

Олимпиада «Физтех» по физике, фс

Класс 11

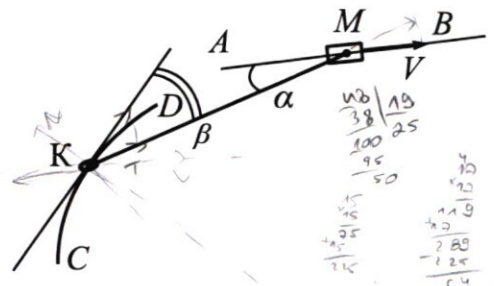
Вариант 11-01

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

1. Муфту М двигают со скоростью $V = 68$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/3$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент нить составляет угол α ($\cos \alpha = 15/17$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 4/5$) 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.

$$a = \frac{v^2}{R}$$



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.

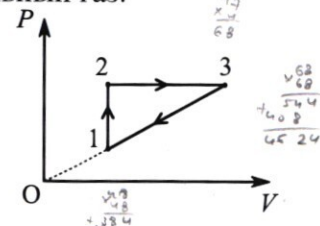
$$C_p = C_v + R \quad C_v = \frac{3}{2}R$$

- 2) Найти в изобарном процессе отношение количества теплоты, полученной газом, к работе газа. $P = \text{const}$

$$Q = \Delta U + A = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + P \Delta V = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + P \Delta V = \frac{5}{2} P \Delta V = \frac{5}{2} A$$

- 3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.

$$PV = \nu RT \quad \frac{PV}{T} = \nu R \quad \eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{AB}{CA}$$

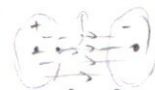


3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки площадью S , расстояние между обкладками d ($d \ll \sqrt{S}$). Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,25d$ от

положительно заряженной обкладки, стартует с нулевой начальной скоростью положительно заряженная частица и через время T вылетает из конденсатора перпендикулярно обкладкам. Удельный заряд частицы

$$\frac{q}{m} = \gamma$$

$$E = \frac{Q}{\epsilon_0 S \epsilon_0} \quad C = \epsilon \epsilon_0 \frac{S}{d}$$



$$F = \frac{qQ}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

$$f = \frac{Q}{m} \quad 1384$$

- 1) Найдите скорость V_1 частицы при вылете из конденсатора.

$$v_1^2 - v_0^2 = 2as \quad v_1^2 - 0 = 2 \frac{qQ}{4\pi\epsilon_0 m} \frac{1}{T} s$$

$$R = \frac{mv}{qB} \quad F = \frac{A}{q}$$

$$R = \frac{mv}{qB} \quad 13824 \cdot \frac{5}{2364,8}$$

- 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.

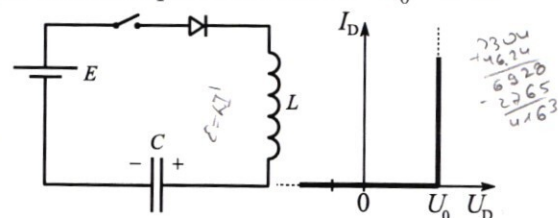
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 9$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 5$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В. Ключ замыкают.

- 1) Найти скорость возрастания тока сразу после замыкания ключа.

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_1' = E$$

- 2) Найти максимальный ток после замыкания ключа.

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

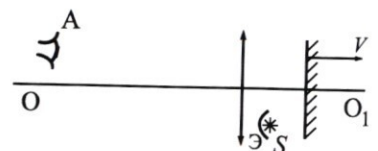


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $3F/4$ от оси OO_1 и на расстоянии $F/2$ от плоскости линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии F от линзы.

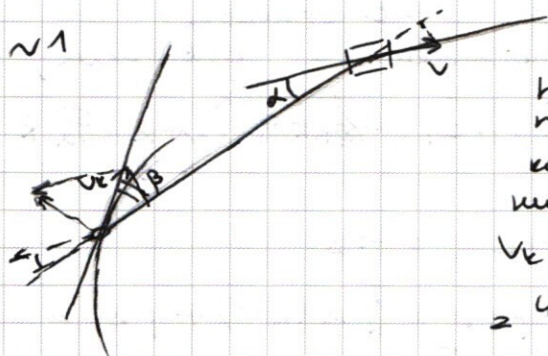
- 1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?

