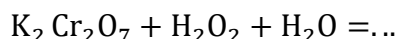
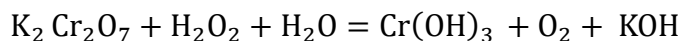


**ХИМИЯ****ВАРИАНТ 1****Задание 1 (5 баллов)**

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

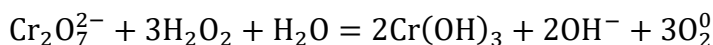
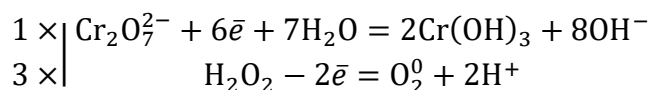
**Решение**

1) продукты реакции

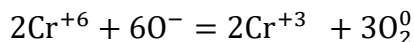
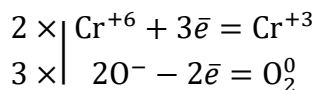


1 балл

2а) метод полу-реакций

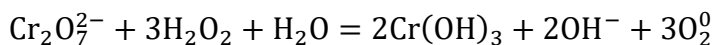


2б) метод баланса электронов



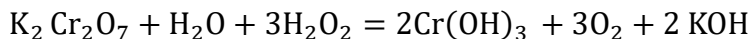
2 балла

3) ионное уравнение



1 балл

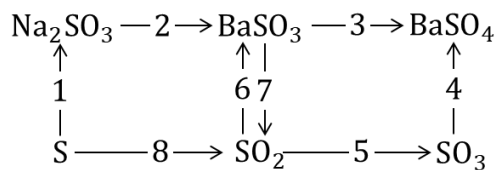
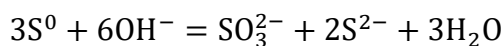
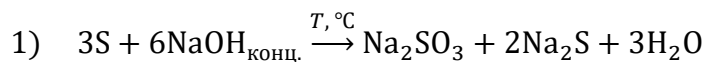
4) молекулярное уравнение



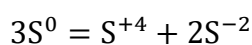
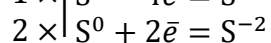
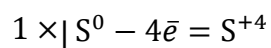
1 балл

Задание 2 (10 баллов)

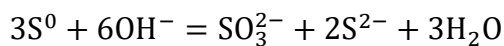
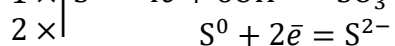
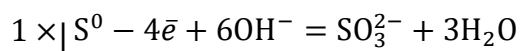
Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения. Взаимные превращения двух веществ следует описывать разными реакциями. Для уравнивания окислительно-восстановительных реакций следует использовать метод электронного баланса или полуреакций. Реакции в растворе следует представить в молекулярной и сокращённой ионной форме.

**Решение**

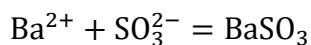
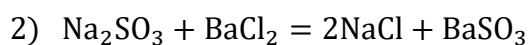
Метод баланса электронов



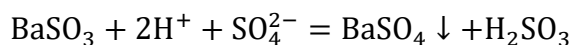
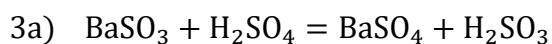
Метод полуреакций



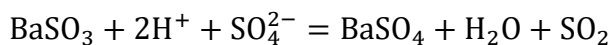
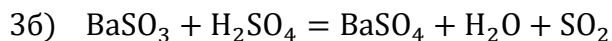
2 балла



1 балл



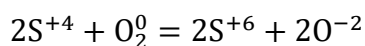
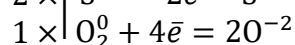
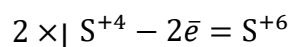
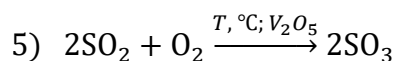
Допустим вариант записи



1 балл



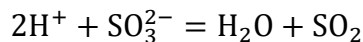
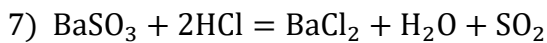
1 балл



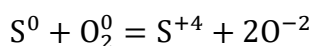
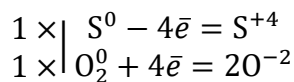
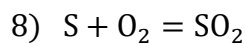
2 балла



1 балл



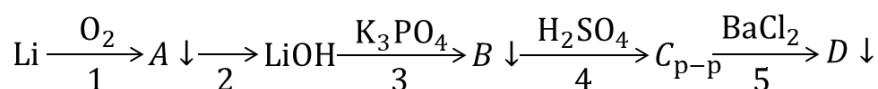
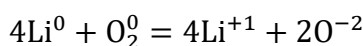
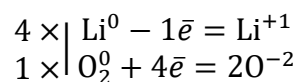
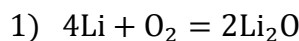
1 балл



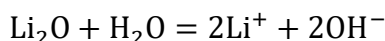
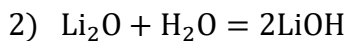
1 балл

Задание 3 (15 баллов)

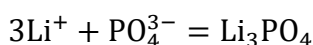
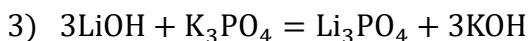
Определите формулы веществ *A*, *B*, *C*, *D*. Напишите молекулярные и ионные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения. Вещества в цепочке могут находиться как в твердом состоянии, так и в растворе. Окислительно-восстановительные реакции должны сопровождаться методом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

**Решение**вещество *A* – Li_2O .

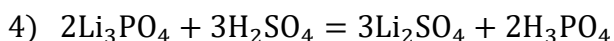
3 балла

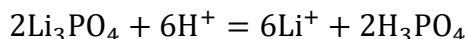


3 балла

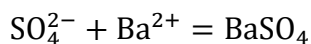
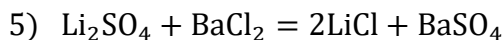
вещество *B* – Li_3PO_4 .

3 балла



вещество C – Li_2SO_4

3 балла

вещество D – BaSO_4 .

3 балла

Задание 4 (20 баллов)

Имеется соль щелочного металла оранжевого цвета «А». Капля раствора соли «А» окрашивает пламя в фиолетовый цвет. Если пропустить оксид серы (IV) через её подкисленный серной кислотой раствор, то окраска раствора изменится на зеленовато-фиолетовую. Если в раствор исходного вещества добавить щелочь, а затем хлорид бария, то выпадает нерастворимый в воде осадок желтого цвета. Определить массу осадка соли бария и объём диоксида серы (н.у.), который может теоретически поглотить раствор, если массовая доля «А» в растворе составляет 2 %, плотность раствора 1 г/см³, на проведение реакций было взято по 50,0 л раствора. Написать уравнения реакций в молекулярной и ионной форме; окислительно-восстановительные реакции рекомендуется уравнивать методом полуреакций.

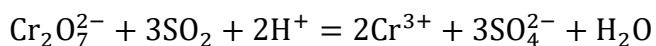
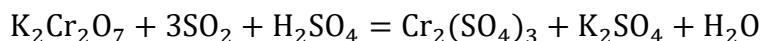
Решение1. Вещество «А» – бихромат калия, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$.

2. Бихромат является сильным окислителем, в кислой среде восстанавливается до трёхвалентного хрома; в щелочной среде превращается в хромат, который с солями бария даёт осадок жёлтого цвета.

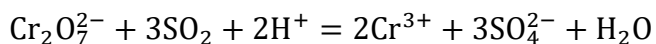
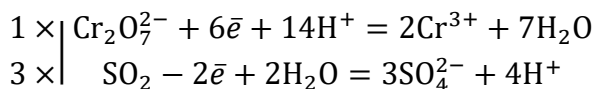
1 балл

3. Уравнения реакций

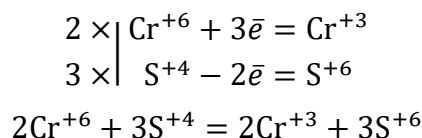
3.1. Реакция с диоксидом серы в сернокислой среде



метод полуреакций

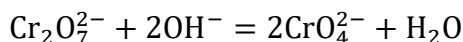
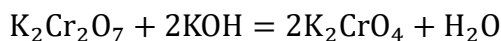


метод баланса электронов



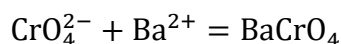
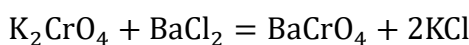
2 балла

3.2. Реакция превращения бихромата в хромат



2 балла

3.3. Реакция осаждения хромата бария



2 балла

4. Расчёт количества вещества бихромата калия в исходном растворе

4.1. Расчёт массы бихромата калия по массовой доле

$$m_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} = \frac{\omega_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7}}{100} \cdot m_{\text{p-p}} = \frac{\omega_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7}}{100} \cdot \frac{V_{\text{p-p}}}{d_{\text{p-p}}} = \frac{2 \cdot 50,0 \cdot 10^3}{100 \cdot 1} = 1000,0 \text{ г.}$$

2 балла

4.2. Расчёт молярной массы бихромата калия

$$M_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} = 2M_{\text{K}} + 2M_{\text{Cr}} + 7M_{\text{O}} = 2 \cdot 39 + 2 \cdot 52 + 7 \cdot 16 = 294 \text{ г/моль.}$$

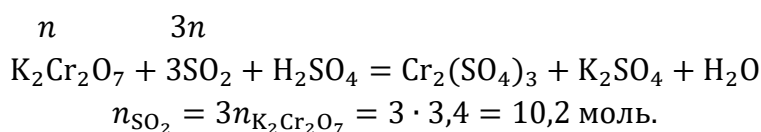
4.3. Расчёт количества вещества бихромата калия

$$n_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} = \frac{m_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7}}{M_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7}} = \frac{1000}{294} = 3,4 \text{ моль.}$$

2 балла

4.4. Расчёт количества вещества диоксида серы

по уравнению реакции п. 3.1



2 балла

4.5. Расчёт объёма диоксида серы

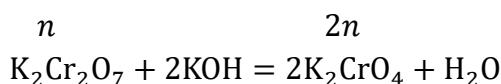
$$V_{\text{SO}_2} = n_{\text{SO}_2} \cdot V_M = 10,2 \cdot 22,4 = \mathbf{228,48 \text{ л.}}$$

1 балл

5. Расчёт массы хромата бария

5.1. Расчёт количества вещества хромата калия

по уравнению 3.2.

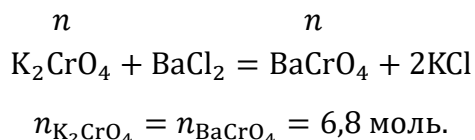




$$n_{\text{K}_2\text{CrO}_4} = 2n_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} = 2 \cdot 3,4 = 6,8 \text{ моль.}$$

2 балла

5.2. Расчёт количества вещества хромата бария по уравнению 3.3.



2 балла

5.3. Расчёт молярной массы хромата бария

$$M_{\text{BaCrO}_4} = M_{\text{Ba}} + M_{\text{Cr}} + 4M_{\text{O}} = 137 + 52 + 4 \cdot 16 = 253 \text{ г/моль.}$$

5.4. Расчёт массы хромата бария

$$m_{\text{BaCrO}_4} = n_{\text{K}_2\text{CrO}_4} \cdot M_{\text{K}_2\text{CrO}_4} = 6,8 \cdot 253 = \mathbf{1720,4 \text{ г.}}$$

2 балла

Задание 5 (20 баллов)

Для получения медного покрытия цинковую деталь поместили в раствор массой 300 г с массовой долей хлорида меди (II) 18 %. Деталь извлекли и обнаружили, что её масса уменьшилась на 0,22 г. Остальной раствор использовали для осаждения соли серебра из его нитратного раствора объёмом 750 мл с массовой долей нитрата серебра 18 %, плотностью 1,1715 г/см³. Определите остаточную концентрацию нитрата серебра в полученном растворе.

Решение

1. Расчёт исходного раствора хлорида меди (II)

1.1. Масса хлорида меди (II)

$$m_{\text{CuCl}_2}^i = \frac{\omega_{\text{CuCl}_2}^i}{100} \cdot m_{\text{p-p}}^i = \frac{18}{100} \cdot 300 = 54 \text{ г.}$$

1.2. Масса воды

$$m_{\text{H}_2\text{O}}^i = m_{\text{p-p}}^i - m_{\text{CuCl}_2}^i = 300 - 54 = 246 \text{ г.}$$

1.3. Молярная масса хлорида меди (II)

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

1.4. Количество вещества хлорида меди (II)

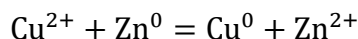
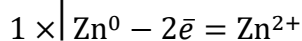
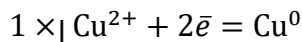
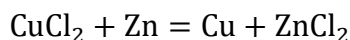
$$n_{\text{CuCl}_2}^i = \frac{m_{\text{CuCl}_2}^i}{M_{\text{CuCl}_2}} = \frac{54}{134,5} = 0,401 \text{ моль.}$$

4 балла

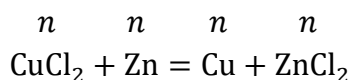


2. Взаимодействие хлорида меди (II) и цинка

2.1. Уравнение реакции



2.2. Материальный баланс реакции



$$n_{\text{CuCl}_2} = n_{\text{Cu}} = n_{\text{ZnCl}_2} = n_{\text{Zn}} = n$$

2.3. Изменение массы цинковой детали

$$m_{\text{Zn}}^k = m_{\text{Zn}}^i + m_{\text{Cu}} - m_{\text{Zn}} = m_{\text{Zn}}^i + \Delta m$$

2.4. С учётом п. 2.2.

$$\Delta m = m_{\text{Cu}} - m_{\text{Zn}} = n \cdot M_{\text{Cu}} - n \cdot M_{\text{Zn}} = n \cdot (M_{\text{Cu}} - M_{\text{Zn}})$$

$$n = \frac{\Delta m}{(M_{\text{Cu}} - M_{\text{Zn}})} = \frac{-0,22}{63,5 - 65} = 0,147 \text{ моль.}$$

2.5. Остаток хлорида меди

$$n_{\text{CuCl}_2}^k = n_{\text{CuCl}_2}^i - n = 0,409 - 0,147 = 0,254 \text{ моль;}$$

$$m_{\text{CuCl}_2}^k = n_{\text{CuCl}_2}^k \cdot M_{\text{CuCl}_2} = 0,254 \cdot 134,5 = 34,163 \text{ г.}$$

2.6. Образовалось хлорида цинка

$$n_{\text{ZnCl}_2} = n = 0,147 \text{ моль;}$$

$$M_{\text{ZnCl}_2} = M_{\text{Zn}} + 2M_{\text{Cl}} = 65 + 2 \cdot 35,5 = 136 \text{ г/моль;}$$

$$m_{\text{ZnCl}_2} = n_{\text{ZnCl}_2} \cdot M_{\text{ZnCl}_2} = 0,147 \cdot 136 = 19,992 \text{ г.}$$

4 балла

3. Расчёт раствора нитрата серебра

3.1. Масса раствора нитрата серебра

$$m_{\text{p-p}}^{\text{AgNO}_3} = d_{\text{p-p}}^{\text{AgNO}_3} \cdot V_{\text{p-p}}^{\text{AgNO}_3} = 1,1715 \cdot 750 = 878,625 \text{ г.}$$

3.2. Масса нитрата серебра

$$m_{\text{AgNO}_3}^i = \frac{\omega_{\text{AgNO}_3}^i}{100} \cdot m_{\text{p-p}}^{\text{AgNO}_3} = \frac{18}{100} \cdot 878,625 = 158,15 \text{ г.}$$

3.3. Молярная масса нитрата серебра

$$M_{\text{AgNO}_3} = M_{\text{Ag}} + M_{\text{N}} + 3M_{\text{O}} = 108 + 14 + 3 \cdot 16 = 170 \text{ г/моль.}$$



3.4. Количество вещества нитрата серебра

$$n_{\text{AgNO}_3}^i = \frac{m_{\text{AgNO}_3}^i}{M_{\text{AgNO}_3}} = \frac{158,15}{170} = 0,930 \text{ моль.}$$

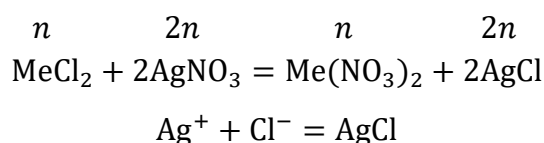
3.5. Масса воды

$$m_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{AgNO}_3} = m_{\text{p-p}}^{\text{AgNO}_3} - m_{\text{AgNO}_3}^i = 878,625 - 158,15 = 720,475 \text{ г.}$$

3 балла

4. Проверка избытка нитрата серебра

4.1. Реакция взаимодействия с хлоридами меди (II) и цинка



4.2. Общее количество хлоридов металлов – п. 2.5 и п. 2.6

$$n_{\text{MeCl}_2} = n_{\text{CuCl}_2}^k + n_{\text{ZnCl}_2} = 0,254 + 0,147 = 0,401 \text{ моль.}$$

