

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ
МУНИЦИПАЛЬНАЯ ПРЕДМЕТНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ

**КРИТЕРИИ И МЕТОДИКА ОЦЕНИВАНИЯ
ВЫПОЛНЕННЫХ ОЛИМПИАДНЫХ ЗАДАНИЙ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ТУРА
возрастной группы (9 класс)
муниципального этапа всероссийской олимпиады школьников по химии
2021-2022 учебный год**

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ
МУНИЦИПАЛЬНАЯ ПРЕДМЕТНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ

По теоретическому туру максимальная оценка результатов участника возрастной группы (9 классы) определяется арифметической суммой всех баллов, полученных за выполнение заданий и не должна превышать 50 баллов.

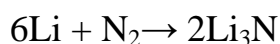
ЗАДАЧА 1.

В сосуд, заполненный сухим газообразным азотом, поместили смесь двух щелочных металлов и слегка нагрели без доступа воздуха. Масса смеси после реакции увеличилась на 0,56 г. Смесь растворили в воде и нагрели. Объем выделившегося газа составил 2,24 л (н.у.), а масса раствора изменилась на 5,28 г по сравнению с первоначальной массой воды. Определите качественный и количественный (в массовых долях) состав исходной смеси металлов. Напишите уравнения всех протекающих реакций.

Максимальный балл – 10

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ 1.

1. В указанных в задаче условиях из щелочных металлов с азотом реагирует только литий, поэтому литий является одним из компонентов смеси металлов:

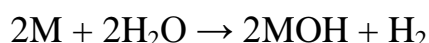
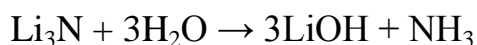


По изменению массы можно рассчитать количество вещества и массу лития в ней:

$$n(\text{N}_2) = \frac{m}{M} = \frac{0,56}{28} = 0,02 \text{ моль}$$

$$n(\text{Li}) = 6n(\text{N}_2) = 0,12 \text{ моль}, m(\text{Li}) = n(\text{Li}) \cdot M(\text{Li}) = 0,12 \cdot 7 = 0,84 \text{ г.}$$

2. При нагревании с водой выделяется аммиак в результате гидролиза нитрида лития и водород, который образуется при взаимодействии второго металла с водой:



Следовательно, количество и объем выделившегося аммиака:

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ
МУНИЦИПАЛЬНАЯ ПРЕДМЕТНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ

$n(\text{NH}_3) = n(\text{Li}_3\text{N}) = 0,04$ моль, $V(\text{NH}_3) = n \cdot V_m = 0,04 \cdot 22,4 = 0,896$ л,
а объем и количество водорода: $V(\text{H}_2) = 2,24 - 0,896 = 1,344$ л,

$$n(\text{H}_2) = \frac{V}{V_m} = \frac{1,344}{22,4} = 0,06 \text{ моль}$$

3. Изменение массы раствора произошло из-за добавления к нему металла, нитрида лития и выделения газов. По изменению массы раствора можно рассчитать массу металла M в исходной смеси:

$$\Delta m(\text{p-ра}) = m(M) + m(\text{Li}_3\text{N}) - m(\text{H}_2) - m(\text{NH}_3)$$

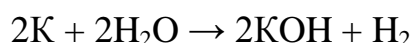
$$m(M) = \Delta m(\text{p-ра}) - m(\text{Li}_3\text{N}) + m(\text{H}_2) + m(\text{NH}_3)$$

$$m(M) = 5,28 - 0,04 \cdot 35 + 0,06 \cdot 2 + 0,04 \cdot 17 = 4,68 \text{ г,}$$

Поскольку $n(M) = 2n(\text{H}_2) = 0,06 \cdot 2 = 0,12$ моль, молярная масса второго металла равна:

$$n(M) = \frac{m}{M} = \frac{4,68}{0,12} = 39 \text{ г/моль}$$

Следовательно, второй металл в смеси - это калий, который реагирует с водой в соответствии с уравнением:



4. Массовые доли металлов равны:

$$\omega(\text{Li}) = \frac{m(\text{Li})}{m(\text{Li}) + m(\text{K})} = \frac{0,84}{0,84 + 4,68} \cdot 100\% = 15,22\%, \quad \omega(\text{K}) = 84,78\%.$$

СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ:

1.	Определение лития в смеси металлов	2 балла
2.	Расчет массы лития	1 балл
3.	Расчет объема водорода	1 балл
4.	Расчет массы калия	2 балла
5.	Расчет массовых долей металлов	1 балл
6.	Уравнения реакций по 1 баллу за каждое	3 балла

Максимальная оценка за правильно выполненное задание – 10 баллов.

