МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Химия**

ФИО участника олимпиады: **Карачёв Дамир Дмитриевич**

Класс: **11**

Технический балл: **85**

Дата проведения: **27 февраля 2022 года**

9111655

Беркович

1. верно
2. Неверно последняя часть, поэтому минут 6 баллов
3. неверная размерность константы- минус балл
4. верно
5. верно
6. Верные 2 реакции из 5 – минус 6, не приводится расчет, расчет массы Д делается из неправильнорй реакции (неправильное Д), 2 балла из 4

№5

~~$CuSO_3 + HNO_3 \rightarrow NO_2\uparrow + CuSO_4 + H_2O$~~

~~$CuSO_3 + H_2SO_4 \rightarrow CuSO_4 + SO_2\uparrow + H_2O$~~

$CuS + 4H_2SO_4 \xrightarrow{t} CuSO_4 + 4SO_2 + 4H_2O$ $\quad CuS + HNO_3 \rightarrow NO_2 + CuSO_4$

$S^{-2}_{-8} \rightarrow S^{+6}$ | 1

$S^{+6}_{+2} \rightarrow S^{+4}$ | 4

$CuS + 10HNO_3 \xrightarrow{t} 8NO_2\uparrow + Cu(NO_3)_2 + H_2SO_4$

$S^{-2}_{-8e} \rightarrow S^{+6}$ | 1

$N^{+5}_{+1e} \rightarrow N^{+4}$ | 8

$\nu(CuS) = \frac{9,6\,г}{96\,г/моль} = 0,1$ моль

~~$m(NO_2) = 36,8\,г$~~

$m(NO_2) = 0,8\,моль \cdot 46\,г/моль = 36,8\,г$

$m(HNO_3) = 120\,г \cdot 0,63 = 75,6\,г$ $\quad m(HNO_3)_{р-ра} = 120\,г$

$\nu(HNO_3) = \frac{75,6\,г}{63\,г/моль} = 1,2$ моль

$m(SO_2) = 0,4 \cdot 64\,г/моль = 25,6\,г$

$m(H_2SO_4) = 142,7\,г \cdot 0,98 = 139,846\,г$

$\nu(H_2SO_4) = \frac{139,846\,г}{98\,г/моль} = 1,427$ моль

$m_{ост_1} = m(CuS) + m(HNO_3)_{р-ра} - m(NO_2) =$

$m_{ост_1} = 9,6 + 120 - 36,8 = 92,8\,г$

$m_{ост_2} = m(CuS) + m(H_2SO_4) - m(SO_2)$

$m_{ост_2} = 9,6 + 142,7 - 25,6 = 126,7\,г$

$\Delta m = 33,9\,г$

$33,9 = 286x$

чистовик
1-ый из 14

№2 $\overset{+6}{CrO_3} + HNO_3$

№5 (продолжение

$Na_2CO_3 + 2HNO_3 \rightarrow 2NaNO_3 + CO_2\uparrow + H_2O$

$Na_2CO_3 + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + CO_2\uparrow + H_2O$

в 1 стакане после реакции

$\nu(HNO_3) = 1{,}2 - 1 = 0{,}2$ моль

$\nu(H_2SO_4) = 0{,}1$ моль

Масса стакана 1 после реакции + $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O = 126{,}72$

$\nu(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) = x$ моль, тогда

$\nu(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) = 286x$ (г)

$\nu(CO_2) = x$ моль $\quad m(CO_2) = 44x$ (г)

$\nu(NaNO_3) = 2x$ моль $\quad m(NaNO_3) = 2x \cdot 85$ (г)

$m_{ст\,1\,после\,р\text{-}ции\,с\,содой} = m(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) + m_{ст\,1\,после\,р\text{-}ции\,с\,CuS} - m(CO_2)$

$126{,}72 = 286x + 92{,}8 - 44x = 92{,}8 + 242x$

$126{,}72 = 92{,}8 + 242x$

$33{,}92 = 242x$

$x = 0{,}14$ моль

$m(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) = 0{,}14 \cdot 286 = 40{,}062$

$Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$ необходимо добавить в 1-ый стакан. Добавить нужно 40,062

чистовик

2-ой из 14

$\cancel{Cu^{+2}S^{+6}O_4 + HN^{+5}O_3}$

$\sqrt{4}$.

