

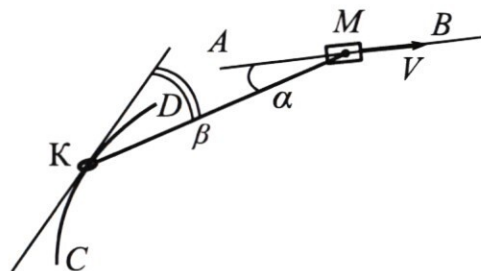
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-03

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вло

1. Муфту М двигают со скоростью $V = 34$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,3$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 0,53$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/4$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент нить составляет угол α ($\cos \alpha = 15/17$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 3/5$) с направлением движения кольца.



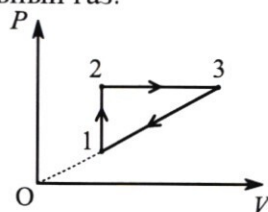
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

2. Тепловая машина работает по циклу, состоящему из изохоры, изобары и участка прямо пропорциональной зависимости давления P от объема V (см. рис.). Рабочее вещество – одноатомный идеальный газ.

1) Найти отношение молярных теплоемкостей на тех участках цикла, где происходило повышение температуры газа.

2) Найти в изобарном процессе отношение изменения внутренней энергии газа к работе газа.

3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки, радиус обкладок намного больше расстояния d между обкладками. Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,3d$ от отрицательно заряженной обкладки стартует с нулевой начальной скоростью отрицательно заряженная частица и вылетает из конденсатора перпендикулярно обкладкам со

скоростью V_1 . Удельный заряд частицы $\frac{|q|}{m} = \gamma$.

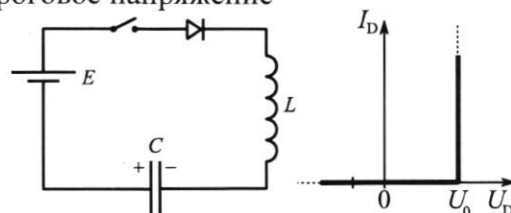
1) Через какое время T частица будет находиться на одинаковых расстояниях от обкладок?

2) Найдите величину Q заряда обкладок конденсатора.

3) С какой скоростью V_2 будет двигаться частица на бесконечно большом расстоянии от конденсатора?

При движении частицы электрическое поле, созданное зарядами конденсатора, считать неизменным, а электрическое поле внутри конденсатора вблизи оси симметрии считать однородным.

4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 2$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В. Ключ замыкают.



1) Найти скорость возрастания тока сразу после замыкания ключа.

2) Найти максимальный ток после замыкания ключа.

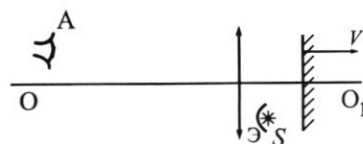
3) Найти установившееся напряжение U_2 на конденсаторе после замыкания ключа.

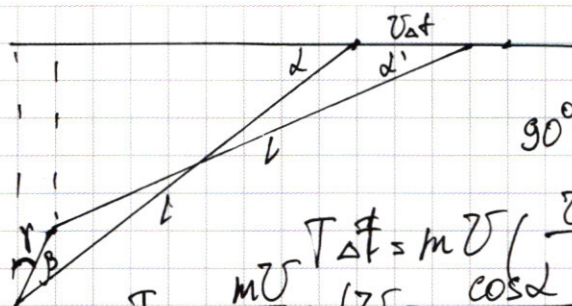
5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $3F/4$ от оси OO_1 и на расстоянии плоскости $F/4$ от линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии $3F/4$ от линзы.

1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?

