



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

## **ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА**

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **Инженерные науки**

ФИО участника олимпиады: **Першин Леонид Павлович**

Класс: **10**

Технический балл: **75**

Дата проведения: **01 марта 2022 года**

## РЕЗУЛЬТАТ ПРОВЕРКИ

Задача 1	Задача 2	Задача 3	Задача 4	Всего
25	20	25	5	75

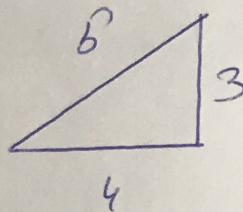
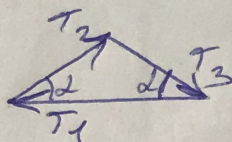
# Умовован

№ 1

$m_1 = 80 \text{ кг}$   
 $m_2 = m_3 = 30 \text{ кг}$   
 $L_1 = 1 \text{ м}$   
 $\text{tg} \alpha = \frac{3}{4}$   
 $\lambda = 20 \text{ кг/м}$

$L_2 = ?$

Для того, щоб  
 була рівновага,  
 потрібно, щоб  
 напруження в  
 струні були  
 рівними в  
 обох напрямках  
 по осі, тобто  
 $T_1 = T_2 = T_3$ ,  
 де  $T_1, T_2, T_3$  —  
 сили натягу в  
 струні.



$$\frac{T_2}{\sin \alpha} = \frac{T_1}{\sin 2\alpha}$$

$$\frac{T_2}{\sin \alpha} = \frac{T_1}{2 \sin \alpha \cos \alpha}$$

$$T_1 = 2 \cos \alpha T_2$$

$$T_1 = m_1 \omega^2 L_1 + \lambda L_1 \omega^2 \frac{L_1}{2}$$

$$T_2 = m_2 \omega^2 L_2 + \lambda L_2 \omega^2 \frac{L_2}{2}$$

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

$$80 \cdot 1 + 20 \cdot 1 \cdot \frac{1}{2} = 2 \cdot \frac{4}{5} (30 L_2 + 20 L_2 \cdot \frac{1}{2})$$

$$110 = \frac{8}{5} (10 L_2 + 30 L_2)$$

$$75 = 20 L_2 + 60 L_2 \quad | : 5$$

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

$$D = 144 + 240 = 384$$

Луканько

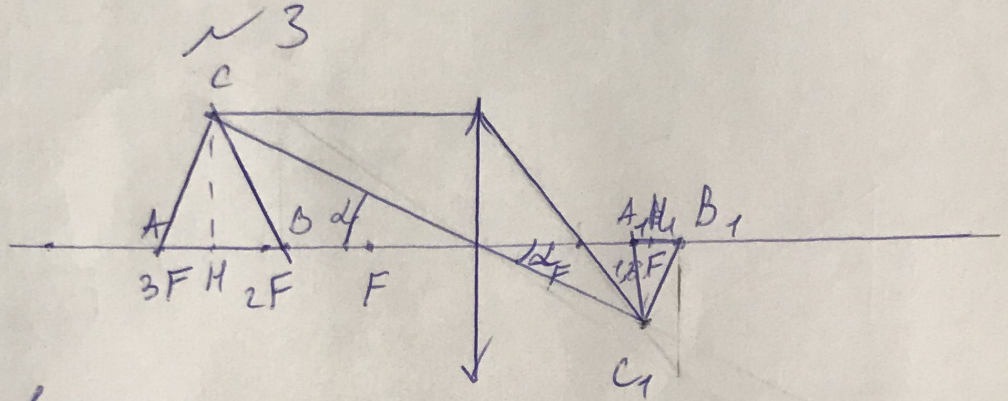
$$L_2 = \frac{-12 \pm \sqrt{224}}{2} = \frac{-3 \pm \sqrt{24}}{2} = \frac{-3 \pm 2\sqrt{6}}{2} \quad \text{Числовый}$$

$$L_2 > 0 \Rightarrow L_2 = \frac{2\sqrt{6} - 3}{2} = \sqrt{6} - 1,5 \approx 2,44 - 1,5 = 0,94 \mu$$

