

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

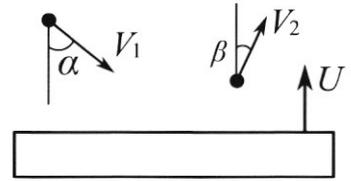
Класс 11

Вариант 11-02

Шифр

(заполняется секретарём)

1. Массивная плита движется с постоянной скоростью U вертикально вверх. К плите подлетает шарик, имеющий перед ударом скорость $V_1 = 6$ 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 ($\sin \beta = \frac{1}{3}$) 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.

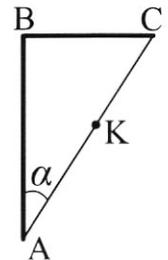
2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится гелий, во втором – неон, каждый газ в количестве $\nu = 6/25$ моль. Начальная температура гелия $T_1 = 330$ К, а неона $T_2 = 440$ 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 гелия и неона.

2) Найти установившуюся температуру в сосуде.

3) Какое количество теплоты передал неон гелию?

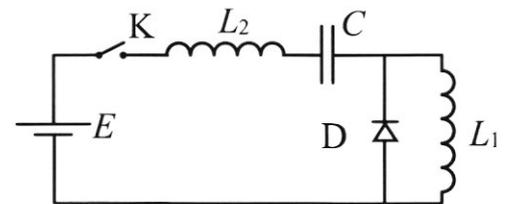
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины АВ и ВС перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром В. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру В.



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 $\sigma_1 = 4\sigma$, $\sigma_2 = \sigma$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/8$. 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 $L_1 = 3L$, $L_2 = 2L$, 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 .

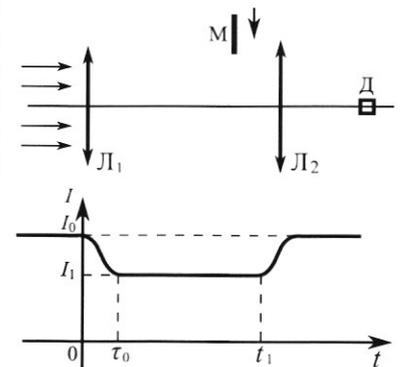


1) Найти период T этих колебаний.

2) Найти максимальный ток I_{01} , текущий через катушку L_1 .

3) Найти максимальный ток I_{02} , текущий через катушку L_2 .

5. Оптическая система состоит из двух соосных тонких линз L_1 и L_2 (см. рис.) с фокусными расстояниями F_0 и $F_0/3$, соответственно. Расстояние между линзами $1,5F_0$. 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 D , на выходе которого сила тока пропорциональна мощности падающего на него света. Круглая непрозрачная мишень M , плоскость которой перпендикулярна оси системы, движется с постоянной скоростью перпендикулярно оси системы так, что центр мишени пересекает ось на расстоянии $5F_0/4$ от L_1 . На рисунке показана зависимость тока I фотодетектора от времени t (секундомер включен в момент начала уменьшения тока). $I_1 = 8I_0/9$.



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

11. На ось Ox штырь шарика
сохраняется \rightarrow

$$v_1 \sin \alpha = v_2 \sin \beta$$

$$v_2 = \frac{v_1 \sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{\frac{2}{3}}{\frac{1}{3}} = 2v_1 = 12 \text{ м/с}$$

$$v_{2y} = v_2 \cos \beta$$

$$\cos \beta = \sqrt{1 - \sin^2 \beta} = \sqrt{1 - \frac{1}{9}} = \frac{\sqrt{8}}{3} = \frac{2\sqrt{2}}{3}$$

$$v_{2y} = \frac{2\sqrt{2}}{3} v_1 \cdot 2 = \frac{4\sqrt{2}}{3} v_1$$

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \frac{4}{9}}$$

Перейдем в СО пластины. $\cos \alpha = \frac{\sqrt{5}}{3}$
(она движется на)

$$v_{1y} = v_1 \cos \alpha = \frac{v_1 \sqrt{5}}{3}$$

$$\text{в СО пластины } u_1 = \frac{v_1 \sqrt{5}}{3} + u$$

$$u_2 = \frac{v_1 \cdot 4\sqrt{2}}{3} v_1 - u$$

приращение скорости по Ox

$$|v_{1y}| - |v_{2y}| = \left| \frac{\sqrt{5}}{3} - \frac{4\sqrt{2}}{3} \right| v_1 = \left| \frac{\sqrt{5} - 4\sqrt{2}}{3} v_1 \right|$$

