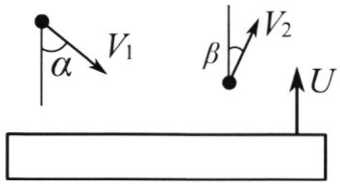
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

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



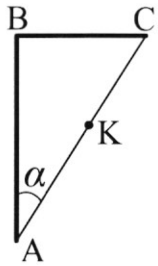

1) Найти скорость $V_2$.
2) Найти возможные значения скорости плиты $U$ при таком неупругом ударе.

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 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?

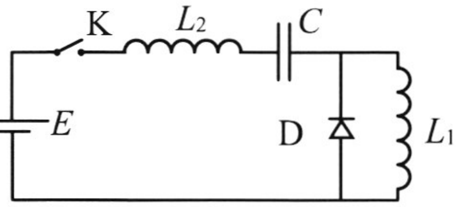
**3.** Две бесконечные плоские прямоугольные пластины АВ и ВС перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром В. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру В.




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?

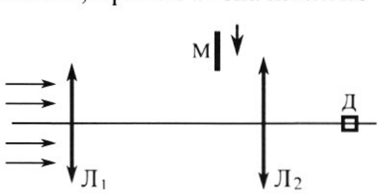
2) Пластины ВС и АВ заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = 4\sigma, \sigma_2 = \sigma$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/8$. Найти напряженность электрического поля в точке К на середине отрезка АС.

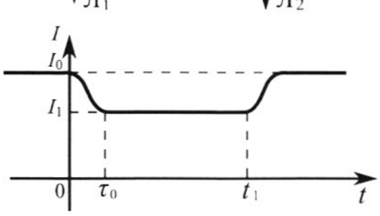
**4.** Электрическая цепь собрана из идеальных элементов: источника с ЭДС $E$, катушек с индуктивностями $L_1 = 3L$, $L_2 = 2L$, конденсатора емкостью $C$, диода D (см. рис.). Ключ К разомкнут, конденсатор не заряжен, тока в цепи нет. После замыкания ключа возникают колебания тока в $L_2$.




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 $F_0$ 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 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 $5F_0/4$ от Л$_1$. На рисунке показана зависимость тока $I$ фотодетектора от времени $t$ (секундомер включен в момент начала уменьшения тока). $I_1 = 8I_0/9$.



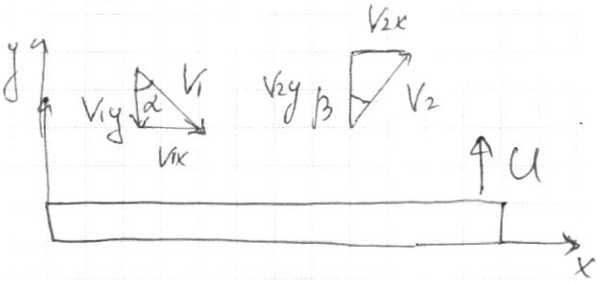




1) Найти расстояние между линзой Л$_2$ и фотодетектором.
2) Определить скорость $V$ движения мишени. 3) Определить $t_1$.

Известными считать величины $F_0$, $D$, $\tau_0$.

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №1




1) Рассмотрим удар шарика о плиту по осям. На шарик по оси x во время удара не действуют силы => выполняется ЗСИ по оси x. Скорость шарика до удара по оси x равна скорости шарика после удара по оси x:

$V_1 \sin\alpha = V_2 \sin\beta \Rightarrow V_2 = \frac{V_1 \sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{6 \cdot 2 \cdot 3}{3 \cdot 1} = 12$ м/с.

