



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 2

Место проведения: Москва

генерал

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов

по физике

Погребной Виктории Дмитриевны
фамилия, имя, отчество (в родительном падеже)

Дата

«14» февраля 2025 года

Подпись участника

В.А.

$$\sqrt{\frac{h}{g}} \cdot \frac{k}{m}$$

$$\sqrt{\frac{m \cdot c^2}{h}} \cdot \frac{h \cdot k}{m \cdot c^2}$$

$$y = \frac{m_0}{k} - \frac{m_0}{k} \cos(\omega t) + \sqrt{\frac{m_0 h}{k}} \sin(\omega t)$$

$$y = \frac{m_0}{k} - \sqrt{\left(\frac{m_0}{k}\right)^2 + \frac{m_0 h}{k}} \sin(\omega t + \varphi)$$

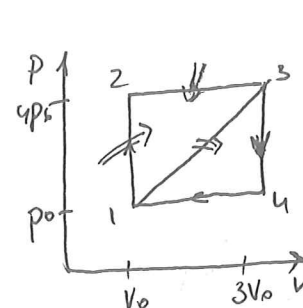
$$\frac{m_0}{k} - \sqrt{\left(\frac{m_0}{k}\right)^2 + \frac{m_0 h}{k}} \geq -\frac{a m_0}{k}$$

$$\frac{3 m_0^2}{k^2} \geq \left(\frac{m_0}{k}\right)^2 + \frac{m_0 h}{k}$$

57-65-29-42
(2.7)

Исходник.

Задача 2.



$$\eta_1 = ?$$

Для 1 цикла

$$Q_{12} = \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1)$$

$$Q_{12} = \frac{3}{2} \cdot 3 p_0 V_0 = \frac{9}{2} p_0 V_0$$

$$Q_{23} = C_p \nu R (T_3 - T_2) = \frac{5}{2} \nu R (4 p_0 \cdot 3 V_0 - p_0 \cdot 3 V_0)$$

$$Q_{23} = \frac{5}{2} \cdot 8 p_0 V_0 = 20 p_0 V_0$$

В процессе 3-1: $V \downarrow, T \downarrow \Rightarrow$ тепло отдается.

$$\eta_1 = \frac{A_1}{Q_{12} + Q_{23}}$$

$$A_1 = \frac{3 p_0 \cdot 2 V_0}{2} = 3 p_0 V_0$$

$$\eta_1 = \frac{3 p_0 V_0}{\frac{9}{2} p_0 V_0 + 20 p_0 V_0} = \frac{6}{9 + 40} = \frac{6}{49}$$

Цикл 2 (1-3-4-1)

В процессе 1-3: $V \uparrow \Rightarrow A_2 > 0, T \uparrow \Rightarrow \Delta U > 0 \Rightarrow Q > 0$.

$$Q_{34} < 0, Q_{41} < 0, Q_{13} = A_{13} + \Delta U_{13} = \frac{p_0 + 4 p_0}{2} \cdot 2 V_0 + \frac{3}{2} \nu R \left(\frac{4 p_0 \cdot 3 V_0}{\nu R} - \frac{p_0 V_0}{\nu R} \right)$$

$$Q_{13} = 5 p_0 V_0 + \frac{3}{2} \cdot 11 p_0 V_0 = \frac{33 + 10}{2} p_0 V_0 = \frac{43}{2} p_0 V_0$$

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

$$\eta_2 = \frac{A_2}{Q_{13}} = \frac{3 p_0 V_0}{\frac{43}{2} p_0 V_0} = \frac{6}{43}$$

$$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{A_1}{Q_{12} + Q_{23}} \cdot \frac{Q_{13}}{A_2} = \frac{6}{49} \cdot \frac{43}{6}$$

$$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{43}{49}$$

т.е. η_1 - КПД цикла 1-2-3-1

⊕

57-65-29-42
(2.7)

Исходные

Перед ударом о брусок скорость пластины $u = \sqrt{2gh}$
 ЗСМ до удара: $mu = 2m\frac{v_0}{2} \Rightarrow v_0 = \frac{u}{2}$
 на ось y .

Пружина не имеет сжатия.

Колебания происходят только гармоническими, если оторвется нижний брусок, т.е. $v_0 \geq \frac{u}{2}$

ИЗН: $\vec{N} + \vec{F}_y + m\vec{g} = 0$ и $\vec{N} = 0$.
 На ось y : $mg - F_y = 0$ $F_y = mg$ $F_y = k\Delta y$ $\Delta y = \frac{mg}{k}$ — на сколько растягивается пружина.
 $\Delta y = y + \Delta y_0$, где y — координата верхнего груза от положения равновесия. Δy_0 — начальное растяжение пружины.

