

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

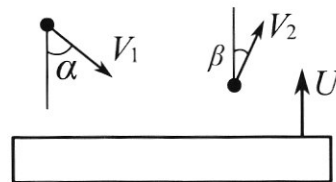
Класс 11

Вариант 11-04

Шифр

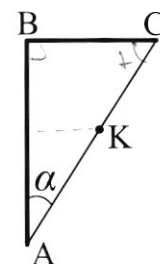
(заполняется секретарём)

- ✓ 1. Массивная плита движется с постоянной скоростью U вертикально вверх. К плите подлетает шарик, имеющий перед ударом скорость $V_1 = 18$ м/с, направленную под углом α ($\sin \alpha = \frac{2}{3}$) к вертикали (см. рис.). После неупругого удара о гладкую горизонтальную поверхность плиты шарик отскакивает со скоростью V_2 , составляющей угол β ($\sin \beta = \frac{3}{5}$) с вертикалью.



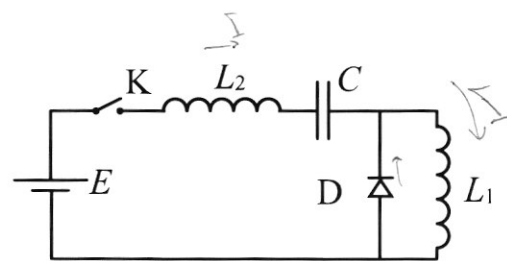
- ✓ 1) Найти скорость V_2 .
 2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе. Действие силы тяжести за малое время удара не учитывать. Ответы допустимы через радикалы из целых чисел.
- ✓ 2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится аргон, во втором – криптон, каждый газ в количестве $\nu = 3/5$ моль. Начальная температура аргона $T_1 = 320$ К, а криптона $T_2 = 400$ К. Температуры газов начинают медленно выравниваться, а поршень начинает медленно двигаться. Оба газа одноатомные, газы считать идеальными. $R = 8,31$ Дж/(моль К).
- 1) Найти отношение начальных объемов аргона и криптона.
 2) Найти установившуюся температуру в сосуде.
 3) Какое количество теплоты передал криптон аргону?

- ✓ 3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины АВ и ВС перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром В. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру В.

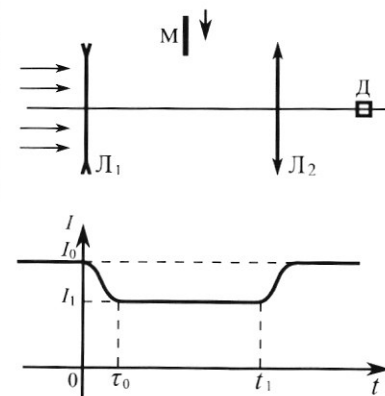


- 1) Пластина ВС заряжена с постоянной поверхностной плотностью заряда. Угол $\alpha = \pi/4$. Во сколько раз увеличится напряженность электрического поля в точке К на середине отрезка АС, если пластину АВ тоже зарядить с такой же поверхностной плотностью заряда?
 2) Пластины ВС и АВ заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = \sigma, \sigma_2 = 2\sigma/7$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/9$. Найти напряженность электрического поля в точке К на середине отрезка АС.

4. Электрическая цепь собрана из идеальных элементов: источника с ЭДС E , катушек с индуктивностями $L_1 = 5L, L_2 = 4L$, конденсатора емкостью C , диода D (см. рис.). Ключ K разомкнут, конденсатор не заряжен, тока в цепи нет. После замыкания ключа возникают колебания тока в L_2 .



