

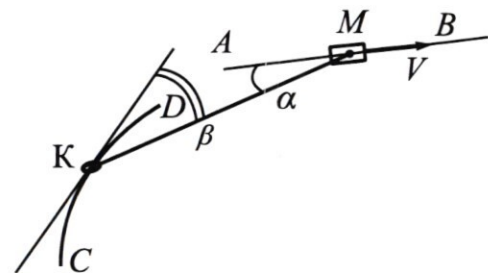
Олимпиада «Физтех» по физике, (

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.



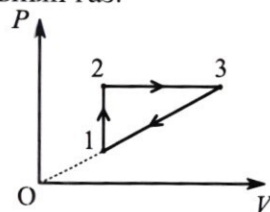
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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.

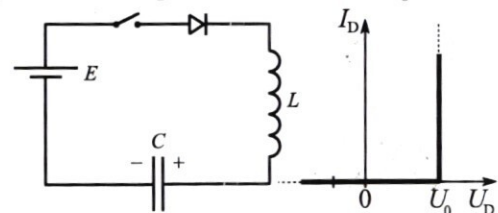
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 9$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 5$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$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

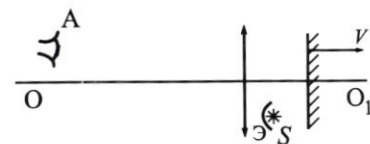


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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

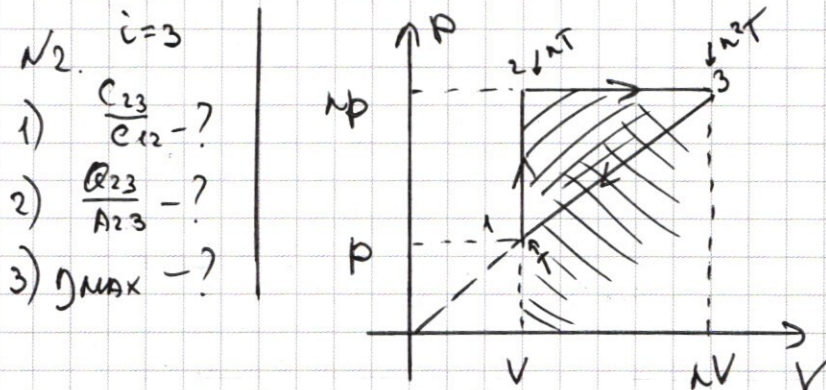
1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?

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) Пусть объём ~~увеличился~~ в процессе 3-1 ~~уменьшился~~ в n раз, тогда p тоже ~~уменьшился~~ в n раз (прямая пропорциональность)

2) Пусть в процессе 1 температура T , тогда по закону Менделеева-Клапейрона: $pV = \nu RT$ $\rightarrow \frac{T_2}{T} = n \rightarrow T_2 = nT$, также по закону Менделеева-Клапейрона: $npV = \nu RT_2$

3) из найденных температур видно, что температура ~~повысилась~~ в процессе 1-2 и в процессе 2-3. $npnV = \nu RT_3 \rightarrow T_3 = n^2T$

4) $Q_{23} = A_{23} + \Delta U_{23}$; $A_{23} = + S_{p2} = np \cdot nV(n-1)$

$\Delta U_{23} = U_3 - U_2 = \frac{3}{2} \nu R n^2 T - \frac{3}{2} \nu R n T = \frac{3}{2} n^2 pV - \frac{3}{2} npV = \frac{3}{2} pV n(n-1) \rightarrow$
 $\rightarrow Q_{23} = A_{23} + \Delta U_{23} = npV(n-1) + \frac{3}{2} npV(n-1) = \frac{5}{2} npV(n-1) \rightarrow$

$\rightarrow \frac{Q_{23}}{A_{23}} = \frac{\frac{5}{2} npV(n-1)}{npV(n-1)} = \frac{5}{2}$

5) $Q_{23} = c_{23} \cdot \Delta T \rightarrow c_{23} = \frac{Q_{23}}{\Delta T \cdot \nu} = \frac{\frac{5}{2} \nu R n T}{\nu \Delta T} = \frac{5}{2} R$

