

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

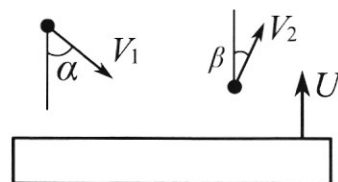
Класс 11

Вариант 11-02

Шифр

(заполняется секретарем)

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.

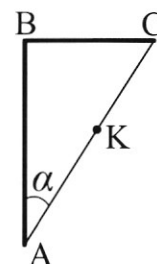


- 1) Найти скорость V_2 .
 - 2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе.
- Действие силы тяжести за малое время удара не учитывать. Ответы допустимы через радикалы из целых чисел.

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).

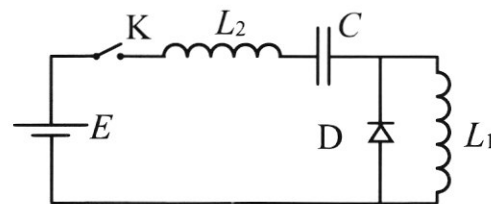
- 1) Найти отношение начальных объемов гелия и неона.
- 2) Найти установившуюся температуру в сосуде.
- 3) Какое количество теплоты передал неон гелию?

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.



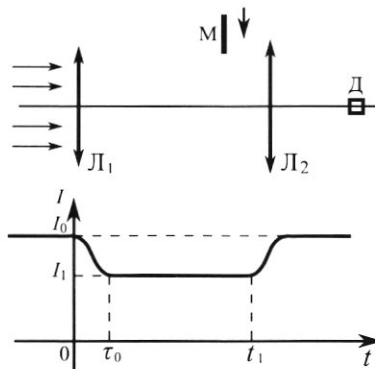
- 1) Пластина ВС заряжена с постоянной поверхностной плотностью заряда. Угол $\alpha = \pi/4$. Во сколько раз увеличится напряженность электрического поля в точке К на середине отрезка АС, если пластину АВ тоже зарядить с такой же поверхностной плотностью заряда?
- 2) Пластины ВС и АВ заряжены положительно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



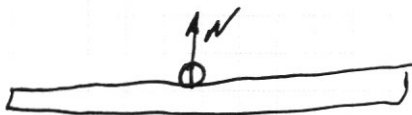
$$\sin \alpha = \frac{v_2}{v_1} \quad \cos \alpha = \frac{\sqrt{5}}{3}$$

$$\sin \beta = \frac{1}{3} \quad \cos \beta = \frac{\sqrt{8}}{3}$$

$$v_1 = 6 \text{ м/с}$$

1) Т.к. поверхность гладкая, то на шарик действует только

сила реакции опоры, а это значит, что горизонтальная компонента не изменяется.



$$v_1 \sin \alpha = v_2 \sin \beta \Rightarrow v_2 = \frac{v_1 \sin \alpha}{\sin \beta}$$

$$= 12 \text{ м/с}$$

2) Если шарик движется в С.О. плоскости, если удар был ^{вертикальный} абсолютно неупругим, то $u_{ш} = 0$ в этой С.О., а оболочка ^{вертикальный} упругая, то $u_{об} = v_1 \cos \alpha + u'$ в С.О. плоскости. Значит в С.О. Заменим $u_{об}$ левым введем коэффициент $K \in [0, 1]$ ~~так~~ вертикальная $u_{ш} = v_1 \cos \alpha K + u \Rightarrow v_1 \cos \alpha - v_1 \cos \alpha K = u$

$$\Rightarrow u \in [v_1 \cos \alpha - v_1 \cos \alpha K; v_1 \cos \alpha]$$

$$u \in [2(2\sqrt{8} - \sqrt{5}); 4\sqrt{8}] \text{ м/с}$$

Ответ: $v_2 = 12 \text{ м/с}$; $u \in [4\sqrt{8} - 2(2\sqrt{8} - 5); 4\sqrt{8}] \text{ м/с}$

$\sqrt{2}$

u_1	N_2	T_2
T_1	J	J

$$T_1 = 330 \text{ К}$$

$$T_2 = 440 \text{ К}$$

1) В начальный момент $P_{кв} = P_{не}$

$$\Rightarrow \frac{JRT_1}{u} = \frac{JRT_2}{v_2} \Rightarrow \frac{T_1}{T_2} = \frac{u}{v_2} = \frac{3}{4}$$

2) Температура извне и наружу не поступает.

