



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

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Химия**

ФИО участника олимпиады: **Полянская Виктория Игоревна**

Технический балл: **83**

Дата: **12 мая 2020 года**

Олимпиада «Ломоносов»

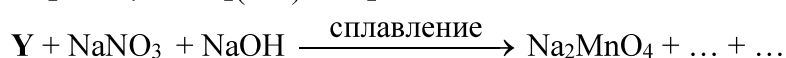
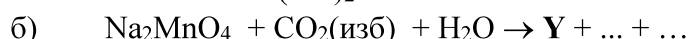
10 класс

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)

Виктория Игоревна Полянская

Решения и ответы даны в виде приложенных файлов

Задача: 1

Ответ: -

Балл: 8

Задача: 2

Ответ: -

Балл: 8

Задача: 3

Ответ: -

Балл: 4

Задача: 4

Ответ: -

Балл: 10

Задача: 5

Ответ: Газы - NO и NO₂. Металл - железо. Подробное решение и уравнения в приложенном файле.

Балл: 13

Задача: 6

Ответ: -

Балл: 12

Задача: 7

Ответ: -

Балл: 14

Задача: 8

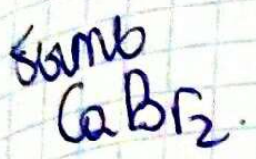
Ответ: Для "подделки" золота используют нитрид титана, диоксид титана, диоксид церия. Полное решение - в приложенном файле

Балл: 14

N1

Бинариум

Веществом может



Бромид

Кальция

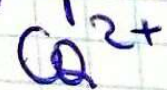
Атом

Кальция

содержит

20 электронов,

ион



содержит

$20 - 2 = 18$ электронов

Атом

Брома

содержит

35 электронов.

ион



содержит

36

электронов,

а два иона

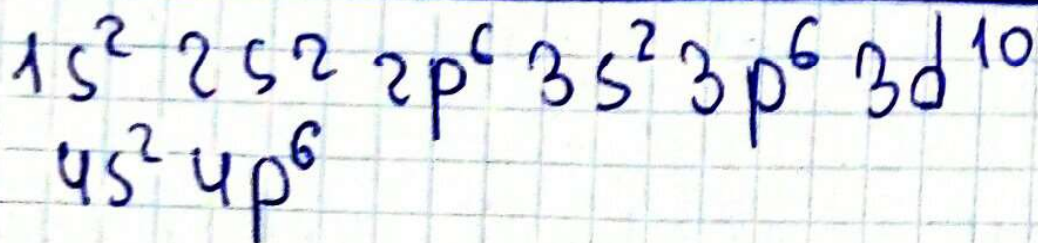


$36 - 2 = 72$ электронов.

$72 : 18 = 4$, что соответствует

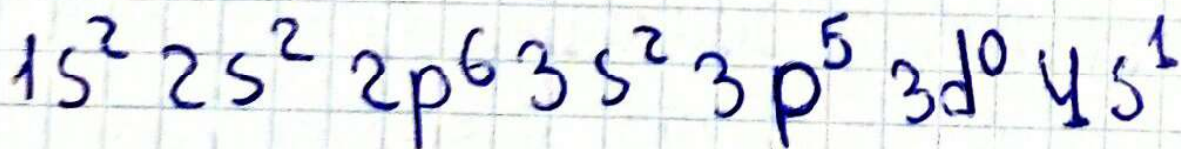
формуле.

