



взято 15:05 час.

вернулось 15:05 час.

+ 1 лист л

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 3

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
название олимпиады

по Физике
профиль олимпиады

Киселевой Юлии Андреевны
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

«21» ФЕВРАЛЯ 2020 года

Подпись участника

Чистовик.

Задача №1.1.3

$$\begin{array}{|c|c|} \hline m, M & 1) \text{ Заменим ЗСИ} \\ t = \frac{2}{3} T & \text{ в проекции на } O_x: \\ \hline n = \frac{M}{m} - ? & m\ddot{v}_0 = Mu - mg \quad (+) \\ 2) \text{ Энергия колебаний} & \end{array}$$

тела массой M равна $z)$

$W = \frac{Mu^2}{2}$, т.к. трение нет
и изначально амортизатор
был неподвижен равна 0.

3) Тело массой m движется
равномерно со скоростью v .

Значит, за $\frac{T}{2}$ (T -период
колебаний) оно пройдет
 $\frac{\sqrt{3}T}{2}$, за $\frac{2T}{3}$ — $\frac{v \cdot 2T}{3}$.

4) Период колебаний пружинного маятника можно получить из ЗСЭ:

$$\frac{Mv^2}{2} + \frac{kx^2}{2} = \text{const} \quad \text{дифференцируем} \quad M\ddot{x}\dot{x} + kx\dot{x} = 0$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{M}{k}} \Leftrightarrow \omega^2 = \frac{k}{M} \Leftrightarrow \ddot{x} + \frac{k}{M}x = 0$$

5) Гармонические колебания \Rightarrow координата тела массой M изменяется по закону $x = A \sin \omega t + B \cos \omega t$. Определим A и B :

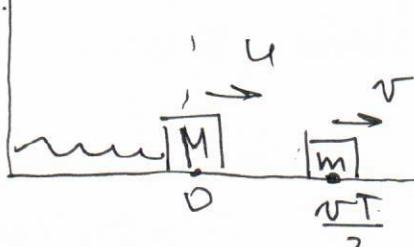
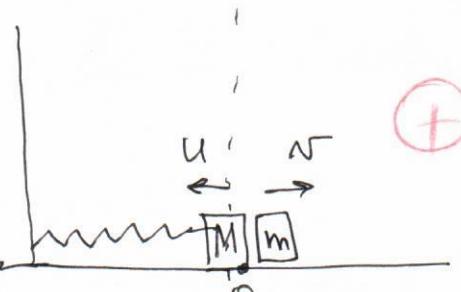
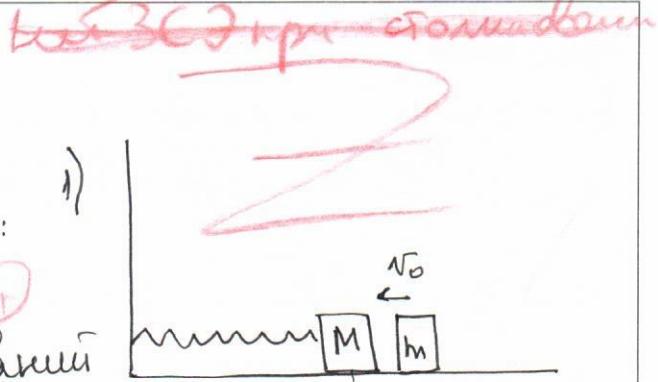
$$x(0) = 0 = A \cdot \sin 0 + B \cdot \cos 0 \Rightarrow B = 0.$$

$$x\left(\frac{T}{4}\right) = x_{\max} = U \cdot \sqrt{\frac{M}{k}} = A \cdot \sin\left(\sqrt{\frac{k}{M}} \cdot \frac{\pi}{2} \cdot \sqrt{\frac{M}{k}}\right) = A$$

$$\text{Итого } x = U \cdot \sqrt{\frac{M}{k}} \cdot \sin\left(\sqrt{\frac{k}{M}} \cdot t\right) \quad (+)$$

$$(x_{\max} = U \cdot \sqrt{\frac{M}{k}} \text{ из ЗСЭ: } \frac{kx_{\max}^2}{2} = \frac{Mu^2}{2})$$

6) Определите координату тела массой



Числовик.

M за 6 момент времени $t = \frac{2\pi}{3}$. Недоказано;
 $x = U \cdot \sqrt{\frac{M}{K}} \sin\left(\sqrt{\frac{K}{M}} \cdot \frac{2}{3} \cdot 2\pi \cdot \sqrt{\frac{M}{K}}\right) = U \cdot \sqrt{\frac{M}{K}} \cdot \sin \frac{4\pi}{3} =$
 $= -\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot U \cdot \sqrt{\frac{M}{K}}$ — и в этом моменте это
 оно горизонтально вправо \Rightarrow их координаты
 равны: $-\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot U \cdot \sqrt{\frac{M}{K}} = N \cdot \frac{2}{3} \cdot 2\pi \cdot \sqrt{\frac{M}{K}}$

$$U = -\sqrt{-\frac{8\pi\sqrt{3}}{9}} = a$$

$$\begin{aligned} 7) \quad \begin{cases} m\ddot{v}_0 = Mu - mv \\ \frac{m\dot{v}_0^2}{2} = \frac{Mu^2}{2} + \frac{mv^2}{2} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} m\ddot{v}_0 = M \cdot v \cdot a - m \cdot v \\ \cdot v_0 = \left(\frac{M}{m}a - 1\right)v \end{cases} \Rightarrow \\ |v| = +|\dot{v} \cdot a| \quad \begin{cases} \cdot v_0^2 = \frac{M}{m} \cdot v^2 \cdot a^2 + v^2 \\ v_0^2 = (ha^2 + 1)v^2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} (ha-1)^2 = ha^2 + 1 \\ h^2a^2 - 2ha + 1 = ha^2 + 1 \\ h^2a - 2ha = ha \\ h \neq 0 \Rightarrow ha - 2 = a \\ h = \frac{a+2}{a} \end{cases} \end{aligned}$$

