0 277503 840000

27-75-03-84
(1.7)

1755

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**
**имени М.В.ЛОМОНОСОВА**

+1 ЖБ

Вариант №1

Место проведения Москва
город

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Аброськина Сергея Сергеевича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Вышел 14:38 - 14:43

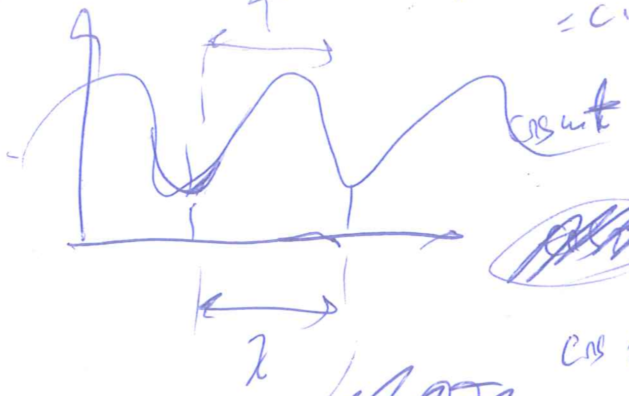
Дата

«14» февраля 2025 года

Подпись участника

Черновик.

$\lambda = cT = c\cdot\frac{2\pi}{\omega} = \frac{c}{\nu}$




cos 2x

λ [м]

T [с]

ν [с⁻¹]

$\omega = \frac{2\pi}{T}$ ; $\nu = \frac{1}{T}$

$\omega = 2\pi\nu$

Δ = λ





27-75-03-84 (1.7)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Σ |
|---|---|---|---|---|---|
| 18 | 20 | 12 | 20 | 20 | 90 |

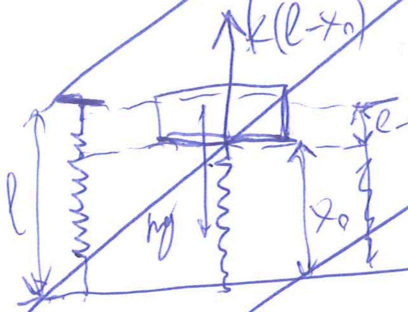
Задача 11.1

Черновик

~~k — жестк. пруж.~~

Брусок вначале в равновесии ⇒

⇒ $mg = k(l - x_0)$



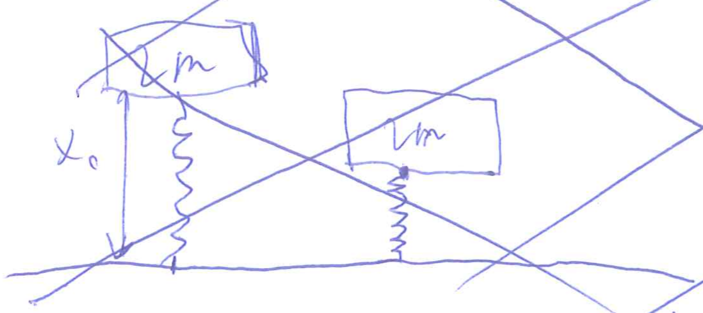

~~Для момента соударения~~

Скорость шарика после падения с высоты h из ЗСЭ: $mgh = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow \boxed{v = \sqrt{2gh}}$

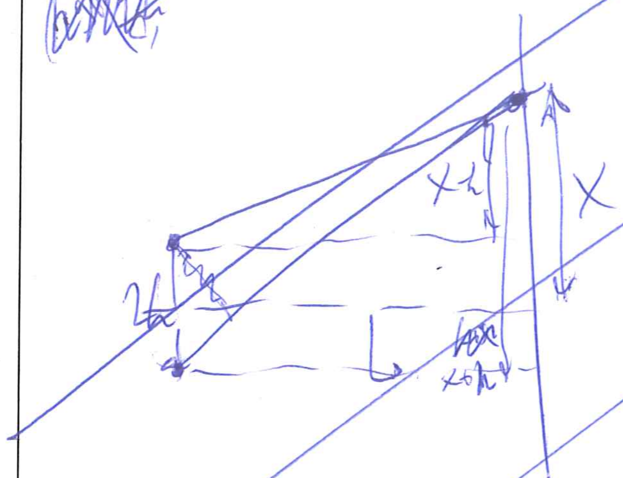
Для момента соударения можно зап. ЗСИ, т.к. сила тяжести не успеет изм. скорость слипшихся тел. Ось к земле.

