

13.05 - 13<sup>15</sup>

0 951826 540006  
95-18-26-54  
(63.3)



# МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 1

Место проведения Москва  
город

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов  
наименование олимпиады

по химии  
профиль олимпиады

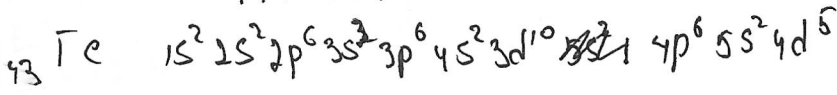
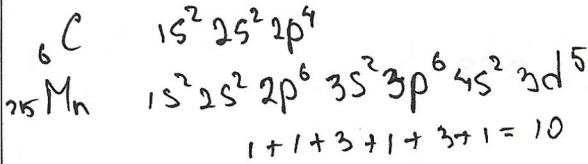
Саватейкина Арослава Михайловна  
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата  
«12» марта 2023 года

Подпись участника  
А.Сав

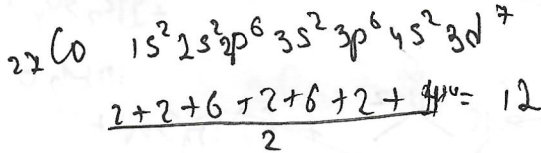
95-18-26-54  
(63.3)

(1.6)  $N_{\text{пар}} = 4 N_{\text{несп}}$



$x - \text{несп}; \quad 4x - \text{пар}. \quad N_{\text{пар}} = 4x$

$2x + 4x = 8x + x = 9x : 27$

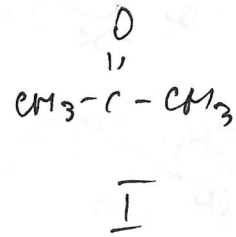
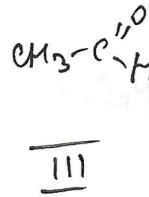
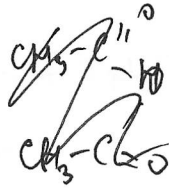
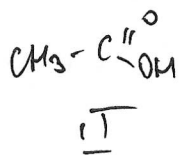


~~111111111111~~

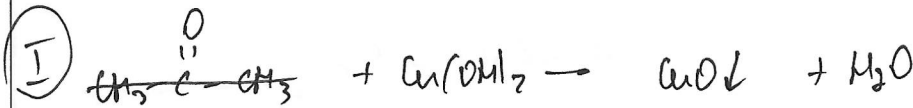
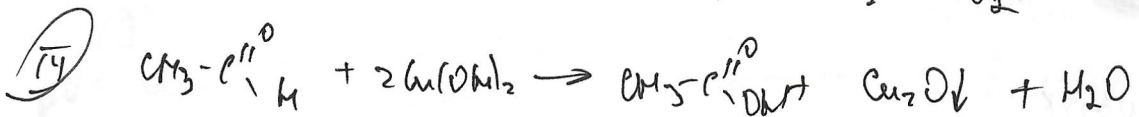
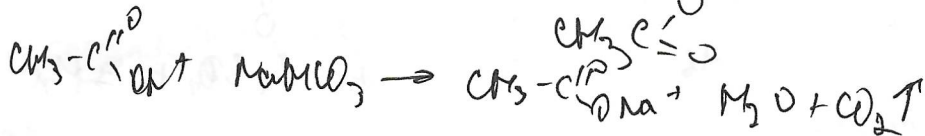


84

(2.6)  $\rightarrow \text{Co}$



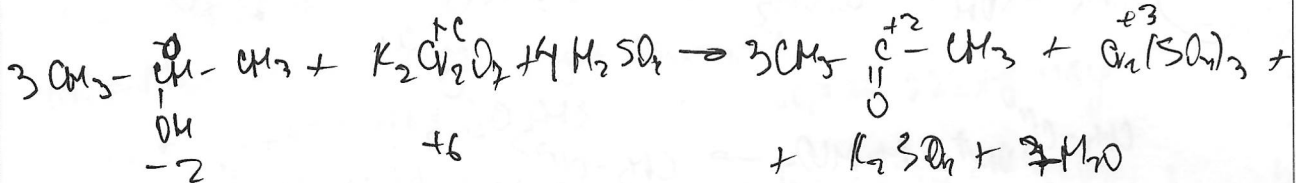
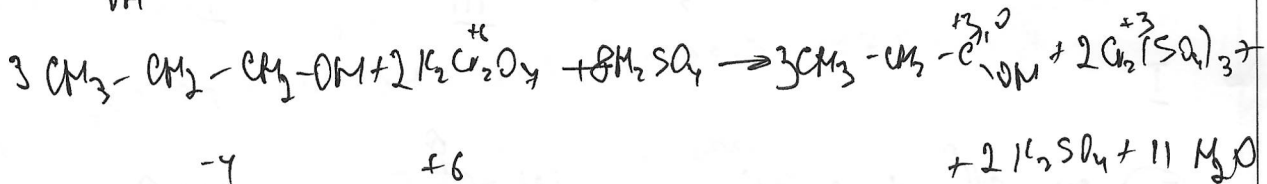
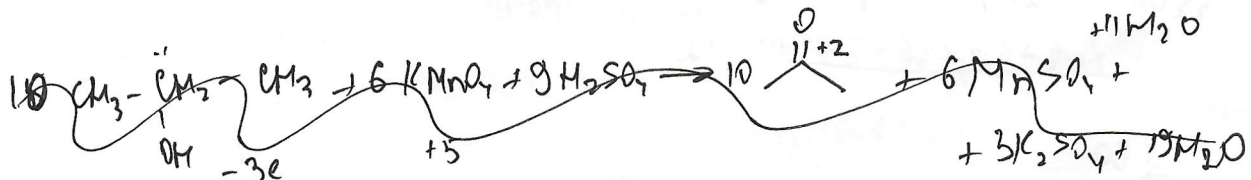
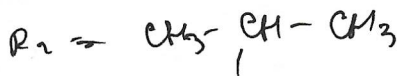
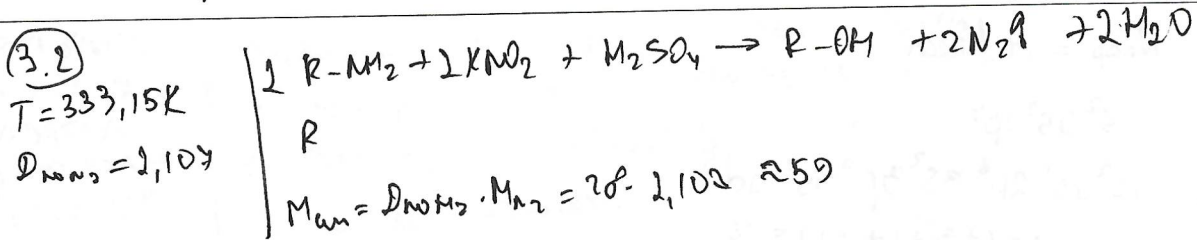
восемьдесят  
четыре



