



64-88-75-65
(54.3)



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант _____

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наименование олимпиады

по Химии
профиль олимпиады

Шварова Виталия Павловна
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата
«03» марта 2024 года

Подпись участника
И

64-88-75-65
(54.3)

Задача 1

Обозначим оксид металла MO_x . Тогда хлорид металла - MCl_x или MCl_{4-x} , в зависимости от того, где больше степень окисления металла. Рассмотрим эти два случая:

1) MO_x и MCl_x . Пусть молярная масса $M = m$.

$$\frac{m}{m+16x} : \frac{m}{m+35,5x} = 1,585$$

$$\frac{m+35,5x}{m+16x} = 1,585$$

$$1,585m + 25,36x = m + 35,5x$$

$$0,585m = 10,14x$$

$$m = 17,333x$$

x	m	M
---	---	---

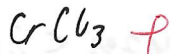
1	17,333	-
---	--------	---

2	34,666	-
---	--------	---

3	52	Cr
---	----	----

4	69,332	≈ Ca, но $CaCl_4$ и CaO_4 не существует
---	--------	---

Получаем, что металл - хром, оксид - CrO_3 , хлорид -



2) MO_x и MCl_{4-x} . Пусть молярная масса $M = m$

$$\frac{m+142x}{m+16x} = 1,585$$

$$0,585m = 116,64x$$

$$m = 199,385x$$

x	m	M
---	---	---

0,5	99,693	-
-----	--------	---

1	199,385	-
---	---------	---

Ничего не подходит.

Ответ: Cr; CrO_3 ; $CrCl_3$. ✓

98

Равенство
вообще

И.И.И.
Хорова

Еврей (Картова)

1	2	3	4	5	6	7	Σ
8	14	12	16	10	18	20	98

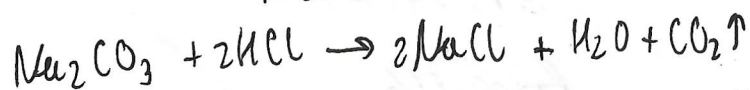
Задача 2

Числовая 2

В насыщенном растворе Na_2CO_3 $\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{48,5}{100+48,5} =$
 $= 32,660\%$, а в насыщенном растворе NaCl $\omega(\text{NaCl}) =$
 $= \frac{36,4}{100+36,4} = 26,686\%$. В ~~на~~ 100г насыщенного раствора

Na_2CO_3 $m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot m_{\text{р-р}}(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,32660 \cdot 100 = 32,660\text{г}$.

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{m(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{M(\text{Na}_2\text{CO}_3)} = \frac{32,660}{23 \cdot 2 + 12 + 16 \cdot 3} = 0,30811 \text{ моль.}$$



$$n(\text{HCl}) = 2 \cdot n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 2 \cdot 0,30811 = 0,61622 \text{ моль}$$

$$n(\text{CO}_2) = n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,30811 \text{ моль; } m(\text{CO}_2) = M(\text{CO}_2) \cdot n(\text{CO}_2) =$$

$$= (12 + 16 \cdot 2) \cdot 0,30811 = 13,5572$$

$$m_{\text{р-р}}(\text{HCl}) = \frac{n(\text{HCl}) \cdot M(\text{HCl})}{\omega(\text{HCl})} = \frac{0,61622 \cdot (35,5 + 1)}{0,365} = 61,6222$$

$$m(\text{NaCl}) = n(\text{NaCl}) \cdot M(\text{NaCl}) = 2 \cdot n(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot M(\text{NaCl}) = 2 \cdot 0,30811 \cdot$$

$$\cdot (23 + 35,5) = 36,0492$$

$$m(\text{H}_2\text{O})_{\text{обыч}} + m(\text{NaCl}) = m_{\text{р-р}}(\text{Na}_2\text{CO}_3) + m_{\text{р-р}}(\text{HCl}) - m(\text{CO}_2) =$$

$$= 100 + 61,6222 - 13,5572 = 148,065$$

$$\omega(\text{NaCl}) = \frac{m(\text{NaCl})}{m(\text{NaCl}) + m(\text{H}_2\text{O})_{\text{обыч}}} = \frac{36,049}{148,065} = 24,347\% < 26,686\% \Rightarrow$$

\Rightarrow образовался ненасыщенный раствор NaCl и осадок не выпал.

