МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**
Профиль олимпиады: **Механика и математическое моделирование**
ФИО участника олимпиады: **Мамченко Дмитрий Алексеевич**
Класс: **10-11**

Технический балл: **85**

Дата проведения: **09 марта 2022 года**

Олимпиада «Ломонсов» по механике и математическому моделированию
2021/2022 учебный год
Заключительный этап

ФИО участника: Мамченко Дмитрий Алексеевич

Класс: 10-11

Задача 1	**Задача 2**	**Задача 3**	**Задача 4**	**Задача 5**	**Задача 6**	**Тех. балл***
5 баллов	10 баллов	15 баллов	15 баллов	20 баллов	20 баллов	85 баллов

* Технический балл равняется сумме баллов за решение задач.

№6

Дано:

$V_1 =$

β

α

V_2

m

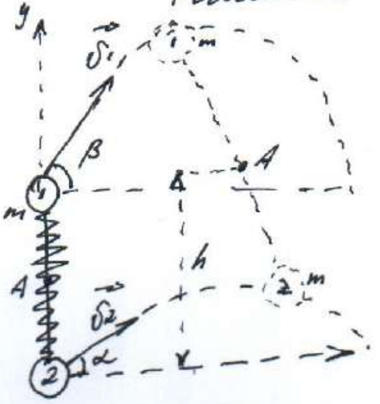
g

$h - ?$

Решение

Чистовик

Лист 5



$\downarrow \vec{g}$

$\upsilon_x = \upsilon \cos\alpha$

$\upsilon_y = \upsilon \sin\alpha$

$$Ox: \ \upsilon_{2x} = \upsilon_2 \cos\alpha$$
$$\upsilon_{1x} = \upsilon_1 \cos\beta$$

$$Oy: \ \upsilon_{2y} = \upsilon_2 \sin\alpha - gt$$
$$\upsilon_{1y} = \upsilon_1 \sin\beta - gt$$

$$L = \upsilon_x t$$
$$L_1 = \upsilon_1 \cos\beta \, t$$
$$L_2 = \upsilon_2 \cos\alpha \, t$$
$$H = \upsilon_y t - \frac{gt^2}{2}$$
$$H_1 = \upsilon_{1y} t - \frac{gt^2}{2}$$
$$H_2 = \upsilon_{2y} t - \frac{gt^2}{2}$$
$$h = \frac{H_1 - H_2}{2} + H_2 = \frac{H_1 + H_2}{2}$$
$$h = \frac{\upsilon_{1y} t + \upsilon_{2y} t - gt^2}{2}$$
$$h = h_{max}, \text{ при } t_0 = \frac{\upsilon_{2y} + \upsilon_{1y}}{2g}$$
$$h = \frac{\dfrac{\upsilon_{1y}^2 + 2\upsilon_{1y}\upsilon_{2y} + \upsilon_{2y}^2}{2g} - \dfrac{\upsilon_{2y}^2 + \upsilon_{2y}^2 + 2\upsilon_{2y}\upsilon_{1y}}{4g}}{2} =$$
$$= \frac{(\upsilon_{1y} + \upsilon_{2y})^2}{8g}$$
$$h = \frac{(V_1 \sin\beta + V_2 \sin\alpha)^2}{8g}$$

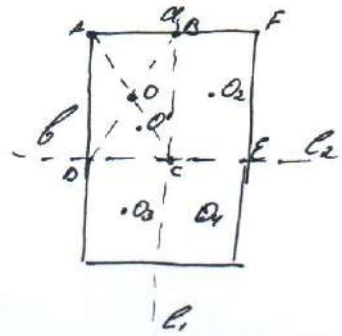
Ответ: $\dfrac{(V_1 \sin\beta + V_2 \sin\alpha)^2}{8g}$

Листовик
лист 4

№2

Решение

Дано:
$a = 60$ м
$b = 90$ м
$r = h$
h - ?



прямоугольник имеет симметрию отн. l_1 и l_2.

Если нам нужно было разместить лампу над полем $\frac{a}{2}; \frac{b}{2}$, то нужно было бы сделать это в точке пересечения диагоналей, т.к. $AO = OB = OC = OD = R_{min}$, если поместить лампу в точку O' боо, то $AO' > AO \Rightarrow R > R_{min}$. Значит лампа бы находилась в данной клетке, аналогично для BFEC.