2) Рассмотрим абсолютно упругий удар шарика со скоростью $V_{1y}$ о стенку, движущуюся навстречу ему со скоростью $U$. В СО-стенка скорость шара $V_{1y}+U$, после удара она сохраняется, т.к. удар абсолютно упругий => в ЛСО скорость шарика $V_{1y}+2U$. Получается, что $V_{2y} \leq V_{1y}+2U$ — максимальная граница скорости, минимальная, когда шарик прилипнет к стенке и будет двигаться со скоростью $U \Rightarrow V_{2y} \geq U$. =>

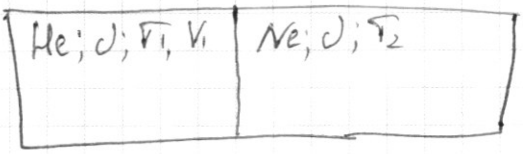
$\Rightarrow U \leq V_{2y} \leq V_{1y}+2U \Rightarrow \begin{cases} V_{2y} \geq U \\ 2U + V_{1y} \geq V_{2y} \end{cases}$ а) $U \leq V_{2y} = V_2 \cos\beta = 8\sqrt{2}$ м/с

б) $2U + V_{1y} \geq V_{2y} \Rightarrow U \geq \frac{V_{2y} - V_{1y}}{2} = \frac{V_2\cos\beta - V_1\cos\alpha}{2} = \frac{8\sqrt{2} - \frac{6}{3}\sqrt{5}}{2} =$

$= 4\sqrt{2} - \sqrt{5} \Rightarrow \begin{cases} U \leq 8\sqrt{2} \\ U \geq 4\sqrt{2}-\sqrt{5} \end{cases} \Rightarrow U \in [4\sqrt{2}-\sqrt{5}; 8\sqrt{2}]$ м/с.

Ответ: 1) 12 м/с; 2) $[4\sqrt{2}-\sqrt{5}; 8\sqrt{2}]$ м/с.

Задача №2




1) Т.к. поршень свободно перемещается и перемещается медленно => в каждый момент времени давления в отсеках равны. Запишем законы Менделеева-Клапейрона для газов в начальный момент:
$P_1V_1 = \nu RT_1$; $P_1V_2 = \nu RT_2$. Поделим 1 ур-ие на второе:
$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{330}{440} = \frac{33}{44} = \frac{3}{4}$. 2) Сосуд теплоизолированный => к системе газов не подводится и не отводится тепло => внутренняя энергия газов в начале равна конечной: $\frac{3}{2}\nu RT_1 + \frac{3}{2}\nu RT_2 = \frac{3}{2}\nu RT_3 + \frac{3}{2}\nu RT_3 = 3\nu RT_3 \Rightarrow$
$\Rightarrow \frac{\cancel{3}}{2}\cancel{\nu R}T_1 + \frac{\cancel{3}}{2}\cancel{\nu R}T_2 = \cancel{3\nu R}T_3 \Rightarrow \frac{T_1}{2} + \frac{T_2}{2} = T_3 = \frac{330}{2} + \frac{440}{2} = 165 + 220 =$
$= 385K$. 3) Т.к. в конечном состоянии температуры газов равны, давления равны, количества газов равны => объемы газов в конечном состоянии равны: $V_3 + V_3 = V_0 = 2V_3$, где $V_0$ — полный объем сосуда, тогда, $V_1 + V_2 = V_0$.
Объем ~~неона~~ гелия в начальном состоянии из первого пункта: $V_1 = \frac{3}{4}V_2 \Rightarrow \frac{3}{4}V_2 + V_2 = V_0 = \frac{7}{4}V_2 \Rightarrow V_2 = \frac{4}{7}V_0$; $V_3 = \frac{V_0}{2}$, где $V_3$ — объемы газов в конечном состоянии. Выразим давление газов в начальном состоянии из 1 пункта:
$P_1 = \frac{\nu RT_2}{V_2}$. Закон Менделеева-Клапейрона для конечного состояния газов: $P_2V_3 = \nu RT_3 \Rightarrow P_2 = \frac{\nu RT_3}{V_3} = \frac{6}{25}\cdot\frac{\cancel{8{,}31}\cdot 385\cdot 2\cdot R}{V_0}$
$= \frac{6\cdot \overset{77}{\cancel{385}}\cdot 2}{\cancel{25}_{5}}\frac{R}{V_0} = \frac{12\cdot 77R}{5\,V_0} = \frac{924}{5}\frac{R}{V_0}$; $P_1 = \frac{6}{25}\frac{\cdot\overset{110}{\cancel{440}}}{\cdot\cancel{4}V_0}7R = \frac{42\cdot\overset{22}{\cancel{110}}}{\cancel{25}_{5}}\frac{R}{V_0} =$
$= \frac{22\cdot 42}{5}\frac{R}{V_0} = \frac{924}{5}\frac{R}{V_0}$, Получается, что давление конечное, выраженное в условных единицах, равно давлению начальному. =>

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

=> т.к. поршень двигается медленно, то давление всегда поддерживается постоянным => можно считать, что с газами происходит изобарический процесс.

