



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 3

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников "Ломоносов"
наименование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Орешко Анастасия Алексеевны
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

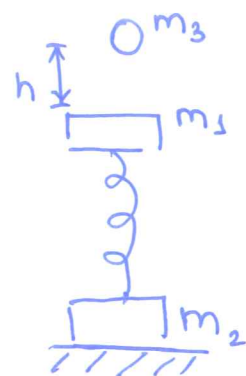
вышла в 13⁵¹
вернулась в 13⁵⁸

Дата
«14» февраля 2025 года

Подпись участника

Ореш

№1



1) з.с.и: $m_3 v_3 = (m_3 + m_1) v'$

$v' = \frac{m_3 v_3}{m_3 + m_1}$

2) з.с.э. $m_3 g h = \frac{m_3 v_3^2}{2}$

3) $F_y = kx$
 $F_T = (m_3 + m_1) \cdot g$

$kx = (m_3 + m_1)g$

$k = \frac{(m_3 + m_1)g}{x}$

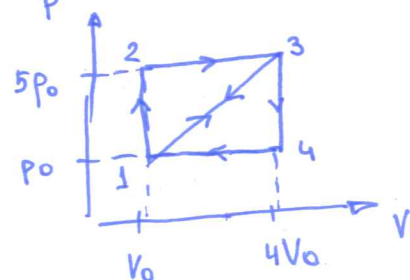
Гармонические колебания.

№2

Изохорный процесс $\rightarrow p = \text{const}$ p изм. в 5 раз

Изобарный процесс $\rightarrow V = \text{const}$ V изм. в 4 раз

$\eta = \frac{Q_{\text{non}}}{Q_{\text{зат}}} \cdot 100\%$



1-2-3-1:

$\eta = \frac{Q_{\text{non}}}{Q_3} \cdot 100\%$

$Q_{\text{non}} = \text{площадь } \Delta = \frac{1}{2} \cdot 4p_0 \cdot 3V_0 = 6p_0V_0$

$\Delta U = \frac{3}{2} p_0 \cdot 3V_0 = 4.5p_0V_0$

$Q_{\text{зат}} = \frac{1}{2} \cdot 4p_0 \cdot 3V_0 + \frac{3}{2} p_0 \cdot 3V_0 = 10.5p_0V_0$

$Q_3 = \Delta U_{1-2} (V = \text{const}, \text{изм. } A_{1-2} = 0)$

$\frac{3}{2} \Delta p V = \frac{3}{2} 4p_0 \cdot V_0$

$\eta_1 = \frac{3.5p_0 \cdot 3V_0}{1.54p_0 \cdot V_0} = \frac{3.5 \cdot 3}{1.54} = \frac{35}{20} = \frac{7}{4} = 1.75$

$A = \frac{h \cdot h}{\lambda \cdot L}$

45-37-40-36
(3.12)

Беловик.

Вариант №3

№3.

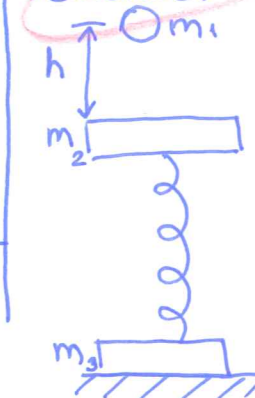
№1

Дано:

$m = 100 \text{ г}$
 $h_{\text{max}} = 8 \text{ см}$
 $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

Найти: k

Решение.



1) По условию задачи, после падения шарик прилипает к бруску (абсолютно неупругий удар)

По закону сохранения импульса: $\vec{p} = m\vec{v}$

* Обозначу массу шарика m_1 , массу брусков: m_2 и m_3 . Но по условию, $m_1 = m_2 = m_3 = 100 \text{ г}$

2) Запишу закон сохранения импульса в проекции на ОХ.

