

Министерство образования и науки УР
АОУ ДПО УР «Институт развития образования»
Муниципальный этап ВсОШ по химии 2024-2025 учебный год
г. Ижевск
9 класс

Максимальное количество баллов – 85

Решение задачи № 1

1. Уравнение реакции:



Указанные условия ($t = 0^\circ\text{C}$, $p = 1 \text{ атм}$) – нормальные, в этих условиях 1 моль газообразного водорода занимает объем 22,4 л. Количество вещества водорода объемом 1 л составляет:

$$\nu_{(\text{H}_2)} = \frac{V_{(\text{H}_2)}}{V_m(\text{H}_2)} = \frac{1 \text{ л}}{22.4 \text{ л/моль}} = 0,0446 \text{ моль}$$

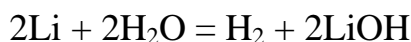
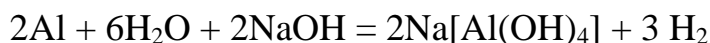
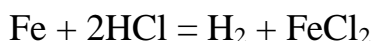
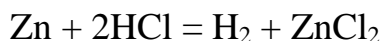
Тогда мольная теплота сгорания водорода составляет:

$$Q_{\text{сгор. мольн. (H}_2)} = \frac{Q_{\text{сгор. 1 л (H}_2)}}{\nu_{(\text{H}_2)}} = \frac{12.76 \text{ кДж}}{0.0446 \text{ л/моль}} = 286 \text{ кДж/моль}$$

1 моль газообразного водорода имеет массу 2 г. Следовательно, удельная теплота сгорания водорода в 2 раза меньше мольной:

$$Q_{\text{сгор. уд. (H}_2)} = \frac{Q_{\text{сгор. мольн. (H}_2)}}{2} = 143 \text{ кДж/моль}$$

2. Уравнения реакций:



3. Вычислим количества выделившегося водорода:

$$\nu_{\text{H}_2(\text{Zn})} = \frac{m_{\text{Zn}}}{M_{\text{Zn}}} = 0,0154 \text{ моль}$$

$$\nu_{\text{H}_2(\text{Fe})} = \frac{m_{\text{Fe}}}{M_{\text{Fe}}} = 0,0179 \text{ моль}$$

$$\nu_{\text{H}_2(\text{Al})} = \frac{3m_{\text{Al}}}{2M_{\text{Al}}} = 0,0556 \text{ моль}$$

$$\nu_{\text{H}_2(\text{Li})} = \frac{2m_{\text{Li}}}{M_{\text{Li}}} = 0,286 \text{ моль}$$

Количества теплоты, образующейся при сгорании этих порций, найдем, умножив полученные количества водорода на мольную теплоту сгорания:

$$Q_{H_2(Zn)} = \nu_{H_2(Zn)} \times Q_{\text{сгор. мольн. } (H_2)} = 4,40 \text{ кДж}$$

$$Q_{H_2(Fe)} = \nu_{H_2(Fe)} \times Q_{\text{сгор. мольн. } (H_2)} = 5,12 \text{ кДж}$$

$$Q_{H_2(Al)} = \nu_{H_2(Al)} \times Q_{\text{сгор. мольн. } (H_2)} = 15,9 \text{ кДж}$$

$$Q_{H_2(Li)} = \nu_{H_2(Li)} \times Q_{\text{сгор. мольн. } (H_2)} = 81,8 \text{ кДж}$$

Система оценивания

1. Уравнение реакции горения водорода – **1 балл**.
 Расчет мольной теплоты сгорания водорода – **1 балл**.
 Расчет удельной теплоты сгорания водорода – **1 балл**.
2. Уравнения реакций получения водорода – **по 1 баллу (всего – 4 балла)**.
3. Расчет количеств теплоты, выделившейся при сгорании порций водорода – **по 2 балла (всего – 8 баллов)**.

Итого за задачу.....15,0 баллов

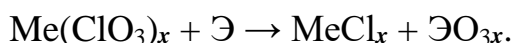
Решение задачи № 2

3S + 2Al = Al ₂ S ₃	1,0 балл
(Возможно с Zn)	
ZnS + 2 HCl = ZnCl ₂ + H ₂ S	1,0 балл
ZnS + 2 H ⁺ = Zn ²⁺ + H ₂ S	1,0 балл
H ₂ S – газ, с характерным запахом.....	0,5 балла
2H ₂ S + 3O ₂ = 2 SO ₂ + 2 H ₂ O.....	1,0 балл
S ⁻² – 6e → S ⁺⁶ 2	
O ₂ + 4e → 2O ⁻² 3	1,0 балл
H ₂ S – восстановитель	
O ₂ – окислитель	0,5 балла
5SO ₂ + 2KMnO ₄ + 2 H ₂ O = 2H ₂ SO ₄ + K ₂ SO ₄ + 2MnSO ₄	1,0 балл
S ⁺⁴ -2e → S ⁺⁶ 5	
Mn ⁺⁷ + 5e → Mn ⁺² 2	1,0 балл
SO ₂ – восстановитель	
KMnO ₄ – окислитель	0,5 балла
2H ₂ SO ₄ + Zn = ZnSO ₄ + SO ₂ + 2H ₂ O.....	1,0 балл
(или с Al при нагревании)	
6H ₂ SO ₄ + 2Al = Al ₂ (SO ₄) ₃ + 3SO ₂ + 6H ₂ O	2,0 балла
SO ₂ + Ca(OH) ₂ = CaSO ₃ + H ₂ O.....	1,0 балл
SO ₂ + Ca ²⁺ + 2OH ⁻ = CaSO ₃ + H ₂ O	1,0 балл
CaSO ₃ – осадок белого цвета.....	0,5 балла
Цинковая обманка ZnS	0,5 балла
Купоросное масло – H ₂ SO ₄ конц.....	0,5 балла

