

**МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
ВСЕРОССИЙСКОЙ ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ
ПО ХИМИИ**

2024-2025 учебный год

9 класс

Максимальный балл 65

Задача 1

Условие задачи:

Сравните между собой по составу и строению атом серы и сульфид-анион. В каждой из строчек поставьте знак $>$, $=$ или $<$.

Заряд ядра атома S		Заряд ядра аниона S ²⁻
Число электронов S		Число электронов S ²⁻
Число неспаренных электронов S		Число неспаренных электронов S ²⁻
Масса S		Масса S ²⁻

Указание. Число неспаренных электронов относится к основному состоянию.

Каждый правильный знак – 2 балла. Всего – 8 баллов

Ответ:

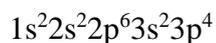
Заряд ядра атома S	=	Заряд ядра аниона S ²⁻
Число электронов S	<	Число электронов S ²⁻
Число неспаренных электронов S	>	Число неспаренных электронов S ²⁻
Масса S	<	Масса S ²⁻

Решение:

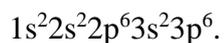
1) Заряд ядра у атома и отрицательного иона – один и тот же, он равен порядковому номеру элемента, +16.

2) Число электронов в атоме серы равно 16, а в анионе S²⁻ - на 2 больше: $16 + 2 = 18$.

3) Согласно правилу Хунда, в атоме серы 2 неспаренных электрона на 3p-подуровне:



В анионе S²⁻ нет неспаренных электронов, так как 3 энергетический уровень заполнен полностью:



4) Масса аниона больше массы атома за счет двух дополнительных электронов.

Система оценивания

Правильный выбор знака – по 2 балла за каждый правильный ответ	8 баллов
ИТОГО	8 баллов

Задача 2

Условие задачи:

Вещество X — кристаллогидрат голубого цвета, хорошо растворяется в воде, обладает дезинфицирующими, антисептическими, вяжущими свойствами.

Навеску X массой 6,242 г, растворили в воде и довели объем раствора до 500 мл. Из полученного раствора отобрали три пробы, объем каждой из которых составлял 100 мл. В первую пробу пропустили избыток сероводорода. При этом выпал осадок черного цвета, масса которого 479 мг. Ко второй пробе добавили избыток раствора хлорида бария, наблюдали выпадение осадка белого цвета, масса которого составила 1,165 г. Через раствор в третьей пробе пропустили постоянный электрический ток до полного прекращения выделения металла на катоде. Масса металла составила 318 мг.

1. Установите химические элементы, из которых состоит вещество X. В поля для ответов введите символы этих элементов в порядке возрастания их относительных атомных масс и число атомов каждого из них в одной формульной единице X. Например, для $\text{NaOH}\cdot\text{H}_2\text{O}$ ответ нужно ввести так:

Химические элементы, входящие в состав $\text{NaOH}\cdot\text{H}_2\text{O}$	H	O	Na
Число атомов каждого элемента	3	2	1

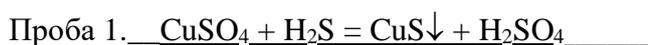
Ответ:

Химические элементы, входящие в состав X	H	O	S	Cu
Число атомов каждого элемента	10	9	1	1

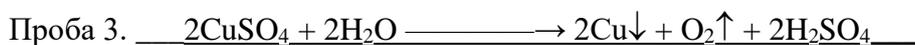
По 1 баллу за каждое верное совпадение

Итого 8 баллов

2. Составьте уравнения реакций описанных в условии задачи:



электролиз



3. Подтвердите расчетами формулу кристаллогидрата

По описанию подходит медный купорос $\text{CuSO}_4\cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Подтвердим расчетами.