6) $Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12}$; $A_{12} = 0 \rightarrow Q_{12} = \Delta U_{12}$; $\Delta U_{12} = U_2 - U_1 = \frac{3}{2} \nu R T_2 - \frac{3}{2} \nu R T$
 $= \frac{3}{2} npV - \frac{3}{2} pV = \frac{3}{2} pV(n-1)$

$c_{12} = \frac{Q_{12}}{\Delta T \cdot \nu} = \frac{\frac{3}{2} \nu R n T}{\nu \Delta T} = \frac{3}{2} R$

а) $\frac{c_{23}}{c_{12}} = \frac{\frac{5}{2} R}{\frac{3}{2} R} = \frac{5}{3}$

б) $\eta = \frac{A_{\Sigma}}{Q_{\text{подачи}}}$; $A_{\Sigma} = + S_{p2} = \frac{1}{2} p(n-1) \cdot V(n-1)$; $Q_{\text{подачи}} = Q_{12} + Q_{23}$

$\eta_{\max} = \frac{\frac{1}{2} pV(n-1)^2}{\frac{3}{2} pV(n-1) + \frac{5}{2} pV(n-1)} = \frac{\frac{1}{2} (n-1)^2}{\frac{3}{2} (n-1) + \frac{5}{2} (n-1)} =$
 $= \frac{n-1}{3+5n} = \frac{3+5n-4n-4}{3+5n} = 1 - \frac{4(n+1)}{3+5n}$ Рассматриваем функцию

$y = 1 - \frac{4(n+1)}{5n+3}$; для того, чтобы эта функция стремилась к максимуму, нужно, чтобы правая часть стремилась к минимуму $\frac{4(n+1)}{5n+3} \rightarrow \min$ $n \neq 1$; Попробуем $n=2$; тогда $\frac{4 \cdot 3}{12} = \frac{12}{12}$; Попробуем $n=3$; $\frac{4 \cdot 5}{20}$

Рассмотрим предельные функции $\frac{134}{204} \downarrow \frac{120}{204} \rightarrow$ эта функция является

Dembar: 1) $\frac{5}{3}$; 2) $\frac{5}{2}$; 3) 20%

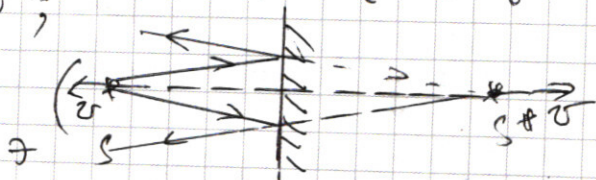
1) $f - ?$

3) б-! 1) Рассеяние волн, когда луч проходит от источника (F) и отражается от зеркала:

S^* - минимальная изотермическая S для заданной реакции рассчитывается от изотермической S заданная реакция так и от произведения S заданная: F_2 .

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}; \quad \left(f = \frac{Fd}{d-f} = \frac{\frac{3F}{2} \cdot F}{\frac{1}{2}F} = 3F \right)$$

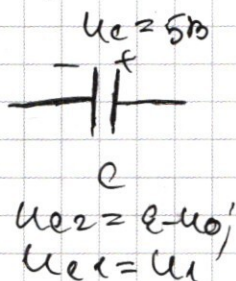
4) Корости предмета и изображения действительного перевернутого в одну точку на мнеше.



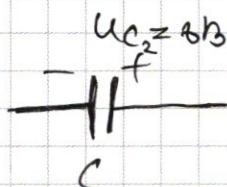
с Озерками, Берёзовым в 10 зелёных: 5^я группа

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3) было:



стало:



4) ЗСЭ:

$$\Delta W = \Delta W' = W_2 - W_1,$$

$$W_2 = \frac{C U_{\max}^2}{2} + \frac{C U_{c2}^2}{2}, \quad W_1 = \frac{C U_{c1}^2}{2},$$

$$\Delta W = \epsilon \Delta Q, \quad \Delta Q = (\epsilon - U_0 - U_1) \epsilon,$$

$$\epsilon \cdot \epsilon (\epsilon - U_0 - U_1) = \frac{C U_{\max}^2}{2} + \frac{C U_{c2}^2}{2} - \frac{C U_{c1}^2}{2},$$

$$2 \epsilon C (\epsilon - U_0 - U_1) = C U_{\max}^2 + C U_{c2}^2 - C U_{c1}^2,$$

