

7-8 класс

Задание 1.

1. Последовательно рассчитаем количество гран в 1 аптекарском фунте:

$$N(\text{унций}) = 12$$

$$N(\text{драхм}) = 12 \cdot 8 = 96$$

$$N(\text{скрупул}) = 96 \cdot 3 = 288$$

$$N(\text{гранов}) = 288 \cdot 20 = \mathbf{5760 \text{ (1 балл)}}$$

2. Массу 1 грана можно найти по пропорции:

$$m(\text{грана}) = (1 \cdot 358.3) / 5760 = \mathbf{0.062 \text{ г (1 балл)}}$$

3. Расчет содержания эфирного масла в порошке:

$$m(\text{травы}) = m(\text{порошка}) \cdot \omega(\text{травы}) = 20 \cdot 0.4 = 8 \text{ гран}$$

$$m(\text{эфирного масла}) = m(\text{травы}) \cdot \omega(\text{эфирного масла}) = 8 \cdot 3 \cdot 10^{-2} = 0.24 \text{ гран}$$

$$m(\text{цветов}) = m(\text{порошка}) \cdot \omega(\text{цветов}) = 20 \cdot 0.6 = 12 \text{ гран}$$

$$m(\text{эфирного масла}) = m(\text{цветов}) \cdot \omega(\text{эфирного масла}) = 12 \cdot 5 \cdot 10^{-2} = 0.6 \text{ гран}$$

$$m(\text{эфирного масла в порошке}) = 0.24 + 0.6 = 0.84 \text{ гран} = 0.052 \text{ г} = \mathbf{52 \text{ мг (2 балла)}}$$

В порции сока:

$$m(\text{сока}) = 2 \text{ унции} = 1/6 \text{ аптекарского фунта} = (1/6) \cdot 358.3 = 59.72 \text{ г}$$

$$m(\text{эфирного масла}) = m(\text{сока}) \cdot \omega(\text{эфирного масла}) = 59.72 \cdot 10^{-2} = 0.572 \text{ г} = \mathbf{572 \text{ мг (2 балла)}}$$

В наливке на основе травы:

$$m(\text{драхмы}) = 1/96 \text{ аптекарского фунта} = 358.3/96 = 3.732 \text{ г}$$

$$m(\text{эфирного масла}) = m(\text{травы}) \cdot \omega(\text{эфирного масла}) = 3.732 \cdot 3 \cdot 10^{-2} = 0.112 \text{ г} = \mathbf{112 \text{ мг (2 балла)}}$$

В наливке на основе цветов:

$$m(\text{эфирного масла}) = m(\text{цветов}) \cdot \omega(\text{эфирного масла}) = 3.732 \cdot 5 \cdot 10^{-2} = 0.187 = \mathbf{187 \text{ мг (2 балла)}}$$

Порошок	Сок	Наливка на основе травы	Наливка на основе цветов
52 мг	60 мг	112 мг	187 мг

4. Выразим отношение массы меди к молярной массе соединения в общем виде:

$$\frac{M(\text{Cu})}{M(\text{CuSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O})} = \frac{65}{64 + 32 + 64 + 18n} = 0.255$$

Решение данного уравнения даёт $n = 5$. Формула вещества $\mathbf{CuSO_4 \cdot 5H_2O \text{ (2 балла)}}$

5. $m(\text{золотника}) = 1/84 \text{ аптекарского фунта} = 358.3/84 = 4.265 \text{ г}$
 $m(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} \text{ в одном порошке}) = \frac{1}{2} \cdot m(\text{золотника})/4 = 4.265/8 = 0.533 \text{ г}$
 $n(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = m \cdot N_A / M = 0.533 \cdot 6 \cdot 10^{23} / 342 = 9.4 \cdot 10^{20} \text{ (2 балла)}$
 $m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} \text{ в одном порошке}) = 3/4 \text{ гран} = 3 \cdot 0.062/4 = 0.047 \text{ г}$
 $\omega(\text{Cu в CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = M(\text{Cu})/M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 64/250 = 0.256$
 $m(\text{Cu}) = m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) \cdot \omega(\text{Cu}) = 0.047 \cdot 0.256 = 0.012 \text{ г}$
 $m(\text{порошка}) = m(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) + m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 0.533 + 0.047 = 0.580 \text{ г}$
 $\omega(\text{Cu в порошке}) = m(\text{Cu})/m(\text{порошка}) \cdot 100\% = 0.047/0.58 \cdot 100 = 8.1\% \text{ (2 балла)}$
 $m(\text{O}) = m(\text{O в CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) + m(\text{O в C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11})$
 $\omega(\text{O в CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = N(\text{O}) \cdot M(\text{O})/M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = (4 \cdot 16 + 5 \cdot 16)/250 = 0.576$
 $\omega(\text{O в C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = N(\text{O}) \cdot M(\text{O})/M(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = 11 \cdot 16/342 = 0.515$
 $m(\text{O в CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) \cdot \omega(\text{O}) = 0.047 \cdot 0.576 = 0.027 \text{ г}$
 $m(\text{O в C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = m(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) \cdot \omega(\text{O}) = 0.533 \cdot 0.515 = 0.274 \text{ г}$
 $m(\text{O}) = 0.027 + 0.274 = 0.301 \text{ г}$
 $\omega(\text{O}) = 0.301/0.58 \cdot 100 = 51.9\% \text{ (2 балла)}$