Очевидно, что поле размером $a; b$ можно разделить на 4 участка, равных ABCD.

При смещении точек O, O_2, O_3, O_4 от их нач. положения радиус будет расти, значит мин. радиус, т.е. $r = \frac{\sqrt{AB^2 + AD^2}}{2} = \frac{\sqrt{a^2+b^2}}{4}$

$r = \frac{15\sqrt{13}}{2}$

$\sqrt{13} \approx 3,61$

$r \approx 7,5 \cdot 3,61 \approx 27,075$ м

Т.к. $r \vdots 0,1$, то $r = 27,1$ м

$h = r = 27,1$ м

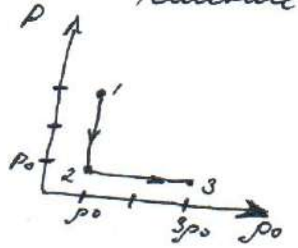
Ответ: $h = 27,1$ м

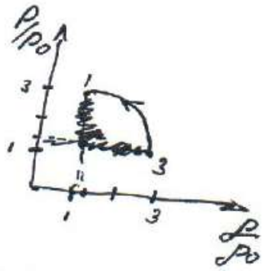
№4

Чистовик
лист 3

Дано:
1-2:
$V = const$
$P_1 = 3P_0$
2-3:
$P = const$
$\rho_2 = \rho_0$
$\rho_3 = 3\rho_0$
$\eta = \frac{1}{8} \eta_m$
η - ?

Решение





η_m достигается при цикле Карно, т.е.

$$\eta_m = \frac{T_м - T_{мин}}{T_м} \cdot 100\%$$

$$\eta = \frac{1}{8}\eta_m = \frac{T_м - T_{мин}}{8T_м} \cdot 100\%$$

Уравнение Менделеева-Клапейрона.

$$\left.\begin{array}{l} PV = \nu RT \\ \nu = \frac{\rho V}{M} \end{array}\right] \Rightarrow \rho = \frac{PM}{RT}, \text{ тогда}$$

$$\begin{cases} \rho_0 = \frac{P_0 M}{RT_0} \\ \rho = \frac{PM}{RT} \end{cases}$$

$$\frac{T}{T_0} = \frac{P}{P_0} \cdot \frac{\rho_0}{\rho}$$

$\frac{T}{T_0}$ - макс., когда $\frac{P}{P_0}$ макс., $\frac{\rho_0}{\rho}$ - макс. По рисункам видно, что ~~это достигается~~ $\frac{\rho_0}{\rho} \le 1$; $\frac{P}{P_0} \le 3$. Этим случаям соотв. точка 1.

Для T/T_0 мин., нужно, чтобы $\frac{P}{P_0}$ - мин, $\frac{\rho_0}{\rho}$ - мин.

$\frac{P}{P_0} \ge 1$; $\frac{\rho_0}{\rho} \ge \frac{1}{3}$

$\frac{T}{T_0}$ макс. равно 3

$\frac{T}{T_0}$ мин. равно $\frac{1}{3}$

Тогда $T_м. = 3T_0$; $T_{мин.} = \frac{1}{3}T_0$

$$\eta = \frac{1}{8}\left(1 - \frac{\frac{1}{3}T_0}{3T_0}\right) \cdot 100\% \approx \frac{1}{9} \cdot 100\% \approx 11,1\%$$

Ответ. $\eta = 11,1\%$

Лист 2 Чистовик

№5

Дано:

$x(t) = 3 + \sin t \cdot \cos t - \sin t - \cos(t)$

$y(t) = 1$

$y = cx$

$c > 0$

c - ?, при которых сущ. t, что $y = cx$.

Решение

$x(t) = 3 + \sin t \cdot \cos t - \sin t - \cos t$

$y(t) = 1$

$1 = c(3 + \sin t \cdot \cos t - \sin t - \cos t)$

Пусть $\frac{1}{c} = n$, тогда

$n = 3 + \sin t \cdot \cos t - \sin t - \cos t$

Найдем область знач. n, т.к. $x(t) = n$, то

$x'(t) = n'$

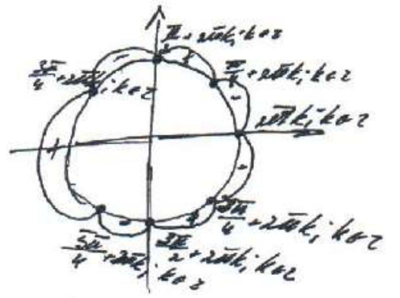
$x'(t) = \cos^2 t - \sin^2 t - \cos t + \sin t$

