

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N2

Дано | Решение: 1) На участке 1-2 происходит нагревание, т.к. $T \sim p$, на участке 2-3 тоже происходит нагревание, т.к. $T \sim V$. На участке 3-1 $p \sim V$, значит $T \sim p^2$ или $T \sim V^2$, происходит охлаждение.

На участке 1-2.

$$Q_{1-2} = p \Delta V + \frac{1}{2} \nu R \Delta T \quad ; \Delta V = 0, \text{ значит } Q_{1-2} = \frac{1}{2} \nu R \Delta T \quad ; C_{1-2} = \frac{Q_{1-2}}{\Delta T} = \frac{3R}{2}$$

На участке 2-3.

$$Q_{2-3} = p \Delta V + \frac{3}{2} \nu R \Delta T \quad \text{Процесс изобарный, значит } p = \text{const} \Rightarrow p \Delta V = \nu R \Delta T$$

$$Q_{2-3} = \nu R \Delta T + 1,5 \nu R \Delta T = 2,5 \nu R \Delta T$$

$$C_{2-3} = \frac{Q_{2-3}}{\Delta T} = 2,5 R$$

$$\text{Тогда } \frac{C_{2-3}}{C_{1-2}} = \frac{2,5}{2} = \frac{5}{4}$$

$$2) \text{ Работа газа } A_{2-3} = p(V_3 - V_2) = \nu R(T_3 - T_2) = \nu R \Delta T, \text{ тогда}$$

$$\frac{\Delta U_{2-3}}{A_{2-3}} = \frac{1,5 \nu R \Delta T}{\nu R \Delta T} = 1,5$$

3) КПД цикла можно найти по формуле $\eta = \frac{Q_{\text{п}} - Q_{\text{от}}}{Q_{\text{п}}}$, где $Q_{\text{п}}$ - подведенное тепло, $Q_{\text{от}}$ - отведенное тепло

$$Q_{\text{п}} = Q_{1-2} + Q_{2-3} ; Q_{\text{от}} = Q_{3-1}. \text{ Обозначим характеристики системы, как}$$

p_i, V_i и T_i , где i - индекс, обозначающий точку на графике. Тогда

$$V_1 = V_2 ; p_2 = p_3, \text{ так как путь } p_2 = a \cdot p_1, \text{ тогда, т.к. } \frac{p_1}{V_1} = \frac{p_3}{V_3}, \frac{V_3}{V_1} = \frac{p_3}{p_1} = \frac{p_2}{p_1} = a, V_3 = V_1 \cdot a = V_2 \cdot a. \text{ Отсюда } T_2 = a \cdot T_1 ; T_3 = a^2 \cdot T_1. \text{ Заметим, что } Q_{\text{п}} - Q_{\text{от}}$$

равно полезной работе в цикле, а значит равно площади графика

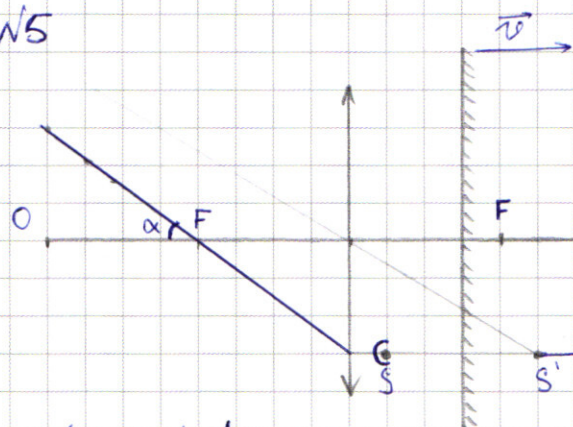
$$\eta = \frac{A}{Q_{\text{п}}} = \frac{(p_2 - p_1)(V_3 - V_2)/2}{1,5 \nu R T_1 (a - 1) + 2,5 \nu R (T_3 - T_2)} = \frac{p_1 V_1 (a - 1)^2}{3 \nu R T_1 (a - 1) + 5 \nu R T_1 a (a - 1)} =$$

$$= \frac{(a-1)^2}{3(a-1)+5a(a-1)} = \frac{a-1}{5a+3} \cdot 100\%$$

Производная этой ф-ции не может быть равной нулю. Заметим, что a должно быть больше 1, это следует из условия. При значениях a больше 1 функции возрастает и будет стремиться к значению 0,2 или 20%

