



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 3

Место проведения : г. Москва

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников „Ломоносов“

по физике

Смирнова Никиты Сергеевича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

вышел в 13²⁷
вернулся в 13³⁰

Дата
«14» февраля 2025 года

Подпись участника
Смир-

Черновик

$$P = \dot{A}$$

$$U = Ed$$

$$A = q \cdot U$$

$$q \cdot U = B \int v$$

$$dq \cdot U = B \int v \cdot \frac{d}{2}$$

$$F_1 = d/2$$

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{\Gamma d} = \frac{1}{F_2}$$

$$\frac{\Gamma + 1}{\Gamma d} = \frac{1}{F_2}$$

$$\frac{1}{F_1} = \frac{1}{20} + \frac{1}{y}$$

$$\frac{2}{25} - \frac{1}{20} = \frac{1}{y}$$

$$\frac{8}{100} - \frac{5}{100} = \frac{1}{y} = \frac{3}{100}$$

$$\frac{1}{F_2} = \frac{1}{30} + \frac{1}{\frac{5}{3} \cdot 30}$$

$$\Gamma = \frac{100}{3} = 33.3$$

$$\frac{1}{30} + \frac{1}{50} = \frac{5+3}{150} = \frac{8}{150}$$

$$F_1 = \frac{25}{2}$$

$$\frac{2}{25} = \frac{1}{20} + \frac{1}{y}$$

$$\frac{8}{150} = \frac{\Gamma + 1}{30\Gamma}$$

$$8\Gamma = 5\Gamma + 5$$

$$3\Gamma = 5$$

$$\frac{2}{25} - \frac{1}{20} = \frac{8-5}{100} = \frac{3}{100}$$

$$\frac{1}{F_2} = \frac{1}{30} + \frac{1}{50}$$

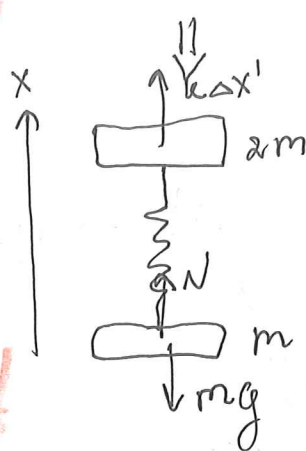
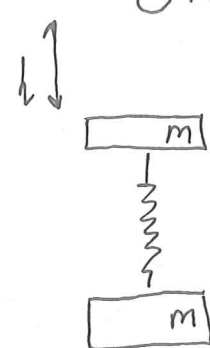
$$\frac{5}{3}$$

$$\frac{1}{F_2} = \frac{5+3}{150} = \frac{8}{150}$$

$$\frac{4}{3} = \frac{\Gamma + 1}{\Gamma}$$

28-59-99-42
(3.10)

Задача №1



В нач. положении пружина
свободна $\Delta x = 0$ $mg = k \Delta x$

$$\Delta x = \frac{mg}{k}$$

$$mgh + \frac{k \Delta x^2}{2} = \text{const}$$

нач. энергия
системы.

Колебания будут гармоническими
если нет никакой другой
не отрывающегося условия
отрыва $N=0$

Когда масса падает
все потенциальная энергия переходит
в энергию сжатой пружины

$$\frac{k(\Delta x')^2}{2} = mgh + \frac{k \Delta x^2}{2} = mgh + \frac{k(mg)^2}{2k}$$

$$\frac{k(\Delta x')^2}{2} + \frac{2m v^2}{2} = \text{const}$$

$$v = \dot{x}$$

$$k \Delta x' \cdot \dot{\Delta x'} + 2m \dot{x} \cdot \ddot{x} = 0$$

$$k \Delta x' \cdot \dot{\Delta x'} + 2m \dot{x} \cdot \ddot{x} = 0$$

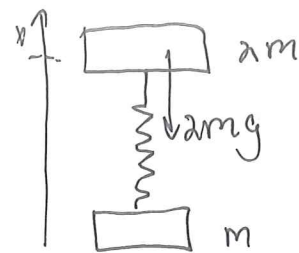
$$\omega = \sqrt{\frac{k}{2m}}$$

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

$$x(0) =$$

верхней
массы (брусом + массой)
в произвольный момент
времени
 $\Delta x' = x$
 $\Delta x' -$ смещение /
растяжение
пружины
в любой
момент