- 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.



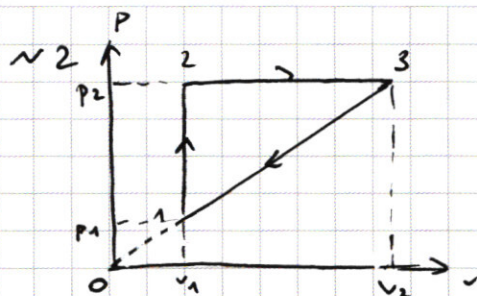
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1) Пусть v_k - скорость кольца. Кинетическая энергия, потому что проекции скоростей муфта и кольца не перпендикулярны, следовательно, одинаковы. $v \cos \alpha = v_k \cos \beta$
 $v_k = v \cos \alpha \cdot \cos \beta = 0,68 \cdot \frac{15}{17} \cdot \frac{4}{5} = \frac{0,68 \cdot 3 \cdot 4}{17}$
 $= \frac{4 \cdot 17 \cdot 0,01 \cdot 3 \cdot 4}{17} = 0,48 \text{ м/с} = \underline{48 \text{ см/с}}$

2) Муфта движется с постоянной скоростью, потому что ее система отсчета инерциальна. Векторной сумме скоростей тела и системы отсчета. Поэтому в системе отсчета муфта кольца будет двигаться в противоположном направлении со скоростью муфта. Скорость кольца относительно муфта $v_{km} = v_k - v = v_k^2 + v^2 - 2v_k v \cdot \cos(\alpha + \beta)$
 $= v_k^2 + v^2 - 2v_k v (\cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta) = 0,48^2 + 0,68^2 -$
 $- 2 \cdot 0,48 \cdot 0,68 \left(\frac{4}{5} \cdot \frac{15}{17} - \frac{3}{5} \cdot \frac{8}{17} \right) = 0,48^2 + 0,68^2 - 2 \cdot 0,48 \cdot 0,68 \left(\frac{36}{5 \cdot 17} \right) =$
 $= 48^2 \cdot 10^{-4} + 68^2 \cdot 10^{-4} - 2 \cdot \frac{48 \cdot 4 \cdot 36}{5} \cdot 10^{-4} = 10^{-4} (2304 + 4624 -$
 $- 2764,8) \approx 0,4163 \text{ м/с} = \underline{41,63 \text{ см/с}}$

ответ: 48 см/с
 $41,63 \text{ см/с}$



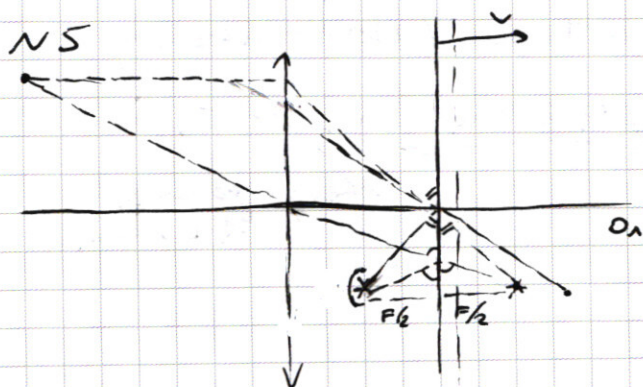
1) Повышение температуры газа происходит в процессах 1-2 и 2-3.
 $(\frac{pV}{T} = \text{const})$
 $p_2 > p_1, V = \text{const} \Rightarrow T_2 > T_1$
 $V_2 > V_1, p = \text{const} \Rightarrow T_3 > T_2$

Для процесса 1-2 и угем при постоянном объеме, процесс 2-3 - при постоянном давлении, изотерм, теплоемкости процессов $C_{12} = C_V = \frac{3}{2}R$ $C_{23} = C_p = \frac{5}{2}R$
 $C_{23}/C_{12} = C_p/C_V = \frac{5}{3}$

