

8 класс

Задание 1.

1. Указанные изотопы могут образовывать молекулы H_2 , D_2 , T_2 , HD , HT и DT (по 0.5 балла за каждую формулу, всего 3 балла. Указание верного числа молекул – 6 – без перечисления формул оценивается в 1 балл).

2. При образовании молекулы водорода молекула H_2 образуется с вероятностью $0.99989 \cdot 0.99989$, молекула HD – с вероятностью $2 \cdot 0.99989 \cdot 0.00011$ (двойка появляется из-за неразличимости молекул DH и HD), молекула D_2 – с вероятностью $0.00011 \cdot 0.00011$. Последняя вероятность и будет равна доле молекул D_2 : $1.21 \cdot 10^{-8}$ или $1.21 \cdot 10^{-6} \%$. (2 балла).

3. Поскольку объём молекул тяжёлой воды практически не отличается от объёма молекул обычной воды, отношение их плотностей равно отношению молярных масс, то есть $20/18$. Плотность обычной воды равна 1 г/мл, тогда плотность тяжёлой воды равна приблизительно 1.11 г/мл (справочное значение 1.104 г/мл). (2 балла)

4. Ответить на этот вопрос проще всего, проанализировав ответ на пункт 1 и добавив к каждой из возможных молекул водорода один из изотопов кислорода. Молекул водорода было шесть, тогда можно получить $3 \cdot 6 = 18$ разных молекул воды (2 балла).

5. Масса 20 может быть получено следующими комбинациями молярных масс:

$$1 + 3 + 16 = 20$$

$$2 + 2 + 16 = 20$$

$$1 + 2 + 17 = 20$$

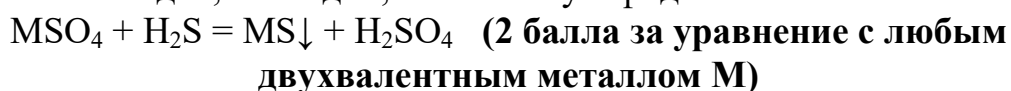
$$1 + 1 + 18 = 20$$

Соответствующие формулы – $H^{16}OT$, $D_2^{16}O$, $H^{17}OD$, $H_2^{18}O$ (по 0.5 балла за каждую формулу, всего 2 балла. Указание верного числа молекул – 4 – без перечисления формул оценивается в 1 балл)

Всего максимум 11 баллов.

Задание 2.

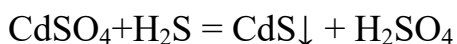
1. Выпавший осадок, очевидно, является сульфидом:



Примем относительную атомную массу металла за x . Тогда молярная масса сульфата составит $x+96$, а сульфида $x + 32$. Масса исходного сульфата равна $m(MSO_4) = 300 \cdot 0.0077 = 2.31$ г. Можно составить пропорцию:

$$\frac{x+96}{x+32} = \frac{2,31}{1,6}$$

Решая данное уравнение, получим $x = 112,4$ г /моль, что соответствует кадмию (Cd) (4 балла)



2. После удаления осадка в растворе остаётся серная кислота H_2SO_4 (1 балл).

Масса серной кислоты, которая остается в растворе, равна:

$$m(\text{CdSO}_4) / M(\text{CdSO}_4) \cdot M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1,09 \text{ г.}$$

Масса раствора составит:

$$300 - m(\text{CdSO}_4) + m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 298,8 \text{ г.}$$

Массовая доля серной кислоты:

$$1,09 / 298,8 \cdot 100\% \approx 0,36\% \text{ (2 балла)}$$

Всего максимум 9 баллов.

Задание 3.

1. а) Общее количество атомов в алкане равно $n + (2n + 2) = 3n + 2$. Если $3n + 2 = 38$, то $n = 12$. Формула $\text{C}_{12}\text{H}_{26}$ (1 балл)

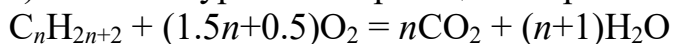
б) Массовая доля углерода в алкане равна: $w(\text{C}) = 12 \cdot n / (12 \cdot n + 2 \cdot n + 2) = 0.8$

Решение данного уравнения относительно n даёт $n = 2$. Формула C_2H_6 (1 балл)

в) Масса одной молекулы равна отношению молярной массы вещества к числу Авогадро. Тогда $M = 1.43 \cdot 10^{-22} \cdot 6.022 \cdot 10^{23} = 86 \text{ г/моль}$

$12 \cdot n + 2 \cdot n + 2 = 86$, откуда $n = 6$. Формула C_6H_{14} (1 балл)

г) Запишем уравнение реакции сгорания в общем виде:



Количество вещества воды $n(\text{H}_2\text{O}) = 1.44/18 = 0.08$ моль, а количество вещества алкана равно $1/(14n+2)$. С учётом коэффициентов в уравнении реакции имеем следующее: $1/(14n+2) = 0.08/(n+1)$. Решение данного уравнения даёт $n = 7$. Формула C_7H_{16} (1 балл)

д) Отношение числа атомов водорода к числу атомов углерода равно $(2n+2)/n = 2.5$, откуда $n = 4$. Формула C_4H_{10} (1 балл)

е) Атом водорода состоит из одного протона и содержит 0 нейтронов. Атом углерода содержит 6 нейтронов и 6 протонов. Общее количество протонов в алкане равно $(6n + 2n + 2)$, а общее количество нейтронов – $6n$. Составим уравнение вида: $6n \cdot 1.4 = 8n + 2$, решив которое, получим $n = 5$. Формула алкана C_5H_{12} (1 балл)

2. Необходимо решить квадратное уравнение вида:

$$400 = 101.4 + 46.75n - 1.19n^2$$

Данное квадратное уравнение имеет корни, близкие к 8 и 31, по условию $1 < n < 20$, поэтому $n = 8$. Формула C_8H_{18} (2 балла)

3. Составим неравенство вида: $298 > 101.4 + 46.75n - 1.19n^2$

(в качестве комнатной температуры можно выбрать значение в 20 или 25 °С)

Из неравенства получаем, что для целого $n = 4$ алкан остаётся газообразным, а для $n = 5$ его температура кипения составляет уже 305 К (32 °С). Таким образом, алканы становятся жидкими при комнатной температуре при наличии 5 или более атомов углерода в молекуле (1 балл)

4. Выразим массовую долю углерода через n :

$$w(\text{C}) = 12n / (12 \cdot n + 2 \cdot n + 2) = 12n / (14 \cdot n + 2)$$

Описанная зависимость возрастает при увеличении n и минимальна при $n = 1$. В этом случае массовая доля равна **75 % (1 балл)**. При очень большом значении n массовая доля углерода близка к 12/14, или **86 % (1 балл)**.

Всего максимум 11 баллов.

Задание 4.

Для приведённых солей сумма массовых долей 100%, значит, других элементов, кроме указанных, в их составе не содержится. Пусть соль 3 имеет состав $A_mB_nO_z$, тогда молярная масса соли составляет $M_3 = 16 \cdot z / 0.353 = 45.326 \cdot z$ г/моль, поскольку большинство химических элементов имеют молярные массы близкие к целым, стоит подобрать натуральное число z так, чтобы M_3 также была близка к целым числам.

$z = 2$, $M_3 = 90.65$ г/моль; $z = 3$, $M_3 = 135.98$ г/моль ≈ 136 г/моль. Попробуем найти массы А и В, исходя из предположения, что 136 г/моль – молярная масса соли 3:

$m \cdot M(A) = w_A \cdot M_3 = 0.411 \cdot 136 = 55.9$ г/моль что весьма близко к атомной массе железа, а при делении на целые m даёт 28 (Si), 14 (N) и 7 (Li). Для массы В $n \cdot M(B) = w_B \cdot M_3 = 0.236 \cdot 136 = 32.0$ г/моль, что близко к молярной массе серы. По условию вещество 3 это соль, значит, среди вариантов А следует исключить неметаллы, а с учетом того что литий проявляет единственную степень окисления +1, элемент А – Fe.

Ответ: А – Fe, В – S. (По 2 балла за каждый из элементов, всего 4 балла)

Определим составы солей:

Соль 3 Fe : S : O = 41.1/56 : 23.6/32 : 35.3/16 = 1 : 1 : 3 - Соль 3 – FeSO₃, Fe⁺², S⁺⁴

Соль 2 Fe : S : O = 36.8/56 : 21.1/32 : 42.1/16 = 1 : 1 : 4 - Соль 2 – FeSO₄, Fe⁺², S⁺⁶

Соль 1 Fe : S : O = 27.9/56 : 24.1/32 : 48.0/16 = 2 : 3 : 12 - Соль 1 – Fe₂(SO₄)₃, Fe⁺³, S⁺⁶.

По 0.5 балла за каждую верную формулу соли, по 0.25 балла за каждую верную степень окисления, всего 3 балла.

2. Пирит FeS₂ (Fe⁺², S⁻¹), магнетит Fe₃O₄, (Fe⁺²+Fe⁺³, O⁻² либо Fe^{+8/3}, O⁻²).

Вместо пирита также засчитывается грейгит Fe₃S₄, (Fe⁺²+Fe⁺³, S⁻² либо Fe^{+8/3}, S⁻²).

По 0.5 балла за каждую верную формулу, по 0.25 балла за каждую верную степень окисления элемента, всего 3 балла.

Всего максимум 10 баллов.