

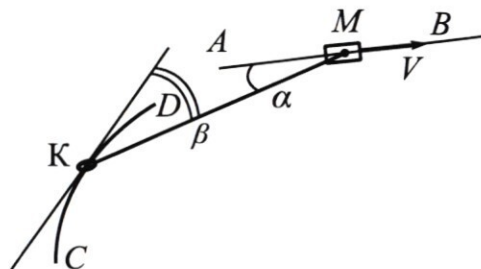
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-04

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

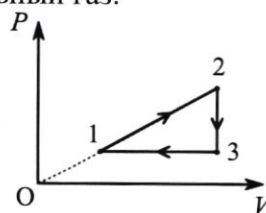
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 2$ м/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,4$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент трос составляет угол α ($\cos \alpha = 4/5$) 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 изменения внутренней энергии газа 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. Напряжение на конденсаторе U . Отрицательно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается на расстоянии $0,2d$ от отрицательно заряженной обкладки.

1) Найдите удельный заряд частицы $\gamma = \frac{|q|}{m}$.

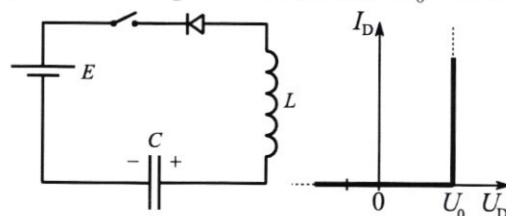
- 2) Через какое время T после влета в конденсатор частица вылетит из него?
- 3) Найдите скорость V_0 частицы на бесконечно большом расстоянии от конденсатора.

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 $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 10$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 9$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,4$ 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.

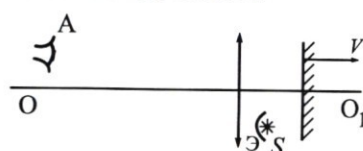


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $8F/15$ от оси OO_1 и на расстоянии $3F/5$ от плоскости линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии $6F/5$ 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

2. 1) В процессе 1-2 увеличивается и давление и объем, значит так как

Температура увеличивается на отрезке 2-3 и 3-1

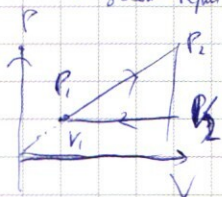
Первый закон термодинамики:

В отрезке 2-3: $A = p \Delta V$, $p > 0$; $Q_2 \Delta U = \frac{5}{2} \nu R \Delta T = \nu C_2 \Delta T$

$$C_2 = \frac{5}{2} R$$

В отрезке 3-1:

закон терм: $Q_3 A = \Delta U$; $A = p \Delta V$, p



По уравнению состояния идеального газа $PV = \nu R T$

$$(1) P_1 V_1 = \nu R T_1; P_1 V_2 = \nu R T_2$$

$$(2) A = p \Delta V = p_1 V_2 - p_1 V_1 = \nu R T_2 - \nu R T_1 = \nu R \Delta T$$

$$\Delta U = \frac{5}{2} \nu R \Delta T$$

$$Q = A + \Delta U = \frac{7}{2} \nu R \Delta T$$

из (1) и (2) следует что $Q = A + \Delta U = \frac{5}{2} \nu R \Delta T + \nu R \Delta T = \nu C_2 \Delta T$

$$\frac{C_2}{C_1} = \frac{\frac{5}{2}}{\frac{5}{2}} = 1$$

$$C_2 = \frac{5}{2} R$$

2) для 1-2 $p = \alpha V$; $\Delta U = \frac{5}{2} \nu R \Delta T$; из закона 1-к $\nu R \Delta T = P_2 V_2 - P_1 V_1$

$$\Delta U = \frac{5}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1) = \frac{5}{2} (\alpha V_2^2 - \alpha V_1^2) = \frac{5}{2} \alpha (V_2^2 - V_1^2)$$

для малых ΔV

$$A = p \Delta V \quad A = \int A, \int p \Delta V = \int \alpha V \Delta V = \alpha \frac{V^2}{2} \Big|_{V_1}^{V_2} = \frac{\alpha}{2} (V_2^2 - V_1^2)$$

$$\frac{\Delta U}{A} = \frac{\frac{5}{2} \alpha (V_2^2 - V_1^2)}{\frac{1}{2} \alpha (V_2^2 - V_1^2)} = 5$$

