

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 1

Место проведения Москва  
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов  
наименование олимпиады

по Химии  
профиль олимпиады

Ноздрачева Бориса Юрьевича  
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

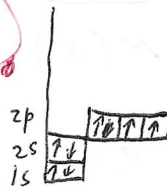
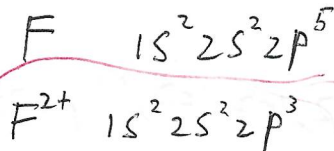
Дата  
«12» марта 2023 года

Подпись участника  
[Signature]

22-80-82-30  
(63.14)

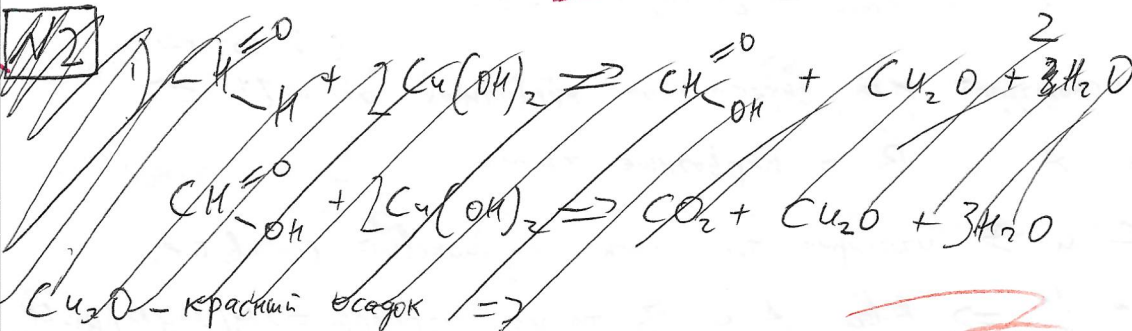
Чистовик

N1

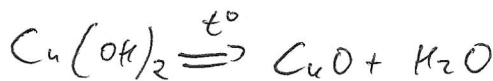
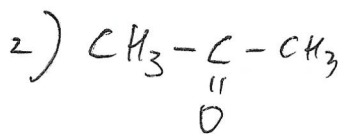
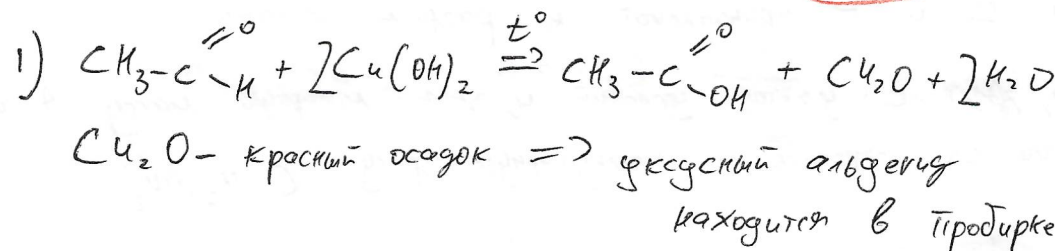


Ответ:  ${}^9F$

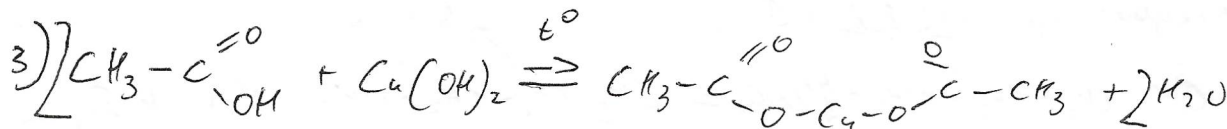
N2



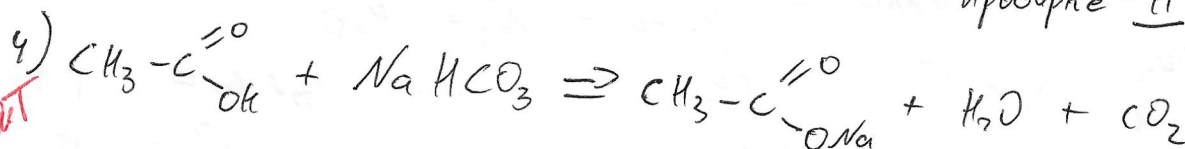
N2



$C_2O$  - белый осадок  
 $\downarrow$   
ацетон в пробирке I



Осадок ( $Cu(OH)_2$ ) растворился  $\Rightarrow$  уксусная кислота в пробирке II



Выделился газ ( $CO_2$ )

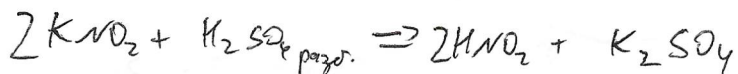
Ответ: I - ацетон, II - уксусная кислота, III - уксусный альдегид

Решить  
 89  
 1 2 3 4 5 6 7 8  
 3 8 10 12 14 14 14 14  
 89  
 восемьдесят девять

Чистовик

№3)  $\varphi_{\frac{x}{N_2}} = 2,107 \Rightarrow \frac{M_{\text{ср}}}{M(N_2)} = 2,107 \Rightarrow M_{\text{ср}} = 2,107 \cdot 28 = 59 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$

2) В растворе  $KNO_2$  и  $K_2SO_4$  р-р реагируют:



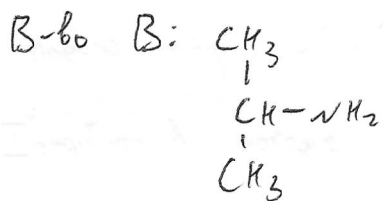
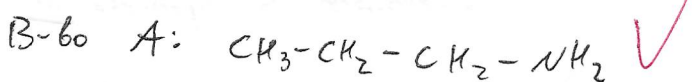
(в кап. р-чи)

$KNO_2$  используют для определения первичных аминов  $\Rightarrow$   
 $\Rightarrow$  в-ва А и В - первичные амины.