Ответ: 24,347%; не выпадет.

Задача 9

Учитается 3

Обозначим второй компонент как X.

$$\frac{m(X)}{m(\text{PbCrO}_4)} = \frac{n(X)}{n(\text{PbCrO}_4)} \cdot \frac{M(X)}{M(\text{PbCrO}_4)} = \frac{\omega(X)}{\omega(\text{CrO}_4)}$$

$$\frac{X(X)}{X(\text{PbCrO}_4)} \cdot \frac{M(X)}{M(\text{PbCrO}_4)} = \frac{\omega(X)}{1-\omega(X)} \cdot \frac{\omega(X)}{1-\omega(X)}$$

$$\frac{M(X)}{M(\text{PbCrO}_4)} = \frac{\omega(X) \cdot X(\text{PbCrO}_4)}{(1-\omega(X)) \cdot X(X)} = \frac{48,4\% \cdot 50\%}{51,6\% \cdot 50\%} = 0,938. \quad \rho$$

$$M(X) = M(\text{PbCrO}_4) \cdot 0,938 = (207 + 52 + 16 \cdot 4) \cdot 0,938 \approx 303 \text{ г/моль}$$

X содержит Pb, т.к. получается из $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$.

$$M(X) - M(\text{Pb}) = 303 - 207 = 96 \text{ г/моль} \text{ — это соответствует иону}$$

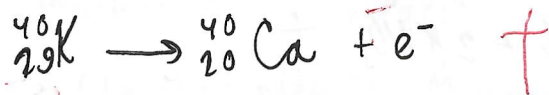
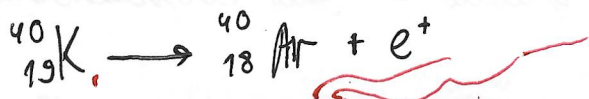
 SO_4^{2-} , т.е. X — PbSO_4 .Формула вещества — PbSO_4 . (A)

Задача 5

Чистовик 4

Т.к. оба продукта распада имеют одинаковое массовое число, а их атомные номера отличаются на 2, т.к. это инертный газ (18 группа) и щелочноземельный металл (2 группа), то можно сделать вывод, что это β^+ и β^- распады соответственно. Лучшее всего подходит ${}^{40}_{20}\text{Ca}$ и ${}^{40}_{18}\text{Ar}$ — эти изотопы самые распространенные изотопы для дочерних хим. элементов. Тогда природный радиоактивный изотоп — ${}^{40}_{19}\text{K}$.

Реакции:



Задача 6

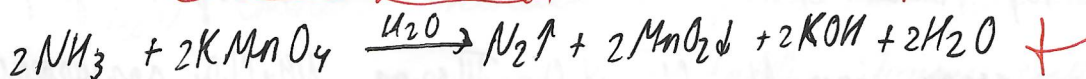
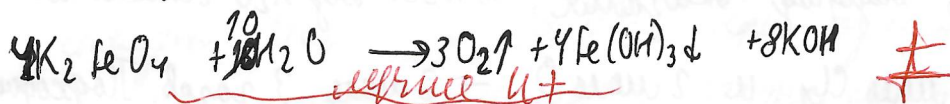
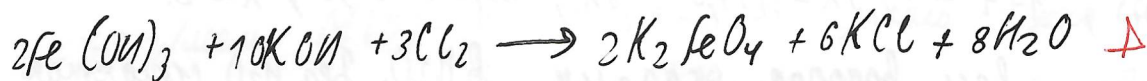
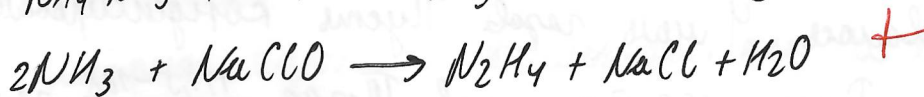
Чистовая 5

Рассмотрим соединение Y. $\frac{M(N)}{\omega(N)} = \frac{14}{0,875} = 16 \text{ г/моль}$.