3) (1) КПД цикла $\eta = \frac{A_{цикл}}{Q_{1-2}}$

$$A_{цикл} = A_{1-2} + A_{3-1}$$

или (2) $Q_2 \Delta U = A_{3-1}$ и A_{1-2}

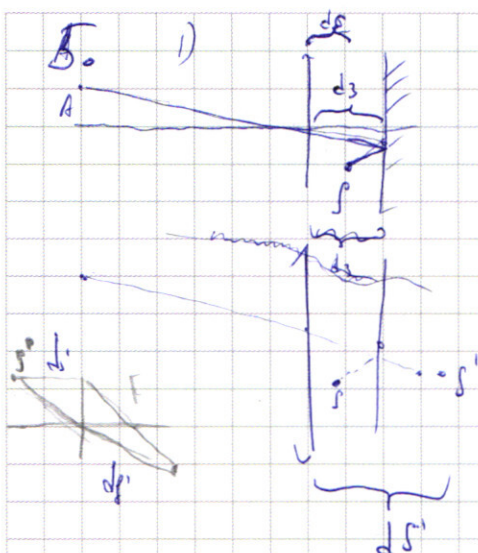
используя то, что

$$p = \alpha V; P_1 = \alpha V_1 \Rightarrow A_{3-1} = P_1 V_1 - P_2 V_2 = \alpha V_1^2 - \alpha V_2 V_2$$

$$= \alpha (V_1 - V_2) V_1 = -2 \frac{A_{1-2}}{V_1 + V_2}$$

$$\lim_{V_2 \rightarrow 0} \frac{V_1 - V_2}{V_1 + V_2} = \frac{1}{2} = 25\%$$

$$\eta = \frac{A_{1-2} + A_{3-1}}{Q} = \frac{A - 2 \frac{A V_1}{V_1 + V_2}}{4 A} = \frac{V_2 - V_1}{4(V_2 + V_1)}$$



Изображение источника света находится на том же расстоянии и под тем же углом от зеркала, что и сам источник.
 $d_3' = d_3 + (d_3 - d_3)$

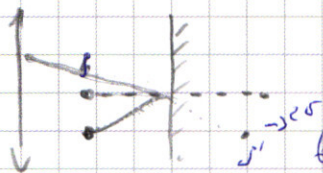
То есть $d_3' = \frac{6F}{5} + \left(\frac{6F}{5} - \frac{3F}{5}\right) = \frac{9F}{5}$

По формуле тонкой линзы

$$\frac{1}{d_3'} + \frac{1}{f_3'} = \frac{1}{F} \quad \frac{5}{9F}$$

$$\frac{1}{f_3'} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d_3'} \quad \frac{1}{F} = \frac{5}{9F} \Rightarrow \frac{4}{9F} \quad f_3' = \frac{9F}{4}$$

2) $f = \frac{f_1}{d_1} = \frac{4}{5} \cdot \frac{3F}{5} = \frac{5}{4}$ Увеличение линзы в этот момент



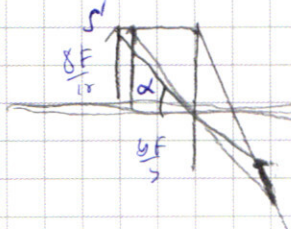
Так как линза ~~увеличивает~~ увеличивает оптический и

вертикальное и горизонтальное расстояние, то она

не влияет на угол скорости. Так как при прохождении расстояния d , горизонтальное

расстояние от объекта до зеркала меньше и от зеркала до изображения меньше

так как d , то горизонтальное расстояние отражения равно $2d$,



Луч проходящий параллельно оси не меняет направления, а луч проходящий через оптический центр идет вдоль первого луча, соответственно скорости равны направлению скорости соответствует линии соединяющей

оптический центр с телом. $\Rightarrow$ $\tan \alpha = \frac{h}{d} = \frac{\frac{8F}{15}}{\frac{9F}{5}} = \frac{8}{27}$

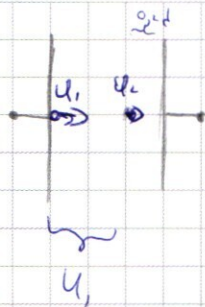
3) По горизонтали ~~он~~ движется со скоростью $2v$, значит

расстояние увеличивается со скоростью $2v$. $\Gamma = \frac{5}{2}v$ по горизонтали

тогда $\frac{5v}{2} \sin \alpha = \frac{5v}{2} \cdot \frac{8}{27} = \frac{20v}{27}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3.