1 2 3 4 5 6 7 8  
6 7 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19

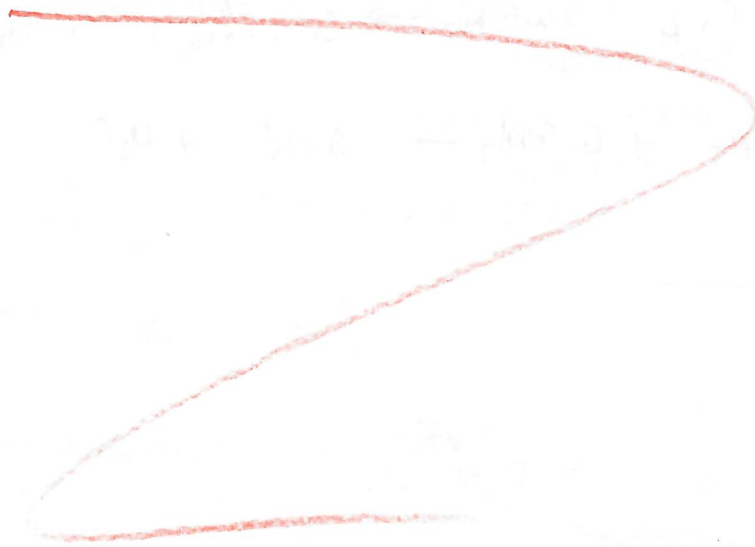
коричневый  
осадок





4.5

$T = 303,15 K$   
 $\rho = 710 \text{ мм.рт.ст.}$



95-18-26-54

(63.3)

4.8

$$T = 303,15 \text{ K}$$

$$P = 710 \text{ мм.рт.ст.}$$

$$m = 3276 \text{ г}$$

$$t_1 = 23^\circ \text{ C}$$

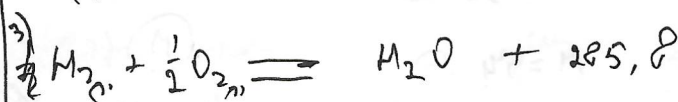
$$t_2 = 92^\circ \text{ C}$$

$$Q_1 = -20,4$$

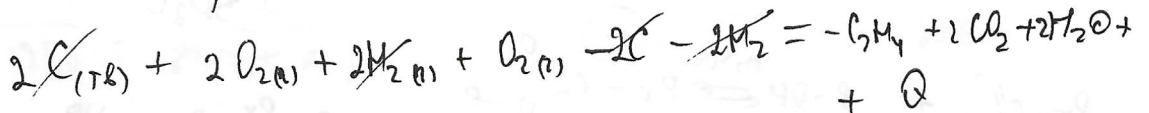
$$Q_2 = 393,5$$

$$Q_3 = 285,8$$

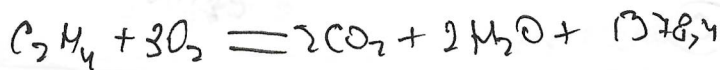
$$c = 75,31 \text{ Дж/моль}\cdot\text{K}$$



$$2 \cdot 2) + 2 \cdot 3) - 1)$$



$$Q = 2Q_2 + 2Q_3 - Q_1 = 2 \cdot 393,5 + 2 \cdot 285,8 - (-20,4) = 1378,4 \text{ Дж}$$



$$Q_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{Q_{\text{уст}}}{m_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{Q_{\text{уст}} \cdot m_{\text{H}_2\text{O}}}{m_{\text{H}_2\text{O}}} \quad \left. \begin{array}{l} Q_{\text{уст}} = \frac{Q_{\text{H}_2\text{O}} \cdot c \cdot \Delta t}{Q} = \frac{m_{\text{H}_2\text{O}} \cdot c \cdot \Delta t}{Q \cdot m_{\text{H}_2\text{O}}} \end{array} \right\}$$

$$= \frac{3276 \cdot 75,31 \cdot (92 - 23)}{1378,4 \cdot 18} = 686,12 \text{ моль}$$

$$\rho_{\text{рт}} = 13500 \text{ м/м}^3; h = 0,71 \text{ м}; g = 9,81 \text{ м/с}^2;$$

$$P = \rho g h$$

$$P V = \nu_{\text{C}_2\text{H}_4} R T \Rightarrow \nu = \frac{\nu_{\text{C}_2\text{H}_4} R T}{P} = \frac{\nu_{\text{C}_2\text{H}_4} \cdot R T}{\rho g h} = \frac{686,12 \cdot 8,314 \cdot 303,15}{13500 \cdot 9,81 \cdot 0,71}$$

