



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

## **ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА**

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Химия**

ФИО участника олимпиады: **Пугач Полина Васильевна**

Технический балл: **85**

Дата: **12 мая 2020 года**

## Олимпиада «Ломоносов»

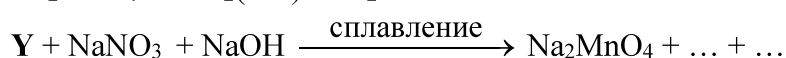
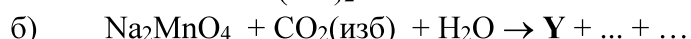
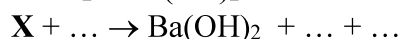
### 10 класс

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 ( $\text{N}_2\text{H}_4$ ) 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)**

Полина Васильевна Пугач

Решения и ответы даны в виде приложенных файлов

**Задача: 1**

Ответ: -

Балл: 8

**Задача: 2**

Ответ: -

Балл: 2

**Задача: 3**

Ответ: -

Балл: 7

**Задача: 4**

Ответ: -

Балл: 10

**Задача: 5**

Ответ: -

Балл: 14

**Задача: 6**

Ответ: -

Балл: 8

**Задача: 7**

Ответ: -

Балл: 16

**Задача: 8**

Ответ: -

Балл: 20

1.  $M_n^{n+} X_n^{a-}$  — вот так можно представить формулу неизвестного бинарного соединения, т.к. соединение бинарное и ионное, то скорее всего это соль, тогда:

$$\frac{Xn}{ay} = 4, \text{ где } X - \text{количество электронов в ионе с отрицательным зарядом;}$$

$n$  — число атомов аниона;

$y$  — кол-во электронов в катионе

$a$  — число атомов в катионе.

Предположим, что  $X$  — атом галогена, тогда  $a=1$ ,

тогда:

$$\frac{Xn}{y} = 4; \quad Xn = 4y$$

Пусть  $X$  — йод, тогда  $X = 53 + 1 = 54$ , тогда чтобы 54 делилось на  $y$  без остатка умножим на 2 (т.е.  $n=2$ )

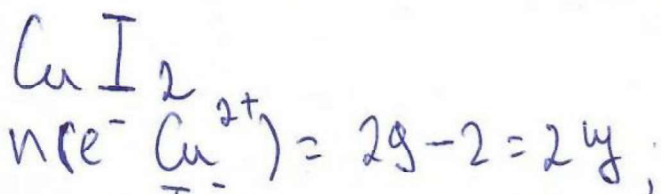
$$54 \cdot 2 = 4y$$

$$54 = 2y$$

$$y = 27$$

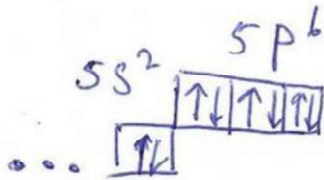
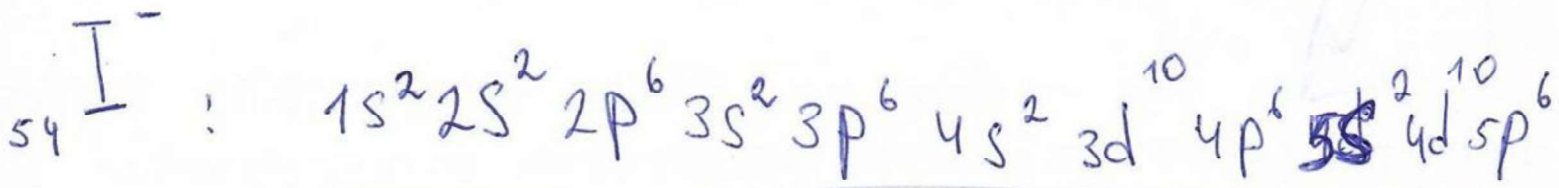
Кол-во электронов в основном состоянии атома катиона;

$2y + 2 = 29$  соответствует меди, тогда соединение:

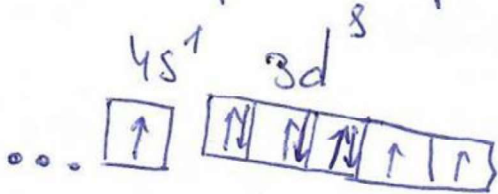
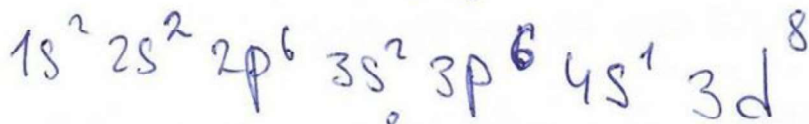


$$n(e^- I^-) = 53 + 1 = 54$$

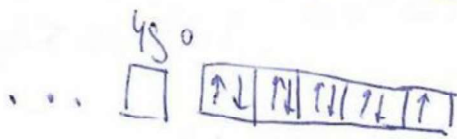
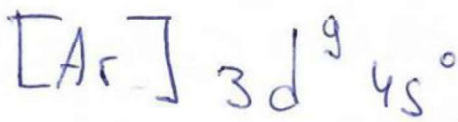
$$\frac{n e^- I^-}{n e^- Cu^{2+}} = \frac{54 \cdot 2}{27} = 4.$$



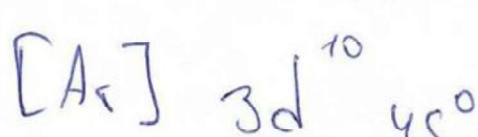
2<sup>й</sup> Cu<sup>2+</sup> 1-е возбуждённое состояние:



2<sup>й</sup> Cu<sup>2+</sup> основное:

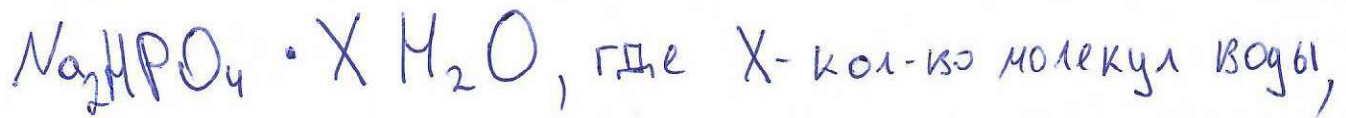


~~Cu~~ Cu<sup>+</sup> (осн.):





2. Пусть формула кристаллогидрата:



тогда:



$$M(\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}) = 2 \cdot 23 + 1 + 31 + 16 \cdot 4 + (2+16) \cdot x = 142 + 18x.$$

$$M(\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot y\text{H}_2\text{O}) = 142 + 18y.$$

$$\text{Тогда: } n(\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}) = n(\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot y\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O})}{M(\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O})}$$

$$m(\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot y\text{H}_2\text{O}) = n(\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot y\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot y\text{H}_2\text{O})$$

