

Межрегиональная олимпиада школьников
«БУДУЩИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ – БУДУЩЕЕ НАУКИ» 2025/26 уч.г.
ОЧНЫЙ ОТБОРОЧНЫЙ ТУР. *Время выполнения 90 минут*

1 вариант
8 класс

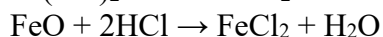
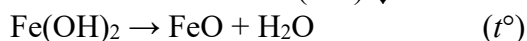
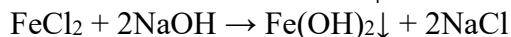
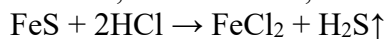
Задача 8-1

Нерастворимое в воде бинарное вещество **A**, имеющее молярную массу 88, представляющее порошок черного цвета, реагирует с концентрированной соляной кислотой с выделением газообразного вещества **B** с запахом тухлых яиц, причем 17 г его при нормальных условиях занимают объем 11.2 л. Образующаяся при этом соль **C** реагирует с раствором NaOH, при этом образуется серый осадок вещества **D**. При нагревании вещества **D** в отсутствие кислорода образуется черное вещество **E**, которое в реакции с соляной кислотой образует дихлорид металла **C**, но эта реакция не сопровождается выделением газа. Определите формулы веществ и напишите уравнения реакций.

Решение

$n(\text{B}) = 11.2/22.4 = 0.5$ моль. $M_r(\text{B}) = 17/0.5 = 34$. Газ **B** – это H_2S . Металл – Fe.

A – FeS ; **B** – H_2S ; **C** – FeCl_2 ; **D** – $\text{Fe}(\text{OH})_2$; **E** – FeO .



Разбалловка

- | | |
|-------------------------------------|-------|
| 1. За определение 5 веществ по 3 б. | 15 б. |
| 2. За 4 уравнения реакций по 2.5 б. | 10 б. |
| Всего: | 25 б. |

Задача 8-2

Метан объемом 67.2 л для полного сгорания до углекислого газа и воды требует **X** моль кислорода или **Y** л воздуха (нормальные условия). Для связывания выделившего углекислого газа необходимо минимум **Z** л 0.1%-ного водного раствора гидроксида кальция с плотностью 1 г/мл. Напишите уравнение реакции горения метана и вычислите значения **X**, **Y**, **Z**. Примите объемную долю кислорода в воздухе за 21%.

Решение



Найдем количество метана $n(\text{CH}_4) = 67.2/22.4 = 3$ моль, тогда $n(\text{O}_2) = 6$ моль, и $X=6$.

Объем кислорода составит $V(\text{O}_2) = 6 \cdot 22.4 = 134.4$ л, тогда объем воздуха $V(\text{воздуха}) = 134.4/0.21 = 640$ л, и $Y=640$.



$n(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 3$ моль. $m(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 3 \cdot 74 = 222$ г. $m(\text{р-ра Ca}(\text{OH})_2) = 222/0.001 = 222000$ г = 222 кг. $V(\text{р-ра Ca}(\text{OH})_2) = 222$ л. $Z = 222$.

Разбалловка

- | | |
|---|-------|
| За 2 уравнения по 5 б. | 10 б. |
| За расчет $X=6$, $Y=640$, $Z=222$ по 3 б. | 15 б. |
| Всего: | 25 б. |

Задача 8-3

Две соли неорганических кислородсодержащих кислот состоят из одинаковых элементов, но имеют разный количественный состав и структуру.

В системе двух уравнений x и y – молярные массы элементов неметалла X и металла Y.

$$\begin{cases} x + 2y = 78 + 64 \text{ (соль 1)} \\ 2x + 2y = 110 + 48 \text{ (соль 2)} \end{cases}$$

Уравнения получены на основе формул указанных солей. Одна из них (соль 1) содержит неметалл в его высшей валентности, во второй (соль 2) неметалл имеет разные валентности (одна из них высшая).