Электронная конфигурация
~~иона~~ отрицательного иона брома
Br⁻ в основном состоянии:



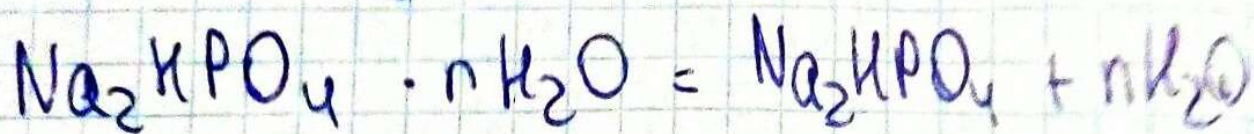
(Для атома брома соответствен-
но: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^5$)

Электронная конфигурация Ca²⁺
в первом возбужденном состоянии:

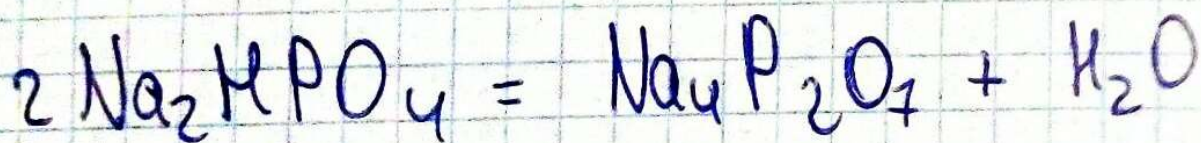


исходное ^{N₂} вещество имеет
формулу $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$

При нагревании оно теряет
кристаллизационную воду:



а затем термолитически преобразуется
в следующий:



“твердое вещество” это $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$
его количество:

$$\frac{7,47}{266} = 0,028 \text{ моль}$$

Моль n (Na_2HPO_4) = 0,056 моль

n ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) также

равно 0,056 моль.

$$M(\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}) = \frac{10}{0,056} = 178,5$$

г/моль.

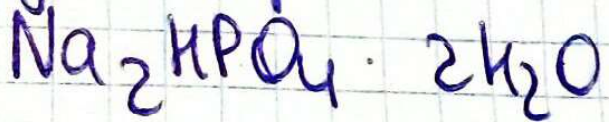
$$\text{масса } M(\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}) =$$
$$= 142 + 18n$$

$$142 + 18n = 178,5$$

$$n \approx 2$$

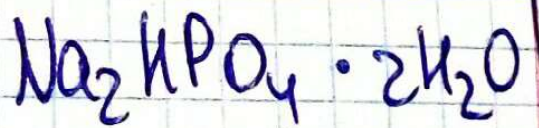
Знаком,
урава

формула кристалло-

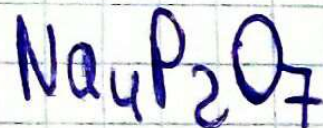


Ответ:

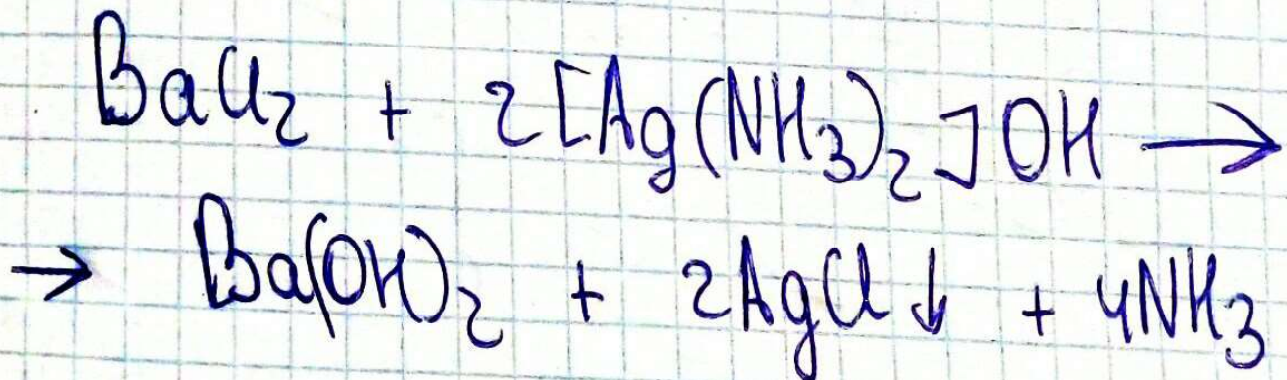
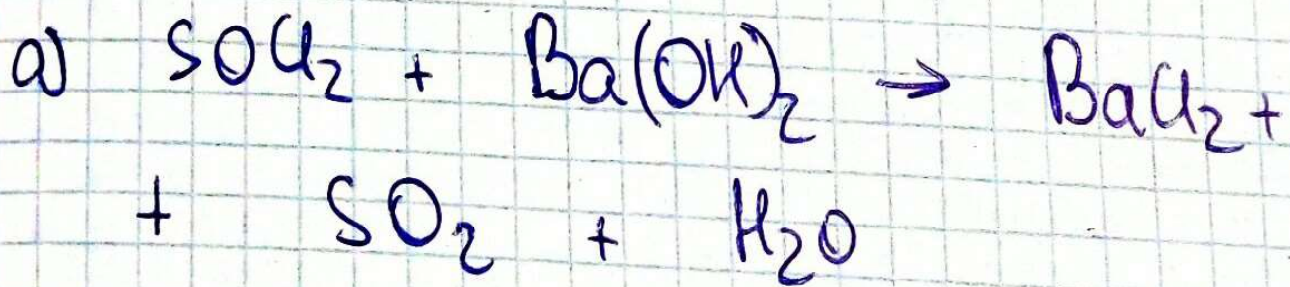
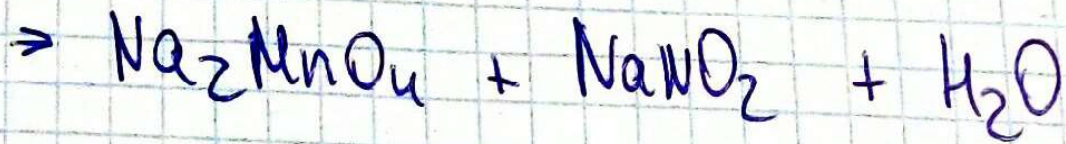
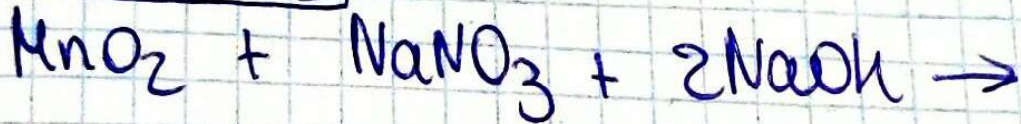
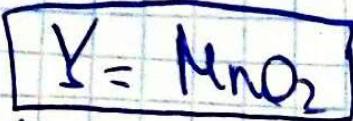
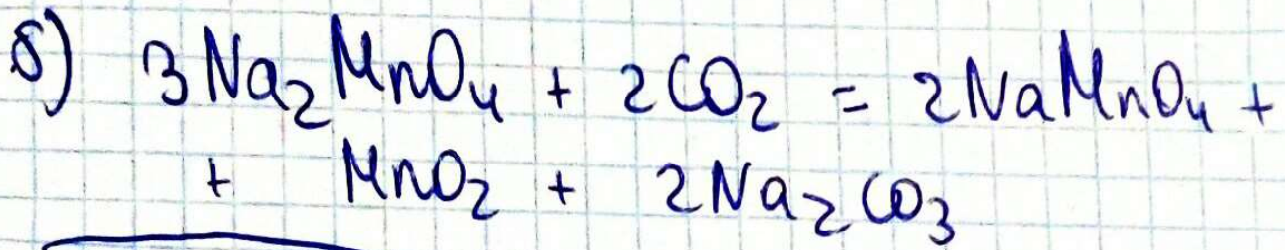
исходное



конечное



N3



4 Решение

$$1) n(\text{NH}_3) = \frac{200}{22,4} = 8,93 \text{ моль}$$

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

1 литр воды весит 1000 грамм.

