



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

**ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА**

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Инженерные науки**

ФИО участника олимпиады: **Кузнецов Павел Александрович**

Класс: **11**

Технический балл: **68**

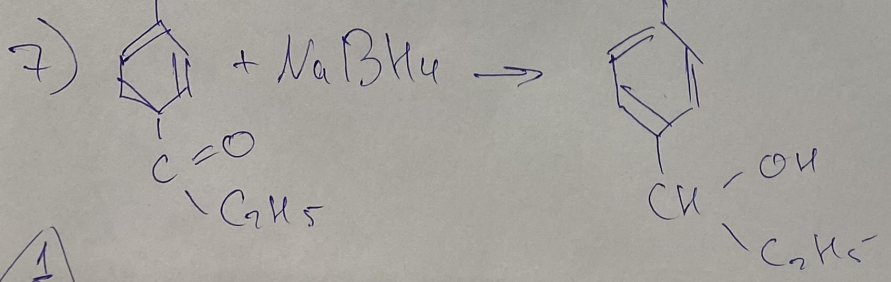
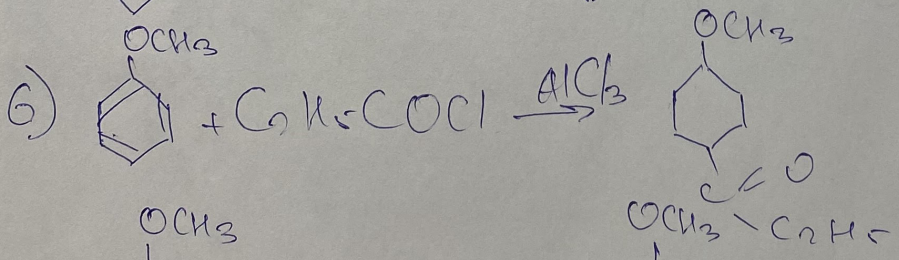
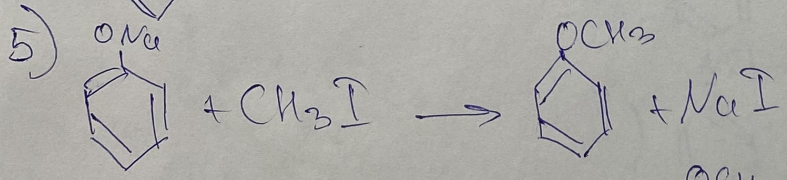
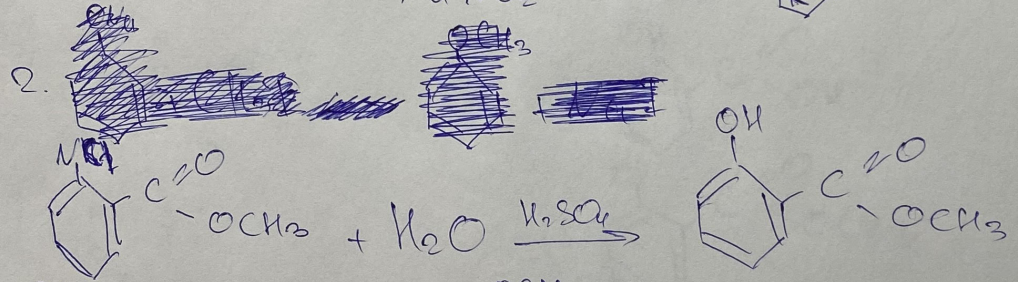
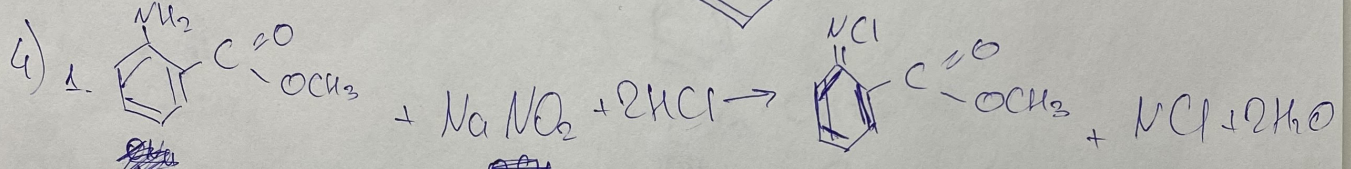
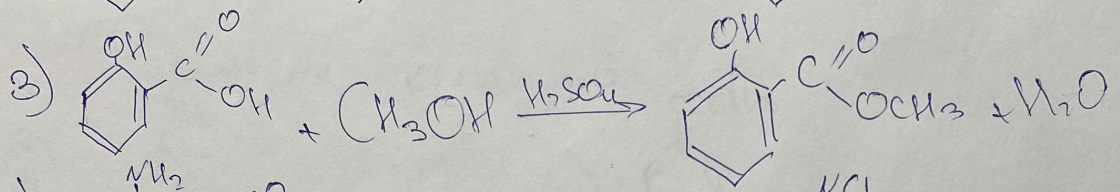
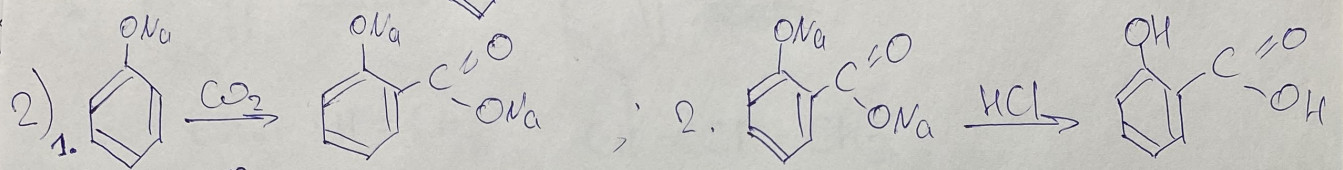
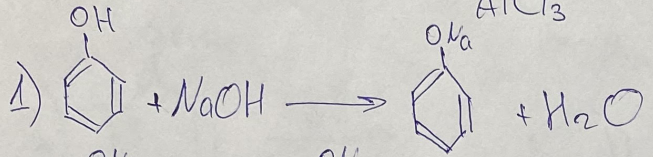
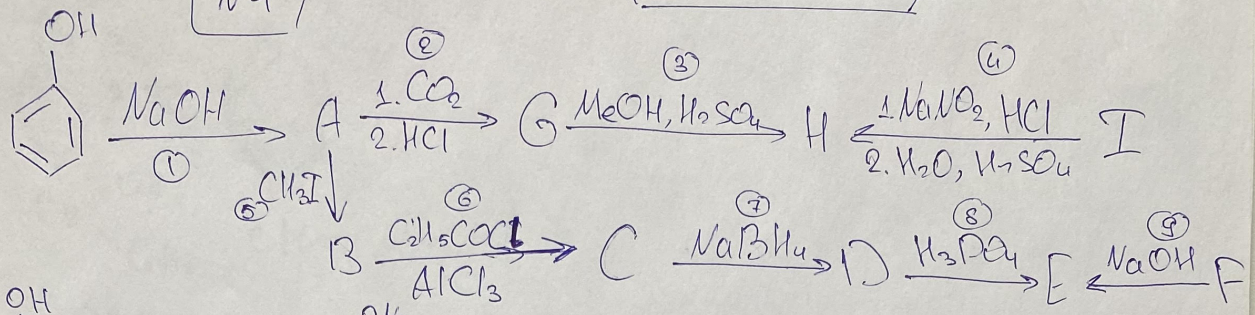
Дата проведения: **01 марта 2022 года**