$$\frac{10}{(142+18x)} \cdot (142+18y) = 4,47$$

$$1420 + 180y = 1060,54 + 134,46x$$

$$\cancel{3,086 + 1,34y = x}$$

$$2,642 + 1,34y = x$$

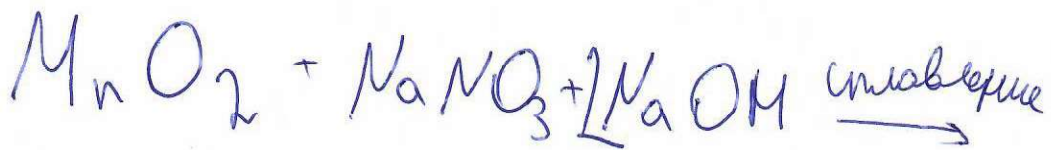
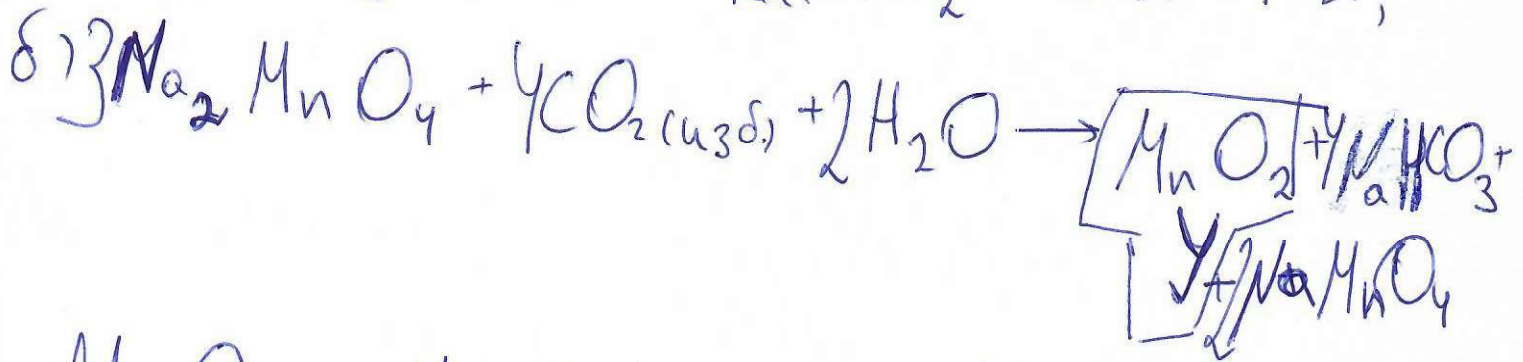
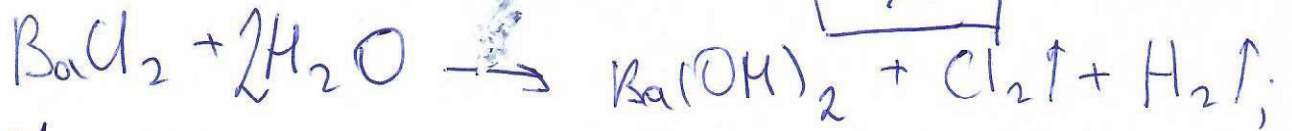
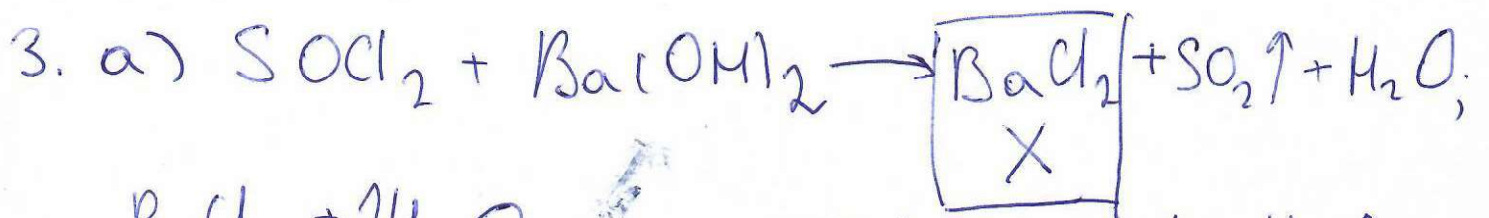
$$\text{Если: } y=1 \quad x=4,01$$

$$y=4 \quad x=8,0266$$

$$y=7 \quad x=12,04$$

Кристаллогидрат с  $x=12$  известен, следовательно:







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

$$m(\text{NH}_3) = n(\text{NH}_3) \cdot M(\text{NH}_3);$$

$$M(\text{NH}_3) = 14 + 3 = 17 \text{ г/моль};$$

$$m(\text{NH}_3) = 8,93 \cdot 17 = 151,786 \text{ г};$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = V \cdot \rho = 1 \cdot 1000 \text{ г/л} = 1000 \text{ г};$$

$$\omega(\text{NH}_3) = \frac{m(\text{NH}_3)}{m(\text{р-ра})} = \frac{m(\text{NH}_3)}{m(\text{NH}_3) + m(\text{H}_2\text{O})} = \frac{151,786}{1000 + 151,786} = 0,1318 \text{ или } \boxed{13,18\%} \text{ (массовая доля аммиака)}$$