$mv = 2mu \Rightarrow \boxed{u = \frac{v}{2}} = \sqrt{\frac{gh}{2}}$

~~Новое тело из слипшихся шарика и бруска будет совершать колебания,~~



$$\frac{Lc}{4h}\cdot\frac{2\pi}{\omega} = \frac{Lc\pi}{h\omega}$$



$$x = \frac{2L}{2h}\cdot n$$

$$(1+x)^n \approx 1+nx$$

$$L\sqrt{\frac{L^2}{L^2}+\frac{(x+h)^2}{L^2}} - L\sqrt{\frac{L^2}{L^2}+\frac{(x-h)^2}{L^2}} = \lambda\cdot n,\ n\in\mathbb{Z}$$

$$L\left(1+\left(\frac{x+h}{L}\right)^2\right)^{\frac12} - L\left(1+\left(\frac{x-h}{L}\right)^2\right)^{\frac12} = \frac{n\lambda}{L}$$

$$1+\frac12\left(\frac{x+h}{L}\right)^2 - \left(1+\frac12\left(\frac{x-h}{L}\right)^2\right) = \frac{2\lambda n}{L}$$

$$\frac{1}{L^2}(x^2+h^2+2hx) - \frac{1}{L^2}(x^2+h^2-2xh) = \frac{2n\lambda L^2}{L}$$

$$x^2+h^2+2hx - x^2-h^2+2hx = 2n\lambda$$

$$4hx = n\lambda L \Rightarrow x = \frac{n\lambda L}{4h} = \frac{LcT}{4h} =$$



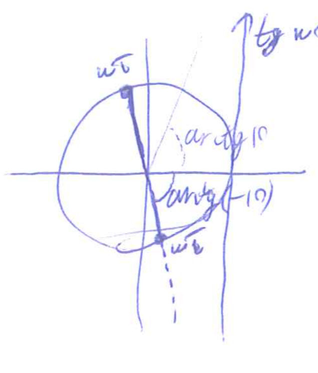
ЧИСТОВИК

$$\frac{g}{2\omega}\,\mathrm{tg}\,\omega\tau = -u$$

$$\mathrm{tg}\,\omega\tau = \frac{-2\omega u}{g} = \frac{-2\omega}{g}\cdot\sqrt{\frac{gL}{2}} = -\omega\sqrt{\frac{4gL}{2g^2}} = -\omega\sqrt{\frac{2L}{g}} =$$

~~$\tau = \mathrm{arctg}\left(-\omega\sqrt{\frac{2L}{g}}\right)$~~

$$= -5\sqrt{\frac{2\cdot 0{,}2}{10}} \approx -10$$



Очевидно, что первое значение $\tau > 0$ даст обнуление скорости в нижней точке ($h_{min}$) $\Rightarrow$ нам нужна $h_{max}$ $\Rightarrow$ $\omega\tau = \frac{3\pi}{2} =$

$= 2\pi - \mathrm{arctg}(10) = 2\pi - \mathrm{arctg}\left(\omega\sqrt{\frac{2L}{g}}\right)$

откуда $\tau = \frac{2\pi}{\omega} - \frac{\mathrm{arctg}\left(\omega\sqrt{\frac{2L}{g}}\right)}{\omega} =$

$$= \boxed{\frac{2\pi - \mathrm{arctg}\left(\omega\sqrt{\frac{2L}{g}}\right)}{\omega}} \approx \frac{\frac{3\pi}{2}}{\omega} = \frac{3\cdot 3{,}14}{2\cdot 5} \approx \boxed{0{,}952\ \text{с}}$$