Ответ:  $L_2 = 0,94 \mu$

$$\frac{F = 10 \text{ мк}}{S_{ABC} = S_{A_1B_1C_1}}$$

AB?



$$\frac{1}{3F} + \frac{1}{F} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{2}{3F}$$

$$F = 1,5F$$

- 1) Если B левее A, то левее будет левее  $A_1$
- 2) Если B правее A, но левее центра  $B_1$ , будет правее  $A_1$
- 3) Если B правее центра  $B_1$ , левее  $A_1$  и левее  $B_1$

~~AB прав~~ ~~Апрямая~~ Дуга - расстояние от центра массы из центра масс

$$1) (B-A) \cdot CK = (A_1 - B_1) \cdot C_1K_1$$

$$\frac{1}{B} + \frac{1}{B_1} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{1}{B_1} = \frac{1}{F} - \frac{1}{B}$$

$$B_1 = \frac{FB}{B-F}$$

$$A = 3F \quad A_1 = 1,5F$$

$$CK = H \cdot \tan \alpha \quad H = \frac{A+B}{2}$$

$$C_1K_1 = H_1 \cdot \tan \alpha$$

$$H_1 = \frac{H \cdot F}{H - F}$$

Ответ 2

меморандум

$$(B-A)H \cancel{tg} = (A_1 - B_1)K_1 \cancel{tg}$$

$$(B-A)X = \left( A_1 - \frac{FB}{B-F} \right) \cdot \frac{XF}{H-F}$$

$$B-3F = \left( 1,5F - \frac{FB}{B-F} \right) \cdot \frac{F}{\frac{A+B}{2} - F}$$

$$B-3F = \frac{1,5BF - 1,5F^2 - FB}{B-F} \cdot \frac{2F}{3F+B-2F}$$

$$\cancel{B-3F} = \frac{\cancel{B-3F} F^2}{(B-F)(B+F)}$$

$$F^2 = B^2 - F^2$$

$$B^2 = 2F^2$$

$$B = \sqrt{2} F \approx 1,4 \cdot 10 = 14 \text{ см}$$

не верно, т.к. B < A

$$2) \frac{(A-B) \cdot CK}{2} = \frac{(B-A_1) \cdot CK_1}{2}$$

мы ~~получили~~ это тоже самое, что и выражение 1, значит, B = 14 см

$$AB = A - B = 30 - 14 = 16 \text{ см}$$

$$3) \frac{(A-B) \cdot CK}{2} = \frac{(A_1 - B_1) \cdot CK_1}{2}$$

$$(3F-B) \cdot H \cancel{tg} = \left( 1,5F - \frac{FB}{B-F} \right) \cdot K_1 \cancel{tg}$$

$$(3F-B) \cdot X = \frac{0,5FB + 1,5F^2}{B-F} \cdot \frac{XF}{H-F}$$

$$\cancel{3F-B} = \frac{0,5F(B-3F)}{B-F} \cdot \frac{2F}{B+F}$$

$$1 = \frac{F^2}{F^2 - B^2}$$

$$F^2 - B^2 = F^2$$

$$B = 0 \quad AB = 30 \text{ см}$$

Ответ: AB = 30 см или AB = 16 см

лист №3

Числовик

~ 2

$$V_0 = 22 \cdot 10^3 \text{ м}^3$$

$$T_1 = 293 \text{ К}$$

$$p_0 = 5900 \text{ Па}$$

$$p_a = 100 \text{ Па}$$

$$\eta = 0,8$$

$$W = 475 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

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

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

$$V_1 = ?$$

Для В турбокомпрессора газ совершает работу на расширении и на вращение турбины. Тогда за час компрессор совершает работу по вращению турбины

