

## 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.

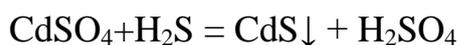
1. Выпавший осадок, очевидно, является сульфидом:



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  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (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  $\text{C}_2\text{H}_6$  (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  $\text{C}_6\text{H}_{14}$  (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  $\text{C}_7\text{H}_{16}$  (1 балл)

д) Отношение числа атомов водорода к числу атомов углерода равно  $(2n+2)/n = 2.5$ , откуда  $n = 4$ . Формула  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  (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  $\text{C}_5\text{H}_{12}$  (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  $\text{C}_8\text{H}_{18}$  (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 °C)

Из неравенства получаем, что для целого  $n = 4$  алкан остаётся газообразным, а для  $n = 5$  его температура кипения составляет уже 305 К (32 °C). 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  $\approx 136$  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 – FeSO<sub>3</sub>, Fe<sup>+2</sup>, S<sup>+4</sup>

Соль 2 Fe : S : O = 36.8/56 : 21.1/32 : 42.1/16 = 1 : 1 : 4 - Соль 2 – FeSO<sub>4</sub>, Fe<sup>+2</sup>, S<sup>+6</sup>

Соль 1 Fe : S : O = 27.9/56 : 24.1/32 : 48.0/16 = 2 : 3 : 12 - Соль 1 – Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, Fe<sup>+3</sup>, S<sup>+6</sup>.

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

2. Пирит FeS<sub>2</sub> (Fe<sup>+2</sup>, S<sup>-1</sup>), магнетит Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, (Fe<sup>+2</sup>+Fe<sup>+3</sup>, O<sup>-2</sup> либо Fe<sup>+8/3</sup>, O<sup>-2</sup>).

Вместо пирита также засчитывается грейгит Fe<sub>3</sub>S<sub>4</sub>, (Fe<sup>+2</sup>+Fe<sup>+3</sup>, S<sup>-2</sup> либо Fe<sup>+8/3</sup>, S<sup>-2</sup>).

**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.**