Q_{me} - тепло количество тепловой подводится

в тепло $Q_{me} = A + \Delta U_{me}$

$Q_{nc} = -Q_{me}$, т.к. Объем подведенное тепло $= 0$

$$\begin{cases} Q_{me} = A_{me} + \Delta U_{me} & A_{me} = -A_{nc}, \text{ т.к. в малом объеме} \\ -Q_{nc} = -A + \Delta U_{nc} & \text{пространстве времени } P_{me} = P_{nc} \\ P_{me} \Delta V = A_{me} \end{cases}$$

$0 = \Delta U_{me} + \Delta U_{nc}$ $P_{me} - \Delta V = A_{me}$

$0 = \frac{3}{2} JRT_1 + \frac{3}{2} JRT_2 - \frac{3}{2} JRT$

$JRT = \frac{JRT}{2} (T_1 + T_2)$

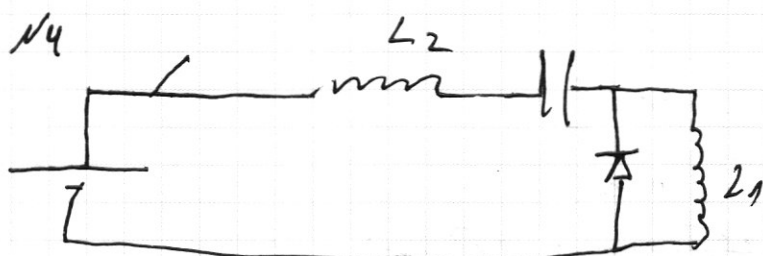
$T = 385 \text{ K}$

3) Т.к температура меняется медленно, то процесс можно считать изобарным $\Rightarrow C_p = \frac{5}{2} \Rightarrow$

$Q = \frac{5}{2} JRT \approx \frac{5}{2} \cdot 63 \cdot 231 \cdot (410 - 385) = \frac{11}{5} \cdot 5 \cdot 8,31 \cdot 3$

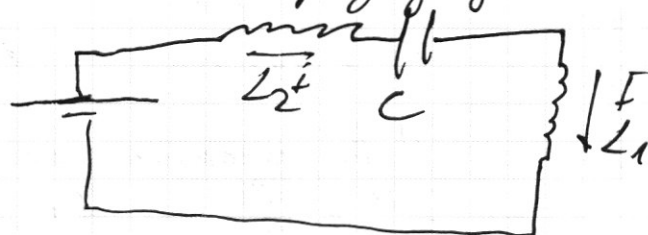
$= 33R \approx 274,23 \text{ Дж}$

Ответ: 1) $\frac{3}{2}$; 2) $T = 385 \text{ K}$; 3) $Q = 274,23 \text{ Дж}$.



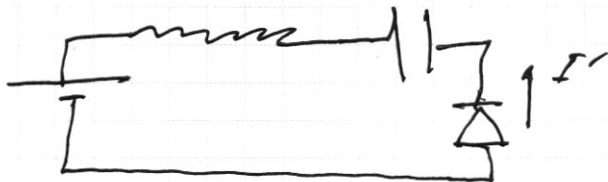
$L_1 = 3L$; $L_2 = 2L$
 E, ϵ
 Колебания можно
 разбить на 2 этапа

1 - когда ток не течет через диод не течет.

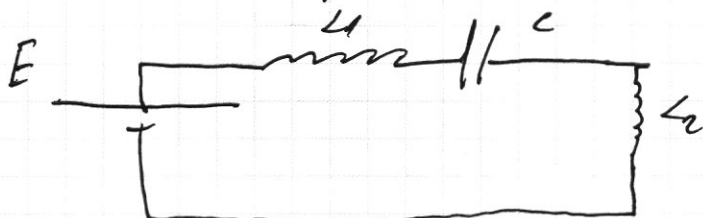


ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2) II Когда ток течёт через диод



Рассмотрим первый этап:



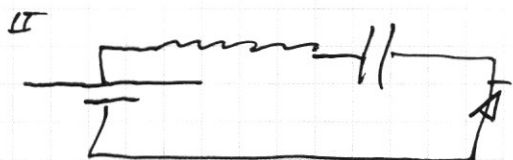
Правило Киргофа:

$$L_1 \ddot{q} + L_2 \ddot{q} + \frac{q}{C} = E$$

$$(L_1 + L_2) \ddot{q} + \frac{q}{C} - E = 0$$

$$\Rightarrow T = 2\pi \sqrt{C(L_1 + L_2)} = 2\pi \sqrt{5LC}$$

, а ток через диод течёт, через повоину колебаний \Rightarrow
 $t_1 = \pi \sqrt{5LC}$



По ~~определению~~

$$\frac{q}{C} + L_2 \ddot{q} = E \Rightarrow \frac{q}{C} + L_2 \ddot{q} - E = 0$$

$$\Rightarrow t_2 = \pi \sqrt{2LC}$$

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

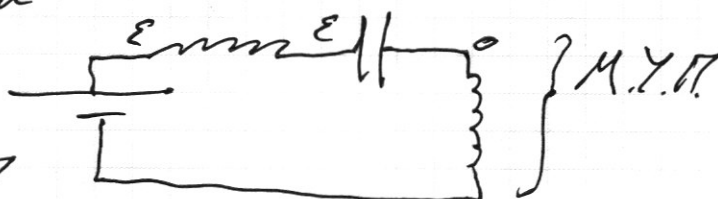
2) 3.С.7. Во втором этапе ток через L_1 не течёт, поэтому его не рассматриваем
 $W_0 = W_L + W_C$ $\frac{dW}{dt} = 0 \Rightarrow I$ максимальна, коэф

$U=0$, I макс для обоих конденсаторов
потом

$$q = CE$$

$$CE^2 = \frac{CE^2}{2} + \frac{L_1 I_1^2}{2} + \frac{L_2 I_2^2}{2}$$

$$\sqrt{\frac{CE^2}{L_1 + L_2}} = I_1 = E \sqrt{\frac{C}{L_1}}$$



3) Рассмотрим второй этап. Ток в L_2 возрастает, до

при пер поид $U_c \neq E \Rightarrow$

$$W_5 = \Delta W_c + \Delta W_L$$

Конден параллельное U_c во II этапе для этого важно иметь З.С.Р при этом учесть, что когда с помощью уравнений $I_2 = 0 \Rightarrow W_5 = \frac{R U_c^2}{2} = E U_c E$

$$U_c = 2E.$$

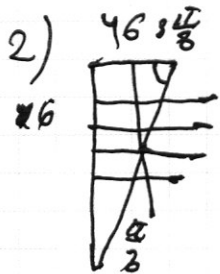
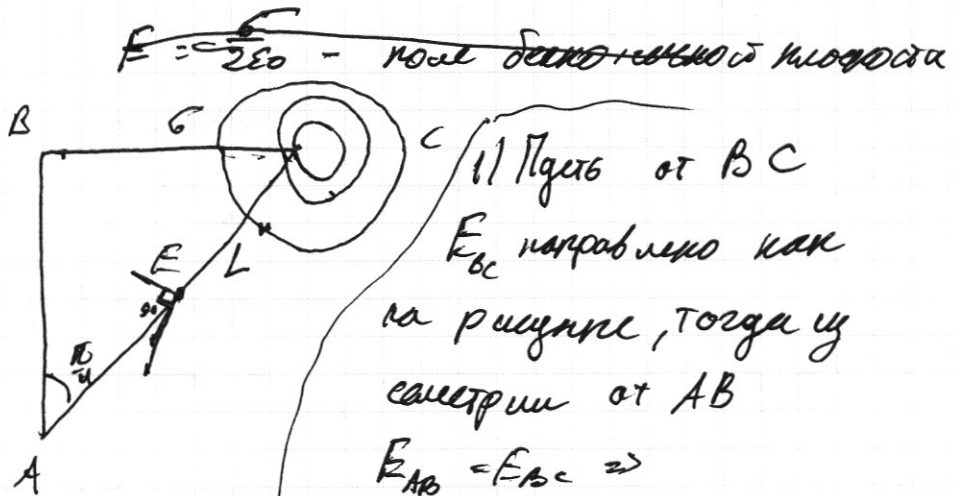
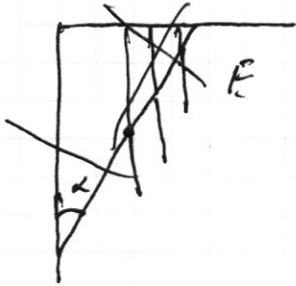
$$W_5 = \cancel{2E^2} - \frac{C U_c^2}{2} + \frac{C E^2}{2} + \frac{L_2 I_2^2}{2} = -C E^2$$