Масса сухой смеси изоглового

р-ра: $151,8 + 1000 = 1151,8 \text{ грамм}$.

$$\omega(\text{NH}_3) = \frac{151,8}{1151,8} = 13,18\% \quad \text{(или } \sim 13,2\%)$$

2) При охлаждении р-р и выпадении осадка масса аммиака не меняется. Пусть - масса р-р солевого.

$$151,8 \quad 27\%$$

$$x \quad 100\%$$

$x = 562,2$. Это масса р-р после выпадения осадка.

Погра масса बनाबनेको
योगा: $1151,8 - 562,2 = 589,6$ ग्र.

Оन्नेम: $w(NH_3)_{\text{सुख}} = 13,2\%$

$m_{\text{योगा}} = 589,6$ ग्रामम

N5

$$n(\text{газов}) = \frac{5,376}{22,4} = 0,24 \text{ моль.}$$

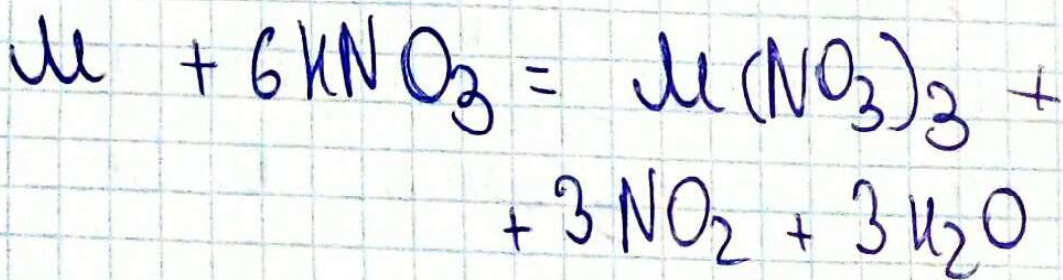
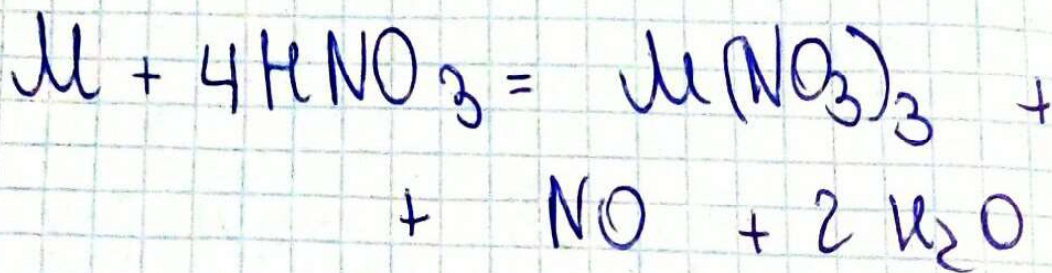
число сред концентрирует, следовательно, сред всего это NO и NO₂. Пусть их количества x и y моль соответственно.

$$\begin{cases} \frac{30x + 46y}{x + y} = 38 \\ x + y = 0,24 \end{cases}$$

Моль $n(\text{NO}) = 0,12$ моль и $n(\text{NO}_2)$ также равно 0,12 моль

NO составляет 50% NO
Объемы, NO₂ - также 50.

Занеши уравнения реакций.



Масса $n(\text{M})_1 = 0,12$ моль

$n(\text{M}_2) = 0,04$ моль

$n(\text{M}) = 0,16$ моль.

$$M(\text{M}) = \frac{8,96}{0,16} = 56 \text{ г/моль,}$$

что соответствует железу.

Предполагаем, что металл
двухвалентный не преводит
к разлитичному металлу.