Рассчитаем количество CuSO_4 в каждой пробе

$$n(\text{CuSO}_4) = m(\text{CuSO}_4\cdot 5\text{H}_2\text{O}) / M(\text{CuSO}_4\cdot 5\text{H}_2\text{O}) \cdot V_{\text{пробы}} / V_{\text{р-ра}} = 6,242 / 250 \cdot 100 / 500 = 0,005 \text{ моль} = 5 \text{ ммоль.}$$

Проведем расчеты по уравнениям реакций



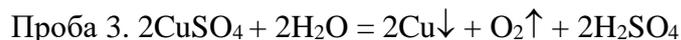
$$n(\text{CuS}) = 5 \text{ ммоль,}$$

$$m(\text{CuS}) = 5 \cdot 96 = 480 \text{ мг} - \text{верно.}$$



$n(\text{BaSO}_4) = 5 \text{ ммоль},$

$m(\text{BaSO}_4) = 5 \cdot 233 = 1165 \text{ мг} - \text{верно}.$



$n(\text{Cu}) = 5 \text{ ммоль},$

$m(\text{Cu}) = 5 \cdot 64 = 320 \text{ мг} - \text{верно}.$

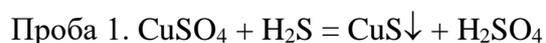
Решение:

По описанию подходит медный купорос $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Подтвердим расчетами. В каждой пробе содержится $\nu(\text{CuSO}_4) = 6,242/250 \cdot 100/500 = 0,005 \text{ моль} = 5 \text{ ммоль}.$

Рассчитаем количество CuSO_4 в каждой пробе

$n(\text{CuSO}_4) = m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) / M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) \cdot V_{\text{пробы}} / V_{\text{р-ра}} = 6,242/250 \cdot 100/500 = 0,005 \text{ моль} = 5 \text{ ммоль}.$

Проведем расчеты по уравнениям реакций



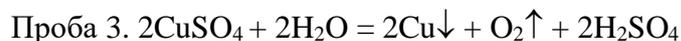
$n(\text{CuS}) = 5 \text{ ммоль},$

$m(\text{CuS}) = 5 \cdot 96 = 480 \text{ мг} - \text{верно}.$



$n(\text{BaSO}_4) = 5 \text{ ммоль},$

$m(\text{BaSO}_4) = 5 \cdot 233 = 1165 \text{ мг} - \text{верно}.$



$n(\text{Cu}) = 5 \text{ ммоль},$

$m(\text{Cu}) = 5 \cdot 64 = 320 \text{ мг} - \text{верно}.$

Система оценивания

Правильный выбор химических элементов – по 1 баллу за каждый правильный ответ	4 балла
Определение числа атомов каждого элемента – по 1 баллу за каждый правильный ответ	4 балла
Составление уравнений реакций – по 2 балла	6 баллов
Подтверждение формулы кристаллогидрата расчетами Проба 1 – 2 балла Проба 2 – 2 балла Проба 3 – 2 балла	6 баллов
ИТОГО	20 баллов

Задача 3

Условие задачи

При температуре 20°C к 400 мл раствора серной кислоты с массовой долей растворенного вещества 10 % и плотностью 1,066 г/мл прилили 250 мл 40 % раствора гидроксида калия плотностью 1,388 г/мл. Определите массовую долю соли в полученном растворе. Напишите уравнения всех возможных реакций, которые соответствуют условию задания.

Решение

1. Уравнения возможных реакций:



2. Вычислим количество вещества серной кислоты в растворе 1:

$$m_{\text{р-ра}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = V_{\text{р-ра}}(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot \rho(\text{H}_2\text{SO}_4) = 400 \cdot 1,066 = 426,4 \text{ (г)}$$

$$m_{\text{р.в.}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = w(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot m_{\text{р-ра}}(\text{H}_2\text{SO}_4)/100\% = 10 \cdot 426,4/100 = 42,64 \text{ (г)}$$

$$n_{\text{р.в.}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = m(\text{H}_2\text{SO}_4)/M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 42,64 : 98 = 0,44 \text{ (моль)}$$