$$A_{\text{вращ.}} = \frac{W}{\eta}$$

Поскольку газ очень быстро совершает работу, то процесс расширения газа можно считать адиабатическим

$$pV T_1 = p_0 V_0$$

$$V = \frac{p_0 V_0}{p T_1}$$

$$0 = A + \Delta U$$

$$0 = \left( A_{\text{расш.}} + \frac{W}{\eta} \right) + c_v V \Delta T$$

$$-\left( A_{\text{расш.}} + \frac{W}{\eta} \right) = c_v \frac{p_0 V_0}{R T_1} \Delta T$$

$$\Delta T = - \frac{R T_1}{c_v p_0 V_0} \left( A_{\text{расш.}} + \frac{W}{\eta} \right)$$

$$p V (T_1 + \Delta T) = p_a V_1$$

Личн ~ 4

числовик

$$R \nu T_1 + R \nu \Delta T = p_a V_1$$

$$p_0 V_0 + p_0 V_0 \frac{\Delta T}{T_1} = p_a V_1$$

$$p_0 V_0 \left( 1 + \frac{R T_1}{c_{\nu} p_0 V_0 T_1} \left( A_{\text{расш.}} + \frac{W}{\eta} \right) \right) = p_a V_1$$

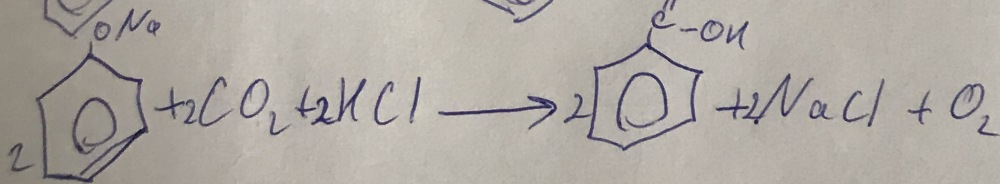
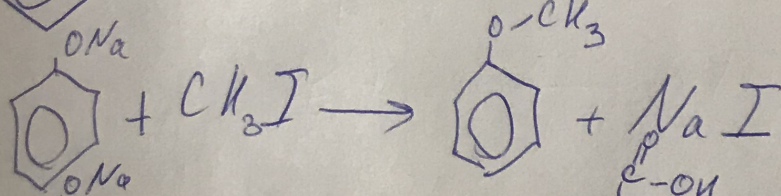
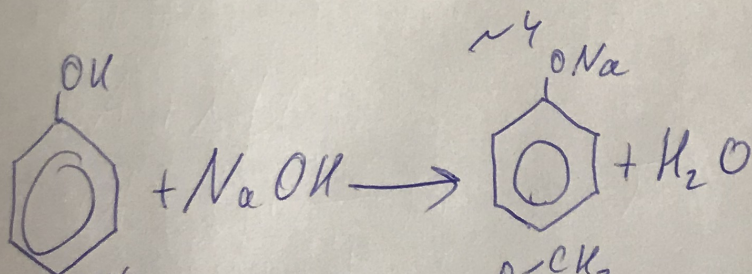
$$V_1 = \frac{p_0}{p_a} \left( 1 - \frac{R(A_{\text{расш.}} + \frac{W}{\eta})}{c_{\nu} p_0 V_0} \right) V_0 = \frac{5400}{100} \left( 1 - \frac{8,31 \cdot (1,13 \cdot 10^{11} + \frac{745 \cdot 360 \cdot 10^3}{0,8})}{26,54 \cdot 8400 \cdot 22 \cdot 10^3} \right)$$

$$= 22 \cdot 10^3 = 54 \left( 1 - \frac{8,31(1,13 \cdot 10^{11} + 34845 \cdot 10^3)}{26,54 \cdot 1188 \cdot 10^3 \cdot 10^3} \right) \cdot 22 \cdot 10^3 =$$

$$\approx 54 \left( 1 - \frac{1164845}{3,2 \cdot 1188 \cdot 10^3} \right) \cdot 22 \cdot 10^3 = 1188 \cdot 10^3 \cdot \frac{3801600 - 1164845}{3801600} =$$

$$= 1188 \cdot 10^3 \cdot \frac{2636755}{3801600} \approx 1188 \cdot 10^3 \cdot 0,7 = 831600 \cdot 10^3$$