$$8) \text{ Недоказано: } h = 1 + \frac{2 \cdot 9}{4 \cdot 8\pi\sqrt{3}} = \frac{10}{7} \quad \text{④}$$

$$= 1 + \frac{9}{4 \cdot \sqrt{3} \cdot 3,14} \approx 1 + \frac{9}{21} \approx 1 + \frac{3}{7} = \frac{10}{7} \quad \text{⑤}$$

$$\text{Ответ: } \frac{10}{7} \approx 1,428\dots \quad \text{⑤}$$

Немодифицированная энергия — энергия взаимодействия (межмолекулярная, кулоновская). Зависит от расстояния между ними. Это не определение

Две массы близко к поверхности Земли $E_n = mgh$, где $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$, m — масса тела, h — высота (насколько?)

Две пружины $E_n = \frac{kx^2}{2}$, k — коэффиц. жесткости, x — смещение пружин. Что? ④

Числовик.

Задача № 4. З

$$t = 100^\circ\text{C} = 373\text{K}$$

$$h = 0,35\text{ м}$$

$$\Delta h = 0,05\text{ м}$$

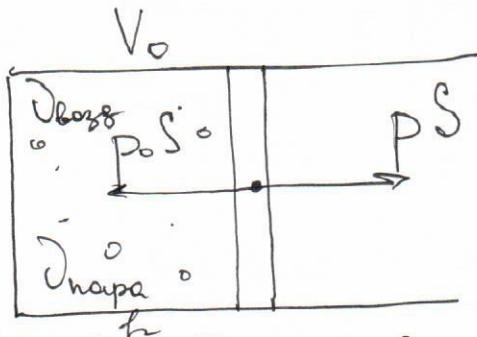
$$\Delta m = 0,12$$

$$S = 100 \cdot 10^{-4}\text{ м}^2$$

$$p_0 = 10^5\text{ Па}$$

$$M = 18 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

M - ?

~~Z~~~~Z~~

1) Числовое равновесие нормы:

$$p_{0,05} S - p_S S = 0$$

$p_S = p_0$. — p — давление внутри.

По закону Дальтона

$$p_0 V_0 = (p_{0,05} + p_{\text{нара}}) RT, T = 373\text{K} \quad (1)$$

$$V_0 = S d.$$

2) В числовом сказано, что бока сконденсированы под нормой \rightarrow член p_0 поверхности вверх. Поэтому при этом появляется новое давление $p_{\text{бок}}$.

3) Числовое равновесие нормы:

$$p_S = p_0 + M g. \text{ Но закону}$$

$$\text{Дальтона } p = p_{0,05} + p_{\text{нара}},$$

т.е. $p_{0,05}$ — новое давление боков,

$p_{\text{нара}}$ — новое давление нара. Заметим, что нара сконденсировалась, значит $p_{\text{нара}} = p_{\text{рас.н.}}$ — давление насыщенных паров при $T = 373\text{K}$.

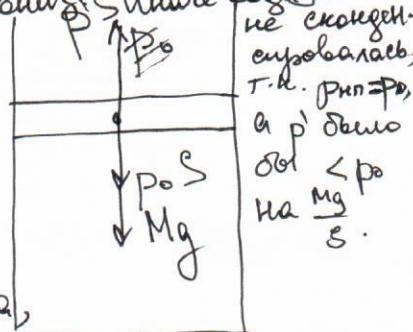
Но правило $p = 10^5\text{ Па}$. Значит, настолько в числовом равновесии нормы,

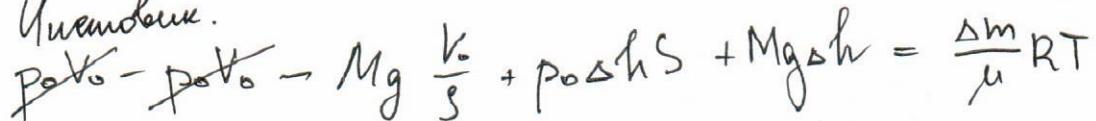
$$p_{0,05} = \frac{Mg}{S}. \text{ Заменим уравнение Ньютона-Кавальериана в этом случае: } \left(p_0 + \frac{Mg}{S}\right) \cdot (V - \Delta h S) =$$

$$= (p_{0,05} + p_{\text{нара}} - \frac{\Delta m}{\mu}) RT. \quad (2)$$

4) Вычтем (1) — (2)

$$p_0 V_0 - \left(p_0 + \frac{Mg}{S}\right) (V - \Delta h S) = \frac{\Delta m}{\mu} RT$$

~~Z~~

Численник.

$$M g (\Delta h - h) = \frac{\Delta m}{\mu} RT - p_0 \Delta h S$$

$$M = \frac{\frac{\Delta m}{\mu} RT - p_0 \Delta h S}{g (\Delta h - h)}$$

2

Проверка разумеемо:

$$[M] = \frac{\cancel{m} \cdot \cancel{\frac{\Delta m}{\mu} k}}{\cancel{m} \cdot \cancel{k}} - \frac{\cancel{H} \cdot \cancel{m} \cdot \cancel{RT}}{\cancel{H} \cdot \cancel{\frac{m}{c^2} \cdot \cancel{RT}}} = \frac{H}{\frac{m}{c^2}} = M //$$

$$M = \frac{0,1 \cdot 10^{-3}}{18 \cdot 10^{-3}} \cdot 8,3 \cdot 373 - 10^5 \cdot 5 \cdot 10^3 \cdot 100 \cdot 10^{-4} =$$

$$10 \cdot (5-35) \cdot 10^{-2}$$

$$= \frac{373 \cdot 8,3}{180} - 50 = \frac{50 - 14,2}{3} \approx 11 \text{ м} //$$

Ответ: $+3$
 11 м. то с давлением
они изаряж

Температура кипения — температура, при которой при н.д. заданного упомянутых условий вязкость превращается в н. переходит в газообразное состояние. Это связано с тем, что при увеличении температуры увеличивается также скорость молекул, и они начинают сталкиваться с поверхностью жидкости.