4.3. Материальный баланс

$$n_{\text{AgNO}_3} = 2n_{\text{MeCl}_2} = 2 \cdot 0,401 = 0,802 \text{ моль} < n_{\text{AgNO}_3}^i = 0,93 \text{ моль.}$$

4.4. Остаток нитрата серебра

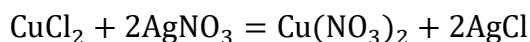
$$n_{\text{AgNO}_3}^k = n_{\text{AgNO}_3}^i - n_{\text{AgNO}_3} = 0,930 - 0,802 = 0,128 \text{ моль.}$$

$$m_{\text{AgNO}_3}^k = n_{\text{AgNO}_3}^k \cdot M_{\text{AgNO}_3} = 0,128 \cdot 170 = 21,76 \text{ г.}$$

3 балла

5. Взаимодействие с нитратом серебра

5.1. Реакция с хлоридом меди (II)



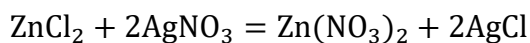
5.2. Количество полученного нитрата меди

$$n_{\text{Cu(NO}_3)_2} = n_{\text{CuCl}_2}^k = 0,254 \text{ моль;}$$

$$M_{\text{Cu(NO}_3)_2} = M_{\text{Cu}} + 2 \cdot M_{\text{N}} + 6 \cdot M_{\text{O}} = 63,5 + 2 \cdot 14 + 6 \cdot 16 = 187,5 \text{ моль;}$$

$$m_{\text{Cu(NO}_3)_2} = n_{\text{Cu(NO}_3)_2} \cdot M_{\text{Cu(NO}_3)_2} = 0,254 \cdot 187,5 = 47,625 \text{ г.}$$

5.3. Реакция с хлоридом цинка



5.4. Количество полученного нитрата цинка

$$n_{\text{Zn(NO}_3)_2} = n_{\text{ZnCl}_2} = 0,147 \text{ моль;}$$

$$M_{\text{Zn(NO}_3)_2} = M_{\text{Zn}} + 2 \cdot M_{\text{N}} + 6 \cdot M_{\text{O}} = 65 + 2 \cdot 14 + 6 \cdot 16 = 189 \text{ моль;}$$



$$m_{\text{Zn}(\text{NO}_3)_2} = n_{\text{Zn}(\text{NO}_3)_2} \cdot M_{\text{Zn}(\text{NO}_3)_2} = 0,147 \cdot 189 = 27,783 \text{ г.}$$

3 балла

6. Расчёт конечного раствора

6.1. Состав раствора: вода, нитраты меди, серебра, цинка.

6.2. Масса воды – п. 1.2 и 3.5.

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = m_{\text{H}_2\text{O}}^i + m_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{AgNO}_3} = 246 + 720,475 = 966,475 \text{ г.}$$

6.3. Масса раствора – п. 6.2, 5.3, 5.4, 4.4

$$\begin{aligned} m_{\text{p-p}} &= m_{\text{H}_2\text{O}} + m_{\text{Cu}(\text{NO}_3)_2} + m_{\text{Zn}(\text{NO}_3)_2} + m_{\text{AgNO}_3}^k = \\ &= 966,475 + 47,625 + 27,783 + 21,76 = 1063,643 \text{ г.} \end{aligned}$$

6.4. Массовая доля нитрата серебра в конечном растворе

$$\omega_{\text{AgNO}_3}^k = \frac{m_{\text{AgNO}_3}^k}{m_{\text{p-p}}} \cdot 100 \% = \frac{21,760}{1063,643} \cdot 100 = \mathbf{2,046 \%}.$$

3 балла

Задание 6 (30 баллов)

К обратному раствору ($\text{pH} = 4$) комбината переработки полиметаллического сырья добавили серную кислоту, получили белый осадок. К сернокислому раствору прибавили избыток крепкого гидроксида натрия, получили осадок, который растворили в соляной кислоте (2 моль/л), через солянокислый раствор пропустили сероводород, получили осадок жёлтого цвета. Щелочной раствор нейтрализовали соляной кислотой до $\text{pH} = 2$, прибавили сульфид натрия, получили осадок белого цвета. К отдельной порции обратного раствора прибавили нитрат серебра, получили белый творожистый осадок. Другую порцию обратного раствора упарили, прибавили крепкий гидроксид натрия, пары раствора окрасили фильтровальную бумагу с фенолфталеином в розовый цвет, а на фильтровальной бумаге, смоченной раствором нитрата ртути (I) появилось чёрное пятно.

Укажите состав раствора, составьте уравнения реакций в молекулярной и ионной форме, 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), действия, которые не приводят к какому-либо эффекту не показывать.

Решение**Состав раствора**Хлориды аммония, бария, цинка, кадмия: NH_4Cl ; BaCl_2 ; ZnCl_2 ; CdCl_2 .

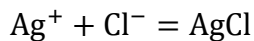
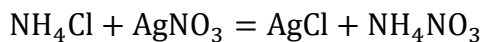
1 балл



Уравнения реакций

1. Реакция пробы раствора с нитратом серебра – осаждение хлорида серебра

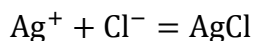
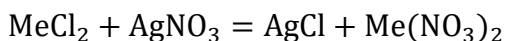
1.1. Реакция с хлоридом аммония



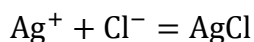
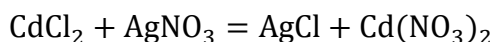
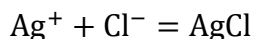
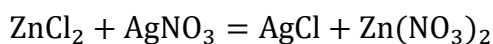
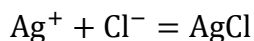
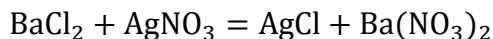
1 балл

1.2. Реакция с хлоридами металлов

в общем виде

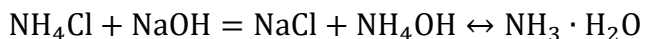


частные случаи – равносильно общей реакции



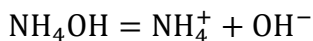
2 балла

2. Реакция упаренного раствора со щёлочью – выделение аммиака



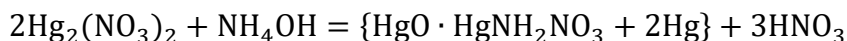
1 балл

3. Действие на фенолфталеин – розовый цвет – щелочная среда – частичная диссоциация гидроксида аммония:



1 балл

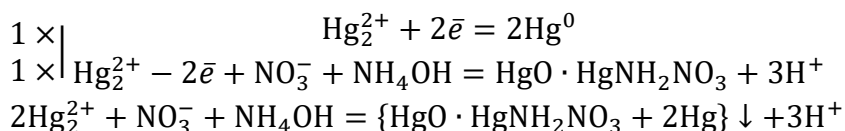
4. Действие на нитрат ртути (I)



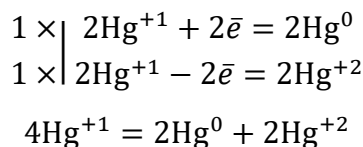
амидонитрат

ртути(II)

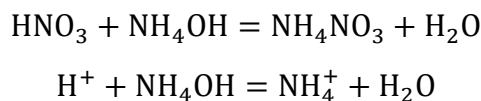
метод полуреакций



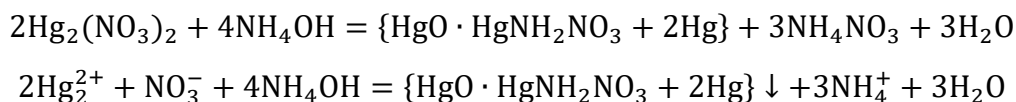
метод баланса электронов



Нейтрализация азотной кислоты гидроксидом аммония

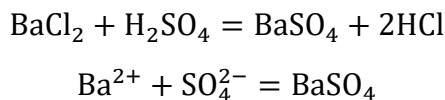


Допускается запись молекулярного и ионного уравнений в виде



2 балла

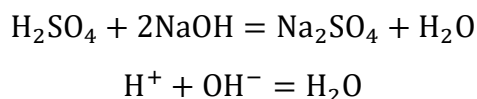
5. Реакция с серной кислотой – осаждение сульфата бария



1 балл

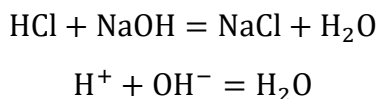
6. Реакции с гидроксидом натрия

6.1. Реакция с серной кислотой



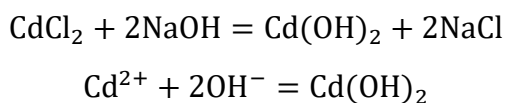
1 балл

6.2. Реакция с соляной кислотой



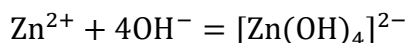
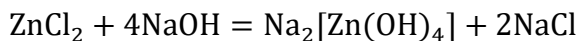
1 балл

6.3. Осаждение гидроксида кадмия



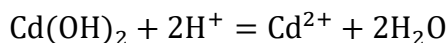
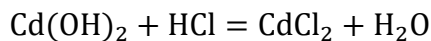
1 балл

6.4. Образование гидроксокомплекса цинка



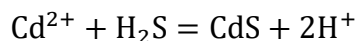
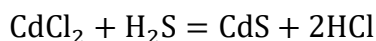
1 балл

7. Растворение гидроксида кадмия в соляной кислоте



1 балл

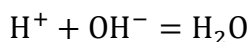
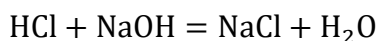
8. Реакция с сероводородом – осаждение сульфида кадмия



1 балл

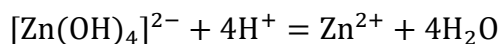
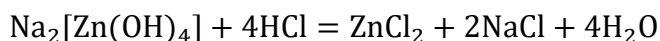
9. Реакции щелочного раствора с соляной кислотой

9.1. Нейтрализация гидроксида натрия



1 балл

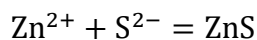
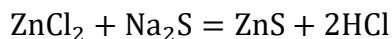
9.2. Разрушение гидроксокомплекса цинка



2 балла

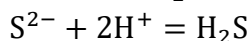
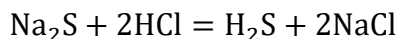
10. Реакции с сульфидом натрия (pH = 2)

10.1. Осаждение сульфида цинка



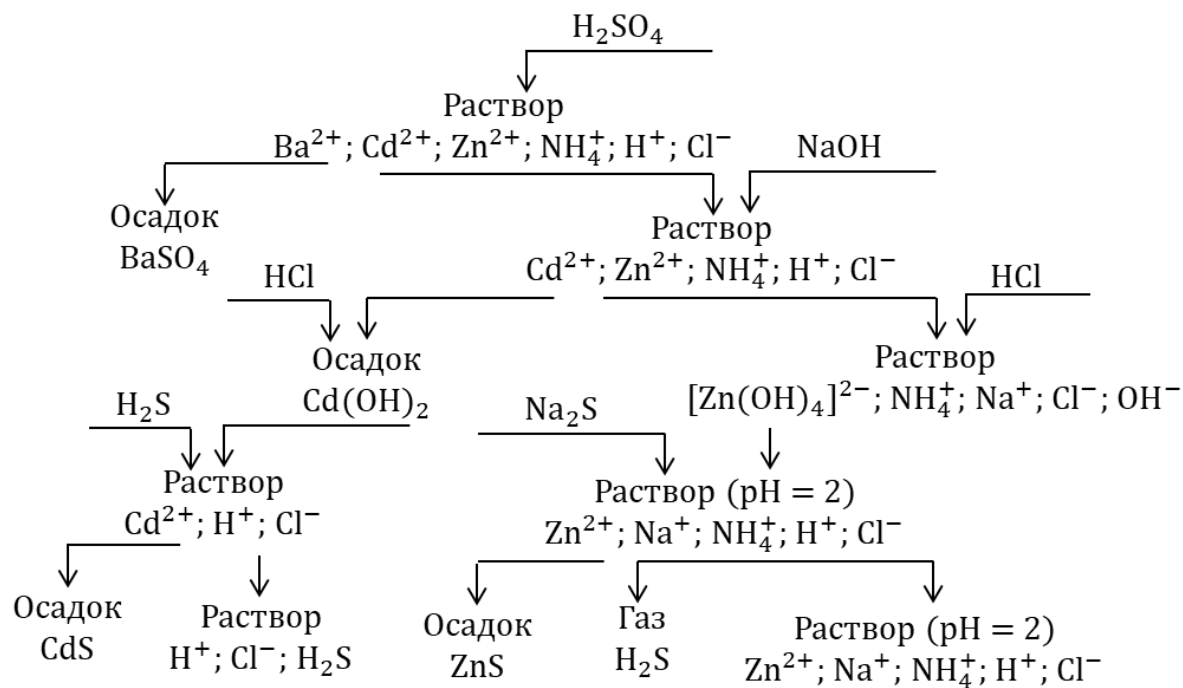
1 балл

10.2. Разложение сульфида натрия в кислой среде



1 балл

Схема разделения



10 баллов

Текстовое пояснение решения задачи

К ... раствору ($pH = 4$) ... добавили строго отмеренное количество серной кислоты, получили белый осадок – указание на наличие бария и отсутствие сульфата в конечном растворе.

К сернокислому раствору прибавили избыток крепкого гидроксида натрия, получили осадок, который растворили в соляной кислоте (2 моль/л),

через солянокислый раствор пропустили сероводород, получили осадок жёлтого цвета – указание на наличие кадмия.

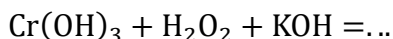
Щелочной раствор нейтрализовали соляной кислотой до $pH = 2$, прибавили сульфид натрия, получили осадок белого цвета – указание на наличие цинка.

К отдельной порции обратного раствора прибавили нитрат серебра, получили белый творожистый осадок – указание на хлоридную природу раствора.

...порцию обратного раствора упарили, прибавили крепкий гидроксид натрия, пары раствора окрасили фильтровальную бумагу с фенолфталеином в розовый цвет, а на фильтровальной бумаге, смоченной раствором нитрата ртути (I), появилось чёрное пятно – указание на наличие аммония.

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

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

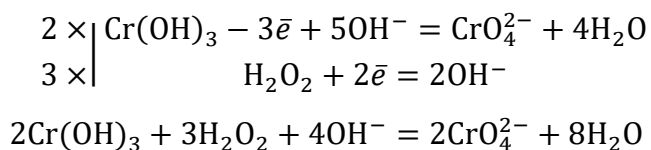
**Решение**

1) продукты реакции

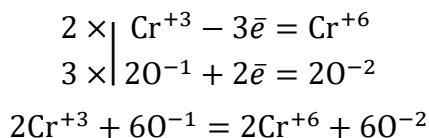


1 балл

2а) метод полу-реакций



2б) метод баланса электронов



2 балла

3) ионное уравнение



1 балл

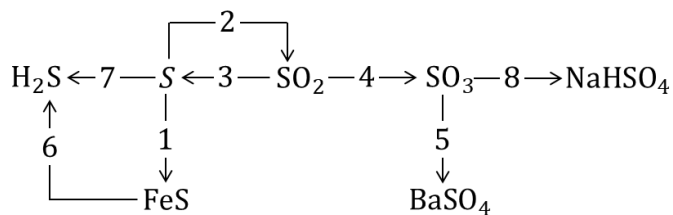
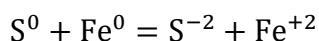
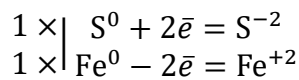
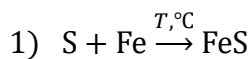
4) молекулярное уравнение



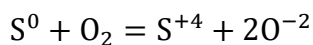
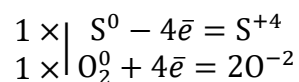
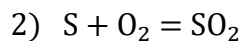
1 балл

Задание 2 (10 баллов)

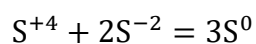
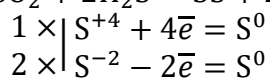
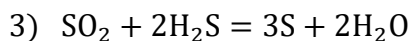
Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения. Взаимные превращения двух веществ следует описывать разными реакциями. Для уравнивания окислительно-восстановительных реакций следует использовать метод электронного баланса или полуреакций. Реакции в растворе следует представить в молекулярной и сокращённой ионной форме.

