

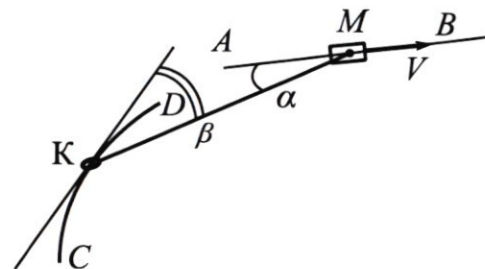
Олимпиада «Физтех» по физике, 11 класс

Вариант 11-02

Класс 11

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

1. Муфту M двигают со скоростью $V = 40$ см/с по горизонтальной направляющей AB (см. рис.). Кольцо K массой $m = 1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,7$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент трос составляет угол α ($\cos \alpha = 3/5$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 8/17$) с направлением движения кольца.



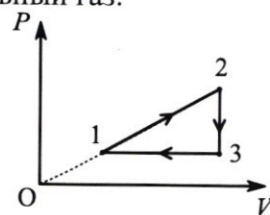
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

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 понижение температуры газа.

2) Найти для процесса 1-2 отношение количества теплоты, полученной газом, к работе газа.

3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Положительно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается между обкладками на расстоянии $0,2d$ от положительно заряженной обкладки. Удельный заряд частицы $\frac{q}{m} = \gamma$.

1) Найдите продолжительность T движения частицы в конденсаторе до остановки.

2) Найдите напряжение U на конденсаторе.

3) Найдите скорость V_0 частицы 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.

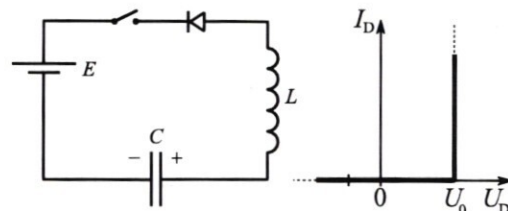
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 3$ В, конденсатор емкостью $C = 20$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 6$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,2$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке,

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.

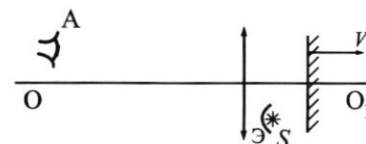


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $8F/15$ от оси OO_1 и на расстоянии плоскости $F/3$ от 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

Задача №2

Дано

$p(V)$
 $i=3$

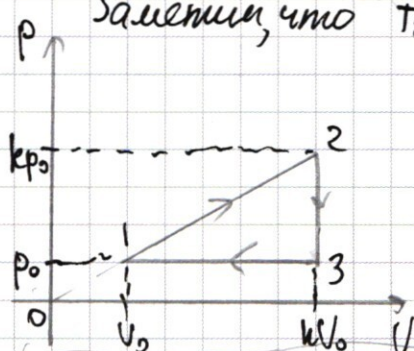
1) $\frac{C_{12}}{C_{31}} - ?$

2) $\frac{Q_{12}}{A_{12}} - ?$

3) $\eta_{\max} - ?$

Решение

Заметим, что



1) 2-3 - изохора $V = \text{const}$
 $p \downarrow \Rightarrow T \downarrow$
 $C_{23} = C_V = \frac{3}{2} R$

2) 3-1 - изобара $p = \text{const}$
 $V \downarrow \Rightarrow T \downarrow$
 $C_{31} = C_p = \frac{3+2}{2} R = \frac{5}{2} R$

3-4 - л-к
 $p_0 V_0 = p R T_0$

$\frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{3}{5}$ (или $\frac{C_{31}}{C_{23}} = \frac{5}{3}$)

2) $Q = \Delta U + A_2$ (I КТ)

$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$

пусть в соот 1 дадим p_0 , объем V_0
и гер V_0 и p_0
соот 2 $p = kp_0$ $V = kV_0$ (прямая пропор.)
($k \geq 1$)