Чем меньше давление, тем ниже температура кипения. В горах, например, вода может кипеть при 80°C .

Чистовик.

Задача № 4.10.3.

$$d = 24 \text{ см}$$

$$L = 6 \text{ см}$$

$$h = 2 \text{ см}$$

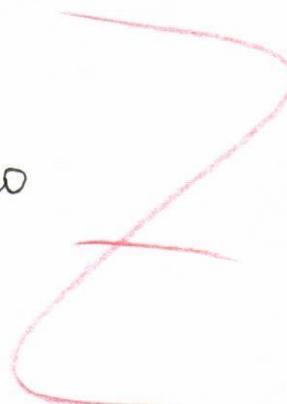
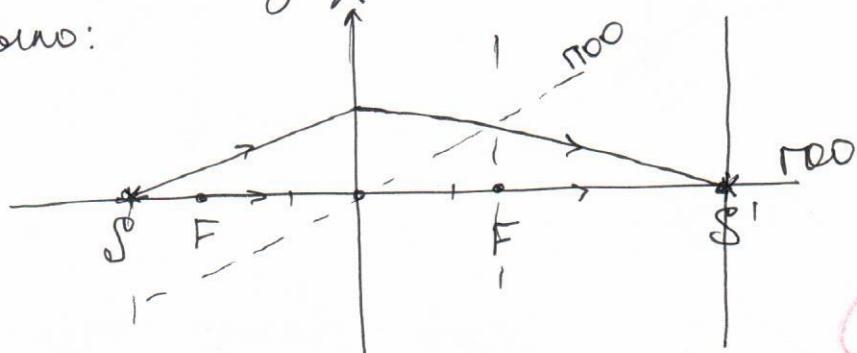
$$F - ?$$

1) Замечаем, что м.к. источник может быть и линзой на ГОД, его изображение в первом случае тоже лежит на ГОД.

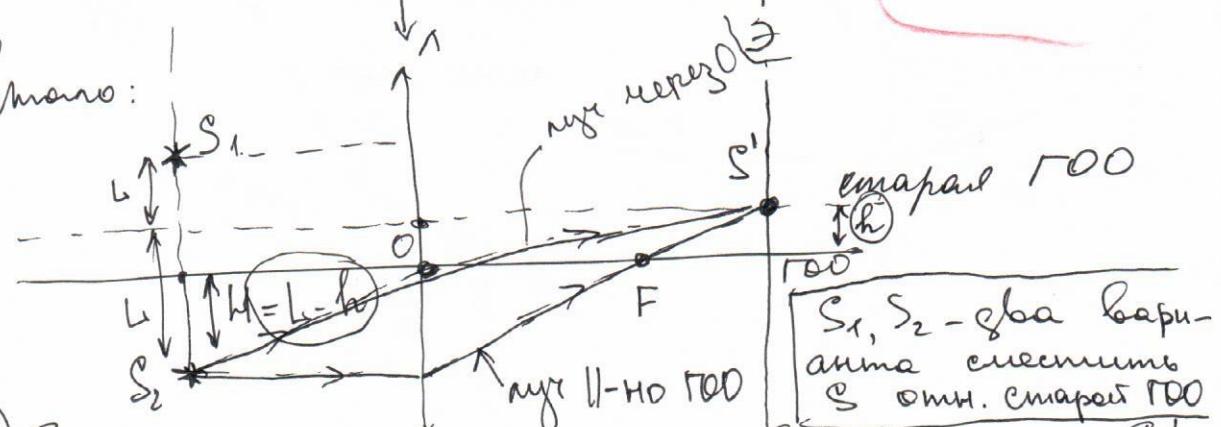
2) Замечаем, что когда мы сдвигаем источник на L л. на ГОД, его можно считать сферической линзой L , расположенной л. на ГОД. Изображение линзы ~~может быть не линзой~~ ~~изображение~~ нового источника совпадет со сферой, между источниками сдвигать II-но ГОД.

Значим, подвинем её I-но.

Задача:



Решение:

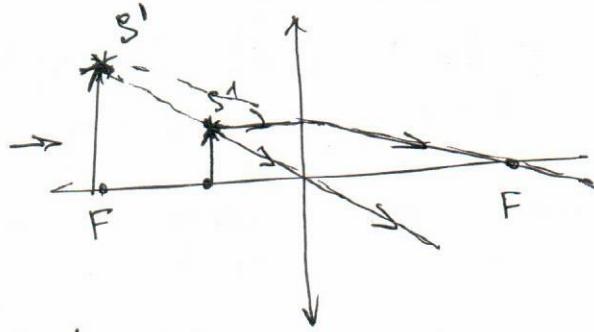
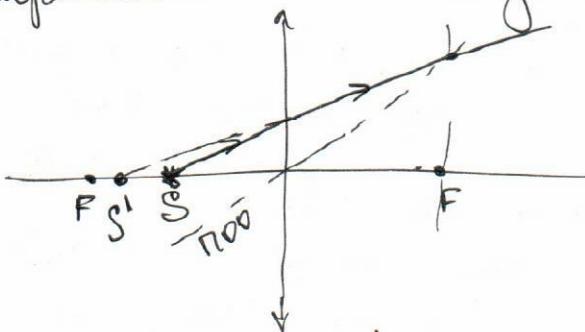


4) Замечаем, что изобр. S_1 лежит ~~помимо~~ S' , м.к. они лежат по одну сторону от новой ГОД. Значим, новый источник $- S_2$.

