

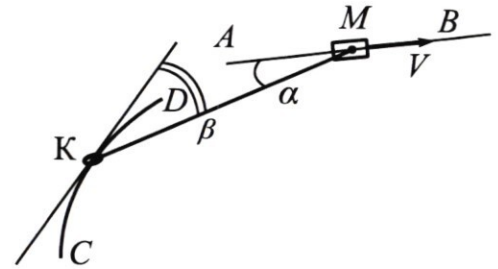
Олимпиада «Физтех» по физике,

Вариант 11-01

Класс 11

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

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.



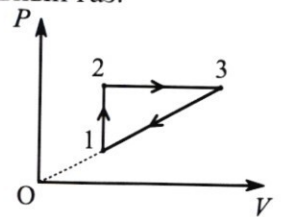
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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 количества теплоты, полученной газом, к работе газа.

3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



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

1) Найдите скорость V_1 частицы при вылете из конденсатора.

2) Найдите величину Q заряда обкладок конденсатора.

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

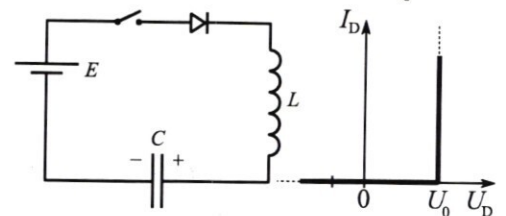
При движении частицы электрическое поле, созданное зарядами конденсатора, считать неизменным, а электрическое поле внутри конденсатора вблизи оси симметрии считать однородным.

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.

2) Найти максимальный ток после замыкания ключа.

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

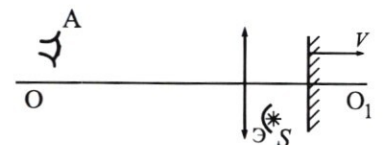


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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

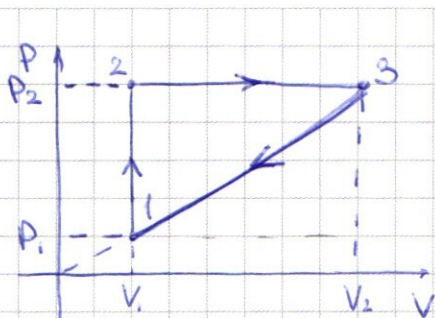
1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?

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) $\Delta T_{12} > 0$ и $\Delta T_{23} > 0$

$$\frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{Q_{12} \cdot \Delta T_{23}}{\Delta T_{12} \cdot Q_{23}} = \frac{1,5 \text{ мР} \cdot \Delta T_{23}}{\Delta T_{12} \cdot 2,5 \text{ мР} \cdot \Delta T_{23}} = \frac{3}{5} = 0,6$$

Ответ: $\frac{C_{12}}{C_{23}} = 0,6$

1 → 2 $V = \text{const} \Rightarrow A_{12} = 0$

$$Q_{12} = \Delta U_{12} = A_{12} = 0 = \frac{3}{2} \frac{m}{\mu} R \Delta T_{12}$$

2 → 3 $P = \text{const}$

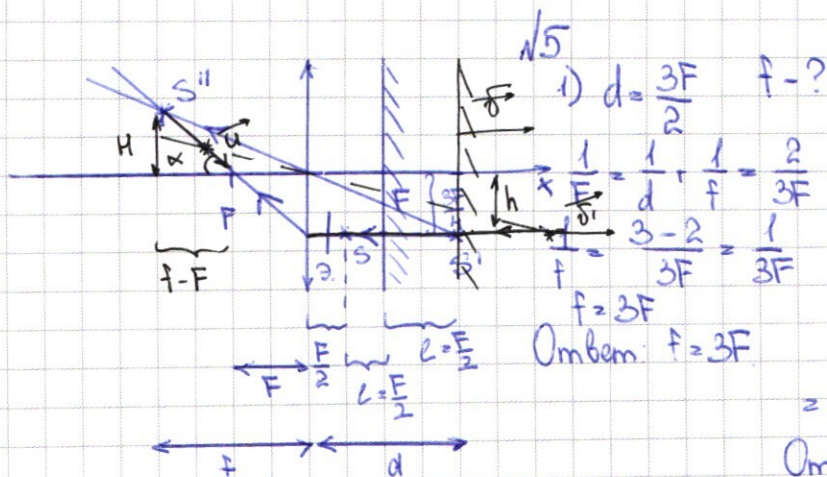
$$A_{23} = P_2 (V_2 - V_1) = \frac{m}{\mu} R \Delta T_{23}$$

$$Q_{23} = A_{23} + \Delta U_{23} = \frac{m}{\mu} R \Delta T_{23} + \frac{5}{2} \frac{m}{\mu} R \Delta T_{23} = \frac{7}{2} \frac{m}{\mu} R \Delta T_{23}$$