$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} p R_0 T = \frac{3}{2} p R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} (kp_0 kV_0 - p_0 V_0) = \frac{3}{2} p_0 V_0 (k^2 - 1)$

$A_{12} = \frac{p_0 + kp_0}{2} \cdot (kV_0 - V_0) = \frac{1}{2} p_0 V_0 (k^2 - 1)$

$Q_{12} = 2 p_0 V_0 (k^2 - 1)$

$\frac{Q_{12}}{A_{12}} = \frac{2 p_0 V_0 (k^2 - 1)}{\frac{1}{2} p_0 V_0 (k^2 - 1)} = 4$

3) $\eta = \frac{A_{\Sigma}}{Q^*}$

1-2: $A_{12} = \frac{1}{2} p_0 V_0 (k^2 - 1)$

$\Delta U = \frac{3}{2} p_0 V_0 (k^2 - 1)$

$Q_{12} = 2 p_0 V_0 (k^2 - 1) > 0$

2-3:

$A_{23} = 0$

$T_2 > T_3$

$\Delta U_{23} < 0 \Rightarrow Q_{23} < 0$

3-1:

$A_{31} = -p_0 (kV_0 - V_0) = -p_0 V_0 (k - 1) < 0$

$T_3 > T_1 \Rightarrow \Delta U_{31} < 0$

$Q_{31} < 0$

$A_{\Sigma} = A_{12} + A_{31}$ $Q^* = Q_{12}$

$\eta = \frac{\frac{1}{2} p_0 V_0 (k^2 - 1) - p_0 V_0 (k - 1)}{2 p_0 V_0 (k^2 - 1)} = \frac{\frac{1}{2} (k-1)(k+1) - (k-1)}{2(k+1)(k-1)} = \frac{(k-1)(\frac{1}{2}k + \frac{1}{2} - 1)}{2(k+1)(k-1)} =$

$$= \frac{\frac{1}{2}(k-1)}{2(k+1)} = \frac{(k-1)}{4(k+1)} = \frac{1}{4} \left(\frac{k-1}{k+1} \right) = \frac{1}{4} \left(1 - \frac{2}{k+1} \right)$$

экстремальное значение $k: \eta' = 0$

$$\eta' = \frac{1 - 4(k+1) - (k-1) \cdot 4}{(4(k+1))^2} = 0 \Rightarrow 4(k+1) - 4(k-1) = 0$$

$$k+1 - k+1 = 0$$

нет такого

максимизируем $\frac{1}{4} \left(1 - \frac{2}{k+1} \right) \Rightarrow$ максим. $1 - \frac{2}{k+1} \Rightarrow$

$\Rightarrow$ минимизируем $\frac{2}{k+1}$ (положим $k \geq 1$)

$$\lim_{k \rightarrow \infty} \frac{2}{k+1} = 0$$

$$\lim_{k \rightarrow \infty} \eta = \frac{1}{4} (1 - 0) = \frac{1}{4} = 25\%$$

Ответ: 1) $\frac{3}{5}$ (или $\frac{5}{3}$)

2) 4

3) 0,25 (или 25%)

Задача 13

Дано

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

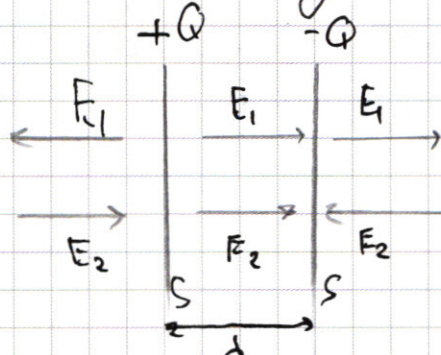
$$q > 0$$

$$U_1, d$$

1) T-?

2) U-?

3) V₀-?