Ответ: 1) $\frac{C_{2-3}}{C_{1-2}} = \frac{5}{3}$; 2) $\frac{\Delta C_{2-3}}{A_{2-3}} = \frac{3}{2}$; 3) $\eta_{\max} \approx 20\%$

№5



1) Наблюдатель будет видеть изображение не источника, а его отражение (S') в данный момент времени расстояние от S' до линзы $d = \frac{5}{4} F$, тогда

$$f = \left(\frac{1}{F} - \frac{1}{d} \right)^{-1} = \left(\frac{1}{5F} \right)^{-1} = 5F. \text{ Найдем увеличение}$$

$$\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{5F}{5F/4} = 4, \text{ значит расстояние от оси до } S' \text{ в 4 раза меньше, чем от изображения до оси, значит искомое расстояние равно}$$

$$\frac{3}{4} F \cdot 4 = 3F = h$$

2) Заметим, что изображение точки S' всегда лежит на луге, проходящем через фокус. Этот луг не меняет своего положения, т.к. S' находится на одной высоте над осью OO_1 , тогда $\tan \alpha = \frac{3/4 F}{F} = \frac{3}{4}$

3) S' движется относительно линзы со скоростью $2v$ вправо. Пусть за малый промежуток S' сместится вправо на Δd , тогда из формулы тонкой линзы следует Δf - изменение изображения.

$$\frac{d+f}{df} = \frac{d+\Delta d+f-\Delta f}{(d+\Delta d)(f-\Delta f)} = \frac{d+\Delta d+f-\Delta f}{df - d\Delta f + f\Delta d - \Delta d\Delta f}; \text{ величина } \Delta d\Delta f \text{ пренебре-$$

жимо мала по сравнению с остальными, тогда

$$(d+f)(df - d\Delta f + f\Delta d) = df(d+\Delta d+f-\Delta f)$$

$$d^2f - d^2\Delta f + df\Delta d + df^2 - d\Delta f^2 + f\Delta d^2 = d^2f + d\Delta df + df^2 - d\Delta f^2$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$f^2 d - d^2 \Delta f = 0$$

$$\Delta f = \Delta d \frac{f^2}{d^2} = 16 \cdot 2 \nu \cdot \Delta t = 32 \nu \Delta t$$

Тогда горизонтальная компонента скорости изобретения равна 32ν .
вертикальная компонента равна $v_8 = 32 \nu$. $\tan \alpha = 24 \nu$. По т-ме

Пифагора найдем скорость $v_1 = \sqrt{(32 \nu)^2 + (24 \nu)^2} = 40 \nu$.

Ответ: 1) $h = 3F$; 2) $\tan \alpha = \frac{3}{4}$; 3) $v_1 = 40 \nu$.

№1

Дано: Решение:

$$v = 34 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

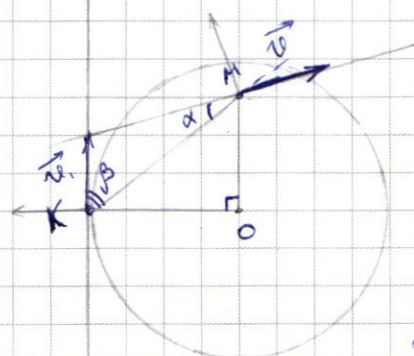
$$m = 0,3 \text{ кг}$$

$$R = 0,53 \text{ м}$$

$$r = \frac{5}{4} R$$

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

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



O - центр окружности по которой движется

се кольцо. Тогда $\angle MKO = 90^\circ - \beta$. $OK = R$,

$KM = r$ из условия. заметим, что

$$\cos(90^\circ - \beta) = \sin \beta = \sqrt{1 - \left(\frac{3}{5}\right)^2} = \frac{4}{5} = \frac{OK}{KM}.$$

Отсюда можем сделать вывод о том,

что $\triangle OKM$ - прямоугольный.

