Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

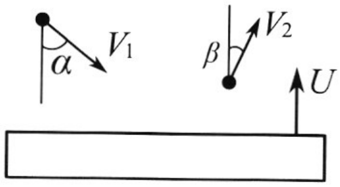
Класс 11

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 $\alpha \left(\sin\alpha = \dfrac{3}{4} \right)$ к вертикали (см. рис.). После неупругого удара о гладкую горизонтальную поверхность плиты шарик отскакивает со скоростью V_2, составляющей угол $\beta \left(\sin\beta = \dfrac{1}{2} \right)$ с вертикалью.



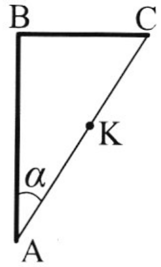
1) Найти скорость V_2.
2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе.

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?

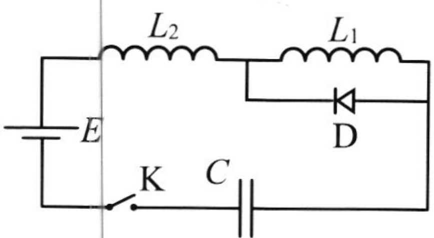
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины АВ и ВС перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром В. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру В.



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?

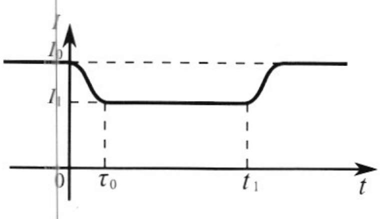
2) Пластины ВС и АВ заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = 2\sigma, \sigma_2 = \sigma$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/7$. Найти напряженность электрического поля в точке К на середине отрезка АС.

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 Л$_1$ и Л$_2$ (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 Л$_1$ 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 Л$_1$. 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 Л$_2$ и фотодетектором.
2) Определить скорость V движения мишени. 3) Определить t_1.

Известными считать величины F_0, D, τ_0.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

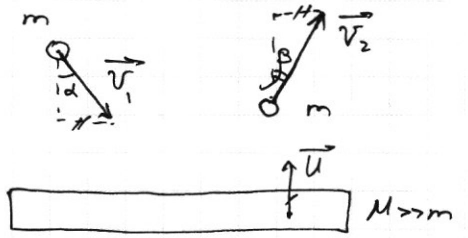
ШИФР
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

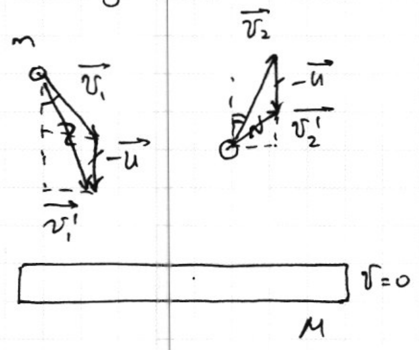
$\boxed{1}$

$v_1 = 8$ м/с
$\sin\alpha = \frac{3}{4}$
$\sin\beta = \frac{1}{2}$

v_2 - ?
u - ?



В подв. СО:



Так как плита гладкая, то нет сил, действующих на шарик по горизонтали, значит по горизонтали его скорость сохраняется:

т.к. $\mu = 0$: $v_1 \sin\alpha = v_2 \sin\beta \Rightarrow v_2 = v_1 \cdot \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = 8\,\text{м/с} \cdot \frac{3 \cdot \cancel{2}}{\cancel{4}_2 \cdot 1} = 12$ м/с (1)

Перейдём в СО, движущуюся со скоростью $\vec{u}$ плиты. Т.к. плита массивная, то в этой системе отсчёта изменением её кинетической энергии можно пренебречь.

