

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 3

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников «Ломоносов»
наименование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

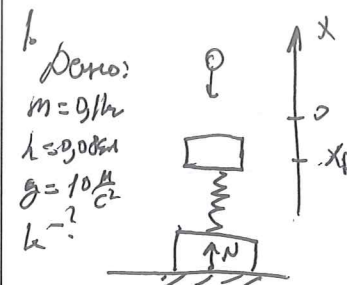
Евгений Викторович Рязанцев
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата
«14» февраль 2025 года

Подпись участника
Рязанцев

87-49-57-97
(3.8)

Митовик



Дано:
 $m = 0.1 \text{ кг}$
 $l = 0.08 \text{ м}$
 $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$
 $k = ?$

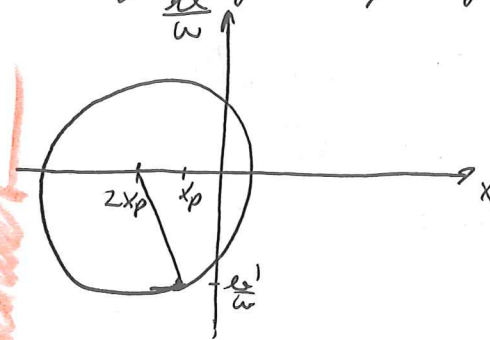
Колесование гармонические
 $\Rightarrow$ итский брусок не будет от-
 ваться. И/м крайний случай

$$N=0 \Rightarrow kx = mg +$$

Затем Р.С.И. во время удара $m \cdot v = 2m \cdot v'$
 $v' = \frac{v}{2} +$, и з.с.з $v' = \sqrt{2gh} +$

В дальнейшем колебания будут происходить
 около положения равновесия с координатой $2x_p$
 т.к. масса стала в 2 раза больше.

Частота данных колебаний $\omega = \sqrt{\frac{k}{2m}} +$
 Формула приведенную формулу вы-тв



Отсюда легко находим
 амплитуду

$$A^2 = x_p^2 + \left(\frac{v'}{\omega}\right)^2 +$$

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

$$A^2 = \frac{m^2 g^2}{k^2} + \frac{2 m g h}{k} \quad (1)$$

Затем условие равновесия
 $A - 2x_p = \Delta x = \frac{mg}{k} \Rightarrow A = \frac{3mg}{k} \quad (2)$

$$\text{из (1) и (2):}$$

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

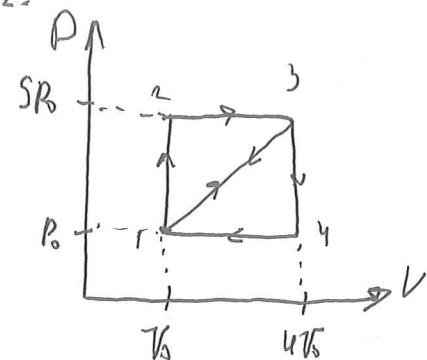
$$\frac{8mg}{k} = k \Rightarrow k = \frac{8 \cdot 0.1 \cdot 10}{0.08} = 100 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

Ответ: $k = 100 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$

а зигнатура

Митович

2.



Заметим, что в первом процессе (1-2-3-4)
 $A_1 = \frac{1}{2} \cdot \Delta V_{12} \cdot \Delta P_{12}$, а во втором
 процессе $A_2 = \frac{1}{2} \cdot \Delta V_{14} \cdot \Delta P_{14}$ из
 графика видно, что $\Delta V_{12} = \Delta V_{14}$
 $\Delta P_{34} = \Delta P_{12} \Rightarrow A_1 = A_2$

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{A_1}{Q_{11}} \quad \frac{h_2}{h_1} = \frac{A_2}{Q_{22}} \quad ; \quad \frac{h_2}{h_1} = \frac{Q_{21}}{Q_{12}}$$

Найдем Q_{21} и Q_{12}

$$\text{из графика видно, что } Q_{21} = Q_{12} + Q_{23} = \\ = \frac{3}{2} P_0 \cdot 4V_0 + \frac{5}{2} \cdot 5P_0 \cdot 3V_0 = \frac{P_0 V_0}{2} (12 + 75) = \frac{P_0 V_0}{2} \cdot 87$$

$$\text{из графика видно, что } Q_{22} = Q_{13} = \Delta U_{13} + A_{13} \\ \Delta U_{13} = \frac{3}{2} P_0 \Delta V = \frac{3}{2} (5P_0 \cdot 4V_0 - P_0 V_0) = \frac{3}{2} \cdot 19 \cdot P_0 V_0$$

