



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 3

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников «Ломоносов»

по физике

Гасено Игорь Дмитриевича

фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

ДешиФР

Дата

«21» февраля 2020 года

Подпись участника

Гасено

ЧИСТОВКИ

ЗСМ: $m\vec{v}_0 = M\vec{u} + m\vec{v} \Rightarrow$

Здесь v - скор. m после соуд.,
и u - скор. M после соуд.

$\sqrt{1.1.3.}$

$-mv_0 = -Mu + mv$
 $Mu = m(v+v_0)$
 $u = \frac{m}{M}(v+v_0)$

ЗЗЗ: $\frac{mv_0^2}{2} = \frac{Mu^2}{2} + \frac{mv^2}{2}$

$mv_0^2 = Mu^2 + mv^2$

$mv_0^2 = M \frac{m^2}{M^2} (v+v_0)^2 + mv^2$

$(v_0 - v)(v_0 + v) = \frac{m}{M} (v+v_0)^2$

$v_0 - v = \frac{m}{M} v + \frac{m}{M} v_0$

~~$\frac{M-m}{M+m} v_0 = \frac{M+m}{M} v$~~

$v = \frac{M-m}{M+m} v_0 \Rightarrow u = \frac{m}{M} \cdot \left(v_0 + \frac{M-m}{M+m} v_0 \right) =$
 $= \frac{2m}{M+m} v_0$

И.и. для M $x(0) = 0, \dot{x}(0) = u$

то колебания и имеют вид $x = A \sin \omega t$

$\dot{x} \text{ макс} = u \Rightarrow \omega A = u$ (т.к. $\dot{x} \leq \omega A$) $\Rightarrow A = \frac{u}{\omega}$

$E_m = \frac{Mu^2}{2} = \frac{kA^2}{2} \Rightarrow A^2 = \frac{M}{k} u^2 \Rightarrow$ ~~$u^2 = \frac{k}{m} A^2$~~ $u^2 = \frac{k}{m} A^2$

$\Rightarrow \omega^2 = \frac{k}{m} \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow A = \frac{u}{\omega} = \frac{2mv_0 \sqrt{m}}{(m+m) \sqrt{k}}$

В момент времени $t = \frac{2}{3} T = \frac{2}{3} \frac{2\pi}{\omega}$

$\sin \omega t = \sin \frac{4}{3} \pi \Rightarrow x = A \sin \frac{4}{3} \pi = -\frac{\sqrt{3}}{2} A$

(это от т. $x=0$ влево) $\Rightarrow s = |x| = \frac{\sqrt{3}}{2} A$

В то же время, для бруска m $s = vt = \frac{2}{3} T v = \frac{4\pi}{3\omega} v$

$\frac{\sqrt{3}}{2} A = \frac{4\pi}{3\omega} v$

$\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{2mv_0 \sqrt{m}}{(m+m) \sqrt{k}} = \frac{4\pi}{3\sqrt{k} \sqrt{m}} \cdot \frac{m}{m+m} v_0$

Ответ: $u = \frac{m}{M} = \frac{4\pi + 3\sqrt{3}}{4\pi}$

$\Rightarrow \sqrt{3} m = 4\pi (M-m)$
 $(\sqrt{3} + \frac{4}{3}\pi) m = \frac{4}{3}\pi M$
 $n = \frac{M}{m} = \frac{4\pi + 3\sqrt{3}}{4\pi}$

