

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 1

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников "Ломоносов"
наименование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Горбуновой Надежды Андреевны
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Санит. выход: 14:22 — 14:26

[Handwritten signature]

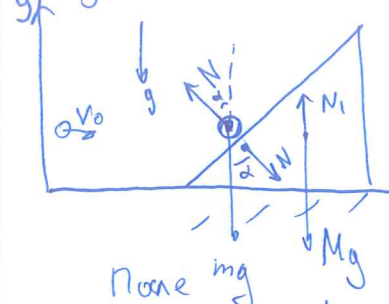
Дата

«14» 02 2025 года

Подпись участника

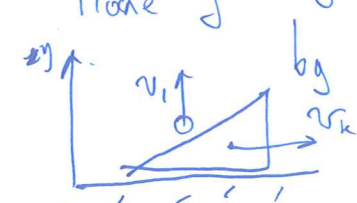
[Handwritten signature]

Задача 1.1.



Чистовик
Закон Сохранения импульса для системы шарик+клин:

1) $v_{0x} = v_{kx}$ v_k - скорость клина после удара
 $v_{0x} - v_k M = 0$
 $v_k = \frac{v_{0x} m}{M}$
 v_1 - скорость шарика сразу после удара



2) Когда шарик достигнет наивысшей точки траектории (так как его скорость изначально была направлена строго против ускорения) его скорость будет равна нулю.

3) Закон Сохранения энергии для системы груз+клин (Внешняя сила реакции пола не совершает работу, так как направлена $\perp$ перемещению).

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{M v_k^2}{2} + mgh$$

~~Закон Сохранения импульса для шарика~~

~~оу: $(0 - v_1 m) = -mgt$ t - время полета шарика до наивысшей точки~~

~~$$v_1 = gt \Rightarrow t = \frac{v_1}{g}$$~~
~~$$h = v_1 t - \frac{gt^2}{2} = \frac{v_1^2}{g} - \frac{g v_1^2}{2g^2} = \frac{v_1^2}{2g}$$~~

~~Во время удара~~

~~Закон II и III Ньютона в импульсной форме:~~

~~Клин ох: $(v_k M - 0) = N \sin \alpha t_y$ t_y - время столкновения~~

~~Шар оу: $(v_1 m - 0) = N \cos \alpha t_y - mgt_y$~~

~~Шар ох: $(0 - v_0 m) = -N \sin \alpha t_y$~~
 ~~$v_0 m = N \sin \alpha t_y = v_k M \Rightarrow v_k = \frac{v_0 m}{M}$~~

4) $S = v_k t \Rightarrow v_k = \frac{S}{t} \Rightarrow t = \frac{S}{v_k}$, т.к. $v_k = \text{const}$ $\Rightarrow F_{\text{внеш}} = 0$

~~$$h = \frac{v_1^2}{2g}$$~~
~~$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{M v_k^2}{2} + mgh$$~~

5) $h = \frac{v_1^2}{2g}$ - уравнение движения шарика на оу, через конечную скорость, в данном случае равной нулю.

$$h = \frac{v_1^2}{2g}$$

из 5) и 3):
 6) $\frac{m v_0^2}{2} = \frac{M v_{0x}^2}{2} + mgh$

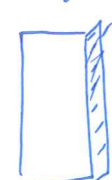
$$U = \frac{F \Delta x}{q} = \frac{F \cdot \frac{q}{\sigma l}}{q} = \frac{F}{\sigma l}$$

16.60/204
16.32/88

$$F = B I l \quad U = \frac{B I l}{\sigma l} = \frac{B I}{\sigma} \quad \sigma = \frac{B I}{U}$$

$$n = \frac{q}{V} = \frac{q}{e \cdot \Delta x \cdot l \cdot b} = \frac{I}{e b} = \frac{B I}{4 e b} = \frac{0.1 \cdot 8 \cdot 10^{-3}}{4 \cdot 10^{-3} \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 5 \cdot 10^{-3}} =$$