# РЕЗУЛЬТАТ ПРОВЕРКИ

Задача 1	Задача 2	Задача 3	Задача 4	Всего
25	8	25	10	68

N4

Меморизация

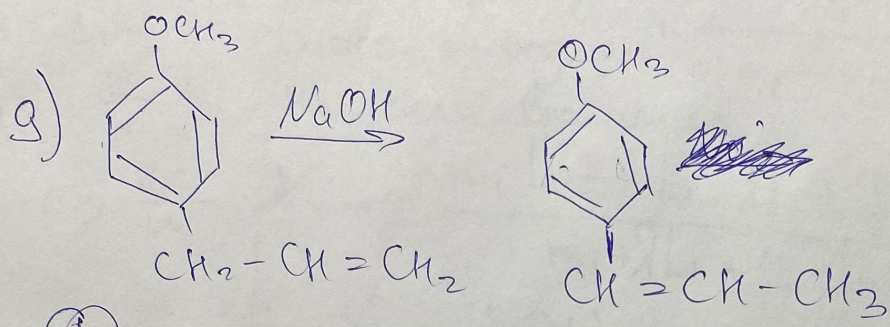
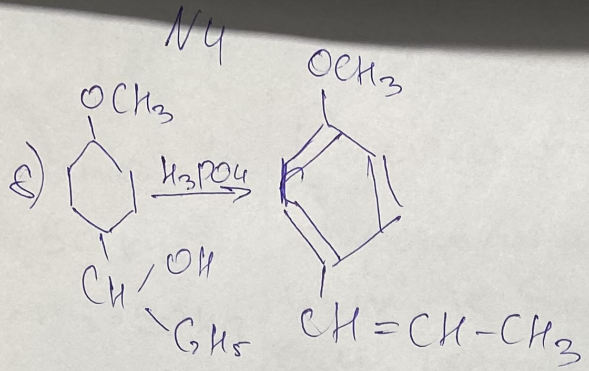


1

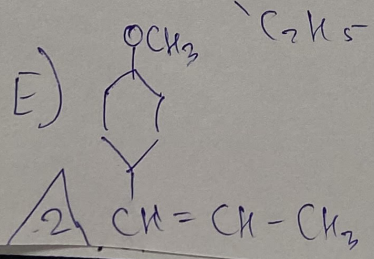
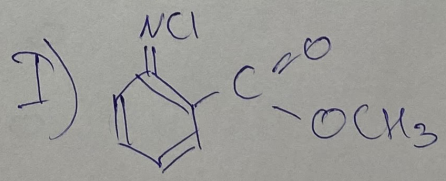
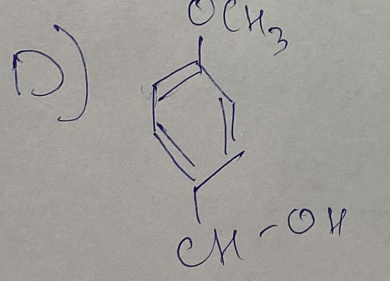
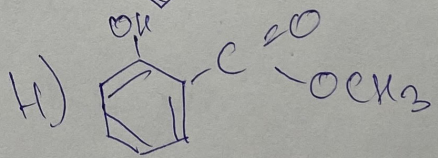
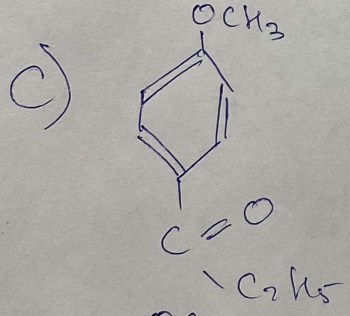
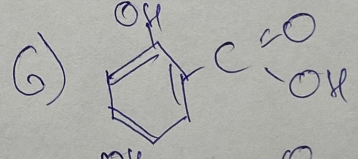
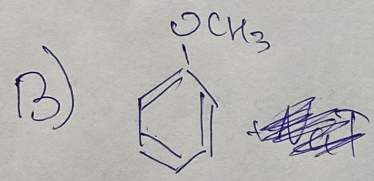
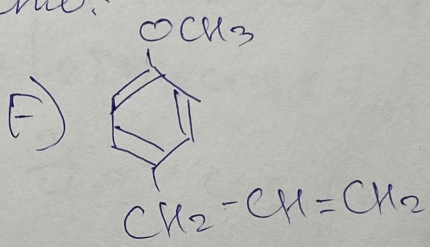
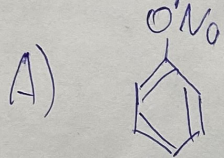