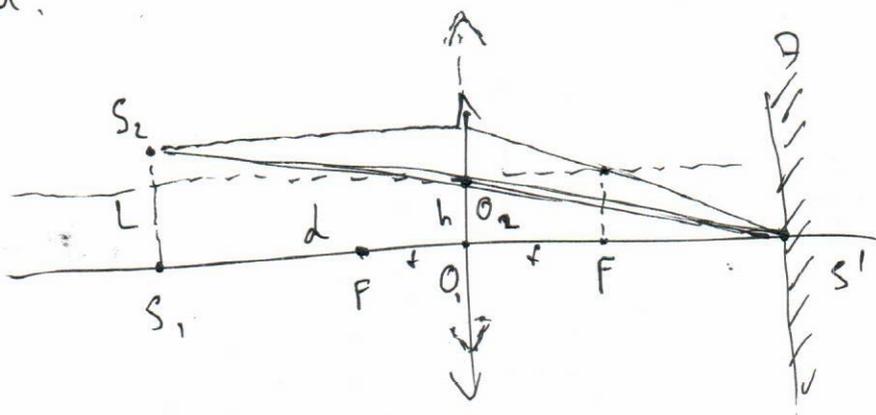
81

1	2	3	4	
6	9	1	8	24
15	14	4	14	57
		19	22	81

Ответы на вопросы: 28 ЧЕТОВЫК
 Потенциальная энергия тела определяется относительно -3
 какого-либо его состояния. Топ, потенциальная энергия
 около поверхности Земли для тела массой m , поднятого
 на высоту h над землей, равна mgh . Потенциальная
 энергия упругой пружины $= \frac{kx^2}{2}$, где k - жесткость
 пружины, а x - ~~длина~~ длина растяжения. 45
(а скорость?)

4.10.3.

Задача.



Пусть расстояние от линзы до экрана l . Тогда,
 по подобию треугольников, $\frac{l}{h} = \frac{l+d}{L}$ +

$$\frac{L}{h} = \frac{6}{2} = 3 = \frac{l+d}{l} \Rightarrow 2l = d$$

$$l = \frac{d}{2} = \frac{24}{2} = 12 \text{ см}$$

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{l} = \frac{1}{f} \Rightarrow fl + fd = ld$$

$$f = \frac{ld}{l+d} = \frac{24 \cdot 12}{24+12} = 8 \text{ см}$$

Ответ: $f = 8 \text{ см}$.

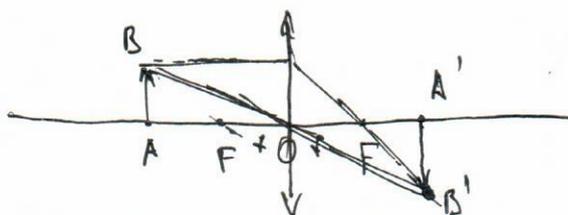
Вопросы:

Услов. линза, $a > f$:

$a = AO$

$b = A'O$

$f = FO$



еще вопросы
h и L?

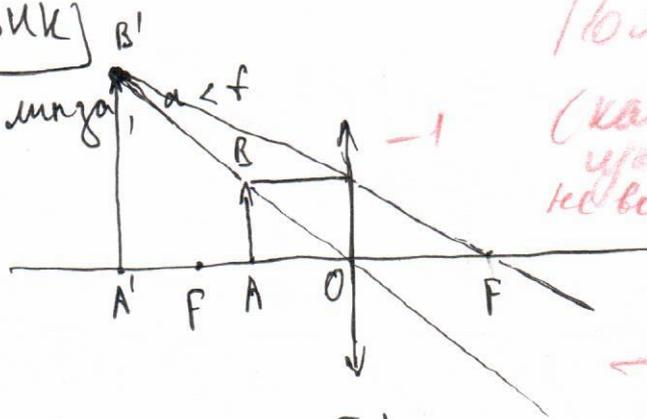
14

04-64-29-68
(66.7)

ЧИСТОВИК

2) Собир. линза

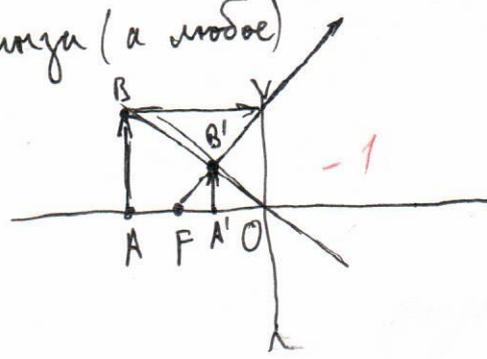
48



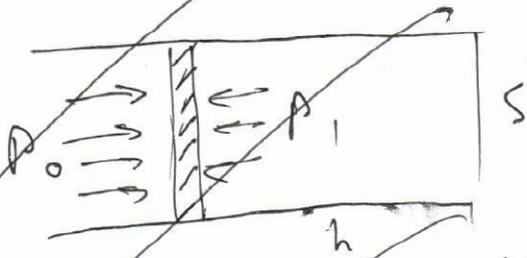
Полезен ли?
(какое
удобно)
использовать
разница
между расстоянием
объекта и их
продолжением!
F-фокус

3) Рассеив. линза (а любое)