2) Изобразить процесс - процесс 2-3

$$A = p \Delta V \quad Q = \Delta U + A = \frac{3}{2} R \Delta T + p \Delta V = \frac{3}{2} \Delta(pV) + p \Delta V = \frac{3}{2} p \Delta V + \frac{1}{2} p \Delta V = \frac{5}{2} p \Delta V = \frac{5}{2} A \Rightarrow \frac{Q}{A} = \frac{5}{2}$$

3) КПД цикла - отношение работы газа к затраченной теплоте. Пусть $V_2 = k V_1$, тогда $T_2 = k T_1$
 $p_2 = k p_1$. Газ получает тепло в процессах 1-2 и 2-3
 $Q_{12} = \Delta U = \frac{3}{2} R \Delta T = \frac{3}{2} R T_1 (k-1) = \frac{3}{2} p \Delta(pV) = \frac{3}{2} V_1 (k-1) p_1$
 $Q_{23} = \Delta U + A = \frac{5}{2} k p_1 (k-1) V_1$
 A - площадь треугольника
 $\eta = \frac{A}{Q} = \frac{p_1 (k-1) V_1 (k-1) / 2}{\frac{3}{2} p_1 V_1 (k-1) + \frac{5}{2} k p_1 (k-1) V_1} = \frac{p_1 V_1 (k-1)^2}{p_1 V_1 (3(k-1) + 5k(k-1))} = \frac{k-1}{5k+3} = \frac{1-1/k}{5-3/k} \rightarrow \frac{1}{5}$ при $k \rightarrow \infty$, поэтому $\frac{1}{5}$ - максимальный КПД
 Ответ: $\frac{5}{3}; \frac{5}{2}; \frac{1}{5}$



1) Изображение, получаемое после отражения в зеркале находится на расстоянии $d = F + F/2 = \frac{3}{2} F$ от линзы
 $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$
 $f = \frac{1}{\frac{1}{F} - \frac{1}{d}} = \frac{1}{\frac{d-F}{dF}} = \frac{dF}{d-F} = \frac{\frac{3}{2} F^2}{\frac{3}{2} F - F} = 3F$

2) Изображение в зеркале движется со скоростью $2v$ параллельно оси OO_1 , изображение после линзы имеет скорость $2v \cdot f/d$ параллельно оси "скорость, направленную к оси, равную $2v$ из подобия треугольников и наоборот". Если расстояние от оси было h после линзы стало $3h$, теперь при смещении Δx высота стала $\frac{h}{F_2 + \Delta x} \cdot F$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~~13~~ $V_1^2 - V_0^2 = 2as$

Рисунок 6

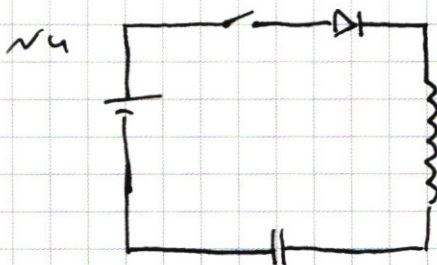
Пусть $F = 8$. Тогда источник по горизонтали сместился на Δx . Из подобия треугольников $\triangle ABC \sim \triangle A'B'C'$ высота стала $\frac{6}{4+\Delta x} \cdot 8 = \frac{48}{4+\Delta x}$

$= \frac{48(4-\Delta x)}{16-\Delta x^2}$ Δx мало, квадратом можно пренебречь

$h = \frac{3 \cdot 48(4-\Delta x)}{16} = 12 - 3\Delta x$

Было $h = 12$, т.е. при сдвиге по горизонтали на Δx по вертикали сдвигается на $3\Delta x$. Если по горизонтали скорость $-2v$, то по вертикали $-6v$ и изображение скорости по горизонтали $-2v$, по вертикали $-6v$, $f/d = 4v$. Значит, скорость направлена под углом $\arctg(2/3)$ и равна $\sqrt{36v^2 + 16v^2} = \sqrt{52}v = 2\sqrt{13}v$