получается, что шарик приобрел скорость

$$\frac{4\sqrt{2} - \sqrt{5}}{3} v_1 \text{ от пластины.}$$

Р.к. упругость удара не задана, но она
может варьироваться \rightarrow рассмотрим
в крайних случаях.

1) Абс. упругий удар

2) Абс. неупр. удар

3) при Аб.е угловом ударе.

$$v_{2y} = v_{1y} + 2u$$

$$v_{2y} - v_{1y} = 2u$$

$$\frac{4\sqrt{2} - \sqrt{5}}{3} v_1 = 2u$$

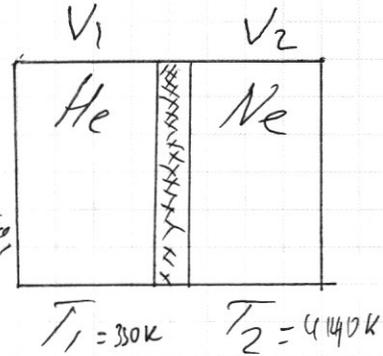
$$u = \frac{4\sqrt{2} - \sqrt{5}}{6} v_1 = (4\sqrt{2} - \sqrt{5}) \text{ м/с}$$

2) Удар Аб.е. неупругий и, \Rightarrow шарик после удара будет двигаться вместе с машинкой $\rightarrow u = v_{2y} = \frac{4\sqrt{2}}{3} v_1 = \underline{8\sqrt{2} \text{ м/с}}$
 $\rightarrow u \in (4\sqrt{2} - \sqrt{5} ; 8\sqrt{2}) \text{ м/с}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача: №2
 $V = \frac{6}{25}$ моль
 $T_1 = 330 \text{ K}$
 $T_2 = 440 \text{ K}$
 Найти:
 $\frac{V_1}{V_2} = ?$
 $T = ?$
 $Q = ?$

Решение:
 Т.к. массы равны и T
 к концу процесса выровняются,
 то поршень будет
 находиться в центре сосуда.
 V_0 - общ. объем.
 $P_1 V_1 = 2PR_1$
 $P_1 V_2 = 2PR_2$ - в началь. момент.



$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{330}{440} = \frac{3}{4}$$

$$\frac{P_2 V_0}{2} = 2PR_3 \quad V_1 + V_2 = V_0$$

$$\frac{P_2 V_0}{2} = 2PR_3$$

Т.к. газы одноатомные, то их
 теплоемкости при одинаковом
 числе их молекул $T_3 = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{330 + 440}{2}$
 $T_3 = 385 \text{ K}$

$$\frac{P_2 V_0}{2} = 2R \frac{(T_1 + T_2)}{2} \rightarrow P_2 = P \rightarrow \text{процесс}$$

изобарный $\Rightarrow P_3 = 2PR(T_3 = T)$

$$\text{№3 } \alpha = \frac{\pi}{4} = \frac{180}{4} = 45^\circ.$$

П.к. $\alpha = 45$, то расстояния от АВ до К и от ВС до К равны \rightarrow .

