



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 2

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов

по физике

Буровских Дианы Андреевны
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

воскр. 12⁴⁵ - 12⁴⁶

ДЕШИФРОВКА

Дата

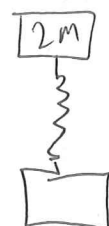
«14» января 2025 года

Подпись участника

Буровских

ЧЕРНОВИК

$$Q_+ = Q_- + A$$



$$\eta_1 = \frac{A}{Q_+}$$

$$\eta_2 = \frac{A}{Q_-}$$



$$F_1 = \frac{3}{4}d$$

$$F_2 = \frac{d}{2}$$

$$1: \frac{1}{F_1} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{d+x} = \frac{1}{r(d+x)}$$

$$\frac{1}{F_2} = \frac{1}{f_2} + \frac{1}{d-x} = \frac{1}{r(d-x)} + \frac{1}{r(d-x)} = \frac{2}{r(d-x)}$$

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

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

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

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

$$5x = d$$

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

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

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

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

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

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

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

$$r = \frac{3d}{4x - d}$$

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

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

$$5x = -d$$

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

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

ЧИСТОВИК

Задача 1.1.2.

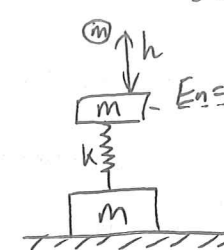
Дано:

$$m = 0,1 \text{ кг}$$

$$k = 100 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$h_{\text{max}} = ?$$



1) Чтобы колебание брусков и пластины были всегда гармоническими, надо чтобы нижний брусок не отрывался от пола

2) Рассмотрим абсолютно упругий удар пластины с верхним бруском:

Пусть непосредственно перед столкновением шарик пластины имеет скорость v' перед: v' после: v_0

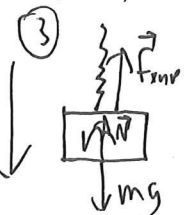


Так как время удара мало сила тяжести не успевает поменять импульс системы "пластина + верхний брусок", а пружина не сжмется и не растянется $\Rightarrow$ сила упругости тоже $\Rightarrow$ для такой системы выполняется ЗСИ на ось y:

$$mv' = mv_0 + mv_0 \Rightarrow v_0 = \frac{v'}{2}$$

3) Рассмотрим падение шарика пластины: $\Rightarrow$ выполняются ЗСЗ или работу не совершают $\Rightarrow$ выполняются ЗСЗ $E_{k1} + E_{n1} = E_{k2} + E_{n2} \Rightarrow 0 + mgh = \frac{mv'^2}{2} + 0 \Rightarrow v' = \sqrt{2gh}$

4) При каком условии нижний брусок оторвется от стола? если сила N - реакция стола станет равна 0: рассмотрим граничный случай.

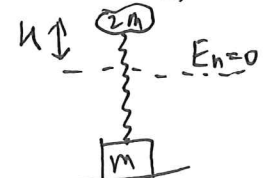


$$\vec{N} = 0; \vec{a}_y = 0$$

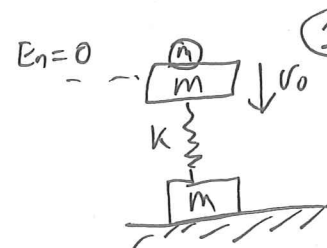
$$2 \text{ ЗИ на ось y: } mg - N = F_{\text{упр}} \Rightarrow kx_0 = mg \Rightarrow x_0 = \frac{mg}{k}$$

5) Чтобы отрыва не происходило пружина не должна растягиваться больше, чем на x_0 в том колебании, чтобы h было h_{max} , надо чтобы макс. деформация пружины была равна x_0 . В этом положении скорость верх. бруска и пластины обнуляется:

$$E_{\text{max}} = 2mgh + \frac{kx_0^2}{2}$$



ЧЕРНОВИК
6) В хоре поющий мех движется со скоростью, так
вероят. слы не совершают работы, какие мех элеме
нты системы "брусок + брусок + пружина + пружина" в момент
столкновения?



