



54-57-62-11  
(63.12)



# МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 1

Место проведения Москва  
город

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов  
наименование олимпиады

по Химии  
профиль олимпиады

Лукашковой Юлианы Сергеевны  
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

21/11/23  
*[Handwritten signature]*

Дата  
« 12 » марта 2023 года

Подпись участника  
*[Handwritten signature]*

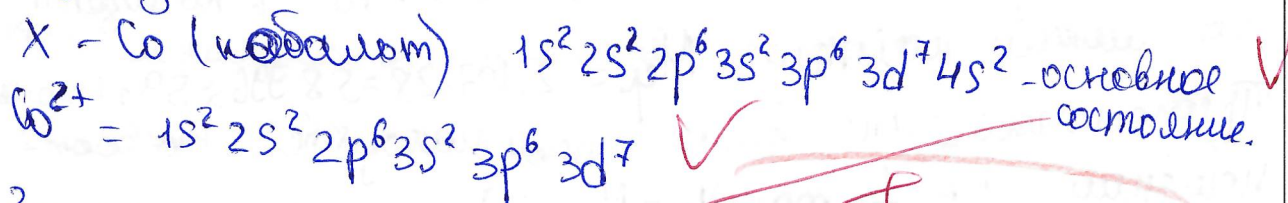
54-57-62-11  
(63.12)

Вариант 1 (Четовин)

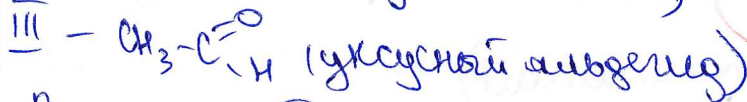
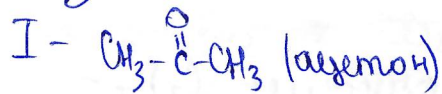
Задача 1.6

Пусть  $x$  — это число неспаренных электронов, тогда  $4x$  — число пар спаренных электронов. П.к. в ядре 2 электрона, то число электронов общее будет равно  $4x \cdot 2 + x = 9x$ , подставляя сюда разные значения  $x$ , мы можем найти число электронов, а соответственно атомный номер.

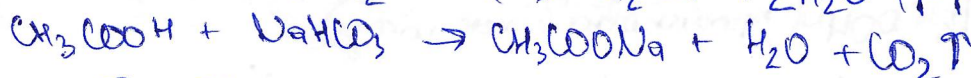
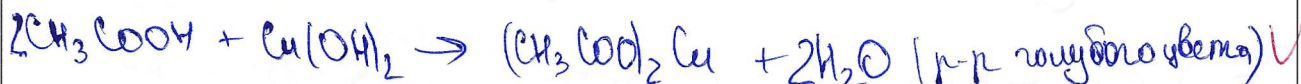
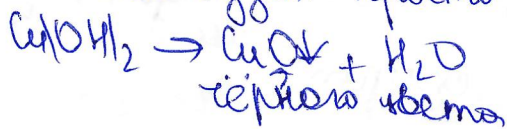
При  $x=1$ , атомный номер 9, это соответствует фтору, но фтор не может проявлять степень окисления +2. При  $x=2$ , у нас получится четный номер, это нам не подходит. При  $x=3$  будет 27, что соответствует  $^{27}\text{Co}$ . Кобальт может проявлять степень окисления +2, поэтому он подходит.



Задача 2.6



Ацетон не будет реагировать с  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ , а при нагревании будет просто разлагаться  $\text{Cu}(\text{OH})_2$



Атомный номер

1	2	3	4	5	6	7	8	9
6	8	10	12	8	14	14	18	90

З

90  
 девяносто

## Задача 3.2

Т.к. в растворе есть  $KNO_2$  и  $H_2SO_4$ , они будут реагировать между собой с образованием  $HNO_2$  (азотистой кислоты). Значит  $HNO_2$  будет присутствовать в р-ре.  $2KNO_2 + H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + 2HNO_2$   
 с  $HNO_2$  реагируют первичные и вторичные амины.

Три р-ции первичных аминов с  $HNO_2$  обр. спирты, в зависимости от строения спирта в реакции окисления могут получаться альдегиды и кетоны (если спирт разветвлен).

Т.к. С и D это изомерное в-ва, то я могу предположить, что А и В это тоже изомерные соединения. Зная их плотность по азоту, мы можем найти  $M_{ср} = 2,107 \cdot 28 = 58,996 \approx 59$  г/моль.  
 Предполагая, что в смеси они находятся в соотношении 1 к 1, то  $M_A = M_B = 59$

т.н.  $R-NH_2$

$M(R) = 43$ , это соответствует радикалу  $C_3H_7-$

А -  $C_3H_7-NH_2$  ( $CH_3-CH_2-CH_2-NH_2$ ) (пропиламин) ✓

В -  $H_3C-\overset{CH_3}{\underset{H}{|}{C}}-NH_2$  (изопропиламин) ✓

С -  $C_3H_7-OH$  ( $CH_3-CH_2-CH_2-OH$ ) пропиловый спирт ✓

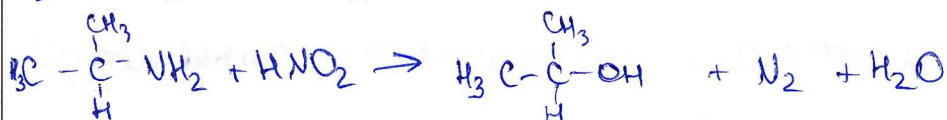
Д -  $CH_3-\overset{OH}{\underset{|}{C}}-CH_3$  изопропиловый спирт ✓

