

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

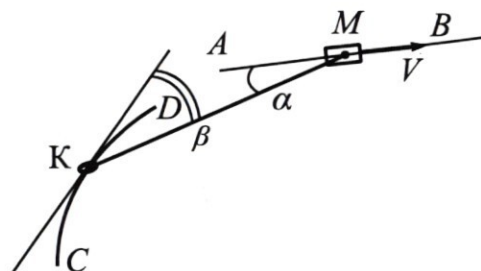
Класс 11

Вариант 11-01

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

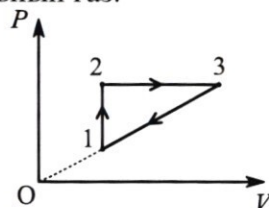
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 68$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/3$. Система находится в одной горизонтальной 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.



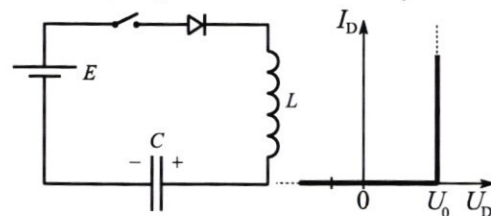
3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки площадью S , расстояние между обкладками d ($d \ll \sqrt{S}$). Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,25d$ от положительно заряженной обкладки, стартует с нулевой начальной скоростью положительно заряженная частица 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.

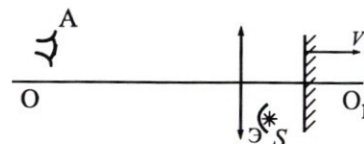
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 9$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 5$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$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

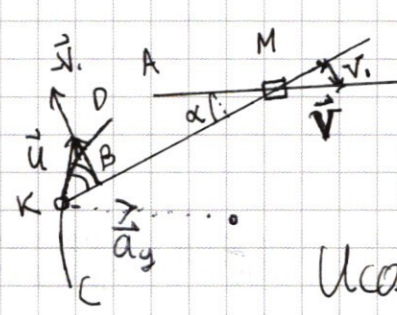


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник 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.  так как нить нерастянима по условию, если пренебречь растяжимостью нити, то скорости т.м вдоль нити равны U - скорость кольца.

$$U \cos \beta = V \omega \sin \alpha \text{ тогда } U = \frac{V \omega \sin \alpha}{\cos \beta}$$

$$U = \frac{68 \frac{\text{см}}{\text{с}} \cdot 15 \cdot 5}{17 \cdot 4} = 75 \frac{\text{см}}{\text{с}} \quad 1.1 \text{ Ответ: } 75 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

2) т.к. тела соединены нитью, то двигаться они могут только вращаясь вокруг центра нити, в таком случае их скорости будут перпендикулярны нити.

Закона сложения скоростей: $\vec{V}_{\text{абс}} = \vec{V}_{\text{отн}} + \vec{V}_{\text{пер}}$

$$\vec{V}_{\text{отн}} = \vec{V}_{\text{абс}} - \vec{V}_{\text{пер}}; \quad \vec{V}_{\text{абс}} = U \sin \beta; \quad V_{\text{пер}} = V \sin \alpha$$

$$\sin \beta = \sqrt{1 - \cos^2 \beta} = \frac{3}{5} = \sqrt{1 - \frac{16}{25}} = \sqrt{\frac{9}{25}} = \frac{3}{5}; \quad \sin \alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} = \sqrt{1 - \frac{225}{289}} = \frac{8}{17}$$

$$\vec{V}_1 = \vec{V} \sin \alpha - \text{скорость муфты, перпенд. нити}$$

$$U_1 = U \sin \beta - \text{ск. кольца, перпенд. нити}$$

$$\vec{V}_{\text{абс}} = \vec{V} \sin \alpha + U \sin \beta = \vec{V}_1 + U_1 = 68 \cdot \frac{8}{17} + 75 \cdot \frac{3}{5} = 32 + 45 = 77 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