Ответ:  $V_1 = 831600 \cdot 10^3$



числ. ~ 5

Умножения

$$\frac{m_2 w^2 L_2 + \lambda L_2 w^2 \frac{L_2}{2}}{S M L} = \frac{m_1}{S M L d}$$

5.4 = 20

2,5  
1  
2,4  
x 2,4  
-----  
4,8  
+ 9,6  
-----  
14,4  
+ 48  
-----  
62,4

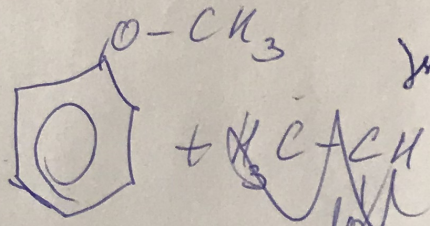
3844  
- 36 | 36  
-----  
28  
+ 12  
-----  
40  
+ 2  
-----  
42  
+ 2,45  
-----  
44,45  
+ 12,45  
-----  
56,90  
+ 4,90  
-----  
61,80

36 | 4  
- 8 | 24  
-----  
16  
384 | 16  
- 32 | 24  
-----  
64

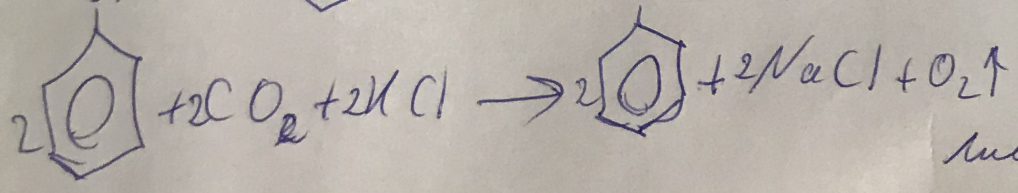
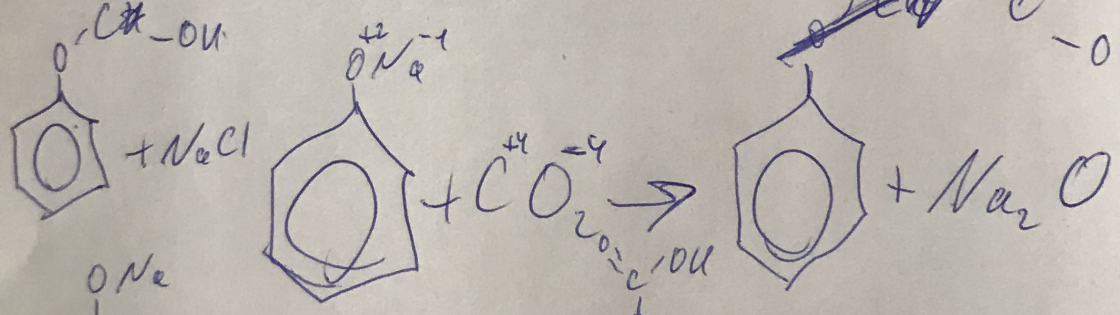
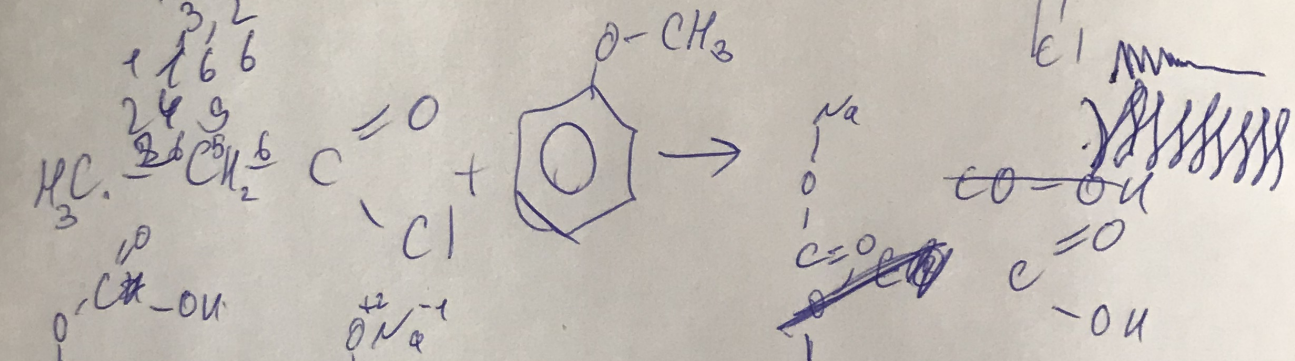
165  
1188  
x 700  
-----  
831600

