

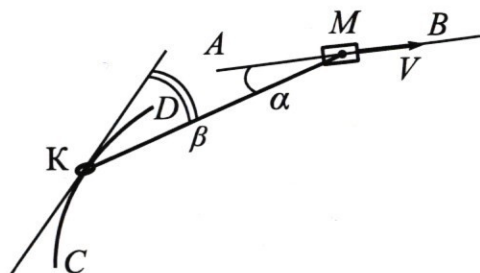
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Вариант 11-03

Класс 11

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

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.



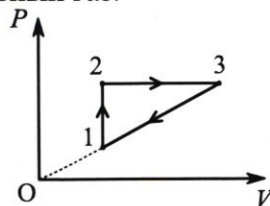
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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?

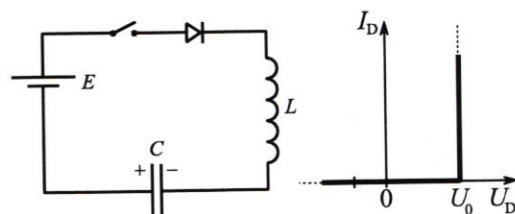
При движении частицы электрическое поле, созданное зарядами конденсатора, считать неизменным, а электрическое поле внутри конденсатора вблизи оси симметрии считать однородным.

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.

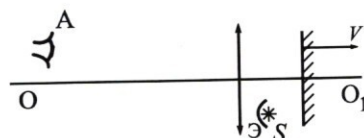


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник 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.

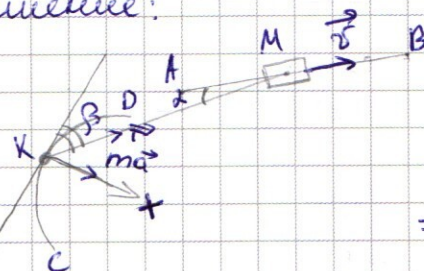


ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1 Дано: $m = 0,3 \text{ кг}$
 $R = 0,53 \text{ м}$
 $\ell = \frac{5R}{4}$
 $\cos \alpha = 15/17$
 $\cos \beta = 3/5$

Решение:
 $v = 34 \text{ м/с}$
 $0,34 \text{ м/с}$

- 1). $v_k = ?$
- 2). $v_{\text{отн}} = ?$
- 3). $T = ?$



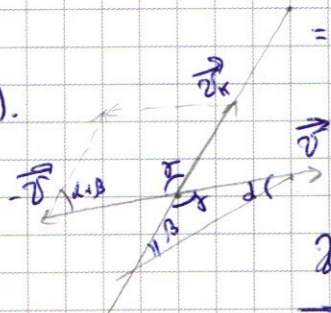
1). Найдем скорости тел
вниз нити:

$$v_k \cos \beta = v \cos \alpha \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_k = \frac{v \cos \alpha}{\cos \beta} = 0,34 \text{ м/с} \cdot \frac{15}{\frac{3}{5}} =$$

$$= 0,34 \cdot 25/17 = 0,5 \text{ м/с}$$

2).



$$\angle = 180^\circ - (\alpha + \beta).$$

Закон сложения скоростей:

$$\vec{v}_k = \vec{v}_{\text{отн}} + \vec{v} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \vec{v}_{\text{отн}} = \vec{v}_k - \vec{v}$$

В скалярном виде скорости можно сложить, используя теорему косинусов:

$$v_{\text{отн}} = \sqrt{v_k^2 + v^2 - 2v_k v \cos(\alpha + \beta)} = \sqrt{v_k^2 + v^2 - 2v_k v (\cos \alpha \cos \beta - \sqrt{(1 - \cos^2 \alpha)(1 - \cos^2 \beta)})}$$

$$= \sqrt{0,25 \text{ м}^2/\text{с}^2 + 0,1156 \text{ м}^2/\text{с}^2 - 2 \cdot 0,5 \text{ м/с} \cdot 0,34 \text{ м/с} \cdot \left(\frac{15}{17} \cdot \frac{3}{5} - \sqrt{\left(1 - \frac{225}{289}\right) \left(1 - \frac{9}{25}\right)} \right)} =$$

$$\approx 0,6 \text{ м/с}$$

3). Основное уравнение динамики для калывца:

$$m \vec{a} = \vec{T} + m \vec{g} + \vec{N}$$

$$\text{ОХ: } ma = T \sin \beta$$

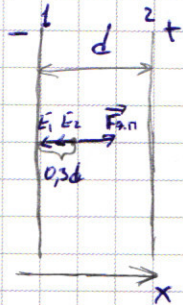
$$\frac{m v_k^2}{R} = T \sqrt{1 - \cos^2 \beta} \Rightarrow T = \frac{m v_k^2}{R \sqrt{1 - \cos^2 \beta}} = \frac{0,3 \text{ кг} \cdot 0,25 \text{ м}^2/\text{с}^2}{0,53 \text{ м} \cdot \sqrt{1 - \frac{9}{25}}} = \frac{75}{424} \text{ Н}$$

Ответ: 1). $v_k = 0,5 \text{ м/с}$; 2). $v_{\text{отн}} \approx 0,6 \text{ м/с}$; 3). $T = \frac{75}{424} \text{ Н}$

173 Рано:

$$d, \gamma = \frac{|Q|}{m}, v_1$$

Решение:



$$1). d - 0,3d = \frac{v_1^2}{2a} \Rightarrow a = \frac{v_1^2}{1,4d}$$

$$2). \frac{d}{2} - 0,3d = \frac{aT^2}{2} \Rightarrow T = \sqrt{\frac{0,4d}{a}} =$$

$$= \sqrt{\frac{0,4d}{\frac{v_1^2}{1,4d}}} = \frac{0,2d}{v_1} \sqrt{14}$$

$$2). |E_1| = |E_2| = \frac{|Q|}{2\epsilon\epsilon_0} = \frac{|Q|}{2\epsilon\epsilon_0 S}, \text{ где } \epsilon = 1. \Rightarrow |E_1| = |E_2| = \frac{|Q|}{2\epsilon_0 S};$$

$$\text{Откуда } |E| = \frac{F_{э.п.}}{|Q|} \Rightarrow \frac{F_{э.п.}}{|Q|} = \frac{|Q|}{2\epsilon_0 S}$$

Основное ур-е движения для частицы:

$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{F}_{э.п.1} + \vec{F}_{э.п.2}$$

$$\text{Ох: } ma = F_{э.п.}, \Rightarrow \frac{ma}{|Q|} = \frac{|Q|}{\epsilon_0 S} \Rightarrow |Q| = \frac{ma\epsilon_0 S}{|Q|} = \frac{\epsilon_0 S \cdot v_1^2}{1,4d}$$

3). Закон сохранения энергии:

$$W_{к.п.} = \frac{mv_2^2}{2}; \quad W_{м.п.} = Eqd = F_{м.п.} \cdot d = ma \cdot 0,3d, \Rightarrow$$

$$\Rightarrow ma \cdot 0,3d = \frac{mv_2^2}{2} \Rightarrow v_2 = \sqrt{0,6da} = \sqrt{0,6d \cdot \frac{v_1^2}{1,4d}} = v_1 \sqrt{\frac{3}{7}}$$

$$\text{Ответ: } 1). T = \frac{0,2d}{v_1} \sqrt{14}; 2). |Q| = \frac{\epsilon_0 S v_1^2}{1,4d}; 3). v_2 = v_1 \sqrt{\frac{3}{7}}.$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N5 Дано:
F, ψ

Решение:

$$1). \begin{cases} \frac{H}{x-F} = \frac{h}{F} \Rightarrow H = \frac{(x-F)h}{F} \\ \frac{H}{x} = \frac{h}{a} \end{cases}$$

$$\frac{(x-F)h}{Fx} = \frac{h}{a}$$

$$(x-F)a = xF$$

$$xa - Fa = xF \Rightarrow x = \frac{Fa}{a-F}, \text{ где } a -$$

расстояние от линзы до центр. кр. в
зеркале. $a = \frac{3}{4}F + l$, где l - расстояние от
зеркала до центр. в кр., $\Rightarrow l = \frac{3}{4}F - \frac{1}{4}F = \frac{1}{2}F, \Rightarrow$

$$\Rightarrow a = \frac{3}{4}F + \frac{1}{2}F = \frac{5}{4}F, \Rightarrow x = \frac{F \cdot \frac{5}{4}F}{\frac{5}{4}F - F} = 5F.$$

$$2). H = \frac{(5F-F)h}{F}, \text{ где } h = \frac{3}{4} \text{ (по усл.)}, \Rightarrow H = \frac{4F \cdot \frac{3}{4}F}{F} = 3F.$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{H}{5F-F} = \frac{3F}{4F} = \frac{3}{4}.$$

