



34-74-94-61  
(56.5)



# МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 1

Место проведения Москва  
город

+ / хим  
+ / место  
Фон

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов  
наименование олимпиады

по химии  
профиль олимпиады

Батурина Кирилла Андреевича  
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Роткоз 1505-1509

Дата

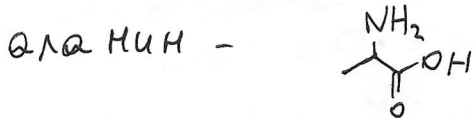
«03» марта 2024 года

Подпись участника

[Signature]

34-74-94-61  
(56.5)

Чистовик: задача 1.5



96

девятого  
шесть

самая кислая среда будет наблюдаться у раствора глутаминовой кислоты. Она имеет 2-COOH-группы, которые и ~~определяют~~ <sup>придают</sup> кислотность раствору). Соответственно, глутаминовая кислота находится в банке 2

самая щелочная среда будет наблюдаться у раствора лизина. (2 NH<sub>2</sub>-группы придают щелочную среду раствору). Соответственно, лизин находится в банке 3.

среда, близкая к нейтральной, будет наблюдаться у раствора аланина. Соответственно, аланин находится в банке 1.

Ответ: 1-аланин  
2-глутаминовая кислота  
3-лизин.

Аланин

1/2/3/4/5/6/7/8/9  
6/10/12/14/16/18/20

Чистовое. Задача 2.1.

$$D(\text{H}_2) = 2,2 ; M = D(\text{H}_2) \cdot M(\text{H}_2) = 2,2 \cdot 2 = 4,4 \text{ г/моль}$$

$$42,4 = M(\text{CO}) \cdot X(\text{CO}) + M(\text{CO}_2) \cdot X(\text{CO}_2)$$

$X(\text{CO}_2) = 1 - X(\text{CO})$ ;  $M(\text{CO}) = 28 \text{ г/моль}$ ;  $M(\text{CO}_2) = 44 \text{ г/моль}$   
 принимаем  $X(\text{CO})$  за  $x$   
 Получаем уравнение:

$$42,4 = 28 \cdot x + 44 \cdot (1-x)$$

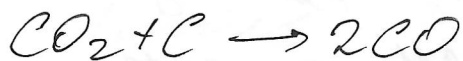
$$42,4 = 28x + 44 - 44x$$

$$-1,6 = -16x$$

$$x = 0,1$$

$$X(\text{CO}) = 0,1 ; X(\text{CO}_2) = 1 - 0,1 = 0,9$$

с раскаленным углем будет реагировать  $\text{CO}_2$ :



допустим, у нас изначально было 1 моль смеси.  
 Значит, после реакции смеси с углем мы  
 получили 1,5 моль смеси  $\text{CO}$  и  $\text{CO}_2$ .  
 допустим, прореагировало  $x$  моль  $\text{CO}_2$ . На  
 выходе мы получим  $2x$  моль  $\text{CO}$ .

$$0,5 = 2x - x ; 0,5 = x. \text{ Значит, прореагировало}$$

0,5 моль  $\text{CO}_2$  и образовалось 1 моль  $\text{CO}$ .

Смешаем сульфиды и оксиды кол-ва и мольные  
 доли газов на выходе:

$$n(\text{CO}) = 0,1 \cdot 1 + 1 = 1,1 \text{ моль}$$

$$n(\text{CO}_2) = 0,9 \cdot 1 - 0,5 = 0,4 \text{ моль}$$

$$X(\text{CO}) = \frac{1,1}{1,5} = 0,733 ; X(\text{CO}_2) = \frac{0,4}{1,5} = 0,267$$

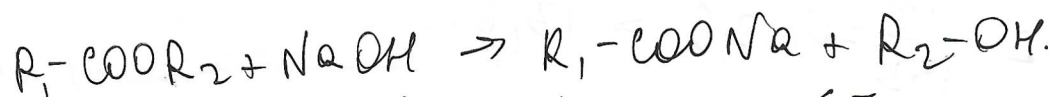
$$M(\text{смеси}) = 0,733 \cdot 28 + 0,267 \cdot 44 = 32,272 \text{ г/моль}$$

$$D(\text{H}_2) = \frac{M(\text{смеси})}{M(\text{H}_2)} = \frac{32,272}{2} = 16,136$$

Ответ:  $D(\text{H}_2) = 16,136$

34-74-94-61  
(56,5)

исходник: задание 3.5



$$m(\text{соли}) + m(\text{спирта}) = 44 + 23 = 67 \text{ г}$$

$$m(\text{NaOH}) = 67 - 47 = 20 \text{ г}$$

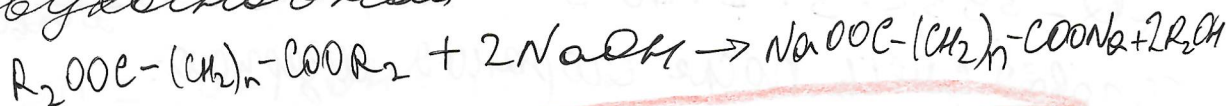
$$n(\text{NaOH}) = 0,5 \text{ моль}$$

~~атомная масса~~

$$n(\text{соли}) = 0,5 \text{ моль}$$

$$M(\text{соли}) = \frac{44}{0,5} = 88 \text{ г/моль}$$

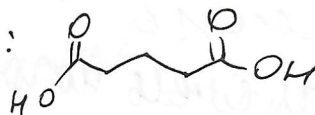
поставлено молярную массу не подходит никакой  $R_1$  соответственно, кислота - двухосновная



$$n(\text{соли}) = 0,25$$

$$M(\text{соли}) = 176$$

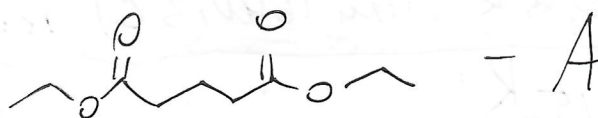
в качестве кислоты подходит пентадионовая (глютаровая) кислота:



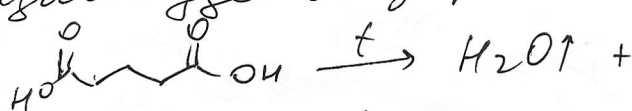
$$n(R_2OH) = 0,5 \text{ моль}$$

$$M(R_2-OH) = \frac{23}{0,5} = 46 \text{ г/моль} - 70 \text{ этанол } (C_2H_5OH)$$

соответственно, эфир - диэтиловый эфир пентадионовой кислоты



при нагревании глютаровая кислота образует ангидрид с выделением одной молекулы воды. Т.е. ангид - 6-членный цикл, дегидратация идет внутри молекулярной:

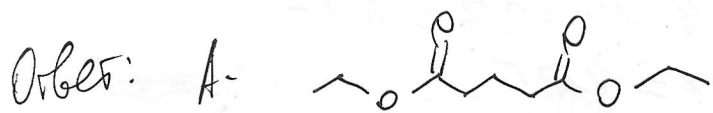


$$M(\text{к-ты}) = 132 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{ангидрид}) = 114 \text{ г/моль}$$

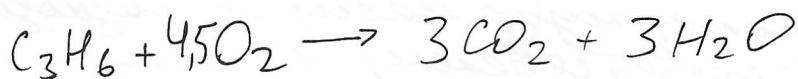
$$\Delta M = 18 \text{ г/моль}$$

$$\Delta M = \frac{18}{132} = 0,136 = 13,6\%$$



$$\Delta M = 13,6\%$$

Условие. Задача 4.4



$$Q = 393,5 \cdot 3 + 241,8 \cdot 3 - (-294) = 1926,3 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$$

Газовая смесь после сгорания содержит:

$$\text{O}_2 - 25,5 \text{ моль}$$

$$\text{CO}_2 - 3 \text{ моль}$$

$$\text{H}_2\text{O} - 3 \text{ моль}$$

чтобы эту смесь нагреть на  $t$ , нам требуется:

$$25,5 \cdot 34,7 + 3 \cdot 53,5 + 3 \cdot 43 = 1174,35 \text{ Дж.}$$

после полного сгорания пропана  
выделилось  $1926,3 \cdot 10^3 \text{ Дж.}$

соответственно:

$$\Delta T = \frac{1926,3 \cdot 10^3}{1174,35} = 1640,3 \text{ К (или } 1640,3^\circ\text{C)}$$

$$T_0 = 25^\circ\text{C или } 298,15 \text{ К}$$

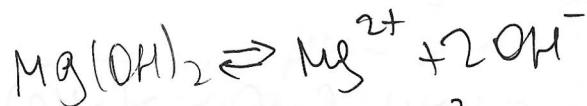
$$T_1 = 25 + 1640,3 = 1665,3^\circ\text{C}$$

$$\text{или } 1938,45 \text{ К}$$

$$\text{Ответ: } 1665,3^\circ\text{C}$$

$$\text{или } 1938,45 \text{ К}$$

числовик. Задача 5.1



$$K_s = [\text{Mg}^{2+}] [\text{OH}^-]^2 \quad (K_s = \text{ПР})$$

пусть предположительно  $x$  моль/л  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ,  
тогда в растворе будет  $x$  моль/л  $\text{Mg}^{2+}$  и  $2x$  моль/л  $\text{OH}^-$

$$7,1 \cdot 10^{-12} = x \cdot (2x)^2 = 4x^3$$

$$x = \sqrt[3]{\frac{7,1 \cdot 10^{-12}}{4}} = 1,21 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л}$$

$$[\text{OH}^-] = 2x = 2,42 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л}$$

$$\text{pOH} = 3,62$$

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 10,38$$

$$\text{при } \text{pH} = 12,5 \quad [\text{OH}^-] = 0,0316 \frac{\text{моль}}{\text{л}}$$

$$K_s = [\text{Mg}^{2+}] \cdot (0,0316)^2$$

$$[\text{Mg}^{2+}] = \frac{K_s}{(0,0316)^2} = \frac{7,1 \cdot 10^{-12}}{(0,0316)^2} = 7,11 \cdot 10^{-9}$$

и соответственно, при  $\text{pH} = 12,5$  можно  
растворить  $7,11 \cdot 10^{-9} \frac{\text{моль}}{\text{л}} \text{Mg}(\text{OH})_2$

$$\text{Ответ: } S = 1,21 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л}$$

