



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

Вариант 1

Место проведения Москва  
город

**ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА**

Олимпиада школьников Ломоносов по химии  
наименование олимпиады

по химии  
профиль олимпиады

Карабанова Варвара Сергеевна  
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

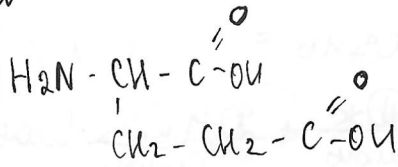
Дата  
«03» марта 2024 года

Подпись участника  
[Подпись]

95-86-50-39  
(56.5)

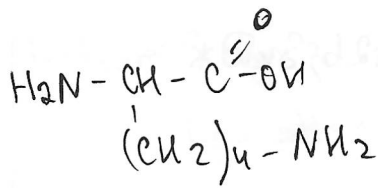
25

~ 1.5

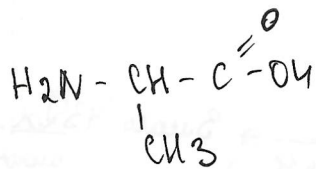


муравьиная кислота  
Баппа ~ 2, pH = 2,9.

~~девяносто пять~~



моча, Баппа ~ 3, pH = 9,6.



амин, Баппа ~ 1, pH = 5,9.

~ 2.1

1)  $M(\text{смеш}) = 21,2 \cdot 2 = 42,4 \text{ г/моль}$ .

Пусть было  $x$  моль  $\text{CO}$  и  $y$  моль  $\text{CO}_2$  в исход. смеси, тогда

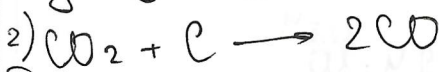
$$42,4 = \frac{28x + 44y}{x + y}$$

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

$$14,4x = 1,6y$$

$$\frac{x}{y} = \frac{1,6}{14,4} = \frac{1}{9}$$

$\frac{x}{y} = \frac{1}{9}$  Пусть было 1 моль  $\text{CO}$  и 9 моль  $\text{CO}_2$ ,



б. г

п. а

о. г-а

2а.

Пусть прореагирует  $a$  моль  $\text{CO}_2$ , тогда  
после реакции будет  
 $(9-a)$  моль  $\text{CO}_2$  и  $(1+2a)$  моль  $\text{CO}$ .

3)  $\frac{V_{\text{смеси после реакции}}}{V_{\text{смеси до реакции}}} = \frac{1+2a+9-a}{1+9} = 1,5$ .

$$\frac{1+2a+9-a}{1+9} = 1,5$$

$$10+a=15$$

$$a=5$$

$$\Rightarrow n(\text{CO}_2) = 9-5 = 4 \text{ моль}$$

$$n(\text{CO}) = 1+2 \cdot 5 = 11 \text{ моль}$$

после реакции

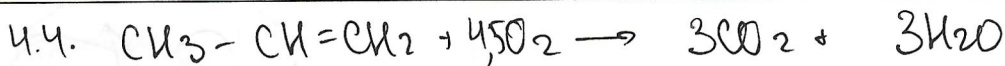
$$M(\text{смеш})_{\text{после реак}} = \frac{11 \cdot 28 + 4 \cdot 44}{4+11} = \frac{308 + 176}{15} = 32,3 \text{ г/моль}$$

$$D_1(\text{смеш}) = \frac{32,3}{2} = 16,15$$

$$D_{\text{лет}} = D_1(\text{смеш}) = 16,15$$

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

Аноним



$Q_{\text{решения}} = 3 Q_{\text{обр}} CO_2 + 3 Q_{\text{обр}} H_2O - Q_{\text{обр}} C_3H_8 =$   
 $= 3 \text{ моль} \cdot \frac{393,5 \text{ кДж}}{\text{моль}} + 3 \text{ моль} \cdot \frac{241,8 \text{ кДж}}{\text{моль}} + 20,4 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}} \cdot \frac{\text{моль}}{\text{моль}} =$

$= 1180,5 \text{ кДж} + 725,4 \text{ кДж} + 20,4 \text{ кДж} = 1926,3 \text{ кДж} =$

$= 1926300 \text{ Дж}$

$n(O_2) = 30 - 4,5 = 25,5 \text{ моль}$

$n(CO_2) = 3 \text{ моль}$

$n(H_2O) = 3 \text{ моль}$

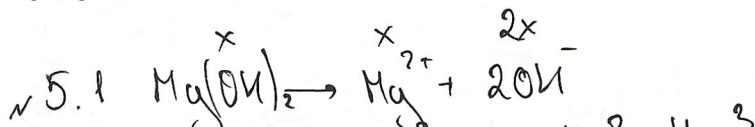
$c \cdot n_{\text{обж}} = 25,5 \text{ моль} \cdot \frac{34,4 \text{ Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} + 3 \text{ моль} \cdot \frac{53,5 \text{ Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} + 3 \text{ моль} \cdot \frac{43 \text{ Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$

$= 1144,35 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$

$Q = c \cdot n \cdot \Delta t \Rightarrow \Delta t = \frac{Q}{c \cdot n} = \frac{1926300 \text{ Дж}}{1144,35 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}} \approx 1640 \text{ К}$

$t_k - t_n = \Delta t \Rightarrow t_k = \Delta t + t_n = 1640 + 25 = 1665 \text{ К}$

Ответ:  $t_k = 1665 \text{ }^\circ\text{C}$



$K_p = [Mg^{2+}] \cdot [OH^-]^2 = x \cdot 4x^2 = 4x^3$

$4x^3 = 4,1 \cdot 10^{-12}$

$x = \sqrt[3]{\frac{4,1 \cdot 10^{-12}}{4}} = 1,2 \cdot 10^{-4} \frac{\text{моль}}{\text{л}}$

$c_{Mg(OH)_2} = 1,2 \cdot 10^{-4} \frac{\text{моль}}{\text{л}} ; [OH^-] = 2x = 2,4 \cdot 10^{-4}$