3). Пусть зеркало сдвинется на $\frac{1}{4}F$. За это время центр. в зеркале сдвинется на $1 \cdot \frac{1}{4}F = \frac{1}{2}F$.
Тогда расстояние от этого центр. до линзы станет $\frac{3}{4}F, \Rightarrow b$

$$\begin{cases} \frac{h}{b} = \frac{h_y}{x_y} \\ \frac{h}{\frac{3}{4}F} = \frac{3}{4} \Rightarrow h_y = \frac{3}{4}(x_y - F) \end{cases}$$

Ответ: 1). $x = 5F$; 2). $\operatorname{tg} \alpha = \frac{3}{4}$; 3).

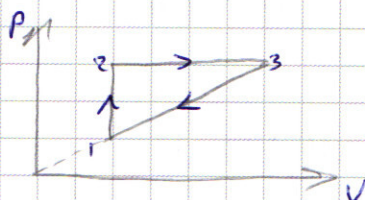
№2 Задача:

Решение:

1). $\frac{C_{12}}{C_{23}} = ?$

2). $\frac{\Delta U_{23}}{A_{23}}$

3). $\eta_{\max} = ?$



1). $Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12} = 0 + \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12}$; $Q_{12} = \nu C_{12} \Delta T_{12} \Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12} = \nu C_{12} \Delta T_{12} \Rightarrow C_{12} = C_v = \frac{3}{2} R$

$Q_{23} = A_{23} + \Delta U_{23} = p_2 \Delta V_{23} + \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23} = p_2 \Delta V_{23} + \frac{3}{2} p_2 \Delta V_{23} = \frac{5}{2} p_2 \Delta V_{23}$;

$Q_{23} = \nu C_{23} \Delta T_{23} \Rightarrow \frac{5}{2} \nu R \Delta T_{23} = \nu C_{23} \Delta T_{23} \Rightarrow C_{23} = C_p = \frac{5}{2} R$; $\Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{\frac{3}{2} R}{\frac{5}{2} R} = \frac{3}{5} = 0,6$

2). $\Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = \frac{3}{2} p_2 \Delta V$; $A_{23} = p_2 \Delta V$; $\Rightarrow \frac{\Delta U_{23}}{A_{23}} = \frac{3}{2} = 1,5$

3).

Ответ: 1). $\frac{C_{12}}{C_{23}} = 0,6$; 2). $\frac{\Delta U_{23}}{A_{23}} = 1,5$; 3).

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1 Дано: v, m, l, β
 α, β

1) $v_k = ?$
2) $v_{\text{отн}} = ?$
3) $T = ?$

Решение:

а) $v_k = v \cos \alpha$
 $v_k = v \cos \alpha / \cos \beta$

б) $v_k = v_{\text{отн}} + v_{\text{др}} \Rightarrow v_{\text{отн}} = v_k - v$

$v_k \cos \beta = v \cos \alpha$
 $v_k = \frac{v \cos \alpha}{\cos \beta}$

$v = \sqrt{v^2 + v_k^2 - 2vv_k \cos(\beta + \alpha)}$

$\beta = 180^\circ - \beta - \alpha$

№2 $Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12} = 0 + \frac{3}{2} \nu R \Delta T$; $Q_{12} = \nu c_v \Delta T$. $1 - \frac{5}{3} ?$

$\nu c_v \Delta T = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$; $c_v = \frac{3}{2} R$

$Q_{23} = A_{23} + \Delta U_{23} = p_2 \Delta V + \frac{5}{2} p_2 \Delta V = \frac{7}{2} p_2 \Delta V$; $Q_{23} = \nu c_p \Delta T$

$\nu c_p \Delta T = \frac{5}{2} \nu R \Delta T \Rightarrow c_p = \frac{5}{2} R$; $\frac{c_v}{c_p} = \frac{3}{5} = 0,6$

б) $\Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = \frac{3}{2} p_2 \Delta V \Rightarrow \frac{\Delta U_{23}}{A_{23}} = \frac{3}{2}$