Ответ: $3F$, $\arctg(2/3)$, $2\sqrt{13}v$



1) В первый момент ток через катушку не идет, заряд на конденсаторе макс, потому индуктивное сопротивление катушки равно ЭДС $E_{\text{с.и.}} = L I' = E - U_C$, $I' = \frac{E - U_C}{L}$ ~~800 мА~~

2) При максимальном токе напряжение на катушке нет ($I' = 0$), значит, напряжение на конденсаторе $E - U_0$. Конденсатор перезарядился, его энергия и энергия батареи перешли в энергию катушки. Заряд конденсатора $q_c = \frac{C}{E - U_0}$, заряд для $q_0 = -\frac{C}{U_0}$, т.е. через батарею протек заряд $q = q_c + q_0$, ее работа $A = E q$

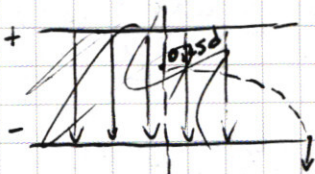
$$\frac{C U_0^2}{2} = \frac{C (E - U_0)^2}{2} + \frac{L I^2}{2} + E q$$

$$C U_0^2 = \frac{C (E - U_0)^2}{2} + \frac{L I^2}{2} + E \left(\frac{C}{E - U_0} + \frac{C}{U_0} \right)$$

$$I = \sqrt{\left(\frac{C U_0^2}{2} - \frac{C (E - U_0)^2}{2} - E \left(\frac{C}{E - U_0} + \frac{C}{U_0} \right) \right) \frac{2}{L}} =$$

2

~3 Напряженность внутри конденсатора $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{Q}{S \epsilon_0}$ Емкость конденсатора $C = \frac{\epsilon_0 S}{d}$

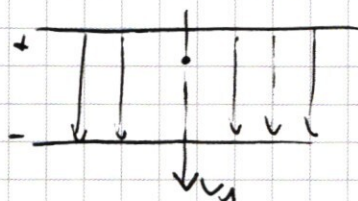


По горизонтальной записи
расстояние $x = R$
полюса конденсатора $S = \pi R^2$
расстояние между обкладками $R = \sqrt{\frac{S}{\pi}}$
полюса конденсатора $A = mg \cdot R$
действует сила тяжести $A = E q \cdot d$
работы напряженности

2) Изменение энергии $\Delta m V_1 = F \Delta t$
 $m \Delta V_1 = E q T$
 $V_1 = E T \frac{q}{m} = \frac{Q}{S \epsilon_0} \cdot \frac{q}{m} \cdot T$

выражение Q через V_1 .

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



частица движется равноускоренно $v_1 = v_0$

$$1) v_1^2 - v_0^2 = 2aS \quad (v_1 - v_0)(v_1 + v_0) = 2 \frac{v_1 - v_0}{T} S$$

$$v_1^2 = 2v_1$$

$$v_1 + v_0 = 2 \frac{S}{T}$$

$$v_1 = 2 \frac{S}{T}$$

$$2) v_1 = \frac{Q}{SE_0} \cdot \frac{q}{m} \cdot T \quad Q = \frac{v_1 \cdot SE_0 \cdot m}{T \cdot q} =$$

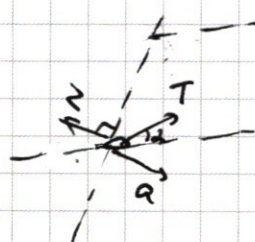
Ответ: $2 \frac{S}{T}$; $E_0 \frac{2S^2}{T^2} q$

$$E_0 \frac{2S^2}{T^2} q$$

~1

3) Рассм.