$$\frac{L_2 I_2^2}{2} = \frac{C E^2}{2} \Rightarrow I_2 = \sqrt{\frac{C E^2}{L_2}} = \sqrt{\frac{C E}{2L}} I_1.$$

Ответ: $T = \pi LC (\sqrt{5} + \sqrt{2})$; $I_1 = \sqrt{\frac{C}{5L}} E$;

$$I_2 = \sqrt{\frac{C}{2L}} E$$

14



$$E_1 = \frac{6}{2E_0}$$

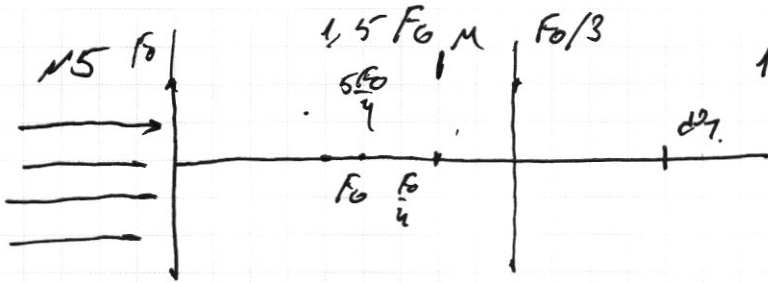
$$E_2 = \frac{46}{2E_0}$$

$$\Rightarrow E_1 + E_2 = \sqrt{\frac{6^2}{4E_0^2} + \frac{16E^2}{4E_0^2}} =$$

$$= \frac{\sqrt{17} E_0}{2E_0}$$

Ответ: $\sqrt{2}$; $\frac{\sqrt{17} E_0}{2E_0}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

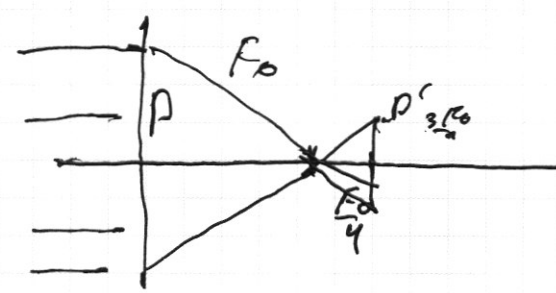


1) Воспроизводимая форма
точкой мним.

$$\frac{S}{F_0} = \frac{2}{F_0} + \frac{1}{\phi} \Rightarrow \phi = F_0$$

2) Какой размер экран M. P ~ "качество фото" фотоув-
мименно забирает из этого пучка $\sim S_{\text{пуч}} \sim D^2$
все фотоны встречающиеся в нем

$$\begin{aligned} I_0 &\sim S \Rightarrow \frac{I_0}{g} \sim S_{\text{мим}} \Rightarrow \\ \frac{I_0}{g} &\sim S - S_{\text{мим}} \\ I_0 &\sim S \Rightarrow g = \frac{S}{S_{\text{мим}}} \\ \frac{I_0}{g} &\sim S_{\text{мим}} \Rightarrow g = \frac{D'}{D_{\text{м}}} \end{aligned}$$



$$\Rightarrow D_{\text{м}} = \frac{D'}{3} = \frac{D}{12} \quad \frac{4F_0}{F_0} = \frac{D_{\text{м}}}{D'} \quad \frac{D_{\text{л}}}{4} = D'$$

$\Rightarrow \frac{P}{12} = S$, которое мы ищем экран M за $t_0 \Rightarrow V = \frac{D}{12 t_0}$

$$3) (t_1 - t_0) = \frac{D' - D_{\text{м}}}{V} = \frac{P}{4} - \frac{P}{12} = \frac{P}{6V} \Rightarrow t_1 = \frac{P}{6V} + t_0$$

