

**Очный тур Открытой химической олимпиады 2018-2019 учебного года.
9 класс. Вариант 1.**

Задание 1.

Простое вещество элемента первого периода образует бинарные соединения в реакциях с простыми веществами элементов второго периода. В молекулах этих соединений одинаковое число электронов, суммарный заряд которых равен $-16,0 \times 10^{-19}$ Кл. Вещество М – широко распространённый в природе газ, А – газ с резким запахом, В – бесцветная жидкость, Ф – летучая жидкость.

Приготовили два раствора. Раствор №1: 100г В + 20 г Ф. Раствор №2: 100г В + 22,4 л (н.у.) А. Растворы смешали.

1) Рассчитайте массовую долю полученного в результате реакции вещества С в растворе.

2) Определите все вещества М, А, В, Ф, С.

3) Напишите уравнения реакций получения этих веществ из простых веществ.

4) Напишите уравнения реакции веществ М и А с кислородом.

5) Укажите основное назначение или области применения каждого из веществ в природе и/или промышленности.

Решение задания 1

Элемент первого периода Н. Вещество H_2 .

Число электронов в молекулах 10 электронов.

1 балл

С элементами второго периода водород образует с таким количеством электронов соединения: М- метан CH_4 , А - аммиак NH_3 , В - вода H_2O , Ф - фтороводород HF .

1 балл

Реакция между растворами А и Ф.

Раствор 1. 100 г H_2O + 20 г HF . $n(HF) = 1 \text{ mol}$.

Раствор 2. 100 г H_2O + 22,4 л (н.у.) NH_3 . $n(NH_3) = 1 \text{ mol}$. $m = 17 \text{ g}$.

$HF + NH_3 = NH_4F$ Вещество С - фторид аммония NH_4F .

1 1 1 mol $m(NH_4)F = 37 \text{ g}$.

1 балл

Суммарная масса раствора после реакции 237 г.

Массовая доля фторида в растворе $\omega = 37:237=0,1562=15,6 \%$.

1 балл

Реакции получения веществ.

$C + 2 H_2 = CH_4$ катализатор, температура .

0,5 балла

$N_2 + 3 H_2 = 2 NH_3$ катализатор, давление, температура.

0,5 балла

$O_2 + 2 H_2 = 2 H_2O$

0,5 балла

$F_2 + H_2 = 2 HF$

0,5 балла

Применение веществ.

Метан- топливо, химическое сырьё.

0,5 балла

Аммиак - удобрение, производство HNO_3 , хладагент.

0,5 балла

Вода - гидросфера, основа жизни.

0,5 балла

Фтороводород - плавиковая кислота.

0,5 балла

Реакции с кислородом.

$CH_4 + 2 O_2 = CO_2 + 2 H_2O$

1 балл

$4 NH_3 + 3 O_2 = 2 N_2 + 6 H_2O$

1 балл

Итого 10 баллов

Задание 2

Какова массовая доля серной кислоты в растворе, в котором содержится $6,022 \times 10^{23}$ атомов серы, а суммарное количество атомов водорода в 22 раза больше?

К этому раствору добавили 27,9 г порошка железа, реакция прошла полностью. Затем через раствор пропустили аммиак. Поглотилось 22,4 л (н.у.) газа. Рассчитайте массовую долю воды в полученном растворе.

Данный раствор упарили при низкой температуре. Получили 196 г кристаллогидрата. Определите его формулу.

Полученные кристаллы массой 3,92 г растворили в воде и объём раствора довели до 100 мл. Затем провели следующие опыты:

1) 20 мл раствора + раствор перманганата калия концентрацией 0,02 моль/л в присутствии серной кислоты. Рассчитайте объём раствора перманганата калия.

2) 20 мл раствора + избыток раствора гидроксида натрия. Выпавший осадок отфильтровали, затем прокалили в инертной атмосфере. Определите массу продукта прокаливания.