Пусть масса воды превратившейся в лёд  $= x$ , тогда

$$m(\text{р-ра}) = 1000 + 151,786 - x = 1151,786 - x;$$

$$m(\text{р-ра}) = \frac{m(\text{NH}_3)}{\omega(\text{NH}_3)} = \frac{151,786}{0,1318} = 562,17;$$

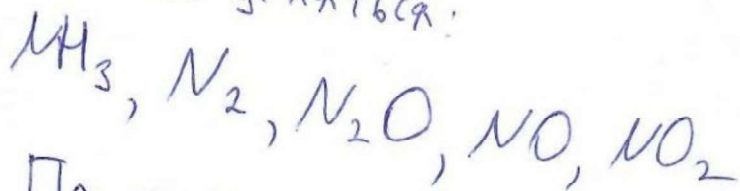
$$1151,786 - x = 562,17$$

$$\boxed{x = 589,616 \text{ г}} \text{ (масса выпавшего осадка)}$$

5. т.к.  $\rho(\text{смеси 2-х газов}) = \rho(\text{F}_2)$ , то

$$M(\text{смеси 2-х газов}) = M(\text{F}_2) = 38 \text{ г/моль};$$

при взаимодействии металлов с азотной к-той могут выделяться:



По молярной массе можно сделать вывод, что один из газов  $\text{NO}_2$  (т.к.  $M(\text{NO}_2) = 46, 46 > 38$ ),

Предположим, что 2-й газ  $\text{NO}$ , тогда

$$n(\text{газов}) = \frac{5,346}{22,4} = 0,24 \text{ моль};$$

$$M(\text{смеси}) = \frac{m(\text{смеси})}{n(\text{смеси})}$$

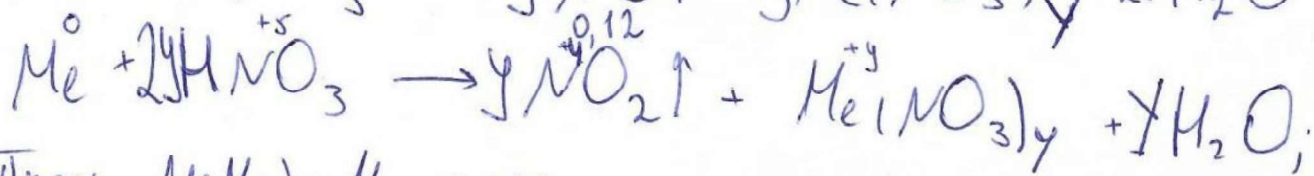
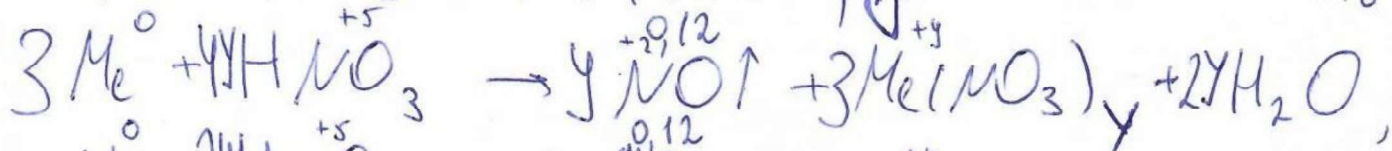
Пусть  $n(\text{NO}_2) = x$ , тогда  $n(\text{NO}) = 0,24 - x$