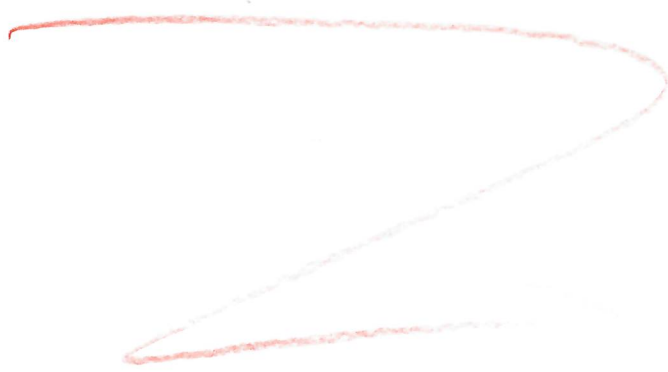
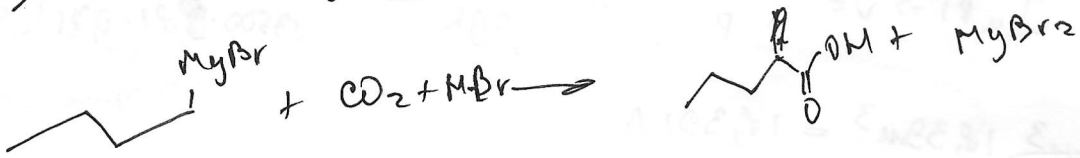
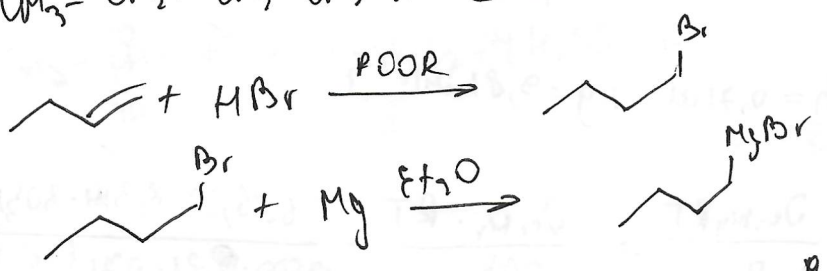
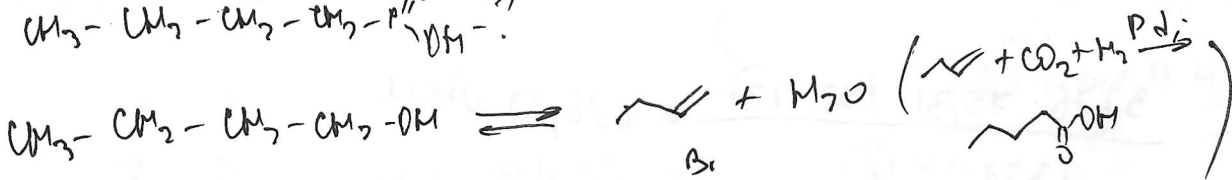
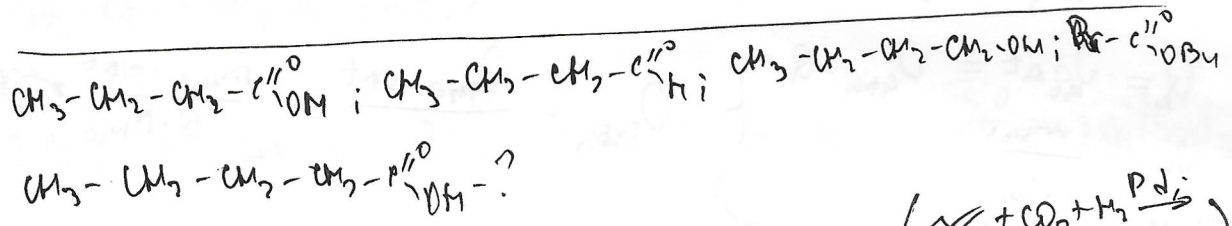
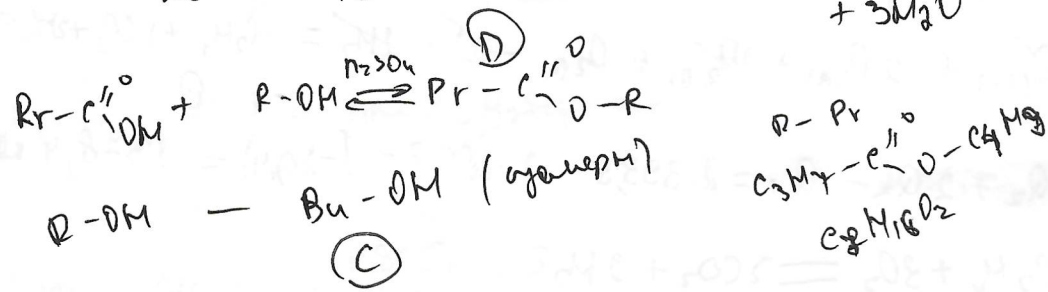
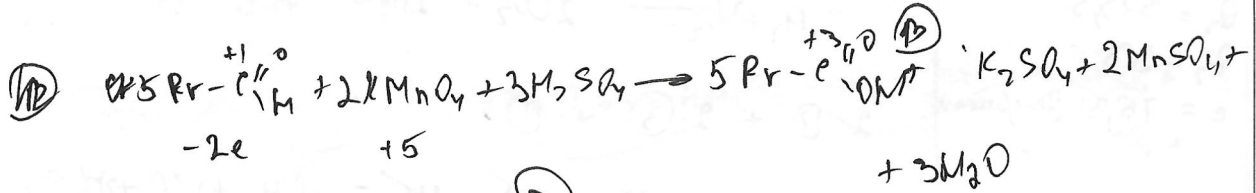
$$= 0,41 \text{ м}^3 \quad 18,39 \text{ м}^3 = 18,39 \text{ л}$$



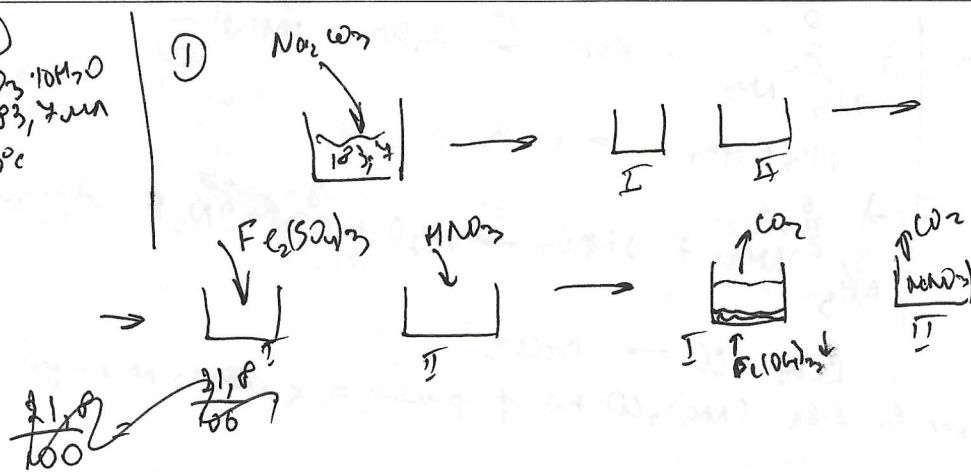
5.1)  $w_c = 66,67$

$$M = X \cdot \frac{M_c \cdot 100\%}{w_c} = 18 \cdot X \quad C_n M_{2n} O$$

$X=1 \quad M=18 \ominus$   
 $X=2 \quad M=36 \ominus$   
 $X=3 \quad M=54 \ominus$   
 $X=4 \quad M=72 ; \quad C_4 H_{10} O \quad (i-Pr-C(=O)H)$