①

так же солит брусок верхний поочисл;
 $mg = kx_n \Rightarrow x_n = \frac{mg}{k}$

Заметим, что $x_n = x_0$, чтобы не было
многократных обозначений дадим $x_n = x_0$.

$$E_{мех1} = E_{пот(мг)} + E_k + E_{пот(пруж)} = 0 + \frac{2mv_0^2}{2} + \frac{mkx_0^2}{2}$$

7) Остается изобразить чему равно h ;

это высота от-но нулевого уровня потенциальной
энергии, когда пружина растянута на x_0 , а
в момент 1 пружина сжата на $x_0 \Rightarrow h = 2x_0$

8) Запишем ЗСЭ для всей системы от состояния 1
до состояния 3

$$E_{мех1} = E_{мех3}$$

$$\frac{2mv_0^2}{2} + \frac{kx_0^2}{2} = 2mgx_0 + \frac{kx_0^2}{2}$$

$$mv_0^2 = 4mgx_0$$

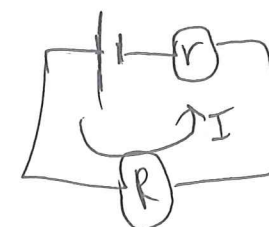
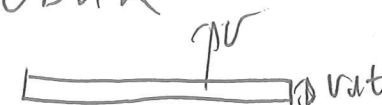
$$\frac{mgh}{2} = \frac{4m^2g^2}{k} \quad | : mg \cdot 2$$

$$h_{max} = \frac{8mg}{k} = \frac{8 \cdot 0,1 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{100 \frac{\text{Н}}{\text{м}}} = 8 \text{ см} = 0,08 \text{ м}$$

!!! Ответ: $h_{max} = 8 \text{ см}$!!!

ЧЕРНОВИК

$$d\epsilon_i = V B d \frac{h \cdot H}{\lambda n} = L$$



$$I = \frac{\epsilon}{R+r}$$

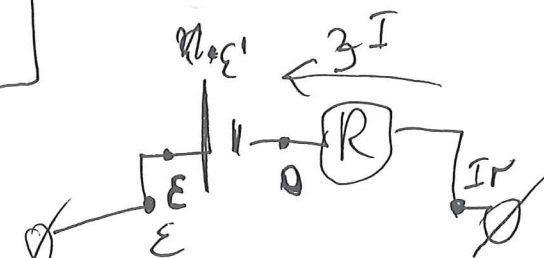
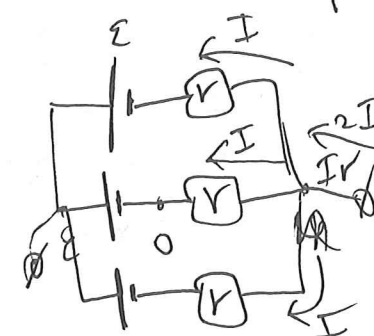
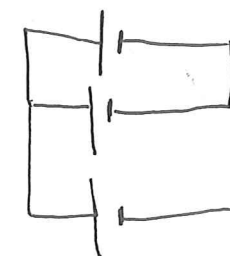
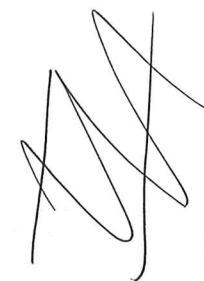
$$V = IR = \frac{\epsilon R}{(R+r)}$$

$$P = \frac{\epsilon^2 R}{(R+r)^2}$$

$$\left(\frac{1}{(R+x)^2} \right)' = \left((R+x)^{-2} \right)' = -2 \cdot \left(\frac{1}{(R+x)^3} \right)$$

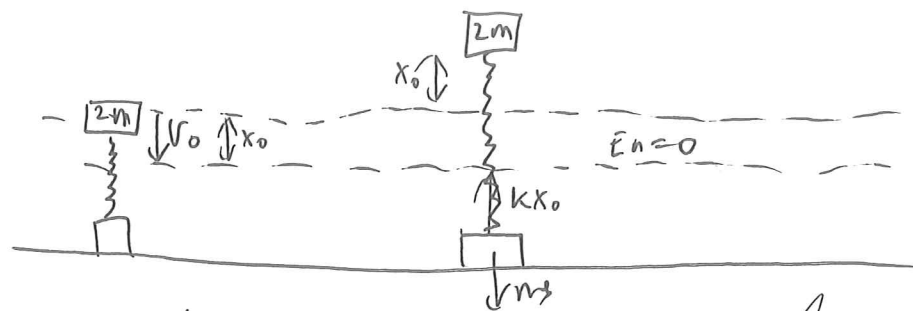
$$x^n = n \cdot x^{n-1}$$

$$x^2 = 2n$$



Черновик

N 1



$$mg = kx_0$$

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

$$v_0 = \sqrt{2gh}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{gh}{2}}$$