$$38 = \frac{46x + 30(0,24 - x)}{0,24}$$

$$x = 0,12; \quad 0,24 - x = 0,12 \text{ моль (NO)}$$

$$n(\text{NO}_2) : n(\text{NO}) = 1 : 1$$

Me - неизвестный металл,  $x$  - его валентность



Пусть  $M(\text{Me}) = Me$ , тогда

$$n(\text{Me}) = \frac{n(\text{NO}) \cdot 3 + n(\text{NO}_2)}{y}$$

$$m(\text{Me}) = n(\text{Me}) \cdot M(\text{Me})$$

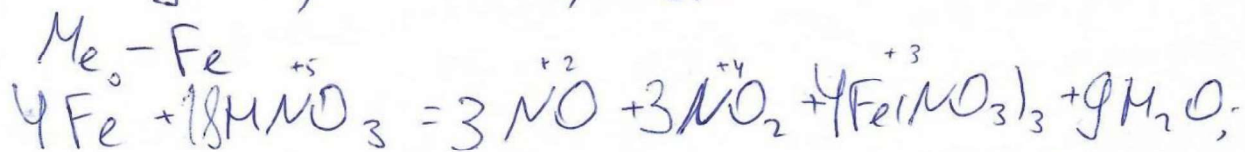
$$8,96 = Me \left( \frac{0,12 \cdot 3}{y} + \frac{0,12}{y} \right)$$

$$8,96 = Me \left( \frac{0,48}{y} \right)$$

$$8,96 y = 0,48 Me$$

$$Me = 18,64 y$$

Если  $y = 3$ , то  $Me = 56$ , тогда



$$m(p-pa) = 8,96 + 200 - 0,24 \cdot 38 = 199,84 \text{ г.}$$

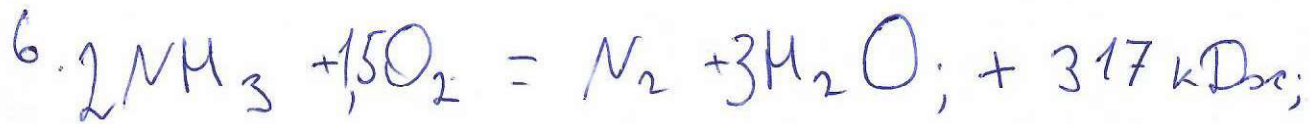
$$n(Fe(NO_3)_3) = \frac{0,12 \cdot 4}{3} = 0,16 \text{ моль.}$$

$$M(Fe(NO_3)_3) = 56 + 3(14 + 3 \cdot 16) = 242 \text{ г/моль.}$$

$$m(Fe(NO_3)_3) = n \cdot M = 38,72 \text{ г.}$$

$$\omega(Fe(NO_3)_3) = \frac{m(Fe(NO_3)_3)}{m(p-pa)} = \frac{38,72}{199,84} = \underline{\underline{19,38\%}}$$





$$Q_{\text{ср NH}_3} = E(\text{N}=\text{N}) + 3(E(\text{H-O}) \cdot 2) - 1,5 \cdot E(\text{O}=\text{O}) - 2 \cdot (E(\text{N-H}) \cdot 3).$$



$$Q_{\text{ср N}_2\text{H}_4} = E(\text{N}=\text{N}) + 2(E(\text{H-O}) \cdot 2) - E(\text{O}=\text{O}) - E(\text{N-N}) - 4 \cdot E(\text{N-H}).$$

$$2 \cdot Q_{\text{ср NH}_3} - 3 \cdot Q_{\text{ср N}_2\text{H}_4} = -E(\text{N}=\text{N}) + 3 \cdot E(\text{N-H})$$

$$E(\text{N-H}) = \frac{2 \cdot Q_{\text{ср NH}_3} - 3 \cdot Q_{\text{ср N}_2\text{H}_4} + E(\text{N}=\text{N})}{3};$$

$$E(\text{N-H}) = \frac{2 \cdot 317 - 3 \cdot 534 + 945}{3} = \frac{-7,67}{3} \text{ kDse/mol};$$

$$E(\text{N-H}) \text{ в } \text{N}_2\text{H}_4 = -4,67 \text{ kDse/mol}$$

7. Предположим, что А и В - сложные эфиры

$$m(\text{КОМ}) = 100 \cdot 1,12 \cdot 0,15 = 16,8 \text{ г};$$

$$n(\text{КОМ}) = \frac{16,8}{56} = 0,3 \text{ моль};$$

У А и В одна общая формула и одна молярная масса, значит

$$M(A) = M(B) = \frac{m(A+B)}{n(\text{КОМ})} \cdot x; \text{ где } x - \text{кол-во эквивалентов}$$