**Решение**

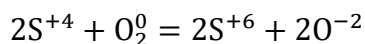
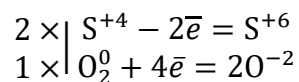
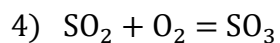
2 балла



1 балл



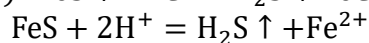
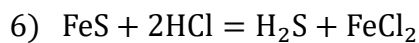
2 балла



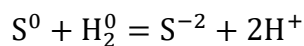
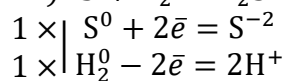
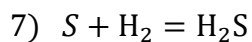
1 балл



1 балл

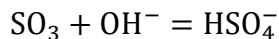


1 балл



1 балл

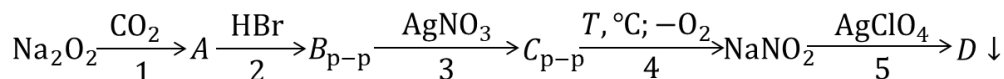
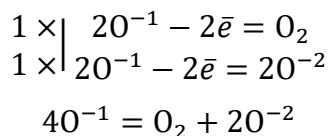
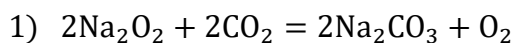




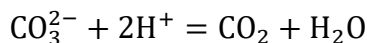
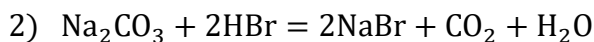
1 балл

Задание 3 (15 баллов)

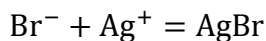
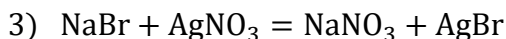
Определите формулы веществ A , B , C , D . Напишите молекулярные и ионные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения. Вещества в цепочке могут находиться как в твердом состоянии, так и в растворе. Окислительно-восстановительные реакции должны сопровождаться методом полуреакций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

**Решение**вещество A – Na_2CO_3

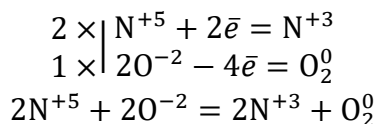
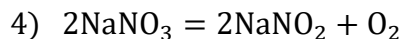
3 балла

вещество B – NaBr

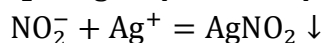
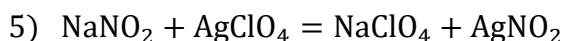
3 балла

вещество C – NaNO_3

3 балла



3 балла

вещество D – AgNO_2

3 балла

**Задание 4 (20 баллов)**

Смесь оксидов металла «А» массой 28 г растворили в разбавленной серной кислоте. Полученный раствор «Б» с роданидом аммония дает кроваво-красное окрашивание, а с раствором красной кровяной соли – синий осадок. Раствор «Б» реагирует нацело с 137,4 мл сернокислого раствора с массовой долей бихромата калия 10 % (плотность 1,07 г/см³). Назовите металл «А» и определите состав смеси оксидов. Напишите уравнения реакций, описанных в условии задачи в молекулярной и ионной форме; при уравнивании окислительно-восстановительных реакций рекомендуется применять метод баланса электронов.

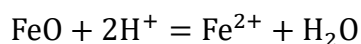
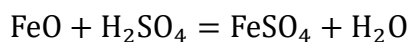
Решение

1. Металл – железо, дана смесь оксида железа (II) – синий осадок с красной кровяной солью и оксида железа (III) – образование раствора красного цвета при добавлении роданида аммония.

1 балл

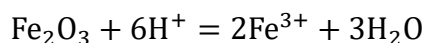
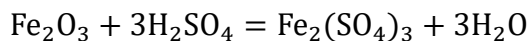
2. Реакции с серной кислотой

2.1. Растворение оксида железа (II)



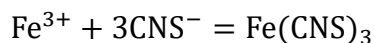
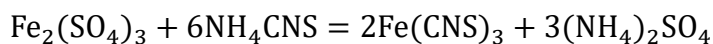
2 балла

2.2. Растворение оксида железа (III)



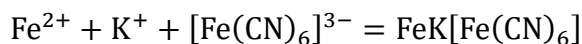
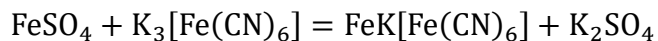
2 балла

2.3. Реакция с роданидом аммония



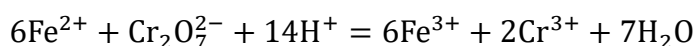
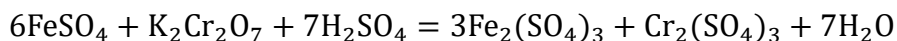
2 балла

2.4. Реакция с красной кровяной солью – гексацианоферратом (III) калия



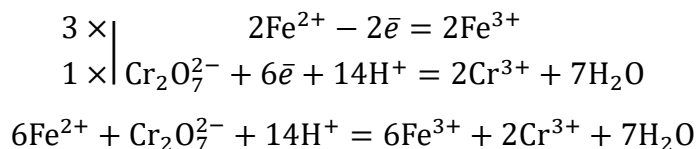
2 балла

2.5. Реакция с бихроматом калия

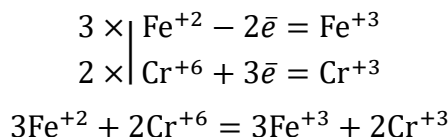




метод полу-реакций



метод баланса электронов



2 балла

3. Расчёт количества вещества бихромата калия

3.1. Расчёт массы бихромата калия по массовой доле

$$m_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} = \frac{\omega_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7}}{100} \cdot m_{p-p} = \frac{\omega_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7}}{100} \cdot \frac{V_{p-p}}{d_{p-p}} = \frac{10 \cdot 137,4}{100 \cdot 1,07} = 12,84 \text{ г}$$

3.2. Расчёт молярной массы бихромата калия

$$M_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} = 2M_{\text{K}} + 2M_{\text{Cr}} + 7M_{\text{O}} = 2 \cdot 39 + 2 \cdot 52 + 7 \cdot 16 = 294 \text{ г/моль.}$$

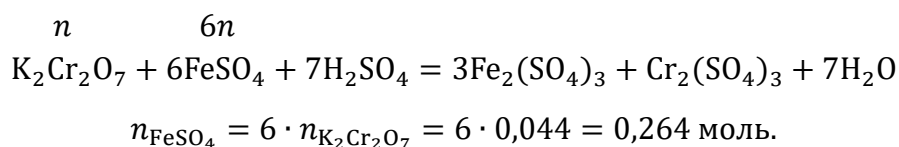
3.3. Расчёт количества вещества бихромата калия

$$n_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} = \frac{m_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7}}{M_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7}} = \frac{12,84}{294} = 0,044 \text{ моль}$$

2 балла

4. Расчёт количества вещества сульфата железа (II)

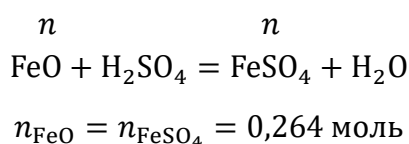
по уравнению реакции 2.5



2 балла

5. Расчёт состава смеси оксидов железа

5.1. По формулам веществ или по реакции 2.1



5.2. Расчёт молярной массы оксида железа (II)

$$M_{\text{FeO}} = M_{\text{Fe}} + M_{\text{O}} = 56 + 16 = 72 \text{ г/моль}$$

5.3. Расчёт массы оксида железа (II)



$$m_{\text{FeO}} = n_{\text{FeO}} \cdot M_{\text{FeO}} = 0,264 \cdot 72 = 19,01 \text{ г}$$

2 балла

Расчёт массы оксида железа (III)

$$m_{\text{Fe}_2\text{O}_3} = m_{\Sigma} - m_{\text{FeO}} = 28,0 - 19,01 = 8,99 \text{ г}$$

5.4. Расчёт массовой доли оксида железа (II)

$$\omega_{\text{FeO}} = \frac{m_{\text{FeO}}}{m_{\Sigma}} \cdot 100 \% = \frac{19,01}{28,0} \cdot 100 = \mathbf{67,89 \%}$$

5.5. Расчёт массовой доли оксида железа (III)

$$\omega_{\text{Fe}_2\text{O}_3} = 100 - \omega_{\text{FeO}} = 100 - 67,89 = \mathbf{32,11 \%}$$

$$\omega_{\text{Fe}_2\text{O}_3} = \frac{m_{\text{Fe}_2\text{O}_3}}{m_{\Sigma}} \cdot 100 \% = \frac{8,99}{28,0} \cdot 100 = \mathbf{32,11 \%}$$

3 балла

Задание 5 (20 баллов)

Для получения серебряного покрытия в раствор массой 470 г с массовой долей нитрата серебра 16 % поместили деталь, отлитую из меди, которую выдерживали до увеличения массы детали на 5,5 г. К раствору после серебрения прилили 200 мл раствора едкого кали плотностью 1,14 г/см³, содержащего 17,4 г щелочи в 100 г воды. Полученную смесь осадков чёрного и синего цвета разделили; чёрный осадок обработали избытком крепкой перекиси водорода. Вычислите массовую долю остаточного гидроксида калия в растворе. Определите, достаточно ли серебра, выделенного из раствора, для изготовления изделия массой не менее 30 г.

Решение

1. Расчёт исходного раствора

1.1. Масса нитрата серебра

$$m_{\text{AgNO}_3}^i = \frac{\omega_{\text{AgNO}_3}^i}{100} \cdot m_{\text{p-p}}^{\text{AgNO}_3} = \frac{16}{100} \cdot 470 = 75,20 \text{ г.}$$

1.2. Молярная масса нитрата серебра

$$M_{\text{AgNO}_3} = M_{\text{Ag}} + M_{\text{N}} + 3M_{\text{O}} = 108 + 14 + 3 \cdot 16 = 170 \text{ г/моль.}$$

1.3. Количество вещества нитрата серебра

$$n_{\text{AgNO}_3}^i = \frac{m_{\text{AgNO}_3}^i}{M_{\text{AgNO}_3}} = \frac{75,20}{170} = 0,442 \text{ моль.}$$

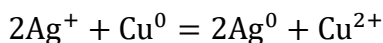
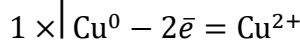
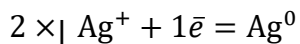
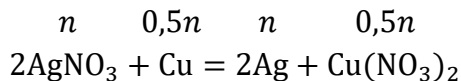
1.4. Масса воды

$$m_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{AgNO}_3} = m_{\text{p-p}}^{\text{AgNO}_3} - m_{\text{AgNO}_3}^i = 470,0 - 75,20 = 394,80 \text{ г.}$$



2. Взаимодействие с медной деталью

2.1. Уравнение реакции



2.2. Материальный баланс

$$n_{\text{Ag}} = n_{\text{AgNO}_3} = n$$

$$n_{\text{Cu}} = n_{\text{Cu}(\text{NO}_3)_2} = 0,5 \cdot n_{\text{AgNO}_3} = 0,5 \cdot n$$

2.3. Изменение массы детали

$$m_{\text{Cu}}^k = m_{\text{Cu}}^i + (m_{\text{Ag}} - m_{\text{Cu}}) = m_{\text{Cu}}^i + \Delta m$$

2.4. С учётом п. 2.2

$$\Delta m = m_{\text{Ag}} - m_{\text{Cu}} = n \cdot M_{\text{Ag}} - 0,5 \cdot n \cdot M_{\text{Cu}} = n \cdot (M_{\text{Ag}} - 0,5 \cdot M_{\text{Cu}})$$

$$n = \frac{\Delta m}{M_{\text{Ag}} - 0,5 \cdot M_{\text{Cu}}} = \frac{5,5}{108 - 0,5 \cdot 63,5} = 0,072 \text{ моль.}$$

2.5. Остаток нитрата серебра

$$n_{\text{AgNO}_3}^k = n_{\text{AgNO}_3}^i - n = 0,442 - 0,072 = 0,37 \text{ моль;}$$

$$m_{\text{AgNO}_3}^k = n_{\text{AgNO}_3}^k \cdot M_{\text{AgNO}_3} = 0,37 \cdot 170 = 62,9 \text{ г.}$$

2.6. Образовалось нитрата меди

$$n_{\text{Cu}(\text{NO}_3)_2} = 0,5 \cdot n = 0,5 \cdot 0,072 = 0,036 \text{ моль.}$$

3. Расчёт раствора гидроксида калия (едкого кали)

3.1. Масса раствора гидроксида калия

$$m_{\text{p-p}}^{\text{KOH}} = d_{\text{p-p}}^{\text{KOH}} \cdot V_{\text{p-p}}^{\text{KOH}} = 1,14 \cdot 200 = 228 \text{ г.}$$

3.2. Массовая доля гидроксида калия

$$\omega_{\text{KOH}}^i = \frac{m_{\text{KOH}}}{m_{\text{KOH}} + m_{\text{H}_2\text{O}}} \cdot 100 \% = \frac{17,4}{17,4 + 100} \cdot 100 = 14,82 \%.$$

3.3. Масса гидроксида калия

$$m_{\text{KOH}}^i = \frac{\omega_{\text{KOH}}^i}{100} \cdot m_{\text{p-p}}^{\text{KOH}} = \frac{14,82}{100} \cdot 228 = 33,79 \text{ г.}$$



3.4. Молярная масса гидроксида калия

$$M_{\text{KOH}} = M_{\text{K}} + M_{\text{O}} + M_{\text{H}} = 39 + 16 + 1 = 56 \text{ г/моль.}$$

3.5. Количество вещества гидроксида калия

$$n_{\text{KOH}}^i = \frac{m_{\text{KOH}}^i}{M_{\text{KOH}}} = \frac{33,79}{56} = 0,6034 \text{ моль.}$$

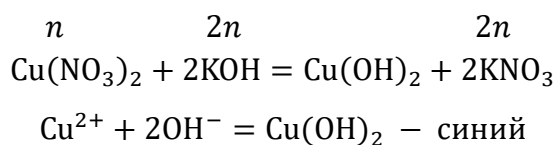
3.6. Масса воды

$$m_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{KOH}} = m_{\text{p-p}}^{\text{KOH}} - m_{\text{KOH}}^i = 228 - 33,79 = 194,21 \text{ г.}$$

2 балла

4. Расчёт расхода гидроксида калия

4.1. Реакция нитрата меди

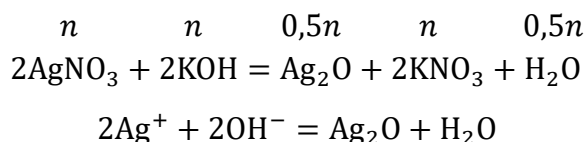


4.2. Расход гидроксида калия

$$n_{\text{KOH}}^{\text{Cu}} = 2 \cdot n_{\text{Cu(NO}_3)_2} = 2 \cdot 0,036 = 0,072 \text{ моль;}$$

$$m_{\text{KOH}}^{\text{Cu}} = n_{\text{KOH}}^{\text{Cu}} \cdot M_{\text{KOH}} = 0,072 \cdot 56 = 4,032 \text{ г.}$$

4.3. Реакция нитрата серебра



4.4. Расход гидроксида калия с учётом п. 2.5

$$n_{\text{KOH}}^{\text{Ag}} = n_{\text{AgNO}_3}^k = 0,37 \text{ моль;}$$

$$m_{\text{KOH}}^{\text{Ag}} = n_{\text{KOH}}^{\text{Ag}} \cdot M_{\text{KOH}} = 0,37 \cdot 56 = 20,72 \text{ г.}$$

2 балла

5. Проверка избытка гидроксида калия

5.1. Общий расход гидроксида калия

$$n_{\text{KOH}} = n_{\text{KOH}}^{\text{Cu}} + n_{\text{KOH}}^{\text{Ag}} = 0,072 + 0,37 = 0,442 \text{ моль} < n_{\text{KOH}}^i = 0,6034 \text{ моль.}$$

5.2. Остаток гидроксида калия

$$n_{\text{KOH}}^k = n_{\text{KOH}}^i - n_{\text{KOH}} = 0,6034 - 0,442 = 0,1614 \text{ моль;}$$

$$m_{\text{KOH}}^k = n_{\text{KOH}}^k \cdot M_{\text{KOH}} = 0,1614 \cdot 56 = 9,04 \text{ г.}$$

$$m_{\text{KOH}}^k = m_{\text{KOH}}^i - m_{\text{KOH}}^{\text{Cu}} - m_{\text{KOH}}^{\text{Ag}} = 33,79 - 4,03 - 20,72 = 9,04 \text{ г.}$$



2 балла

6. Образование нитрата калия

6.1. Молярная масса нитрата калия

$$M_{\text{KNO}_3} = M_{\text{K}} + M_{\text{N}} + 3 \cdot M_{\text{O}} = 39 + 14 + 3 \cdot 16 = 101 \text{ г/моль.}$$

6.2. По реакции нитрата меди п. 4.1.

$$n_{\text{KNO}_3}^{\text{Cu}} = 2 \cdot n_{\text{Cu}(\text{NO}_3)_2} = 2 \cdot 0,036 = 0,072 \text{ моль;}$$

$$m_{\text{KNO}_3}^{\text{Cu}} = n_{\text{KNO}_3}^{\text{Cu}} \cdot M_{\text{KNO}_3} = 0,072 \cdot 101 = 7,27 \text{ г.}$$