Черновик



$$2m\ddot{x} = -2mg - k(x - x_0)$$

x_0 - наг смещение пружины

$$x_0 = \frac{mg}{k}$$

$$2m\ddot{x} + 2mg + k(x - x_0) = 0 \text{ - упр-е колеб.}$$

$$\ddot{x} + \frac{k}{2m}x - \frac{kx_0}{2m} = 0$$

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

$$\ddot{x} + \frac{k}{2m}x + \frac{g}{2} = 0 \quad \text{Замена } y = x + C$$

$$\ddot{y} + \frac{k}{2m}y - \frac{kC}{2m} + \frac{g}{2} = 0 \quad \text{где } C = \text{const}$$

$$y(t) = A \cos(\omega t) + B \sin(\omega t) \quad \frac{kC}{2m} = \frac{g}{2}$$

$$2m\ddot{x} = -2mg - kx \quad \text{где } C = \frac{gm}{k}$$

$$\ddot{x} + \frac{k}{2m}x + \frac{g}{2} = 0 \quad \text{где } x - \frac{1}{2} \text{ смещение пружины в нач. момент}$$

$$y = x + C$$

$$\ddot{y} + \frac{k}{2m}y - \frac{kC}{2m} + \frac{g}{2} = 0$$

$$\frac{kC}{2m} = \frac{g}{2} \quad C = \frac{2mg}{k}$$

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

$$y(0) = x_0 + C = -\frac{mg}{k} + \frac{2mg}{k} = \frac{mg}{k}$$

$$A = \frac{mg}{k}$$

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

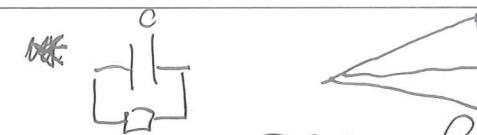
В нач. момент скорость бусинки $2m = 25$

Каждому используем ЗСИ и ЗСЭ

Вращение происходит со скоростью ω

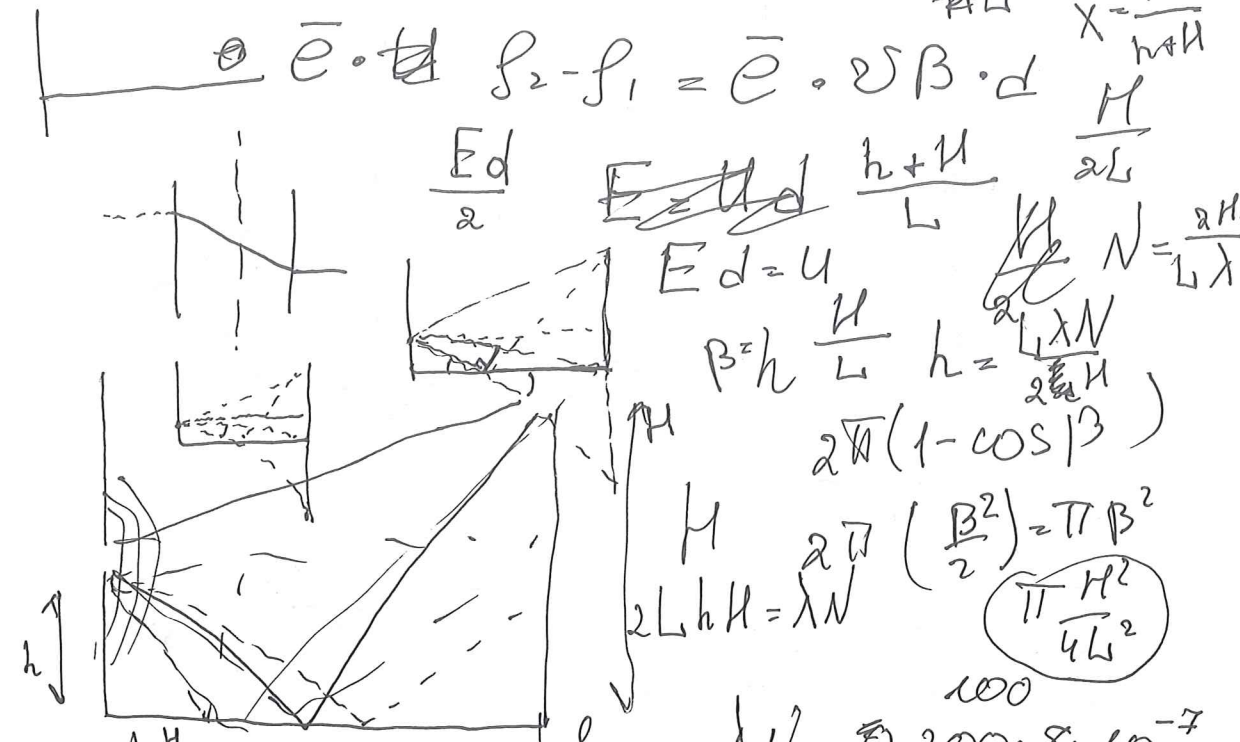
$$m\omega_1 = 2m\omega \Rightarrow \omega = \frac{\omega_1}{2}$$