1) Будем считать, что штык нерастянут, тогда проекции скоростей на штык должны быть равны.

$$v_1 \cos \beta = v \cos \alpha$$

$$v_1 = v \cdot \frac{15}{17} \cdot \frac{5}{3} = \frac{25}{17} v = 50 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

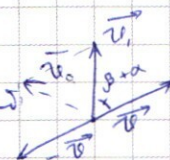
2) Воспользуемся правилом сложения скоростей

$$\text{По т-ме косинусов } v_0^2 = v_1^2 + v^2 - 2 v_1 v \cos(\beta + \alpha)$$

$$\text{По формуле косинуса суммы } \cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta.$$

$$\sin \beta = \frac{4}{5}; \cos \alpha = \frac{15}{17}; \sin \alpha = \sqrt{1 - \left(\frac{15}{17}\right)^2} = \frac{8}{17}. \text{ Тогда}$$

$$v_0 = \sqrt{2500 + 1156 - 2 \cdot 34 \cdot 50 \cdot \frac{13}{17} \cdot \frac{5}{3}} = \sqrt{3136} \approx 56,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$



Order: 1) $v_1 = 50 \text{ м/с}$; 2) $v_0 = 56,4 \text{ м/с}$

N3

Дано: d , S , $0,3d = l$, v_1 , $\frac{q_1}{m} = \pi$

Решение: Напряженность поле внутри конденсатора $E = \frac{Q}{\epsilon_0 S}$; Q - заряд пластин, S - площадь пластин.

Внутри конденсатора частица пройдет $0,7d$, тогда $\frac{E \cdot q}{m} = a$ - ускорение частицы.

$$\frac{v_1^2}{2 \cdot 0,7d} = a = E \cdot \pi = \frac{Q \pi}{\epsilon_0 S}$$
$$Q = \frac{v_1^2 \epsilon_0 S}{1,4d \pi}$$

Для того, чтобы находиться на одинаковом расстоянии от обкладок частица должна пройти $0,2d$

$$\frac{aT^2}{2} = 0,2d$$

$$T = \sqrt{\frac{0,4d}{a}} = \sqrt{\frac{0,4d \cdot 1,4d}{v_1^2}} = \frac{d}{v_1} \sqrt{0,56} \approx 0,75 \frac{d}{v_1}$$

Ввиду конечного размера конденсаторов, на большом расстоянии их можно рассматривать как два точечных заряда.

Тогда, т.к. один из зарядов больше, ~~тогда~~ частица уменьшит скорость.

В нашем случае уменьшится, т.к. больше пластина с противополож-

ным знаком. Тогда на преодоление притяжения частица потратит $\frac{kQq}{d}$ энергии.

$$\frac{mv_2^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} - \frac{kQq}{d}$$

$$v_2^2 = v_1^2 - \frac{2kQq}{dm} = v_1^2 - \frac{2k\pi}{d} \cdot \frac{v_1^2 \epsilon_0 S}{1,4d\pi} = v_1^2 \left(1 - \frac{2S}{2,8\pi d^2}\right)$$

$$v_2 = v_1 \sqrt{1 - \frac{S}{2,8\pi d^2}}$$

Ответ: 1) $T \approx 0,75 \frac{d}{v_1}$; 2) $Q = \frac{v_1^2 \epsilon_0 S}{1,4d\pi}$; 3) $v_2 = v_1 \sqrt{1 - \frac{S}{2,8\pi d^2}}$