Е -  ~~$C_3H_7$~~   $C_2H_5COOH$  (пропановая кислота)

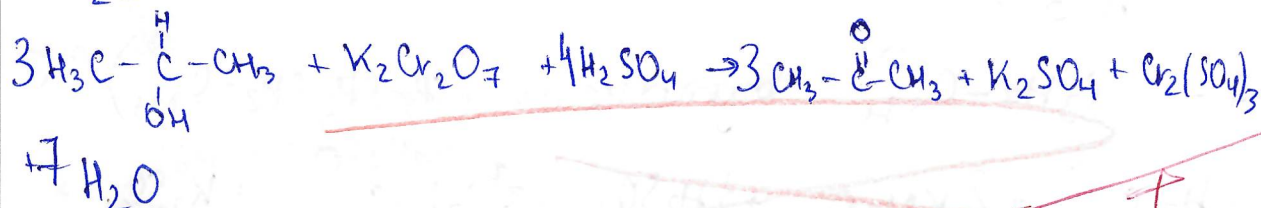
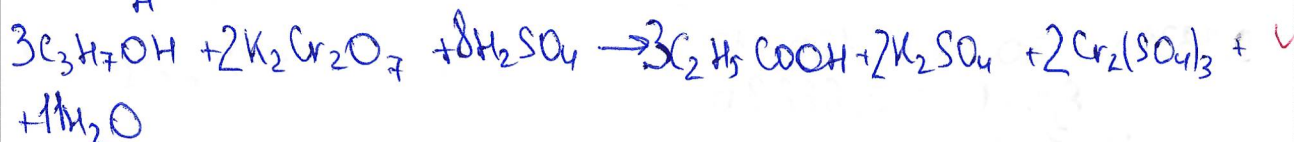
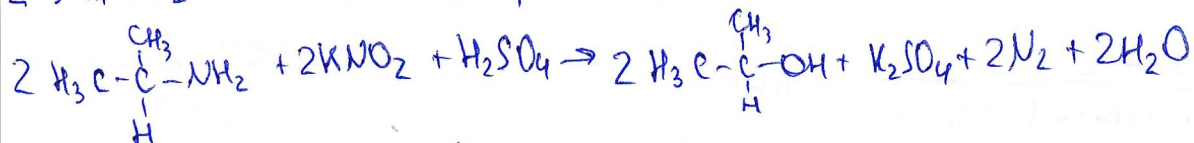
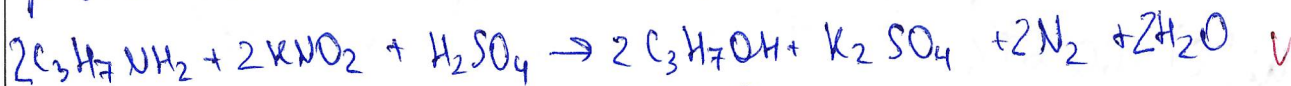
Ф -  $CH_3-\overset{O}{\parallel}{C}-CH_3$  (ацетон (диметилкетон)) ✓

54-57-62-11

(63.12)



р-чем можно написать ещё так:



Задача 4.5.

$$m(H_2O) = 3,276 \text{ кг} = 3276 \text{ г}$$

$$n(\text{или количество}) = 3276 : 18 = 182 \text{ моль}$$

$$Q = c m \Delta T = 75,31 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К} \cdot 182 \text{ моль} \cdot 69 \text{ К} = 945743 \text{ Дж} = 945,743 \text{ кДж}$$



$$Q_{р-чем} = 6 \cdot 393,5 + 6 \cdot 285,8 - 2 \cdot (-20,4) = 4116,6 \text{ кДж}$$

$$Q_{р-чем} = 2058,3 \text{ кДж/моль} \quad \checkmark$$

$$2058,3 - 1 \text{ моль}$$

$$945,743 - x$$

$$x = 0,46 \text{ моль}$$

$$30^\circ C = 303 \text{ K} \quad r = 10 \text{ мм. рт. ст.} = 94,66 \text{ Па (по пропорции)}$$

$$pV = nRT$$

$$V = \frac{nRT}{p} = \frac{0,46 \cdot 8,314 \cdot 303}{94,66} = 12,24 \text{ дм}^3 = 12,24 \text{ л} \quad \checkmark$$

Задание 5.1.

711.к. А - циклический насыщенный алифатический, то его формула  $C_n H_{2n+1} C(=O)H$