A-B

*(Handwritten scribbles)*



x 8,3  
 + 3,2  
 + 16,6  
 + 24,9  
 -----  
 48,0



*(Handwritten note)*



репробина

$$\frac{F(B-1,2) - 0,5FB + 1,5F}{B-F} \cdot \frac{2F}{3F+B \pm F} = 3F-B$$

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

$$\frac{F^2}{(B-F)(B+F)} = 1$$

$$F^2 = B^2 - F^2$$

$$2F^2 = B^2$$

$$B = \sqrt{2}F$$

$$3F - \sqrt{2}F = AB$$

$$N = 445 \text{ KBr}$$

$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = 22 \cdot 10^3 \text{ m}^3/\text{s} = x$$

$$\frac{\Delta A_{\text{прим.}}}{\Delta t} = 1,13 \cdot 10^{11} \text{ g/m}^2/\text{s}$$

$$\Delta V \Delta Q = \Delta(\Delta U) + \Delta A$$

$$\Delta A = -\Delta(\Delta U)$$

$$\Delta A = -C_p \Delta T$$

$$R_{\text{пр.}} \Delta T = (p_1 V_1 - p_0 V_0)$$

$$\begin{array}{r} 350 \overline{) 2654} \\ \underline{1050} \phantom{00} \\ 1604 \phantom{00} \\ \underline{1400} \phantom{00} \\ 204 \phantom{00} \\ \underline{1750} \phantom{00} \\ 294 \phantom{00} \\ \underline{2800} \phantom{00} \\ 144 \phantom{00} \end{array}$$

$$-\frac{R}{C_p} = \frac{p_1 V_1 - p_0 V_0}{\Delta A}$$

$$-\frac{R}{C_p} = \frac{p_1 V_1 - p_0 V_0}{A}$$

$$\begin{array}{r} 108 \phantom{00} \\ \times 54 \\ \hline 4632 \\ 1080 \phantom{00} \\ \hline 58116 \end{array}$$

$$\frac{p_0 V_0 - p_1 V_1}{A} = \frac{R}{C_p} \frac{18240}{5}$$

$$\frac{p_1 V_1}{A} = \frac{p_0 V_0}{A} - \frac{R}{C_p}$$

$$p_1 V_1 = \frac{p_0 V_0}{100} - \frac{AR}{p_1 V_1} = \frac{5400}{100} \cdot 22 \cdot 10^3 - \frac{1,13 \cdot 10^{11} \cdot 8,31}{100 \cdot 10^3 \cdot 2654} =$$

