Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

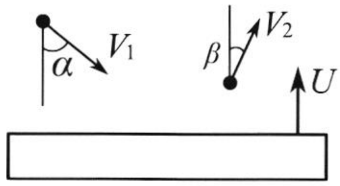
Класс 11

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 $\alpha\left(\sin\alpha=\dfrac{2}{3}\right)$ к вертикали (см. рис.). После неупругого удара о гладкую горизонтальную поверхность плиты шарик отскакивает со скоростью V_2, составляющей угол $\beta\left(\sin\beta=\dfrac{3}{5}\right)$ с вертикалью.



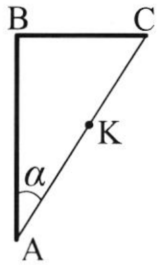
1) Найти скорость V_2.
2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе.

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 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?

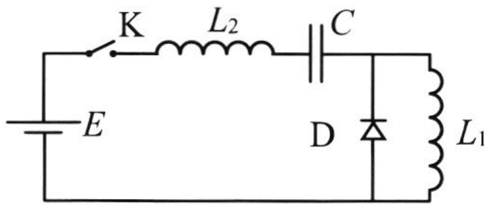
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины АВ и ВС перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром В. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру В.



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?

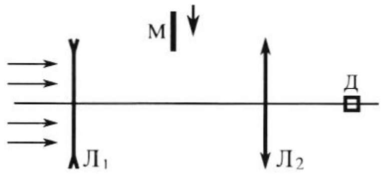
2) Пластины ВС и АВ заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = \sigma, \sigma_2 = 2\sigma/7$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/9$. Найти напряженность электрического поля в точке К на середине отрезка АС.

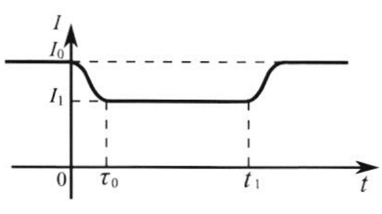
4. Электрическая цепь собрана из идеальных элементов: источника с ЭДС E, катушек с индуктивностями $L_1 = 5L$, $L_2 = 4L$, конденсатора емкостью C, диода D (см. рис.). Ключ K разомкнут, конденсатор не заряжен, тока в цепи нет. После замыкания ключа возникают колебания тока в L_2.



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 Л$_1$ и Л$_2$ (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 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 F_0 от Л$_1$. 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 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)»

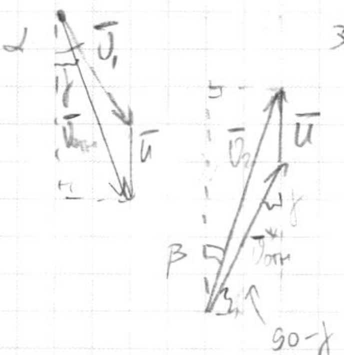
ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) Так как плита массивная, то её скорость практически не изм. из-за удара

2) Перейдём в СО плиты. По з-ну слож. скоростей скорость шарика отн. плиты можно будет найти из Δ скоростей:



3) Из Δ видно: $\cancel{v_1 \sin\alpha = v_{отн}\sin\gamma}$, $v_{отн}\cos\gamma = v_1\cos\alpha + u$

$\cancel{v^*_{отн}\sin\gamma = v_2\sin\beta}$, $v^*_{отн}\cos\gamma + u = v_2\cos\beta$

Так как плита не оказывает воздействия на шарик на оси ⊥ её скорости, то $v_1\sin\alpha = v_2\sin\beta$

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

$\cos\alpha = \frac{\sqrt{5}}{3}$

$\cos\beta = \frac{4}{5}$

~~4)~~ $\cancel{\sin\gamma = \frac{v_1\sin\alpha}{v_{отн}} \Rightarrow u = v_{отн}\sqrt{1-\sin^2\gamma} - v_1\cos\alpha}$

$\cancel{\sin\gamma = \frac{v_2\sin\beta}{v^*_{отн}} \Rightarrow u = v_2\cos\beta - v^*_{отн}\sqrt{1-\sin^2\gamma}}$

$\cancel{u = u!\ \sqrt{1-\sin^2\gamma}\,(v_{отн} + v^*_{отн}) = v_2\cos\beta + v_1\cos\alpha}$

