балла

4. Количество вещества газа по реакциям 2.1 и 2.3:

$$n = n_{\text{C}_2\text{H}_2} + n_{\text{CH}_4} = n_{\text{Ca}} + 0,75 \cdot n_{\text{Al}} = 1 \text{ моль}$$

2 балла

5. Масса смеси металлов:

$$m = m_{\text{Ca}} + m_{\text{Al}} = n_{\text{Ca}} \cdot M_{\text{Ca}} + n_{\text{Al}} \cdot M_{\text{Al}} = 37,6 \text{ г}$$

2 балла

6. При решении системы уравнений, составленной по п. 5 и п. 6:

$$\begin{cases} n_{\text{Ca}} + 0,75 \cdot n_{\text{Al}} = 1 \\ n_{\text{Ca}} \cdot M_{\text{Ca}} + n_{\text{Al}} \cdot M_{\text{Al}} = 37,6 \end{cases}$$

получают:

$$n_{\text{Ca}} = 0,4 \text{ моль}$$

$$n_{\text{Al}} = 0,8 \text{ моль}$$

4 балла

7. Состав исходной смеси (в граммах):

$$m_{\text{Ca}} = n_{\text{Ca}} \cdot M_{\text{Ca}} = 0,4 \cdot 40 = 16 \text{ г};$$



$$m_{Al} = n_{Al} \cdot M_{Al} = 0,8 \cdot 27 = 21,6 \text{ г.}$$

2 балла

8. Количество вещества газа:

$$\begin{aligned} n_{C_2H_2} &= n_{Ca} = 0,4 \text{ моль} \\ n_{CH_4} &= 0,75 \cdot n_{Al} = 0,75 \cdot 0,8 = 0,6 \text{ моль} \end{aligned}$$

2 балла

9. Состав полученного газа (в литрах измеренных при н.у.).

$$\begin{aligned} V_{C_2H_2} &= n_{C_2H_2} \cdot V_M = 0,4 \cdot 22,4 = 8,96 \text{ л} \\ V_{CH_4} &= n_{CH_4} \cdot V_M = 0,6 \cdot 22,4 = 13,44 \text{ л} \end{aligned}$$

3 балла

Ответ: состав исходной смеси: $m(Ca)=16 \text{ г}$; $m(Al)=21,6 \text{ г}$, состав полученного газа: $V(C_2H_2)=8,96 \text{ л}$; $V(CH_4)=13,44 \text{ л}$.

Задание 6 (25 баллов)

На анализ поступили промышленные стоки – окрашенный мутный раствор с $pH=3$, не содержащий щелочных металлов и аммония. К раствору прибавили соляную кислоту (2 моль/л) до $pH=0,5$, осадок не растворился и был отделён от раствора. Осадок при нагревании обработали избытком насыщенного раствора карбоната натрия, после чего растворили в небольшом избытке уксусной кислоты (2 моль/л), прибавили небольшой избыток бихромата натрия и выделили жёлто-оранжевый осадок. К бихроматному раствору прилили небольшой избыток карбоната натрия, получили белый осадок, который растворили в уксусной кислоте. Каплю раствора поместили в пламя горелки, наблюдали малиновое окрашивание. К этой же пробе раствора прибавили гипсовую воду, наблюдали образование осадка белого цвета, которое усилилось при небольшом нагревании. К отдельной пробе солянокислого раствора прибавили хлорид бария, получили белый кристаллический осадок. К остальной части солянокислого раствора прилили избыток гидроксида натрия (6 моль/л), перекись водорода и нагрели. Получили осадок бурого цвета и раствор жёлтого цвета. После нейтрализации соляной кислотой и добавления к раствору нитрата свинца получили осадок оранжево-жёлтого цвета. Бурый осадок растворили в азотной кислоте в присутствии нитрита натрия и разделили на две части. К одной части раствора прибавили роданид калия, получили раствор красного цвета. К другой части прибавили немного сухого висмутата натрия, получили розовое окрашивание раствора.