$$\text{pH} = 10,38$$

$$S_{\text{при } \text{pH} = 12,5} = 7,11 \cdot 10^{-9}$$

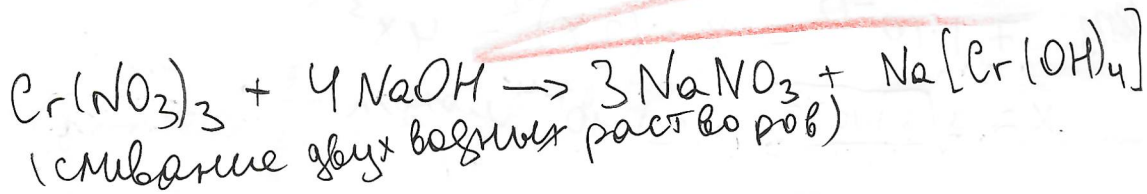
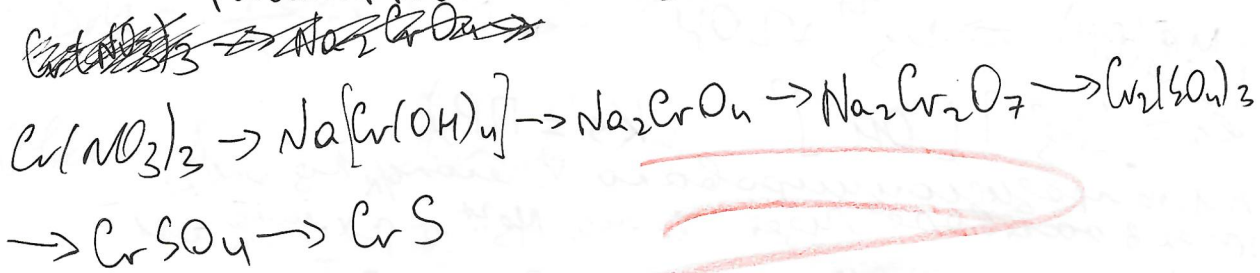
числовик. Задача 6.5.

уменьшая, что при обработке нитрата металла  
раствором щелочи не образуются осадок-гидрок-  
сид металла, то можно сделать вывод, что  
 $A^{+3}$  - амфотерен.

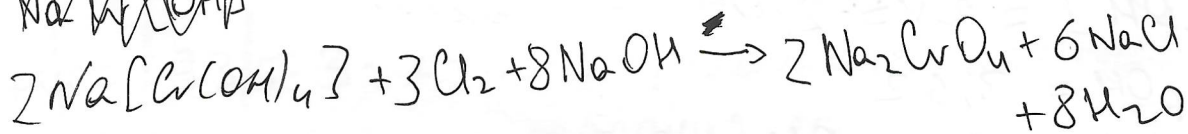
$X_2$  - скорее всего содержит металл А в окисленной  
форме.

$X_3$  - в водном растворе металл А также  
находится в высокой степени окисления

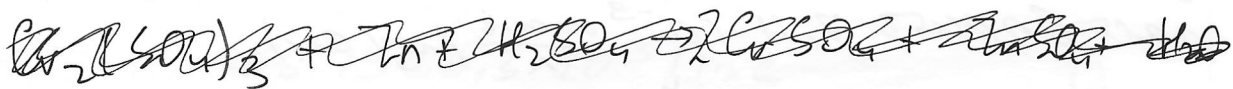
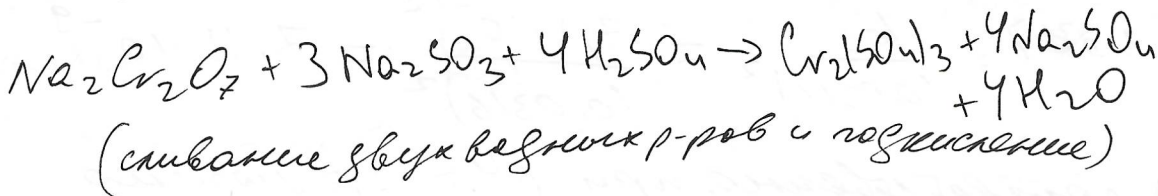
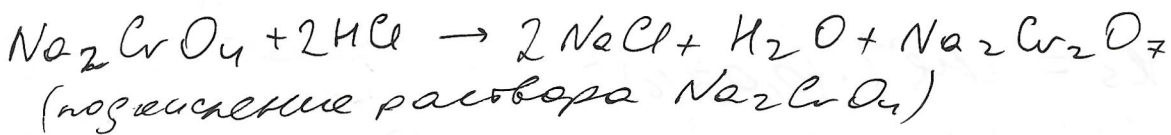
пог такие цвета подходит металл хром - Cr.  
расширяем цепочку:



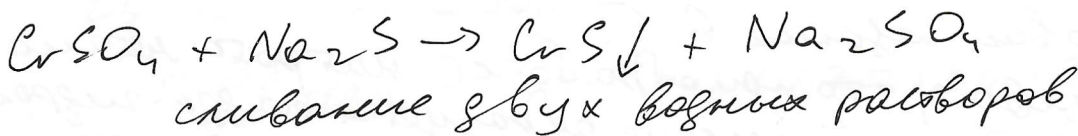
~~$Na_2CrO_4$~~



(пропускание хлора через ~~концентрат~~  
 раствор  $Na[Cr(OH)_4]$  и концентрированной щелочи)



восстановление  $Cr^{3+}$  до  $Cr^{2+}$  металлом  
 цинком в растворе. (не избыток Zn, т.к.  $Cr^{3+}$ )  
 (при изоб. Zn уйдёт в  $Cr^0$ )