3) 20 мл раствора + избыток раствора гидроксида натрия в присутствии пероксида водорода. Выпавший осадок отфильтровали, затем прокалили. Определите массу продукта прокаливания.

Решение задания 2

Количество атомов серы 1 моль. Такое же количество серной кислоты. Количество атомов водорода в серной кислоте 2 моль.

Общее количество атомов водорода в растворе 22 моль.

Количество атомов водорода в молекулах воды 20 моль.

Количество молей воды 10 моль. Масса воды 180 г.

1 балл

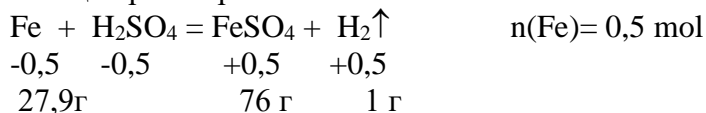
Масса раствора серной кислоты $98 + 180 = 278$ г.

1 балл

Массовая концентрация серной кислоты 35,25 %.

1 балл

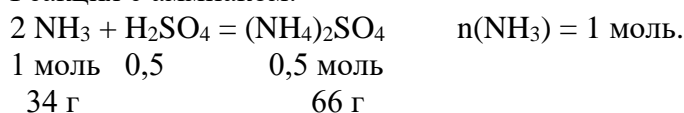
Реакция растворения железа:



1 балл

В растворе осталось 0,5 моль H_2SO_4 .

Реакция с аммиаком:



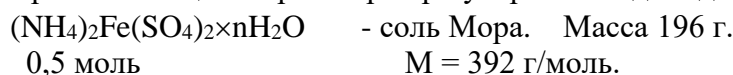
1 балл

Масса раствора $m = 278 + 27,9 + 34 - 1 = 338,9$ г.

Массовая доля воды в растворе $180 : 338,9 = 53,1 \%$.

1 балл

Кристаллизация из раствора при упаривании даёт двойную соль:



$M_{(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2} = 284 \text{ г/моль. } m(\text{H}_2\text{O}) = 108 \text{ г. } n(\text{H}_2\text{O}) = 6.$

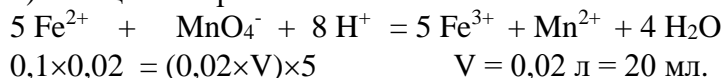
$(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$ - соль Мора.

1 балл

Приготовление раствора соли Мора.

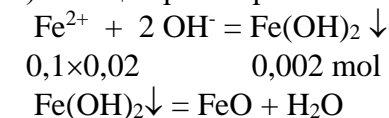
Масса соли 3,92 г. Количество $n = 0,01$ моль. $C = 0,1$ моль/л.

1) Реакция с перманганатом калия:



1 балл

2) Реакция раствором NaOH:



0,002 mol	Масса оксида железа 0,144 г.	1 балл
3) Реакция с раствором NaOH + H ₂ O ₂ :		
$2 \text{Fe}^{2+} + 4 \text{OH}^- + \text{H}_2\text{O}_2 = 2 \text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow$		
0,002	0,002	
$2 \text{Fe}(\text{OH})_3 = \text{Fe}_2\text{O}_3 + 3 \text{H}_2\text{O}$		
0,002	0,001 mol	Масса оксида железа 0,160 г.
		1 балл

Итого 10 баллов

Задание 3

В пронумерованных пробирках без этикеток находятся порошки безводных солей:

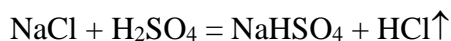
хлорида натрия, бромида натрия, иодида натрия, сульфида натрия, сульфита натрия, сульфата натрия, карбоната натрия.

Необходимо распознать содержимое каждой пробирки. Для распознавания данных соединений можно использовать только один химический реагент и влажную индикаторную бумагу.

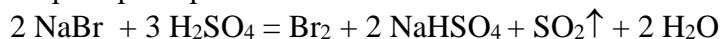
Напишите уравнения химических реакций распознавания. Укажите признаки их протекания. Для ОВР приведите уравнения электронного баланса. Для реакций обмена – сокращенные ионные уравнения.

