

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

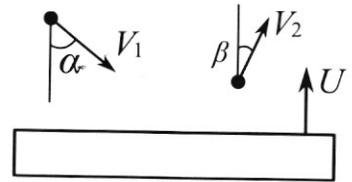
Класс 11

Вариант 11-01

Шифр

(заполняется секретарём)

1. Массивная плита движется с постоянной скоростью U вертикально вверх. К плите подлетает шарик, имеющий перед ударом скорость $V_1 = 8$ м/с, направленную под углом α ($\sin \alpha = \frac{3}{4}$) к вертикали (см. рис.). После неупругого удара о гладкую горизонтальную поверхность плиты шарик отскакивает со скоростью V_2 , составляющей угол β ($\sin \beta = \frac{1}{2}$) с вертикалью.

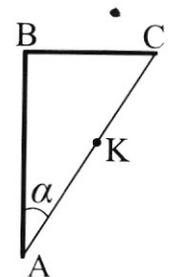


- 1) Найти скорость V_2 .
- 2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе. Действие силы тяжести за малое время удара не учитывать. Ответы допустимы через радикалы из целых чисел.

2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится азот, во втором – кислород, каждый газ в количестве $\nu = 3/7$ моль. Начальная температура азота $T_1 = 300$ К, а кислорода $T_2 = 500$ К. Температуры газов начинают медленно выравниваться, а поршень начинает медленно двигаться. Газы считать идеальными с молярной теплоемкостью при постоянном объеме $C_V = 5R/2$. $R = 8,31$ Дж/(моль·К).

- 1) Найти отношение начальных объемов азота и кислорода.
- 2) Найти установившуюся температуру в сосуде.
- 3) Какое количество теплоты передал кислород азоту?

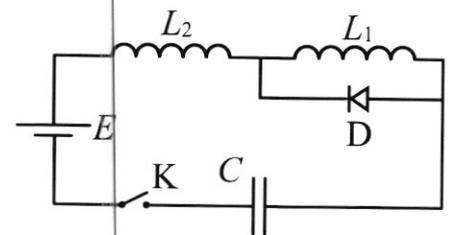
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины АВ и ВС перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром В. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру В.



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?

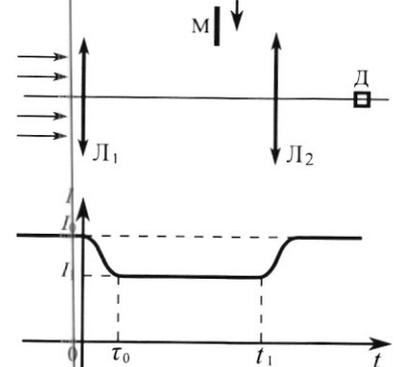
2) Пластины ВС и АВ заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = 2\sigma$, $\sigma_2 = \sigma$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/7$. Найти напряженность электрического поля в точке К на середине отрезка АС.

4. Электрическая цепь собрана из идеальных элементов: источника с ЭДС E , катушек с индуктивностями $L_1 = 2L$, $L_2 = L$, конденсатора емкостью C , диода D (см. рис.). Ключ К разомкнут, конденсатор не заряжен, тока в цепи нет. После замыкания ключа возникают колебания тока в L_1 .



- 1) Найти период T этих колебаний.
- 2) Найти максимальный ток I_{M1} , текущий через катушку L_1 .
- 3) Найти максимальный ток I_{M2} , текущий через катушку L_2 .

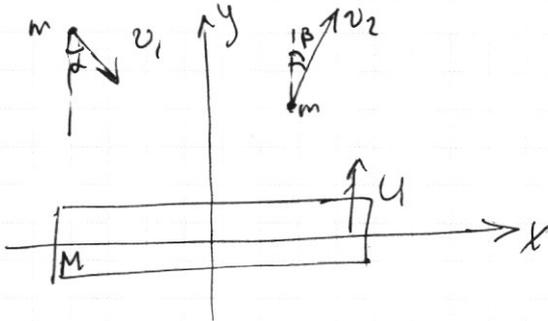
5. Оптическая система состоит из двух соосных тонких линз L_1 и L_2 (см. рис.) с фокусным расстоянием F_0 у каждой. Расстояние между линзами $3F_0$. Диаметры линз одинаковы и равны D , причем D значительно меньше F_0 . На линзу L_1 падает параллельно оси системы пучок света с одинаковой интенсивностью 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 $2F_0$ от L_1 . На рисунке показана зависимость тока I фотодетектора от времени t (секундомер включен в момент начала уменьшения тока). $I_1 = 3I_0/4$.



- 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



№ 1

1) Углы α на x ^{у шарика} сохраняются

$$mv_1 \sin \alpha = mv_2 \sin \beta$$

$$v_2 = v_1 \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = v_2 = 8 \cdot \frac{3/4}{4/5} = 12 \text{ м/с}$$