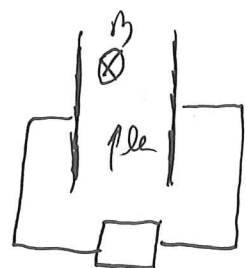
 A_{13} — площадь под графиком процесса 1-3

$$A_{13} = \frac{P_0 + 5P_0}{2} \cdot 3V_0 = 9P_0 V_0$$

$$Q_{22} = \frac{1}{2} (57 + 18) P_0 V_0 = \frac{75}{2} P_0 V_0$$

$$\frac{h_2}{h_1} = \frac{87}{75} = \frac{29}{25} = 1,16 \quad \text{Ответ: } \frac{h_2}{h_1} = 1,16$$

3.
 Дано:
 $R = 0,4 \Omega$
 $d = 0,4 \text{ м}$
 $B = 1 \text{ Тл}$
 $P = 1 \text{ мВт}$
 $\omega = ?$



из-за силы Лоренца

будет перемещение
зарядов и будет

наведенное напряжение

Напряжение будет равно ЭДС индукции
 пока сила Лоренца не компенсирует кулоновскую
 взаимодвижимость, т.е. заряд q и действующее
 на него поле

$$q \cdot \omega B \cdot \frac{1}{2} d^2 = qE \Rightarrow E = \omega B \Rightarrow$$

$$\Rightarrow U = Ed$$

Черновик

$$2. \quad h = \frac{A}{Q_1}$$

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{\frac{A}{Q_{11}}}{\frac{A}{Q_{22}}} = \frac{Q_{22}}{Q_{11}}$$

$$\frac{h_2}{h_1} = \frac{Q_{21}}{Q_{12}}$$

$$Q_{21} = Q_{12}$$

$$Q_{21} = Q_{12} + Q_{23} = \frac{3}{2} P_0 \cdot 4V_0 + \frac{5}{2} \cdot 5P_0 \cdot 3V_0 = \\ = \frac{1}{2} (12 P_0 V_0 + 75 P_0 V_0) = \frac{1}{2} P_0 V_0 (87)$$

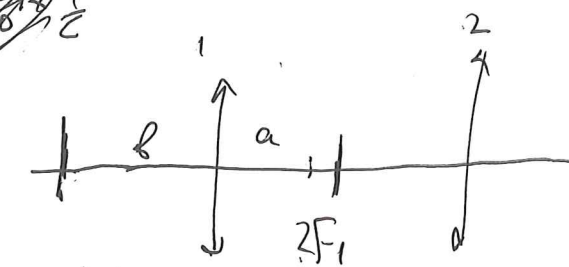
$$Q_{21} = \Delta U_{13} + A_{13} = \frac{3}{2} (P_0 \cdot 4V_0 - P_0 V_0) + \frac{P_0 + 5P_0}{2} \cdot 3V_0 = \\ = \frac{3}{2} (19 P_0 V_0) + 9 P_0 V_0 = \frac{1}{2} (76 + 36) = \frac{1}{2} 112 P_0 V_0$$

$$\frac{h_2}{h_1} = \frac{\frac{1}{2} P_0 V_0 \cdot 27}{\frac{1}{2} 112 P_0 V_0} = \frac{27}{112} = 0,24$$

3

$$\omega = \frac{\sqrt{PR}}{Bd} = \frac{\sqrt{0,4 \cdot 10^{-3}}}{1 \cdot 0,4}$$

$$= \frac{0,02 \cdot 10^{-2}}{0,4} = \frac{10^{-2}}{0,2} = 5 \cdot 10^{-2}$$



$$\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{R}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{a - F}{aF}$$

$$R = \frac{aF}{a - F}$$

$$F = \frac{R}{a} \cdot \frac{F}{a - F}$$

$$\frac{25}{20} = \frac{F_2}{30 - F_2}$$

$$25(30 - F_2) = 20F_2$$

$$750 - 25F_2 = 20F_2$$

$$750 = 45F_2 \Rightarrow F_2 = \frac{750}{45} = \frac{50}{3}$$

$$R_2 = \frac{50}{3}$$

$$F = q \cdot \omega B$$

$$E = q \cdot \omega B$$

$$E = \omega B$$

$$E \cdot d = U = I R$$

$$I = \frac{E \cdot d}{R}$$

$$I = \frac{q \cdot \omega B \cdot d}{R}$$

$$I = \frac{q \cdot \omega B \cdot d}{R}$$

$$2F_1 = A$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{R} \Rightarrow \frac{1}{R} = \frac{1}{a} - \frac{1}{F} = \frac{F - a}{aF}$$

