



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

**ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА**

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Химия**

ФИО участника олимпиады: **Чумаков Артем Алексеевич**

Класс: **11**

Технический балл: **100**

Дата проведения: **27 февраля 2022 года**

|             |   |    |    |    |    |    |     |
|-------------|---|----|----|----|----|----|-----|
| 9194166     | 8 | 16 | 16 | 20 | 20 | 20 | 100 |
| Каргов С.И. |   |    |    |    |    |    |     |

1

число валентных

1.  $e^- = 42 \Rightarrow p^+ = 42, n = 22 \Rightarrow M = p^+ + n = 34 + 42 = 74$  Цель по молекулярной массе подобрать  $C_4H_{10}O, C_2H_2O_3, C_3H_6O_2$

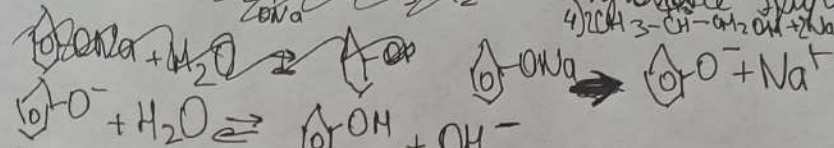
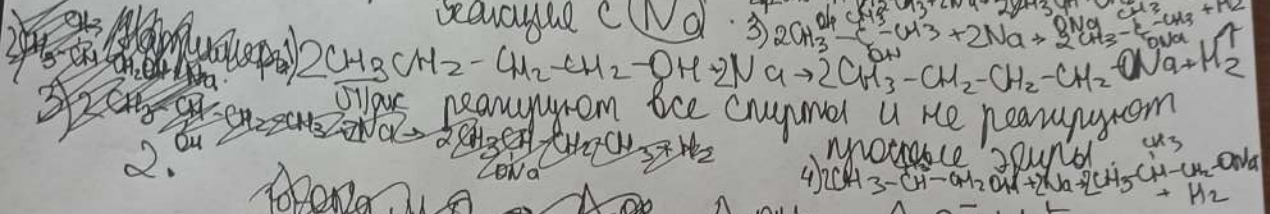
$e^- (C_4H_{10}O) = 6 \cdot 4 + 10 + 8 = 42 = e^- \Rightarrow$  данные измерены  $C_4H_{10}O$

- 1 класс спиртов
  - 2)  $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-OH$
  - 3)  $CH_3-\overset{OH}{\underset{|}{C}}-CH_3$
  - 4)  $CH_3-\overset{OH}{\underset{|}{C}}-CH_2-OH$
- два возможных изомера в первой группе

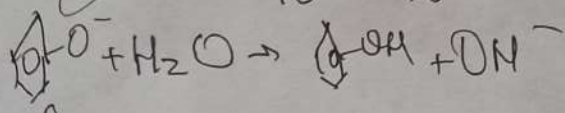
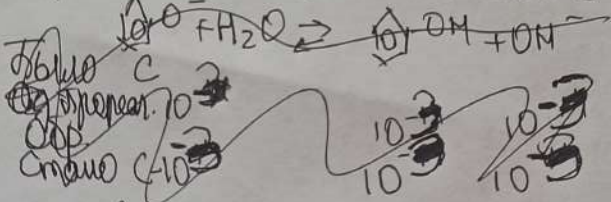
- 2 класс спиртов
  - 1)  $CH_3-CH_2-O-CH_2-CH_3$
  - 2)  $CH_3-O-CH_2-CH_2-CH_3$
  - 3)  $CH_3-O-CH(CH_3)-CH_3$
- три возможных изомера во второй группе

4 возможные изомера в первой группе

реакция с Na



$pH = 11 \Rightarrow [H^+] = 10^{-11} \Rightarrow [OH^-] = 10^{-3} M$



1-й изомер  $10^{-3}$

2-й изомер  $10^{-3}$

3-й изомер  $10^{-3}$

$K_r = \frac{[CH_3CH_2CH_2CH_2O^-] \cdot [OH^-]}{[CH_3CH_2CH_2CH_2OH]} = \frac{[CH_3CH_2CH(OH)CH_2CH_3O^-] \cdot [OH^-]}{[CH_3CH_2CH(OH)CH_2CH_3]} = \frac{[CH_3CH_2CH(OH)CH_3O^-] \cdot [OH^-]}{[CH_3CH_2CH(OH)CH_3]}$