48



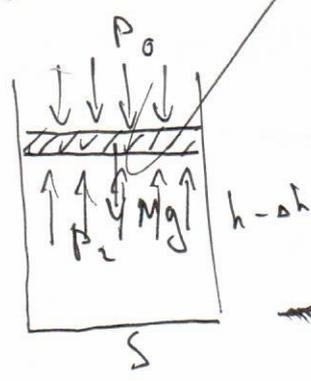
Сначала: 2.4.3.



$$P_0 = P_1 \Rightarrow P_0 V_1 = \frac{m}{\mu} RT \Rightarrow P_0 h S = \frac{m}{\mu} RT$$

$$m = \frac{P_0 h S \mu}{RT}$$

Сопло: $P_0 \neq \frac{Mg}{S} = P_2$



$$P_2 V_2 = \frac{m - \Delta m}{\mu} RT$$

$$(P_0 + \frac{Mg}{S})(h - \Delta h) S = \frac{m - \Delta m}{\mu} RT$$

$$(P_0 + \frac{Mg}{S})(h - \Delta h) S = \frac{P_0 h S \mu}{RT} \cdot \frac{RT}{\mu} - \frac{\Delta m}{\mu} RT$$

$$(P_0 + \frac{Mg}{S})(h - \Delta h) S = P_0 h S - \frac{\Delta m}{\mu} RT$$

$V_{сопла}$ очень
мал м.к.
 $m_B = \Delta m =$
 $\approx 0,1 \text{ кг} \Rightarrow$
 $\Rightarrow V_B = \frac{0,1 \text{ кг}}{1,2 \text{ кг/м}^3}$
 $< 1 \text{ см}^3 \rightarrow 0$

ЧИСТОВИК

$$P_0 h S - P_0 \Delta h S + \frac{Mg}{S} (h - \Delta h) S = P_0 h S - \frac{\Delta m}{\mu} R T$$

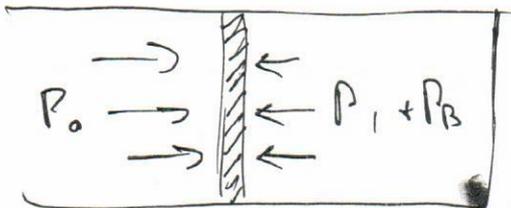
$$Mg(h - \Delta h) = P_0 \Delta h S - \frac{\Delta m}{\mu} R T$$

$$M = \frac{P_0 \Delta h S - \Delta m R T}{\mu g (h - \Delta h)} = \frac{18 \cdot 10^{-3} \cdot 10^5 - 8 \cdot 10^{-3} \cdot 100 \cdot 10^2}{18 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot (35 - 5) \cdot 10^{-3}}$$

$$= 9 \cdot 10^{-4}$$

✓ 2.4.3.

Сначала:



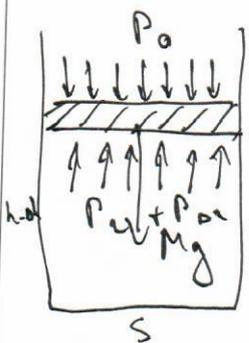
$$P_0 = P_1 + P_2$$

$$P_1 h S = \frac{m}{\mu} R T \quad P_2 h S = \nu R T$$

$$P_0 h S = \left(\frac{m}{\mu} + \nu\right) R T$$



Затем:



$$P_0 + \frac{Mg}{S} = P_2 + P_{02}$$

$$P_2 (h - \Delta h) S = \frac{m - \Delta m}{\mu} R T$$

$$P_{02} (h - \Delta h) S = \nu R T$$

$$\left(P_0 + \frac{Mg}{S}\right) (h - \Delta h) S = \frac{m - \Delta m}{\mu} R T + \nu R T =$$

(Объем воды
среднеплотности мал)

$$= \left(\frac{m}{\mu} + \nu\right) R T - \frac{\Delta m}{\mu} R T = P_0 h S - \frac{\Delta m}{\mu} R T$$

$$P_0 (h - \Delta h) S + \frac{Mg}{S} (h - \Delta h) S = P_0 h S - \frac{\Delta m}{\mu} R T$$

$$P_0 h S - P_0 \Delta h S + Mg(h - \Delta h) = P_0 h S - \frac{\Delta m}{\mu} R T$$

04-64-29-68
(66.7)

ЦИТОВАК

$$Mg(h - \Delta h) = P_0 \Delta h S - \frac{\Delta m}{\mu} RT$$

$$M = \frac{P_0 \Delta h S - \frac{\Delta m RT}{\mu}}{g(h - \Delta h)} = \frac{10^5 \cdot 5 \cdot 10^{-2} \cdot 10^2 \cdot 10^{-5} - \frac{0,1}{18} \cdot 8,3 \cdot 273}{10 \cdot (35 - 5) \cdot 10^{-2}}$$

$$\approx \frac{50 - 15}{3} = \frac{35}{3} = 12 \text{ м}$$

Ответ: $M = 12 \text{ м}$.