На кол

1.2 Ответ: $77 \frac{\text{см}}{\text{с}}$

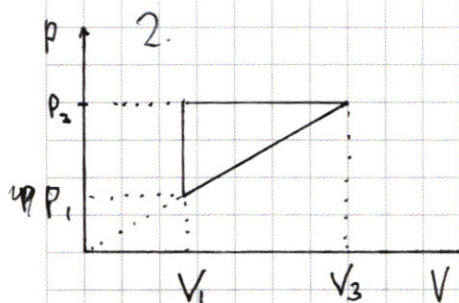
Ускорение кольца складывается из a центростр. и a кас ($a_{\text{ц}} \text{ и } a_{\text{к}}$)

$$a_{\text{г}} = \frac{mU^2}{2}, \quad a_{\text{к}} = \frac{T}{m} - \text{силы натяжения нити}$$

$$a = \sqrt{a_{\text{г}}^2 + a_{\text{к}}^2}$$

повторяем закон Ньютона $F = ma$

$$T = ma = m \sqrt{\frac{mU^2}{2} + a_{\text{к}}^2} \quad \text{Ответ: } T = m \sqrt{\frac{mU^2}{2} + a_{\text{к}}^2}$$



1) Закон Менделеева - Клапейрона:

$$PV = \nu R T, \text{ если } T = \text{const} \text{ то } PV = \text{const}$$

$PV \uparrow$ из-за того, что $T \uparrow$ на участках 1-2 и 2-3.

Процесс 1-2: $V = \text{const}$, изохорный

1й закон термодинамики

$$Q = \Delta U + A$$

$$V = \text{const}, A = P \Delta V = 0, Q_{12} = \Delta U = \frac{i}{2} \nu R \Delta T = \nu C_{12} \Delta T \text{ где } C_{12} \text{ молярная теплоемкость}$$

$$C_{12} = \frac{\frac{i}{2} \nu R \Delta T}{\nu \Delta T} = \frac{i}{2} R = \frac{3 \cdot 8,31}{2} = 12,46 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

процесс 2-3: $P = \text{const}$

$$PV = \nu R \Delta T$$

$$Q = \Delta U + A, A = P_2 \Delta V = P_2 (V_3 - V_1) \text{ т.к. } P = \text{const } P \Delta V = \nu R \Delta T$$

$$A = P \Delta V = \nu R \Delta T_{23}, Q = \frac{i}{2} \nu R \Delta T_{23} + \nu R \Delta T_{23} = \frac{i+2}{2} \nu R \Delta T_{23}$$

$$= C_{23} \nu \Delta T_{23}, C_{23} = \frac{\frac{i+2}{2} \nu R \Delta T_{23}}{\nu \Delta T_{23}} = \frac{i+2}{2} R = \frac{5}{2} \cdot 8,31 = 20,77 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

κ - отношение молярных теплоемкостей для 1-2 и 2-3

$$\kappa = \frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{\frac{i}{2} R}{\frac{i+2}{2} R} = \frac{3}{5} = 0,6 \quad (2.1) \text{ Ответ: } 0,6$$

$$2) A_{123} = P \Delta V_{23} = \nu R \Delta T_{23}, Q = \frac{i+2}{2} \nu R \Delta T_{23}$$

η - отношение работы к-ва теплоты, подведенной к работе газа

$$\eta = \frac{Q}{A_2} = \frac{(i+2) \nu R \Delta T_{23}}{2 \nu R \Delta T_{23}} = \frac{i+2}{2} = \frac{3+2}{2} = \frac{5}{2} = 2,5 \quad (2.2) \text{ Ответ: } 2,5$$

$$3) \text{ цикл } \varphi = \kappa \Pi_A = \frac{Q_H - Q_X}{Q_H} = 1 - \frac{Q_X}{Q_H} \text{ раз отдают теплоту в нп 3-1 и нп. в нп 2-3}$$