$K_w = \frac{[H^+][OH^-]}{[H_2O]} = 10^{-14}$

$K_{sp} = \frac{[CH_3CH_2CH_2CH_2O^-]}{[CH_3CH_2CH_2CH_2OH]} = \frac{10^{-3} \cdot 10^{-3}}{C - 10^{-3}}$

$C = \frac{10^{-3} \cdot 10^{-3} \cdot 10^4}{10^{-14} - 10^{-3}} = 0,011 M$



②

3.  $\chi_{\text{исчислен}}$

$$\chi(A) = \frac{1}{2,86} = 0,35$$

$$\chi(B) = \frac{1,86}{2,86} = 0,65$$

$$P(A) = 0,35 \text{ пар}$$

$$P(B) = 0,65 \text{ пар}$$

$$K_{\text{равн}} = \frac{P(B)}{P(A)} = \frac{0,65}{0,35} = 1,857$$

$$K_{\text{равн}} \neq \frac{K_{\text{рп}}}{K_{\text{коп}}}$$

$$K_{\text{коп}} = \frac{K_{\text{рп}}}{K_{\text{равн}}} = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{1,857} = 2,7 \cdot 10^{-3}$$

$$P = CRT \Rightarrow C(A) = \frac{P(A)}{R} = \frac{0,35 \cdot 10^5}{8,314 \cdot 303} = 13,894 \frac{\text{моль}}{\text{м}^3} = 0,0139 \text{ моль}$$

$$C(B) = \frac{P(B)}{RT} = \frac{25,802}{8,314 \cdot 303} = 10,1325 \frac{\text{моль}}{\text{м}^3} = 0,0258 \text{ моль}$$

$$K_{\text{равн}} = \frac{C(B)}{C(A)} = \frac{10,1325}{13,894} = 0,729$$

$$K_{\text{коп}} = \frac{K_{\text{рп}}}{K_{\text{равн}}} = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{0,729} = 6,87 \cdot 10^{-3}$$

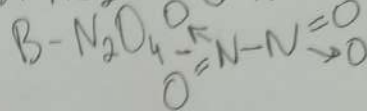
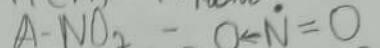
$$K_{\text{равн}} = \frac{0,0258}{0,0139} = 1,857$$

$$K_{\text{коп}} = \frac{K_{\text{рп}}}{K_{\text{равн}}} = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{1,857} = 2,7 \cdot 10^{-3} \frac{1}{\text{моль} \cdot \text{моль}}$$

$$0,35 \cdot M(A) + 0,65 \cdot M(B) = 75,9$$

$$1,65 M(A) = 75,9$$

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



4.  $PV = nRT$

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{11,15 \cdot 10^{-3} \cdot 101325}{8,314 \cdot (180 + 273)} = 0,3 \text{ моль}$$

$$n = n_{\text{ст}} = 0,3 \text{ моль}$$

$$M_{\text{ср}} = \frac{15,9}{0,3} = 53 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

Первый спирт -  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ , т.е. это единственный спирт с  $M < 53$ , который дегидратируется. Вторым спиртом, скорее всего,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ , так как он даёт четвёртый продукт.

Пусть  $x$  - моль  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  в смеси.

$$\frac{46x + 60(0,3 - x)}{0,3} = 53$$

$$-14x = -2,1$$

$$x = 0,15 \text{ моль} = n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})$$

$$0,3 - 0,15 = 0,15 \text{ моль} = n(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH})$$

$$m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 0,15 \cdot 46 = 6,9 \text{ г}$$

$$m(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}) = 0,15 \cdot 60 = 9 \text{ г}$$