2) З.С.Э:

$$\frac{mv_1^2}{2} + \frac{Mu^2}{2} = \frac{mv_2^2}{2} + \frac{Mu'^2}{2} + Q$$

u' - скорость плиты после столкновения

З.С.У. на y : $-mv_1 \cos \alpha + Mu = mv_2 \cos \beta + Mu'$

$$u' = u - \frac{m}{M} (v_1 \cos \alpha + v_2 \cos \beta)$$

$$\begin{aligned} \frac{Mu'^2}{2} &= \frac{M}{2} \left(u^2 - 2u \frac{m}{M} (v_1 \cos \alpha + v_2 \cos \beta) + \frac{m^2}{M^2} (v_1 \cos \alpha + v_2 \cos \beta)^2 \right) = \\ &= \frac{Mu^2}{2} - um (v_1 \cos \alpha + v_2 \cos \beta) + \frac{m^2}{2M} (v_1 \cos \alpha + v_2 \cos \beta)^2 \approx \\ &\approx \frac{Mu^2}{2} - um (v_1 \cos \alpha + v_2 \cos \beta), \text{ т.к. } M \gg m. \end{aligned}$$

$$\frac{mv_1^2}{2} + \frac{Mu^2}{2} = \frac{mv_2^2}{2} + \frac{Mu^2}{2} - um (v_1 \cos \alpha + v_2 \cos \beta) + Q$$

$$Q = \frac{mv_1^2}{2} - \frac{mv_2^2}{2} + um (v_1 \cos \alpha + v_2 \cos \beta)$$

Для того, чтобы удар был неупругим, $Q > 0$

$$\frac{v_1^2}{2} - \frac{v_2^2}{2} + u (v_1 \cos \alpha + v_2 \cos \beta) > 0$$

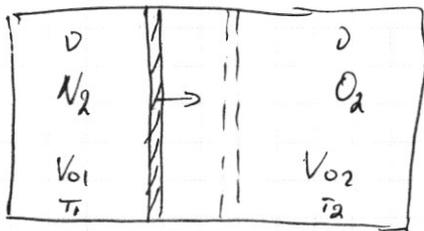
$$u > \frac{v_2^2 - v_1^2}{2(v_1 \cos \alpha + v_2 \cos \beta)}$$

$$\cos \alpha = \frac{\sqrt{7}}{4}$$

$$\cos \beta = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$u > \frac{12^2 - 8^2}{2(8 \cdot \frac{\sqrt{7}}{4} + 12 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2})} = \frac{144 - 64}{2 \cdot (2\sqrt{7} + 6\sqrt{3})} = \frac{80}{4(\sqrt{7} + 3\sqrt{3})} = \frac{20}{\sqrt{7} + 3\sqrt{3}} \text{ м/с.}$$

Ответ: $12 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; $\frac{20}{\sqrt{7} + 3\sqrt{3}} \text{ м/с}$.



№2

$$1) p_{01} = p_{02}$$

$$\frac{pRT_1}{V_{01}} = \frac{pRT_2}{V_{02}}$$

$$\frac{V_{01}}{V_{02}} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{300}{500} = \frac{3}{5}$$

2) П.к. система теплоизолирована, энергия сохраняется.

$$c_V \nu T_1 + c_V \nu T_2 = c_V \cdot 2\nu T_0$$

$$T_0 = \frac{T_1 + T_2}{2} \quad T_0 = \frac{300 + 500}{2} = 400 \text{ К.}$$

$$3) Q_{от O_2 \rightarrow N_2} = \Delta U_{N_2} + A_{N_2 \rightarrow O_2}$$

$$\Delta U_{N_2} = c_V \nu (T_0 - T_1)$$

Пусть в некоторый момент температура N_2 - T_1 , а температура O_2 - T_2 пр

$$\cancel{V_{N_2}} \cancel{V_{O_2}} \quad p_0 \quad \text{з.с.э: } c_V \nu (T_1 + T_2) = c_V \nu T_1 + c_V \nu T_2$$

$$T_{пр} = T_1 + T_2 - T_1$$

$$V_{пр} = V_N \frac{T_{пр}}{T_1} = V_N \frac{T_1 + T_2 - T_1}{T_1} = V_N \frac{T_1 + T_2}{T_1} - V_N.$$

Пусть общий объём сосуда V_0 .

$$\text{Плюс } V_{пр} + V_N = V_0 \quad V_N \frac{T_1 + T_2}{T_1} = V_0 \quad V_N = V_0 \frac{T_1}{T_1 + T_2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Полюга

$$dA = p(T) dV = \frac{\nu R T_1}{V_1} dV = \frac{\nu R T_1}{V_0 T_1} (T_1 + T_2) dV = \frac{\nu R (T_1 + T_2)}{V_0} dV$$

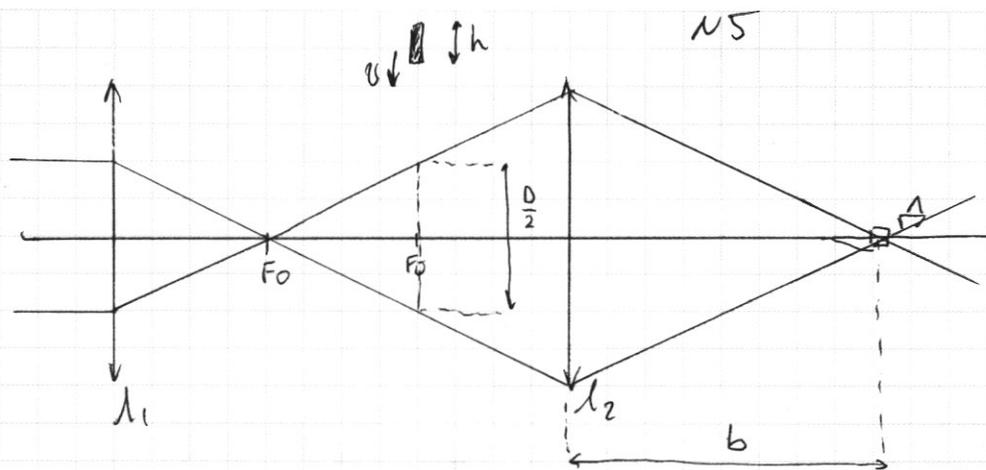
$$Q_{0 \rightarrow 2} \kappa N_2 = C_V \nu (T_0 - T_1) + \int_{\frac{3}{8} V_0}^{\frac{1}{2} V_0} \frac{\nu R (T_1 + T_2)}{V_0} dV =$$