Всего максимум 18 баллов

Задание 2.

1. Степени окисления кислорода и водорода равны -2 и $+1$ соответственно. Тогда, обозначив степень окисления серы как x , для H_2SO_4 можно записать уравнение:

$$2 \cdot (+1) + x + 4 \cdot (-2) = 0$$

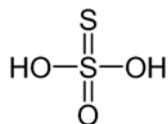
$$x = 2 \cdot 4 - 2 \cdot 1 = +6$$

Аналогично находятся степени окисления серы и хлора в оставшихся соединениях

H_2SO_4	H_2SO_3	H_2S	$\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3$	KClO_3	$\text{Ca}(\text{ClO})_2$	NaClO_4	$\text{Al}(\text{ClO}_2)_3$
+6	+4	-2	+2	+5	+1	+7	+3

(каждая степень окисления по 0.5 балла)

2. Структурная формула тиосерной кислоты **(1 балл)**:



В данном соединении сера проявляет валентности **2 и 6 (по 0.5 балла)**

3. Структурные формулы кислот **(по 1 баллу)**:

H_3PO_4	H_3PO_3	$\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{HO}-\text{P}-\text{OH} \\ \\ \text{OH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{HO}-\text{P}-\text{OH} \\ \\ \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \quad \quad \text{O} \\ \quad \quad \\ \text{HO}-\text{P}-\text{O}-\text{P}-\text{OH} \\ \quad \quad \\ \text{OH} \quad \quad \text{OH} \end{array}$

4. Связь Р–Н слабополярная, поэтому она не будет отщепляться при диссоциации и замещаться на атомы металлов. Таким образом, основность кислот – количество связей О–Н (по 1 баллу)

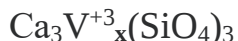


5. Для каждого вещества составляется уравнение, аналогичное п.1, за x обозначается неизвестный индекс:



$$2 \cdot (+3) + 1 \cdot (+4) + 4 \cdot (-2) + x \cdot (-1) = 0$$

$$x = 6 + 4 - 8 = 2$$



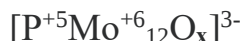
$$3 \cdot (+2) + x \cdot (+3) + 3 \cdot (1 \cdot (+4) + 4 \cdot (-2)) = 0$$

$$x = (-6 - 3 \cdot (-4)) / 3 = 2$$



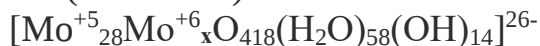
$$10 \cdot (+2) + 4 \cdot (+3) + 2 \cdot (+2) + 5 \cdot (1 \cdot (+4) + 4 \cdot (-2)) + 2 \cdot (2 \cdot (+4) + 7 \cdot (-2)) + x \cdot (-1) = 0$$

$$x = 20 + 12 + 4 - 5 \cdot 4 - 2 \cdot 6 = 4$$



$$1 \cdot (+5) + 12 \cdot (+6) + x \cdot (-2) = -3$$

$$x = (5 + 72 + 3) / 2 = 40$$



$$28 \cdot 5 + x \cdot (+6) + 418 \cdot (-2) + 14 \cdot (-1) = -26$$

$$x = (-26 - 140 + 836 + 14) / 6 = 114$$

$\text{Al}_2(\text{SiO}_4)\text{F}_x$	$\text{Ca}_3\text{V}^{+3}_x(\text{SiO}_4)_3$	$[\text{P}^{+5}\text{Mo}^{+6}_{12}\text{O}_x]^{3-}$
2	2	40
$\text{Ca}_{10}\text{Al}_4\text{Mg}_2(\text{SiO}_4)_5(\text{Si}_2\text{O}_7)_2(\text{OH})_x$	$[\text{Mo}^{+5}_{28}\text{Mo}^{+6}_x\text{O}_{418}(\text{H}_2\text{O})_{58}(\text{OH})_{14}]^{26-}$	
4	114	

(по 1 баллу)

Всего максимум 17 баллов

Задание 3.