Решение задания 3

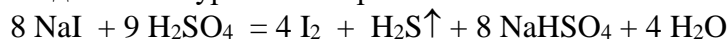
Реакцией с концентрированной серной кислотой можно определить содержимое пробирок. **1 балл**



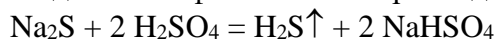
Выделяется газ с резким запахом. Индикаторная влажная бумага в токе газа на выходе из пробирки краснеет. **1 балл**



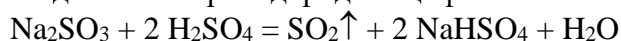
Выделяется бурый газ - бром. **2 балла**



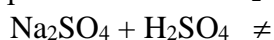
Выделяются фиолетовые пары иода, специфический запах H₂S. **2 балла**



Выделяется сероводород специфического запаха. **1 балл**



Выделяющийся сернистый газ - запах горящих спичек. Индикаторная влажная бумага краснеет в токе SO₂. **1 балл**



Никаких видимых изменений не наблюдается. **1 балл**



Бурно выделяется газ без запаха. **1 балл**

Итого 10 баллов

Задание 4

Масса атома элемента X равна $51,46 \times 10^{-24}$ г. Число нейтронов в ядре на один больше числа протонов.

Порцию вещества X массой 9,3 г сожгли в избытке кислорода и оксид растворили в горячей воде. После охлаждения объём полученного раствора довели до 300 мл и разделили на три равных части: 1, 2, 3.

Часть 1 смешали с 100 г раствора NaOH, ω(NaOH) равна 4 %.

Часть 2 смешали с 100 г раствора NaOH. $\omega(\text{NaOH})$ равна 8 %.
Часть 3 смешали с 100 г раствора NaOH, $\omega(\text{NaOH})$ равна 12 %.
Все полученные растворы при 40 °С упарили до образования кристаллогидратов.
Массы полученных кристаллов соответственно равны:
Раствор 1 - 15,6 г ; раствор 2 - 26,8 г ; раствор 3 - 38,0 г.
Полученные кристаллы прокалили при 350 °С.
Массы полученных продуктов прокаливания равны:
Раствор 1 - 10,2 г ; раствор 2 - 13,3 г ; раствор 3 - 16,4 г.
Определите элемент X. Напишите уравнения всех реакций.
Определите формулы кристаллогидратов.
Какие процессы проходят при прокаливании кристаллогидратов?
Примечание. При прокаливании кислые соли дегидратируются.
Приведите структурные формулы продуктов прокаливания.

Решение задания 4

Относительная атомная масса X равна $A_R = 31$. Число протонов в ядре равно 15.
Элемент X — это фосфор P.

Реакция фосфора с кислородом:
 $4 \text{P} + 5 \text{O}_2 = 2 \text{P}_2\text{O}_5$ $n(\text{P}) = 0,3 \text{ mol}$
0,3 0,15 mol

Реакция получения фосфорной кислоты:
 $\text{P}_2\text{O}_5 + 3 \text{H}_2\text{O} = 2 \text{H}_3\text{PO}_4$
0,15 0,30 моль

В каждом растворе 1, 2, 3 количество кислоты 0,1 моль. **1 балл**

Реакция в растворе 1.

$\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{NaOH} = \text{NaH}_2\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ $n(\text{NaOH}) = 0,1 \text{ mol}$
0,1 0,1 0,1
 12,0 g $M(\text{NaH}_2\text{PO}_4) = 120 \text{ г/моль}$ **1 балл**

Удаление воды при низкой температуре приводит к кристаллизации кристаллогидрата массой 15,6 г. Молярная масса кристаллогидрата 156 г/моль. Масса воды в кристаллогидрате 36 г . $n(\text{H}_2\text{O}) = 2$. **1 балл**

Прокаливание кристаллогидрата при 350 °С.