$$= C_V \nu (T_0 - T_1) + \frac{\nu R (T_1 + T_2)}{V_0} \cdot \frac{V_0}{8} = C_V \nu (T_0 - T_1) + \frac{\nu R (T_1 + T_2)}{8}$$

$$Q_{0 \rightarrow 2} \kappa N_2 = \frac{5}{2} R \nu \cdot 100 + \nu R \cdot 100 = \frac{7}{2} \nu R \cdot 100 = \frac{7}{2} \cdot \frac{3}{7} R \cdot 100 = 150 R \approx$$

$$\approx 1246,5 \text{ Дж.}$$

Ответ: 1) $\frac{3}{5}$ 2) 400 K 3) 1246,5 Дж.



- 1) В L_1 лучи сфокусируются в фокусе.
 Для L_2 эта точка будет являться двойным фокусом.

$$\frac{1}{2F_0} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F_0} \quad b = 2F_0$$

- 2) Минимальный ток через фотодетектор будет когда вся мишень будет находится на свету.

~~Тогда она заблокирует $\frac{h}{D} \approx \frac{2h}{D}$ света.~~

$$\frac{\frac{2h}{D}}{\frac{D}{d}} = \frac{y_1}{y_0} = \frac{3}{4}$$

$$4D - 8h = 3D \quad h = \frac{D}{8}$$

Время τ_0 мишень входит в область света.

$$h = v\tau_0 \quad v = \frac{h}{\tau_0} = \frac{D}{8\tau_0}$$

- 3) $t_1 = \tau_0 + t_{\text{внутри свет. обл.}}$

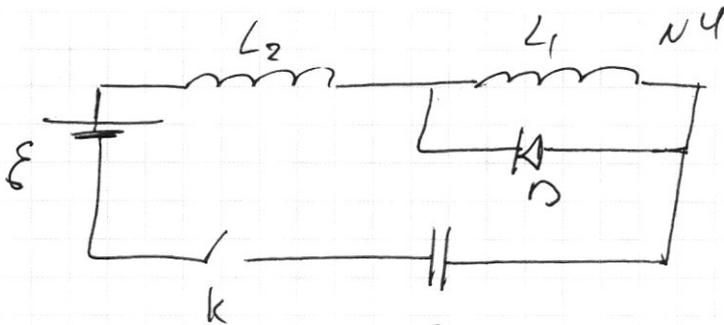
$$t_{\text{внутри свет. обл.}} = \frac{\frac{D}{2} - h}{v} = \frac{\frac{3D}{8}}{\frac{D}{8\tau_0}} = \frac{3D}{8} \cdot \frac{8\tau_0}{D} = 3\tau_0$$

$$t_1 = \tau_0 + 3\tau_0$$

$$t_1 = \frac{D}{2v} = \frac{D}{2 \cdot \frac{D}{8\tau_0}} = 4\tau_0$$

Ответ: 1) $2F_0$; 2) $\frac{D}{8\tau_0}$; 3) $4\tau_0$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



- 1) Напряжение U на конденсаторе колеблется от 0 до 2ε .

Пока идёт зарядка канд. с 0 до 2ε , диод закрыт, катушки соединены последовательно. Зарядка длится половину периода

$$T_1 = \frac{1}{2} \cdot 2\pi\sqrt{(L_1+L_2)C} = \pi\sqrt{3LC}$$

~~Роль~~ →

В процессе разрядки конденсатора диод открывается, и участвует только катушка L_2 .

$$T_2 = \frac{1}{2} \cdot 2\pi\sqrt{L_2C} = \pi\sqrt{LC}$$

$$T = T_1 + T_2 = \pi\sqrt{LC} (1 + \sqrt{3}).$$

- 2) I_{M1} достигается когда конденсатор заряжен до ε .
Выражение зарядки.

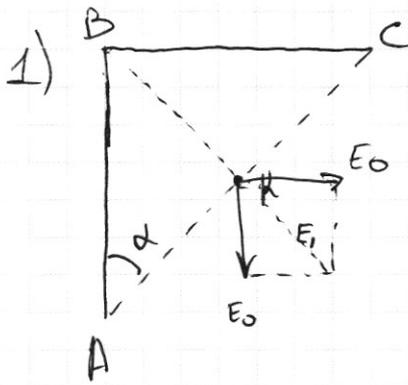
$$\varepsilon \cdot C\varepsilon = \frac{(L_1+L_2)I_{M1}^2}{2} + \frac{C\varepsilon^2}{2} \quad 3LI_{M1}^2 = C\varepsilon^2$$

$$I_{M1} = \varepsilon\sqrt{\frac{C}{3L}}$$

- 3) I_{M2} достигается, когда конденсатор заряжен до ε в процессе разрядки

$$\varepsilon \cdot C\varepsilon = \frac{L_2 I_{M2}^2}{2} + \frac{C\varepsilon^2}{2} \quad I_{M2} = \varepsilon\sqrt{\frac{C}{L}}$$

Ответ: 1) $\pi\sqrt{LC} (1 + \sqrt{3})$; 2) $\varepsilon\sqrt{\frac{C}{3L}}$; 3) $\varepsilon\sqrt{\frac{C}{L}}$.



и 3

Пусть пластинка BC создаёт в т. К ~~то~~ поле напр. E_0 .