Формула линзы: $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$, $\frac{f}{d} = \Gamma = \frac{h}{L-h} \Rightarrow$

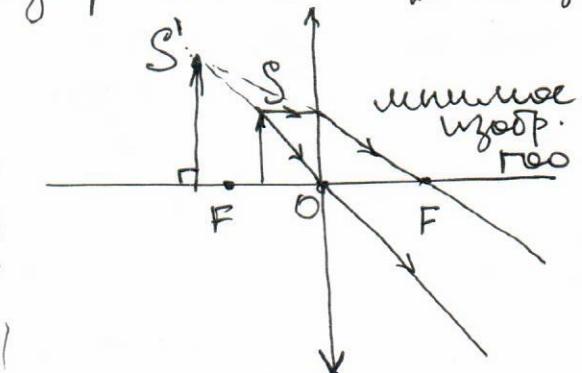
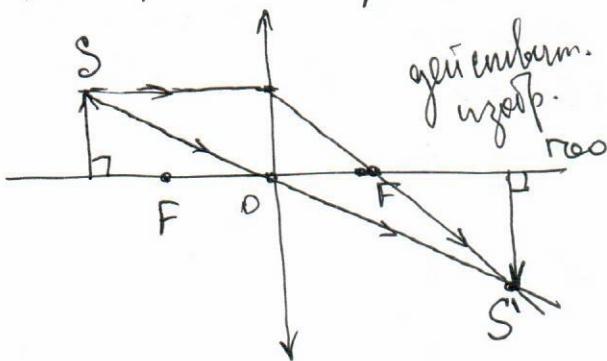
$$\Rightarrow F = \frac{d \cdot \frac{h}{L-h}}{\frac{d+h}{L-h}} = \frac{d}{3} // F = 8 \text{ см.} \quad \text{Ответ: } 8 \text{ см.}$$

Чистовик.
Наш объект находится за фокусом, т.к. иначе кафтанка не получится:

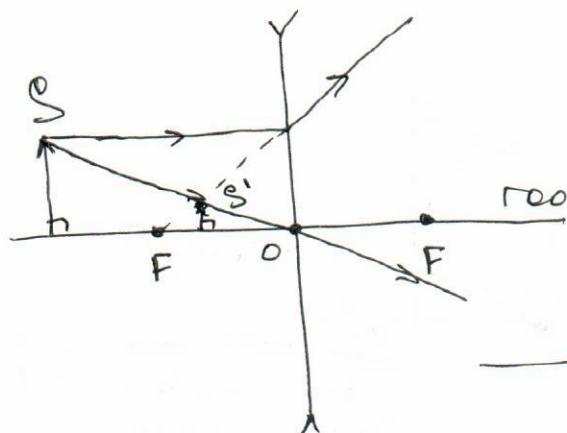


$$\text{т.к. тогда } \frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f}, \quad f > 0 \Rightarrow f > d \text{ а иначе}$$

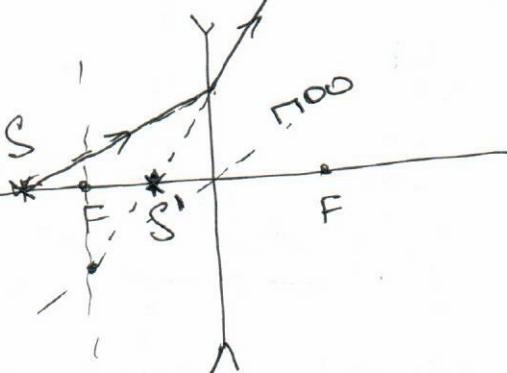
Пример построение изображений б. + image:

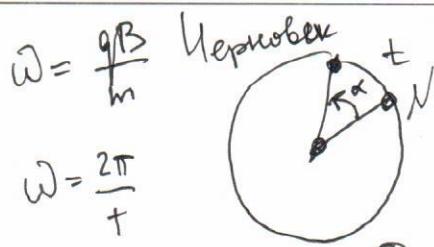


B. "image":



изобр. всегда будет
мнимое





$$\omega = \frac{qB}{m}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$N \cdot \alpha = 2\pi$$

$$t_\alpha = \frac{\alpha}{\omega} = \frac{\alpha}{\frac{2\pi}{T}} = \frac{T}{2\pi} \cdot \frac{\alpha}{\pi} = \frac{T}{N}$$

↓

$$\frac{T}{N} = \frac{1}{n} = \frac{2\pi}{\omega N} = \frac{1}{n} = \frac{2}{2} \cdot \frac{6,28}{50,2^4}$$

$$\frac{2\pi m}{qB N} = \frac{1}{n}$$

$$N = \frac{2\pi m n}{qB} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 10 \cdot 10^{-8}}{10^{-7} \cdot 100} =$$

$$= \frac{50 \cdot 10^{-5}}{10}$$

50



н кадров в секунду
↓

~~кадры через $\frac{1}{n}$ сек.~~

~~два соседних кадра должны совпадать~~

Чистовик.