$$E_1 = E_2 \rightarrow$$

$$E_1 = E_2 = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

$$E_K = \sqrt{2} E_1 \rightarrow$$

в $\sqrt{2}$ раз в $(1,4)$ раза

$$E_1 = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

$$E_2 = \frac{2\sigma}{\epsilon_0}$$

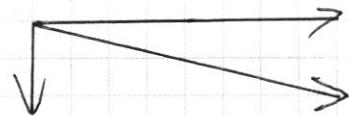
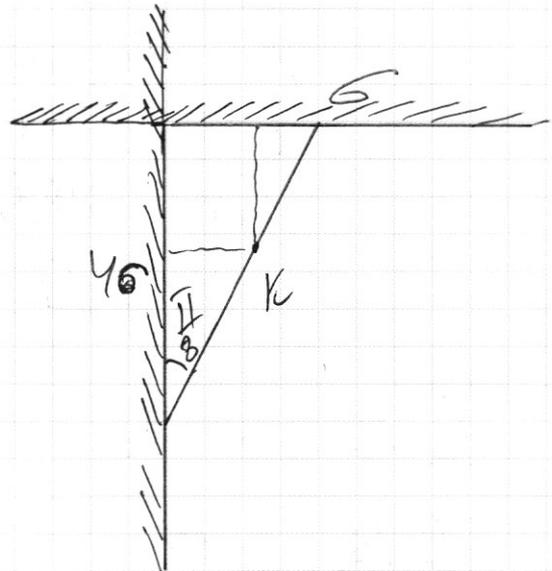
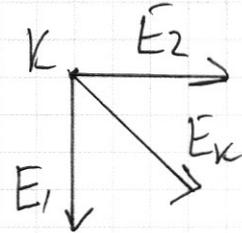
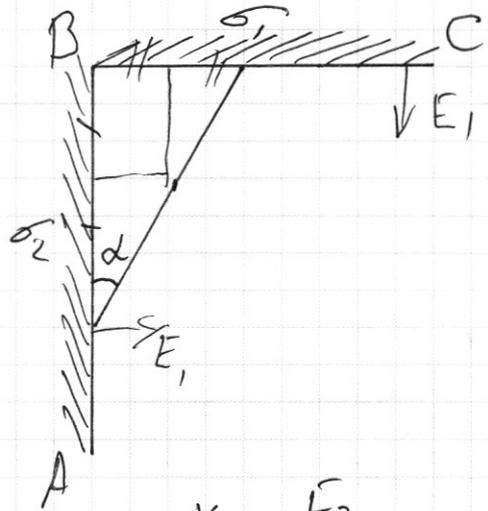
$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2}$$

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \sqrt{\frac{1}{4} + 4} = \frac{4\sigma}{\epsilon_0}$$

В точке К будет поле

$$\frac{4\sigma}{\epsilon_0}$$

Ответ: $\frac{4\sigma}{\epsilon_0}$.



воз He будет расширяться, а Ne - сжиматься

⇒. Мембрана, которую отделяет Ne вся пойдет к He ⇒ $Q_1 = -Q_2$.

$$Q_1 = A_{He} + \Delta U_{He}$$

$$Q_1 = \nu R (T_3 - T_1) + \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_1)$$

$$Q_1 = \frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_1) = \frac{5}{2} \nu R \left(\frac{T_1}{2} + \frac{T_2}{2} - T_1 \right)$$

$$Q_1 = \frac{5}{4} (T_2 - T_1) \nu R$$

$$Q = \frac{5}{4} (440 - 330) \cdot \frac{6}{25} \cdot 8,31$$

$$Q = \frac{5 \cdot 2 \cdot 5 \cdot 11 \cdot 3}{4 \cdot 25} \cdot 8,31$$

$$Q = 2,7423 \text{ Дж}$$

Ответ: $\frac{3}{4}$ 385 K; $2,7 \text{ Дж}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2) $\frac{P_2 / (V_1 + V_2)}{2} = 2 \nu R T_3$

$P_1 / (V_1 + V_2) = 2 \nu R (T_1 + T_2)$

$$\begin{array}{r} 7 \neq 0 / 2 \\ 97 \\ 160 \\ \hline 385 \end{array}$$

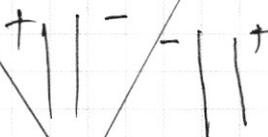
$U_0^2 - 2eU_0 + \frac{3e^2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$

$$\begin{array}{r} \times 8,31 \\ 2493 \\ \hline 2,7423 \end{array}$$

$E = kq^2 / d^2$

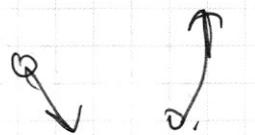
$\frac{90-12}{5} = \sqrt{5}$

L → C
C → L
L → C



3) От угла наклона
не равным 4
напряжению есть
поле единичное в
любой точке.