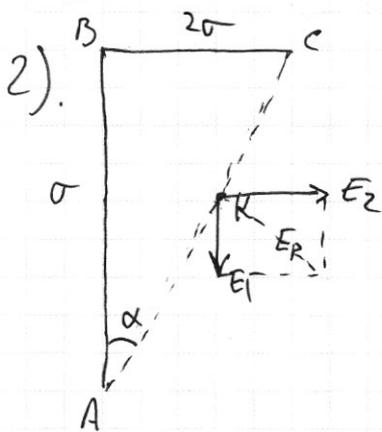
~~Она же~~

в силу симметрии око $\perp BC$.

П.к. $\alpha = \frac{\pi}{4}$, ~~но~~ пластинка AB создаёт такое же поле E_0 , но напр. $\perp AB$

$$E_1 = \sqrt{E_0^2 + E_0^2} = E_0 \sqrt{2}$$

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



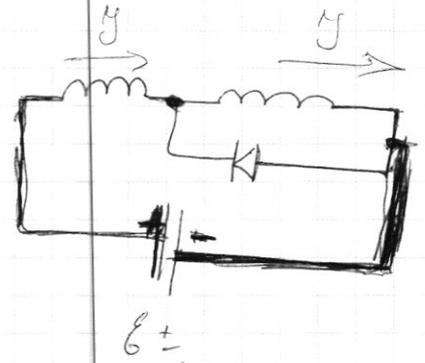
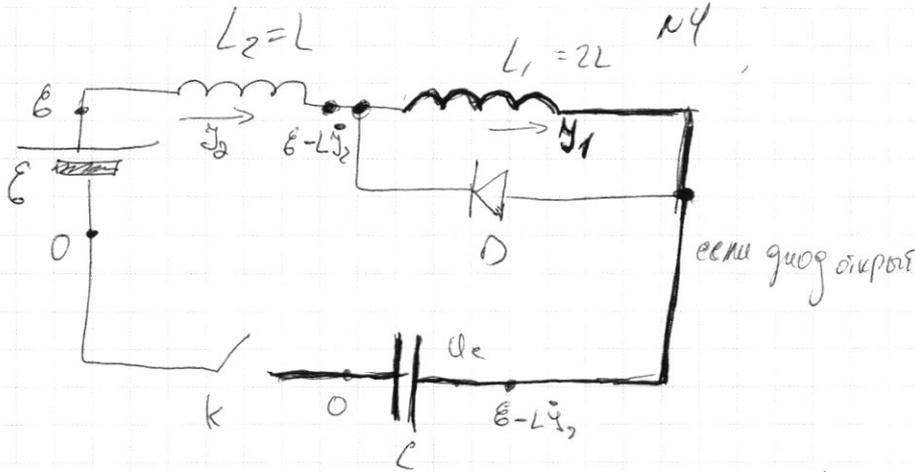
в силу симметрии $E_1 \perp BC$,

$E_2 \perp AB$

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

Ответ: 1) $\sqrt{2}$ 2) ,

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Во время, пока $\varepsilon > u_c$ (ток в катушках растёт), катушки соединены последовательно.

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

Handwritten scribbles

Но это только четверть периода.

После того, как $u_c > \varepsilon$, открываем диод и напр. на первой катушке в 0, значит сила тока через неё тоже всё-время (максим., как за момент до открытия диода).

~~После перезарядки конденсатора (в момент всего времени которой в L_1 ток постоянный), ~~открывается~~ диод ~~опять~~ закрывается.~~

В какой-то момент $u_c = \varepsilon$, диод закрывается.

Если $u_c > \varepsilon - L_2 \dot{i}_2$, диод открыт, иначе диод закрыт.