В-ва С и Д изомеры, т.е. имеют одинаковый состав, т.е. одинаковую М  $\Rightarrow$  в-ва А и В также изомеры  $\Rightarrow M(A) = M(B) = M_{\text{ср}}$ .

В-ва Е и F принадлежат к разным классам.

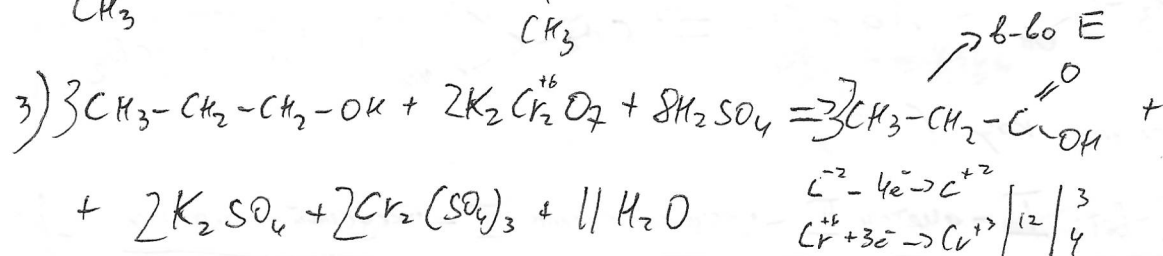
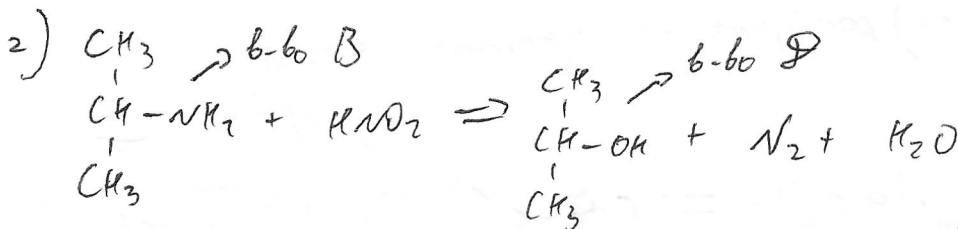
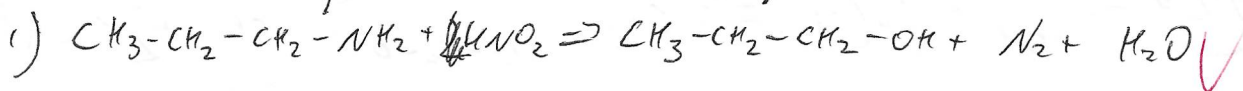
Тогда, ~~зная~~ с учётом условий и зная молярную массу А и В, предположу их строение и молекулярную ф-лу:  $C_3H_7NH_2$



Реакции:

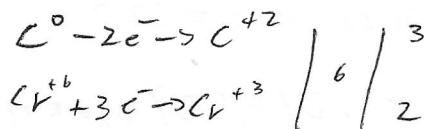
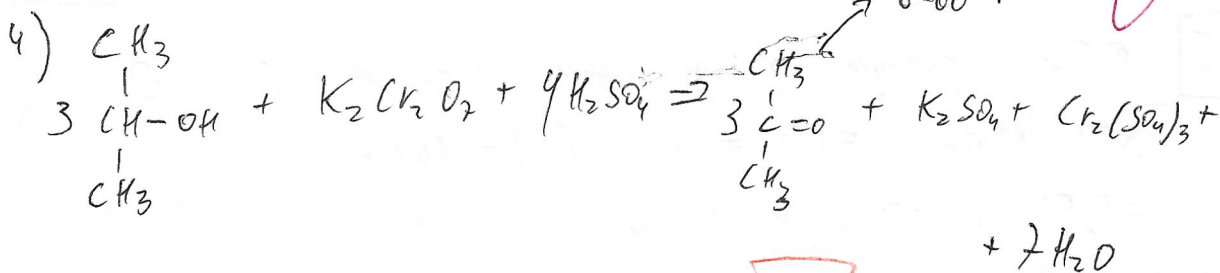
$\nearrow$  в-во А

$\nearrow$  в-во С



Чистовик

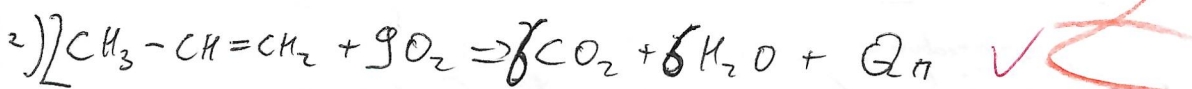
№3) Продолжение



Ответ: А -  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-NH}_2$ , В -  $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH-NH}_2 \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$ , С - пропанол-1  
 Д - ~~пропанол-2~~, Е - пропановая кислота, F - ацетон. ✓

№4) 1) Теплота, необходимая для нагрева воды -  $Q_B$

$$Q_B = C_B \cdot D_B \cdot \Delta t = C_B \cdot \frac{m_B}{\mu_B} \cdot \Delta t = 75,31 \cdot \frac{3276 \text{ кг}}{18 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}} \cdot (32 - 23) = 945743 \text{ Дж} \quad \checkmark$$