- ✓ 5. Оптическая система состоит из двух соосных тонких линз L_1 и L_2 (см. рис.) с фокусными расстояниями $-2F_0$ и F_0 , соответственно. Расстояние между линзами $2F_0$. Диаметры линз одинаковы и равны D , причем D значительно меньше F_0 . На линзу L_1 падает параллельно оси системы пучок света с одинаковой интенсивностью в сечении пучка. Прошедший через обе линзы свет фокусируется на фотодетекторе Д, на выходе которого сила тока пропорциональна мощности падающего на него света. Круглая непрозрачная мишень М, плоскость которой перпендикулярна оси системы, движется с постоянной скоростью перпендикулярно оси системы так, что центр мишени пересекает ось на расстоянии F_0 от L_1 . На рисунке показана зависимость тока I фотодетектора от времени t (секундомер включен в момент начала уменьшения тока). $I_1 = 7I_0/16$



- 1) Найти расстояние между линзой L_2 и фотодетектором.
 2) Определить скорость V движения мишени. 3) Определить t_1 .

Известными считать величины F_0, D, τ_0 .

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 5

Дано:

F_0

Φ

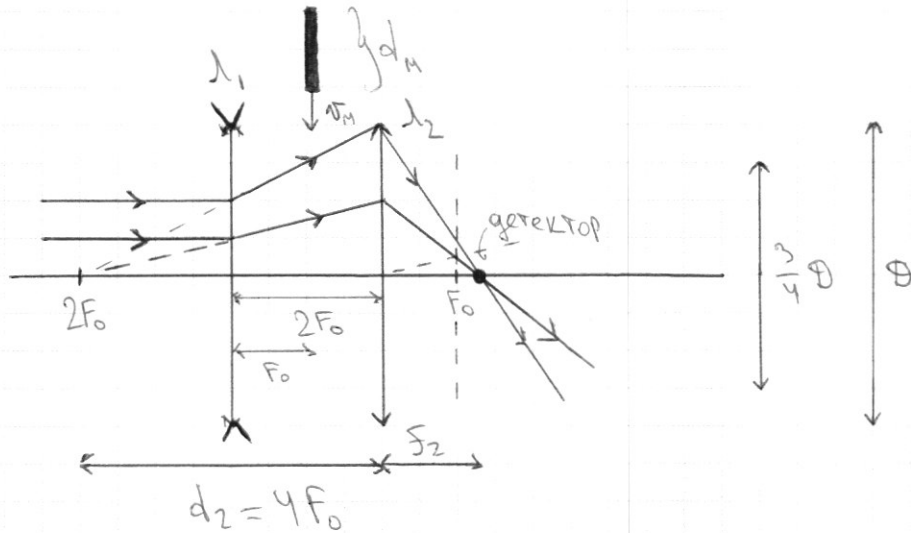
τ_0

Найти:

1) F_2 ?

2) τ_m ?

3) z_1 ?



1) Требуется, что лучи, вошедшие в линзу 1 выше $\frac{\Phi}{4}$ от оси не попадут в λ_2 . Линза начинает перекрывать лучи, попадающие в элемент на расстоянии $\frac{3}{8}\Phi$ от оси, значит весь пучок линза S_1 когда она приближается I , $S = \frac{2 \cdot 3}{8}\Phi = \frac{3}{4}\Phi$. Мы можем рассмотреть лучи, прошедшие в λ_2 , как лучи, вошедшие на $d_2 = 4F_0$

т.е.
$$\frac{1}{F_0} = \frac{1}{4F_0} + \frac{1}{F_2} \quad ; \quad \frac{1}{F_2} = \frac{3}{4F_0} \quad ; \quad \underline{F_2 = \frac{4}{3}F_0}$$

2) $\tau_0 = \frac{d_m}{\nu_m}$; $I \sim N_{ф} \sim \text{кол-во прошедших лучей}$