$\cancel{C_nH_{2n}}$

$C_nH_{2n+2}O$

$\delta = \frac{11,15}{22,4} = 0,497$ моль

$\cancel{C_nH_{2n+2}O + C_mH_{2m+2}O \longrightarrow C_{m+n}H_2}$

$R_1-\underset{OH}{CH_2} + R_2-\underset{OH}{CH_2} \longrightarrow R_1=CH_2 + R_2=CH_2 + 2H_2O$

$M_1x + M_2y = 15,9 \text{ г}$

$x + y = 0,497$

$x = 0,497 - y$

$M_1 \cdot (0,497 - y) + M_2y = 15,9 \text{ г}$

$M_1 \cdot 0,497 - M_1 \cdot y + M_2y = 15,9 \quad / : M_1$

$\cancel{0,497 - y + \frac{M_2 \cdot y}{M_1} = \frac{15,9}{M_1}}$

$\sqrt{4}$.

$\delta_{смеси\ алкенов} = \cancel{11,15}$

$pV = \delta RT$

$p \cdot 11,15 \cdot 10^{-3} = \delta \cdot 8,31 \cdot \cancel{93}\ 453$

$\delta = \frac{101325 \cdot 11,15 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 453}$

$\delta = \frac{101325 \text{ Па} \cdot 11,15 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3}{8,31 \cdot 453 \text{ K}} = 0,3$ моль

чистовик
3-ий из 14

5 из 14

$C_nH_{2n+2}O$, $C_mH_{2m+2}O$ $\xrightarrow[180°C]{[H_2SO_4]}$ $C_nH_{2n} + H_2O$, $C_mH_{2m} + H_2O$ — 0,3 моль

15,92

В ↓ СЕ

$\delta(C_nH_{2n+2}O) = \delta(C_nH_{2n})$

$\delta(C_mH_{2m+2}O) = \delta(C_mH_{2m})$

С

$\delta(C_nH_{2n+2}O) + \delta(C_mH_{2m+2}O) = 0{,}3$ моль

$M(\text{смеси}) = \frac{15{,}92}{0{,}3\text{ моль}} = 53\ \frac{г}{моль}$

3С

$n, m > 1$ $\quad M_{спирт_1} < M_{смеси} < M_{спирт_2}$

$n = 2$

$M(C_2H_6O) = 46\ \frac{г}{моль}$

$M(спирта_2) > 53\ \frac{г}{моль}$, например, $M(C_3H_8O) = 60\ \frac{г}{моль}$

Тогда спирт$_1$: C_2H_6O (CH_3-CH_2-OH)

спирт$_2$: C_3H_8O ($\cancel{CH_3-CH_2-CH}$ $CH_3-CH(OH)-CH_3$

$CH_3-CH_2-CH_2(OH)$ или

4 из 14

5 из 14

№3 (продолж)

№4 продолжение

Если C_2H_6O и CH_3H_8O, то

$$\omega(C_2H_6O) = \frac{0{,}15 \cdot 46}{15{,}9} \cdot 100\% = 43{,}4\%$$

$$\omega(C_3H_8O) = 100\% - 43{,}4\% = 56{,}6\%$$

$$M_{смеси} = M_1 \cdot x_1 + M_2 \cdot x_2$$

$$53 = 46 \cdot x_1 + 60(1 - x_1)$$

$$60 - 53 = 60x_1 - 46x_1$$

$$x_1 = 0{,}5 \qquad x_2 = 0{,}5$$

$$\delta(C_2H_6O) = 0{,}3 \text{ моль} \cdot 0{,}5 = 0{,}15 \text{ моль}$$

$$\delta(C_3H_8O) = 0{,}15 \text{ моль}$$

$$CH_3-\underset{OH}{CH_2} \xrightarrow[180^\circ C]{[H_2SO_4]} CH_2=CH_2 + H_2O \quad (1)$$

$$CH_3-CH_2-\underset{OH}{CH_2} \xrightarrow[180^\circ C]{[H_2SO_4]} CH_3-CH=CH_2 + H_2O \quad (2)$$

$$3CH_2=CH_2 + 2KMnO_4 + 4H_2O \xrightarrow{0^\circ C} 3\overset{OH}{\overset{|}{CH_2}}-\overset{OH}{\overset{|}{CH_2}} + 2MnO_2 + 2KOH \quad (3)$$

$$2C^{-2} - 2e \rightarrow 2C^{-1} \quad | \; 3$$

$$Mn^{+7} + 3e \rightarrow Mn^{+4} \quad | \; 2$$

чистовик

5 из 14

№5 (продолжение)

