

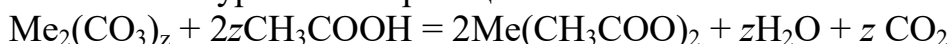
9 класс

Задание 1.

1. $w(P) = 2.15 \cdot 100\% / 22 = 9.8 \%$. (1 балл)

$w(Q) = 100\% - 9.8 \% = 90.2 \%$. (1 балл)

2. Определим молярную массу газа **R**: $M(R)/22.4 = 8.73/4.44$, откуда $M(R) = 44$ г/моль, **R – CO₂** (1 балл), поскольку другие газы с такой молярной массой (C₃H₈ и N₂O) не могут выделяться при обработке природных минералов кислотой. Таким образом, один из компонентов породы – карбонат, масса карбоната составит $m = (22 - 2.15) = 19.85$ г, количество CO₂ $n = 4.44/22.4 = 0.2$ моль. По уравнению реакции:



Молярная масса карбоната $M = m \cdot z / n \approx 100 \cdot z$, в то же время $M = 2 \cdot M(Me) + 60z$, откуда $M(Me) = 20z$, при $z = 2$ подходит кальций. Значит **Q – CaCO₃, S – Ca(CH₃COO)₂** (по 1,5 балла, всего 3 балла).

Судя по описанию (бинарное вещество, которое растворяется только в плавиковой кислоте и щелочи) второе вещество это **SiO₂ = P** (2 балла).



По 1 баллу за каждое верное уравнение, всего 2 балла.

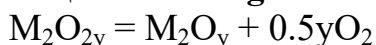
Всего максимум 10 баллов.

Задание 2.

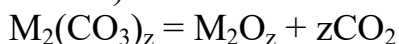
1. Составим уравнения разложения, выразим потерю массы через атомную массу металла и определим вещества:



$0.069 = 16x / (2M + 16x)$, откуда $M = 108 \cdot x$, при $x = 1$ подходит Ag. Значит, вещество **I – Ag₂O**.



$0.0945 = 16y / (2M + 32y)$, откуда $M = 68.65 \cdot y$, при $y = 2$ подходит барий (137 г/моль). **II – BaO₂**.



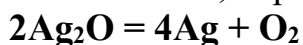
$0.44 = 44z / (2M + 60z)$, откуда $M = 20 \cdot z$, при $z = 2$ подходит кальций, **III – CaCO₃**.



$0.514 = 46m / (M + 62m)$, откуда $M = 27.5 \cdot m$, при $m = 2$ подходит марганец, **IV – Mn(NO₃)₂**.

Определим массу соли **V**: 1.5 моль H₂O = 27 г – 15.7 % молярной массы, 1 моль соли **V** весит $27 / 0.157 = 172$ г/моль. Металл должен совпасть с одним из металлов в солях **I–IV**, сравнительно маленькое значение молярной массы исключает барий и серебро. Если соль включает в себя кальций (40 г/моль) и 1.5 молекулы воды, то на неизвестный кислотный остаток останется не более

$172 - 40 - 27 = 105$ г/моль. Среди распространённых кислотных остатков близкую молярную массу имеют фосфат и сульфат. Последний отличается по молярной массе от полученного значения на 9 г/моль, т.е. на половину молекулы воды. Таким образом, описаны превращения гипса, V – $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, переходящий при прокаливании в $\text{CaSO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$.



За каждое верно определённое вещество по 1.5 балла, за уравнения реакций по 0,5 балла, всего 10 баллов.

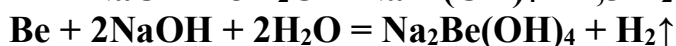
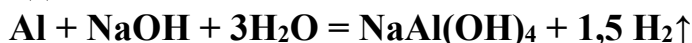
2. $\text{CaSO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$ обезвоживается при более высокой температуре, также при высоких температурах разлагается MnO_2 с образованием Mn_2O_3 и Mn_3O_4 .

Ответ: IV и V (по 1 баллу, всего 2 балла, за выбор трех вариантов минус 1 балл, более трех – минус 2 балла, но не ниже 0 баллов).

Всего максимум 12 баллов.

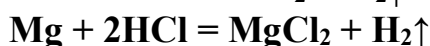
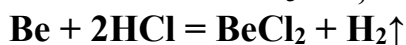
Задание 3.