$x'(t) = 0$

$\cos^2 t - \sin^2 t - \cos t + \sin t = 0$

$\cos t(\cos t - 1)(\cos t - \frac{\sqrt{2}}{2})(\cos t + \frac{\sqrt{2}}{2}) = 0$

$$\left[\begin{array}{l} \cos t = 0 \\ \cos t = 1 \\ \cos t = \frac{\sqrt{2}}{2} \\ \cos t = -\frac{\sqrt{2}}{2} \end{array}\right. \iff \left[\begin{array}{l} \cancel{\cos}\ t = \frac{\pi}{2} + \pi k;\ k \in Z \\ t = 2\pi k;\ k \in Z \\ t = \frac{\pi k}{4};\ k \in Z \end{array}\right.$$



Проверив найденные знач., получилось, что

$\sup = \frac{5\pi}{4} + 2\pi k;\ k \in Z$

$\inf = 2\pi k;\ k \in Z$, тогда

$x(t)_{min} = 3 + \sin(2\pi k)\cos(2\pi k) - \sin(2\pi k) - \cos(2\pi k),\ k \in Z$

$x(t)_{min} = 2$

$x(t)_{max} = 3 + \sin(\frac{5\pi}{4} + 2\pi k)\cos(\frac{5\pi}{4} + 2\pi k) - \sin(\frac{5\pi}{4} + 2\pi k) - \cos(\frac{5\pi}{4} + 2\pi k),\ k \in Z$

$x(t)_{max} = 3{,}5 + \sqrt{2}$, тогда

$n \in [2; 3{,}5 + \sqrt{2}]$

$2 \le \frac{1}{c} \le 3{,}5 + \sqrt{2}$

$c \in [\frac{1}{3{,}5 + \sqrt{2}}; 0{,}5]$

Ответ: $c \in [\frac{1}{3{,}5 + \sqrt{2}}; 0{,}5]$

Лист 1 Чистовик

№1

Дано:

$t = 15c$

$v_0 = 100$ км/ч $= \frac{100}{3,6}$ м/с

$a = const$

$L - ?$

Решение

Разгон происходит с момента, когда $v_{нач.} = 0$ м/с, значит:

$$v_0 = v_{нач} + at = at$$

$$L = v_{нач} + \frac{at^2}{2} = \frac{at^2}{2}$$

Из этих соотн. можно получить:

$$L = \frac{v_0 t}{2};$$

$$L = \frac{\frac{100}{3,6} \cdot 15}{2} \approx 28\text{ м}$$

Ответ. $L = \frac{v_0 t}{2}$; $L = 28$ м.

№3

Дано:

S - объем батареи

$2L$ - весь путь

ω_1 - скорость разр. видео

ω_2 - скорость разр. Тетрис

$t_1 = 3$ ч

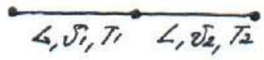
$t_2 = 5$ ч

$v_1 = 80$ км/ч

$v_2 = 60$ км/ч

$2L - ?$

Решение



$$2L = v_1 T_1 + v_2 T$$

T - все время

$$T = \frac{L}{v_1} + \frac{L}{v_2}$$

$$\begin{cases} S = \omega_1 t_1 + \\ S = \omega_2 t_2 \\ S = \omega_1 t + \omega_2 t \end{cases}$$

$$\cancel{t = \frac{\omega_1 \cdot \omega_2}{\omega_1 + \omega_2}} \quad t = \frac{t_1 \cdot t_2}{t_1 + t_2}$$

$$T = 2t$$

$$2L = \frac{4 t_1 t_2 v_1 \cdot v_2}{(t_1 + t_2)(v_2 + v_1)}$$

$$2L = \frac{4 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 80 \cdot 60}{8 \cdot 140} = \frac{1800}{7} \approx 257,1\text{ км} \approx 257\text{ км}$$

Ответ. $2L = \frac{4t_1 \cdot t_2 \cdot v_1 \cdot v_2}{(t_1 + t_2)(v_1 + v_2)}$; $2L = 257$ км.