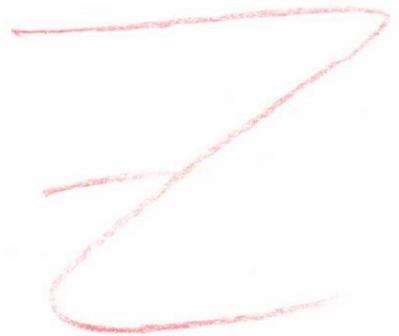
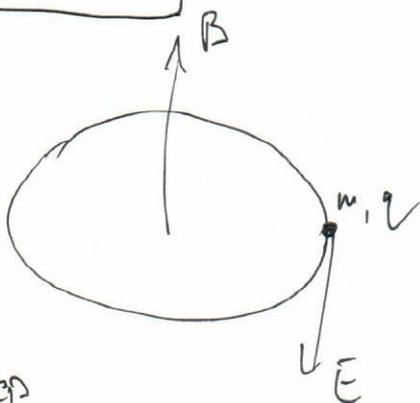
Вопросы:

Температура шипения — это температура, при которой в паровом шипении активно образуются пузырьки пара, стремящиеся вырваться из нее. Скорость парового шипения зависит от скорости конденсации → 45

→ ~~этого~~ равновесие нарушается и жидкость испаряется. — 1, кси фрази про шипение при кипении пар в пузырьках при давлении = атмосферному (т.е. ска- (рост))
Чем выше давление, тем больше температура шипения. Например, в горле возможно наблюдать за кипением воды при $t = 80^\circ \text{C}$, хотя в обычных условиях вода кипит при 100°C . 75

Вопросы: индуктивность — все-на, ...
Индуктивность — это св-во проводника, от которого зависит на величину магнитной индукции поля, создаваемого этим проводником при прохождении тока через него. -45
 $[L] = ?$ $\varphi = LI$, где...
ЭДС самоиндукции — это работа по перемещению единичного заряда, соверш. вихревым электрическим полем. -55
Неполный ответ

Чистовик



$$\mathcal{E} = \frac{d\varphi}{dt} = \frac{dB}{dt} S = \frac{A}{q} = \frac{Fl}{q} = \frac{F \cdot 2\pi R}{q}$$

$$F = \frac{dp}{dt} = \frac{m dv}{dt} \Rightarrow \frac{dBS}{dt} = \frac{m dv \cdot 2\pi R}{q dt}$$

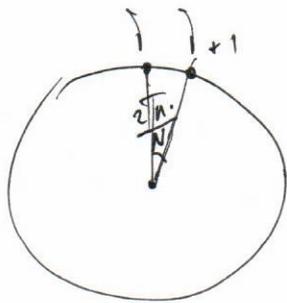
~~$B_0 S = \frac{m v \cdot 2\pi R}{q}$~~
 ~~$B_0 \cdot \pi R^2 = \frac{m v \cdot 2\pi R}{q}$~~
 ~~$v = \frac{q B_0 R}{2m}$~~

$$B_0 S = \frac{m v \cdot 2\pi R}{q}$$

$$B_0 \cdot \pi R^2 = \frac{m v \cdot 2\pi R}{q}$$

$$B_0 R = \frac{2 m v}{q}$$

$$v = \frac{q B_0 R}{2m} \Rightarrow \omega = \frac{q B_0}{2m}$$



Чтобы кольцо казало неподвижным, за время $t = \frac{1}{n}$ каждая бусинка должна пройти расстояние равно длине окружности

$$\varphi = \dot{\varphi} \cdot t = \omega t = \frac{q B_0}{2m} \cdot \frac{1}{n} = \frac{q B_0}{2m n} \stackrel{v}{=} \frac{2\pi N}{N} \quad N = m n$$

ЧИСЛОВИКИ

$$\frac{q B_0}{2m \hbar} = \frac{2\pi}{N}$$

$$N = \frac{2\pi m \hbar}{q B_0}$$

$$\approx \frac{4 \cdot 8 \cdot 10^{-3} \cdot 8}{10^{-7} \cdot 100} = \frac{4 \cdot 8 \cdot 8 \cdot 10^{-2}}{10^{-5}} =$$

$$= 32000 \hbar \approx 32 \cdot 10^3 \cdot 3,14 \approx 96,6 \cdot 10^3 \approx 10^5 \text{ дугинок}$$

Ответ: $32 \hbar \cdot 10^3 \approx 10^5$ дугинок.