по з. сохр. энергии : $\frac{m(v_1')^2}{2} + 0 = \frac{m(v_2')^2}{2} + Q$

$(v_1')^2 = (v_2')^2 + \frac{2Q}{m}$ (2)

по пр. перехода в подв. СО : $\vec{v_1'} = \vec{v_1} + (-\vec{u}) \Rightarrow (v_1')^2 = (v_1 \cos\alpha + u)^2 + (v_1 \sin\alpha)^2$ (3)

— || — : $(v_2')^2 = (v_2 \cos\beta - u)^2 + (v_2 \sin\beta)^2$ (4)

(3), (4) -> (2) : $(v_2\cos\beta - u)^2 + (v_2 \sin\beta)^2 + \frac{2Q}{m} = (v_1 \cos\alpha + u)^2 + (v_1 \sin\alpha)^2$

т.к. $v_1 \sin\alpha = v_2 \sin\beta$: $v_1^2\cos^2\alpha + u^2 + 2v_1\cos\alpha\, u = v_2^2\cos^2\beta + u^2 - 2v_2\cos\beta\, u + \frac{2Q}{m}$

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

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

т.к. $v_1\cos\alpha + v_2\cos\beta \neq 0$: $2u = v_2\cos\beta - v_1\cos\alpha + \frac{2Q}{m(v_2\cos\beta + v_1\cos\alpha)}$ (5)

$\boxed{1}$ Так как удар неупругий, то количество теплоты, выделившейся при ударе, не может быть равно нулю, но может быть равно кинетической энергии шарика, обусловленной вертикальным движением:

$$0 < Q \leq \frac{m(v_1\cos\alpha + U)^2}{2} \quad | \times 2, \div m, \text{т.к. } m \neq 0$$

$$0 < \frac{2Q}{m} \leq (v_1\cos\alpha + U)^2 \qquad (6)$$

$(5) \rightarrow (6)$: $\quad 0 < 2U(v_1\cos\alpha + v_2\cos\beta) - v_2^2\cos^2\beta + v_1^2\cos^2\alpha \leq v_1^2\cos^2\alpha + U^2 + 2v_1\cos\alpha U$

$$\begin{cases} 2U(v_1\cos\alpha + v_2\cos\beta) > (v_2\cos\beta - v_1\cos\alpha)(v_2\cos\beta + v_1\cos\alpha) \\ 2U(v_1\cos\alpha + v_2\cos\beta) \leq U^2 + v_2^2\cos^2\beta + 2v_1\cos\alpha U \end{cases}$$

$$\begin{cases} U > \frac{v_2\cos\beta - v_1\cos\alpha}{2} \\ U^2 - 2v_2\cos\beta U + v_2^2\cos^2\beta \geq 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} U > \frac{v_2\cos\beta - v_1\cos\alpha}{2} \\ (U - v_2\cos\beta)^2 \geq 0 \end{cases}$$

$$U > \frac{v_2\cos\beta - v_1\cos\alpha}{2}$$

$$U > \frac{1}{2}\left(12\,\text{м/с} \cdot \sqrt{1 - \frac{1}{4}} - 8\,\text{м/с} \cdot \sqrt{1 - \frac{9}{16}}\right)$$

$$U > 3\sqrt{3}\,\text{м/с} - \sqrt{7}\,\text{м/с}$$

$$U > (3\sqrt{3} - \sqrt{7})\,\text{м/с}$$

Ответ: $\quad v_2 = v_1 \cdot \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = 12\,\text{м/с}$

$U > \frac{v_2\cos\beta - v_1\cos\alpha}{2}$, т.е. $U > (3\sqrt{3} - \sqrt{7})\,\text{м/с}$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2

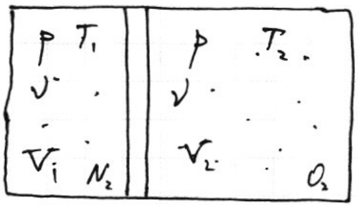
$\nu = \frac{3}{7}$ моль

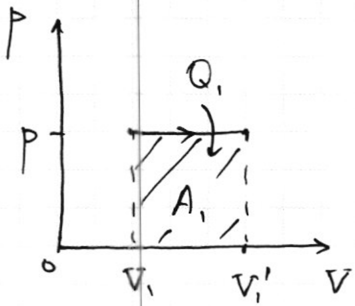
$T_1 = 300K$; $T_2 = 500K$

$i = 5$; $c_v = \frac{5}{2}R$

$\frac{V_1}{V_2}$ - ? T - ?