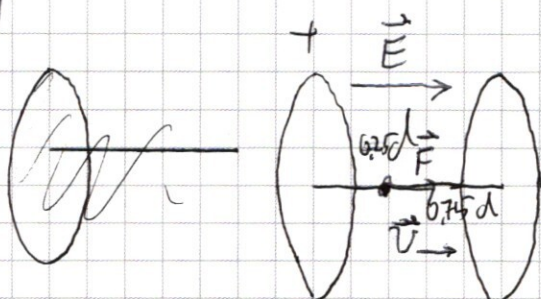
$$Q = \Delta U + A, Q_X = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_1) + \nu R (T_3 - T_1) = \frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_1)$$

$$Q_H = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) + \frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_2) = \frac{\nu R}{2} (5T_3 - 3T_1 - 2T_2)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$2.3 \quad \eta = 1 - \frac{5 \lambda R (T_3 - T_1) \lambda}{2 \lambda R (5 T_3 - 3 T_1 - 2 T_2)} = \frac{5 T_3 - 5 T_1}{5 T_3 - 3 T_1 - 2 T_2}$$

3.1



п.к. частица заряжена +, то она
будет дв-ся в сторону отр. зар.
обкладки, l - путь до выскоз
 $= 7d - 0,25d = 0,75d$

На частицу будет действовать
эл. поле E

по законам кинематики равноск.
дв-я

$$l (\text{расстояние, пр. за } t) = v_0 t + \frac{a t^2}{2}$$

$$v_0 = 0$$

$$l = \frac{a t^2}{2} \quad a = \frac{2l}{t^2} = \frac{2 \cdot 0,75d}{t^2} \quad (2)$$

$$\text{поиск } v_k^2 = 2 a l$$

$$v_k^2 = 2 \frac{2l}{t^2} l = \frac{4l^2}{t^2}$$

$$v_k = \frac{2l}{t} = \frac{2 \cdot 0,75d}{t} = 1,5 \frac{d}{t}$$

$$\text{Ответ: } 1,5 \frac{d}{t}$$

3.2
На частицу действует эл. поле (см. а)

$F = E q$, по ВГ. Зак. Ньютона $\vec{F} = m \vec{a}$

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} = \frac{E q}{m} \quad (1) \quad \text{емкость конденсатора } C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}, \quad \epsilon = 1, \quad \epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}, \quad E = \text{эл. пол.}$$

$$E = \frac{U}{d} \quad q = CU = \epsilon \frac{\epsilon_0 S}{d} \cdot E d = \epsilon \epsilon_0 S$$

$$U = E d$$

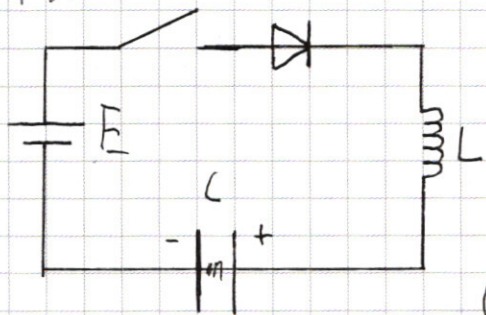
$$E = \frac{a m}{q} \text{ из (1) } (2)$$

$$E = \frac{1,5 d}{T^2 \gamma} \text{ из (2)}$$

$$q = \frac{1,5 d \epsilon S}{T^2 \gamma}$$

$$\text{Ответ: заряд конденсатора } q = \frac{1,5 d \epsilon S}{T^2 \gamma}$$

4.1



Из ВАХ диода следует, что после отпирания его на падение напряжения на нем всегда будет равно $U_0 = 1\text{ В}$ тогда после замыкания напряжение на катушке $U_L = E - U_0 - U_C = 3\text{ В}$
 U_C - напряг конденсатора в нач. момент

по закону Кирхгофа для напряжений

$$E - U_0 = U_C + U_L = \text{const}; \quad U_L = \text{напр-е самоинд. катушки}$$

$$U_L = L I' \quad U_C = \frac{q}{C} = \frac{I t}{C} \quad U_C + U_L = E - U_0 = L I' + \frac{I t}{C} \quad (1)$$