$Q_{нг} = A + \Delta U$, $Q>0$; $A>0$; $\Delta U>0$; $A = P_1(V_2 - V_3) = \nu R(T_2 - T_3)$. $(P_1 = P_2)$

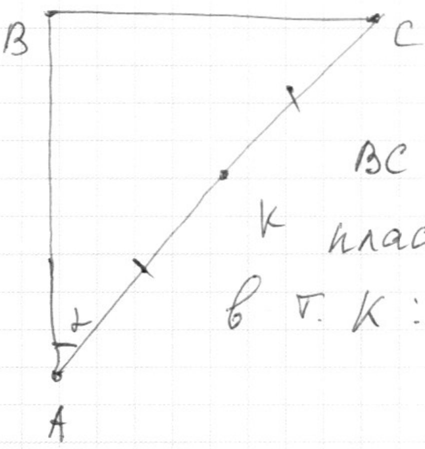
$\Delta U = \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_3) = \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_3)$. $Q = \nu R(T_2 - T_3) + \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_3) =$

$= \frac{5}{2}\nu R(T_2 - T_3) = \frac{5}{2}\cdot\frac{6}{25}\cdot 8{,}31\cdot 55 = \frac{5\cdot 6\cdot 8{,}31\cdot 55}{2\cdot 25} = \frac{3\cdot 11\cdot 8{,}31}{1} =$

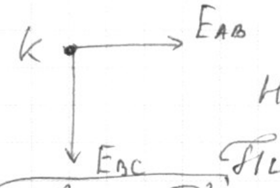
$= \frac{33\cdot 831}{100} = 274{,}23$ Дж.

Ответ: 1) $\frac{3}{4}$; 2) 385 K; 3) 274,23 Дж.

Задача №3



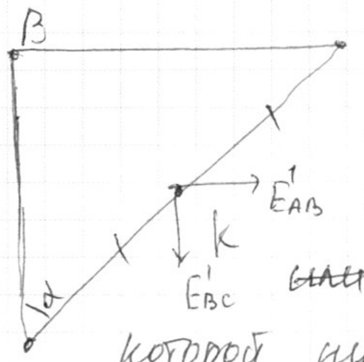

1) Напряженность бесконечной заряженной пластины: $E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$. Пластина BC создает ~~напр.~~ эл. поле вертикально, пластина AB горизонтально. Напряженность в т. K:




Итоговую напряженность найдем по теореме Пифагора: $E_0 = \sqrt{E_{AB}^2 + E_{BC}^2} =$

$= \sqrt{\left(\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\right)^2 + \left(\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\right)^2} = \sqrt{\frac{\sigma^2}{4\varepsilon_0^2} + \frac{\sigma^2}{4\varepsilon_0^2}} = \sqrt{\frac{2\sigma^2}{4\varepsilon_0^2}} = \sqrt{\frac{\sigma^2}{2\varepsilon_0^2}} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\cdot\frac{1}{\sqrt{2}} =$

$= \frac{\sqrt{2}}{2}\frac{\sigma}{\varepsilon_0}$, где $E_0$ — напряженность в т. K при двух заряженных пластинах. При заряженной пластине BC напряженность в т. K: $E_1 = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$; $\frac{E_0}{E_1} = \frac{\sqrt{2}\sigma\cdot 2\varepsilon_0}{2\varepsilon_0\cdot\sigma} = \sqrt{2}$.