№4 (продолжение)

$$3CH_3-CH=CH_2 + 2KMnO_4 + 4H_2O \xrightarrow{0°C} 3CH_3-\underset{OH}{CH}-\underset{OH}{CH_2} + 2MnO_2 + 2KOH \quad (4)$$

$$\begin{array}{l|l} \overset{-3}{C} - 1e \rightarrow \overset{0}{C} & 3 \\ \overset{-2}{C} - 1e \rightarrow \overset{-1}{C} & \\ \overset{+7}{Mn} + 3e \rightarrow \overset{+4}{Mn} & 2 \end{array}$$

$\delta(CH_2=CH_2) = \delta(C_2H_6O) = 0{,}15$ моль

$\delta_3(KMnO_4) = \frac{\delta(C_2=CH_2)\cdot 2}{3} = \frac{0{,}15\cdot 2}{3} = 0{,}1$ моль

$\delta(C_3H_6) = \delta(C_3H_8O) = 0{,}15$ моль

$\delta_4(KMnO_4) = \frac{0{,}15\cdot 2}{3} = 0{,}1$ моль

$C = \frac{\delta}{V_{р\text{-}ра}}$

$\delta(KMnO_4) = 0{,}2$ моль

$V_{р\text{-}ра}(KMnO_4) = \frac{0{,}2 \text{ моль}}{0{,}4 \frac{\text{моль}}{л}} = 0{,}5$ л (500 мл)

чистовик
6 из 14

3 (продолжение)

~~D(O₂) = 0,875~~

~~M = 28 г/моль~~
смеси

$\sqrt{3}$

$2A \rightleftarrows B$

$\frac{\delta(B)}{\delta(A)} = \frac{1,86}{1}$

$V = 1\ л \quad t = 30°C = 303K$

$p = 1\ атм = 101325\ Па$

$M(ср.\ смеси) = 75,9\ г/моль$

$K_{прямм} = 5 \cdot 10^{-3} \frac{л}{моль \cdot мин}$

$K_{обр} = 2$

$A, B = 2$

$\delta = \frac{pV}{RT}$

$\delta = \frac{101325 \cdot 1 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 303K} =$

$= 0,04$ моль

Пусть $\delta(B) = x$ моль

$\delta(A) = 0,04 - x$ (моль)

т.к. $\frac{\delta(B)}{\delta(A)} = \frac{1,86}{1}$, то

$\frac{x}{0,04 - x} = \frac{1,86}{1}$

$x = 1,86(0,04 - x)$

$x + 1,86x = 0,744$

$x = 0,026$

2

~~0,9~~

75

M(A

чистовик
7 из 14

чистовик
9 из 14

[H⁺]

№3 (продолж)

$\delta(B) = 0{,}026$ моль

$\delta(A) = 0{,}014$ моль

$C_m(B) = \frac{0{,}026 \text{ моль}}{1 \text{ л}} = 0{,}026 \frac{\text{моль}}{\text{л}}$

$C_m(A) = 0{,}014 \frac{\text{моль}}{\text{л}}$

При равновесии: $v_{прямой} = v_{обратн}$

$v_{прям} = K_{прям} \cdot [A]^2$

$v_{обр} = K_{обр} [B]$

$5 \cdot 10^{-3} \cdot 0{,}014^2 = K_{обр} \cdot 0{,}026$

$K_{обр} = \frac{5 \cdot 10^{-3} \cdot 0{,}014^2}{0{,}026} = 0{,}0377 \cdot 10^{-3} \frac{л}{моль \cdot мин} = 3{,}77 \cdot 10^{-5} \frac{л}{моль \cdot мин}$

$159{,}9 = M(B) \cdot \frac{0{,}026}{0{,}04} + M(A) \cdot \frac{0{,}014}{0{,}04}$

$159{,}9 = 0{,}65 \cdot M(B) + 0{,}35 \cdot M(A)$

т.к. реакция димеризации, то

$2M(A) = M(B)$, значит

$159{,}9 = 0{,}65 \cdot 2M(A) + 0{,}35 M(A)$

$159{,}9 = 1{,}65 M(A)$

$M(A) = 46 \frac{г}{моль}$ $M(B) = 92 \frac{г}{моль}$

чистовик 8 из 14

чистовик 9 из 14

№3 (продолжение)