3. Вычислим количество вещества гидроксида калия в растворе:

$$m_{\text{р-ра}}(\text{KOH}) = V_{\text{р-ра}}(\text{KOH}) \cdot \rho(\text{KOH}) = 250 \cdot 1,388 = 347 \text{ (г)}$$

$$m_{\text{р.в.}}(\text{KOH}) = w(\text{KOH}) \cdot m_{\text{р-ра}}(\text{KOH})/100\% = 40 \cdot 347 /100 = 138,8 \text{ (г)}$$

$$n_{\text{р.в.}}(\text{KOH}) = m(\text{KOH})/M(\text{KOH}) = 138,8 : 56 = 2,48 \text{ (моль)}$$

4. Проведем анализ соотношений реагирующих веществ:

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) : n(\text{KOH}) = 0,44 : 2,48 = 1 : 5,6$$

Значит, протекает реакция 2: $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{KOH} = \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$

KOH - в избытке, H_2SO_4 - в недостатке

5. Вычислим массовую долю соли в полученном растворе:

$$n(\text{K}_2\text{SO}_4) = n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,44 \text{ моль}$$

$$m_{\text{р.в.}}(\text{K}_2\text{SO}_4) = n(\text{K}_2\text{SO}_4) \cdot M(\text{K}_2\text{SO}_4) = 0,44 \cdot 174 = 76,56 \text{ (г)}$$

$$m_{\text{р-ра}} = m_{\text{р-ра}}(\text{H}_2\text{SO}_4) + m_{\text{р-ра}}(\text{KOH}) = 426,4 + 347 = 773,4 \text{ (г)}$$

$$w_{\text{р.в.}}(\text{K}_2\text{SO}_4) = m_{\text{р.в.}}(\text{K}_2\text{SO}_4) \cdot 100\% : m_{\text{р-ра}} = 76,56 \cdot 100 : 773,4 = 9,9\%$$

Ответ: $w_{\text{р.в.}}(\text{K}_2\text{SO}_4) = 9,9 \%$

Система оценивания

1. Уравнения возможных реакций – 2 реакции по 1 баллу	2 балла
2. Вычисление массы раствора и растворенного вещества серной кислоты в растворе - по 1 баллу, количество вещества серной кислоты - по 1 баллу	3 балла
3. Вычисление массы раствора КОН - по 1 баллу, массы растворенного вещества КОН - по 1 баллу, количество вещества гидроксида калия в растворе - по 1 баллу.	3 балла
4. Установление реакции, которая протекает, исходя из соотношения реагирующих веществ - по 1 баллу.	1 балл
5. Вычисление массы соли в растворе - по 1 баллу, массовой доли соли в полученном растворе - по 1 баллу.	2 балла
ИТОГО	11 баллов

Задача 4

Условие задачи

Для получения ценного вещества смешали равные объемы SO_2 и O_2 . В смесь внесли катализатор и создали необходимые температуру и давления. Полного превращения реагентов в продукты добиться не удалось: по окончании реакции в газовой смеси количество O_2 оказалось в 3 раза больше, чем количество SO_2 .

- 1) Запишите уравнение реакции, формулу и название ценного вещества.
- 2) Во сколько раз число атомов кислорода в исходной смеси больше, чем атомов серы?
- 3) Чему равен выход ценного вещества? Ответ выразите в процентах и приведите в виде целого числа.

Ответ:

- 1) уравнение реакции $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \xrightarrow{t, \text{P, катализатор}} 2\text{SO}_3$
Формула и название ценного вещества SO_3 оксид серы (VI) или серный ангидрид

(принимается любой из вариантов, разделенных «или»)

- 2) число атомов кислорода в исходной смеси больше, чем атомов серы в 4 раза

- 3) выход ценного вещества составляет 80 %

Решение:

- 1) уравнение реакции $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \xrightarrow{t, \text{P, катализатор}} 2\text{SO}_3$
Формула и название ценного вещества SO_3 оксид серы (VI) или серный ангидрид

(принимается любой из вариантов, разделенных «или»)

- 2) Возьмем по 1 моль SO_2 и O_2 , тогда $n(\text{O}) : n(\text{S}) = (2+2) : 1 = 4$.

