

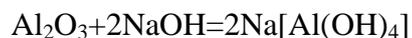
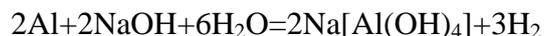
ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ
РЕГИОНАЛЬНАЯ ПРЕДМЕТНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ
ВОЛОГОДСКАЯ ОБЛАСТЬ

**КРИТЕРИИ И МЕТОДИКА ОЦЕНИВАНИЯ
ВЫПОЛНЕННЫХ ОЛИМПИАДНЫХ ЗАДАНИЙ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ТУРА
для 10 классов муниципального этапа всероссийской олимпиады
школьников по химии
2022 - 2023 учебный год**

По теоретическому туру максимальная оценка результатов участника возрастной группы (10 классы) определяется арифметической суммой всех баллов, полученных за выполнение заданий и не должна превышать 100 баллов.

ЗАДАНИЕ 1 Решение

Запишем уравнения реакций, протекающих с металлическим алюминием и его оксидом при растворении в избытке раствора гидроксида натрия:



По **4 балла** за каждое верное уравнение, при неверно расставленных коэффициентах – по **2 балла**.

Рассчитаем количество металлического алюминия по первому уравнению реакции. Для этого определим количество водорода: $10 \text{ л} / 22,4 \text{ л/моль} = 0,446 \text{ моль}$. Количество алюминия было в 1,5 раза меньше: $0,446 \text{ моль} / 1,5 = 0,3 \text{ моль}$. Аллюминат образовался при этом в количестве, равном количеству алюминия, 0,3 моль. Молярная масса аллюмината составляет 118 г/моль, таким образом масса его, образовавшегося за счёт этой реакции, составляла $118 \text{ г/моль} * 0,3 \text{ моль} = 35,4 \text{ г}$.

Оставшаяся масса аллюмината $37 \text{ г} - 35,4 \text{ г} = 1,6 \text{ г}$ образовалась за счёт второй реакции. Это составляет $1,6 \text{ г} / 118 \text{ г/моль} = 0,01356 \text{ моль}$. Таким образом, в навеске было $0,01356 \text{ моль} / 2 = 0,00678 \text{ моль}$ оксида алюминия, или $0,00678 \text{ моль} * 102 \text{ г/моль} = 0,69 \text{ г}$.

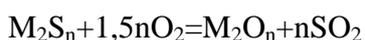
Рассчитаем массовую долю металлического алюминия в навеске: $35,4 \text{ г} / (35,4 \text{ г} + 0,69 \text{ г}) = 0,98 = 98\%$.

За верно рассчитанную массовую долю алюминия – **4 балла**, за решение – **8 баллов** (из них по 4 балла за нахождение массы алюминия и оксида, если найдены только они). Путь решения может быть не обязательно таким, может быть составлена система уравнений.

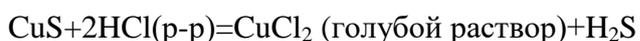
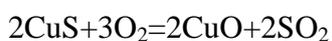
Оценка задания. Максимальная оценка за правильно выполненное задание - 20 баллов.

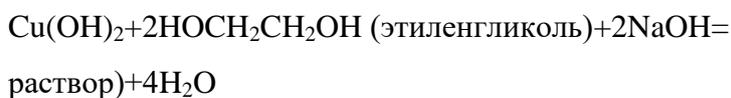
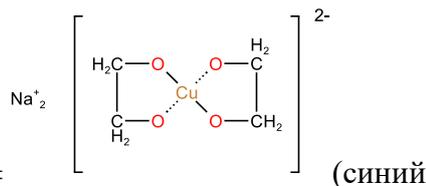
ЗАДАНИЕ 2 Решение

Обозначая металл М запишем уравнение реакции в общем виде (допустим, что степень окисления металла n не меняется в ходе этой реакции):



В сухом остатке остаётся оксид и соотношение масс исходного сульфида и оксида равна $4,8 \text{ г} / 4 \text{ г} = (2x + 32n) / (2x + 16n)$, где x – атомная масса металла М. Отсюда $x = 32n$. Подходит металл медь Cu. **4 балла** за верное определение металла (**2 балла** без подтверждения расчётом)





4 балла за каждое из 4 уравнений – всего до 16 баллов, при неверном уравнивании ставится **2 балла**. В последнем уравнении принимать в качестве верной также реакцию в отсутствие NaOH с образованием гликолята меди.