Укажите катионный и анионный состав исходного раствора, составьте уравнения реакций в молекулярной и ионно-молекулярной формах, составьте схему анализа раствора. Окислительно-восстановительные реакции рекомендуется уравнивать методом полуреакций. При составлении схемы анализа состав осадка рекомендуется записывать в молекулярной форме, состав раствора – в ионно-молекулярной форме (в молекулярной форме записывают слабые электролиты).

Решение:*Катионный и анионный состав исходного раствора*

Сульфаты бария, стронция, железа (III), хрома (III) и марганца (II): $BaSO_4$; $SrSO_4$; $Fe_2(SO_4)_3$; $Cr_2(SO_4)_3$; $MnSO_4$.

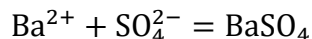
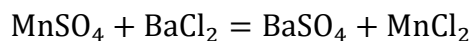
2 балла



Уравнения реакций в молекулярной и ионно-молекулярной форме.

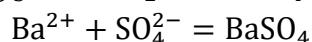
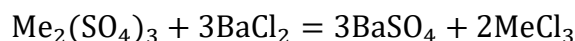
1. Реакция при добавлении хлорида бария – осаждение сульфата бария.

1.1. Молекулярная реакция с сульфатом марганца:



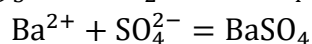
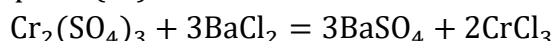
1.2. Молекулярная реакция с сульфатом хрома (III) и железа (III).

В общем виде:

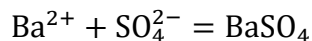
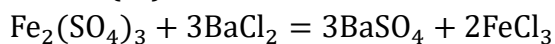


Частные случаи – равносильны записи общей реакции.

Реакция с сульфатом хрома (III):



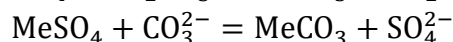
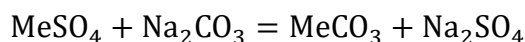
Реакция с сульфатом железа (III):



2 балла

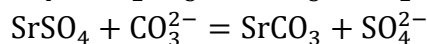
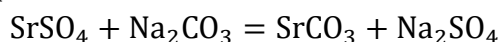
2. Реакции при действии карбоната натрия на сульфатный осадок – конверсия сульфата в карбонат.

В общем виде:

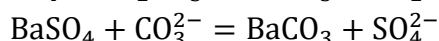
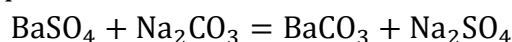


Частные случаи – равносильны записи общей реакции.

Конверсия сульфата стронция:



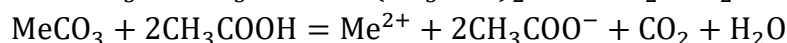
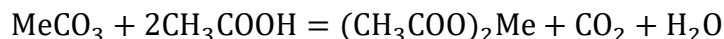
Конверсия сульфата бария:



1 балл

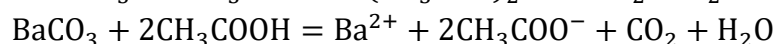
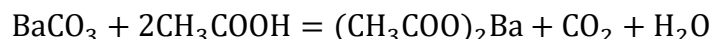
3. Растворение карбонатов стронция и бария в уксусной кислоте.

В общем виде:

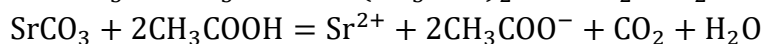
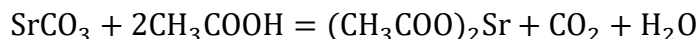


Частные случаи – равносильны записи общей реакции.