а) $\eta = \frac{A}{Q}$; $A = A_{12} + A_{23}$; $A_{23} = p_2 \Delta V$; $A_{31} = \frac{p_1 + p_2}{2} \cdot \Delta V$

$A = A_{23} - A_{31} = p_2 \Delta V - \frac{p_1 \Delta V}{2} - \frac{p_2 \Delta V}{2} = \frac{p_2 \Delta V}{2} - \frac{p_1 \Delta V}{2} =$

$Q = Q_{12} + Q_{23}$

$Q_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = \frac{3}{2} (p_2 - p_1) V$

$Q_{23} = \frac{5}{2} p_2 \Delta V$

$A = (p_2 V_3 - p_2 V_2 + p_1 V_3 + p_1 V_2) / 2$

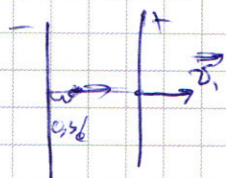
$Q_{12} + Q_{23} = \frac{3}{2} p_2 V_2 - \frac{3}{2} p_1 V_2 + \frac{5}{2} p_2 V_3 - \frac{5}{2} p_2 V_2 =$

$= \frac{5}{2} p_2 V_3 - p_2 V_2 - \frac{3}{2} p_1 V_2$

3) Дано:
 $d, \gamma = \frac{191}{m}$

- 1) $T = ?$
- 2) $Q = ?$
- 3) $v_2 = ?$

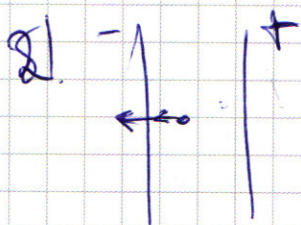
Решение:



$$0,4d = \frac{v_1^2}{2a} \Rightarrow a = \frac{v_1^2}{1,4d}$$

$$0,2d = \frac{a v_2^2}{2} \Rightarrow v_2 = \sqrt{\frac{0,4d}{a}} = \sqrt{\frac{0,4d}{\frac{v_1^2}{1,4d}}} = \sqrt{\frac{0,4 \cdot 1,4 d^2}{v_1^2}} = \frac{d}{v_1} \sqrt{0,56} = \frac{0,2d}{v_1} \sqrt{14}$$

$$1,4 \cdot 0,4 = \frac{14 \cdot 4}{10 \cdot 10} = \frac{56}{100} = \frac{4}{100} \cdot 14$$



$$E = F/q$$

$$E = \frac{|G|}{2\pi\epsilon_0} \cdot 2 \cdot 1$$

$$8,65 \cdot 10^{-12}$$

$$E = \sqrt{\frac{Q}{R^2}} = \frac{F}{q_0}$$

$$\frac{|G|}{2\pi\epsilon_0} = \frac{F}{q}$$

$$F = ma$$

$$G = \frac{Q}{S}$$

$$\frac{Q}{2\pi\epsilon_0} = \frac{ma}{q} \cdot \frac{Q}{2\pi\epsilon_0} = \frac{Q}{\gamma}$$

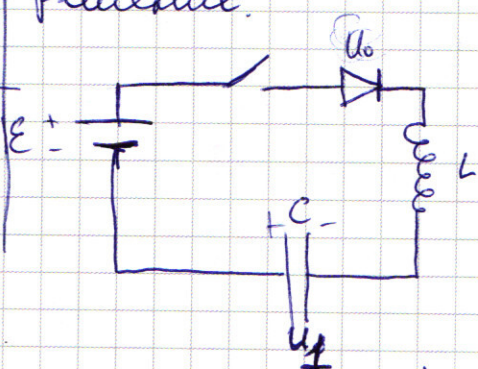
$$3) W_{\pi} = \frac{mv_2^2}{2}$$

$$Q = \frac{2\pi\epsilon_0 a}{\gamma}$$

4) Дано:
 ϵ, C, U_1, L

Решение:

- 1) $U = ?$
- 2) $I_m = ?$
- 3) $U_2 = ?$



$$1) \epsilon_s = L \frac{dI}{dt}; \epsilon_s = \Delta \epsilon = \epsilon + U_1 = -U_0$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{\epsilon_s}{L} = \frac{\epsilon + U_1}{L} = 80B$$