Q_1 - ?





Т.к. процесс медленный, и трения нет, то процесс равновесный с постоянным давлением.

по з. Менделеева-Клапейрона : $pV_1 = \nu R T_1$

—— 11 —— : $pV_2 = \nu R T_2$

$\Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{300K}{500K} = \frac{3}{5}$

Так как система теплоизолирована, а поршень теплопроводящий, то:

$Q_1 = -Q_2$, где $-Q_2$ - теплота, отданная кислородом (1)

Q_1 - теплота, получ. азотом.

т.к. трения нет, а давление азота в любой момент времени совпадает с давлением кислорода, то $A_1 = -A_1' = +A_2' = -A_2$, т.к. $\Delta V_1 = -\Delta V_2$.

$A_1 = -A_2$ (2)

по перв. началу т-д. : $Q_1 = \Delta U_1 + A_1$

—— 11 —— : $Q_2 = \Delta U_2 + A_2$

$\Rightarrow Q_1 + Q_2 = \Delta U_1 + \Delta U_2 + A_1 + A_2$ (3)

(1), (2) $\rightarrow$ (3) : $0 = \Delta U_1 + \Delta U_2 + 0$

$\Delta U_1 = -\Delta U_2$

т.к. $U = f(T)$: $\frac{5}{2}\nu R(T - T_1) = -\frac{5}{2}\nu R(T - T_2)$

$T - T_1 = T_2 - T \Rightarrow T = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{300K + 500K}{2} = 400K$ (4)

т.к. изобарн. процесс: $c_p = c_v + R = \frac{7}{2}R \Rightarrow Q_1 = c_p \cdot \nu \cdot \Delta T_1$

$\boxed{2}$

$$Q_1 = \frac{7}{2}\nu R(T - T_1) \qquad (5)$$

(4) → (5) :
$$Q_1 = \frac{7}{2}\nu R\left(\frac{T_1+T_2}{2} - T_1\right) = \frac{7}{2}\nu R\left(\frac{T_2-T_1}{2}\right)$$

$$Q_1 = \frac{7}{4}\nu R(T_2 - T_1) =$$

$$= \frac{7}{4}\cdot\frac{3}{7}\,\text{моль}\cdot 8{,}31\,\frac{\text{Дж}}{\text{К}\cdot\text{моль}}\cdot(500-300)\,\text{К} = \frac{8{,}31\cdot 3}{4}\cdot 200\,\text{Дж} =$$

$$= 150\cdot 8{,}31\,\text{Дж} \approx 1247\,\text{Дж}$$

Ответ:
$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{3}{5}$$

$$T = \frac{T_1+T_2}{2} = 400\,\text{К}$$

$$Q_1 = \frac{7}{4}\nu R(T_2 - T_1) \approx 1247\,\text{Дж}$$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

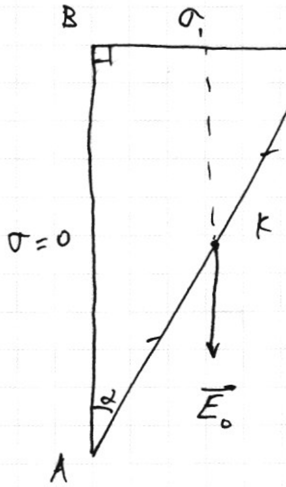
(заполняется секретарём)

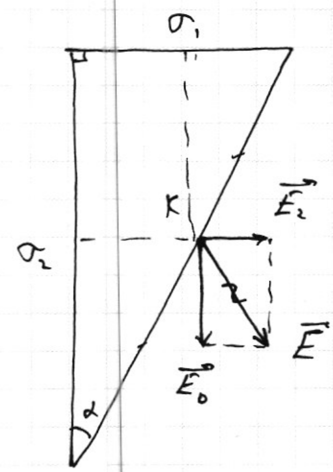
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\boxed{3}$

1) $\alpha = \frac{\pi}{4}$; $\sigma_1 = \sigma_2$

$\frac{E}{E_0}$ - ?





