



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 2

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наименование олимпиады

по Физике
профиль олимпиады

Мокарева Иван Николаевич
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

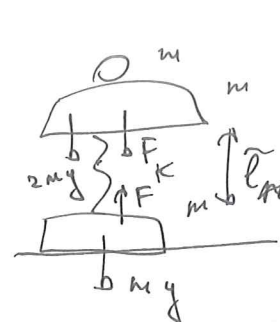
Введен в 13⁵⁵ Р.м. Введен в 14⁰² М.м.
Сдан в 14³² М.м.

Дата

«14» февраля 2025 года

Подпись участника

М.м.



Черновик КХ
 $Kx_0 = mg$
 $2mg$

Итак: $F - mg < 0$

$$-(F + 2mg) = +2m\ddot{x}$$

$$\ddot{x} = x + \frac{2mg}{K}$$

$$-Kx - 2mg = +2m\ddot{x}$$

$$m\ddot{x} = 2mg$$

$$\ddot{x} = A \sin(\omega t) + B \cos(\omega t) \quad \ddot{x} + \frac{K}{2m}x + g = 0$$

$$\ddot{x}(0) = \frac{mg}{K} + \frac{2mg}{K} = B$$

$$B = \frac{3mg}{K}$$

$$\ddot{x} + \frac{K}{2m}(x + \frac{2mg}{K}) = 0$$

$$\frac{K}{m} = \frac{100}{0,1} = 1000$$

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

$$\ddot{x}(0) = \ddot{x} = \frac{v}{2} = A\omega$$

$$\frac{100 \cdot 0,1}{100}$$

$$\ddot{x} = \frac{v}{2\omega} \sin(\omega t) + \frac{3mg}{K} \cos(\omega t)$$

$$\ddot{x} = \frac{v}{2} \cos(\omega t) - \frac{3mg}{K} \sin(\omega t)$$

$$\ddot{x} = -\frac{v\omega}{2} \sin(\omega t) - \frac{3mg}{K} \cos(\omega t)$$

$$A_{max} = \sqrt{\left(\frac{v\omega}{2}\right)^2 + \left(\frac{3mg}{K}\right)^2}$$

$$F + 2mg = 2m A_{max}$$

$$F = 2m(A_{max} - 2g) = 2m\left(\sqrt{\frac{K}{2m}gh + \frac{3}{2}\frac{g^2m}{K}} - g\right) < mg$$

$$\sqrt{500}(\sqrt{0,15} + 0,15 - 10) < 5$$

$$\sqrt{0,15} + 0,15 < \frac{1}{2\sqrt{5}} + 10$$

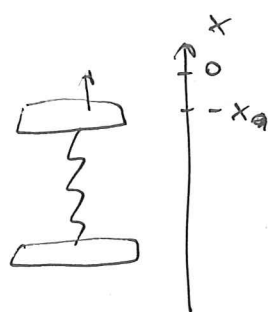
$$0,15 + 0,15 < \frac{(1 + 20\sqrt{5})^2}{20}$$

$$h < \frac{(1 + 20\sqrt{5})^2 - 3}{200}$$

$$= \frac{2001 + 40\sqrt{5} - 3}{200}$$

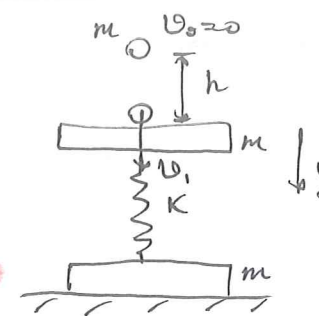
$$= \frac{1998 + 40\sqrt{5}}{200}$$

$$\approx 10m + 0,4m$$



70-25-78-00

(2.12)



Задача 1.1.2.