$\frac{M(N)}{\omega(N)} - M(N) = 2 \text{ г/моль}$ — это соответствует глицерину.

Тогда Y — N_2H_4 , гидразин. X — NH_4NO_3 , Z — $Fe(OH)_3$, т.к. $Fe(OH)_3$ не растворяется в аммиаке.

Реакции:



Задача 3

Чистовик 6

$$M(NH_4ClO_4) = 177,5 \text{ г/моль}$$

$$\frac{M(NH_4ClO_4)}{M_{\text{возд.}}} = \frac{177,5}{29} \approx 6 \Rightarrow \text{при разложении 1 моль } NH_4ClO_4$$

образуется 4 моль газов. При охлаждении конденсируется вода. $M(H_2O) < M_{\text{возд.}} \Rightarrow$ средняя молярная масса

смеси газов возрастает. Пусть разложился 1 моль NH_4ClO_4 .

Тогда образовалось 4 моль газов. Пусть конденсировалось

x моль H_2O . Было 177,5 г газов. Тогда $\frac{177,5 - 18x}{4 - x} = 29 \cdot 1,5 =$

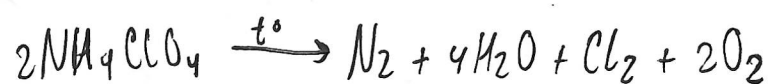
$$= 43,5; \quad 174 - 18x = 116 - 43,5x; \quad 25,5x = 56,5; \quad x \approx 2.$$

Значит, весь водород оказался в H_2O . Без H_2O остается

1 моль N , 1 моль Cl_2 и 2 моль O — 2 моль 3 газов. Подходим

вариант, когда это N_2 , Cl_2 и O_2 . Тогда NH_4ClO_4 разлагается

так:



Задача 7

Числовик 7

$M(Y) \approx M_{\text{возд.}} \cdot 1,5 = 29 \cdot 1,5 = 43,5 \text{ г/моль}$. $M(Z) > 29 \text{ г/моль}$.

Чуть-чуть вероятнее, означает, что $M(Z) \approx 30 \text{ г/моль}$.

Это дикарвые соединения, содержащие два элемента, присутствующие в X помимо Na. Тогда Y - N_2O и

Z - NO . $M(N_2O) = 44 \text{ г/моль}$ - близко к $43,5 \text{ г/моль}$. $M(NO) =$

$\approx 30 \text{ г/моль}$. Рассмотрим соль D. Это соединение натрия, азота и кислорода, как и соль X. Если в

D формульной единице D 1 Na, то $M(D) = \frac{M(Na)}{z(Na)} = 23 \cdot 3 =$

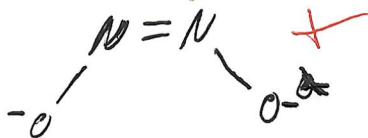
$\approx 69 \text{ г/моль}$. $M(D) - M(Na) = 69 - 23 = 46 \text{ г/моль}$ - это соответ-

ствует NO_2^- . D - $NaNO_2$. При взаимодействии Na_2O с N_2O степень окисления азота не изменяется. Значит,

эмпирическая формула X - $NaNO$. Ион соли X_1 -

равнобедренная трапеция - $N_2O_2^{2-}$. X - $Na_2N_2O_2$.

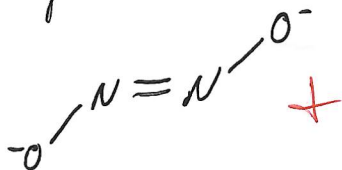
Ион соли X_1 :



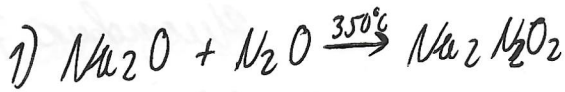
Рассмотрим гексагидрат X_2 . $M(X_2) \approx M(H_2O) \cdot 6 = 708 \text{ г/моль}$.

