



**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА**

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Химия**

ФИО участника олимпиады: **Карманов Тимофей Олегович**

Технический балл: **93**

Дата: **12 мая 2020 года**

Олимпиада «Ломоносов»

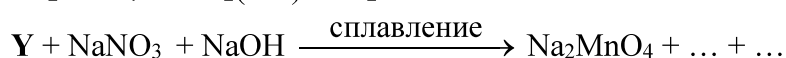
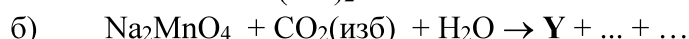
10 класс

1. Бинарное вещество имеет ионное строение. Общее число электронов во всех положительных ионах в 4 раза меньше общего числа электронов во всех отрицательных ионах. Предложите возможную формулу вещества и докажите, что она соответствует условию. Напишите электронную конфигурацию отрицательного иона в основном состоянии и положительного иона в первом возбужденном состоянии. **(8 баллов)**

2. Навеску кристаллогидрата гидрофосфата натрия массой 10.00 г выдержали в течение длительного времени при 300 °С. Масса полученного твердого вещества составила 7.47 г. Определите формулы исходного и конечного веществ. Ответ подтвердите расчетом.

(8 баллов)

3. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующим схемам превращений:



Определите неизвестные вещества.

(8 баллов)

4. Аммиак объемом 200 литров (н.у.) растворили в одном литре воды. Полученный раствор охладили до –60 °С, в результате чего из раствора выпал осадок – чистый лед. Рассчитайте массовую долю аммиака в исходном растворе и найдите массу выпавшего осадка, если известно, что массовая доля аммиака в насыщенном при –60 °С водном растворе равна 27%.

(10 баллов)

5. Навеску металла массой 8.96 г полностью растворили в 200 г 35%-ной азотной кислоты, при этом выделилось 5.376 л (н. у.) смеси двух газов, по плотности равной фтору. Найдите состав смеси (в об.%). Определите металл и напишите суммарное уравнение его растворения в этих условиях. Рассчитайте массовую долю нитрата металла в полученном растворе.

(14 баллов)

6. Теплоты сгорания аммиака и газообразного гидразина (N_2H_4) равны 317 и 534 кДж/моль соответственно. В обоих случаях продукты сгорания – азот и пары воды. Определите энергию связи N–N в гидразине, если энергия связи $\text{N}\equiv\text{N}$ составляет 945 кДж/моль. Примите, что энергия связи N–H одинакова в аммиаке и гидразине.

(16 баллов)

7. При нагревании происходит взаимодействие 17.7 г смеси изомерных органических веществ **A** и **B**, относящихся к одному классу соединений и не содержащих кратных связей углерод–углерод, со 100 мл 15%-ного водного раствора гидроксида калия (плотность 1.12 г/мл). Образуется смесь, состоящая из соли **C** и двух соединений **D** и **E**, являющихся ближайшими гомологами, которые образуются в мольном соотношении 1 : 2. Определите строение соединений **A** – **E**, приведите уравнения реакций.

(16 баллов)

8. Шпиль Главного здания МГУ имеет красивую желто-золотистую окраску, однако в нем нет ни грамма золота. Покрытие шпиля состоит из широко распространенного хрупкого, прозрачного, бесцветного материала **X**, в который для придания окраски добавлены оксиды **Y** и **Z**. В обоих оксидах элементы четырехвалентны. В оксиде **Y** масса элемента в 4.375 раза больше массы кислорода. Оксид **Z** получают из хлорида металла двумя способами: гидролизом с парами воды и прокаливанием в атмосфере кислорода. В первой реакции степени окисления элементов не изменяются, вторая является реакцией замещения. Для получения 100 г **Z** требуется минимально 237.5 г хлорида.

Назовите вещество **X** и перечислите 4 основных элемента, которые входят в его состав. Определите формулы веществ **Y** и **Z** (подтвердите расчетом). Напишите уравнения реакций получения **Z**.