6.3. По реакции нитрата серебра п. 4.3 с учётом п. 2.5.

$$n_{\text{KNO}_3}^{\text{Ag}} = n_{\text{AgNO}_3}^k = 0,37 \text{ моль}$$

$$m_{\text{KNO}_3}^{\text{Ag}} = n_{\text{KNO}_3}^{\text{Ag}} \cdot M_{\text{KNO}_3} = 0,37 \cdot 101 = 37,37 \text{ г.}$$

6.4. Общее количество нитрата калия

$$n_{\text{KNO}_3} = n_{\text{KNO}_3}^{\text{Cu}} + n_{\text{KNO}_3}^{\text{Ag}} = 0,072 + 0,37 = 0,442 \text{ моль;}$$

$$m_{\text{KNO}_3} = 0,442 \cdot 101 = 44,64 \text{ г;}$$

$$m_{\text{KNO}_3} = m_{\text{KNO}_3}^{\text{Cu}} + m_{\text{KNO}_3}^{\text{Ag}} = 7,27 + 37,37 = 44,64 \text{ г.}$$

2 балла

7. Образование воды по реакции нитрата серебра п. 4.3 с учётом п. 2.5.

$$n_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{Ag}} = 0,5 \cdot n_{\text{AgNO}_3}^k = 0,5 \cdot 0,37 = 0,185 \text{ моль}$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{Ag}} = n_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{Ag}} \cdot M_{\text{H}_2\text{O}} = 0,185 \cdot 18 = 3,33 \text{ г.}$$

2 балла

8. Расчёт массовой доли остаточного гидроксида калия в растворе

8.1. Состав раствора: вода, гидроксид и нитрат калия

8.2. Масса воды с учётом п.п. 1.4, 3.6 и 7

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = m_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{AgNO}_3} + m_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{KOH}} + m_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{Ag}} = 394,80 + 194,21 + 3,33 = 592,34 \text{ г.}$$

8.3. Масса раствора с учётом п.п. 8.2, 6.4 и 5.2

$$m_{\text{р-р}} = m_{\text{H}_2\text{O}} + m_{\text{KNO}_3} + m_{\text{KOH}}^k = 592,34 + 44,64 + 9,04 = 646,02 \text{ г.}$$

8.4. Массовая доля остаточного гидроксида калия в растворе

$$\omega_{\text{KOH}}^k = \frac{m_{\text{KOH}}^k}{m_{\text{р-р}}} \cdot 100 \% = \frac{9,04}{646,02} \cdot 100 = 1,4 \%.$$

2 балла

9. Расчёт массы серебра



9.1. Количество вещества оксида серебра по реакции п. 4.3

$$n_{\text{Ag}_2\text{O}} = 0,5 \cdot n_{\text{AgNO}_3}^k = 0,5 \cdot 0,37 = 0,185 \text{ моль.}$$

9.2. Количество вещества серебра

$$n_{\text{Ag}} = 2 \cdot n_{\text{Ag}_2\text{O}} = 2 \cdot 0,185 = 0,37 \text{ моль.}$$

9.3. Масса серебра

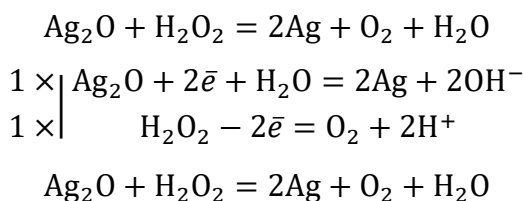
$$m_{\text{Ag}} = n_{\text{Ag}} \cdot M_{\text{Ag}} = 0,37 \cdot 108 = 39,96 \text{ г.}$$

Количество, достаточное для изготовления изделия массой не менее 30 г.

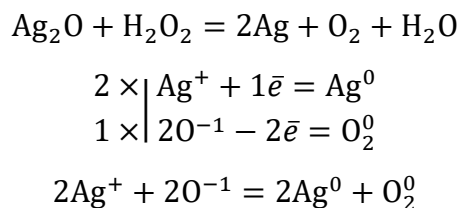
2 балла

10. Реакция оксида серебра с перекисью водорода

Метод полу-реакций



Метод баланса электронов



2 балла

Задание 6 (30 баллов)

Пробу легированной стали растворили в кислоте. На отдельную пробу раствора действовали нитратом бария, получили белый осадок. К оставшемуся раствору с $\text{pH} = 2$ прибавили избыток гидроксида аммония (10 моль/л), получили окрашенный осадок, к которому прибавили избыток гидроксида натрия (6 моль/л), осадок частично растворился. Остальной осадок отмыли от щёлочи и растворили в азотной кислоте (1 моль/л). К аммиачному раствору прибавили реактив Чугаева, получили розовый осадок. К щелочному раствору прибавили перекись водорода, прокипятили, добавили нитрат бария, получили жёлтый осадок. К азотнокислomu раствору прибавили нитрат аммония и гидроксид аммония до $\text{pH} = 9$, получили бурый осадок и бесцветный раствор. К раствору прибавили гидроортофосфат натрия, получили белый осадок. Бурый осадок растворили в азотной кислоте, добавили роданид калия – получили красный раствор.

Укажите состав раствора, составьте уравнения реакций в молекулярной и ионной форме, 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), действия, которые не приводят к какому-либо эффекту не показывать.

Решение

Состав раствора

Сульфаты хрома, железа (III), никеля, марганца: $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$; $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$; NiSO_4 ; MgSO_4 .

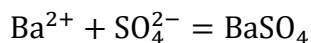
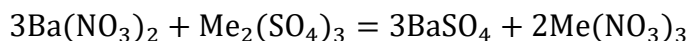
1 балл

Уравнения реакций

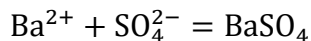
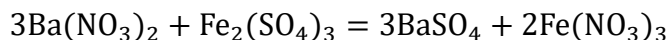
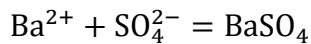
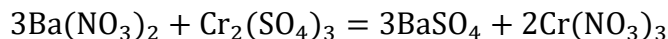
1. Реакция с нитратом бария – осаждение сульфата бария

1.1. Реакция с сульфатами хрома (III) и железа (III)

в общем виде



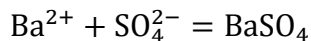
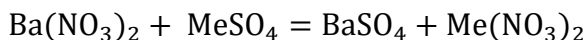
частные случаи – равносильно общей реакции



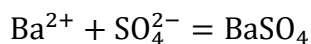
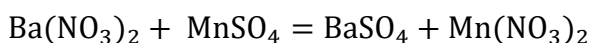
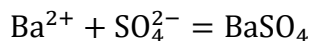
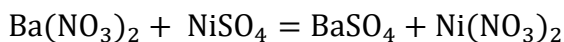
1 балл

1.2. Реакция с сульфатами никеля (II) и марганца (II)

в общем виде



частные случаи – равносильно общей реакции

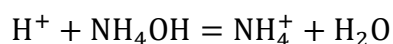
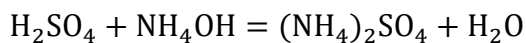


1 балл

2. Реакции с гидроксидом аммония

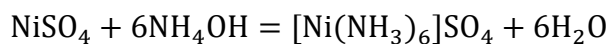


2.1. Нейтрализация серной кислоты



1 балл

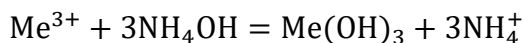
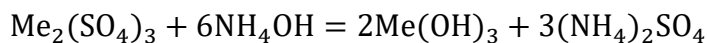
2.2. Образование аммиаката никеля



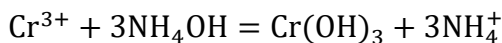
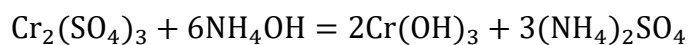
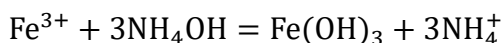
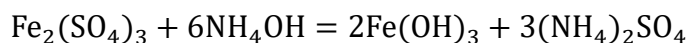
1 балл

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

в общем виде

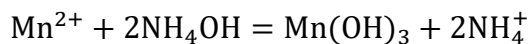
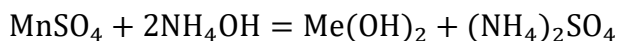


частные случаи – равносильно общей реакции



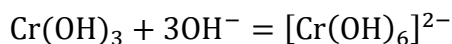
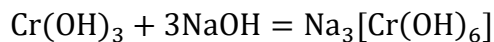
1 балл

2.4. Осаждение гидроксида марганца (II)



1 балл

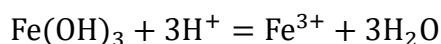
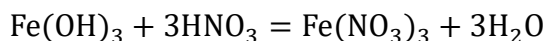
3. Действие на осадок избытка щёлочи – образование гидроксокомплекса хрома (III)



1 балл

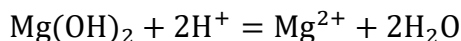
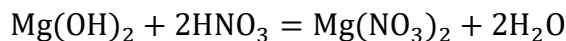
4. Действие на осадок азотной кислоты

4.1. Растворение гидроксида железа (III)



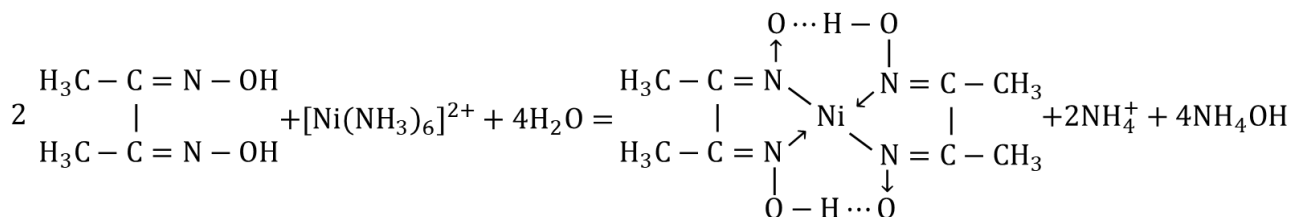
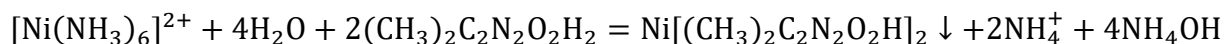
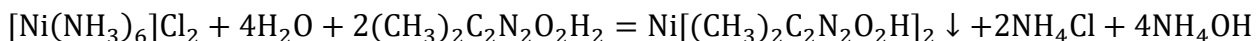
1 балл

4.2. Растворение гидроксида магния (II)



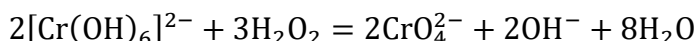
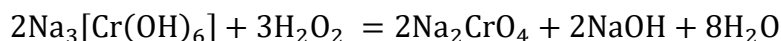
1 балл

5. Реакция с реактивом Чугаева (диметилглиоксим)

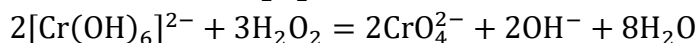
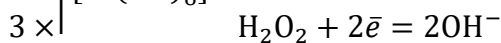
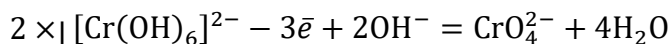


2 балла

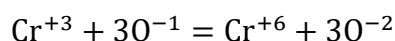
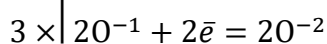
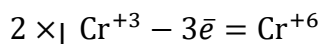
6. Действие перекиси водорода на щелочной раствор – окисление хрома (III)



метод полуреакций

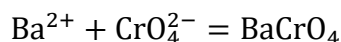
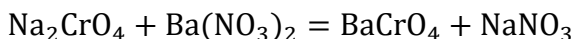


метод баланса электронов



2 балла

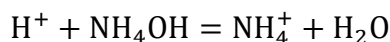
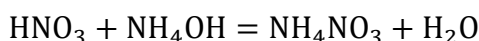
7. Реакция раствора хрома (VI) с нитратом бария



1 балл

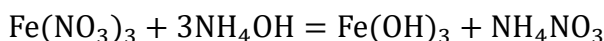
8. Реакции при добавлении гидроксида аммония

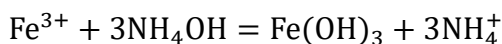
8.1. Нейтрализация азотнокислого раствора



1 балл

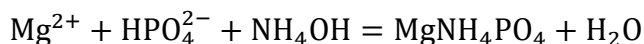
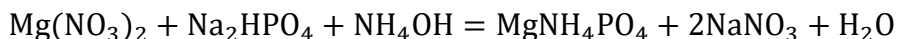
8.2. Осаждение гидроксида железа (III)





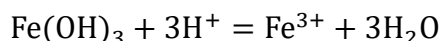
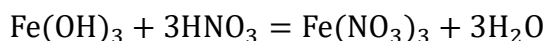
1 балл

9. Реакция с гидроортофосфатом натрия



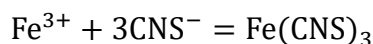
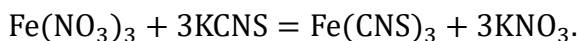
1 балл

10. Реакция с азотной кислотой – растворение гидроксида железа (III)



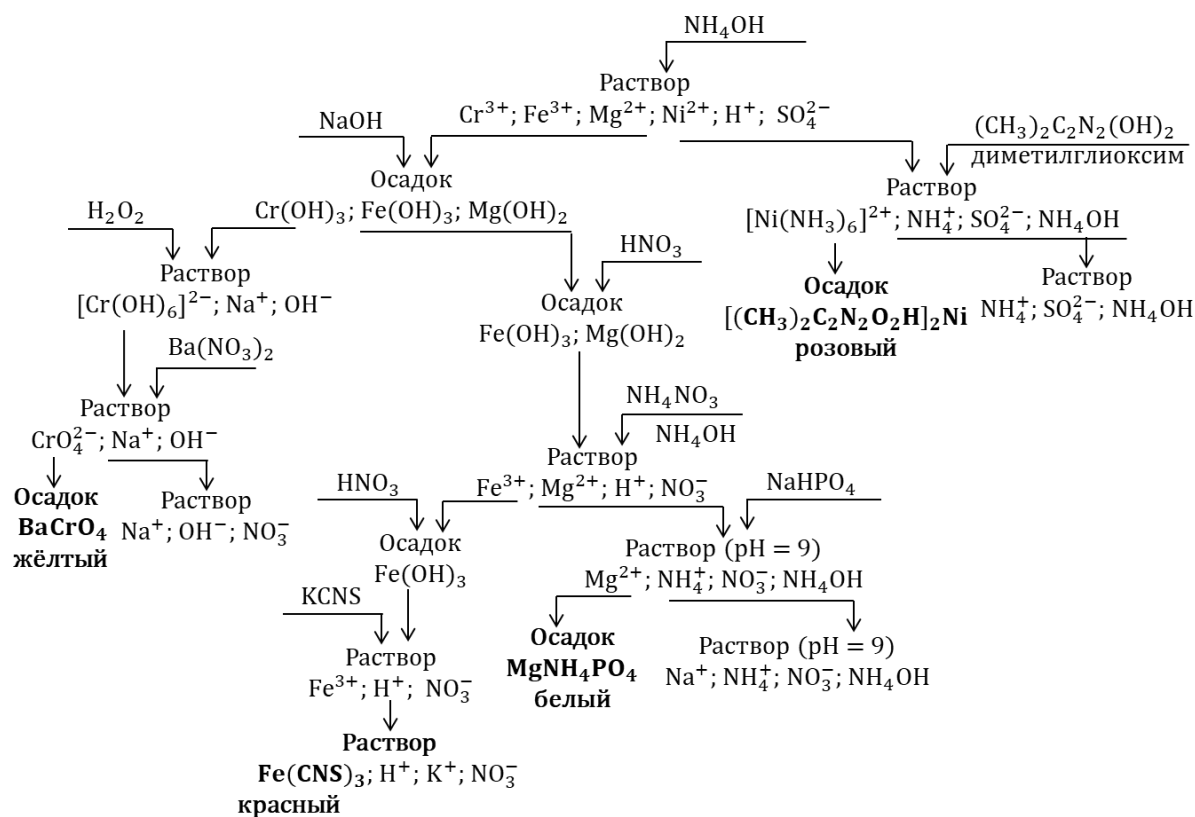
1 балл

11. Реакция с роданидом калия



1 балл

Схема разделения



10 баллов



Текстовое пояснение решения задачи

На ... пробу раствора действовали нитратом бария, получили белый осадок – указание на сульфатный раствор.

К...раствору...прибавили избыток гидроксида аммония...получили ... осадок – отделение никеля (аммиачный комплекс) от хрома, железа и марганца (образование осадка гидроксидов).