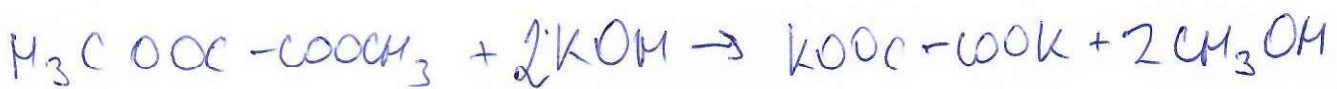
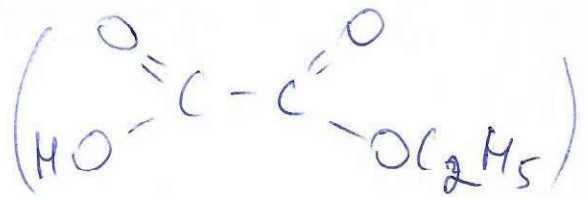
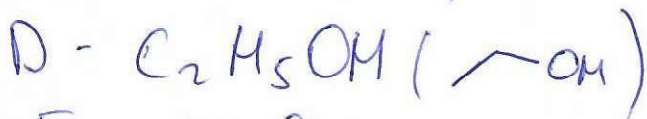
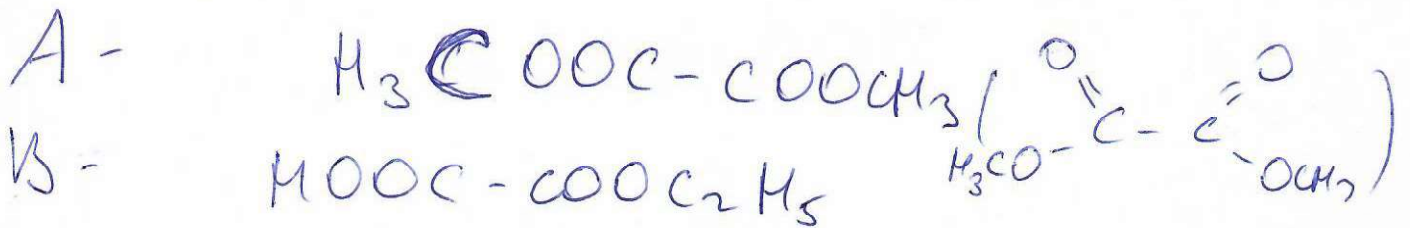
$$M(A) = M(B) = \frac{16,8}{0,3} \cdot x = 56x; \text{ КОМ на одну моль } A+B$$

У сложных эфиров не может быть нечетная атомная масса, значит при  $x=2$ , А и В - сложные эфиры гку  $x$ -основной кислоты с  $M=118$  г/моль;

общая формула  $C_n H_{2n-2} O_4$ , где  $n$  - кол-во атомов С;

$$M(C_n H_{2n-2} O_4) = 14n + 6 \cdot 2 = 118$$

$$n = 4, \text{ тогда:}$$



1. По описанию можно сделать вывод, что

X - стекло

В зависимости от вида стекла в него входят различные элементы, но самые основные это:

Si, O, Ca, Na

Пусть формула Y -  $AO_2$ , тогда

$$m(A) = M(A) = M(A);$$

$$m(O) = M(O) \cdot 2 = 32;$$

$$\frac{m(A)}{m(O)} = 4,345 \quad M(A) = 14021 \text{моль}$$

$$\frac{M(A)}{32} = 4,345; \quad A - \text{Ce}$$

Значит Y -  $CeO_2$

Пусть X -  $BO_2$ , тогда хлорид  $BCl_4$ , тогда:



$$M(BO_2) = M(B) + M(O) \cdot 2 = M(B) + 32;$$

$$M(BCl_4) = M(B) + M(Cl) \cdot 4 = M(B) + 142;$$

$$n(BO_2) = \frac{100}{M(B) + 32} = n(BCl_4) = \frac{234,5}{M(B) + 142}$$

$$100 \cdot M(B) + 14200 = 234,5 \cdot M(B) + 600$$

$M(B) = 48$ , ЗНАЧИТ  
 $B - Ti$ , X -  $TiO_2$