ЗАДАЧА 2.

«...Если взять раствор кислоты в определенном количестве и, прибавив к нему настоя лакмуса, окрасить его в красный цвет, то прибавление щелочного раствора не будет первоначально изменять красного цвета лакмуса. Приливая еще щелочи, наступит пора, когда красный цвет будет изменяться в фиолетовый, и прибавление нового количества щелочного раствора произведет, наконец, перемену в цвете жидкости, которая получится синею. ... Реакция эта называется **насыщением** или **нейтрализацией** кислоты основанием, или обратно. ... Если выпаривать полученный фиолетовый раствор, то из него выделиться не кислота и не щелочь, взятые для взаимодействия, а вещество, обыкновенно твердое и кристаллическое, имеющее солеобразный вид; это есть соль в химическом смысле...»

Д.И. Менделеев «Основы химии». Издание 13-ое, 1947 г.

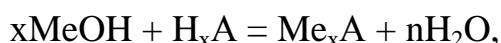
Для полной нейтрализации 100 г 12%-го раствора гидроксида щелочного металла затратили 100 г 14,7%-го раствора кислоты. При выпаривании полученного раствора выделили соль массой 21,3 г, которая при нагревании не разлагается. Какая соль образовалась? В какой цвет окрашивается пламя при внесении в него полученной соли?

Максимальный балл – 10

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ 2.

1. Продуктами реакции полной нейтрализации гидроксида кислотой являются соль и вода. По закону сохранения массы веществ, зная массы исходных веществ и массу соли можно определить количество воды, образовавшейся в ходе реакции.

Запишем уравнение реакции нейтрализации в виде:



где А – кислотный остаток, а x – основность кислоты, тогда

$$m(\text{щелочи}) = 100 \cdot 0,12 = 12 \text{ г}$$

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ
МУНИЦИПАЛЬНАЯ ПРЕДМЕТНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ

$$m(\text{кислоты}) = 100 \cdot 0,147 = 14,7 \text{ г}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{кислоты}) + m(\text{гидроксида}) - m(\text{соли}) = 12 + 14,7 - 21,3 = 5,4 \text{ г}$$

$$v(\text{H}_2\text{O}) = 5,4 / 18 = 0,3 \text{ моль}$$

тогда $v(\text{кислоты}) = 0,3/x$ моль, а $v(\text{гидроксида}) = 0,3$ моль.

2. Молярная масса гидроксида равна:

$$M(\text{гидроксида}) = \frac{m}{n} = \frac{12}{0,3} = 40 \text{ г/моль}$$

что соответствует гидроксиду натрия, а молярная масса кислоты равна:

$$M(\text{кислоты}) = \frac{14,7 \cdot x}{0,3} = 49x \text{ г/моль}$$

При $x = 1$ $M(\text{кислоты}) = 49$ г/моль, кислоты с такой молярной массой нет.

При $x = 2$ $M(\text{кислоты}) = 98$ г/моль, что соответствует молярной массе серной кислоты и, значит, в результате реакции нейтрализации получилась соль – сульфат натрия Na_2SO_4 .

3. Сульфат натрия окрашивает пламя в желтый цвет.

СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ:

1.	Расчет массы кислоты и щелочи по 1 баллу за каждый	2 балла
2.	Расчет массы воды	1 балл
3.	Расчет количеств веществ воды и щелочи по 1 баллу за каждый	2 балла
4.	Определение формулы щелочи	1 балл
5.	Установление формулы кислоты	2 балла
6.	Установление формулы соли	1 балл
7.	Указание цвета пламени	1 балл

Максимальная оценка за правильно выполненное задание – 10 баллов.

ЗАДАЧА 3.

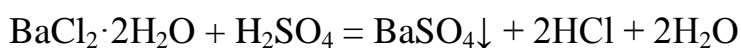
Все растворимые соли бария являются весьма ядовитыми веществами. Однако сульфат бария нерастворим в воде и в соляной кислоте, которая содержится в желудочном соке, поэтому он нетоксичен. Сульфат бария получают взаимодействием растворимых солей, оксида или гидроксида бария с серной кислотой. Образующаяся нерастворимая соль бария часто используется при рентгеновских исследованиях желудочно-кишечного тракта как радиоконтрастное вещество, так как тяжелые атомы бария хорошо поглощают рентгеновское излучение. Для рентгенографического исследования органов пищеварения пациент принимает внутрь суспензию сульфата бария («баритовую кашу») с содержанием соли 58,7 %.

Какую массу $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ необходимо добавить к 100 мл 40% раствора H_2SO_4 (плотность 1,30 г/мл), чтобы получить раствор, в котором массовая доля серной кислоты равна 10 %.