Растворение карбоната бария:

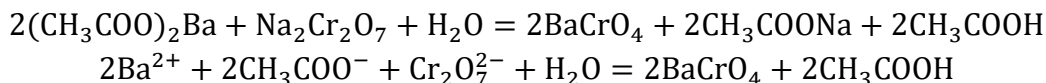


Растворение карбоната стронция:



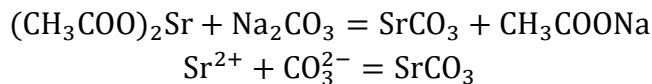
1 балл

4. Реакция с бихроматом натрия – реагирует только ацетат бария:



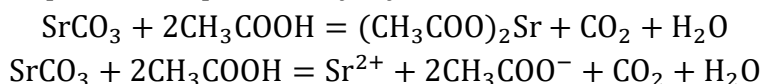
1 балл

5. Реакция осаждения карбоната стронция:



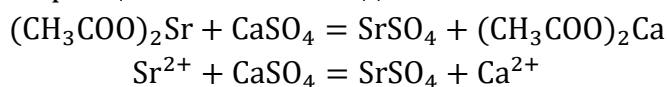
1 балл

6. Растворение карбоната стронция в уксусной кислоте:



1 балл

7. Реакция ацетата стронция с гипсовой водой:

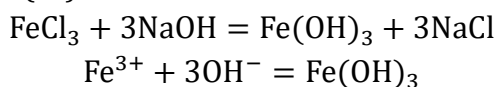


1 балл

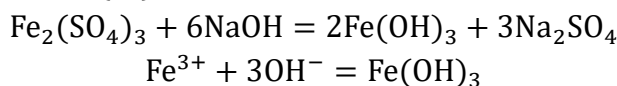
8. Реакции при добавлении к кислому раствору избытка натриевой щёлочи и перекиси водорода (допустимо использовать хлорид-анион или сульфат-анион).

8.1. Осаждение гидроксида железа (III).

8.1.1) Из хлорида железа (III):

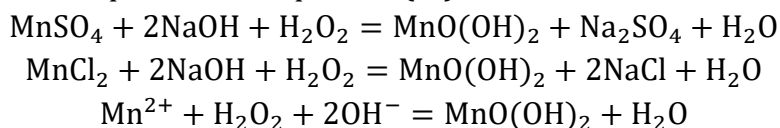


8.1.2) Из сульфата железа (III):

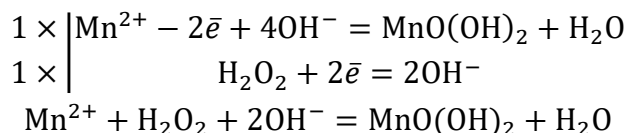


1 балл

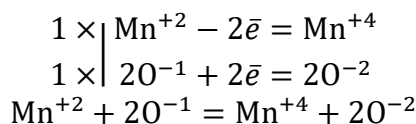
8.2. Осаждение дигидроксооксомарганца (IV):



Метод полуреакций:

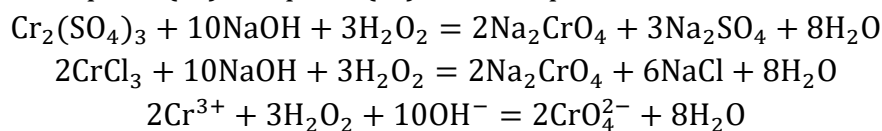


Метод баланса электронов:



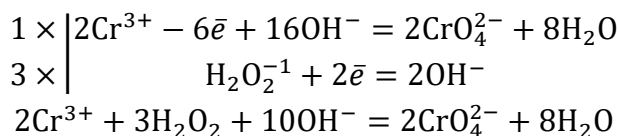
1 балл

8.3. Окисление хрома (III) до хрома (VI) – общая реакция.