1. В щелочи растворяются только Al и Be. В случае с магнием реакция не идёт.



Очевидно, что цилиндр сделан не из магния.

В кислоте растворяются все три образца



(по 0.5 балла за реакцию и указание невозможности реакции, всего 3 балла).

2. Заметим, что при растворении Al и Be в кислоте и щелочи выделяется одинаковое количество водорода. Поэтому цилиндр может переместиться на второе место, только если на первое место по объему водорода выйдет образец из магния.

Пусть длина стороны куба $a = 1$ см. Тогда его объем $V = a^3 = 1 \text{ см}^3$

Объем шара $V = \frac{4}{3}\pi R^3 = \frac{4}{3}\pi a^3 = 4,19 \text{ см}^3$

Объем цилиндра $V = H \times \pi \times R^2 = a \times \pi \times (a/2)^2 = 0,785 \text{ см}^3$

Найдем объем газа, который выделится из образцов:

$V(\text{H}_2) = V \times \rho / M \times 22,4 \times X$ ($X = 1$ для Mg, Be и $X = 1,5$ для Al)

Образец	$V, \text{ см}^3$	$V(\text{H}_2), \text{ л}$		
		Al	Mg	Be
Куб	1	3,36	1,62	4,56
Шар	4,19	14,1	6,8	19,2
Цилиндр	0,785	2,64	–	3,59

Если из магния был бы сделан куб, то он не вышел бы на первое место по объему водорода. Следовательно, из магния состоит шар. В условиях, когда магний не растворяется, на первом месте находится цилиндр, это выполняется только при условии, что он сделан из бериллия. Значит куб из алюминия (по 1 баллу за соотнесение, всего 3 балла).

3. Суммарный объем всех трех образцов равен $5,97 \text{ см}^3$. Суммарный объем водорода $13,75 \text{ л}$ (13750 см^3), что превышает суммарный объем образцов приблизительно в **2300 раз. (2 балла)**

4. Расчёт ранее велся на произвольное количество металлов, соответствующее $a = 1 \text{ см}$. Выразим массу металлов через a :

$$m(\text{Be}) = 1.84 \times a \times \pi \times (a/2)^2 = 1.445a^3$$

$$m(\text{Al}) = 2.7a^3$$

$$m(\text{Mg}) = 1.74 \times 4\pi a^3 / 3 = 7.29a^3$$

Общая масса равна $1.445a^3 + 2.7a^3 + 7.29a^3 = 11.435a^3 = 20$. Откуда $a = 1.2 \text{ см}$. (2 балла)

Всего максимум 10 баллов.

Задание 4.

1. Как следует из первой реакции, энергия связи O–H равна 464 кДж/моль . Выразим энтальпию второй реакции через энергии связи в реагентах и продуктах:

$$\Delta H_2 = E(\text{H–H}) - E(\text{O–H}) = 436 - 464 = -28 \text{ кДж/моль (2 балла)}$$

2. В ходе реакции 3 происходит разрыв двойной связи O=O в молекуле кислорода и образование связи OH:

$$\Delta H_3 = E(\text{O=O}) - E(\text{O–H}) = E(\text{O=O}) - 464 = 34 \text{ кДж/моль}$$

Откуда $E(\text{O=O}) = 34 + 464 = 498 \text{ кДж/моль (2 балла)}$

3. В результате реакции 4 разрывается связь H–H и образуется связь O–H. Энтальпия этого процесса совпадает с энтальпией реакции 2:

$$\Delta H_4 = E(\text{H–H}) - E(\text{O–H}) = 436 - 464 = -28 \text{ кДж/моль (2 балла)}$$

Также можно обратить внимание на то, что реакция 5 противоположна реакции 1. Следовательно, она имеет противоположное значение энтальпии:

$$\Delta H_5 = -\Delta H_1 = -464 \text{ кДж/моль (2 балла)}$$

4. Нужно рассчитать энтальпию реакции $\text{H}_2 + 0.5\text{O}_2 = \text{H}_2\text{O}$.

Эта энтальпия, выраженная через энергии связи, равна:

$$\Delta H = E(\text{H–H}) + 0.5 E(\text{O=O}) - 2 E(\text{O–H}) = 436 + 0.5 \cdot 498 - 2 \cdot 464 = -243 \text{ кДж/моль (2 балла)}$$

Всего максимум 10 баллов