силы действующие на кольцо



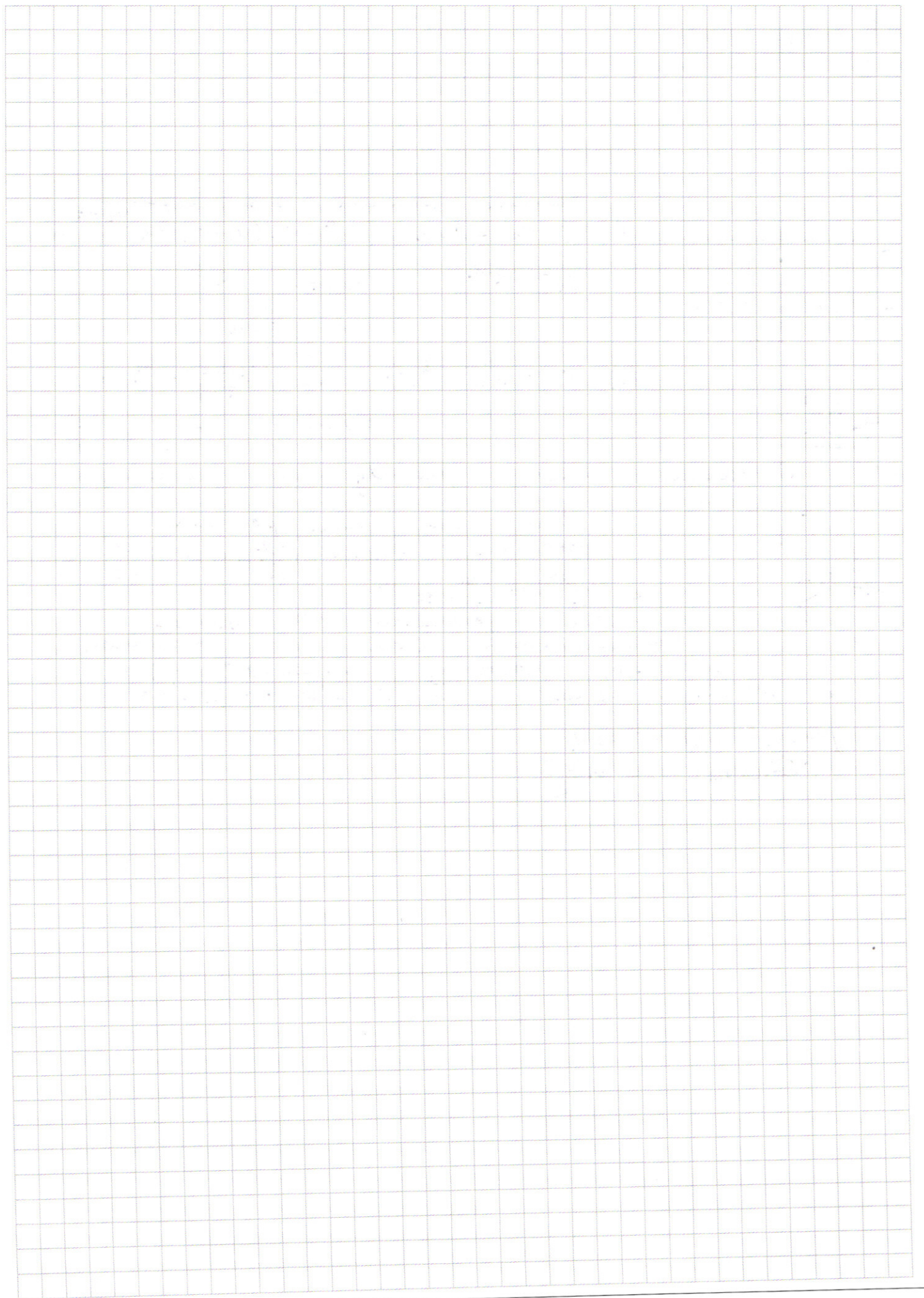
Если нет сил реакции проводки, $T \sin \alpha = m \frac{v^2}{R} = 0,1 \cdot \frac{0,48^2}{1,9} =$

$$= \frac{0,48^2}{19} \approx 25 \cdot 10^{-4}$$

Тело движется по прямой параллельно (AB) с постоянной

скоростью, поэтому $N \cdot \cos(90^\circ - \alpha - \beta) =$
 $= N \sin(\alpha + \beta) = T \cos \alpha$ и $T \cos(90^\circ - \alpha - \beta) = N = ma$