Гашеная известь – $\text{Ca}(\text{OH})_2$	0,5 балла
Сернистый газ SO_2	0,5 балла
Итого за задачу.....	15,0 баллов

Решение задачи № 3

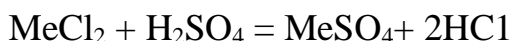
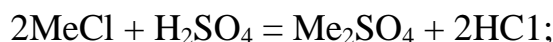
Запишем суммарное уравнение реакций, протекающих при прокаливании хлората с неизвестным металлом:



Масса MeCl_x равна: $(10,56 - 6,4) \text{ г} = 4,16 \text{ г}$.

.....**2,0 балла**

При взаимодействии серной кислоты с хлоридом металла согласно схемам:



независимо от того, одно- или двухвалентный металл входил в состав хлорида, разность в молярных массах хлорида металла и его сульфата равна разности молярных масс кислотных остатков SO_4^{2-} и 2Cl^- : $(96 \text{ г} - 71 \text{ г}) = 25 \text{ г}$. В данном случае разность масс кислотных остатков: $(4,66 - 4,16) \text{ г} = 0,5 \text{ г}$. Составим соотношение:

1 моль Me_xSO_4 – разность масс 25 г

y моль Me_xSO_4 – разность масс 0,5 г

$$y = n(\text{Me}_x\text{SO}_4) = 0,02 \text{ моль}$$

.....**4,0 балла**

Вычислим молярную массу сульфата неизвестного металла:

0,02 моль Me_xSO_4 имеет массу 4,66 г

1 моль Me_xSO_4 имеет массу z г

$$z = m(\text{Me}_x\text{SO}_4) = 233 \text{ г}; M(\text{Me}_x\text{SO}_4) = 233 \text{ г/моль}.$$

Если металл одновалентный, то $M(\text{Me}) = 0,5 \times (233 - 96) \text{ г/моль} = 68,5 \text{ г/моль}$, однако такого металла нет.

Если металл двухвалентный, то $M(\text{Me}) = (233 - 96) \text{ г/моль} = 137 \text{ г/моль}$. Такой металл существует и это барий Ba.

.....**4,0 балла**

Рассчитаем количество вещества кислорода в $\text{Ba}(\text{ClO}_3)_2$ количеством 0,02 моль: $n(\text{O}) = 0,02 \times 6 = 0,12 \text{ моль}$. Такое количество кислорода соответствует массе в $(16 \text{ г/моль} \times 0,12 \text{ моль}) = 1,92 \text{ г}$. Такая масса кислорода расходуется на получение оксида второго металла. Масса второго металла будет равна:

$$m(\text{Э}) = (6,4 - 1,92) \text{ г} = 4,48 \text{ г}$$

.....3,0 балла

Относительную атомную массу второго металла можно найти методом подбора с учетом валентности металла. Если металл одновалентный, его оксид можно записать как $\text{Э}_2\text{О}$:

на Э массой 4,48 г приходится кислород массой 1,92 г

на Э массой m г приходится кислород массой 16 г

$$m = \frac{4,48 \times 16}{1,92} = 37,33 \text{ г.}$$

$$\text{Ar}(\text{Э}) = 37,33 / 2 = 18,67 \text{ г/моль.}$$

Такого металла не существует.

.....3,0 балла

Аналогичным образом проводим расчеты для других значений валентности металла:

- оксид ЭО : $\text{Ar}(\text{Э}) = 37,33 \text{ г/моль}$;
- оксид $\text{Э}_2\text{О}_3$: $\text{Ar}(\text{Э}) = 37,33 \times 3 / 2 = 56 \text{ г/моль}$;
- оксид ЭО_2 : $\text{Ar}(\text{Э}) = 37,33 \times 2 = 74,66 \text{ г/моль}$;
- оксид $\text{Э}_2\text{О}_5$: $\text{Ar}(\text{Э}) = 37,33 \times 5 / 2 = 93,33 \text{ г/моль}$;
- оксид ЭО_3 : $\text{Ar}(\text{Э}) = 37,33 \times 3 = 112 \text{ г/моль}$;
- оксид $\text{Э}_2\text{О}_7$: $\text{Ar}(\text{Э}) = 37,33 \times 7 / 2 = 130,66 \text{ г/моль}$;

.....3,0 балла

Сравнивая вычисленные Ar металлов с табличными, приходим к выводу, что искомым металлом может быть железо ($\text{Ar} = 56$).