$$= 1182000 - 360000 = V_1$$

номер 2

Умножив

$$20L_2^2 + 60L_2 = 45 / 1.5$$

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

$$D = 144 + 240 = 384$$

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

$$B_1 = \frac{1}{\frac{1}{F} - \frac{1}{B}}$$

W = Ay  
V V\_0  
p p\_0  
T T\_1

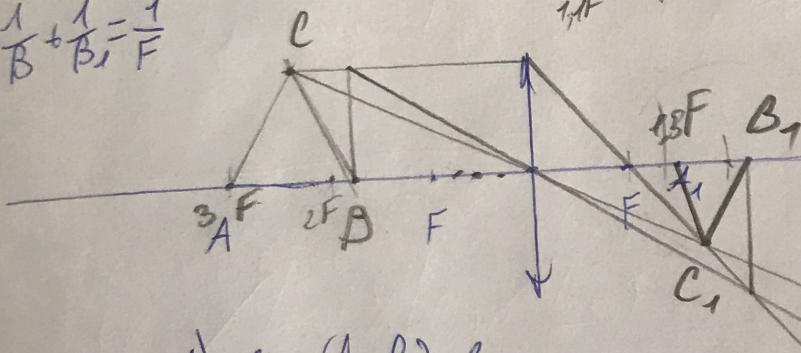
1	84
x	22
	8
	108
	2638
	1063
	260
	228
	310

$$W = A_{\text{прям.}} \eta \quad O_1 U_1 = O_2 U_2 \quad \frac{n_1}{n_2} = \frac{O_2}{O_1}$$

$$Q = A + \Delta U = A_{\text{прям.}} + \Delta U$$

$$\frac{1}{F} = \frac{3-1}{3F} \Rightarrow \frac{1}{F} = \frac{2}{3F} \quad F = \frac{3}{2}F \quad \frac{1}{3F} + \frac{1}{F} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{1}{B} + \frac{1}{B_1} = \frac{1}{F}$$



$$(B_1 - A) \cdot C_1 = (A - B) \cdot C$$

$$\left(\frac{FB}{BF} - 1.5F\right) \cdot \frac{F}{C-F} = (3F - B) \cdot C$$

$$\left(\frac{FB}{B-F} - 1.5F\right) \cdot \frac{F}{\frac{A+B}{2} - F} = 3F - B$$

$$\frac{FB - 1.5FB + 1.5F^2}{B-F} \cdot \frac{F}{\frac{3F+B}{2} - F} = 3F - B$$

$$\frac{445 \cdot 3600}{1,130 \cdot 10^{11}} = 445 \cdot 3600 \cdot 10^{-11}$$

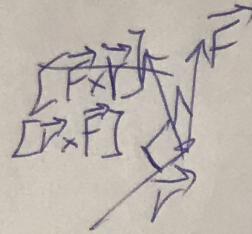
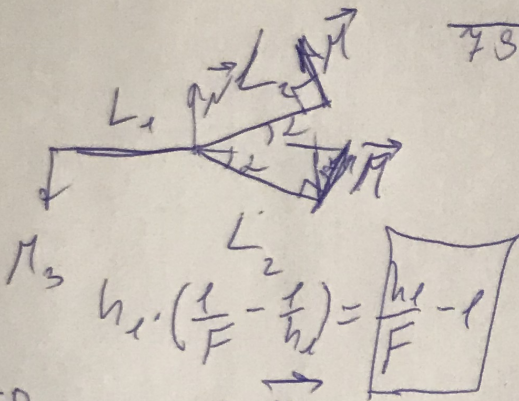
$$\frac{1,13 \cdot 10^6}{445 \cdot 36} = \frac{1}{448 \cdot 36}$$

$$C = \frac{A+B}{2} = \frac{222 + 1319}{2} = 277.05$$

$$\frac{113000 \cdot 3801,6}{116487,3125 \cdot 10} = 3801600$$

$$\frac{38}{266} \text{ num } = 3$$

переносим  $\times \begin{array}{r} 2654 \\ 3 \\ \hline 7962 \end{array}$



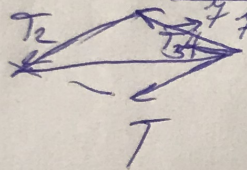
$\begin{array}{r} 8,3 \\ 8312654 \\ - 11700 \\ \hline 8310 \\ - 4962 \\ \hline \sqrt{3480} \end{array}$