3).

$$E = \frac{|G|}{2\pi\epsilon_0} = \frac{|Q|}{2\pi\epsilon_0 S}$$

$$W_{\pi} = \frac{mv_2^2}{2}$$

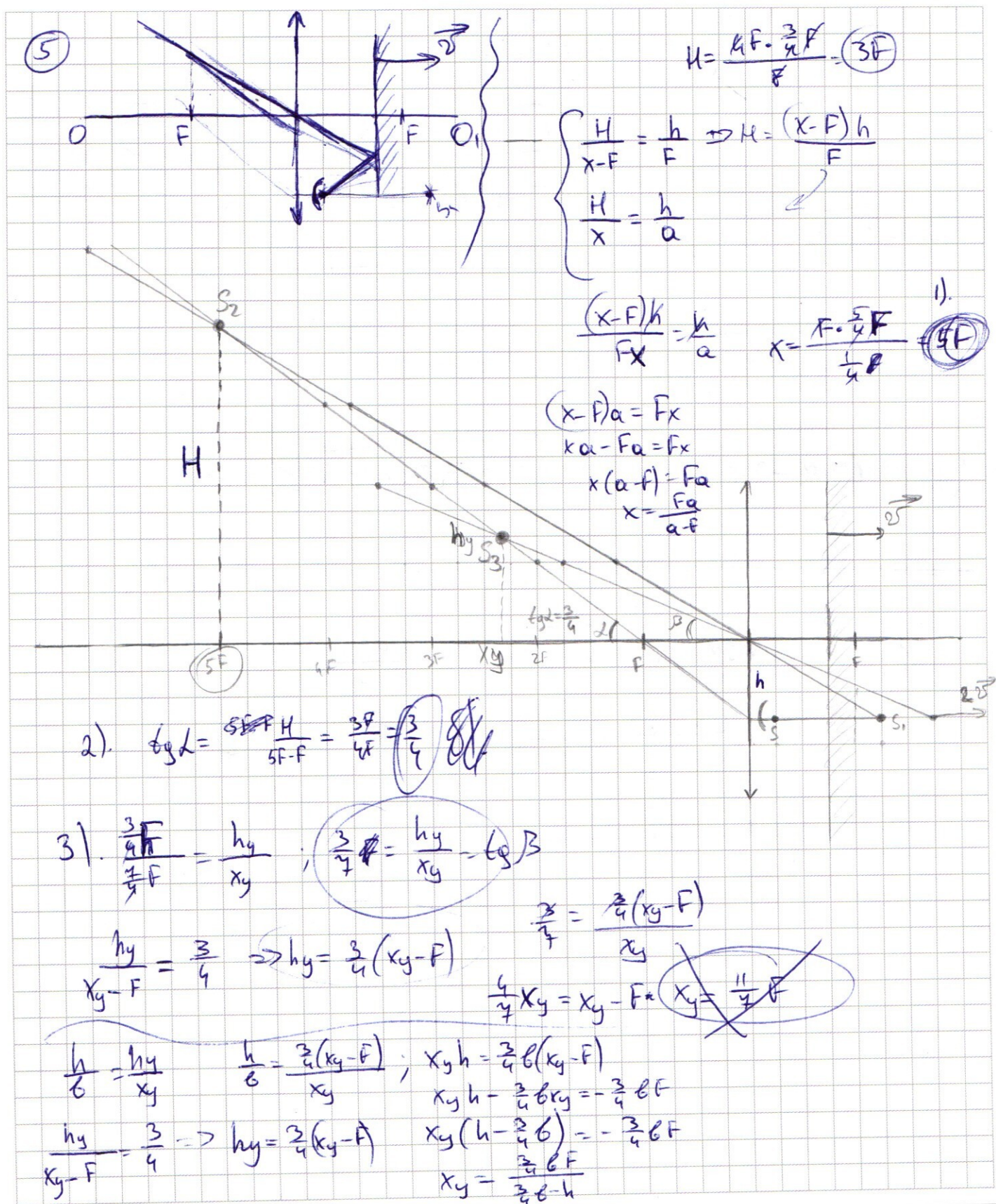
$$E_{qd} = \frac{mv_2^2}{2}$$

F_d

$$ma \cdot 0,3d = \frac{mv_2^2}{2} \Rightarrow v_2 = \sqrt{0,6da} = \sqrt{0,6d \cdot \frac{v_1^2}{1,4d}} = \frac{v_1}{\sqrt{14}}$$