Знак, металл - металл.

$$n(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3)_1 = 0,12 \text{ моль}$$

$$n(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3)_2 = 0,04 \text{ моль}$$

$$n \text{ Fe}(\text{NO}_3)_3 \text{ общее} = 0,16 \text{ моль}$$

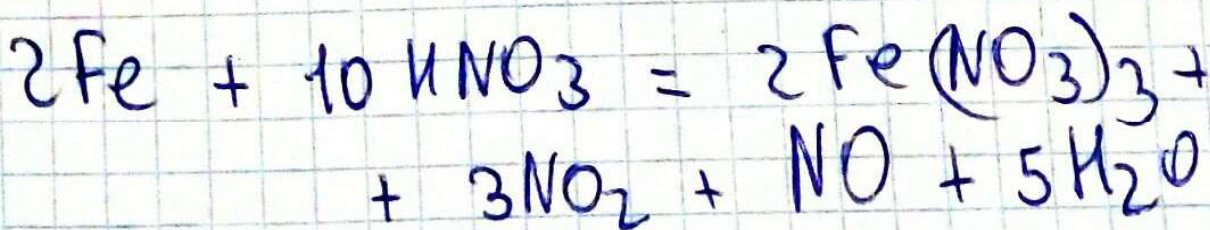
$$m \text{ Fe}(\text{NO}_3)_3 = 0,16 \cdot 242 = \underline{38,72 \text{ г}}$$

$$m \text{ р-ра} = 8,96 + 200 - 30 \cdot 0,12 -$$
$$- 46 \cdot 0,12 =$$

$$= 8,96 + 200 - 3,6 - 5,52 = \underline{199,84}$$

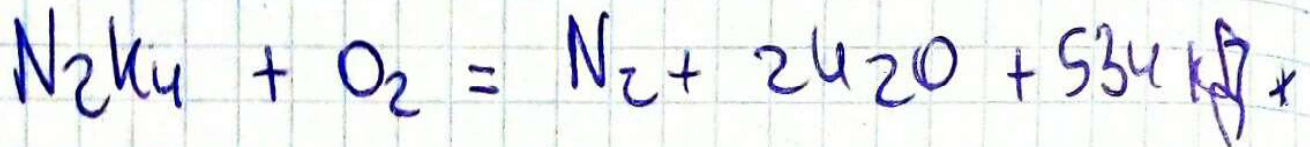
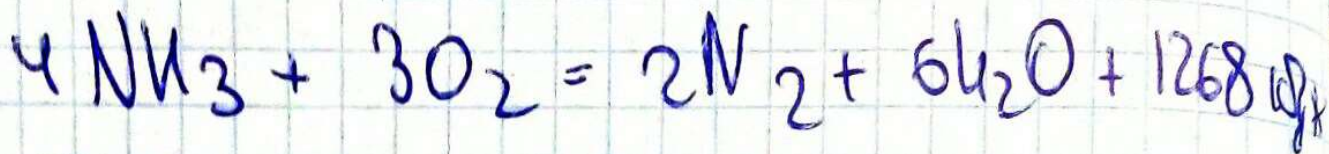
$$\omega(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3) = \frac{38,72}{199,84} = \underline{19,38\%}$$

Суммарное уравнение:



NG

Уравнение сгорания:



Найдем эмпирические формулы.

$$K_{r1} = 12(\text{N-H}) + 3(\text{O-O}) - 2(\text{N}\equiv\text{N}) - 12(\text{O-H})$$

$$K_{r2} = 4(\text{N-H}) + (\text{N-N}) + (\text{O-O}) - \\ - (\text{N}\equiv\text{N}) - 4(\text{O-H})$$

$$3K_{r2} = 12(\text{N-H}) + 3(\text{N-N}) + 3(\text{O-O}) - \\ - 3(\text{N}\equiv\text{N}) - 12(\text{O-H})$$

Выведем $K_{r1} - 3K_{r2}$

$$K_{r1} - 3K_{r2} = 12(\text{N-H}) + 3(\text{O-O}) - 2(\text{N}\equiv\text{N}) - \\ - 12(\text{O-H}) - 12(\text{N-H}) - 3(\text{N-N}) - 3(\text{O-O}) \\ + 3(\text{N}\equiv\text{N}) + 12(\text{O-H})$$

