0 164616 310004

16-46-16-31
(3.5)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 3

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов

по физике

Бехтина Григория Марковича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

«14» февраля 2025 года

Подпись участника

(чистовик)

Задача №2

По определению, $\eta = \frac{A_{за\ цикл}}{Q_{нагрев}}$. Работу газа можно найти как площадь внутри цикла на графике в координатах $p(V)$:

$A_{1231} = \frac{1}{2}\cdot 4p_0 \cdot 3V_0 = 6p_0V_0$

$A_{1341} = \frac{1}{2}\cdot 4p_0 \cdot 3V_0 = 6p_0V_0$ | $A_{1231} = A_{1341} \Rightarrow \frac{\eta_{1231}}{\eta_{1341}} = \frac{Q^{нагрев}_{1341}}{Q^{нагрев}_{1231}}$.

В процессе 1231 нагрев происходит на 1-2 и 2-3:

$Q^{нагрев}_{1231} = Q_{12} + Q_{23} = A_{12} + \Delta U_{12} + A_{23} + \Delta U_{23}$ (по первому началу термодинамики)

$$Q^{нагрев}_{1231} = 0 + \frac{3}{2}(5p_0V_0 - p_0V_0) + 5p_0(4V_0 - V_0) + \frac{3}{2}(5p_0\cdot 4V_0 - 5p_0V_0) = 15p_0V_0 + \frac{3}{2}\cdot 19p_0V_0 = \frac{30+57}{2}p_0V_0 = \frac{87}{2}p_0V_0$$

В процессе 1341 нагрев проходит только на 1-3:

$$Q^{нагрев}_{1341} = A_{13} + \Delta U_{13} = \frac{1}{2}(p_0 + 5p_0)(4V_0 - V_0) + \frac{3}{2}(5p_0\cdot 4V_0 - p_0V_0) = 9p_0V_0 + \frac{3}{2}\cdot 19p_0V_0 = \frac{18+57}{2}p_0V_0 = \frac{75}{2}p_0V_0$$

(первого ко второму)

Отношение $\frac{\eta_{1231}}{\eta_{1341}} = \frac{75}{87}$; Ответ: $\cancel{\frac{75}{87}}$ $\frac{87}{75}$.

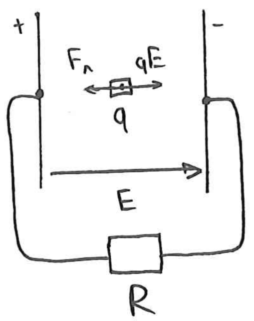
Задача №3

При движении проводящего тела в магнитном поле возникает эффект Холла: сила Лоренца начинает сдвигать заряды (свободные электроны проводника), что приводит к их скоплению на краях и возникновению электрического поля, которое противодействует силе Лоренца, а в установившемся режиме — полностью её компенсирует.

Раз по условию мощность максимальна, режим в цепи установился.

$F_Л = qE$; $qVB = qE$; $E = VB \Rightarrow U = Ed = BVd$

Нет внутр сопрот



По закону Ома: $iR = U_R = U = BVd$,

т.е. $P = \frac{U_R^2}{R} = \frac{B^2V^2d^2}{R}$

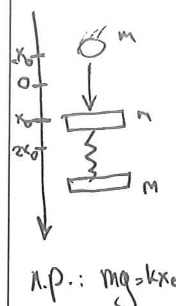
отсюда $V = \frac{\sqrt{PR}}{Bd} = 0.05\ \frac{м}{с}$

Ответ: $0.05\ \frac{м}{с}$.

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

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

ЧЕРНОВИК



$v=\sqrt{2gh}$ было x_0 стало $2x_0$ — п.р.

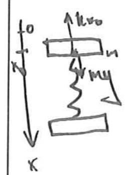
$u=\sqrt{\frac{gh}{2}}$ (ЗСИ)

$+(-2mgx_0)$

ЗСЭ: $\cancel{\frac{1}{2}kx_0^2}+\frac{1}{2}\cdot 2mu^2=\cancel{\frac{1}{2}kx_0^2}+m\frac{gh}{2}=\frac{1}{2}kx_0^2+0+2mgx_0$

пот-я сжатия. $E_к$

п.р.: $mg=kx_0$



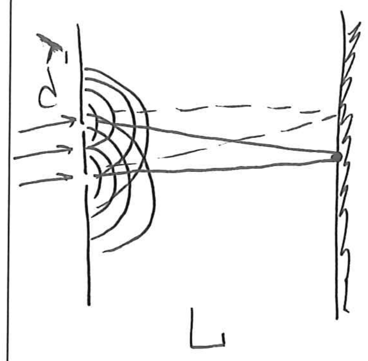
II з Н: не отрыв. $\Rightarrow$ $mg=kX$ $X=x_0!$ $\Rightarrow$ подним до $-x_0$ по O_x!