$[OH^-] \cdot [H^+] = 10^{-14}$

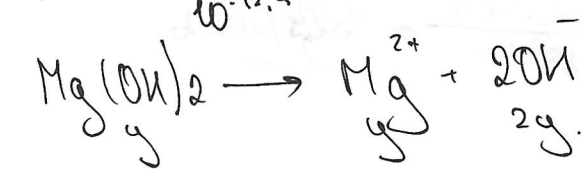
$[H^+] = \frac{10^{-14}}{[OH^-]} = \frac{10^{-14}}{2,4 \cdot 10^{-4}} = \frac{10^{-10}}{2,4} = 4,17 \cdot 10^{-11}$

$pH = 10,38$

2) При  $pH = 12,5$

$[H^+] = 10^{-12,5}$

$[OH^-] = \frac{10^{-14}}{10^{-12,5}} = 10^{-1,5}$





95-86-50-39  
(56.5)

$$Pr = [Mg^{2+}] \cdot [OH^{-}]^2$$

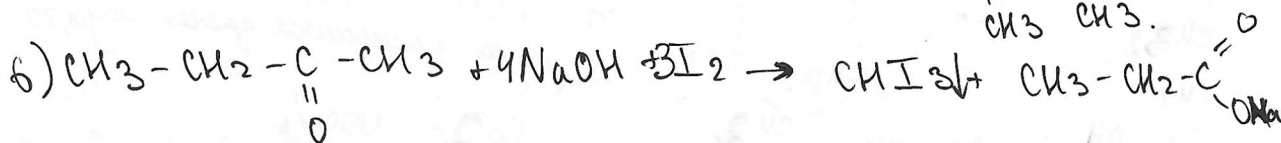
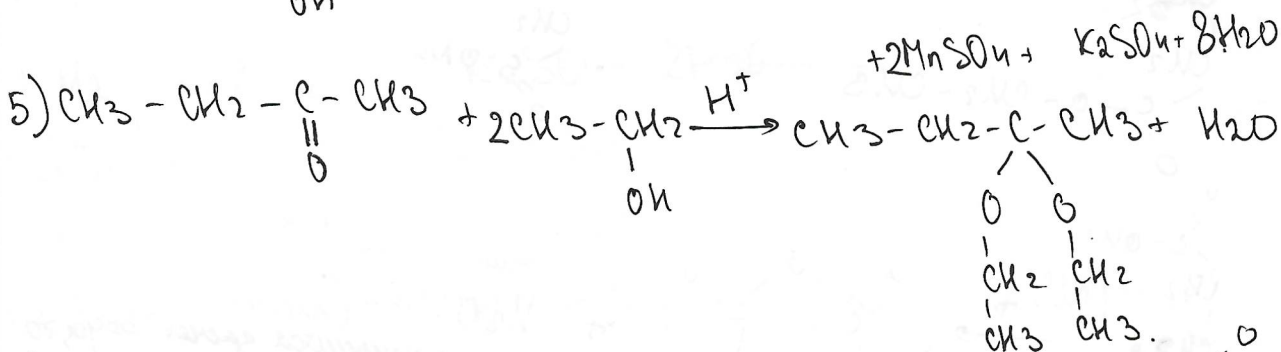
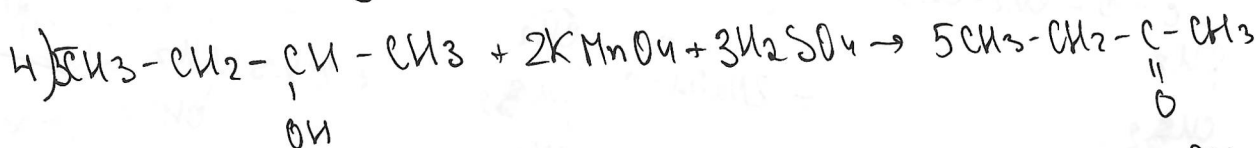
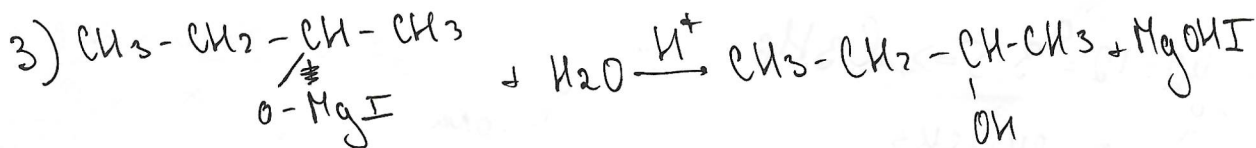
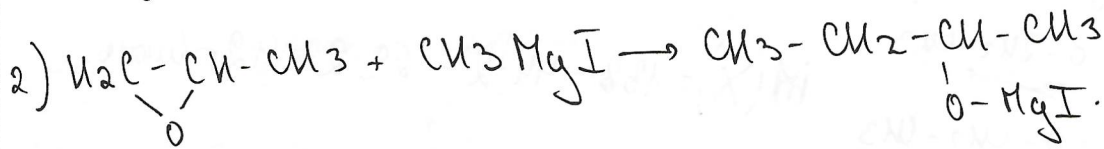
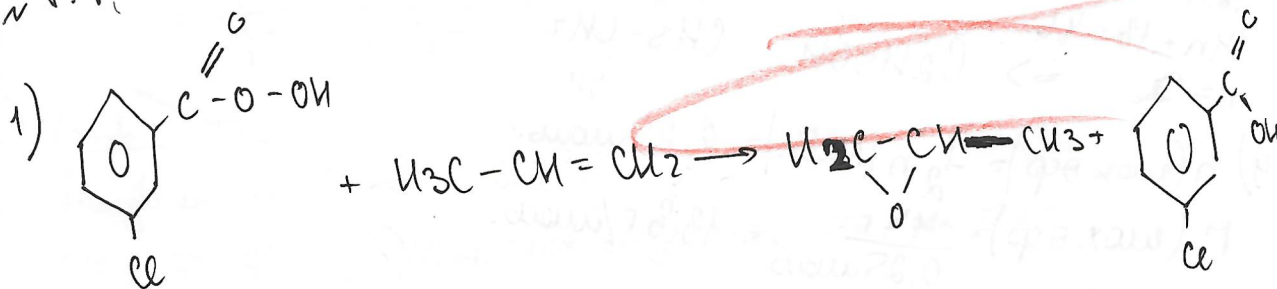
$$4,1 \cdot 10^{-12} = y \cdot 10^{-3}$$

$$y = \frac{4,1 \cdot 10^{-12}}{10^{-3}} = 4,1 \cdot 10^{-9} \frac{\text{моль}}{\text{л}}$$

Ответ:  $C_{Mg(OH)_2} = 1,2 \cdot 10^{-4} \frac{\text{моль}}{\text{л}}$ ,  $pH = 10$ , з.в.