1) $U_1 \neq U_2$ $m \neq 0$

По закону сохранения энергии:

(1) $\frac{mv_1^2}{2} = |qU_1|$; U_1 - разность потенциалов между правой обкладкой и точкой остановки

обкладкой и точкой остановки

$$\begin{cases} U_1 = E \cdot d \\ U_2 = E \cdot d \\ d = d - 0,2d \end{cases} \Rightarrow U_1 = 0,8U$$

$$\frac{mv_1^2}{2} = 0,8|qU|$$

$$\frac{|q|}{m} = \frac{v_1^2}{1,6U}$$

2) В течение полета на частицу действует сила равная $F = E \cdot |q|$, так как напряженность постоянна то и сила $F = E \cdot |q| = m \cdot a$

$$a = E \cdot \frac{|q|}{m} = \frac{U}{d} \cdot \frac{|q|}{m} = \frac{v_1^2}{1,6d}$$

Так как расстояние от вылета из отверстия до остановки и от остановки до вылета одинаково то общее время и скорость при вылете будет такая же, значит и время полета будет в 2 раза больше чем время от вылета до остановки.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_1 - 0}{T/2}$$

$$T = \frac{2v_1}{a} = \frac{2v_1}{\frac{v_1^2}{1,6d}} = \frac{3,2d}{v_1}$$

3)



Заряды на конденсаторе одинаковы, но знаки разные.

следовательно

$$U_1 = U_2 = \frac{U}{2}$$

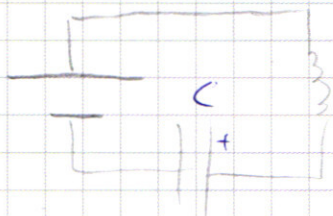
и их потенциалы относительно бесконечности равны

тогда пройден от бесконечности

$$\frac{mv_0^2}{2} = q \frac{U}{2} = \frac{mv_1^2}{2}$$

$$v_0 = \sqrt{v_1^2 + \frac{q}{m} U} = \sqrt{v_1^2 + \frac{v_1^2}{1,6}} = v_1 \cdot \sqrt{\frac{5}{2}}$$

4. Ток на катушке не меняется скачком



По закону Кирхгофа

$$U_C = U_L + E$$

$$U_L = U_C - E = 3 \text{ В}$$

$$U_L = L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{U_L}{L} = \frac{3}{0,4} = \frac{3}{\frac{2}{5}} = \frac{15}{2} = 7,5 \text{ А/с}$$

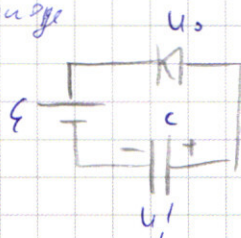
1) Максимальный ток будет при ~~переходе напряжения на диод~~

~~$U_C = E + U_L$~~ и ~~отсутствии напряжения на катушке~~

минимальное

условие для протекания тока - ~~преход~~ напряжение

на диоде



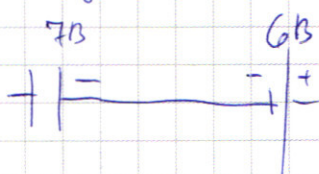
$$U_C = E + U_D = 7 \text{ В}$$

$$C U_C^2 = C U_D^2 + \frac{L I^2}{2}$$

$$\frac{C U_C^2}{2} = \frac{C U_D^2}{2} + \frac{L I^2}{2}$$

$$I = \sqrt{\frac{C}{L} (U_C^2 - U_D^2)} = \frac{1}{4} \sqrt{\frac{10^{-7}}{0,4} \cdot (49 - 16)} = \sqrt{\frac{32 \cdot 10^{-6}}{4}} = 2 \sqrt{2} \cdot 10^{-3} \text{ А}$$