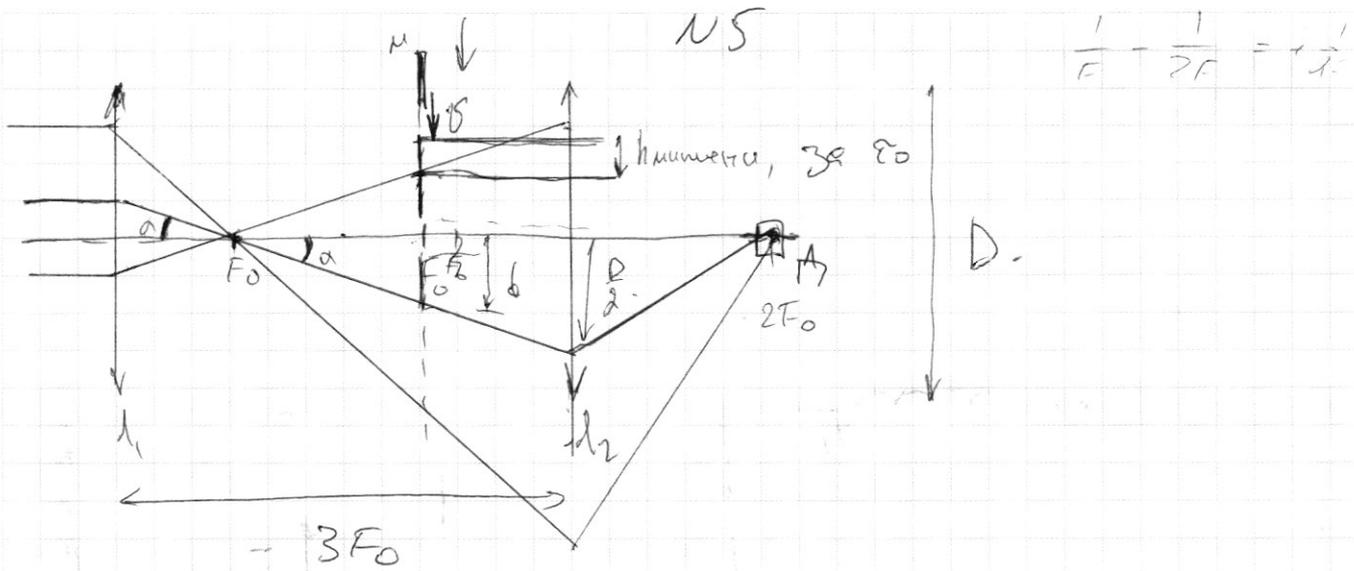
$$u_c = \varepsilon - L_2 \dot{i}_2$$

$$i_1 = i_2$$

$$u_c = \varepsilon - 3L \dot{i}_2$$

$$q = \varepsilon C - 3LC \dot{i}_2$$

$$T = 2\pi\sqrt{LC}$$



1) в 1, лучи сфокусируются в фокусе.

Для M_A - это двойной фокус $\frac{1}{2F_0} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F_0} \Rightarrow b = 2F_0$

Фокусировка этих лучей произойдет в двойном фокусе.

$$b = 2F_0$$

2) Для того на выходе станет минимальной, когда мишень ~~пересечет~~ будет полностью освещена

$$t_{gd} = \frac{\frac{D}{2}}{2F_0} = \frac{D}{4F_0}, \quad d = F_0 \cdot t_{gd} = \frac{D}{4}$$

$$\frac{\frac{D}{4}}{2F_0} = \frac{\frac{D}{4} - h}{2F_0} = \frac{3}{4} \quad \frac{D - 2h}{D} = \frac{3}{4}$$

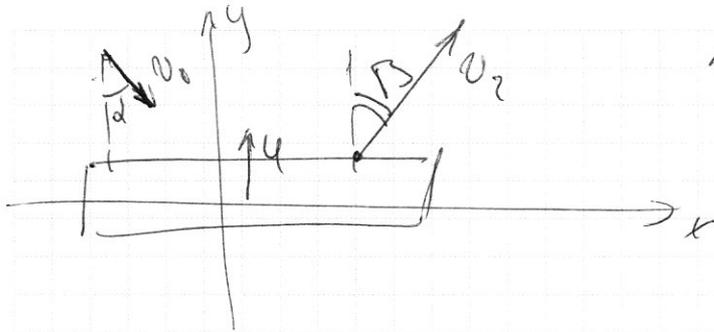
$$4D - 2h = 3D \quad h = \frac{D}{2}$$

$$h = 8\tau_0, \quad v = \frac{h}{\tau_0} = \frac{D}{8\tau_0}$$

$$3) t_1 = \tau_0 + t_{вн}, \quad t_{вн} = \frac{\frac{D}{2} - h}{v} = \frac{\frac{D}{2} - \frac{D}{2}}{v} = \frac{3}{8} \frac{D}{v} = \frac{3D}{8 \cdot \frac{D}{8\tau_0}} = 3\tau_0$$

$$t_1 = \tau_0 + 3\tau_0 = 4\tau_0$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

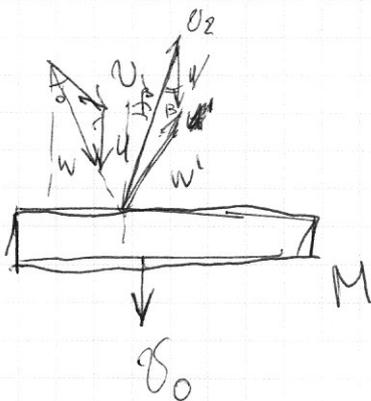


1/ 3 (u на x.

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

$$v_2 = v_1 \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = 8 \cdot \frac{3}{\frac{1}{2}} = 8 \cdot \frac{3}{2} = 12 \text{ м/с}$$

В со мтва



$$m (v_1 \cos \alpha + u) = m (v_2 \cos \beta - u) + Mw$$

$$\frac{m w^2}{2} = \frac{M w_0^2}{2} + \frac{m w'^2}{2} + Q$$

$$Q \geq 0$$

$$w^2 = v_1^2 + u^2 + 2v_1 u \cos \alpha$$

$$w'^2 = v_2^2 + u^2 - 2v_2 u \cos \beta$$

$$Q = \frac{m (v_1 \cos \alpha + u - v_2 \cos \beta + u)}{M}$$

$$2Q = \frac{m w^2}{M} - \frac{m^2 (v_1 \cos \alpha - v_2 \cos \beta + 2u)^2}{M^2} - \frac{m w'^2}{M} \geq 0$$

$$v_1^2 + u^2 + 2v_1 u \cos \alpha - \frac{m}{M} (v_1 \cos \alpha - v_2 \cos \beta + 2u)^2 - v_2^2 + u^2 - 2v_2 u \cos \beta$$

$$v_1^2 + u^2 + 2v_1 u \cos \alpha - v_2^2 - u^2 - 2v_2 u \cos \beta + 2v_1 u \cos \beta \geq 0$$

$$2u (v_1 \cos \alpha + v_2 \cos \beta) \geq v_2^2 - v_1^2$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Какую работу за все время совершил газ.
в Z_2 при T :

$$dA = p(T) dV = \nu RT \frac{dV}{V}$$

$$= \nu RT \left(\frac{dT}{T} - \frac{dp}{p} \right) = \nu R dT - \nu R \frac{T dp}{p}$$