Ищем:

$$K_{r1} - 3K_{r2} = (N-N) - 3(N-N)$$

С другой стороны, чему равно

$$K_{r1} - 3K_{r2}?$$

$$K_{r1} = -1268 \text{ кДж}$$

$$K_{r2} = -534 \text{ кДж}$$

$$-1268 - 3 \cdot -534 = -734 \text{ кДж}$$

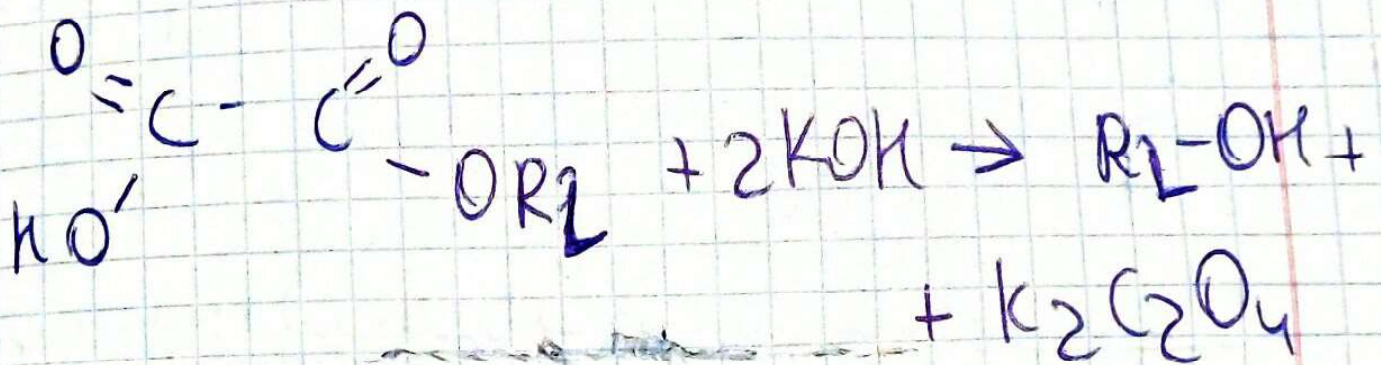
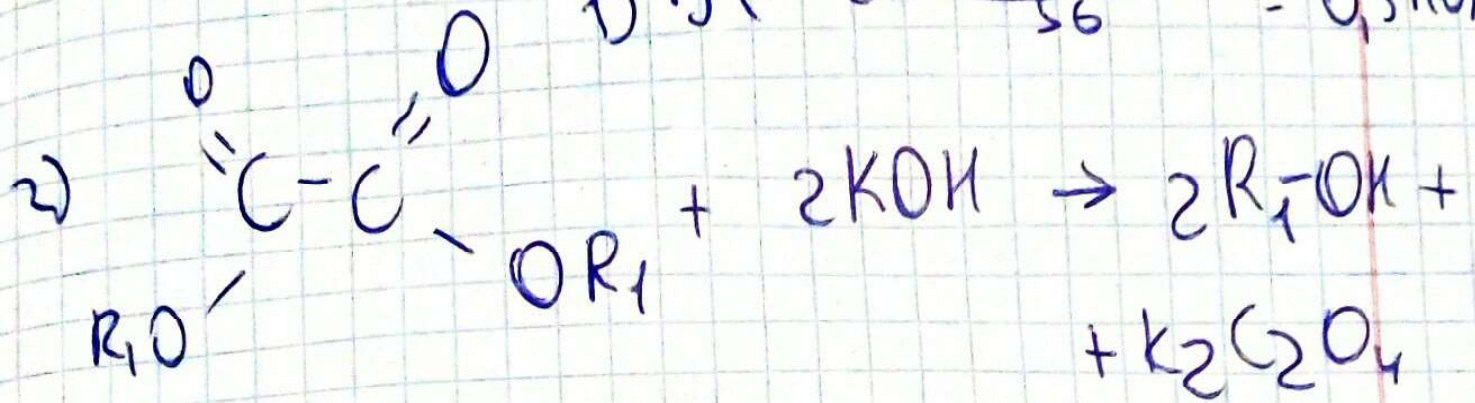
Итак, $K_{r1} - 3K_{r2} = -734$

$$-734 = 945 - 3(N-N)$$

Отсюда $(N-N) = 1679 : 3 = 556,6 \approx$
 $\approx 560 \text{ кДж/моль}$

Ответ: 560 кДж/моль

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

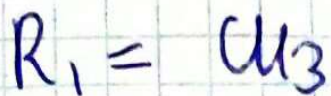


3) М к (R₁-OH): R₂-OH = 2:1 (по условию)
по А: В = 1:1 (по уравн)