- 1) Определите состав и формулы солей. Назовите соли и соответствующие кислоты.
- 2) Изобразите структурные формулы соли 1 и соли 2.
- 3) Как называется десятиводный кристаллогидрат соли 1? В состав какого минерала он входит?
- 4) Предложите реакции замещения, соединения и обмена, по которым можно получить соль 1.
- 5) Предложите способ получения соли 2.

Решение

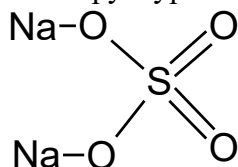
1) Решим систему уравнений и получим $x = 32$, $y = 23$. Поскольку в условии сказано, что это соли кислородсодержащих кислот, для которых составлено уравнение, значит каждая из них также содержит кислород. Соль 1 будет иметь формулу Na_2SO_a , а соль 2 – $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_b$. Определим a и b , подставив в уравнение молярные массы металла, неметалла и кислорода:

$$\begin{cases} 2 \cdot 23 + 32 + a \cdot 16 = 78 + 64 \text{ (соль 1)} \\ 2 \cdot 23 + 2 \cdot 32 + b \cdot 16 = 110 + 48 \text{ (соль 2)} \end{cases}$$

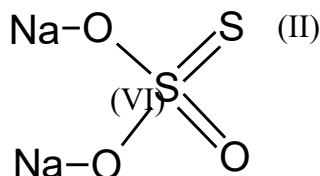
Решаем уравнения и получаем: $a = 4$, $b = 3$. Получаем, что соль 1 это Na_2SO_4 , сульфат натрия, соль серной кислоты, а соль 2 – $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ – тиосульфат натрия, соль тиосерной кислоты.

2) Изобразим структурные формулы солей:

Сульфат
натрия



Тиосульфат
натрия



3) Десятиводный кристаллогидрат (декагидрат) сульфата натрия называют глауберовой солью, получившей свое название в честь своего первооткрывателя Иоганна Рудольфа Глаубера, который обнаружил ее в составе минеральных вод во время реабилитации после болевашного в те времена тифа.

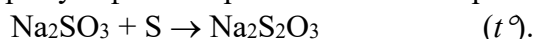
Глауберова соль встречается в природе в самородном состоянии в виде минерала мирабилита. Его название происходит от латинского «mirabilis» - чудесный, удивительный.

4) $2\text{Na} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\uparrow$ – реакция замещения.

$\text{Na}_2\text{O} + \text{SO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4$ – реакция соединения.

$2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ – реакция обмена.

5) В лабораторных условиях тиосульфат натрия может быть получен кипячением раствора сульфита натрия с избытком серы:



Разбалловка

Часть ответа	Балл
Состав и формулы солей	7
Наименования веществ	4
Структурные формулы солей 2 по 2 б	4
Кристаллогидрат	1

Минерал	1
Уравнения 4 реакций по 2 б.	8
Всего	25

Задача 8-4

Предположим, что максимальный объем воздуха в надутым резиновом шарике среднего размера при нормальных условиях составляет 5 л.

- Считая воздух сухим, определите массу кислорода и азота в таком шарике, принимая объемную долю кислорода за 21%, азота – за 79%.

- Во сколько раз масса шарика с воздухом больше массы такого же шарика с гелием, если пренебречь массой резиновой оболочки?

- Определите массу магния, которая может прореагировать с воздухом такого объема (н.у.) при нагревании до $\sim 600^\circ\text{C}$. Запишите уравнения реакций.

Решение

1. Объем азота в шарике составит $V(\text{N}_2) = 0.79 \cdot 5 \text{ л} = 3.95 \text{ л}$, а объем кислорода $-V(\text{O}_2) = 0.21 \cdot 5 \text{ л} = 1.05 \text{ л}$.