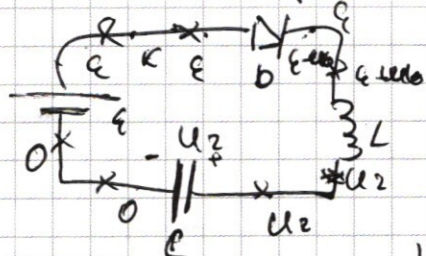
$$2 \epsilon C (\epsilon - U_0 - U_1) = C U_{\max}^2 + C (\epsilon - U_0)^2 - C U_{c1}^2,$$

$$U_{\max} = \sqrt{\frac{2 \epsilon C (\epsilon - U_0 - U_1) + C U_{c1}^2 - C (\epsilon - U_0)^2}{C}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 9 \cdot C \cdot 0 + C \cdot 25 - C \cdot 64}{C}} =$$

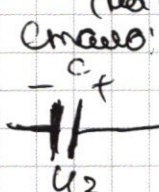
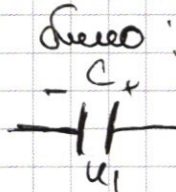
$$= \sqrt{\frac{81C + 25C - 64C}{C}} = \sqrt{\frac{42C - 64C}{C}} = \sqrt{\frac{15C}{C}} = \sqrt{15} = \sqrt{15 \cdot 40 \cdot 10^{-6}} = \sqrt{\frac{15 \cdot 40 \cdot 10^{-6}}{0.1}} = \sqrt{\frac{15 \cdot 4 \cdot 10 \cdot 10^{-6}}{10^{-1}}} =$$

$$= \sqrt{15 \cdot 4 \cdot 10^2 \cdot 10^{-6}} = \sqrt{60 \cdot 10^{-4}} = 2 \cdot 10^{-2} \sqrt{15} \text{ (A)} = 0.02 \sqrt{15} \text{ (A)}$$

3) В установившемся состоянии ток через конденсатор не течёт; $U_c = 0$; тогда ток, протекающий через него, равен нулю. На его обкладках напряжение U_0 (на правой обкладке) должно быть равно U_1 .



метод потенциалов



было: стало: Допустим $U_2 = 0$, тогда по ЗСЭ:

$$\Delta W = \Delta W' = W_2 - W_1,$$

$$\Delta W = \epsilon C (U_2 - U_1); \quad W_2 = \frac{C U_2^2}{2}, \quad W_1 = \frac{C U_1^2}{2},$$