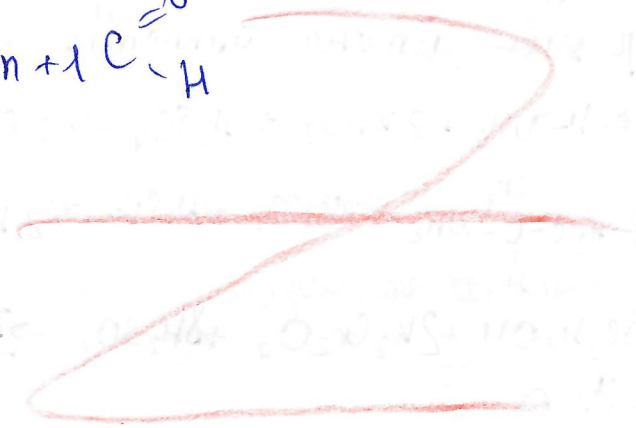
$w(C) = 66,67\%$

$$\frac{12n + 12}{12n + 2n + 1 + 12 + 16 + 1} = 0,6667$$

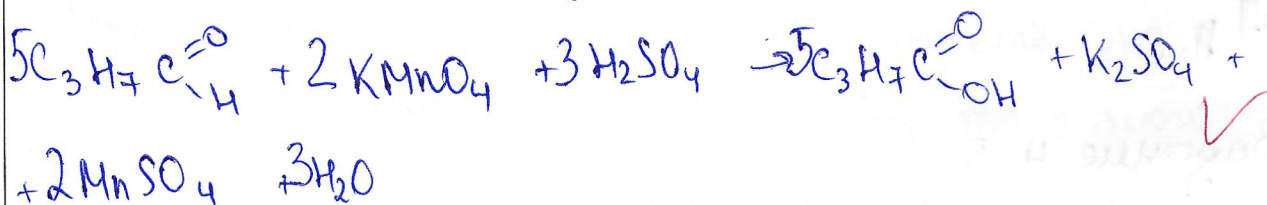
$$9,3338n + 20,001 = 12n + 12$$

$$8,001 = 2,6662n$$

$n = 3 \checkmark$



А -  $C_3H_7-C(=O)H$  Бутаналь ( $CH_3-CH_2-CH_2-C(=O)H$ )  $\checkmark$



Б -  $C_3H_7COOH$  ( $CH_3-CH_2-CH_2-C(=O)OH$ ) Бутановая кислота

Если кислота реагирует со спиртом, то бор. эфир. В эфире 2 атома углерода (т.к. у нас монокарбоновая кислота)

$w(O)_{в А} = 0,2222 = 22,22\%$ , значит и в Д такое же.

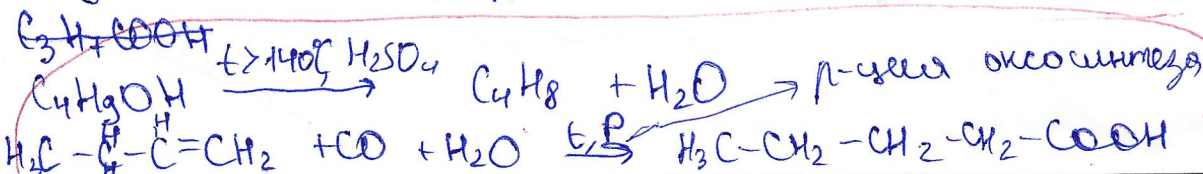
$C_3H_7C(=O)O-R$  - соединение Д.

$$\frac{16 \cdot 2}{87 + R} = 0,2222, \quad R = 57, \text{ что соответствует радикалу } C_4H_9-$$

С -  $C_4H_9OH$  (бутановой спирт)  $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-OH$

Д -  $C_3H_7C(=O)O-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3 \checkmark$

Бутановой эфир Бутановой кислоты



Задача 6.1.

Растворимость  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  на 100 г  $\text{H}_2\text{O}$  в 21,8 г на 100 г

$$\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) \text{ в такой р-ре} = \frac{21,8}{121,8} \cdot 100\% = 17,89\%$$

 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  -  $x$  моль

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 106x$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = V \cdot \rho = 183,7 \cdot 1 = 183,7 \text{ г}$$

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 286x$$

$$\frac{106x}{286x + 183,7} = 0,1789$$

$$51,1654x + 32,864 = 106x$$

$$32,864 = 54,8346x$$

$$x = 0,6 \text{ моль}$$

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 63,6 \text{ г}$$



Пусть  $n(\text{CO}_2)$  в первой р-ции =  $3x$ , тогда  $n(\text{CO}_2)$  во 2-й р-ции =  $6x$  (моль пропорциональны объёму)

$$3x + 6x = 0,6$$

$$x = 0,066667$$

$$n(\text{CO}_2) \text{ в 1-й р-ции} = 0,2 \text{ моль}$$

$$n(\text{CO}_2) \text{ в 2-й р-ции} = 0,4 \text{ моль}$$

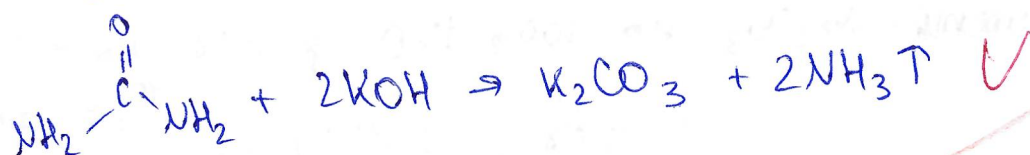
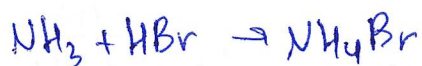
$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3) \text{ в 2-й р-ции} = 0,4 \text{ моль}, m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 42,4 \text{ г}$$

$$m \text{ р-ра в 2-й р-ции} = 42,4 : 0,1789 = 237 \text{ г}$$

$$m \text{ конечного р-ра} = 237 + 200 - 0,4 \cdot 44 = 419,4 \text{ г}$$

$$\omega(\text{NaNO}_3) = \frac{0,4 \cdot 2 \cdot 85}{419,4} \cdot 100\% = 16,2\% \quad \checkmark$$

Задача 7.2.