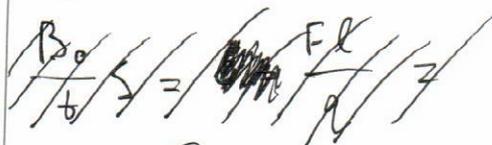
ЦЕРНОВИК

$$dp = F dt \Rightarrow F = m \frac{dv}{dt}$$

$$m dv = F dt$$



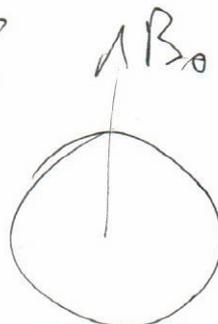
(Eq) - сила = ma



$$\frac{dB}{dt} S = E = \frac{dF}{dq}$$

$$\frac{dB}{dt} S = E$$

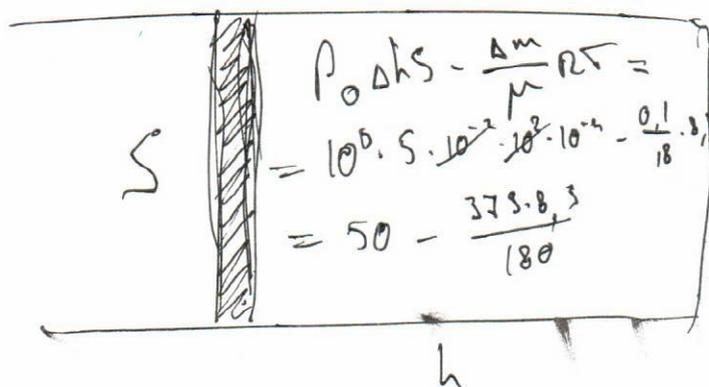
$$V = \frac{2\pi R}{N}$$



~~Handwritten scribbles and crossed-out equations, including:~~

$$\frac{d\Phi}{dt} = \frac{dB}{dt} S = h S = \dots$$

$$= E = \frac{2\pi R}{N} \Rightarrow E = \dots$$



$$P_0 \Delta h S - \frac{\Delta m}{\mu} R T =$$

$$= 10^5 \cdot 5 \cdot 10^{-2} - \frac{10^2 \cdot 10^{-4} \cdot 0.1 \cdot 373}{18} =$$

$$= 50 - \frac{373 \cdot 0.3}{180}$$

$$P_0 = P_A$$

Дано: P_0, ∇, h, S, μ
 $\rho, \Delta h, \Delta m$

$$P_0 = P_1 \Rightarrow P_1 V_1 = P_1 h S = \nu R T$$

$$P_0 h S = \nu R T = \frac{m}{\mu} R T$$

$$m = \frac{\rho \mu h S}{R T}$$

$$P_0 + \frac{Mg}{S} = P_2 \quad P_2 V_2 = \nu_2 R T$$

$$\left(P_0 + \frac{Mg}{S}\right) (h - \Delta h) S = \frac{m - \Delta m}{\mu} R T$$

$$\begin{array}{r} \times 373 \\ 83 \\ \hline 1119 \\ 2574 \\ \hline 26862 \end{array}$$

$$\frac{\Delta m}{\rho \mu} \rightarrow 0 \Rightarrow V_B \rightarrow 0$$

~~Handwritten scribbles and crossed-out calculations, including:~~

$$10^5 + \frac{10}{100 \cdot 10^{-2}} = 10^5 + 10 = 100 \cdot 10^6 =$$

$$\begin{array}{r} 2686 \mid 180 \\ - 180 \\ \hline 886 \\ - 180 \\ \hline 166 \end{array}$$

ЧЕРНОВИК

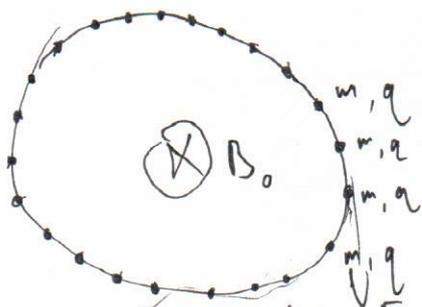
№3.