Когда пластины ещё не упал. $F_{y0} = mg = k\Delta y_0 \Rightarrow \Delta y_0 = \frac{mg}{k}$
 ИЗН: $\Delta y = y + \Delta y_0 \Rightarrow -\frac{mg}{k} = -y + \frac{mg}{k} \Rightarrow y = \frac{2mg}{k}$
 т.е. при $y = -\frac{2mg}{k}$ оторвется нижний брусок.

Значит максимум, до которого может во время колебаний подняться верхний брусок это $y_{min} = -\frac{2mg}{k}$

ИЗН. Ньютона для верх. брус+пластины: $2m\ddot{y} = 2mg - k(y + \Delta y_0)$
 $\ddot{y} = g - \frac{k}{2m}y - \frac{k\Delta y_0}{2}$
 $\ddot{y} + \frac{k}{2m}y = g - \frac{k\Delta y_0}{2}$ $\ddot{y} + \frac{k}{2m}y = \frac{g}{2}$ $\omega^2 = \frac{k}{2m}$ $\omega = \sqrt{\frac{k}{2m}}$ $\frac{1}{\omega} = \sqrt{\frac{2m}{k}}$

$y = \frac{mg}{k} - \frac{mg}{k} \cos(\omega t) + \sqrt{\frac{gh}{2}} \cdot \sqrt{\frac{2m}{k}}$
 $y = \frac{mg}{k} - \frac{mg}{k} \cos(\omega t) + \sqrt{\frac{mgh}{k}}$
 $\dot{y}(0) = -\frac{mg}{k} \sin(0) + \sqrt{\frac{mgh}{k}} \sin(0) = 0$
 $\dot{y}(0) = -A\omega \sin \omega t + B\omega \cos \omega t = \sqrt{\frac{gh}{2}} \cos \omega t = 0$ (продифференцируем)
 $\Rightarrow B = \sqrt{\frac{gh}{2}}$
 $\ddot{y} = -A\omega \sin(\omega t) + B\omega \cos(\omega t) - \frac{km}{2} \cos(\omega t) + \sqrt{\frac{gh}{2}} \cos(\omega t) = 0$
 $\ddot{y} = \sqrt{\frac{mgh}{k}} \sin(\omega t + \varphi) \Rightarrow \varphi = \arccos \sqrt{\frac{gh}{2}}$
 $\varphi = \arccos \sqrt{\frac{gh}{2}}$
 $y_{max} = \frac{mg}{k} - \frac{mg}{k} \cos(\arccos \sqrt{\frac{gh}{2}}) + \sqrt{\frac{mgh}{k}} \sin(\arccos \sqrt{\frac{gh}{2}})$
 $\cos \varphi = \sqrt{\frac{gh}{2}}$ $\sin \varphi = \sqrt{1 - \frac{gh}{2}}$
 $\cos \varphi = \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{kh}{mg}}}$ $\sin \varphi = \sqrt{1 - \frac{1}{1 + \frac{kh}{mg}}} = \sqrt{\frac{kh}{mg + kh}}$
 $y_{max} = \frac{mg}{k} - \frac{mg}{k} \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{kh}{mg}}} + \sqrt{\frac{mgh}{k}} \sqrt{\frac{kh}{mg + kh}}$
 $y_{max} = \frac{mg}{k} \left(1 - \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{kh}{mg}}} \right) + \sqrt{\frac{mgh}{k}} \sqrt{\frac{kh}{mg + kh}}$
 $1 + \frac{kh}{mg} = \frac{mg + kh}{mg}$
 $\sqrt{\frac{1}{1 + \frac{kh}{mg}}} = \sqrt{\frac{mg}{mg + kh}}$
 $\sqrt{\frac{mgh}{k}} \sqrt{\frac{kh}{mg + kh}} = \sqrt{\frac{mgh}{k}} \cdot \sqrt{\frac{kh}{mg + kh}} = \sqrt{\frac{mgh \cdot kh}{k(mg + kh)}} = \sqrt{\frac{mgh \cdot h}{mg + kh}}$

$$J_{\text{мтн}} = \frac{m g}{k} - \frac{m g}{k} \sqrt{\frac{m g}{m g + k h}} + \sqrt{\frac{m g k}{k}} \sqrt{\frac{k h}{m g + k h}}$$

$$J_{\text{мтн}} = \frac{m g}{k} + \sqrt{\frac{m g}{m g + k h}} \left(\sqrt{k h} - \frac{m g}{k} \right) \geq - \frac{2 m g}{k}$$