A -  $\text{NH}_3$  (аммиак)

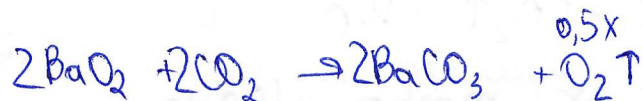
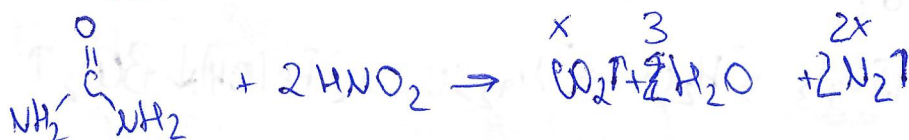
$$V(\text{HBr}) = 300 \text{ мл}, \quad c = 1,03 \text{ М} \quad n(\text{HBr}) = 0,309 \text{ моль} \quad \checkmark$$

$\text{pH} = 1,52$  после р-ции, значит  $c(\text{H}^+) = 0,03 \text{ моль/л}$

$$c(\text{H}^+) = c(\text{HBr}) = 0,03 \text{ моль/л} \quad n(\text{HBr}) = 0,1 \text{ моль} \text{ осталось}$$

после р-ции. На реакцию пошло  $0,209 \text{ моль HBr}$

$$n(\text{NH}_3) = 0,209 \text{ моль}$$



$$2x + 0,5x = 0,209 : 2$$

$$2,5x = 0,1045$$

$$x = 0,0418 \text{ моль}$$

$$n(\text{NH}_2\text{CO NH}_2) = 0,0418 + 0,1045 = 0,1463 \text{ моль}$$

$$c \text{ мочевины} = \frac{0,1463}{0,2} = 0,7315 \text{ моль/л}$$

Черновик

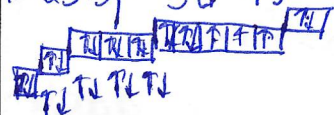
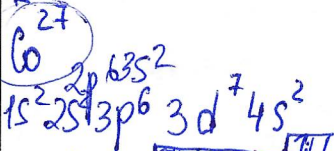
Задача 1.

X - четный номер

4x - свободных электр. число пар

x - неспареных.

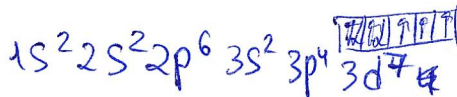
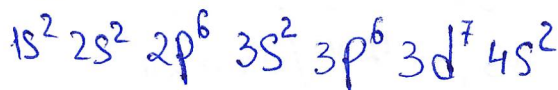
B 5 B-бор



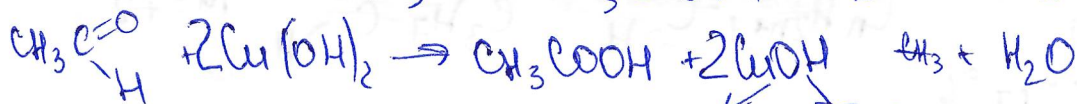
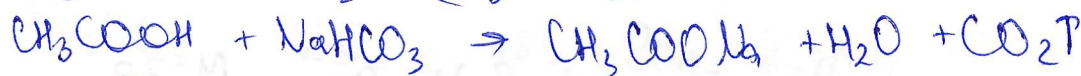
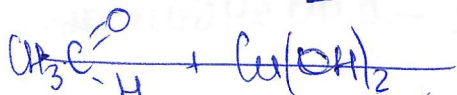
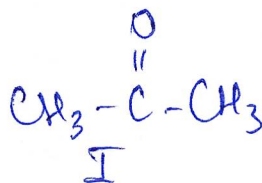
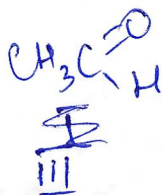
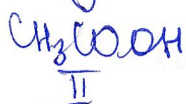
$$4x \cdot 2 + x$$

$$8x + x = 9x \text{ электронов}$$

27 Co



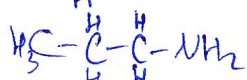
Задача 2



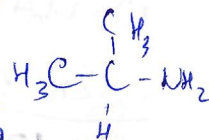
Задача 3

A + B

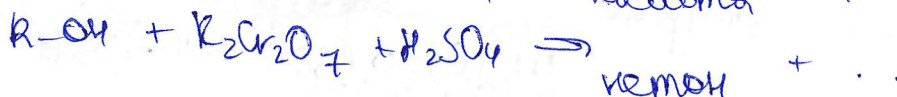
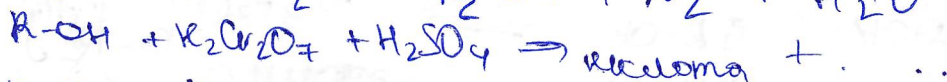
$$\rho_{N_2} = 2,107$$



$$M_{\text{гр.}} = 58,996$$



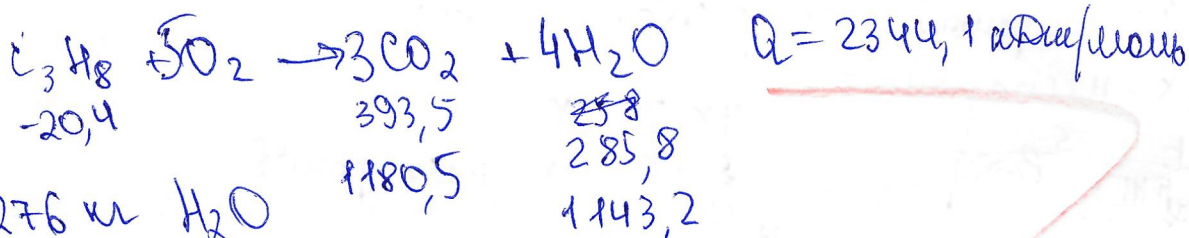
$\text{KNO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{HNO}_2$  реагирует с аминами