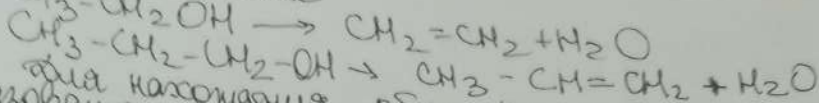
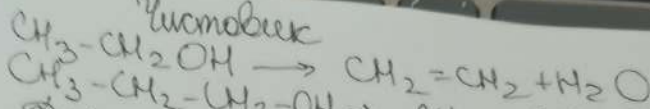
$$w(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = \frac{6,9}{15,9} = 0,434$$

$$w(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}) = \frac{9}{15,9} = 0,566$$

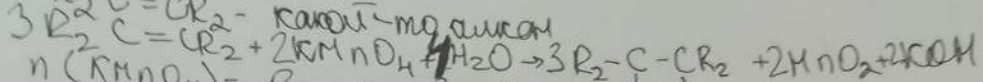
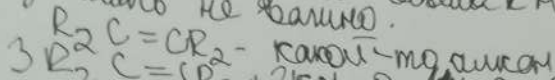
$$= 0,011 \text{ м}$$

3

Чистовик

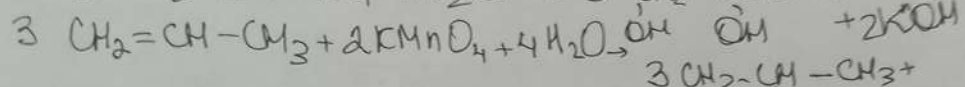
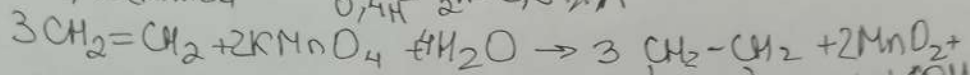


для нахождения объема  $\text{KMnO}_4$  кисле алканы  
образовались не важно.



$$n(\text{KMnO}_4) = \frac{2}{3} \cdot n = \frac{2}{3} \cdot 0,3 = 0,2 \text{ моль}$$

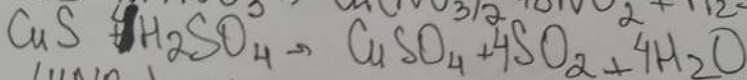
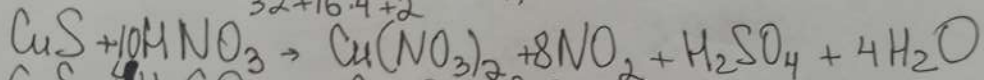
$$V_{\text{кисл}} \frac{n(\text{KMnO}_4)}{c(\text{KMnO}_4)} = \frac{0,2 \text{ моль}}{0,4 \text{ н}} \cdot \frac{1 \text{ л}}{2} = 0,25 \text{ л}$$



$$5. n(\text{CuS}) = \frac{9,6 \text{ г}}{(64 + 32) \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = \frac{9,6 \text{ г}}{96 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = \frac{1}{10} \text{ моль} = 0,1 \text{ моль}$$

$$n(\text{HNO}_3) = \frac{120 \cdot 0,63}{14 + 16 \cdot 3 + 1} = 1,2 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{142,7 \cdot 0,98}{32 + 16 \cdot 4 + 2} = 1,427 \text{ моль}$$



$$n_{\text{реак}}(\text{HNO}_3) = 0,1 \text{ моль} \cdot 10 = 1 \text{ моль}$$

$$n_{\text{реак}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,1 \cdot 4 = 0,4 \text{ моль}$$

$$m(\text{NO}_2) = \frac{8}{10} \cdot n_{\text{реак}}(\text{HNO}_3) \cdot M(\text{NO}_2) = 98 \cdot 1 \cdot 46 = 36,8 \text{ г}$$

$$m(\text{SO}_2) = n_{\text{реак}}(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot M(\text{SO}_2) = 25,6 \text{ г}$$

$$m_1 = m_{\text{ст}} + m(\text{CuS}) - m(\text{NO}_2) - m(\text{H}_2\text{SO}_4) + m_{\text{р}}(\text{HNO}_3) = 92,8 + m_{\text{ст}}$$

$$m_2 = m_{\text{ст}} + m(\text{CuS}) + m_{\text{р}}(\text{H}_2\text{SO}_4) - m(\text{SO}_2) = 126,7 + m_{\text{ст}}$$

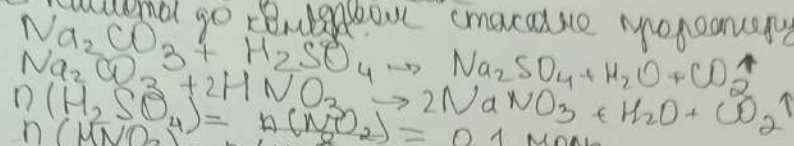
$\Delta m = m_2 - m_1 = 126,7 - 92,8 = 33,9 \text{ г}$  - на столько масса  
второго стакана больше.