$m_1 \cdot v_1 = (m_1 + m_2) v_2$

$\Delta x_1 = -\frac{mg}{k}$
 $\Delta x_2 = -\frac{2mg}{k}$
 $x_0 = \Delta x_2 - \Delta x_1 = -\frac{mg}{k}$

3) По закону сохранения энергии: $E_{n1} + E_{k1} = E_{n2} + E_{k2}$

$E_{n1} = mgh$; $E_{k1} = 0$
 $E_{n2} = 0$; $E_{k2} = \frac{mv_2^2}{2}$
 $mgh = \frac{mv_2^2}{2} \Rightarrow v_0 = \frac{v_2}{2}$

По II з. Ньютона: $a = \frac{\Sigma F}{m}$
 $\text{ОХ: } F_y = F_T$
 $kx = (m_1 + m_2)g$

$k = \frac{(m_1 + m_2)g}{x}$

Брусок с шариком колеблется
 $x(t) = A \cos(\omega t + \varphi_0)$

Гармоническое колебание, значит $\omega = \sqrt{\frac{k}{2m}}$

$$A = \sqrt{x_0^2 + \frac{u_0^2}{\omega^2}}$$

$$\cancel{k \cdot (m_1 + m_2) g} = \cancel{(m_1 + m_2) g} \cdot \cancel{\varphi_0 = \arctg(-\frac{u_0}{w x_0})}$$

$$\frac{F_g}{k} = \frac{mg}{k} = \frac{(m_A + m_B)g}{k}$$

$$A \geq \frac{3mg}{k}$$

$$h \geq \frac{8mg}{k}$$

Ответ: $K = \frac{8 \text{ мг}}{h_{\text{max}}} = 100 \frac{\text{H}}{\text{м}}$

2.

$$1-3-4-1: Q_{\text{non}} = \frac{1}{2} \cdot 3V_0 \cdot 4p_0^2 + \frac{3}{2} p_0 \cdot 3V_0 = \Delta U =$$

$$\begin{array}{r} 1,5 \\ \times 3 \\ \hline 4,5 \end{array} \quad = 3V_0 \cdot 2p_0 + 1,5 \cdot 3p_0V_0 = 6V_0p_0 + 4,5p_0V_0 =$$

$$= 10,5p_0V_0$$

$$105 \mid \frac{5}{21}$$

$$Q_{\text{зар}} = A_{3-4}(0) = \cancel{p_0} \cdot V_0 \cdot 4p_0$$

$$\frac{10,5 p_0 V_0}{4 p_0 V_0} = \frac{10,5}{4} = \frac{21}{8} \neq$$

$$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{7}{4} \cdot \frac{8^2}{21 \cdot 3} = \frac{2}{3}$$

$$\Rightarrow \frac{\eta_2}{\eta_1} = 1,5$$

$$\frac{1 \cdot 10^{-3} \cdot 4 \cdot 10^{-2}}{16 \cdot 10^{-2}} = \frac{4 \cdot 10^{-5}}{4 \cdot 16 \cdot 10^{-2}} = \frac{1}{100000} \cdot \frac{100}{4}$$

$$10,5$$

$$Q_{non} = Q_{1-2} + Q_{2-3} + Q_{3-1}$$

$$19,5 + 12,0 = 31,5$$

$$w \rightarrow K$$

$$A = V$$

$$p = \text{const}$$

$$\Delta U = 0 \downarrow p \downarrow T = \text{const}$$

$$4p_0 \cdot 3V_0 = \underline{12p_0V_0}$$

$$Q_{\text{non 1}} = 5 \text{ pA} \cdot 3 \text{ V}_0 + \frac{3}{2} \cdot 3 \text{ V}_0 = \underline{15 \text{ pA V}_0 + 4,5 \text{ pA V}_0} = \underline{19,5 \text{ pA V}_0}!$$

$$Q_{\text{non 2}} = \underline{12 \text{ pA V}_0} = \underline{\underline{31,5 \text{ pA V}_0}} \quad (F=3)$$