$\cancel{u = v_{отн}\sqrt{\frac{v_{отн}^2-(v_1\sin\alpha)^2}{v_{отн}^2}} - v_1\cos\alpha = \sqrt{v_{отн}^2-(v_1\sin\alpha)^2} - v_1\cos\alpha}$

$\cancel{u = v_2\cos\beta - v^*_{отн}\sqrt{\frac{v^{*2}_{отн}-(v_2\sin\beta)^2}{v^{*2}_{отн}}} = v_2\cos\beta - \sqrt{v^{*2}_{отн}-(v_2\sin\beta)^2}}$

4) $\cos\gamma = \frac{v_1\cos\alpha + u}{v_{отн}}$; $\frac{v^*_{отн}}{v_{отн}}(v_1\cos\alpha + u) + u = v_2\cos\beta$ (Из п. 3)

Пусть $\frac{v^*_{отн}}{v_{отн}} = k$, $k \in (0;1)$, т.к. из-за неупругости удара теряется энергия. Тогда $k v_1\cos\alpha + ku + u = v_2\cos\beta$

$u(k+1) = v_2\cos\beta - k v_1\cos\alpha$, т.о. $u = \frac{v_2\cos\beta - k v_1\cos\alpha}{k+1}$

$\cos\alpha = \sqrt{1-\sin^2\alpha} = \sqrt{1-\frac{4}{9}} = \frac{5}{3} = \frac{\sqrt{5}}{3}$

$\frac{3}{2}\nu R dT + PdV = dQ \Rightarrow$

$PV = \nu RT$

$P(V+dV) = \nu R(T+dT)$

$PdV = \nu R dT = \frac{5}{2}\nu R dT \Rightarrow \frac{5}{2}\nu R dT = Q$

$\frac{D_n}{2} + \frac{D_n}{2} - D_M = D_n - D_M = \frac{3}{2} D_n$

$\times 8{,}31$
60
$498{,}60$

$tg\alpha = \frac{26\,90}{760 \cdot 6} = \frac{2}{7}$

$x^2 + \frac{4}{45}x^2 = x^2 \cdot \frac{53}{45}$

☐ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

Для нахождения экстремумов скорости возьмём производную и приравняем её к нулю: $u' = u'(k) = \frac{-(v_1\cos\alpha)(k+1) - (v_2\cos\beta - kv_1\cos\alpha)}{(k+1)^2} = 0.$

т.к. $(k+1)^2 \neq 0 \ \forall k$, то

$-(v_1\cos\alpha)(k+1) = v_2\cos\beta - kv_1\cos\alpha$

$-\cancel{kv_1\cos\alpha} - v_1\cos\alpha = v_2\cos\beta - \cancel{kv_1\cos\alpha}$, ~~но~~ $\cancel{kv_1\cos\alpha}$

Видно, что нет таких k в промежутке $(0;1)$, при которых $u'(k) = 0$. Тогда ~~критические~~ экстремумальные (минимальное и макс.) значения функции достигаются на краях промежутка. Найдём их

$k=0$: $\frac{v_2\cos\beta - 0}{1} = v_2\cos\beta = \frac{20\cdot4}{5} = 16$ м/с

$k=1$: $\frac{v_2\cos\beta - v_1\cos\alpha}{2} = \frac{16 - \frac{18\sqrt5}{3}}{2} = 8 - 3\sqrt5$ м/с $(\approx 1{,}25$ м/с$)$

Итого $u \in (8-3\sqrt5; 16)$

Ответ: 1) 20 м/с

2) $(8-3\sqrt5; 16)$

☐ черновик ☒ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

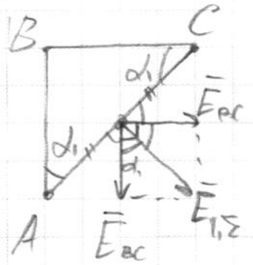
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\boxed{3}$ 1) Пусть в первом случае пов. пл-ть заряда ~~в~~ первой пластины равна σ_0. В (о)К будет создана напряжённость $\frac{\sigma_0}{\varepsilon_0} = E_{BC}$. После включения такого же поля от второй пластины ABC создаст в (о)К напряжённость такую же, $\frac{\sigma_0}{\varepsilon_0} = E_{AB} = E_{BC}$. Если $\angle BAC = \alpha_1 = \alpha = \frac{\pi}{4}$, то $\angle ABC = \frac{\pi}{2} - \alpha_1 = \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{4} = \frac{\pi}{4}$ (из геометрии)