$$C_{vD}(T - T_1) = C_{vD}(T_2 - T_1)$$

$$C_{vD}(T_1 + T_2) = C_{vD}T_1 + C_{vD}T_2$$

$$T_1 + T_2 = T_1 + T_2$$

$$T_{up} = T_1 + T_2 - T_1$$

$$\frac{V_1}{V_{up}} = \frac{T_1}{T_{up}}$$

$$V_{up} = \frac{T_{up}}{T_1} V_1 = \frac{T_1 + T_2 - T_1}{T_1} V_1$$

$$V_1 + V_{up} = V_{01} + V_{02} = V_0$$

$$V_1 \frac{T_1 + T_2}{T_1} = V_0$$

$$dA = \nu RT_1 \frac{dV}{V_0 T_1} (T_1 + T_2) =$$

$$\boxed{= \frac{\nu R (T_1 + T_2)}{V_0} dV}$$

$$V_1 = V_0 \frac{T_1}{T_1 + T_2}$$

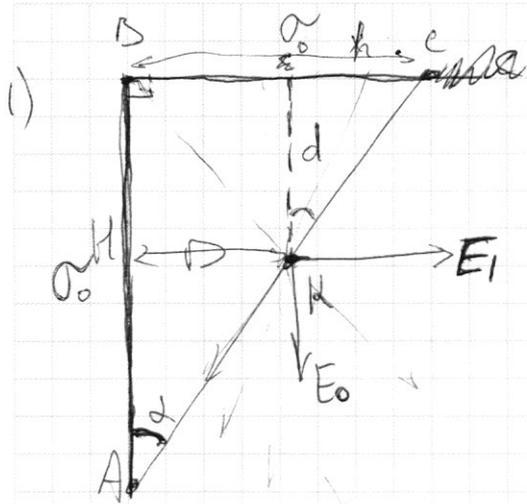
$$A = \int_{\frac{3}{8}V_0}^{\frac{5}{8}V_0} \frac{\nu R (T_1 + T_2)}{V_0} dV =$$

$$= \frac{\nu R (T_1 + T_2)}{V_0} V_0 \left(\frac{1}{2} - \frac{3}{8} \right) = \nu R (T_1 + T_2) \cdot \frac{1}{8} = \nu R (T_1 + T_2) \frac{1}{8}$$

$$Q_{отд} к N_2 = C_{vD}(T_0 - T_1) + \frac{\nu R (T_1 + T_2)}{8} = \frac{5}{2} \nu R (400 - 300) + \frac{\nu R (300 + 500)}{8}$$

$$= \frac{5}{2} R \cdot \frac{3}{7} \cdot 100 + \frac{3}{7} R \cdot 100 = \frac{7}{2} \cdot \frac{3}{7} \cdot R \cdot 100 = \frac{3}{2} \cdot 100 R = 150 R =$$

$$= 150 \cdot 8,31 = \boxed{1246,5 \text{ Дж}}$$



23

$$E_0 = k \frac{\sigma_0}{E_0} \cdot \frac{h}{d} \quad \text{— из сообр. симметрии.}$$

$$E_1 = k \frac{\sigma_0}{E_0} \frac{H}{D}$$

$$\frac{\sqrt{E_0^2 + E_1^2}}{E_0} = \sqrt{1 + \left(\frac{E_1}{E_0}\right)^2}$$

$$\frac{E_1}{E_0} = \frac{Hd}{Dh}, \quad H = h \operatorname{ctg} \alpha, \quad D = \frac{H}{2} \operatorname{tg} \alpha, \quad d = \frac{h}{2} \operatorname{ctg} \alpha$$

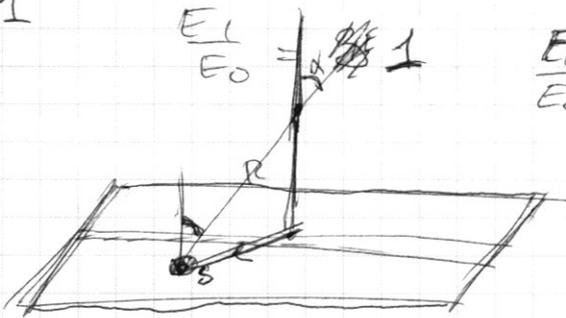
$$\frac{E_1}{E_0} = \frac{h \operatorname{ctg} \alpha \cdot \frac{h}{2} \operatorname{ctg} \alpha}{\frac{H}{2} \operatorname{tg} \alpha \cdot h} = \frac{h \operatorname{ctg}^2 \alpha}{H \operatorname{tg} \alpha} = \frac{\operatorname{ctg}^2 \alpha}{\operatorname{tg} \alpha} = \operatorname{ctg}^3 \alpha$$

$$\operatorname{ctg} 45^\circ = 1$$

$$\frac{E_1}{E_0} = 1$$

$$\frac{E_H}{E_0} = \sqrt{1+1} = \sqrt{2}$$

2). $\frac{E_1}{E_0}$



$$k \frac{\sigma_0}{E_0} \cos \beta$$

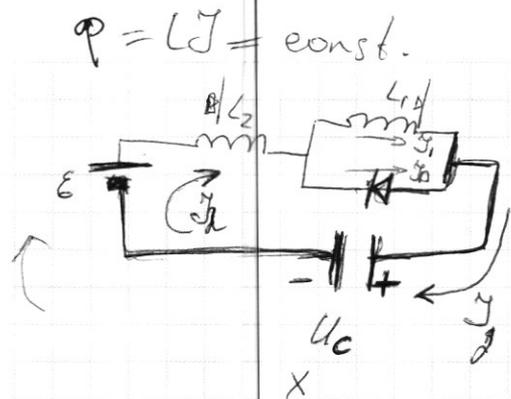
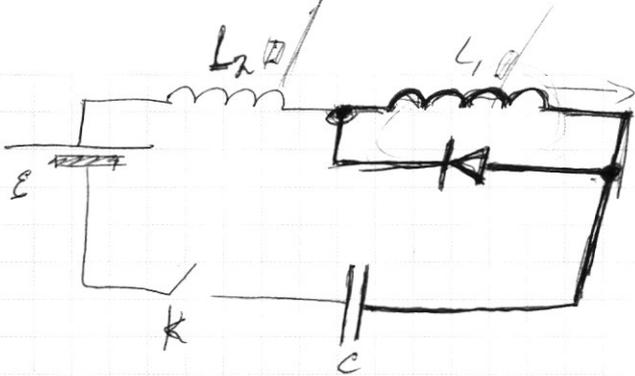
$$-mv_0 \cos \beta + Mu = mv_2 \cos \beta + Mu'$$