2) Под каким углом α к оси OO_1 движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)

3) Найти скорость изображения в этот момент.





$$l \cdot \cos \alpha' = l \cdot \cos \alpha + u_{\Delta t} - u_{\Delta t} \cdot \sin \beta,$$

$$90^\circ = \alpha + \beta + \gamma, \quad \gamma = 90^\circ - \alpha - \beta, \quad \sin \gamma = \cos(\alpha + \beta),$$

$$T_{\Delta t} = m \frac{u_{\Delta t} - u_{\Delta t} \cos(\alpha + \beta)}{L}$$

$$T = \frac{m u^2}{L} \cdot \left(u - \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} u \cdot (\cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta) \right)$$

$$T = \frac{m u^2}{L} (1 - \cos^2 \alpha + \sin \alpha \cos \alpha \tan \beta) = \frac{4 m u^2}{5 R} \sin \alpha (\sin \alpha + \cos \alpha \tan \beta)$$

$$T = \frac{4 \cdot 0,3 \text{ кг} \cdot 0,34^2 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{5 \cdot 0,53 \text{ м}} \cdot \frac{8}{17} \left(\frac{8}{17} + \frac{15}{17} \cdot \frac{4}{3} \right) = \frac{4 \cdot 3 \cdot 34^2 \cdot 10^3}{5 \cdot 53} \cdot \frac{8}{17} \cdot \frac{28}{17} \text{ Н}$$

$$= \frac{4 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 8 \cdot 28}{5 \cdot 53 \cdot 10^3} \text{ Н} = \frac{48 \cdot 28}{685 \cdot 53} \text{ Н} \approx 0,04 \text{ Н}$$

Ответ: $u = 50 \frac{\text{см}}{\text{с}}$, $u_{\text{отн}} = 56 \frac{\text{см}}{\text{с}}$, $T = 0,04 \text{ Н}$.

Дано:

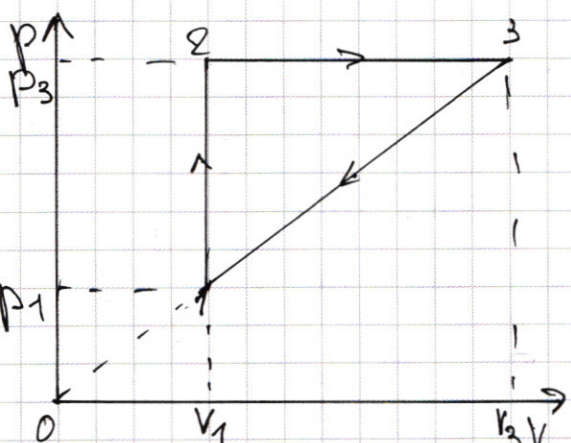
$$p_3 = k V_{3-1}$$

$$V_1 = V_2$$

$$p_2 = p_3$$

α, β, η ?

Решение: N2



$$1) \alpha = \frac{C_{2-3}}{C_{1-2}} = \frac{C_p}{C_v} = \frac{5}{3}$$

$$2) \beta = \frac{\Delta Q_{2-3}}{A_{2-3}} = \frac{\frac{3}{2} p_3 (V_3 - V_1)}{p_3 (V_3 - V_1)} = \frac{3}{2}$$

$$3) \eta = 1 - \frac{Q_{\text{ex}}}{Q_{\text{H}}}$$

$$Q_{\text{H}} = Q_{1-2} + Q_{2-3} =$$

$$= \frac{3}{2} (p_3 - p_1) V_1 + \frac{5}{2} p_3 (V_3 - V_1) = \frac{3}{2} k (V_3 - V_1) V_1 + \frac{5}{2} k (V_3 - V_1) V_3 =$$

$$= \frac{k (V_3 - V_1)}{2} (3 V_1 + 5 V_3)$$

$$Q_{\text{ex}} = Q_{3-1} = \frac{(p_1 + p_3)(V_3 - V_1)}{2} + \frac{3}{2} (p_3 V_3 - p_1 V_1) =$$

$$= \frac{k (V_1 + V_3)(V_3 - V_1)}{2} + \frac{3}{2} k (V_3 + V_1)(V_3 - V_1) = \frac{k (V_3 - V_1)}{2} \cdot 4 (V_1 + V_3)$$

$$\eta = 1 - \frac{3 V_1 + 4 V_3}{3 V_1 + 5 V_3} = \frac{V_3 - V_1}{5 V_3 + 3 V_1} = \frac{\frac{V_3}{V_1} - 1}{5 \frac{V_3}{V_1} + 3} = 0,2 - \frac{8}{5(5 \frac{V_3}{V_1} + 3)}$$

При $\frac{V_3}{V_1} \rightarrow +\infty$, $\frac{8}{5(5 \frac{V_3}{V_1} + 3)} \rightarrow 0$ и $\eta \rightarrow 0,2$.

Ответ: $\alpha = \frac{5}{3}$, $\beta = \frac{3}{2}$, $\eta_{\text{m}} = 20\%$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:

$$v = 34 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

$$m = 0,3 \text{ кг}$$

$$R = 0,53 \text{ м}$$

$$L = \frac{5}{7} R$$

$$\cos \alpha = \frac{15}{17}$$

$$\cos \beta = \frac{3}{5}$$

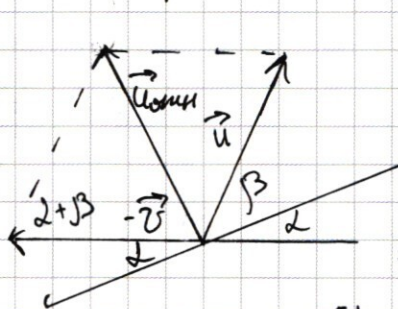
$u, u_{\text{отн}}, \varphi$?

Решение:

N1

П.к. нить перемещается, то проекции
скоростей каньца и муфты на нить
равны. $u \cos \beta = v \cos \alpha$

$$u = \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} v, \quad u = \frac{15 \cdot 5}{17 \cdot 3} \cdot 34 \frac{\text{см}}{\text{с}} = 50 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$



$$\vec{u}_{\text{отн}} = \vec{u} - \vec{v}$$

$$u_{\text{отн}}^2 = u^2 + v^2 - 2uv \cos(\alpha + \beta)$$

$$= v^2 \left(\frac{\cos^2 \alpha}{\cos^2 \beta} + 1 - 2 \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} (\cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta) \right)$$

$$u_{\text{отн}} = \left(\frac{\cos^2 \alpha}{\cos^2 \beta} + 1 - 2 \cos \alpha \cos \beta + 2 \sin \alpha \sin \beta \tan \beta \right)^{\frac{1}{2}} v$$

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha}, \quad \sin \alpha = \frac{8}{17}, \quad \tan \beta = \sqrt{\frac{1}{\cos^2 \beta} - 1}, \quad \tan \beta = \frac{4}{3}$$

$$u_{\text{отн}} = \left(\frac{15^2 \cdot 5^2}{17^2 \cdot 3^2} + 1 - 2 \cdot \frac{15^2}{17^2} + 2 \cdot \frac{8 \cdot 15}{17^2} \cdot \frac{4}{3} \right)^{\frac{1}{2}} \cdot 34 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

$$= \left(\frac{625 - 450 + 288 + 320}{17^2} \right)^{\frac{1}{2}} \cdot 34 \frac{\text{см}}{\text{с}} = \sqrt{284} \cdot 2 \frac{\text{см}}{\text{с}} = 56 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

Пусть через малый промежуток времени скорость каньца u' , угол между направлением движения муфты и нитью и направлением движения каньца и нитью α' и β' соответственно. $\Delta t = m(u' \cos \beta' - u \cos \beta)$, $\Delta t = m v (\cos \alpha' - \cos \alpha)$.