$\text{NaH}_2\text{PO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O} = \text{NaPO}_3 + 3 \text{H}_2\text{O}$ $\text{Na}^+ \cdots \text{O} \cdots \text{P} = \text{O}$
0,1 0,1 ||
 10,2 g O **1 балл**

Реакция в растворе 2.

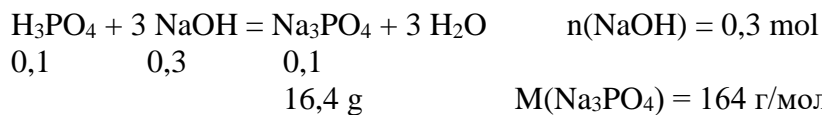
$\text{H}_3\text{PO}_4 + 2 \text{NaOH} = \text{Na}_2\text{HPO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$ $n(\text{NaOH}) = 0,2 \text{ mol}$
0,1 0,2 0,1
 14,2 g $M(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = 142 \text{ г/моль}$ **1 балл**

Удаление воды при низкой температуре приводит к кристаллизации кристаллогидрата массой 26,8 г. Молярная масса кристаллогидрата 268 г/моль. Масса воды в кристаллогидрате 126 г . $n(\text{H}_2\text{O}) = 7$. **1 балл**

Прокаливание кристаллогидрата при 350 °С.

$2 \text{Na}_2\text{HPO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O} = \text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 + 15\text{H}_2\text{O}$ $\text{Na} \cdots \text{O} \quad \text{O} \cdots \text{Na}$
0,1 0,05 моль | |
 13,3 г Na—O—P—O—P—O—Na
 || ||
 O O **1 балл**

Реакция в растворе 3.

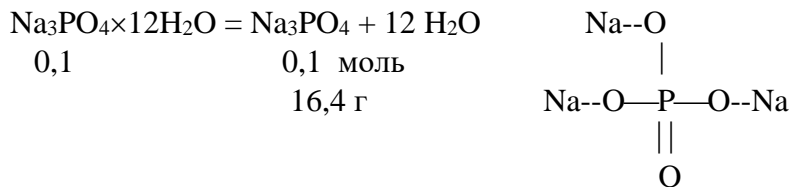


1 балл

Удаление воды при низкой температуре приводит к кристаллизации кристаллогидрата массой 38,0 г. Молярная масса кристаллогидрата 380 г/моль. Масса воды в кристаллогидрате 126 г. $n(\text{H}_2\text{O}) = 12$.

1 балл

Прокаливание кристаллогидрата при 350 °С.

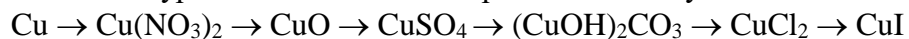


1 балл

Итого 10 баллов

Задание 5

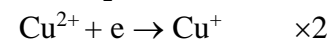
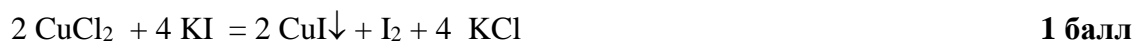
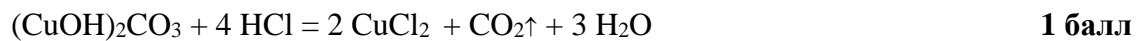
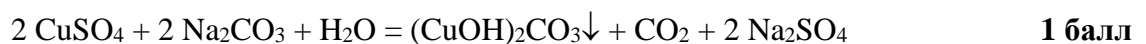
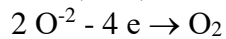
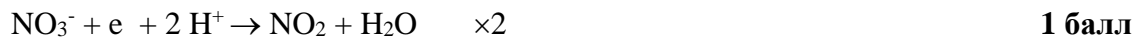
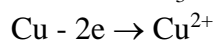
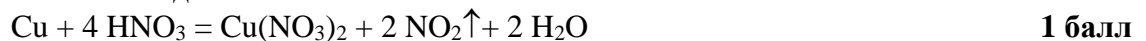
Напишите уравнения химических реакций в следующей цепи:



Выберите реагенты и условия проведения химических реакций для осуществления этих переходов.