$$\frac{3P_0V_1}{T_1} = P_0$$

$60 \cdot 90 =$
$= 5400$
$\cancel{5400/4}$

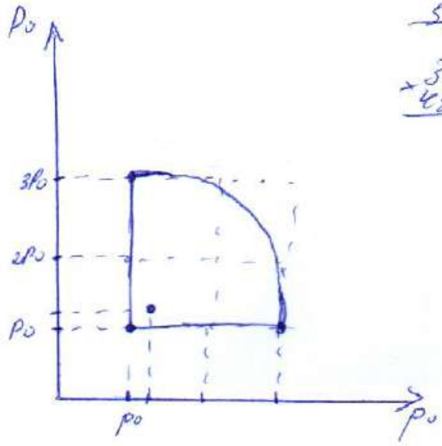
$30 \cdot 45$

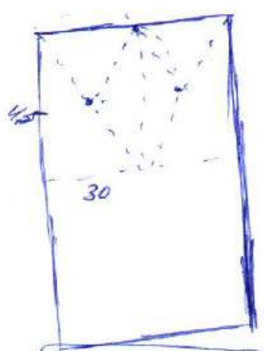
$45 \cdot 3 = 1350$

$1350 = \pi r^2$

$r = \sqrt{\frac{1350}{\pi}} = \sqrt{\frac{15 \cdot 3 \cdot 15 \cdot 2}{\pi}} =$

$= 15\sqrt{2}$





$d = \sqrt{45^2 + 30^2} =$
$= \sqrt{15^2 \cdot 9 + 15^2 \cdot 4} =$
$= 15\sqrt{13}$
$r = \frac{15\sqrt{13}}{2}$

$\sqrt{13} =$

$3{,}3 \cdot 3{,}3 = 1089$

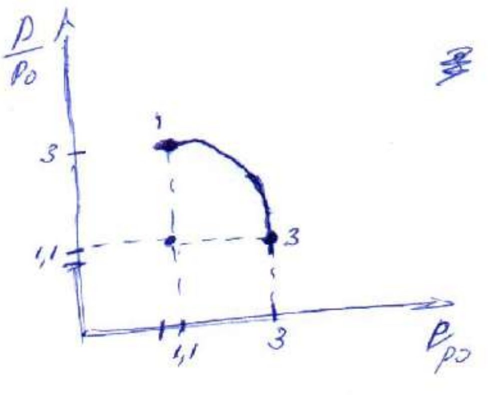
$34 \cdot 34 = 1156$

$36{,}1 \cdot 36 = 1296$

$361 \cdot 361 = 1266$

$35 \cdot 35 = 1225$

36



$\rho = \frac{PM}{RT}$ $\rho =$

$\frac{\rho R}{PM} = T$

$$\frac{\frac{\rho}{\rho_0} R}{\frac{P}{P_0} M} = \frac{T}{T_0}$$

$\frac{\rho}{\rho_0} = \frac{\frac{P}{P_0} M}{R \frac{T}{T_0}}$

$\rho = \frac{PM}{RT}$

$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$

$$\frac{\frac{\rho}{\rho_0} R}{\frac{P}{P_0} M} = \frac{T_0}{T}$$

$$\frac{\frac{P}{P_0} M}{\frac{\rho}{\rho_0} R} T_0 = T$$ $T =$

T_{max}, когда
$\frac{P}{P_0} = max$
$\frac{\rho}{\rho_0} = min$

$\frac{3}{1{,}1} M$

$\frac{P}{P_0} =$

$\frac{P}{P_0} = \frac{\rho}{M \rho_0} R \frac{T}{T_0}$

Чтобы $\frac{T_0}{T_m}$ было

№1 Дано:

$t = 15$ секунд

$\upsilon_0 = 100$ км/ч $= \frac{100}{3{,}6}$

$a = const$

$L - ?$

Решение

$\upsilon_0 = 0 + at$

$a = \frac{\upsilon_0}{t}$

$L = \frac{at^2}{2} = \frac{\frac{\upsilon_0}{t} \cdot t^2}{2} = \frac{\upsilon_0 t}{2}$

$L = \frac{\frac{100}{3{,}6} \cdot 15}{2} = \frac{\overset{50}{\cancel{100}} \cdot 15}{3{,}6 \cdot 2} = \frac{750}{3{,}6} = 28{,}(3)$ м ≈ 28 м

Черновик

$$\begin{array}{r|l} -7500 & 36 \\ 72 & 20{,}8(3) \\ -300 & \\ 288 & \\ -120 & \\ 108 & \\ 18 & \end{array}$$

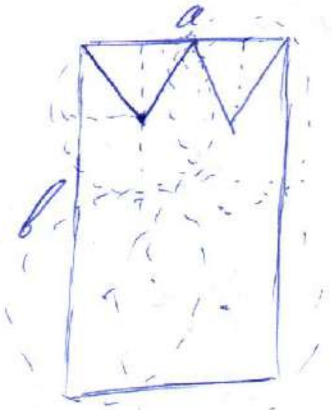
Ответ: 28 м.