$Q_{\text{п}}$  - кол-во теплоты, полученное при сгорании 1 моля пропена

$$Q_{\text{п}} = (6 \cdot Q_{\text{сдп}}(\text{H}_2\text{O}) + 6 \cdot Q_{\text{сдп}}(\text{CO}_2) - 2 \cdot Q_{\text{сдп}}(\text{пропен})) : 2$$

$$Q_{\text{п}} = \frac{6 \cdot 285,8 + 6 \cdot 393,5 - 2 \cdot (-20,4)}{2} = \frac{1714,8 + 2361 + 40,8}{2} = \frac{4116,6 \text{ кДж}}{2} = 2058300 \text{ Дж} \quad \checkmark$$

3) 
$$D_{\text{пропена}} = \frac{Q_B}{Q_{\text{п}}} = \frac{945743}{2058300} = 0,46 \text{ моль}$$

4) Пб ур-ню Менделеева-Клапейрона  $pV = \nu R T \Rightarrow V_{\text{п}} = \frac{\nu R T}{p}$   
 $T = 30^\circ\text{C} = 303\text{K}$   $p = 710 \text{ мм рт.ст.} = 101325 \text{ Па} \cdot \frac{710}{760}$

$$V_{\text{п}} = (0,46 \cdot 8,31 \cdot 303) : (101325 \cdot \frac{71}{76}) = \frac{1158,25}{94659} = 0,0122 \text{ м}^3 = 12,2 \text{ л}$$

Ответ: 12,2 л ✓

**Чистовик**

**№5** Общая формула насыщ. нециклич. альдегидов -  $C_n H_{2n} O$

Пусть масса альдегида = 100 г, тогда  $m(C) = 66,67$

$\nu(C) = 5,56 \text{ моль} \Rightarrow \nu(H) = 11,12 \text{ моль} \Rightarrow m(H) = 11,12$

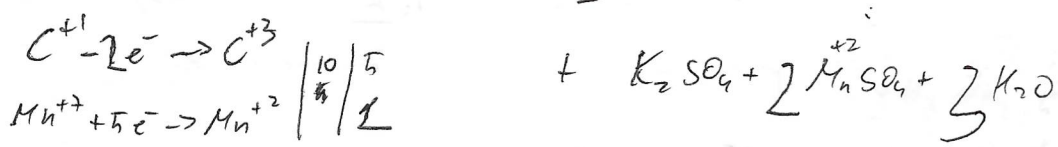
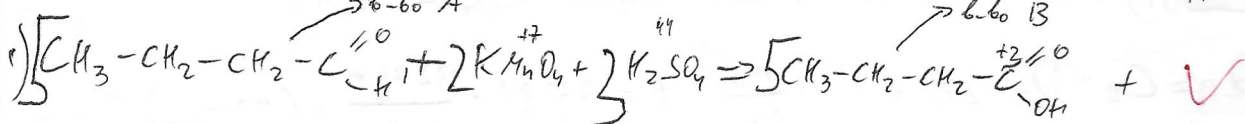
$m(O) = 100 - m(C) - m(H) = 100 - 66,67 - 11,12 = 22,21$

$\nu(O) = \frac{m}{M} = \frac{22,21}{16} = 1,39 \text{ моль} \Rightarrow \nu(C) : \nu(H) : \nu(O) = 5,56 : 11,12 : 1,39$

Из условия: в в-ве А 1 атом кислорода  
 $\Downarrow$   
 $n(C) : n(H) : n(O) = 4 : 8 : 1$  ✓

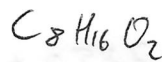
В-во А -  $C_4 H_8 O$

Исходя из условий в-во А имеет вид  $CH_3-CH_2-CH_2-C(=O)-H$



Из условия известно, что в-во С - спирт, а в-во Д - сложный эфир.

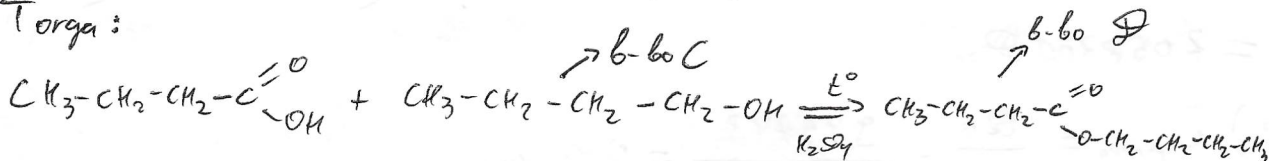
Тогда, учитывая то, что массовые доли в-тв в Д такие же, как в в-ве А, но атомов кислорода в Д 2, составлю формулу Д:



Тогда спирт С имеет в составе 4 атома углерода.