$CrS$  - чёрный  
 раствор  $CrSO_4$  - синий

Ответ: А - Cr

$X_1$  -  $Na[Cr(OH)_4]$

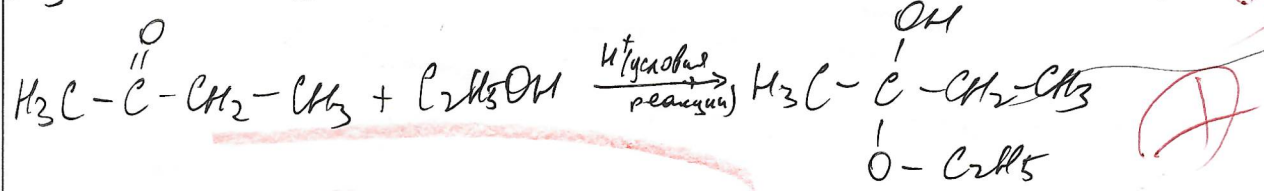
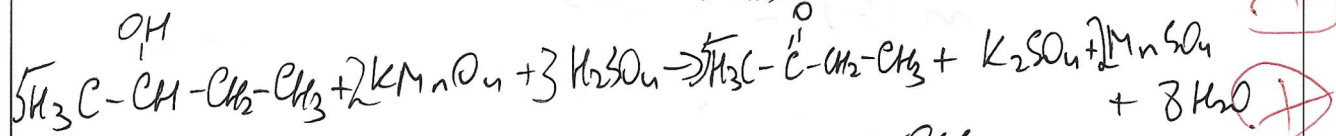
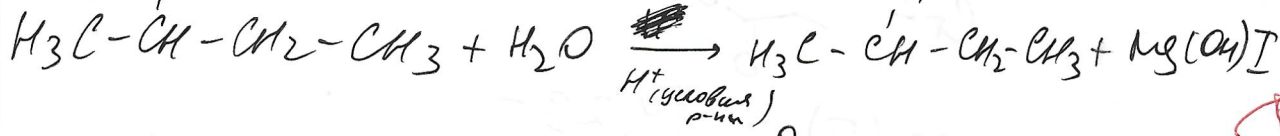
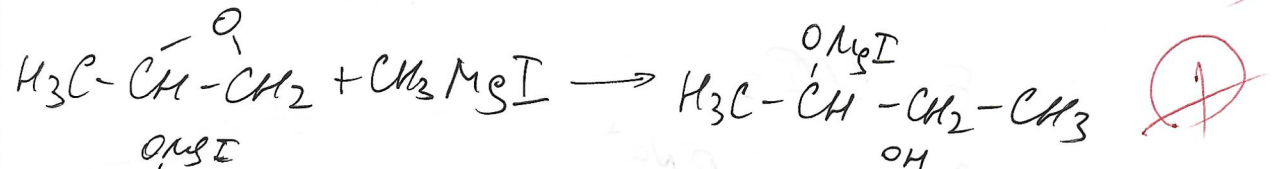
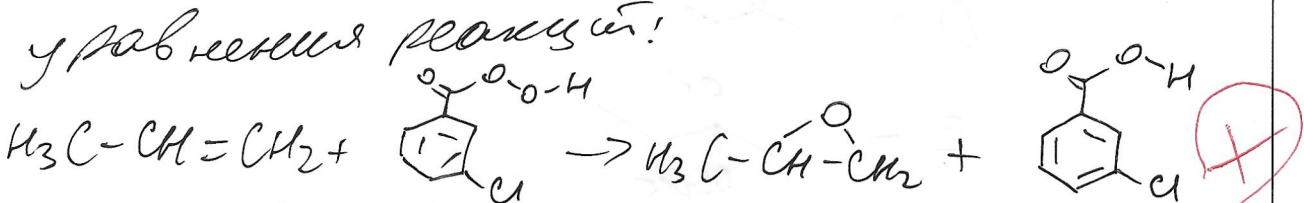
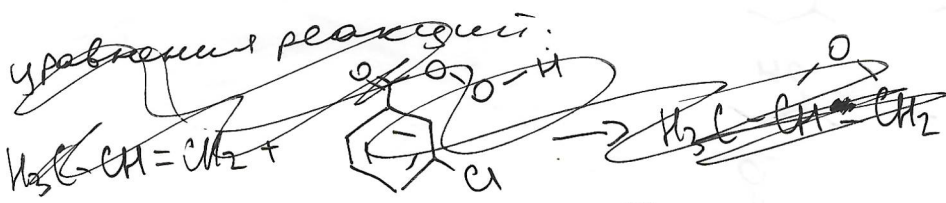
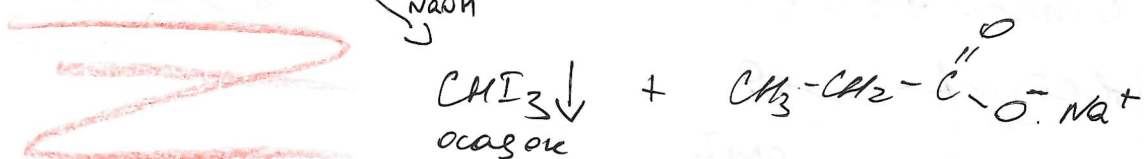
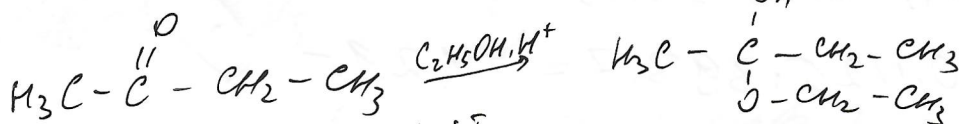
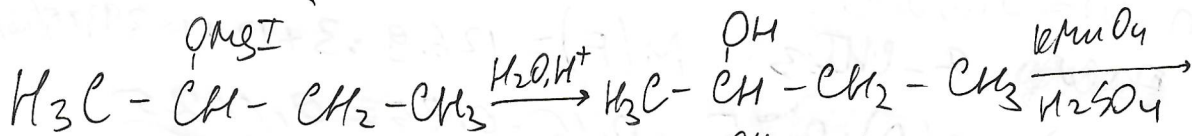
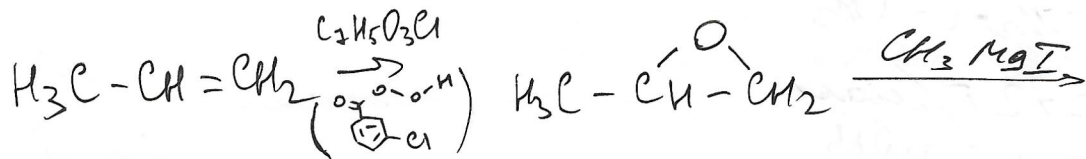
$X_2$  -  $Na_2CrO_4$