$$\frac{q}{\Delta x e} = \frac{q}{\sigma l} = \sigma \quad U = F$$



$$= \frac{8 \cdot 10^{-1}}{20 \cdot 1.6 \cdot 10^{-22}} = \frac{8}{20 \cdot 1.6} \cdot 10^{21} = \frac{1}{4} \cdot 10^{21} \frac{1}{m^3}$$

$$U = \frac{F \Delta x}{q_1} = \frac{F}{\sigma l}$$

$$F = B I b$$

$$n = \frac{\sigma}{e b} = \frac{F}{4 e b}$$

$$q_1 = \sigma b l$$

$$U = \frac{F \Delta x}{\sigma b l} = \frac{B I l \Delta x}{\sigma b l} = \frac{B I \Delta x}{\sigma b}$$

$$h = \frac{\sigma}{e \cdot b}$$

$$h = \frac{q}{e V} = \frac{q b l \Delta x}{e \cdot V} = \frac{q b l \Delta x}{e \cdot V}$$

$$F = B \cdot I \cdot l$$

$$U = \frac{F \Delta x}{q} = \frac{F \Delta x}{q b l \Delta x} = \frac{F}{q b}$$

$$h = \frac{F}{e l b u} = \frac{B I l}{e l b u} = \frac{B I}{e b u}$$

$$F = B I \Delta x$$

$$h = \frac{F}{e l b u} = \frac{B I \Delta x}{e l b u}$$

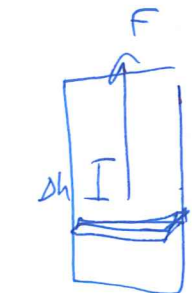
$$C_v = \frac{Q}{m \Delta T}$$

$$C_v m \Delta T = Q$$

$$\frac{C_v}{R} P V (1.02 \cdot 99 - 1) = Q$$

$$\eta = \frac{Q}{Q_2} = \frac{Q}{745 \cdot 28 \cdot 10^{-3} (98 \cdot 10^{-4})} =$$

$$= \frac{0.02 \cdot 2 \cdot 10^{-2} \cdot 8.3}{745 \cdot 28 \cdot 10^{-4} \cdot 98} =$$



$$U = \frac{F \Delta h}{q} = F$$

$$q = \sigma h \cdot b \cdot \Delta x$$

$$P R \Delta T = (1.02 \cdot 99 - 1) P V$$

$$\eta = \frac{Q}{Q_2} = \frac{Q}{745 \cdot 28 \cdot 10^{-3} (98 \cdot 10^{-4})} =$$

$$= \frac{0.02 \cdot 2 \cdot 10^{-2} \cdot 8.3}{745 \cdot 28 \cdot 10^{-4} \cdot 98} =$$

74-76-51-61
(4.9)

$$\frac{m v_0^2}{2} - \frac{v_0^2 m^2}{2M} = \frac{S^2 g^2 M^2}{2 v_0^2 m} \quad \text{ИСТОРИК}$$

$$\frac{m v_0^2}{2} \left(1 - \frac{m}{M}\right) \cdot \frac{1}{g^2 M^2} = S^2$$

$$S = \sqrt{\frac{v_0^4 m^2}{M^2 g^2} \left(1 - \frac{m}{M}\right)} = \frac{v_0^2 m}{M g} \sqrt{\left(1 - \frac{m}{M}\right)} = \frac{\left(5 \frac{\text{м}}{\text{с}}\right)^2 \cdot 0,036 \text{ м}}{0,1 \text{ м} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} \sqrt{1 - \frac{36}{100}} =$$

$$\text{Ответ: } = \frac{25 \cdot 36}{1} \cdot \frac{10^{-3}}{10} \cdot \frac{\sqrt{64}}{\sqrt{100}} = \frac{25 \cdot 36 \cdot 10^{-3} \cdot 8}{10} = 25 \cdot 36 \cdot 8 \cdot 10^{-4} =$$

$$\begin{array}{r} \times 25 \\ 36 \\ \hline 900 \\ \times 8 \\ \hline 7200 \end{array} \quad = 7200 \cdot 10^{-4} = 0,72 \text{ м} \quad (+)$$

$$\frac{75}{900} \quad \text{Ответ: } 0,72 \text{ м}$$

Задача 1.2.