Эстетовик /

Fr  
Fr



Формулы веществ:



2



№1

Решение:

Дано:

$$m_1 = 50 \text{ кг}$$

$$m_2 = m_3 = 30 \text{ кг}$$

$$L_1 = 1 \text{ м}$$

$$\tan \alpha = \frac{3}{4}$$

$$\lambda = 20 \frac{\text{кг}}{\text{м}}$$

Решение:

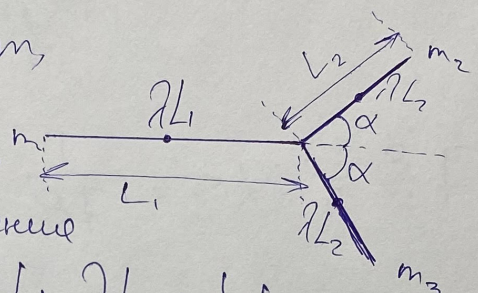
Горизонтальной

силы не будет,

если центр

масс находится

на оси вращения



$$X_{cm} = \frac{-m_1 L_1 - \frac{1}{2} L_1 \cdot \lambda L_1 + \frac{1}{2} L_2 \cdot \cos \alpha \cdot \lambda L_2 \cdot 2 + L_2 m_2}{m_1 + \lambda L_1 + 2 \lambda L_2 + 2 m_2}$$

$L_2 = ?$

$$L_1 \cdot (m_1 + \frac{1}{2} \lambda L_1) = 2 L_2 \cdot \cos \alpha (m_2 + \frac{1}{2} \lambda L_2)$$

$$L_2 \cdot \lambda \cos \alpha + L_2 2 m_2 \cos \alpha - L_1 (m_1 + \frac{1}{2} \lambda L_1) = 0$$

$$\text{Tr. } \tan \alpha = \frac{3}{4} \Rightarrow \cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{9}{16}}} = \frac{4}{5}$$

$$\lambda \cos \alpha = 16 \frac{\text{кг}}{\text{м}}$$

$$4 \cdot 2 \cdot m_2 \cdot \cos \alpha = 48 \text{ кг}$$

$$L_1 (m_1 + \frac{1}{2} \lambda L_1) = 60 \text{ кг} \cdot \text{м}$$

$$16 L_2^2 + 48 L_2 - 60 = 0$$

$$4 L_2^2 + 12 L_2 - 15 = 0$$

$$D = 144 + 240 = 384$$

$$L_2 = \frac{-12 + \sqrt{384}}{8} \approx 0,94$$

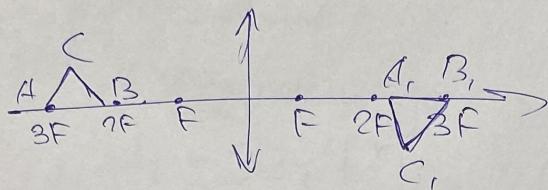
Ответ: 0,94



N3

Lucembauk

Dano:  
 $F = 0,159 \text{ m}$   
 $AB = ?$



$$\frac{1}{F} - \frac{1}{|x_{A'}|} = \frac{1}{|x_A|} = \frac{1}{3F} \Rightarrow x_{A'} = \frac{3}{2}F$$

$$\frac{1}{F} - \frac{1}{|x_{B'}|} = \frac{1}{|x_B|}$$

$$\frac{1}{F} - \frac{1}{|x_{C'}|} = \frac{1}{|x_C|} = \frac{2}{3F - x_B}$$

$$S_{ABC} = (x_B - x_A) \cdot y_C \cdot \frac{1}{2}$$

$$S_{A'B'C'} = (x_{B'} - x_{A'}) \cdot y_{C'} \cdot \frac{1}{2}$$

$$\frac{y_C}{y_{C'}} = \frac{x_{A'} - x_{B'}}{x_B - x_A} = \frac{x_C}{x_{C'}} = \frac{x_A + x_B}{2x_C} \Rightarrow$$