$$a \cdot 0,4d = \frac{v_2^2}{2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$① \frac{3,5}{17} \cdot \frac{3}{5} = \frac{9}{115}$$

$$1. \frac{\frac{12}{17}}{\frac{3}{5}} = \frac{45}{314} \cdot \frac{19}{17} \cdot \frac{25}{17}$$

$$\frac{-289}{225} \cdot \frac{1}{64}$$

$$0,1156 \cdot 0,0052$$

$$1. \frac{2 \cdot 14}{100} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{13}{5 \cdot 14} =$$

$$= \frac{13}{250} = \frac{13}{250}$$

$$= \frac{13}{250} = \frac{13}{250}$$

$$2. \frac{2 \cdot 14}{100} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{13}{5 \cdot 14} =$$

$$= \frac{26}{500} = \frac{13}{250}$$

$$= \frac{13}{250} = \frac{13}{250}$$

$$= \frac{13}{250} = \frac{13}{250}$$

$$= \frac{13}{250} = \frac{13}{250}$$

$$= \frac{13}{250} = \frac{13}{250}$$

$$= \frac{13}{250} = \frac{13}{250}$$

$$= \frac{13}{250} = \frac{13}{250}$$

$$= \frac{13}{250} = \frac{13}{250}$$

$$= \frac{13}{250} = \frac{13}{250}$$

$$= \frac{13}{250} = \frac{13}{250}$$

$$= \frac{13}{250} = \frac{13}{250}$$

$$= \frac{13}{250} = \frac{13}{250}$$

$$= \frac{13}{250} = \frac{13}{250}$$

$$= \frac{13}{250} = \frac{13}{250}$$

$$= \frac{13}{250} = \frac{13}{250}$$

$$= \frac{13}{250} = \frac{13}{250}$$

$$= \frac{13}{250} = \frac{13}{250}$$

$$= \frac{13}{250} = \frac{13}{250}$$

$$= \frac{13}{250} = \frac{13}{250}$$

$$= \frac{13}{250} = \frac{13}{250}$$

$$= \frac{13}{250} = \frac{13}{250}$$

$$= \frac{13}{250} = \frac{13}{250}$$

$$= \frac{13}{250} = \frac{13}{250}$$

$$= \frac{13}{250} = \frac{13}{250}$$

$$= \frac{13}{250} = \frac{13}{250}$$

$$\gamma = 180^\circ - \beta - 2$$

$$180^\circ - \gamma = (2 + \beta)$$

$$\cos(2 + \beta) = \cos 2 \cos \beta - \sin 2 \sin \beta =$$

$$= \frac{3,5}{17} \cdot \frac{3}{5} = \sqrt{(1 - \cos^2 2)(1 - \cos^2 \beta)} =$$

$$= \frac{9}{17} \cdot \sqrt{(1 - \frac{225}{289})(1 - \frac{9}{25})} =$$

$$= \frac{9}{17} \cdot \sqrt{\frac{64}{289} \cdot \frac{16}{25}} =$$

$$= \frac{9}{17} \cdot \frac{8 \cdot 4}{17 \cdot 5} =$$

$$= \frac{45 - 32}{17 \cdot 5} = \frac{13}{85} =$$

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 - 2 v_x \cdot \frac{13}{25}} = \sqrt{0,25 + 0,34}$$

$$= \sqrt{0,25 + 0,1156 - 2 \cdot 0,34 \cdot 0,5 \cdot \frac{13}{25}} = \sqrt{0,3656 - 0,852} = \sqrt{0,3604}$$

$$= \sqrt{0,3604}$$



$$m a = T \sin \beta$$

$$\frac{m v_x^2}{R} = T \sqrt{1 - \cos^2 \beta} \Rightarrow T = \frac{m v_x^2}{R \sqrt{1 - \cos^2 \beta}} =$$

$$= \frac{0,3 \cdot 0,25}{0,53 \cdot \frac{4}{5}} = \frac{10 \cdot \frac{1}{4}}{\frac{53}{100} \cdot \frac{4}{5}} = \frac{3 \cdot 1 \cdot 100}{10 \cdot 4 \cdot 53} = \frac{75}{424} \text{ H}$$

$$\frac{75}{424}$$

$$\sqrt{0,6604} = \sqrt{0,66 \cdot \frac{v_1^2}{1,44}} = v_1 \sqrt{\frac{6}{144} \cdot \frac{1}{10}} = v_1 \sqrt{\frac{3}{7}}$$