Черновик



Это конденсатор с. по середине $\Rightarrow 0$

$$U = \frac{h+H}{L} \cdot x \quad \frac{h+H}{L} = \frac{H}{L} \quad x = \frac{HL}{h+H}$$



$$N = \frac{2hH}{L} \quad \lambda N = \frac{200 \cdot 8 \cdot 10^{-7}}{2 \cdot 10^{-3} \cdot 8 \cdot 10^{-2}} \quad N = 2N_0$$

$$U = dE \cdot \frac{d}{2} \quad \frac{d}{2} = \frac{d}{2} \quad N = \frac{2hH}{L}$$

$$U = dE \cdot \frac{d}{2} \quad \frac{d}{2} = \frac{d}{2} \quad N = \frac{2hH}{L}$$

$$U = dE \cdot \frac{d}{2} \quad \frac{d}{2} = \frac{d}{2} \quad N = \frac{2hH}{L}$$

$$U = dE \cdot \frac{d}{2} \quad \frac{d}{2} = \frac{d}{2} \quad N = \frac{2hH}{L}$$

$$U = dE \cdot \frac{d}{2} \quad \frac{d}{2} = \frac{d}{2} \quad N = \frac{2hH}{L}$$

$$U = dE \cdot \frac{d}{2} \quad \frac{d}{2} = \frac{d}{2} \quad N = \frac{2hH}{L}$$

$$U = dE \cdot \frac{d}{2} \quad \frac{d}{2} = \frac{d}{2} \quad N = \frac{2hH}{L}$$

Задача N5

Числовик

$H \ll L$ 5 см и 1 м

$$\alpha = \frac{h+H}{L}$$

$$AB = \frac{H}{\alpha} = \frac{HL}{h+H}$$

$$\beta = \frac{h}{HL}$$

$$\gamma = \pi - \alpha - \beta = \pi - \left(\frac{h+H}{L} + \frac{h}{HL} \right)$$

$$\gamma = \pi - \left(\frac{2h+H}{L} \right)$$

$N_0 \rightarrow$ без зеркала.

