

**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.

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

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

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

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

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

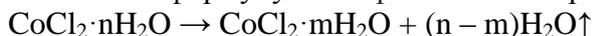
Подтвердим теперь состав кристаллогидрата **X** расчетом:

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

Рассчитаем количество вещества:  $n(\text{Cl}) = m/\text{M} = 29,80/35,5 = 0,84$  моль,  $n(\text{H}_2\text{O}) = m/\text{M} = 45,39/18 = 2,52$  моль,  $n(\text{Co}) = m/\text{M} = 24,81/58,9 = 0,42$  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** – **CoCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O**

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** – **CoCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O** 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** – **CoCl<sub>2</sub>·H<sub>2</sub>O**



3.  $\text{M}(\text{CoCl}_2) = 129,84$  г/моль;  $\text{M}(\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = 237,84$  г/моль, то есть 238 г **CoCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O** составляет примерно 1 моль. В растворе будет находиться 1 моль **CoCl<sub>2</sub>** (129,84 г). Составим пропорцию:

В растворе массой 100 г содержится	—	6,58 г <b>CoCl<sub>2</sub></b>
------------------------------------	---	--------------------------------

x г раствора содержит	—	129,84 г <b>CoCl<sub>2</sub></b>
-----------------------	---	----------------------------------

$$x = (129,84 \cdot 100) / 6,58 = 1973 \text{ г} \Rightarrow \text{масса воды, взятая для растворения } \text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}, \text{ равна } 1973 - 238 = 1735 \text{ г}$$

**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** – **N<sub>2</sub>O**, который образован химическими элементами **N** (порядковый номер – 7, V группа) и **O** (порядковый номер – 8, VI группа). Такую же молярную массу имеет и **CO<sub>2</sub>**, но он не образован соседними элементами и не имеет указанных свойств.

Иногда **N<sub>2</sub>O** 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. Испечканные 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.

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

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

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

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

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

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

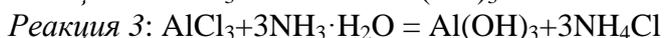
При  $x=2$   $M(B)=18$ , возможен фтор, который расположен в другом периоде. Не подходит под условия задачи

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

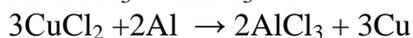
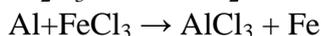
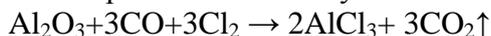


В избытке  $NH_3 \cdot H_2O$  осадок  $Al(OH)_3$  не растворяется, в то время как в растворе KOH (едкого кали) гидроксид алюминия растворяется с образованием комплексного соединения



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

2. Некоторые способы получения  $\text{AlCl}_3$ :



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** –  $\text{HCl}$ , 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:

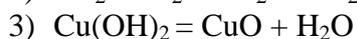
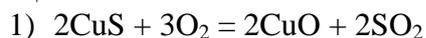
$\text{X}_2\text{S}$ ,  $\text{XS}$ ,  $\text{X}_2\text{S}_3$ ,  $\text{XS}_2$ ,  $\text{X}_2\text{S}_5$  – возможны такие формулы сульфидов, массовая доля **S** равна 100% - массовая доля металла, соответственно, 33,3%:

Формула	Молярная масса сульфида	Молярная масса металла	Металл
$\text{X}_2\text{S}$	96 г/моль	32 г/моль	<b>S</b> не металл
$\text{XS}$	96 г/моль	64 г/моль	<b>Cu</b>
$\text{X}_2\text{S}_3$	288,3 г/моль	96,15 г/моль	<b>Mo ?</b>
$\text{XS}_2$	192 г/моль	128 г/моль	-
$\text{X}_2\text{S}_5$	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  $\text{CuO}$  и  $\text{CuS}$ , соответственно. Газ **B**, получающийся при обжиге –  $\text{SO}_2$ , который окисляется бромной водой до серной кислоты **Г** –  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и бромоводородной кислоты **Д** –  $\text{HBr}$  (бинарное соединение). Ну и соответственно разложение голубого гидроксида **E** – это разложение  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ .

3. Реакции:



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

**Задача 1. Термохромизм**

1. За верное установление формулы кристаллогидрата X -  $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (подтвержденное расчетами) – 5 баллов;
2. За верное установление формулы сине-фиолетового кристаллогидрата Y-  $\text{CoCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  (подтвержденное расчетами) – 5 баллов; За верно написание уравнения протекающей реакции с кристаллогидратом X – 2 балла;
3. За верный расчет массы воды, необходимой для приготовления 6,58%-ного раствора – 3 балла.

Итого: 15 баллов.

**Задача 2. Парниковый газ**

1. За верное установление формулы газа X –  $\text{N}_2\text{O}$  (подтвержденное расчетами) – 3 балла; без подтвержденного расчета – 1 балл;
2. За верное написание уравнения реакции разложения  $\text{N}_2\text{O}$  при нагревании выше  $500^\circ\text{C}$  – 3 балла;
3. За верно написанное уравнение реакции взаимодействия  $\text{N}_2\text{O}$  с перманганатом калия в присутствии серной кислоты – 5 баллов; если реакция не уравнена, но верно указаны продукты – 2 балла; За верно написанное уравнение реакции взаимодействия  $\text{N}_2\text{O}$  с углеродом при нагревании – 5 баллов.

Итого: 16 баллов.

**Задача 3. Испачканные уравнения реакций...**

За верно написанные уравнения реакций №1, №5, №8 – по 4 балла – 12 баллов;

За верно написанные уравнения реакций №2, №7, №9 – по 3 балла – 9 баллов;

За верно написанные уравнения реакций №3, №4, №6, №10 – по 2 балла – 8 баллов;

За верное указанные окислительно-восстановительные реакции – 1 балл.

Итого: 30 баллов.

**Задача 4. Легкий металл**

1. За верное установление элементов B и C – по 2 балла – 4 балла; За верное установление формул соединений A и D – по 1,5 балла – 3 балла;
2. За верное написание уравнений реакций 1-3 – по 1 баллу – 3 балла; За верное написание уравнений реакций 4-5 – 2 балла – 4 балла;
3. За два верно предложенных способа получения соединения A – по 1 баллу – 2 балла;
4. За верный расчет молярной концентрации полученного раствора – 2 балла; За верное указание названия получившегося раствора – 1 балл.

Итого: 19 баллов.

**Задача 5. Два минерала**

1. За верное установление металла X – 1 балл, за подтверждающие расчеты – 1 балл - 2 балла;
2. За верное установление формул соединений A-E – по 2 балла – 12 баллов; За верное написание уравнений реакций – по 2 балла – 6 баллов.

Итого: 20 баллов.