$$R = \frac{aF}{F - a}$$

$$\frac{25}{20} = \frac{F_2}{30 - F_2}$$

$$25(30 - F_2) = 20F_2$$

$$750 - 25F_2 = 20F_2$$

$$750 = 45F_2 \Rightarrow F_2 = \frac{750}{45} = \frac{50}{3}$$

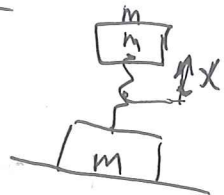
$$R_2 = \frac{50}{3}$$

Чертежи



$$F = k(x - x_p)$$

$$\ddot{x} + \frac{k}{m}(x - x_p) = 0$$



$$x = x_p + A \cos(\omega t + \phi)$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{128}{2}} = 8 \text{ рад/с}$$



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

$$x' = \frac{2mg}{k}$$

$$2mg = kx' = \frac{k}{2}x^2$$

$$x =$$

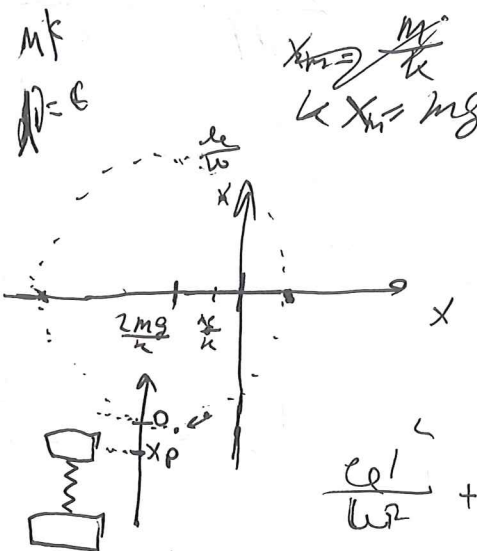
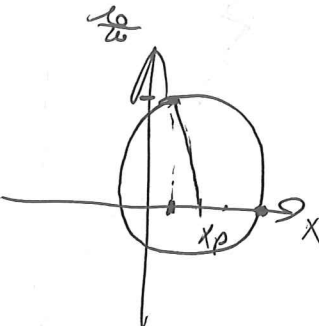
$$x = x_p + A \cos(\omega t + \phi)$$

$$x_p + A \cos(\phi) = x$$

$$A \cos(\phi) = x - x_p$$

$$A \sin(\phi) = \dot{x}$$

$$\frac{\omega^2}{\omega^2} + \left(\frac{mg}{k}\right)^2 = A^2 = (x - x_p)^2$$



$$x_p = \frac{2mg}{k}$$

$$\frac{\omega^2}{\omega^2} + \left(\frac{mg}{k}\right)^2 = \left(\frac{3mg}{k}\right)^2$$

$$\frac{\omega^2}{4m^2} = \frac{8m^2g^2}{k^2}$$

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

$$\frac{\omega^2}{\omega^2} + \left(\frac{mg}{k}\right)^2 = A^2$$

$$A - \frac{2mg}{k} = \frac{mg}{k} = \frac{2mg}{k}$$

$$k = \frac{8mg}{h} = \frac{8 \cdot 0.1 \cdot 10}{0.08} = 100 \text{ Н/м}$$

87-49-57-97
(3.8)

Чертежи

$$\rho = \frac{U^2}{R} = \frac{e^2 B^2 d^2}{R}$$

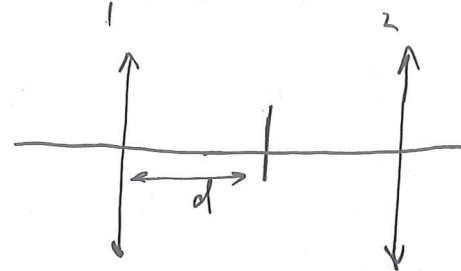
$$\rho = \frac{|RP|}{Bd} = \frac{0.4 \cdot 10^{-3}}{0.4 \cdot 1} = \frac{2 \cdot 10^{-2}}{4 \cdot 0.1} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ М/с}$$

Ответ: $\rho = 0.05 \text{ М/с}$ Не угадал, сопр. 125.