Предложу такое строение:  $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-OH$

Тогда:



В полученном мною в-ве Д столько же атомов С, Н и О, сколько и должно быть по условию

$\Rightarrow$  Предложенный мною спирт удовлетворяет условиям

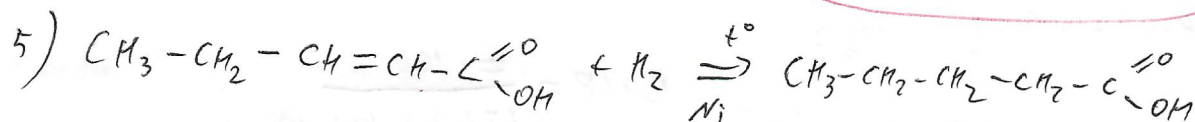
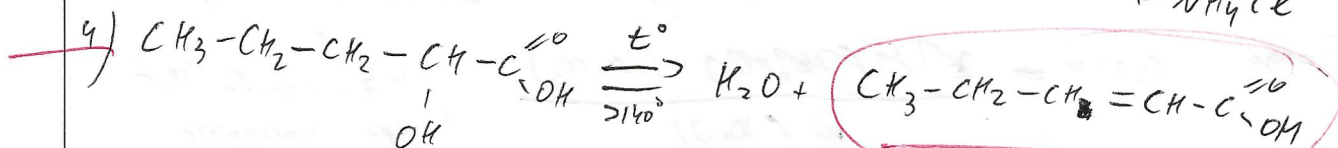
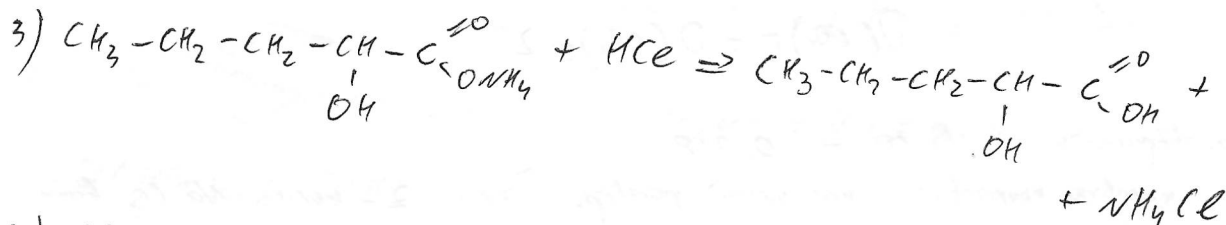
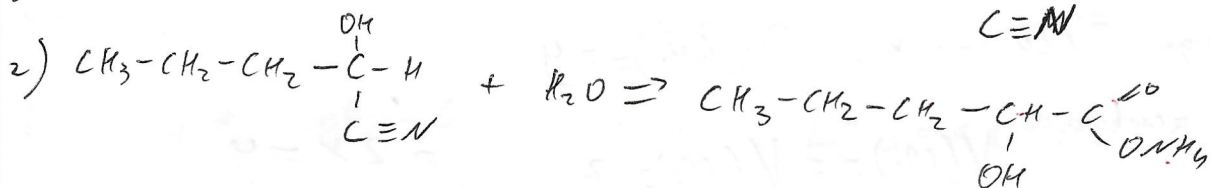
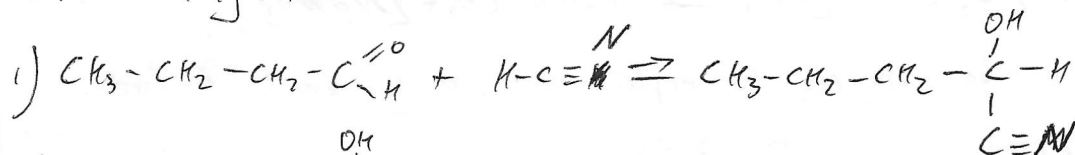
$\Rightarrow$  Предложенный мною спирт удовлетворяет условиям

$\Rightarrow$  в-во С - бутанол-1, а в-во Д - бутиловый эфир бутановой кислоты,

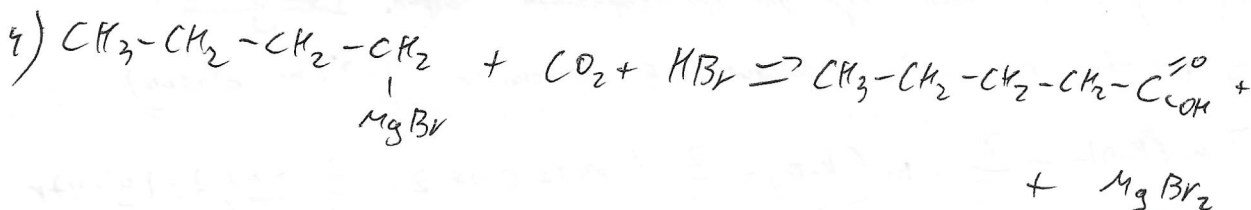
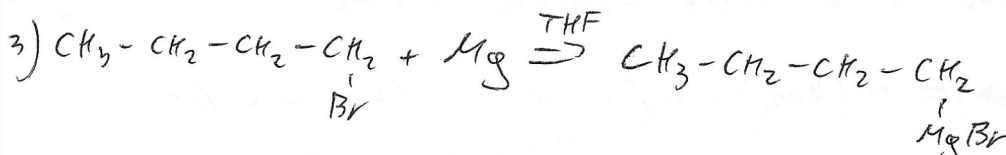
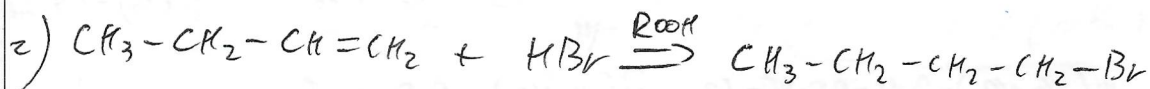
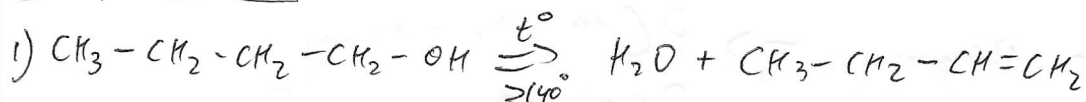
Чистовик