Задача 4

30°C <sup>303K</sup>  
 710 мм рт ст - 94,66 кПа  
 760 - 101,325      V = 10,74 л



от 23 до 92°C  
 $C_{H_2O} = 75,31$  Дж/моль·K

$Q = cm \Delta t$

~~$Q = 2344,1 \cdot 10^3$  Дж =~~

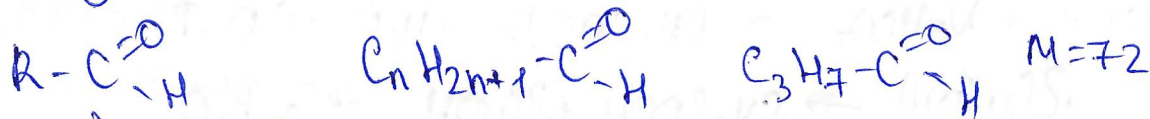
3,276 м H<sub>2</sub>O  
 n = 182 моль

75,31 · 182 · 69

$Q = 945742,98$  Дж = 945,743 кДж - 0,40346 моль

2344,1 - 1 моль

Задача 5



w(C) = 66,67%

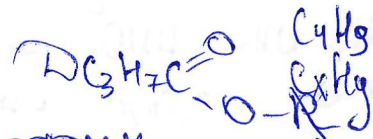
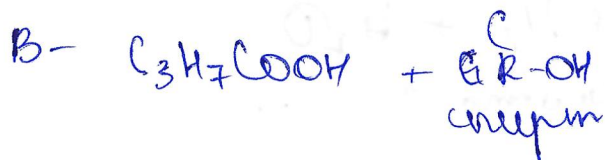
$\frac{12n+12}{12n+12+2n+1+16+1} = 0,6667$

$\frac{12n+12}{14n+30} = 0,6667$

9,3338n + 20,001 = 12n + 12

8,001 = 2,6662n

n = 3



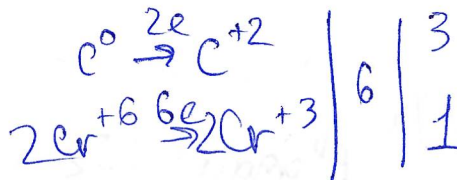
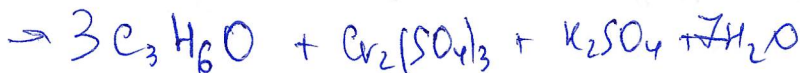
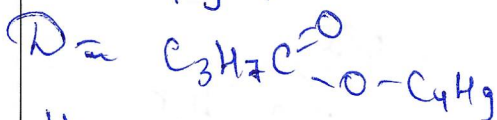
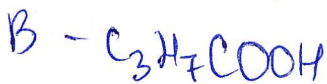
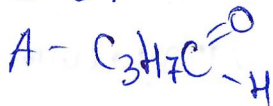
эфир  
 $w(C) = 0,6667$        $w(H) = 0,111$   
 $w(O) = 0,222$

$$\frac{12x + 48}{87 + 12x + y} = 0,6667$$

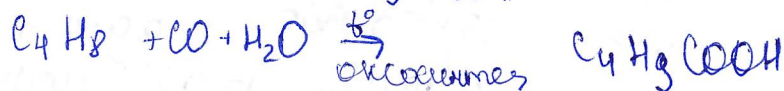
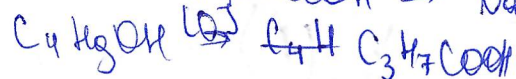
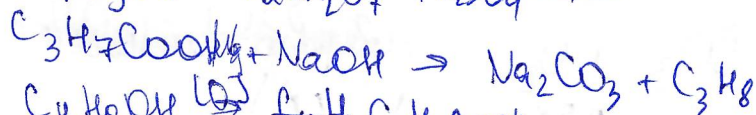
$$\frac{32}{87 + R} = 0,2222$$

$$87 + R = 144,144$$

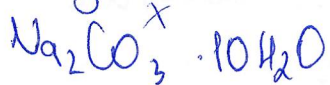
$$R = 57$$



Надо получить  $C_4H_9COOH$



Задача 6

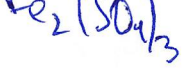


$$m = 171,6$$

$$355,3$$



$$0,3$$



$$106x$$

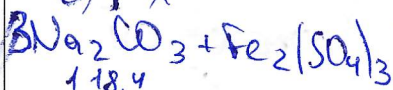
$$286x + 183,7 = 0,178882$$

$$51,188852x + 32,88 = 106x$$

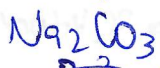
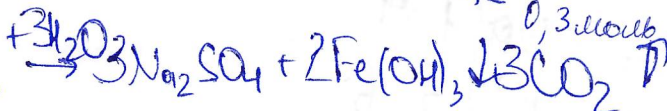
$$32,88 = 54,81148x$$

$$x = 0,6 \text{ моль}$$

$$0,7x$$



$$118,4$$



$$0,3$$



$$200,2$$



$$0,6$$



$$18,0$$

$$m = 237,2$$

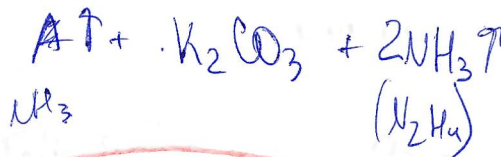
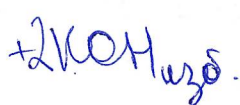
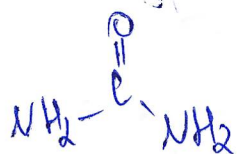
$$0,4$$