№2

Дано:

$a = 60$ м

$b = 90$ м

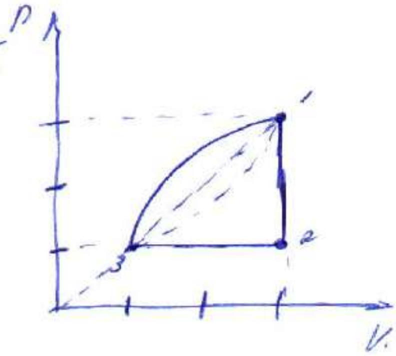


$S = ab$ $\quad z = 45$

$S = 4$

$\frac{3P_0V_1}{T_1} = \frac{P_0V_2}{T_2}$

$3T_2 = T_1$



$PV = \nu RT$

$PV = \frac{m}{M} RT$

$\rho = \frac{PM}{RT}$

$\rho_0 = \frac{PM}{RT_0}$

$3\rho_0 = \frac{PM}{R\frac{T_0}{3}}$

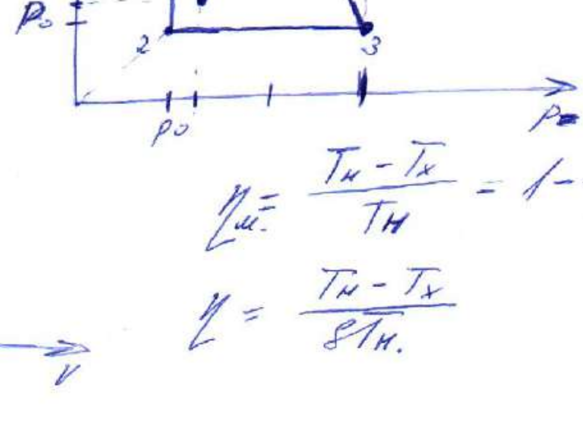
$\rho_0 = \frac{3P_0M}{RT_0}$

$\rho_0 = \frac{P_0M}{}$

$\frac{V_0}{T_0} = \frac{V_0}{\frac{T_0}{3}}$

$\rho = \frac{PM}{RT}$

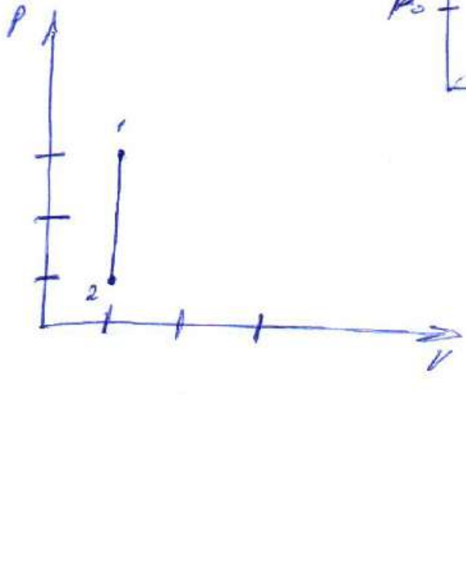
$\rho_0^2 + P_0^2 = R^2$



$\eta - ?$

$\eta_{max} = \frac{T_н - T_х}{T_н} = 1 - \frac{T_х}{T_н}$

$\eta = \frac{T_н - T_х}{8T_н}$



$2L - ?$

$S = u_1 \cdot t_1 = u_1 \cdot 3$; $u_1 = \frac{S}{3}$

$S = u_2 \cdot t_2 = u_2 \cdot 5$; $u_2 = \frac{S}{5}$

$S = t \cdot u_1 + t \cdot u_2 = t\left(\frac{S}{3} + \frac{S}{5}\right) = \frac{8}{15}tS$

$t = \frac{15}{8}$ $\qquad \frac{30}{8} = 3{,}75$ ч

$T = \frac{L}{80} + \frac{L}{60} = \frac{14L}{480}$

~~$\frac{14L}{\cancel{480}\,60} = \frac{15}{8}$; $2L = \frac{60 \cdot 15}{7} = \frac{900}{7} \approx 125{,}7 \approx 126$ км~~

$2t = \frac{L}{80} + \frac{L}{60}$

$\frac{30}{8} = \frac{140L}{4800} = \frac{30 \cdot \cancel{480}\,60}{8 \cdot 7} = 2L$;

$1800 : 7 = 257{,}4$

257 м.