т.е. при $\frac{3}{4}\Phi \sim I_0$

при $\frac{3}{4}\Phi - d_m \sim \frac{7I_0}{16}$ ☹

$$\frac{\frac{3}{4}\Phi}{\frac{3}{4}\Phi - d_m} = \frac{16}{7} \quad ; \quad \frac{3\Phi}{3\Phi - 4d_m} = \frac{16}{7}$$

$$\frac{16}{7} \cdot 4d_m = 3D \cdot \frac{9}{7} \cdot 1.7$$

$$d_m = \frac{27}{64} D$$

$$\sigma_m = \frac{d_m}{T_0} = \frac{27D}{64T_0}$$

$$3) S_m = \frac{3}{4} D$$

$$L_1 = \frac{S_m}{\sigma_m} = \frac{\frac{3}{4} D \cdot 64T_0}{27D} = \frac{16}{9} T_0$$

Ответ: $\frac{4}{3} F_0$; $\frac{27D}{64T_0}$; $\frac{16}{9} T_0$

№3.

Дано:

$$\alpha = \frac{\pi}{4}$$

$$\rho_1 = \rho_2$$

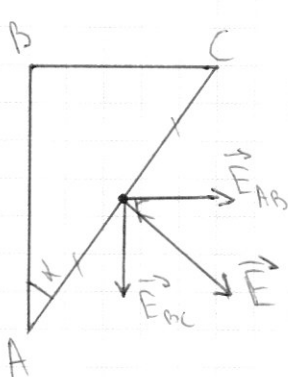
$$1) \frac{E}{E_0} = ?$$

$$2) E = ?$$

$$\sigma_1 = \sigma$$

$$\sigma_2 = \frac{2\sigma}{7}$$

$$t_2 = \frac{\pi}{9}$$



1) $\triangle ABC$ - прямоугольный, $\angle B = 90^\circ$; $\alpha = \frac{\pi}{4}$, т.е.
 $\triangle ABC$ - равнобедренный, AC - гипотенуза.

т.е. при $\rho_1 = \rho_2$ и $E_{BC} = E_{AB}$

т.е. $E_0 = E_{BC}$, а $E = E_{BC} \cdot \sqrt{2}$

$$\frac{E}{E_0} = \sqrt{2} \left(= \frac{E_{BC} \cdot \sqrt{2}}{E_{BC}} \right)$$

2) по следствию из теоремы Гаусса: $E_m = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$

т.е. $E_{AB} = \frac{\sigma_2}{2\epsilon_0}$; $E_{BC} = \frac{\sigma_1}{2\epsilon_0}$; где ϵ_0 - const

$$E = \sqrt{E_{AB}^2 + E_{BC}^2} = \sqrt{\frac{4\sigma^2}{49\epsilon_0^2} + \frac{\sigma^2}{(2\epsilon_0)^2}} = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \cdot \sqrt{\frac{1}{49} + \frac{1}{4}}$$

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \cdot \frac{1}{14} \cdot \sqrt{55} = \frac{\sigma \cdot \sqrt{55}}{14\epsilon_0}$$

Ответ: $\sqrt{2}$; $\frac{\sigma \cdot \sqrt{55}}{14 \cdot \epsilon_0}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2

Дано:

$$\nu_1 = \nu_2 = \nu = \frac{3}{5} \text{ моль}$$

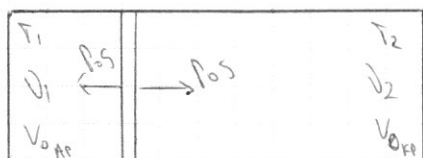
$$T_1 = 320 \text{ K}$$

$$T_2 = 400 \text{ K}$$

1) $\frac{V_{0AP}}{V_{0KP}} = ?$

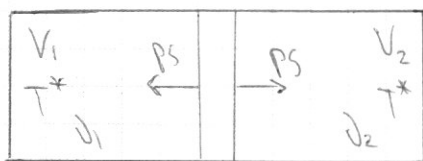
2) $T^* = ?$

3) $\Delta Q_{AP} = ?$



$$\frac{V_{0AP}}{V_{0KP}} = 0,8 \quad | \Rightarrow V = V_{0AP} + V_{0KP} \quad | \Rightarrow V_{KP} = \frac{5}{9} V$$