За малый промежуток времени траектория движения каньца близка к прямой.

$$U_{\Delta t} = \frac{h-h'}{\sin \alpha}, \quad \operatorname{tg}^2 \alpha + 1 = \frac{1}{\cos^2 \alpha}, \quad \cos \alpha = \frac{3}{5}, \quad \sin \alpha = \frac{4}{5}$$

$$U_{\Delta t} = \frac{3}{5} = 3F \left(1 - \frac{F}{F + 8U_{\Delta t}} \right), \quad U = 5F \cdot \frac{8U_{\Delta t}}{(F + 8U_{\Delta t}) \Delta F} \approx 10V$$

$$U \approx 10V$$

Ответ: $L = 5F$, $\alpha = \arctg \frac{3}{4}$, $U \approx 10V$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N 3

d, S, v_1
 $p = \frac{191}{m}$
 $L = 0,3d$

 $T, Q, v_2?$

Интерие:

$ma = E|q|, a = E\rho; \quad 0,7d = \frac{v_1^2}{2a}, a = \frac{v_1^2}{1,4d}$
 $0,2d = \frac{aT^2}{2}, T^2 = \frac{0,4d}{a} = \frac{0,56d^2}{v_1^2}, T \approx 0,75 \frac{d}{v_1}$
 $Q = \epsilon_0 S E = \frac{\epsilon_0 S a}{\rho} = \frac{\epsilon_0 S v_1^2}{1,4\rho d}$

Answer: $T \approx 0,75 \frac{d}{v_1}$, $Q = \frac{\epsilon_0 S v_1^2}{1,4 \rho d}$.

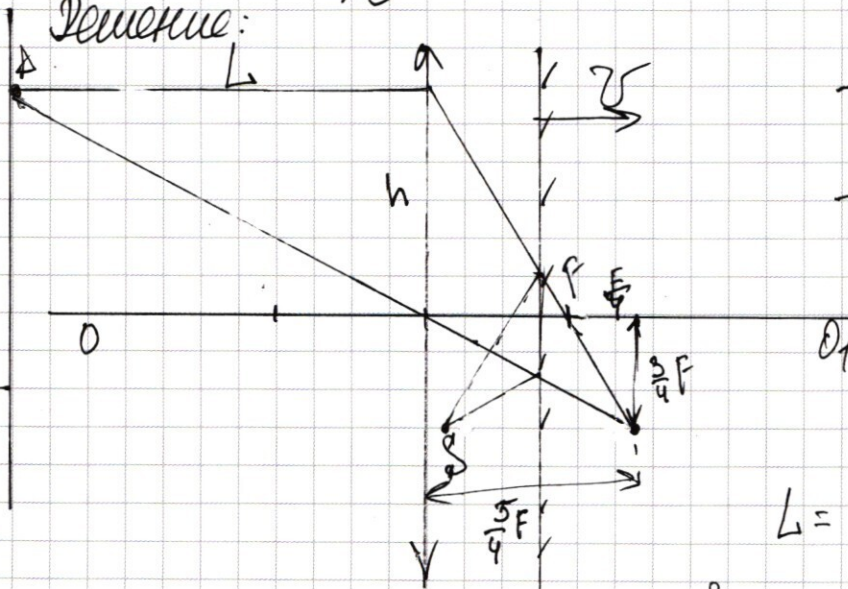
N5

Defeo:

Решение:

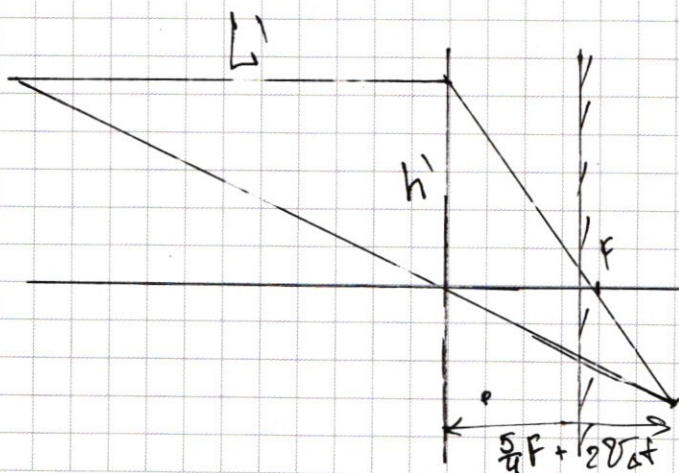
$$L_1 = \frac{3F}{4}$$

L, L, U-?