Грани. случай равенства.

$$\sqrt{\frac{m g}{m g + k h}} \left(h - \frac{m g}{k} \right) \geq - \frac{3 m g}{k}$$

$$\frac{m g}{m g + k h} \left(h - \frac{m g}{k} \right)^2 = \frac{9 m g^2}{k^2}$$

$$\frac{m g}{k} \left(h - \frac{m g}{k} \right)^2 = \frac{9 m g^2}{k^2}$$

$$\frac{m g}{k} + h \left(h - \frac{m g}{k} \right)^2 = 9 \frac{m g^2}{k^2}$$

$$\alpha^2 h^2 - 2 \alpha h + \alpha^2 = 9 \alpha^2$$

$$\beta h^2 - 2 \beta^2 h + \beta^2 = 9 \beta^2$$

$$\beta h^2 - 11 \beta^2 h + 8 \beta^2 = 0$$

$$h^2 - 11 \beta h - 8 \beta = 0$$

$$h = \frac{11 \beta \pm \sqrt{121 \beta^2 + 32 \beta^2}}{2}$$

$$h = \frac{11 \beta \pm \sqrt{153} \beta}{2}$$

$$h_{\text{max}} = \frac{(11 + \sqrt{153})}{2} \frac{m g}{k}$$

$$\frac{821}{153}$$

Итогобек
задача 1
приложение

$$y = \frac{m g}{k} - \frac{m g}{k} \cos(\omega t) + \sqrt{\frac{m g k}{k}} \sin(\omega t)$$

$$y = \frac{m g}{k} + \sqrt{\frac{m g k}{k} + \frac{m^2 g^2}{k^2}} \sin(\omega t + \varphi)$$

где $\varphi = \frac{m g}{k \sqrt{\frac{m g k}{k} + \frac{m^2 g^2}{k^2}}}$

Минимум y при $\sin(\omega t + \varphi) = -1$. (должен быть равен $-\frac{2 m g}{k}$ в гранич. случае $-\frac{2 m g}{k}$)

$$\frac{m g}{k} - \sqrt{\frac{m g k}{k} + \frac{m^2 g^2}{k^2}} = - \frac{2 m g}{k}$$

$$\frac{3 m g}{k} = \sqrt{\frac{m g k}{k} + \frac{m^2 g^2}{k^2}}$$

т.к обе части положительны

$$\frac{9 m^2 g^2}{k^2} = \frac{m g k}{k} + \frac{m^2 g^2}{k^2}$$

$$\frac{8 m^2 g^2}{k^2} = \frac{m g k}{k}$$

$$\frac{8 m g}{k} = h_{\text{max}}$$

$$h_{\text{max}} = \frac{8 m g}{k} = \frac{8 \cdot 0,1 \cdot 10}{100} \text{ м.} = 0,08 \text{ м.} = 8 \text{ см.}$$

h_м

57-65-29-42
(2.7)

рис.

Первая линза даёт изображение без увеличения $\Rightarrow$ предмет в двойном фокусе.

Для второй линзы:

$$\frac{1}{a_2} + \frac{1}{b_2} = \frac{1}{F_2}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{b_2} = \frac{1}{F_2} - \frac{1}{a_2}$$

$$b_2 = \frac{F_2 a_2}{a_2 - F_2}$$

$$\Gamma = \frac{F_2}{a_2 - F_2} = 3(1)$$

Изображение после смещения увеличения стало отрицательным.

$$\left| \frac{F_2}{a_2 - F_2} \right| = \left| \frac{F_1}{a_1 - F_1} \right|$$

a_2 и a_1 координаты расстояния от линзы.

$$a_2 + a_1 = 2d.$$

Пусть переместим правее, тогда $d + x = a_1$
 $a_2 = d - x$

$$\left| \frac{F_2}{d - x - F_2} \right| = \left| \frac{F_1}{d + x - F_1} \right|$$

$$\frac{\frac{3d}{4}}{d - x - \frac{3d}{4}} = \frac{\frac{d}{2}}{d + x - \frac{d}{2}}$$

$$\frac{\frac{3d}{4}}{\frac{d}{4} - x} = \frac{\frac{d}{2}}{\frac{d}{2} + x}$$

$$\frac{3d}{d - 4x} = \frac{d}{d + 2x}$$

$$3d^2 + 6dx = d^2 - 4dx$$

$$2d = -10dx \text{ - не может быть } \Rightarrow$$

$\Rightarrow$ сместим левее.

$$\left| \frac{F_2}{d + x - F_2} \right| = \left| \frac{F_1}{d - x - F_1} \right| \Rightarrow \frac{\frac{3d}{4}}{d - \frac{3d}{4} + x} = \frac{\frac{d}{2}}{d - \frac{d}{2} - x}$$