Числовик

1) по ЗСЭ для маятника:

$$mgh = m \frac{v_1^2}{2}$$

$$v_1 = \sqrt{2gh}$$

$$m = 100g, g = 10m/s^2$$

$$K = 100 \frac{H}{m}$$

колебательные

2) по ЗСЭ для маятника и верхнего бруска:

$$m v_1 = 2m u$$

$$u = \frac{v_1}{2} = \sqrt{\frac{gh}{2}}$$

3) Так как пружина не стянута полностью, и $F < mg$ во всем диапазоне поднимается закону Гука, то гармоника колебаний маятника, если нижний брусок оторвется от стола, это в том случае, если в какой-то момент



$$F > mg$$

т. е. чтобы гармоника сохранялась:

$$F \leq mg \quad \forall t$$

4) ЗСЭ в колебаниях:

$\frac{Kx^2}{2} + \frac{2m(\dot{x})^2}{2} = \text{const}$ где x - деформация пружины
 пот. Энергию в нем или точку

будем отсчитывать от положения, где удлинение пружины 0.

$$\frac{Kx^2}{2} + \frac{2m(\dot{x})^2}{2} + 2mgx = \text{const} \cdot \frac{d}{dt}$$

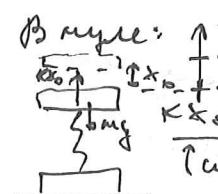
$$Kx + 2m\ddot{x} + 2mg = 0$$

$$\ddot{x} + \frac{K}{2m}(x + \frac{2mg}{K}) = 0$$

$$\ddot{x} = \ddot{x} + \frac{2mg}{K} \Rightarrow \ddot{x} + \frac{K}{2m}\ddot{x} = 0$$

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

$$\ddot{x}(0) = \ddot{x}(0) + \frac{2mg}{K} = -\ddot{x}_0 + \frac{2mg}{K} = -\frac{mg}{K} + \frac{2mg}{K} = \frac{mg}{K} = A$$



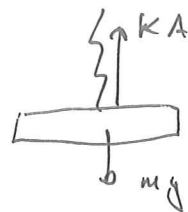
$$\ddot{x}(0) = \ddot{x}(0) = -u = -\sqrt{\frac{gh}{2}} = B\omega$$

$$\ddot{x} = \frac{mg}{K} \cos(\omega t) - \sqrt{\frac{gh}{2}} \cdot \sqrt{\frac{2m}{K}} \sin(\omega t)$$

$$A = \sqrt{\left(\frac{mg}{K}\right)^2 + \left(\sqrt{\frac{mgh}{2K}}\right)^2} \left(\sin(\omega t + \varphi) \right) - \frac{2mg}{K}$$

$$A = \sqrt{\left(\frac{mg}{K}\right)^2 + \frac{mgh}{K}} - \frac{2mg}{K} - \text{макс. смещ. вверх}$$

5) Черновик макс. смещение вверх
 В жестком поддержании Ф длина было
 (вертикаль)



максимум:

$$KA \leq mg$$

$$A \leq \frac{mg}{K}$$

$$\left(\frac{mg}{K}\right)^2 + \frac{mgh}{K} - \frac{2mg}{K} \leq \frac{mg}{K}$$

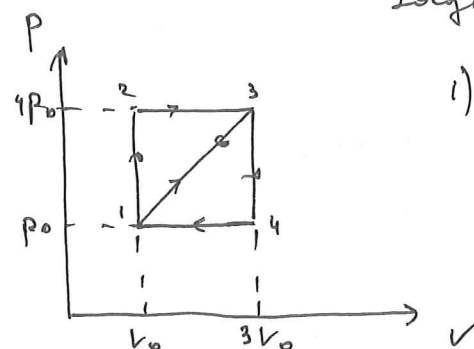
$$\left(\frac{mg}{K}\right)^2 + \frac{mgh}{K} \leq \frac{3mg}{K}$$

$$\frac{mgh}{K} \leq \frac{2mg}{K}$$

$$h \leq \frac{2mg}{K} = \frac{2 \cdot 0,1 \cdot 10}{100} = 0,02 \text{ м}$$

Ответ: $h \leq \frac{2mg}{K} = 0,02 \text{ м}$.