Дано: m, q, N, B_0, n .

$A = 8 \text{ нагров/с}$

$N = ?$

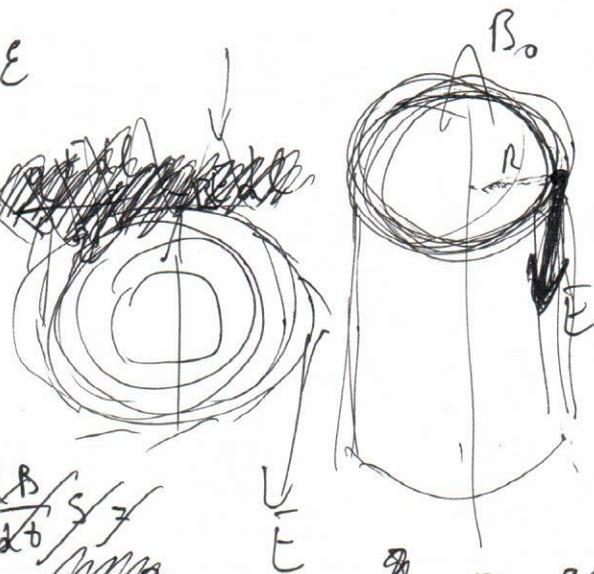
$$\mathcal{E} = \frac{d\varphi}{dt} = \frac{dB}{dt} S$$



$$\frac{d\varphi}{dt} = \frac{dB}{dt} S = \mathcal{E}$$

$$\mathcal{E} = \frac{A}{q} = \frac{F dl}{q}$$

$$\frac{dB}{dt} S = \frac{F dl}{q}$$



$$\frac{d\varphi}{dt} = \text{const} \Rightarrow \frac{d\varphi}{dt} = \frac{dB}{dt} S$$