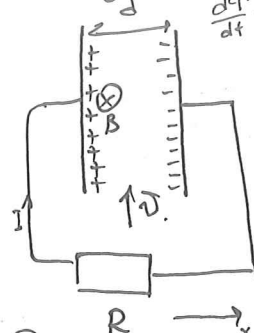
$$\frac{3d}{\frac{d}{4} + 4x} = \frac{d}{d - 2x} \Rightarrow 3d^2 - 6dx = d^2 + 4dx$$

$$2d = 10x \Rightarrow d = 5x$$

$$d = 25 \text{ см.}$$

отв. **Наб. букв. а. ват**

Задача 3. Тигровик



На электроны в магнитном поле действует сила Лоренца. Поэтому по правилу левой руки сила окажется положительной, а справа отрицательной.

т.к. толщина проводника, то ~~выделяется~~ заряд ~~на поверхности~~ распределяется по поверхности проводника.

В проводнике проводника, то ~~тоже выделяется~~ заряд.

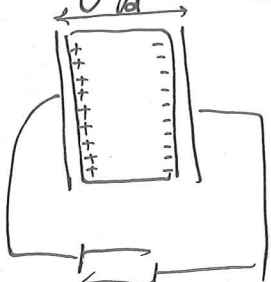
Пусть заряд равен q_0 .

$F_{\text{Лор}} = q_0 B$

$F_{\text{эл}} = q_0 E$



оx: $m a_x = q_0 E + F_{\text{Лх}}$
оy: $m a_y = F_{\text{Лy}}$
т.к. $B \perp E$ — в равновесии



неб. устр.
 внутр.
 истр.

$P_m = I^2 R$

Разделим жидкость на полосы. Когда полоска длиной d движется со скоростью v .

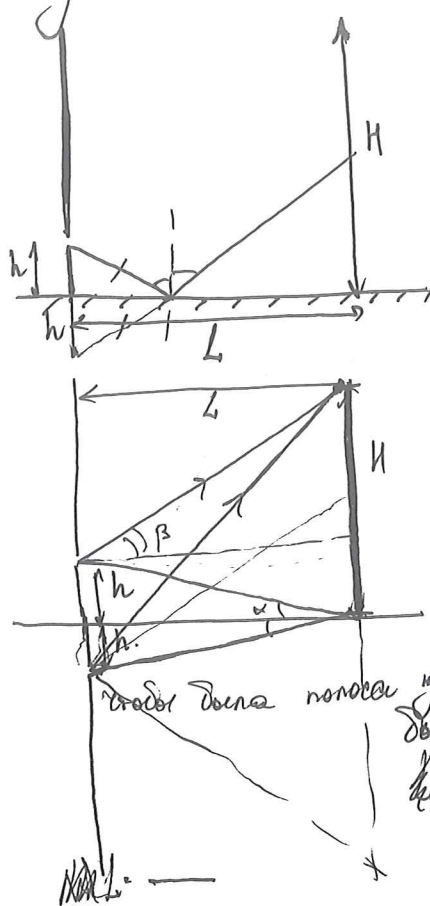
$\mathcal{E} = B v d$

$$P_m = \frac{\mathcal{E}^2}{R} = \frac{B^2 v^2 d^2}{R} \Rightarrow B = \frac{\sqrt{P_m R}}{v d} \Rightarrow B = \frac{\sqrt{0,4 \cdot 10^{-3}}}{0,4 \cdot 0,1} \quad T_n = \frac{R \cdot 10^{-7}}{4 \cdot 10^{-2}} = 0,5 T_n$$

Джоуль-ленин.

12

Задача 6. Тигровик



$N = 200 \text{ нм}$, $\lambda = 0,5 \text{ мкм}$, $H = 5 \text{ см}$, $L = ?$

$$y = A \cos(\omega t + kx + \varphi_0)$$

Пути после прохождения света попадают на экран и отражаются от зеркала на прямую, то есть это все равно, что попарно на экран попадают все лучи.

~~лучи от источника~~ $\lambda = \frac{c}{\nu}$

$$h \ll L \Rightarrow \alpha = \frac{h}{L} = \tan \alpha$$

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

чтобы была полоса, чтобы был максимум на экране, чтобы он был равен $2H \cdot h$, и n — натур.

$$L = \frac{2H \cdot h}{N \cdot \lambda} = \frac{2 \cdot 5 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-8}}{200 \cdot 0,5 \cdot 10^{-6}} = 0,001 \text{ м}$$