$\frac{u_1 \cdot u_2}{u_1 + u_2}$

$T = \left(\frac{v_2 + v_1}{v_2 v_1}\right)L$

$1800 : 7 = 257{,}1$

$\frac{v_2 + v_1}{v_2 \cdot v_1} L = 2\frac{t_1 \cdot t_2}{t_1 + t_2}$

$L = \frac{2t_1 \cdot t_2 \cdot v_1 \cdot v_2}{(t_1 + t_2)(v_2 + v_1)}$

$900 : 7 = 125{,}7$

№3

Дано:

Пусть весь путь 2L, $T = \frac{L}{80} + \frac{L}{60} = \frac{140L}{80\cdot 60} = \frac{14L}{480}$

тогда все время $T = \frac{L}{80} + \frac{L}{60} = \frac{7L}{240}$

Вся батарея держит 8 часа

Черновик.

$\frac{7L}{240} \cdot ш_1$

$\frac{7L}{240} \cdot ш_2$

$f(t) =$

$\frac{1}{2} - \frac{\sqrt{2}}{2} - \frac{\sqrt{2}}{2} + 3$

$\frac{3}{4} - \frac{1}{4} - \frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{1}{2}$

$\frac{3}{4} - \frac{1}{4} - \frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{1}{2}$

№4

Дано:

$x(t) = 3 + \sin t \cdot \cos t - \sin t - \cos t$

$y(t) = 1$

$y = cx$

$y = cx$

$\frac{1}{c} = 3 + \sin t \cdot \cos t - \sin t - \cos t$

$n = 3 + \sin t \cdot \cos t - \sin t - \cos t$

Пусть $f(t) = \sin t \cdot \cos t - \sin t - \cos t + 3$

$f'(t) = \cos^2 t - \sin^2 t - \cos t + \sin t = 0$

$2\cos^2 t - \cos t + \sin t - 1 = 0$

$2\cos^2 t - \cos t + \sqrt{1 - \cos^2 t} - 1 = 0$

~~$2s^2 - s + \sqrt{1 - s^2} - 1$~~

$\sqrt{1 - s^2} = 1 + s - 2s^2$

$1 - s^2 = 1 + s^2 + 4s^4 + 2s - 4s^2 - 4s^3$

$4s^4 - 4s^3 - 2s^2 + 2s = 0$

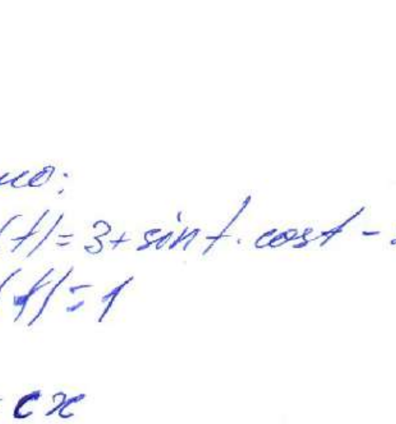
$s(2s^3 - 2s^2 - s + 1) = 0$

$s(s-1)(2s^2 - 1) = 0$

$\left[\begin{array}{l} s = 0 \\ s = 1 \\ s^2 = \frac{1}{2} \end{array}\right. \quad \left[\begin{array}{l} s = 0 \\ s = 1 \\ s = \frac{\sqrt{2}}{2} \\ s = -\frac{\sqrt{2}}{2} \end{array}\right. \longrightarrow$