$$\epsilon C (U_2 - U_1) = \frac{C U_2^2}{2} - \frac{C U_1^2}{2},$$

$$2 \epsilon (U_2 - U_1) = U_2^2 - U_1^2$$

$$\text{или } 2 \epsilon (U_2 - U_1) = U_2^2 - U_1^2,$$

$$18(U_2 - 5) = U_2^2 - 25,$$

$$18U_2 - 90 = U_2^2 - 25,$$

$$U_2^2 - 18U_2 + 65 = 0$$

$$A=1, \quad B=-18, \quad C=65$$

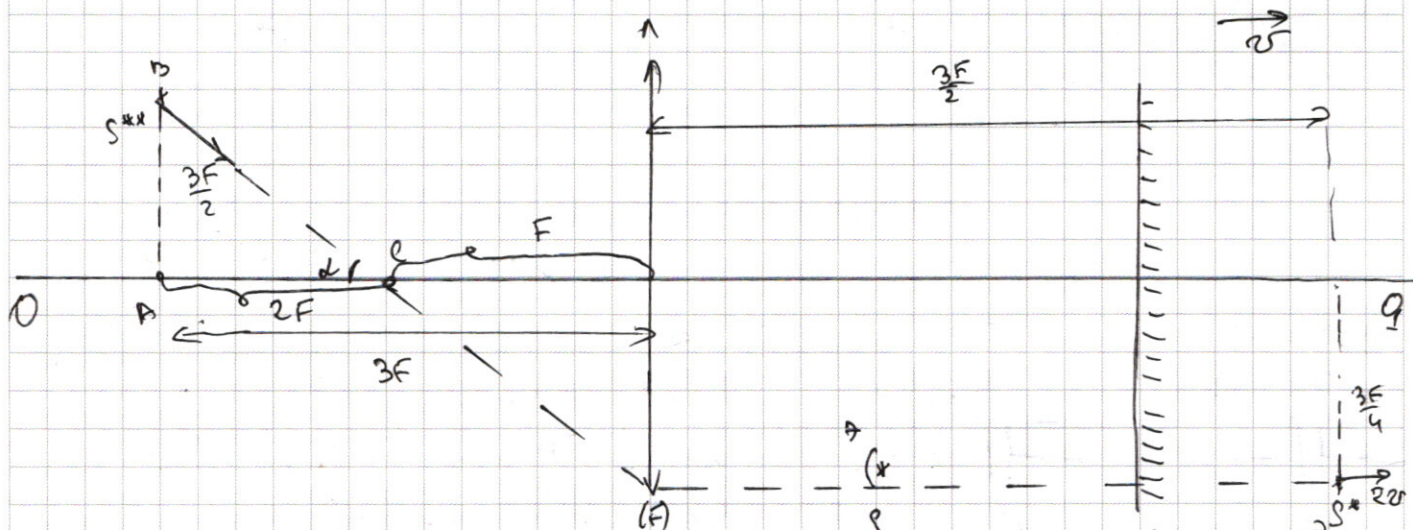
$$D=B^2-4AC=324-4 \cdot 1 \cdot 65=324-260=64 > 0,$$

$$U_{1,2} = \frac{-B \pm \sqrt{D}}{2A} = \frac{18 \pm 8}{2} = 13 \text{ или } 5.$$

$$U_1 = 5 \text{ В, } U_2 = 13 \text{ В}$$

$$\text{Ответ: 1) } 40 \frac{\text{А}}{\text{с}}; 2) 0.02 \sqrt{15} \text{ А}; 3) 13 \text{ В}.$$

Примечание: ток не течёт, так как напряжение не меняется. U_2 - не напряжение, так как конденсатор заряжен от $U_1 = 5 \text{ В}$, даётся заряд U_1 на его обкладках, так как в момент времени $t=0$ конденсатор не заряжен, а напряжение U_1 даётся от источника.



5) Из треугольника: $\triangle ABC: \angle BAC = 90^\circ$; $AB = \frac{3F}{2}$; $AC = \frac{F}{2}$

$$\tan \alpha = \frac{AB}{AC} = \frac{\frac{3F}{2}}{\frac{F}{2}} = \frac{3F}{F} = 3$$

6) $U_x = 28 \cdot 10^2 = 28 \cdot 4 = 82$

7) $\tan^2 \alpha + 1 = \frac{1}{\cos^2 \alpha}$; $\cos^2 \alpha = \frac{1}{\tan^2 \alpha + 1}$; $\cos \alpha = \sqrt{\frac{1}{\tan^2 \alpha + 1}} = \sqrt{\frac{1}{9 + 1}} = \sqrt{\frac{1}{10}} = \frac{1}{\sqrt{10}}$

8) Из треугольника $U \cos \alpha = U_x \rightarrow U = \frac{U_x}{\cos \alpha} = \frac{82}{\frac{1}{\sqrt{10}}} = 82 \cdot \sqrt{10} = 100$

Ответ: 1) $I = 3F$; 2) $\tan \alpha = \frac{3}{4}$; 3) $U = 100$.

№4.

$E = 90$

$R = 10 \text{ Ом}$

$U_1 = 5 \text{ В}$

$L = 0,1 \text{ Гн}$

$U_0 = 10$

1) U_1 ?

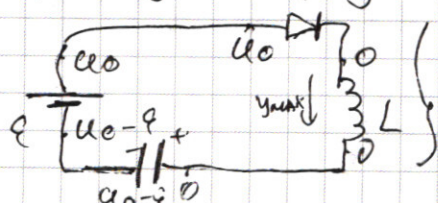
2) U_{max} ?

3) U_2 ?