2) 

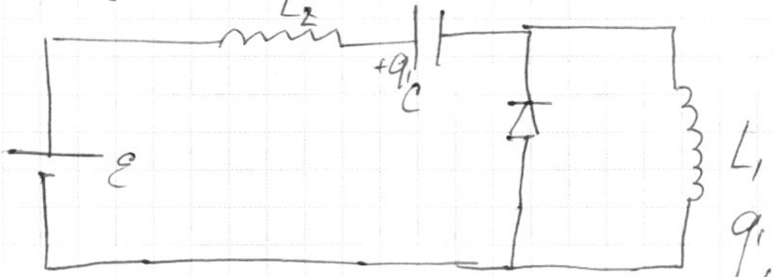

Напряженность эл поля, создаваемого бесконечной заряженной пластиной: $E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$. Она не зависит от расстояния, ~~...~~ на котором находится точка, в которой нужно измерить напряженность. Тогда, $E'_{BC} = \frac{4\sigma}{2\varepsilon_0} = 2\frac{\sigma}{\varepsilon_0}$; $E'_{AB} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$. Они направлены перпендикулярно друг к другу, $\Rightarrow$ суммарную напряженность в т. K можно посчитать, используя т. Пифагора:

$$\Sigma E_K = \sqrt{E'^2_{AB} + E'^2_{BC}} = \sqrt{4\frac{\sigma^2}{\varepsilon_0^2} + \frac{\sigma^2}{4\varepsilon_0^2}} = \sqrt{\frac{17}{4}\frac{\sigma^2}{\varepsilon_0^2}} = \frac{\sqrt{17}}{2}\frac{\sigma}{\varepsilon_0}.$$

Ответ: 1) $\sqrt{2}$; 2) $\frac{\sqrt{17}}{2}\frac{\sigma}{\varepsilon_0}$.

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №4




1) ЗСЭ для любого момента времени во время зарядки конденсатора:

$$q_1\mathcal{E} = \frac{L_2 I^2}{2} + \frac{q_1^2}{2C} + \frac{L_1 I^2}{2}.$$

Через диод ток не течет, т.к. во время зарядки конденсатора напряжение на $L_1$ существует. Значит, весь ток течет по внешнему контуру. Возьмем производную: $\dot q_1 \mathcal{E} = \frac{2L_2}{2} I\dot I + \frac{2q_1}{2C}\dot q_1 + \frac{2L_1 I \dot I}{2} \Rightarrow$

$$\Rightarrow \cancel{\dot q_1}\mathcal{E} = L_2 \cancel{\dot q_1}\ddot q_1 + \frac{q_1}{C}\cancel{\dot q_1} + L_1\cancel{\dot q_1}\ddot q_1 \Rightarrow \mathcal{E} = L_2\ddot q_1 + \frac{q_1}{C} + L_1\ddot q_1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \mathcal{E} - \frac{q_1}{C} = (L_1+L_2)\ddot q_1 \Rightarrow \ddot q_1 + \frac{q_1}{C(L_1+L_2)} - \frac{\mathcal{E}}{L_1+L_2} = 0;\quad \ddot q_1 + \frac{1}{C(L_1+L_2)}(q_1 - \mathcal{E}C) = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \omega = \frac{1}{\sqrt{C(L_1+L_2)}} \Rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{C(L_1+L_2)} = 2\pi\sqrt{C\cdot 5L} = 2\pi\sqrt{5CL}.$$

2) Из 1 пункта: $q_1 - \mathcal{E}C = q_{max}\sin(\omega t+\varphi_0)$. В начальный момент: $-C\mathcal{E} = q_{max}\sin\varphi_0 = C\mathcal{E}\sin\varphi_0$ ($q_{max} = C\mathcal{E}$, т.к. $U_{max} = \mathcal{E}$) $\Rightarrow$

$\Rightarrow \sin\varphi_0 = -1 \Rightarrow \varphi_0 = \frac{3\pi}{4}$; $q_1 - C\mathcal{E} = C\mathcal{E}\sin(\omega t + \frac{3\pi}{4}) = C\mathcal{E}(-\cos(\omega t)) \Rightarrow$