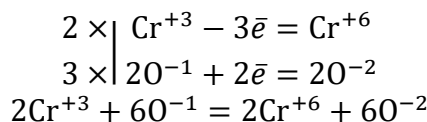




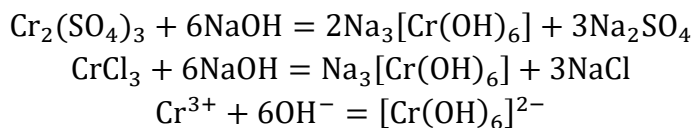
Метод полуреакций:



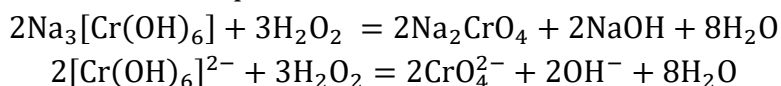
Метод баланса электронов:



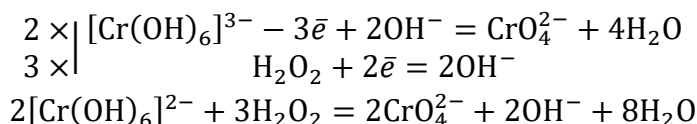
С сохранением оценки допускается запись через образование промежуточного соединения – гидроксокомплекса хрома (III):



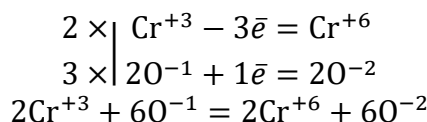
с его последующим окислением до хромата:



Метод полуреакций:

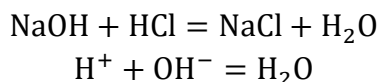


Метод баланса электронов:



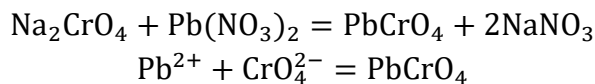
2 балла

9. Нейтрализация щелочного раствора соляной кислотой:



1 балл

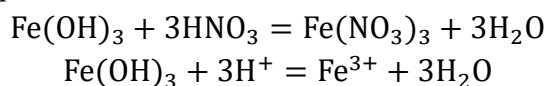
10. Реакция с нитратом свинца (II) :



1 балл

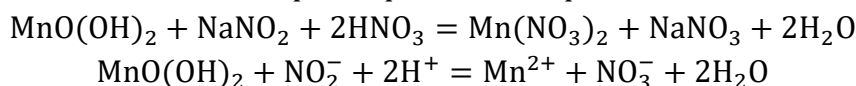
11. Растворение осадка в азотной кислоте.

11.1. Растворение гидроксида железа:

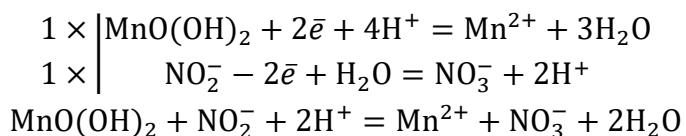


1 балл

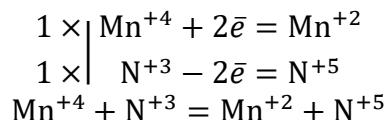
11.2. Растворение дигидроксооксомарганца (IV). Нитрит натрия служит восстановителем, азотная кислота – среда протекания процесса:



Метод полуреакций:

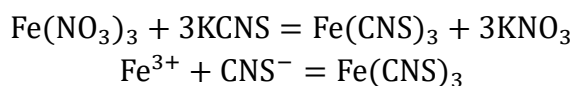


Метод баланса электронов:



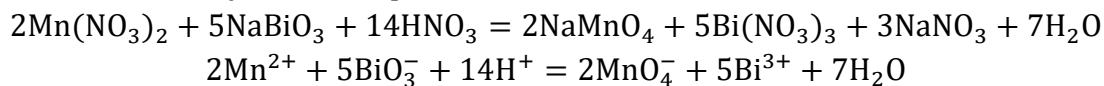
2 балла

12. Реакция с роданидом калия:

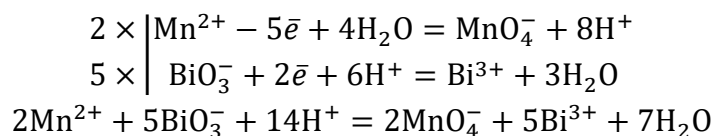


1 балл

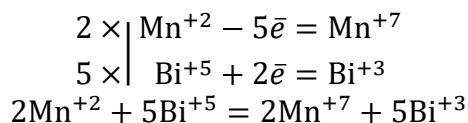
13. Реакция с висмутатом натрия:



Метод полуреакций:



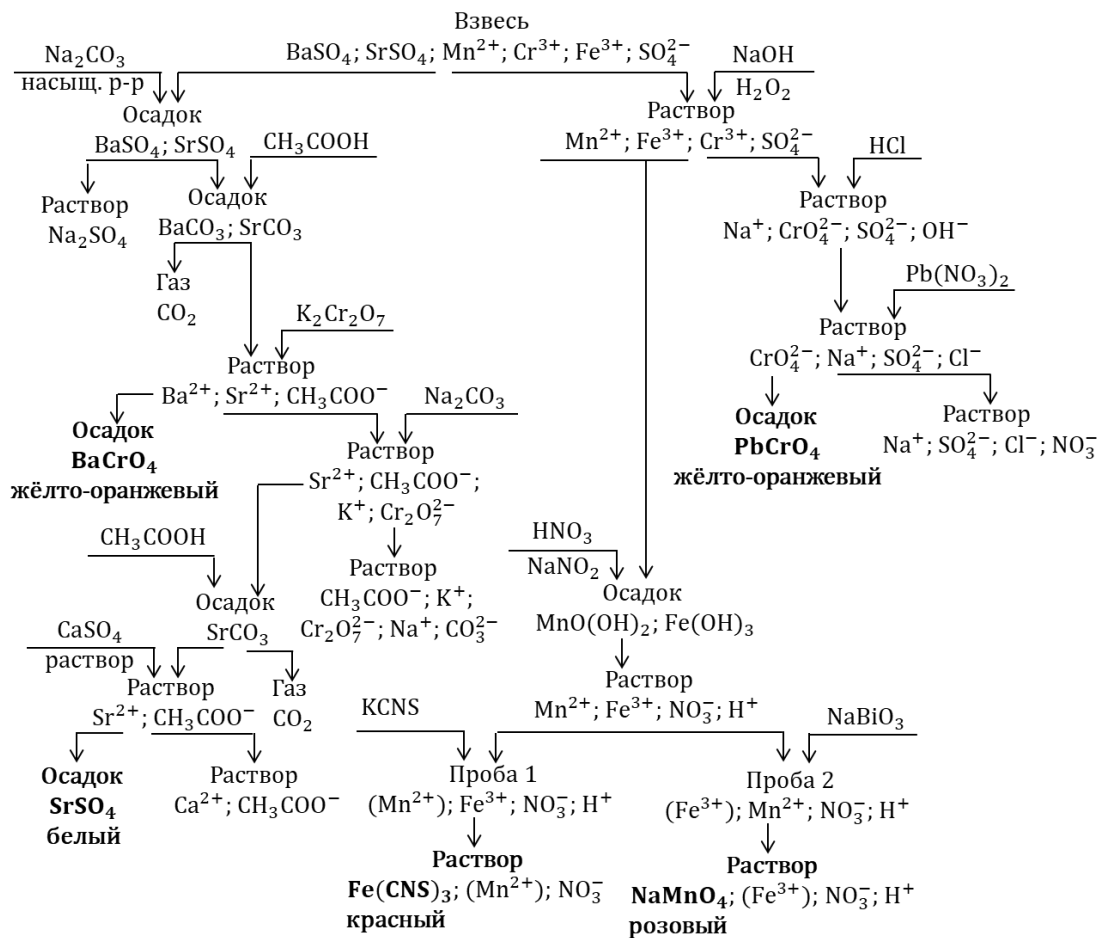
Метод электронного баланса:



2 балла



Схема анализа:



3 балла

Текстовое пояснение к решению задачи.