$$N_0 \sim \frac{H}{L}$$

$$N \sim \frac{H}{L} + \gamma = \frac{H}{L} + \pi - \frac{2h+H}{L}$$

$$\gamma = \frac{\pi}{2} - \left(\frac{\pi}{2} - \alpha \right) - \beta = \alpha - \beta$$

$$= \frac{h+H}{L} - \beta = \frac{h}{L}$$

$$\gamma = \frac{h+H}{L} - \frac{h}{L} = \frac{H}{L}$$

$$\leftarrow N_0 \sim H/L$$

$$N \sim H/L + \frac{H}{L} \sim \frac{2H}{L}$$

Судя по малому h на экран падает почти 1/2 больше лучей

Остаток посылать сильно полосу без зеркала в сторону без зеркала.

$$N_0 = \frac{h}{\lambda} \cdot \left(\frac{H}{L} \right) \rightarrow \text{угловой размер.}$$

$$N = \frac{2hH}{\lambda L} \Rightarrow h = \frac{N \lambda L}{2H} = \frac{200 \cdot 5 \cdot 10^{-7} \cdot 1}{2 \cdot 5 \cdot 10^{-2}}$$

$$h = 1 \cdot 10^{-3} = 1 \text{ мм}$$

Ответ: $h = 1 \text{ мм}$.

Числовик

$$v = \frac{\sqrt{2gh}}{2} = \sqrt{\frac{gh}{2}}$$

$$B\omega = \sqrt{\frac{gh}{2}} \quad \omega = \sqrt{\frac{k}{2m}}$$

$$B = \sqrt{\frac{gh}{2k}} \cdot m = \sqrt{\frac{mgh}{k}}$$

$$y(t) = \frac{mg}{k} \cos(\omega t) + \sqrt{\frac{mgh}{k}} \sin(\omega t)$$

$$x(t) = \frac{mg}{k} \cos(\omega t) + \sqrt{\frac{mgh}{k}} \sin(\omega t) - \frac{2mg}{k}$$

Куплю найти расхождение в момент когда $v = 0 \rightarrow$ max расхождения.

$$\dot{x}(t) = -\frac{mg}{k} \cdot \omega \sin(\omega t) + \sqrt{\frac{mgh}{k}} \omega \cos(\omega t) = 0$$

$$-\sqrt{\frac{mg}{k}} \sin(\omega t) + \cos(\omega t) \sqrt{h} = 0$$

$$-\sqrt{\frac{mg}{k}} \sin(\omega t) + \sqrt{1 - \sin^2(\omega t)} \sqrt{h} = 0$$

$$\sqrt{\frac{mg}{kh}} \sin(\omega t) = \sqrt{1 - \sin^2(\omega t)}$$

$$\frac{mg}{kh} \sin^2(\omega t) = 1 - \sin^2(\omega t)$$

$$\sin^2(\omega t) \left(1 + \frac{mg}{kh} \right) = 1$$

$$\sin^2(\omega t) = \frac{kh}{kh+mg}$$

$$\cos^2(\omega t) = 1 - \frac{kh}{kh+mg} = \frac{mg}{kh+mg}$$

$$x(t) = \frac{mg}{k} \sqrt{\frac{mg}{kh+mg}} + \sqrt{\frac{mgh}{k}} \sqrt{\frac{kh}{kh+mg}} - \frac{2mg}{k}$$

$$x = \sqrt{\frac{(mg)^3}{k^2(kh+mg)}}$$

$$kx = mg$$

Числами

$$mg \sqrt{\frac{mg}{kh+mg}} + k \sqrt{\frac{mgh}{k}} \sqrt{\frac{kh}{kh+mg}} - 2mg = mg$$