$$\frac{h}{F} = \frac{\frac{3}{4}F}{\frac{1}{4}F} = 3$$
$$\frac{L}{h} = \frac{\frac{5}{7}F}{\frac{2}{7}F} = \frac{5}{2}$$

$$L = \frac{5}{3}h = \frac{5}{3} \cdot 3f = 5f$$



$$\frac{h'}{F} = \frac{\frac{3}{4}F}{\frac{1}{4}F + 2\sigma_{\Delta t}}, \quad \frac{L'}{h'} = \frac{\frac{5}{4}F + 2\sigma_{\Delta t}}{\frac{3}{4}F}$$

$$h' = \frac{3F}{F + 8\sigma_{\Delta t}} F, \quad L' = \frac{5F + 8\sigma_{\Delta t}}{F + 8\sigma_{\Delta t}} F =$$

$$= F + \frac{4F}{F + 8\sigma_{\Delta t}} F$$

$$\log 2 = \frac{h - h'}{L - L'} = \frac{3F - \frac{4F}{F + 8\sigma_{\Delta t}} F}{4F - \frac{4F}{F + 8\sigma_{\Delta t}} F} = \frac{3}{4}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\frac{T_{\text{аб}}}{m} \leq V(\cos \alpha' - \cos \alpha)$

$V \cos \alpha = V_2 \cos \beta$

$V^2 = V^2 + V_2^2 - 2VV_2 \cos(\alpha + \beta)$

$F_{\text{аб}} = m \Delta V$

$\gamma = \frac{U_{\text{аб}}}{R}$

$\pi = \frac{U_{\text{аб}}}{2R}$

$\cos \alpha' = \frac{L(\cos \alpha + V_{\text{аб}} - U_{\text{аб}})}{L \cos(\alpha + \beta)}$

$U_2 \cos \beta' - U_1 \cos \beta = \frac{F_{\text{аб}}}{m \Delta t}$

$U_1 \cos \beta = V \cos \alpha$

$U_2 \cos \beta' = V \cos \alpha'$

$\frac{F_{\text{аб}}}{m \Delta t} = V(\cos \alpha - \cos \alpha' + \frac{V_{\text{аб}} - U_{\text{аб}} \cos(\alpha + \beta)}{L})$

$L \cos \alpha' = L \cos \alpha + V_{\text{аб}} -$

$\begin{array}{r} 28 \\ 28 \\ \hline 56 \end{array}$

$\begin{array}{r} + 495 \\ 289 \\ \hline 784 \end{array}$

$\varphi. 196 \leq$

$\varphi. 4.49$

$$\begin{array}{r} 625 \overline{) 28} \\ 56 \overline{) 22} \\ \hline 65 \\ - 56 \\ \hline 9 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 48 \\ 28 \\ \hline 384 \\ + 96 \\ \hline 1344 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 625 \\ 53 \\ \hline 7875 \\ + 3125 \\ \hline 33125 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 134,400 \overline{) 33125} \\ 132,500 \overline{) 0,04} \\ \hline 1900 \end{array}$$

$$y = \frac{x-1}{5x+3} = \frac{x+\frac{3}{5}-\frac{8}{5}}{5x+3}$$

$$\alpha = \frac{C_p}{C_v} = \frac{\frac{5}{2}}{\frac{3}{2}} = \frac{5}{3}$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = \frac{3}{2} \Delta p \Delta V$$

