

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
2022-2023 УЧЕБНЫЙ ГОД
9 КЛАСС
РЕШЕНИЯ

Задача 1. Термохромизм

1. Металлом, который входит в состав кристаллогидрата **X**, является кобальт (Co). Название «кобальт» происходит от нем. «*Kobold*» – домовый, гном. При обжиге содержащих мышьяк кобальтовых минералов выделяется летучий ядовитый оксид мышьяка. Руда, содержащая эти минералы, получила у горняков имя горного духа кобольда. Древние норвежцы приписывали отравления плавильщиков при переплавке серебра проделкам этого злого духа.

К этому же выводу можно прийти на основании расчетов. Определим молярную массу металла, входящего в состав **X**. Так как $\omega(\text{Cl}) = 29,80\%$ и $\omega(\text{H}_2\text{O}) = 45,39\%$, то $\omega(\text{металла})$ составляет: $\omega(\text{M}) = 100\% - (\omega(\text{Cl}) + \omega(\text{H}_2\text{O})) = 100\% - (29,80\% + 45,39\%) = 24,81\%$.

Исходя из структурной формулы соединения, можно заметить, что на один атом металла приходится два атома хлора и 6 молекул воды.

$$24,81\% = \text{M}(\text{M}) / (\text{M}(\text{M}) + 35,5 \cdot 2 + 6 \cdot 18)$$

$$0,2481 = \text{M}(\text{M}) / (\text{M}(\text{M}) + 179)$$

$$0,2481 \cdot \text{M}(\text{M}) + 44,41 = \text{M}(\text{M})$$

$$0,7519 \cdot \text{M}(\text{M}) = 44,41$$

$$\text{M}(\text{M}) \approx 59 \text{ г/моль} \Rightarrow \text{кобальт (Co)}$$

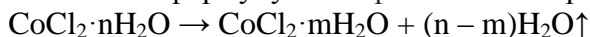
Подтвердим теперь состав кристаллогидрата **X** расчетом:

Пусть масса вещества **X** составит 100 г, тогда $m(\text{Cl}) = 29,80 \text{ г}$, $m(\text{H}_2\text{O}) = 45,39 \text{ г}$ и $m(\text{Co}) = 24,81 \text{ г}$.

Рассчитаем количество вещества: $n(\text{Cl}) = m/\text{M} = 29,80/35,5 = 0,84 \text{ моль}$, $n(\text{H}_2\text{O}) = m/\text{M} = 45,39/18 = 2,52 \text{ моль}$, $n(\text{Co}) = m/\text{M} = 24,81/58,9 = 0,42 \text{ моль}$.

Составим соотношение: $n(\text{Co}):n(\text{Cl}):n(\text{H}_2\text{O}) = 0,42:0,84:2,52 \Rightarrow 1:2:6 \Rightarrow$ формула кристаллогидрата **X** – **CoCl₂·6H₂O**

2. Установим формулу сине-фиолетового кристаллогидрата **Y**.



$$18(n - m) = 0,3784 \cdot (129,84 + 18n)$$

$$18n - 18m = 49,13 + 6,81n$$

$$18n - 18m - 6,81n = 49,13$$

$$11,19n - 18m = 49,13$$

$$n - 1,61m = 4,39$$

Так как исходное соединение **X** – **CoCl₂·6H₂O** имеет 6 молекул воды в своем составе, то примем $n=6$, тогда $-1,61m = 4,39 - 6$; $m = 1 \Rightarrow n = 6, m = 1 \Rightarrow$ Вещество **Y** – **CoCl₂·H₂O**



3. $\text{M}(\text{CoCl}_2) = 129,84 \text{ г/моль}$; $\text{M}(\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = 237,84 \text{ г/моль}$, то есть 238 г **CoCl₂·6H₂O** составляет примерно 1 моль. В растворе будет находиться 1 моль **CoCl₂** (129,84 г). Составим пропорцию:

В растворе массой 100 г содержится	6,58 г CoCl₂
------------------------------------	--------------------------------

x г раствора содержит	129,84 г CoCl₂
-----------------------	----------------------------------

$x = (129,84 \cdot 100) / 6,58 = 1973 \text{ г} \Rightarrow$ масса воды, взятая для растворения **CoCl₂·6H₂O**, равна $1973 - 238 = 1735 \text{ г}$

Задача 2. Парниковый газ

1. Рассчитаем молярную массу газа **X**.