$$\frac{1}{2}mv_0^2 + \frac{1}{2}kx_0^2 = \frac{1}{2}kx_0^2 + 2mgx_0$$

$$\frac{v_0^2}{2} = \frac{4mg^2}{k}$$

$$\frac{1}{2}kx_0^2 = \frac{4mg^2}{k} \Rightarrow \frac{1}{2}kx_0^2 = \frac{4 \cdot 0.1 \cdot 10}{k}$$

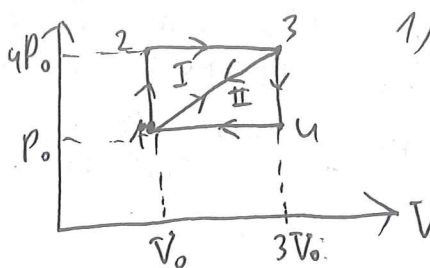
$$Q_{12} = \frac{9}{2} \text{ Дж}$$

$$Q_{23} = \frac{40}{2} \text{ Дж}$$

$$Q_{31} = \frac{10}{2} \text{ Дж} + \frac{33}{2} \text{ Дж} = \frac{43}{2} \text{ Дж}$$

Чистовик_p Задача 2.2.2

$$k = \frac{\eta_{II}}{\eta_{I}} = ?$$



1) x1-не 100 (АВ):

$$1: P_0 V_0 = \nu R T_0 \Rightarrow T_1 = T_0$$

$$2: 4P_0 V_0 = 4\nu R T_0 \Rightarrow T_2 = 4T_0$$

$$3: 12P_0 V_0 = 12\nu R T_0 \Rightarrow T_3 = 12T_0$$

$$4: 3P_0 V_0 = 3\nu R T_0 \Rightarrow T_4 = T_0$$

2) 9 лл цикла I: первое начало термодинамики:

$$0 < Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) + 0 = \frac{3}{2} \nu R 3T_0 = \frac{9}{2} \nu R T_0$$

$$0 < Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23} = \frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_2) + 0 = \frac{5}{2} \nu R 8T_0 = \frac{40}{2} \nu R T_0$$

$$0 > Q_{31} = \Delta U_{31} + A_{31} = -\frac{1}{2} \cdot 5P_0 \cdot 2V_0 + \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3) = -\frac{10}{2} \nu R T_0 - \frac{33}{2} \nu R T_0 = -\frac{43}{2} \nu R T_0$$

3) 9 лл цикла II: первое начало термодинамики:

$$0 < Q_{13} = \frac{43}{2} \nu R T_0$$

$$0 > Q_{34} = \Delta U_{34} + A_{34} = \frac{3}{2} \nu R (T_4 - T_3) + 0 = -\frac{27}{2} \nu R T_0$$

$$0 > Q_{41} = \Delta U_{41} + A_{41} = -\frac{5}{2} \nu R (T_1 - T_4) = -\frac{10}{2} \nu R T_0$$

4) Заметим, что работа считается как площадь фигуры цикла на P(V), а 1234 - прямоугольник, 13 - диагональ $\Rightarrow$ площади 123 и 134 равны $\Rightarrow A_{I\text{II}} = A_{II\text{I}} = A$

5) Посчитаем КПД:

$$\eta_{II} = \frac{A_{II\text{I}}}{Q_{II\text{I}}} = \frac{A}{43 \nu R T_0}$$

$$\eta_{I} = \frac{A_{I\text{II}}}{Q_{I\text{II}}} = \frac{A}{49 \nu R T_0}$$

$$k = \frac{49 \nu R T_0}{2A} \cdot \frac{2A}{43 \nu R T_0} = \frac{49}{43}$$

$$!!! \text{ Ответ: } k = \frac{49}{43} \text{ } !!!$$

ЧИСТОВИК

Дано:

$$R = 0,4 \text{ Ом}$$

$$d = 40 \text{ см} = 0,4 \text{ м}$$

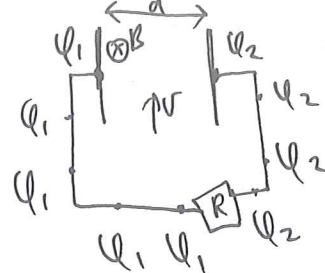
$$v = 10 \text{ м/с} = 0,1 \text{ м/с}$$

$$P_m = 1 \text{ мВт}$$

В-?