Оценка задания. Максимальная оценка за правильно выполненное задание - 20 баллов.

ЗАДАНИЕ 3 Решение

По условию, 1 л вещества X при н.у. имеет массу 1,384 г. Указанная фактически плотность 1,384 г/л, а также упоминание нормальных условий говорит о том, что X является газом.

Можно рассчитать молярную массу X, умножив плотность на молярный объём при н.у.:
 $1,384 \text{ г/л} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 31 \text{ г/моль}$. Для сжигания было взято $1,55 \text{ г} / 31 \text{ г/моль} = 0,05 \text{ моль X}$.

Карбонат кальция образуется при пропускании через известковую воду углекислого газа CO_2 :



Количество карбоната кальция равно $5 \text{ г} / 100 \text{ г/моль} = 0,05 \text{ моль}$. Столько же углекислого газа образовалось при сгорании X. Количество атомов углерода в одной молекуле X равно $0,05 \text{ моль} / 0,05 \text{ моль} = 1$.

Весьма инертное вещество, являющееся основным компонентом воздуха, - газ азот N_2 . Его осталось $0,56 \text{ л} / 22,4 \text{ л/моль} = 0,025 \text{ моль}$. Таким образом, в веществе X было $2 \cdot 0,025 \text{ моль} / 0,05 \text{ моль} = 1$ атом азота на молекулу.

2,25 мл воды при комнатной температуре имеют массу 2,25 г, что соответствует $2,25 \text{ г} / 18 \text{ г/моль} = 0,125 \text{ моль H}_2\text{O}$. В веществе X было $2 \cdot 0,125 \text{ моль} / 0,05 \text{ моль} = 5$ атомов водорода на молекулу.

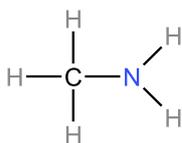
Молярная масса X, таким образом, составляет $12(\text{C}) \cdot 1 + 14(\text{N}) \cdot 1 + 1(\text{H}) \cdot 5 = 31$, что совпадает с ранее найденной молекулярной массой. Значит, кроме найденных трёх элементов атомов других элементов в молекуле нет.

Молекулярная формула X CNH_5 (**4 балла** за формулу, **6 баллов** за расчёт)

Уравнение сгорания:



Структурная формула X (**2 балла**)



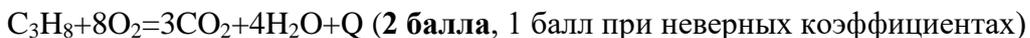
Оценка задания. Максимальная оценка за правильно выполненное задание - 20 баллов.

ЗАДАНИЕ 4 Решение

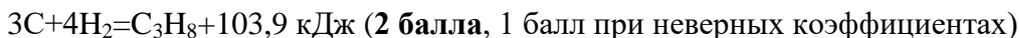
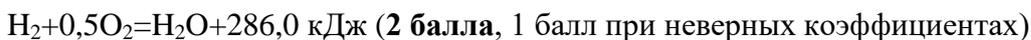
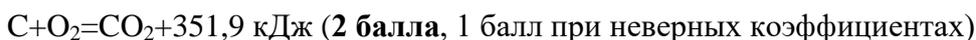
Пусть формула углеводорода Y – C_nH_m , тогда уравнение сгорания можно записать как
 $C_nH_m + (n + 0,25m)O_2 = nCO_2 + (0,5m)H_2O$

По уравнению из $(12n + m)$ г Y получается $44n$ г CO_2 . По условию тогда $44n = 3(12n + m)$, откуда $8n = 3m$. Единственный удовлетворяющий этому соотношению углеводород – пропан C_3H_8 . (4 балла за формулу и 2 балла за расчёт)

Уравнение сгорания



Для использования закона Гесса при нахождении Q необходимо записать уравнения сгорания угля и водорода, а также уравнение образования пропана:



По закону Гесса $Q = 3 \cdot 351,9 + 4 \cdot 286,0 - 103,9 = 2095,8$ (кДж).