Так как пластины бесконечные с постоянной пов. плотностью ~~распределения~~ заряда, то их поля можно считать однородными, т.е.:

$$E_0 = \frac{\sigma_1}{2\varepsilon_0} \quad ; \quad E_2 = \frac{\sigma_2}{2\varepsilon_0} \qquad (1)$$

Так как изначально пластина AB незаряжена, то $\sigma_{2_0} = 0$, и по принципу суперпозиции вся напряжённость поля в т. K обусловлена полем пластины BC.

по принципу суперпозиции: $\vec{E} = \vec{E_0} + \vec{E_2}$

т.к пластины перпенд.; по т. Пифагора $E = \sqrt{E_0^2 + E_2^2} = \sqrt{\frac{\sigma_1^2}{4\varepsilon_0^2} + \frac{\sigma_2^2}{4\varepsilon_0^2}} = \frac{\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}}{2\varepsilon_0}$

т.к. $\sigma_1 = \sigma_2$: $E = \frac{\sqrt{2\sigma_1^2}}{2\varepsilon_0} = \frac{\sqrt{2}\,\sigma_1}{2\varepsilon_0}$ (2)

(2) → (1) : $\frac{E}{E_0} = \frac{\sqrt{2}\sigma_1 \cdot 2\varepsilon_0}{2\varepsilon_0 \cdot \sigma_1} = \sqrt{2}$

В случае другого знака заряда пластин поменяется направление векторов, но соотношение останется неизменным.

Ответ: $\frac{E}{E_0} = \sqrt{2}$

☐ черновик ☑ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

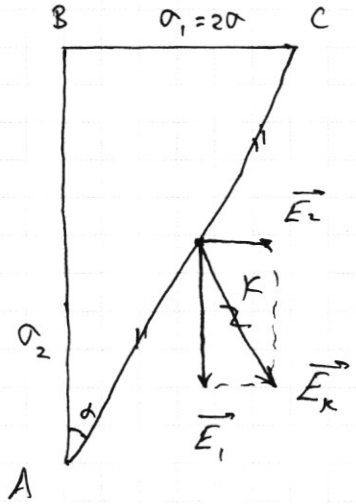
$\boxed{3}$

2) $\sigma_1 = 2\sigma$

$\sigma_2 = \sigma$

$\alpha = \pi/7$

$E_K - ?$



Т.к. пластины заряжены положительно, то векторы $\vec{E_1}$ и $\vec{E_2}$ направлены как на рисунке.

Аналогично предыдущему ~~п~~ пункту, т.к. пластины бесконечны и заряжены с постоянной пов. плотностью заряда, то их поля однородны.

По принципу суперпозиции: $\vec{E_K} = \vec{E_1} + \vec{E_2}$

т.к. пластины перпендикулярны; по т. Пифагора: $E_K^2 = E_1^2 + E_2^2$ (1)

т.к. пластины беск., зар. однородно: $E_1 = \frac{\sigma_1}{2\varepsilon_0} = \frac{2\sigma}{2\varepsilon_0} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$ (2)

— // — : $E_2 = \frac{\sigma_2}{2\varepsilon_0} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$ (3)

(3), (2) → (1) : $E_K^2 = \frac{4\sigma^2 + \sigma^2}{4\varepsilon_0^2}$

$E_K = \frac{\sqrt{5}\sigma}{2\varepsilon_0}$

Ответ: $E_K = \frac{\sqrt{5}\sigma}{2\varepsilon_0}$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\boxed{4}$

$\mathcal{E}$; $L_1 = 2L$; $L_2 = L$

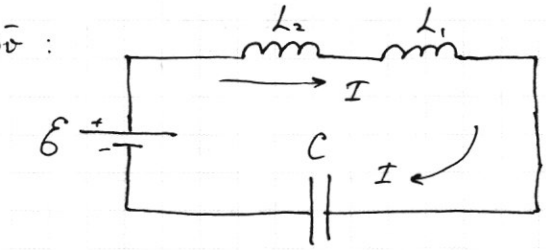
C

T - ?