2)



$$1) \quad p_0 \cdot V_{0AP} = \nu R T_1$$

$$p_0 \cdot V_{0KP} = \nu R T_2 \quad \text{⊙} \downarrow$$

$$\frac{V_{0AP}}{V_{0KP}} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{320 \text{ K}}{400 \text{ K}}$$

$$p \cdot V_1 = \nu_1 R T^*$$

$$p \cdot V_2 = \nu_2 R T^* \quad \text{⊙}$$

$$\frac{V_1}{V_2} = 1 \quad | \Rightarrow V_1 = V_2 = \frac{V}{2}$$

Г.е. $T^* = T_2 - \Delta T = T_1 + \Delta T$; $2\Delta T = T_2 - T_1$; $\Delta T = \frac{T_2 - T_1}{2}$

$$\Delta T = \frac{400 \text{ K} - 320 \text{ K}}{2} = 40 \text{ K} \quad | \Rightarrow \underline{T^* = 360 \text{ K}}$$

3) $p_0 = \frac{\nu_2 R \cdot 400 \text{ K}}{\frac{5}{9} V} = \frac{720 \nu R}{V}$; $p = \frac{\nu_2 R \cdot 360 \text{ K}}{\frac{V}{2}} = \frac{\nu R \cdot 720}{V}$

Г.е. $p = \text{const.}$

$$\left(U = \frac{9}{5} V_{0KP} \right)$$

$$Q_{KP} = \Delta U_{KP} + A'_{KP} = -\frac{3}{2} \nu R \Delta T + \left(\frac{5}{9} V - \frac{V}{2} \right) \cdot p_0 = -\left(\frac{3}{2} \nu R \Delta T + \frac{1}{18} V p_0 \right) =$$

$$= -\left(\frac{3}{2} \nu R \Delta T + \frac{1}{10} V_{0KP} p_0 \right) = -\nu_2 R \cdot \left(\frac{3}{2} \Delta T + \frac{1}{10} \cdot T_2 \right) = \underline{\underline{-498,6 \text{ Дж}}}$$

Г.е. $Q_{KP} = -Q_{AP} = 498,6 \text{ Дж.}$

Ответ: 0,8; 360 K; 498,6 Дж.

Дано:

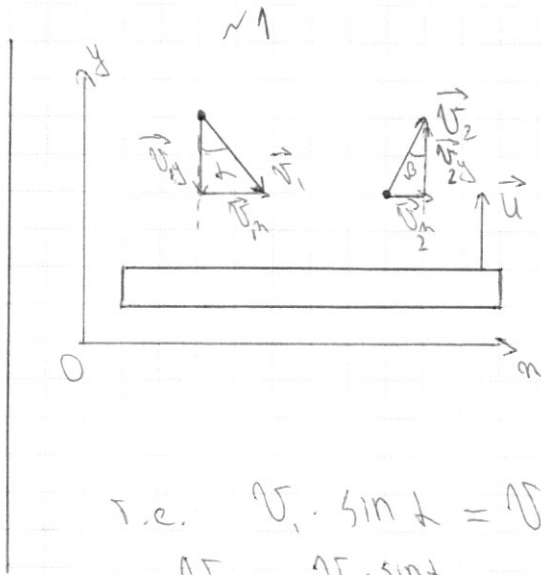
$$v_1 = 18 \text{ м/с}$$

$$\sin \alpha = \frac{2}{3}$$

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

1) $v_2 = ?$

2) $u = ?$



1) По Ом От мо можем применит ЕЧ, т.к. на элемент по Эмос су нима детерминире и озабоават.