При  $pH = 12,5$   $C_{Mg(OH)_2} = 4,1 \cdot 10^{-9} \frac{\text{моль}}{\text{л}}$  (+)

и 4.1.



$$n(D) = \frac{m}{M} = \frac{10,8 \text{ г}}{72 \text{ г/моль}} = 0,15 \text{ моль}$$

$$m(F) = n \cdot M \cdot 0,75 = 0,15 \cdot 384 \cdot 0,75 = 44,325 \text{ г}$$

Ответ:  $m(F) = 44,325 \text{ г}$

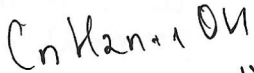
~ 3.5.

1)  $m(\text{NaOH}) = (44 + 25) - 47 = 20 \text{ г}$

2)  $n(\text{NaOH}) = \frac{m}{M} = \frac{20 \text{ г}}{40 \text{ г/моль}} = 0,5 \text{ моль}$

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

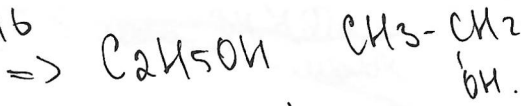
$M(\text{спирт}) = \frac{m}{n} = \frac{23 \text{ г}}{0,5 \text{ моль}} = 46 \text{ г/моль}$



$12n + 2n + 1 + 17 = 46$

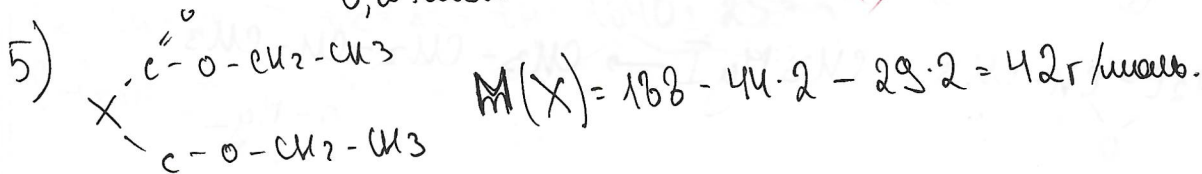
$14n + 18 = 46$

$n = 2$

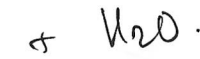
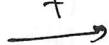
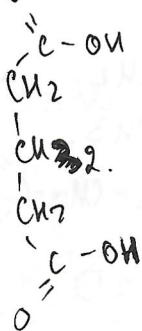
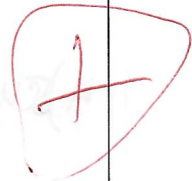
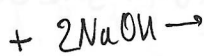
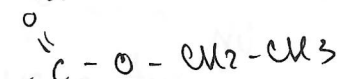


4)  $n(\text{слож эфр}) = \frac{1}{2} n(\text{NaOH}) = 0,25 \text{ моль}$

$M(\text{слож эфр}) = \frac{47 \text{ г}}{0,25 \text{ моль}} = 188 \text{ г/моль}$



$42 : 12 = 3,5 \Rightarrow \text{C}_3\text{H}_6$



т.к. масса уменьшается значит вода, то

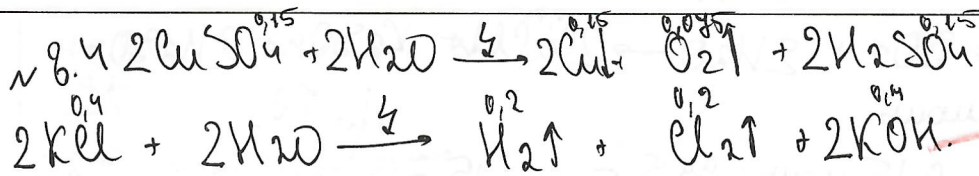
$132 - 100\% \Rightarrow$   
 $16 - x\%$

$\Rightarrow x = \frac{16 \cdot 100}{132} = 12,1\%$



Вывод: 12,1% по массе потеряет шлола, вледствено в состав сложного эфира

95-86-50-39  
(56,5)



$$n(\text{Cu}) = \frac{m}{M} = \frac{9,6 \text{ г}}{64 \text{ г/моль}} = 0,15 \text{ моль}$$

$$2) n(\text{Cu}) = n(\text{CuSO}_4) = 0,15 \text{ моль}$$

$$3) m(\text{CuSO}_4) = n \cdot M = 0,15 \text{ моль} \cdot 160 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 24 \text{ г}$$

$$4) m(\text{KCl}) = m(\text{смеси}) - m(\text{CuSO}_4) = 53,8 - 24 = 29,8 \text{ г}$$

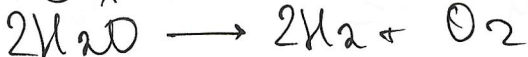
$$5) n(\text{KCl}) = \frac{m}{M} = \frac{29,8 \text{ г}}{74,5 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 0,4 \text{ моль}$$

$$6) \frac{V_{\text{выд}} \text{ на аноде}}{V_{\text{выд}} \text{ на катоде}} = \frac{0,075 + 0,2}{0,2} = 1,375$$

$V_{\text{выд}} \text{ на катоде}$

$$1,375 > \frac{2}{3} \Rightarrow$$

Появился еще газ на катоде  
Значит ~~катоде~~ электролиз воды.