$X_3$  -  $Na_2Cr_2O_7$

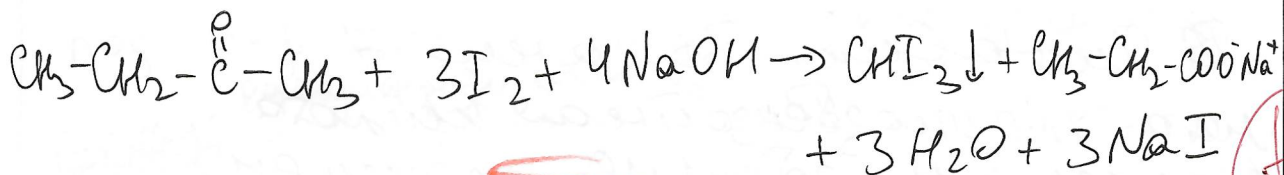
$CrSO_4$  (р-р) - синий

$CrS$  - чёрный

Тимошкин. Задание 7.1  
 метил-хлоридбензойная кислота  
 с алкенами образует эпоксида.







$$M(\text{D}) = 72 \text{ г/моль}$$

$$n(\text{D}) = 0,15 \text{ моль}$$



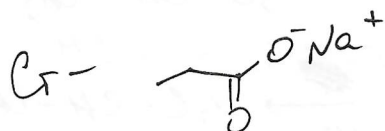
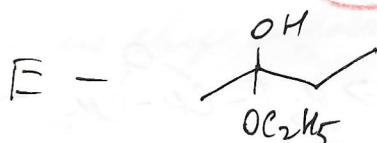
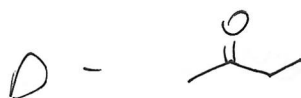
$$M(\text{F}) = 126,9 \cdot 3 + 12 + 1 = 393,7 \text{ г/моль}$$

$$n(\text{F}) = n(\text{D}) \cdot 0,75 = 0,15 \cdot 0,75 = 0,1125$$

$$m(\text{F}) = 0,1125 \cdot 393,7 = 44,29 \text{ г}$$

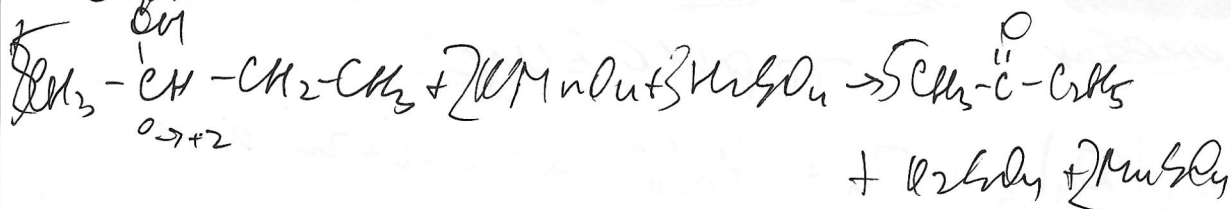
Ответ: 44,29 г

Ответ: A - 



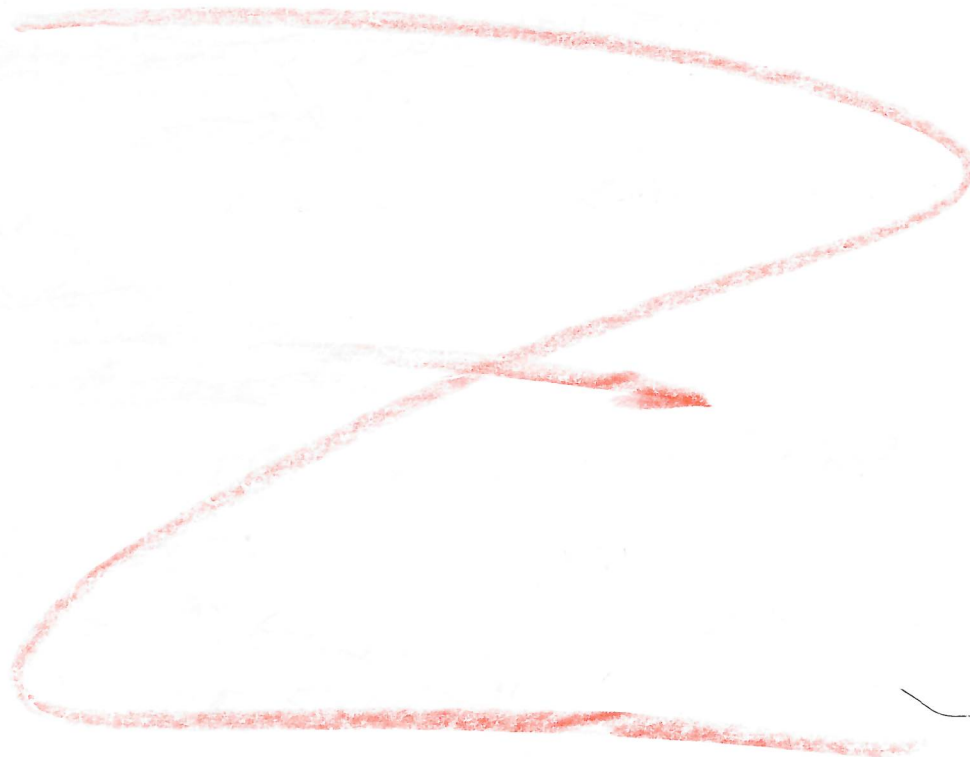
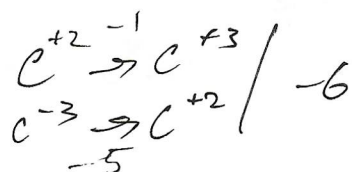
$$m(\text{F}) = 44,29 \text{ г}$$