Задача 12.2.2.

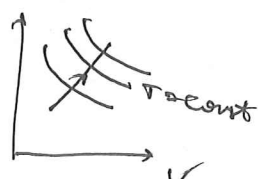


1) В процессе 1-2 газ нагревается т.к. при увеличении температуры...

$$\Delta A = p \Delta V > 0$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T > 0$$

$$\Delta T > 0$$



$$\eta_{134} = ?$$

2) Тогда для 1-2-3-1:

$$Q_{123} = Q_{12} + Q_{23}$$

$$Q_{123} = Q_{31}$$

Для 1-3-4-1:

$$Q_{134} = Q_{13}$$

$$Q_{134} = Q_{34} + Q_{41}$$

Также $Q_{13} = Q_{31}$

(по модулю)

$$\eta_{134} = \frac{A_{134}}{Q_{134}} = \frac{A_{134}}{Q_{13}}$$

$$\eta_{123} = \frac{A_{123}}{Q_{123}} = \frac{A_{123}}{Q_{31} + A_{123}}$$

$$\frac{1}{\eta_{123}} = \frac{Q_{31}}{A_{123}} + 1$$

$$\frac{\eta_{134}}{\eta_{123}} = \left(\frac{Q_{31}}{A_{123}} + 1 \right) \cdot \frac{A_{134}}{Q_{13}}$$

$$= 1 + \frac{A_{134}}{Q_{13}}$$

$$A_{123} = \frac{1}{2} \cdot 3p_0 \cdot 2V_0$$

по модулю

$$A_{134} = \frac{1}{2} \cdot 3p_0 \cdot 2V_0 = 3p_0 V_0$$

$$Q_{13} = \Delta U_{13} + A_{13}$$

$$A_{13} = p_0 \cdot 2V_0 + \frac{1}{2} \cdot 3p_0 \cdot 2V_0 = 5p_0 V_0$$

$$\Delta U_{13} = \frac{3}{2} (\nu R T_3 - \nu R T_1) =$$

$$= \frac{3}{2} (4p_0 \cdot 3V_0 - p_0 \cdot V_0) = \frac{33}{2} p_0 V_0$$

Ответ: $\frac{\eta_{134}}{\eta_{123}} = \frac{43}{43}$.

$$\eta_{123} = 1 + \frac{3p_0 V_0}{\left(\frac{33}{2} + 5\right) p_0 V_0} = 1 + \frac{6}{43} = \frac{49}{43}$$

Черновик

$$j = \lambda E \quad j = \frac{I}{S}$$

$$eVB = eE$$

$$E = VB$$

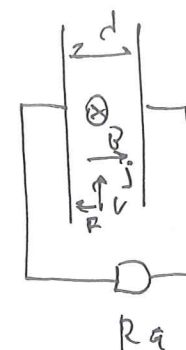
$$Ed = U$$

$$P_m = \frac{U^2}{R} = \frac{E^2 d^2}{R} = \frac{V^2 B^2 d^2}{R}$$

$$B = \sqrt{\frac{P_m \cdot R}{V^2 d^2}} = \sqrt{\frac{10^{-3} \cdot 0,4}{10^{-2} \cdot 0,4^2}} = \sqrt{\frac{10^{-1}}{0,4}} =$$

$$B_n - B_m = \frac{1}{2} = \sqrt{\frac{0,1}{0,4}} - \sqrt{\frac{1}{4}} = \frac{1}{2} \text{ Тл}$$