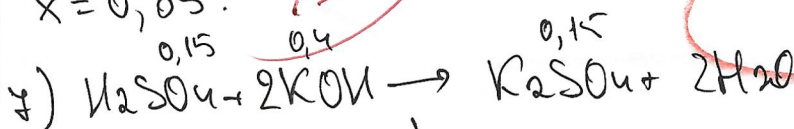


$$\frac{0,275 + 0,5x}{0,2 + x} = \frac{2}{3}$$

$$0,825 + 1,5x = 0,4 + 2x$$

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

$$x = 0,85$$



$$m(\text{KOH}) = (0,4 - 0,15) \cdot 56 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 14 \text{ г}$$

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

$$m(\text{р-ра}) = m(\text{исх}) + m(\text{H}_2\text{O}) - m(\text{Cu}) - m(\text{O}_2) - m(\text{H}_2) - m(\text{Cl}_2) - m(\text{H}_2\text{O})_{\text{ал}}$$

$$= 53,8 \text{ г} + 450 \text{ г} - 0,15 \cdot 64 - 0,075 \cdot 32 - 2 \cdot 0,2 - 4 \cdot 0,2 - 0,85 \cdot 18 =$$

$$= 53,8 + 450 - 9,6 - 2,4 - 0,4 - 14,2 - 15,3 = 461,9 \text{ г}$$

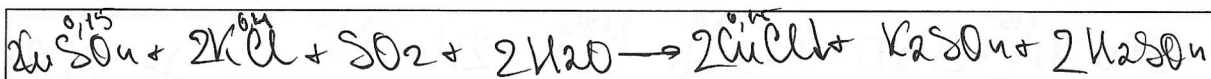
$$w(\text{KOH}) = \frac{14 \text{ г}}{461,9 \text{ г}} \cdot 100\% = 3\%$$

$$w(\text{K}_2\text{SO}_4) = \frac{26,1 \text{ г}}{461,9 \text{ г}} \cdot 100\% = 5,65\%$$

↑ см  
ура,  
не гит  
до  
зубам

еще H<sub>2</sub> ↑  
за счет  
катиона  
KOH!



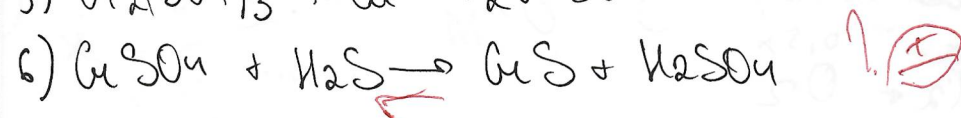
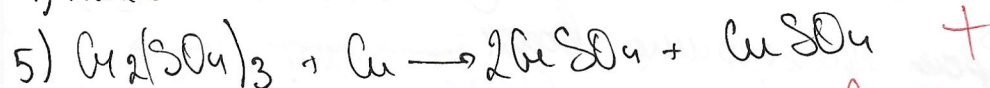
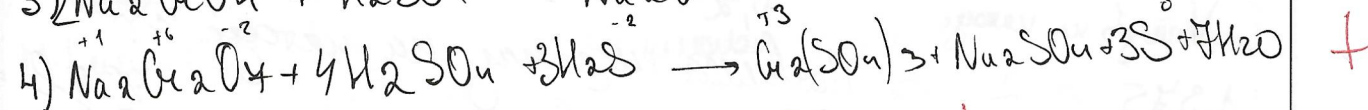
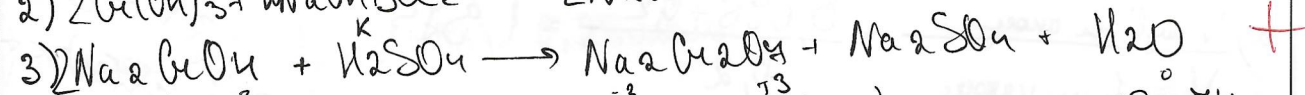
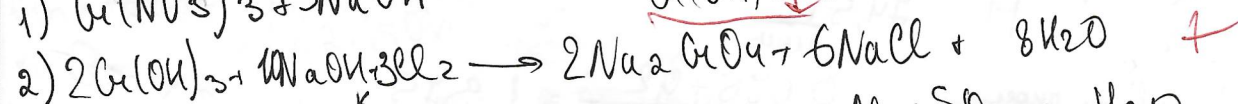
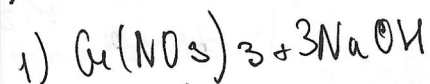


$$n(\text{CuCl}_2) = 0,15 \text{ моль}$$

$$m(\text{CuCl}_2) = n \cdot M = 0,15 \text{ моль} \cdot \frac{99,5 \text{ г}}{\text{моль}} = 15 \text{ г}$$

Ответ:  $w(\text{KOH}) = 3\%$   
 $w(\text{H}_2\text{SO}_4) = 5,65\%$   
 $m(\text{CuCl}_2) = 15 \text{ г.}$