Количество вещества азота в шарике составит

$n(\text{N}_2) = 3.95 \text{ л} / 22.4 \text{ л} \cdot \text{моль}^{-1} = 0.176 \text{ моль}$ и масса азота будет $m(\text{N}_2) = 0.176 \text{ моль} \cdot 28 \text{ г/моль} = 4.93 \text{ г}$.

Количество вещества кислорода в шарике составит

$n(\text{O}_2) = 1.05 \text{ л} / 22.4 \text{ л} \cdot \text{моль}^{-1} = 0.047 \text{ моль}$ и масса кислорода будет $m(\text{O}_2) = 0.047 \text{ моль} \cdot 32 \text{ г/моль} = 1.5 \text{ г}$.

2. Масса воздуха в шарике есть суммарная масса азота и водорода, то есть

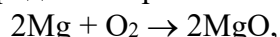
$m(\text{воз}) = 4.93 + 1.5 = 6.43 \text{ г}$.

Массу гелия определим следующим образом: количество гелия в 5 л такое же, как общее количество азота и кислорода, т. е. $n(\text{He}) = 5 \text{ л} / 22.4 \text{ л} \cdot \text{моль}^{-1} = 0.223 \text{ моль}$.

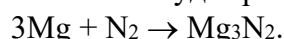
Масса гелия будет $m(\text{He}) = 0.223 \text{ моль} \cdot 4 \text{ г/моль} = 0.892 \text{ г}$.

5 л воздуха тяжелее 5 л гелия в $\frac{m(\text{воз})}{m(\text{He})} = 6.43 / 0.892 = 7.2$ раза.

3. При нагревании до $\approx 600^\circ\text{C}$ магний сначала будет реагировать с более активным кислородом с образованием оксида:



а затем он будет реагировать с менее активным азотом с образованием нитрида:



В реакцию с кислородом вступит $0.047 \cdot 2 = 0.094$ моль магния.

В реакцию с азотом – $0.176 \cdot 3 = 0.528$ моль магния.

Всего в реакцию с воздухом вступит $0.094 + 0.528 = 0.622$ моль и $0.622 \text{ моль} \cdot 24 \text{ г/моль} = 14.928 \text{ г}$ магния.

Разбалловка

Часть ответа	Балл
Массы кислорода и азота	8
Рассуждения, подкрепленные вычислениями	5
Массовые доли газов 2 по 4б.	8
Уравнения реакций 2 по 2б	4
Всего	25

Межрегиональная олимпиада школьников
«БУДУЩИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ – БУДУЩЕЕ НАУКИ» 2025/26 уч.г.
ОЧНЫЙ ОТБОРОЧНЫЙ ТУР. *Время выполнения 90 минут*

2 вариант

8 класс

Задача 8-1

Напишите уравнения химических реакций образования воды в результате: а) горения гидрида алюминия; б) нагревания гидроксида магния; в) взаимодействия серной кислоты с гидрокарбонатом натрия. Укажите, к какому типу химических реакций они относятся.

Решение

Окислительно-восстановительная: $2\text{AlH}_3 + 3\text{O}_2 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ (1)

Реакция разложения: $\text{Mg}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{MgO} + \text{H}_2\text{O}$ (2)

Реакция обмена: $2\text{NaHCO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{CO}_2$ (3)

Разбалловка

За 3 уравнения по 5 б. 15 б.

За определение типа реакции 1 (4 б.), 2 (3 б.), 3 (3 б.) 10 б.

Всего: 25 б.

Задача 8-2

Какие реакции могут протекать при нагревании в атмосфере водорода по отдельности простых веществ: азота, углерода, йода? Если продукты реакций залить водой и добавить фиолетовый лакмус, то какую окраску лакмус приобретет?

Решение

Образуются аммиак, метан, йодоводород.