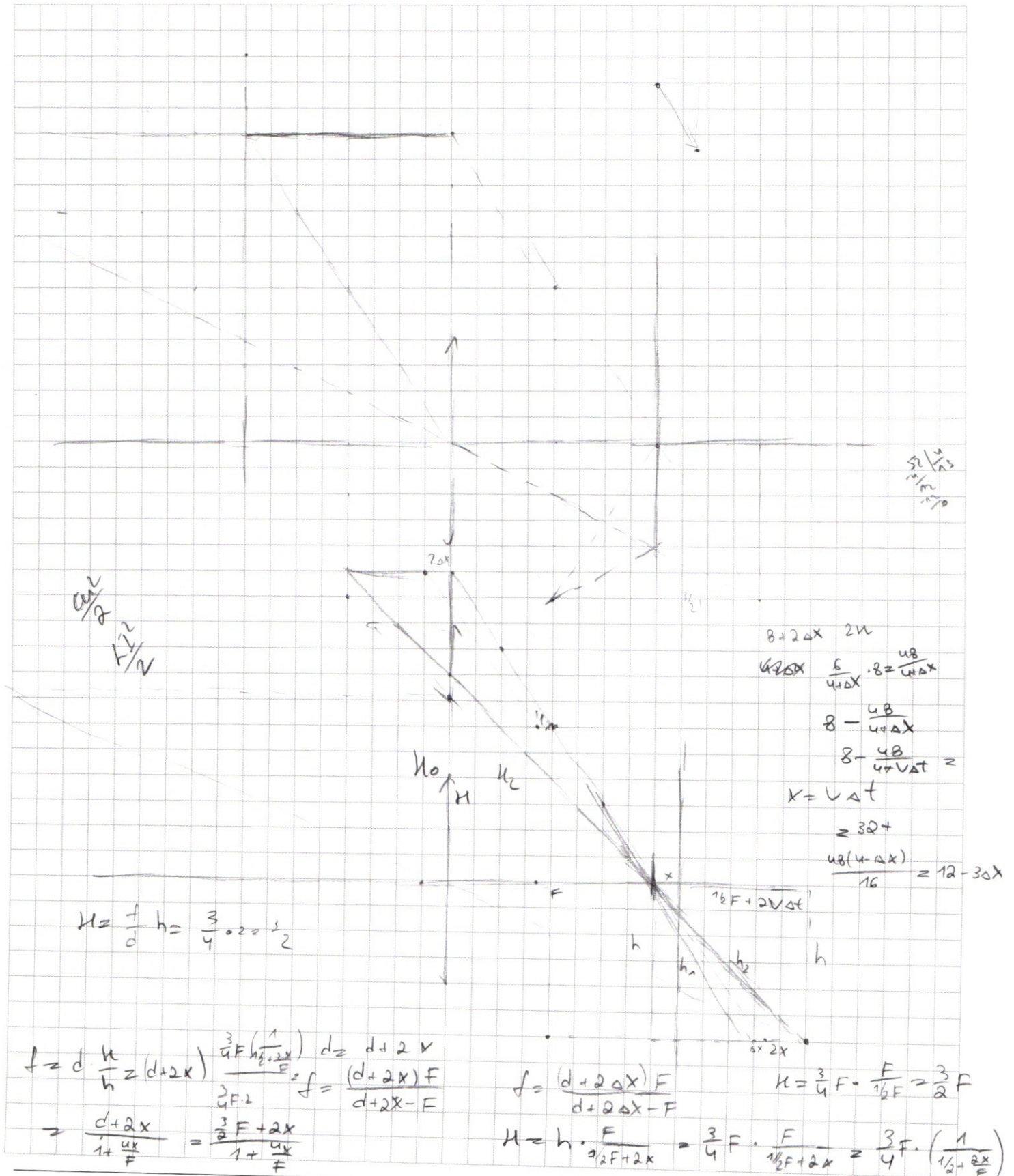
$$\begin{cases} N \sin(\alpha + \beta) = T \cos \alpha \\ T \sin(\alpha + \beta) - N = m \frac{v^2}{R} \end{cases}$$