2) $\frac{Q_{23}}{A_{23}} = ?$

$$\frac{Q_{23}}{A_{23}} = \frac{A_{23} + \Delta U_{23}}{A_{23}} = \frac{5 \text{ мР} \cdot \Delta T_{23}}{2 \text{ мР} \cdot \Delta T_{23}} = 2,5$$

Ответ: $\frac{Q_{23}}{A_{23}} = 2,5$



1) $d = \frac{3F}{2}$ $f = ?$

$$\frac{1}{d} = \frac{1}{f} + \frac{1}{3F} = \frac{2}{3F}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{2}{3F} - \frac{1}{3F} = \frac{1}{3F}$$

$$f = 3F$$

Ответ: $f = 3F$

2) $\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{d}$

$$H = \frac{f}{d} h = \frac{3F \cdot 2 \cdot 3F}{3F \cdot 4F} = \frac{3}{2} F$$

$$\tan \alpha = \frac{H}{f-F} = \frac{3F}{2(3F-F)} = \frac{3}{4} = 0,75$$

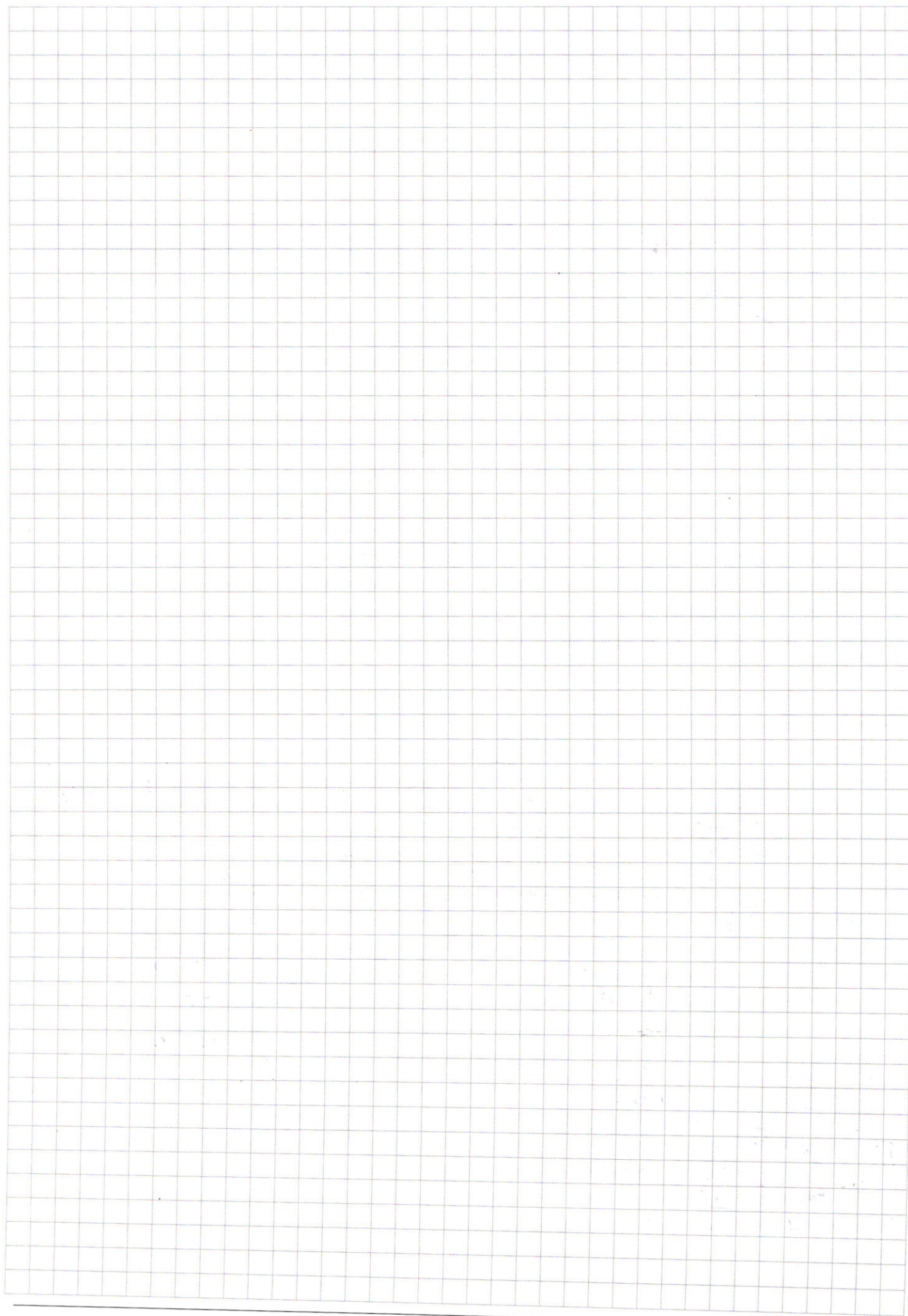
Ответ: $\tan \alpha = 0,75$

3) $\frac{\vec{v}_1}{u} = \frac{2\vec{v}}{v_1}$

⊗ $u \cos \alpha = v_1$

$$u = \frac{v_1}{\cos \alpha} = \frac{2\vec{v} \cdot 5}{\frac{4}{5}} = 2,5v$$

Ответ: $u = 2,5v$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3) $\eta_{\max} = \frac{P_2 - P_1}{P_2 + P_1} = 1 - \frac{\Delta T_{31}}{\Delta T_{12} + \Delta T_{23}} = 1 - \frac{(P_2 - P_1)(V_2 - V_1)}{V_1(P_2 - P_1) + P_2(V_2 - V_1)} =$