В момент, включения $t \rightarrow 0$, U_C не изменяется

$$\text{тогда } U_L = E - U_C - U_0 = L I' \quad I' = \frac{E - U_C - U_0}{L}$$

$$I' = \frac{9 - 5 - 1\text{ В}}{0,1\text{ Гн}} = \frac{3\text{ В}}{0,1\text{ Гн}} = 30 \frac{\text{А}}{\text{с}} \quad (4.1) \text{ Ответ: } 30 \frac{\text{А}}{\text{с}}$$

2) рассмотрим дифференц. уравнение (1)

$$\frac{I t}{C} = E - U_0 - L I'$$

по дифференц. по t

$$\frac{I}{C} = -L I''$$

решая это уравнение можно получить значение I_{max}

3) т.к. конденсатор не пропустит постоянный ток то через некоторое время после замыкания $I_C = 0$
 $I'_C = 0$

$$\text{тогда } U_2 = E - U_0 = 8\text{ В}$$

(4.3) Ответ: 8 В

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

5

В) найдем, где будет
построено изображение
в этой точке
для этого найдем
точку пер-я луча,
прошедшего через линзу
и линзу (1 центр)
и луча, параллельного
в линзу из фокуса B.
по закону отражения
угол падения равен
углу отражения
тогда $\angle SBD = \angle DBD$,
 $\tan \angle SBD = \frac{SS_1}{BS_1} = \tan \angle DBD =$
 $= \frac{DD_1}{BD_1} \Rightarrow BD_1 = \frac{6}{4} F = 1.5F$

$\angle XCD = \angle CAB$ т.к. $DC \parallel AB$
 $\angle CAB = \angle SAS_1$
 $\tan \angle SAS_1 = \frac{SS_1}{AS_1}$
из подобия $\triangle SAS_1, S_2S_3A$ (BA
следует что $AS_1 = \frac{1}{3} BS_1 = \frac{F}{4}$
 $\frac{XD}{DC}$
 $\tan \angle XCD = \frac{XD}{DC} = \frac{SS_1}{AS_1} = \frac{XD}{DC}$
 $XD = \text{расстояние до изобр.}$
 источника
 $XD = (AB + BD_1) \cdot \tan \angle SAS_1 = \frac{2 \cdot 3F}{3 \cdot 4} \cdot \left(\frac{F}{2} \cdot \frac{4}{F} \right) = \frac{2 \cdot 2 \cdot 3F}{3 \cdot 4}$
 $= \left(\frac{6}{4} F + \frac{3 \cdot 3}{2 \cdot 4} F \right) \cdot \left(\frac{F}{2} \cdot \frac{4}{F} \right) = 1$
($DC = BD_1$)
 $XD = DC \cdot \tan \angle SAS_1 = BD_1 \cdot \frac{SS_1}{AS_1} = 1.5F \cdot \left(\frac{F}{2} \cdot \frac{4}{F} \right) = 3F$

5.7) Ответ: $3F$

3.3 после выхода из конденсатора на частицу
будет действовать сила кулона со стороны 2х обкладок
конденсатора. На расстоянии l :

$$F_{(l)} = k \frac{q_1 q_2}{l^2} + k \frac{q_1 q_2}{(l+d)^2}$$

т.е. сила будет направлена
~~на~~ против q_2 -я частицы
и будет уменьшаться по мере удаления
ч-цы от конденсатора

$$F_{(l)} = k q_1 q_2 \left(\frac{1}{l^2} + \frac{1}{(l+d)^2} \right)$$

Закон сохранения энергии

$$\frac{m v_k^2}{2} = \frac{m v_\infty^2}{2} + F_{(l)} \cdot l$$

где v_∞ - скорость частицы на
бесконечном удалении,

$$F_{(l)} l = \int_0^l F_{(l)} dl = \text{работа}$$

сил кулона по теореме К.Ч.К.