пусть обкладки имеют заряд Q

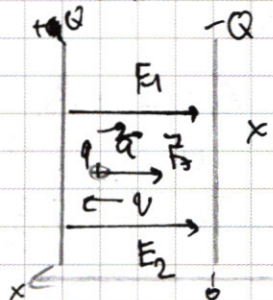
$$E_1 = \frac{Q}{2\epsilon_0 S}$$

$$E_2 = \frac{Q}{2\epsilon_0 S}$$

Если бы частица двигалась со стороны

платины, то в конденсаторе она бы не остановилась, а наоборот ускорилась $\Rightarrow$ она подлетает со стороны "-"

платины



$$\vec{F}_2 = m\vec{a} \text{ (II закон)}$$

$$x: m \cdot E_2 q = ma$$

$$a = E_2 q$$

$$V(t) = U_1 - at$$

$$x(t) = U_1 t - \frac{at^2}{2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

За время T

$$v(T) = 0$$

$$v_1 - aT = 0$$

$$v_1 = aT \Rightarrow T = \frac{v_1}{a}$$

$$x(t) = 0,8d = v_1 T - \frac{a T^2}{2}$$

$$v_1 T - 0,8d = \frac{v_1 T^2}{2T}$$

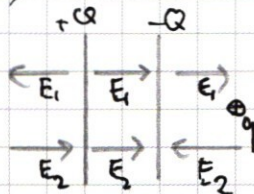
$$v_1 T = 1,6d \Rightarrow T = \frac{1,6d}{v_1}$$

2) $U = E_\varepsilon d$

$$E_\varepsilon = \frac{v_1}{T} = \frac{v_1^2}{1,6d}$$

$$U = \frac{v_1^2}{1,6d} \cdot d = \frac{v_1^2}{1,6}$$

3) Вне конденсатора



$$E_1 = E_2$$

$$E_1 = -E_2$$

$$\Rightarrow \vec{E}_{\text{вне}} = \vec{0}$$

$$F = qE_{\text{вне}} = 0$$

$$a = 0$$

Значит, на большом расстоянии

от конденсатора частица будет иметь скорость такую, как и на подлете

к пластине (v_1)

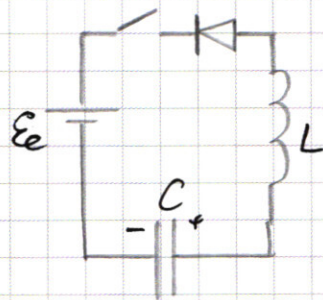
Ответ: 1) $T = \frac{1,6d}{v_1}$

2) $U = \frac{v_1^2}{1,6}$

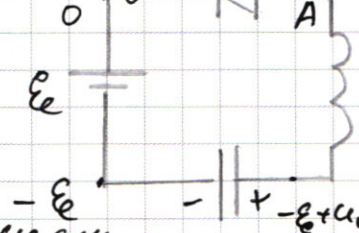
3) $v_0 = v_1$

Задача 14

Дано
 $C = 20 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$
 $U_1 = 6 \text{ В}$
 $E = 3 \text{ В}$
 $L = 0,2 \text{ Гн}$
 $U_0 = 1 \text{ В}$



сразу после K ↓



тогда на
 конденсаторе
 не
 меняется
 U
 $I = 0$

рассчитаем потенциалы

Еще до того, как мы нажмем на кнопку,
 мы видим, что диод открыт

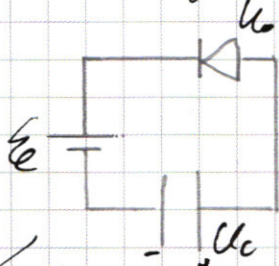
$$U_A = U_0$$

$$U_1 - E - U_0 = LI'$$

$$I' = \frac{U_1 - E - U_0}{L} = \frac{6 \text{ В} - 3 \text{ В} - 1 \text{ В}}{0,2 \text{ Гн}} = 10 \frac{\text{В}}{\text{Гн}}$$