ответ ответ



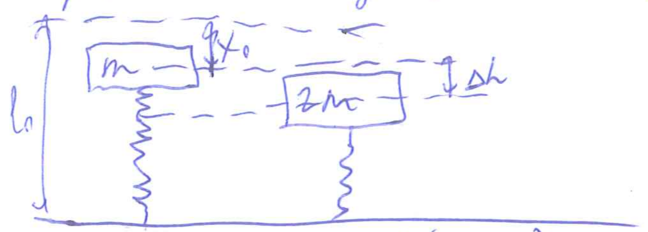
Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

ЧИСТОВИК

Также из ЗСЭ ясно, что при $h_{max}$ $\sigma=0 \Rightarrow \dot{x}=0 \Rightarrow$

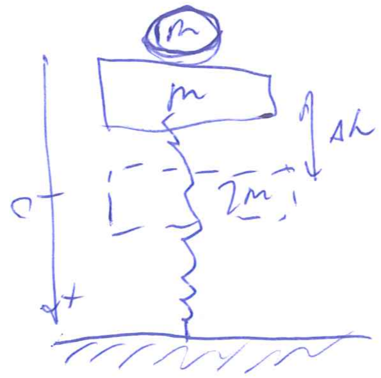
$\Rightarrow \dot{x}(\tau)=0=\omega(B\cos\omega\tau - A\sin\omega\tau)$

Необходимо проанализировать и координату при $t=0$. Для положения равновесия 2m пол. равн. m смещено на $\Delta h$;



$mg=kx_0$; $2mg=k(x_0+\Delta h) \Rightarrow 2mg=\overset{mg}{kx_0}+k\Delta h \Rightarrow$

$\Rightarrow k\Delta h = mg \Rightarrow \Delta h=\frac{mg}{k}$



Видно, что при выбранной Ox с нулём в указанной т.:

$x(0)=-\Delta h$

$x(0)=A\cancel{\cos 0}+\cancel{B\sin 0}=-\Delta h$

$\boxed{A=-\Delta h}\ \boxed{=-\frac{mg}{k}}$

$\dot{x}(\tau)=0=B\omega\cdot\cos\omega\tau - A\omega\sin\omega\tau=0$

$u\cos\omega\tau+\frac{mg\omega}{k}\sin\omega\tau=0$

$u\cos\omega\tau+mg\omega\cdot\frac{1}{2m\omega}\sin\omega\tau=0$

$u\cancel{\cos\omega\tau}+\frac{g}{2\omega}\overset{tg}{\sin\omega\tau}=0$



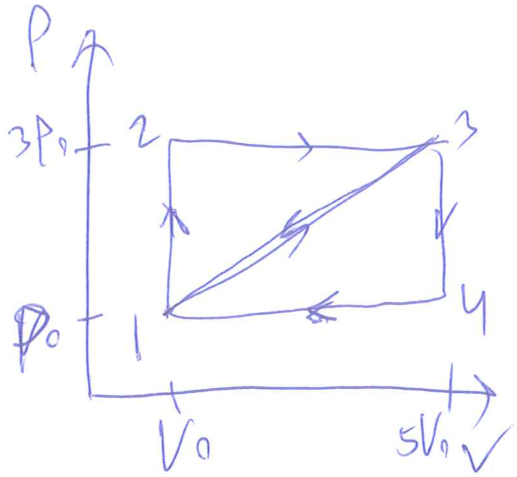


27-75-03-84 (1.7)

2.2.1.

ЧИСТОВИК

$\frac{\eta_{1-2-3-1}}{\eta_{1-3-4-1}} - ?$



$i=3$

$\Downarrow$

$\Delta U=\frac{3}{2}\nu R\Delta T$

1) $\eta_{1-2-3-1}=\frac{A_{1231}}{Q^+_{1231}}$

$A_{1231}=\frac{2P_0\cdot 4V_0}{2}=4P_0V_0$

I нач. терм.