Задача №3.7.3.

1) когда внешнее поле

B_0 направлено, будущее (как компенсацию) на-
вое максимальное поле от буслок
внешней B_0 . Но при этом левый руже
определено направление силы Лоренца
к центру. Тогда $qvB_0 = ma = m\frac{v^2}{R}$

$$qvB_0 = ma$$

$$\omega = \frac{qvB_0}{m} / - \text{ угловая}$$

скорость вращения системы.

Теперь найдем, что если камера делает n кадров в секунду, один кадр она делает через $\frac{1}{n}$ секунды.

Тогда за это время камера сделала $\omega = \frac{2\pi}{N}$, когда в движение колесо не двигалось.

$$\frac{2\pi}{\omega N} = \frac{1}{n} \rightarrow N = \frac{2\pi n \cdot m}{qvB}$$

Подставляем: $N = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 8 \cdot 10^{-8} \cdot 10}{10^{-7} \cdot 100} \approx 50,24$

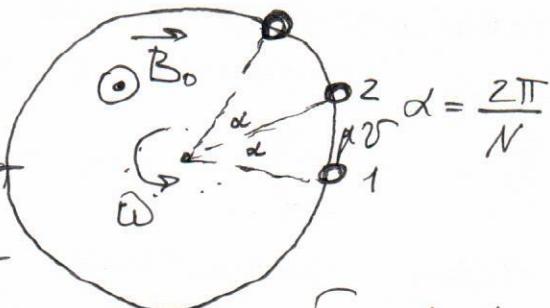
Значит при 51 бусле каминка не будет двигаться.

Ответ: 51

~~обратимся~~, сначала ^{дел} _{вперед}
Индуктивность — свойство проводника, при

котором при наложении внешнего ма-
гнитного поля в нем возникает эл. ток.

(Индукция — явление возникновение)



Чемовски.

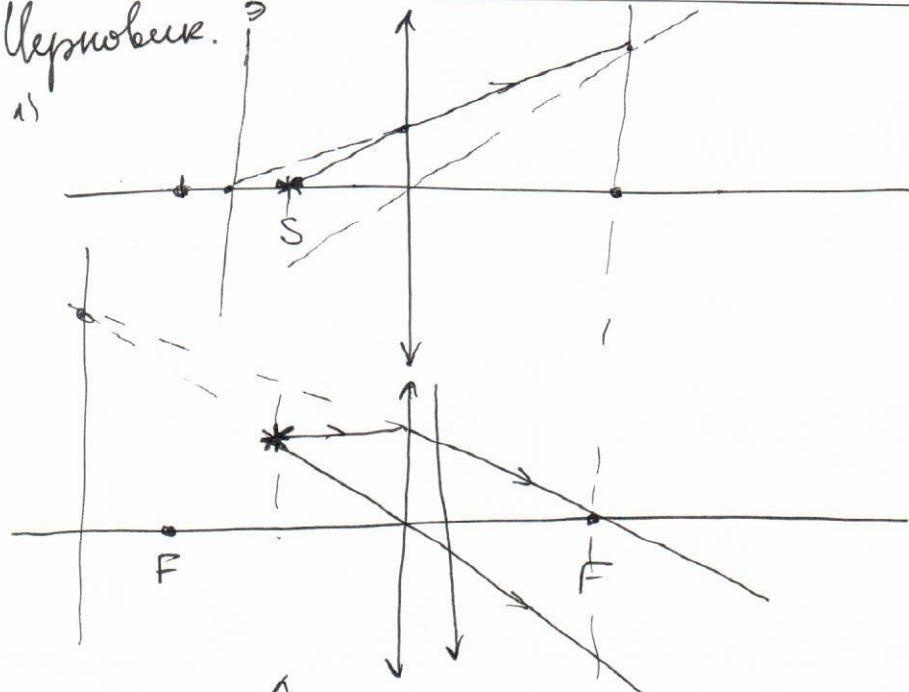
Электрическое поле в проводнике под действием магнитного поля.

$E_i = - \frac{d\Phi}{dt}$, где Φ - магнитный поток через выбранную поверхность, $\Phi = B S \cos \alpha$, S - площадь, α - угол между направлением \vec{B} и "нормалью" к S .



Черновик.

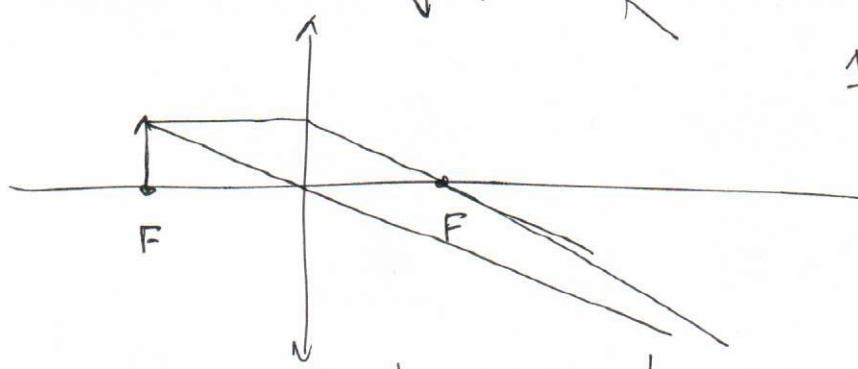
1)