I_{m_1} - ?

I_{m_2} - ?

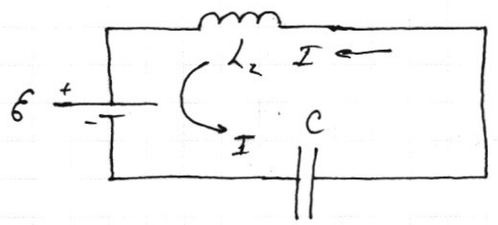
Так как диод идеальный (как и все остальные эл-ты цепи), то если ток течет по часовой стрелке, цепь альтернативна такой:



(1)

$\mathcal{E} = E$, т.е. ЭДС источника

А когда ток течёт против часовой стрелки, диод идеально пропускает ток, то есть цепь становится такой:



(2)

В тот момент, когда ток меняет своё направление, через кат. L_1 он не течёт, а сразу после смены направления $U_{L_1} = 0$, т.к. диод открыт. По з. Фарадея для ЭМИ, $U_{L_1} = -L\dot{I}_1$, т.е. ток через катушку как был равен нулю, так и остаётся, пока течёт против часовой стрелки.

Период колебаний тогда равен времени между двумя сменами направлений тока, то есть сумме полупериодов кол. сист. (1) и кол. сист. (2).

$$T = \frac{T_1}{2} + \frac{T_2}{2} \qquad (1)$$

т.к. посл. соед. катушек: $$L_{экв} = \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2} \qquad (2)$$

по ф. Томпсона : $$T_1 = 2\pi\sqrt{L_{экв} C} = 2\pi\sqrt{\frac{L_1 L_2 C}{L_1 + L_2}} \qquad (3)$$

— " — : $$T_2 = 2\pi\sqrt{L_2 C} \qquad (4)$$

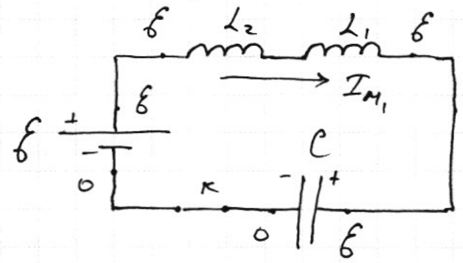
☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

4

(3), (4) → (1) : $$T = \frac{1}{2}\left(2\pi\sqrt{\frac{L_2 C \cdot L_1}{L_1+L_2}} + 2\pi\sqrt{L_2 C}\right)$$

$$T = \pi\sqrt{L_2 C}\left(1+\sqrt{\frac{L_1}{L_1+L_2}}\right) = \pi\sqrt{LC}\left(1+\sqrt{\frac{2}{3}}\right)$$

Так как при течении тока против часовой стрелки $I_{L_1}=0$, то максимальный ток через катушку L_1 достигается, когда ток направлен по часовой стрелке.
Рассмотрим этот процесс, когда $I_{L_1} = I_{m_1}$:



метод узловых потенциалов

Так как посл. соединение, то $I_{L_1} = I_{L_2} = I_{L_{экв}}$, но раз ток через катушки максимален, то разность потенциалов на ~~д~~ концах участка равна нулю (из з. Фарадея для ЭМИ).

Т.к. изначально конденсатор незаряжен; по з. сохр. энергии : $$0+0+A_{ист} = \frac{L_{экв} I_{m_1}^2}{2} + \frac{C\mathcal{E}^2}{2} \qquad (5)$$

по з. сохр. заряда : $q^* = q_{конд} = C\mathcal{E}$, где q^* − заряд, перенесённый источником (6)

по def $\mathcal{E}$: $A_{ист} = \mathcal{E}\cdot q^*$ (7)