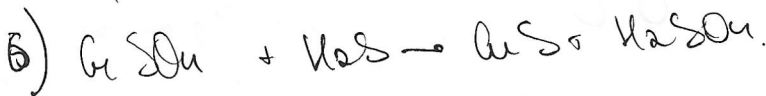
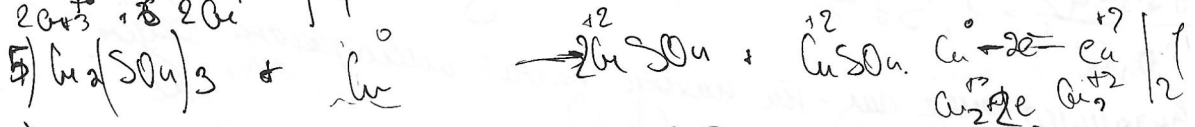
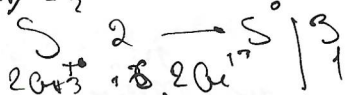
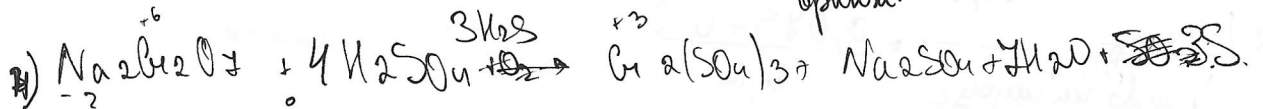
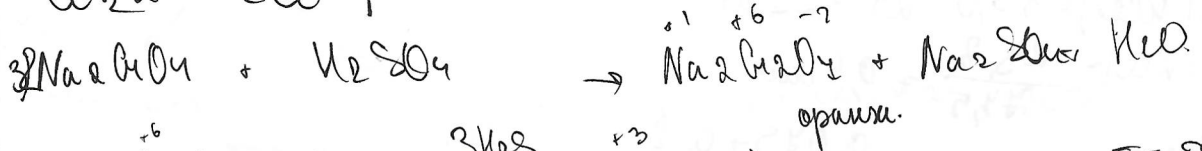
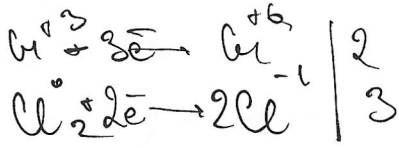
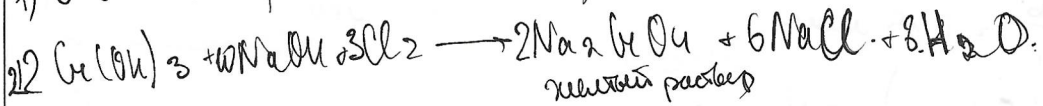
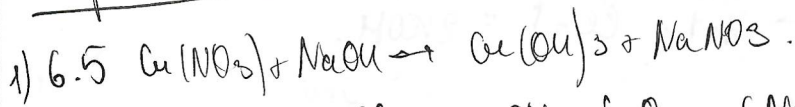
~ 6.5



$\text{CuSO}_4$  - зеленый.

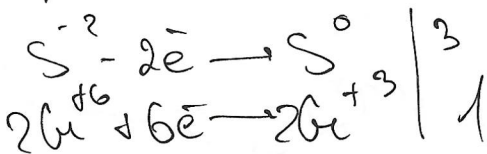
$\text{CuS}$  - черный

Черновик:

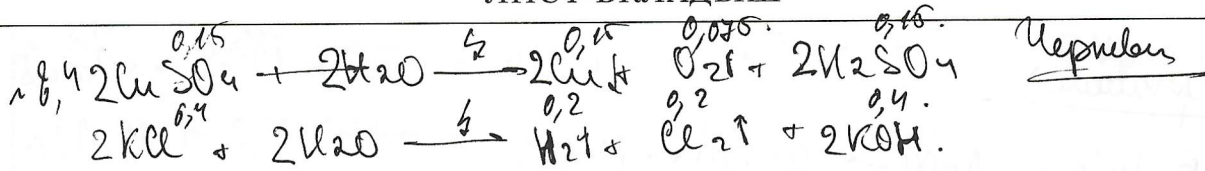


$\text{CuSO}_4$  - окраши

$\text{CuS}$  - окраши







$$1) n(\text{Cu}) = \frac{9,6}{64} = 0,15 \text{ моль}$$

$$2) n(\text{Cu}) = n(\text{CuSO}_4) = 0,15 \text{ моль}$$

$$3) m(\text{CuSO}_4) = n \cdot M = 0,15 \cdot 160 = 24 \text{ г}$$

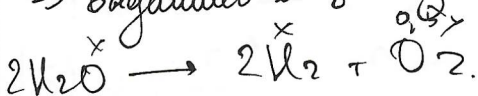
$$4) m(\text{KCl}) = 53,8 - 24 = 29,8 \text{ г}$$

$$6) n(\text{KCl}) = \frac{29,8}{74,5} = 0,4 \text{ моль}$$

$$7) \frac{V_{\text{амг}}}{V_{\text{амг}} \text{ на выходе}} = \frac{0,075 + 0,2}{0,2}$$

$$\frac{0,075 + 0,2}{0,2} = 1,375. \quad 1,375 > \frac{2}{3} \Rightarrow$$

$\Rightarrow$  выданных еще н. на выходе газом электролизера будет.



$$\frac{0,275 + 0,5x}{0,2 + x} = \frac{2}{3}$$

$$0,825 + 1,5x = 0,4 + 2x$$

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

$$x = 0,85 \text{ моль}$$



$$n(\text{KOH}) = 0,4 - 0,15 = 0,25 \text{ моль}$$

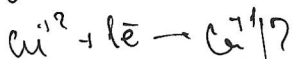
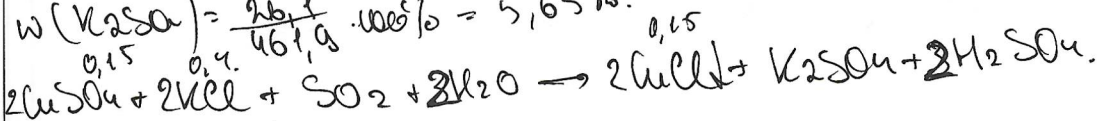
$$m(\text{KOH}) = n \cdot M = 0,25 \cdot 56 = 14 \text{ г}$$

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

$$\begin{aligned} m(\text{p-ра}) &= m(\text{соед}) + m(\text{H}_2\text{O}) - m(\text{Cu}) - m(\text{O}_2) - m(\text{H}_2) - m(\text{Cl}_2) + m(\text{H}_2\text{O})_{\text{амг}} \\ &= 53,8 + 450 - 9,6 - 0,075 \cdot 32 - 2 \cdot 0,2 - 0,2 \cdot 71 - 0,85 \cdot 18 = \\ &= 53,8 + 450 - 9,6 - 2,4 - 0,4 - 14,2 - 15,3 = 461,9 \text{ г} \end{aligned}$$