$$mg \sqrt{\frac{mgh}{kh+mg}} + k \sqrt{\frac{mgh^2}{kh+mg}} = 3mg$$

$$(mg + kh) \sqrt{\frac{mgh}{kh+mg}} = 3mg$$

$$(mg + kh)^2 \frac{mgh}{(kh+mg)} = 9(mg)^2$$

$$(mg + kh) mgh = 9 m^2 g^2$$

$$kh = 8 mg - \text{предельный вес}$$

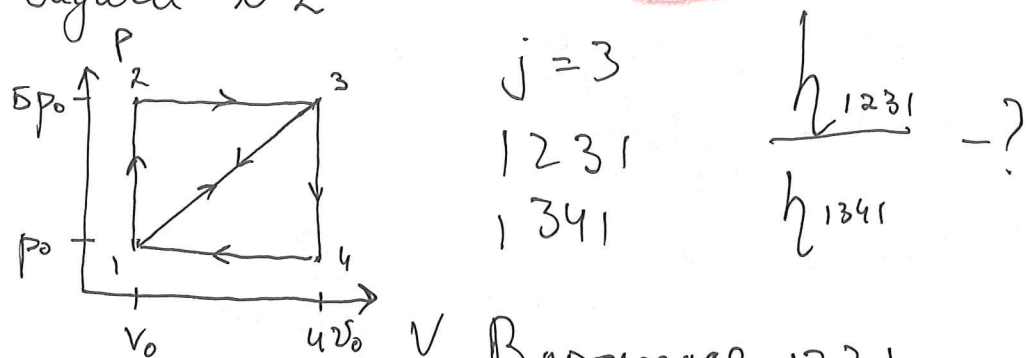
$$h_{\max} = 8 \text{ см}$$

$$k = \frac{8 mg}{h_{\max}} = \frac{8 \cdot 0,1 \cdot 10}{0,08}$$

$$= \frac{8}{0,08} = 100 \text{ Н/м}$$

Ответ: 100 Н/м

Задача 2



Теплота передается

и работу в процессах 1→2 и 2→3

$$Q_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$$

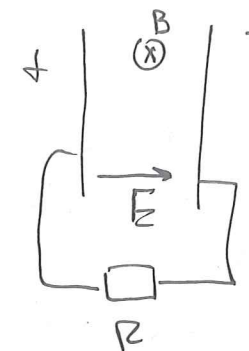
$$p_0 V_0 = \nu R T_1 \Rightarrow T_1 = \frac{p_0 V_0}{\nu R}$$

$$5 p_0 V_0 = \nu R T_2 \Rightarrow T_2 = \frac{5 p_0 V_0}{\nu R}$$

$$Q_{12} = \frac{3}{2} \nu R \left(\frac{5 p_0 V_0}{\nu R} - \frac{p_0 V_0}{\nu R} \right) = 6 p_0 V_0$$

Задача 3

Числами



$$\mathcal{E} R = E d$$

$$P_m = \mathcal{E}^2 R - \text{в макс сегмента}$$

Это конденсатор,
посередине $\mathcal{E} = 0$

Работу которую делает электрическое поле равно сумме от электрического поля поверхности посередине конденсатора, посередине работы для электрического заряда $\mathcal{E} \cdot U = \mathcal{E} \cdot 2 \cdot B \cdot \frac{d}{2}$

$$E = \frac{2 \mathcal{E} B}{2}$$

По 2-й

Максимум

$$E = [V \times B] = \mathcal{E} B$$

$$\mathcal{E} d = \mathcal{E} R$$

$$\mathcal{E} = \frac{\mathcal{E} d}{R}$$

$$P_m = \frac{\mathcal{E}^2 d^2}{4 R} = \frac{\mathcal{E}^2 B^2 d^2}{4 R}$$

Максимальная мощность, которая может выделяться на резисторе в процессе зарядки конденсатора

$$\mathcal{E}^2 = 4 R P_m$$

$$B^2 d^2 = \frac{4 \cdot 0,4 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 16 \cdot 10^{-2}} = 1 \cdot 10^{-2}$$

$$B d = 1 \cdot 10^{-1} = 0,1 \text{ м/с}$$

Ответ: $\mathcal{E} = 0,1 \text{ м/с}$

Числовые
не подходит $\Rightarrow$ сместим вправо

$$\frac{1}{F_1} = \frac{1}{d+x} + \frac{1}{y} \quad \frac{2}{25} = \frac{1}{30} + \frac{1}{y}$$