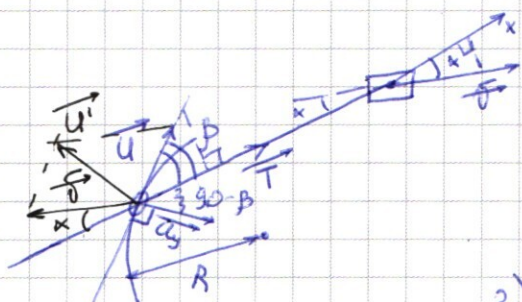
$\frac{m}{\mu} R \Delta T_{31} = (P_2 - P_1)(V_2 - V_1)$

$\frac{m}{\mu} R \Delta T_{12} = V_1(P_2 - P_1)$

$\frac{m}{\mu} R \Delta T_{23} = P_2(V_2 - V_1)$

1) Связь пока не установили. К катушке = разрыв
ответ: $\frac{di}{dt} = 0$ + через диод ток не сразу.

2) $\mathcal{E} = \mathcal{E}_c + \mathcal{U}_c = L i' + \mathcal{U}_c$



$$\sin x = \sqrt{1 - \cos^2 x} = \sqrt{1 - \frac{225}{289}} = \frac{8}{17}$$

$$\sin \beta = \sqrt{1 - \cos^2 \beta} = \sqrt{1 - \frac{16}{25}} = \frac{3}{5}$$

1) $u = ?$

$\otimes u \cos \beta = \sqrt{15^2 + 8^2}$

$u = \frac{\sqrt{15^2 + 8^2}}{\cos \beta} = \frac{17}{0.8} = 21.25 \text{ м/с}$

ответ: $u = 21.25 \text{ м/с}$

2) $u' = ?$

$u' = \sqrt{u'^2_x + u'^2_y} = 27 \text{ м/с}$

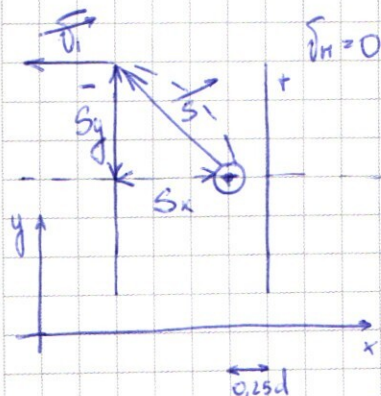
$\otimes u'_x = u \cos \beta = \sqrt{15^2 + 8^2} = 17$

$\otimes u'_y = u \sin \beta = 17 \cdot \frac{3}{5} = 10.2$

ответ: $u' = 27 \text{ м/с}$

3) $T = m a_y$ (II з.н.)

$\otimes T = m a_y \cos(90 - \beta) = \frac{m u^2}{R} \sin \beta = \frac{0.1 \cdot 21.25^2 \cdot 3}{1.9 \cdot 5} = 1.1 \text{ Н}$