$$Q_3 = \frac{3}{2} \cdot 4 p_0 \cdot V_0 = \underline{6 p_0 V_0} \quad \eta = \frac{31,5 p_0 V_0}{6 p_0 V_0} = \left(\frac{31,5}{60} \right)$$

$$2) Q = 4p_0 \cdot 3V_0 = \underline{\underline{12p_0V_0}} + \frac{3}{2} \cdot 4p_0 \cdot 3V_0$$

$$I = 4 \cdot \frac{3}{2} p_0 \cdot 3V_0 + p \cdot 3V_0 = (4,5 + 3) p_0 V_0 = \underline{\underline{7,5 p_0 V_0}}$$

$$Q = \frac{12}{7.5} = \frac{120}{75}$$

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

$$\sqrt{2}$$

Дано:

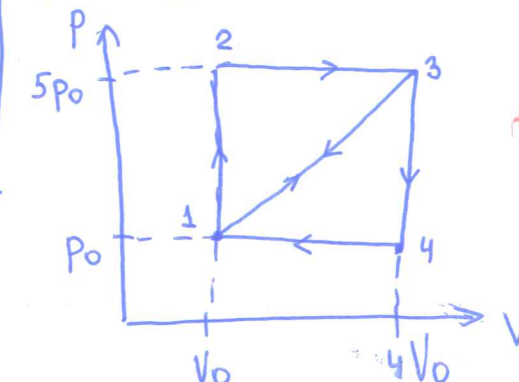
$$V_2 = 4V_0$$

$$p_2 = 5 p_0$$

$i = 3$

Найдем: $\frac{n_2}{n_1}$

Решение.



1) Газ идеальный и ν_0 одноатомный, след-но $i=3$

$$2) \eta = \frac{A}{Q_{3\text{ат}}} \cdot 100\%$$

3) I начало термодинамики: $Q = \Delta U + A_{\text{г}}$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \sqrt{R \Delta T} \quad A_r = p \Delta V$$

4) 1-2-3-1: $Q_{non1} = \Delta U_{1-2-3-1} \quad A_{1-2-3-1}$

$$A_{1231} = S_{\Delta} = \left(\begin{array}{c} \text{А равна площади под графиком} \\ \text{осей } p-v \end{array} \right)$$

$$= \frac{1}{2} (5P_0 - P_0) \cdot (4V_0 - V_0) = \frac{1}{2} \cdot 4P_0 \cdot 3V_0 = 6P_0 V_0$$

$$\Delta U_{1231} = \frac{5}{2} n R \Delta T = \frac{3}{2} P \Delta V = \frac{2}{2} P_0 \cdot 3V_0 - 4,5 P_0 V_0$$

$$pV_1 = \nu RT_1 \quad (\text{ур. Менделеева-Клапейрона})$$

$$pV_2 = \nu RT_2$$

$$P(V_2 - V_1) = \sqrt{R(T_2 - T_1)}$$

$$Q_{non1} = 6 p_0 V_0 + 4.5 p_0 V_0 = 10.5 p_0 V_0$$

$$5) Q_{3\text{ат.1}} = \Delta U_{1-2} \quad (A_{1-2} = 0) \\ \text{м.к. } V = \text{const}$$

$$Q_{30T,1} = \frac{3}{2} \sqrt{R \Delta T} = \frac{3}{2} \Delta p V = \frac{3}{2} \cdot 4 p_0 \cdot V_0 = 6 p_0 V_0$$

$$P_1 V = \nu RT_1 \quad (\text{ур. Менделеева-Клапейрона})$$

$$P_2 V = \nu R T_2 \quad \leftarrow$$

$$(P_2 - P_1)V = \nu R(T_2 - T_1)$$

$$6) \eta_i = \frac{Q_{\text{out}}}{Q_{\text{gas}}} \cdot 100\% = 3\%$$

$$= \frac{10,5 \text{ poVo}}{6 \text{ poVo}} \approx 100\% = \frac{7}{7} \cdot 100\%$$