$\frac{mgh}{2}-2mgx_0=2mgx_0$: $x_0=\frac{mg}{k}$

$\frac{h}{2}=4x_0=4\frac{mg}{k}$

$\sqrt{1+x}=1+\frac{x}{2}$

$k=\frac{8mg}{h}=\frac{0.1\cdot 10}{0.01}=\frac{1}{0.01}=100\ \frac{Н}{м}$



$\Delta_\phi=\sqrt{L^2+\left(\frac{d}{2}+x\right)^2}-\sqrt{L^2+\left(\frac{d}{2}-x\right)^2}=$

$=L\left(\sqrt{1+\frac{(d/2+x)^2}{L^2}}-\sqrt{1+\frac{(d/2-x)^2}{L^2}}\right)=$

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

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

$x=\frac{L\lambda}{d}$

16-46-16-31 (3.5)

оценка изменена

1	2	3	4	5	Σ
20	20	12	17	20	89

$+1=90$

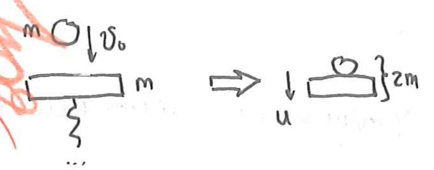
Задача №1

(чистовик)

Скорость, с которой падает пластилин на брусок (из закона сохр. энергии): $mv_0^2/2=mgh$

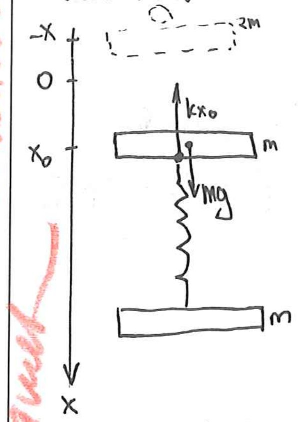
$v_0=\sqrt{2gh}$

При столкновении скорость перераспределится по закону сохр. импульса:



$mv_0=(2m)u \Rightarrow u=\frac{v_0}{2}=\sqrt{\frac{gh}{2}}$

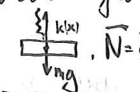
До столкновения бруски и пружина в равновесии, введём ось X и отметим положение равновесия до столкновения как x_0; 0 - отметка нестатой пружины



Пружина сжата на x_0, второй закон Ньютона: $mg=kx_0$ (1)

По условию последующие колебания гармоничны, значит, нижний брусок никогда не отрывается от земли.

Рассмотрим максимальное отклонение верхнего бруска с пластилином вверх. Пусть это будет на координате $-X$ (<0 т.к. пружина может растянуться в максимальном случае и уравновесить $m\vec{g}$ нижнего груза силой упругости): $mg=k|X|$



$\vec{N}=\vec{0}$

Из (1) получим, что $|X|=x_0$, т.е. макс. точка, до которой дойдёт система — $-x_0$ по O_x.

Запишем закон сохранения энергии от момента удара до верхней точки:

$\frac{1}{2}kx_0^2+\frac{1}{2}\cdot 2mu^2-2mgx_0=\frac{1}{2}kx_0^2+0+2mgx_0$

$v=0 \Rightarrow E_{кин}=0$

Получим $u^2=2gx_0+2gx_0$

$\frac{gh}{2}=4gx_0$

$\frac{h}{8}=x_0=\frac{mg}{k}$ (из (1))

$k=\frac{8mg}{h}=100\ Н/м$.

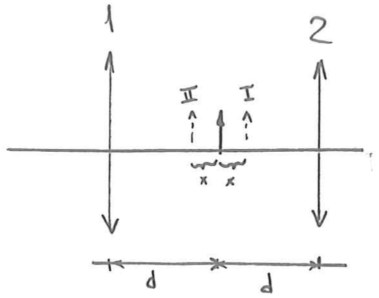
Ответ: $100\ Н/м$.

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

16-46-16-31
(3.5)

Задача N4

(чистовик)



Обозначим линзы 1 и 2.

Пусть $\Gamma_1 = 1$ (т.е. изображение такого же размера, что и объект) и $\Gamma_2 = \Gamma$.