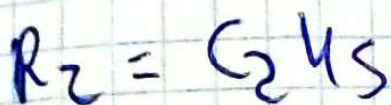
$$\text{Масса } \eta(\text{KOH})_1 = \eta(\text{KOH})_2 = 0,075 \text{ м}$$

4) Масса смеси масл изацетов
А и В равна соответственно
118 г / моль.

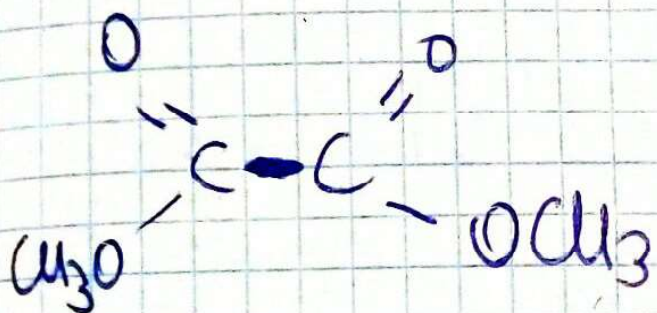
$$R_1 = \frac{118 - 64 - 24}{2} = 15 \text{ /mass}$$



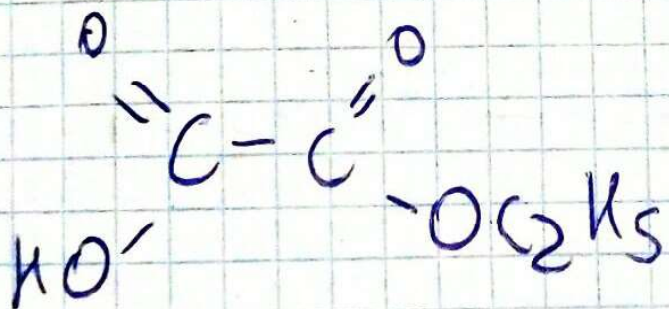
$$R_2 = \frac{118 - 64 - 24 - 1}{1} = 29 \text{ /mass}$$



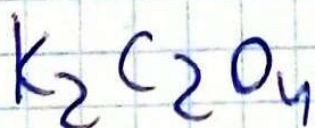
Answer



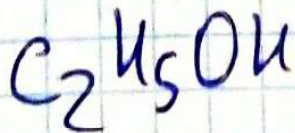
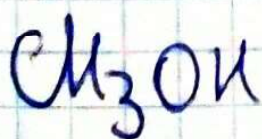
A