$$\Delta = p \Delta V, \quad \beta = \frac{3}{2}$$

$$2k(V_2 - V_1)/(V_2 + V_1)$$

$$\epsilon = 1 -$$

$$\frac{\frac{3}{2}k(V_2 - V_1) \frac{V_2 + V_1}{2}}{\frac{3}{2}k(V_2 - V_1) \frac{V_2 + V_1}{2}}$$

$$\epsilon = 1 - \frac{4V_2 + 4V_1}{3V_1 + 5V_2} = \frac{3V_1 + 5V_2 - 4V_1 - 4V_2}{3V_1 + 5V_2}$$

$$1) \uparrow Q_1 = \frac{3}{2} (p_2 - p_1) V_1$$

$$2) \uparrow Q_2 = \frac{5}{2} p_2 (V_2 - V_1) = \frac{5}{2} k (V_2^2 - V_1^2)$$

$$3) \downarrow Q_3 = - \frac{p_1 + p_2}{2} (V_2 - V_1) - \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1)$$

$$\epsilon = \frac{3(V_2 - V_1)V_1 k + 5(V_2 - V_1)kV_2 - k(V_2^2 - V_1^2) - 3k(V_2^2 - V_1^2)}{3(V_2 - V_1)V_1 k + 5(V_2 - V_1)kV_2}$$

$$= \frac{3V_1 + 5V_2 - 4(V_1 + V_2)}{3V_1 + 5V_2} = 1 - \frac{4V_1 + 4V_2}{3V_1 + 5V_2} = \frac{V_2 - V_1}{3V_1 + 5V_2}$$

$$\frac{a-b}{3a+5b} = \frac{x-1}{3x+5}$$

$$3x+5 = 3(x-1)$$

$$y' = \frac{-3x+5 + 3(x-1)}{(3x+5)^2} = \frac{-8}{(3x+5)^2} \quad x_{\min} = 1$$

$$y = \frac{f(x)}{g(x)}, \quad y' = \frac{f'(x)g(x) - f(x)g'(x)}{g^2(x)}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$C = \epsilon \epsilon_0 \frac{S}{d}, \quad Q = CU, \quad U = Ed$$

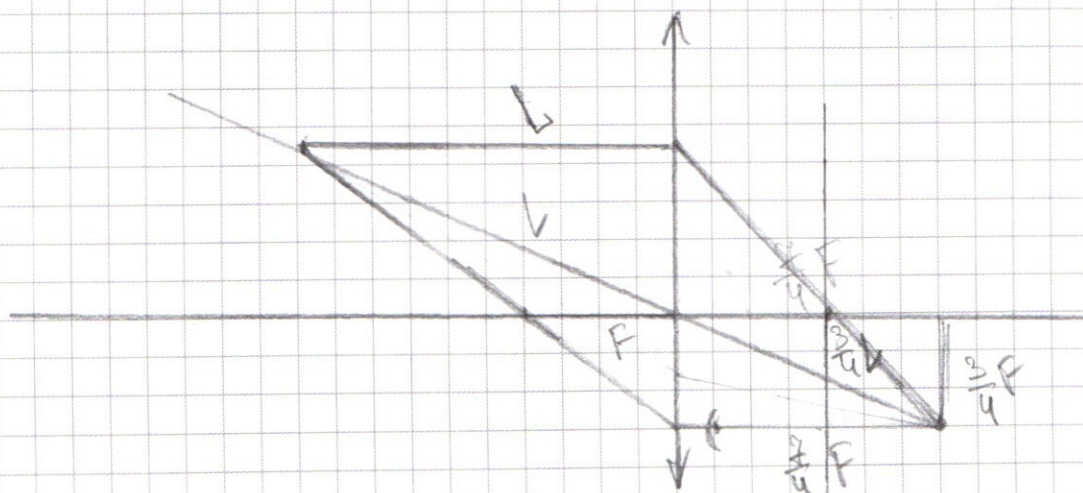
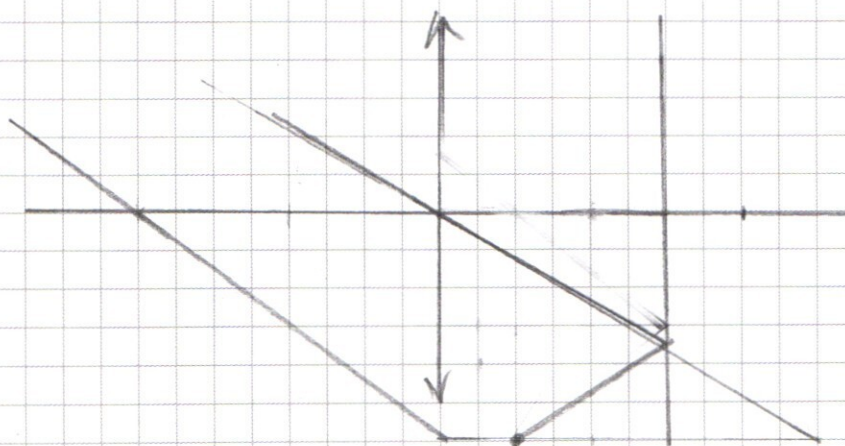
$$F = Eq, \quad ma = Eq, \quad a = \gamma E.$$

