



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

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Химия**

ФИО участника олимпиады: **Бурьяноватая Алина Евгеньевна**

Технический балл: **97**

Дата: **12 мая 2020 года**

Олимпиада «Ломоносов»

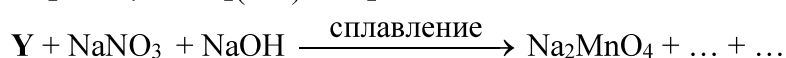
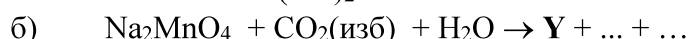
10 класс

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)

Алина Евгеньевна Бурьяноватая

Решения и ответы даны в виде приложенных файлов

Задача: 1

Ответ: -

Балл: 8

Задача: 2

Ответ: -

Балл: 8

Задача: 3

Ответ: -

Балл: 7

Задача: 4

Ответ: -

Балл: 10

Задача: 5

Ответ: -

Балл: 14

Задача: 6

Ответ: -

Балл: 16

Задача: 7

Ответ: -

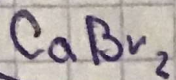
Балл: 16

Задача: 8

Ответ: -

Балл: 18

Задача 1

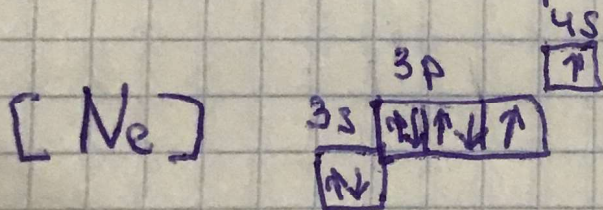
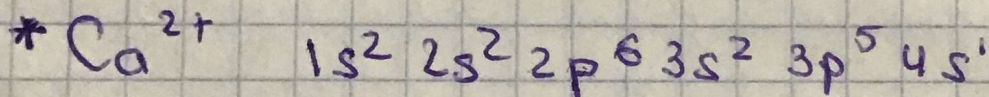
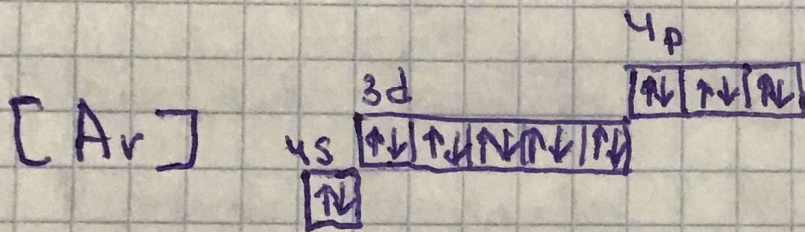
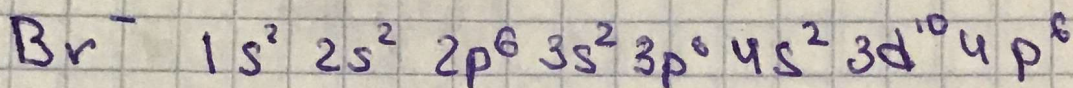


$$N_e(\text{Ca}^{2+}) = 20 - 2 = 18$$

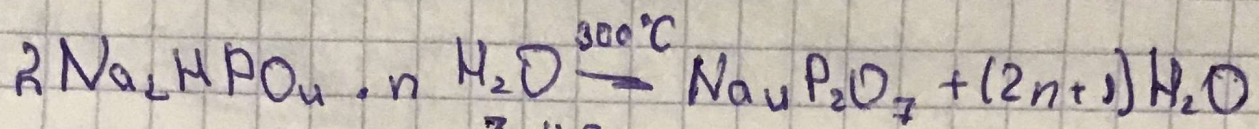
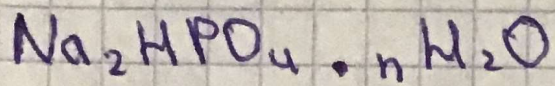
$$N_e(2\text{Br}^-) = 2 \cdot (35 + 1) = 72$$

$$\frac{N_e(2\text{Br}^-)}{N_e(\text{Ca}^{2+})} = \frac{72}{18} = 4 - \text{уговенообразем}$$

уенобуо загару.