1. Массу В вычислим исходя из закона сохранения массы:

$$m(\text{A}) + m(\text{B}) = m(\text{C}) + m(\text{D})$$

$$m(\text{B}) = 1067 + 665.4 - 1000 = 732.4 \text{ кг (1 балл).}$$

Поскольку D и B – газы, их объёмы будут соотноситься так же, как стехиометрические коэффициенты, то есть объём D будет составлять 8/11 от объёма B, или $513.4 \cdot 8/11 = 373.4 \text{ м}^3$ (2 балла).

2. Для газов В и D известны и масса, и объём. Последний позволяет найти количество вещества:

$$n(\text{B}) = 513.4/22.4 = 22.92 \text{ кмоль}$$

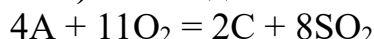
$$n(\text{D}) = 373.4/22.4 = 16.67 \text{ кмоль}$$

Знание количества вещества и массы позволяет вычислить молярные массы:

$$M(\text{B}) = 732.4/22.92 = 32 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{D}) = 1067/16.67 = 64 \text{ г/моль}$$

Хотя существует несколько газов с молярной массой 32 г/моль, наиболее разумный вариант для В с учётом контекста задачи – кислород **O₂ (1 балл)**. Тогда D – вероятнее всего, оксид. Среди газообразных оксидов молярной массой 64 обладает **SO₂ (1 балл)**. Речь идёт об обжиге сульфидного минерала.



Количество вещества А вдвое меньше, чем D, то есть 8.34 кмоль.

$$M(\text{A}) = 1000/8.34 = 120 \text{ г/моль}$$

Одна формульная единица А содержит два атома серы (64 г/моль). За их вычетом получаем остаток 56 г/моль, соответствующий железу. Формула А – **FeS₂ (2 балла)**.

Тогда С – оксид железа. Исходя из молярной массы или вида уравнения реакции, можно получить, что это **Fe₂O₃ (1 балл)**.

3. SO₂ используют для получения серной кислоты **Е - H₂SO₄ (2 балла)**. Широкодоступное жидкое вещество **Г – H₂O (1 балл)**. На промежуточной стадии образуется триоксид серы **Ф – SO₃ (1 балл)**.



4. Вместо чистого кислорода при обжиге можно использовать его естественную смесь с азотом (**Н – N₂ (1 балл)**) – **воздух (1 балл)**. Объёмное содержание кислорода в воздухе составляет 21 %, поэтому объём воздуха составит $513.4/0.21 = 2445 \text{ м}^3$ **(2 балла)**.

Всего максимум 18 баллов

Задание 4.



$$R = 40/2 = 20 \text{ см}$$

$$V = 4/3\pi \cdot 20^3 = 33510 \text{ см}^3 = 33.5 \text{ л} \quad (2 \text{ балла})$$

$$n(\text{H}_2) = 33.5/22.4 = 1.5 \text{ моль}$$

$$m(\text{Zn}) = 1.5 \cdot 65 = 97.5 \text{ г} \quad (2 \text{ балла})$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1.5 \cdot 98 = 147 \text{ г}$$

$$m(\text{р-ра H}_2\text{SO}_4) = 147/0.1 = 1470 \text{ г}$$

$$V(\text{р-ра H}_2\text{SO}_4) = 1470/1.066 = 1379 \text{ мл} \quad (2 \text{ балла})$$

На шарик действует выталкивающая сила, равная $\rho g V$, где ρ – плотность среды (воздуха), равная $29/22.4 = 1.29$ г/л = 1.29 кг/м³. Величина силы равна: $F = 1.29 \cdot 0.0335 \cdot 9.8 = 0.424$ Н. Эта сила должна компенсироваться силой тяжести $F = mg$, где m – полная масса шарика с грузом, откуда $m = 0.424/9.8 = 0.043$ кг = 43 г. За вычетом 3 г H₂ и 3 г оболочки на груз останется **$m = 37$ г (4 балла)**.

Давление должно измениться на $(0.3 - 0.03) = 0.27$ атм = 205.2 мм рт. ст. Такое изменение соответствует высоте $205.2 \cdot 11 =$ **2257 м (2 балла)**

Всего максимум 14 баллов