V5 Продолжение

Способ получения кислоты:



Второй способ:



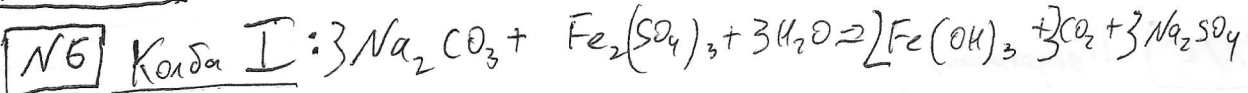
Ответ: А - Бутаналь

С - Бутанол - 1

В - Бутановая кислота

Д - Бутановый эфир Бутановой кислоты

Условие



Пусть  $x$  - кол-во  $Na_2CO_3$  в первой колбе, а  $y$  - кол-во во второй.

Тогда  $\nu(CO_2)_I = x$ ,  $\nu(CO_2)_{II} = y$

По условию

$V(CO_2)_{II} = V(CO_2)_I \cdot 2 \rightarrow 2x = y$

$\nu(CO_2)_{II} = \nu(CO_2)_I \cdot 2$

Растворимость  $Na_2CO_3 - 0,218$

По условию, приготовили насыщенный раствор. Пусть  $z$  - кол-во  $Na_2CO_3$  всего.

Тогда  $0,218 = \frac{z \cdot M(Na_2CO_3)}{m(H_2O)}$  ⇓  
10z - кол-во  $H_2O$   
в кристаллогидрате

$m(H_2O) = m(H_2O)_{kr} + 183,7$

$0,218 = \frac{z \cdot 106}{183,7 + 10z \cdot 18}$

$106z = 40,05 + 39,24z$

$z = \frac{40,05}{66,8} = 0,6 \text{ моль}$

$\Rightarrow \nu(Na_2CO_3)_I = 0,2 \text{ моль}$

$\nu(Na_2CO_3)_{II} = 0,4 \text{ моль} \Rightarrow \nu(CO_2) = 0,4 \text{ моль}$

$m(NaNO_3) = \nu \cdot M = 0,8 \cdot 85 = 68 \text{ г}$   $\nu(NaNO_3) = 0,8 \text{ моль}$

$m_{р-ра} \text{ (во второй колбе)} = m(KNO_3) + m(Na_2CO_3) + m(H_2O)_{II} - m(CO_2)$

$m(H_2O)$  - масса воды из раствора карбоната натрия.  $2x = y \Rightarrow$

$\Rightarrow$  раствор по колбам разлили в отношении 1:2 (по объему)

$\Rightarrow m(H_2O)_{II} = \frac{2}{3} \cdot m(H_2O) = \frac{2}{3} (183,7 + 10 \cdot 18 \cdot z) = \frac{2}{3} \cdot 291,7 = 194,47 \text{ г}$

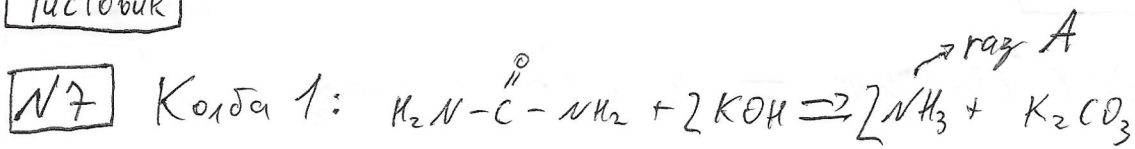
$m(CO_2) = \nu \cdot M = 0,4 \cdot 44 = 17,6 \text{ г}$   $m(Na_2CO_3) = \nu \cdot M = 0,4 \cdot 106 = 42,4 \text{ г}$

$m_{р-ра II} = 200 + 42,4 + 194,47 - 17,6 = 419,27 \text{ г}$

$\omega(NaNO_3) = \frac{m(NaNO_3)}{m_{р-ра II}} \cdot 100 = \frac{68}{419,27} \cdot 100 = 16,2\%$

Ответ:  $\omega(NaNO_3) = 16,2\%$

Чистовик



$$\nu(\text{HBr})_{\text{всего}} = V \cdot c = 0,3 \cdot 1,03 = 0,309 \text{ моль}$$

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = 1,52 \quad [\text{H}^+] = c(\text{HBr})_{\text{ост.}}$$

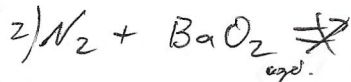
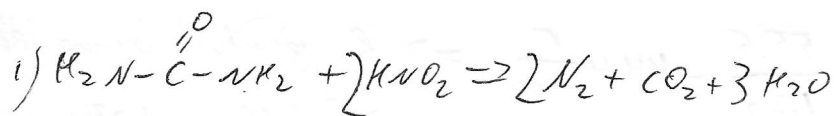
$$[\text{H}^+] = 0,03 \Rightarrow c(\text{HBr})_{\text{ост.}} = 0,03 \frac{\text{моль}}{\text{л}}$$

Т.к.  $V$  не изменился, то  $\nu(\text{HBr})_{\text{ост.}} = V \cdot c = 0,3 \cdot 0,03 = 0,009 \text{ моль}$