$$v_\infty^2 = \frac{m v_k^2 - 2 \int_0^l F_{(l)} dl}{m}$$

$$\text{Ответ: } v_\infty = \sqrt{\frac{m v_k^2 - 2 \int_0^l F_{(l)} dl}{m}}$$



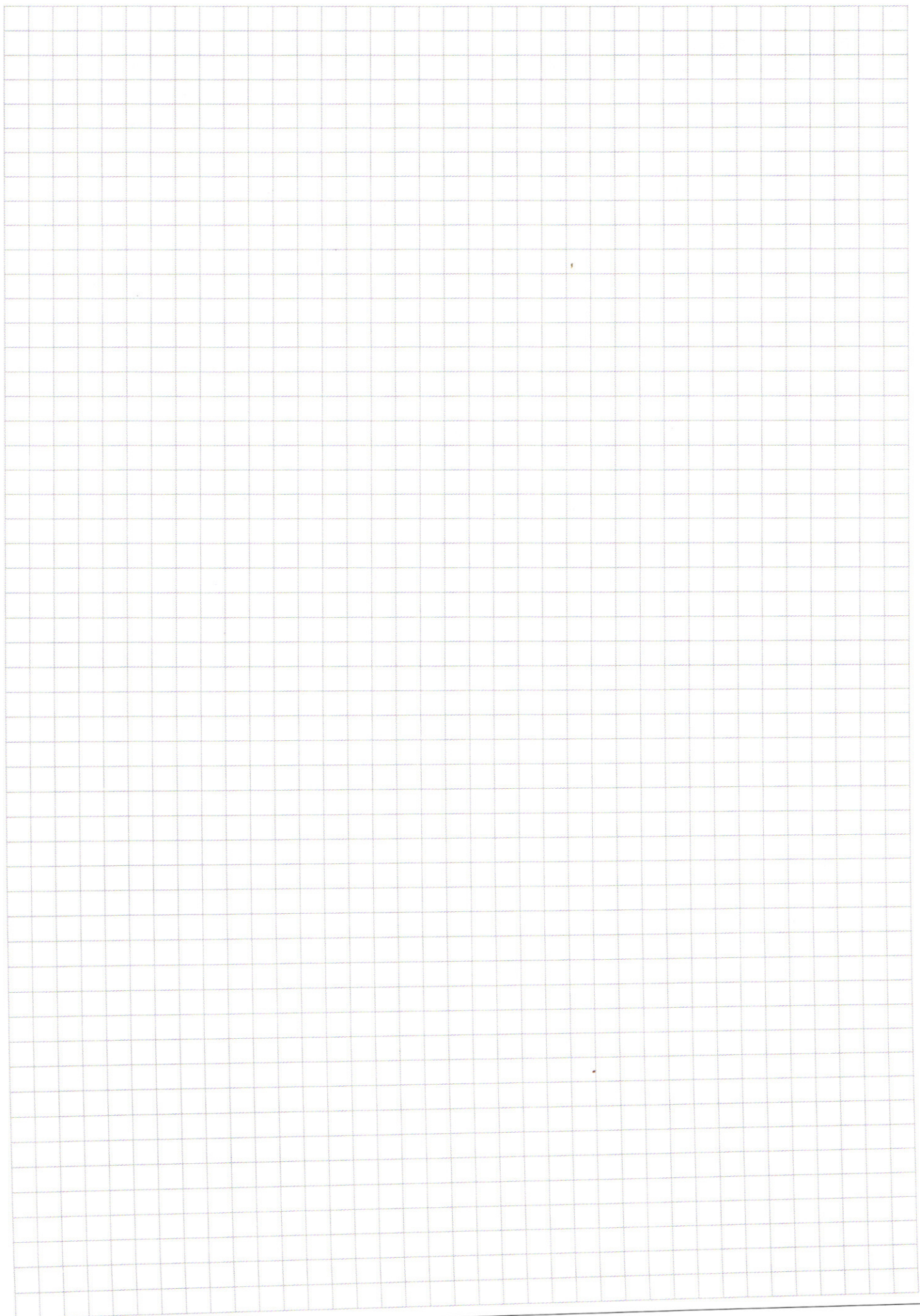
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$u \cos \beta = v \cos \alpha$
 $u = \frac{v \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{68 \cdot 15.5}{17.4} = 15 \text{ м/с}$