$$w(\text{KOH}) = \frac{14}{461,9} \cdot 100\% = 3,03\%$$

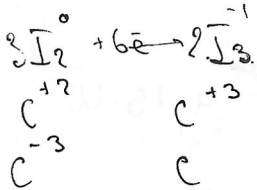
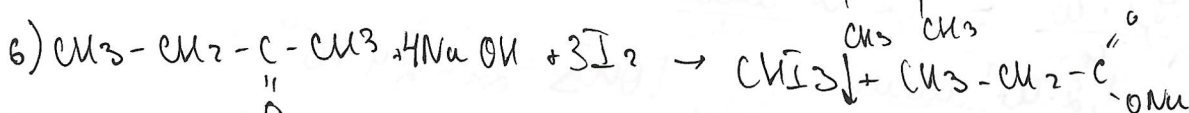
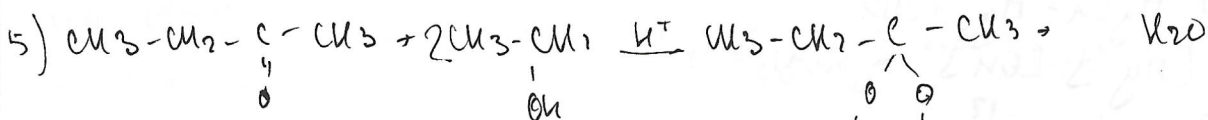
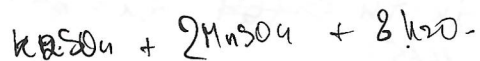
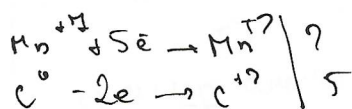
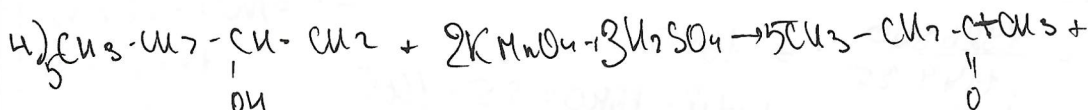
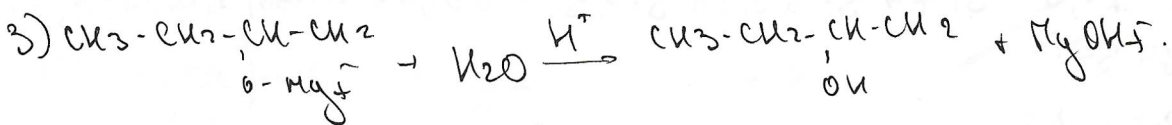
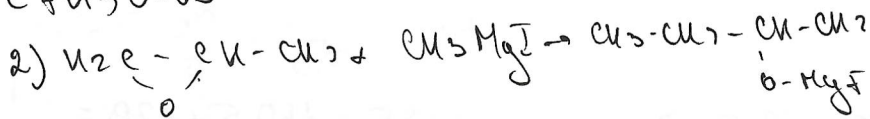
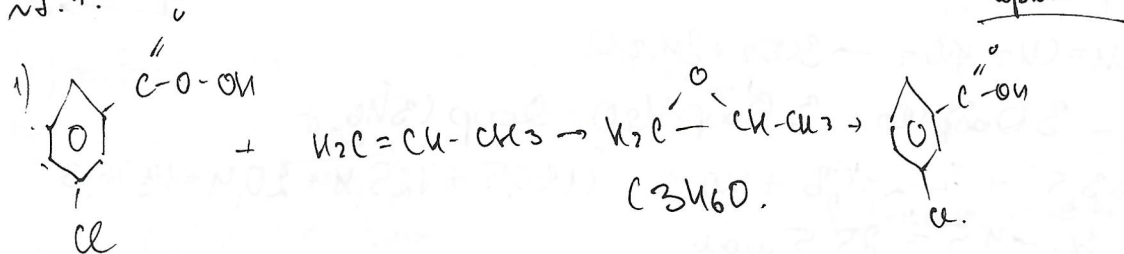
$$w(\text{K}_2\text{SO}_4) = \frac{26,1}{461,9} \cdot 100\% = 5,65\%$$



$$m(\text{CuCl}) = n \cdot M = 0,15 \cdot 99,5 = 15 \text{ г}$$

$$M_{\text{KOH}} = 56 \text{ г}$$

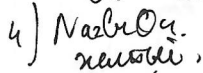
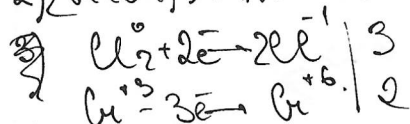
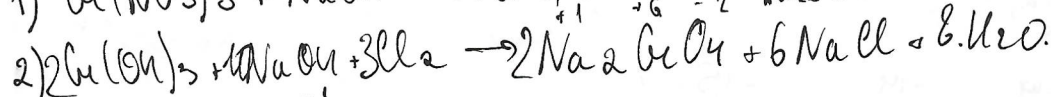
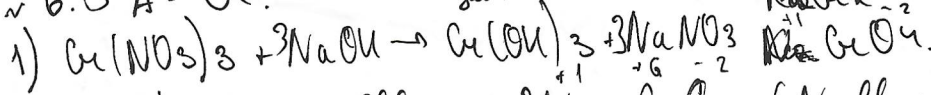
№ 1.



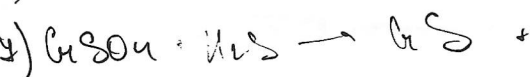
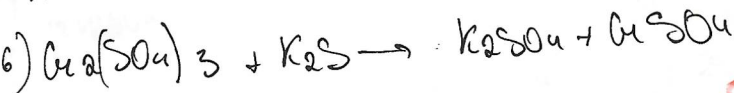
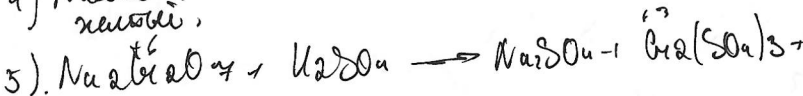
1)  $n(D) = \frac{m}{M} = \frac{10,8}{42} = 0,25$

2)  $m(F) = n \cdot 0,45 \cdot \frac{143}{42} = 0,15$

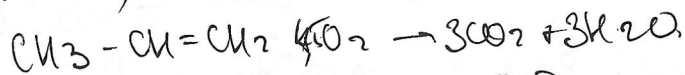
№ 6.5 A = Cu.