$$m_{\text{ра}} = 419,42$$

$$w(NaNO_3) = \frac{68}{419,4} = 16,2\%$$

Задача 7

200 мл



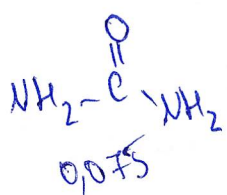
0,29994 моль

0,15 моль  
A + HBr

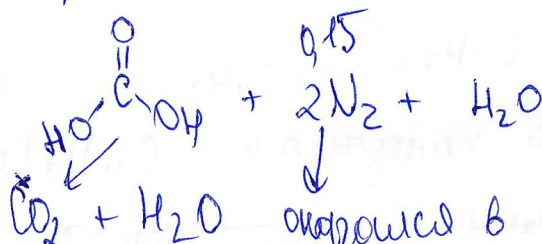
300 мл

c = 1,03 моль/л

pH стам = 1,52



0,075



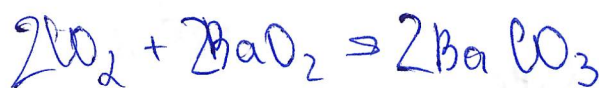
0,15



окажущся в

2 раза меньше

✓ (A)



0,5x



$$0,5x + 2x = 2,5x = 0,1045 \quad x = 0,0418 \text{ моль}$$

$$n(\text{моноваленты}) = 0,225 \text{ моль}$$

~~0,309 м~~

pH = 0,51

$$\text{pH} = -\log(0,012837224) \quad c = 1,25 \text{ моль/л}$$

pH = 1,52

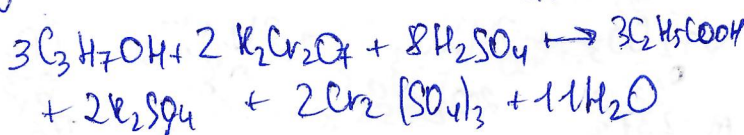
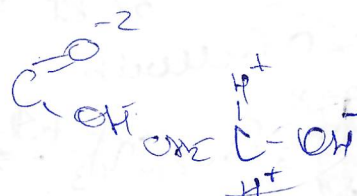
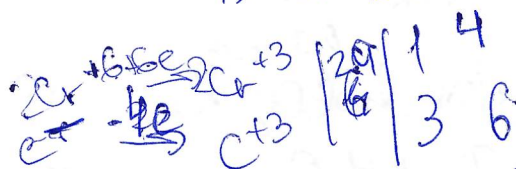
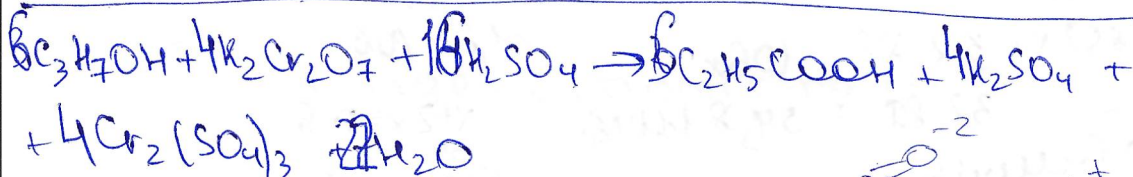
$$n_{\text{базиса}} = 0,309 \text{ моль}$$