Для окислительно-восстановительных реакций приведите уравнение электронного баланса, для реакций в растворах - краткие ионные уравнения.

Решение задания 5



Итого 10 баллов

Очный тур Открытой химической олимпиады 2018-2019 учебного года 9 класс. Вариант 2.

Задание 1

Элемент первого периода образует бинарные соединения А, Б, В, Г с элементами третьего периода. Все соединения – газы. В молекулах этих газов одинаковое число электронов, суммарный заряд которых равен $-29,88 \times 10^{-19}$ Кл.

Смесь, содержащую одинаковые количества этих газов общим объёмом 22,4 л (н.у.), последовательно пропустили сначала через воду, затем через раствор гидроксида натрия и через раствор пероксида водорода.

- 1) Определите вещества А, Б, В, Г.
- 2) Напишите уравнения реакций получения данных веществ.
- 3) Напишите реакции окисления всех веществ кислородом.
- 4) Определите объём оставшейся газовой смеси после каждой операции пропускания через соответствующий раствор. Напишите уравнения реакций в этих растворах.

Примечание. Один из газов устойчив в кислых растворах, но в щелочных реагирует с водой с выделением водорода и образованием соли слабой нерастворимой кислоты.

Решение задания 1

Элемент первого периода Н. Вещество H_2 .

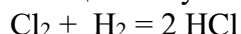
Число электронов в молекулах 18 электронов.

1 балл

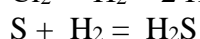
С элементами второго периода водород образует с таким количеством электронов соединения: А - хлороводород HCl , Б - сероводород H_2S , В - фосфин PH_3 , Г - силан SiH_4 .

1 балл

Реакции получения веществ.



0,5 балла

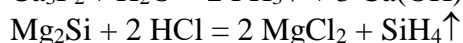


температура.

0,5 балла

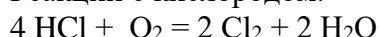


0,5 балла

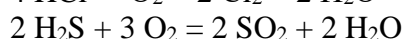


0,5 балла

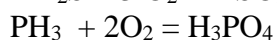
Реакции с кислородом.



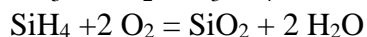
0,5 балла



0,5 балла



0,5 балла



0,5 балла

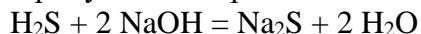
Количество газов 1,0 моль. Эквимольное отношение -0,25 моль газа.

Пропускание через воду - поглощается 0,25 моль HCl , -5,6 л

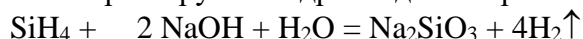
0,5 балла

пропускание через щёлочь-поглощается 0,25 моль H_2S , - 5,6 л

0,5 балла



силан реагирует с гидроксидом натрия:

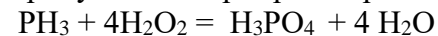


1 балл

0,25 моль

1 моль +0,75 моль +16,8 л

пропускание через раствор H_2O_2 - поглощается 0,25 PH_3 . -5,6 л



1 балл

Объём меняется в следующем порядке

22,4 → 16,8 → 28,0 → 22,4 л.

1 балл

Итого 10 баллов

Задание 2

Какова массовая доля серной кислоты в растворе, в котором содержится $6,022 \times 10^{23}$ атомов серы, а суммарное количество атомов водорода в 22 раза больше?

К этому раствору добавили 27,9 г порошка железа, реакция прошла полностью. Затем прилили 200 г 28 % раствора гидроксида калия. Рассчитайте массовую концентрацию воды в полученном растворе.

Данный раствор упарили при низкой температуре. Получили 217 г кристаллогидрата. Определите его формулу.