- 3)
$$\begin{array}{cccc} 2\text{SO}_2 + \text{O}_2 = 2\text{SO}_3, \\ 2 \text{ моль} & 1 \text{ моль} & 2 \text{ моль} \end{array}$$

SO_2 – в недостатке, т.к. по условию задачи по окончании реакции в газовой смеси остался O_2 .

Возьмем по 1 моль SO_2 и O_2 . Пусть x моль SO_2 вступило в реакцию, тогда $n(\text{O}_2) = x/2$ моль вступило в реакцию. По окончании реакции в газовой смеси $n(\text{O}_2) = 1 - x/2$ моль, $n(\text{SO}_2) = 1 - x$ моль.

По условию задачи $n_{\text{ост}}(\text{O}_2) : n_{\text{ост}}(\text{SO}_2) = (1-x/2) / (1-x) = 3$,

$1 - x/2 = 3(1-x)$, $1 - 0,5x = 3 - 3x$, $2,5x = 2$, $x = 0,8$, а был 1 моль SO_2 . Следовательно, прореагировало 80 % SO_2 , и выход SO_3 составил 80 %.

Система оценивания

Написание уравнения реакции – 1 балл.	3 балла
Формула ценного вещества и его название – 2 балла	
Установление во сколько раз число атомов кислорода в исходной смеси больше, чем атомов серы – 1 балл	1 балл
Определение выхода ценного вещества – 3 балла	3 балла
ИТОГО	7 баллов

Задача 5

Условие задачи

Молодой химик-лаборант Кислородов в четырех различных колбах приготовил водные растворы солей: хлорида магния, хлорида хрома (III), хлорида натрия, хлорида цинка и хлорида марганца (II), но по невнимательности забыл их подписать. В качестве реактивов для распознавания солей он использовал растворы гидроксида калия и карбоната калия.

1. Заполните приведенную ниже таблицу, указав в ней аналитические признаки (выпадение или растворение осадка, изменение цвета раствора, выделение газообразных веществ), сопровождающие реакции веществ с друг с другом.

	MgCl_2	CrCl_3	NaCl	ZnCl_2	MnCl_2
КОН					
K_2CO_3					

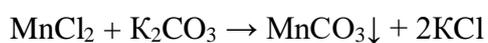
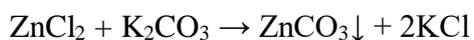
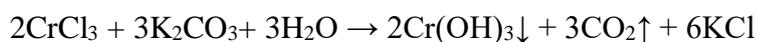
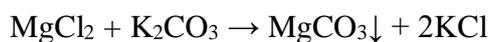
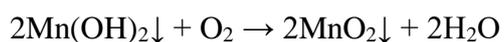
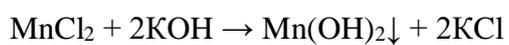
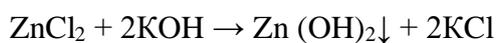
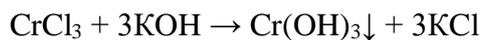
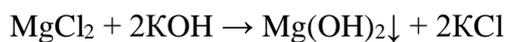
2. Напишите уравнения реакций, сопровождающихся аналитическими признаками, в соответствии с таблицей.

Решение

1. Заполнение таблицы

	MgCl_2	CrCl_3	NaCl	ZnCl_2	MnCl_2
КОН	белый осадок, нерастворим в избытке КОН	серо-зеленый осадок, растворим в избытке КОН	-	белый осадок, растворим в избытке КОН	розовый осадок, коричневеет на воздухе
K_2CO_3	белый осадок	серо-зеленый осадок и выделение газа	-	белый осадок	розовый осадок

2. Уравнения реакций (принимается любой из вариантов, разделенных «или»):



Система оценивания

1.	Заполнение таблицы (протекающие реакции) – 8 ячеек по 1 баллу	8 баллов
2.	Уравнения реакций – 11 уравнений по 1 баллу	11 баллов
ИТОГО		19 баллов