Именно термодинамики, Закон Сохр. Энергии



$$H, C_v \quad 1) Q = A + \Delta U$$

$$2) A = p \Delta V = p \cdot 0,02 V \quad \text{в работа газа}$$

$$3) \Delta U = Q_1 = C_v \cdot m \Delta T = C_v \cdot \mu \Delta T$$

$$4) \text{Урав. Менделеева-Клапейрона}$$

$$5) pV = \nu RT_1$$

$$6) 0,99 p \cdot 1,02 V = \nu R T_2$$

$$7) \nu R (T_2 - T_1) = (0,99 \cdot 1,02 - 1) pV$$

$$8) \Delta U = \frac{5}{2} (0,99 \cdot 1,02 - 1) pV$$

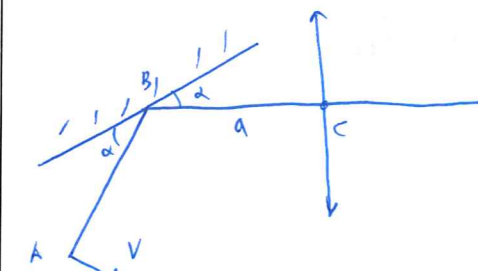
$$9) \eta = \frac{A}{Q} = \frac{p \cdot 0,02 V}{pV \cdot 0,02 + \frac{5}{2} pV (0,99 \cdot 1,02 - 1)} = \frac{0,02}{0,02 + \frac{5}{2} \left(\frac{99 \cdot 102}{100 \cdot 100} - 1\right)} =$$

$$= \frac{2 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 10^{-2} + \frac{5}{2} \cdot \frac{98}{100} \cdot 10^{-4}} = \frac{2}{2 + 5 \cdot 49 \cdot 10^{-2}} = \frac{2}{4,45} = \frac{200}{445} \approx 44,9\% \approx 45\%$$

$$\begin{array}{r} 200 \overline{) 445} \\ 1780 \overline{) 0,449} \\ - 1780 \\ \hline 4200 \\ - 4005 \\ \hline 195 \end{array}$$

Ответ: 45%

Задача 1.4.



ИСТОРИК

Когда лучи отражаются в зеркале, можно сказать, что для минзв лучи словно убрало зеркало и для минзв лучи как будто выходят из изображения в зеркале S^* .

Заметим, что из геометрии видно, что S^* лежит на н.опт.ом.

Расстояние $KC = a + l \cos \alpha \cdot \cos \alpha + l \sin \alpha \cdot \cos(90^\circ - \alpha) = l + a = 35 \text{ см}$

$35 \text{ см} > 30 \text{ см}$ $\Rightarrow$ левее фокуса, изображение в линзе действительное.

Т.к. разность изображений наибольшая, экран находите так, чтобы на нем было изображение S^{**} .

Формула тонкой линзы:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{KC} + \frac{1}{CO}$$

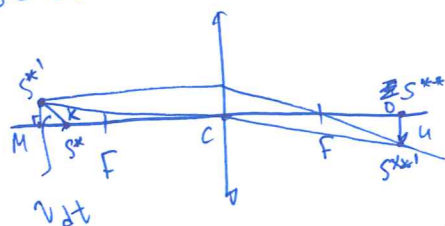
$$\frac{1}{CO} = \frac{1}{F} - \frac{1}{KC} = \frac{KC - F}{F \cdot KC}$$

$$CO = \frac{F \cdot KC}{KC - F} = \frac{35 \cdot 30}{35 - 30} = \frac{35 \cdot 30}{5} = 35 \cdot 6 = 210 \text{ см}$$

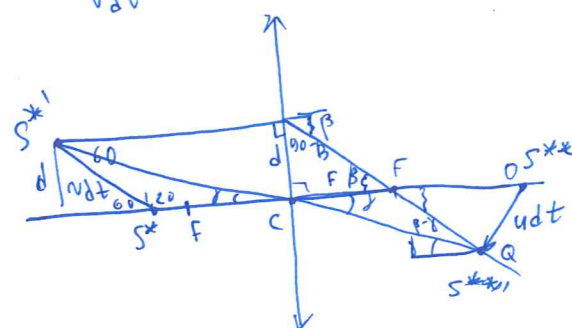
При отобразении скорость у S^* снижается v и направлена противоположно $\vec{v}$, т.е. $v_{S^*} = -v$.