Для второй

$$\frac{1}{y} = \frac{2}{25} - \frac{1}{30} = \frac{10-6}{150}$$

$$\frac{1}{F_2} = \frac{1}{d-x} + \frac{1}{\frac{5}{4}(d-x)}$$

$$y = \frac{150}{4}$$

$$\Gamma_1 = \frac{150}{4} = \frac{5}{4}$$

$$\frac{1}{F_2} = \frac{1}{20} + \frac{1}{25}$$

$$\frac{1}{F_2} = \frac{4+5}{100} = \frac{9}{100} = \frac{\Gamma+1}{\Gamma \cdot 25}$$



$$\Gamma_2 = \frac{4}{9} > 0,25 \Rightarrow 9\Gamma = 4\Gamma + 4$$

возвращение $\Rightarrow$ будет давать меньше $\Gamma = 4/5$ - не подходит
В первом случае $L_{25\text{мм}} \Gamma_2$ ошибки в расчете

$$\frac{1}{F_2} = \frac{8}{150} - \text{верно}$$

$$\frac{1}{F_2} = \frac{\Gamma+1}{\Gamma d} \quad \frac{\Gamma+1}{\Gamma \cdot 25} = \frac{8}{150} = \frac{4}{3}$$

$$3\Gamma + 3 = 4\Gamma$$

Ответ: $\Gamma = 3$ $\leftarrow$ $\Gamma = 3$
 $\downarrow$ подходит

$$Q_{23} = A_2 + \frac{3}{2} \gamma R \Delta T_2 \quad 5p_0 \cdot 4V_0 = \gamma R T_3$$

$$5p_0 \cdot V_0 = \gamma R T_2$$

$$A_2 = 5p_0 \cdot 3V_0 = 15p_0 V_0 \quad \Delta T_2 = T_3 - T_2$$

$$= \frac{20p_0 V_0}{\gamma R} - \frac{5p_0 V_0}{\gamma R} = \frac{15p_0 V_0}{\gamma R}$$

$$Q_{23} = 15p_0 V_0 + \frac{3}{2} \cdot 15p_0 V_0$$

$$= \frac{5}{2} \cdot 15p_0 V_0 = \frac{75p_0 V_0}{2}$$

Полная работа газа за цикл 1231

$$= (5p_0 - p_0) \cdot 3V_0 = \frac{4p_0 \cdot 3V_0}{2} = 6p_0 V_0 \text{ тогда}$$

$$\eta_{1231} = \frac{6p_0 V_0}{6p_0 V_0 + \frac{75p_0 V_0}{2}} = \frac{12p_0 V_0}{12p_0 V_0 + 75p_0 V_0} = \frac{12}{87}$$

Теперь посчитаем η_{1341} : тут температура повышается только в $1 \rightarrow 3$

$$Q_+ = A_2 + \frac{3}{2} \gamma R (T_3 - T_1) \quad 20p_0 V_0 = \gamma R T_3$$

$$A_2 \text{ считается как площадь } p_0 V_0 = \gamma R T_1$$

$$T_3 - T_1 = \frac{19p_0 V_0}{\gamma R}$$

$$A_2 = \frac{1}{2} \cdot 4p_0 \cdot 3V_0 = 6p_0 V_0$$

$$Q_+ = 6p_0 V_0 + \frac{3}{2} \cdot 19p_0 V_0$$

Работа за цикл также не как и в первом случае $A_{1341} = A_{1341} = 3V_0 \cdot 4p_0 = 6p_0 V_0$

$$\eta_{1341} = \frac{6p_0 V_0}{6p_0 V_0 + \frac{3}{2} \cdot 19p_0 V_0} = \frac{12p_0 V_0}{12p_0 V_0 + 3 \cdot 19p_0 V_0}$$