...осадок, к которому прибавили избыток гидроксида натрия (6 моль/л), осадок частично растворился – указание на отделение амфотерного хрома (III).

К аммиачному раствору прибавили реактив Чугаева, получили розовый осадок – указание на наличие никеля.

К щелочному раствору прибавили перекись водорода, прокипятили, добавили нитрат бария, получили жёлтый осадок – окисление хрома (III) и осаждение хромата бария.

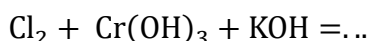
К азотнокислому раствору прибавили хлорид аммония и гидроксид аммония до $pH = 9$, получили бурый осадок и бесцветный раствор – описано разделение железа и магния, гидроксид которого в присутствии солей аммония не осаждается.

К раствору прибавили гидроортофосфат натрия, получили белый осадок – доказательство наличия магния.

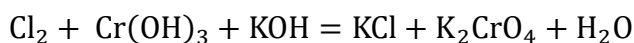
Бурый осадок растворили в азотной кислоте, добавили роданид калия – получили красный раствор – доказательство наличия железа.

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

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

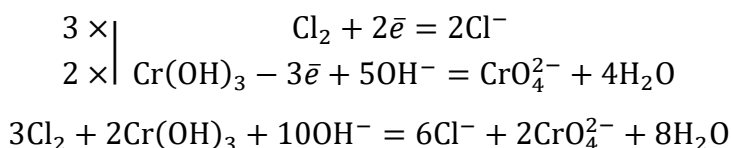
**Решение**

1) продукты реакции

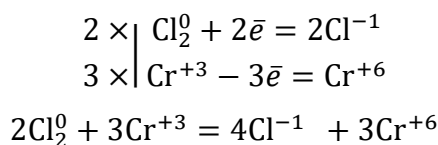


1 балл

2а) метод полу-реакций

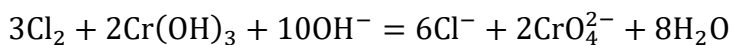


2б) метод баланса электронов



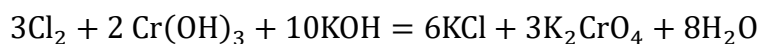
2 балла

3) ионное уравнение



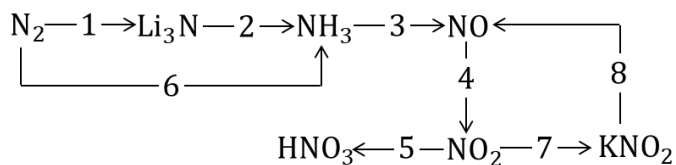
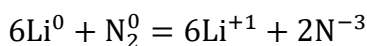
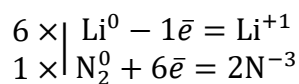
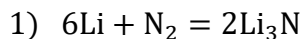
1 балл

4) молекулярное уравнение

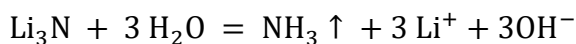
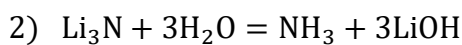


1 балл**Задание 2 (10 баллов)**

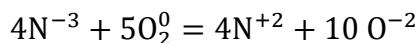
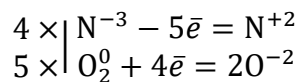
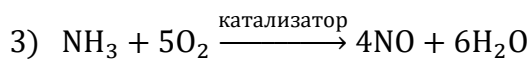
Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения. Взаимные превращения двух веществ следует описывать разными реакциями. Для уравнивания окислительно-восстановительных реакций следует использовать метод электронного баланса или полуреакций. Реакции в растворе следует представить в молекулярной и сокращённой ионной форме.

**Решение**

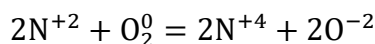
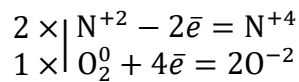
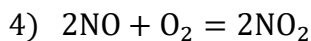
1 балл



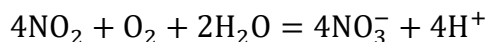
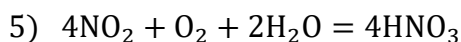
1 балл



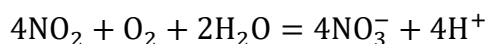
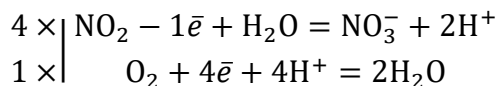
2 балла



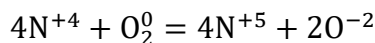
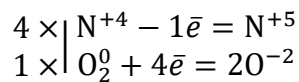
1 балл



метод полу-реакций

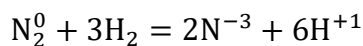
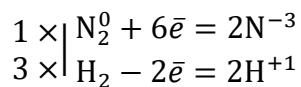
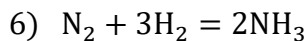


метод баланса электронов

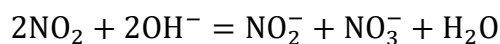
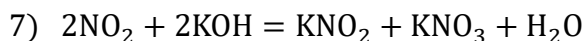




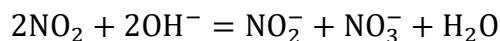
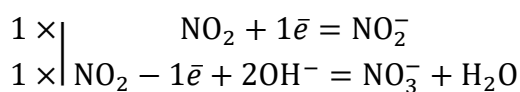
2 балла



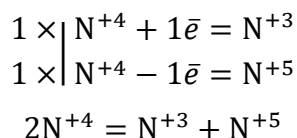
1 балл



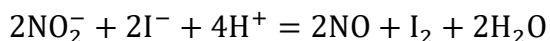
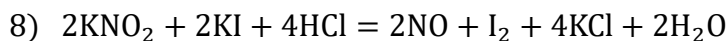
метод полу-реакций



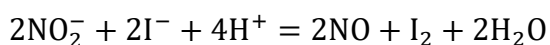
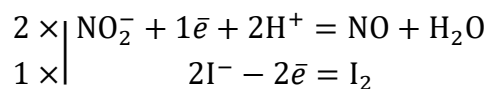
метод баланса электронов



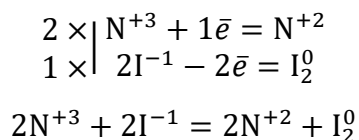
1 балл



метод полу-реакций



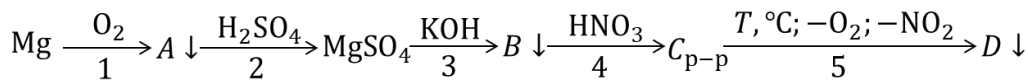
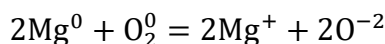
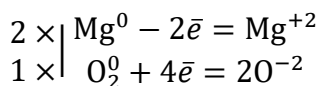
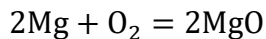
метод баланса электронов



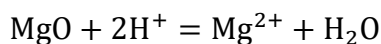
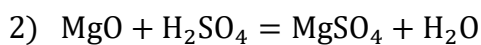
1 балл

Задание 3 (15 баллов)

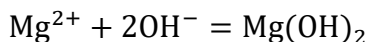
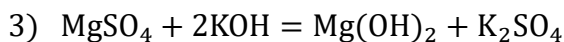
Определите формулы веществ *A*, *B*, *C*, *D*. Напишите молекулярные и ионные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения. Вещества в цепочке могут находиться как в твердом состоянии, так и в растворе. Окислительно-восстановительные реакции должны сопровождаться методом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

**Решение**вещество *A* – MgO

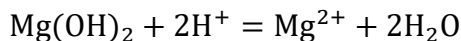
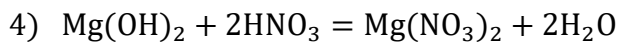
3 балла



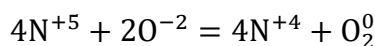
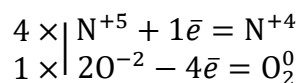
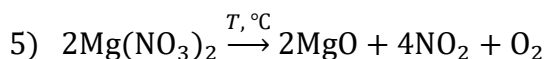
3 балла

вещество *B* – Mg(OH)₂

3 балла

вещество *C* – Mg(NO₃)₂

3 балла

вещество *D* – MgO

3 балла

Задание 4 (20 баллов)

К раствору, содержащему иодид и иодат калия, добавили 100 г раствора кислоты *A*, которая количественно вступила в реакцию. Вычислите массовую долю кислоты *A* в её растворе, если известно, что выделившийся иод количественно прореагировал с 0,01 моль тиосульфата натрия с образованием продуктов *B*, *C*, и *D*. Про кислоту *A* известно, что при реакции ее с нитратом серебра образуется белый творожистый осадок, не растворимый в азотной кислоте. Продукты *B* и *C* – дают



белый кристаллический осадок с нитратом бария. Вещество D – бескислородная кислота, при действии на нитрат серебра даёт жёлтый осадок. Назовите вещества A , B , C и D . Напишите уравнения реакций, описанных в условии задачи, в молекулярной и ионной форме; при уравнивании окислительно-восстановительных реакций рекомендуется применять метод полуреакций.

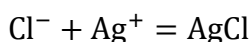
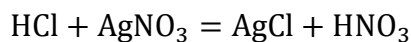
Решение

1. Кислота A – соляная кислота, т.к. это вещество при реакции с нитратом серебра даёт белый творожистый осадок, не растворимый в азотной кислоте. Продукт B – сульфат натрия, продукт C – серная кислота, о чём свидетельствует образование белого осадка при реакции с нитратом бария. Продукт D – иодоводородная кислота.

2 балла

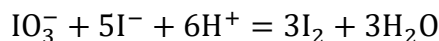
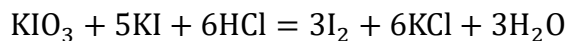
2. Уравнения реакций

2.1. Реакция с нитратом серебра

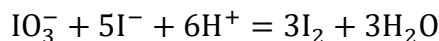
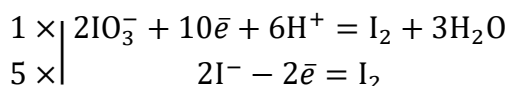


2 балла

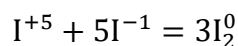
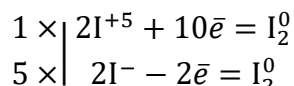
2.2. Реакции иодида и иодата калия в солянокислой среде



метод полуреакций

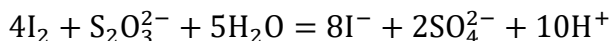
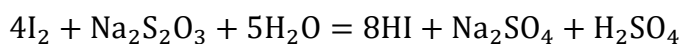


метод баланса электронов

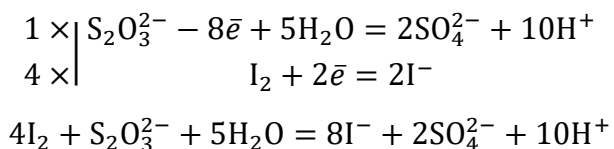


2 балла

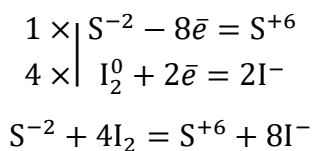
2.3. Реакция йода с тиосульфатом натрия



метод полуреакций



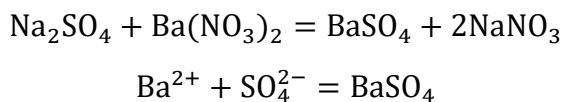
метод баланса электронов



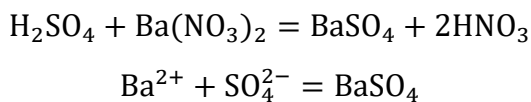
2 балла

2.4. Реакции с нитратом бария

с сульфатом натрия

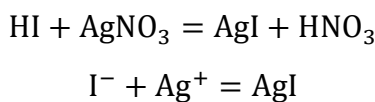


с серной кислотой



2 балла

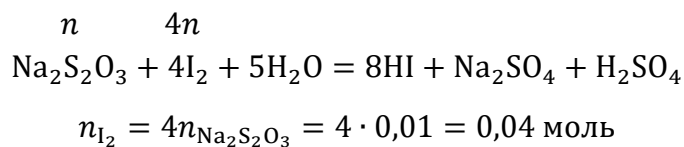
2.5. Реакция с нитратом серебра продукта D



2 балла

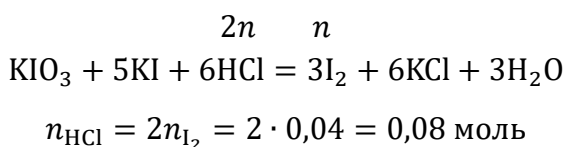
3. Расчёт концентрации использованного раствора кислоты A

3.1. По реакции



2 балла

3.2. По реакции





2 балла

3.3. Масса соляной кислоты

$$m_{\text{HCl}} = n_{\text{HCl}} \cdot M_{\text{HCl}} = 0,08 \cdot 36,5 = 2,92 \text{ г.}$$

2 балла

3.4. Массовая доля соляной кислоты

$$\omega_{\text{HCl}} = \frac{m_{\text{HCl}}}{m_{\text{p-p}}} \cdot 100 \% = \frac{2,92}{100} \cdot 100 = 2,92 \%.$$

2 балла

Задание 5 (20 баллов)

Ученик при исследовании химических свойств металлов провел следующий эксперимент: цинковую пластину массой 50 г он поместил в раствор массой 300 г с массовой долей хлорида олова (II) 27 %. Через некоторое время массовая доля хлорида олова (II) в растворе составила 10,5 %. Вытащив пластинку и высушив ее, он обнаружил, что у него не оказалось аналитических весов. Помогите ученику с заданием и определите, чему стала равна масса цинковой пластины, если все олово выделилось на ней. Рассчитайте массовую долю примеси в конечном растворе хлорида олова.

Решение

1. Расчёт исходного раствора хлорида олова (II)

1.1. Масса хлорида олова (II)

$$m_{\text{SnCl}_2}^i = \frac{\omega_{\text{SnCl}_2}^i}{100} \cdot m_{\text{p-p}}^i = \frac{27}{100} \cdot 300 = 81 \text{ г.}$$

1.2. Молярная масса хлорида олова (II)

$$M_{\text{SnCl}_2} = M_{\text{Sn}} + 2 \cdot M_{\text{Cl}} = 119 + 2 \cdot 35,5 = 190 \text{ г/моль.}$$

1.3. Количество вещества хлорида олова (II)

$$n_{\text{SnCl}_2}^i = \frac{m_{\text{SnCl}_2}^i}{M_{\text{SnCl}_2}} = \frac{81}{190} = 0,426 \text{ моль.}$$

2 балла

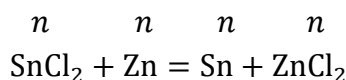
1.4. Масса воды

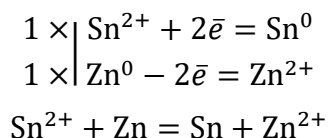
$$m_{\text{H}_2\text{O}}^i = m_{\text{p-p}}^i - m_{\text{SnCl}_2}^i = 300 - 81 = 219 \text{ г.}$$

2 балла

2. Реакция цинка с хлоридом олова (II)

2.1. Уравнение реакции





2.2. Материальный баланс реакции

$$n_{\text{SnCl}_2} = n_{\text{Zn}} = n_{\text{Sn}} = n_{\text{ZnCl}_2} = n$$

2 балла

3. Расчёт по конечной массовой доле хлорида олова

3.1. Состав конечного раствора: вода, хлорид олова (II), хлорид цинка – примесь.