Ответ: 1) F_0 ; 2) $V = \frac{P}{12 t_0}$; $t_1 = \frac{P}{6V} + t_0$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

Если угол абсолютно неупругим, то в С.О. мш.
Скорость = 0

А если абсолютно, то $V_2 \cos \alpha = 0$

$$V_2 \cos \beta = V_1 \cos \alpha + U$$

$$V_2 \cos \beta - V_1 \cos \alpha = U$$

$$12 \frac{\sqrt{2}}{3} - 6 \frac{\sqrt{5}}{3} = 2(2\sqrt{2} - \sqrt{5})$$

$$12 \frac{\sqrt{2}}{3} - 6 \frac{\sqrt{5}}{3} =$$

$$2(2\sqrt{2} - \sqrt{5}) \cdot 4$$

$$Q_1 = A + 2U_1$$

$$-Q_2 = -A + 2U_2$$

$$\frac{3}{2} JRT_1 + \frac{3}{2}$$

$$\frac{3}{2} JRT(1-T)$$

$$\frac{770}{2} = \frac{770 \cdot 2}{3 \cdot 2 \cdot 5}$$

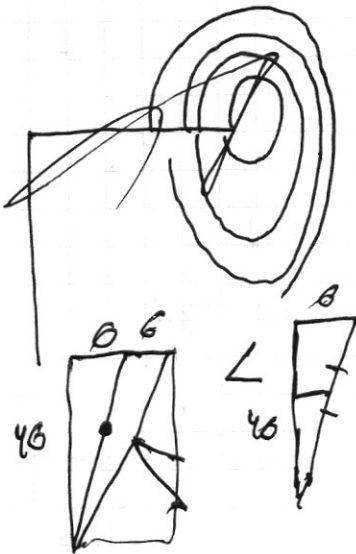
$$\frac{JRT_1}{3} = \frac{JRT_2}{4}$$

$$8T' = 71$$

$$\begin{array}{r} 385 \cdot 4 \\ - 35 \cdot 55 \\ \hline 35 \end{array}$$

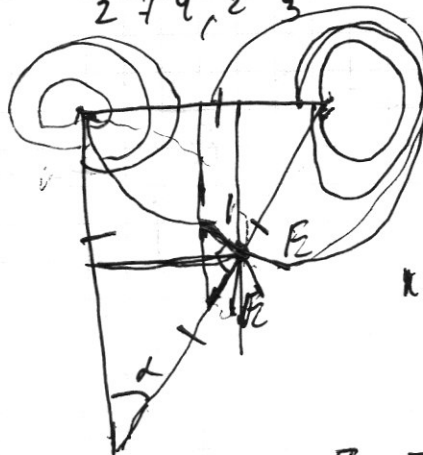
$$274,23$$

$$\begin{array}{r} 831 \\ + 2493 \\ \hline 2483 \\ \hline 274,23 \end{array}$$



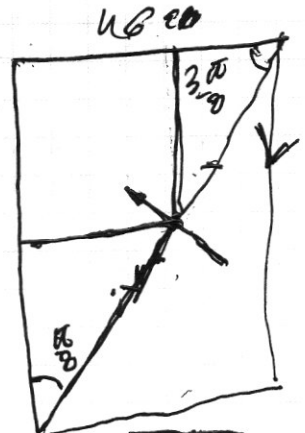
46

46/



46

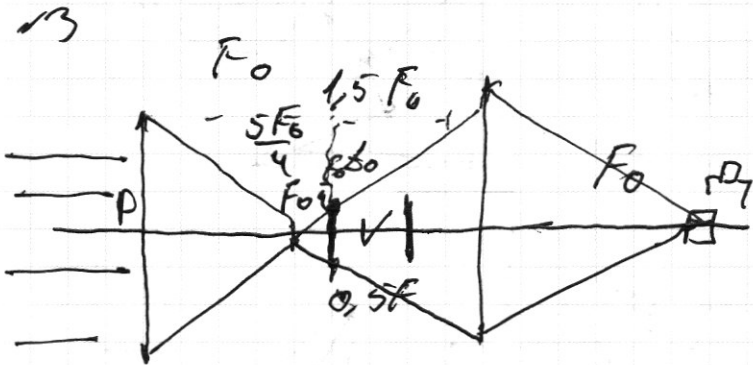
$$\frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{3}$$