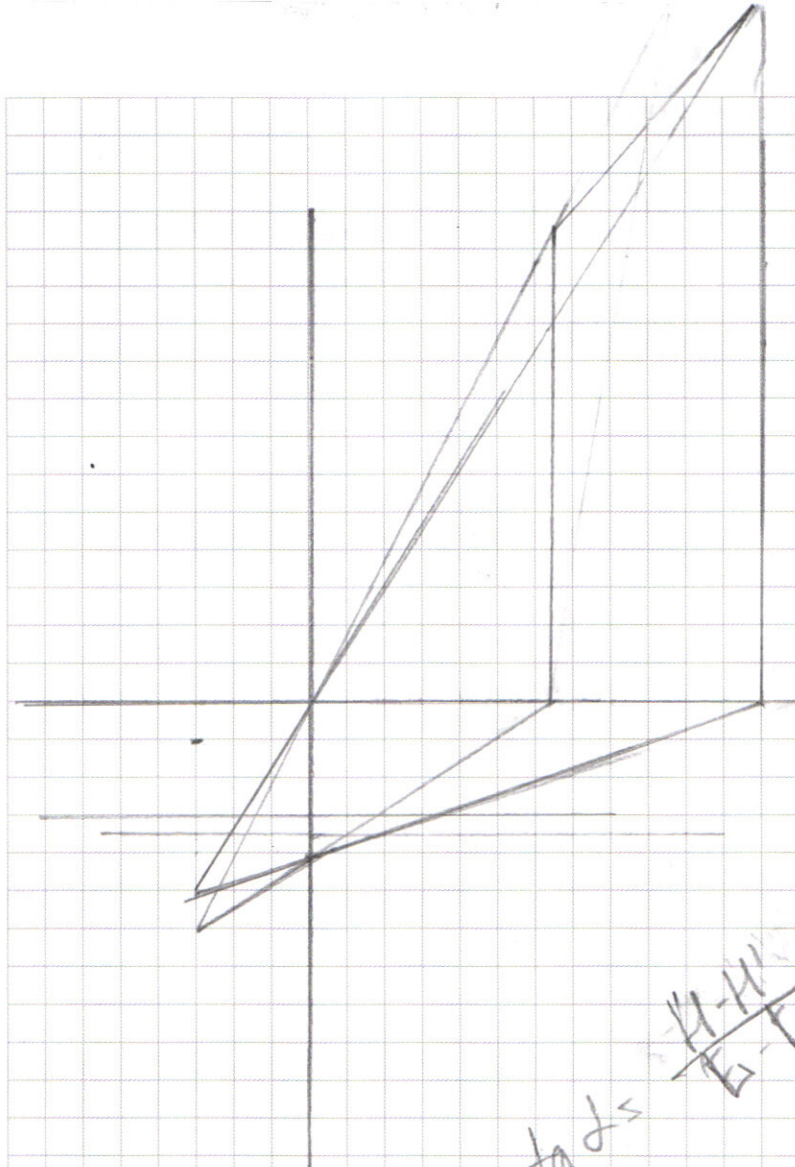
$$0,7d = \frac{v_1^2}{2a}, \quad a = \frac{v_1^2}{1,4d}, \quad 0,2d = \frac{aT^2}{2}, \quad 0,2d = \frac{v_1^2 T^2}{2,8d},$$