(20 баллов)

Тимофей Олегович Карманов

Решения и ответы даны в виде приложенных файлов

Задача: 1

Ответ: -

Балл: 8

Задача: 2

Ответ: -

Балл: 8

Задача: 3

Ответ: -

Балл: 6

Задача: 4

Ответ: -

Балл: 10

Задача: 5

Ответ: -

Балл: 13

Задача: 6

Ответ: -

Балл: 16

Задача: 7

Ответ: -

Балл: 15

Задача: 8

Ответ: -

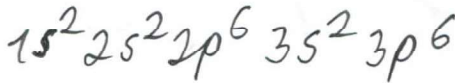
Балл: 17

N1

Попробуем за основу тутан в степени окисления +4.
 Он имеет $22 - 4 = 18\tilde{e}$. Т.к. кон-б~~о~~е в анионе бачине
 кем в катионе в 4 разе, то имеем $4 \cdot 18 = 72\tilde{e}$.
 $\Rightarrow \text{Cl}^\ominus : 17 + 1 = 18\tilde{e}$. И если мы разделим $72 : 18$,
 получим 4. Это соответствует TiCl₄.

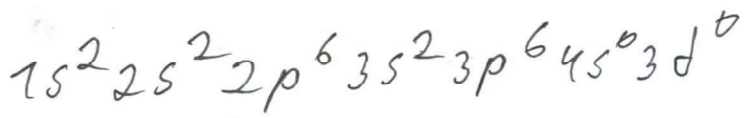
Cl[⊖] :

| | | | | | |
|---|----|----|----|----|----|
| | s | | p | | |
| 1 | ↑↓ | | | | |
| 2 | ↑↓ | ↑↓ | ↑↓ | ↑↓ | ↑↓ |
| 3 | ↑↓ | ↑↓ | ↑↓ | ↑↓ | ↑↓ |



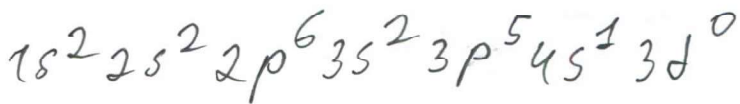
Ti^{⊕4} :

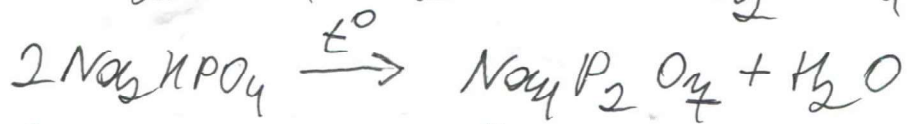
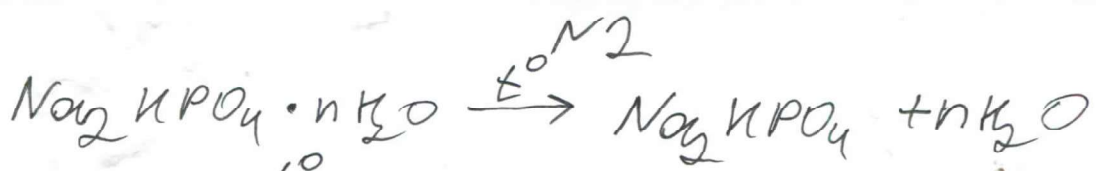
| | | | | | | | | | | | |
|---|----|----|----|----|----|---|--|--|--|--|--|
| | s | | p | | | d | | | | | |
| 1 | ↑↓ | | | | | | | | | | |
| 2 | ↑↓ | ↑↓ | ↑↓ | ↑↓ | ↑↓ | | | | | | |
| 3 | ↑↓ | ↑↓ | ↑↓ | ↑↓ | ↑↓ | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | |



*
Ti

| | | | | | | | | | | | |
|---|----|----|----|----|----|---|--|--|--|--|--|
| | s | | p | | | d | | | | | |
| 1 | ↑↓ | | | | | | | | | | |
| 2 | ↑↓ | ↑↓ | ↑↓ | ↑↓ | ↑↓ | | | | | | |
| 3 | ↑↓ | ↑↓ | ↑↓ | ↑↓ | ↑ | | | | | | |
| 4 | ↑ | | | | | | | | | | |





$$\nu(\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7) = \frac{4,44}{266} = 0,028 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{Na}_2\text{KPO}_4) = 2 \cdot 0,028 = 0,056 \text{ моль}$$

$$m(\text{Na}_2\text{KPO}_4) = 0,056 \cdot 142 = 7,975 \text{ г}$$

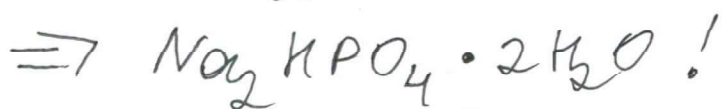
$$w_{\text{сам в КРГ}} = \frac{7,975}{10} = 0,7975$$

$$0,7975 = \frac{M(\text{Na}_2\text{KPO}_4)}{M_{\text{КРГ}}}$$

$$0,7975 = \frac{142}{142 + 18n}$$

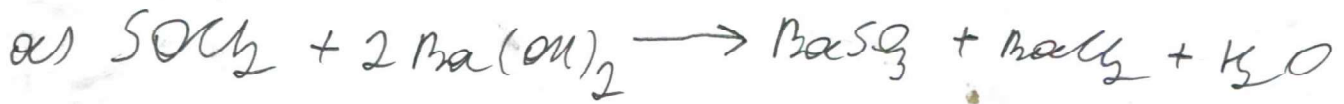
$$36 = 18n$$

$$n = 2$$

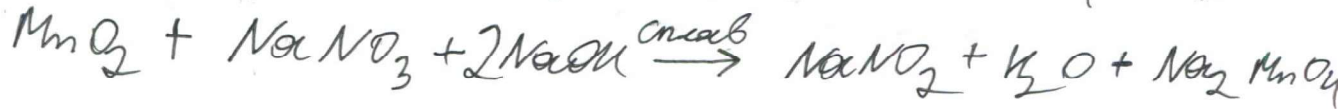
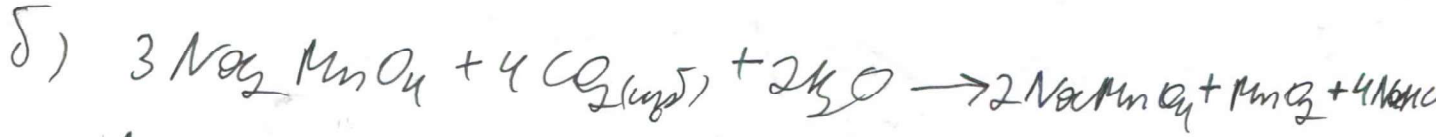


Ответ: $\text{Na}_2\text{KPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$.

N3



X - BaCl_2



Y - MnO_2

№4

Аммиак полностью растворяется в воде, т.к. в 1 л растворяется 400 объемов NH_3 .

$$V(\text{NH}_3) = \frac{200}{2,24} = 89,286 \text{ л}$$

$$m(\text{NH}_3) = 89,286 \cdot 17 = 151,786 \text{ г}$$

$$m_{\text{р-ра}} = 151,786 + 1000 = 1151,786 \text{ г}$$

$$w_{\text{амк}}(\text{NH}_3) = \frac{151,786}{1151,786} = 13,18 \%$$

$$0,24 = \frac{151,786}{151,786 + m_{\text{от.}}(\text{H}_2\text{O})}$$

$$\Rightarrow m_{\text{от.}}(\text{H}_2\text{O}) = 410,384 \text{ г}$$

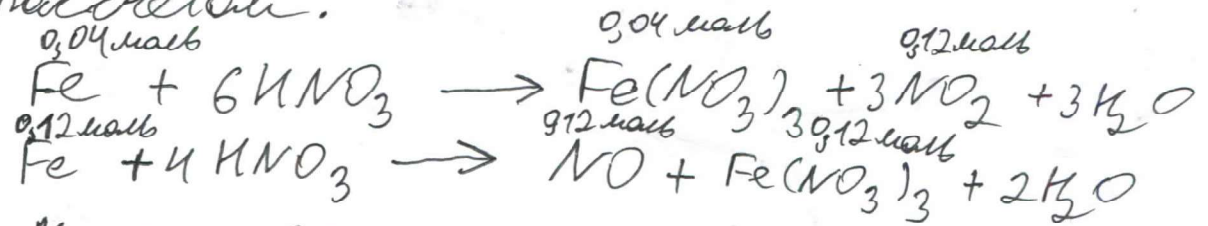
$$m_{\text{рег}}(\text{H}_2\text{O}) = m_{\text{амк}}(\text{H}_2\text{O}) - m_{\text{от.}}(\text{H}_2\text{O})$$