$Q^+_{1231}=\cancel{Q_{12}+Q_{13}}=\Delta U_{13}+A_{13}=\frac{3}{2}\nu R\Delta T_{13}+$

$+\cancel{3P_0\cdot(5V_0-V_0)}$ $12P_0V_0$

из Клап.-Менд.

$\nu R\Delta T_{13}=\nu RT_3-\nu RT_1=3P_0\cdot 5V_0-P_0V_0=14P_0V_0 \Rightarrow$

$\Rightarrow Q^+_{1231}=\frac{3}{2}\cdot 14P_0V_0+12P_0V_0=33P_0V_0$

$\eta_{1231}=\frac{4P_0V_0}{33P_0V_0}=\frac{4}{33}$

ЧИСТОВИК

2) $\eta_{1341} = \frac{A_{1341}}{Q^+_{1341}}$

$A_{1341} = A_{1231} = 4P_0V_0$

$Q^+_{1341} = Q'^+_{13} = \Delta U'_{13} + A'_{13}$ ; т.к. функция сост. $\Delta U'_{13} = \Delta U_{13}$

$A'_{13} = \frac{P_0 + 3P_0}{2} \cdot (5V_0 - V_0) = 2P_0 \cdot 4V_0 = 8P_0V_0$

$Q^+_{1341} = \frac{3}{2} \cdot 14 P_0V_0 + 8P_0V_0 = 29P_0V_0$

$\eta_{1341} = \frac{4P_0V_0}{29P_0V_0} = \frac{4}{29}$

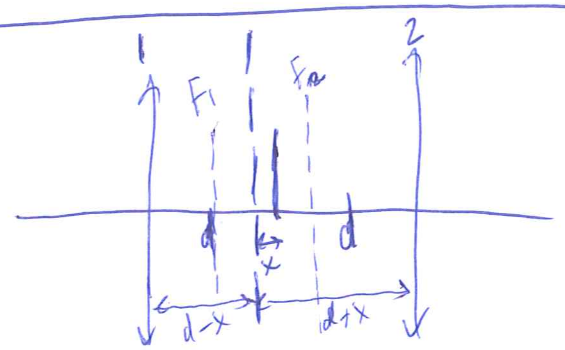
+

Ответ:

Отсюда: $\frac{\eta_{1231}}{\eta_{1341}} = \frac{4/33}{4/29} = \boxed{\frac{29}{33}}$

---

4.8.1




создают действ. изобр. $\Rightarrow \begin{cases} F_1 < d \\ F_2 < d \end{cases}$

Для первой линзы ясно, что т.к. изображение действ. и равновеликое $\Rightarrow$





ЧИСТОВИК

$2m\ddot{x} + kx = 0$

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

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

Решение ур-я колебаний можно искать в виде:

$x(t) = A\cos\omega t + B\sin\omega t$

Данные колебания будут происходить вокруг положения равновесия тела массой 2m.

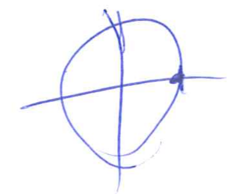
Но до соударения брусок покоился в другом положении, не совпадающем с положением равновесия тела 2m. $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ зав. координаты слипшихся тел от t может быть записана как $x_{слип}(t) = x(t) + x_1$, где $x_1$ – какая-то констан〈та〉.

Примем момент $t=0$ ~~сразу~~ сразу после удара.