$$\frac{dB}{dt} = k \quad \varphi = LB$$

$$\varphi = BS$$

$$S = \pi R^2$$

$$\mathcal{E} = \frac{A}{q} = \frac{F dl}{q} = \frac{qE}{q} dl = E dl$$

$$\frac{dB}{dt} S = E dl$$

$$\mathcal{E} = \frac{dB}{dt} S = \frac{A}{q} = \frac{qE}{q} dl = E dl$$

$$BS = E \pi R^2$$

$$E \pi R^2$$

$$dl = \frac{2\pi R}{N}$$

$$\frac{dB}{dt} S = \frac{F dl}{q} = \frac{m dv}{q dt}$$

$$\mathcal{E} = \frac{A}{dq} = \frac{F dl}{dq}$$

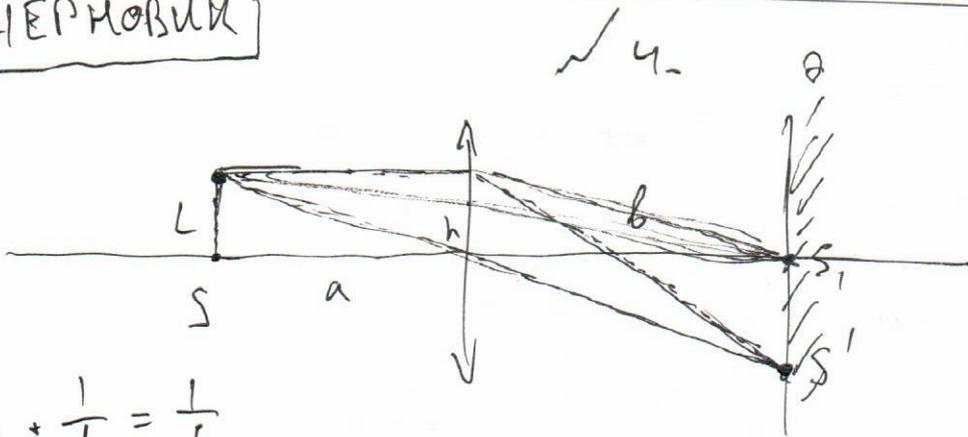
$$A = \frac{dq E dl}{dq} = E dl$$

$$S \frac{dB}{dt} = E dl$$

$$dB \cdot S = \frac{m}{q} dv dl$$

$$= E dl$$

ЦЕРМОВИК



$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

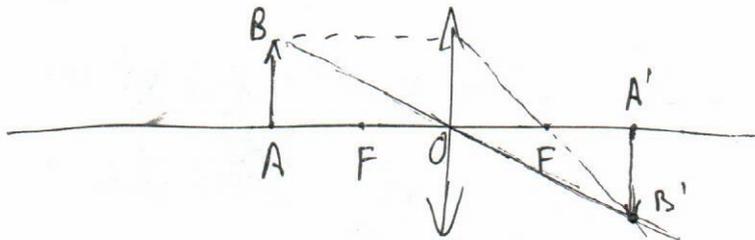
$$\frac{b+a}{b} = \frac{L}{h} \Rightarrow \frac{b+a}{b} = \frac{6}{2} = 3 \Rightarrow 3b = b+a$$

$$2b = a \Rightarrow \underline{b = \frac{a}{2} = 12 \text{ cm}}$$

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \Rightarrow \cancel{ab} + af = ab$$

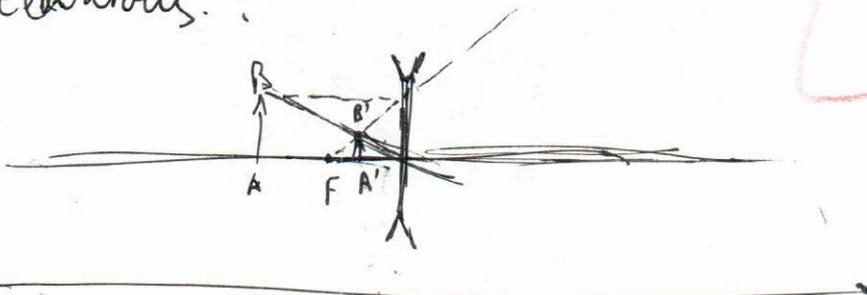
$$f = \frac{ab}{a+b} = \frac{24 \cdot 12}{24+12} = \frac{24 \cdot 12}{36} = 8 \text{ cm}$$

Содир.:



$AO > OK$

Рассуждаем:



УРАВНЕНИЯ

$$\frac{M-m}{M+m} v_0 = \frac{M}{m} u - v_0$$

$$\frac{M-m + M + m}{M+m} v_0 = \frac{M}{m} u$$

$$\frac{2M}{M+m} v_0 = \frac{M}{m} u$$

$$\frac{2m}{M+m} v_0 = u \Rightarrow \frac{u}{v} = \frac{\frac{2m}{M+m} v_0}{\frac{M-m}{M+m} v_0} = \frac{2m}{M-m}$$

$$\sqrt{\frac{M}{m}} = \frac{3\sqrt{3}}{8\pi} \frac{2m}{M-m} \quad \frac{M}{m} = \frac{27}{64\pi^2} \frac{4m^2}{(M-m)^2}$$

$$M(M-m)^2 = \frac{27m^3}{16\pi^2}$$

$$M^3 - 2M^2m + Mm^2 = \frac{27m^3}{16\pi^2}$$

$$Aw = u$$

$$A = \frac{u}{\omega} = \frac{2mv_0}{(M+m)\sqrt{\frac{k}{M}}}$$

$$x = A \sin \omega t = A \sin \frac{4\pi}{3} = \frac{\sqrt{3}}{2} A$$

~~$$\frac{\sqrt{3}}{2} \frac{2mv_0}{(M+m)\sqrt{k}} = \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{2M}{(M+m)\sqrt{k}} = \frac{M-m}{M+m} v_0 - \frac{2}{3} \cdot 2\pi \cdot \frac{M}{k}$$~~

~~$$\frac{\sqrt{3}}{2} \sqrt{k} = (M-m) \sqrt{3} = (M-m) \cdot \frac{2}{3} \cdot 2\pi \cdot \frac{M}{k}$$~~

~~$$M-m = \frac{3\sqrt{3}}{4\pi} \sqrt{k} \Rightarrow M = \frac{3\sqrt{3}}{4\pi} \sqrt{k} + m$$~~