Полученные кристаллы массой 4,34 г растворили в воде и объём раствора довели до 100 мл. Затем провели следующие опыты:

1) 20 мл раствора + раствор перманганата калия концентрацией 0,02 моль/л в присутствии серной кислоты. Рассчитайте объём раствора перманганата калия.

2) 20 мл раствора + избыток раствора гидроксида натрия. Выпавший осадок отфильтровали, затем прокалили в инертной атмосфере. Определите массу продукта после прокаливания.

3) 20 мл раствора + избыток раствора гидроксида натрия в присутствии пероксида водорода. Выпавший осадок отфильтровали, затем прокалили. Определите массу продукта после прокаливания.

Решение задания 2

Количество атомов серы 1 моль. Такое же количество серной кислоты. Количество атомов водорода в серной кислоте 2 моль.

Общее количество атомов водорода в растворе 22 моль.

Количество атомов водорода в молекулах воды 20 моль.

Количество молей воды 10 моль. Масса воды 180 г.

1 балл

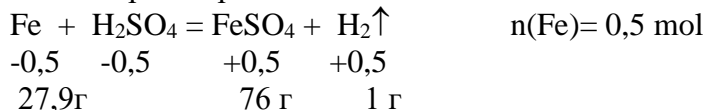
Масса раствора серной кислоты $98 + 180 = 278$ г.

1 балл

Массовая концентрация серной кислоты 35,25 %.

1 балл

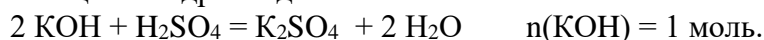
Реакция растворения железа:



1 балл

В растворе осталось 0,5 моль H_2SO_4 .

Реакция с гидроксидом калия:



1 моль 0,5 0,5 моль

56 г 87 г

1 балл

Масса раствора $m = 278 + 27,9 + 200 - 1 = 504,9$ г.

Массовая доля воды в растворе $341,9 : 504,9 = 67,7$ %.

1 балл

Кристаллизация из раствора при упаривании даёт двойную соль:

$(\text{K})_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \times n \text{H}_2\text{O}$ - Масса 217 г.

0,5 моль $M = 434$ г/моль.

$M_{(\text{K})_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2} = 326$ г/моль. $m(\text{H}_2\text{O}) = 108$ г. $n(\text{H}_2\text{O}) = 6$.

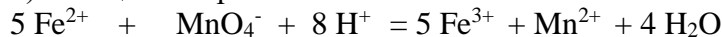
$(\text{K})_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \times 6 \text{H}_2\text{O}$ -

1 балл

Приготовление раствора соли.

Масса соли 4,34 г. Количество $n = 0,01$ моль. $C = 0,1$ моль/л.

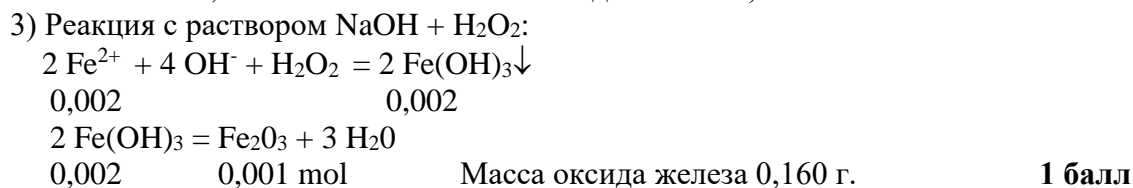
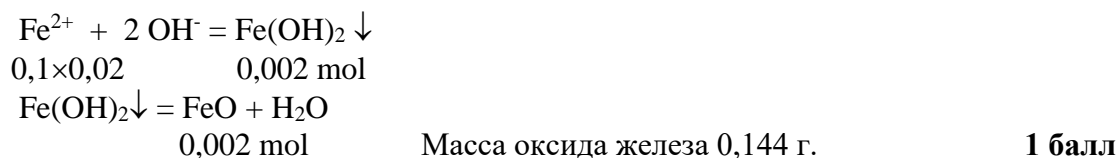
1) Реакция с перманганатом калия:



$$0,1 \times 0,02 = (0,02 \times V) \times 5 \quad V = 0,02 \text{ л} = 20 \text{ мл.}$$

1 балл

2) Реакция раствором NaOH:



Итого 10 баллов

Задание 3

В пронумерованных пробирках без этикеток находятся порошки безводных солей: хлориды натрия, лития, кальция, бария, меди, цинка, железа (III), магния.

