0 034848 840009

03-48-48-84
(126.2)

вых 16.00

вх. 16^{10}

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 5

Место проведения Пенза
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников "Покори Воробьевы горы"
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Алешиной Екатерины Алексеевны
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

+1

Дата
«05» апреля 2024 года

Подпись участника

03-48-48-84
(126.2)

Чистовик

Задание №2.

Вопрос. Т.к. сжатие адиабатическое:

$Q = A_г + \Delta U = 0$

$V\downarrow \to A_г < 0,\ \underset{газом}{A_{над}} = A_{над} > 0$

$\Delta U = -A_г = A_{над} = \frac{5}{2}\nu R(T_2 - T_1)$

Видим, что давление изменяется незначительно (0,7 %), поэтому процесс можно считать бесконечно малым, для такого процесса верно:

$\frac{\Delta p}{p_1} + \frac{\Delta V}{V_1} = \frac{\Delta T}{T_1}$ ($\nu = const$)

Процесс политропный ($c = 0$)

$n = \frac{c - c_p}{c - c_V} = \frac{c_p}{c_V} = \frac{7}{5}$ (показатель адиабаты)

$pV^n = const \to p = const \cdot V^{-n}$

$p'(V) = -n\underbrace{const \cdot V^{-n}}_{=p} \cdot V^{-1} = -\frac{np}{V} = \frac{\Delta p}{\Delta V}$

$\frac{\Delta p}{p_1} = -n\frac{\Delta V}{V_1} = -\frac{7}{5}\frac{\Delta V}{V_1} \to \frac{\Delta V}{V_1} = -\frac{5}{7}\frac{\Delta p}{p_1}$

$\frac{\Delta p}{p_1} - \frac{5}{7}\frac{\Delta p}{p_1} = \frac{\Delta T}{T_1} \to \frac{\Delta T}{T_1} = \frac{2}{7}\frac{\Delta p}{p_1}$

$\frac{\Delta T}{T_1} = \frac{2}{7} \cdot 0{,}007 = 0{,}002 = 0{,}2\%$

$T_2 = T_1 + \Delta T = T_1 + 0{,}002T_1 = 1{,}002T_1$

~~$T/_{27}$~~

$A_{над} = \frac{5}{2}\nu R\Delta T = \frac{5}{2}\nu R \cdot 0{,}002T_1 = 0{,}005\nu RT_1$

$A_{над} = 0{,}005 \cdot 1 \cdot 8{,}31 \cdot 301 = 12{,}50655$ (Дж) $\approx 12{,}5$ (Дж)

Ответ: 12,5 Дж

Лист 1 из 10

1	2	3	4
5	5	5	1
8	20	20	20

84 (восемьдесят четыре)

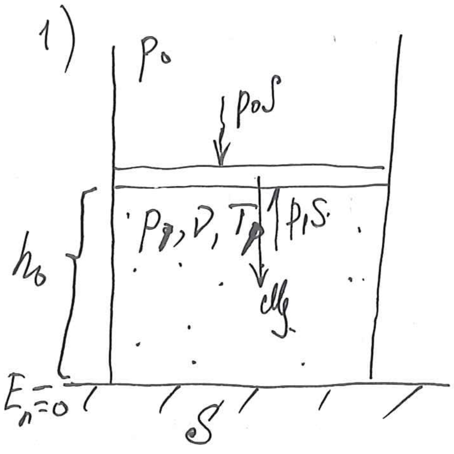
Чистовик

Задача.

При равновесии поршня:

Из 2ЗН: $p_1 S = p_0 S + Mg$

$$p_1 = p_0 + \frac{Mg}{S}$$



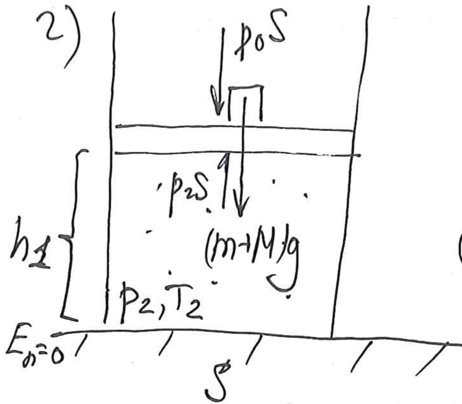
По ур-ю Менделеева-Клапейрона: $p_1 S h_0 = \nu R T_1$

$$(p_0 S + Mg) h_0 = \nu R T_1$$

При равновесии поршня и гирьки,

Из 2ЗН.

$$p_2 S = p_0 S + (m + M) g = p_1 S + mg$$



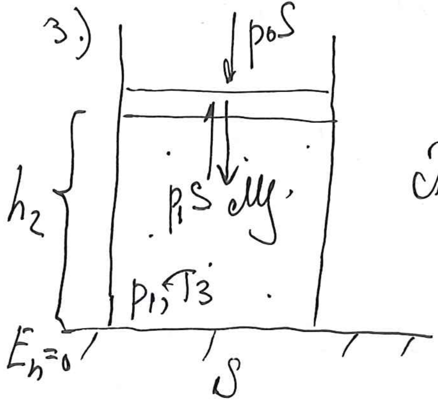
По ур-ю Менделеева-Клапейрона:

$$p_2 S h_1 = \nu R T_2$$

$$(p_1 S + mg) h_1 = \nu R T_2$$

При новом положении равн-я поршня:

Из 2ЗН: $p_1 S = p_0 S + Mg$



По ур-ю Менделеева-Клапейрона:

$$p_1 S h_2 = \nu R T_3$$

↓

$$\frac{h_2}{h_0} = \frac{T_3}{T_1}; \quad \frac{p_2 h_1}{p_1 h_2} = \frac{T_2}{T_3}; \quad \frac{p_2 h_1}{p_1 h_0} = \frac{T_2}{T_1}$$

По ЗИМЭ для поршня (и гирьки):

1→2: $p_0 S (h_0 - h_1) + A_{2_1} = (m + M) g (h_1 - h_0)$

$$A_{2_1} = p_2 S (h_1 - h_0)$$

2→3: $-p_0 S (h_2 - h_1) + A_{2_2} = Mg (h_2 - h_1)$

$$A_{2_2} = p_1 S (h_2 - h_1)$$

Т.к. сосуд и поршень теплоизолированы, то $Q_{12} = Q_{23} = 0$

Лист 2 из 10

03-48-48-84
(126.2)

Чистовик

$Q_{12}=A_{г_1}+\Delta U_1=0$

$\Delta U_1=-A_{г_1}=p_2S(h_0-h_1)=\frac{5}{2}\nu R(T_2-T_1)$

$Q_{23}=A_{г_2}+\Delta U_2=0$

$\Delta U_2=-A_{г_2}=p_1S(h_1-h_2)=\frac{5}{2}\nu R(T_3-T_2)$

$$\frac{p_2}{p_1}=\frac{T_2\cdot h_2}{T_3\cdot h_1}=\frac{T_2h_0}{T_1h_1}\rightarrow \cancel{\frac{h_2}{T_3}=\frac{h_0}{T_1}}$$

$$\frac{p_2(h_0-h_1)}{p_1(h_1-h_2)}=\frac{T_2-T_1}{T_3-T_2}$$

$$\frac{T_2h_0(h_0-h_1)}{T_1h_1(h_1-h_2)}=\frac{T_2-T_1}{T_3-T_2}$$

$x=\frac{T_1}{T_2}$

$$\frac{h_0(h_0-h_1)}{h_1(h_1-h_2)}=\frac{1-\frac{T_1}{T_2}}{\frac{T_3}{T_1}-\frac{T_2}{T_1}}=\frac{1-\frac{T_1}{T_2}}{\frac{h_2}{h_0}-\frac{T_2}{T_1}}=\frac{1-x}{\frac{h_2}{h_0}-x}=\frac{1-x}{\frac{h_2x-h_0}{h_0x}}=$$

Аналогично с решением вопроса: $=\frac{(1-x)h_0x}{h_2x-h_0}$

Гирька легкая, поэтому считаем изменение давления малым, также сдвиг поршня мал → считаем процессы 1-2 и 2-3 беск. малыми

$p_2-p_1=\frac{mg}{S}$; 1-2: $\frac{mg}{Sp_1}+\frac{h_1-h_0}{h_0}=\frac{T_2-T_1}{T_1}$

2-3: $-\frac{mg}{Sp_1}+\frac{h_2-h_1}{h_1}=\frac{T_3-T_2}{T_2}$

$\boxed{+}\rightarrow \frac{h_1}{h_0}-1+\frac{h_2}{h_1}-1=\frac{T_2}{T_1}-1+\frac{T_3}{T_2}-1$

$$\frac{h_1}{h_0}+\frac{h_2}{h_1}=\frac{T_2}{T_1}+\frac{T_3}{T_2},\quad T_3=T_1\frac{h_2}{h_0}$$

$\frac{h_1}{h_0}+\frac{h_2}{h_1}=\frac{T_2}{T_1}+\frac{h_2}{h_0}\frac{T_1}{T_2}$; $\frac{T_1}{T_2}=x$: $\frac{h_1}{h_0}+\frac{h_2}{h_1}=\frac{1}{x}+\frac{h_2}{h_0}x=\frac{h_0+h_2x^2}{h_0x}$

$$\hookrightarrow\begin{cases}\frac{h_0-h_1}{h_1(h_1-h_2)}=\frac{(1-x)x}{h_2x-h_0}\\ \frac{h_1}{h_0}+\frac{h_2}{h_1}=\frac{h_0+h_2x^2}{h_0x}\end{cases}\Rightarrow$$

решая ур-е получаем $h_2\approx 31$ см

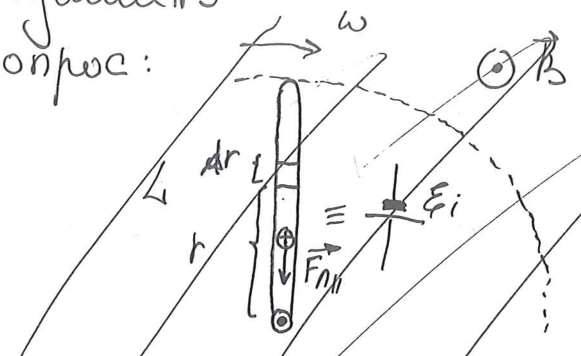
+

Ответ: ≈ 31 см

Лист 3 из 10

Задание №3 Чистовик

Вопрос:



$$d\mathcal{E}_i = B\omega r\cdot dr$$

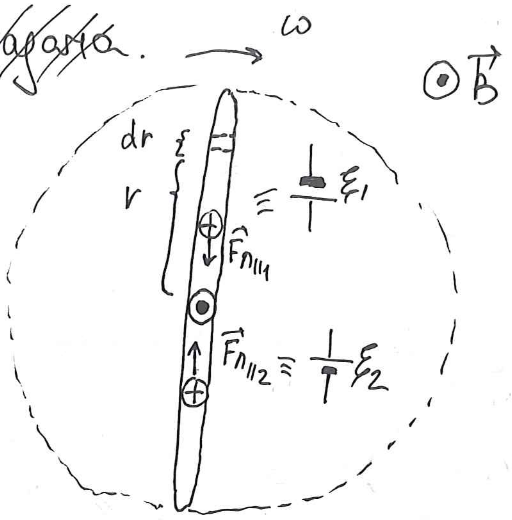
$$\mathcal{E}_i = \int d\mathcal{E}_i = \int_0^L B\omega r dr =$$

$$= B\omega\int_0^L r dr = B\omega\frac{L^2}{2} = \frac{B\omega L^2}{2}$$

Ответ: $\mathcal{E}_i = \frac{B\omega L^2}{2}$

$\vec{F}_{л\parallel}$ – составляющая силы Лоренца, обусл. движ-ем проводника

~~Задача.~~



$$d\mathcal{E}_1 = B\omega r dr$$

$$\mathcal{E}_1 = \int d\mathcal{E}_1 = \int_0^{L/2} B\omega r dr =$$

$$= B\omega\frac{L^2}{8} = \frac{B\omega L^2}{8}$$

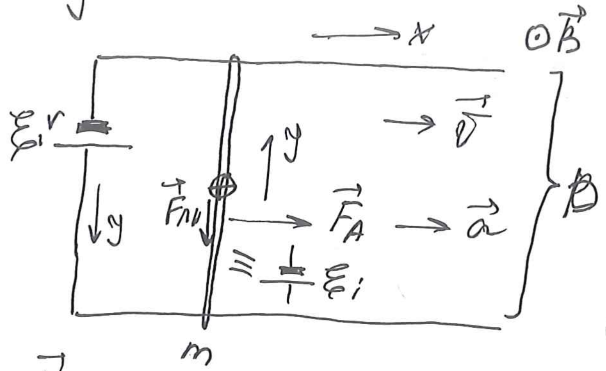
Аналогично: $\mathcal{E}_2 = \frac{B\omega L^2}{8} = \mathcal{E}_1$

$\vec{F}_{л\parallel 1}$, $\vec{F}_{л\parallel 2}$ – сост-е силы Лоренца, обусловленные вращением проводника

Из пр-ла левой руки видим, что половины стержня можно заменить на батарейки с $\mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_2 = \frac{B\omega L^2}{8}$, но направленные друг на друга (см. рис.). Таким образом, разность потенциалов на концах = 0.

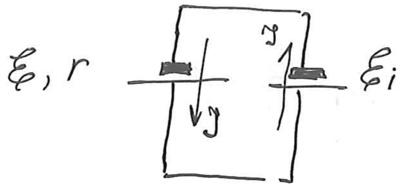
Ответ: 0

Задача Чистовик



Т.к. перемычка разгоняется, то сила Ампера напр-на вправо, сила тока течет как на рис-е: Перемычку можно заменить на батарейку с $\xi_i = B\vartheta D$ (см. рис.)

$\vec F_{л\parallel}$ – составляющая силы Лоренца, обусл. движ-ем проводника



Т.к. рельсы сверхпроводящие, то их сопр-е = 0:

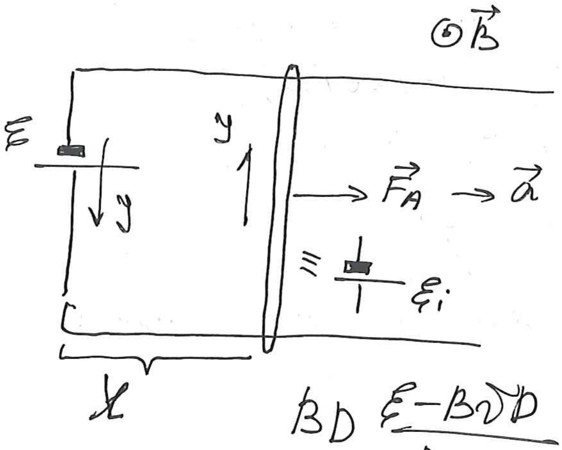
$$I = \frac{\xi - \xi_i}{R_0} = \frac{\xi - B\vartheta D}{R_0}$$

По 2ЗН, x: $F_A = ma_x$

$$BID = ma_x; \quad BD\frac{\xi - B\vartheta D}{R_0} = ma_x$$

$$\frac{BD\xi}{R_0} - \frac{B^2D^2}{R_0}\frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{m\Delta\vartheta}{\Delta t} \rightarrow \frac{BD\xi}{R_0}\Delta t - \frac{B^2D^2}{R_0}\Delta x = m\Delta\vartheta \quad (*)$$

Просуммируем (*): $\frac{BD\xi}{R_0}t_1 - \frac{B^2D^2}{R_0}S_0 = m\vartheta$



Во втором случае:

$$I = \frac{\xi - \xi_1}{R_0 + 2x\rho} = \frac{\xi - B\vartheta D}{R_0 + 2x\rho}$$

Из 2ЗН: x: $F_A = ma_x$

$$BD\frac{\xi - B\vartheta D}{R_0 + 2x\rho} = ma_x$$

$$BD\frac{\xi}{R_0 + 2x\rho} - \frac{B^2D^2}{R_0 + 2\rho x}\vartheta = ma_x$$

$$BD\frac{\xi}{R_0 + 2\rho x}\Delta t - \frac{B^2D^2}{R_0 + 2\rho x}\Delta x = m\Delta\vartheta \quad (**)$$

Просуммируем (**): Лист 5 из 10

Чистовик

Лист 6 из 10

$$+\left(\sum BD\frac{\mathcal{E}}{R_0+2\rho x}\Delta t\right) - B^2D^2\sum\frac{\Delta x}{R_0+2\rho x} = m\vartheta$$

X''

$$X - \frac{B^2D^2}{2\rho}\left(\ln(R_0+2\rho S) - \ln R_0\right) = m\vartheta$$

$$X = \frac{B^2D^2}{2\rho}\cdot\ln\frac{R_0+2\rho S}{R_0} = m\vartheta$$

$$\hookrightarrow \frac{\cancel{B^2D^2}}{2\rho}\ln\frac{R_0+2\rho S}{R_0} = \frac{\cancel{B^2D^2}}{R_0}S_0$$

$$\ln\frac{R_0+2\rho S}{R_0} = \frac{2\rho}{R_0}S_0 \to \frac{R_0+2\rho S}{R_0} = \exp\left(\frac{2\rho}{R_0}S_0\right)$$

$$\frac{2\rho S}{R_0} = -1+\exp\left(\frac{2\rho}{R_0}S_0\right)$$

$$S = \frac{R_0}{2\rho}\left(-1+\exp\left(\frac{2\rho}{R_0}S_0\right)\right)$$

$$\cancel{S = \frac{R_0}{2\rho}}\quad S = \frac{0{,}8}{2\cdot5\cdot10^{-3}}\left(-1+\exp\left(\overset{=e}{\frac{2\cdot5\cdot10^{-3}\cdot10}{8}\cdot80}\right)\right) =$$

$$= \frac{8}{\cancel{10}\cdot\cancel{10}\cdot10^{-\cancel{3}1}}(e-1) = 80(\overset{\approx1{,}7}{e-1}) \approx 136\ (м)$$

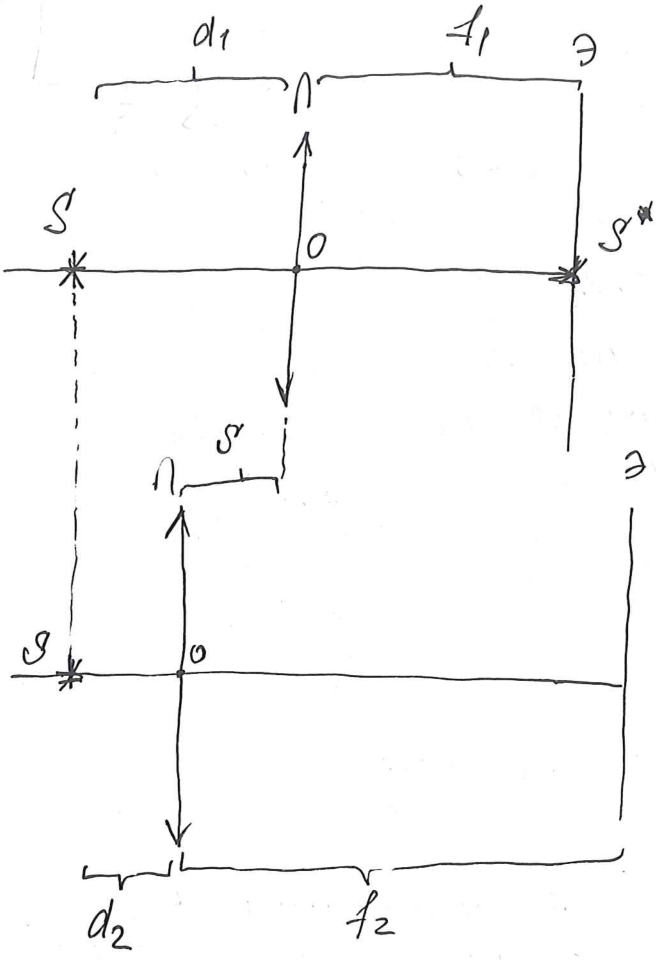
Ответ: $S = S_0(e-1) \approx 136\ (м)$

Задание №4.

Вопрос. Приближение линзы заключается в создании ~~его~~ мнимого изображения, которое кажется человеку ближе, чем предмет (так способны делать рассеив. линзы, именно их используют в очках для близоруких, которым нужно смотреть на предмет ближе, чем он есть). Бывает, что говорят "лупа приближает", однако это ~~нет~~ не так. Лупа — собир. линза, увеличив. предмет, однако изобр., создав. собир. линзой находится дальше, чем предмет. Таким образом, приближать может только рассеив. линза (если говорит про одиночную линзу)

Чистовик

Задача. Т.к. изображение создано на экране, то линза собирающая, а $d_1, d_2 > F$. Вначале ~~$Г_1<1$~~ $Г<1 \to$ $\to$ изображение уменьшенное $\to d_1>2F$, а после смещения линзы $Г'>1 \to$ изображение увеличенное $\to F<d_2<2F \to$ линзу придвинули к свече.



$d_1 = d_2 + s$

$Г = \frac{f_1}{d_1} \quad Г' = \frac{f_2}{d_2}$

По ф-ле тонкой линзы:

$$\frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F} \to f_1 = \frac{d_1F}{d_1-F}$$

$$\frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{F} \to f_2 = \frac{d_2F}{d_2-F}$$

$$\Downarrow$$

$$Г = \frac{f_1}{d_1} = \frac{F}{d_1-F}$$

$$Г' = \frac{f_2}{d_2} = \frac{F}{d_2-F}$$

$d_2 + s = d_1$

$$Гd_1 - ГF = F \to d_1 = \frac{F(Г+1)}{Г}$$

$$Г'd_2 - Г'F = F \to d_2 = \frac{F(Г'+1)}{Г'}$$

$$\frac{F(Г'+1)}{Г'} + s = \frac{F(Г+1)}{Г} \to s = F\left(\frac{Г+1}{Г} - \frac{Г'+1}{Г'}\right)$$

$$F = \frac{s}{\frac{Г+1}{Г} - \frac{Г'+1}{Г'}} = s\,\frac{ГГ'}{Г'-Г} \to D = \frac{1}{F} = \frac{Г'-Г}{sГГ'}$$

Лист 7 из 10

Чистовик Лист 8 из 10

$$D = \frac{2,5-0,4}{0,7\cdot 2,5\cdot 0,4} = \frac{2,1}{0,7\cdot 1} = 3 \text{ (дптр)}$$

Ответ: $D = 3$ дптр.

Задание №2.

Вопрос. Для мат. точки верен ЗСЭ:

$E_п + E_к = const$, $\frac{k(4X^2+y^2)}{2} + \frac{m\upsilon^2}{2} = const$

$k(4X^2+y^2) + m\upsilon^2 = const$

$4k2x\cdot\dot{x} + k2y\cdot\dot{y} + 2m\upsilon\cdot\dot{\upsilon} = 0$

~~$4kx\cdot\upsilon_x + kyy + m\upsilon a_x = 0$~~ $4kx\upsilon_x + ky\upsilon_y + m\upsilon a_x = 0$

$\upsilon = \sqrt{\upsilon_x^2+\upsilon_y^2}$: ~~$ma_x$~~ $ma + \frac{4kx\cdot\upsilon_x}{\sqrt{\upsilon_x^2+\upsilon_y^2}} + \frac{ky\upsilon_y}{\sqrt{\upsilon_x^2+\upsilon_y^2}} = 0$

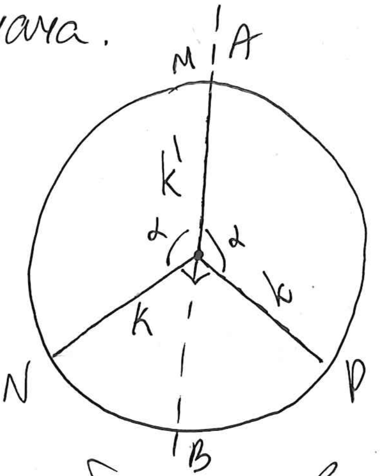
Отсюда видим, что колебания мат. точки будут гармоническими только вдоль осей x и y (при $\upsilon_x=0$ или $\upsilon_y=0$):

1.) $\upsilon_x = 0$: $a_y + \frac{ky}{m} = 0 \rightarrow \omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$

2.) $\upsilon_y = 0$: $a_x + \frac{4kx}{m} = 0 \rightarrow \omega = 2\sqrt{\frac{k}{m}}$

Ответ: $\omega_1 = \sqrt{\frac{k}{m}}$, $\omega_2 = 2\sqrt{\frac{k}{m}}$

Задача.



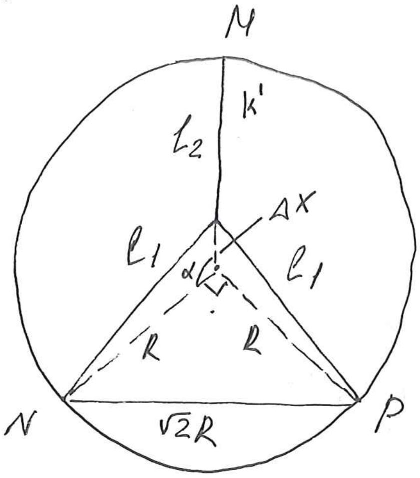
В положении равновесия: $360° = 2\alpha + 90° \rightarrow$

$\rightarrow \alpha = 135°$

~~Ра~~ Т.к. после смещения шайбы она вернулась в положение равновесия по прямой, ~~то возм~~ а жесткости нижних пружин равны (их силы упр. должны быть напр-ны симметр- сил упр. верхней пружины), Чистовик.

то движение шайбы происходит вдоль прямой AB (см. рис.)

Рассмотрим малое отклонение шайбы:



Из т. Пифагора:

$NP = \sqrt2 R$

По т. косинусов:

$$l_1^2 = R^2 + \Delta x^2 - 2R\Delta x\cos 135^0 =$$

$$= R^2 + \Delta x^2 + 2R\Delta x\frac{\sqrt2}{2} =$$

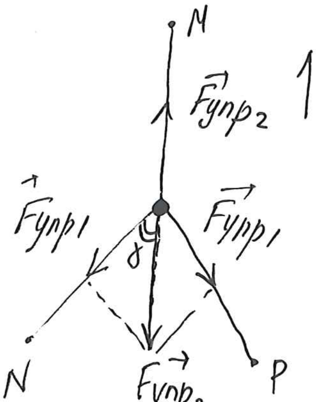
$$= R^2 + \Delta x^2 + \sqrt2 R\Delta x$$