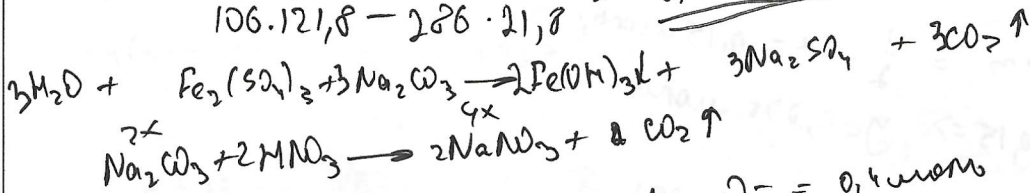
6,1  
 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$   
 $V = 183,7 \text{ мл}$   
 $t = 20^\circ\text{C}$



$$\frac{21,8}{121,8} = \frac{x \cdot 106}{183,7 + x \cdot (106 + 180)} ; \frac{21,8}{121,8} = \frac{x \cdot 106}{183,7 + 286x}$$

$$21,8 \cdot 183,7 + 286 \cdot 21,8x = 106 \cdot 121,8x$$

$$x = \frac{183,7 \cdot 21,8}{106 \cdot 121,8 - 286 \cdot 21,8} = \underline{\underline{0,6 \text{ моль}}}$$



$$x + 2x = 0,6 \Rightarrow x = 0,2 \text{ моль}; \nu_{\text{II}} = 0,4 \text{ моль}$$

$$m_{\text{II}} = \frac{2}{3} \cdot m = \frac{2}{3} \cdot (V \cdot \rho + x \cdot M_{\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}}) = \frac{2}{3} \cdot (183,7 \cdot 1 + 286 \cdot 0,6) = 236,872$$

$$m_{\text{II}}' = m_{\text{II}} + m_{\text{к-тот}} - M_{\text{CO}_2} = m_{\text{II}} + m_{\text{к-тот}} - 2x \cdot M_{\text{CO}_2} =$$

$$= 236,872 + 200 - 0,4 \cdot 44 = 419,272$$

$$m_{\text{NaMnO}_2} = 4x \cdot M_{\text{NaMnO}_2} = 4 \cdot 0,2 \cdot 85 = 68$$

$$\omega_{\text{NaMnO}_2} = \frac{68}{419,272} \cdot 100\% = 16,22\%$$

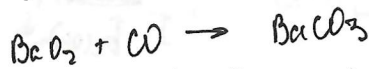
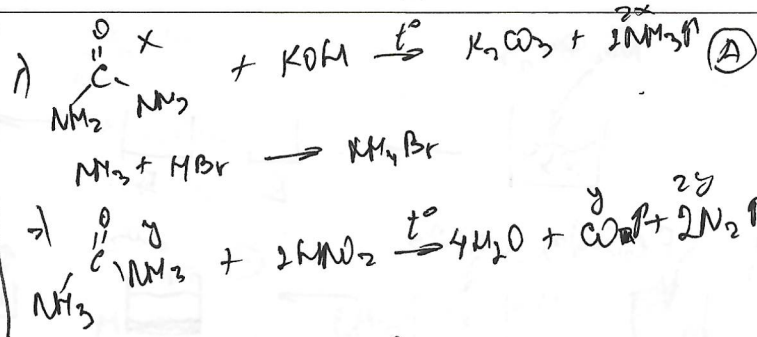
(7.2)

$$V_1 = 0,2 \text{ л} = 200 \text{ мл}$$

$$V_2 = 0,3 \text{ л}$$

$$C_2 = 1,03 \text{ М}$$

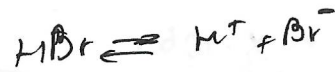
$$pH = 1,52$$



1) Пусть ~~мо~~ кол-во в-ва  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$  по 1 р-ции =  $x$  моль; по 2-у моль

$$\nu_{\text{NH}_3} = (2x) \text{ моль}$$

$$\nu_{\text{HBr}} = C_2 V_2 = 1,03 \cdot 0,3 = 0,309 \text{ моль}$$



$$pH = -\lg[\text{H}^+] \Rightarrow [\text{H}^+] = 10^{-pH} = 10^{-1,52} = 0,0302 \text{ моль/л}$$

$$\nu_{\text{HBr}'} = [\text{H}^+] \cdot V_2 = 0,00906 \text{ моль}$$

$$\nu_{\text{HBr}} = \nu_{\text{HBr}} - \nu_{\text{HBr}'} = 2x; \quad 2x = 0,309 - 0,00906; \quad x = 0,15 \text{ моль}$$

$$2) \nu_{\text{N}_2} = \frac{1}{2} \nu_{\text{NH}_3} = \frac{1}{2} \cdot 2x = 0,15 \text{ моль}; \Rightarrow$$

$$\nu_{\text{N}_2} = 2y = 0,15 \Rightarrow y = 0,075 \text{ моль}$$

$$3) \nu_{(\text{NH}_2)_2\text{CO}} = x + y = 0,225 \text{ моль}$$

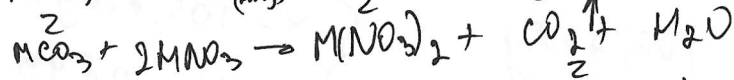
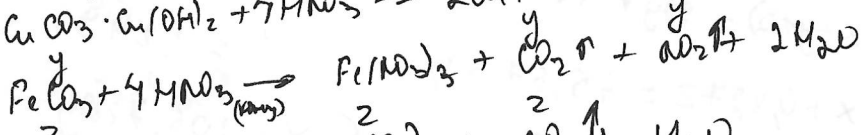
$$C = \frac{\nu_{(\text{NH}_2)_2\text{CO}}}{V_1} = \frac{0,225}{0,2} = 1,125 \text{ моль/л}$$

8.5  
 $p = 1,816 \text{ ат}$   
 $V = 30,56$   
 $P = 101,325 \text{ кПа}$   
 $T = 298,15 \text{ К}$   
 $m_1 = 146,7$   
 $m_2 = 68,82$   
 $m_3 = 69,2$

~~CaCO<sub>3</sub>~~  
 $\nu_{\text{CaCO}_3} \cdot \text{Cu(OH)}_2 = (x) \text{ моль};$

$\nu_{\text{FeCO}_3} = (y) \text{ моль}$

$\nu_{\text{MgCO}_3} = (z) \text{ моль}$



$pV = \frac{m}{M_{\text{ам}}} RT$  ;  $pVM_{\text{ам}} = mRT$  ;  $pM_{\text{ам}} = \frac{m}{V} RT$  ;  $pM = \rho RT$  ;

$M_{\text{ам}} = \frac{pRT}{\rho} = \frac{1,816 \cdot 8,314 \cdot 298,15}{101,325} = 44,927 \text{ моль}$