1) $\vec{S} = \frac{\vec{F}_1 + \vec{F}_2}{2} = \frac{\vec{F}_1}{2}$

$\otimes S_x = \frac{F_1}{2} = d - 0.25d = 0.75d$

$\vec{v}_1 = \frac{0.75d \cdot 2}{T} = \frac{3d \cdot 2}{4T} = 1.5 \frac{d}{T}$

ответ: $\vec{v}_1 = 1.5 \frac{d}{T}$

(II з.н.) $\vec{F}_{k1} + \vec{F}_{k2} = m \vec{a}$

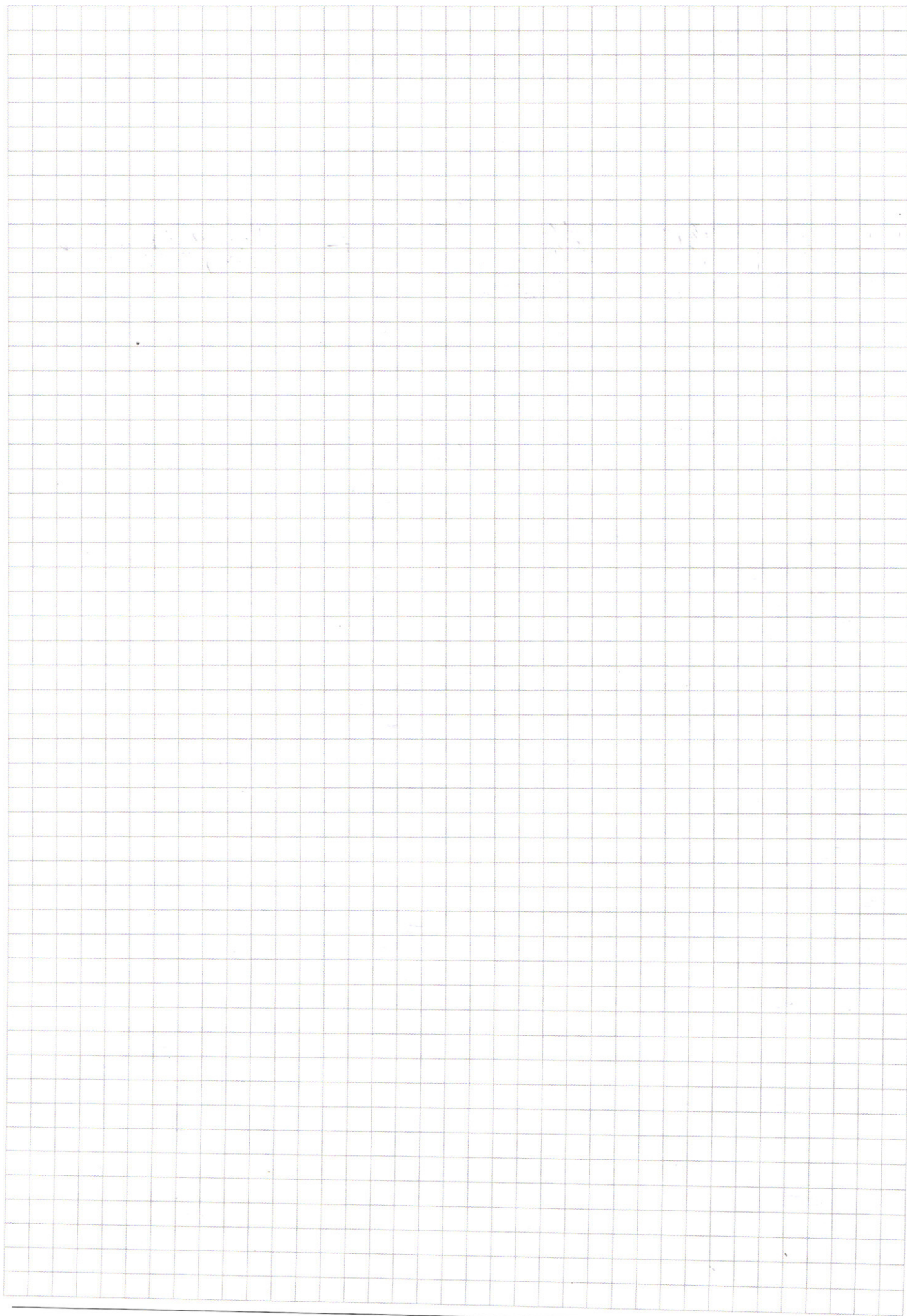
$\otimes k \frac{qQ}{(0.25d)^2} + k \frac{qQ}{(0.75d)^2} = m a$

$S_x = \frac{a T^2}{2} = 0.75d$

$a = \frac{3d \cdot 2}{4 \cdot T^2} = 1.5 \frac{d}{T^2}$

$Q = \frac{3d \cdot m \cdot g d^2}{2 T^2 \cdot 160 \cdot g \cdot k} = \frac{27 d^3 m}{320 T^2 g k} = \frac{27 d^3}{320 T^2 k g}$

ответ: $Q = \frac{27 d^3}{320 T^2 k g}$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$Q_{12} = \frac{3}{2} \frac{m p_0 T}{\mu} = \frac{3}{2} (p_2 - p_1) V_1$$