2-?

Задача 3.3.2



1) Заметим, что разность потенциалов равна ϵ_i , создаваемой потоком пронизывающей жидкости.

$$U = \epsilon_i$$

2) $P_R = I \cdot U = \frac{U^2}{R} = \frac{\epsilon_i^2}{R}$, а значит, чтобы P_R была max, ϵ_i должно быть максимальным

3) $\epsilon_i = v B \cdot l$, где $l = d \sin \alpha$
А значит ϵ_i max, когда $\sin \alpha = 1$,
 $\epsilon_{i \max} = v B d$

4) $P_{R \max} = \frac{v^2 B^2 d^2}{R} \Rightarrow B = \frac{R \cdot P_m}{v^2 d^2}$

$$B = \frac{R \cdot P_m}{v^2 d^2} = \frac{0,4 \text{ Ом} \cdot 1 \cdot 10^{-3} \text{ Вт}}{(0,1)^2 \text{ м}^2/\text{с}^2 \cdot (0,4)^2 \text{ м}^2} = 0,25 \text{ Тл}$$

!!! Ответ: $B = 0,25 \text{ Тл} = 250 \text{ мТл}$!!!

ЧИСТОВИК Задача ч.8.2

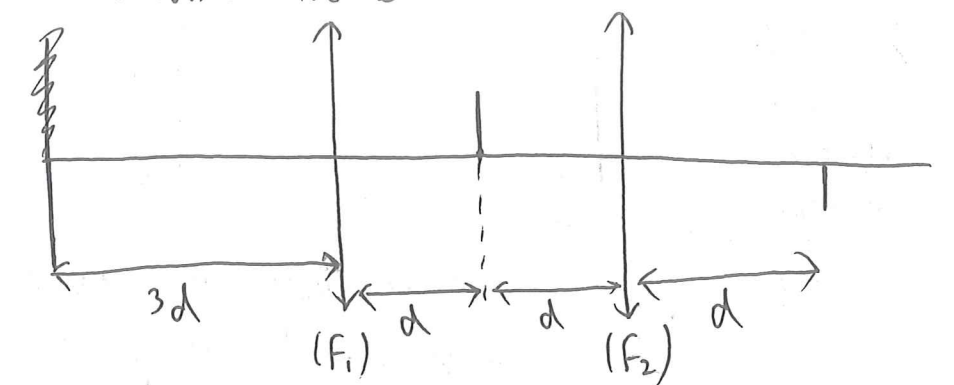
$$\Gamma_{11} = 3$$

$$\Gamma_{12} = 1$$

$$\Gamma_{22} = \Gamma_{21}$$

$$d_1 = d_2 = d$$

$$x = 5 \text{ см}$$

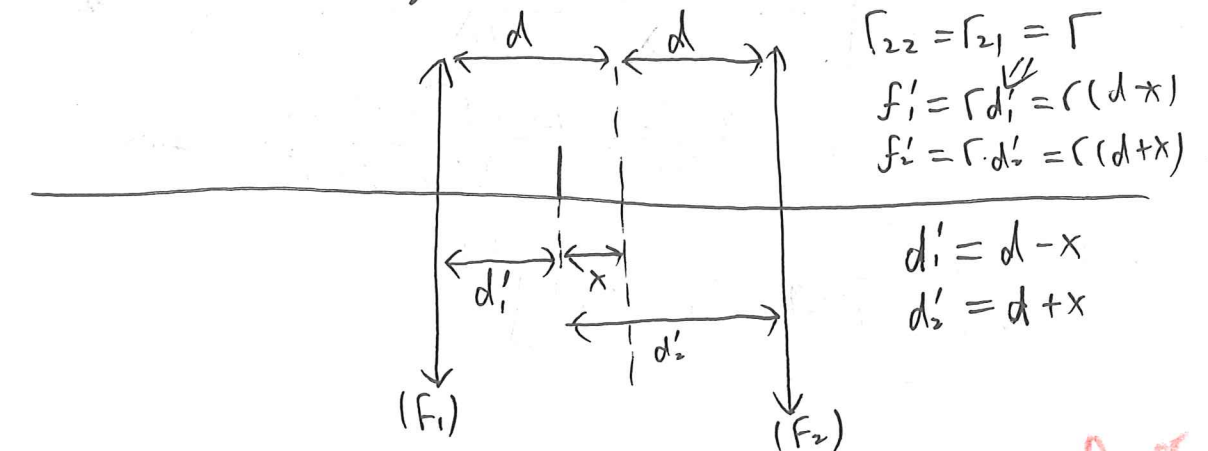
 $d = ?$ 

1) Пусть левая линза имеет Γ , а вторая вторая
Запишу формулу тонкой линзы для каждой из
них:

$$\frac{1}{F_1} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1} \Rightarrow \frac{1}{F_1} = \frac{1}{d} + \frac{1}{\Gamma d} \Rightarrow F_1 = \frac{3}{4} d$$

$$\frac{1}{F_2} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{F_2} + \frac{1}{d} + \frac{1}{\Gamma_2 d} \Rightarrow F_2 = \frac{d}{2} \quad \text{X}$$

2) Рассмотрим ситуацию после перемещения: (пусть стержень
сдвинут влево)



$$\Gamma_{22} = \Gamma_{21} = \Gamma$$