3) В следующий момент ток на диоде упадет до нуля



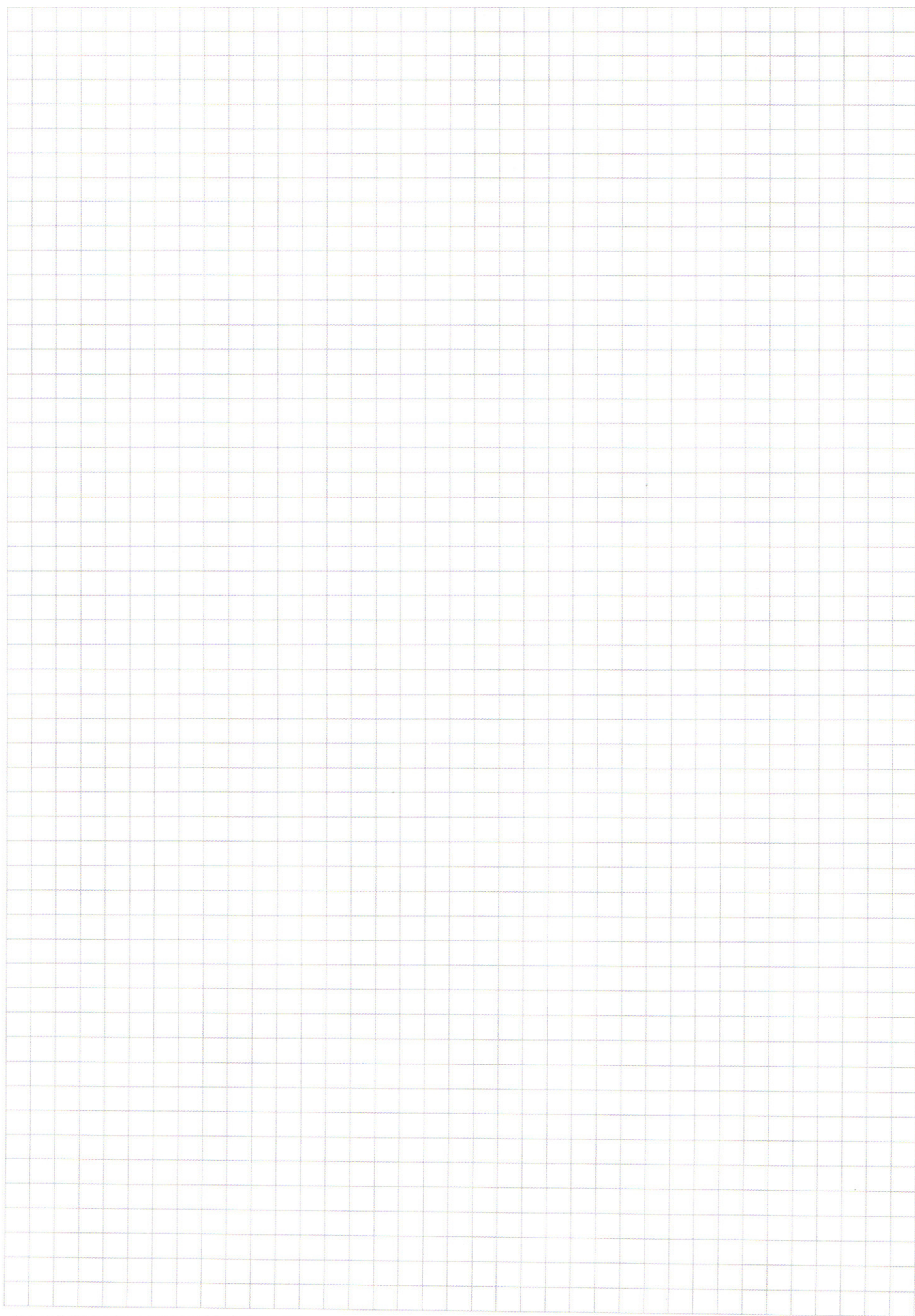
и ток будет течь только от отрицательной

~~напряжения~~ пластины источника до отрицательной

пластины конденсатора. В установившемся моменте напряжение

на конденсаторе уравнивается с ~~всех~~ ЭДС и будет равно

$$U_C = 6 \text{ В}$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)»

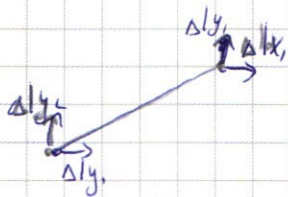
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1.