Тогда при $t=0$ $\dot{x}_{слип}(0) = u$

Видно, что $\dot{x}_{слип}(t) = \frac{d}{dt}(x(t) + x_1) = \dot{x}(t) \Rightarrow$



$\Rightarrow \dot{x}(0) = u$

$\dot{x}(t) = \omega(B\cos\omega t - A\sin\omega t)$

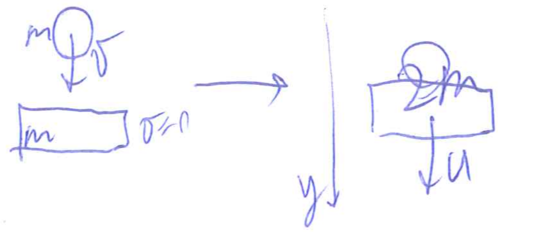
$\dot{x}(0) = \omega(B\cos 0 - \cancel{A\sin 0}) = B\omega = u \Rightarrow$

$\Rightarrow B = \frac{u}{\omega} = \boxed{\frac{\sqrt{gh/2}}{\omega} = B}$

1.1.1 Чистовик

После падения с высоты $h$ шарик приобретёт скорость $v = \sqrt{2gh}$ (из ЗСЭ $mgh = \frac{mv^2}{2}$).

Так как неупругое соударение происходит быстро действием силы тяжести на изменение скоростей тел во время удара можно пренебречь

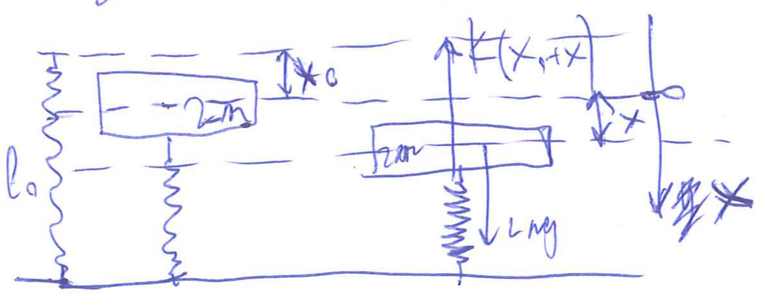


ЗСИ Oy:

$mv = 2mu \Rightarrow u = \frac{v}{2} = \sqrt{\frac{gh}{2}}$

Далее происходят колебания тела массой $2m$. (шарик прилип).

Проанализируем эти колебания. Представим, что тело массой $2m$ покоилось и его вывели из положения равновесия на величину $x$.



$l_0$ – длина недеформ. пруж.

$x_0$ – начальная деформация.

Из статики: $2mg = kx_0$

II з.Н. после отведения на $x$ на ось Ox:

$2ma_x = 2mg - k(x_0 + x)$

$2ma_x = 2mg - kx_0 - kx = \cancel{2mg} - \cancel{2mg} - kx$

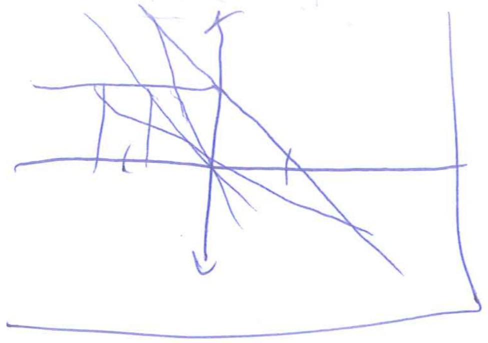
$2m\ddot{x} = -kx$



27-75-03-84 (1.7)

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

Чистовик



Предмет находится в двойном фокусе. Можно в этом убедиться восп. формулой тонкой линзы: $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \Rightarrow$

до пред. до изобр.

$\Rightarrow f = \frac{Fd}{d-F} = \frac{F \cdot 2F}{2F - F} = 2F$

Действительно, при $d = 2F$ $d = f \Rightarrow \Gamma_1 = 1$

($\Gamma = \frac{f}{d}$). ~~Итак~~ Ясно, что $\boxed{F_1 = \frac{d}{2}}$

Для второй линзы:

$\Gamma_2 = 3 = \frac{f_2}{d} \Rightarrow f_2 = 3d$

$\frac{1}{f_2} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F_2} \Rightarrow F_2 = \frac{f_2 d}{f_2 + d} = \frac{3d \cdot d}{3d + d} = \boxed{\frac{3}{4}d}$

После сдвига: $\Gamma_1' = \Gamma_2' = \Gamma' = \frac{f_1'}{d-x} = \frac{f_2'}{d+x}$