По формуле тонкой линзы:

$$\begin{cases} \frac{1}{F_1} = \frac{1}{d} + \frac{1}{b_1} \\ \frac{1}{F_2} = \frac{1}{d} + \frac{1}{b_2} \end{cases},$$ где $b_{1,2}$ – расстояния до изображений

Также $\Gamma_1 = 1 = \frac{b_1}{d}$, $\Gamma_2 = \Gamma = \frac{b_2}{d} \Rightarrow \frac{1}{b_1} = \frac{1}{d}$; $\frac{1}{b_2} = \frac{1}{\Gamma d}$

Тогда $\frac{1}{F_1} = \frac{2}{d}$; $\frac{1}{F_2} = \frac{1}{d}\left(1 + \frac{1}{\Gamma}\right) = \frac{\Gamma + 1}{\Gamma d}$

Сдвинуть объект можно в обе стороны: $x < d$

Рассмотрим оба варианта: I. Сдвинули на x ко второй линзе.

Формула тонкой линзы: $$\begin{cases} \frac{1}{F_1} = \frac{1}{d+x} + \frac{1}{c_1} \\ \frac{1}{F_2} = \frac{1}{d-x} + \frac{1}{c_2} \end{cases},$$ где $c_{1,2}$ – новые расстояния до изображений

$$\Gamma_1' = \Gamma_2' \Rightarrow \frac{c_1}{d+x} = \frac{c_2}{d-x}; \quad c_2 = c_1 \frac{d-x}{d+x}$$

Подставим: $$\frac{1}{F_1} - \frac{1}{d+x} = \frac{1}{c_1} \Rightarrow \frac{1}{c_1} = \frac{2(d+x) - d}{d(d+x)} = \frac{d+2x}{d(d+x)}$$

$$\frac{1}{F_2} - \frac{1}{d-x} = \frac{1}{c_2} = \frac{1}{c_1} \cdot \frac{d+x}{d-x} = \frac{d+2x}{d(d+x)} \cdot \frac{d+x}{d-x} = \frac{d+2x}{d(d-x)}$$

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

$$d - x\Gamma - x = d\Gamma + 2x\Gamma$$

$$\Gamma(3x + d) = d - x$$

$$\Gamma = \frac{d-x}{d+3x} = \frac{20 \text{ см}}{40 \text{ см}} = 0.5$$

II. Сдвинули на x к первой линзе

Формула тонкой линзы: $$\begin{cases} \frac{1}{F_1} = \frac{1}{d-x} + \frac{1}{c_1} \\ \frac{1}{F_2} = \frac{1}{d+x} + \frac{1}{c_2} \end{cases}$$

$$\Gamma_1' = \Gamma_2' \Rightarrow \frac{c_1}{d-x} = \frac{c_2}{d+x}; \quad c_2 = c_1 \frac{d+x}{d-x}$$

Подставим: $$\frac{1}{F_1} - \frac{1}{d-x} = \frac{1}{c_1} = \frac{2d - 2x - d}{d(d-x)} = \frac{d-2x}{d(d-x)}$$

$$\frac{1}{F_2} - \frac{1}{d+x} = \frac{(\Gamma+1)(d+x) - \Gamma d}{\Gamma d(d+x)} = \frac{\Gamma x + x + d}{\Gamma d(d+x)} = \frac{1}{c_2} = \frac{1}{c_1} \frac{d-x}{d+x} = \frac{d-2x}{d(d+x)}$$

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

не λ в [illegible]

Тогда $\Gamma x + d + x = \Gamma d - 2\Gamma x$

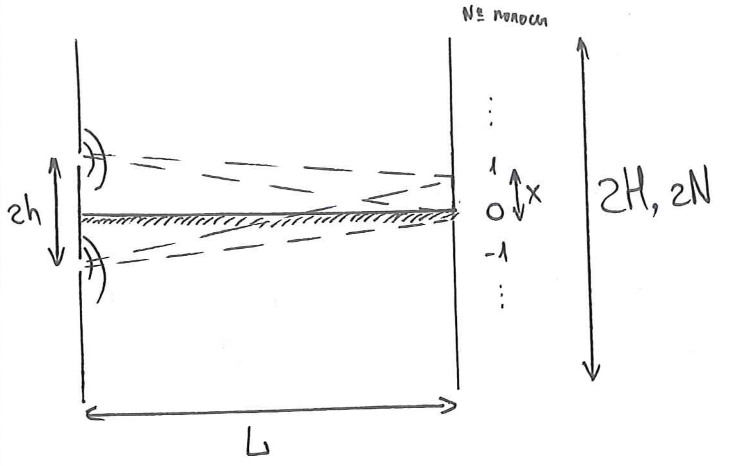
$\Gamma(d-3x) = d+x$

$\Gamma = \frac{d+x}{d-3x} = \frac{30\text{ см}}{10\text{ см}} = 3$ +

Ответ: 0.5 или 3. (чишовик)

Задача №5

Зеркало дополняет систему симметрично своей оси, так что получается 2 щели (на расст. $d=2h$), из которых исходит волна, экран дополняется собой же и становится $2H$ в длину, $2N$ полос на двух экранах.