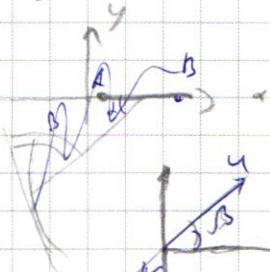
Проведем тросы на оси x и y

$$l_x^2 + l_y^2 = l^2$$

$$2l_x \cdot \Delta l_x + 2l_y \cdot \Delta l_y = 0$$

Дифференцируем $l_x \cdot \Delta l_x + l_y \cdot \Delta l_y = 0$

$$l_x \cdot v_x + l_y \cdot v_y = 0$$



Взяв такие оси что абсцисса угла между тросом равен

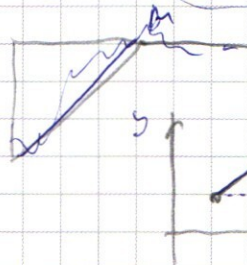
$l_x \cdot v_x$

$$l_x \cdot \Delta l_x = 0$$

$\Delta l_x = v \cdot \cos \alpha \cdot \Delta t - u \cdot \cos \beta \cdot \Delta t$, где u скорость конька

$$u = \frac{v \cdot \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{2 \cdot \frac{4}{5}}{\frac{3}{5}} = \frac{16}{3} \approx 5.33 \text{ м/с}$$

2)



Восстанавливая ось x вдоль AB

$$v_y = 0$$

$$v_x = v$$

$$u_y = u \cdot \sin(\alpha + \beta)$$

$$u_x = u \cdot \cos(\alpha + \beta)$$

$$u_y = u \cdot (\sin \alpha \cos \beta + \cos \alpha \sin \beta)$$

$$u_y = u \cdot \left(\frac{3}{5} \cdot \frac{8}{17} + \frac{4}{5} \cdot \frac{15}{17} \right) = \frac{17}{5} \cdot \frac{84}{17} = \frac{84}{5}$$

$$u_x = u \cdot (\cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta)$$

$$u_x = \left(\frac{4}{5} \cdot \frac{8}{17} - \frac{3}{5} \cdot \frac{15}{17} \right) \cdot \frac{17}{5} = \frac{32 - 45}{25} = -\frac{13}{25}$$

$$u_{\text{отн}} = u_x - v_x = -\frac{13}{25} - 2 = -\frac{63}{25}$$

$$u_{\text{отн}} = \sqrt{u_x^2 + u_y^2} = \sqrt{\left(\frac{84}{25}\right)^2 + \left(-\frac{63}{25}\right)^2} = \frac{7}{25} \sqrt{12^2 + 9^2} = \frac{21}{5} \approx 4.2 \text{ м/с}$$

3)

Трос в катушке одинаковой длины радиуса R со скоростью v относительной равной относительной

В системе отсчета M трос будет

составлять

составлять равную относительной

на 2-й закон Ньютона

$$T = \frac{2\pi R}{\Delta t}$$

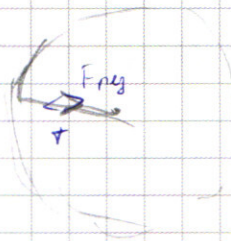
$$T = \frac{2\pi R}{\Delta t} = \frac{2\pi \cdot 0.4}{17.3} \approx 0.4 \cdot \frac{2\pi}{17.3}$$

$$T = 0.4 \cdot \frac{2\pi}{17.3} \approx 0.4 \cdot \frac{17.3}{5}$$

1) В системе отсчета, связанной с мушкетером, трос будет крутиться по окружности с радиусом R , со скоростью равной относительной скорости кольца