3.2. Количество хлорида олова в конечном растворе согласно п. 2.2

$$n_{\text{SnCl}_2}^k = n_{\text{SnCl}_2}^i - n$$

3.3. Масса хлорида олова в конечном растворе

$$m_{\text{SnCl}_2}^k = m_{\text{SnCl}_2}^i - n \cdot M_{\text{SnCl}_2}$$

2 балла

3.4. Масса хлорида цинка согласно п. 2.2

$$m_{\text{ZnCl}_2} = n \cdot M_{\text{ZnCl}_2}$$

3.5. Масса конечного раствора

$$m_{\text{p-p}}^k = m_{\text{H}_2\text{O}}^i + m_{\text{SnCl}_2}^k + m_{\text{ZnCl}_2} = (m_{\text{H}_2\text{O}}^i + m_{\text{SnCl}_2}^i) - n \cdot M_{\text{SnCl}_2} + n \cdot M_{\text{ZnCl}_2};$$

$$m_{\text{p-p}}^k = m_{\text{p-p}}^i - n \cdot (M_{\text{SnCl}_2} - M_{\text{ZnCl}_2}) = m_{\text{p-p}}^i - n \cdot (M_{\text{Sn}} - M_{\text{Zn}})$$

2 балла

3.6. Массовая доля хлорида олова (II) в конечном растворе с учётом п.п. 3.3 и 3.5

$$\omega_{\text{SnCl}_2}^k = \frac{m_{\text{SnCl}_2}^k}{m_{\text{p-p}}^k} = \frac{m_{\text{SnCl}_2}^i - n \cdot M_{\text{SnCl}_2}}{m_{\text{p-p}}^i - n \cdot (M_{\text{Sn}} - M_{\text{Zn}})}$$

2 балла

3.7. Количество расходуемого/образованного вещества

$$\begin{aligned} n &= \frac{\omega_{\text{SnCl}_2}^k \cdot m_{\text{p-p}}^i - m_{\text{SnCl}_2}^i}{\omega_{\text{SnCl}_2}^k \cdot (M_{\text{Sn}} - M_{\text{Zn}}) - M_{\text{SnCl}_2}}; \\ n &= \frac{0,105 \cdot 300 - 81}{0,105 \cdot (119 - 65) - 190} = 0,27 \text{ моль.} \end{aligned}$$

2 балла

4. Конечная масса цинковой пластины

$$m_{\text{Zn}}^k = m_{\text{Zn}}^i - m_{\text{Zn}} + m_{\text{Sn}} = m_{\text{Zn}}^i - n \cdot M_{\text{Zn}} + n \cdot M_{\text{Sn}};$$

$$m_{\text{Zn}}^k = 50 - 0,27 \cdot 65 + 0,27 \cdot 119 = 64,58 \text{ г.}$$

2 балла



5. Расчёт массовой доли хлорида цинка в конечном растворе

5.1. Масса конечного раствора согласно п. 3.5

$$m_{p-p}^k = m_{p-p}^i - n \cdot (M_{Sn} - M_{Zn}) = 300 - 0,27 \cdot (119 - 65) = 285,42 \text{ г.}$$

5.2. Молярная масса хлорида цинка

$$M_{ZnCl_2} = M_{Zn} + 2 \cdot M_{Cl} = 65 + 2 \cdot 35,5 = 136 \text{ г/моль.}$$

2 балла

5.3. Согласно п. 3.4 масса хлорида цинка

$$m_{ZnCl_2} = n \cdot M_{ZnCl_2} = 0,27 \cdot 136 = 36,72 \text{ г.}$$

5.4. Массовая доля хлорида цинка

$$\omega_{ZnCl_2} = \frac{m_{ZnCl_2}}{m_{p-p}^k} \cdot 100 \% = \frac{36,72}{285,42} \cdot 100 = 12,865 \%$$

2 балла

Задание 6 (30 баллов)

К отдельной пробе промышленных стоков предприятия среднетоннажной химии прибавили нитрат бария, получили белый осадок. К оставшемуся раствору с $pH = 2$ прибавили избыток гидроксида аммония, получили синий раствор и бурый осадок. Осадок растворили в азотной кислоте, раствор поделили на две части. К одной части прибавили роданид калия – получили красный раствор; к другой части прибавили висмутат натрия – получили розовое окрашивание раствора. К аммиачному раствору прибавили серную кислоту до $pH = 2$ и тиосульфат натрия. Получили тёмно-серый осадок и бесцветный раствор. Раствор прокипятили, прибавили сульфид натрия – получили жёлтый осадок. К чёрному осадку прилили азотную кислоту (2 моль/л) – получили голубой раствор и белый осадок. К раствору прибавили жёлтую кровяную соль – получили осадок кирпично-красного цвета.

Укажите состав раствора, составьте уравнения реакций в молекулярной и ионной форме, 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), действия, которые не приводят к какому-либо эффекту не показывать.

Решение**Состав раствора**

Сульфаты кадмия, марганца (II), железа (III), меди (II): $MnSO_4$; $CdSO_4$; $Fe_2(SO_4)_3$; $CuSO_4$.

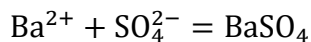
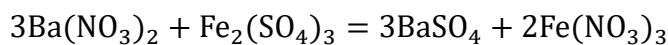
1 балл

Уравнения реакций



1. Реакция с нитратом бария – осаждение сульфата бария

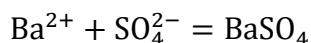
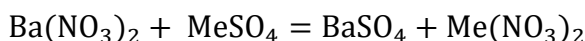
1.1. Реакция с сульфатом железа (III)



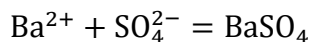
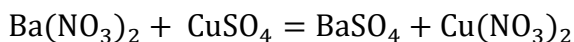
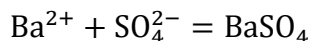
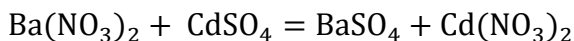
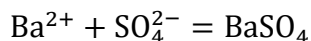
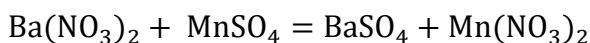
1 балл

1.2. Реакция с сульфатами двухвалентных металлов (марганца, кадмия, меди)

общее уравнение реакции



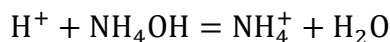
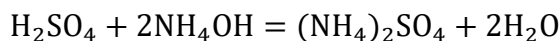
частные случаи – равносильно общей реакции



1 балл

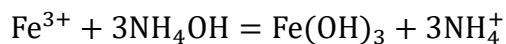
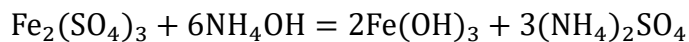
2. Реакция с гидроксидом аммония

2.1. Нейтрализация кислого раствора



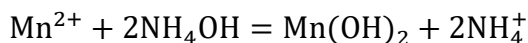
1 балл

2.2. Осаждение гидроксида железа



1 балл

2.3. Осаждение гидроксида марганца



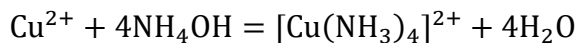
1 балл

2.4. Получение аммиачных комплексов меди (II) и кадмия

общее уравнение реакции



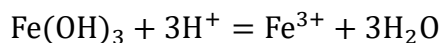
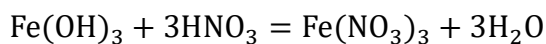
частные случаи – равносильно общей реакции



1 балл

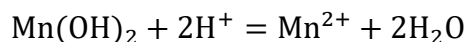
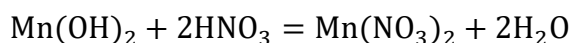
3. Реакции с азотной кислотой

3.1. Растворение гидроксида железа (III)



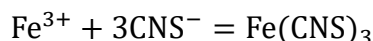
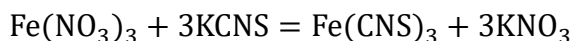
1 балл

3.2. Растворение гидроксида марганца



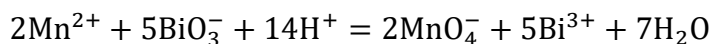
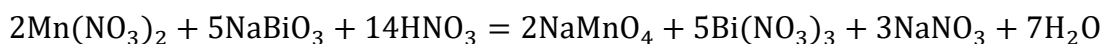
1 балл

4. Реакция с роданидом калия

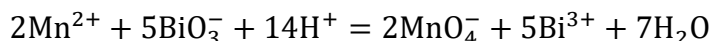
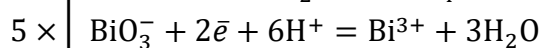
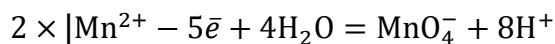


1 балл

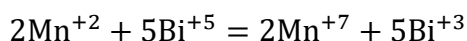
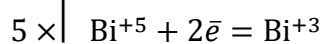
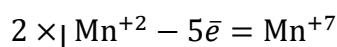
5. Реакция с висмутатом натрия



метод полуреакций



метод баланса электронов

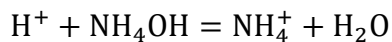
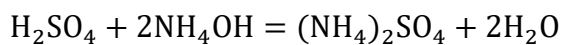


2 балла



6. Реакции с аммиачного раствора с серной кислотой

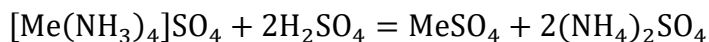
6.1. Нейтрализация гидроксида аммония



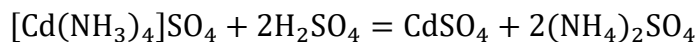
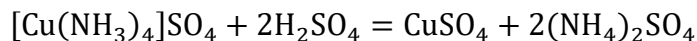
1 балл

6.2. Разложение аммиачных комплексов меди и кадмия

уравнение реакции в общем виде

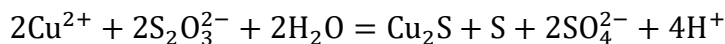
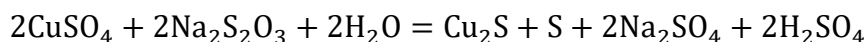


частные случаи – равносильно общей реакции

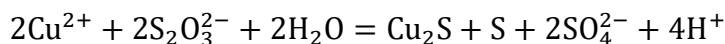
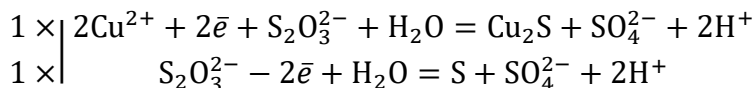


1 балл

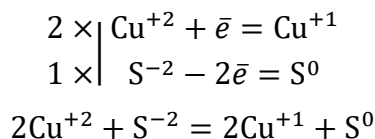
7. Реакция с тиосульфатом натрия – осаждение сульфида меди (I)



метод полуреакций

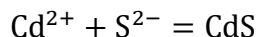
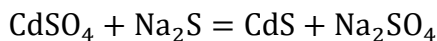


метод баланса электронов



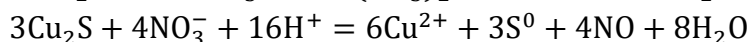
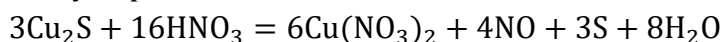
2 балла

8. Реакция с сульфидом натрия – осаждение сульфида кадмия

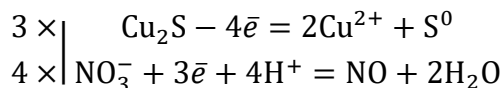


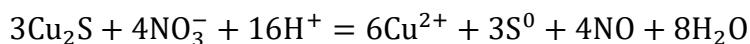
1 балл

9. Растворение сульфида меди в азотной кислоте

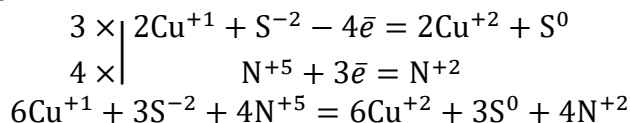


метод полуреакций



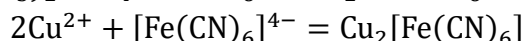
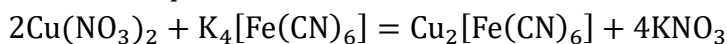


метод баланса электронов



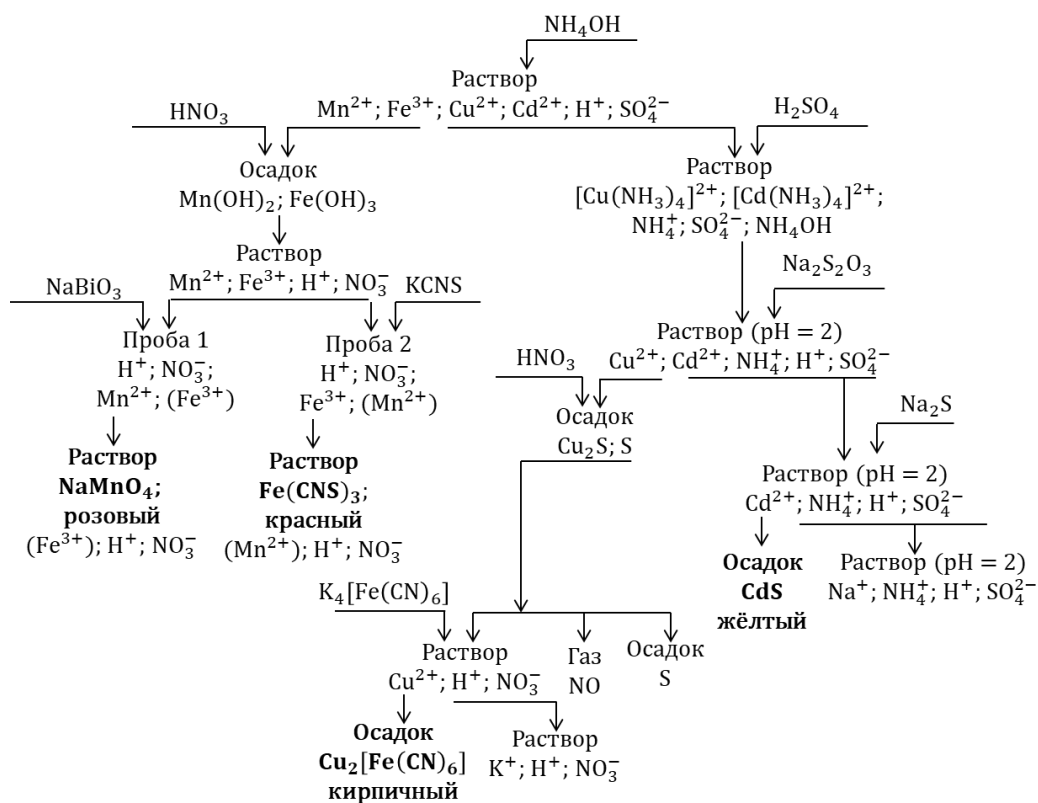
2 балла

10. Реакция с жёлтой кровяной солью



1 балл

Схема разделения



10 баллов

Текстовое пояснение решения задачи

К отдельной пробе промышленных стоков предприятия среднетоннажной химии прибавили нитрат бария, получили белый осадок – указание на сульфатный раствор.

К остальному раствору ... прибавили избыток гидроксида аммония, получили синий раствор и бурый осадок – указание на наличие меди (синий раствор) и железа (III) – бурый осадок.

К одной части [азотнокислого раствора] прибавили роданид калия – получили красный раствор – доказательство наличия железа (III).



...к другой части [азотнокислого раствора] прибавили висмутат натрия – получили розовое окрашивание раствора – указание на наличие марганца (II).

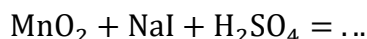
К аммиачному раствору прибавили серную кислоту до $pH = 2$ и тиосульфат натрия. Получили тёмно-серый осадок – указание на наличие меди (этот цвет имеет сульфид меди (I) в смеси с серой).

Раствор ... прибавили сульфид натрия – получили жёлтый осадок – указание на наличие кадмия.

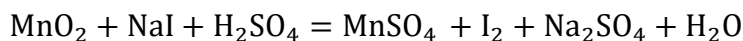
К раствору прибавили жёлтую кровяную соль – получили осадок кирпично-красного цвета – доказательство наличия меди.

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

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

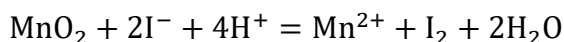
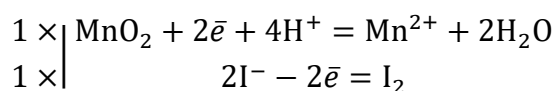
**Решение**

1) продукты реакции

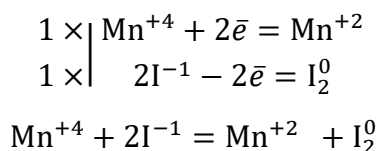


1 балл

2а) метод полу-реакций

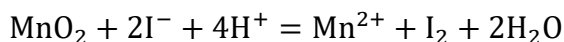


2б) метод баланса электронов



2 балла

3) ионное уравнение



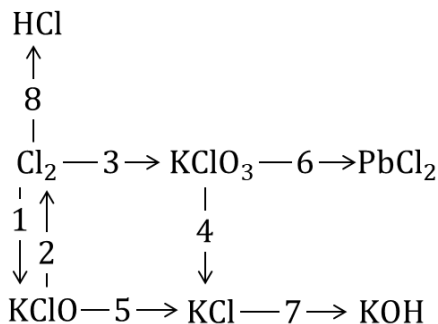
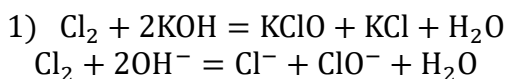
1 балл

4) молекулярное уравнение

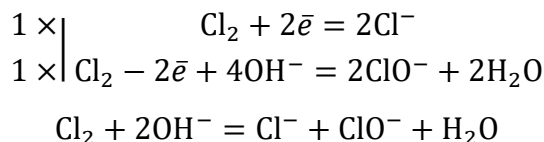


1 балл**Задание 2 (10 баллов)**

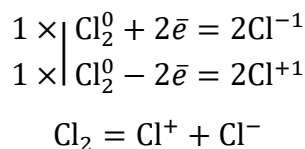
Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения. Взаимные превращения двух веществ следует описывать разными реакциями. Для уравнивания окислительно-восстановительных реакций следует использовать метод электронного баланса или полуреакций. Реакции в растворе следует представить в молекулярной и сокращённой ионной форме.