$$\eta_1 = \frac{7}{9} \cdot 100\%$$

$$6) 1-3-4-1: Q_{\text{полн}} = \Delta U_{1341} + A_{1341}$$

$$A_{1341} = S_{\Delta} = (A = S_{\text{под графиком в осях } p-V})$$

$$A_{1341} = \frac{1}{2} (4V_0 - V_0) \cdot (5p_0 - p_0) = \frac{1}{2} 3V_0 \cdot 4p_0 = 6p_0V_0$$

$$\Delta U_{1234} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = \frac{3}{2} p \Delta V = \frac{3}{2} p_0 \cdot 3V_0 = 4,5 p_0 V_0$$

$$pV_1 = \nu RT_1 \quad (\text{ур. Менделеева-Клапейрона})$$

$$pV_2 = \nu RT_2$$

$$p(V_2 - V_1) = \nu R(T_2 - T_1)$$

В первом цикле (1-2-3-1)
газ получает Q в процессах
1-2 и 2-3

Во втором цикле - Q полу-
чено в процессе 1-3.

$$\eta_2 = \frac{Q_{12} + Q_{2-3}}{Q_{1-3}} \quad T_1 = \frac{V_0 p_0}{\nu R}; T_2 = \frac{5p_0 V_0}{\nu R}$$

$$T_3 = \frac{5p_0 \cdot 4V_0}{\nu R}$$

$$Q_{1-2} = \frac{3}{2} \nu R(T_2 - T_1)$$

$$Q_{2-3} = \frac{5}{2} \nu R(T_3 - T_2)$$

$$Q_{1-3} = \Delta U + A_{1-3}; Q_{1-3} = \frac{3}{2} \nu R(T_3 - T_1) + \frac{1}{2} (4V_0 - V_0) \cdot (5p_0 + p_0) = \frac{3}{2} \nu R(T_3 - T_1) + 9p_0 V_0 = \frac{57}{2} \nu R T_1 + 9 \nu R T_1 = \frac{75}{2} \nu R T_1$$

$$Q_{1-2} = 4 \nu R T_1$$

$$Q_{2-3} = \frac{75}{2} \nu R T_1$$

$$\eta_2 = \frac{Q_{1-2} + Q_{2-3}}{Q_{1-3}} = \frac{89}{75}$$

$$\text{Ответ: } \eta_2 = \frac{89}{75}$$

19

4.

$$L = \frac{2hN}{\lambda N}; L = \frac{2 \cdot 0,001 \cdot 0,05}{0,5 \cdot 10^{-6} \cdot 200} = \frac{0,00005}{10^{-4} \cdot 0,5} =$$

$$\times \frac{0,001}{0,05} = \frac{0,0005}{0,0005} = 1$$

$$= \frac{5}{100000} \cdot \frac{2 \cdot 10000}{1} = 1$$

$$P = \frac{\nu^2 B^2 d^2}{R} = \frac{(0,05)^2 \cdot 1^2 \cdot 0,16}{0,4} = \frac{0,0025 \cdot 0,16}{0,4} = \frac{0,0004}{0,4} = 0,001$$

$$\times \frac{0,05}{0,05} = \frac{0,0004}{0,0004} = 1$$

9.

№5°

Дано:

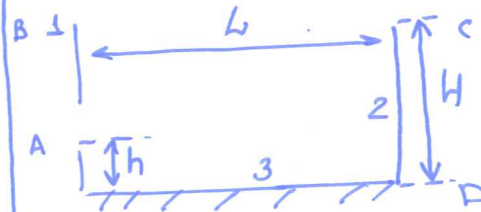
$$\lambda = 0,5 \mu\text{м} = 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}$$

$$L = 1 \text{ м}$$

$$H = 5 \text{ см} = 0,05 \text{ м} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$N = 200$$

$$h \ll L$$

Найти: h Решение. Число интерференционных полос равно целой части от $\frac{H}{\Delta x}$ Пусть $H = CD$; $H - h = AB$, тогда