3) Абс. кинетич. углы



Абс. угловой

4) $\frac{7}{2} \nu R (V_1 + V_2) C + \frac{7}{2} \nu R V_2$

$J = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$

$$\begin{array}{r} \times 8,31 \\ 2493 \\ \hline 2,7423 \end{array}$$

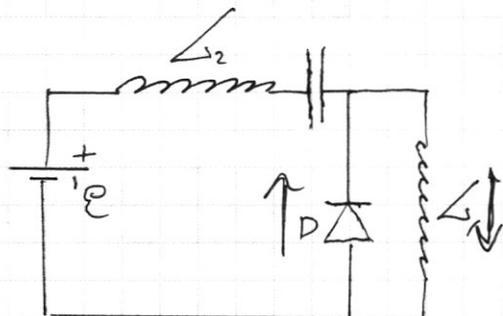
2) $T_3 = \frac{T_1 + T_2}{2} \quad Q = \frac{5}{2} \nu R (T_2 - T_1)$

$$\begin{array}{r} \times 8,31 \\ 2493 \\ \hline 2,7423 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4. Колебания состоят из двух
фаз. 1) конденсатор заряжается
через катушку

2) конденсатор разряжается
прямо через катушку



$$T_1 = 2\pi \sqrt{(L_1 + L_2)C} \Rightarrow T = 2\pi \sqrt{\sqrt{(L_1 + L_2)C} + \sqrt{L_2 C}}$$

$$T_2 = 2\pi \sqrt{L_2 C}$$

~~В этот момент ток через катушку~~

$$T = 2\pi (\sqrt{5LC} + \sqrt{2LC})$$

В этот же момент ток через катушку
 L_2 будет такой же \Rightarrow

$$L_1 \frac{dI_1}{dt} = 0 \quad L_2 \frac{dI_2}{dt} = 0 \Rightarrow$$

$$\mathcal{E} = U_C \Rightarrow q = \mathcal{E}C \Rightarrow A = \mathcal{E}^2 C \Rightarrow$$

$$A = \Delta W_{L1} + \Delta W_C + \Delta W_{L2} + Q \quad Q = 0$$

$$\Delta W_{L1} = \frac{3L_1 I_0^2}{2} \quad \Delta W_{L2} = \frac{2L_2 I_0^2}{2}$$

$$\Delta W_C = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} \quad A = \mathcal{E}^2 C \Rightarrow$$

$$\mathcal{E}^2 C = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} + \frac{5L_1 I_0^2}{2} \Rightarrow C\mathcal{E}^2 = 5L_1 I_0^2$$

$$I_{02} = \sqrt{\frac{CE^2}{5L}} = E \sqrt{\frac{C}{5L}}$$

После этого катушек - L_1, R будет
находиться с постоянными токами I_{01} ,
Катушки после этого U_{MAX} .

$$U_{MAX} = q_{MAX} = C U_{MAX}$$

$$E U_{MAX} = A$$

$$E U_{MAX} = \frac{U_0^2 C}{2} + \frac{L I_{01}^2}{2}$$

$$U_0^2 C - 2 E U_{MAX} + L I_{01}^2 = 0$$

~~$$U_0^2 C - 2 E U_{MAX} + \frac{3 L E^2}{5} = 0$$~~

$$U_0^2 C - 2 E U_{MAX} + \frac{3 L E^2}{5} = 0$$

$$U_0^2 - 2 U_0 E + \frac{3}{5} E^2 = 0$$

$$D = 4 E^2 - \frac{12}{5} E^2 = \left(\frac{2\sqrt{2}}{5} E \right)^2 \Rightarrow$$

$$U_{1,2} = \frac{2 E \pm 2 \sqrt{\frac{2}{5}} E}{2} = E \pm \sqrt{\frac{2}{5}} E$$