2 -2 -1 +1

1 2 0 -1 0



$\cos t = 0$; $t = \frac{\pi}{2} + \pi k$, $k \in Z$

$\cos t = 1$; $t = 2\pi k$, $k \in Z$

$\cos t = \frac{\sqrt{2}}{2}$; $t = \pm\frac{\pi}{4} + 2\pi k$, $k \in Z$

№5 $\quad \sin t(\cos t-1)-\cos t$

$3,5-\sqrt{2}$

$x(t)=3+\sin t\cdot\cos t-\sin t-\cos t$

max=

$y(t)=1$ $\quad (\sin t-1)(\cos t-1)+2$

$t=c \quad \frac{1}{c}=3+\sin t\cos t-\sin t-\cos t$

$x'(t)=-\sin^2 t+\cos^2 t-\cos t+\sin t$

$3+\frac{1}{2}+\sqrt{2}=$

$2\cos^2 t-\cos t+\sin t-1=0$

$\sin t=1+\cos t-2\cos^2 t$

max $=3,5+\sqrt{2}$

min $=2$

$\sqrt{1-\cos^2 t}=1+\cos t-2\cos^2 t$

Пусть $\cos t=s$

$\sqrt{1-s^2}=1+s-2s^2$

$1-s^2=1+s^2+4s^4-4s^3-4s^2+2s$

$4s^4-4s^3-2s^2+2s=0$

$s(2s^3-2s^2-s+1)=0$ $\quad$ 2 -2 -1 1 / 1 2 0 -1 0

$s(s-1)(s^2-1)=0$

$c\in(-\infty;0)\cup[0,5;+\infty)$

$\frac{1}{c}\in[2;3,5+\sqrt{2}]$

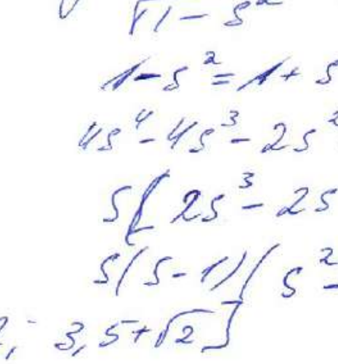
$2-\frac{1}{c}\geq 0$

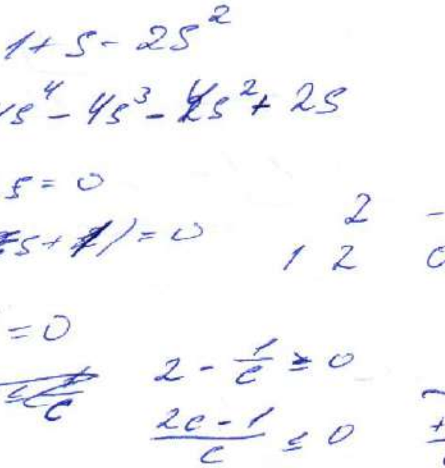
$\frac{2c-1}{c}\leq 0$

$2\leq\frac{1}{c}\leq 3,5+\sqrt{2}$

$3,5+\sqrt{2}-\frac{1}{c}\leq 0$

$c\in\left[\frac{1}{3,5+\sqrt{2}};0,5\right]$ $\quad \frac{(3,5+\sqrt{2})c-1}{c}\leq 0$





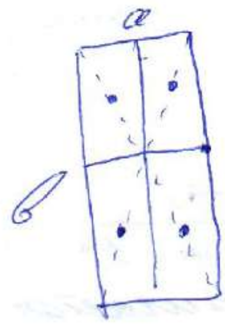
$\frac{3}{4}-\frac{1}{4}-\frac{\sqrt{2}}{2}+\frac{1}{2}=$

$=$

Черновик

№2

Дано:
$a = 90$ м
$b = 60$ м



$$\overset{+}{\begin{array}{r}36,1\\361\end{array}}$$

$$\begin{array}{r}4\\37\\\times 37\\\hline 259\end{array} \qquad \begin{array}{r}36\\\times 36\\\hline 216\\108\\\hline 1296\end{array}$$

$$T = \frac{L}{v_1} + \frac{L}{v_2} \qquad L = \frac{v_2 v_1}{v_2 + v_1}$$

$$L\left(\frac{1}{v_1} + \frac{1}{v_2}\right) = T \qquad 2L = \frac{2 v_2 v_1}{v_2 + v_1}$$

$$L\left(\frac{v_2 + v_1}{v_2 v_1}\right) = T$$

$$\begin{array}{r}18\\\times 15\\\hline 90\\18\\\hline 27,0\end{array}$$

$7,5 \cdot \quad 15 \cdot 1,8$

$$\frac{a}{2} + \frac{b}{2}$$

$$d = \sqrt{\frac{a^2}{4} + \frac{b^2}{4}} = \frac{1}{2}\sqrt{a^2 + b^2} = \frac{1}{2}\sqrt{6^2 \cdot 15^2 + 4^2 \cdot 15^2} = \frac{15}{2}\sqrt{36+16}$$