«... окрашенный мутный раствор с кислотностью от 4 до 5 единиц pH» – указание на:

- 1) присутствие основных солей или гидроксидов слабых оснований – железа, хрома, марганца;
- 2) нерастворимых солей – сульфатов стронция, бария.

«К одной части раствора прибавили гидроксид калия до pH=7-8 и дицидроантимонат калия» – образования нового осадка не наблюдали – указывает на отсутствие натрия; дополнительное указание на наличие нерастворимых солей – сульфатов стронция и бария.

«К другой порции раствора прибавили гесанитрокобальтат(III) натрия, получили раствор жёлтого цвета, который при стоянии поменял цвет на розовый» – указывает на отсутствие в растворе калия, розовый цвет раствора свидетельствует о разложении реактива.

«К третьей порции раствора прибавлен реактив Несслера – щелочной раствор тетраиодомеркурата (II) калия, что привело к жёлтому окрашиванию раствора» – отсутствие аммония.

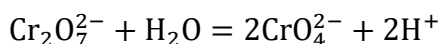
«К отдельной пробе раствора прибавили соляную кислоту до pH=0,5, при этом осадок частично растворился, и нового осадка не образовалось» – растворились основные соли или гидроксиды железа, хрома, марганца; остался осадок сульфатов бария и стронция, т.к. фосфаты и оксалаты этих элементов растворимы в минеральных кислотах.



«Осадок отделили от раствора, промыли и установили, что он имеет белый цвет» – дополнительное указание на сульфаты бария и стронция.

«К осадку прибавили избыток концентрированного раствора карбоната натрия, прокипятили, раствор отделили» – описана конверсия сульфатов бария и стронция в карбонаты этих элементов; основание: при избытке карбоната растворимость карбонатов стронция и бария меньше, чем у их сульфатов.

«Осадок растворили в уксусной кислоте, которую взяли с небольшим избытком. К уксуснокислому раствору прибавили раствор бихромата натрия, получили образование жёлто-оранжевого осадка, который полностью выделили, действуя некоторым избытком бихромата натрия» – указание на наличие бария; образуется осадок хромата бария из-за гидролиза бихромата по реакции



«К бихроматному раствору прилили небольшой избыток карбоната натрия, получили белый осадок, который отделили от раствора и тщательно промыли» – описано отделение стронция от бихромата.

«Каплю раствора от одной порции поместили в пламя горелки, наблюдали малиновое окрашивание» – стронций окрашивает пламя в малиновый цвет.

«К этой же пробе раствора прибавили гипсовую воду, наблюдали образование осадка белого цвета, которое усилилось при небольшом нагревании» – доказательство наличия стронция.

«К другой пробе раствора прибавили некоторое количество жёлтой кровяной соли и получили раствор жёлтого цвета» – отсутствие кальция (с кальцием – осадок белого цвета).

«К солянокислому раствору прилили избыток раствора гидроксида натрия концентрацией 6 моль/л, перекись водорода и нагрели. Получили осадок бурого цвета и раствор жёлтого цвета» – описание окисления хрома до шестивалентного состояния и отделения его от железа и марганца; в присутствии перекиси водорода марганец осаждается в четырёхвалентной форме.

«После частичной нейтрализации и добавления к раствору соли свинца получили осадок оранжево-жёлтого цвета» – доказательство наличия хрома; реакция требует слабощелочной среды.

«Бурый осадок растворили в азотной кислоте в присутствии нитрита натрия» – нитрит натрия требуется для восстановления марганца до двухвалентного состояния.

«...прибавили роданид калия, получили раствор красного цвета» – доказательство наличия железа (III).

«...прибавили немного сухого висмутата натрия, получили розовое окрашивание раствора» – доказательство наличия марганца (II).