→ ток в катушке L_1 не помещается при
разряде конденсатора. →

$$A = \frac{CE^2}{2} \frac{C U_0^2}{2} + \frac{L I_{01}^2}{2} + \frac{L I_{02}^2}{2}$$

Напряжения на конденсаторе будут
E опять $\pm F$ + поларности

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$A = -E(U_0 - e) = -\sqrt{\frac{2}{5}} E^2$$

$$-\sqrt{\frac{2}{5}} E^2 = \frac{cE^2}{2} - \frac{c(E^2 + 2\sqrt{\frac{2}{5}} E^2 + \frac{2}{5} E^2)}{2}$$

$$-2\sqrt{\frac{2}{5}} E^2 = \frac{cE^2}{2} - cE^2 - 2\sqrt{\frac{2}{5}} E^2 + \frac{cE^2}{2}$$

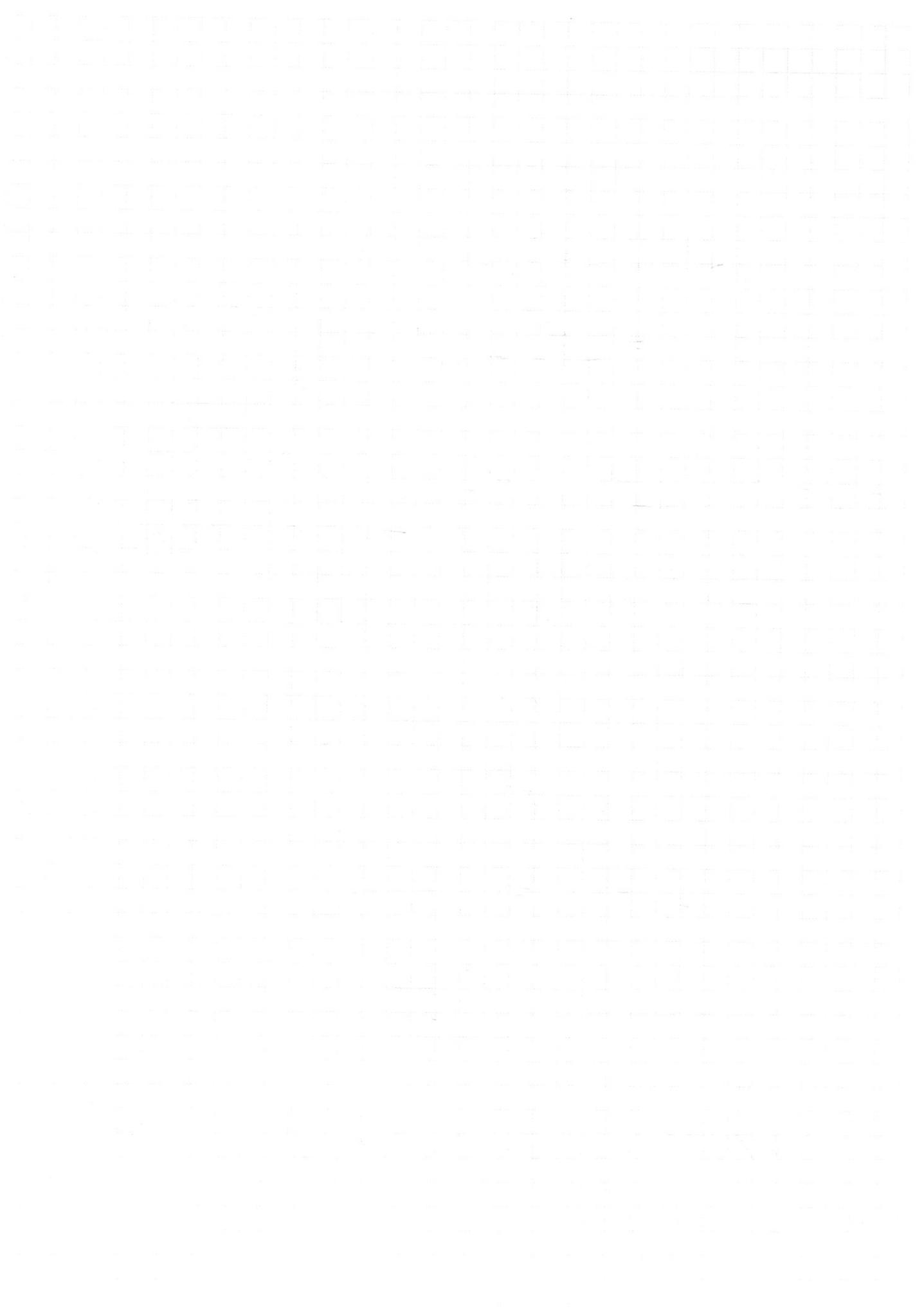
$$\frac{2}{5} E^2 = \frac{3cE^2}{5} + L_2 J_{02}^2$$