$$U' = U - \frac{m}{M} (v_1 \cos \alpha + v_2 \cos \beta)$$

3.л.7):

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m}{2} (U^2 - 2U \frac{m}{M} (v_1 \cos \alpha + v_2 \cos \beta) + \frac{m^2}{M^2} (v_1 \cos \alpha + v_2 \cos \beta)^2)$$

$$= \frac{m U^2}{2} - U m (v_1 \cos \alpha + v_2 \cos \beta)$$



1) где зарядки C до ϵ .

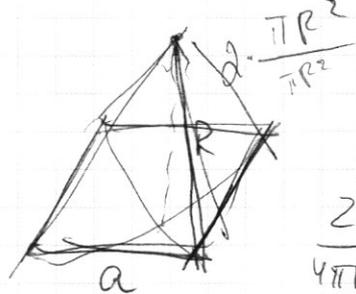
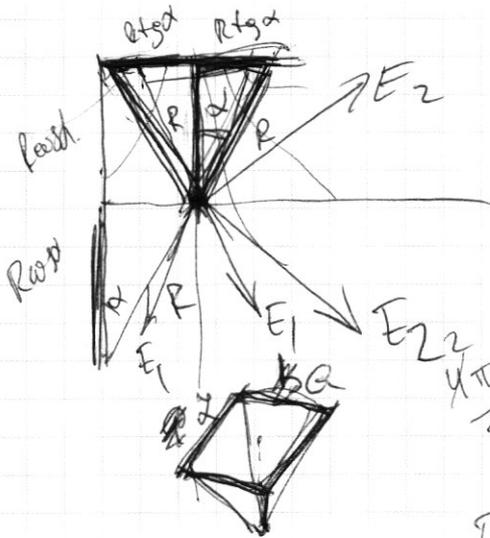
$$T_1 = 2\pi \sqrt{(L_1 + L_2)C} \rightarrow T_{СК} \quad \mu_0$$

2) где ~~напряжения~~ тока от μ_0 до μ_0

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

3) где направление тока в L_2 от μ_0 до μ_0

$$\epsilon = U_C + L_2 \dot{I}_2 + L_1 \dot{I}_1$$



$$\frac{2R^2}{4\pi R^2} \cdot \frac{2\pi}{4\pi^2} \cdot \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

$$\frac{4\pi}{6} = \frac{2\pi}{3}$$

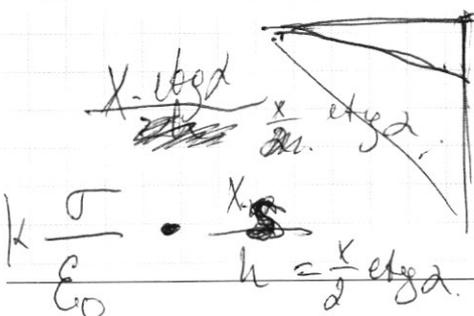
$$2\pi \cdot \frac{\pi (R \operatorname{tg} \alpha)^2}{\pi R^2} = 2\pi \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha$$

$$\frac{2\pi \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha \cdot \sigma}{4\pi a \epsilon_0}$$

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \sqrt{\operatorname{tg}^4 \alpha + \cos^4 \alpha}$$

$$\frac{\sigma \cdot \cos^2 \alpha}{\epsilon_0 \cdot 2}$$

$$\frac{R \cdot \frac{\pi}{2}}{\frac{\pi}{4}}$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$E = k \frac{dx dy \sigma}{R^2} \quad \left| \quad k \frac{\sigma}{\epsilon_0} \cdot \frac{h}{R} \right.$$

$$\cos \alpha = \frac{h}{R}$$

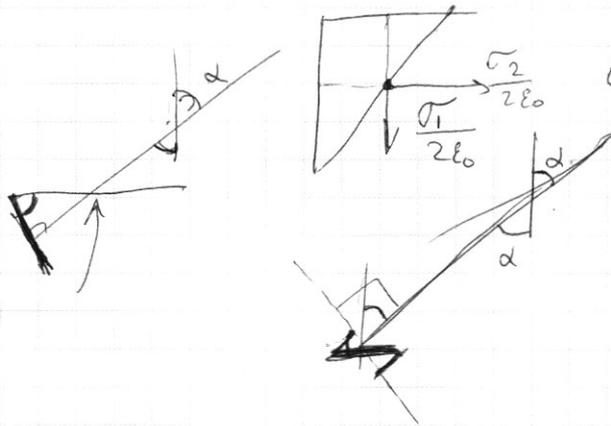
$$E \cos \alpha = k \frac{dx dy \sigma h}{R^3}$$

$$R^3 = (\sqrt{h^2 + r^2})^3 = (h^2 + r^2)^{\frac{3}{2}}$$

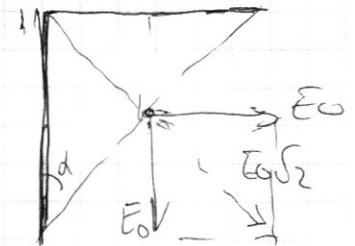
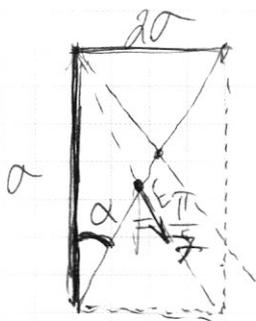
$$E \cos \alpha = k \sigma h dx \frac{dy}{(h^2 + r^2)^{\frac{3}{2}}}$$

~~h < r~~
Если $h \ll r$.