4.

Дано
 $d = 25 \text{ см}$
 $x = 5 \text{ см}$
 $\Gamma = ?$

Решение:



Z

Т.к. 1-ая линза дает изображение без увеличения
то $2F_1 = d$; во второй линзе увеличение

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b} \Rightarrow b = \frac{af}{a-f} ; \Gamma = \frac{b}{a} = \frac{f}{a-f} , \text{ где } a -$$

расстояние от линзы до объекта ; во второй
линзе $\Gamma_1 = \Gamma_2$ зрительное увеличение

$$\frac{d}{2} = \frac{F_2}{d + x - F_2}$$

$$\frac{25}{2} (30 - F_2) = F_2 (25 - 5)$$

$$150 - 5F_2 = 3F_2$$

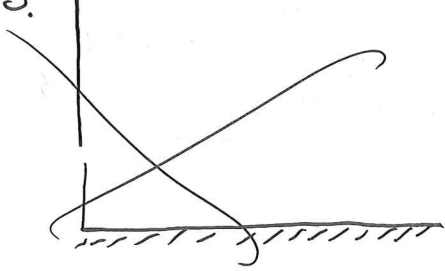
$$F_2 = \frac{150}{8}$$

$$\Gamma_0 = \frac{F_2}{d - F_2} = \frac{\frac{150}{8}}{25 - \frac{150}{8}} = \frac{\frac{150}{8}}{\frac{200 - 150}{8}} = \frac{150}{50} = 3$$

Об угадал линз.

Ответ: $\Gamma_0 = 3$

5.

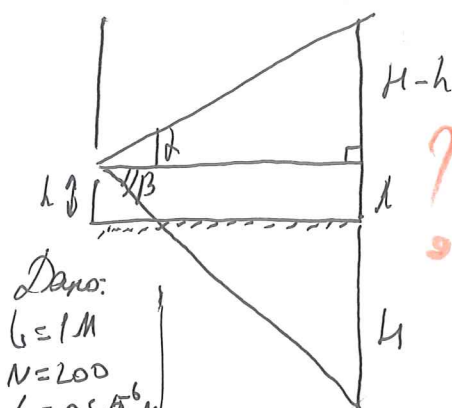


Z

Черновик.

5.

Вместо того чтобы при отражении лучей, отразим картинку относительно зеркала



Дано:
 $L = 1 \text{ м}$
 $N = 200$
 $\lambda = 955 \text{ нм}$
 $H = 5 \text{ см}$
 $h = ?$

Положа будем наблюдать
 из-за положения волн
 при совпадении ~~лучей~~ ~~лучей~~ ~~лучей~~
 волна усиливается и то
 экстремально ~~наблюдается~~ т.е.

где L_1 - путь прямой первой волны, L_2 -
 путь отраженной второй волны, а $n \in \mathbb{Z}$

Понятно, что чем дальше разность $L_1 - L_2$ тем
 больше n . Соответственно при $L = 1 \text{ м}$ и $H = 0$,
 а при $\alpha + \beta = \max$ $n = N$, т.е. ~~всего~~ ~~всего~~ ~~всего~~
 всего ~~полос~~ ~~полос~~ ~~полос~~ N , $\Rightarrow h_{\max} = N$

Запишем равенство (1)

$$\frac{H-h}{\sin \alpha} = \frac{H+h}{\sin \beta} - n \lambda$$

$$\sin \beta = \frac{H+h}{\sqrt{(H+h)^2 + L^2}}$$

$$\sin \alpha = \frac{H-h}{\sqrt{(H-h)^2 + L^2}}$$

$$(2)(3) \rightarrow \frac{H-h}{\sqrt{(H-h)^2 + L^2}} - \frac{H+h}{\sqrt{(H+h)^2 + L^2}} = -n \lambda$$

$$\sqrt{(H-h)^2 + L^2} - \sqrt{(H+h)^2 + L^2} = -n \lambda$$

Получим $(1+x)^d = 1 + dx$, при $x \ll 1$

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

$$\frac{2Hh}{L} = -n \lambda$$

$$h = \frac{n \lambda L}{2H} = \frac{200 \cdot 955 \cdot 10^{-9} \cdot 1}{2 \cdot 0,05} = 1,91 \cdot 10^{-6} \text{ м}$$