$$c_{\text{ст.}} = 0,0302 \text{ M}$$

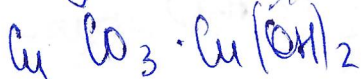
$$0,0302$$

$$n = 9,06 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

0,29994 моль пошло на р-цию



Задача 8



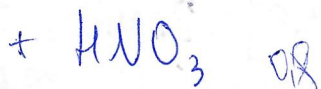
$m = 146,72$

$FeCO_3 = 0,6$

по количеству это

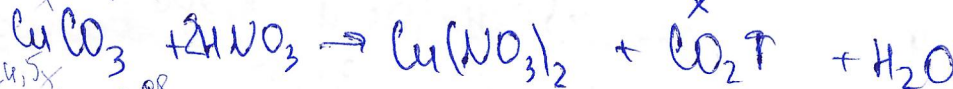


$20,6$   
 $47,75$   
 $124$

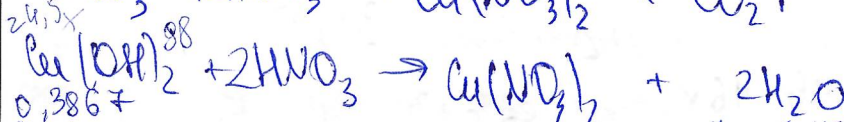


$0,65$   
 $x$

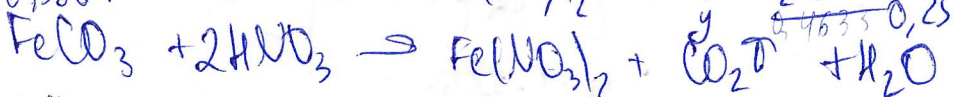
$FeCO_3 = 292$



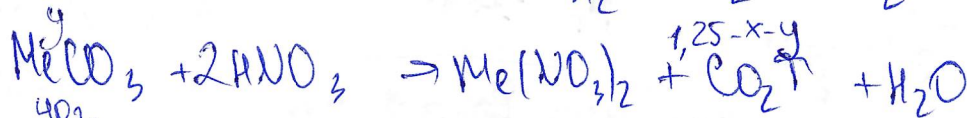
$CaCO_3 = 402$



$62,72$

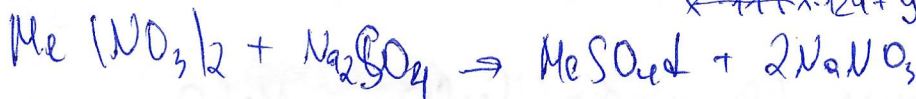


$96$



$n(CO_2) = 1,25$  моль

$x \cdot 222 + y \cdot 116 = 106,7$   
 $x \cdot 124 + y \cdot 116 = 69$



$MeSO_4 \cdot 2H_2O = 68,82$

$x + y = 0,85$   $y = 0,123$   
 $x = 0,463$

$FeCO_3 + CuCO_3 = 692$

$0,65$

~~$x \cdot 124 + x \cdot 98 + y \cdot Me$~~

$\begin{cases} x \cdot 116 + 124y = 69 \\ (1,25 - x - y)(Me + 132) = 68,8 \end{cases}$

$x + y = 0,65$

$x \cdot 124 + y \cdot (Me + 60) = 77,7$

$222x + y \cdot Me + 60y = 77,7$

$x + y = 0,65$

$y = 0,65 - x$

$222x + 0,65Me - x \cdot Me + 39 - 60x = 77,7$

$162x + 0,65Me - x \cdot Me = 38,7$

$122x = 12,7$

$x = 0,10409$

$116x = 69 - 124y$

$x = 0,59483 - 1,07y$

$(1,25 - 0,59483 - 1,07y - y) \cdot (Me + 132) = 68,8$

$(0,65517 - 2,07y) \cdot (Me + 132) = 68,8$

$Be = y = 0,08$

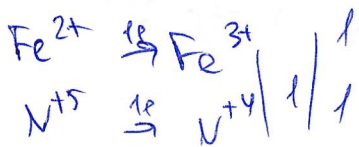
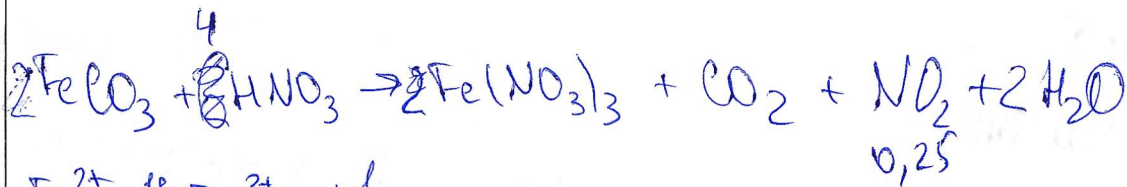
$Mo = y = 0,10345$

$Ca = y = 0,1233$

$0,4826 = y$   $Br = y = 0,16543$

$y = 0,546$  моль

$Br = y = 0,193$



$\text{FeCO}_3 = 0,25$  моль

$n = 0,0409$  моль

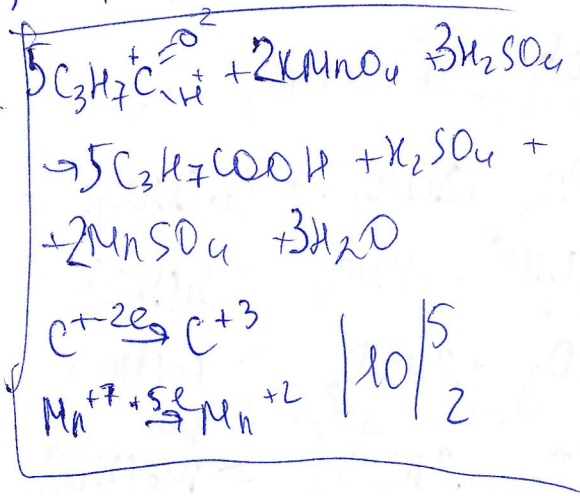
Мэф. = 44,4

$44,4 = 44x + 46 - 46x$

~~$-1,6x$~~

$-1,6 = -2x$

$x = 0,8$



$x = 0,8$

1 моль  $\text{CO}_2$

0,25 моль  $\text{NO}_2$

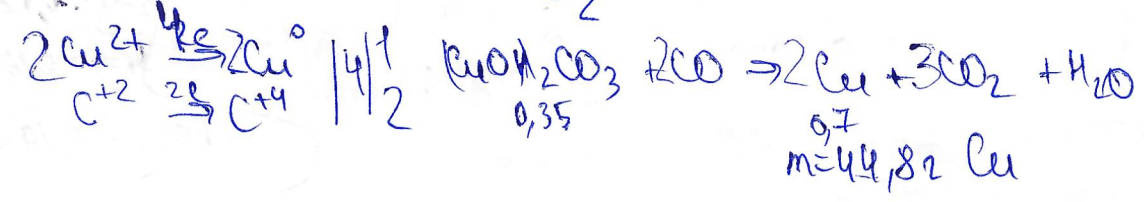
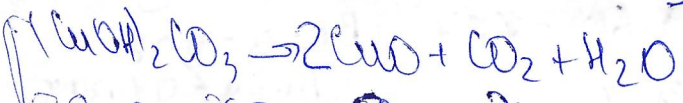
292  $\text{FeCO}_3$