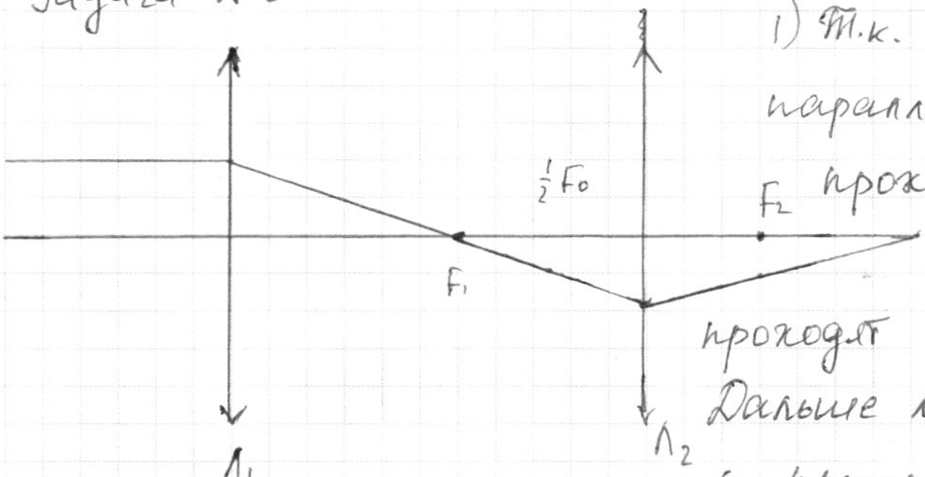
$\Rightarrow q_1 = C\mathcal{E}(1-\cos(\omega t))$. Возьмем производную: $I_1 = C\mathcal{E}\sin(\omega t)\cdot\omega = \frac{C\mathcal{E}}{\sqrt{C(L_1+L_2)}}\sin(\omega t)$ ($I_1$ — ток через конденсатор $\Rightarrow$ через $L_2$)

Максимальный ток: $I_{02} = \frac{\mathcal{E}\sqrt{C}}{\sqrt{L_1+L_2}} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{5L}}$. 3) Из 1 пункта: $q_1\mathcal{E} = \frac{L_2I^2}{2} + \frac{q_1^2}{2C} + \frac{L_1 I^2}{2}$. Чтобы ток через катушку $L_1$ был максимален $\Rightarrow$ тока через $L_2$ быть не должно $\Rightarrow U_2 = 0$; а $U_1 = 0$, т.к. ток через $L_1$ максимален $\Rightarrow q_c = C\mathcal{E}$.

$$C\mathcal{E}^2 = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} + \frac{L I_{01}^2}{2} \Rightarrow C\mathcal{E}^2 = L I_{01}^2 \Rightarrow I_{01} = \sqrt{\frac{C}{L_1}}\,\mathcal{E} = \sqrt{\frac{C}{3L}}\,\mathcal{E}.$$

Ответ: 1) $2\pi\sqrt{5CL}$; 2) $I_{01} = \sqrt{\frac{C}{3L}}\,\mathcal{E}$; $I_{02} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{5L}}$.

Задача №5




1) Т.к. лучи идут параллельно оси $\Rightarrow$ проходя через $Л_1$, они преломляются, проходят через фокус $Л_1 - F_1$. Дальше лучи падают на $Л_2$ и преломляются. Лучи, исходящие из т. $F_1$ $Л_2$ будет воспринимать как источник. Расстояние от т. $F_1$ до $Л_2$ — $\frac{1}{2}F_0$. Запишем ФТЛ: $\frac{1\cdot 2}{F_0} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F_2} = \frac{1\cdot 3}{F_0} \Rightarrow \frac{2}{F_0} + \frac{1}{f_1} = \frac{3}{F_0} \Rightarrow \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F_0} \Rightarrow$

$\Rightarrow f_1 = F_0$. Т.к. пройдя через линзу свет фокусируется на фотодетекторе, то $f_1$ — расстояние между $Л_2$ и $D$.

2) Мишень вносится с $t=0$ до $\tau_0$, т.к. в $\tau_0$ — сила тока ~~максимальна~~ минимально $\Rightarrow$ мишень поглощает максимальное кол-во света. Из того, что интенсивность света в сечении пучка одинакова, а сила тока через детектор пропорциональна мощности пучка света, то когда $I_1 = \frac{8}{9}I_0 \Rightarrow$ ~~пласти~~ мишень поглощает $\frac{1}{9}$ от всех лучей — (мишень при этом максимально вдвинута) $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ размер мишени: $r = \frac{D}{9}$. За время $\tau_0$ ~~пластин.~~ мишень переместилась на $r \Rightarrow r = v\tau_0 = \frac{D}{9} \Rightarrow v = \frac{D}{9\tau_0}$.