$\text{M}(\text{X}) = 22,4 \cdot \rho = 22,4 \text{ л/моль} \cdot 1,96 \text{ г/л} = 44 \text{ г/моль} \Rightarrow$ Газ **X** – **N₂O**, который образован химическими элементами **N** (порядковый номер – 7, V группа) и **O** (порядковый номер – 8, VI группа). Такую же молярную массу имеет и **CO₂**, но он не образован соседними элементами и не имеет указанных свойств.

Иногда **N₂O** называется «веселящим газом» из-за производимого им опьяняющего эффекта с приступами смеха. Закись азота обладает слабой наркотической активностью, в связи с чем в

медицине её применяют в больших концентрациях. В смеси с кислородом при правильном дозировании (до 80 % закиси азота) вызывает хирургический наркоз. Является также третьим по значимости долгоживущим парниковым газом, накопление которого в атмосфере Земли – одна из причин глобального потепления, так как N_2O является веществом, разрушающим стратосферный озон.

- После разложения образуется смесь газов со средней молярной массой: $M_{cp} = 28 \cdot 1,0464 = 29,3$ г/моль \Rightarrow При нагревании N_2O разлагается на простые вещества: $2N_2O \rightarrow 2N_2 + O_2$
($M_{cp} = (2 \cdot 28 + 32)/3 = 29,3$ г/моль)
- При взаимодействии с сильными окислителями N_2O может проявлять свойства восстановителя:
 $5N_2O + 8KMnO_4 + 7H_2SO_4 = 5Mn(NO_3)_2 + 3MnSO_4 + 4K_2SO_4 + 7H_2O$
При нагревании N_2O проявляет свойства окислителя: $2N_2O + C = CO_2 \uparrow + 2N_2 \uparrow$

Задача 3. Испавканные уравнения реакций...

- $HAuCl_4 + 3Ag \rightarrow 3AgCl + Au + HCl$;
- $8NaOH + 2FeCl_3 + FeSO_4 \rightarrow Fe_3O_4 + 6NaCl + Na_2SO_4 + 4H_2O$;
- $3MnCl_2 + 2KMnO_4 + 2H_2O \rightarrow 5MnO_2 + 2KCl + 4HCl$;
- $Fe(CO)_5 \rightarrow Fe + 5CO$;
- $COCl_2 + 4NaOH \rightarrow Na_2CO_3 + 2NaCl + H_2O$;
- $KClO_3 + 6KI + H_2SO_4 \rightarrow 3I_2 + KCl + 3K_2SO_4 + 3H_2O$;
- $Pb_3O_4 + 4HNO_3 \rightarrow PbO_2 + 2Pb(NO_3)_2 + 2H_2O$;
- $2Au + 8NaCN + O_2 + 2H_2O \rightarrow 4Na[Au(CN)_2] + 4NaOH$;
- $PbO_2 + 4HBr \rightarrow Br_2 + PbBr_2 + 2H_2O$;
- $5KBr + KBrO_3 + 3H_2SO_4 \rightarrow 3Br_2 + 3K_2SO_4 + 3H_2O$.

Окислительно-восстановительные реакции: №1, №3, №6, №7, №8, №9, №10

Задача 4. Легкий металл

1. Определим соединение **D**. Так как **D** – бинарное соединение, обладающее кислотными свойствами, то можно предположить, что газ **D** – галогеноводород.

$$\omega(H) = 1/(1+M(C))$$

$$0,0274 = 1/(1+M(C))$$

$$0,0274 + 0,0274M(C) = 1$$

$$0,0274M(C) = 0,9726$$

$$M(C) = 35,5 \Rightarrow C - \text{хлор (Cl)}, \text{ тогда соединение D} - \text{HCl}$$