46



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$I \sim W$

$W \sim D$

$\frac{3}{F_0} = \frac{2}{F_0} + \frac{1}{F_0} =$

$\frac{4P_1}{F_0} = \frac{D}{F_0}$ $P_1 = \frac{P}{4}$

$W \sim$ „комментарий дара“

~~W~~ \sim „мощность“

$W \sim D^2$

$I \sim D^2$

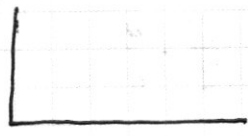
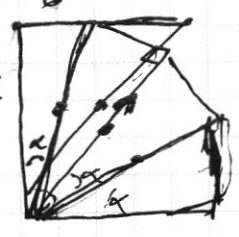
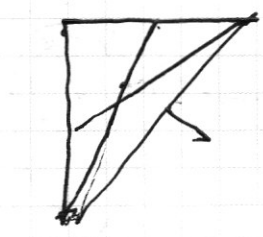
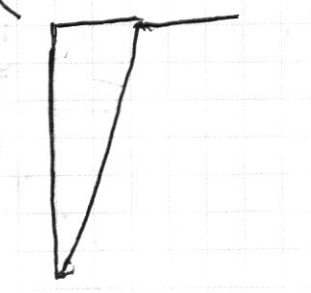
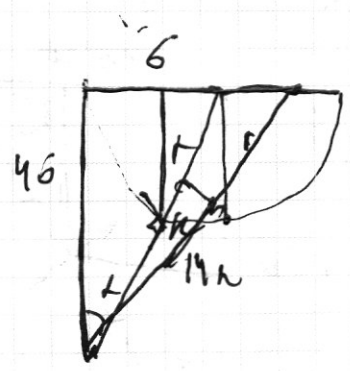
$I_0 \sim D^2$

$\frac{D}{4} \cdot P \rightarrow \frac{3P_1}{4\sqrt{4000}} = V$

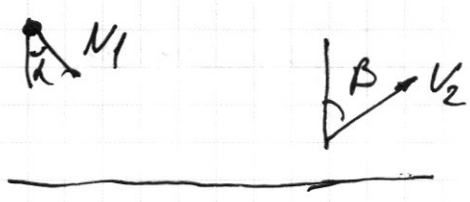
$\eta_{d-10} = \frac{P}{4V_0}$



$E \sim \frac{P}{R}$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



На горизонтальной поверхности ^{компоненты} ~~направление~~
используется $u \Rightarrow$

$$V_1 \sin \alpha = V_2 \sin \beta \Rightarrow$$

$$V_2 = \frac{V_1 \sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{2 \cdot 9}{3 \cdot 1} = V_1 \sqrt{2}$$

2) $m(V_1 + u) \cos \alpha - m(V_2 - u) \cos \beta = F \Delta t$

В. С. О. Ку.

Скорость отлета шарика

мощность в С.О.М. =

$$\frac{V_2 \cos \beta}{2} = u, \quad V_2 = V_1 \sqrt{2}$$

$$[0; V_1 \cos \alpha + u]$$

$$2V_1 \cos \beta =$$

$$\cos \beta = 1 - \frac{1}{3} = \frac{2}{3}$$

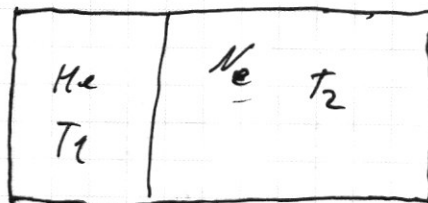
$$\frac{2V_1 \sqrt{2}}{3} = \frac{15}{3} = \frac{15}{3} = V_1 \cos \alpha + u$$

$$\frac{2V_1 (\sqrt{2} - \sqrt{5})}{3} = u$$

$$u = \frac{2V_1 \sqrt{2}}{3}$$

$$u = \frac{2V_1 (\sqrt{2} - \sqrt{5})}{3}$$

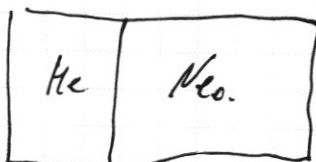
н2



$$\frac{\rho R T_1}{V_1} = \frac{\rho R T_2}{V_2}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{V_1}{V_2}$$