.....1,0 балл

Верным можно считать и ответ ниобий, т.к. рассчитанное значение Ar довольно близко к табличному, если при этом указано и железо как вариант ответа.

Итого за задачу.....20 баллов

Решение задачи № 4

Основными элементами, входящими в состав удобрений, являются азот, фосфор и калий. Так как калий не образует летучих соединений, то он не может входить в состав искоемых веществ.0,5 балла

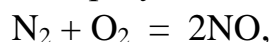
В случае азота и фосфора газообразными веществами, способными окисляться (вещество А), являются азот, оксиды азота (закись N_2O , окись NO и диоксид NO_2 азота), аммиак и фосфин.0,5 балла

Так как при окислении фосфина не могут образовываться два различных газообразных соединения:



то фосфор, как и калий, исключается1,5 балла

При окислении азота сначала образуется оксид азота(II):



а при дальнейшем окислении – оксид азота(IV):

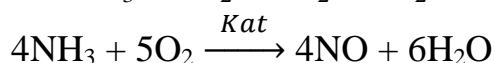
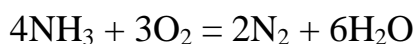


.....2,0 балла

Однако, из указанных оксидов при их взаимодействии с газообразным веществом Г получить снова азот невозможно. Поэтому также азот исключается. По этой же причине исключается и оксид азота(I).....0,5 балла

Из оксида азота(II) можно получить независимо от условий окисления только одно газообразное вещество – оксид азота(IV), а из последнего газообразные продукты окисления не образуются. Следовательно, оба оксида не удовлетворяют условию задачи.1 балл

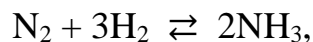
Искомым газообразным веществом А, в таком случае, является аммиак. При его окислении на воздухе в зависимости от условий могут протекать реакции:



.....2,5 балла

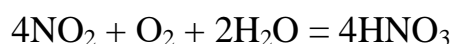
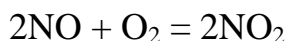
Таким образом, вещество Б – азот N_2 , В – оксид азота(II) NO0,5 балла

Аммиак из азота можно получить при его взаимодействии с водородом:



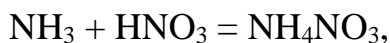
следовательно, искомое вещество Г – водород.1,5 балла

В результате ряда превращений из оксида азота(II) (вещество В) может быть получена азотная кислота (вещество Д):



.....2,5 балла

Продуктом взаимодействия азотной кислоты с аммиаком является нитрат аммония (вещество Е):



используемый в качестве удобрения.

.....2 балла

Итого за задачу.....15 баллов

Решение задачи № 5:

Возможны уравнения реакций, которые не перечислены в данном решении, но соответствуют условиям задания.

Примеры уравнений химических реакций.

$\text{NaOH} + \text{ф/фт} = \text{малиновый раствор (схема реакции)}$

$\text{NaOH} + \text{м/о} = \text{желтый раствор (схема реакции)}$

$\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{м/о} = \text{розовый раствор (схема реакции)}$

$\text{BaCl}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{HCl} + \text{BaSO}_4\downarrow$ (белый осадок)

$\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 + 3\text{KI} = 3\text{KNO}_3 + \text{BiI}_3\downarrow$ (черно-коричневый осадок)

$\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 + 4\text{KI}(\text{избыток}) = 3\text{KNO}_3 + \text{K}[\text{BiI}_4]$ (ярко-оранжевый раствор)

$\text{AgNO}_3 + \text{NaCl} = \text{NaNO}_3 + \text{AgCl}\downarrow$ (белый осадок)

$\text{CuSO}_4 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{Cu}(\text{OH})_2\downarrow$ (голубой осадок)

$\text{FeCl}_3 + 3\text{KCNS} = 3\text{KCl} + \text{Fe}(\text{CNS})_3$ (красно-коричневый раствор)

$\text{CoCl}_2 + 2\text{NaOH} = 2\text{NaCl} + \text{Co}(\text{OH})_2\downarrow$ (розовый осадок)

$\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{NaOH} = 3\text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{Cr}(\text{OH})_3\downarrow$ (серо-зеленый осадок)

$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{KI} = 2\text{KNO}_3 + \text{PbI}_2\downarrow$ (желтый осадок)

$\text{FeCl}_3 + \text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] = 3\text{KCl} + \text{KFe}[\text{Fe}(\text{CN})_6]\downarrow$ (синий осадок)

По **1 баллу** за каждую реакцию и по **1 баллу** за каждое отмеченное цветное вещество и его название. В схемах с индикаторами **1 балл** за цвет раствора.

Итого за задачу.....20 баллов