$$\frac{E^2}{5} = L_2 J_{02}^2 \Rightarrow L_2 J_{02}^2 = \frac{E^2}{5}$$

$$\frac{2}{5} E^2 c = L_2 J_{02}^2 \quad L_2 = 26$$

$$J_{02} = E \sqrt{\frac{c}{5L_2}}$$

Мем. $J = \frac{E}{\sqrt{5L_2 c} + \sqrt{2L_2 c}}$; $E \sqrt{\frac{c}{5L_2}}$; $E \sqrt{\frac{c}{5L_2}}$

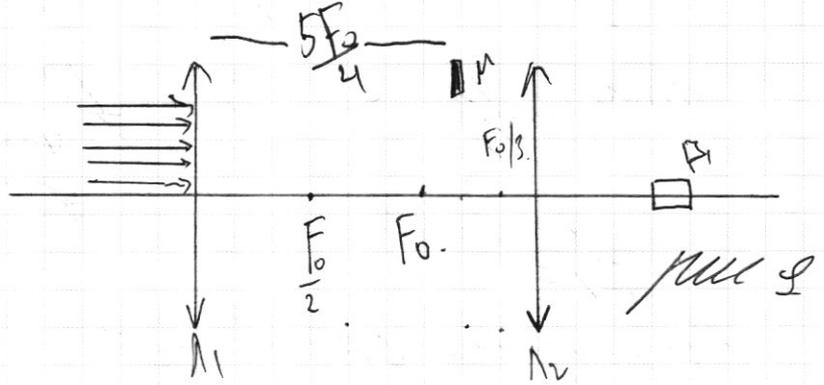


черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) $\frac{2}{f_0} = \frac{2}{f_0} + \frac{1}{f}$
 $\frac{1.5}{f_0} = \frac{1}{f}$
 $f = F_0$



Рассмотрим $\triangle BAF_0$ и $\triangle CF_0D \Rightarrow$ они подобны $e_k = \frac{1}{4}$
 \Rightarrow путь, который проходит перемычка
за время $t_0 = \frac{D}{4} \Rightarrow$