$\vec{v} = \vec{v}_a + \vec{v}_{\text{пер}}$
 $T = \frac{PV}{DR}$

$\vec{v}_{\text{аэ}} = \vec{v}_{\text{омк}} + \vec{v}_{\text{пер}}$
 $\vec{v}_{\text{омк}} = \vec{v}_{\text{аэ}} - \vec{v}_{\text{пер}}$

$1 - \frac{16}{25} = \sqrt{\frac{9}{25}} = \frac{3}{5}$
 $\Delta i_{\text{аэ}} = \sqrt{1 - \frac{225}{289}}$
 $\Delta i_{\text{аэ}} = \sqrt{\frac{64}{289}} = \frac{8}{17}$

$1-2 \quad V = \text{const} \quad A = 0$
 $Q = \Delta U + A$
 $Q_{12} = \Delta U$
 $Q_{31} = L$

$PV = DR T$
 $\eta = \frac{Q_H - Q_X}{Q_H} = \frac{Q_{12} + Q_{23} - Q_{31}}{Q_{12} + Q_{23}}$
 $\eta = 1 - \frac{Q_X}{Q_H} \quad Q_{31} = \frac{3}{2}(P_2 V_2 - P_1 V_1) - \frac{5}{2}DR(T_3 - T_1)$

$Q = \Delta U + A$
 $Q_X = \Delta U + A' = \frac{3}{2}DR(T_3 - T_1) + \frac{5}{2}DR(T_3 - T_1)$
 $Q_H = \frac{3}{2}DR(T_2 - T_1) + \frac{5}{2}DR(T_3 - T_2)$
 $Q_H = \frac{3}{2}DR \left(3T_2 - 3T_1 + 5T_3 - 5T_2 \right) = \frac{3}{2}DR (5T_3 - 3T_1 - 2T_2)$

0,75
2
56

$$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} = \frac{\epsilon_0 S}{d}$$

$$\frac{q}{m} = \gamma \quad q_A l = 0,75d$$

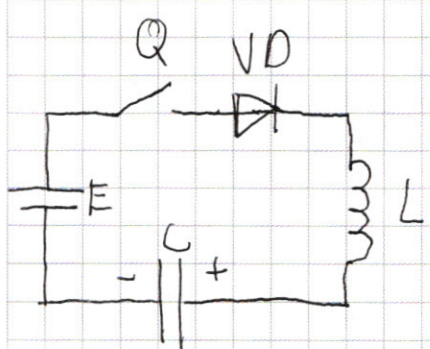
$$F = \frac{E q}{m}, \quad a = \gamma^2 = 2al = 2 \frac{E q}{m} l$$

$$l = \frac{at^2}{2}, \quad d = \frac{2l}{t^2} \quad E = \frac{U}{d} = \epsilon S$$

$$t^2 \cdot \gamma = U = \frac{\epsilon S}{d} \quad q = W = CEd = \frac{\epsilon S}{d} d = \epsilon S$$

$$\frac{\epsilon S}{d} \cdot E d = \epsilon S E$$

$$q_1 = \epsilon S = \frac{1,5d \epsilon S}{T^2 \gamma}$$



$$R = \quad \epsilon = L \frac{\Delta I}{\Delta t} \quad E + U_C = E - U_0 = \text{const}$$

$$q = W \quad U = \frac{q}{C} = \frac{I t}{C} \quad d(t) \quad L \frac{dI}{dt} + \frac{I}{C}$$

$$U' = \frac{I}{C} \quad L I'' + \frac{I}{C} = 0 \quad L I =$$

$$\frac{I \Delta t}{C} = U_A - \frac{L \Delta I}{\Delta t} \quad 9-5-1 = \frac{3B}{0,1T_H} = 30 \frac{A}{C}$$