сбалансировать:



Mn - 5

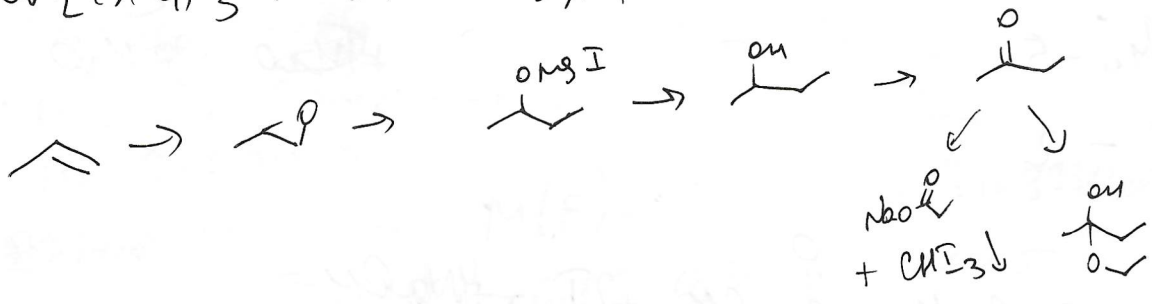
C - 2



~~карта~~  
~~карта~~

~~карта~~

черновик:



Черновик. Задача 3.5

$n = 67$

$n = 0,5$

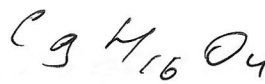
$M = 94 -$



$M = 188$

MeOH:

$\frac{32}{32}$



176г вода

82г спирта



Черновик. Задача 4.4

~~$2C_3H_6 + 9O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O$~~   
 ~~$Q = 21687 \text{ Дж}$~~   
 ~~$Q_{\text{вс}} = 21687 \text{ Дж}$~~   
 ~~$3 \text{ моль } CO_2$~~   
 ~~$4 \text{ моль } H_2O$~~   
 ~~$2,5 \text{ моль } O_2$~~



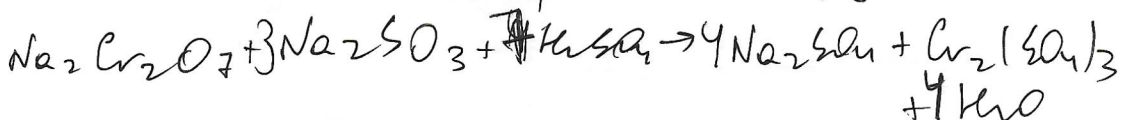
$Q = 3852,6 \text{ к}$

$Q = 1926,3 \text{ Дж} = 1926300 \text{ Дж}$

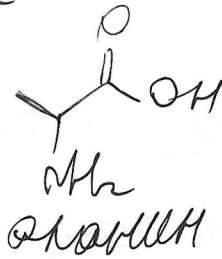
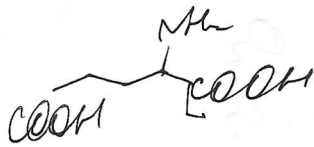
$O_2 - 25,5 \text{ моль} \quad ic = 1174,35 \text{ Дж}$

$CO_2 - 3 \text{ моль} \quad + 1640,3 \Rightarrow 1665,3 \text{ Дж}$

$H_2O - 3 \text{ моль} \quad + 1640,3 \Rightarrow 1938,45 \text{ Дж}$



Черновик: задание 1-5



Черновик. задание 2.1

$D(H_2) = 21,2$

$M = 42,4$

$CO - 10\%$

$CO_2 - 90\%$

1 моль  $\rightarrow$  1,5 моль



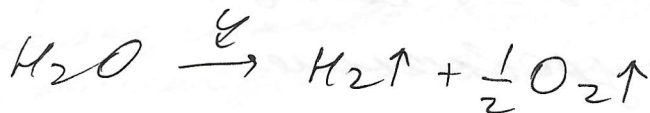
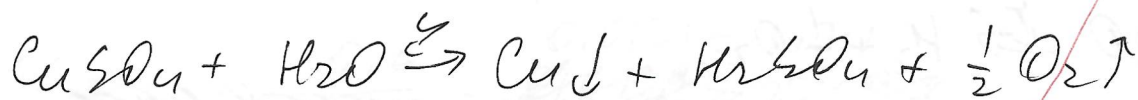
1,1 моль - CO - 73,33%

0,4 моль - CO<sub>2</sub> - 26,67%

M = 32      D = 16,1336

Числовик: Задача 8.4.

при электролизе раствора могут происходить реакции:



71-3  
неверно!

отсюда можно сказать, что на катоде будет выделяться только  $\text{H}_2$ , в то время как на аноде будет выделяться  $\text{O}_2$  и  $\text{Cl}_2$ .

Исходя из того, что  $\frac{V(\text{A})}{V(\text{K})} = \frac{2}{3}$ , можно

сказать, что в растворе происходят электролиз воды. Электролиз воды происходит, когда ищертаны все количества  $\text{KCl}$  и  $\text{CuSO}_4$  в растворе.