3) Во течение времени от $\tau_0$ до $t_1$ мишень сдвигается на расстояние: ~~$D =$~~ $S = D - \frac{D}{9} - \frac{D}{9} = \frac{7}{9}D$ (она уже в начале поглощает макс. кол-во света, а в конечном еще поглощает

☐ 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

макс. кол-во света, т.к. находится в системе линз полностью). Тогда, $\frac{7}{9}D = v(8t_1 - \tau_0) = \frac{D}{9\tau_0}(t_1 - \tau_0) \Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{7}{9}D = \frac{D}{9\tau_0}(t_1 - \tau_0) \Rightarrow 7 = \frac{t_1}{\tau_0} - 1 \Rightarrow \frac{t_1}{\tau_0} = 8 \Rightarrow t_1 = 8\tau_0.$

Ответ: 1) $F_0$; 2) $\frac{D}{9\tau_0}$; 3) $8\tau_0$.

☐ черновик ☑ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)



(Нумеровать только чистовики)

$$\ddot{q} + \frac{q_1}{C(L_1+L_2)} - \frac{\mathcal{E}}{L_1+L_2} = 0$$

$$\ddot{q} + \frac{1}{C(L_1+L_2)}(q_1 - C\mathcal{E}) = 0, \quad \omega = \sqrt{\frac{1}{C(L_1+L_2)}}$$

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

$$q_1 - C\mathcal{E} = q_{max} \sin(\omega t + \varphi_0)$$

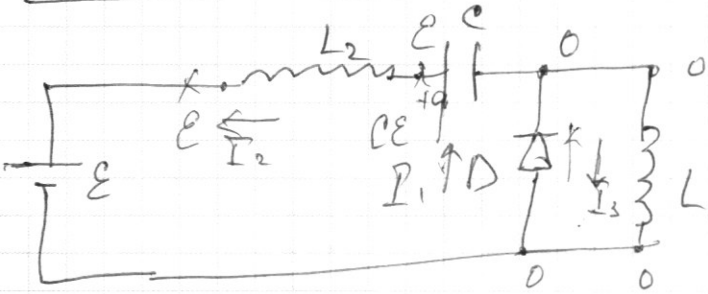
$$-C\mathcal{E} = q_{max} \sin\varphi_0$$

$$\sin\varphi_0 = -1$$

$$\varphi_0 = \frac{3\pi}{2}$$

$$q_1 - C\mathcal{E} = q_{max}\sin\left(\omega t + \frac{3\pi}{2}\right) =$$

$$= q_{max}(-\cos(\omega t)) = -C\mathcal{E}\cos(\omega t)$$



$$q_1 = C\mathcal{E}(1 - \cos(\omega t))$$

$$I = \cancel{C\mathcal{E}} + C\mathcal{E}\sin(\omega t)\omega$$

$$I_{02} = C\mathcal{E}\frac{1}{\sqrt{C(L_1+L_2)}} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{(L_1+L_2)}}$$

$$-q\mathcal{E} = \frac{L_2 I^2}{2} + \frac{(C\mathcal{E} - q)^2}{2C} +$$

$I_{max} \Rightarrow U_L = 0$

$$q\mathcal{E} = \frac{L_2 I^2}{2} + \frac{q^2}{2C} + \frac{L_1 I_1^2}{2}$$

$$C\mathcal{E}^2 = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} + \frac{L_1 I_{01}^2}{2}$$

$$\frac{C\mathcal{E}^2}{2} = \frac{L_1 I_{01}^2}{2}$$

$$\cancel{I_{01} = \sqrt{\frac{C}{L_1}\mathcal{E}^2}} = \sqrt{\frac{C}{L_1}}\mathcal{E}$$