$$2) I = I_{\text{max}} \Rightarrow LI' = 0$$

конденсатор - из проводника



$$U_c = U_0 + E$$

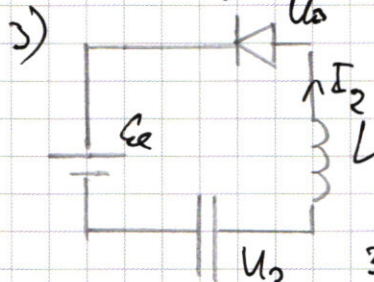
$$\text{ЗСЗ: } \frac{CU_1^2}{2} + E(CU_c - CU_1) = \frac{CU_c^2}{2} + \frac{LI^2}{2}$$

$$CU_1 \left(\frac{U_1}{2} - E \right) + E(CU_c - CU_1) = \frac{LI^2}{2}$$

$$CU_1 \left(\frac{U_1}{2} - E \right) + CU_c (E - \frac{U_c}{2}) = \frac{LI^2}{2}$$

$$\frac{LI^2}{2} = CU_c (E - \frac{U_c}{2}) \quad I = \sqrt{\frac{2C(U_0 + E)(E - U_0)}{L}} =$$

$$= \sqrt{\frac{20 \cdot 10^{-6} \text{ Ф} \cdot 4 \text{ В} \cdot 2 \text{ В}}{0,2 \text{ Гн}}} \approx 28 \text{ мА}$$



Режим установившегося, когда

диод закрывается из-за недостатка
 разности потенциалов на его концах

$$U_2 - E - U_0 = LI_2'$$

$$\text{ЗСЗ: } \frac{CU_2^2}{2} + E(CU_2 - CU_1) = \frac{CU_2^2}{2} + \frac{LI_2^2}{2}$$

$$0 + E(q_2) = \frac{q_2 \cdot q_2'}{2C} + \frac{L}{2} 2I_2 I_2'$$

$$U_2 - E - U_0 = E - U_2$$

$$2U_2 = 2E + U_0$$

$$U_2 = 3,5 \text{ В}$$

$$U_2 = \frac{q_2}{C}$$

$$CU_2 = q_2$$

$$q_2 = I_2$$

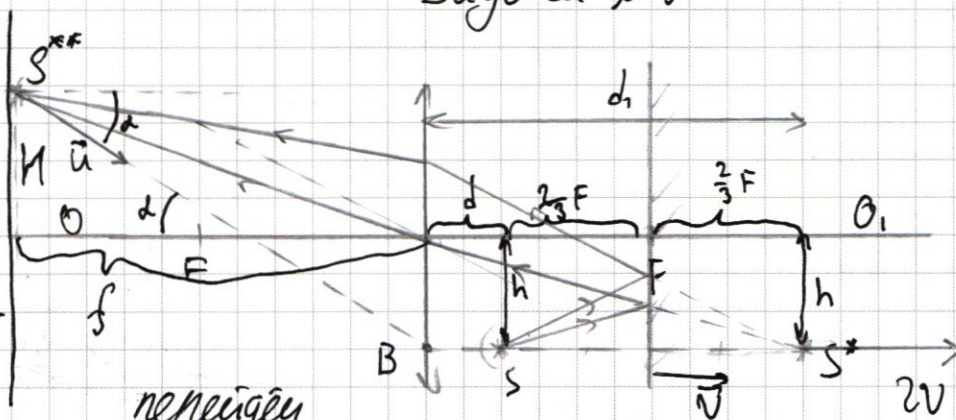
Ответ: $I' = 10 \frac{\text{В}}{\text{Гн}}$
 $I_{\text{м}} = 28 \text{ мА}$
 $U_2 = 3,5 \text{ В}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача № 5

Dann
 $h = \frac{8}{15} F$
 $d = \frac{F}{3}$

- 1) f - ?
- 2) L - ?
- 3) U - ?