$$T^2 = \frac{0,56d^2}{v_1^2}, \quad T \approx 0,75 \frac{d}{v_1}$$

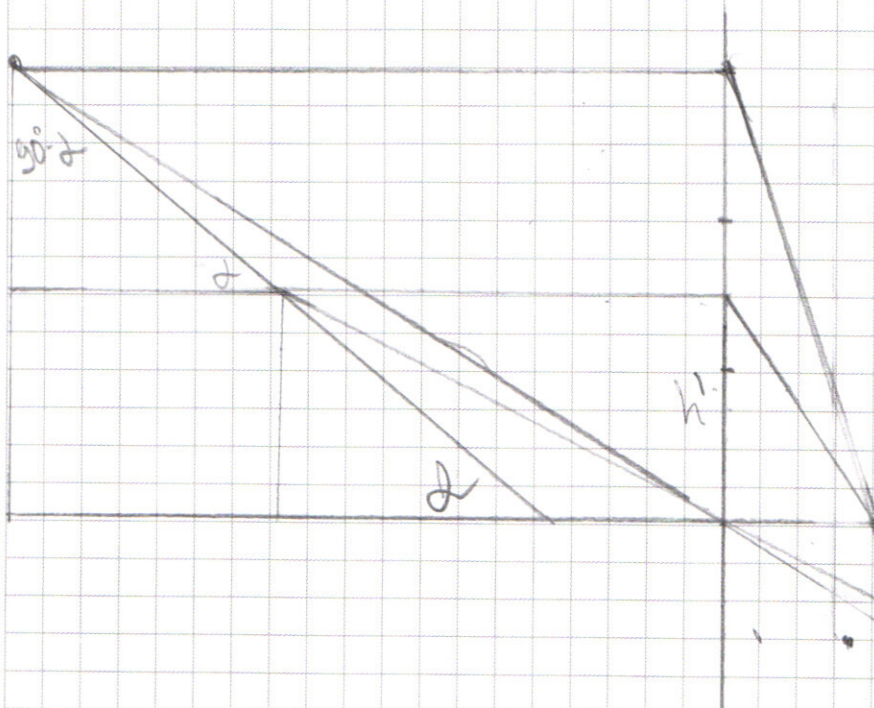
$$Q = \epsilon_0 \frac{S}{d} Ed = \epsilon_0 S E, \quad = \frac{\epsilon_0 S a}{\gamma} = \frac{\epsilon_0 S v_1^2}{1,4 \gamma d}$$

$$q \cdot q \cdot r = ma$$





$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h-h'}{L-L'} = \frac{3F - \frac{3F}{F+8U\Delta t}}{4F - \frac{4F}{F+8U\Delta t}}$$



$$L' = \frac{5F + 82U\Delta t}{F + 8U\Delta t}$$

$$= F + \frac{4F}{F + 8U\Delta t}$$

$$\frac{h'}{F} = \frac{\frac{3}{4}F}{\frac{1}{4}F + 2U\Delta t}$$

$$\frac{L'}{h'} = \frac{\frac{5}{4}F + 2U\Delta t}{\frac{3}{4}F}$$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)»

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