Задача 2.



$$n(\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7) = \frac{7,472}{266 \text{ г/моль}} = 0,028 \text{ моль}$$

$$\Rightarrow n(\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}) = 2n(\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7) = 0,056 \text{ моль}$$

$$M(\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}) = \frac{102}{0,056 \text{ моль}} = 178 \text{ г/моль}$$

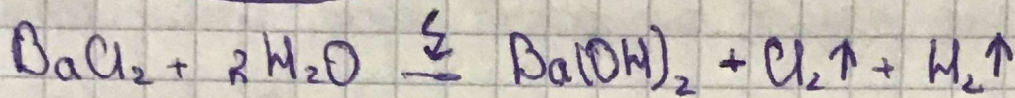
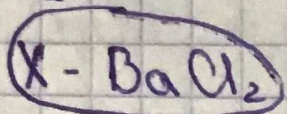
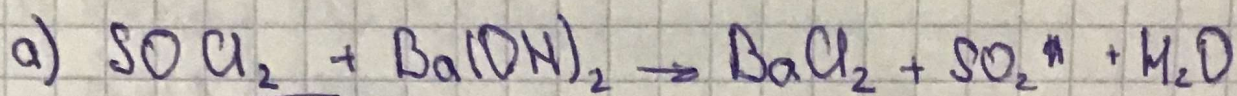
$$n = \frac{178 - 142}{18} = 2$$

∩

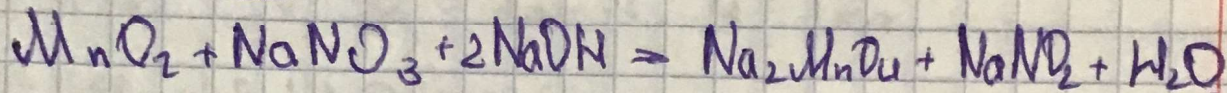
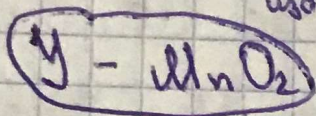
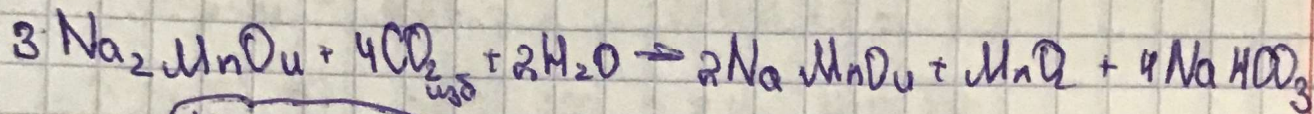
Начальное вещество: $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Конечное вещество: $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$

Задача 3



б)



Задача 4.

$$n(\text{NH}_3) = \frac{200}{22,4} = 8,93 \text{ моль}$$

$$m(\text{NH}_3) = n(\text{NH}_3) \cdot 17 = 8,93 \cdot 17 = ~~151,82~~ 151,82$$

Оставшийся после выпадения осадка раствор насыщенным. В нем 27% аммиака

$$\Rightarrow m_{\text{р-ра}} = \frac{m(\text{NH}_3)}{0,27} = 562,172$$

$$\Rightarrow m(\text{H}_2\text{O}) = 562,17 \cdot 0,73 = 410,382$$

$$m_0(\text{H}_2\text{O}) = V \cdot \rho = 1 \text{ л} \cdot 1 \text{ кг/л} = 1 \text{ кг}$$

$$\Rightarrow m_{\text{выпав}}(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{ос.т.}) = 589,622$$

$$m_{\text{о р-ра}} = 1 \text{ кг} + 151,792 = 1151,792$$

$$w_0(\text{NH}_3) = \frac{151,792}{1151,792} = 0,1318 = 13,18\%$$

Ответ: $m_{\text{осадка}} = 589,622$

$$w_0(\text{NH}_3) = 13,18\%$$

Задача N5.

$$n(\text{Cu}) = \frac{5,376 \text{ г}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,24 \text{ моль}$$

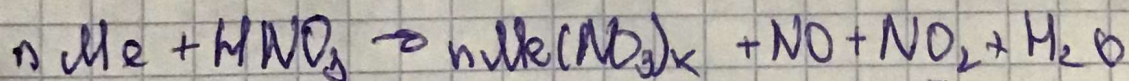
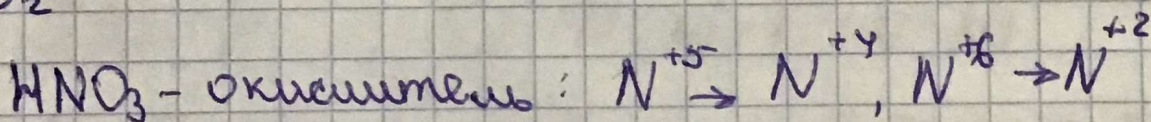
Т.к. реакция явно проходит в избытке HNO_3 с достаточно высокой концентрацией и выделяется 2 газа, то вероятнее всего это NO и NO_2 . $M_{\text{см}} = 38 \text{ г/моль} \Rightarrow$ получаем

$$\text{NO и NO}_2 \text{ Проверим: } \frac{30 + 46}{2} = 38$$

$$\begin{aligned} \chi(\text{NO}) &= \varphi(\text{NO}) = 50\% \\ \chi(\text{NO}_2) &= \varphi(\text{NO}_2) = 50\% \end{aligned}$$