A: NO_2 ; B: N_2O_4

$$2NO_{2(г)} \rightleftarrows N_2O_{4(г)}$$

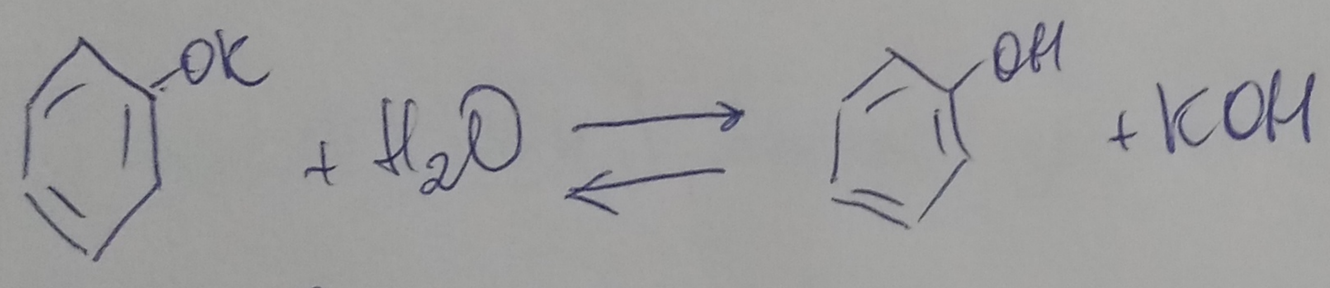
№2

~~Kдис(б.~~

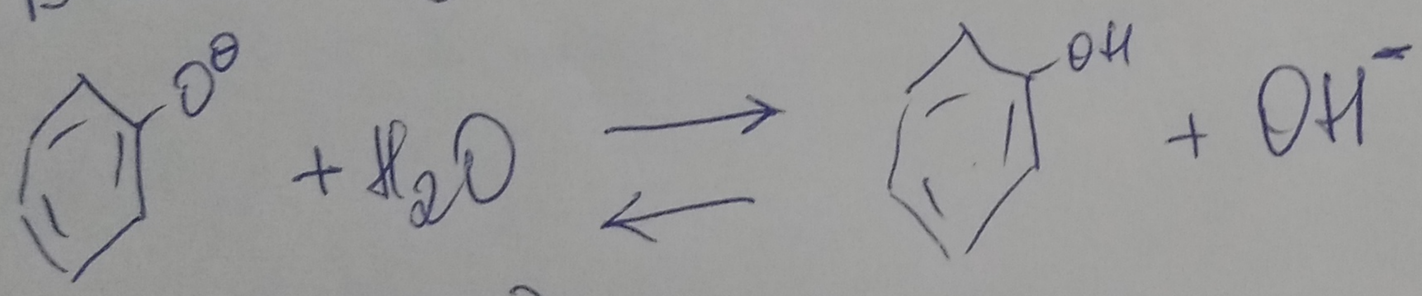
$K_{дис}(C_6H_6O) = 10^{-10}$

$\lg[H^+] = -11$

$C_m(H^+) = 10^{-11}$ $\frac{моль}{л}$



В ионном виде:



$$K_c = \frac{[C_6H_5OH]\cdot[OH^-]}{[C_6H_5O^-]\cdot[H_2O]}$$

$$K_{гидр} = K_c\cdot[H_2O] = \frac{[C_6H_5OH]\cdot[OH^-]}{[C_6H_5O^-]}$$

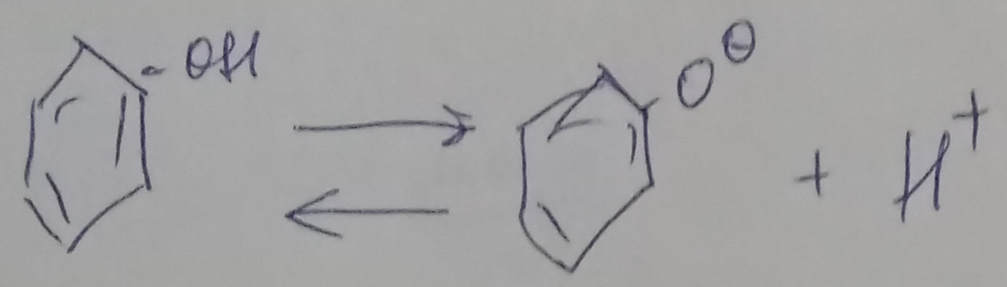
$K_w = [OH^-]\cdot[H^+] = 10^{-14}$ (ионное произведение воды) $[OH^-] = \frac{K_w}{[H^+]}$