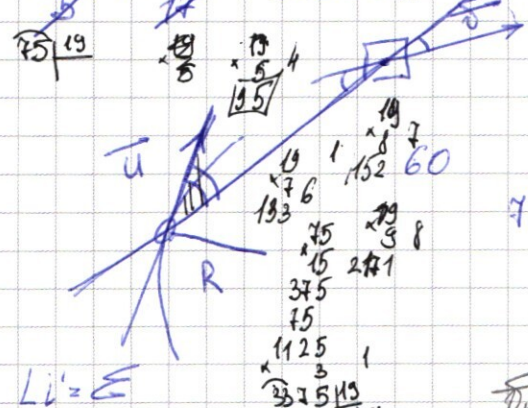
$$Q_{23} = p_2 (V_2 - V_1) + \frac{3}{2} p_2 (V_2 - V_1) = \frac{5}{2} p_2 (V_2 - V_1)$$

$$Q_{31} = \frac{(p_2 - p_1)(V_2 - V_1)}{2} + p_1 (V_2 - V_1) + \frac{3}{2} (p_2 - p_1)(V_2 - V_1) = 2(p_2 - p_1)(V_2 - V_1) + p_1 (V_2 - V_1)$$

$$\eta = 1 - \frac{2(p_2 - p_1)(V_2 - V_1) + p_1 (V_2 - V_1)}{3V_1(p_2 - p_1) + 5p_2(V_2 - V_1)} = \frac{p_2 V_2 - p_2 V_1 - p_1 V_2 + p_1 V_1 + p_1 V_2 - p_1 V_1}{3p_2 V_1 - 3p_1 V_1 + 5p_2 V_2 - 5p_2 V_1} =$$

$$= 1 - \frac{p_2 V_2 - p_2 V_1}{5p_2 V_2 - 3p_1 V_1 - 2p_2 V_1} = 1 - \frac{p_2 (V_2 - V_1)}{p_2 (5V_2 - 2V_1) - 3p_1 V_1}$$

$$\frac{75 \cdot 3}{8} + \frac{68 \cdot 8}{17} = 45 + 32 = 77$$



$$u = v \cos \beta$$

$$u = \frac{v \cos \beta}{\cos \beta} = \frac{68 \cdot 15 \cdot 5}{17 \cdot 4} = 75$$

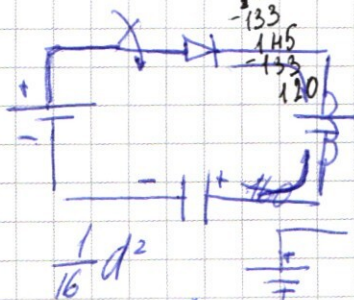
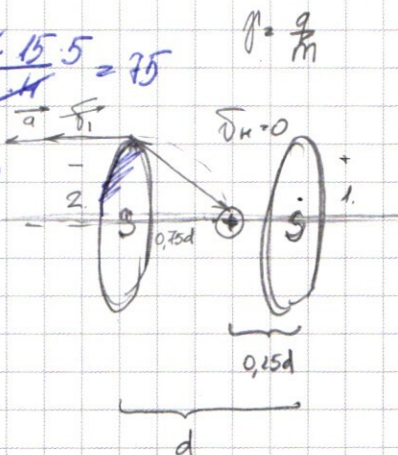
$$7 \frac{75 \cdot 4}{8} + \frac{68 \cdot 15}{17} = 110$$