Значит выделилось $0,12 \text{ моль NO}$ и $0,12 \text{ моль}$

NO_2



Азот принимает $4e^-$, а Me отдает $n \cdot k e^-$.

$$4 = nk \quad \frac{0,12 \cdot 4}{k}$$

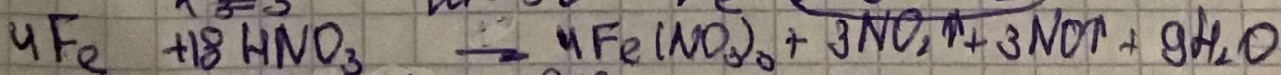
$$n \text{ Me} = 0,12n = \frac{k}{k}$$

$$M(\text{Me}) = \frac{8,96}{\frac{0,12 \cdot 4}{k}} = 18 \frac{2}{3} k$$

$$k=1 \quad M=18,7 \text{ } \emptyset$$

$$k=2 \quad M=37,3 \text{ } \emptyset$$

$$k=3 \quad M=56 - \text{Fe} \quad \text{Me-Fe}$$



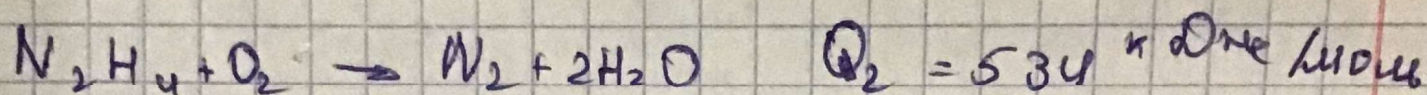
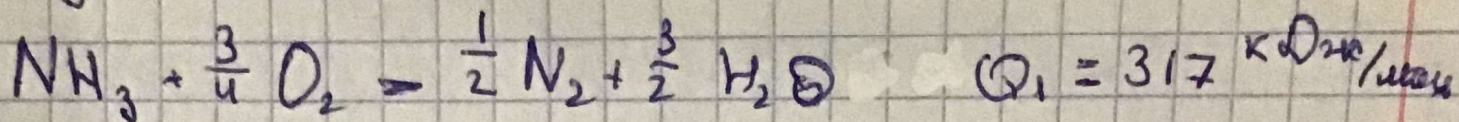
$$n(\text{Fe}) = n(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3) = \frac{0,12}{3} \cdot 4 = 0,16 \text{ моль}$$

$$m_{\text{p-p}} = (8,96 + 200 - 0,12 \cdot 48 - 0,12 \cdot 30) \text{ г}$$

$$m_{\text{p-p}} = 199,84 \text{ г}, \quad m(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3) = (0,16 \cdot 242) \text{ г} = 38,72 \text{ г}$$

$$\omega(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3) = \frac{38,72}{199,84} \cdot 100\% = 19,38\%$$

Задача 8.



$$Q_1 = 1,5 \cdot 2 E(\text{H}-\text{O}) + 0,5 E(\text{N}=\text{N}) - \frac{3}{4} E(\text{O}=\text{O}) - 3 E(\text{N}-\text{H})$$

$$Q_2 = 2 \cdot 2 \cdot E(\text{H}-\text{O}) + E(\text{N}=\text{N}) - E(\text{O}=\text{O}) - 4 E(\text{N}-\text{H}) - E(\text{N}-\text{N})$$

$$\frac{4}{3} Q_1 - Q_2 = \frac{3}{2} \cdot \frac{4}{3} \cdot 2 E(\text{H}-\text{O}) + \frac{2}{3} E(\text{N}=\text{N}) - E(\text{O}=\text{O}) - 4 E(\text{N}-\text{H}) - 2 \cdot 2 E(\text{H}-\text{O}) - E(\text{N}=\text{N}) + E(\text{O}=\text{O}) + 4 E(\text{N}-\text{H}) + E(\text{N}-\text{N})$$

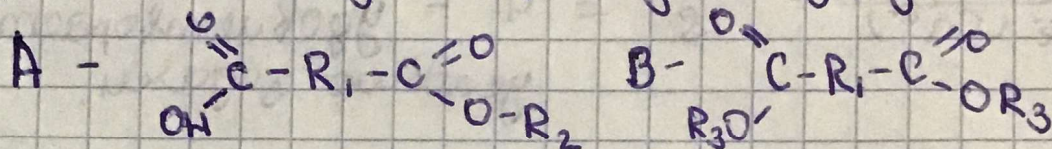
$$\frac{4}{3} Q_1 - Q_2 = -\frac{1}{3} E(\text{N}=\text{N}) + E(\text{N}-\text{N})$$

$$E(\text{N}-\text{N}) = \frac{4}{3} \cdot 317 - 534 + \frac{1}{3} \cdot 945 = 203,67 \text{ кДж/моль}$$