Зная, что весь сульфат меди пошел на электролиз и что масса меди равна 9,6г, можем рассчитать количество исходных веществ:

$$m(\text{Cu}) = 9,6 \text{ г}$$

$$n(\text{Cu}) = 0,15 \text{ моль}$$

$$n(\text{CuSO}_4) = 0,15 \text{ моль}$$

$$m(\text{CuSO}_4) = 0,15 \cdot 160 = 24 \text{ г}$$

$$m(\text{KCl}) = 53,8 - 24 = 29,8 \text{ г}$$

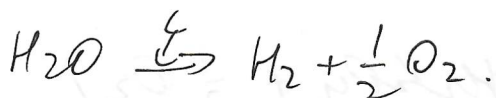
$$n(\text{KCl}) = 0,4 \text{ моль}$$

Исходя из этого, можем найти хим. кол-ва кислорода, хлора и водорода, которые не выделялись в ходе электролиза воды, а выделялись в ходе электролиза  $\text{KCl}$  и  $\text{CuSO}_4$

$$n(\text{O}_2) = \frac{1}{2} \cdot n(\text{Cu}) = 0,075 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}_2) = 0,4 \cdot \frac{1}{2} = 0,2 \text{ моль}$$

$$n(\text{Cl}_2) = 0,4 \cdot \frac{1}{2} = 0,2 \text{ моль}$$



пусть на электродах пошло  $x$  моль  $\text{H}_2\text{O}$ . Соответственно водорода образовалось  $x$  моль, а кислорода -  $\frac{1}{2}x$  моль.

Можем составить уравнение:

$$\frac{2}{3} = \frac{n(\text{O}_2) + n(\text{Cl}_2)}{n(\text{H}_2)}$$

$$\frac{2}{3} = \frac{0,075 + 0,2 + \frac{1}{2}x}{0,2 + x}$$

$$0,4 + 2x = 0,225 + 0,6 + \frac{3}{2}x$$

$$0,5x = 0,425$$

$$x = 0,85$$

Сначала массу р-ра после электролиза:

$$\Delta m = -m(\text{Cu}) - m(\text{O}_2) - m(\text{Cl}_2) - m(\text{H}_2) =$$

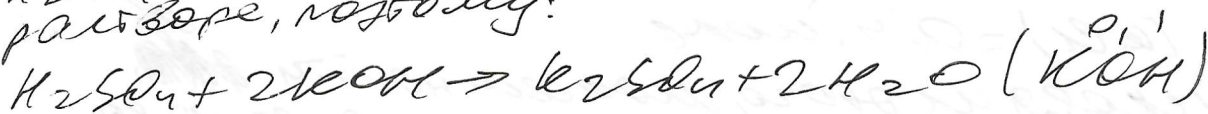
$$= -9,6 - 9,375 - 14,2 - 0,4 = -41,95 \text{ г}$$

$$m(\text{р-ра}) = 53,8 + 450 - 41,9 = 461,9 \text{ г}$$

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,15$$

$$n(\text{KOH}) = 0,1$$

$\text{H}_2\text{SO}_4$  и  $\text{KOH}$  не могут существовать в одном растворе, поэтому:



$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,15 \text{ моль}$$

$$n(\text{KOH}) = 0,1 \text{ моль}$$

или

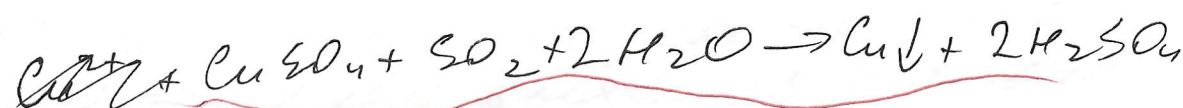
$$m(\text{K}_2\text{SO}_4) = 0,15 \cdot 174 = 26,1 \text{ г}$$

$$m(\text{KOH}) = 0,1 \cdot 56 = 5,6 \text{ г}$$

$$S(\text{K}_2\text{SO}_4) = \frac{26,15}{461,9} = 0,0565 = 5,65\%$$

$$S(\text{KOH}) = \frac{5,6}{461,9} = 0,0121 = 1,21\%$$

при пропускании сернистого газа через иодный раствор будет происходить вытеснение ионов  $\text{Si}^{2+}$ .



$$n(\text{SiSO}_4) = 0,15 \text{ моль}$$

$$n(\text{Si}) = 0,15 \text{ моль}$$

$$m(\text{Si}) = 0,15 \cdot 64 = 9,6 \text{ г}$$

Ответ:  $S(\text{K}_2\text{SO}_4) = 5,65\%$

$S(\text{KOH}) = 1,21\%$

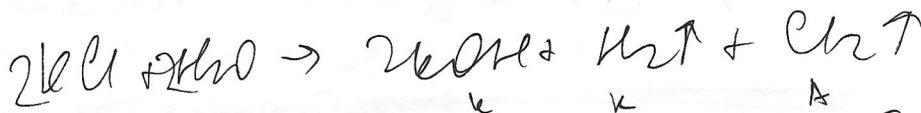
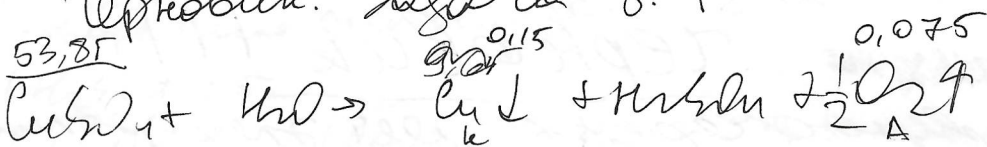
осадок - Si