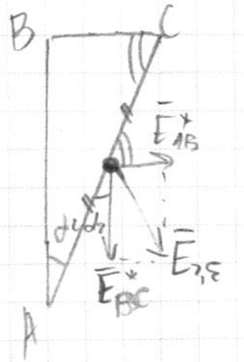


2) Суммарная напр. находится по принципу суперпозиции

$\bar{E}_{1\Sigma} = \bar{E}_{AB} + \bar{E}_{BC} \Rightarrow E_{1\Sigma} = E_{BC}\sqrt{2}$, т.е. $\frac{E_{1,\Sigma}}{E_{BC}} = \frac{E_{BC}\sqrt{2}}{E_{BC}} = \boxed{\sqrt{2}}$

3) Аналогично $\bar{E}_{2,\Sigma} = \bar{E}^*_{BC} + \bar{E}^*_{AB}$, т.е.

$$E_{2,\Sigma} = \sqrt{E^{*2}_{BC} + E^{*2}_{AB}} = \sqrt{\left(\frac{6}{\varepsilon_0}\right)^2 + \left(\frac{2 6}{7\varepsilon_0}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{6}{\varepsilon_0}\right)^2 \left(1 + \frac{4}{49}\right)} = \boxed{\frac{6}{\varepsilon_0}\frac{\sqrt{53}}{7}}$$



Ответ: 1) $\sqrt{2}$

2) $\frac{\sqrt{53}}{7}\frac{6}{\varepsilon_0}$

☐ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

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

ШИФР
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\boxed{2}$

V_1, T_1	V_1, T_2
V_1 Ar	V_1 Kr

1) Как только газы ввели в поршень, ~~они~~ запишем ур-ия сост. газов: ~~ещё не успели подействовать на поршень,~~ ~~потому их давления равны Ур-ие~~ ~~сост. газов: Менд.-Клап.~~

$$\left.\begin{array}{l} P_0V_1 = \nu RT_1 \\ P_0V_2 = \nu RT_2 \end{array}\right\} \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{320}{400} = \boxed{\frac{4}{5}} = 0{,}8$$

~~Ур. сост. газов после теплообмена:~~

~~$PV_1 = \nu RT_1$~~ 2) Сосуд теплоизолирован, трения нет => тепло, отданное криптоном полностью идёт аргону, а $A_{Ar} = -A_{Kr}$. Тогда верен своего рода з-н сохр. энергии для системы газов (из первого начала ТД):

$0 = A_{Ar} + A_{Kr} + \Delta U_{Ar} + \Delta U_{Kr}$, или $0 = \Delta U_{Ar} + \Delta U_{Kr}$

$0 = \frac{3}{2}\nu RT - \frac{3}{2}\nu RT_1 + \frac{3}{2}\nu RT - \frac{3}{2}\nu RT_2$, т.е. $\frac{3}{2}\nu RT_1 + \frac{3}{2}\nu RT_2 = \frac{3}{2}\nu RT + \frac{3}{2}\nu RT$

$T_1 + T_2 = T + T \Leftrightarrow T = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{320 + 400}{2} = 160 + 200 = \boxed{360\ K}$

3) Если в конце равны температуры и давления газов (поршень в конце неподвижен), то равны и их объёмы, т.е. они делят сосуд поровну.

4) Для любого бесконечно малого процесса в таких процессах $P = const$ ~~в этом процессе~~ для криптона:

$\delta Q = PdV + \frac{3}{2}\nu RdT$ (I-е начало термодинамики) ~~$\Rightarrow \delta Q = \frac{5}{2}\nu RdT$~~

Из ур-ий состояния газов:
$$\left.\begin{array}{l} PV = \nu RT \\ P(V+dV) = \nu R(T+dT) \end{array}\right\} PdV = \nu RdT \Rightarrow \delta Q = \frac{5}{2}\nu RdT$$

Тогда для всего процесса $Q = \frac{5}{2}\nu R(T_2 - T) = \frac{5\cdot 3\cdot R\cdot 40}{2\cdot 5} = 60R =$
$= \boxed{498{,}60\ Дж}$

Ответ: 1) 4/5
2) 360 К
3) 498,6 Дж

☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

kx^2

$\sqrt{x^2-144}-\frac{18\sqrt5}{3}=\sqrt{x^2-144}+\sqrt{y^2-144}=16+6\sqrt5$ $\qquad 6+\frac{3}{4}=\frac{27}{4}$