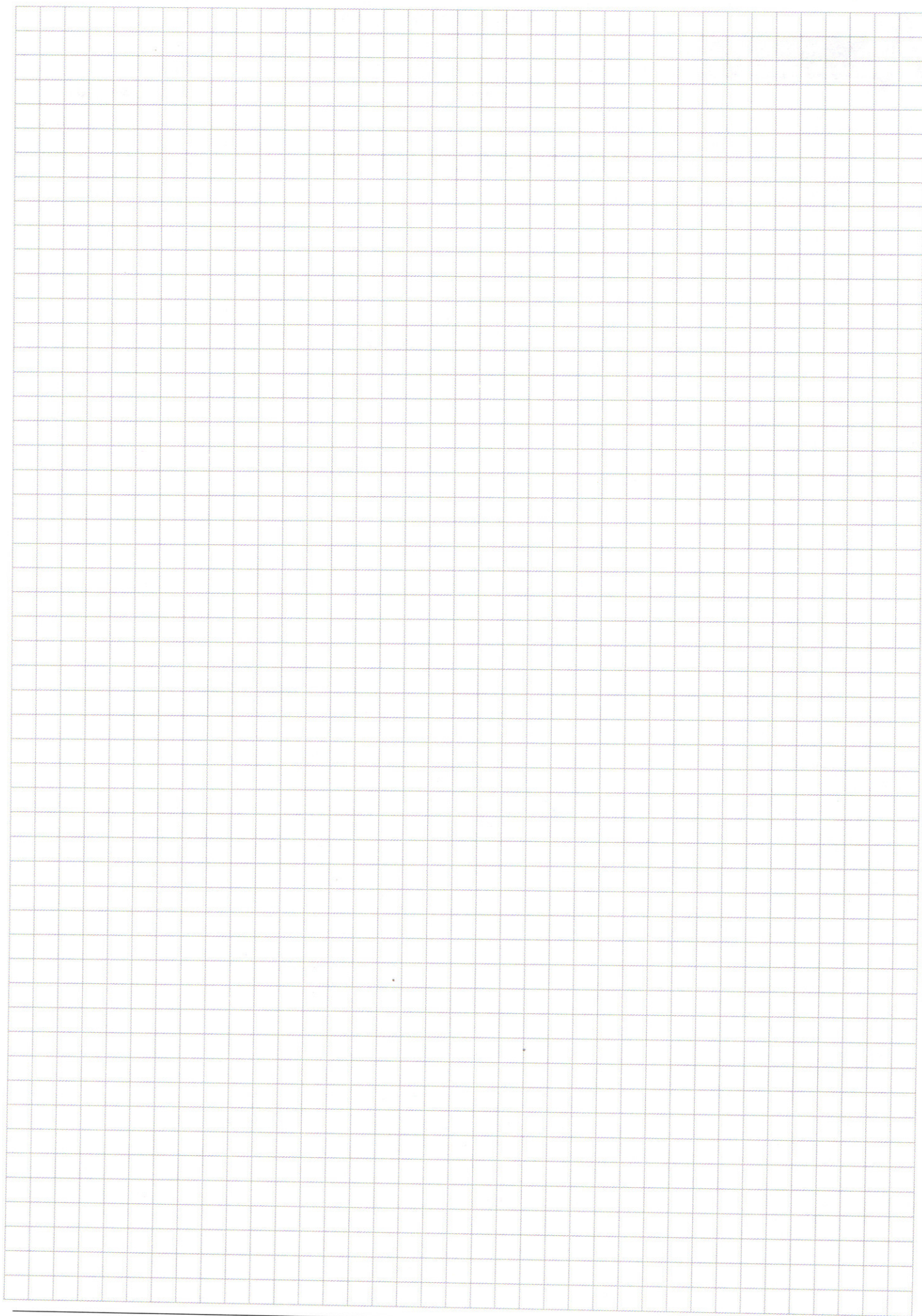
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)