При добавлении кристаллогидрата он будет вначале  
реактивировать с каломши.  $M(\text{SO}_2) < M(\text{кр}) \Rightarrow$  масса  
будет увеличиваться. Затем  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  будет реагировать  
с  $\text{Cu}^{+2}$  с выделением в осадок, это тоже увеличит массу  
такая. Значит, добавляем кристаллогидрат в первый  
стакан.

$$= 0,011 \text{ м}$$

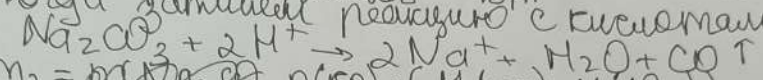


4) <sup>численно</sup> <sup>сначала</sup> <sup>пропорцией</sup>  
 Все реакции по <sup>сначала</sup> <sup>пропорцией</sup>



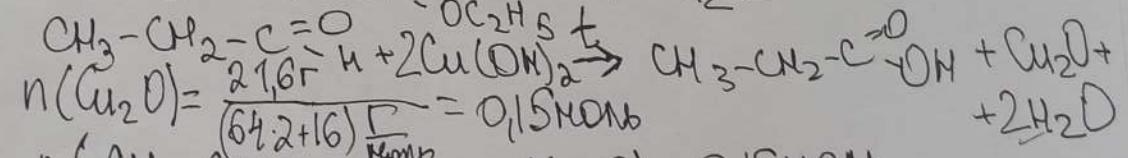
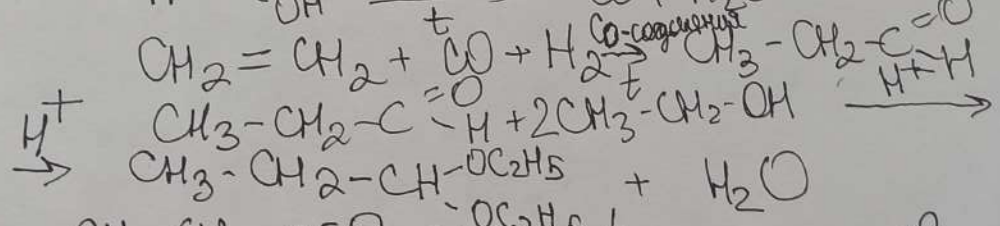
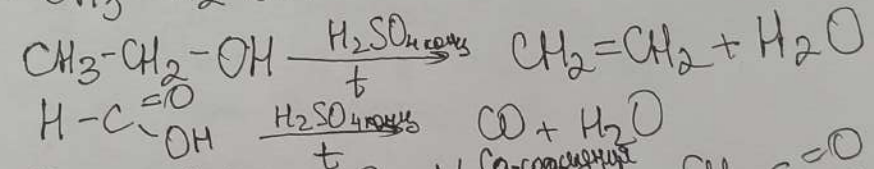
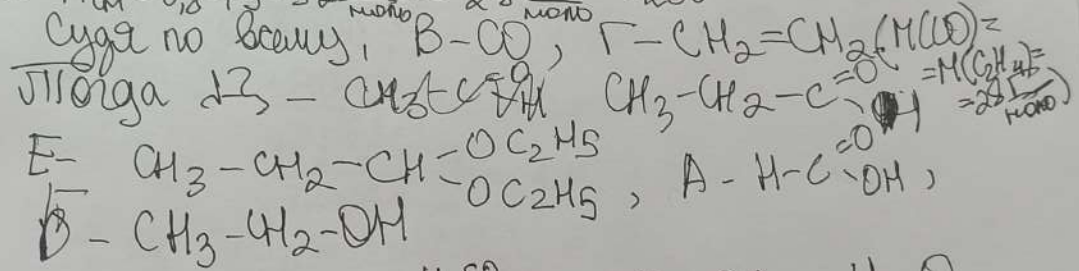
$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = n(\text{CO}_2) = 0,1 \text{ моль}$   
 $n(\text{HNO}_3) = n(\text{CO}_2) = 0,1 \text{ моль}$