$$L = \frac{2H \cdot h}{\lambda \cdot N}$$

$$L \cdot \lambda \cdot N = 2H \cdot h$$

$$h = \frac{L \cdot \lambda \cdot N}{2H}$$

$$h = \frac{1 \text{ м} \cdot 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ м} \cdot 200}{2 \cdot 5 \cdot 10^{-2} \text{ м}} = \frac{10 \cdot 10^{-6}}{5 \cdot 10^{-2}} \text{ м} = \frac{10^{-5}}{10^{-2}} \text{ м} = 10^{-3} \text{ м} = 1 \text{ мм}$$

$$= \frac{1}{100000} \cdot \frac{100}{1} \text{ м} = \frac{1}{1000} \text{ м} = 0,001 \text{ м} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 1 \text{ мм}$$

Ответ: 1 мм; $h = \frac{L \cdot \lambda \cdot N}{2H}$ +

8.

45-37-40-36
(3.12)

№3

Найти: $|U|$

Решение.

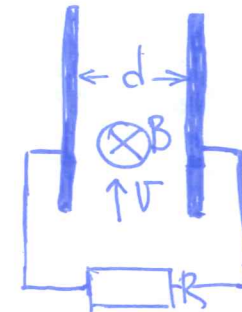
Дано:

$$R = 0,4 \text{ Ом}$$

$$d = 40 \text{ см} = 0,4 \text{ м}$$

$$B = 1 \text{ Тл}$$

$$P = 1 \text{ мВт} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Вт}$$



$$P = UI = \frac{U^2}{R} = I^2 R$$

$$I = \frac{U}{R} \text{ (закон Ома)}$$

$$2) \quad U = \frac{F \cdot d}{q}$$

$$F_A = BIl \sin \alpha$$

$$F_A = qBv \sin \alpha$$

$$\frac{F \cdot d}{q} = \frac{qBv \sin \alpha \cdot d}{q} = Bvd \sin \alpha$$

Внутр. сопротивление

3) $F = qvB$ — направлена перпендикулярна пластинкам, возникает разность потенциалов между пластинками

$$U = \frac{F \cdot d}{q} = vBd$$

$$I = \frac{U}{R+r} \text{ Максимальная мощность } \rightarrow I = \sqrt{\frac{P_m}{R}}$$

$$(\Delta q v B - \Delta q \cdot E) \cdot d = \Delta t \cdot P_m$$

$$\Delta q (Bv - \sqrt{\frac{R \cdot P_m}{d}}) \cdot d = P_m \cdot \Delta t$$

$$P_m = \sqrt{\frac{P_m}{R}} (Bvd - \sqrt{R \cdot P_m})$$

$$Bvd = 2 \sqrt{R P_m}$$

$$v = \frac{2 \sqrt{R P_m}}{Bd} = \frac{2 \sqrt{10^{-3} \cdot 4 \cdot 10^{-3}}}{1 \cdot 0,4} = 10 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right)$$

Ответ:

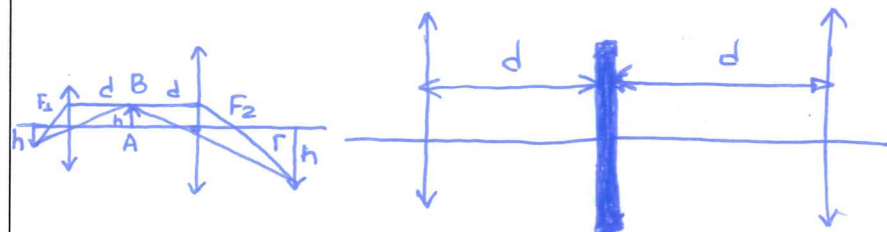
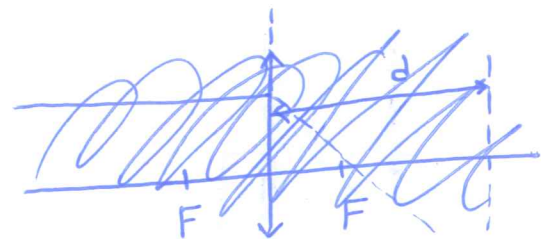
5.

$$\sqrt{4}$$

Дано: | Решение

$$d = 25 \text{ cm}$$
$$x = 5 \text{ cm}$$

Найтч: Г-?