$M_{\text{ам}} = \frac{M_{\text{CO}_2} \cdot (x+y+z) + M_{\text{H}_2\text{O}} \cdot y}{x+y+z} = 44,927$  ;  $\rho = \frac{pV}{RT} = \frac{101,325 \cdot 30,56}{8,314 \cdot 298,15} = 1,249$   
 $x + z + 2y = 1,249$

$44(x+y+z) + 18y = 44,927(x+y+z)$

$90y + 44x + 44z = 44,927x + 44,927y + 44,927z$

$45,573y = 0,527x + 0,427z$

$x+z = 106,7y$

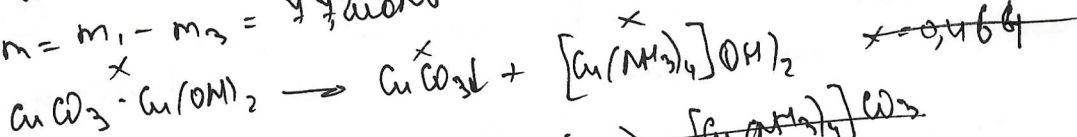
$x+y+z = 1$

$x+y = 0,6$   
 $y = 0,136$

В результате, что  $M - \text{Ca}$  ;  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} - \text{моль}$

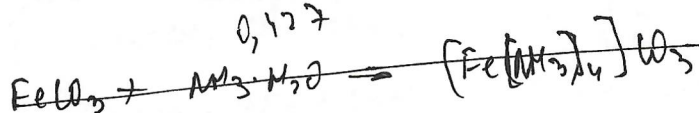
$m_2 = M_{\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}} \cdot z = 172z = 68,8$  ;  $z = 0,4 \text{ моль}$

$\Delta m = m_1 - m_3 = y \cdot 18 \text{ моль}$



~~$45,573 \cdot 0,136 - 0,427 \cdot 0,4 = 49,1$~~

$M_{[\text{Cu}(\text{NO}_3)_4] \text{OH}_2} = 166$   
 $x = 0,468$



$55 = 54x + 14z + 90y$  ;  $y = 1,00809$

$y = \frac{0,468 + 0,4}{1,008} = 0,431$   
 $y = \frac{1,249 - 0,468 - 0,4}{2} = 0,19$

$\begin{cases} 77,7 = 184y + 166 \cdot x \\ 0,4 = x + 106,7y \end{cases} \cdot 106$   
 $66,4 = 166x +$



$$PV = \frac{m}{M} RT$$

$$PM = pRT$$

$$m = \frac{pRT}{P} = 44,42g$$

$$= \frac{90y + 44x + 44z}{x + y + z}$$

$$V = \frac{PV}{RT} = \frac{101,325 - 20,56}{8,314 \cdot 298,15} =$$

$$44,42(x + y + z) = 90y + 44x + 44z$$

$$0,427x + 0,427z = 45,573y$$

$$\begin{cases} x + z = 106,728y \\ x + y + z = 1,249 \end{cases}$$

$$z = 0,4$$

$$\begin{cases} 106,7 = 222x + 116y \\ 0,4 = -x + 106,728y \cdot 1,222 \\ 88,8 = 222x + 1369,3y \end{cases}$$

$$\begin{aligned} y &= 0,00877 \\ x &= 0,475 \\ z &= 0,4 \end{aligned}$$

$$= 1,249$$

$$\begin{cases} x - 106,728y = -0,4 \\ x + y = 0,849 \end{cases} \quad | -$$

$$-107,728y = -1,249$$

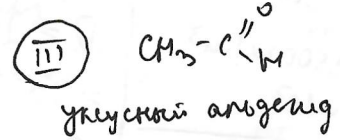
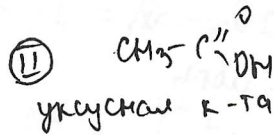
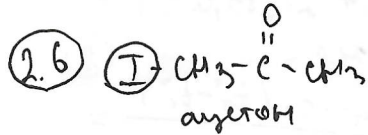
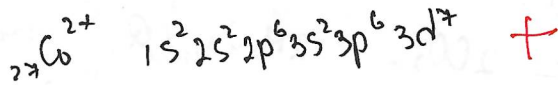
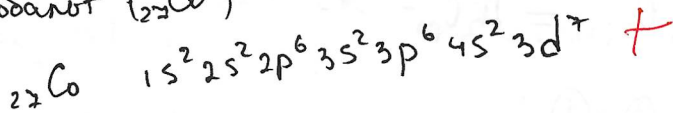
$$y = 0,0115 \quad 116$$

$$x = 0,837 \quad + \cdot 222$$

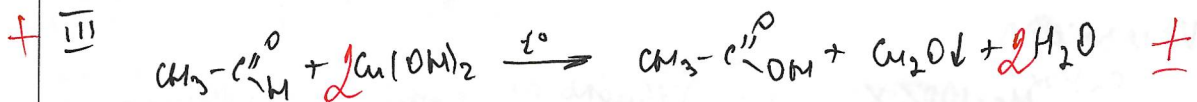
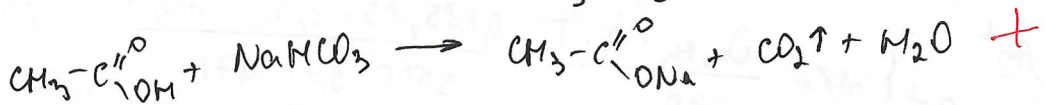
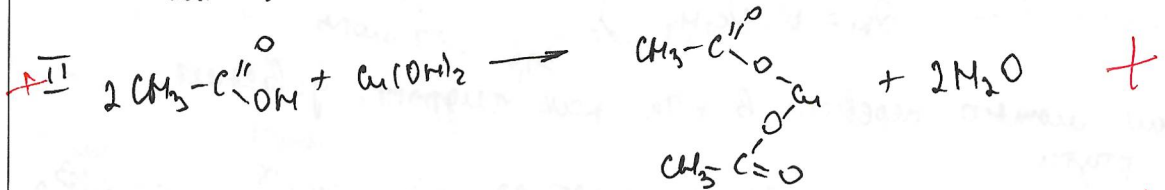
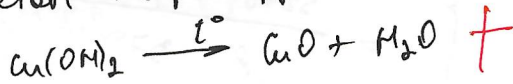
$$z = 0,4 \quad 100$$

1.6)  $N_{пар} = 4 N_{ион}$

Пусть  $N_{ион} = x \Rightarrow N_{пар} = 4x$   
 $N_e = x + 2 \cdot 4x = 9x \Rightarrow$  параллельный номер крестен  $9 \Rightarrow$  подходит кобальт ( $2 \rightarrow Co$ )



I) ацетон не реагирует с  $Cu(OH)_2$ ; но происходит разложение:



3.2

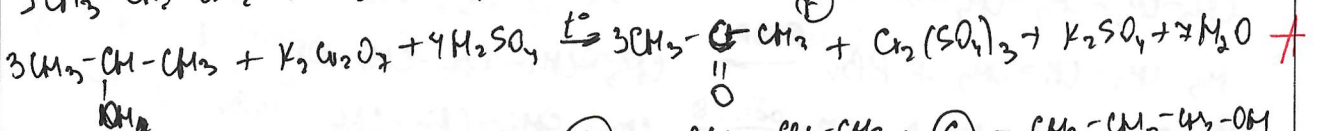
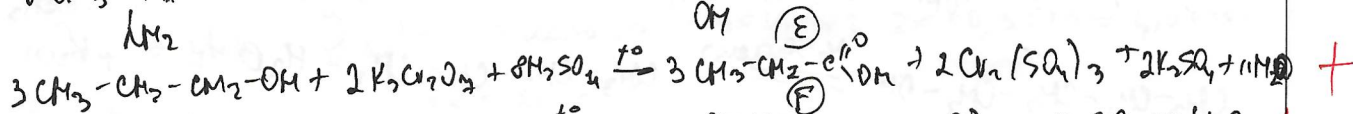
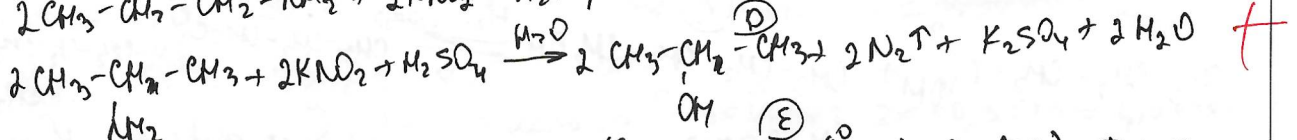
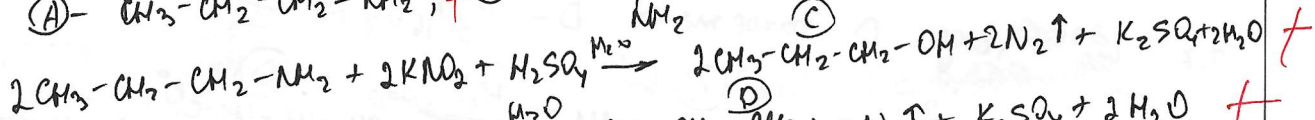
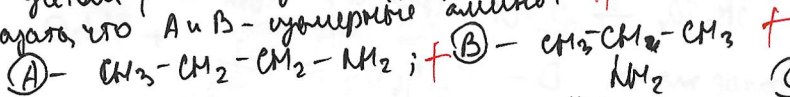
$t = 00^\circ C$

$D_{по N_2} = 2,107$

A, B, C, D, E, F - ?

$M_{см} = M_{N_2} \cdot D_{по N_2} = 28 \cdot 2,107 = 592 / \text{моль}$  +  
 Учтывая, что C и D - углеводород, можно предположить, что A и B также углеводород.

Если предположить, что смесь A и B эквимолярна, то, зная молярную массу смеси, можно с учетом р-ки с азотистой кислотой и нечетности сказать, что A и B - углеводороды алкены +



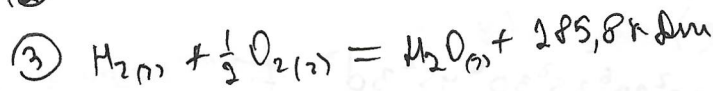
ответ: A)  $CH_3-CH_2-CH_2-NH_2$ ; B)  $CH_3-CH_2-CH_3$ ; C)  $CH_3-CH_2-CH_2-OH$

D)  $CH_3-CH-CH_3$ ; E)  $CH_3-CH_2-C(=O)OH$ ; F)  $CH_3-C(=O)-CH_3$

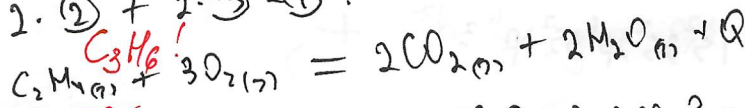
4.5

$T = 303,15K$   
 $p = 710 \text{ мм.рт.ст}$   
 $m = 32762$   
 $t_1 = 23^\circ C$   
 $t_2 = 92^\circ C$   
 $Q_1 = -20,4 \text{ кДж/моль}$   
 $Q_2 = 393,5 \text{ кДж/моль}$   
 $Q_3 = 285,8 \text{ кДж/моль}$   
 $c = 75,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot K}$   
 $n = 0,71 \text{ м}$   
 $\rho_{\text{рт}} = 13500 \text{ кг/м}^3$   
 $g = 9,81 \text{ м/с}^2$

V - ?



$2 \cdot ② + 2 \cdot ③ - ① :$



$Q = 2Q_2 + 2Q_3 - Q_1 = 2 \cdot 393,5 + 2 \cdot 285,8 - (-20,4) =$   
 $= 1379 \text{ кДж/моль}$

$Q_M = V_{H_2O} \cdot c \cdot \Delta t$

$V_{H_2O} = \frac{m_{H_2O}}{\rho_{H_2O}}$

$Q_M = Q \cdot V_{C_2M_4}$

$V_{C_2M_4} = \frac{m_{H_2O} \cdot c \cdot (t_2 - t_1)}{M_{H_2O} \cdot Q} =$   
 $= \frac{3276 \cdot 75,31 \cdot (92 - 23)}{18 \cdot 1379 \cdot 10^3} =$   
 $= 0,685482 \text{ моль}$

Давление можно перевести в кПа как гидрост. давление столба ртути

$p = \rho g h$   
 $\rho V = V_{C_2M_4} RT$

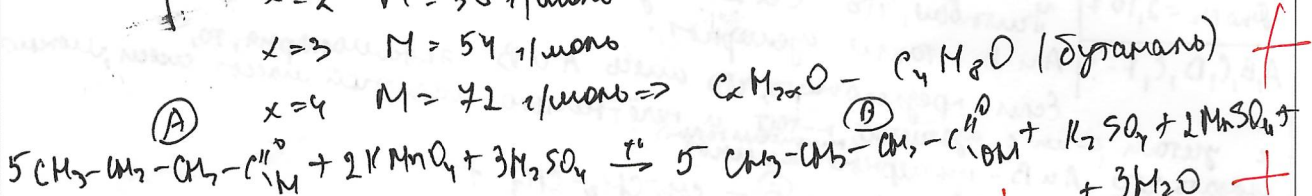
$V = \frac{V_{C_2M_4} \cdot R \cdot T}{\rho g h} = \frac{0,685482 \cdot 8,314 \cdot 303,15}{13500 \cdot 9,81 \cdot 0,71} = 18,38 \text{ л}$