Na2CuO4



24.4 →



Q реакции = 3 Q<sub>обр</sub> CO<sub>2</sub> + 3 Q<sub>обр</sub> H<sub>2</sub>O - Q<sub>обр</sub> (3M<sub>в</sub>) =

$$= 3 \cdot 393,5 + 3 \cdot 241,8 + 20,4 = 1160,5 + 725,4 + 20,4 = 1926,3$$

$$n(\text{O}_2) = 80 - 4,5 = 25,5 \text{ моль}$$

$$n(\text{CO}_2) = 3 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 3 \text{ моль}$$

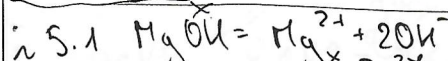
$$Q_{\text{отв}} = 25,5 \cdot 34,7 + 3 \cdot 53,5 + 3 \cdot 43 = 889,85 + 160,5 + 129 = 1179,35$$

$$Q = c \rho \Delta t$$

$$\Delta t = \frac{Q}{c \rho} = \frac{1926300}{1179,35} = 1640$$

$$\Delta t = t_{\text{к}} - t_{\text{н}} \Rightarrow t_{\text{н}} = \Delta t + t_{\text{к}} = 1640 + 25 = 1665$$

Ответ: 1665



$$K_{\text{р}} = [\text{Mg}^{2+}] \cdot [\text{OH}^-]^2 = x \cdot 4x^2 = 4x^3$$

$$4x^3 = 4 \cdot 1 \cdot 10^{-12}$$

$$x = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 1 \cdot 10^{-12}}{4}} = 1,2 \cdot 10^{-4} \frac{\text{моль}}{\text{л}}$$

$$c_{\text{Mg(OH)}} = 1,2 \cdot 10^{-4} \frac{\text{моль}}{\text{л}}; [\text{OH}^-] = 2x = 2,4 \cdot 10^{-4}$$

2) При pH  $[\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-] = 10^{-14}$   
 $[\text{H}^+] = \frac{10^{-14}}{[\text{OH}^-]} = \frac{10^{-14}}{2 \cdot 1,2 \cdot 10^{-4}} = \frac{10^{-10}}{2,4} = 4,16 \cdot 10^{-11}$

pH = 10

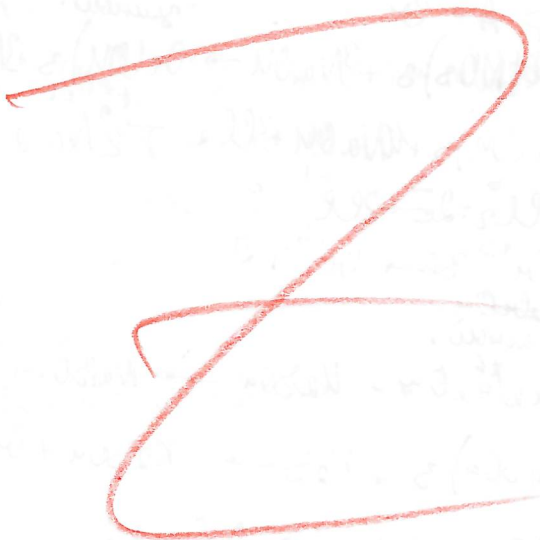
2) При pH = 12,5  
 $[\text{H}^+] = 10^{-12,5}$   
 $[\text{OH}^-] = \frac{10^{-14}}{[\text{H}^+]} = \frac{10^{-14}}{10^{-12,5}} = 10^{-1,5}$

$$\text{Mg(OH)}_2 \rightarrow \text{Mg}^{2+} + 2\text{OH}^-$$

$$K_{\text{р}} = [\text{Mg}^{2+}] \cdot [\text{OH}^-]^2$$

$$4,1 \cdot 10^{-12} = 4 \cdot (10^{-1,5})^2$$

$$y = \frac{4,1 \cdot 10^{-12}}{10^{-3}} = 4,1 \cdot 10^{-9}$$





Чернышев

3.5.

1)  $m(\text{NaOH}) = (44 + 23) \cdot 0,5 = 90\text{г}$

2)  $n(\text{NaOH}) = \frac{90\text{г}}{40\text{г/моль}} = 2,25\text{ моль}$

3)  $n(\text{NaOH}) = n(\text{кисл. групп}) = 0,5\text{ моль} \Rightarrow M(\text{кисл. групп}) = \frac{44}{0,5} = 88$

$\frac{m}{n} = \frac{44}{0,5} = 88$

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

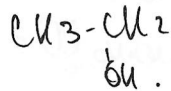
$M(\text{кислоты}) = \frac{23}{0,5} = 46\text{г/моль}$

$(n \text{ Кар} + 1 \text{ OH}) = \dots$

$12n + 2n + 1 + 17 = 46$

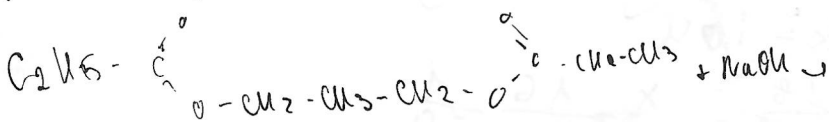
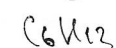
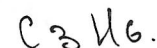
$14n + 18 = 46$