$$F_1 + F_2 = ma$$

$$k \frac{qQ}{0.25^2 d^2} + k \frac{qQ}{0.75^2 d^2} = ma$$

$$S_x = \int_0^t at + \frac{at^2}{2} = \frac{0.75d}{2}$$

$$a = \frac{0.75d \cdot 2}{t^2} = \frac{3d \cdot R}{4t^2}$$



$$\frac{16}{d^2} + \frac{16}{3d^2} = \frac{144 + 16}{9d^2} = \frac{160}{9d^2}$$

$$E = U_c$$

$$\frac{L di}{dt} =$$

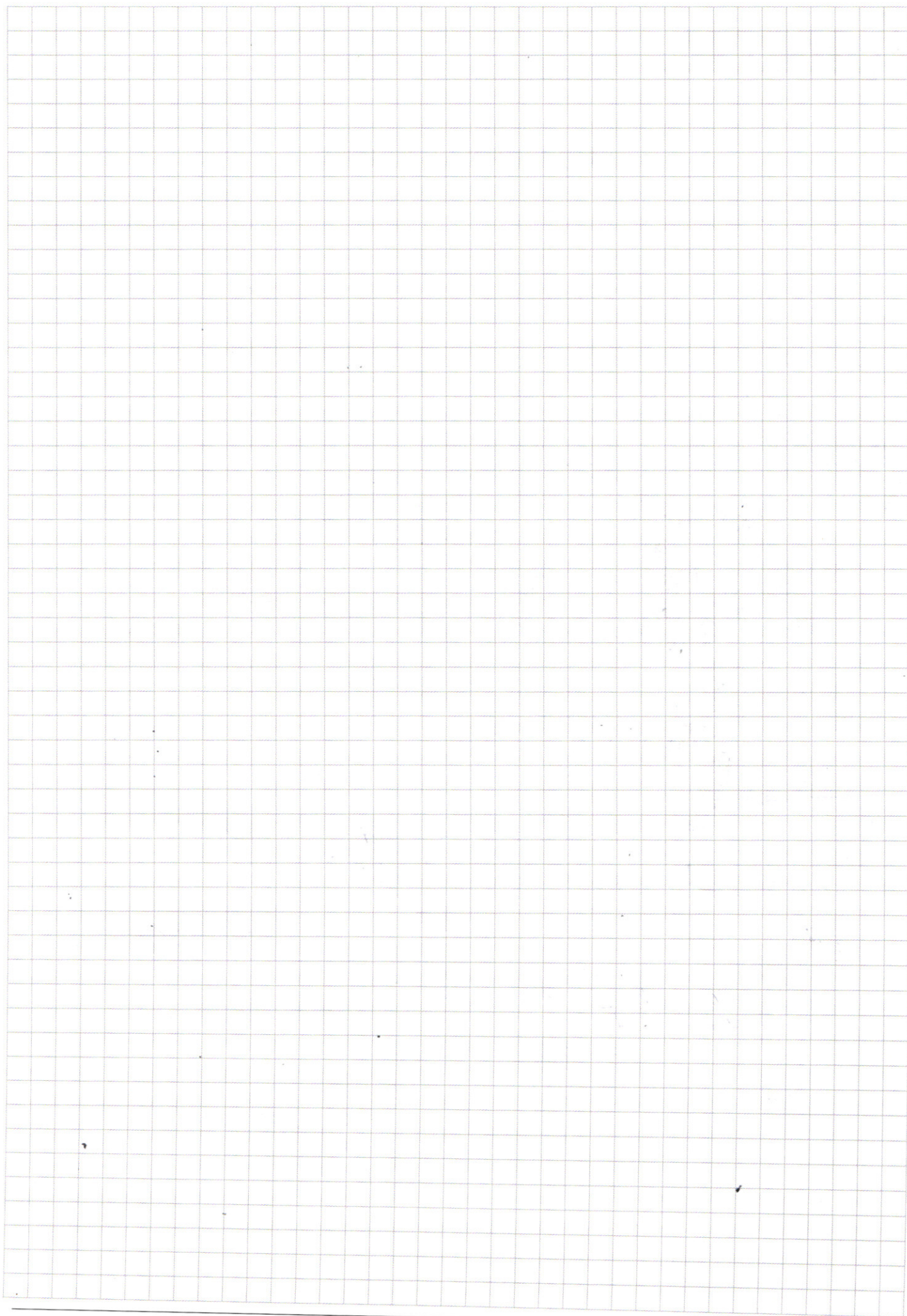
$$\frac{L di}{dt} = \leq 90$$

$$\frac{CU^2}{2} = \frac{LIm^2}{2}$$

$$E = E_0 + U_c$$

$$9 = \frac{L di}{dt} + 5$$

$$\frac{di}{dt} = \frac{4}{0.1} = 40$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) C_{012}

$Q = m \Delta T C = A r + \Delta U$

$Q_{12} = \frac{3}{2} R \Delta T_{12} \frac{m}{\mu}$

$Q_{12} = P_2 (V_2 - V_1) +$

$P V = \text{const} \quad P_2 \frac{\text{const}}{V} = \frac{P_1}{V_1} \Rightarrow P_2 V_2 = P_1 V_1$

$\frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{Q_{12} \Delta T_{23} m}{P_2 \Delta T_{12} Q_{23}} =$

$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \Rightarrow T_1 = \frac{P_1 T_2}{P_2}$

2) $P = \text{const} (2 \rightarrow 3)$

$\frac{Q}{A} = \frac{A + \Delta U}{A} = 1 + \frac{\Delta U}{A} = 1 + \frac{1,5 P_2 (V_2 - V_1)}{P_2 (V_2 - V_1)} = 2,5$

$\Delta U = \frac{3}{2} \frac{m}{\mu} R \Delta T = \frac{3}{2} \frac{m}{\mu} P_2 (V_2 - V_1)$

$A = P_2 (V_2 - V_1)$

$\frac{Q}{A} = \frac{U^2 C^2}{2C} = \frac{U^2 C}{2}$

3) $\eta_{\text{max}} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$

$\eta_{\text{max}} = \frac{(T_1 - T_2) - (T_3 - T_1)}{\Delta T_{12} + \Delta T_{23}} = 1 - \frac{(P_1 - P_2)(V_1 - V_2)}{P_2 V_2 - P_1 V_1} = 1 - \frac{P_2 V_2 T_1 - P_1 V_1 T_3}{P_2 V_2 - P_1 V_1}$