(7)→(6)→(5) : $$C\mathcal{E}^2 = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} + \frac{L_{экв} I_{m_1}^2}{2}$$

$$L_{экв} I_{m_1}^2 = C\mathcal{E}^2$$

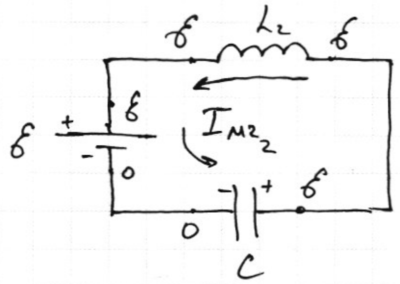
$$I_{m_1} = \sqrt{\frac{C\mathcal{E}^2}{L_{экв}}} \qquad (8)$$

(2) → (8) : $$I_{m_1} = \mathcal{E}\cdot\sqrt{\frac{C(L_1+L_2)}{L_1 L_2}} = \mathcal{E}\cdot\sqrt{\frac{(L_1+L_2)C}{L_1 L_2}}$$

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

(4)

Рассмотрим теперь процесс, при котором ток течёт против часовой стрелки – найдём максимальный ток через кат. L_2 в этом процессе:



метод узловых потенциалов

По з. Фарадея, при максимальном значении силы тока через L_2 разность потенциалов на её концах равна нулю, т.е. $U_C = \mathcal{E}$.

по def C : $\quad q_{конд} = C\mathcal{E}$

по з.сохр.зар. : $\quad q^* = q_{конд} = C\mathcal{E}$

по з.сохр. энергии : $\quad A_{ист} = \dfrac{L_2 I_{Mz_2}^2}{2} + \dfrac{C\mathcal{E}^2}{2}$

$$C\mathcal{E}^2 - \frac{C\mathcal{E}^2}{2} = \frac{L_2 I_{Mz_2}^2}{2}$$

$$I_{m_{z_2}}^2 = \frac{C}{L_2}\mathcal{E}^2$$

$$I_{m_{z_2}} = \sqrt{\frac{C}{L_2}} \cdot \mathcal{E}$$

Так как L_1 и L_2 соединены последовательно, то максимальный ток через L_1 это также максимальный ток через L_2 при течении тока по часовой стрелке.

$$I_{M_{z_1}} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_2}} \cdot \sqrt{\frac{L_1+L_2}{L_1}}$$

$$I_{M_{z_2}} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_2}};$$

Т.к. $\dfrac{L_1+L_2}{L_1} > 1$, то $I_{M_{z_1}} > I_{M_{z_2}}$, значит во всём процессе макс. ток через L_2 равен $I_{M_2} = \mathcal{E}\sqrt{\dfrac{C}{L_2}} \cdot \sqrt{\dfrac{L_1+L_2}{L_1}} = \mathcal{E}\sqrt{\dfrac{C}{L}} \cdot \sqrt{\dfrac{3}{2}} = \mathcal{E}\sqrt{\dfrac{3C}{2L}}$

Ответ: $T = \pi\sqrt{L_2 C}\left(1 + \sqrt{\dfrac{L_1}{L_1+L_2}}\right) = \pi\sqrt{LC}\left(1 + \sqrt{\dfrac{2}{3}}\right)$

$$I_{M_2} = I_{M_1} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_2}} \cdot \sqrt{\frac{L_1+L_2}{L_1}} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{3C}{2L}}$$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

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

$$\cancel{U^2}+v_1^2\cos^2\alpha+2v_1\cos\alpha\,U=v_2^2\cos^2\beta+\cancel{U^2}-2v_2\cos\beta\,U+\frac{2Q}{m}$$