Необходимо распознать содержимое каждой пробирки. Для этого можно готовить водные растворы этих веществ, использовать только один химический реагент и проводить дополнительные исследования по окрашиванию пламени спиртовки.

Напишите уравнения химических реакций распознавания. Укажите признаки их протекания. Для реакций обмена приведите сокращенные ионные уравнения.

Для подтверждения Ваших выводов приведите характерные реакции на катионы, используя дополнительные реактивы.

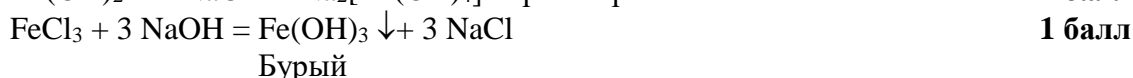
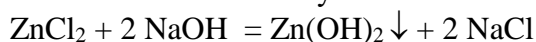
Решение задания 3

Все вещества растворимы. Приготовление растворов.

Раствор хлорида меди - синий, хлорида железа - жёлтый. **1 балл**

Реактив для определения веществ - раствор гидроксида натрия.

Протекают следующие реакции:



В остальных растворах нет изменений.

Содержимое растворов определяется по окрашиванию пламени.

Хлорид натрия - жёлтый цвет пламени. **0,5 балла**

Хлорид лития - красный цвет. **0,5 балла**

Хлорид кальция - кирпичный цвет. **0,5 балла**

Хлорид бария - зелёный цвет. **0,5 балла**

Характерные реакции катионов.



Итого 10 баллов

Задание 4

Масса атома элемента X равна $51,46 \times 10^{-24}$ г. Число нейтронов в ядре на один больше числа протонов.

Порцию вещества X массой 9,3 г сожгли в избытке кислорода и оксид растворили в горячей воде. После охлаждения объём полученного раствора довели до 300 мл и разделили на три равных части: 1, 2, 3.

Часть 1 смешали со 100 г раствора KOH, $\omega(\text{KOH})$ равна 5,6 %.

Часть 2 смешали со 100 г раствора KOH, $\omega(\text{KOH})$ равна 11,2 %.

Часть 3 смешали со 100 г раствора KOH, $\omega(\text{KOH})$ равна 16,8 %.

Все полученные растворы упарили до образования кристаллов.

Массы полученных кристаллов соответственно равны:

Раствор 1 - 13,6 г ; раствор 2 - 17,4 г ; раствор 3 - 21,2 г.

Полученные кристаллы прокалили при 350°C .

Массы полученных продуктов прокаливания равны:

Раствор 1 - 11,8 г ; раствор 2 - 16,5 г ; раствор 3 - 21,2 г.

Определите элемент X. Напишите уравнения всех реакций.

Определите формулы кристаллов.

Какие процессы проходят при прокаливании?

Примечание. При прокаливании кислые соли дегидратируются.

Приведите структурные формулы продуктов прокаливания.

Решение задания 4

Относительная атомная масса X равна $A_{\text{R}} = 31$. Число протонов в ядре равно 15.