т.е. $m v_{1n} = v_{2n} m$

т.е. $v_{1n} = v_{2n}$

т.е. $v_1 \cdot \sin \alpha = v_2 \cdot \sin \beta$

$$v_2 = \frac{v_1 \cdot \sin \alpha}{\sin \beta} ; v_2 = \frac{18 \text{ м/с} \cdot \frac{2}{3}}{\frac{3}{5}} = \underline{20 \text{ м/с}}$$

2) $\frac{m v_1^2}{2} = \frac{m v_2^2}{2} + q$

Ответ: 20 м/с ; -

Дано:

E

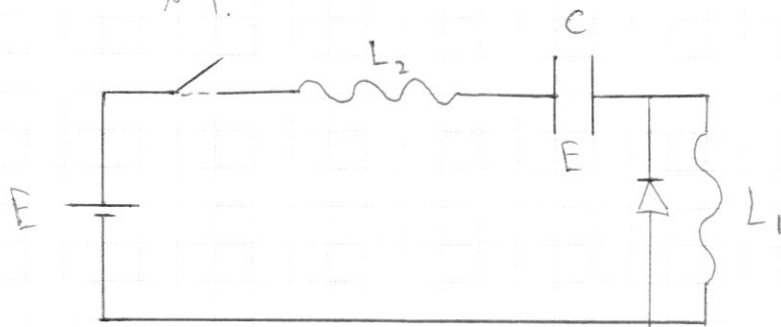
$$L_1 = 5L$$

$$L_2 = 4L$$

1) $T = ?$

2) $I_{01} = ?$

3) $I_{02} = ?$



ка L2: $1) q_m = CE ; T = 2\pi \cdot \sqrt{4LC} = 4\pi \cdot \sqrt{LC}$

2) Когда ключ открыт и разряжен C; $I_{02} = \text{max}$
 в этот момент ток $I_{01} = 0 \text{ A}$ и:

$$\frac{CE^2}{2} = \frac{4LI_{02}^2}{2} \quad \text{и} \quad - E \cdot CE ; \quad 3CE^2 = 4LI_{02}^2$$

$$I_{02} = \frac{E}{2} \cdot \sqrt{\frac{3C}{L}}$$

Ответ: $4\pi \cdot \sqrt{LC}$; - ; $\frac{E}{2} \cdot \sqrt{\frac{3C}{L}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$v_1 = 18 \text{ м/с}; \sin \alpha = \frac{2}{3}; \sin \beta = \frac{3}{5}$
 $\cos \beta = \frac{4}{5}$
 $v_2 = v_1 \cdot \cos \alpha + 2u$
 $v_2 = \frac{v_1 \cdot \sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{18 \text{ м/с} \cdot \frac{2}{3}}{\frac{3}{5}} = 12 \cdot \frac{5}{3} = 20 \text{ м/с}$
 $v_2 = \frac{v_1 \cdot \sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{18 \cdot \frac{2}{3}}{\frac{3}{5}} = \frac{12}{\frac{3}{5}} = 20$

$E = \frac{mv_1^2}{2} = \frac{mv_2^2}{2} + Q$
 $v_{2y} = v_2 \cdot \cos \beta; v_{1y} = v_1 \cdot \cos \alpha$
 $v_{2y} = 16; v_{1y} = \frac{\sqrt{5}}{3} \cdot v_1 = 6 \cdot \sqrt{5}$
 $v_1 = 0,8v_2; v = v_1 + v_2 = 1,8v_2 = \frac{8}{5}v_2$
 $\frac{5}{9}v = v_2$

$P_0 v_1 = J_1 R T_1$
 $P_0 v_2 = J_2 R T_2$
 $\frac{v_1}{v_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{320}{400} = \frac{8}{10} = 0,8$

$P \cdot v_1' = J_1 R T$
 $P \cdot v_2' = J_2 R T$
 $\Rightarrow v_1' = v_2' = \frac{v}{2}$
 $P_0 = \frac{J_2 R \cdot 400}{\frac{5}{9}v} = \frac{J_2 R \cdot 960}{\frac{v}{2}} = \frac{720 J_2 R}{v}$
 $\frac{20 J_2 R}{v} \Rightarrow \frac{640}{720} = \frac{64}{72} = \frac{8}{9}$
 т.е. $P_0 = \frac{8}{9} P$