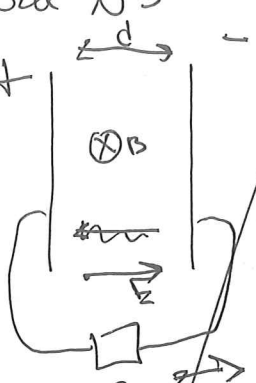
$$= \frac{12}{18 + 57} = \frac{12}{75} \quad 30 + 27 \quad \frac{18}{75}$$

Чисовин

$$\frac{h_{1341}}{h_{1231}} = \frac{12/75}{12/87} = \frac{87}{75}$$

Ответ: $\boxed{\frac{87}{75}} = \frac{h_{1341}}{h_{1231}}$

Задача N3



$R = 0,4 \Omega$
 $d = 40 \text{ см}$
 $B = 1 \text{ Тл}$
 $P_m = 14 \text{ Вт}$

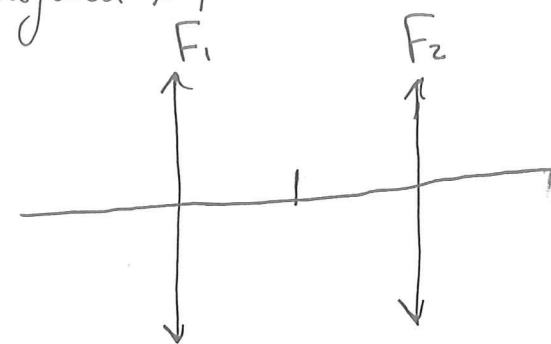
$P_m = I^2 R$ $P_m = \frac{E^2 d^2}{R} = \frac{B^2 v^2 d^2}{R}$
 $E \cdot d = I R$
 $B v d = I R$
 $B v d = \sqrt{\frac{P_m}{R}} R$
 $B^2 v^2 d^2 = P_m R$
 $v^2 = \frac{P_m R}{B^2 d^2} = \frac{14 \cdot 0,4}{1^2 \cdot 0,4^2} = 10^{-3} \cdot 0,4$
 $v^2 = \frac{1 \cdot 10^{-3} \cdot 0,4}{1 \cdot 16 \cdot 10^{-2}} = \frac{1}{4} \cdot 10^{-2} = 0,04$

Образуются конденсатор и катушка

$\mathcal{E}_m = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{B dS}{dt} = -B v d$
 $E d = B v d$
 $E = B v$

Чисовин

Задача N4



$d = 25 \text{ см}$

$\Gamma - ?$

Если сместить на $x = 5 \text{ см}$

$\Gamma_1 = \Gamma_2$

Пусть у первой лезвы роуле $= F_1$, у другой F_2

увеличение $\Rightarrow$ где нел d -двойное роуле где второй: $\frac{1}{F_2} = \frac{1}{d} + \frac{1}{\Gamma d}$

$\Gamma > 0$ $\Gamma > 1$
 $\frac{1}{F_2} = \frac{\Gamma + 1}{\Gamma d}$
 $F_2 = \frac{\Gamma d}{\Gamma + 1}$

$\frac{1}{F_1} = \frac{1}{d-x} + \frac{1}{y}$

$\frac{2}{25} = \frac{1}{20} + \frac{1}{y}$ $\frac{1}{y} = \frac{2}{25} - \frac{1}{20} = \frac{8-5}{100} = \frac{3}{100}$

Для второй лезвы $\Gamma_1 = \frac{100}{3 \cdot 20} = 5/3$

$\frac{1}{F_2} = \frac{1}{d+x} + \frac{1}{\Gamma_1(d+x)}$ $\frac{1}{F_2} = \frac{1}{30} + \frac{1}{50}$

$\frac{\Gamma \cdot 25}{\Gamma + 1} = \frac{8}{150}$

$\frac{1}{F_2} = \frac{3+5}{150} = \frac{8}{150}$

$\frac{8}{150} = \frac{\Gamma + 1}{\Gamma d}$
 $\frac{25\Gamma}{\Gamma + 1} = \frac{8}{150}$
 $6\Gamma + 1 = 8\Gamma$ $\Gamma = 1/2$