$$U(2v_1\cos\alpha+2v_2\cos\beta)=$$

$$\cancel{Q=\Delta U_1}$$

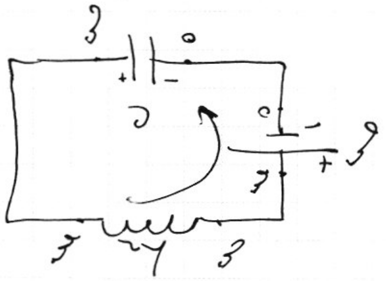
$$\Delta U_1=\Delta U_2$$

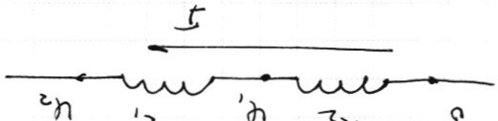
$$C_p=\frac{Q}{\Delta T\cdot\nu}$$

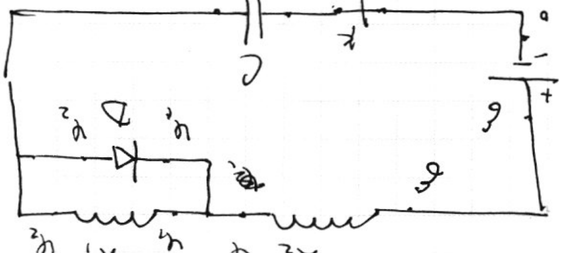
$$\begin{array}{r} 831 \\ 4\quad 150 \\ \hline +\ 000 \\ +\ 4155 \\ 831 \\ \hline \cancel{12465} \\ 1246{,}50 \end{array}$$

$$Q_1=\Delta U_1+A_1$$

$$C_p=$$







☑ 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)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

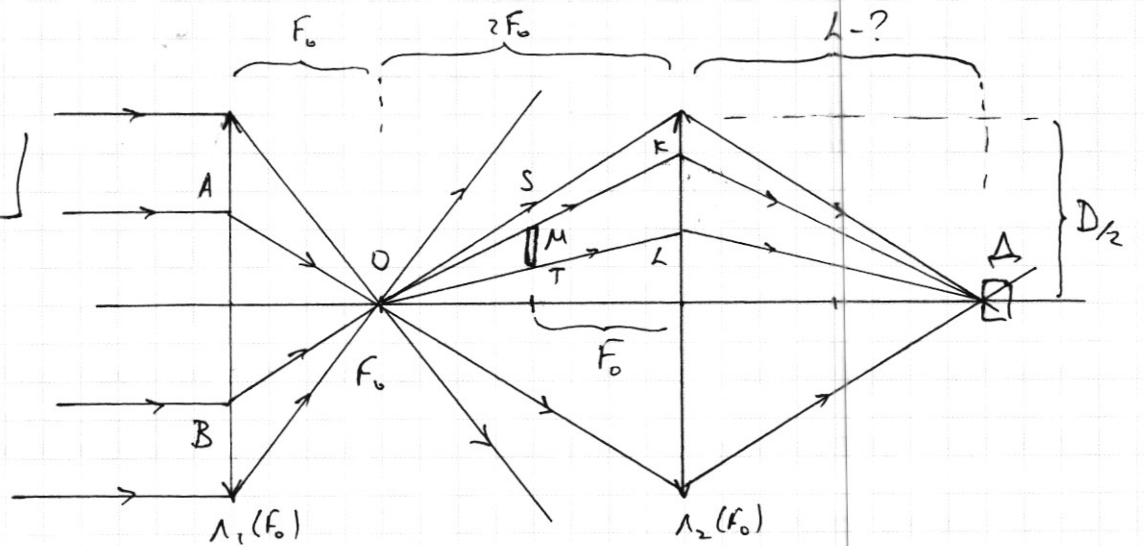
$\boxed{5}$

$F_0;\ D;\ \tau_0$

$L-?$

$v-?$

$t_1-?$



Из построения хода лучей следует, что не все лучи из пучка попадут во вторую линзу. Т.к. на линзу $Л_1$ падает параллельный пучок света, то он собирается в фокусе F_0, и эта точка становится действительным предметом для линзы $Л_2$. Т.к. $Л_2$ — собирающая, и предмет на расстоянии удвоенного фокусного, то изображение этого предмета тоже на расстоянии удвоенного фокусного расстояния F_0. Т.е. $L = 2F_0$, т.к. пучок фокусируется на детекторе.