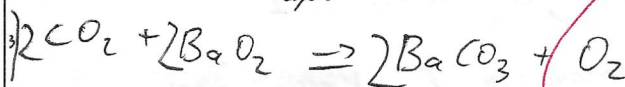
$$\Rightarrow \nu(\text{HBr})_{\text{прор.}} = \nu(\text{HBr})_{\text{всего}} - \nu(\text{HBr})_{\text{ост.}} = 0,309 - 0,009 = 0,3 \text{ моль}$$

$$\Rightarrow \nu(\text{NH}_3) = 0,3 \text{ моль} \Rightarrow \nu_{\text{мол. I}} = 0,15 \text{ моль}$$

Кюда 2:



$\Rightarrow \text{N}_2$  - непомощенный газ



$$V(\text{N}_2) \cdot 2 = V(\text{NH}_3)$$

$$\nu(\text{N}_2) \cdot V_m \cdot 2 = \nu(\text{NH}_3) \cdot V_m$$

$$\nu(\text{N}_2) = \frac{\nu(\text{NH}_3)}{2} = \frac{0,3}{2} = 0,15 \text{ моль}$$

$$\nu_{\text{мол. II}} = \frac{\nu(\text{N}_2)}{2} = \frac{0,15}{2} = 0,075 \text{ моль}$$

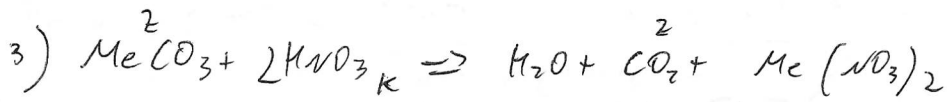
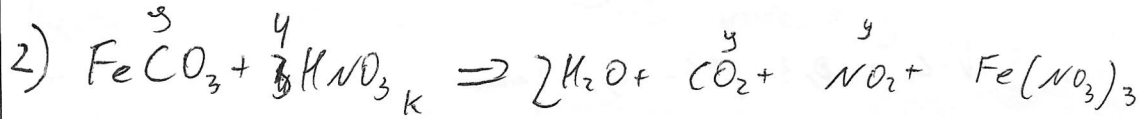
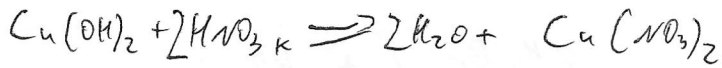
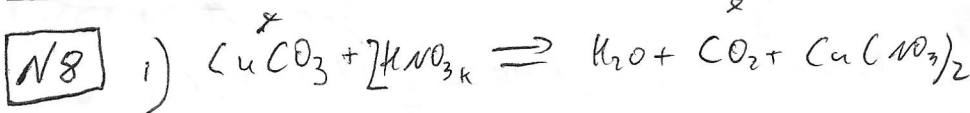
$$\Rightarrow \nu_{\text{мол. всего}} = 0,15 \text{ моль} + 0,075 \text{ моль} = 0,225 \text{ моль}$$

$$C_{\text{молекул}} = \frac{\nu_{\text{мол.}}}{V_{\text{р-ра}}} = \frac{0,225}{0,2} = 1,125 \frac{\text{моль}}{\text{л}}$$

Ответ:  $C_m = 1,125 \frac{\text{моль}}{\text{л}}$



Чистовик



$\rho_r = 1,816 \frac{\text{г}}{\text{л}}$      $V = 30,56 \text{ л} \Rightarrow m_r = \rho \cdot V = 55,5 \text{ г}$

По уравн Менделеева-Клапейрона  $pV = \nu RT$   
 $\rho_r = \frac{pV}{RT}$      $p = 1 \text{ атм} = 101325 \text{ Па}$   
 $T = 25^\circ\text{C} = 298 \text{ К}$

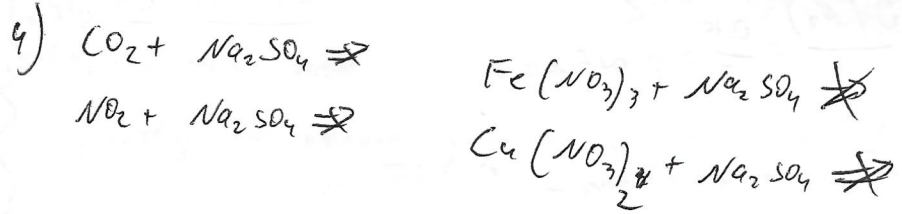
$\rho_r = \frac{101325 \cdot 0,03056}{8,31 \cdot 298} = \frac{3096,492}{2476,38} = 1,25 \text{ моль}$      $\rho = \frac{m}{V}$

$M_r = \frac{m_r}{\rho_r} = \frac{55,5}{1,25} = 44,4 \frac{\text{г}}{\text{моль}} \Rightarrow$  в условии имеют ввиду  $\text{CO}_2$   
 $\Rightarrow \nu(\text{CO}_2)_{\text{всего}} = 1,25 \text{ моль}$

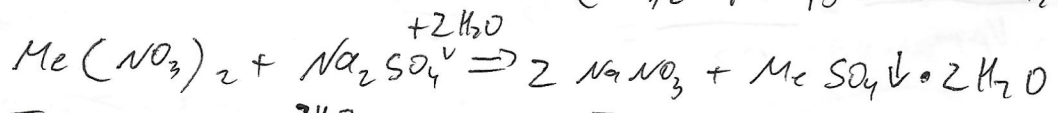
Пусть  $\nu(\text{малахит}) = x$ ,  $\nu(\text{FeCO}_3) = y$ ,  $\nu(\text{MeCO}_3) = z$