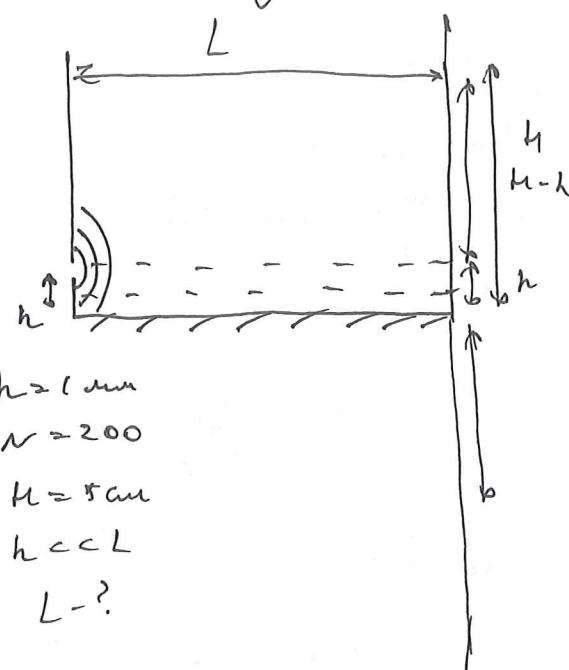
$$\frac{1}{B_n} - \frac{1}{B_m} = n \frac{1}{2}$$



$$P_m = 1 \text{ Вт}$$

$$P = ? \quad eVB = eE$$

$$eVB = eE$$



$$h > 1 \text{ мм}$$

$$n = 200$$

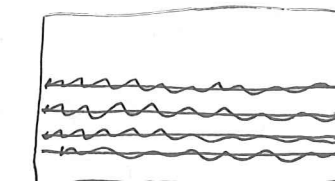
$$h = 5 \text{ см}$$

$$h \ll L$$

$$L = ?$$

$$\lambda = 0,5 \text{ мм}$$

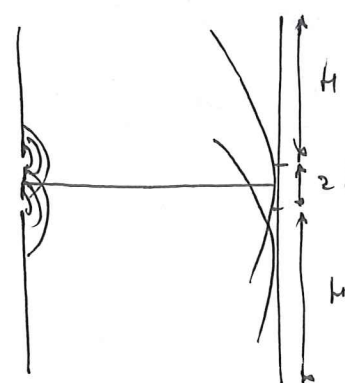
$$\sqrt{n^2 + L^2}$$



$$\sqrt{n^2 + L^2} = \frac{\lambda}{2} = n \frac{\lambda}{2}$$

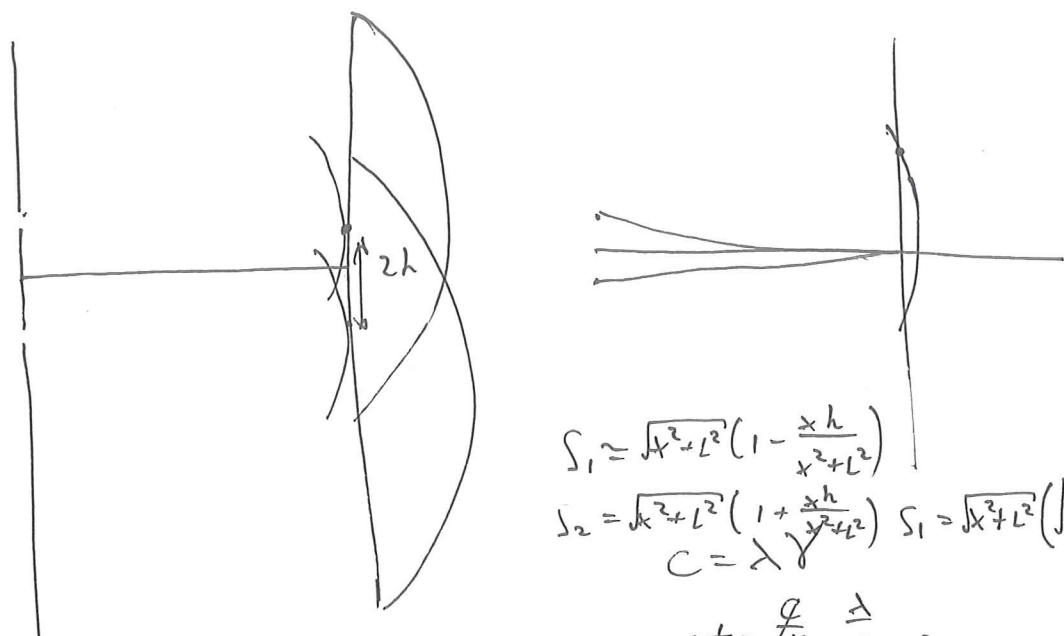
$$L \left(1 + \left(\frac{n}{L} \right)^2 \right) - L = n \frac{\lambda}{2}$$