Ответ: $E(\text{N}-\text{N}) = 203,67 \text{ кДж/моль}$

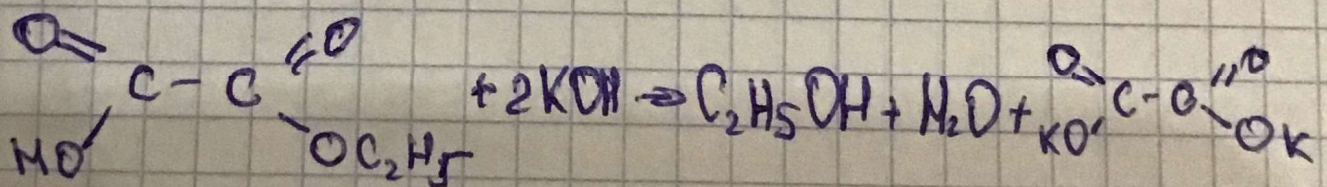
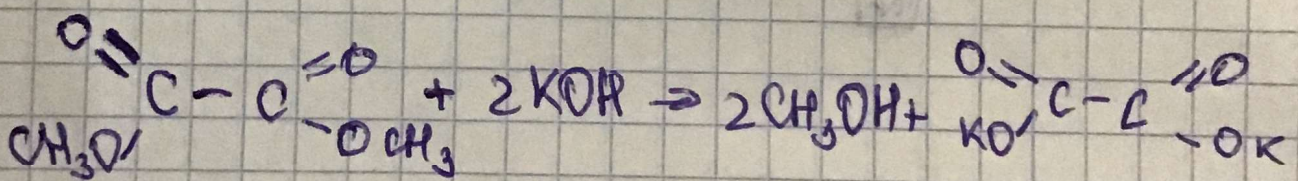
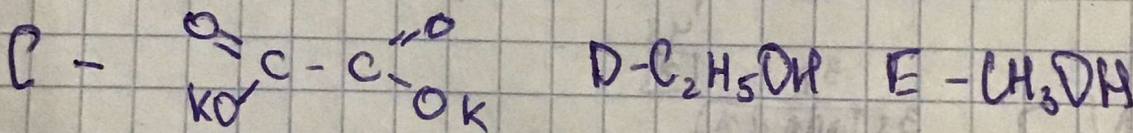
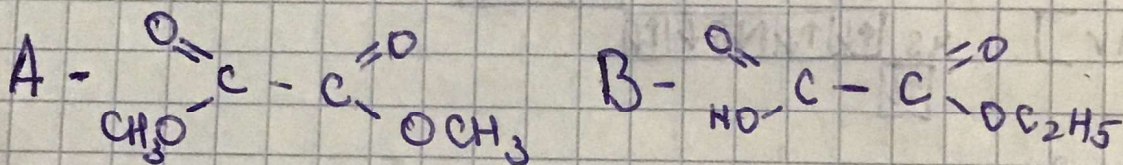
Задача 7.

А и В - эфиры. При реакции происходит щелочной гидролиз образуются соль С и два спирта D и E. Так как соль только одна, — А и В изомеры и эфиры разные в отношении 1:2, то А и В образованы одной и той же двухосновной кислотой, причем в А замещен один водород, а в В - два.



$$\text{Тогда } n_{\text{соль}} = \frac{1}{2} n(\text{KOH}) = \frac{1}{2} \cdot \frac{1,12 \cdot 100 \cdot 0,15}{56} = 0,15 \text{ моля}$$

$$M(\text{A}) = M(\text{B}) = \frac{17,7}{0,15} = 118 \text{ г/моль } \text{C}_4\text{H}_8\text{O}_4$$



Задача 8.

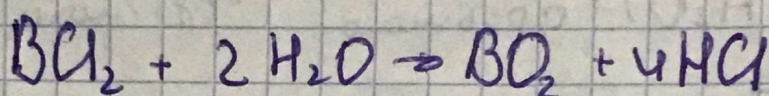
X - стекло

Y - AO_2

Z - BO_2

$$M(A) = 4,375 \cdot 2 M(D) = 4,375 \cdot 32 = 140 \text{ г/моль}$$

Y - CeO_2



$$n(\text{BO}_2) = n(\text{BCl}_2)$$

$$\frac{100}{32 + M} = \frac{237,5}{M + 142}$$

$$137,5M = 6600$$

$$M = 48 \text{ г/моль}$$

Z - TiO_2

Ответ: X - стекло (Si , Ca , O , Na)

Y - CeO_2 , Z - TiO_2