$\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3$ Лакмус синий (1)

$\text{C} + 2\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4$ Лакмус фиолетовый (2)

$\text{I}_2 + \text{H}_2 \rightarrow 2\text{HI}$ Лакмус красный (3)

Разбалловка

За 3 уравнения гидрирования по 5 б. 15 б.

За указание цвета лакмуса в случаях 1 и 2 (по 3 б.), в случае 3 (4 б.) 10 б.

Всего: 25 б.

Задача 8-3

В системе двух уравнений X и Y – молярные массы металла и неметалла, образующих бинарные соединения разного состава. Одно соединение может быть получено из другого. В соединении 1 на 1 атом металла приходится 1 атом неметалла, а в соединении 2 на 1 атом металла приходится 2 атома неметалла.

$$\begin{cases} 2.5x + 10y = 502.5 \\ 0.3x + 5y = 121.1 \end{cases}$$

1) Определите элементы и формулы бинарных соединений, изобразите их структурные формулы.

2) Напишите уравнения реакций получения бинарных соединений, а также взаимодействия их с водой и разбавленной соляной кислотой на холоду и при нагревании, с углекислым газом и угарным газом.

3) Определить, сколько мл ледяной воды потребуется для полного превращения в продукты реакции смеси бинарных соединений массой 30 г, содержащей 30% вещества с большей молярной массой.

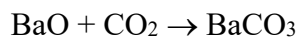
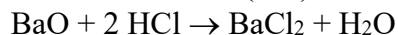
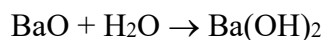
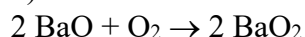
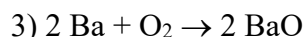
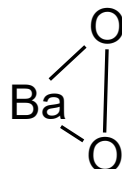
Решение

1) Решим систему уравнений и получим $x = 137$, $y = 16$. Получаем, что металл – это барий, а неметалл – кислород. Поскольку в условии указано соотношение элементов, то соединение 1 – это оксид бария BaO , а соединение 2 – это пероксид бария BaO_2 .

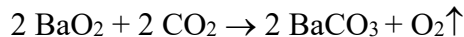
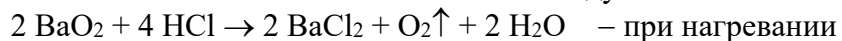
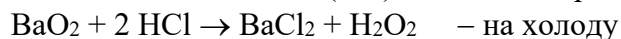
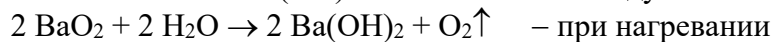
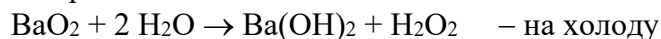
2) Изобразим структурные формулы соединений:

Оксид бария $\text{Ba}=\text{O}$

Пероксид
бария

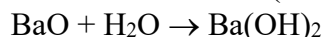
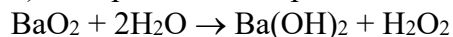


С горячей и холодной водой и соляной кислотой оксид бария реагирует одинаково.



Оксид бария с угарным газом не взаимодействует.

3) Еще раз запишем реакции оксида и пероксида бария с водой на холоду:



У пероксида бария бóльшая молярная масса, значит его масса в смеси будет $m(\text{BaO}_2) = 0.3 \cdot 30 = 9$ г, а оксида бария $m(\text{BaO}) = 21$ г, тогда количества веществ $n(\text{BaO}_2) = 9/169 = 0.053$ моль, а оксида бария $n(\text{BaO}) = 21/153 = 0.137$ моль. В реакцию с оксидом бария вступит 0.137 моль воды, а с пероксидом бария $0.053 \cdot 2 = 0.106$ моль воды. Всего в реакцию с обоими соединениями вступит $0.106 + 0.137 = 0.243$ моль или $m(\text{H}_2\text{O}) = 0.243 \cdot 18 = 4.374$ г или, принимая плотность воды за ≈ 1 г/мл, 4.374 мл воды.