Мы получили интерференционную установку Юнга.

Найдём длину одной полосы:

Разность хода лучей при смещении на одну полосу от центра становится равной λ

(условие максимума: $\Delta = \lambda \cdot n$, n – целое)

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

применим приближение: $\sqrt{1+x} \approx 1 + \frac{x}{2}$ при $x \ll 1$

в нашем случае $d \ll L$, так что эту формулу можно применить

$$\Delta = L\left(1 + \frac{\left(\frac{d}{2}+x\right)^2}{2L^2} - 1 - \frac{\left(\frac{d}{2}-x\right)^2}{2L^2}\right) = \frac{1}{2L}\left(\left(\frac{d}{2}+x\right)^2 - \left(\frac{d}{2}-x\right)^2\right) = \frac{1}{2L}\cdot d \cdot 2x = \frac{dx}{L} = \lambda$$

отсюда $x = \frac{\lambda L}{d}$, где в нашем случае $d = 2h$ +

$x_0 = \frac{\lambda L}{2h}$; $2N = \frac{2H}{x_0}$, $N = \frac{H}{x_0} = 2h\frac{H}{\lambda L}$

$h = \frac{\lambda L N}{2H} = 10^{-3}\text{ м} = 1\text{ мм}$

Ответ: 1 мм.

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

+1 балл
Оценка изменена по апелляции на 90
2017

Председателю апелляционной комиссии
олимпиады школьников «Ломоносов»
Ректору МГУ имени М.В. Ломоносова
академику В.А. Садовничему
от участника заключительного этапа по
профилю «*Физика*»
Бехтина Григория Марковича

апелляция.

Прошу пересмотреть мой индивидуальный предварительный результат заключительного этапа, а именно 89 (*восемьдесят девять*) баллов, перепроверив следующие задачи:

Третья задача:

Условие сформулировано таким образом, что однозначно не ясно, что именно подразумевается под формулировкой "при данных условиях", поэтому задачу можно понять двояко.

С одной стороны, её можно понять как задачу о максимизации функции мощности с константами, указанными в условии (в частности R, d, V), с возможностью изменения лишь r – внутреннего сопротивления источника.

С другой стороны — как задачу о максимизации мощности, при условии изменения и подбора всех параметров системы, что и сделано в официальном решении, где R стало изменяемой величиной. Что ясно из того, что в авторском решении производная берётся по dR, что не имеет смысла, если R = const.

В условии не сказано, что резистор представляет из себя реостат, поэтому понятного способа изменять его сопротивление нет. В то время, как внутреннее сопротивление источника может меняться, например, из-за изменения размеров пластин или площади контакта с проводящей жидкостью.

Прошу зачесть моё решение третьей задачи (см. стр. №4 в скане работы) как верное; я предположил, что заданные в условии параметры системы, в частности R, нельзя изменять (что более логично из формулировки условия), поэтому наибольшая мощность будет выделяться на резисторе постоянного сопротивления при отсутствии (нулевом) сопротивлении в блоке с жидкостью, так как всё напряжение, создаваемое в блоке с жидкостью, выделяется на резисторе (что прописано в моём решении). В частности, это так же ясно, если в авторском решении при нахождении производной брать её не по dR, а по dr. В этом случае ответ получается в 2 раза меньше, чем официальный ответ жюри, что и получилось у меня.

На туре не была предусмотрена возможность задать вопрос организаторам/жюри, поэтому моё понимание задачи основано исключительно на формулировке её условия. В нём не содержится намёков о выборе конкретного прочтения, и даже более логичен вариант, выбранный мной при решении, так как в начале условия чётко написано "на резистор с сопротивлением 0.4 Ом", подразумевая, что R = const

Четвёртая задача:

Также прошу оценить моё решение четвёртой задачи (см. стр. №5 и №6 в скане работы) на полный балл.

В условии не было конкретизации о направлении сдвига объекта, а так как расстояние сдвига x < d (указано в центре листа), можно сдвигать объект в обе стороны. Я рассмотрел оба случая: налево (ответ Г=3, совпадает с авторским) и направо (ответ Г=0.5, не рассмотрен в официальном решении) и привёл оба результата в итоговом ответе.

Также в задаче не сказано, увеличенное (Г>1) или уменьшенное (Г<1) начальное изображение во второй линзе, поэтому ответ зависит ещё от этого условия, что также предполагает рассмотрение двух вариантов.

Приведение второго случая не может считаться ошибкой, ведь в обоих случаях решение представлено полностью, все физические обоснования записаны, а математические вычисления доведены до конца и получены арифметически верные ответы, а в условии явно не указано, в какую именно сторону сдвигают объект.

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.

Дата
07.03.2025

(подпись)