$n = 2 \Rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$

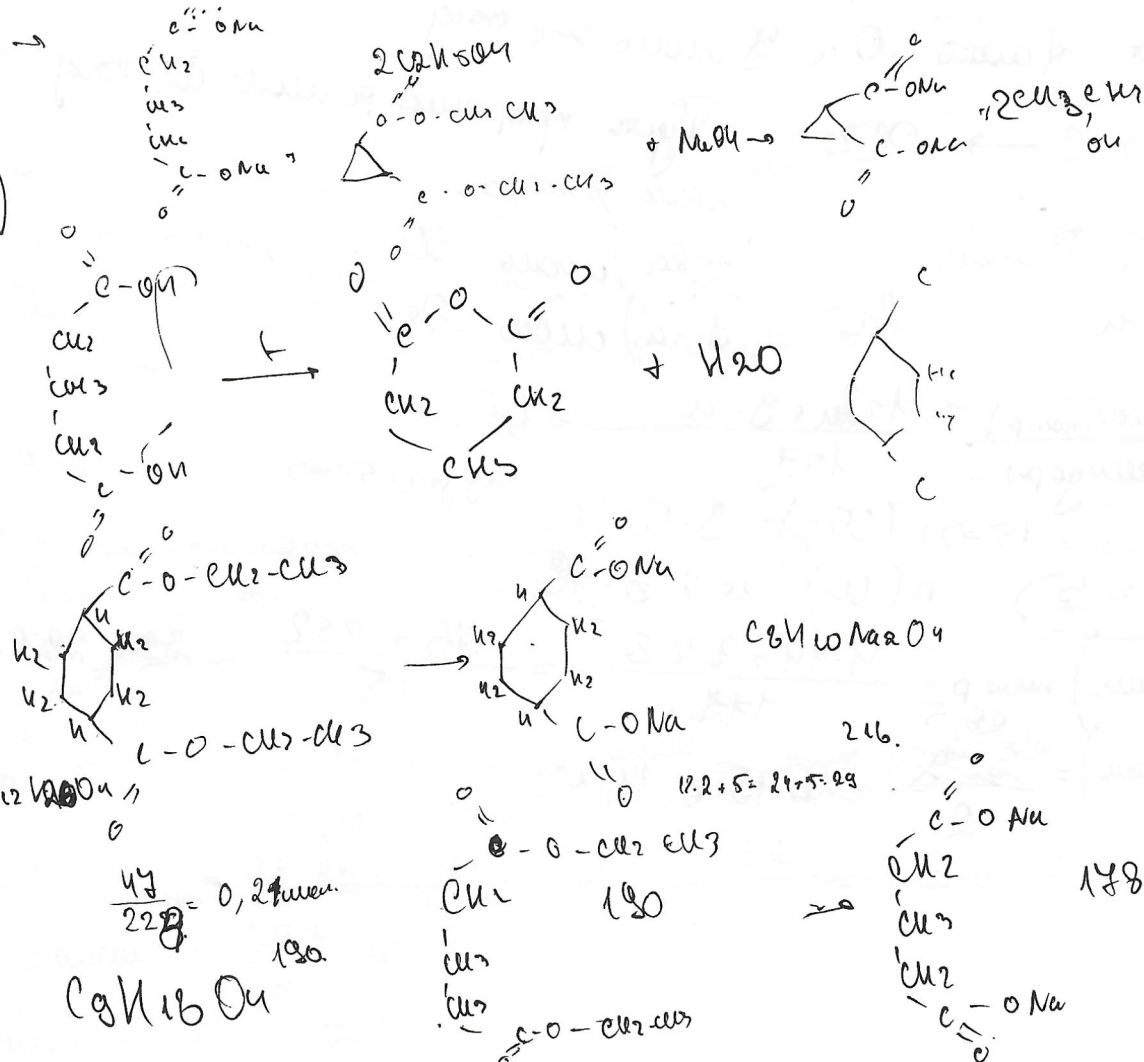


5)  $m(\text{ушер. ацетата}) = 44 \cdot 2 = 88$   $29 \cdot 2 = 58$   $44 \cdot 2 = 88$

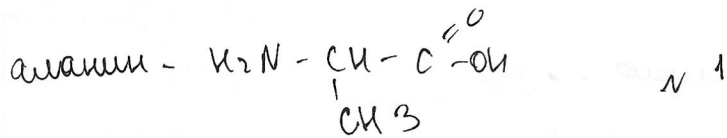
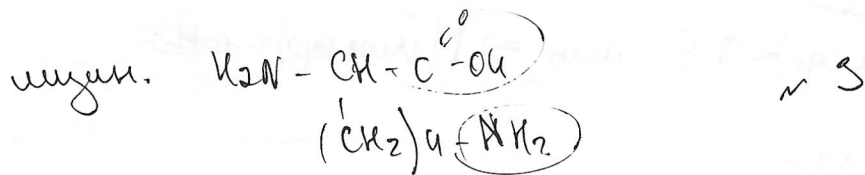
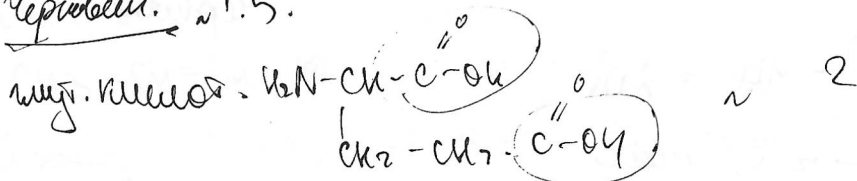
$42 : 12 = 3,5$



6)



Черезем.  $\sim 1,5$ .



$\sim 2 \text{ M}(\text{мш}) = 21 \cdot 2 \cdot 2 = 42 \text{ Mш}$

$\text{M}_x = \frac{28x + 44y}{x + y}$   $x$  моль  $\text{CO}$   
 $y$  моль  $\text{CO}_2$

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

$14,4x = 16y$

$\frac{x}{y} = \frac{16}{14,4} \Rightarrow \frac{x}{y} = \frac{16}{14,4} = \frac{1}{9}$

Пусть  $x$  моль  $\text{CO}$  и  $y$  моль  $\text{CO}_2$ , тогда



$5 \text{ g}$

$n \cdot a$

$a \cdot 9 - a$

Пусть пропали  $a$  моль  $\text{CO}_2$ , тогда  
 после реакции

$(17 \text{ g})$  моль  $\cdot \text{CO}$

$(9 - a)$  моль  $\text{CO}_2$

$\frac{\text{M}(\text{мш})_{\text{посл р}}}{\text{M}(\text{мш})_{\text{до р}}} = \frac{17 \text{ g} + 9 - a}{17 \text{ g}} = 1,5$

$17 + 9 - a = 25,5 \Rightarrow a = 5$

$10 + a = 15 \Rightarrow n(\text{CO}_2) = 9 - 5 = 4$

$n(\text{CO}) = 1 + 2 \cdot 5 = 11$

$\text{M}(\text{мш})_{\text{посл р}} = \frac{11 \cdot 44 + 4 \cdot 28}{11 + 4} = \frac{484 + 112}{15} = \frac{596}{15} = 39,73$

$\text{D}(\text{мш}) = \frac{39,73}{2} = 19,865$