1) Рассмотрим схему сразу после замыкания ключа K: ток на катушке и напряжение на конденсаторе сразу не изменяется $\rightarrow U_L = 0$; $U_C = U_1 = 5 \text{ В}$ все приборы показывали после замыкания, значит скорость возрастания тока сразу после замыкания ключа K можно посчитать по закону Ленца

из приборов. Возросшее ЭДС на катушке: $U_L = L \cdot U_1' \rightarrow U_L' = \frac{U_L}{L}$; $U_L = \frac{U_L}{L} = \frac{E - U_0 - U_1}{L} = \frac{90 - 10 - 5}{0,1} = \frac{75}{0,1} = 750$

2) Максимальный ток после замыкания ключа будет и максимальное напряжение, которое пройдет через катушку, т.е. U_{max} , но $U_L = 0$; U_C в момент максимального тока равен $0 - (U_0 - E) = E - U_0 = 80 \text{ В}$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3. S.

$d; (d \ll \sqrt{s})$

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

1) $v_1 - ?$

2) $Q - ?$

3) $v_2 - ?$

$\rightarrow U = Ed = \frac{q}{k} \cdot d = \frac{1,5d}{T^2 k} \cdot d = \frac{1,5d^2}{T^2 k}$

3) $Q = CU \Rightarrow v_1 = \frac{1,5d}{T^2} T = \frac{1,5d}{T}$

4) $U = \frac{1,5d^2}{T^2 k}$; $Q = CU$; $C = \frac{\epsilon_0 S}{d}$, при $\epsilon = 1 \rightarrow$

5) $Q = CU = \frac{1,5d^2}{T^2 k} \cdot \frac{\epsilon_0 S}{d} = \frac{1,5d \epsilon_0 S}{T^2 k}$

б) $E_2 \rightarrow q, m, E_2$

$E_1 \rightarrow -E_1$

d

по ЗИМЭ: $A_{n1} + E_{k1} = A_{n2} + E_{k2}$ $E_{k2} - E_{k1} = A_n$

$A_{n1} = m v_{1,2}^2$

$A_{n1} = +q\varphi$; потенциал

на бесконечности $= 0 \rightarrow A_{n2}$ если не учитывать поле; знак

$+^n$ ставим, так как у нас потенциал само зарядовый заряд, ко-

торый паразитирует на поле от отрицательного зарядового пласти-

ны $\rightarrow (v_2 < v_1)$ $A_{n1} = +qU$;

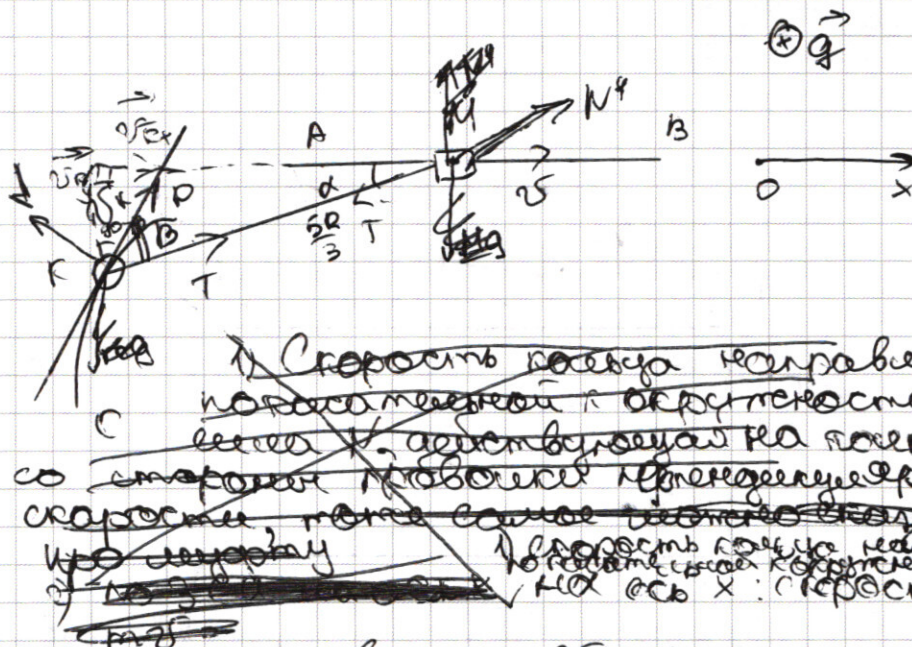
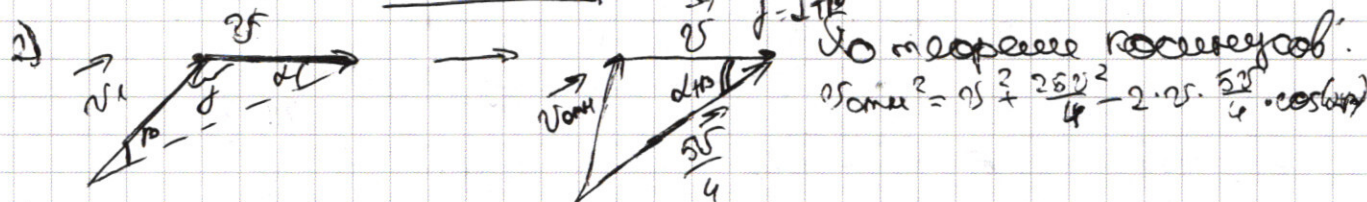
$m v_2^2 = -m v_1^2 + 2qU$