$$f'_1 = \Gamma d'_1 = \Gamma(d-x)$$

$$f'_2 = \Gamma d'_2 = \Gamma(d+x)$$

$$d'_1 = d - x$$

$$d'_2 = d + x$$

Запишу формулу тонкой линзы для каждой из линз:

$$\frac{1}{F_1} = \frac{1}{d'_1} + \frac{1}{f'_1} = \frac{1}{d-x} + \frac{1}{\Gamma(d-x)} = \frac{\Gamma+1}{\Gamma(d-x)}$$

$$\frac{1}{F_2} = \frac{1}{d'_2} + \frac{1}{f'_2} = \frac{1}{d+x} + \frac{1}{\Gamma(d+x)} = \frac{\Gamma+1}{\Gamma(d+x)}$$

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{d-x}{d+x} = \frac{2}{3} = \frac{d+x}{d-x} \Rightarrow 2d - 2x = 3d + 3x$$

$5x = -d$, но d должно
быть 0, а значит

стержень находится
вправо

$$d = 5x = 25 \text{ см}$$

!!! Ответ: $d = 25 \text{ см}$!!!

ИСТОБИК

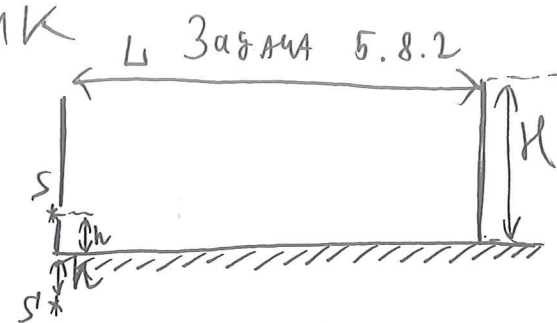
$$\lambda = 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}$$

$$h = 1 \text{ мм}$$

$$H = 5 \text{ м}$$

$$N = 200$$

$$L = ?$$



S' — изображение источника в зеркале.

ТАК КАК $h \ll L$, то в отдельность от источника S и от S' мы бы получили примерно одинаковую картину на втором экране $\Rightarrow$ если бы зеркало, соответствующее источнику S' не было, то $n = \frac{N}{2} = 100$, где n — число интерференционных полос на экране?

Из условия:



$$\frac{L}{h} = \frac{n \cdot \lambda}{\lambda} = \frac{2n}{N\lambda} \Rightarrow L = \frac{2nh}{N\lambda}$$

$$L = \frac{2nh}{N\lambda} = \frac{2 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot 1 \cdot 10^{-3} \text{ м}}{200 \cdot 0,5 \cdot 10^{-6}} = 1 \text{ м}$$

!!! Ответ: $L = 1 \text{ м}$!!!