2

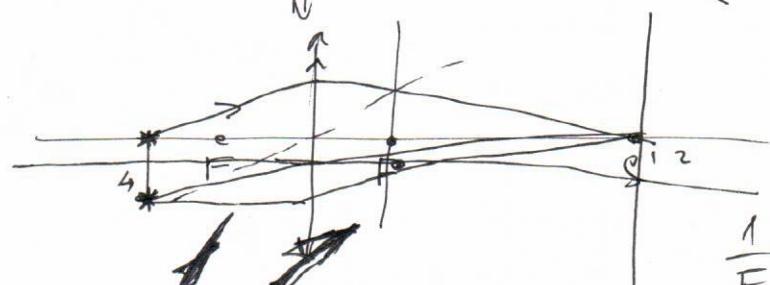
$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{S}$$

$$f = \infty$$



3

$$\frac{d}{2} = \frac{d'}{f} \quad d = 2f$$



$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$$

$$F = \frac{kq^2}{d^2}$$

$$\omega = \frac{1}{\mu_0 \cdot 2}$$

$$\omega V = \frac{B^2}{2\mu_0} \quad \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$$



$$n \cdot m \omega^2$$

$$\frac{2\pi}{T} = \frac{\omega}{R} = \frac{qB}{m} \quad \omega = \frac{2\pi}{T}$$



$$\frac{m}{q} \frac{\omega^2}{B^2}$$

$$n \frac{\omega^2}{C}$$

норма
коэф

Черновик

$$p_0 V_0 = (\text{Днара} + \rho_{\text{воздж}}) RT$$

$$(V_0 - \Delta h S)$$

$$\left(p_0 + \frac{Mg}{S} \right) = \left(\rho_{\text{воздж}} + \text{Днара} - \frac{\Delta h}{\mu} \right) RT$$

$$p_0 V_0 - \left(p_0 + \frac{Mg}{S} \right) (V_0 - \Delta h S) =$$

$$= \frac{\Delta h}{\mu} RT$$

$$p_0 V_0 - p_0 V_0 - \frac{Mg}{S} V_0 + p_0 \cdot \Delta h S + \frac{Mg}{S} \cdot \Delta h S \xrightarrow{\text{ПАР}} \text{днара поршнем}$$

$$\cancel{Mg \Delta h + p_0 \Delta h S} - \frac{Mg}{S} V_0 = \frac{\Delta h}{\mu} RT$$

3%: ~~Преды~~
~~Mash~~

~~$$Mg \Delta h - \frac{Mg}{S} V_0 = \frac{\Delta h}{\mu} RT - p_0 \Delta h S$$~~

~~$$p_{\text{воздж}} \cdot (V_0 - \Delta h S) = p_{\text{воздж}} V_0$$~~

$$p_0 (V_0 - \Delta h S) = \left(\text{Днара} - \frac{\Delta h}{\mu} \right) RT$$

~~$$\frac{Mg}{S} (V_0 - \Delta h S) = p_0 \Delta h S - \frac{\Delta h}{\mu} RT$$~~

~~$$p_0 V_0 - p_0 \Delta h S + \text{Днара} RT - \frac{\Delta h}{\mu} RT$$~~

~~$$Mg \left(\Delta h - \frac{V_0}{S} \right) = \frac{\Delta h}{\mu} RT - p_0 \Delta h S$$~~

$$V_0 = hS.$$

~~$$V_0 = p_0 \Delta h S - \frac{\Delta h}{\mu} RT$$~~

$$\frac{18}{108} \times \frac{18}{6} \times \frac{18}{7} = 12^3$$

$$\begin{array}{r} 6^2 \\ \times 373 \\ \hline 1119 \\ \begin{array}{r} 2984 \\ \hline 30957 \end{array} \end{array}$$

$$- \frac{30957}{18} \quad \frac{18}{172}$$

$$\begin{array}{r} 12^3 \\ - 126 \\ \hline 36 \end{array}$$



$$t = 100^\circ C \rightarrow p_{\text{пара}} = 10^5 \text{ Pa}$$

насыщенный.
+ есть воздух.

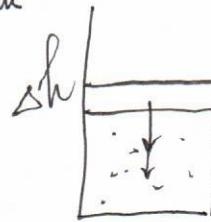
$$p_0 V_0 = P_{\text{воздж}} RT$$

$$p_0 V_0 = P_{\text{пара}} RT$$

$$p_0 = P_{\text{пара}} + P_{\text{воздж}}$$

$$P_{\text{пара}} \cdot V_0 = P_{\text{пара}} RT$$

$$P_{\text{воздж}} \cdot V_0 = P_{\text{воздж}} RT$$



$$p_0 + \frac{Mg}{S} = P_{\text{воздж}} + P_{\text{пара}}$$

$$P_{\text{пара}} = p_0$$

+ к. конденс.

и $t = 100^\circ C$

$$\frac{Mg}{S} = P_{\text{воздж}}$$

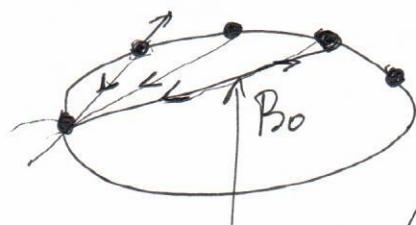
$$P_{\text{воздж}} \cdot (V_0 - \Delta h \cdot S) = P_{\text{воздж}} \frac{V_0}{RT}$$

$$P_{\text{воздж}} \cdot (V_0 - \Delta h \cdot S)$$

$$= P_{\text{воздж}} \frac{V_0}{RT}$$

$$\frac{Mg}{S} \cdot (V_0 - \Delta h \cdot S) = P_{\text{воздж}} \frac{V_0}{RT}$$