(допустим сместили к $F_1$)

$f_1' = \frac{F_1(d-x)}{d-x-F_1}$ ; $f_2' = \frac{F_2(d+x)}{d+x-F_2}$

$\Gamma' = \frac{\overset{\frac{d}{2}}{\cancel{F_1}}}{d-x-\underset{\frac{d}{2}}{\cancel{F_1}}} = \frac{\overset{\frac{3}{4}d}{\cancel{F_2}}}{d+x-\underset{\frac{3}{4}d}{\cancel{F_2}}}$

$\frac{d}{2}\left(d+x-\frac{3}{4}d\right) = \frac{3}{4}d\left(d-x-\frac{d}{2}\right)$

Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

ЧИСТОВИК

$$2\cdot\frac{\cancel{d}}{2}\left(\frac{d}{4}+x\right) = \frac{2\cancel{d}}{4}\left(\frac{d}{2}-x\right)$$

$$\frac{2d}{4} + 2\cancel{d}x = \frac{3d}{2} - \cancel{3x} \quad \Big|\cdot 4$$

$$\cancel{2d} + 20x = 6d \Rightarrow d = 5x \Rightarrow x = \frac{d}{5}$$

Т.к. $x > 0$ мы правильно выбрали направление сдвига.

$$\boxed{\text{Ответ: } x = \frac{d}{5} = 5\text{ см}}$$

+

~~3.1) Жидкость проводящая ⇒ она единственная может быть причиной переноса зарядов с одной пластины на другую ⇒ и выделения тепла на резисторе из-за протекания через него тока.~~

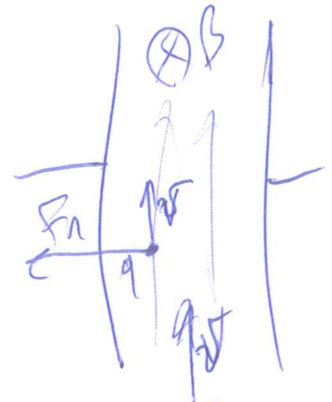


ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

ЧЕРНОВИК.

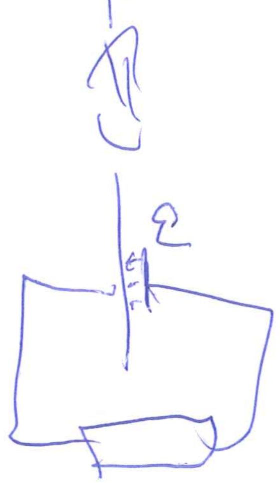
$P_m = 1$ кВт

$$P = UI = I^2R = \frac{U^2}{R}$$



$$\mathcal{E} = \frac{dA_{ист}}{dq} = \frac{dA_{ист}}{dq}$$

$$dA_{ист} = dA_{F_л}$$



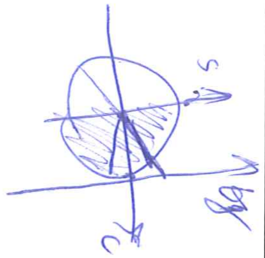
$$dA_{F_л} = dF_л \cdot d$$

$$dF_л = dq\cdot v\cdot B$$

$$dA_{ист} = \frac{dq\, v B\, d}{dq}$$

$$\vec{F}_л = q[\vec{v}\times\vec{B}]$$

$$\mathcal{E} = \frac{dA_{ист}}{dq} = vBd$$



$$P = \frac{\mathcal{E}^2}{R} = \frac{v^2B^2d^2}{R}$$

$$d^2 - max \Rightarrow$$

$$y = \alpha x^2$$

$$\frac{dy}{dx} = \alpha\cdot 2x$$

$$P(d) = \frac{v^2B^2}{R}\cdot d^2$$

$$P_m(d_m) = P_m = \frac{v^2B^2}{R}\cdot d_m^2 \Rightarrow d_m = \frac{\sqrt{P_m R}}{vB}$$

$$\frac{dP}{d(d)} = \frac{v^2B^2}{R}\cdot 2d.$$

По определению: $\mathcal{E} = \frac{A_{ст}}{\Delta q}$ $\boxed{\text{ЧИСТОВИК}}$