Т.к. сила тока на выходе пропорциональна мощности падающего света, то она пропорциональна площади светового пятна в плоскости линзы $Л_2$, т.е.

$$\frac{I_1}{I_0} = \frac{S_Л - S_{тени}}{S_Л}$$

т.к. пучки круговые: $$\frac{I_1}{I_0} = 1 - \frac{\pi \cdot R_{тени}^2}{\left(\frac{\pi D^2}{4}\right)}$$, $R_{тени}$ — радиус тени от мишени M на линзе.

$$\frac{3I_0}{4I_0} = 1 - \frac{4R_{тени}^2}{D^2}$$

$$\frac{D_{тени}^2}{D^2} = \frac{1}{4} \Rightarrow D_{тени} = \frac{1}{2}D$$

из подобия $\triangle OST$ и $\triangle OKL$: $D_{тени} = 2D_M \Rightarrow D_M = \frac{1}{4}D$, где D_M — диаметр мишени

☐ черновик ☑ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

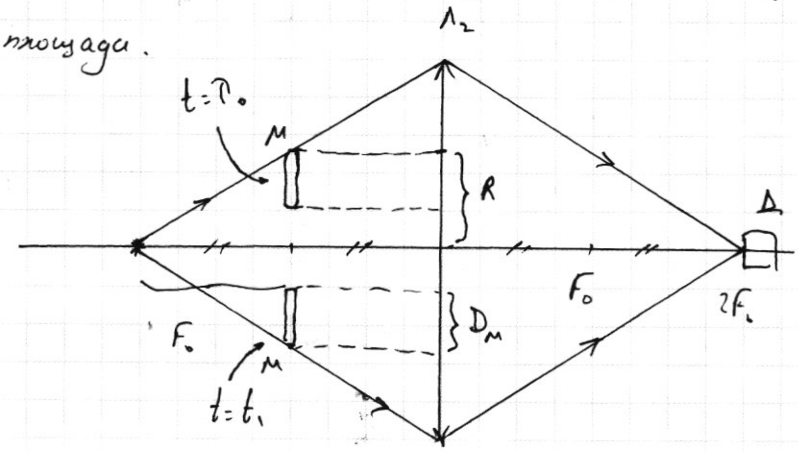
(Нумеровать только чистовики)

5

~~Интенсивность~~ Мощность падающего на детектор света будет уменьшаться по мере перекрывания мишенью светового потока. Из графика следует, что к ~~по~~ времени τ_0 мишень полностью стала освещена, а в начальный момент времени только начинает перекрывать световой поток. Т.е. за время τ_0 мишень, двигаясь равномерно, прошла расстояние $D_м$.

по def v : $v = \frac{D_м}{\tau_0} = \frac{D}{4\tau_0}$, v – скорость мишени.

Т.к. на интервале от τ_0 до t_1 $I = const$, то он соответствует движению, при котором вся мишень освещена, т.е. она затемняет поверхность линзы ~~максимальную~~ максимальной площади.



Из подобия : $\frac{R}{\left(\frac{D}{2}\right)} = \frac{F_0}{2F_0} \Rightarrow R = \frac{D}{4}$.

Из рисунка понятно вследствие симметрии, что между моментами τ_0 и t_1 центр мишени проходит расстояние $2R - D_м$.

Т.к. движение равномерное: $2R - D_м = v \cdot (t_1 - \tau_0)$

$$\frac{D}{2} - \frac{D}{4} = \frac{D}{4\tau_0}(t_1 - \tau_0) \qquad | \div D, \text{ т.к. } D \neq 0$$

$$\tau_0 = t_1 - \tau_0$$

$$t_1 = 2\tau_0$$

Ответ: $L = 2F_0$, $v = \frac{D}{4\tau_0}$, $t_1 = 2\tau_0$

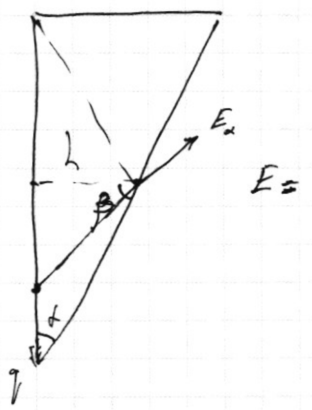
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)