$-\sqrt{y^2-144^2}+16=\sqrt{x^2-144}-\sqrt{k^2x^2-144}=16+6\sqrt5$

$2{,}25 \Rightarrow 6{,}75=$

$k v_1 \cos\alpha+ku+u=v_2\cos\beta \Leftrightarrow v_2\cos\beta-kv_1\cos\alpha=u(k+1)$

$\frac{18\sqrt5}{3}$ $\qquad u=\frac{v_2\cos\beta-kv_1\cos\alpha}{k+1}=\frac{16-k6\sqrt5}{k+1}$

$\frac{16}{1}=16,\ \frac{16-6\sqrt5}{2}=8-3\sqrt5=1{,}5$

$\cancel{\frac{\frac{16}{k}-6\sqrt5}{1+\frac{1}{k}}}\ \cancel{\frac{16}{k+1}-\frac{k}{k+1}}\ \frac{-(k+1)6\sqrt5-16+k6\sqrt5}{(k+1)^2}=0$

$16+k6\sqrt5=\cancel{2}(k+1)6\sqrt5$

$16+k6\sqrt5=-k6\sqrt5-6\sqrt5 \Leftrightarrow 2k6\sqrt5=-16-6\sqrt5$

$k=\frac{-16-6\sqrt5}{12\sqrt5}=-\frac{4}{3\sqrt5}-\frac{1}{2}=-\frac{4}{6{,}75}-0{,}5=-\frac{16}{27}-\frac{1}{2}=\frac{-43-16}{54}=-\frac{59}{54}$

$\times\ 8{,}31$
$\quad\ 60$
$498{,}60$ $\qquad 498{,}6$

$I_{01}=C(\mathcal{E}-U_2)' \Leftrightarrow (\mathcal{E}-U_2)'=I_{01}C=d$

$q_c\cdot C=\mathcal{E}-U_2=C(\mathcal{E}-U_2)$

$C=1$

$\mathcal{E}\ \ U_2+U_c=\mathcal{E}$ $\qquad LdI_{02}+\frac{q_{01}}{C}=0$

$U_2'+U_c'=0$ $\qquad I=CU'$

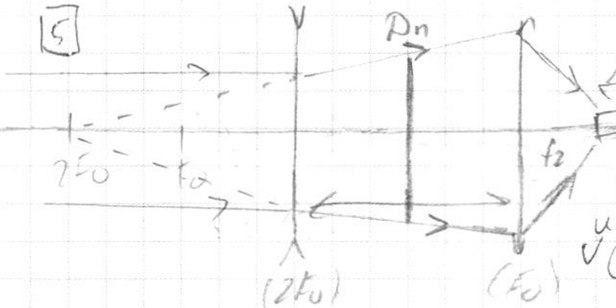
$L\frac{dI_{02}}{dt}+\frac{I_{01}}{C}=0$ $\qquad$ Притекло $-CLI_{01}-0$

☒ черновик ☐ чистовик Страница №__

(Поставьте галочку в нужном поле) (Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

5



1) По формуле тонкой линзы для удалённого пучка: $\frac{1}{d_1} - \frac{1}{f_1} = -\frac{1}{+2F_0}$

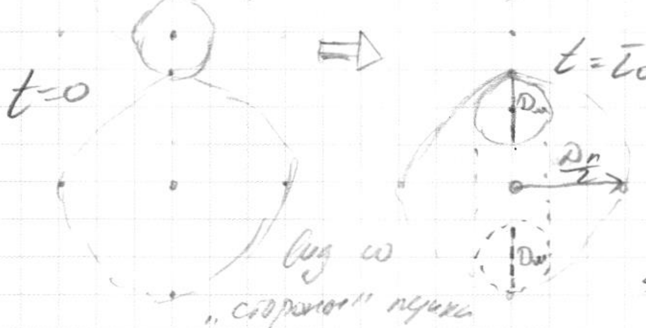
$f_1 = 2F_0$, т.е. пучок ~~сфокусируется в~~ как будто бы выходит из фокуса рассеивающей линзы. Теперь эта точка станет изображением для второй линзы

$d_2 = f_1 + 2F_0 = 4F_0 \Rightarrow \frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{F_0} \Rightarrow f_2 = \frac{F_0 d_2}{d_2 - F_0} = \frac{F_0 \cdot 4F_0}{3F_0} = \boxed{\frac{4}{3}F_0}$

По условию свет фокусируется в фотодетекторе $\Rightarrow$ f_2 и есть искомое расстояние

2) ~~Мощность света обр. проп-на площади падающего пучка. Если~~ $\cancel{I_1 = \frac{7}{16}I_0}$, ~~то~~ $\cancel{\frac{D_п}{D} = \left(\frac{S_п}{S}\right)^{1/2} = \left(\frac{I_1}{I_0}\right)^{1/2} = \sqrt{\frac{7}{16}} = \frac{\sqrt{7}}{4}}$.