Пусть мы преобразуем кр. эф. $k \sigma h dx$



$$E = \frac{1}{2\epsilon_0} \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} = \frac{1}{2\epsilon_0} \sqrt{4\sigma^2 + \sigma^2} = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \sqrt{5}$$

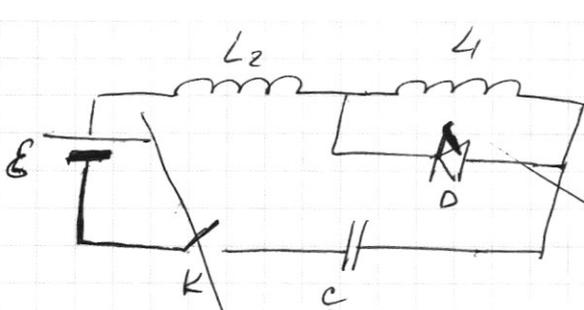


$$\frac{E_0 \sigma_2}{E_0} = \sigma_2$$

$$E_{11} = E \cos \alpha = k \frac{2\sigma}{\epsilon_0} \cdot \frac{2x}{x \tan \alpha} = \frac{k \cdot 4\sigma}{\epsilon_0 \tan \alpha}$$

$$E_2 = E \sin \alpha = k \frac{\sigma}{\epsilon_0} \cdot \frac{2x \tan \alpha}{x} = \frac{k 2\sigma}{\epsilon_0} \tan \alpha$$

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{k 2\sigma}{\epsilon_0 \tan \alpha} \cdot \frac{\epsilon_0 \tan \alpha}{k 2\sigma} = \cot \alpha \quad d = \epsilon \tan \alpha$$



14

1) ~~Колебания~~ Напряжение на конденсаторе колеблется от 0 до 2ε с периодом $\frac{2\varepsilon}{\omega}$.

Когда напряжение на кон. После замыкания ключа начался процесс зарядки конденсатора. Диод закрыт, т.к. на нём отрицательное напряжение от ЭДС инд. L_1 . Значит это просто 2 последоват. катушки. Такая зарядка продолжается, пока конденсатор не зарядится до ε , то есть четверть периода.

$$T_1 = \frac{1}{4} \cdot 2\pi \sqrt{(L_1 + L_2)C} = \frac{\pi}{2} \sqrt{3LC}$$

После этого диод открывается и остаётся только катушка L_2 .

В таком режиме продолжается зарядка до 2ε и разрядка до 0, то есть половину периода

$$T_2 = \frac{1}{2} \cdot 2\pi \sqrt{L_2 C} = \pi \sqrt{LC}$$

После этого диод опять закрывается и разрядка конденсатора с ε до 0 произойдёт за время

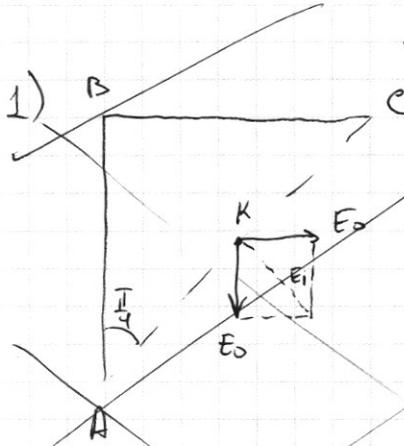
$$T_3 = \frac{1}{4} \cdot 2\pi \sqrt{(L_1 + L_2)C} = \frac{\pi}{2} \sqrt{3LC}$$

$$T = T_1 + T_2 + T_3 = \pi \sqrt{3LC} + \pi \sqrt{LC} = \pi \sqrt{LC} (\sqrt{3} + 1).$$

2) I_{m1} достигнута, когда конденсатор заряжен до ε

$$C\varepsilon^2 = \frac{L I_{m1}^2}{2} + \frac{2L I_{m1}^2}{2} + \frac{C\varepsilon^2}{2} \quad 3L I_{m1}^2 = C\varepsilon^2 \quad I_{m1} = \varepsilon \sqrt{\frac{C}{3L}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



~~МД~~
~~Плоская пластина BC создаёт в т.К поле напр. E_0 . В силу симметрии оно направлено $\perp BC$.~~

~~Пластина AB создаёт такое же поле, только $\perp AB$~~

~~$$E_1 = E_0 \sqrt{2}$$~~

~~$$\frac{E_1}{E_0} = \sqrt{2}$$~~

~~2)~~

~~3) γ_{m2} достигается, когда конденсатор заряден до $2E$.~~

~~В L_1 в это время течёт ток γ_{m1} , т.к. он не мог измениться из-за того, что диод был открыт и напряжение на L_1 равнолось 0.~~

~~$$E \cdot C \cdot 2E = \frac{L_2 \gamma_{m2}^2}{2} + \frac{L_1 \gamma_{m1}^2}{2} + \frac{C \cdot 4E^2}{2}$$~~