$v_2^2 = -\frac{m v_1^2}{m} + \frac{2qU}{m} = -v_1^2 + 2qU$; $v_2 = \sqrt{-v_1^2 + 2qU} = \sqrt{-\frac{2,25d^2}{T^2} + \frac{2q \cdot 1,5d^2}{T^2 k}}$

$= \sqrt{\frac{0,75d^2}{T^2}} = \frac{\sqrt{3}d}{2T}$

Ответ: 1) $\frac{1,5d}{T}$; 2) $\frac{1,5d \epsilon_0 S}{T^2 k}$; 3) $\frac{\sqrt{3}d}{2T}$.

- 1) v_1 - ?
- 2) $v_{\text{ср}} - ?$
- 3) $T - ?$


$$v_x = v \cos(\alpha) \Rightarrow v = \frac{v_x}{\cos(\alpha)} = \frac{5.68}{0.95} = 5.98 \text{ m/s}$$


$$15^2 + \frac{25}{16} v^2 - \frac{19}{18} v^2 = \frac{(6 \cdot 14 + 25 \cdot 18 - 10 \cdot 16)}{16 \cdot 18} = \frac{282 + 425 - 304}{288} = \frac{393}{288} v^2$$

$$v_{\text{отн}} = \sqrt{\frac{393}{152}} v = \sqrt{\frac{393}{242}} = 1,26 \cdot \sqrt{\frac{393}{242}} \text{ м/с, } T_{\text{наблюдателя}} \text{ прозе-}$$

Dem benn: 1) $12,85 \text{ u/c}$; $0,62 \sqrt{\frac{343}{2 \cdot 9,8}} \text{ u/c}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

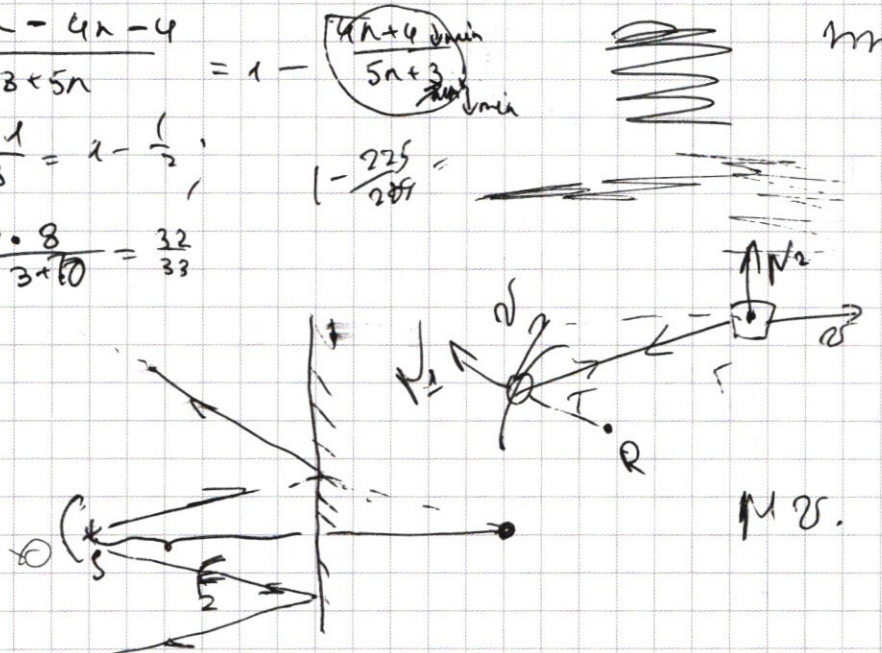
$$\frac{n-1}{3+5n} = \frac{3+5n-4n-4}{3+5n} = 1 - \frac{4n+4}{5n+3}$$

$$n=1; \quad \frac{4 \cdot 1}{8} = 1 - \frac{1}{2}; \quad 1 - \frac{725}{209} =$$