$$P_{\text{воздж}} \frac{V_0}{RT}$$

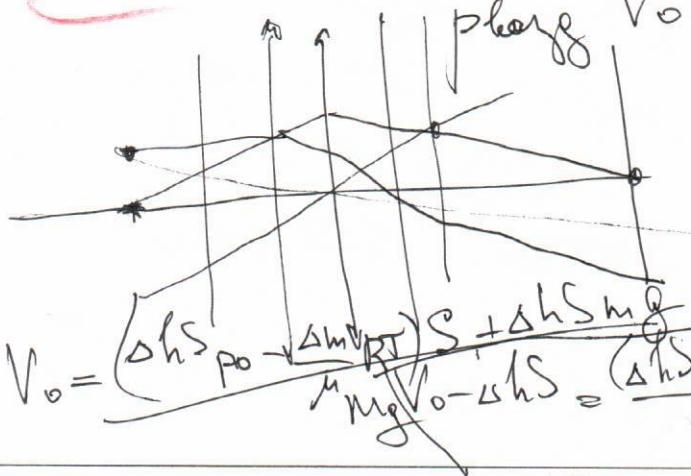


$$p_0 (V_0 - \Delta h \cdot S) = (P_{\text{пара}} - \frac{\Delta m}{\mu}) RT$$

$$p_0 V_0 - \Delta h \cdot S p_0 = P_{\text{пара}} RT - \frac{\Delta m}{\mu} RT$$

$$p_0 V_0 - P_{\text{пара}} RT = \Delta h \cdot S p_0 - \frac{\Delta m}{\mu} RT$$

$$P_{\text{пара}} \frac{V_0}{V_0} = \Delta h \cdot S p_0 - \frac{\Delta m}{\mu} RT$$



$$\frac{Mg}{S} (V_0 - \Delta h \cdot S) =$$

$$= \Delta h \cdot S p_0 - \frac{\Delta m}{\mu} RT$$

$$\frac{Mg}{S}$$

Чертёжник.

$$\frac{Mu^2}{2} = \frac{kx_{\max}^2}{2}$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$\frac{kx^2}{2} + \frac{m\omega^2}{2} = \text{const}$$

$$kxx' + mxx'' = 0$$

$$x + \frac{m}{k}x'' = 0$$

$$\omega^2 = \frac{k}{m} \Rightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$1) m\omega_0 = Mu - m\omega$$

$$2) x_{\max} = \dots$$

x_{\max} ~~1/6~~ ~~1/2~~ ~~1/6~~ ~~1/2~~

$$\sqrt{\frac{2T}{3}} =$$

$$\frac{Mu^2}{2} = \frac{k\Delta x^2}{2} + \frac{Mu^2}{2}$$

$$\Delta x = \sqrt{\frac{2T}{3}}$$

Fymp.



$$k\Delta x = Ma$$

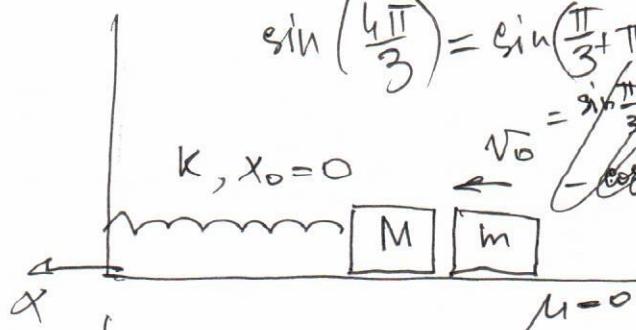
$$da = \frac{k\Delta x}{M} = dx \cdot \frac{k}{M}$$

$$dt = \frac{dx}{v} dt$$

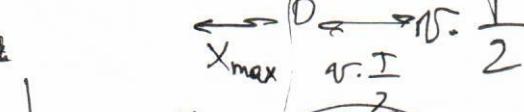
E

Z

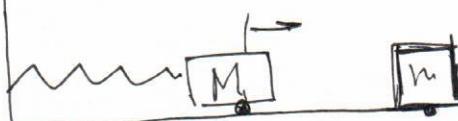
$$\sin\left(\frac{4\pi}{3}\right) = \sin\left(\frac{\pi}{3} + \pi\right) = \\ = \sin\frac{\pi}{3} \sin\pi - \cos\frac{\pi}{3} \cos\pi$$



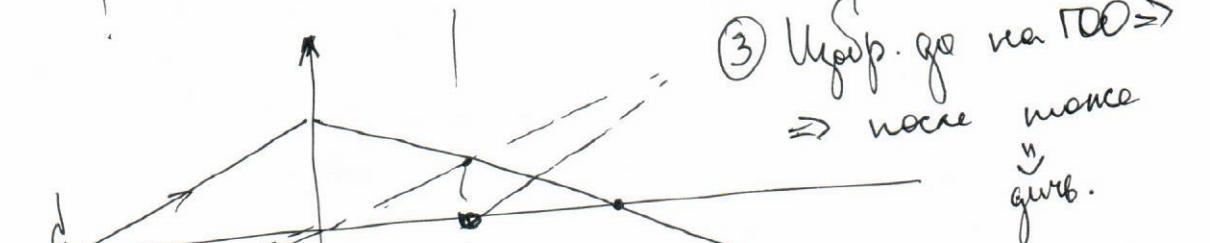
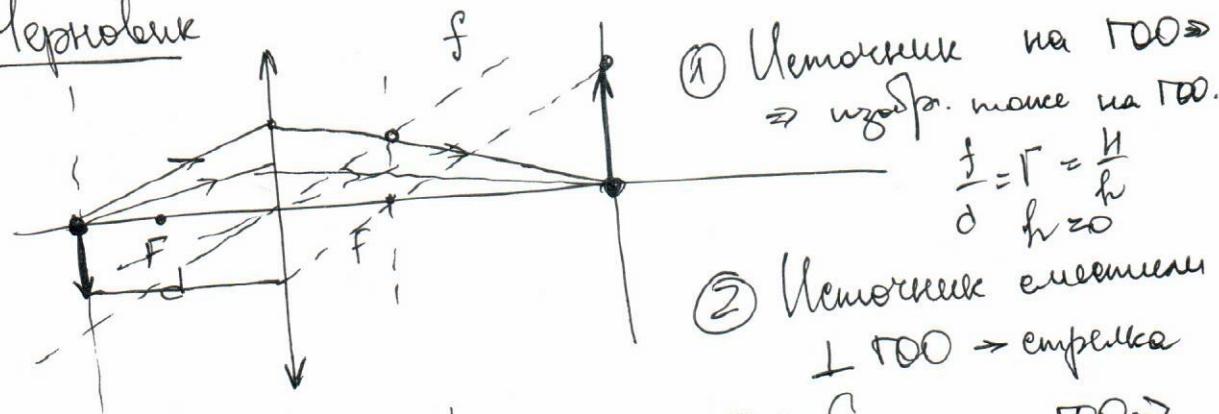
$$-\sin\frac{\pi}{3} = -\frac{\sqrt{3}}{2} \quad \begin{matrix} \sin\frac{\pi}{3} \cos\pi = \\ + \cos\frac{\pi}{3} \sin\pi = 0 \end{matrix}$$