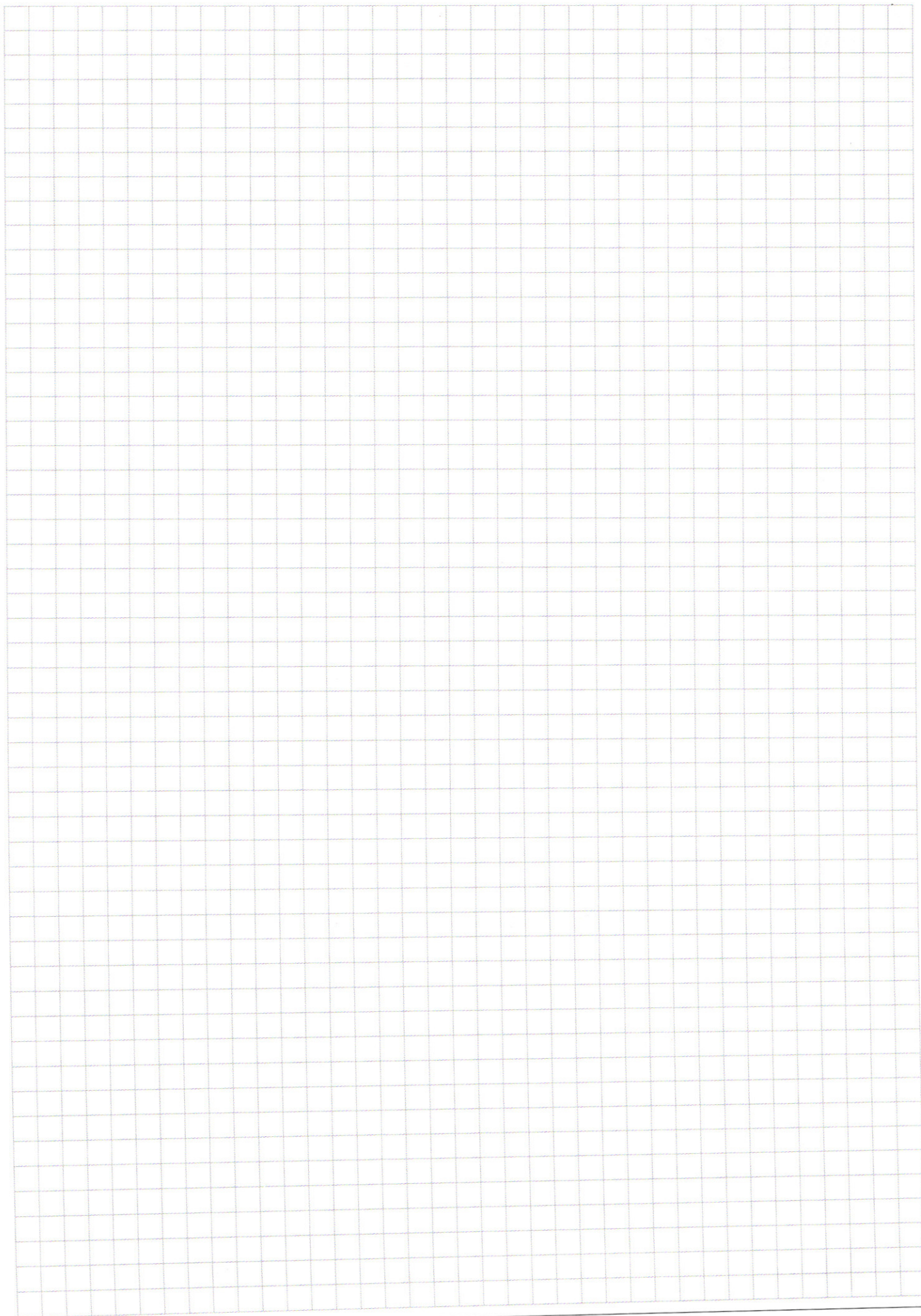


☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА







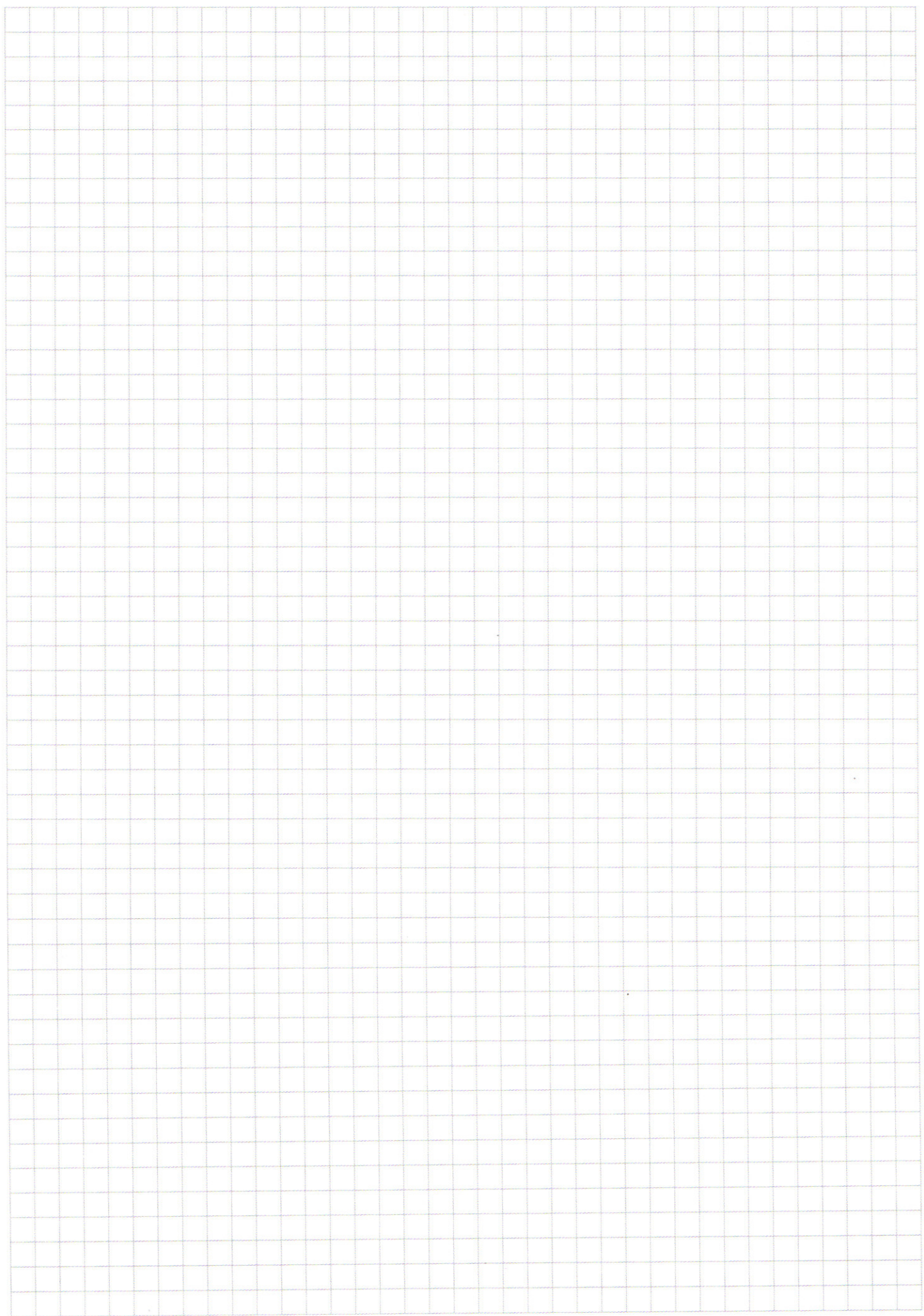
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)