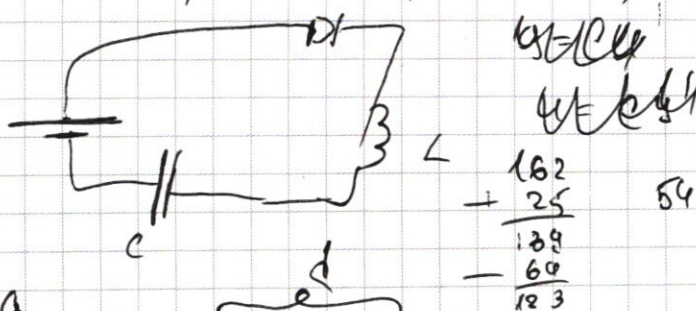
$$\frac{4 \cdot 8}{3+10} = \frac{32}{33}$$

NS.

$$\frac{3F}{4} : \frac{F}{4}$$



№4. $\epsilon = 9kV$; $C = 40 \mu F$; $U_1 = 50V$; $L = 0,1 H$; $U_0 = 10V$.



$U = L \frac{dI}{dt}$
 $U = \frac{U_0}{L}$

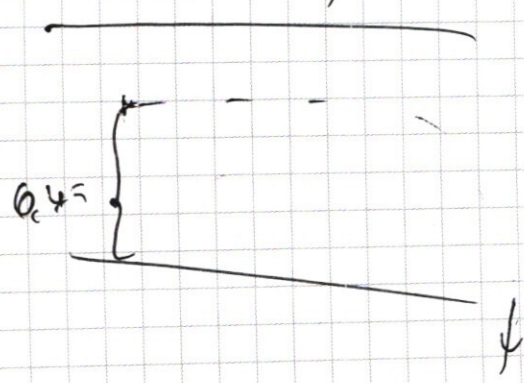
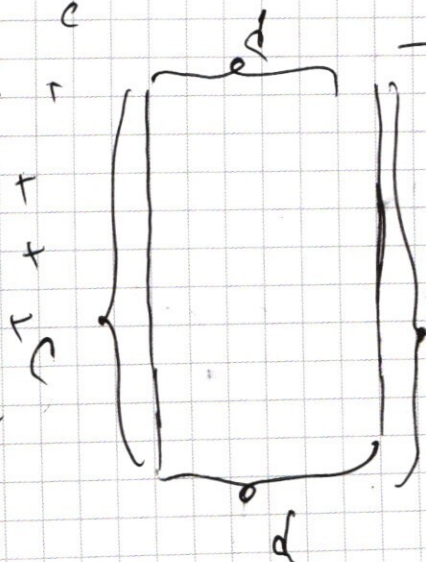
$$\begin{array}{r} 162 \\ + 25 \\ \hline 187 \\ - 60 \\ \hline 127 \end{array}$$

$$h = \frac{a \sqrt{2}}{2}$$

$$a = \frac{2h}{\sqrt{2}}$$

$QE = ma$
 $E = \frac{ma}{q} = \frac{a}{\lambda}$
 $U = Ed$

Q
 Qd
 $\frac{Q}{2405}$
 $\frac{Q}{2405}$



$$\begin{array}{r} 25 \\ \times 14 \\ \hline 100 \\ + 250 \\ \hline 350 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 16 \\ \times 14 \\ \hline 112 \\ + 180 \\ \hline 224 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 10 \\ \times 16 \\ \hline 160 \\ + 100 \\ \hline 260 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 242 \\ + 425 \\ \hline 667 \\ - 304 \\ \hline 363 \end{array}$$