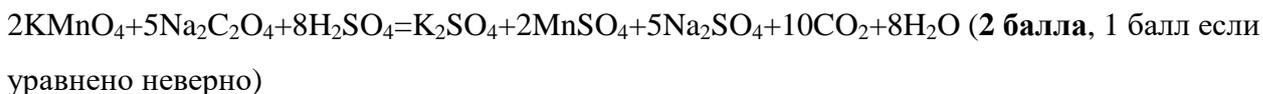
Теплота сгорания Y (пропана) составляет $2095,8$ кДж/моль (3 балла, 1 балл в отсутствие расчёта).

Масса образца Y была равна $(3 \cdot 12 + 8) \text{ г/моль} \cdot 55,5 \text{ кДж} / 2095,8 \text{ кДж/моль} = 1,17 \text{ г}$ (3 балла, 1 балл в отсутствие расчёта).

Оценка задания. Максимальная оценка за правильно выполненное задание - 20 баллов.

ЗАДАНИЕ 5 Решение

Запишем уравнение реакции стандартизации перманганата калия оксалатом натрия в сернокислой среде:



$0,2211$ г оксалата натрия реагирует по стехиометрии этой реакции с

$2 \cdot 0,2211 / (5 \cdot 134) = 0,66$ ммоль перманганата калия, которые содержались в $26,4$ мл раствора.

В $16,8$ мл раствора пропорционально содержалось $0,66 \cdot 16,8 / 26,4 = 0,42$ (ммоль) перманганата.

Запишем уравнение окисления сульфата железа перманганатом:

$2\text{KMnO}_4 + 10\text{FeSO}_4 + 8\text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{MnSO}_4 + 5\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 8\text{H}_2\text{O}$ (**2 балла**, 1 балл если уравнено неверно)

Избыток железа, в соответствии с этим уравнением, составляет таким образом $0,42 \text{ ммоль} \cdot 5 = 2,1 \text{ ммоль}$.

Исходное количество сульфата железа составляло $50 \text{ мл} \cdot 0,102 \text{ моль/л} = 5,1 \text{ ммоль}$.

Соответственно, дихроматами было окислено $5,1 - 2,1 = 3 \text{ ммоль}$ сульфата железа.

Запишем уравнение взаимодействия сульфата железа с дихроматом в сокращённом виде:

$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 6\text{Fe}^{2+} + 14\text{H}^+ = 2\text{Cr}^{3+} + 6\text{Fe}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$ (**2 балла** в любой форме, 1 балл если уравнено неверно)

На реакцию с 3 ммоль сульфата железа необходимо 0,5 ммоль дихромата. В расчёт на 1 л исходного раствора дихроматов было $(1000/25) \cdot 0,5 \text{ ммоль} = 0,02 \text{ моль}$. Пусть x моль из них приходилось на дихромат калия, а $0,02 - x$ на дигидрат дихромата натрия. Составим уравнение: $5,94 \text{ г} = 294x + 298(0,02 - x)$. Отсюда $x = 0,005 \text{ моль}$ или 1,47 г $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (массовая доля 24,75%), а $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ было $0,015 \cdot 262 = 3,93 \text{ г}$ (66,15%), кристаллизационной воды 0,54 г (9,1%) – по **2 балла** за массовую долю и **3 балла** за расчёты.

Запишем уравнение реакции окисления этилового спирта:

$3\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + 2\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 16\text{H}^+ = 3\text{CH}_3\text{COOH} + 4\text{Cr}^{3+} + 11\text{H}_2\text{O}$ (**2 балла** в любой форме, 1 балл если уравнено неверно)

0,02 моль дихромата может окислить 0,03 моль этанола, что соответствует $46 \cdot 0,03 = 1,38 \text{ г}$. (**3 балла**)

Оценка задания. Максимальная оценка за правильно выполненное задание - 20 баллов.