Максимальный балл – 10

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ 3.

1. При добавлении хлорида бария к раствору серной кислоты протекает реакция:



2. Рассчитаем массу серной кислоты в исходном растворе:

$$m(\text{исх. р-ра}) = \rho V = 1,3 \cdot 100 = 130 \text{ г}$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 130 \cdot 0,4 = 52 \text{ г}$$

Пусть в раствор добавили x моль $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, при этом прореагировало x моль H_2SO_4 и образовалось x моль осадка BaSO_4 , тогда:

$$\begin{aligned} m(\text{получен. р-ра}) &= 130 + m(\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) - m(\text{BaSO}_4) = \\ &= 130 + 244x - 233x = (130 + 11x) \text{ г} \end{aligned}$$

Найдем массу серной кислоты в полученном растворе:

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = m(\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ исх.}) - m(\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ прореаг.}) = (52 - 98x) \text{ г.}$$

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ
МУНИЦИПАЛЬНАЯ ПРЕДМЕТНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ

3. Учитывая, что массовая доля серной кислоты в полученном растворе равна 0,1, составляем уравнение: $(130 + 11x) \cdot 0,1 = 52 - 98x$,

$$\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{52 - 98x}{130 + 11x} = 0,1$$

$$x = 0,394 \text{ моль.}$$

Тогда $m(\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = n \cdot M = 0,394 \cdot 244 = 96 \text{ г.}$

СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ:

1.	Уравнение реакции	1 балл
2.	Расчет массы исходного раствора и серной кислоты в нем	1 балл
3.	Расчет массы полученного раствора	3 балла
4.	Расчет массы серной кислоты в полученном растворе	2 балла
5.	Расчет количества и массы кристаллогидрата	3 балла

Максимальная оценка за правильно выполненное задание – 10 баллов.

ЗАДАЧА 4.

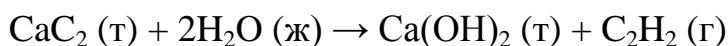
Карбиды (от латинского *carbo* – уголь) – соединения углерода с металлами, а также с бором и кремнием. Впервые соединение калия с углеродом состава K_2C_2 получил в 1809 знаменитый английский химик Гемфри Дэви. Но только в конце 19 в. французский химик Анри Муассан синтезировал многие из этих необычных соединений и изучил их свойства. Он получал карбиды, нагревая до очень высокой температуры смеси древесного угля с разными металлами, их оксидами или карбонатами.

Карбиды щелочных и щелочноземельных металлов легко разлагаются водой или разбавленными кислотами – гидролизуются. Взаимодействие карбидов щелочных металлов с водой протекает исключительно бурно. Так, если карбид калия просто облить водой, произойдет бурная реакция, которая сопровождается взры-

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ
МУНИЦИПАЛЬНАЯ ПРЕДМЕТНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ

вом такой силы, что выделяющийся ацетилен сразу же разлагается с выделением угля.

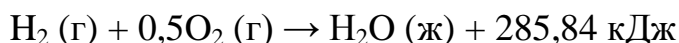
Карбид кальция взаимодействует с водой с выделением газообразного ацетилена по уравнению реакции:



Если масса карбида кальция равна 96 г, то в результате реакции выделяется 190,32 кДж теплоты.

1. Рассчитайте тепловой эффект реакции взаимодействия карбида кальция с водой и запишите термохимическое уравнение реакции.

2. Рассчитайте теплоту образования гидроксида кальция, используя тепловые эффекты следующих реакций:



3. Рассчитайте, какая масса карбида кальция потребуется для получения 1 м³ (н.у.) ацетилена.

Максимальный балл – 10

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ 4.

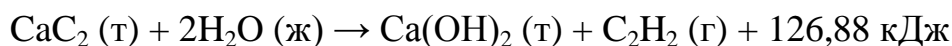
1. Рассчитаем количество карбида кальция в реакции с водой:

$$n(\text{CaC}_2) = \frac{m}{M} = \frac{96}{64} = 1,5 \text{ моль}$$

Тогда тепловой эффект реакции карбида кальция в реакции с водой равен:

$$Q_p = \frac{190,32}{1,5} = 126,88 \text{ кДж}$$

Термохимическое уравнение реакции карбида кальция в реакции с водой имеет вид:



ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ
МУНИЦИПАЛЬНАЯ ПРЕДМЕТНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ

2. Чтобы вычислить теплоту образования гидроксида кальция запишем уравнение для расчета теплового эффекта реакции карбида кальция с водой:

$$Q_p = Q_{\text{обр.}}(\text{Ca}(\text{OH})_2) + Q_{\text{обр.}}(\text{C}_2\text{H}_2) - Q_{\text{обр.}}(\text{CaC}_2) - 2Q_{\text{обр.}}(\text{H}_2\text{O})$$

Так тепловые эффекты представленных в условии реакций представляют собой теплоты образования карбида кальция, ацетилена и воды, то:

$$\begin{aligned} Q_{\text{обр.}}(\text{Ca}(\text{OH})_2) &= Q_p - Q_{\text{обр.}}(\text{C}_2\text{H}_2) + Q_{\text{обр.}}(\text{CaC}_2) + 2Q_{\text{обр.}}(\text{H}_2\text{O}) = \\ &= 126,88 + 226,75 + 62,7 + 2 \cdot 285,84 = 988,01 \text{ кДж/моль.} \end{aligned}$$

3. 1 м³ ацетилена составляет 1000 л и при нормальных условиях количество ацетилена равно:

$$n(\text{C}_2\text{H}_2) = \frac{V}{V_m} = \frac{1000}{22,4} = 44,64 \text{ моль}$$

Тогда масса карбида кальция составляет $m(\text{CaC}_2) = n \cdot M = 44,64 \cdot 64 = 2856,96 \text{ г}$ (2,857 кг).

СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ:

1.	Расчет теплового эффекта реакции карбида кальция с водой	2 балла
2.	Термохимическое уравнение реакции карбида кальция с водой	2 балла
3.	Расчет теплоты образования гидроксида кальция	4 балла
4.	Расчет массы карбида кальция	2 балла

Максимальная оценка за правильно выполненное задание – 10 баллов.

ЗАДАЧА 5.

В четырёх пробирках находятся растворы солей: хлорида кальция, хлорида алюминия, сульфит калия, хлорида бария, хлорида марганца.

1. Предложите план определения содержимого каждой пробирки, используя в качестве реактивов растворы гидроксида натрия, серной кислоты и карбоната

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ
МУНИЦИПАЛЬНАЯ ПРЕДМЕТНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ

натрия. Решение представьте в виде таблицы, в которой обозначьте возможные аналитические признаки реакций.

2. Приведите уравнения реакций, используемых для определения веществ.

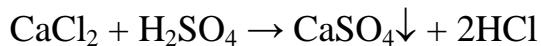
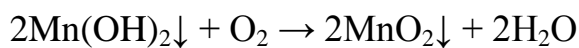
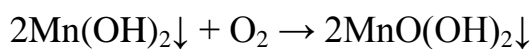
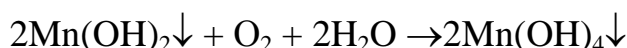
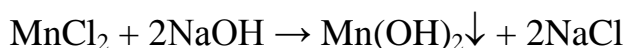
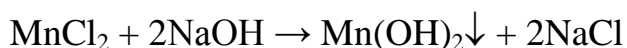
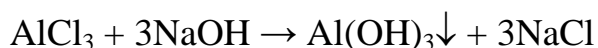
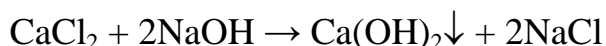
Максимальный балл – 10

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ 5.

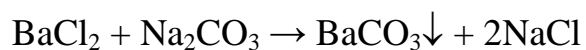
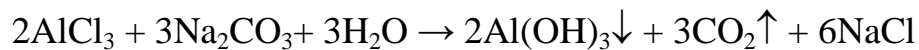
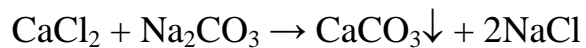
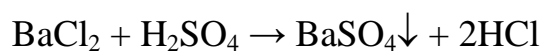
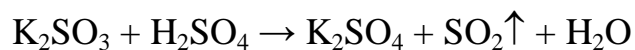
1. План экспериментального определения веществ:

	CaCl ₂	AlCl ₃	K ₂ SO ₃	BaCl ₂	MnCl ₂
NaOH	белый осадок, нерастворим в избытке NaOH	белый осадок, растворим в избытке NaOH	-	-	розовый осадок, коричневет на воздухе
H ₂ SO ₄	белый осадок	-	выделение газа	белый осадок	-
Na ₂ CO ₃	белый осадок	белый осадок и выделение газа	-	белый осадок	розовый осадок

2. Уравнения реакций:



ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ
МУНИЦИПАЛЬНАЯ ПРЕДМЕТНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ



СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ:

1.	План эксперимента	3 балла
2.	Уравнения реакций по 0,5 балла за каждое	7 баллов

Максимальная оценка за правильно выполненное задание – 10 баллов.