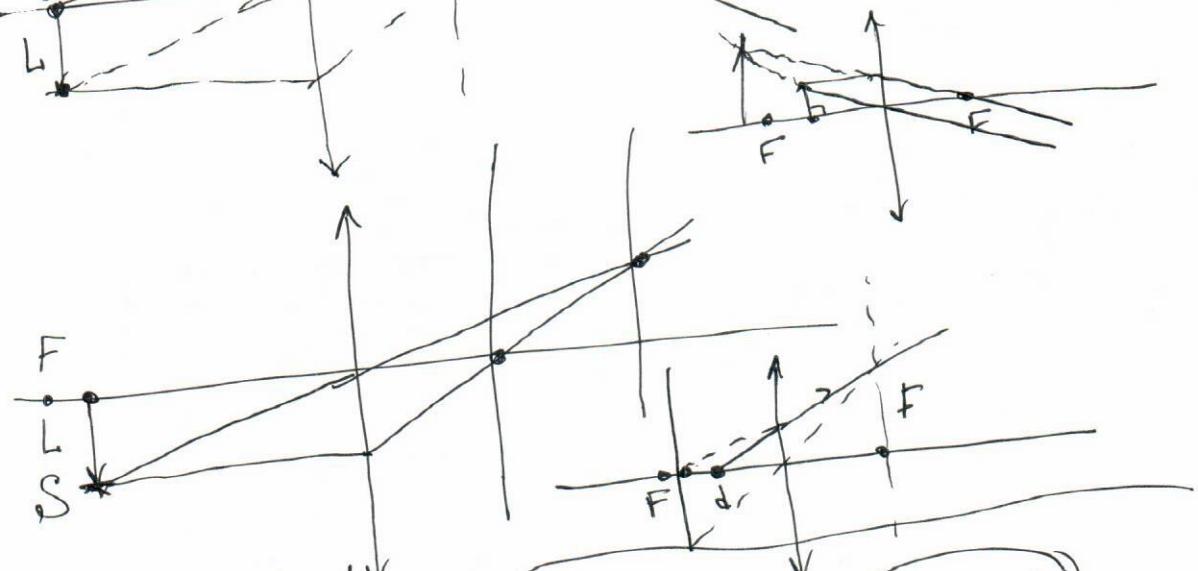
$$x = \sqrt{\omega} dt \quad \sqrt{\frac{2}{3}} T$$



$$O \quad I \quad \frac{1}{6} \text{ бруск} \quad v = \frac{2I}{\sqrt{3}} \\ 3 \quad \text{броня} \quad \text{броня} \quad u \\ \text{броня} \quad u \\ n = \frac{2I}{\sqrt{3}} \quad n = \frac{2I}{\sqrt{3}}$$

Черновик

③ Чемоданик на ГОО \Rightarrow
 \Rightarrow выше
 \downarrow
 изобр.

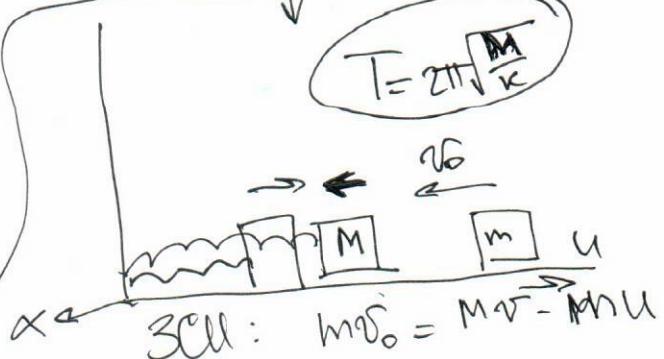


$$\text{До: } \frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$$

$$\text{после: } \frac{1}{F} = \frac{1}{d \pm h} + \frac{1}{f_2}$$

$$\frac{f_2}{d \pm h} =$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{M}{K}}$$



$$\text{ЗСИ: } m\ddot{x}_0 = Mv - M\dot{x}_0$$

① Через I ~~K~~ \rightarrow поехал обратно

$$\text{ЗСИ: } \frac{Mv^2}{2} = Kx_{\max}^2$$

$$x_{\max} = \sqrt{2} \cdot \sqrt{\frac{M}{K}}$$