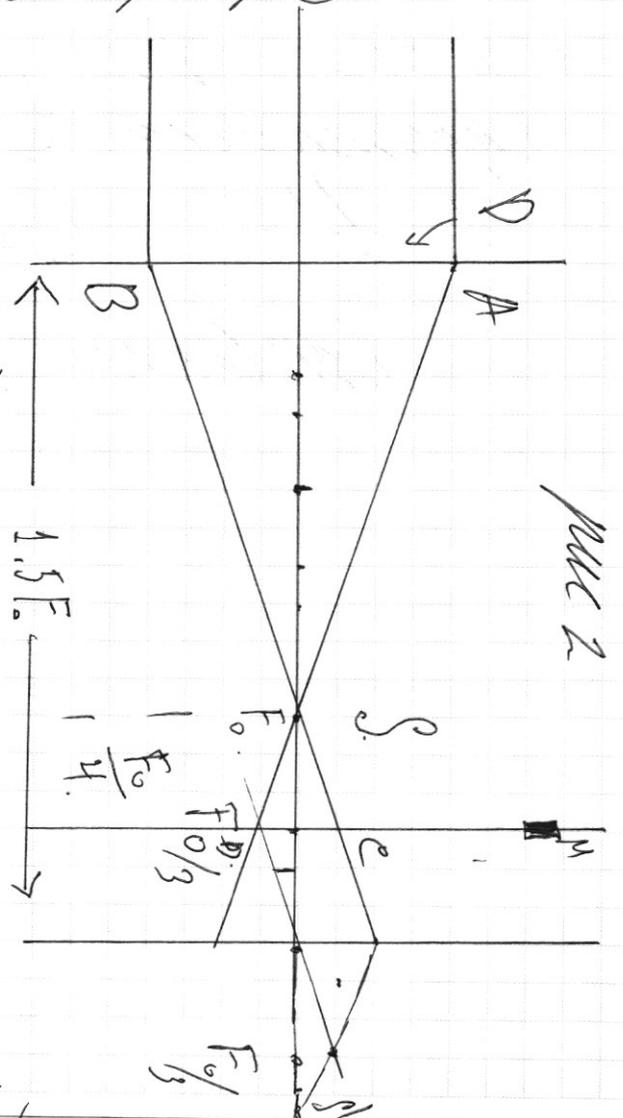
~~$\frac{D}{4} = \frac{D}{4} (t_0)$~~

Т.к. $S_1 = \frac{1}{9} S_0$, то получаем,
что пластинка M
перекрывает $\frac{1}{9}$ от
участка S_0
 $\Rightarrow S_M$ - площадь окружности
диска.

S_1 - площадь линзы

$$S_1 = \pi R^2 = \frac{S_0 D^2}{4} \Rightarrow$$

$$S_{св} = \frac{S_0 D^2}{64} \Rightarrow S_M = \frac{S_0 D^2}{9 \cdot 64}$$



Найдем радиус окружности M .

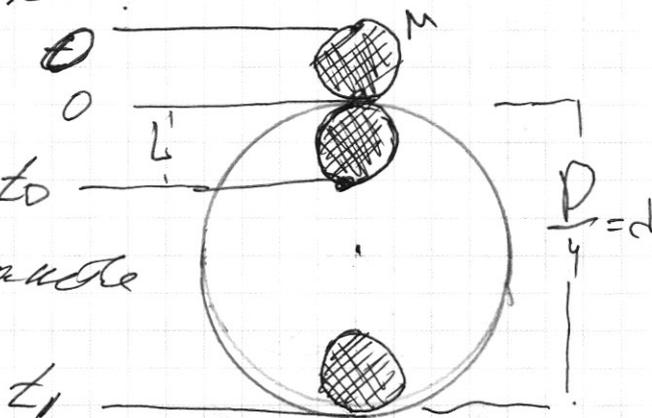
$$S_M = \frac{\pi D^2}{4} = \pi r^2 \quad r = \frac{D}{2} = \frac{D}{24}$$

→ путь, который прошла шайба

от O $l = \frac{D}{4} \rightarrow v = \frac{D}{4t_0} \rightarrow$ рис 3.

~~$t_1 =$~~

На рисунке отмерем t_0 на конусе M в пространстве в определенное время



→ за время t_0 диск проехал удвоенную окружность

$$d = \frac{D}{4} \rightarrow t_1 = \frac{D \cdot 2t_0}{4 \cdot D} = \underline{\underline{2t_0}}$$

Ответ: $2t_0$; $F_0 = \frac{D}{4t_0}$



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)