Элемент X — это фосфор P. 1 балл

Реакция фосфора с кислородом:



0,3 0,15 mol

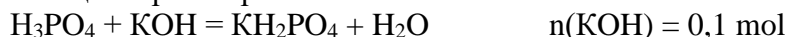
Реакция получения фосфорной кислоты:



0,15 0,30 моль

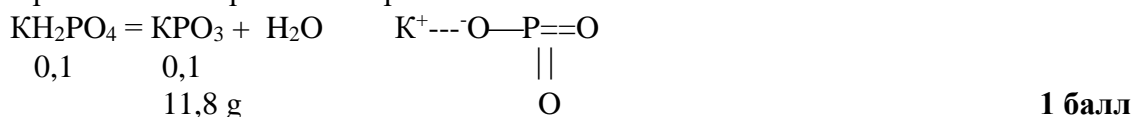
В каждом растворе 1, 2, 3 количество кислоты 0,1 моль. 1 балл

Реакция в растворе 1.

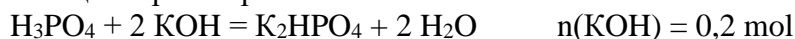


0,1 0,1 0,1
13,6 g $M(\text{KH}_2\text{PO}_4) = 136 \text{ г/моль}$ 1 балл

Прокаливание кристалла при 350°C .

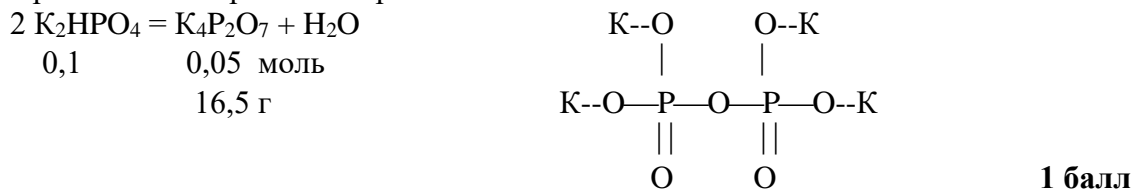


Реакция в растворе 2.

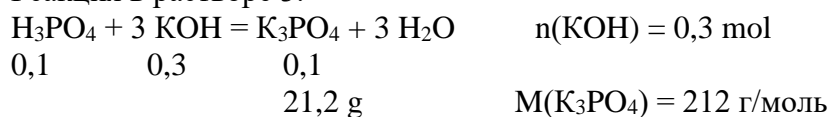


0,1 0,2 0,1
17,4 g $M(\text{K}_2\text{HPO}_4) = 174 \text{ г/моль}$ 1 балл

Прокаливание кристалла при 350°C .

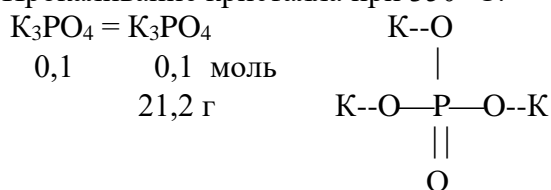


Реакция в растворе 3.



1 балл

Прокаливание кристалла при 350 °С.

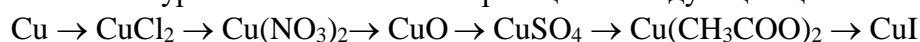


1 балл

Итого 10 баллов

Задание 5

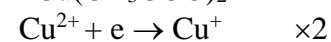
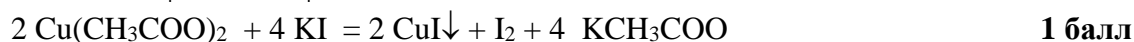
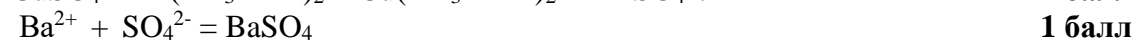
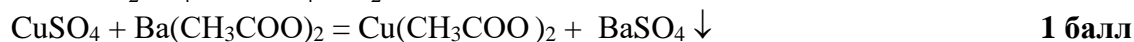
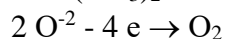
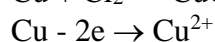
Напишите уравнения химических реакций в следующей цепи:



Выберите реагенты и условия проведения химических реакций для осуществления этих переходов.

Для окислительно-восстановительных реакций приведите уравнение электронного баланса, для реакций в растворах - краткие ионные уравнения.

Решение задания 5



Итого 10 баллов