Тогда, исходя из того, что в условии сказано, что в  $\text{HNO}_3$  были растворены все компоненты смеси полностью и угитивал котр. гр-ий, составим уравне:

$x + y + z = \nu(\text{CO}_2)_{\text{всего}} \Rightarrow x + y + z = 1,25 \text{ моль}$



Из этого следует, что только  $\text{Me(NO}_3)_2$  реагирует с  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ :



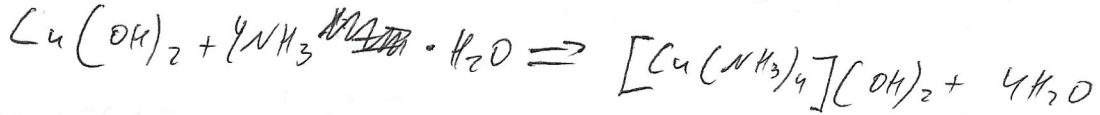
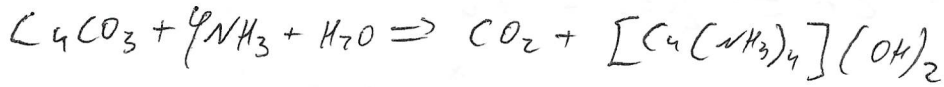
Тогда  $m(\text{MeSO}_4) = 68,8 \text{ г}$     Пусть  $M(\text{Me}) = M$ , тогда

$\nu(\text{MeCO}_3) = \nu(\text{Me(NO}_3)_2) = \nu(\text{MeSO}_4) = z$ , тогда  $z \cdot M(\text{MeSO}_4) = 68,8$   
 $z \cdot (M + 96) = 68,8$

Чистовик

№8 Продолжение

5) Только малахит реагирует с водным раствором аммиака:



⇒ По условию масса нераств. осадка — 69 г

$$\Rightarrow m_{\text{малахита}} = m_{\text{смеси}} - m_{\text{ос.}} = 146,7 - 69 = 77,7$$

$$D_{\text{малахита}} = X = \frac{m}{M} = \frac{77,7}{64 \cdot 2 + 12 + 48 + 17 \cdot 2} = \frac{77,7}{222} = 0,35 \text{ моль}$$

$$6) m_{\text{нераств. ос.}} = m(\text{FeCO}_3) + m(\text{MgCO}_3) = y \cdot M(\text{FeCO}_3) + z \cdot M(\text{MgCO}_3)$$

$$69 = y \cdot 116 + z \cdot (M + 60)$$

Итого, образовалась система уравнений:

$$\begin{cases} x = 0,35 \\ x + y + z = 1,25 \\ z(M + 132) = 68,8 \\ 69 = y \cdot 116 + z(M + 60) \end{cases}$$

Вычисления:

$$y + z = 1,25 - x = 1,25 - 0,35 = 0,9$$

$$y + z = 0,9 \Rightarrow y = 0,9 - z$$

$$z = \frac{68,8}{M + 132}$$

$$y = 0,9 - \frac{68,8}{M + 132}$$

$$69 = 116 \left( 0,9 - \frac{68,8}{M + 132} \right) + \frac{68,8}{M + 132} (M + 60)$$

$$69 = 104,4 - 116 \cdot \frac{68,8}{M + 132} + \frac{68,8}{M + 132} (M + 60)$$

$$35,4 = 116 \cdot \frac{68,8}{M + 132} - \frac{68,8}{M + 132} (M + 60)$$

$$35,4 = \frac{68,8}{M + 132} (116 - (M + 60)) \rightarrow 0,515 = \frac{56 - M}{M + 132}$$

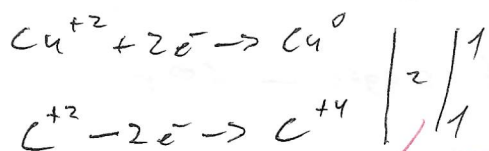
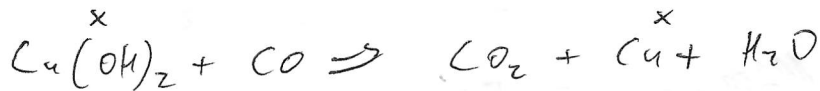
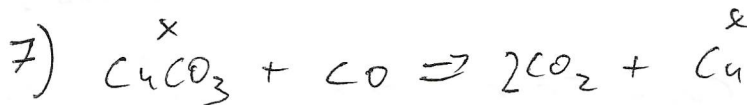
$$0,515M + 68,8 = 56 - M \rightarrow 1,515M = 12$$