переигр
В СС

В со зеркала
(черная ручка)

изображение предмета
симметрично предмету, отн.
к. зеркалу и движется
той же по модулю
скорости

Пирамиды в со змис (карандаш)

S^* будет двояться со скоростью $2V$ и изображение S^* наблюдатель будет видеть в миге

Записи ф.у. поименный листы (собор. листы, АИ, АП)

$$\frac{1}{d_1} + \frac{1}{f} = \frac{1}{d_2}$$

$$d_1 = d + 2(F-d) = \frac{F}{3} + 2 \cdot \frac{2}{3}F = \frac{5}{3}F$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{3}{5f} \quad f = \frac{5F}{2}$$

CO мизы совпадает с CO земли $\Rightarrow$ прямые, содержащие вектора шортей S^{**} и S^* пересекаются в одной точке на мизе (B) (прямые этих шортей ка CO, направлены в одну сторону)

также справедливо

$$\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{S}{d} = \frac{\frac{8}{3}F}{\frac{8}{3}F} = \frac{3}{2}$$

$$\Gamma^2 2V = U \cos \alpha$$

сигналы
предмета S

сигналы
его изображения (S*)

$$\lg \alpha = \frac{h+h}{f} = \frac{\frac{8}{15}F + \frac{3}{2} \cdot \frac{8}{15}F}{\frac{8}{3}F} = \frac{\frac{40}{30}F}{\frac{8}{3}F} = \frac{80}{150} = \frac{8}{15} \quad \alpha = \arctg\left(\frac{8}{15}\right)$$

$$\lg^2 \alpha + 1 = \frac{1}{\cos^2 \alpha} \quad \frac{289}{225} = \frac{1}{\cos^2 \alpha} \quad \cos \alpha = \frac{15}{17}$$

$$2V = \left(\frac{g}{4}\right) U \cdot \frac{15}{17} \quad U = 2V \cdot \frac{17 \cdot 4}{g \cdot 15} = \frac{136}{135} V = \frac{51}{10} V$$

Ответ: $f = \frac{5}{2} F$

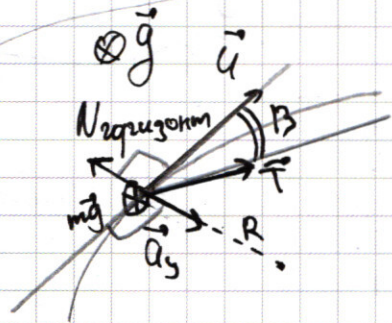
$$\alpha = \arctg\left(\frac{8}{15}\right)$$

$$U = \frac{136}{135} V = 5,1 V$$

Задача 11

подробнее

Решение



1) трое нерастворимых
прямых сил

мудры и колыба на него
должны быть равны

$$U \cos \alpha = U \cos \beta \quad U = \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} V = \frac{\frac{3}{5}}{\frac{8}{17}} \cdot 0,44 = 0,514$$

перейдем в со мудры

$$\gamma = 180 - \alpha - \beta \Rightarrow \omega = \alpha + \beta$$

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

$\Rightarrow$ по т. косинусов

$$U_{\text{омн}} = \sqrt{0,4^2 + 0,51^2 - 2 \cdot 0,4 \cdot 0,51 \cdot \left(-\frac{36}{85}\right)} \text{ м/с} \approx \sqrt{0,16 + 0,25 + 0,8 \cdot \frac{2}{5}} \text{ м/с} \approx 0,75 \text{ м/с}$$

3) посмотрим на колыбу вдоль касательной в точке K

$$\vec{F}_c = m \vec{a} \text{ (II зк)}$$

$$N = \frac{mg}{\cos \epsilon} \quad T - mg \lg \epsilon = m \frac{U^2}{R}$$

$$\lg \epsilon = \frac{T \cos(90 - \beta)}{mg}$$

Ответ:

- 1) $U = 0,51 \text{ м/с}$
- 2) $U_{\text{омн}} = 0,75 \text{ м/с}$
- 3) $T = 0,16 \text{ Н}$