**Решение**

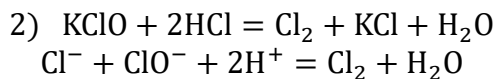
метод полу-реакций



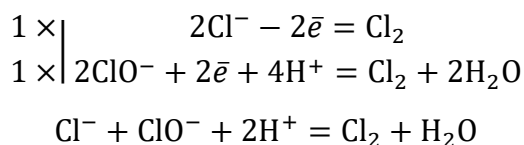
метод баланса электронов



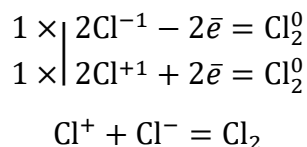
2 балла



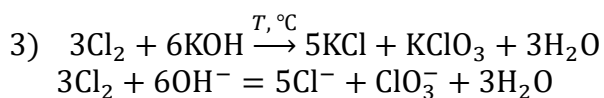
метод полу-реакций



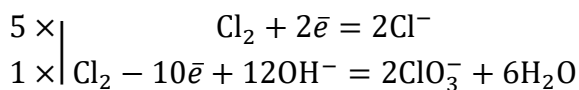
метод баланса электронов

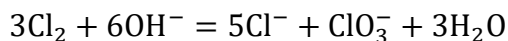


1 балл

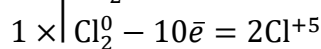
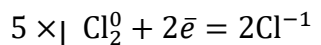


метод полу-реакций

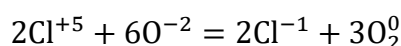
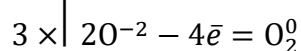
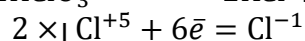
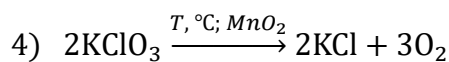




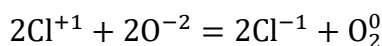
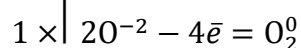
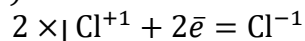
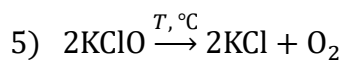
метод баланса электронов



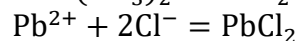
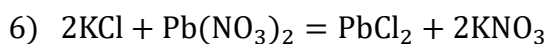
2 балла



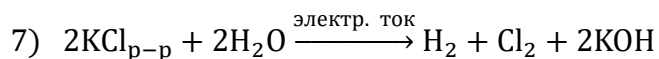
1 балл



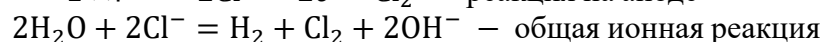
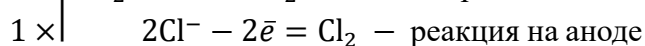
1 балл



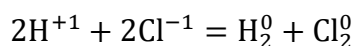
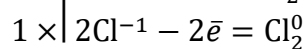
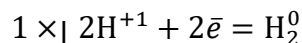
1 балл



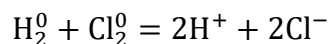
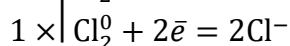
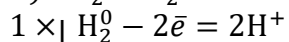
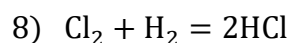
Реакции на электродах



баланс электронов



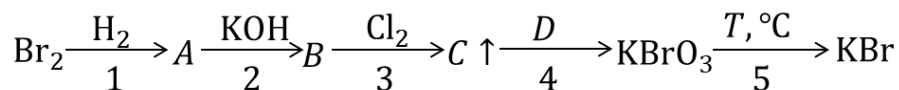
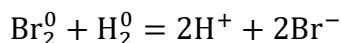
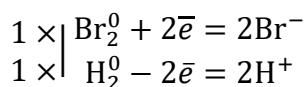
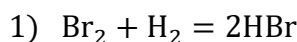
1 балл



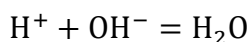
1 балл

**Задание 3 (15 баллов)**

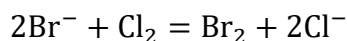
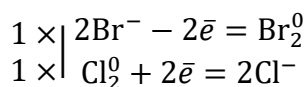
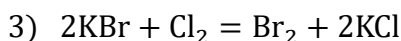
Определите формулы веществ *A*, *B*, *C*, *D*. Напишите молекулярные и ионные уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения. Вещества в цепочке могут находиться как в твердом состоянии, так и в растворе. Окислительно-восстановительные реакции должны сопровождаться методом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

**Решение**вещество *A* – HBr

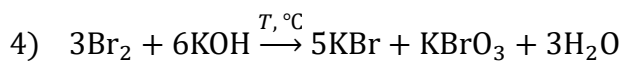
3 балла

вещество *B* – KBr.

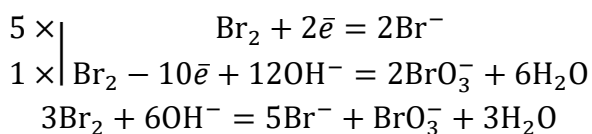
3 балла

вещество *C* – Br₂.

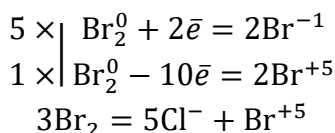
3 балла



метод полу-реакций

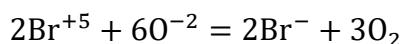
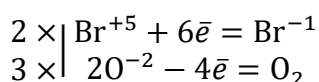
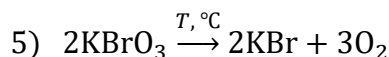


метод баланса электронов



вещество D – KOH.

3 балла



3 балла

Задание 4 (20 баллов)

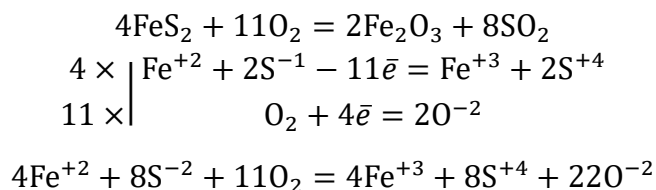
Некоторое вещество A является солью бескислородной кислоты и представляет собой золотисто-желтые кристаллы кубической формы. Навеску вещества A массой 9,6 г сожгли, получили газ B и вещество C бурого цвета. Продукт реакции газа B со щёлочью (KOH) обесцветил солянокислый раствор перманганата калия, при добавлении избытка хлорида бария выпал белый кристаллический осадок массой 37,28 г. Вещество C при взаимодействии с соляной кислотой образует раствор желтого цвета, при добавлении к которому роданида калия получается кроваво-красное окрашивание. Напишите уравнения реакций, описанных в условии задачи, в молекулярной и ионной форме; при уравнивании окислительно-восстановительных реакций применять метод полуреакций или баланса электронов. Вычислите массовые доли элементов в веществе A и выведите его формулу.

Решение1. Вещество A является пиритом или сульфидом железа с формулой FeS₂.

1 балл

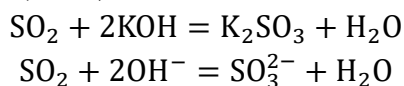
2. Уравнения реакций

2.1. Реакция горения



3 балла

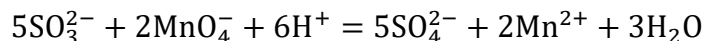
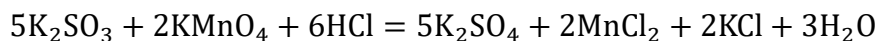
2.2. Реакция газа B со щёлочью (KOH)



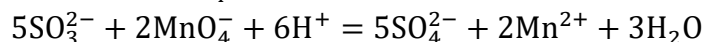
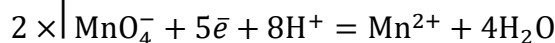
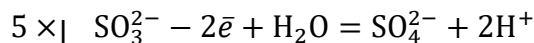
1 балл



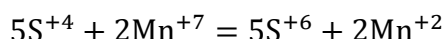
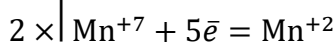
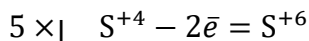
2.3. Реакция с перманганатом калия



метод полуреакций

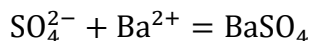
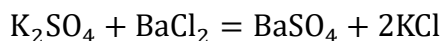


метод баланса электронов



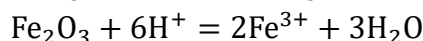
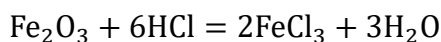
4 балла

2.4. Реакция с хлоридом бария



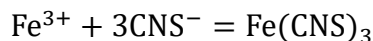
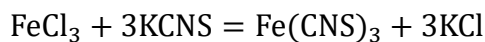
1 балл

2.5. Реакция с соляной кислотой



1 балл

2.6. Реакция с роданидом калия



1 балл

3. Расчёт состава/формулы вещества А

3.1. Расчёт количества вещества сульфата бария

$$n_{\text{BaSO}_4} = \frac{m_{\text{BaSO}_4}}{M_{\text{BaSO}_4}} = \frac{37,28}{233} = 0,16 \text{ моль.}$$

1 балл

3.2. Расчёт количества вещества оксида серы

Согласно формулам веществ BaSO_4 и SO_2

$$n_{\text{SO}_2} = n_{\text{BaSO}_4} = 0,16 \text{ моль} = n_{\text{S}}$$

1 балл

3.3. Масса серы

$$m_{\text{S}} = n_{\text{S}} \cdot M_{\text{S}} = 0,16 \cdot 32 = 5,12 \text{ г.}$$

1 балл

3.4. Масса железа

$$m_{\text{Fe}} = m_{\Sigma} - m_{\text{S}} = 9,6 - 5,12 = 4,48 \text{ г.}$$

1 балл



3.5. Количество вещества железа

$$n_{\text{Fe}} = \frac{m_{\text{Fe}}}{M_{\text{Fe}}} = \frac{4,48}{56} = 0,08 \text{ моль.}$$

1 балл

3.6. Массовые доли элементов (состав вещества)

$$\omega_{\text{Fe}} = \frac{m_{\text{Fe}}}{m_{\Sigma}} \cdot 100 \% = \frac{4,48}{9,60} \cdot 100 = 46,67 \%$$

$$\omega_{\text{S}} = \frac{m_{\text{S}}}{m_{\Sigma}} \cdot 100 \% = \frac{5,12}{9,60} \cdot 100 = 53,33 \%$$

2 балла

3.7. Вывод формулы

$$n_{\text{Fe}} : n_{\text{S}} = 0,08 : 0,16 = 1 : 2 \Rightarrow \text{FeS}_2.$$

1 балл

Задание 5 (20 баллов)

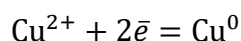
Для изготовления посеребрённой медной детали использовали растворы хлорида меди (II) и нитрата серебра. Через раствор хлорида меди (II) пропускали постоянный ток до тех пор, пока объём выделившегося газа не стал 4,48 л (н.у.). Из металла, собранного на катоде, отлили деталь, которую поместили в раствор нитрата серебра объёмом 200 мл с массовой долей соли 18 %, плотностью 1,17 г/см³. Деталь выдерживали в растворе до уменьшения массовой доли нитрата серебра до 10 %. Определите массу посеребрённой детали и массовую долю примеси в конечном растворе.

Решение

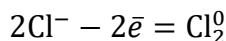
1. Расчёт электролиза раствора хлорида меди (II)

1.1. Реакции электролиза раствора хлорида меди (II)

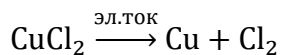
1.1.1. Реакция на катоде



1.1.2. Реакция на аноде



1.1.3. Общая реакция



1 балл

1.2. Материальный баланс реакции

$$n_{\text{Cu}} = n_{\text{Cl}_2} = n_{\text{CuCl}_2} = n$$

1 балл

1.3. Количество вещества выделившегося хлора

$$n_{\text{Cl}_2} = \frac{V_{\text{Cl}_2}}{V_M} = \frac{4,48}{22,4} = 0,2 \text{ моль.}$$



1 балл

1.4. Масса выделившейся на катоде меди с учётом п. 1.2

$$m_{\text{Cu}} = n_{\text{Cu}} \cdot M_{\text{Cu}} = 0,2 \cdot 63,5 = 12,7 \text{ г.}$$

1 балл

2. Расчёт исходного раствора нитрата серебра

2.1. Масса раствора нитрата серебра

$$m_{\text{p-p}}^{\text{AgNO}_3} = d_{\text{p-p}}^{\text{AgNO}_3} \cdot V_{\text{p-p}}^{\text{AgNO}_3} = 1,17 \cdot 200 = 234,0 \text{ г.}$$

1 балл

2.2. Масса нитрата серебра

$$m_{\text{AgNO}_3}^i = \frac{\omega_{\text{AgNO}_3}^i}{100} \cdot m_{\text{p-p}}^{\text{AgNO}_3} = \frac{18}{100} \cdot 234,0 = 42,12 \text{ г.}$$

1 балл

2.3. Молярная масса нитрата серебра

$$M_{\text{AgNO}_3} = M_{\text{Ag}} + M_{\text{N}} + 3M_{\text{O}} = 108 + 14 + 3 \cdot 16 = 170 \text{ г/моль.}$$

2.4. Количество вещества нитрата серебра

$$n_{\text{AgNO}_3}^i = \frac{m_{\text{AgNO}_3}^i}{M_{\text{AgNO}_3}} = \frac{42,12}{170} = 0,248 \text{ моль.}$$

1 балл

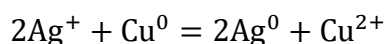
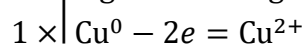
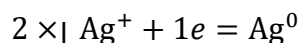
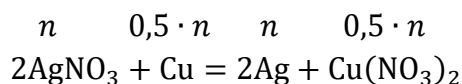
2.5. Масса воды

$$m_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{AgNO}_3} = m_{\text{p-p}}^{\text{AgNO}_3} - m_{\text{AgNO}_3}^i = 234,0 - 42,12 = 191,88 \text{ г.}$$

1 балл

3. Реакция с медной деталью

3.1. Уравнение реакции



1 балл

3.2. Материальный баланс

$$n_{\text{Ag}} = n_{\text{AgNO}_3} = n$$

$$n_{\text{Cu}} = n_{\text{Cu(NO}_3)_2} = 0,5 \cdot n_{\text{AgNO}_3} = 0,5 \cdot n$$



1 балл

4. Расчёт по конечной массовой доле нитрата серебра

4.1. Конечное количество вещества нитрата серебра

$$n_{\text{AgNO}_3}^k = n_{\text{AgNO}_3}^i - n$$

4.2. Конечная масса нитрата серебра

$$m_{\text{AgNO}_3}^k = m_{\text{AgNO}_3}^i - n \cdot M_{\text{AgNO}_3}$$

1 балл

4.3. Масса нитрата меди (II) в растворе с учётом п. 3.2

$$m_{\text{Cu(NO}_3)_2} = n_{\text{Cu(NO}_3)_2} \cdot M_{\text{Cu(NO}_3)_2} = 0,5 \cdot n \cdot M_{\text{Cu(NO}_3)_2}$$

1 балл

4.4. Масса раствора, состоящего из воды, остатка нитрата серебра и нитрата меди (II) – примесь.

$$m_{\text{p-p}}^k = m_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{AgNO}_3} + m_{\text{AgNO}_3}^k + m_{\text{Cu(NO}_3)_2};$$

$$m_{\text{p-p}}^k = m_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{AgNO}_3} + m_{\text{AgNO}_3}^i - n \cdot M_{\text{AgNO}_3} + 0,5 \cdot n \cdot M_{\text{Cu(NO}_3)_2};$$

$$m_{\text{p-p}}^k = m_{\text{p-p}}^i - n \cdot (M_{\text{AgNO}_3} - 0,5 \cdot M_{\text{Cu(NO}_3)_2}) = m_{\text{p-p}}^i - n \cdot (M_{\text{Ag}} - 0,5 \cdot M_{\text{Cu}}).$$

1 балл

4.5. Массовая доля нитрата серебра в конечном растворе согласно п.п. 4.2 и 4.4

$$\omega_{\text{AgNO}_3}^k = \frac{m_{\text{AgNO}_3}^k}{m_{\text{p-p}}^k} = \frac{m_{\text{AgNO}_3}^i - n \cdot M_{\text{AgNO}_3}}{m_{\text{p-p}}^i - n \cdot (M_{\text{Ag}} - 0,5 \cdot M_{\text{Cu}})}.$$