чистовик

9 из 14

№3 продолжение

$$K_{гидр} = \frac{[C_6H_5OH] \cdot K_w}{[C_6H_5O^-] \cdot [H^+]}$$



$$K_{дис} = \frac{[C_6H_5O^-] \cdot [H^+]}{[C_6H_5OH]}$$

$$K_{гидр} = \frac{K_w}{K_{дис}}$$

$$K_{гидр} = \frac{10^{-14}}{10^{-10}} = 10^{-4}$$

Т.к. $[C_6H_5OH] = [OH^-]$, можно записать:

$$\frac{[OH^-]}{[C_6H_5O^-]} = K_{гидр}$$

Из-за малой степени гидролиза

$$[C_6H_5O^-] = [C_6H_5OK]$$

$$\frac{[OH^-]^2}{K_{гидр}} = [C_6H_5OK]$$

чистовик
10 из 14

№2 (продол)

$pH + pOH = 14$

$pOH = 14 - 11 = 3$

$[OH^-] = 10^{-3} \frac{моль}{л}$

$[C_6H_5OK] = \frac{(10^{-3})^2}{10^{-4}} = \frac{10^{-6}}{10^{-4}} = 10^{-2} \frac{моль}{л}$

Ответ: $C_m(C_6H_5OK) = 10^{-2} \frac{моль}{л}$

№3.

~~№3. Прое~~

~~$\begin{cases} 42 = 6x + 8y + 1z \\ 32 = 6x + 8y \end{cases}$~~

~~$32 - 6x = 8y$~~

~~$y = \frac{32-6x}{8} = \frac{16-3x}{4}$~~

~~$42 =$~~

$\begin{cases} 6x + y + 8z = 42 \\ 6x + 8z = 32 \end{cases}$ $y = 42 - 32 = 10$

Допустим, что в изомерных соед содерж 1 атом O, тогда

$6x + 8 = 32$

$6x = 32 - 8$

$x = 4$

$C_4H_{10}O$ → спирт; → простой эфир

Спирт: $CH_3-\underset{\underset{OH}{|}}{CH}-CH_2-CH_3$ или $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-OH$ или

$CH_3-\overset{\overset{CH_3}{|}}{\underset{\underset{OH}{|}}{C}}-CH_3$ или $CH_3-\overset{\overset{CH_3}{|}}{CH}-\underset{\underset{OH}{|}}{CH_2}$

чистовик
12 из 14

№5. продолжение

Простой эфир: $CH_3-O-CH_2-CH_2-CH_3$ или $CH_3-CH_2-O-CH_2-CH_3$

или $CH_3-O-CH(CH_3)_2$

Спирт и простой эфир можно распознать:

1) $2CH_3-CH_2-CH_2-CH_2OH + 2Na \rightarrow 2CH_3-CH_2-CH_2-ONa + H_2\uparrow$

(выделение газа без цвета и запаха)

$CH_3-CH_2-O-CH_2-CH_3 + Na \not\rightarrow$

2) $CH_3-CH_2-CH_2-OH + CuO \xrightarrow{t^\circ} CH_3-CH_2-CH_2=O + Cu + H_2O$

(чёрн)

(выпадение красной меди)