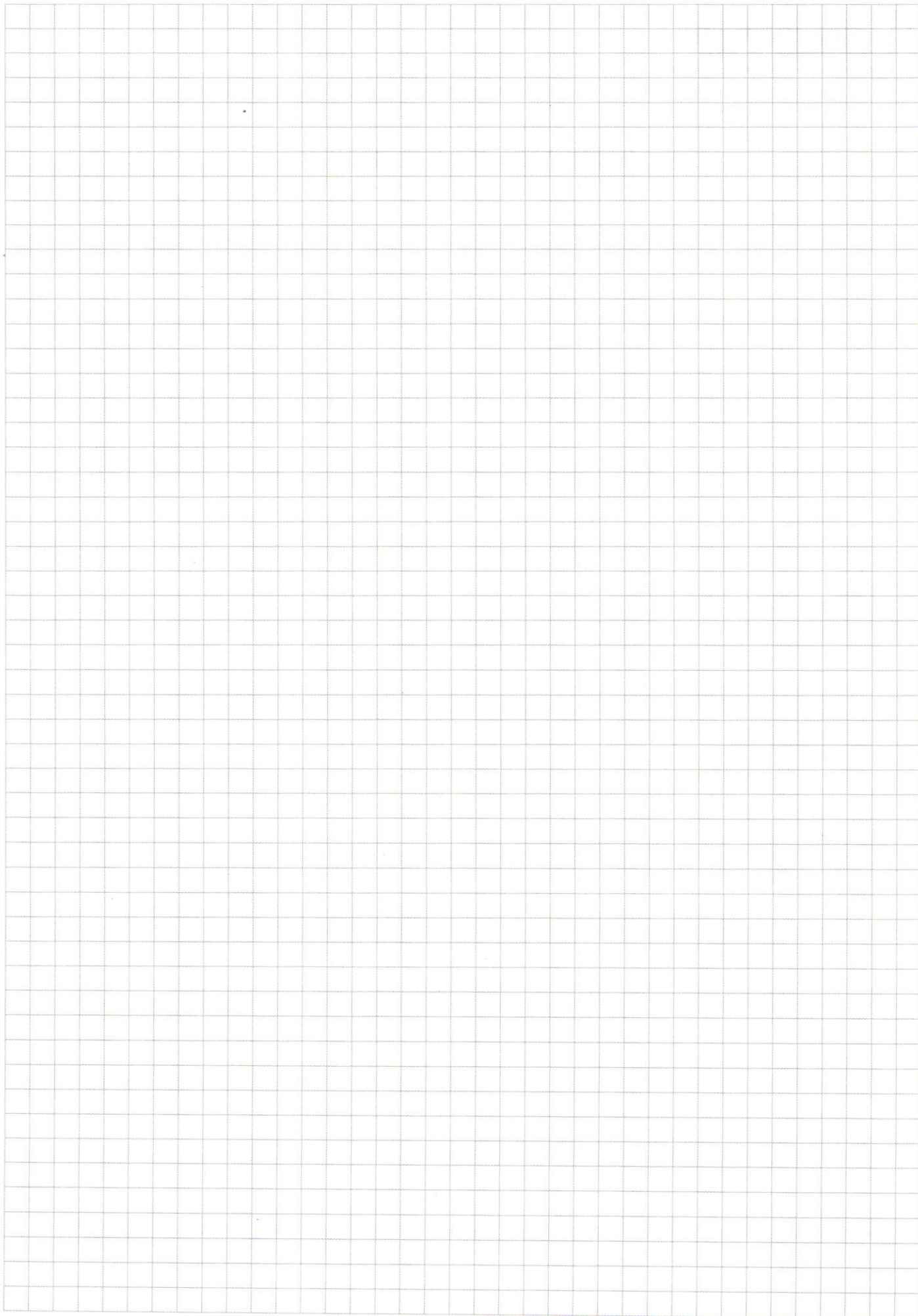
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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

Diagram of a vertical rod with a point charge q at distance r from the center. The rod has length d .

$$\frac{mv^2}{2} - \frac{GMm}{r} = \frac{mv^2}{2}$$

$$qEr$$

$$kQq \left(\frac{1}{r^2} - \frac{1}{(r+d)^2} \right)$$

$56 = 8.7$

Diagram of two point charges $-Q$ and $+Q$ separated by distance d .

$$\frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

$$\frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{Q}{S\epsilon_0}$$

$$\varphi = Er$$

$$\frac{kQ}{r^2} \quad 0.8 \cdot 0.7$$

$$\frac{q\sigma}{2\epsilon_0} \cdot 0.3d \cdot 0.7d \cdot 2 = \frac{qQ}{8\epsilon_0} \cdot 0.7d = \Delta\varphi$$