$$m_{\text{рег}}(\text{H}_2\text{O}) = 1000 - 410,384 = 589,62 \text{ г}$$

ответ: 13,18% ; 589,62 г.

N5

Признаем, что Me - это железо! Проверим расчёты.



$M_{\text{смеси}} = 38 \text{ г/моль}$

Пусть $\xi(\text{NO}) = x$, тогда $\xi(\text{NO}_2) = (1-x)$.

$38 = 30x + 46 - 46x$

$-8 = -16x$

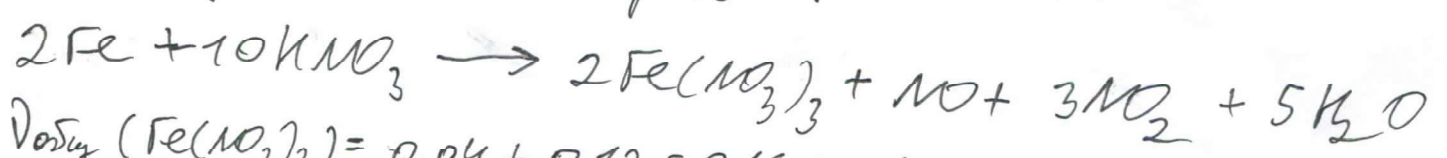
$x = 0,5$

$\Rightarrow V(\text{NO}) = \xi(\text{NO}) \cdot V_{\text{смеси}} = 0,5 \cdot \frac{5,346}{22,4} = 0,5 \cdot 0,24 = 0,12 \text{ моль}$
 $V(\text{NO}) = V(\text{NO}_2) = 0,12 \text{ моль}$

$V_{\text{обш}}(\text{Fe}) = 0,04 + 0,12 = 0,16 \text{ моль}$

$V(\text{Fe})_{\text{по уравнению}} = \frac{8,96}{56} = 0,16 \text{ моль}$

\Rightarrow признавание верно!!! Me - Fe.



$V_{\text{обш}}(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3) = 0,04 + 0,12 = 0,16 \text{ моль}$

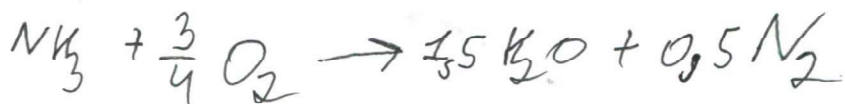
$m(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3) = 0,16 \cdot 242 = 38,72 \text{ г}$

$m_{\text{конт-ра}} = m(\text{Fe}) + m(\text{HNO}_3) - m(\text{NO}) - m(\text{NO}_2) = 8,96 + 200 - 3,6 - 5,52 = 199,84 \text{ г}$

$\omega_{\text{конт}}(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3) = \frac{38,72}{199,84} = 19,3455 \%$

Ответ: Fe; 19,3455%.

N6



$$Q = -\Delta H$$

$$Q = E_{\text{ср.}} - E_{\text{продуктов}}$$

$$Q_1 = (E(\text{N}\equiv\text{N}) + 4E(\text{O}-\text{H})) - (E(\text{N}-\text{N}) + 4E(\text{H}-\text{N}) + E(\text{O}-\text{O}))$$

$$Q_2 = (0,5E(\text{N}\equiv\text{N}) + 3E(\text{O}-\text{H})) - (3E(\text{N}-\text{H}) + \frac{3}{2}E(\text{O}-\text{O}))$$

$$* 534 = 945 + 4E(\text{O}-\text{H}) - E(\text{N}-\text{N}) - 4E(\text{N}-\text{H}) - E(\text{O}-\text{O})$$