$A_{ст} = F_л \cdot d = \Delta q \cdot V \cdot B \cdot d \Rightarrow \mathcal{E} = V \cdot B \cdot d$

$F_л = \Delta q \cdot V \cdot B$

P на резисторе: $P = U_R I_R = \frac{U_R^2}{R} = \frac{\mathcal{E}^2}{R} = \frac{V^2B^2d^2}{R} =$

$= \frac{V^2B^2}{R} \cdot d^2$ $\boxed{d_m - ?}$

$P_m = \frac{V^2B^2d_m^2}{R} \Rightarrow d_m^2 = \frac{P_m R}{V^2B^2} \Rightarrow$

$\Rightarrow d_m = \frac{\sqrt{P_m R}}{VB} = \frac{\sqrt{1\cdot10^{-3}\cdot 0,4}}{0,1\cdot 1} = \frac{\sqrt{4\cdot10^{-4}}}{0,1} = \cancel{10}\cdot 2\cdot 10^{-2} =$

$= \frac{2}{10} = \boxed{0,2 м}$

$d_m$ – расстояние между мост. при макс. выд. P

Ответ: $\boxed{d = 20 см}$

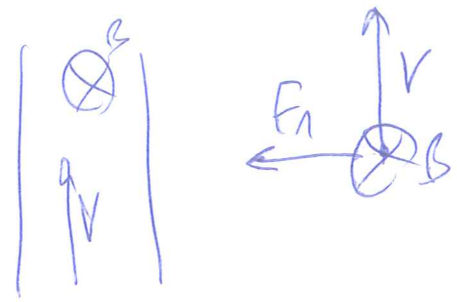




27-75-03-84
(1:7)

ЧЕРНОВИК

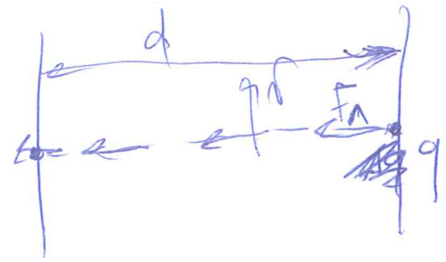
$\vec{F}_л = q(\vec{v} \times \vec{B})$

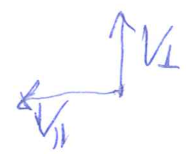



$C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}$

$\vec{E}$ $\quad \frac{E}{\varepsilon}$

$U = Ed$ $\quad U = \frac{E}{\varepsilon} d$




$I = \frac{dq}{dt}$

$A_{ст} = F_л d = qvBd$

$\mathcal{E} = \frac{A_{ст}}{q} = vBd$

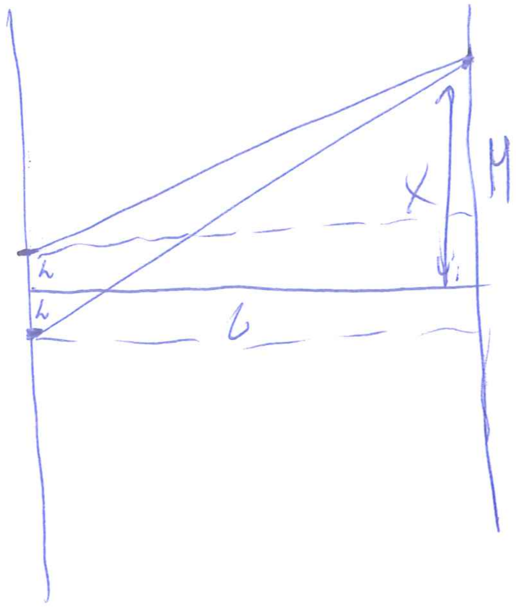
$P = UI = \mathcal{E} \cdot \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{\mathcal{E}^2}{R} = \frac{v^2B^2d^2}{R} = \frac{v^2B^2}{R} \cdot d^2$

$P' = \frac{v^2B^2}{R} \cdot 2d$ $\quad d'$

$dd' = 0$ $\quad \left[ d' = 0 \Rightarrow d' = 0 \right.$

5.8.1 ЧИСТОВИК

Найдём разность хода лучей из щелей (одна находится в зеркале).