$$\frac{3}{2} \rho R T_1 + \frac{3}{2} \rho R T_2 = 3 \rho R T$$



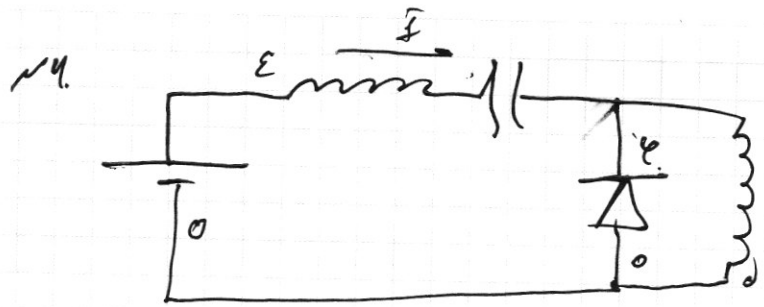
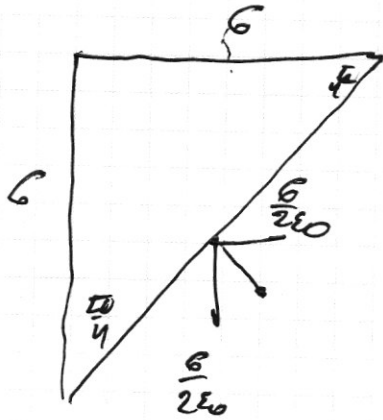
$$\frac{T_1 + T_2}{2} = T$$

$$Q = \Delta u + A$$

$$-Q_2 = \Delta u_2 - A$$

$$\Delta u + \Delta u_2 = 0$$

$$2Q = 2\Delta u + 2A$$



Колеманисе бугуи промодити о
2 шара

$$L_1 \ddot{q} + \frac{q}{C} + L_1 \dot{q} + E = 0$$

$$\Rightarrow (L_1 + L_2) \ddot{q} + \frac{q}{C} + E = 0$$

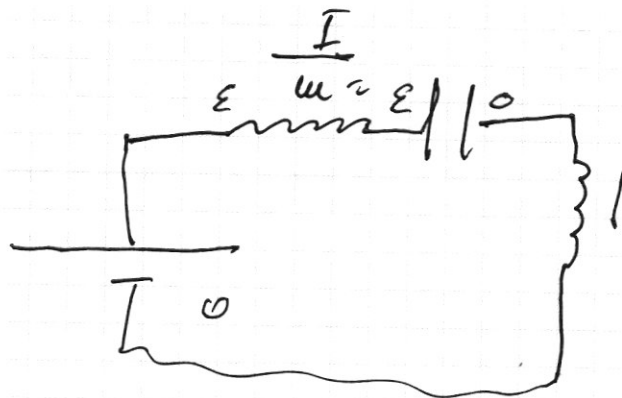
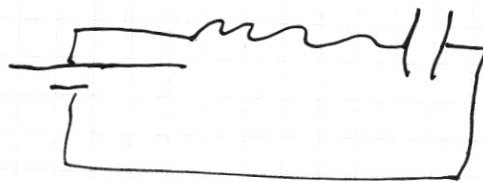
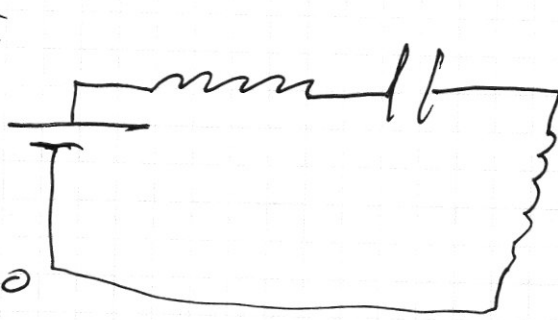
$$\ddot{q} + \frac{q}{C(L_1 + L_2)} = 0$$

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

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

$$\frac{T}{2} = \pi \sqrt{L_1 C}$$

$$I_1 =$$



$$E q + C u$$

$$E q = \frac{C u^2}{2} + L_1 \frac{I^2}{2} + \frac{L_2 I^2}{2}$$

$$\frac{C E^2}{2} \sqrt{\frac{C E^2}{2(L_1 + L_2)}} = 51.$$