$\sum \vec{M} = 0$

$h_1 \cdot \left( \frac{1}{F} - \frac{1}{h_2} \right) = \frac{h_1 - l}{F}$

$\begin{cases} \frac{AB}{A_i B_i} = \frac{h_1}{h_2} \\ \frac{1}{h} + \frac{1}{h_2} = \frac{1}{F} \end{cases}$

$\frac{1}{h} = \frac{1}{F} - \frac{1}{h_2}$



$\begin{array}{r} 2654 | 831 \\ 2493 | 3 \\ \hline 1618 \\ \hline 17831 \\ \hline 7962 \end{array}$

$\begin{array}{r} 15 \\ 2654 | 831 \\ 2493 | 3 \\ \hline 161 \\ \hline 11,84 \\ + 16,61 \\ \hline 43,15 \end{array}$

$2T_1 \cos \alpha = T_3$

$T_2 = T_3 = m_2 \omega^2 L_2 + \lambda L_2 \omega^2 \frac{L_2}{2}$

~~$2m_1 a \cos \alpha = m_3 a$~~   $T_1 = m_1 \omega^2 L_1 + \lambda L_1 \omega^2 \frac{L_1}{2}$

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

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

$\frac{T_2}{\sin \alpha} = \frac{T_1}{\sin \alpha}$

$2L_2(\frac{20L_2}{2} + 30) \cdot \frac{4}{5} = 1(50 + \frac{20 \cdot 1}{2})$

$2L_2(10L_2 + 30) \cdot \frac{4}{5} = 50 + 10$

$(20L_2^2 + 60L_2) \cdot \frac{8}{5} = 60$

$\begin{array}{r} 243000 | 8 \\ - 29 \\ \hline 39 \\ - 32 \\ \hline 40 \\ - 64 \\ \hline 650 \end{array}$

Answer 4

~~40x 40~~

Чепробук

423  
775

~~$RvT_2 - RvT_1 =$~~

$Q = A_{\text{раем.}} + \Delta U$

~~41~~ 36  
4650

~~$p_0 V_0 = R \Delta v T_1$~~

$Q = A_{\text{раем.}} + c_v v \Delta T$

2325  
29900

$p_0 V_0 = RvT_1$

$Q = A_{\text{раем.}} + c_v \frac{p_0 V_0}{RT_1} \Delta T$

$v = \frac{p_0 V_0}{RT_1}$

$W_{\eta} t = W$

$Q = A + c_v \frac{p_0 V_0}{RT_1} \Delta T$

$\frac{1}{x} - \frac{1}{y} = \frac{1}{F}$

$0 = A_{\text{раем.}} + \frac{W}{\eta} + c_v \frac{p_0 V_0}{RT_1} \Delta T$

$\frac{1}{x} + \frac{1}{y} = \frac{1}{F}$

$0 = \frac{F_x}{x} + \frac{F_x}{y}$

$\Delta T = (A_{\text{раем.}} + \frac{W}{\eta}) \cdot \frac{RT_1}{c_v p_0 V_0} \cdot (-1)$

12 8 54  
 $\frac{1}{0} - \frac{1}{0} = \frac{1}{F}$   
22  
108  
108  
1188

$Rv(T_1 + \Delta T) = p_a V_1$

$RvT_1 + Rv\Delta T = p_a V_1$

$p_0 V_0 - RvR \cdot \frac{p_0 V_0}{RT_1} \cdot (A_{\text{раем.}} + \frac{W}{\eta}) \cdot \frac{RT_1}{c_v p_0 V_0} = p_a V_1$

$p_0 V_0 - \frac{R}{c_v} (A_{\text{раем.}} + \frac{W}{\eta}) = p_a V_1$

$\frac{1}{x} + \frac{xF}{F_x} = \frac{2F+x}{F_x} = \frac{1}{F}$

Мум 5