$$\frac{15}{2}\sqrt{4 \cdot 13} = 15\sqrt{13}$$

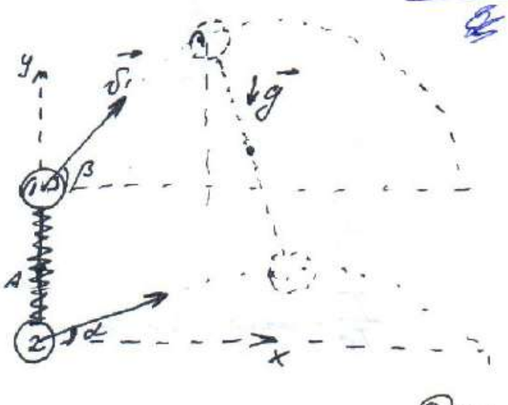
$$r = \frac{d}{2} = \frac{15\sqrt{13}}{2}$$

$$\frac{7,5 \cdot 3,6}{2} =$$

$$a = \sqrt{(15 \cdot 4)^2 + (15 \cdot 6)^2}$$

$3,609$

$$\begin{array}{r}361\\\times 361\\\hline 361\\2166\\1083\\\hline 13,0321\end{array} \qquad \sqrt{13} \approx 3,61 \qquad \begin{array}{r}3,61\\\times 7,5\\\hline 1805\\2527\\\hline 27,075\end{array}$$



Ox:

$L = v_x$

~~$H_1 - H_2$~~

$$v_1 \sin\beta - gt - \frac{gt^2}{2}$$
$$v_2 \sin\alpha - gt - \frac{gt^2}{2}$$

$$\frac{H_1 - H_2}{2} + H_2 = \frac{H_1 + H_2}{2}$$

$h = h_2$

$$\frac{-v_2 - v_1}{-2g}$$

$h_{max} =$

$$v_{1y}^2 + v_{1y} v_{2y}$$

№4

Дано:

1-2:

$V = const$

$P_1 = 3P_0$

$P_2 = P_0$

2-3:

$P = const$

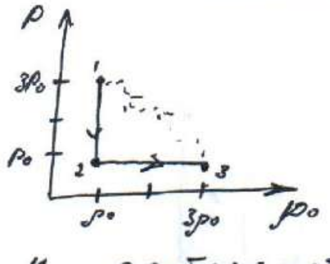
$\rho_2 = \rho_0$

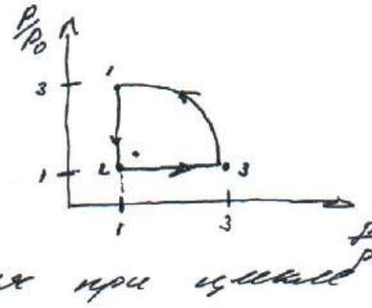
$\rho_3 = 3\rho_0$

$\eta = \frac{1}{8}\eta_m$

$\eta - ?$

Решение





η_m - достигается при цикле Карно, т.е.

$$\eta_m = \frac{T_H - T_X}{T_H}$$

$$\eta = \frac{1}{8}\eta_m = \frac{T_H - T_X}{8T_H}$$

Уравнение Менделеева - Клапейрона:

$$\left.\begin{array}{l} PV = \nu RT \\ \nu = \frac{\rho V}{M} \end{array}\right\} \Rightarrow \rho = \frac{PM}{RT}$$

Из этого соотн. можно получить:

$$\frac{T_m \frac{P}{P_0} M}{R T_0} = \frac{\rho}{\rho_0}$$

$$\frac{\frac{P}{P_0} M}{R \frac{\rho}{\rho_0}} = \frac{T_0}{T_m}$$

$$\rho_0 = \frac{P_0 M}{R T_0}$$

$$\rho = \frac{PM}{RT}$$

$$\frac{\rho}{\rho_0} = \frac{\frac{P}{P_0}}{\frac{T}{T_0}}$$

$$\frac{\rho}{\rho_0} = \frac{P}{P_0} \cdot \frac{T_0}{T}$$

$$\frac{T}{T_0} = \frac{P}{P_0} \cdot \frac{\rho_0}{\rho}$$

$\frac{T}{T_0}$ - max, когда $3 \cdot 1 = 3$

3

1 | 9