$$x_{C'} = \frac{x_B^2 - x_A^2}{2(x_{A'} - x_{B'})} = \frac{x^2 - 9F^2}{2(\frac{3}{2}F - \frac{F \cdot x_B}{F + x_B})} = \frac{(F + x_B)(x_B - 3F)(x_B + 3F)}{F(x_B + 3F)}$$

$$= \frac{(x_B - 3F)(F + x_B)}{F} = x_B^2 - 2Fx_B + 3F^2 - F^2 + 2F(x_B + 3F)$$

$$x_B^2 - 2F^2 = 0 \Rightarrow x_B = \sqrt{2}F$$

$$AB = x_B - x_A = (3 - \sqrt{2}) \cdot F \approx (3 - 1,41) \cdot 0,1 =$$

0,159

Answer: 0,159 m

4



N2

Учебник

Дано:

$$V_0 = 22 \cdot 10^3 \text{ м}^3$$

$$T_1 = 293 \text{ К}$$

$$p_0 = 5400 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$p_a = 100 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$\eta = 80\%$$

$$W = 775 \cdot 10^3 \text{ Дж}$$

$$A_{расш} = 1,13 \cdot 10^6 \text{ Дж}$$

$$C_v = 26,54 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

$V = ?$

Решение:

Поэтому же рас:

$$U_1 = 3R T_1 = 3p_0 V_0$$

Так как процесс квазистатический, можно описать его адиабатически. ( $Q=0$ ;  $\delta U = -A$ )

Газ совершает работу расширения ( $A_{расш}$ ), совершает некоторую работу ( $A_n$ ), затем забирает  $Q_1$  у окр. среды, чтобы вернуться до  $T_1$

Выходит же рас:  $U_2 = 3p_a V_1$

$$3p_0 V_0 - A_{расш} - \frac{A_n}{\eta} + Q_1 = 3p_a V_1$$

После расширения:  $U' = U_1 - A_{расш} = 3R T_1 - A_{расш} = 3R T'$   
$$= \frac{3p_0 V_0 T_1}{T_1} \Rightarrow T_1 = \frac{(3p_0 V_0 - A_{расш}) \cdot T_1}{3p_0 V_0} \Rightarrow$$

$$Q = \nu C_v \cdot (T_1 - T') = C_v \frac{A_{расш} T_1 \cdot p_0 V_0}{3p_0 V_0 \cdot R T_1} = C_v \frac{A_{расш}}{3R}$$

$$V_1 = \frac{p_0 V_0}{p_a} - \frac{A_{расш}}{3p_a} - \frac{A_n}{3\eta p_0} + \frac{C_v \cdot A_{расш}}{3R \cdot p_a}$$

5

Зондер



Дано:

$$m_1 = 50 \text{ кг}$$

$$m_2 = m_3 = 30 \text{ кг}$$

$$L_1 = 5 \text{ м}$$

$$\tan \alpha = \frac{3}{4}$$

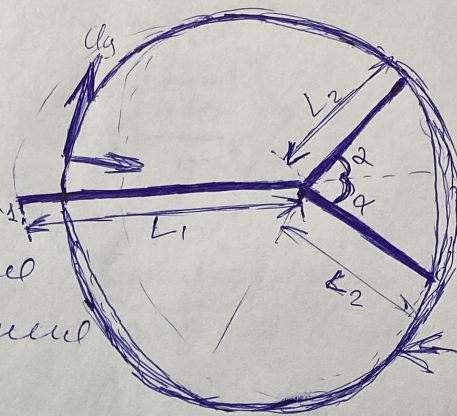
$$\lambda = 20 \frac{\text{кг}}{\text{м}}$$

$$= 0$$

$$L_2 = ?$$

Решение:

Горизонтальной  
силы не будет,  
если центр  
масс находится  
на оси вращения



$$X_{\text{цм}} = \frac{-m_1 \cdot L_1 - \frac{1}{2} L_1 \cdot \lambda L_1 + \frac{1}{2} L_2 \cdot \cos \alpha \cdot \lambda L_2 \cdot 2 + L_2 \cos \alpha \cdot m_2 \cdot 2}{m_1 + \lambda L_1 + 2 \cdot \lambda L_2 + 2 m_2} = 0$$

$$L_1 \cdot (m_1 + \frac{1}{2} \lambda L_1) = 2 L_2 \cdot \cos \alpha \cdot (m_2 + \frac{1}{2} \lambda L_2)$$

$$L_2^2 \cdot \lambda \cos \alpha + L_2 \cdot 2 m_2 \cos \alpha - L_1 \cdot (m_1 + \frac{1}{2} \lambda L_1) = 0$$

$$\tan \alpha = \frac{3}{4} \Rightarrow \cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{1 + \tan^2 \alpha}} = \frac{4}{5}$$

$$\lambda \cdot \cos \alpha = 16 \frac{\text{кг}}{\text{м}}$$

$$L_2 \cdot 2 \cdot m_2 \cdot \cos \alpha = 48 \text{ кг}$$

$$L_1 \cdot (m_1 + \frac{1}{2} \lambda L_1) = 60 \text{ кг} \cdot \text{м}$$

$$16 L_2^2 + 48 L_2 - 60 = 0$$

$$4 L_2^2 + 12 L_2 - 15 = 0$$

$$D = 144 + 240 = 384$$

$$L_2 = \frac{-12 + \sqrt{384}}{8}$$

$$L_2 = \frac{19,5 - 12}{8}$$

$$\sqrt{384} \approx 19,5 \Rightarrow$$

$$= 0,9375$$

Ответ:  $L_2 \approx 0,94$

$$\begin{array}{r} 750 \overline{) 80} \\ \underline{720} \phantom{0} \\ 300 \\ \underline{240} \\ 600 \\ \underline{560} \\ 400 \\ \underline{400} \\ 0 \end{array}$$



Черновик 2

2

$$V_0 = 20 \cdot 10^3 \text{ м}^3$$

$$T_1 = 293 \text{ K}$$

$$p_0 = 5400 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$p_a = 100 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$\eta = 80\%$$

$$W = 775 \cdot 10^3 \text{ Дж}$$

$$A_{расши} = 1,13 \cdot 10^{11} \text{ Дж}$$

$$C_v = 26,54 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{K}}$$

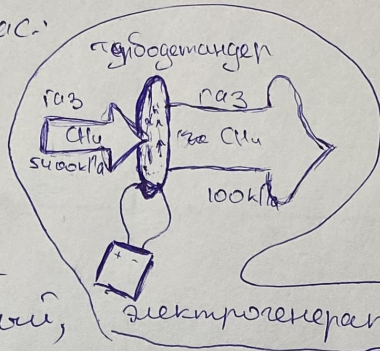
$V_1 = ?$

$$A_{расши} = \frac{A_n}{\eta}$$

Решение:

Возмем за рас.:

$$U_1 = 3V_1 RT_1 = 3p_0 V_0$$



Так как процесс обратимый, можно считать его квазистатическим.

$$(Q=0, \Delta U = -A)$$

Газ совершает работу расширения  $A_n$

и получает механическую работу  $A_{расши}$

от окружающей среды, которая нагревается до  $T_1$

Возьмем за рас.  $U_2 = 3 \cdot p_a \cdot V_1$

$$3p_0 V_0 - A_{расши} - \frac{A_n}{\eta} + Q_1 = 3 \cdot p_a \cdot V_1$$

Введем расширение:  $U'_2 = U_2 - A_{расши} = 3 \cdot V_1 \cdot RT_1 = \frac{3p_0 V_0 T_1}{T_1}$