$$\frac{n^2}{L} = \frac{n}{2} \quad r_n = \sqrt{\frac{n \lambda L}{2}}$$



$$n = \frac{r}{\lambda} \quad \frac{4h}{\lambda} = \frac{4 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^{-2}}{0,5 \cdot 10^{-6} \cdot 200} = 20 \cdot 10^{-5+6} = 20 \cdot 10^{-1} = 2$$

Черновик



$$S_1 \approx \sqrt{x^2 + L^2} \left(1 - \frac{xh}{x^2 + L^2}\right)$$

$$S_2 \approx \sqrt{x^2 + L^2} \left(1 + \frac{xh}{x^2 + L^2}\right)$$

$$C = \lambda \gamma$$

$$\Delta t = \frac{S_2 - S_1}{c} \quad S_1^2 \approx x^2 + L^2 - 2xh$$

$$(x-h)^2 + L^2 = S_1^2 \quad S_2^2 \approx x^2 + L^2 + 2xh$$

$$(x+h)^2 + L^2 = S_2^2$$

$$-S_1 + S_2 = k\lambda, \quad k = 1, 2, 3, \dots$$

$$-S_1 + S_2 = k\lambda, \quad k = 1, 2, 3, \dots$$

$$\sqrt{x^2 + L^2} \left(1 + \frac{xh}{x^2 + L^2}\right) - \sqrt{x^2 + L^2} \left(1 - \frac{xh}{x^2 + L^2}\right) = k\lambda$$

$$\frac{2xh}{\sqrt{x^2 + L^2}} = k_{\max} \lambda$$

$$\frac{2xh}{\sqrt{x^2 + L^2}} = k\lambda$$

$$k_{\max} = 100$$

$$5 \text{ см} \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot 10^{-6}}{10^4 \cdot 0,25 \cdot 10^{-12}} - 1} =$$

$$= 5 \text{ см} \cdot \sqrt{16 \cdot 10^2 - 1} \approx$$

$$4H^2 h^2 = k_{\max}^2 \lambda^2 (H^2 + L^2)$$

$$L^2 = \sqrt{\frac{4H^2 h^2}{k_{\max}^2 \lambda^2} - H^2} = \approx 4 \cdot 10 \cdot 5 \text{ см} =$$

$$= 2 \text{ м}$$

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

$$F_1(F_2 - d - x) = F_2(d - x - F_1)$$

$$2F_1 F_2 - F_1(d+x) = F_2(d-x)$$

$$d - \frac{3}{4}d - \frac{1}{2}(d+x) = \frac{3}{4}d(d-x)$$

$$\frac{3}{4}d - \frac{1}{2}d - \frac{x}{2} = \frac{3}{4}d - \frac{3}{4}x$$

$$\left(\frac{3}{4} - \frac{1}{2}\right)x = \frac{d}{2}$$

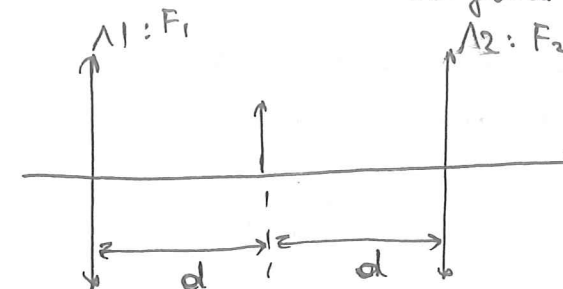
$$\frac{1}{4}x = \frac{d}{2}$$

$$x = 2d$$

70-25-78-00
(2.12)