Дано

$$V = 0,44 \text{ м/с}$$

$$m = 1 \text{ кг}$$

$$R = 1,7 \text{ м}$$

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

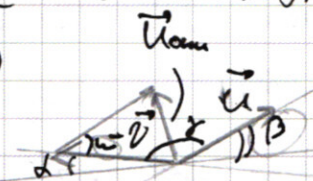
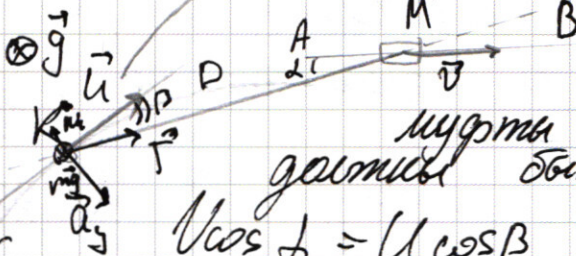
$$\cos \alpha = \frac{3}{5}$$

$$\cos \beta = \frac{8}{17}$$

$$1) U = ?$$

$$2) U_{\text{омн}} = ?$$

$$3) T = ?$$



$$= \frac{3}{5} \cdot \frac{8}{17} - \frac{4}{5} \cdot \frac{15}{17} = -\frac{36}{85}$$

$$U_{\text{омн}} = \sqrt{0,4^2 + 0,51^2 - 2 \cdot 0,4 \cdot 0,51 \cdot \left(-\frac{36}{85}\right)} \text{ м/с} \approx \sqrt{0,16 + 0,25 + 0,8 \cdot \frac{2}{5}} \text{ м/с} \approx 0,75 \text{ м/с}$$

3) посмотрим на колыбу вдоль касательной в точке K

$$\vec{F}_c = m \vec{a} \text{ (II зк)}$$

$$N = \frac{mg}{\cos \epsilon} \quad T - mg \lg \epsilon = m \frac{U^2}{R}$$

$$\lg \epsilon = \frac{T \cos(90 - \beta)}{mg}$$

Ответ:

- 1) $U = 0,51 \text{ м/с}$
- 2) $U_{\text{омн}} = 0,75 \text{ м/с}$
- 3) $T = 0,16 \text{ Н}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Handwritten student work on grid paper, featuring physics diagrams and calculations.

Top Left Diagram: A vector diagram showing a triangle with sides 1, 2, and 3. Below it, a coordinate system with axes labeled ρ and h . Values 0,16, 0,25, 0,1, 0,8 are written along the axes.

Top Right Calculations:

$$\begin{array}{r} 3,12 \\ 8 \overline{) 4040} \\ \underline{24} \\ 164 \\ \underline{160} \\ 40 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 51 \\ 320 \overline{) 159} \\ \underline{96} \\ 63 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 510 \overline{) 159} \\ \underline{510} \\ 0 \end{array}$$

Middle Left Diagram: A diagram of a particle on an inclined plane. Forces shown include tension T , normal force N , and gravity mg . Angles 30° and 60° are indicated. Calculations include $24-60$, 36 , 51 , 3 , 17 , 51 , 5 , 8 .

Middle Right Calculations:

$$\begin{array}{r} 0,78 \\ 546 \overline{) 6084} \\ \underline{3276} \\ 2808 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0,78 \\ 546 \overline{) 6084} \\ \underline{3276} \\ 2808 \end{array}$$

Bottom Left Diagram: A diagram of a particle in a magnetic field. Forces shown include tension T , normal force N , and gravity mg . Angles 30° and 60° are indicated. Calculations include $24-60$, 36 , 51 , 3 , 17 , 51 , 5 , 8 .