$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1} \quad (\text{закон Шеннелля})$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \quad \text{— формула тонкой линзы}$$

При сдвиге на $x = 5 \text{ см}$ изображение K - увеличение.
 $\frac{1}{d-x} + \frac{1}{k(d-x)} = \frac{1}{f_1} ; \frac{1}{d+x} + \frac{1}{k(d+x)} = \frac{1}{f_2}$
~~на~~ ~~на~~ ~~линзах~~ ~~становятся~~ ~~равными.~~
 $(f_2 - f_1) : d$

М.к. $x = \frac{(F_2 - F_1) \cdot d}{F_1 + F_2}$ условие, линзы расположе-

ны так, что их фокусные расстояния

Совнагаром, то $\frac{1}{F} = \frac{1}{d}$; $\frac{1}{F} = \frac{1}{25}$

$$d = 2\sqrt{1} + 4$$

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f_d} = \frac{1}{f_2}$$

$$F_2 = \frac{r_d}{r+1}$$

$$x = \frac{(F_2 - F_1)d}{F_1 + F_2} = \frac{(\Gamma - 1) \cdot d}{3\Gamma + 1}$$

$$r = \frac{x+d}{d-3x} = 3. \quad \times$$

6.

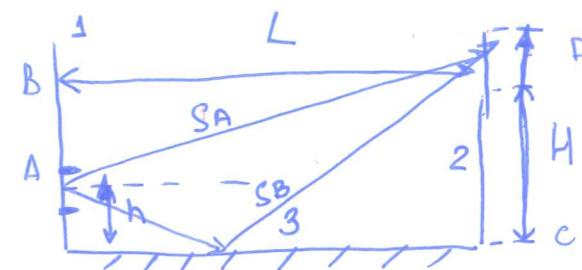
Nº

~~Haarmu: h~~

~~Дано:~~

$$\lambda = 0,5 \text{ мкм}$$
$$L = 1 \text{ m}$$
$$H = 5 \text{ cm}$$
$$N = 200$$
$$b < L$$

Решение.



Тысно $H = DC$, $H-h = AB$.

2) ~~$N = \frac{H \cdot h}{\lambda \cdot L}$~~ $L = \frac{2H \cdot h}{\lambda N}$

$$S_A = \sqrt{L^2 + (x-h)^2}$$

$$S_B = \sqrt{L^2 + (x+h)^2}$$

$$\Delta S = S_B - S_A$$

$$x \ll L \Rightarrow SA = \left(1 + \frac{(x-h)^2}{2L^2}\right) \cdot L$$

$$h \ll L \Rightarrow S_B = \left(1 - \frac{(x+h)^2}{2L^2}\right) \cdot L$$

$$\Delta S = \frac{2 \times h}{\lambda} \quad h = \frac{200 \cdot 100 \cdot 0.5 \cdot 10^{-9}}{5 \cdot 10^{-2}} =$$

$$\Delta S = 1 \text{ m} \quad + \quad \frac{20}{100} \cdot 1 \text{ m} \cdot 10^{-6} \text{ m} = \frac{20}{1} \cdot \frac{1}{1000000} \text{ m}^2 = \frac{20}{1000000} \text{ m}^2$$

$$\Delta X = \frac{\Delta S_2 L}{2h} - \frac{\Delta S_1 L}{2h} = \frac{1}{500} \mu = \frac{2}{1000} \mu = 0,002 \mu = 2 \cdot 10^{-3} \mu = 2 \text{ nm}$$

$= \frac{2h}{2h} \lambda$ ✗ Ответ: $h = \frac{N \cdot L \cdot \lambda}{H} = 2 \text{ мм}$

7.