$\frac{M(X_2)}{M(NaNO)} \approx \frac{708}{23+14+16} \approx 2$. X_2 - $Na_2N_2O_2$ тоже. Ион соли X_2

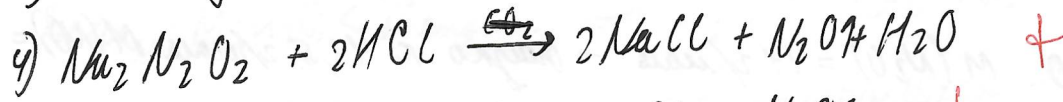
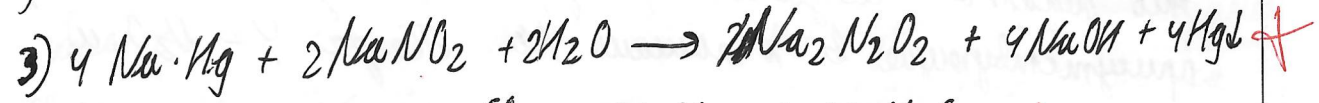
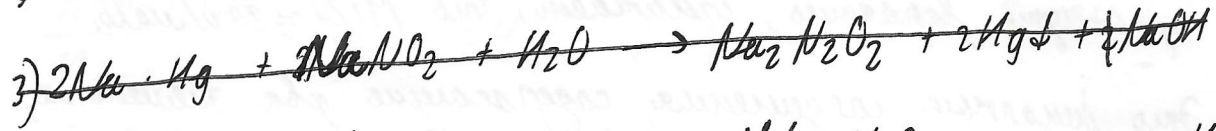
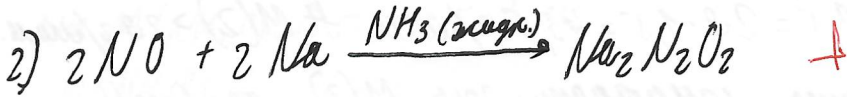
погда:



X_1 - цис-изомер, X_2 - транс-изомер.



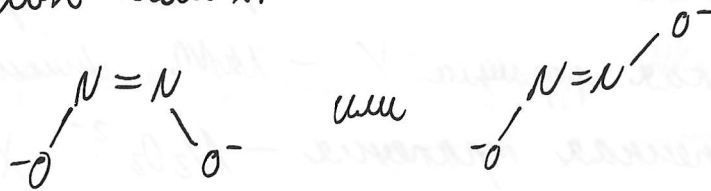
числовое 8



Кустайливая кислота $\text{H}_2\text{N}_2\text{O}_2$ более слабая, чем H_2CO_3 , поэтому идёт 5-я реакция. Поэтому $\text{Na}_2\text{N}_2\text{O}_2$ подвергается гидролизу по аниону \Rightarrow среда щелочная.

Ответ: X - $\text{Na}_2\text{N}_2\text{O}_2$; Y - N_2O ; Z - NO ; D - NaNO_2 .

Анион соли X:



Анионы солей X₁ и X₂ — cis- и транс-изомеры соответственно.

Реакция обратна тримеризации.

Пусть оксид металла MO_x , тогда хлорид - Черновик 7

M_2O_x $18 \frac{z}{ммм}$ $29,375 \frac{z}{ммм}$ MCl_x или MCl_{2x}
 $43,5 \frac{z}{ммм}$ 4 ммм
 MO_x $177,5 - 18x$ M_2O_x $MO_{\frac{x}{2}}$
 MCl_x $4 - x$ MCl_{2x} $177,5 - 18x$
 $\frac{y + 35,5 \cdot 4x}{y + 16x} = 1,585$ $\frac{y + 35,5 \cdot 4x}{y + 16x} = 1,585$
 $1,585y + 25,36x = y + 142x$ $0,585y = 116,64x$
 $y = 199,38x$

$1,585y + 25,36x = y + 35,45x$ $0,585y = 129,32x$ Hy_2O
 $0,585y = 10,09x$ $NH_4ClO_4 \rightarrow 2H_2O + NClO_2$ $HyCl_2$
 $y = 17,248x$ $NClO_2 \rightarrow \frac{1}{2}N_2 + \frac{1}{2}Cl_2 + O_2$