$$\beta = 60^\circ$$

$$MC = KC + v dt \cos 60^\circ = l + a + \frac{1}{2} v dt$$



Формула тонкой линзы:
и v - скорость изображения



$$\sin 60^\circ = \frac{d}{v dt}$$

$$d = v dt \sin 42^\circ = v dt \frac{1}{2}$$

$$\tan \beta = \frac{d}{F}$$

$$\tan \beta = \frac{d}{l + a + \frac{1}{2} v dt}$$

$$\beta \approx$$

$$\frac{F}{\sin \alpha} = \frac{FQ}{\sin \alpha} = \frac{QC}{\sin \beta} \Rightarrow FQ = \frac{QC \sin \alpha}{\sin \beta}$$

$$\angle CQF = 180^\circ - \alpha - 180^\circ + \beta$$



$$\frac{cQ}{\sin(\theta_0 - \beta)} = \frac{d}{\sin(\beta - \gamma)}$$

ИСТОБИК

$$cQ = \frac{d \cos \beta}{\sin(\beta - \gamma)} \approx \frac{d}{\beta - \gamma}$$

Th. cos:

$$u dt = \sqrt{c^2 + Q^2 - 2cQ \cos \gamma} = c \sqrt{1 + \frac{Q^2}{c^2} - 2 \frac{Q}{c} \cos \gamma}$$

Р.к. углы малые, так что dt мало:

$$\beta \approx \frac{d}{F} \approx \frac{v dt}{F}$$

$$\gamma = \frac{d}{L + a + \frac{1}{2} v dt} = \frac{v dt}{L + a + \frac{1}{2} v dt}$$

$$\frac{210}{35} = 6$$

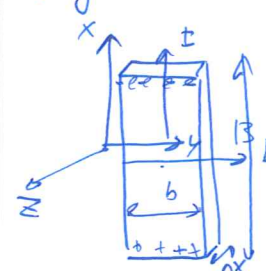
$$\cos \gamma \approx 1$$

$$u dt = \frac{d}{\beta}$$

Линза увеличивает изображение в $\frac{cQ}{K} = \frac{210}{35} = 6$ раз, значит скорость изображения в 6 раз больше и равна $u = 6 \cdot 2 = 12 \frac{\text{см}}{\text{с}}$ (из подобия треугольников)

Ответ: $12 \frac{\text{см}}{\text{с}}$

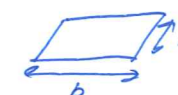
Задача 1.5.



$$F = B \cdot I \cdot L \sin \alpha = B \cdot I \cdot L = B \cdot I \cdot L \quad (\alpha = 90^\circ)$$

$$n = \frac{N}{V} = \frac{p}{e} \quad \rho = \frac{q}{V} = \frac{eN}{V}$$

$$eN = Iq \quad u = IR = I$$



$$E = ke \cdot N$$

$$u =$$

Так как сила направлена по оси z (правило правой руки)

То $u = \frac{F \Delta x}{q}$ Δx - ширина пластины по оси z

$$q = \rho \cdot L \cdot \Delta x \cdot b$$

$$u = \frac{F}{\rho L b} = \frac{B I L}{\rho L b} \Rightarrow \rho = \frac{B I}{u b}$$

$$n = \frac{B I}{u b e} = \frac{0,1 \cdot 8 \cdot 10^{-3}}{4 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = \frac{0,2}{5 \cdot 1,6} \cdot 10^{22} = \frac{2}{80} \cdot 10^{22} \frac{1}{\text{м}^3} = 2,5 \cdot 10^{20} \frac{1}{\text{м}^3}$$

$$= \frac{1}{4} \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{м}^3} = 2,5 \cdot 10^{20} \frac{1}{\text{м}^3}$$

$$\text{Ответ: } 2,5 \cdot 10^{20} \frac{1}{\text{м}^3}$$