$$\frac{kQq}{r^2}$$

$$\frac{kQq}{r+d}$$

$$\frac{kQqd}{r(r+d)}$$

$$\frac{kqQ}{d^2}$$

$$\frac{kQ}{r+d}$$

$$F = \frac{kQqd}{r(r+d)}$$

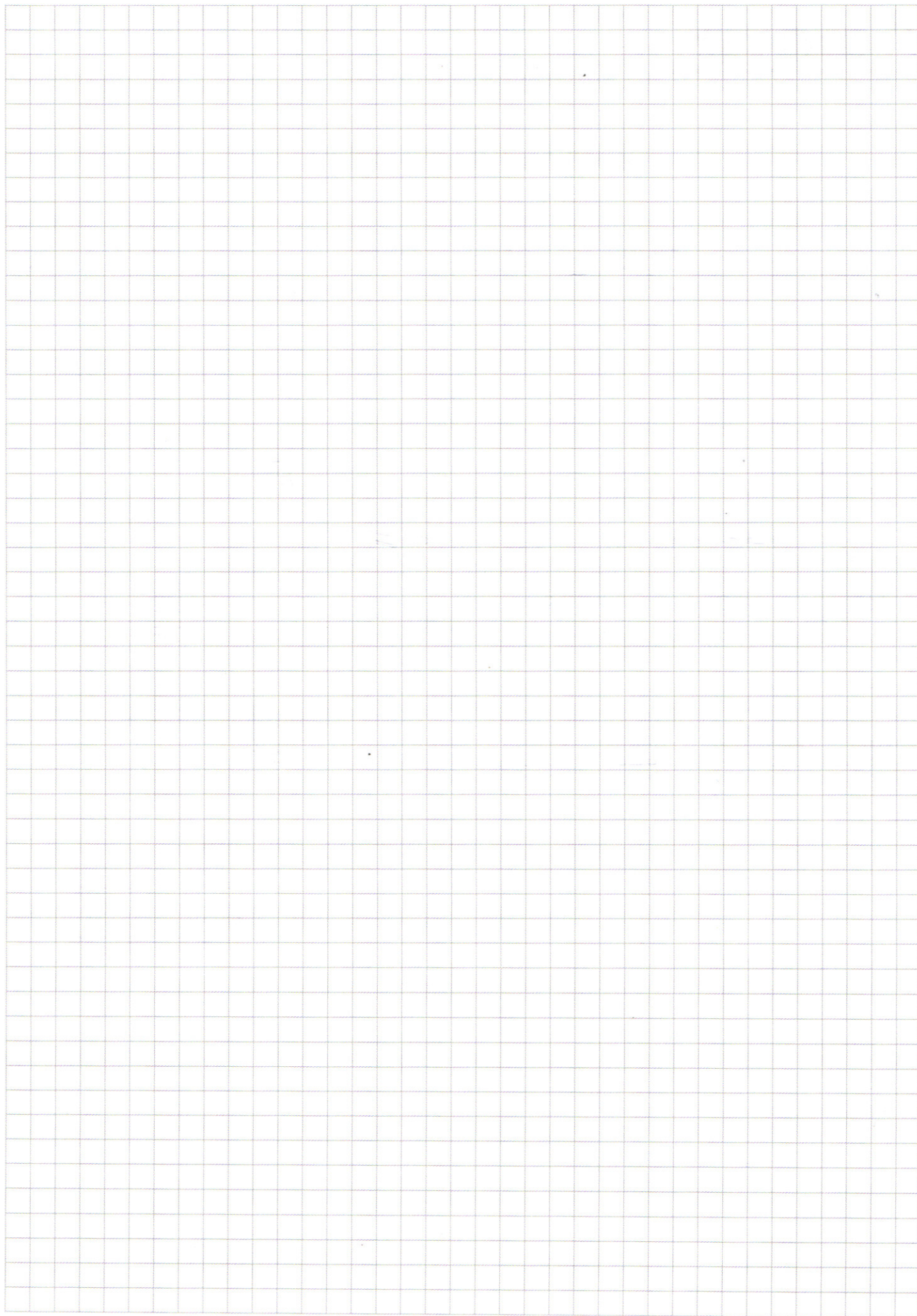
$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

$$\frac{kqQ}{d^2} \quad \frac{10.4}{0.56}$$

$$\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r+d} \right) \left(\frac{1}{r} + \frac{1}{r+d} \right) = \frac{d}{(r+d)r} \cdot \frac{2r+d}{r+d}$$

0.04

$\begin{array}{r} 0.74 \\ \times 0.74 \\ \hline 296 \\ 518 \\ \hline 5476 \end{array}$	$\begin{array}{r} 0.75 \\ \times 0.75 \\ \hline 375 \\ 525 \\ \hline 5625 \end{array}$
--	--



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$Q = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$

$c \nu T = Q$

$c = \frac{3}{2}$

$c = \frac{5}{2}$

$Q_{3-1} = \frac{1}{5a+3} \cdot \frac{5(a-1)-1}{(5a+3)^2}$

$\frac{(p_2 - p_1)(V_3 - V_2)}{2} = A$

$(p_2 - p_1) =$

$Q = p \cdot \Delta V + \frac{3}{2} \nu R \Delta T$

$1,5 \quad \Theta \quad - (p_2 - p_1)V_2 +$

$p_1 V_1, T_1 \quad p_2 V_2, T_2 \quad p_3 V_3, T_3 \quad p_3 = p_2 = a \cdot p_1 \quad V_3 = a \cdot V_1 = a V_2$