$\Delta m_1 = (M(\text{кр}) - M(\text{CO}_2)) \cdot (n(\text{H}_2\text{SO}_4) + n(\text{HNO}_3)) =$   
 $(286 - 44) \cdot (0,1 + 0,1) = 84 \cdot 0,2 = 16,8 \text{ г}$   
 Тогда <sup>при</sup> <sup>реакции</sup> с <sup>кислотами</sup> <sup>так:</sup>



$\Delta m_2 = n(\text{кр}) \cdot (M(\text{кр}) - M(\text{CO}_2)) = \Delta m$   
 $n(\text{кр}) = \frac{\Delta m}{M(\text{кр}) - M(\text{CO}_2)} = \frac{16,8}{286 - 44} = 0,07 \text{ моль}$   
 $m(\text{кр}) = n(\text{кр}) \cdot M(\text{кр}) = 0,07 \cdot 286 = 19,92 \text{ г}$

Б.  $M_{\text{см}} = 0,875 \cdot 32 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 28 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$



$n(\text{Cu}_2\text{O}) = \frac{2,16 \text{ г}}{(64 \cdot 2 + 16) \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 0,015 \text{ моль}$   
 $n(\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-C(=O)-H}) = n(\text{Cu}_2\text{O}) = 0,015 \text{ моль}$   
 $m(\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-C(=O)-H}) = n(\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-C(=O)-H}) \cdot M(\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-C(=O)-H}) =$   
 $= 8,7 \text{ г}$

①

Углерод

г.

$$e^- = 42$$

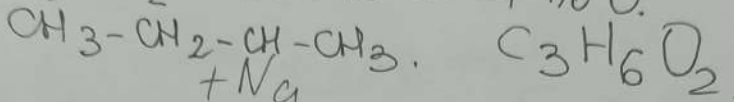
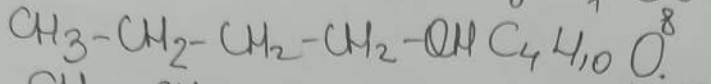
$$p^+ = 42$$

$$n = 32$$

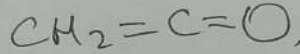
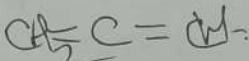
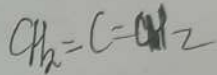
58



$$M = 7$$



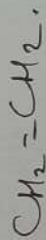
+ Na  
+ CuO



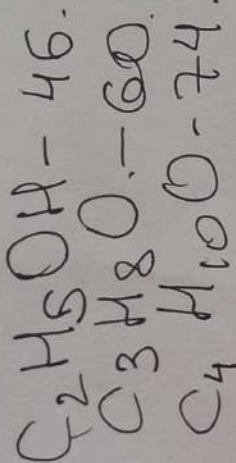
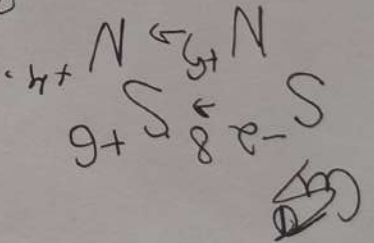
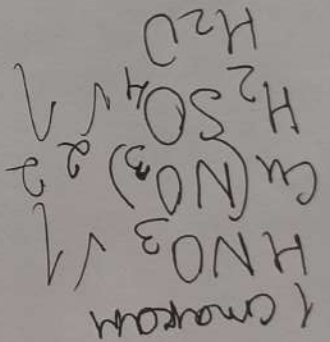
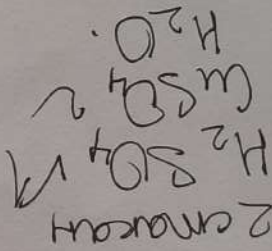
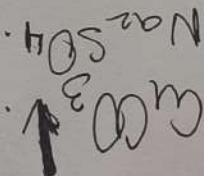
NO<sub>2</sub>