$$q\left(\mathcal{E} - \frac{q}{2C}\right) = \frac{L_1 I_1^2}{2}$$

$$q\mathcal{E} - \frac{q^2}{2C}$$

$$\mathcal{E} - \frac{2q}{2C} = 0$$

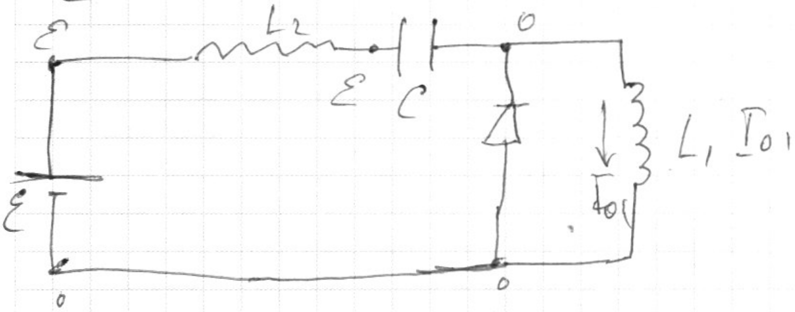
$$\mathcal{E} - \frac{q}{C} = 0$$

$$q = C\mathcal{E}$$

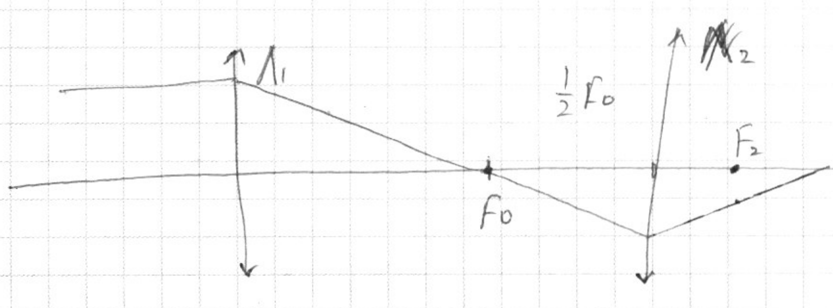
$$C\mathcal{E}\left(\mathcal{E} - \frac{C\mathcal{E}}{2C}\right) = \frac{C\mathcal{E}^2}{2}$$

$$\frac{C\mathcal{E}^2}{2} = \frac{L_1 I_1^2}{2}$$

$$I_1 = \sqrt{\frac{C\mathcal{E}^2}{L_1}} = \sqrt{\frac{C}{L_1}}\mathcal{E}$$



1 2 3 4 5



☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

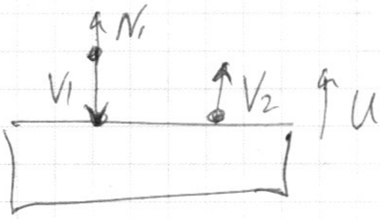
ШИФР

(заполняется секретарём)

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Черн

$$\begin{array}{r} 220 \\ +165 \\ \hline 385 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 330 \\ 2 \\ \hline 13 \\ -12 \\ \hline 10 \end{array} \Big| \begin{array}{l} 2 \\ \hline 165 \end{array} \qquad Q = \qquad \begin{array}{r} 385 \\ -35 \\ \hline 35 \end{array} \Big| \begin{array}{l} 5 \\ \hline 77 \end{array}$$




$$P_1 = \frac{\cancel{440}^{110} \cdot 7}{\cancel{4} V_0} = \frac{770}{V_0} \qquad \begin{array}{r} 77 \\ \times 12 \\ \hline 154 \\ +77 \end{array}$$

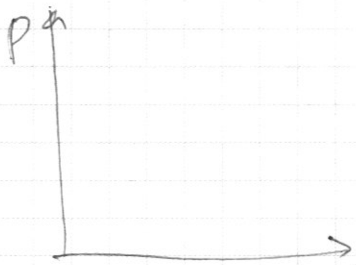
$$P_2 = \frac{2 \cdot 385}{V_0} = \frac{600 + 160 + 10}{V_0} =$$

$$= \frac{770}{V_0} \qquad \begin{array}{r} 110 \\ 10 \\ \hline 10 \end{array} \Big| \begin{array}{l} 5 \\ \hline 22 \end{array} \quad 924$$

$$V_{1y} = 6 \cdot \frac{\sqrt{5}}{3} = 2\sqrt{5} > 4 = \sqrt{20}$$

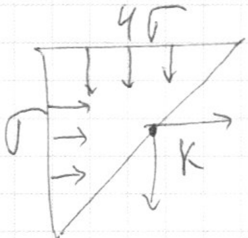
$$V_{2y} = 12 \cdot \frac{\sqrt{8}}{3} = 4 \cdot 2\sqrt{2} = 8\sqrt{2} = \sqrt{128}$$

$$\begin{array}{r} 22 \\ \times 42 \\ \hline 44 \\ 88 \\ \hline 924 \end{array}$$