$Q_{12} = 1,5 \Delta T_{12} \quad Q_{23} = 2,5 \Delta T_{23} \quad Q_{31} = 2,5$

$\frac{3}{2} \frac{m}{\mu} R \Delta T_{23} = \frac{3}{2} P_2 (V_2 - V_1)$

$\frac{3}{2} \frac{m}{\mu} R \Delta T_{31} = (P_1 - P_2)(V_1 - V_2)$

$P_1 V_1 - P_1 V_2 - P_2 V_1 + P_2 V_2 = \frac{(P_1 V_1 + P_2 V_2) - (P_1 V_2 + P_2 V_1)}{P_2 V_2 - P_1 V_1} = \frac{(P_1 - P_2)(V_1 - V_2)}{P_2 V_2 - P_1 V_1}$

$\Delta T_{23} = \frac{P_2 (V_2 - V_1)}{\frac{3}{2} \frac{m}{\mu} R}$

$\Delta T_{31} = \frac{(P_1 - P_2)(V_1 - V_2)}{\frac{3}{2} \frac{m}{\mu} R}$

$T_1 P_1 = T_2 P_2$

$\frac{m}{\mu} R \Delta T = V P$

$\frac{m R}{\mu V} = \Delta T P = \text{const}$

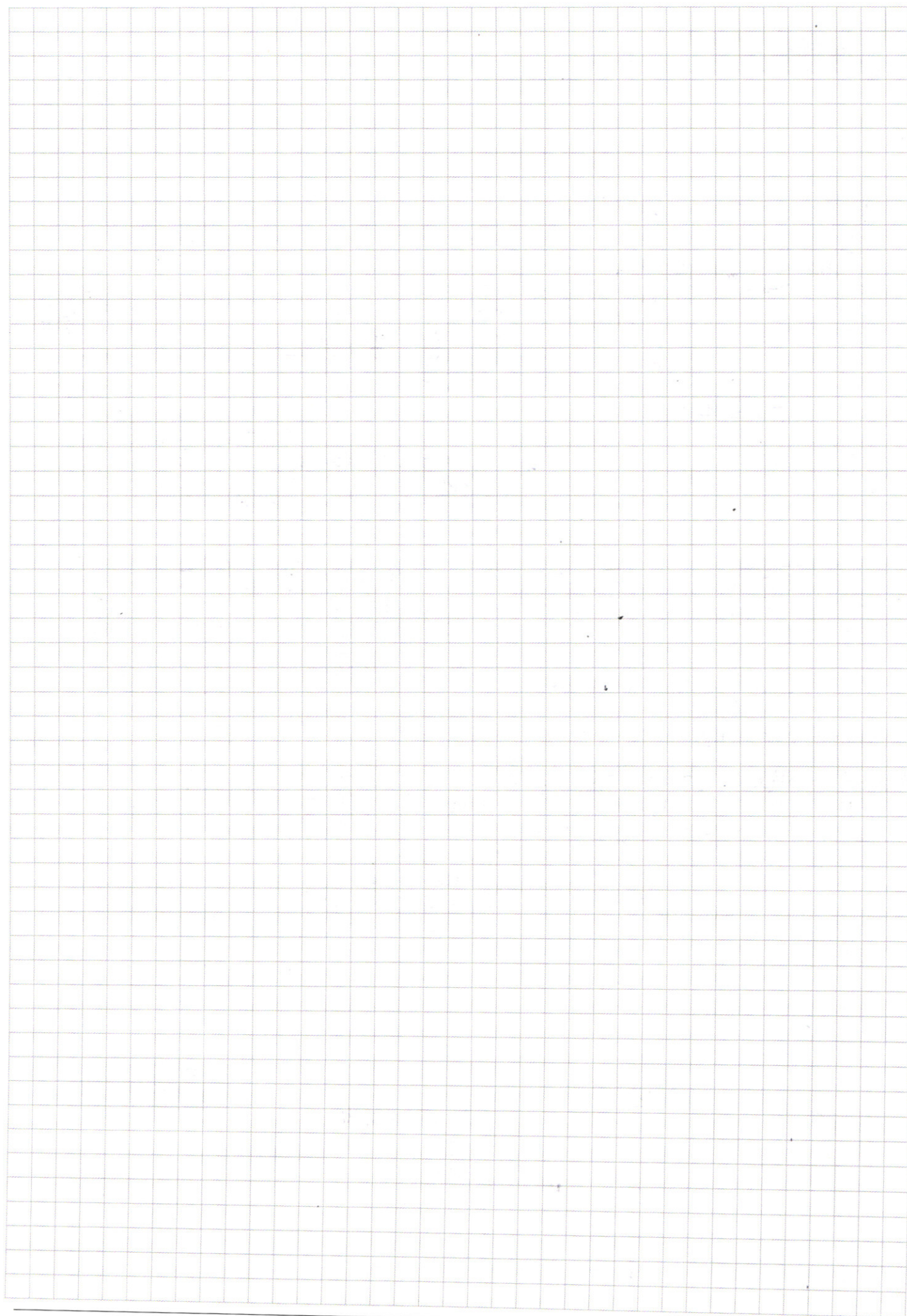
$\cos(90^\circ - \beta) = \sin 90^\circ \sin \beta - \cos 90^\circ \cos \beta$