ответ:  $V = 18,38 \text{ л}$

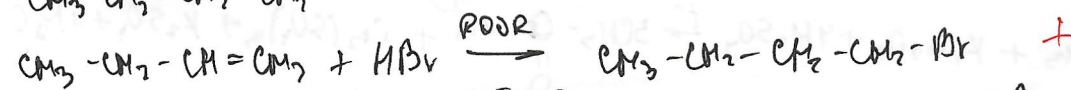
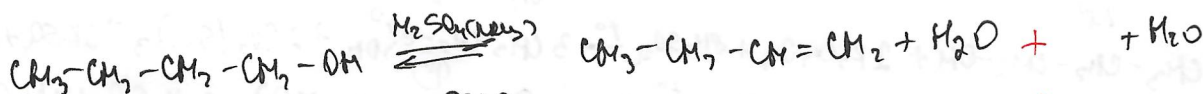
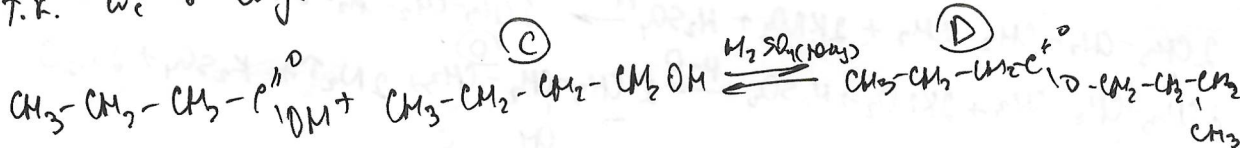
5.1

$w_c = 68,67\%$   
 $M = \frac{w_c}{M_c \cdot 100\% \cdot x} = (18x) \text{ г/моль}$

- при  $x=1$   $M = 18 \text{ г/моль}$
- $x=2$   $M = 36 \text{ г/моль}$
- $x=3$   $M = 54 \text{ г/моль}$
- $x=4$   $M = 72 \text{ г/моль}$



т.к.  $w_c$  в соед. D такое же  $\Rightarrow D - C_8H_{16}O_2$



ответ: A - бутаналь; B - бутановый т-т; C - бутановой смрт;  
 D -  $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CO-O-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$



6.1

$V = 183,7 \text{ мл}$   
 $t = 20^\circ\text{C}$   
 $m = 21,8 \text{ г}$   
 $M_{\text{H}_2\text{O}} = 18$   
 $\rho = 1 \text{ г/мл}$

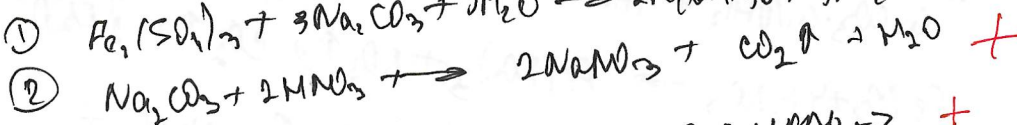
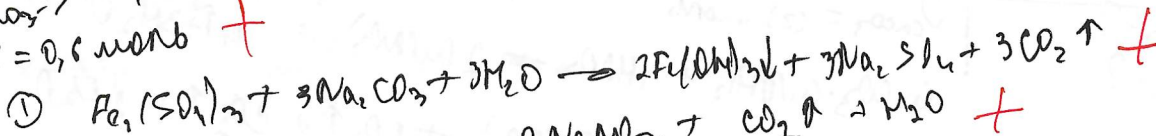
$$\omega = \frac{m}{M_{\text{H}_2\text{O}} + m}$$

$\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 1 \text{ г/мл}$   
 $\rho_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = x \text{ г/мл}$

$$\omega = \frac{M_{\text{Na}_2\text{CO}_3} \cdot x}{V \cdot \rho + x \cdot M_{\text{Na}_2\text{CO}_3} \cdot \rho_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{106 \cdot x}{183,7 + 206 \cdot x} = \frac{21,8}{121,8} \Rightarrow +$$

вопрос?

$x = 0,1 \text{ г/мл} +$



$V_1 = \frac{1}{2} V_2 \Rightarrow x + 2x = 0,1 \text{ г/мл} \Rightarrow x = 0,1 \text{ г/мл} \Rightarrow +$

$m_2 = \frac{2}{3} m \cdot \rho = \frac{2}{3} \cdot (\rho V + 3x \cdot M_{\text{Na}_2\text{CO}_3} \cdot \rho_{\text{H}_2\text{O}}) = \frac{2}{3} \cdot (183,7 + 206 \cdot 0,1) =$   
 $= 236,8 \text{ г} +$

$m_2' = m_2 + m_{\text{H}_2\text{O}} - m_{\text{CO}_2} \cdot 2x = 236,8 \text{ г} + 200 + (-0,4 \cdot 44) = 419,2 \text{ г} +$

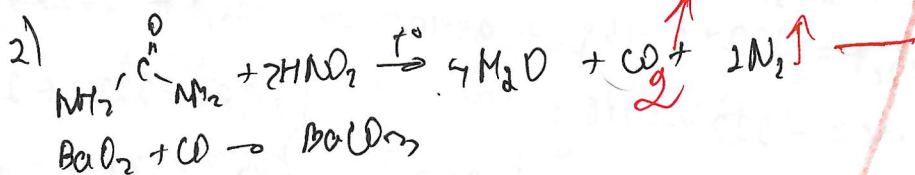
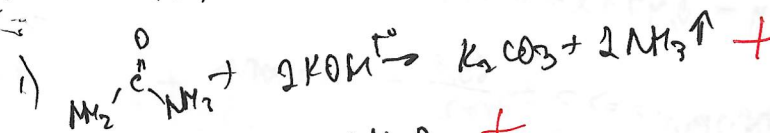
$m_{\text{NaNO}_3} = 4x \cdot M_{\text{NaNO}_3} = 4 \cdot 0,1 \cdot 85 = 68 \text{ г} +$

$\omega_{\text{NaNO}_3} = \frac{m_{\text{NaNO}_3} \cdot 100}{m_2'} = \frac{68}{419,2} \cdot 100\% = 16,22\% +$

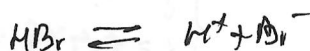
ответ:  $\omega_{\text{NaNO}_3} =$

7.2

$V_1 = 0,2 \text{ л}$   
 $V_2 = 0,3 \text{ л}$   
 $C_2 = 1,3 \text{ моль/л}$   
 $\rho M = 1,52$