$$314 = 442,5 + 3E(\text{O}-\text{H}) - 3E(\text{N}-\text{H}) - \frac{3}{2}E(\text{O}-\text{O})$$

$$\textcircled{3} - 411 = 4E(\text{O}-\text{H}) - E(\text{N}-\text{N}) - 4E(\text{N}-\text{H}) - E(\text{O}-\text{O})$$

$$\textcircled{4} - 155,5 = 3E(\text{O}-\text{H}) - 3E(\text{N}-\text{H}) - \frac{3}{2}E(\text{O}-\text{O})$$

$$\textcircled{5} - 1233 = 12E(\text{O}-\text{H}) - 3E(\text{N}-\text{N}) - 12E(\text{N}-\text{H}) - 3E(\text{O}-\text{O})$$

$$\textcircled{6} - 622 = 12E(\text{O}-\text{H}) - 12E(\text{N}-\text{H}) - 3E(\text{O}-\text{O})$$

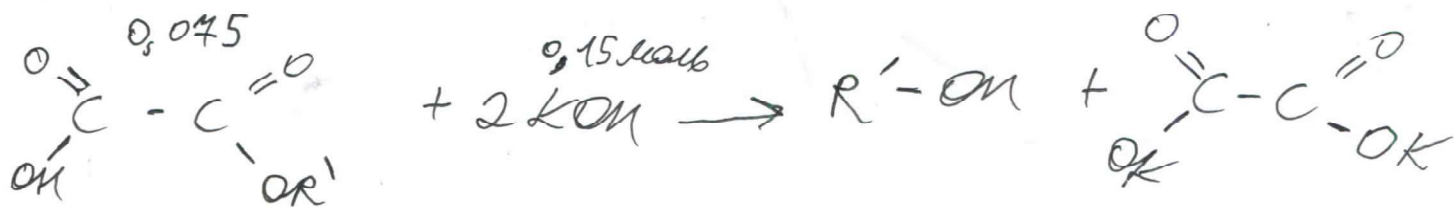
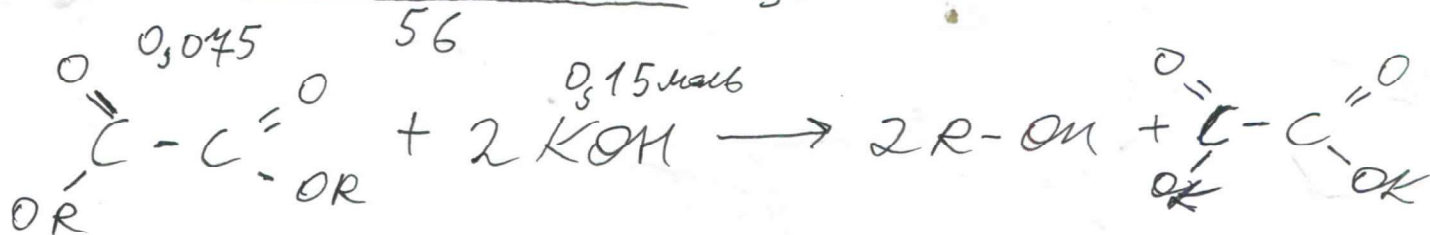
$$-611 = -3E(\text{N}-\text{N})$$

$$E(\text{N}-\text{N}) = 203,67$$

ответ: 203,67 кДж/моль.

N 4

$$n(\text{KOH}) = \frac{100 \cdot 0,15 \cdot 1,12}{56} = 0,3 \text{ моль}$$



Связь моль 1:1 по массе.