Разбалловка

Часть ответа	Балл
Состав и формулы соединений	4
Структурные формулы солей	2
Уравнения 11 реакций по 1 б.	11
Объем воды	8
Всего	25

Задача 8-4

Плотность раствора, определяемая массой единицы объема раствора, является очень важной физической характеристикой. Например, в строительстве растворы даже классифицируют по плотности (легкий раствор, тяжелый раствор). С помощью плотности объем раствора пересчитывают в массу, также плотность необходима в вычислениях при переводе одного способа выражения состава раствора в другой.

Часто плотность раствора линейно зависит от содержания растворенного вещества в определенном диапазоне концентраций. В этом случае вместо таблиц удобно пользоваться этой функциональной зависимостью для определения плотности растворов заданной концентрации.

Известно, что плотность растворов серной кислоты при температуре 20°C в диапазоне массовой доли от 0.1 до 0.9 описывается линейной зависимостью: $y = 956.17x + 940.92$, где y – плотность раствора в кг/м³, x – массовая доля серной кислоты в долях.

1) Запишите математическое уравнение с применением правильных обозначений величин.

2) Определите плотность растворов серной кислоты с массовой долей 0.23 и 0.57.

3) Вычислите массовую долю серной кислоты в растворах плотностью 1303 и 1611 кг/м³.

4) Найдите массу раствора серной кислоты с массовой долей 0.45 объемом 235 мл.

5) Какое количество (в моль) серной кислоты и воды нужно взять для приготовления раствора с плотностью 1458 кг/м³?

Решение

1) Запишем уравнение, используя обозначения величин:

$\rho = 956.17\omega + 940.92$, где ρ – плотность, ω – массовая доля кислоты в растворе.

2) Определим плотность растворов при заданных значениях массовой доли, подставив их в функциональную зависимость:

$$\rho(0.23) = 956.17 \cdot 0.23 + 940.92 = 1160.8 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho(0.57) = 956.17 \cdot 0.57 + 940.92 = 1486.0 \text{ кг/м}^3.$$

3) Выразим массовую долю серной кислоты:

$$\omega = (\rho - 940.92)/956.17.$$

Далее вычислим содержание серной кислоты в растворах с заданной плотностью:

$$\omega(1303) = (1303 - 940.92)/956.17 = 0.379$$

$$\omega(1611) = (1611 - 940.92)/956.17 = 0.701$$

4) Найдём плотность раствора серной кислоты с массовой долей 0.45:

$$\rho(0.45) = 956.17 \cdot 0.45 + 940.92 = 1371.2 \text{ кг/м}^3.$$

Переведем объем в м³ и вычислим массу раствора по формуле:

$$m = V \cdot \rho = 1371.2 \text{ кг/м}^3 \cdot 235 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 = 0.322 \text{ кг} = 322 \text{ г}$$

5) Определим по математическому уравнению массовую долю раствора серной кислоты с плотностью 1458 кг/м³:

$$\omega(1458) = (1458 - 940.92)/956.17 = 0.541$$

Пусть масса раствора, который нужно приготовить, равна 100 г, тогда серной кислоты нужно взять:

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 100 \text{ г} \cdot 0.541 = 54.1 \text{ г} \text{ и } n(\text{H}_2\text{SO}_4) = m/M = 54.1 \text{ г}/98 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1} = 0.552 \text{ моль}.$$

Далее найдем массу и количество вещества воды:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 100 \text{ г} \cdot (1 - 0.541) = 45.9 \text{ г} \text{ и}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 45.9 \text{ г}/18 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1} = 2.55 \text{ моль}.$$

Разбалловка

Часть ответа	Балл
Правильные обозначения величин	2
Плотности растворов серной кислоты 2 по 2 б	4
Содержание серной кислоты в растворах 2 по 3 б	6
Масса раствора серной кислоты	8
Количество серной кислоты	5
Всего	25