1 балл

4.6. Количество расходуемого/образованного вещества

$$n = \frac{\omega_{\text{AgNO}_3}^k \cdot m_{\text{p-p}}^i - m_{\text{AgNO}_3}^i}{\omega_{\text{AgNO}_3}^k \cdot (M_{\text{Ag}} - 0,5 \cdot M_{\text{Cu}}) - M_{\text{AgNO}_3}};$$

$$n = \frac{0,10 \cdot 234 - 42,12}{0,10 \cdot (108 - 0,5 \cdot 63,5) - 170} = 0,115 \text{ моль}.$$

1 балл

5. Расчёт массы посеребрённой детали с учётом п. 3.2

$$m_{\text{Cu}}^k = m_{\text{Cu}}^i + m_{\text{Ag}} - m_{\text{Cu}} = m_{\text{Cu}}^i + n \cdot M_{\text{Ag}} - 0,5 \cdot n \cdot M_{\text{Cu}};$$

$$m_{\text{Cu}}^k = m_{\text{Cu}}^i + n \cdot (M_{\text{Ag}} - 0,5 \cdot M_{\text{Cu}});$$

$$m_{\text{Cu}}^k = 12,7 + 0,115 \cdot (108 - 0,5 \cdot 63,5) = 21,47 \text{ г}.$$

1 балл



6. Расчёт массовой доли нитрата меди в растворе (примеси)

6.1. Масса конечного раствора согласно п. 4.4

$$m_{p-p}^k = m_{p-p}^i - n \cdot (M_{Ag} - 0,5 \cdot M_{Cu}) = 234 - 0,115 \cdot (108 - 0,5 \cdot 63,5) = 225,23 \text{ г.}$$

1 балл

6.2. Молярная масса нитрата меди (II)

$$M_{Cu(NO_3)_2} = M_{Cu} + 2M_N + 6M_O = 63,5 + 2 \cdot 14 + 6 \cdot 16 = 187,5 \text{ г/моль.}$$

1 балл

6.3. Масса нитрата меди согласно п. 4.3

$$m_{Cu(NO_3)_2} = 0,5 \cdot n \cdot M_{Cu(NO_3)_2} = 0,5 \cdot 0,115 \cdot 185,5 = 10,78 \text{ г.}$$

1 балл

6.4. Массовая доля нитрата меди (примеси)

$$\omega_{Cu(NO_3)_2} = \frac{m_{Cu(NO_3)_2}}{m_{p-p}^k} \cdot 100 \% = \frac{10,78}{225,23} \cdot 100 = 4,79 \%$$

1 балл

Задание 6 (30 баллов)

К пробе стоков с отвала окислительной переработки сульфидных руд с $pH = 2$ прибавили концентрированный гидроксид аммония, получили синий раствор и бурый осадок. На осадок действовали гидроксидом натрия (6 моль/л), что привело к его частичному растворению. Нерастворённую часть отмыли от щёлочи, растворили в азотной кислоте (2 моль/л), прибавили жёлтую кровяную соль – получили синий осадок. К щелочному раствору прибавили перекись водорода (30 %), прокипятили – получили жёлтый раствор, к которому добавили нитрат бария, получили жёлтый осадок. К аммиачному раствору прибавили серную кислоту до $pH = 0,5$, пропустили сероводород – получили тёмный осадок. Раствор после добавления сероводорода прокипятили, добавили гидроксид натрия, полученный осадок растворили в разбавленной кислоте, добавили гидроксид аммония до $pH = 9$ и диметилглиоксим – получили розовый осадок. Сульфидный осадок растворили в азотной кислоте, прибавили жёлтую кровяную соль – получили кирпично-красный осадок.

Укажите состав раствора, составьте уравнения реакций в молекулярной и ионной форме, 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), действия, которые не приводят к какому-либо эффекту не показывать.



Решение

Состав раствора

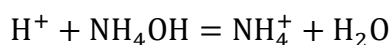
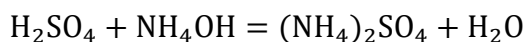
Сульфаты хрома (III), железа (III), меди (II), никеля (II): $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$; $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$; NiSO_4 ; MgSO_4 .

1 балл

Уравнения реакций

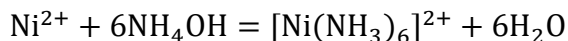
1. Реакции с гидроксидом аммония

1.1. Нейтрализация серной кислоты



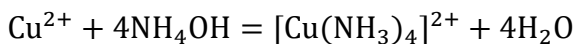
1 балл

1.2. Образование аммиаката никеля



1 балл

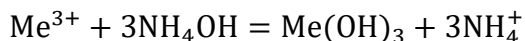
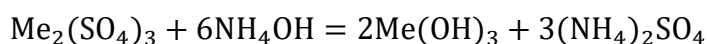
1.3. Образование аммиаката меди



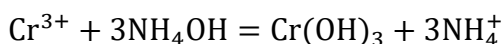
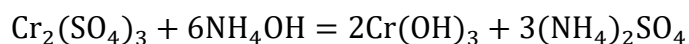
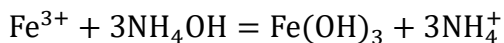
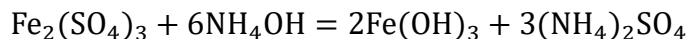
1 балл

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

Общее уравнение реакции

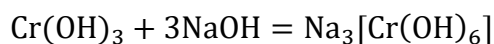


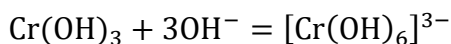
Частные случаи – приравниваются к общей реакции



1 балл

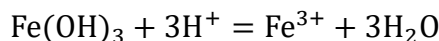
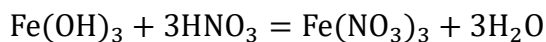
2. Действие на осадок избытка щёлочи – образование гидроксокомплекса хрома (III)





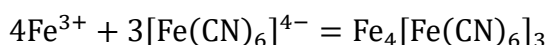
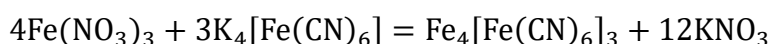
1 балл

3. Действие на осадок азотной кислоты – растворение гидроксида железа (III)



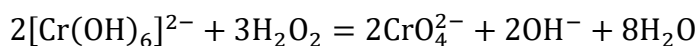
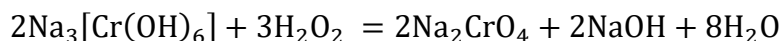
1 балл

4. Реакция с жёлтой кровяной солью – гесацианоферратом (II) калия

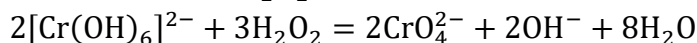
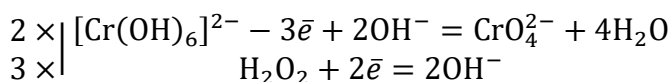


1 балл

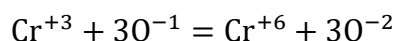
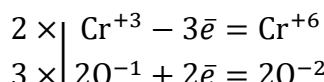
5. Действие перекиси водорода на щелочной раствор – окисление хрома (III)



метод полуреакций

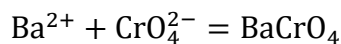
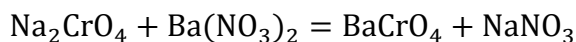


метод баланса электронов



1 балл

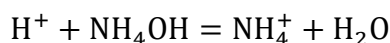
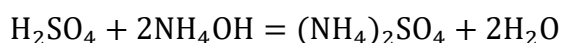
6. Реакция раствора хрома (VI) с нитратом бария



1 балл

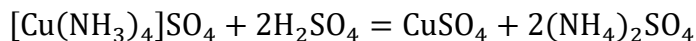
7. Реакции аммиачного раствора с серной кислотой

7.1. Нейтрализация гидроксида аммония



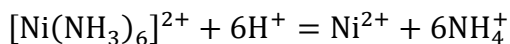
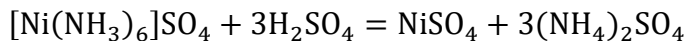
1 балл

7.2. Разложение аммиачного комплекса меди



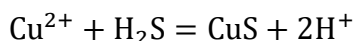
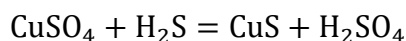
1 балл

7.3. Разложение аммиачного комплекса никеля



1 балл

8. Реакция с сероводородом в кислой среде (pH = 0,5)

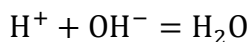
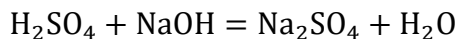


Сульфид никеля при pH = 0,5 не осаждается.

1 балл

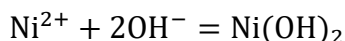
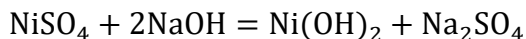
9. Реакция с гидроксидом натрия

9.1. Нейтрализация серной кислоты



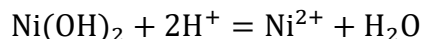
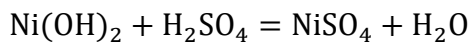
1 балл

9.2. Осаждение гидроксида никеля



1 балл

10. Реакция с серной кислотой – растворение гидроксида никеля



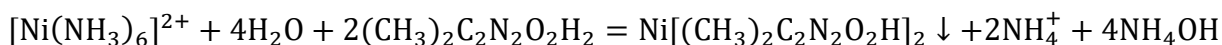
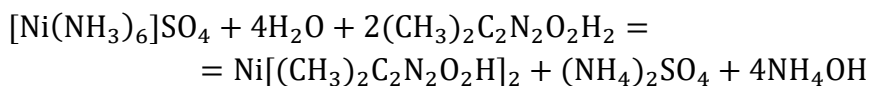
1 балл

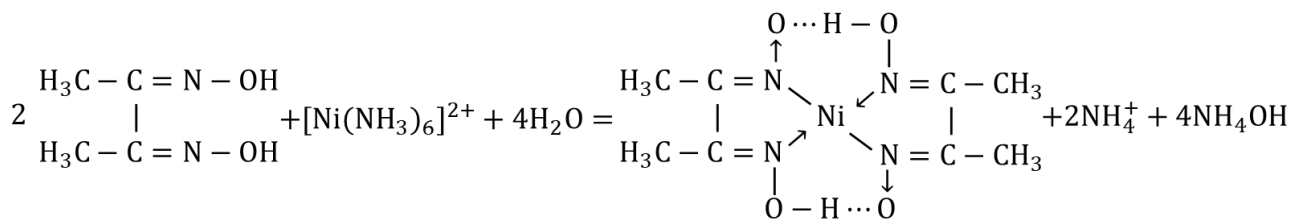
11. Реакция с гидроксидом аммония



1 балл

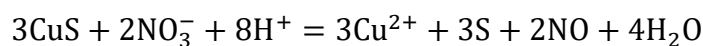
12. Реакция с реактивом Чугаева (диметилглиоксим)



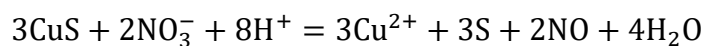
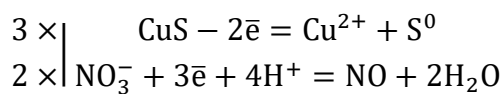


1 балл

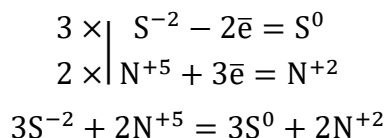
13. Реакция сульфида меди с азотной кислотой



метод полуреакций

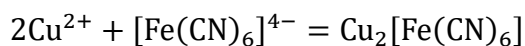
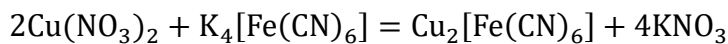


метод баланса электронов



1 балл

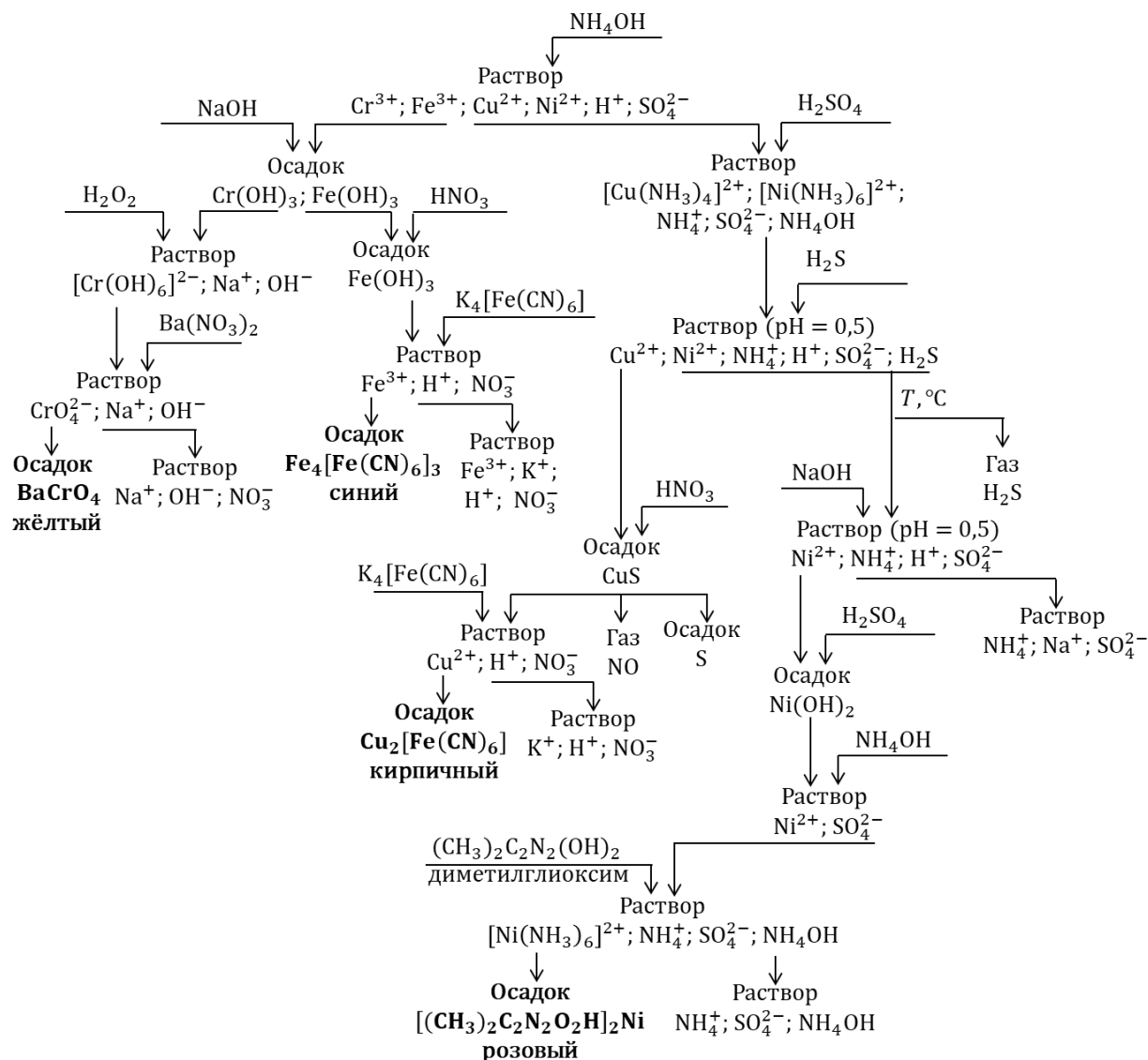
14. Реакция с жёлтой кровяной солью



1 балл



Схема разделения



9 баллов

Текстовое пояснение решения задачи

К пробе стоков с отвала окислительной переработки сульфидных руд с $\text{pH} = 2$ прибавили концентрированный гидроксид аммония, получили синий раствор и бурый осадок – признак наличия меди и железа (III).

На осадок действовали гидроксидом натрия (6 моль/л), что привело к его частичному растворению – помимо основного гидроксида железа (III) осадок содержал амфотерный гидроксид хрома (III).

Нерастворённую часть отмыли от щёлочи, растворили в азотной кислоте (2 моль/л), прибавили жёлтую кровавую соль – получили синий осадок – доказательство наличия железа (III).



К щелочному раствору прибавили перекись водорода (30 %), прокипятили – получили жёлтый раствор, к которому добавили нитрат бария, получили жёлтый осадок – доказательство наличия хрома.

К аммиачному раствору прибавили серную кислоту до $pH = 0,5$, пропустили сероводород – получили тёмный осадок – указание на осаждение сульфида меди.

Раствор после добавления сероводорода прокипятили, добавили гидроксид натрия, полученный осадок растворили в разбавленной кислоте – выделение никеля из многокомпонентного раствора.

... добавили гидроксид аммония до $pH = 9$ и диметилглиоксим – получили розовый осадок – доказательство наличия никеля

Сульфидный осадок растворили в азотной кислоте, прибавили жёлтую кровавую соль – получили кирпично-красный осадок – доказательство наличия меди.