$\Gamma = T_2 - \Delta T = T_1 + \Delta T$
 $2\Delta T = T_2 - T_1; \Delta T = 40 \text{ K}; \Gamma = 360 \text{ K}$

$\Delta Q_k = \Delta U_k + A'_k = \frac{3}{2} J_k R (\Delta T) + \frac{1}{8} v_0 \cdot \dots$
 $\Delta Q_k = -J_k R \cdot \left(\frac{T_2}{64} + \frac{5}{2} \Delta T \right) = -\frac{3}{5} \cdot 8,9 \cdot \left(\frac{400}{64} + \frac{3}{2} \cdot 40 \right) = \dots$

$$= -\frac{3}{5} \cdot 8,31 \cdot \left(\frac{3}{2} \cdot 40 + \frac{1}{8} \cdot 400 \right) = -\frac{3}{5} \cdot 89,1 \cdot 11 = -548,46 \text{ Дж}$$

т.е. передан 548,46 Дж.

$$\frac{10}{18} - \frac{9}{18} = \frac{1}{18} \cdot \frac{9}{5} = \frac{1}{10}$$

$$V = \frac{9}{5} V_0$$

$$\begin{array}{r} 23 \overline{) 50} \\ - 0 \\ \hline 230 \\ - 200 \\ \hline 300 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 891 \\ 11 \overline{) 891} \\ \underline{891} \\ 0 \\ 9911 \\ 13 \overline{) 9911} \\ - 27423 \\ \hline 25 \\ - 24 \\ \hline 10 \\ - 9 \\ \hline 1 \\ 23 \end{array}$$

1) $\beta = \text{const}; \alpha = \frac{\pi}{4} = 45^\circ$

$$E = E_0 \cdot \sqrt{2}$$

$$\frac{E}{E_0} = \sqrt{2}$$

NB. $\sigma = \frac{q}{2\epsilon_0}$
 $\sigma = \frac{S \cdot \rho}{\epsilon_0}$; $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$ $E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$

NB. $K = 9 \cdot 10^9$
 $\epsilon_0 = 1,67 \cdot 10^{-11}$

$$\frac{\sigma^2}{4\epsilon_0^2} + \frac{\sigma^2 \cdot 4}{4\epsilon_0^2} = \frac{\sigma^2}{4\epsilon_0^2} + \frac{\sigma^2}{\epsilon_0^2}$$

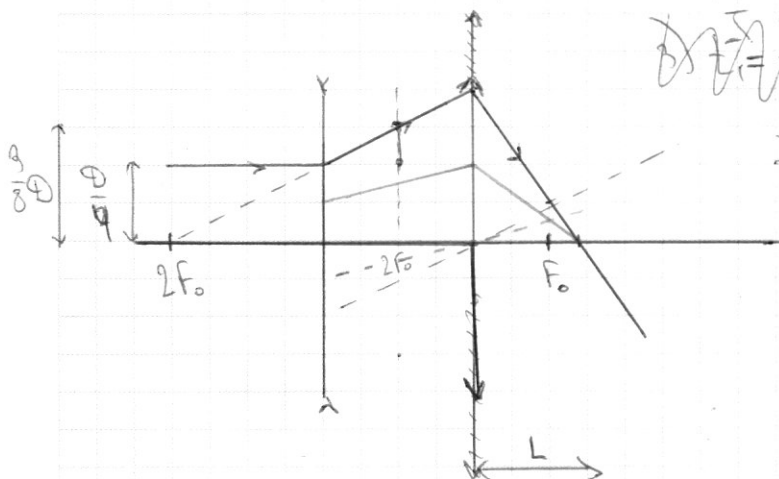
2) $\alpha = \frac{\pi}{9}$; $\sigma_1 = \sigma$; $\sigma_2 = \sigma \cdot 2/7$

$\alpha = 20^\circ \Rightarrow E_{Ac} = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$; $E_{Ac} = \frac{2\sigma}{14\epsilon_0} = \frac{\sigma}{7\epsilon_0}$

$$E = \sqrt{\frac{\sigma^2}{4\epsilon_0^2} + \frac{\sigma^2}{49\epsilon_0^2}} = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \cdot \sqrt{\frac{1}{4} + \frac{1}{49}} = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \cdot \frac{1}{14} \cdot \sqrt{53}$$

NB.