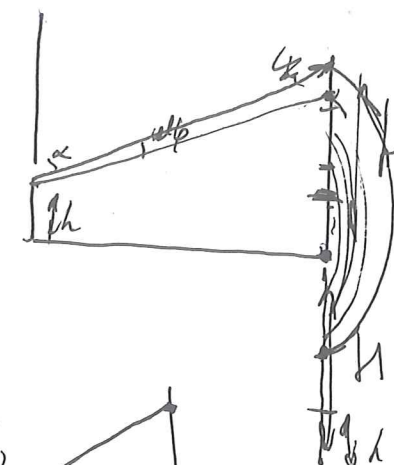
Ответ: $h = 1,91 \text{ мкм}$

Нет
 полемического
 рисунка.

Черновик

Решение задачи

$$\sin \alpha = \frac{H-h}{\sqrt{(H-h)^2 + L^2}}$$

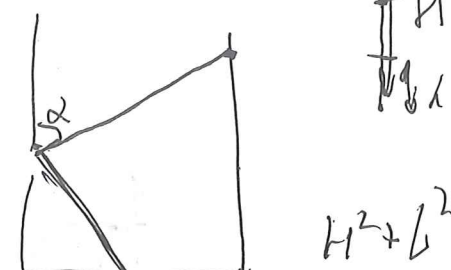


$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{0,5 \cdot 10^{14}} = 6 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

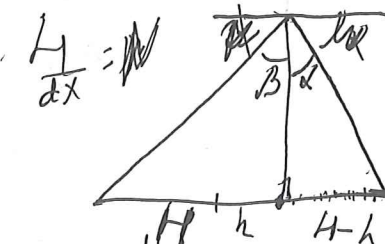
$$R \alpha - (R - \lambda) \beta = \lambda$$

$$(1+x)^d = 1 + dx$$

$$R \cdot \sin \alpha$$



$$\frac{H}{L} \cdot \lambda = dx$$



(1) λ

$$\lambda = 2 \cdot 10^{-3}$$

$$(H-h) \cos \alpha = (H+h) \cos \beta$$

$$\cos \beta \cdot (H+h) = \cos \alpha \cdot (H-h)$$

$$\frac{1}{\beta} (H+h) = \frac{1}{\alpha} (H-h)$$

$$\alpha (H+h) = \beta (H-h)$$

$$\frac{H}{L} (H+h) = -N \lambda$$

$$h = \frac{N \lambda L}{H} = \frac{200 \cdot 6 \cdot 10^{-7} \cdot 1}{0,05} = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

вернее

$$\sqrt{(H-h)^2 + L^2} \approx \sqrt{H^2 + L^2} \approx L$$

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

$$2 \frac{Hh}{L} \approx h$$

$$L_1 \approx L_2 \approx h$$

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



87-49-57-97
(3.8)



11

Оценки
не учитывать

Председателю апелляционной комиссии
олимпиады школьников «Ломоносов»
Ректору МГУ имени М.В. Ломоносова
академику В.А. Садовничему
от участника заключительного этапа по
профилю «Физика»
Хисматуллина Виктора Витальевича

апелляция.

Прошу пересмотреть мой индивидуальный предварительный результат заключительного этапа, а именно 89 баллов, поскольку считаю, что:

1. В **Задаче №3**. Я не согласен с авторской моделью решения, поскольку R это константа, то по ней дифференцировать нельзя, соответственно если взять производную по r , то можно увидеть, что при $r \geq 0$ мощность на резисторе убывает, следовательно максимальное значение достигается при $r = 0$, что изложено в моем решении. Прошу поставить полный балл за верное решение.
2. В **Задаче №4**. В критериях не указано, что задачу нужно решать в общем виде, задача решена полностью правильно, за что полагается полный балл. Прошу повысить балл.
3. В **Задаче №5**. Поясняющий рисунок был сделан (см верхний левый угол) на нем изображены два крайних случая, когда разность ходов лучей равна нулю и когда разность ходов максимальна. Прошу повысить балл.

Подтверждаю, что я ознакомлен с Положением об апелляциях на результаты олимпиады школьников «Ломоносов» и осознаю, что мой индивидуальный предварительный результат может быть изменён, в том числе в сторону уменьшения количества баллов.

С уважением, Хисматуллин В.В

07.03.2025
Дата



(подпись)