Задача 1/4.8.2

Митович



$$\Gamma_1 = 1 \quad d = ?$$

$$\Gamma_2 = 3$$

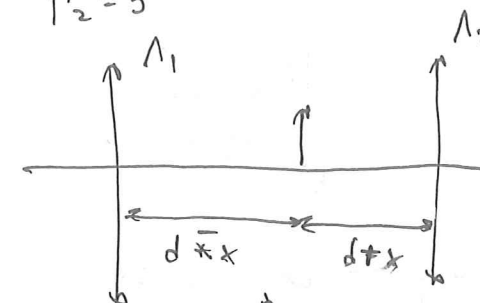
1) по ф-ле мизги:

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{b_1} = \frac{1}{F_1}$$

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{b_2} = \frac{1}{F_2} \quad \text{изобр. действ.} \Rightarrow d > F_1, d > F_2$$

$$\Gamma_1 = \frac{b_1}{d} = \frac{F_1}{d-F_1} = 1 \Rightarrow d = 2F_1$$

$$\Gamma_2 = \frac{b_2}{d} = \frac{F_2}{d-F_2} = 3 \Rightarrow d = \frac{4}{3}F_2$$



$$2) \begin{cases} \Gamma_1' = \left| \frac{F_1}{d+x-F_1} \right| \\ \Gamma_2' = \left| \frac{F_2}{d+x-F_2} \right| \\ \Gamma_1' = \Gamma_2' \end{cases}$$

$$|x| = 5 \text{ см}$$

$$\Gamma_1' = \Gamma_2' \quad \text{в сторону}$$

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

Л. т. к.

при уменьшении
расстояния до
мизги для фотон
ведёт к росту
увеличению (Γ)

$$F_1(d+x) - F_1 F_2 = F_2(d-x) - F_1 F_2$$

$$F_1(d+x) = F_2(d-x)$$

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

$$2d + 2x = 3d - 3x$$

$$5x = d$$

$$d = 25 \text{ см}$$

$$F_1(d+x) - F_2 = -F_2(d-x) + F_1 F_2$$

$$\frac{d}{2}(d+x) - \frac{3}{4} \cdot \frac{1}{2} d^2 =$$

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

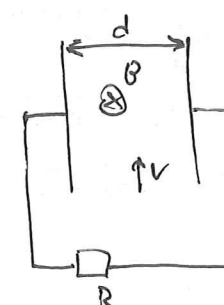
$$\frac{d}{2} + \frac{x}{2} = \frac{3}{4}d - \frac{3}{4}d + \frac{3}{4}x$$

$$\frac{1}{4}x = \frac{d}{2} \quad d = \frac{1}{2}x = 2,5 \text{ см}$$

$$x = 2d = 5 \text{ см}$$

$$\text{Ответ: } d = 5x = 25 \text{ см или } d = \frac{x}{2} = 2,5 \text{ см.}$$

Задача 1/3.3.2



$$R = 0,4 \text{ Ом}$$

$$d = 40 \text{ мм}$$

$$v = 10 \text{ см/с}$$

$$P_m = 1 \text{ мВт}$$

$$B = ?$$

1) В установленном режиме ток
постоянный, поэтому в проводящей
мизги электроны движутся с
постоянной скоростью в направлении
перпендикулярное магнитному