Bottom Right Calculations:

$$\begin{array}{r} 0,78 \\ 546 \overline{) 6084} \\ \underline{3276} \\ 2808 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0,78 \\ 546 \overline{) 6084} \\ \underline{3276} \\ 2808 \end{array}$$

Bottom Center Calculations:

$$\begin{array}{r} 0,78 \\ 546 \overline{) 6084} \\ \underline{3276} \\ 2808 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0,78 \\ 546 \overline{) 6084} \\ \underline{3276} \\ 2808 \end{array}$$



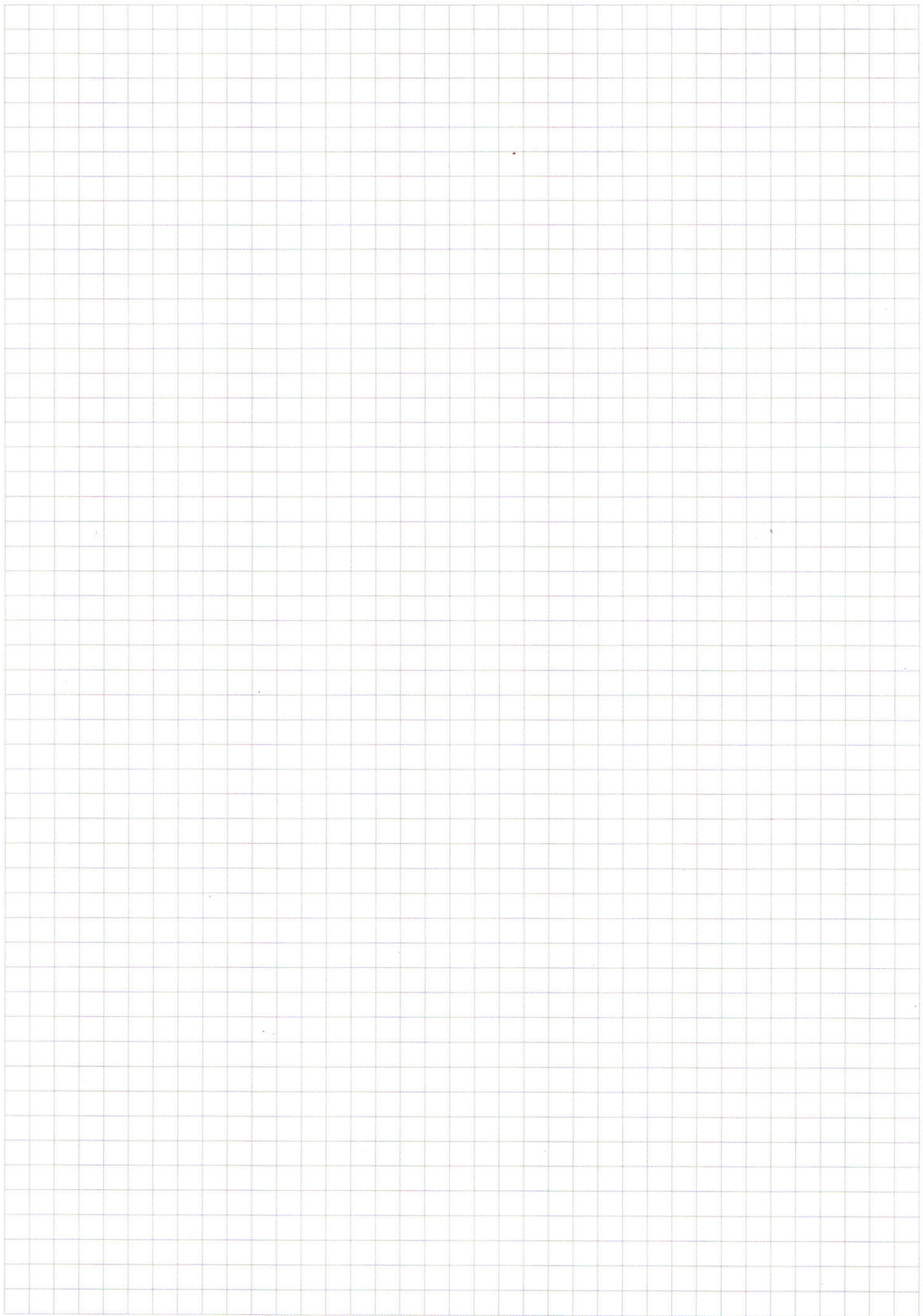
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)