Определим теперь соединение **A**. Обозначим искомое соединение в виде BCl_x , Тогда

$$\omega(Cl) = 35,5x/(35,5x + M(B))$$

$$0,7977 = 35,5x/(35,5x + M(B))$$

$$M(B) = 9x$$

При $x=1$ $M(B) = 9$, это (Be) бериллий, который расположен в другом периоде. Не подходит под условия задачи

При $x=2$ $M(B)=18$, возможен фтор, который расположен в другом периоде. Не подходит под условия задачи

При $x=3$, $M(B) = 27$, это алюминий (Al), как и хлор (Cl) находится в третьем периоде. \Rightarrow

Элемент B – алюминий (Al);

Соединение A – $AlCl_3$

- Реакция 1:* $2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2 \uparrow$

Реакция 2: $AlCl_3 + 3NaOH = Al(OH)_3 + 3NaCl$

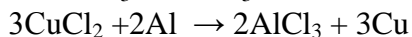
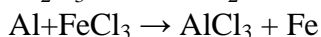
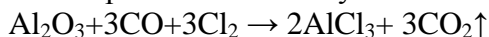
Реакция 3: $AlCl_3 + 3NH_3 \cdot H_2O = Al(OH)_3 + 3NH_4Cl$

В избытке $NH_3 \cdot H_2O$ осадок $Al(OH)_3$ не растворяется, в то время как в растворе KOH (едкого кали) гидроксид алюминия растворяется с образованием комплексного соединения

Реакция 4: $Al(OH)_3 + 3KOH = K_3[Al(OH)_6]$ или $Al(OH)_3 + KOH = K[Al(OH)_4]$

Реакция 5: При высоких температурах хлорид алюминия подвержен полному гидролизу
 $AlCl_3 + 3H_2O = Al(OH)_3 + 3HCl \uparrow$

2. Некоторые способы получения AlCl_3 :



3. Газ **D** (при н.у.) объемом 0,3 л растворили в воде и довели объем до 500 мл. Вычислите молярную концентрацию (моль/л) полученного раствора

Так как **D** – HCl , рассчитаем количество вещества хлороводорода.

$$n(\text{HCl}) = V/V_m = 0,3 \text{ л} / 22,4 \text{ л/моль} = 0,013 \text{ моль}$$

$$C_M = n/V = 0,013 \text{ моль} / 0,5 \text{ л} = 0,026 \text{ моль/л. Раствор – соляная кислота.}$$

Задача 5. Два минерала

1. Определим металл **X**. Голубой гидроксид **E** может быть $\text{Cu}(\text{OH})_2$, тогда металлом может являться **Cu** (медь). Минералы **A** и **B** – бинарные соединения, вторые атомы в которых являются соседями по периодической таблице элементов, а также реакция обжига, при которой соединение **B** превращается в соединение **A** с образованием газа **B** намекает на то, что минералы являются сульфидом и оксидом металла (сера и кислород находятся в одной группе, причем сера следует за кислородом, то есть они рядом). Нам известна массовая доля металла в минерале **B** – сульфиде, попробуем рассчитать:

X_2S , XS , X_2S_3 , XS_2 , X_2S_5 – возможны такие формулы сульфидов, массовая доля **S** равна 100% - массовая доля металла, соответственно, 33,3%:

Формула	Молярная масса сульфида	Молярная масса металла	Металл
X_2S	96 г/моль	32 г/моль	S не металл
XS	96 г/моль	64 г/моль	Cu
X_2S_3	288,3 г/моль	96,15 г/моль	Mo ?
XS_2	192 г/моль	128 г/моль	-
X_2S_5	480,5 г/моль	160,25 г/моль	-

Получилось два варианта: **Cu** и **Mo**. Но гидроксид молибдена (III) не голубой, в отличие от $\text{Cu}(\text{OH})_2$, тогда элемент **X** – **Cu**.

2. Соответственно, минералы **A** и **B** – это CuO и CuS , соответственно. Газ **B**, получающийся при обжиге – SO_2 , который окисляется бромной водой до серной кислоты **Г** – H_2SO_4 и бромоводородной кислоты **Д** – HBr (бинарное соединение). Ну и соответственно разложение голубого гидроксида **E** – это разложение $\text{Cu}(\text{OH})_2$.

3. Реакции:

