



87-82-57-43
(49.7)



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант ✓ 2

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников "Ломоносов"
наименование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Быкова Егора Алексеевича

фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

« 05 » марта 2022 года

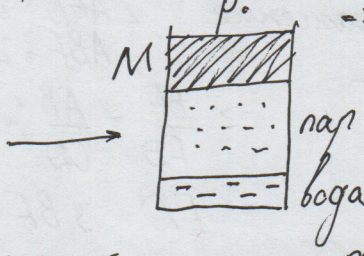
Подпись участника

Чистовик.

✓ 2.9.2.

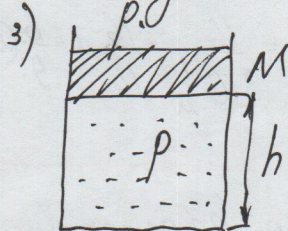
1) П.а. начальная температура $0^\circ\text{C} \Rightarrow$

$\Rightarrow$ не было пара



$$2) p_{\text{под порш}} = p_0 + \frac{Mg}{S} = 10^5 \text{ Па} + \frac{100 \text{ кг} \cdot 10 \text{ Н/кг}}{0,01 \text{ м}^2} = 10^5 \text{ Па} + 10^6 \text{ Па} = 2 \cdot 10^5 \text{ Па} \Rightarrow$$

при этой температуре давление ниже, чем давление насыщенного пара $\Rightarrow$ не насыщеный пар, но если он не насыщеный $\Rightarrow$ вся вода уже перешла в состояние пара и нечему больше поднимать систему.



$$3) \left. \begin{aligned} p &= p_0 + \frac{Mg}{S} \\ V &= hS \end{aligned} \right\} \Rightarrow \text{По уравнению Клапейрона - Менделеева:}$$

$$pV = \nu RT = \frac{m}{\mu} RT \Rightarrow$$

$$\Rightarrow (p_0 + \frac{Mg}{S}) \cdot hS = p_0 hS + Mgh = \frac{m}{\mu} RT \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m = \frac{(p_0 hS + Mgh) \mu}{RT} = \frac{(10^5 \text{ Па} \cdot 0,83 \text{ м} \cdot 0,01 \text{ м}^2 + 100 \text{ кг} \cdot 10 \text{ Н/кг} \cdot 0,83 \text{ м}) \cdot 18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}}{8,3 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 400 \text{ К}} =$$

$$T = 273 + 127 = 400 \text{ К}$$

$$= \frac{8,3 \cdot 100 \cdot 2 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,3 \cdot 400} \text{ кг} =$$

$$= \frac{22,9 \cdot 10^{-3}}{4} \text{ кг} = 9 \cdot 10^{-3} \text{ кг} = 9 \text{ г}$$

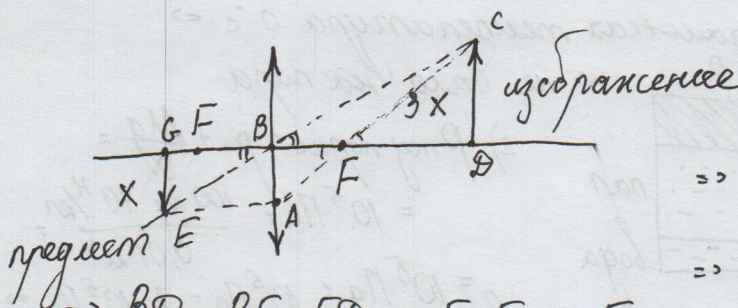
$$\text{Ответ: } m = \frac{(p_0 hS + Mgh) \mu}{RT} = 9 \text{ г.}$$

✓ 4.5.2.

$$1) D = 6 \text{ дптр} = \frac{1}{F} \Rightarrow F = \frac{1}{D}$$

2) т.р. изображение увеличенное $\wedge$ действительное (т.р. на экране) $\wedge$ линза собирающая $\Rightarrow$ изображение перевернутое и находится с противоположной стороны от источника, чем предмет.

Чистовик.



3) $\triangle ABF \sim \triangle CDF$, $m \angle$
 $\angle AFB = \angle CFD$ (m.e. opposite)
 $\angle ABF = \angle CDF = 90^\circ \Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{BF}{FD} = \frac{AB}{CD} = \frac{x}{3x} = \frac{1}{3} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow FD = 3BF = 3F \Rightarrow$$

$$\Rightarrow BD = BF + FD = 3F + F = 4F$$

4) $\triangle EGB \sim \triangle BCD$, m.e. $\angle GBE = \angle CBD$, $\angle EGB = \angle CDB = 90^\circ \Rightarrow$
m.e. hypotenuse.

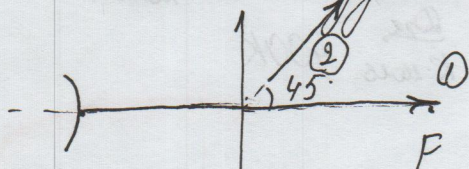
$$\Rightarrow \frac{GB}{BD} = \frac{GF}{CD} = \frac{x}{3x} = \frac{1}{3} \Rightarrow GB = \frac{1}{3} BD = \frac{1}{3} \cdot 4F = \frac{4}{3} F \Rightarrow$$

$$\Rightarrow GB + BD = L = \frac{4}{3}F + 4F = \frac{4}{3}F + \frac{12}{3}F = \frac{16}{3}F = \frac{16}{3D} = \frac{16}{3 \cdot 6 \frac{1}{u}} = \frac{16}{18}u = \frac{8}{9}u$$

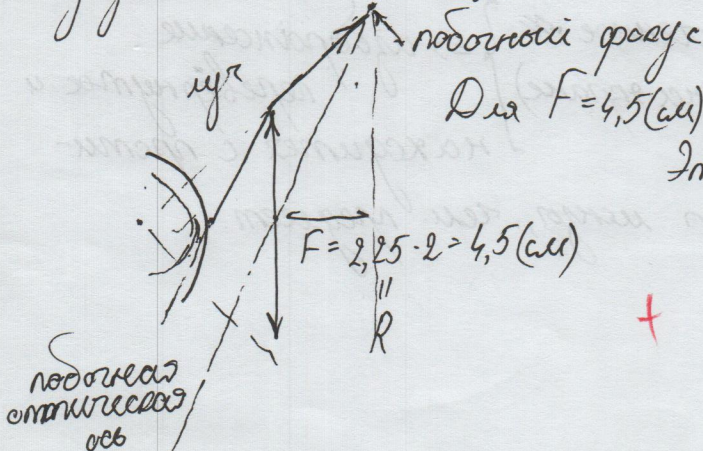
Orbiter: $L = \frac{16}{30} = \frac{8}{15} \text{ (u)}.$ (+)

✓ 5.3.2. Система симметрична $\Rightarrow$ можно рассмотреть ход лучей в одной линзе.

1) Обязательно есть лучи, которые идут параллельно оптич. оси линз. Это лучи, выходящие из точки на оптической оси и идущие затем через фокус (т.е. не перпендикулярно).



2) Второе графическое значение - это путь излучений под углом в 45° к оптической оси, т.е. нам нужно найти ^{на} ~~магнитной~~ фокусное расстояние, при котором есть путь излучений под углом в 45° к оси.



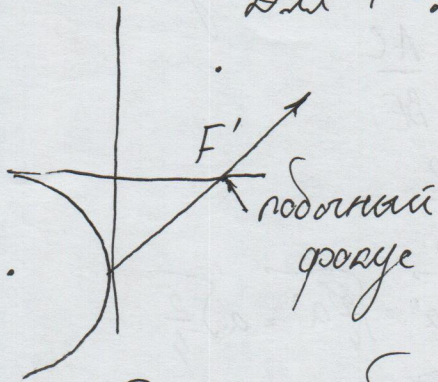
Для $F = 4,5$ (см) есть такой уз.

Это луч, выходящий из
тогда пересеченный
с оптической осью

Чистовик.

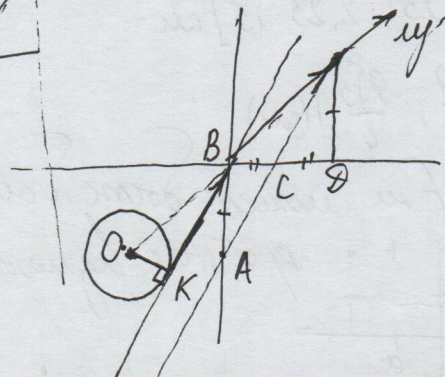
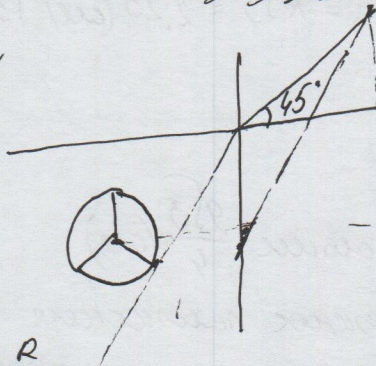
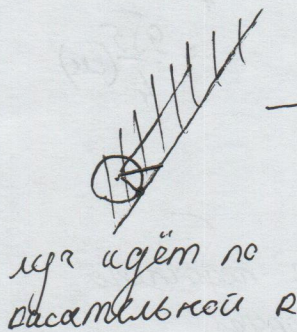
Для $F = 2,25$ (см) также есть такой уг.

Оценка $F \in [2,25; 4,5]$ см.
(неточная, см. ниже).



3) F не может быть меньше 2,25, см, т.к. тогда сфера не поместится внутри

4) ~~F не может быть больше 4,5 см, т.к.~~ может быть больше 4,5 (см)

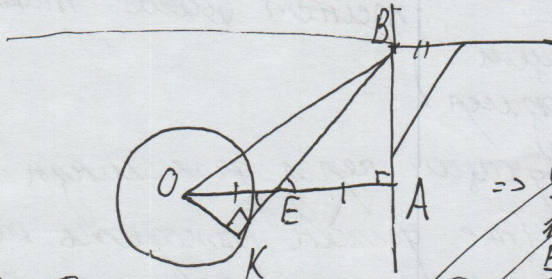


луч идёт по касательной к окружности, проходит через угол квадрата, тогда преломляется и идёт под углом в 45° .

$$\triangle ABC \quad BC = \frac{1}{2} AB, \text{ т.е. } BC = CD = \frac{1}{2} AB = \frac{1}{2} a$$

$$\triangle OBK \quad OB = \sqrt{a^2 + a^2} = a\sqrt{2}$$

$$\angle OBK = 180^\circ - 45^\circ - 90^\circ - \angle KBA = 45^\circ - \angle BAC$$



$\triangle OCK \sim \triangle EAB$ по 2 углам
 $\angle OCK = \angle BEA; \angle OKE = \angle BAE = 90^\circ$

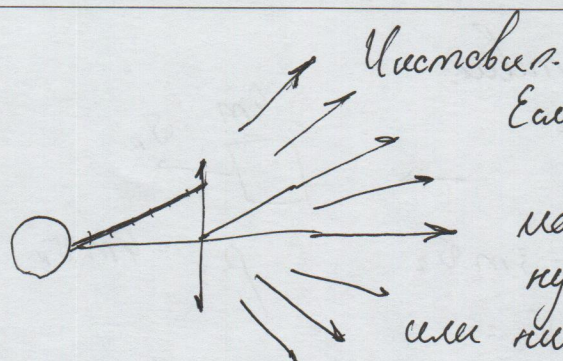
$$\Rightarrow \frac{OE}{AB} = \frac{KE}{AE} = \frac{OK}{AB} = \frac{R}{a}$$

$$\frac{OE}{EB} = \frac{KE}{AE}, \text{ так } OE = AE \Rightarrow$$

$$\triangle OKE: \angle OKE = 45^\circ$$

$$OE = AE = \frac{1}{\sqrt{2}} a \Rightarrow$$

$$\Rightarrow OK = R = \sin 45^\circ \cdot OE = \frac{1}{2} \frac{a}{\sqrt{2}} \Rightarrow a = \frac{R \cdot 2}{\frac{1}{\sqrt{2}}} = R\sqrt{2} = 2,25\sqrt{2} \text{ см} = 4,5\sqrt{2} \text{ (см)}$$



Если даже касаться, что
такого угла нет
можно построить радиаль-
ную ось, перенести эту ось
или ниже и таким образом
получив желаемое решение

Ответ: $F \in [2,25; 2,25 \cdot 55]$ см (точнее самое
 $F \in [\frac{9}{4}; \frac{9 \cdot 55}{4}]$ см).

1.2.2. 1) W складывается из Если движения груза
Ускорения грузов не зависят и Епот груза считать пружина

со временем. Они равны $\frac{F_{упр1}}{m}$ и $\frac{F_{упр2}}{3m}$

$$F_{упр1} = 3k \cdot x_1,$$

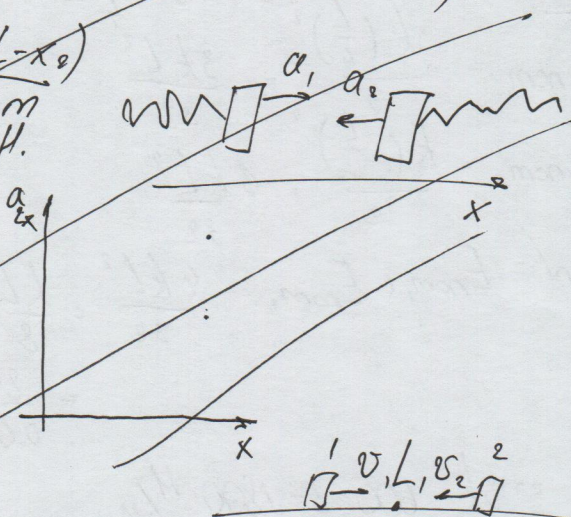
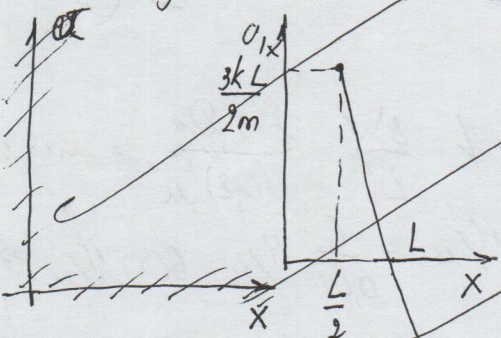
$$F_{упр1} = k \cdot x_2$$

$$F_{упр1} = 3k(L - x_1)$$

$$F_{упр2} = k(L - (L - x_2)) = kx_2(L - x_2)$$

$$a_{1x} = \frac{3k(L - x_1)}{m}; a_{2x} = \frac{k(L - x_2)}{3m}$$

по II з.Н.



2) Пусть столкнется в точке L , тогда

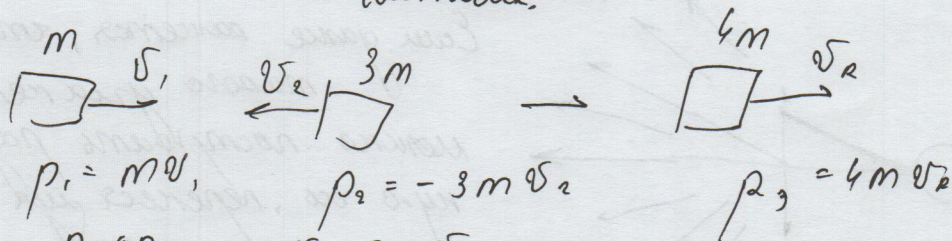
$$E_{кин1} = 0 E_{пруж1} = \frac{3k(L - \frac{L}{2})^2}{2} = \frac{3k(L - L)^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2}$$

$$E_{кин2} = 0 E_{пруж2} = \frac{k(\frac{L}{2})^2}{2} - \frac{k(L - L)^2}{2} = \frac{1}{3} E_{кин1} = \frac{3mv_2^2}{2}$$

$$\Rightarrow \frac{mv_1^2}{2 \cdot 3} = \frac{3mv_2^2}{2} \Rightarrow 9v_2^2 = v_1^2 \Rightarrow |v_1| = |3v_2|, \text{ но если } v_1 \text{ положительна}$$

направления $\Rightarrow$ она прошла точку $\frac{3L}{2} \Rightarrow$ столкнулось
с телом $\Rightarrow$ всегда $v_{1x} = -3v_{2x}$

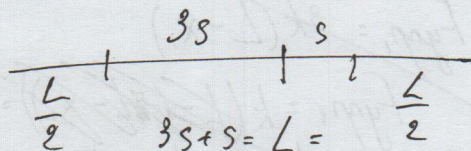
Чистовик



$$p_1 + p_2 = mv_1 - 3mv_2 = 3mv_1 - 3mv_2 = 0 = p_3 \Rightarrow v_1 = v_2 \Rightarrow \text{после соударения останавливаются} \Rightarrow W = E_{\text{пот пружины}} + 0 = E_{\text{пот пружины}}$$

3) $v_1 = 3v_2$ независимо от времени $\Rightarrow$
 $\Rightarrow$ 1 груз пройдет расстояние $3s$, 2 груз пройдет расстояние s , т.е.

линейная зависимость $s(t, v)$



$$E_{\text{пот}_1} = \frac{3k \left(\frac{L}{4}\right)^2}{2} = \frac{3kL^2}{32}$$

$$E_{\text{пот}_2} = \frac{k \left(\frac{L}{4}\right)^2}{2} = \frac{kL^2}{32}$$

$$W = E_{\text{пот}_1} + E_{\text{пот}_2} = \frac{4kL^2}{32} = \frac{kL^2}{8} \Rightarrow k = \frac{8W}{L^2} = \frac{8 \cdot 3 \text{ Дж}}{(0,2)^2 \text{ м}^2} = \frac{24}{0,04} \text{ Н/м} = \frac{6}{0,01} \text{ Н/м} = 600 \text{ Н/м} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 3k = 600 \cdot 3 = 1800 \text{ Н/м}$$

Ответ: $3k = \frac{24 \text{ Дж}}{L^2} = 1800 \text{ Н/м}$. *не верно*

Черковик.

1.2.2.

$$\Delta X_1 = L - x_1$$

$$\Delta X_2 = 2L - (2L - x_2) = -L + x_2$$

Пусть соударение произошло на координате L_1 , тогда

$$E_{\text{кин},1} = \frac{3k\left(\frac{L}{2}\right)^2}{2} - \frac{3k(L-L_1)^2}{2} = \frac{3kL^2}{8} - \frac{3kL^2 - 6kLL_1 + 3kL_1^2}{2}$$

$$E_{\text{кин},1} = \frac{3kL^2}{8} - \frac{3k\left(\frac{L}{2}\right)^2}{2} = 3kL^2$$

$$E_{\text{пот},1} = \frac{3k(L-L_1)^2}{2}$$

$$E_{\text{кин},1} = \frac{k\left(\frac{L}{2}\right)^2}{2} - \frac{k(L-L_1)^2}{2} \quad E_{\text{пот},1} + E_{\text{пот},2} = \frac{4k(L-L_1)^2}{2}$$

$$E_{\text{пот},2} = \frac{k(L-L_1)^2}{2}$$

$$E_{\text{кин},1} = \frac{3kL^2 - 12kL^2 + 24kLL_1 - 12kL_1^2}{2}$$

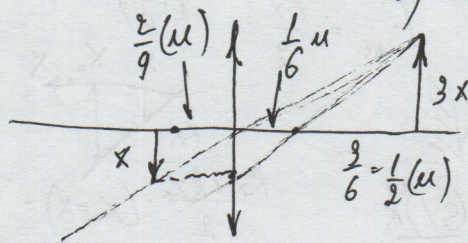
$$E_{\text{пот},\text{кин},2} = \frac{kL^2}{8} - \frac{kL^2 - 2kLL_1 + kL_1^2}{2} = \frac{24kLL_1 - 9kL^2 - 12kL_1^2}{8} = \frac{m\vartheta_1^2}{2}$$

$$= \frac{kL^2 - 2kLL_1 + kL_1^2}{2} = \frac{8kLL_1 - 3kL^2 - 4kL_1^2}{2} = \frac{3m\vartheta_1^2}{2}$$

$$3\vartheta_2^2 = \frac{\vartheta_1^2}{3} \Rightarrow \vartheta_1^2 = 9\vartheta_2^2$$

$$\vartheta_1 = 3\vartheta_2$$

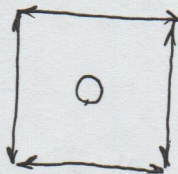
Черновик.



$$\frac{2}{6} + \frac{1}{6} = \frac{3}{6} = \frac{1}{2}(u)$$

$$\frac{2}{3} + \frac{2}{9} = \frac{6+2}{9} = \frac{8}{9}(u)$$

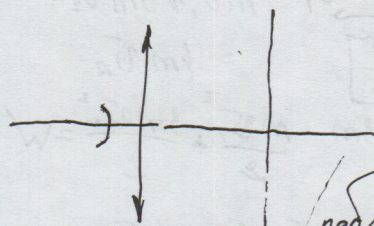
√5.3.2.



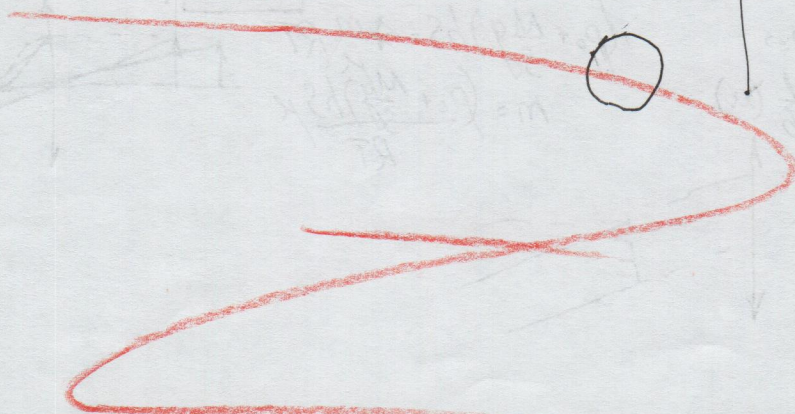
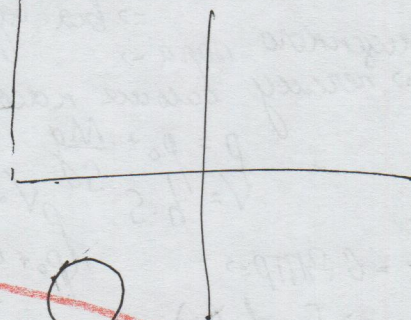
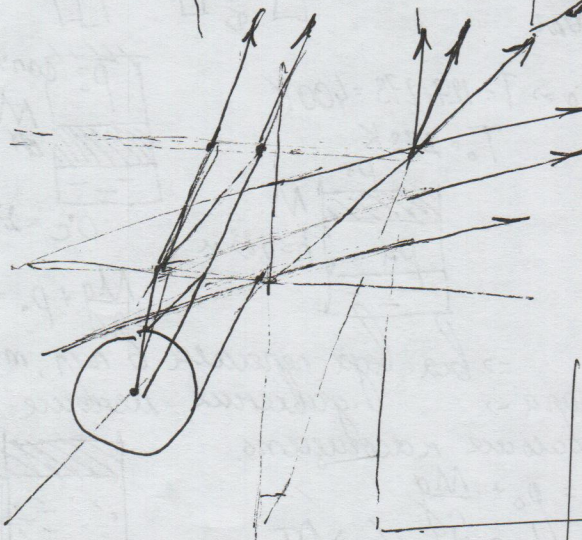
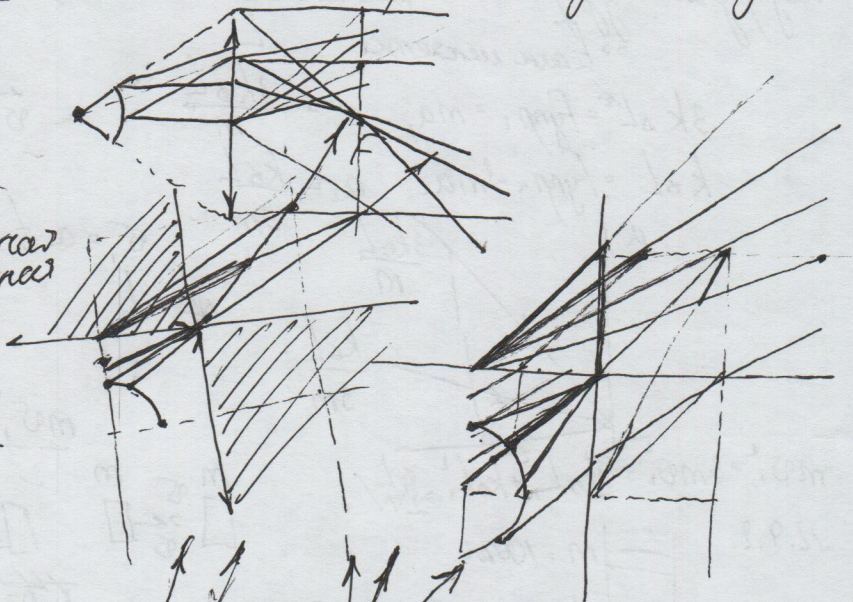
$$R = 2,25 \text{ см}$$

Система симметричная ⇒

⇒ можно привести для 1 изд.

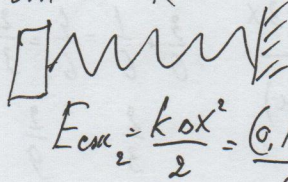
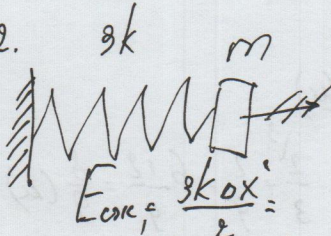


неотличная
фигура
всё

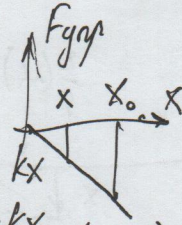


Черновик.

1.2.2.

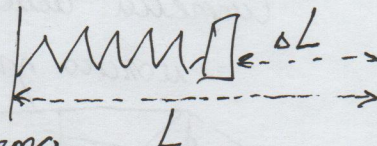


$$E_{\text{сж}} = \frac{kx^2}{2}$$

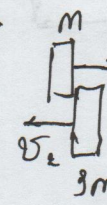


$$\begin{aligned} \frac{kx + kx_0}{2} \cdot (x_0 - x) &= \\ &= k(x+x_0)(x_0-x) \\ &= kx_0^2 - kx^2 \\ \Rightarrow E_{\text{пот, сж}} &= \frac{kx^2}{2} \end{aligned}$$

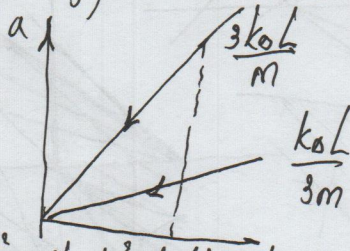
Сила пружины $\Rightarrow$ абсолютное неупругий удар $\Rightarrow$



$$\begin{aligned} 3k\Delta L &= F_{\text{упр}} = ma, \quad a_1 = \frac{3k\Delta L}{m} \\ k\Delta L &= F_{\text{упр}} = 3ma, \quad a_2 = \frac{k\Delta L}{3m} \end{aligned}$$



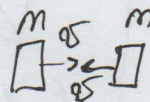
$$\begin{aligned} m v_1 + 3m v_2 &= 4m v_2 \\ \frac{m v_1^2}{2} + \frac{3m v_2^2}{2} &= W \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} v_1 &= a \cdot t \\ \Delta L &= L \end{aligned}$$

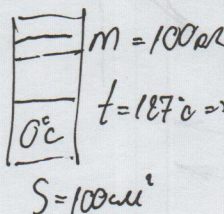
$$\begin{aligned} v_1 - 3v_2 &= 4v_2 \\ \frac{m v_1^2}{2} + \frac{3m v_2^2}{2} &= W \end{aligned}$$

$$m v_1^2 + 3m v_2^2 + 3kL^2 + kL^2 = 2W$$

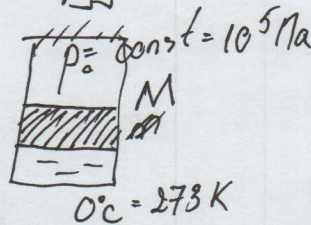
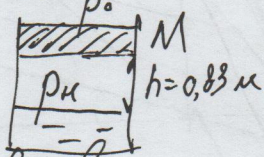


$$\frac{m v_1^2}{2} + \frac{3m v_2^2}{2} + \frac{3kL^2}{2} + \frac{kL^2}{2} = W$$

2.9.2.



$$\begin{aligned} t &= 127^\circ \text{C} \Rightarrow T = 127 + 273 = 400 \text{ K} \\ T_0 &= 273 \text{ K} \end{aligned}$$



$$Mg + p_0 = \frac{100 \cdot 10}{0,01} + 10^5 = 10^5 + 10^5 = 2 \cdot 10^5$$

у каскадного пара $\Rightarrow$ перемещение пара $\Rightarrow$ давление пара, температура

$$\begin{aligned} p &= p_0 + \frac{Mg}{S} \\ V &= h \cdot S \end{aligned}$$

4.5.2.

$$\begin{aligned} p &= \frac{1}{F} = G \cdot \rho \cdot h \cdot \mu \Rightarrow \\ \Rightarrow F &= \frac{1}{G} (\mu) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} pV &= \gamma RT \\ (p_0 + \frac{Mg}{S}) h S &= \gamma m RT \\ m &= \frac{(p_0 + \frac{Mg}{S}) h S \mu}{RT} \end{aligned}$$