$\frac{3}{2} \frac{m}{\mu}$

$\frac{M^2}{\mu} = m u^2$

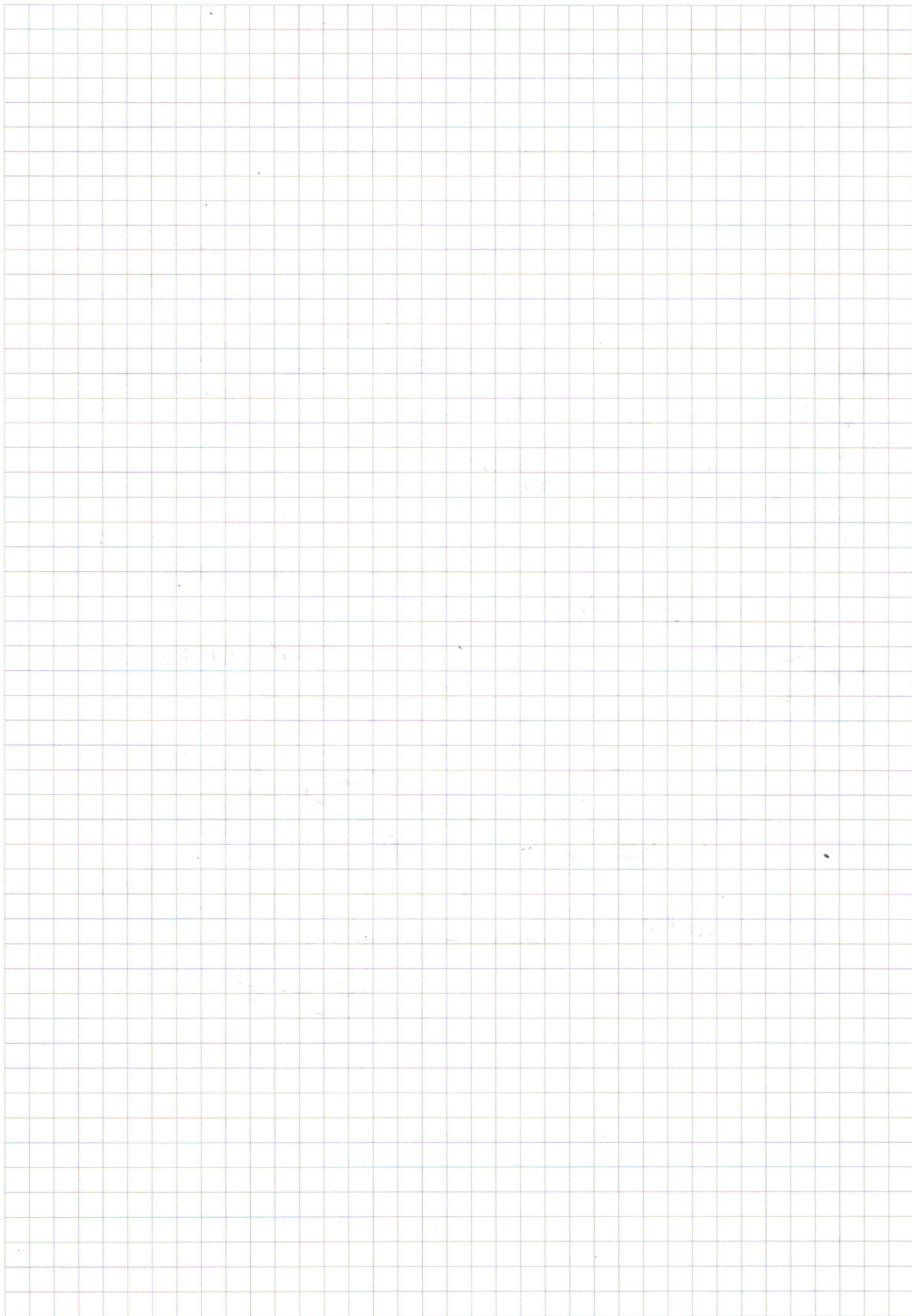
$M \cos \alpha \vec{v} = m \cos \beta u$

$M = \frac{m \cos \beta u}{\cos \alpha \vec{v}}$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № ____
(Нумеровать только чистовики)



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)