0,75 моль  $\text{CO}_2$  это  $\text{CaCO}_3$  и  $\text{MgCO}_3$

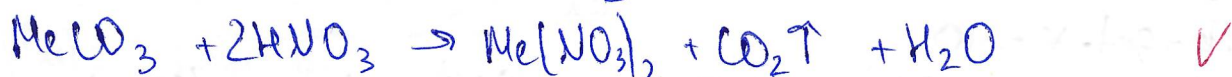
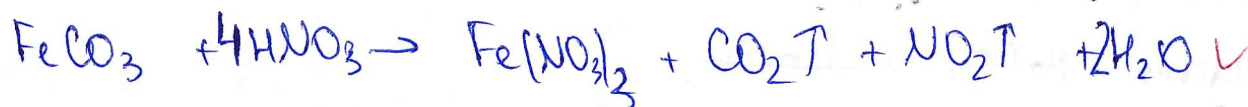
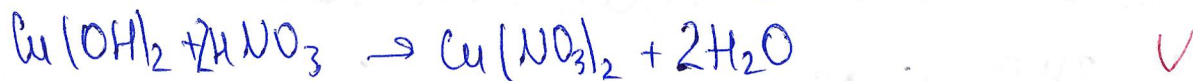
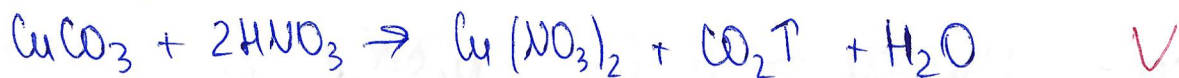
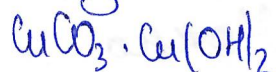
0,35	"
11	40
4,34	

$\text{Cu(OH)}_2 = m = 34,32$

$\text{CaCO}_3$  и  $\text{FeCO}_3$  не раств.



Задача 8.5.



$\rho_{\text{возд}} = 1,816 \text{ г/л}$ , можем найти среднюю молярную массу.

$$PV = nRT$$

$$101,325 \cdot 1 = n \cdot 8,314 \cdot 298$$

$$n = 0,040897 \text{ моль}$$

$$M_{\text{ср.}} = \frac{m}{n} = \frac{1,816}{0,040897} = 44,4 \quad \checkmark$$

Пусть  $x$  - объёмная доля  $\text{CO}_2$ , тогда  $1-x$  - объёмная доля  $\text{NO}_2$

$$44x + 46(1-x) = 44,4 \quad \checkmark$$

$$x = 0,8$$

Я решила, что водородная  $\text{NO}_2$ , потому что у него  $M$  больше 44.  $\checkmark$

$$V = 30,56 \text{ л}$$

$$n_{\text{мисш}} = \frac{P \cdot V}{R \cdot T} = \frac{101,325 \cdot 30,56}{8,314 \cdot 298} = 1,25 \text{ моль} \quad \checkmark$$

$$n(\text{CO}_2) = 1 \text{ моль}$$

$$n(\text{NO}_2) = 0,25 \text{ моль}$$

$$m(\text{FeCO}_3) = n \cdot M = 0,25 \cdot 116 = 29 \text{ г}$$

В избытке водного аммиака будут раство-  
ряться только соединения меди. Можно  
предположить, что  $\text{MeCO}_3$  не растворится.

$$m(\text{MeCO}_3) = 692 - 292 = 402$$



$$\text{MeSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = 68,82$$

~~Пусть  $\text{MeCO}_3$  x моль.~~

$$\text{Me} + 60 \cdot x = 40$$

$$m(\text{Cu(OH)}_2 \cdot \text{CuCO}_3) = 77,72; \quad m(\text{Cu(OH)}_2) = 34,32 \quad m(\text{CuCO}_3) = 43,42$$

$$n(\text{Cu(OH)}_2 \cdot \text{CuCO}_3) = 0,35 \text{ моль}$$

$$n(\text{CO}_2) \text{ в р-ции с CuCO}_3 = 0,35 \text{ моль}$$

$$n(\text{CO}_2) \text{ в р-ции с MeCO}_3 = 1 - 0,25 - 0,35 = 0,4 \text{ моль}$$

$$n(\text{MeCO}_3) = 0,4 \text{ моль}, \quad m = 402 \quad M = 1002 / \text{моль}$$

Me это Cu

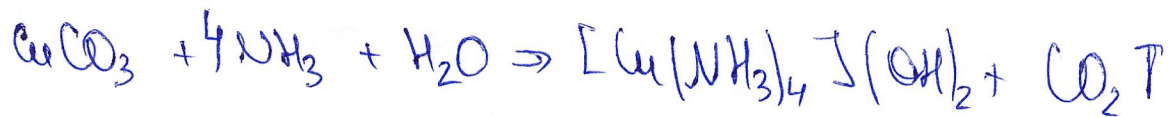
Так же это подтверждает подтверждает  
m  ~~$\text{MeCO}_3 \cdot 2$~~   $\text{MeSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Только неизвестной металлы может  
входить в осадок, т.к. сульфаты  $\text{Cu}^{2+}$  и  
 $\text{Fe}^{3+}$  растворились.

$$n(\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 68,8 : 172 = 0,4 \text{ моль}$$

Неизвестной минерал это  $\text{CaCO}_3$   
Реакции.





$$n(\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{CuCO}_3) = 0,35 \text{ моль}$$

$$n(\text{Cu}) = 0,7 \text{ моль}$$

$$m(\text{Cu}) = 44,82 \text{ г} \quad \checkmark$$