$CH_3-CH_2-O-CH_2-CH_3 + CuO \not\rightarrow$

№6

$D(O_2) = 0{,}875$

$M = 0{,}875 \cdot 32$

$M = 28$

$A* + H_2SO_4(к) \rightarrow B\uparrow$

$Б* + H_2SO_4(к) \rightarrow Г\uparrow$

$B + Г + H_2 \xrightarrow{p, Kat,} Д*$

$Д + (А/Б) \rightarrow E$

не кислота

$M(CO) = 28 \frac{г}{моль}$

$M(C_2H_4) = 28 \frac{г}{моль}$

$Д + Cu(OH)_2 \rightarrow$ ↓

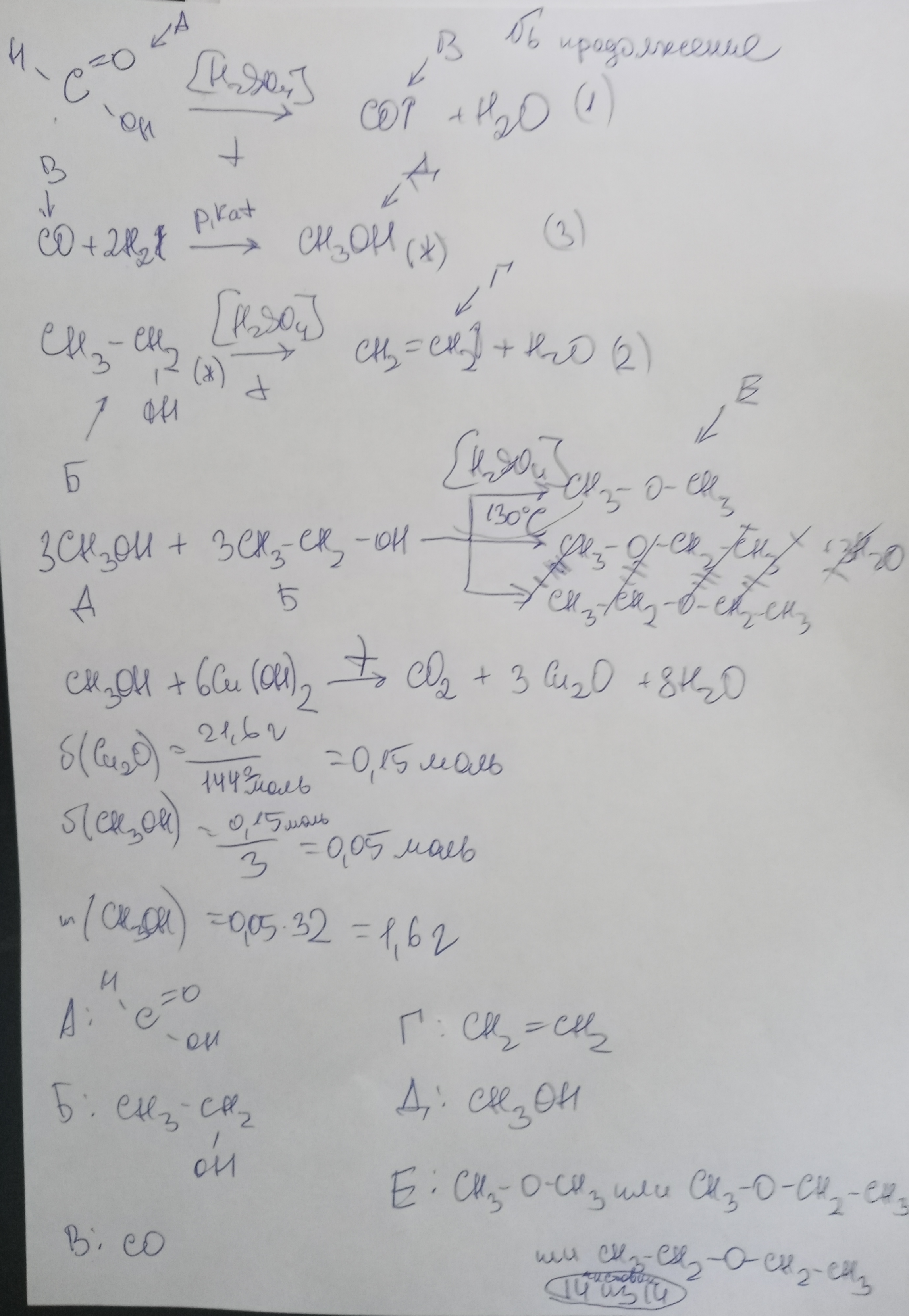
21,6

чистовик

13 из 14

B: CO

1б продолжение



$$CH_3OH + 6Cu(OH)_2 \xrightarrow{t} CO_2 + 3Cu_2O + 8H_2O$$

$$\delta(Cu_2O) = \frac{21{,}6\,г}{144\,г/моль} = 0{,}15\ моль$$

$$\delta(CH_3OH) = \frac{0{,}15\ моль}{3} = 0{,}05\ моль$$

$$m(CH_3OH) = 0{,}05 \cdot 32 = 1{,}6\,г$$

А: $H-C(=O)-OH$

Б: CH_3-CH_2-OH

В: CO

Г: $CH_2=CH_2$

Д: CH_3OH

Е: CH_3-O-CH_3 или $CH_3-O-CH_2-CH_3$ или $CH_3-CH_2-O-CH_2-CH_3$

14 из 14