$P = 2F_0$; $F_1 = -F_0$; $F_2 = F_0$; $D \ll F_0$; $I \sim N_d$

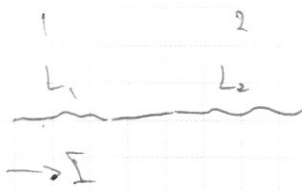


~~$F_1 = \frac{F_0}{2}$~~ 2) F_0 ; D ; T_0

3) $L_m = \frac{6}{8} D = \frac{3}{4} D$; $t_1 - T = \frac{3D}{40v_m}$

2) $T_0 = \frac{d_m}{v_m}$; $I_1 = \frac{7}{16} I_0$

1) $\frac{1}{F_0} = \frac{1}{4F_0} + \frac{1}{L}$; $\frac{1}{L} = \frac{3}{4F_0}$; $L = \frac{4}{3} F_0$



№4

$L_1 + L_2$

$$E = \frac{1 \cdot I^2}{2} + \frac{2 \cdot I^2}{2} = \frac{3I^2}{2}$$

CE

$$q_{L_1} = CE$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$2) \quad \tau_0 = \frac{d_m}{v_m}; \quad I_1 = \frac{7I_0}{16}$$

$I \sim N_{\text{эф}} \sim \text{кон-век}$ ^{допускаем} _{лучей}

при $\frac{6}{8} = \frac{3}{4} \vartheta \rightarrow I = I_0$

при $\frac{3}{4} \vartheta - d_m \sim I_1 = \frac{I_0 \cdot 7}{16}$

⊙

$$\frac{\frac{3}{4} \vartheta}{\frac{3}{4} \vartheta - d_m} = \frac{16}{7} = \frac{3\vartheta}{3\vartheta - 4d_m}$$

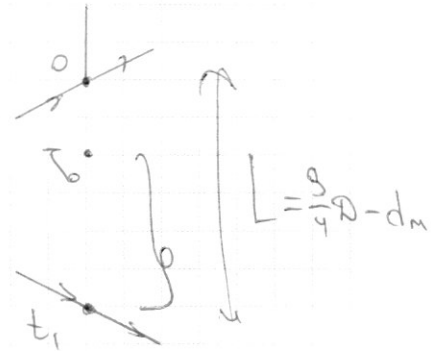
$$\frac{16}{7} \cdot 3\vartheta - \frac{16}{7} \cdot 4d_m = 3\vartheta$$

$$\frac{16}{7} \cdot 4d_m = 3\vartheta \cdot \left(\frac{16}{7} - 1\right) = 3\vartheta \cdot \frac{9}{7} \cdot 7$$

$$16 \cdot 4d_m = 3 \cdot 9\vartheta$$

$$d_m = \frac{27}{64} \vartheta$$

$$v_m = \frac{d_m}{\tau_0} = \frac{27\vartheta}{64\tau_0}$$



$$3) \quad L_m = \frac{6}{8} \vartheta = \frac{3}{4} \vartheta; \quad \text{~~т.е. } \tau_0 \text{}~~$$

$$t_1 = \frac{3}{4} \vartheta / v_m = \frac{\frac{3}{4} \vartheta \cdot \frac{64\tau_0}{27\vartheta}}{\frac{27\vartheta}{64\tau_0}} = \frac{16}{9} \tau_0$$

$$\frac{\frac{3}{4} \cdot 64}{27} = \frac{1}{9} \cdot 16$$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)