II закон Ньютона: $\frac{mv^2}{R} = F_{\text{тяг}}$

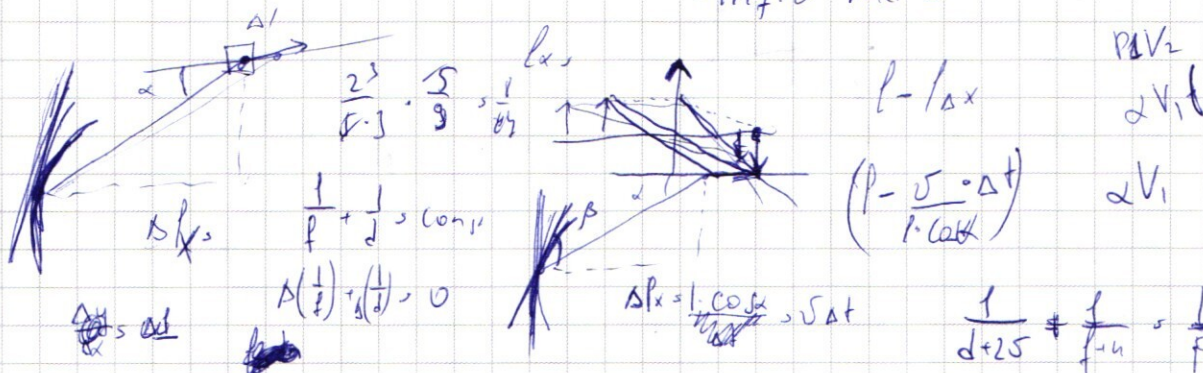
$$T = \frac{0,2 \cdot 18,6^2}{\frac{17}{15} \cdot 1,9} \approx 3 \text{ Н}$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$2. \Delta U = \frac{3}{2} nR \Delta T, \quad \frac{3}{2} (nRT_1 - nRT_2)$$

$$2 \ln f.5 - \ln d.4 = 0 \quad 4A$$



$$2) p \propto \alpha \cdot V$$

$$dR_{\Delta T}, P_2 V_2 - p_1 V_1, \alpha V_2' - \alpha V_1'$$

$$F_d + 25.7 +$$

$$\frac{5}{2} R_A T$$

$$\frac{\frac{1}{x}}{\frac{1}{x}}, \ln x$$

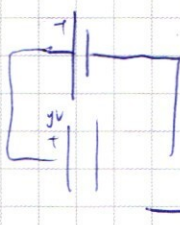
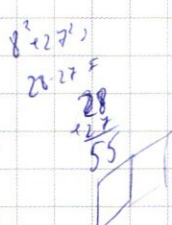
$$P_2 \, dV_2$$

$$\int p dv = \sum p dv = \sum dW_s$$

$$\Delta \cdot \leq V_{\Delta} V, \quad \frac{\Delta V_2^2}{2} - \frac{\Delta V_1^2}{2}$$

$$\ln\left(\frac{d_{\text{air}}}{d}\right)$$

$$4 \ln \left(\frac{1+4}{1} \right) 50$$



$$\frac{\alpha v_2^2}{2} - \frac{\alpha v_1^2}{2} = p_1(v_2 - v_1)$$

$\propto V_1 V_2$

$$\ln(1 + \frac{5}{d}) - \ln(1 + \frac{4}{f})$$

$$\propto (V_2 - V_1)(V_1 + V_2) \propto (V_1 - V_2)V_1$$

$$\frac{5}{9F} \quad \frac{1}{\frac{9F}{5} + 100} \quad + \quad \frac{1}{\frac{9F}{5} + 100} \quad + \quad \frac{1}{F}$$

$$\frac{\alpha}{2} \left(\cancel{V_2} - V_1 - 2\cancel{V_1} \right) (V_1 - V_2), \quad \frac{\alpha}{2}$$

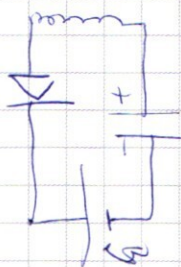
$$\frac{yF^2}{5} + F\sqrt{\Delta T} + \frac{yF^3}{4} - U F \Delta T$$

$$\frac{\partial F}{\partial y} + \Delta \left(\frac{\partial F}{\partial y} + \frac{\partial F}{\partial y} \right)$$

3.

$$\frac{Cu^2}{1}$$

24-28, 2.66



$$\frac{\Delta V}{V_1 + \Delta V} = \frac{\frac{\Delta V}{V_1} + 1}{1 + \frac{\Delta V}{V_1}}$$

$$(2d_3 - d_2) \Gamma$$

$$2d_1 + 5d_2 = d_3$$

$$27^2 - 8^2 = (27-8)(27+8) = 19 \cdot 35 = 665$$

$$\begin{array}{r} 725 \\ - 64 \\ \hline 793 \end{array}$$

7/15