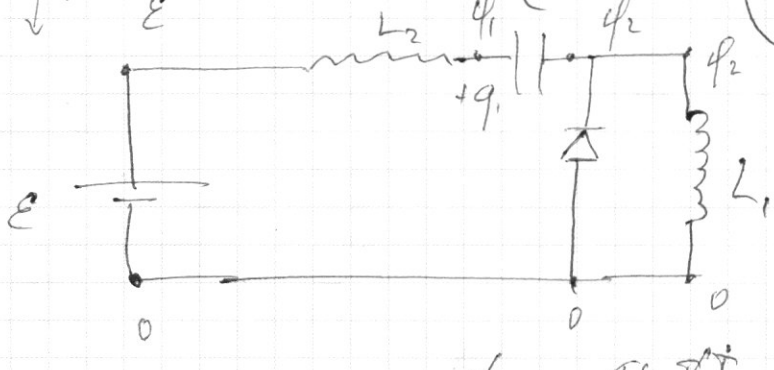

$$\begin{array}{r} 440 \\ -385 \\ \hline \end{array} \qquad \begin{array}{r} 15 \\ +40 \\ \hline 55 \\ +385 \\ \hline 440 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 831 \\ \times 33 \\ \hline 2493 \\ 2493 \\ \hline 27423 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 8310 \\ \times 3 \\ \hline 24930 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 831 \\ \times 3 \\ \hline 2493 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 24930 \\ +2493 \\ \hline 27423 \end{array}$$




$$\sigma = \frac{q}{S}$$

$$E = \frac{q}{2\varepsilon_0 S} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$$




$$\mathcal{E} = U_2 + U_C + U_1$$

$$q_1 \mathcal{E} = \frac{L_2 I^2}{2} + \frac{q_1^2}{2C} + \frac{L_1 I^2}{2}$$

$$\cancel{I}\mathcal{E} = \frac{2 L_2 \cancel{I} \dot{I}}{2} + \frac{2 q_1 \cancel{I}}{2C} + \frac{2 L_1 \cancel{I} \dot{I}}{2}$$

$$\mathcal{E} = \frac{2 L_2 \dot{I}}{2} + \frac{q_1}{C} + L_1 \dot{I}$$

$$\mathcal{E} - \frac{q_1}{C} = \dot{I}(L_1 + L_2) \qquad \ddot{q} + \frac{q_1}{C(L_1+L_2)} - \frac{\mathcal{E}}{(L_1+L_2)} = 0$$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Черн. При абсолютно упругом ударе, когда энергия сохраняется $\Rightarrow V_{2y} = V_{1y} + 2U$. $V_{2y} > V_{1y} \rightarrow$

$\Rightarrow$ не вся энергия выделилась в тепло ~~$U \le V_{1y} + 2U \le V_{2y}$~~

$U \le V_{2y} \le V_{1y} + 2U$

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

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

$U \le V_{2y} = V_2 \cos\beta$

$V_{2y} \le V_{1y} + 2U$

$2U \geq V_{2y} - V_{1y}$

$$\begin{cases} U \le V_2 \cos\beta \\ U \geq \frac{V_2 \cos\beta - V_1 \cos\alpha}{2} \end{cases}$$

$U \geq \frac{V_{2y} - V_{1y}}{2} = \frac{V_2 \cos\beta - V_1 \cos\alpha}{2} =$

$U \le \frac{12 \cdot \sqrt{8}}{3} = 4 \cdot 2\sqrt{2} = 8\sqrt{2}$

$= \frac{8\sqrt{2} - \frac{6 \cdot \sqrt{5}}{3}}{2} = \frac{8\sqrt{2} - 2\sqrt{5}}{2} =$

$U \geq 4\sqrt{2} - \sqrt{5}$

$= 4\sqrt{2} - \sqrt{5}$

$U \in [4\sqrt{2} - \sqrt{5};\ 8\sqrt{2}]$ м/с.

$\sum E \cdot dS = \frac{\sum Q}{\varepsilon_0}$

$2E \cdot S = \frac{Q\ \sigma S}{\varepsilon_0}$

$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$