Обозначим её за $\Delta$:

$$\Delta = \sqrt{L^2+(x+h)^2} - \sqrt{L^2+(x-h)^2} = L\sqrt{1+\left(\frac{x+h}{L}\right)^2} - L\sqrt{1+\left(\frac{x-h}{L}\right)^2} \approx$$

$$\approx L\left(1+\frac{1}{2}\left(\frac{x+h}{L}\right)^2\right) - L\left(1+\frac{1}{2}\left(\frac{x-h}{L}\right)^2\right)$$

используем прибл. выч. $(1+x)^\alpha \approx 1+\alpha x$ при $x \ll 1$

Также мы знаем, что чтобы ~~...~~ в $x$ наблюдалась полоса $\Delta = n\lambda,\ n \in \mathbb{Z}$

После преобразований получим:

$x = \frac{\lambda L}{2h}\cdot n$; видно, что полосы идут ~~за~~ каждые $\frac{\lambda L}{2h} = \Delta x$

Тогда $N$ можно найти как $\frac{H}{\Delta x} = \frac{2hH}{\lambda L} =$

$$= \frac{2\cdot10^{-3}м\cdot5\cdot10^{-2}м}{0{,}5\cdot10^{-6}м\cdot1м} = \frac{\cancel{10}^{2}\cdot10^{-5}}{\cancel{5}\cdot10^{-7}} = \boxed{200 \text{ полос}}$$

ОТВЕТ:



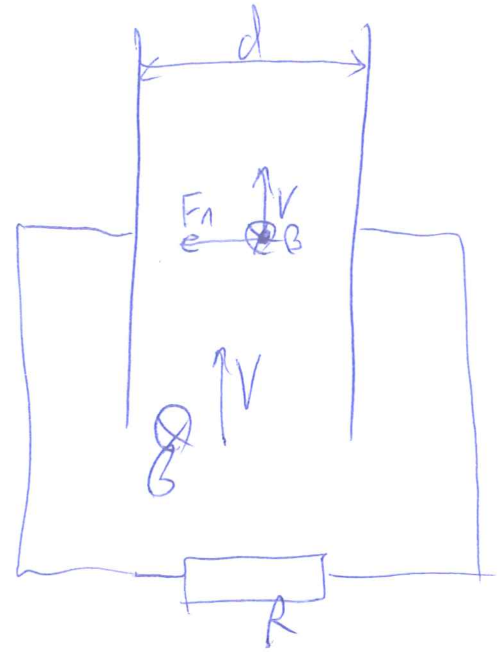


3.3.1. ЧИСТОВИК

$P_m = 1 мВт$

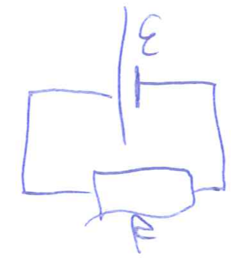
$B = 1 Тл$

$R = 0{,}4\,\Omega$




$F_л = q[\vec{v} \times \vec{B}]$

$\Leftrightarrow$




Жидкость проводящая $\Rightarrow$ она единственная может быть причиной переноса зарядов с одной пластины на другую, а следовательно и причиной выделения тепла на резисторе из-за протекания по нему эл. тока.

Ясно, что на заряды, находящиеся в движ. со скоростью V начинает действ. сила Лоренца направленная влево (видно из вект. произв.), Так как заряды приходят в движение, попадая в жидкость. Компонента их скорости параллельная пластинам создает соотв. комп. силы Лоренца, но она не совершает работы в пер. от одной пластины к другой.

r-? Вн. сопр