$m(\text{Si}) = 9,6 \text{ г}$



34-74-94-61  
(56,5)

Черновик. Задача 8.4



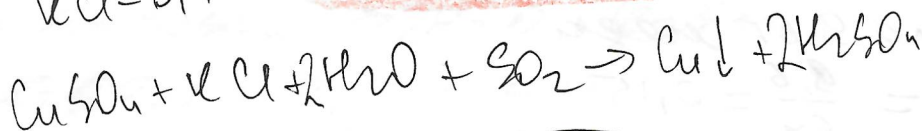
к - К

А - O<sub>2</sub> + Cl<sub>2</sub>

0,15      0,15

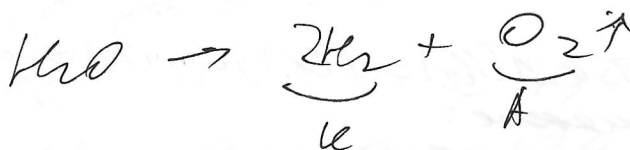
CuSO<sub>4</sub> - 0,15

KCl - 0,1



А: O<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>      2:

к: H<sub>2</sub>      3:

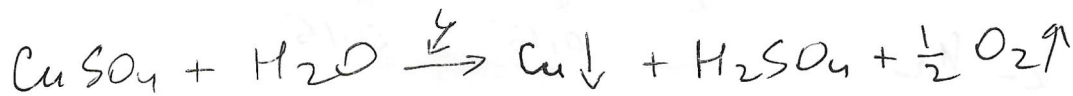


~~0,625~~ ~~1100~~ ~~1755~~  
~~10,504~~ ~~10,86~~  
~~10,86~~ ~~10,86~~  
~~10,86~~ ~~10,86~~

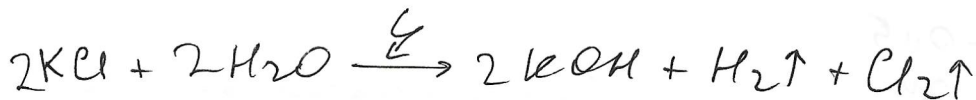
~~Задача~~ Задача 8.4

~~Задача~~ Терновик!!!

в первую очередь идёт электролиз с  $\text{CuSO}_4$ :



затем идёт электролиз с  $\text{KCl}$ :



Вышло 9,6 г меди

$$n(\text{Cu}) = \frac{9,6}{64} = 0,15$$

соответственно, на аноде выделилось:

$$\frac{0,15}{2} = 0,075 \text{ моль } \text{O}_2$$

в ходе электролиза с  $\text{KCl}$  на аноде и на катоде выделяется одинаковое количество газов ( $\text{Cl}_2$  и  $\text{H}_2$  соответственно) электролиз воды идёт не мол (из соотношения количества газов)

$$\frac{n(\text{H}_2)}{n(\text{Cl}_2) + n(\text{O}_2)} = \frac{2}{3}$$

пусть  $n(\text{H}_2) = x$ , и т.д.  $n(\text{H}_2) = n(\text{Cl}_2)$ , то  $n(\text{Cl}_2)$  тогда равно получаем уравнение:

$$\frac{x}{x + 0,075} = \frac{2}{3}$$

$$3x = 2x + 0,15$$

$$x = 0,15$$

Итак, учитывая то что вся медь оказалась на катоде, можно найти массу растворённых в-в:

$$n(\text{Cu}) = n(\text{CuSO}_4) = 0,15 \text{ моль}$$

$$m(\text{CuSO}_4) = 24 \text{ г}$$

$$m(\text{KCl}) = 53,8 - 24 = 29,8 \text{ г}$$

$$n(\text{KCl}) = 0,4 \text{ моль}$$

Считаем количества веществ в полученном растворе после электролиза:

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,15$$

$$n(\text{KOH}) = 2 \cdot n(\text{Cl}_2) = 2 \cdot 0,15 = 0,3$$

$$n(\text{KCl}) = 0,4 - 0,3 = 0,1$$

~~$$n(\text{H}_2\text{O}) = 0,15 - 0,3 = -0,15 \text{ моль}$$~~

~~$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,15 - 0,3 = -0,15 \text{ моль}$$~~

точно Вук!

KOH и  $\text{H}_2\text{SO}_4$  не могут существовать в одном растворе:



$$n(\text{K}_2\text{SO}_4) = 0,15 \text{ моль}$$

Считаем массы выделившихся газов и металлов:

$$m(\text{Cl}_2) = 9,6 \text{ г}$$

$$m(\text{O}_2) = 2,4 \text{ г}$$

$$m(\text{H}_2) = 0,3 \text{ г}$$

$$m(\text{Cl}_2) = 10,65 \text{ г}$$

$\Delta m = 22,95 \text{ г}$  - в-в ушло из раствора

$$m(\text{р-ра}) = 450 + 53,8 - 22,95 = 480,85 \text{ г}$$

$$m(\text{KCl}) = 0,1 \cdot 74,5 = 7,45 \text{ г}$$

$$m(\text{K}_2\text{SO}_4) = 0,15 \cdot 174 = 26,1 \text{ г}$$

$$\omega(\text{KCl}) = \frac{7,45}{480,85} = 0,0155 = 1,55\%$$

$$\omega(\text{K}_2\text{SO}_4) = \frac{26,1}{480,85} = 0,0543 = 5,43\%$$

Если в ионный раствор пропускать сернистый газ, то будет происходить вытеснение  $\text{Cl}^{2-}$ :



$$m(\text{Cu}) = 0,15 \cdot 64 = 9,6 \text{ г}$$