$$\frac{15}{14} \sqrt{c} = \frac{4}{5} v$$

$$\frac{68}{48} v = v'$$

$$v = \frac{45}{68} v'$$

$$v \cos \alpha = v' \cos \beta$$

$$v \cdot \frac{10}{14} = v' \cdot \frac{4}{5}$$

$$v \cdot \frac{10}{14} = v' \cdot \frac{4}{5}$$

$$\frac{45}{68} v'$$



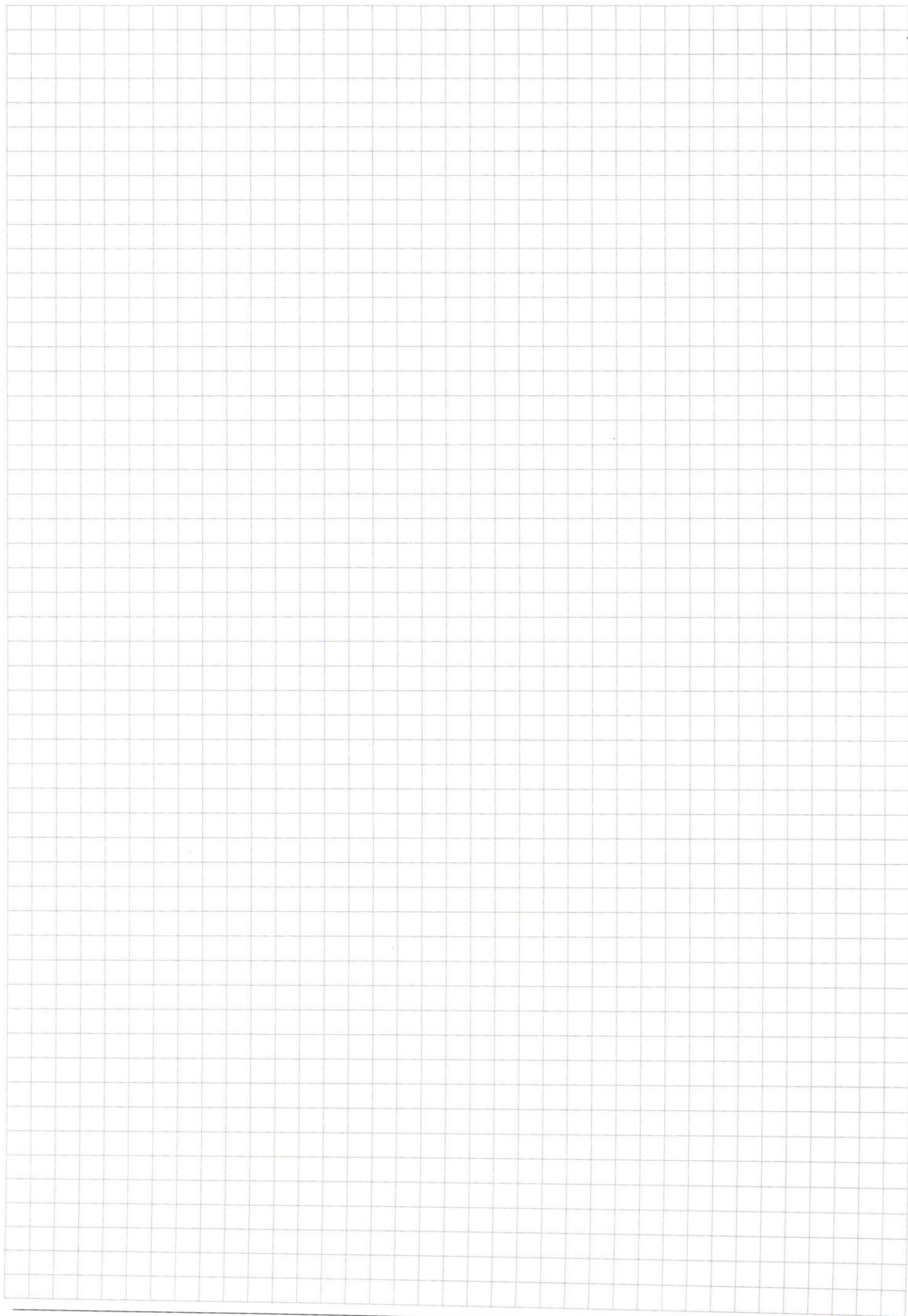
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)