Δx – малый: $\Delta x^2 \rightarrow 0$:

$$l_1^2 = R^2 + \sqrt2 R\Delta x \rightarrow \Delta x = \frac{l_1^2 - R^2}{\sqrt2 R}$$

$$l_2 = R - \Delta x$$

$$l_1 = \sqrt{R(R+\sqrt2\Delta x)}$$



При малом смещении $\gamma \approx 45^0$

По 2ЗН:

$$x:\ F_{упр_2} - F_{упр_3} = ma_x$$

$$k'\Delta x - 2k(l_1 - R)\overset{\frac{\sqrt2}{2}}{\cos\gamma} = -ma_x$$

$$k'\Delta x - \sqrt2 k\sqrt{R^2 + \sqrt2 R\Delta x} + \sqrt2 kR = -ma_x$$

$$\sqrt{R^2 + \sqrt2 R\Delta x} = R\left(1 + \frac{\sqrt2\Delta x}{R}\right)^{1/2} \approx$$

$$\approx R\left(1 + \frac12\frac{\sqrt2\Delta x}{R}\right) \approx R + \frac{\sqrt2}{2}\Delta x$$

$$\hookrightarrow k'\Delta x - \cancel{\sqrt2 kR} - k\Delta x + \cancel{\sqrt2 kR} = -ma_x$$

$$m\ddot x + (k'-k)x = 0 \rightarrow \omega = \sqrt{\frac{k'-k}{m}}$$

$$\cancel{\omega = \sqrt{\ }}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k'-k}}$$

Лист 9 из 10

Чистовик

$$t = \frac{1}{4}T = \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{m}{k'-k}}$$

$$t = \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{0,25}{8-1}} = \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{1}{4\cdot 7}} = \frac{\pi}{4\sqrt{7}} \ (c)$$

$$\upsilon = \upsilon_{max} = \omega A \rightarrow \upsilon = \sqrt{\frac{k'-k}{m}}\, S$$

$$\upsilon = \sqrt{\frac{7}{0,25}} \cdot 1,2 = 2,4\sqrt{7} \ (см/c)$$

Ответ: $t = \frac{\pi}{4\sqrt{7}}$ с

$\upsilon = 2,4\sqrt{7}\ \frac{см}{с}$

Лист 10 из 10

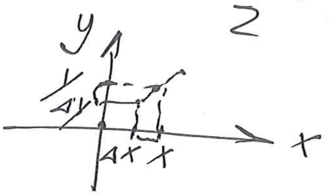
Черновик

$$U(x,y) = \frac{k(4x^2+y^2)}{2}$$

$$\frac{k(4(x+\Delta x)^2 + (y+\Delta y)^2)}{2} - \frac{k(4x^2+y^2)}{2} =$$

$$= \frac{k(\cancel{4x^2} + 8x\Delta x + \cancelto{0}{\Delta x^2}) + \cancel{y^2}}{2} - \frac{\cancel{4kx^2} + \cancel{y^2}}{2} =$$

$$= \frac{8kx\Delta x}{2} + \frac{2kyΔy}{2}$$



$$E_n + E_k = const \rightarrow \Delta E_n + \Delta E_k = 0$$

~~$\frac{8kx\Delta x}{2} + \frac{2ky\Delta y}{2} + \Delta\left(\frac{m\upsilon^2}{2}\right) = 0$~~

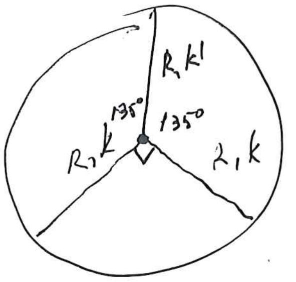
~~$\Delta(\upsilon^2) =$~~

$$\frac{k(4x^2+y^2)}{2} + \frac{m\upsilon^2}{2} = const$$

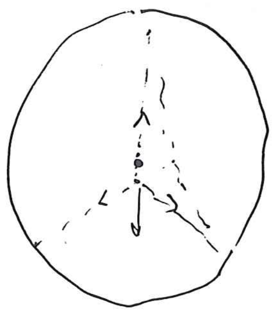
$$4kx^2 + ky^2 + m\upsilon^2 = const \rightarrow 8kx \cdot \dot{x} + 2ky\dot{y} + 2m\upsilon \cdot \dot{\upsilon} = 0$$

$$4kx\underbrace{\cdot\dot{x}}_{\upsilon_x} + ky\underbrace{\dot{y}}_{\upsilon_y} + m\underbrace{\upsilon}_{\sqrt{\upsilon_x + \upsilon_y}}\dot{\upsilon} = 0$$

$$\cancel{m}a + \frac{k(4x\upsilon_x + y\upsilon_y)}{m\sqrt{\upsilon_x^2 + \upsilon_y^2}} = 0$$



360°
− 90
270 | 2
2 | 135
07
6
10



Черновик

$Q=0$, $T_\phi = 301 K$ $\qquad \frac{0,7}{100} = 0,007$

$p_2 = 1,007 p_1$

$Q = A + \Delta U \qquad V\downarrow \to A_2 < 0$

$p_1V_1 = \nu R T_1$

$p_2V_2 = \nu R T_2 \to \Delta U = \frac{5}{2}(p_2V_2 - p_1V_1) = -A_2 = A_{над}$

$\frac{\Delta p}{p_1} + \frac{\Delta V}{V_1} = \frac{\Delta T}{T_1}$

$pV^n = const \to p = const\cdot V^{-n}$

$p'(V) = -n\cdot const\cdot V^{-n-1}$

$\vdots$

$\frac{\Delta V}{V_1} \to \frac{\Delta T}{T_1} \dots$

```
   0,005
 ×   301
   0 005
  0 000
 0 015
 0 01,505
```

```
      n 4
    1,505
 ×   8,31
   1 505
  4 5 15
 12040
 12,50655
```

$$\begin{cases} \frac{h_1}{h_0} + \frac{h_2}{h_1} = \frac{T_2}{T_1} + \frac{T_3}{T_2} \\ \frac{T_2}{T_3}\cdot\frac{h_2}{\cancel{h_1}} = \frac{\cancel{T_2}}{T_1}\cdot\frac{h_0}{\cancel{h_1}} \end{cases}$$

$x = \delta\Delta t + \Delta\delta t \;\big|:x$

$1 = \delta\frac{\Delta t}{x} + \frac{\Delta\delta}{x} t$

$\frac{\Delta t}{x} = \frac{1}{\delta} - \frac{\Delta\delta}{\delta x} t$

$\frac{T_1}{T_2} = ? \qquad \frac{h_2}{T_3} = \frac{h_0}{T_1}$

$\frac{T_3}{T_1} = \frac{h_2}{h_0} \to T_3 = \frac{T_1 h_2}{h_0}$

$p_2 - p_1 = \frac{mg}{S}$

$\frac{mg}{Sp_1} + \frac{h_1-h_0}{h_0} = \frac{T_2 - T_1}{T_1}$ ⊕ $\qquad \frac{h_1 - h_0}{\cancel{h_1}}$

$-\frac{mg}{Sp_1} + \frac{h_2-h_1}{h_1} = \frac{T_3-T_2}{T_2}$

$\frac{h_1}{h_0} - 1 + \frac{h_2}{h_1} - 1 = \frac{T_2}{T_1} - 1 + \frac{T_3}{T_2} - 1$

$\frac{h_1}{h_0} + \frac{h_2}{h_1} = \frac{T_2}{T_1} + \frac{T_3}{T_2}$

Черновик:

$$\frac{h_1}{h_0}+\frac{h_2}{h_1}=\frac{h_0+h_2x^2}{h_0x}$$

$$\frac{\cancel{h_0}(h_0-h_1)}{h_1(h_1-h_2)}=\frac{(1-x)\cancel{h_0}x}{h_2x-h_0}$$

$$\frac{h_0-h_1}{h_1(h_1-h_2)}\cdot h_2x-\frac{h_0(h_0-h_1)}{h_1(h_1-h_2)}=x-x^2$$

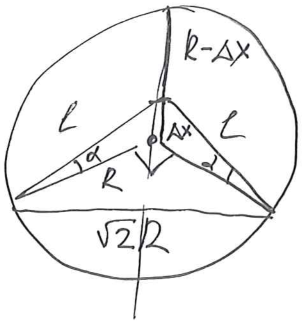
$$x^2+\left(\frac{h_2(h_0-h_1)}{h_1(h_1-h_2)}-1\right)x-\frac{h_0(h_0-h_1)}{h_1(h_0-h_2)}=0$$

$$k=\frac{h_0-h_1}{h_1(h_1-h_2)}:\ x^2+(h_2k-1)x-h_0k=0$$

$$D=h_2^2k^2-2h_2k+1+4h_0k$$

$$x=\frac{1-h_2k+\sqrt{D}}{2}$$

Черновик



$2R^2 = 2l^2\sqrt{1-\cos\gamma}$

$l^2 = R^2 + dx^2 - 2l\,dx\cos 135^\circ$

$\Delta l = l - R$

$F_{упр_1} = k\Delta l$

$F_{упр_2} = k$