$$M = \frac{12}{1,515} \approx 8 \text{ моль}$$

~~Me~~ — Бериллий (Be) ⇒ Состав неизв. минерала —  $\text{BeCO}_3$

Чистовик

№8 Продолжение

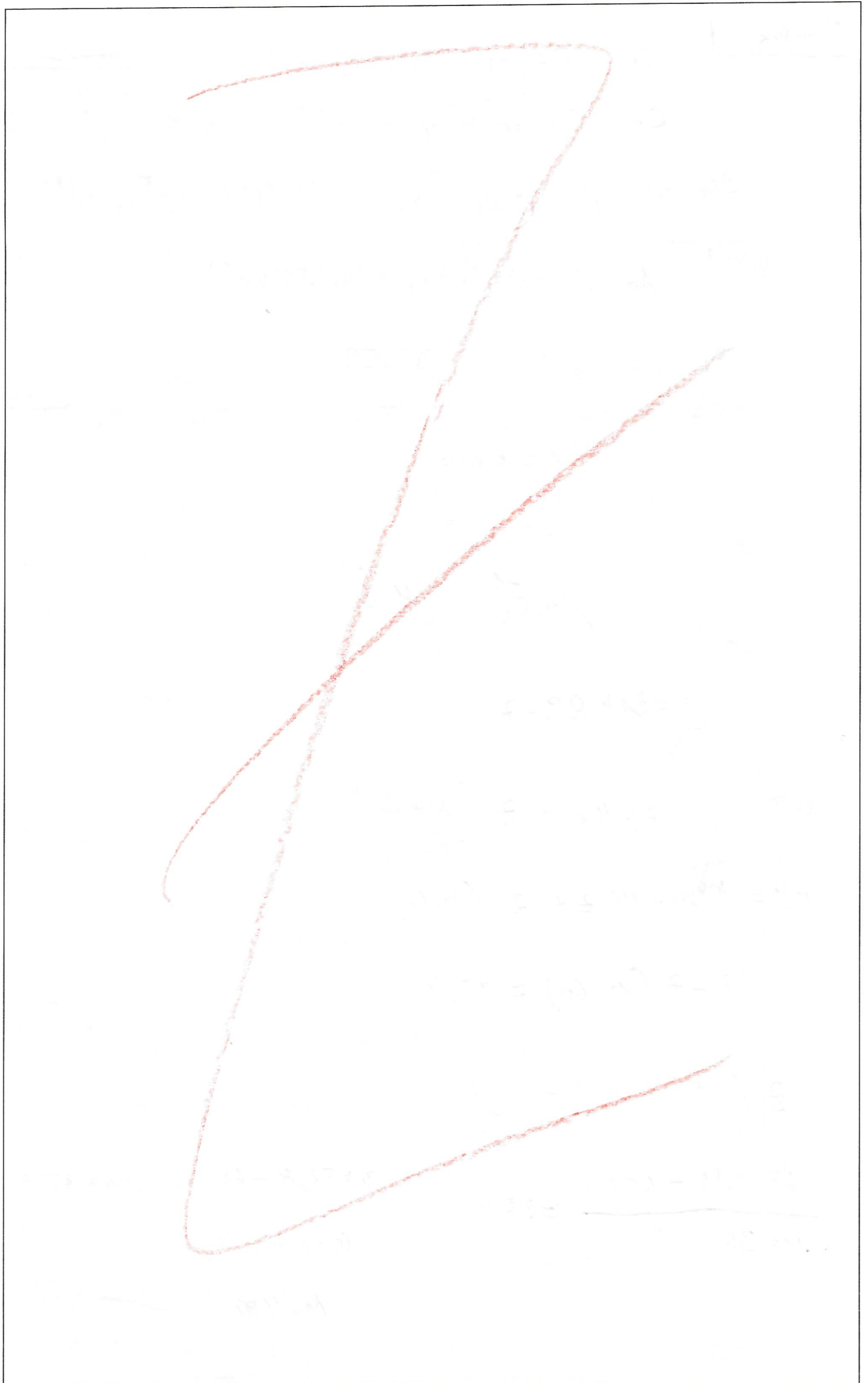


$$\nu(\text{Cu}) = 2x = 0,35 \cdot 2 = 0,7 \text{ моль}$$

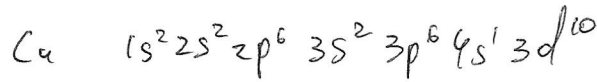
$$m(\text{Cu}) = \nu \cdot M = 0,7 \cdot 64 = 44,8 \text{ г}$$

Ответ:  $m(\text{Cu}) = 44,8 \text{ г}$

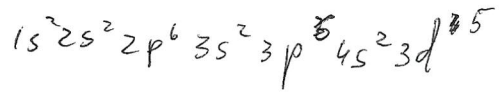
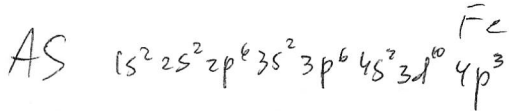
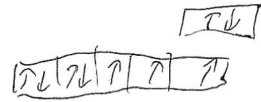
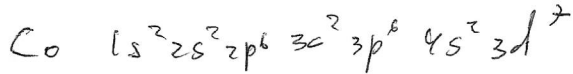
Цинковый минерал -  $\text{BeCO}_3$



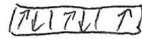
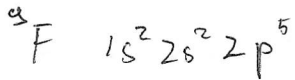
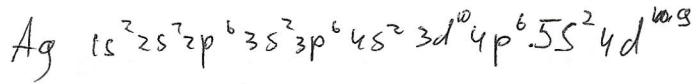
Черновик



Z



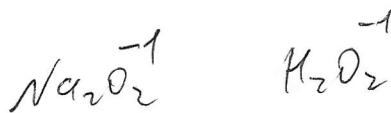
~~1s 2s 2p 3s 3p 4s 4p 5s~~



Z

$V \cdot C = 0,009$

$C = 0,03$



$z = 116 \cdot 0,9 - z$

$69 = (0,9 - z) \cdot 116 + z (M + 60)$

$69 = 104,4 - 116z + z(M + 60)$

$116z - z(M + 60) = 35,4$

$z(56 - M) = 35,4$

$$\frac{68,8 \cdot 56 - 68,8M}{M + 96} = 35,4$$

$3852,8 - 68,8M = 35,4M + 3398,4$

$109,2M = 454,4$

$M = 4,16$

~~\_\_\_\_\_~~

Z