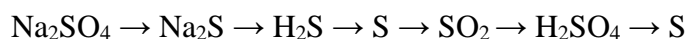


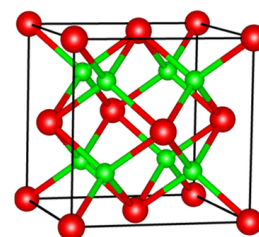
1. Плотность меди составляет  $8.96 \text{ г/см}^3$ . Рассчитайте радиус атома меди и занимаемый этим атомом объем, если известно, что в решетке металла атомы занимают 74 % пространства.

2. 2.24 л хлороводорода (н.у.) растворили в 0.224 л воды (н.у.). К полученному раствору добавили 50 г 5%-ного раствора гидроксида калия. Определите массовую долю соли в образовавшемся после реакции растворе.

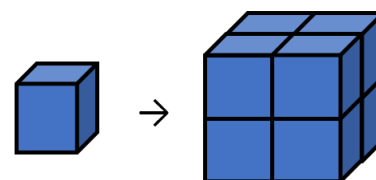
3. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей цепочке превращений:



4. На рисунке изображена кубическая элементарная ячейка\* некоторого оксида. Установите химическую формулу данного соединения, если параметр ячейки  $a = 4.65 \text{ \AA}$  ( $1 \text{ \AA} = 1 \cdot 10^{-10} \text{ м}$ ), плотность вещества  $\rho = 1.98 \text{ г/см}^3$ .



\*Элементарная ячейка – минимальный воображаемый объем кристалла, параллельный перенос которого во всех трех измерениях позволяет построить всю кристаллическую решетку.



## Решения.

1. 5 баллов:

<i>Шаги в решении</i>	<i>Первичный балл</i>
Возьмем кубик меди с ребром 1 см. Тогда масса такого кубика (согласно плотности металла) будет равна 8.96 г. Количество атомов металла в этой порции найдем, пользуясь формулами для количества вещества: $n = m/M = 8.96/64 = 0.14$ моль. 1 моль $\approx 6 \cdot 10^{23}$ частиц $\rightarrow$ у нас $0.14 \cdot 6 \cdot 10^{23} = 0.84 \cdot 10^{23}$ атомов меди.	<b>(2 балла)</b>
По условию задачи атомами занято 74 % пространства $\rightarrow 1 \cdot 0.74 = 0.74 \text{ см}^3$ – объем, занимаемый $0.84 \cdot 10^{23}$ атомами меди. Отсюда находим объем одного атома: $0.74 / (0.84 \cdot 10^{23}) \approx 0.88 \cdot 10^{-23} = 8.8 \cdot 10^{-24} \text{ см}^3$	<b>(1 балл)</b>
Радиус атома находим из формулы для объема шара: $V = (4/3) \cdot \pi \cdot r^3$ , откуда $r^3 = 3V/4\pi$ . Извлекая кубический корень (примерно, т.к. нет калькулятора) из этого выражения, находим, что радиус атома меди примерно равен $1.3 \cdot 10^{-8} \text{ см}$ .	<b>(2 балла)</b>

2. 5 баллов:

<i>Шаги в решении</i>	<i>Первичный балл</i>
$n(\text{HCl}) = \frac{PV}{RT} = \frac{101325 \cdot 2.24 \cdot 10^{-3}}{8.314 \cdot 273} = 0.1 \text{ моль.}$	<i>(0.5 балла)</i>
$m(\text{H}_2\text{O}) = V(\text{H}_2\text{O}) \cdot \rho(\text{H}_2\text{O}) = 0.224 \text{ л} \cdot 1000 \text{ г/л} = 224 \text{ г.}$	<i>(0.5 балла)</i>
$n(\text{KOH}) = (m(\text{KOH}) \cdot \omega(\text{KOH}))/M(\text{KOH}) = (50 \cdot 0.05)/(39 + 16 + 1) = 0.0446$ моль	<i>(0.5 балла)</i>
Таким образом, в реакции $\text{HCl} + \text{KOH} \rightarrow \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$ гидроксид калия в недостатке. Следовательно, $n(\text{KCl}) = 0.0446$ моль. $m(\text{раствора}) = m(\text{HCl}) + m(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{KOH раствор}) = 0.1 \cdot 36.5 + 224 + 50$ $= 277.65 \text{ г.}$	<i>(0.5 балла)</i>
$\omega(\text{KCl}) = m(\text{KCl})/m(\text{раствора}) = 0.0466 \cdot (39 + 35.5)/277.65 = 0.012 = 1.2 \text{ \%}.$	<i>(3 балла)</i>

3. 6 баллов:

<i>Шаги в решении</i>	<i>Первичный балл</i>
$\text{Na}_2\text{SO}_4 + 4\text{C} \rightarrow \text{Na}_2\text{S} + 4\text{CO}$ (нагревание)	<i>(1 балл)</i>
$\text{Na}_2\text{S} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{H}_2\text{S}\uparrow + 2\text{NaCl}$	<i>(1 балл)</i>
$\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 \rightarrow 2\text{S} + \text{H}_2\text{O}$ (нагревание)	<i>(1 балл)</i>
$\text{S} + \text{O}_2 = \text{SO}_2$ (нагревание)	<i>(1 балл)</i>
$2\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{SO}_4$ (кат. $\text{CuSO}_4$ , $t^\circ$ )	<i>(1 балл)</i>
$\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{S} + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	<i>(1 балл)</i>

*(Уравнения реакций по 1 баллу, 0.5 балла за верные уравнения после одного неверного, после двух и более неверных уравнений – 0 баллов за последующие. Неуказание необходимых для протекания реакции условий – минус 0.25 балла в каждой такой реакции)*

4. 10 баллов:

<i>Шаги в решении</i>	<i>Первичный балл</i>
Число красных шаров: $8 \cdot 1/8$ (в вершинах) + $6 \cdot 1/2$ (на гранях) = 4	<i>(1 балл)</i>
Число зеленых шаров: $8 \cdot 1$ (в объеме) = 8.	<i>(1 балл)</i>
Таким образом, оксид имеет формулу $\text{A}_2\text{B}$ , число формульных единиц $Z = (4 + 8)/(2 + 1) = 4.$	<i>(1.5 балла)</i>

<p>Молярная масса оксида равна:</p> $M = \frac{V_{\text{ячейки}} \cdot \rho \cdot N_A}{z} = \frac{(4.65 \cdot 10^{-10})^3 \text{ м}^3 \cdot 1980 \text{ кг/м}^3 \cdot 6.02 \cdot 10^{23}}{4} = 0.03 \text{ кг/моль} = 30 \text{ г/моль.}$	<p><i>(4.5 балла)</i></p>
<p>Предположим, что <b>A</b> – кислород. Тогда <math>M(\text{B}) = 30 - 16 \cdot 2 = -2</math> г/моль, что невозможно. Следовательно, <b>B</b> – кислород. Тогда <math>M(\text{A}) = (30 - 16)/2 = 7</math> г/моль, что соответствует литию. Таким образом, неизвестный оксид – <math>\text{Li}_2\text{O}</math>.</p>	<p><i>(2 балла)</i></p>