3) В самый начальный момент ($t=0$) мишень „касается" нижней точкой проекции линзы на пл-ть, $\perp$ пучку света, а в момент τ_0 мишень уже полностью загораживает часть пучка. Вот как это выглядит (внутр. и вн. касание): ~~Найдём диаметр пучка из подобия~~



4) Найдём диаметр пучка ($D_п$) из подобия (см. рис. выше): $\frac{D_п}{D} = \frac{2F_0 + F_0}{2F_0 + 2F_0} = \frac{3}{4}$

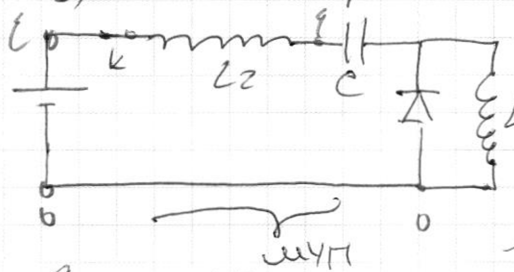
Тогда $\frac{S_п}{S_л} = \left(\frac{D_п}{D}\right)^2 = \frac{9}{16}$

5) Мощность света обр. проп-не площади падающего пучка, поэтому $\frac{D_м}{D_п}$ ($D_м$ - диаметр мишени) $\frac{D_м}{D_п} = \left(\frac{S_м}{S_п}\right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{I_0 - I_1}{I_1}\right)^{\frac{1}{2}} = \sqrt{\frac{9}{16}} = \frac{3}{4}$

6) Из анализа рисунка следует $v\tau_0 = D_м$ (v - это искомая величина)

Тогда $\cancel{v = \frac{D_м}{\tau_0} = \frac{\sqrt{7}D_п}{4\tau_0} = \frac{\sqrt{7}\cdot 3D}{4\tau_0 \cdot 4} = \frac{3\sqrt{7}}{16}\frac{D}{\tau_0}}$ $v = \frac{D_м}{\tau_0} = \frac{3D_п}{4\tau_0} = \boxed{\frac{9D}{16\tau_0}}$

3) Аналогично при I_{02} $U_2 = 0$



$U_{C2}^* + U_{L1} = \mathcal{E}$

$U_{C1}' + U_{L1}' = 0$, т.е. $\frac{I_{02}}{C} + L_1\frac{dI}{dt} = 0$

$\int \frac{I_{02}dt}{C} + \int L_1 dI_2 = 0$ (от начала и до I_{02})

$\frac{q_{C2}}{C} + L_1 I_{02} = 0$, т.е. $U_{C2} + L_1 I_{02} = 0$, т.е. $U_{C2} = -L_1 I_{02}$

ЗСЭ: $A = W_{02} - W_0$, т.е. $-\mathcal{E}CL_1 I_{02} = \frac{C(L_1 I_{02})^2}{2} + \frac{(L_1+L_2)I_{02}^2}{2}$

$I_{02} \neq 0$: $-10\mathcal{E}CL = C25L^2 I_{02} + 9L I_{02} = L I_{02}(25CL + 9)$

$I_{02} = -\frac{10\mathcal{E}C}{25CL+9} \Rightarrow I_{02} = \boxed{\frac{10\mathcal{E}C}{25CL+9}} = |I_{02}|$

Ответ: 1) $6\pi\sqrt{LC}$

2) $\frac{8C\mathcal{E}}{9+16CL}$

3) $\frac{10C\mathcal{E}}{25CL+9}$

☐ черновик ☒ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

4) В период от τ_0 до t_1 мишень полностью ~~...~~ затмевала (загораживала) часть пучка. По рисунку видно, что за это время мишень продвинулась вниз на $\cancel{\ldots} \; \frac{D_n}{7}\left(\frac{D_n}{7} - D_м\right) + \frac{D_n}{7} =$