$\frac{(a-1)p_1 \cdot (a-1)V_2}{2}$

$Q = \frac{8}{2} \nu R \Delta T = 4 \nu R \Delta T$

$p_1(V_2 - V_1) = \nu R \Delta T$

$p_1 V_1 (a-1) = \nu R \Delta T$

$\frac{(a-1) \nu R \Delta T}{2} = A$

$Q_{1-2} = \frac{3}{2} \nu R T_1 (a-1)$

$Q_{2-3} = \frac{p_2 (a-1) V_2}{a(a-1) \nu R T_1} + \frac{3}{2} \nu R T_1 (a^2 - a)$

$Q_{3-1} = \frac{p_1 (a+1) V_1 (a-1)}{2} + \frac{3}{2} \nu R T_1 (a^2 - 1)$

$Q_{3-1} = \frac{\nu R T_1 (a^2 - 1) + 3 \nu R T_1 (a^2 - 1)}{2} = 2 \nu R T_1 (a^2 - 1)$

$\eta = \frac{1,5 \nu R T_1 (a-1) + 2,5 \nu R T_1 \cdot a(a-1) - 2 \nu R T_1 (a^2 - 1)}{1,5 \nu R T_1 (a-1) + 2,5 \nu R T_1 \cdot a(a-1)}$

$= \frac{3a - 3 + 5a^2 - 5a - 4a^2 + 4}{3a - 3 + 5a^2 - 5a} = \frac{a^2 - 2a + 1}{5a^2 + 3a - 8}$

$= \frac{(a-1)^2}{5(a-1) \cdot (a+1,6)} = \frac{a-1}{a+1,6} ; \frac{(a+1,6) - (a-1)}{(a+1,6)^2}$

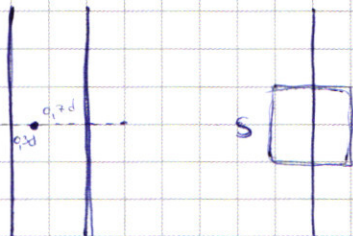
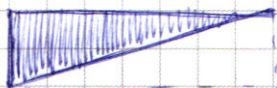
$1,6 + 5 = 8$

$\frac{a-1}{5a+8}$

$D = 9 + 4 \cdot 5 \cdot 8 = 169 = 13^2$

$a = \frac{-3 \pm 13}{10} = 1; -1,6$

$\frac{(5a+8) - 5(a-1)}{5+8}$



$$\frac{GMm}{r} = gmr$$

$$Eqr \quad \frac{mv^2}{2} = \frac{Eq}{m} \cdot qd$$

$$\frac{\sigma}{\epsilon} = 2E\epsilon$$

$$\epsilon = \frac{\sigma}{2E}$$

$$\begin{array}{r} 56 \\ \times 56 \\ \hline 336 \\ 250 \\ \hline 2836 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 58 \\ \times 58 \\ \hline 464 \\ 290 \\ \hline 3364 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 34 \\ \times 34 \\ \hline 136 \\ 102 \\ \hline 1156 \end{array}$$

$$\frac{-3}{-7}$$

$$\frac{1}{13}$$

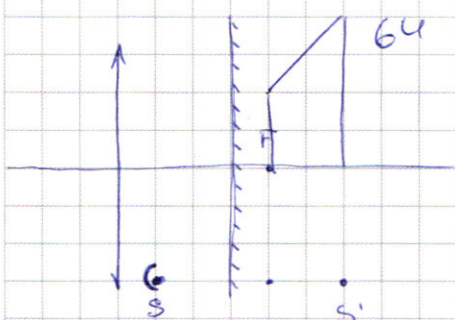
$$\frac{2}{18}$$

$$\begin{array}{r} \times 15 \\ 15 \\ \hline 75 \\ 15 \\ \hline 225 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 17 \\ \times 17 \\ \hline 119 \end{array}$$

$$\frac{17}{285 - 225} = 64 = 8^2$$

$$\begin{array}{r} 56,4 \\ \times 56,4 \\ \hline 2256 \\ 3384 \\ 2820 \\ \hline 318096 \end{array}$$



$$\frac{v_2 - v_1}{2t}$$

$$\frac{v^2}{d}$$

$$2500 + 1156 = 3656$$

$$3136$$

$$\begin{array}{r} 57 \\ \times 57 \\ \hline 399 \\ 285 \\ \hline 3249 \end{array}$$