$$F_{\text{Лор}} qVB = qE \quad (II) \text{ з. Ньютона}$$

$$\Rightarrow V \cdot B = E$$

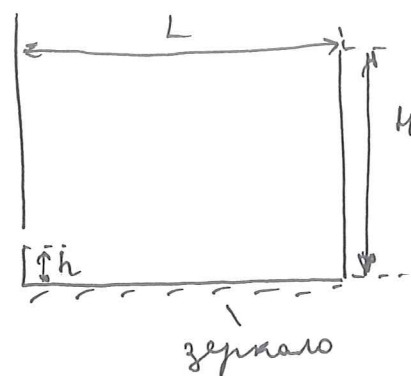
$$2) P_m = \frac{U^2}{R} = \frac{(Ed)^2}{R} = \frac{(VBd)^2}{R} \Rightarrow B = \frac{\sqrt{P_m R}}{Vd} = \frac{\sqrt{10^{-3} \cdot 0,4}}{10^{-1} \cdot 0,4} T_m =$$

$$= \frac{2 \cdot 10^{-2}}{4 \cdot 10^{-2}} T_m = 0,5 T_m$$

$$\text{Ответ: } B = 0,5 T_m = \frac{\sqrt{P_m R}}{Vd}$$

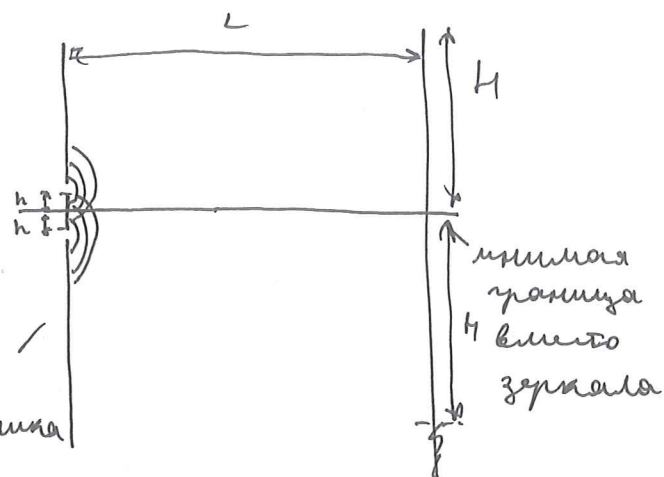
Условие

Задача 15.8.2

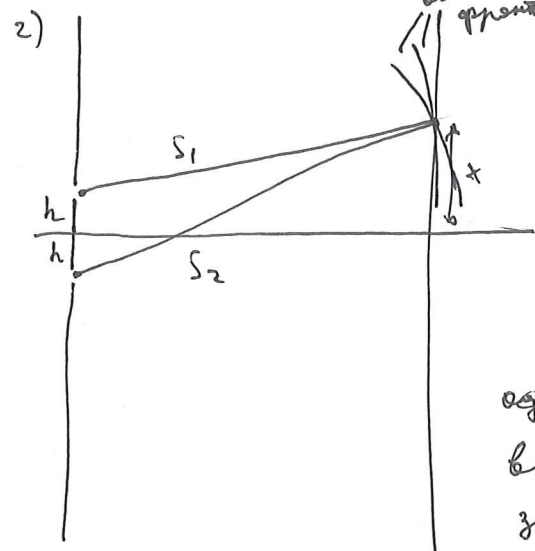


$\lambda = 0,5 \text{ мкм}$
 $h = 1 \text{ мм}$
 $N = 200$ - полос
 $H = 5 \text{ см}$
 $h \ll L$
 L - ?

1) Наличие зеркала в системе эквивалентно системе:



Эти два источника и экран создают N полос на экране высотой $2H$.



Чтобы в какой-то точке экрана создавалась полоса, необходимо чтобы в ней пересекались два волновых фронта с максимумом амплитуды, а т.к. расстояния до источников не равны, то один из волновых фронтов должен выйти из источника с задержанием, с той же фазой Δt .