пусть  $\rho_{\text{NH}_3} = x \text{ моль}$ ;  $\rho_{\text{NH}_3} = y \text{ моль}$



1)  $\rho_{\text{NH}_3} = 2x \text{ моль}$

$C_{\text{NH}_4\text{Br}} = 10^{-\rho M} = 0,0302 \text{ моль/л} \Rightarrow \rho_{\text{NH}_4\text{Br}} = C_{\text{NH}_4\text{Br}} \cdot V_2 = 0,00906 \text{ моль} +$

$\rho_{\text{HBr}} = C_2 V_2 = 0,3 \cdot 1,3 = 0,39 \text{ моль}$

$\rho_{\text{NH}_4\text{Br}} = \rho_{\text{HBr}} - \rho_{\text{NH}_4\text{Br}}' = 0,3 \text{ моль} \Rightarrow \rho_{\text{NH}_3} = \rho_{\text{HBr}}; 2x = 0,3 \Rightarrow x = 0,15 \text{ моль} +$

2)  $\rho_{\text{N}_2} = \frac{1}{2} \rho_{\text{NH}_3} \Rightarrow \frac{1}{2} \cdot 2x = 0,15 \Rightarrow +$

$\rho_{\text{N}_2} = 2y = 0,15 \Rightarrow y = 0,075 \text{ моль}$

$\rho_{\text{NH}_3} \text{CO} = x + y = 0,225 \text{ моль}$

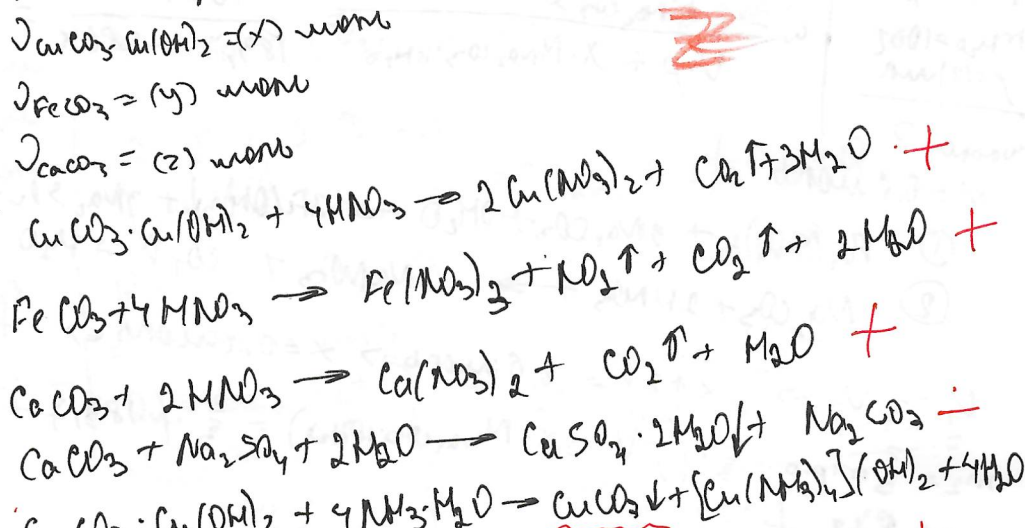
$C = \frac{\rho_{\text{NH}_3} \text{CO}}{V_1} = \frac{0,225}{0,2} = 1,125 \text{ моль/л}$

ответ:  $C_1 = 1,125 \text{ моль/л}$



$\rho = 1,81621 \text{ г}$   
 $m_1 = 146,72$   
 $V = 30,56 \text{ л}$   
 $p = 101,325 \text{ кПа}$   
 $T = 298,15 \text{ К}$   
 $m_2 = 68,8$   
 $m_3 = 69$

Ошибочна, что моль-литеран -  $\text{CaCO}_3$   
 т.к. при р-ии с  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  выпадает неизвестный ?  
 кристаллогидрат ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  - моль)



$$1) pV = \frac{m}{M_{\text{ам}}} RT; \quad M_{\text{ам}} = \frac{pRT}{p} = \frac{1,816 \cdot 8,314 \cdot 298,15}{101,325} = 44,424 \text{ г/моль} +$$
  

$$M_{\text{ам}} = \frac{M_{\text{CO}_2} \cdot (x+y+z) + M_{\text{NO}_2} \cdot y}{x+y+z} = 44,424$$
  

$$45,573y = 0,427x + 0,427z \quad | : 0,427 \Rightarrow x+z = 106,7y$$

$$2) M_2 = M_{\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}} \cdot z \Rightarrow z = \frac{68,8}{172} = 0,4 \text{ моль} +$$
  

$$m_1 = M_{\text{CaCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2} \cdot x + M_{\text{FeCO}_3} \cdot y + M_{\text{CaCO}_3} \cdot z$$
  

$$146,7 = 222x + 116y + 0,4 \cdot 100 \Rightarrow 106,7 = 222x + 116y$$

$$3) \begin{cases} 106,7 = 222x + 116y \\ z = -x + 106,7y \quad | \cdot 222 \Rightarrow \begin{cases} 88,8 = -222x + 23687y \\ 106,7 = 222x + 116y \end{cases} + \\ z = 0,4 \end{cases}$$
  

$$\begin{cases} y = 0,00817 \text{ моль} \\ x = 0,476 \text{ моль} - \\ z = 0,4 \text{ моль} \end{cases}$$

$$w_{\text{CaCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2} = \frac{x \cdot M_{\text{CaCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2}}{m_1} \cdot 100\% = 72,03\%$$
  

$$w_{\text{CaCO}_3} = \frac{z \cdot M_{\text{CaCO}_3}}{m_1} \cdot 100\% = \frac{40}{146,7} \cdot 100\% = 27,27\%$$

$$w_{\text{FeCO}_3} = 100\% - w_{\text{CaCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2} - w_{\text{CaCO}_3} = 0,70\%$$
  

$$\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2 + 3\text{CO} \rightarrow 2\text{Cu}\downarrow + 3\text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O} +$$
  

$$m_{\text{Cu}} = 2x \cdot M_{\text{Cu}} = 2 \cdot 0,475 \cdot 64 = 60,82$$

Ответ:  $m_{\text{Cu}} = 60,82$ ;  $w_{\text{CaCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2} = 72,03\%$ ;  $w_{\text{CaCO}_3} = 27,27\%$ ;  $w_{\text{FeCO}_3} = 0,70\%$ ;  $\text{CaCO}_3$