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

$$\frac{d+f}{df} = \frac{d+\Delta d + f - \Delta f}{(d+\Delta d)(f-\Delta f)}$$

$$df^2 + f\Delta d - d\Delta f - \Delta d\Delta f = 0$$

$$\cancel{d^2f} + \cancel{f\Delta d} + \cancel{-d^2\Delta f} + \cancel{df^2} + \cancel{f^2\Delta d} - \cancel{d\Delta f} = \cancel{d^2f} + \cancel{df^2} + \cancel{f^2\Delta d} - \cancel{d\Delta f}$$

$$-d^2\Delta f + f^2\Delta d = 0$$

$$\Delta f = \Delta d \frac{f^2}{d^2}$$

$$4 \cdot 8 \quad 3 \cdot 5$$

$$8(4^2 + 3^2) =$$

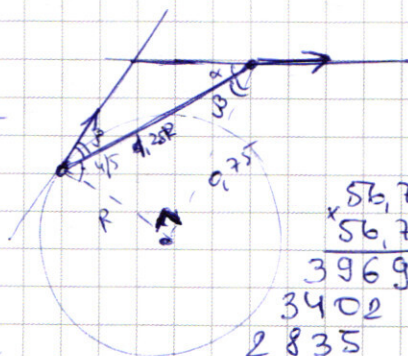
$$\frac{25-9}{8}$$

$$\frac{12 \cdot 4}{5}$$

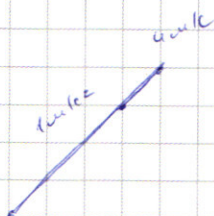
$$\frac{5 \cdot 4}{4} \cdot \frac{3 \cdot 5}{5 \cdot 4}$$

$$\frac{15 \cdot 3}{175} - \frac{8 \cdot 4}{175} = \frac{45 - 32}{175} = \frac{13}{85}$$

$$\begin{array}{r} 3400 \overline{) 85} \\ \times 40 \\ \hline 13 \\ \hline 120 \\ 400 \\ \hline 520 \end{array}$$



$$\begin{array}{r} 56,7 \\ \times 56,7 \\ \hline 3969 \\ 3402 \\ 2835 \\ \hline 321489 \end{array}$$



$$8m$$

$$a = \frac{v^2}{2d} = \frac{16}{2d}$$

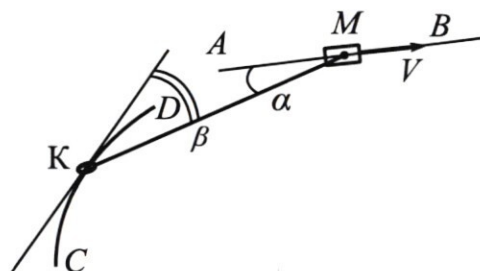
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-03

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

1. Муфту М двигают со скоростью $V = 34$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,3$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 0,53$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/4$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент нить составляет угол α ($\cos \alpha = 15/17$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 3/5$) с направлением движения кольца.



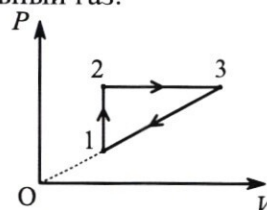
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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 изменения внутренней энергии газа к работе газа.

3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки, радиус обкладок намного больше расстояния d между обкладками. Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,3d$ от отрицательно заряженной обкладки стартует с нулевой начальной скоростью отрицательно заряженная частица и вылетает из конденсатора перпендикулярно обкладкам со

скоростью V_1 . Удельный заряд частицы $\frac{|q|}{m} = \gamma$.

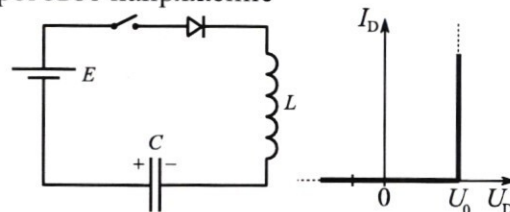
1) Через какое время T частица будет находиться на одинаковых расстояниях от обкладок?

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 $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 2$ 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 плоскости $F/4$ от линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии $3F/4$ 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.