3  
4

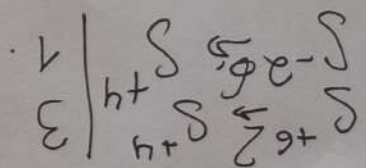
$$\frac{M_{\text{като}}}{n \cdot e} = k \cdot C_{\text{като}}$$



35

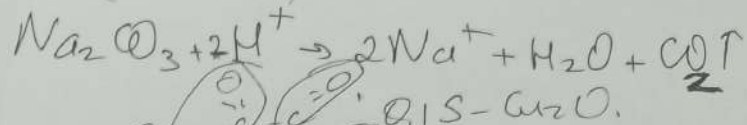
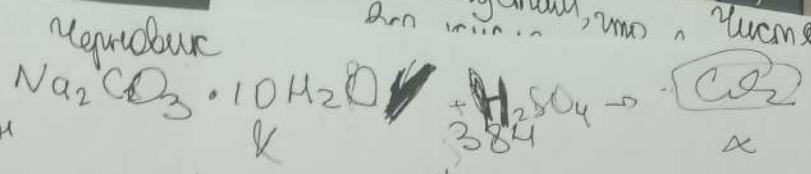


$$T = 483K$$

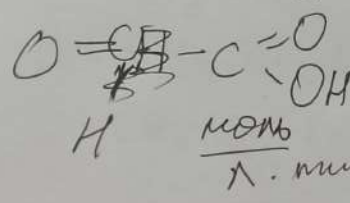
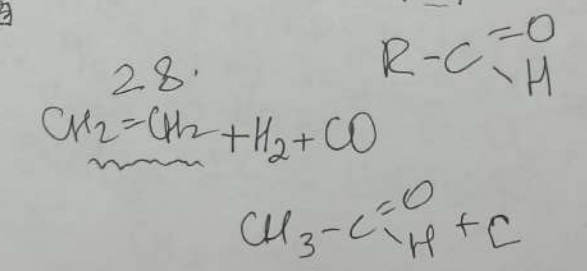
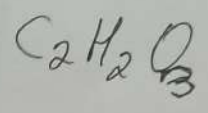
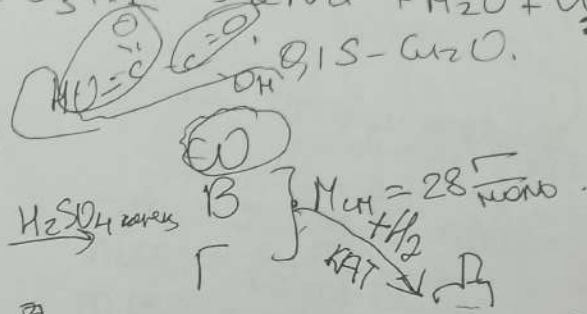
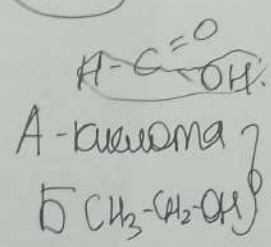




②  
температура



(286)



$\frac{KHP}{KOP}$

$k = \frac{KHP}{KOP}$   
 $\frac{A}{\text{моль} \cdot \text{мин}}$   
 $\frac{A}{\text{моль} \cdot \text{мин}}$   
 $\frac{A}{\text{моль} \cdot \text{мин}}$

④  
 концентрированная серная кислота

проценты  
 $H_2O + CO_2$   
 $H_2O + CO_2$   
 $n = 1, 2 - 1$   
 $1) + n(CH_2)$   
 $M \Rightarrow$  не  
 молярная  
 $+ CO_2$   
 $(O_2) =$   
 $0,18$   
 $\frac{1}{18}$   
 $= CH_2$   
 $- C(=O)-H$   
 $- C(=O)-H$   
 $+ H_2$   
 $2-C(=O)-H$   
 $H^+$   
 $- C(=O)-H$   
 $N_2$   
 $1(C$