т.е. $c \Delta t = \lambda K$, $K = 1, 2, 3, \dots$
 где $K = 1, 2, 3, \dots$

3) Тогда $\Delta t_2 - \Delta t_1 = \Delta t_{\text{задержка}}$

$$\frac{S_2}{c} - \frac{S_1}{c} = \frac{\lambda K}{c}$$

$$S_2 - S_1 = \lambda K$$

$$\frac{2 \times h}{\sqrt{x^2 + L^2}} = \lambda K$$

$$S_1 = \sqrt{(x-h)^2 + L^2} \approx \sqrt{x^2 + L^2 - 2xh} \approx \sqrt{x^2 + L^2} \left(1 - \frac{xh}{x^2 + L^2}\right)$$

$$S_2 = \sqrt{(x+h)^2 + L^2} \approx \sqrt{x^2 + L^2 + 2xh} \approx \sqrt{x^2 + L^2} \left(1 + \frac{xh}{x^2 + L^2}\right)$$

$$S_2 - S_1 = \sqrt{x^2 + L^2} \cdot \frac{2xh}{x^2 + L^2} = \frac{2xh}{\sqrt{x^2 + L^2}}$$

Для каждого K - два x : 1 положительный, другой отрицательный.

Всего $N = 200$ полос $\Rightarrow$ всего решений уравнения (8.2)

Тогда 200
 значений $K_{\text{max}} = \frac{N}{2}$

4) Тогда для $K_{\max}$ соответствует $\lambda = \pm H$:

$$\frac{2Hh}{\sqrt{h^2 + L^2}} = \lambda \frac{N}{2}$$

$$\frac{16h^2h^2}{\lambda^2 N^2} = h^2 + L^2$$

$$L = H \sqrt{\frac{16h^2}{\lambda^2 N^2} - 1} = 5 \text{ см} \cdot \sqrt{\frac{16 \cdot 10^{-6} \text{ м}}{0,25 \cdot 10^{-12} \text{ м} \cdot (200)^2} - 1} =$$

$$= 5 \text{ см} \cdot \sqrt{16 \cdot 10^4 - 1} = 4 \cdot 10^2 \cdot 5 \text{ см} = 20 \text{ м}$$

$$= 5 \text{ см} \cdot \sqrt{16 \cdot 10^2 - 1} \approx 5 \text{ см} \cdot 4 \cdot 10 = 2 \text{ м}$$

$1 \ll 1600$

Всправкой на эту единицу:

$$L \approx H \cdot \sqrt{\frac{16h^2}{\lambda^2 N^2}} = \frac{4hH}{\lambda N} = 2 \text{ м}$$

Ответ: $L = \frac{4hH}{\lambda N} = 2 \text{ м}$. (—)

Оценки
изменил
90
100

Председатель Специализированной комиссии
олимпиады школьников "Ленинград"
Доктору МГУ имени М.В. Ломоносова
академику В.А. Садовничему
от участника заключительного этапа
по профилю "Физика"
Монахова Ивана Николаевича

Оппозиция.

Третье переосмысление мой индивидуальный предварительный
результат заключительного этапа, а именно 77 баллов, поскольку
считаю, что за задание 5 оценены не правильно. Мой расчет
сходится с авторским, однако в пункте 3) решения
допущена ошибка по невычисленности: количество пар (с учетом тех,
что в задержке) принимается за 200, что соответствует количеству
реальных пар, тогда как реальное количество должно быть 100.
Потому ошибка далее в действии 4) приводит к ошибке в ответе.
Получается $L = \frac{4hH}{\lambda N}$, но при $K_{max} = \frac{N}{2} \cdot 2$ ответ будет $L = \frac{2hH}{\lambda N}$,
 $N=200$

который совпадает с авторским.

Я считаю, что данная ошибка значительно снижает
мой балл. Считаю, что решение совпадает с авторским, однако
из-за ошибки в вычислении невычисленности ответ получается неверным.
Потому решение задачи 5 попадает под критерий 4, что соответствует
оценке в 16-13 баллов, вместо полученных 10 баллов за данную задачу.
Подтверждаю, что я ознакомлен с Положением об олимпиаде и
результаты олимпиады школьников "Ленинград" и считаю, что мой
индивидуальный предварительный результат может быть уменьшен, в том
числе в сторону уменьшения количества баллов.

7 марта 2025 г.

Иван Монахов