~~$$\sqrt{3} m = \frac{4}{3} \sqrt{k} (M-m)$$~~

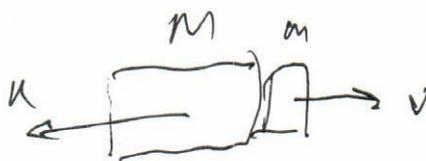
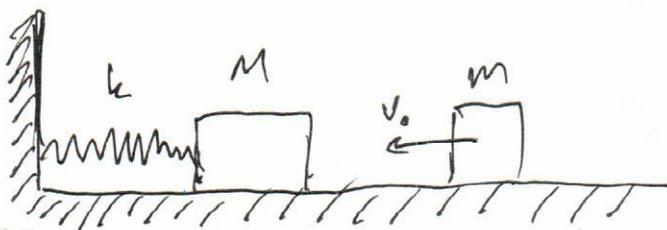
~~$$(\sqrt{3} + \frac{4}{3} \sqrt{k}) m = \frac{4}{3} \sqrt{k} M$$~~

~~$$\frac{M}{m} = \frac{\frac{4}{3} \sqrt{k} + \sqrt{3}}{\frac{4}{3} \sqrt{k}} = \frac{4\sqrt{k} + 3\sqrt{3}}{4\sqrt{k}}$$~~

П. 9. - это э., отрицательная относительно zero
 Если в данный момент времени тело имеет
 А отн. некоторой точки, то, когда тело окажется
 в этой точке, все эта П станет 0.

ЧЕРНОВИК

№ 11, 3.



ЗСД:

$$-mv_0 = -Mu + mv$$

$$mv_0 = Mu - mv$$

$$mv = Mu - mv_0$$

$$v = \frac{M}{m}u - v_0$$

$$E_m = \frac{mu^2}{2} = \frac{kA^2}{2} \Rightarrow A^2 = \frac{mu^2}{k}$$

ЗСЭ:

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{Mu^2}{2} + \frac{mv^2}{2}$$

$$mv_0^2 = Mu^2 + mv^2$$

$$F = kx$$

$$m\ddot{x} = -kx$$

$$\ddot{x} = -\frac{k}{m}x$$

$$\ddot{x} + \omega^2 x = 0 \quad \frac{k}{m}x + \omega^2 x = 0$$

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

$$\nu = \frac{2\pi}{T} = 2\pi \sqrt{\frac{M}{k}} \Rightarrow \frac{2}{3}T = \frac{2}{3} \cdot \frac{2\pi}{\omega} = \frac{4\pi}{3\omega}$$

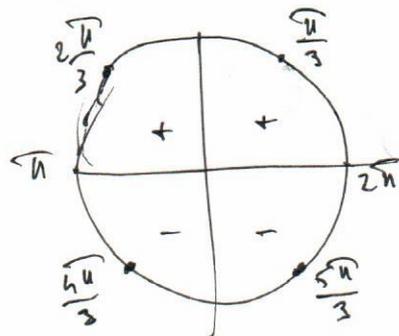
$$x = A \sin \omega t$$

$$x = A \sin \frac{4}{3}\pi = A \sin \left(\frac{4}{3}\pi \right) = A \sin \left(\frac{2\pi}{3} \right)$$

$$\frac{A}{2} = \frac{A}{2} \sin \frac{2\pi}{3} + \frac{A}{2} \cos \frac{2\pi}{3}$$

$$\frac{2}{3}T - \frac{T}{2} = \left(\frac{4}{6} - \frac{3}{6} \right) T = \frac{1}{6}T = \frac{1}{6} \cdot \frac{2\pi}{\omega} = \frac{\pi}{3\omega}$$

$$\sin \omega t = \sin \frac{\pi}{3} = \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow x = \frac{\sqrt{3}}{2} A = \frac{\sqrt{3}}{2} \sqrt{\frac{mu^2}{k}} = \frac{\sqrt{3}}{2} u \sqrt{\frac{m}{k}}$$



$$u = (v + v_0) \frac{m}{M}$$

$$mv_0^2 = M(v + v_0)^2 \frac{m^2}{M^2} + mv^2$$

$$v_0^2 = \frac{m}{M} (v + v_0)^2 + v^2$$

$$(v_0 - v)(v_0 + v) \frac{m}{M} = \frac{m}{M} (v_0 + v)^2$$

$$v_0 - v = \frac{m}{M} v_0 + \frac{m}{M} v$$

$$\frac{\sqrt{3}}{2} \sqrt{\frac{m}{k}} u = \frac{4}{3} v \frac{\pi}{\omega} \sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$\sqrt{\frac{m}{k}} = \frac{3\sqrt{3}}{8\pi} \frac{u}{v}$$

$$\frac{M-m}{M} v_0 = \frac{M+m}{M} v$$

$$v = \frac{M-m}{M+m} v_0$$