$= D_n - D_м = \cancel{D_n - \frac{\sqrt{7}}{4}D_n = D_n\left(\frac{4-\sqrt{7}}{4}\right) = \frac{3}{4}\ldots} \; D_n - \frac{3}{4}D_n = \frac{D_n}{4} = \frac{3}{16}D$

~~И это расстояние равно~~ $\cancel{\vartheta(t_1 - \tau_0)}$

~~Откуда~~ $\cancel{t_1 - \tau_0 = \frac{3(4-\sqrt{7})}{16\vartheta}D}$, ~~т.е.~~ $\cancel{t_1 = \tau_0 + \frac{3(4-\sqrt{7})D\cdot16\tau_0}{16\cdot3\sqrt{7}D} =}$

$\cancel{= \frac{3(4-\sqrt{7})}{3\sqrt{7}}\tau_0 = \left(\frac{4}{\sqrt{7}} - 1\right)\tau_0}$

И это расстояние равно $v(t_1 - \tau_0)$, т.е. $t_1 - \tau_0 = \frac{3D}{16v}$

$t_1 = \tau_0 + \frac{3D}{16v} = \tau_0 + \frac{3D\cdot16\tau_0}{16\cdot9D} = \tau_0 + \frac{\tau_0}{3} = \boxed{\frac{4}{3}\tau_0}$

Ответ: 1) $\frac{4}{3}F_0$

2) $\frac{9D}{16\tau_0}$

3) $\frac{4}{3}\tau_0$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

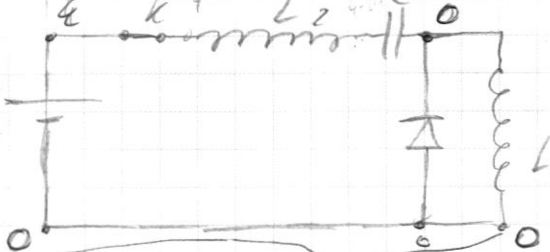
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\boxed{4}$ 1) Период колебаний найдём из формулы Томсона: $T = 2\pi\sqrt{L_э C_э}$

где $L_э$ и $C_э$ — эквивалентные ёмкости конденсаторов и катушек

L_1 и L_2 соединены последовательно, поэтому $L_э = L_1 + L_2 = 9L$

Итого $T = 2\pi\sqrt{9LC} = \boxed{6\pi\sqrt{LC}}$



Метод узловых потенциалов (МУП)

2) Для удобства введу $\mathcal{E} = E$. Если ток I_{01} максимален, то $U_{01} = 0$ ($U_1 = L_1 I_1'$). Тогда такой же ток течёт и через катушку L_2 (они соединены последовательно, а диод в напр движения тока по часовой стрелке закрыт).

3) В этот момент $U_2 + U_C = \mathcal{E}$ (см. рисунок)

$U_2' + U_C' = 0$, т.е. $L_2\frac{dI_2}{dt} + \frac{I_C}{C} = 0$, т.е. $L_2 dI_2 + \frac{I_C dt}{C} = 0$

От начала до момента с I_{01}: $L_2\int dI_2 + \frac{1}{C}\int I_C dt = 0$

$L_2 I_2 + \frac{q_C}{C} = 0$, т.е. $L_2 I_{01} + U_C = 0 \Leftrightarrow U_C = -L_2 I_{01} = -4LI_{01}$

4) ~~Б~~ ЗСЭ: $A = W_{01} - W_0 + Q$

$-\mathcal{E} C L_2 I_{01} = \frac{(L_1+L_2)I_{01}^2}{2} + \frac{C\cdot(L_2 I_{01})^2}{2} + 0 + 0$

(резисторов нет, тепло не выделяется)

$I_{01} = 0$ — тривиальный корень: $\cancel{4\mathcal{E} CL_2 = 9LI_{01} + C}$

$-8\mathcal{E} CL = 9LI_{01} + 16CL^2 I_{01} = I_{01}L(9+16CL)$

$I_{01} = -\frac{8C\mathcal{E}}{9+16CL}$

То есть амплитудный ток (а он и есть максимальный) будет

$I_{01} = \boxed{\frac{8C\mathcal{E}}{9+16CL}} = |I_{01}|$, т.к. при электромагнитных колебаниях амплитуды тока „вниз и вверх" равны

☐ черновик ☒ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)