$$T_1 = \frac{(3p_0 V_0 - A_{расши}) \cdot T_1}{3p_0 V_0}$$

$$\Rightarrow Q_1 = V_1 \cdot C_v \cdot (T_1 - T_1) =$$

$$C_v \cdot \frac{A_{расши} \cdot T_1 \cdot p_0 V_0}{3p_0 V_0 \cdot RT_1} =$$

$$= C_v \cdot \frac{A_{расши}}{3R}$$

$$V_1 = \frac{p_0 V_0}{p_a} - \frac{A_{расши}}{3p_a} - \frac{A_n}{3 \cdot \eta \cdot p_a} + \frac{C_v \cdot A_{расши}}{3R \cdot p_a} =$$

$$5400 \cdot 10^3$$

=

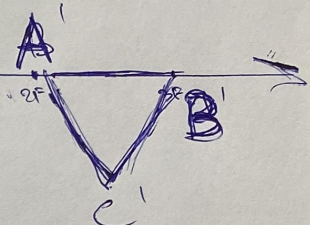
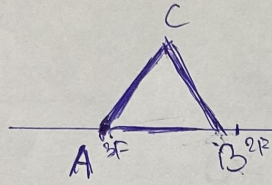


3

Dano:  
 $F = 0,14$

AB = ?

(Упробуем 3)



$$\frac{1}{F} = \frac{1}{|x_{A'}|} = \frac{1}{|x_A|}$$

$$\frac{1}{3F} \Rightarrow x_{A'} = \frac{3}{2}F$$

$$S_{ABC} = (x_B - x_A) \cdot y_c \cdot \frac{1}{2}$$

$$S_{A'B'C'} = (x_{B'} - x_{A'}) \cdot (-y_{c'}) \cdot \frac{1}{2}$$

$$\frac{1}{F} - \frac{1}{|x_{B'}|} = \frac{1}{|x_B|}$$

$$\frac{1}{F} - \frac{1}{|x_{c'}|} = \frac{1}{|x_c|} = \frac{2}{3F - x_B}$$

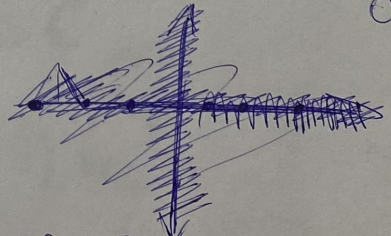
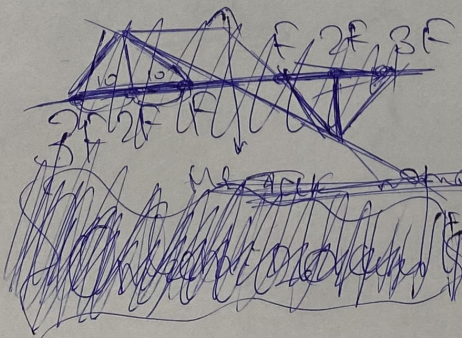
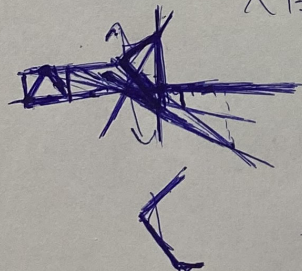
$$\frac{y_c \cdot x_{A'} - x_{B'}}{x_B - x_A} = \frac{x_c}{x_{c'}} = \frac{x_A + x_B}{2x_{c'}}$$

$$x_{c'} = \frac{x_B^2 - x_A^2}{2(x_{A'} - x_B)} = \frac{x_B^2 - 9F^2}{2(\frac{3}{2}F - \frac{F+x_B}{F+x_B})} = \frac{(F+x_B)(x_B-3F)(x_B+3F)}{F \cdot (x_B+3F)} =$$

$$= \frac{(x_B-3F)(F+x_B)}{F} = x_B^2 - 2Fx_B + 3F^2 - F^2 + 2F \cdot (x_B+F) = 0$$

$$x_B^2 - 2F^2 = 0 \Rightarrow x_B = -\sqrt{2}F$$

$$AB = x_B - x_A = (3 - \sqrt{2}) \cdot F \approx (3 - 1,41) \cdot 0,14 = 0,159$$



$$1,59 = 3 - x$$

$$x = 3 - 1,59$$

$$x = 1,41$$

Омбем: 0,159



Решение 4)

N4