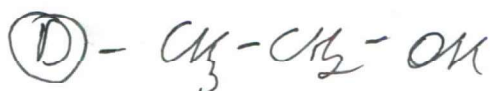
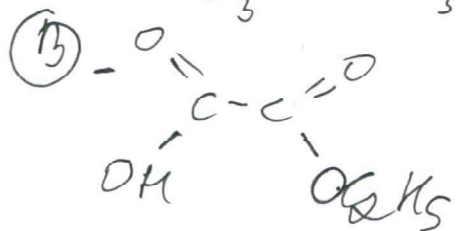
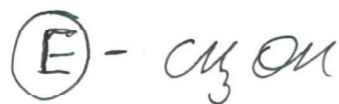
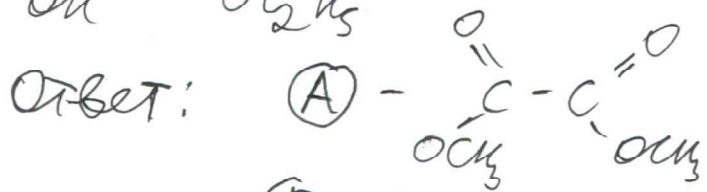
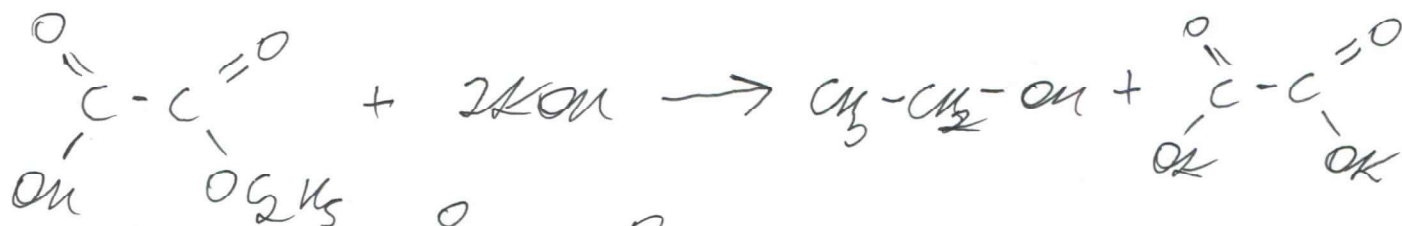
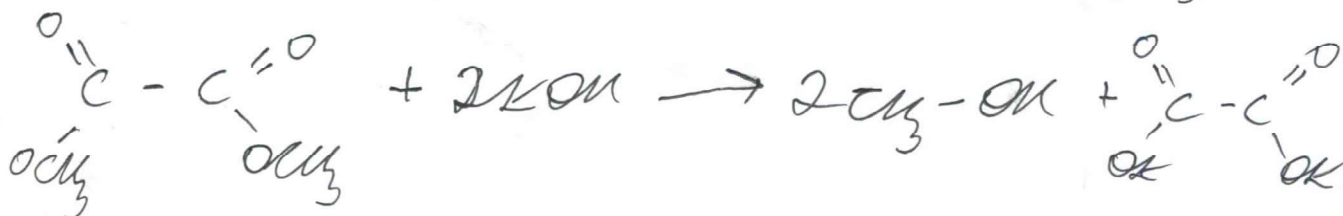
$$M(\text{C}_2\text{R}_2\text{O}_4) = \frac{14,4}{0,045 \cdot 2} = 118 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{C}_2\text{R}'\text{O}_4) = \frac{14,4}{0,045 \cdot 2} = 118 \text{ г/моль}$$

$$M(2\text{R}) = 118 - 64 - 24 = 30 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{R}) = \frac{30}{2} = 15 \text{ г/моль (CH}_3\text{)}$$

$$M(\text{R}') = 118 - 64 - 25 = 29 \text{ г/моль (C}_2\text{H}_5\text{)}$$



№ 8

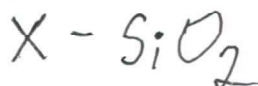
Т. К По условию Me 4-й валентен, то

$$M(\text{Me}) = 4,345 \cdot 32 = 140 \text{ г/моль (Ce, уран)}$$



$$M(\text{Me}) = \frac{237,5}{M(\text{Me}) + 142} = \frac{100}{32 + M(\text{Me})}$$

$$\Rightarrow M(\text{Me}) = 48 \text{ г/моль} \Rightarrow \text{Me} - \text{Ti, титан.}$$



В состав стекла входят следующие элементы:
кальций, германий, бор, титан.

Ответ: Y - CeO_2 ; Z - TiO_2 ; X - SiO_2 .