B



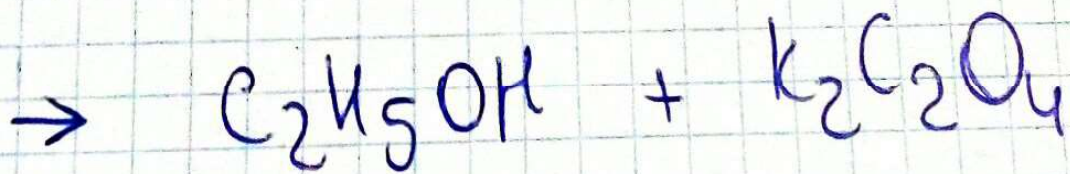
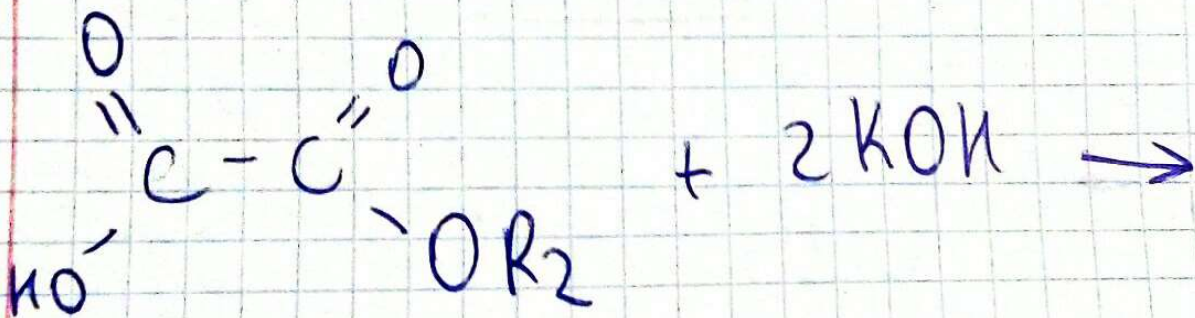
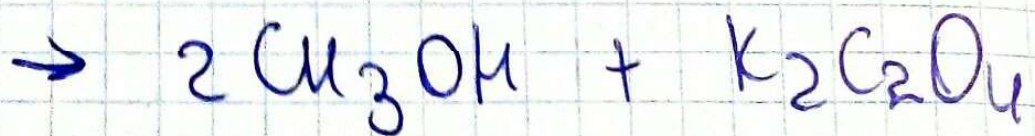
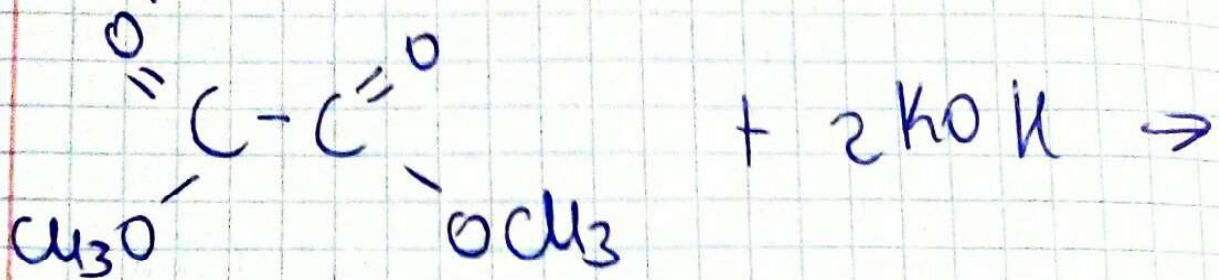
C



~~E~~

~~D~~

Уравнение:



N8

Найдем окисл. Y. Cuo порошка

~~Me~~ MeO₂

$$m(O) = 16 \cdot 2 = 32 \text{ г/моль}$$

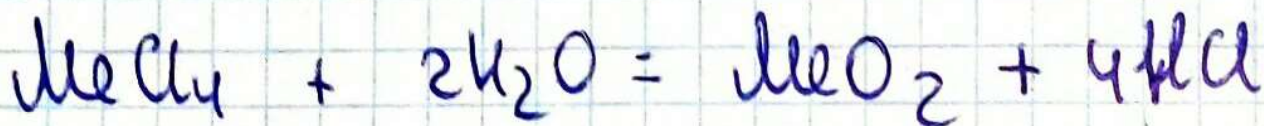
$$m(Me) = 32 \cdot 4,375 = 140 \text{ г/моль}$$

что соответствует цеплю.

Итак, Y = CeO₂.

Рассмотрим окисл 2 Cuo нагр

чаем разными образам:



В обоих случаях $n(MeCl_4) = n(MeO_2)$
Составим уравнение.

$$n(MeCl_4) = ~~Me + 142~~ Me + 142$$

$$n(MeO_2) = Me + 32$$

Масса по условию.

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

Окислитель m (m) = 48 г/моль, что соответствует муману.



Уравнение реакции Z :

