Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

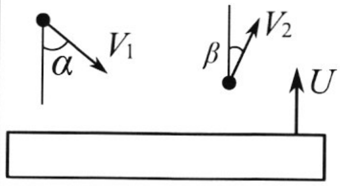
Класс 11

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.

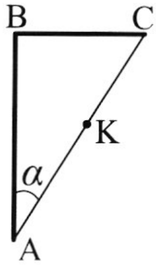
2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится азот, во втором – кислород, каждый газ в количестве $\nu = 3/7$ моль. Начальная температура азота T_1 = 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?

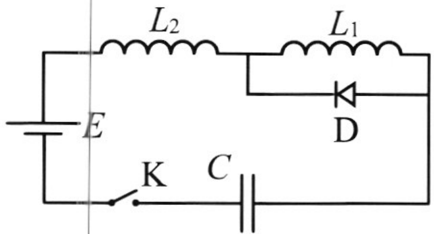
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины АВ и ВС перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром В. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру В.



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.

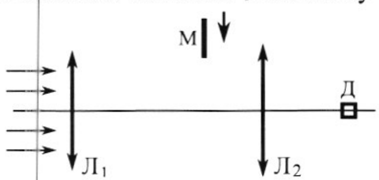


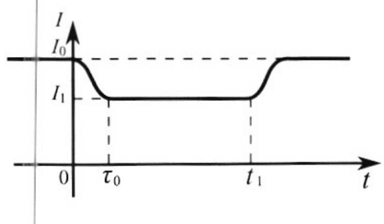
1) Найти период T этих колебаний.

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.

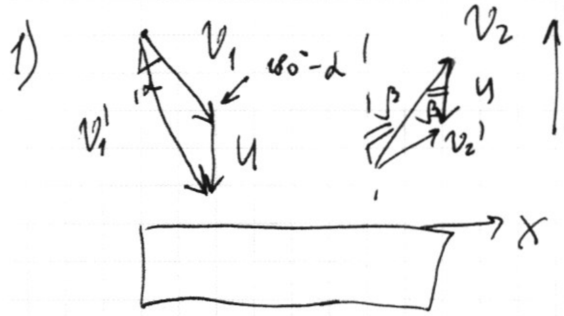
Известными считать величины F_0, D, τ_0.

$V_1 = 8\,\frac{м}{с}$
$\sin\alpha = \frac{3}{4}$
$\sin\beta = \frac{1}{2}$

1) V_2 – ?
2) U – ?

В СО „плиты" №1.

1)



Т.к. плита гладкая, то ЗСИ на OX:

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

$$V_2 = V_1 \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} =$$

$$= 8 \cdot \frac{\frac{3}{4}}{\frac{1}{2}} = 8 \cdot \frac{3}{2} = 12\,\frac{м}{с}$$

2) Перейдём в СО „плита". V_1' и V_2' – скорости шарика в этой СО до и после удара соответственно. Плита – массивная $\Rightarrow$ СО – инерциальная. Удар – неупругий $\Rightarrow$ выделилось тепло-то $Q > 0$

$$\cos\alpha = \sqrt{1-\sin^2\alpha} = \sqrt{1-\frac{9}{16}} = \frac{\sqrt{7}}{4}$$

ЗЭС:

$$\frac{mV_1'^2}{2} = \frac{mV_2'^2}{2} + Q$$

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

$$Q > 0 \Rightarrow \frac{mV_1'^2}{2} - \frac{mV_2'^2}{2} > 0$$

$$V_1'^2 > V_2'^2 \quad (1)$$

По т. косинусов для векторных Δ скоростей:

$$V_1'^2 = V_1^2 + U^2 - 2V_1 U \cos(180°-\alpha) = V_1^2 + U^2 + 2V_1 U\cos\alpha \quad (2)$$

$$V_2'^2 = V_2^2 + U^2 - 2V_2 U\cos\beta \quad (3)$$ Подставим (2) и (3) в (1)

$$V_1^2 + \cancel{U^2} + 2V_1 U\cos\alpha > V_2^2 + \cancel{U^2} - 2V_2 U\cos\beta$$

$$2U(V_1\cos\alpha + V_2\cos\beta) > V_2^2 - V_1^2$$

$$U > \frac{V_2^2 - V_1^2}{2(V_1\cos\alpha + V_2\cos\beta)} = \frac{144 - 64}{2\cdot\left(8\cdot\frac{\sqrt{7}}{4} + 12\cdot\frac{\sqrt{3}}{2}\right)} =$$

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

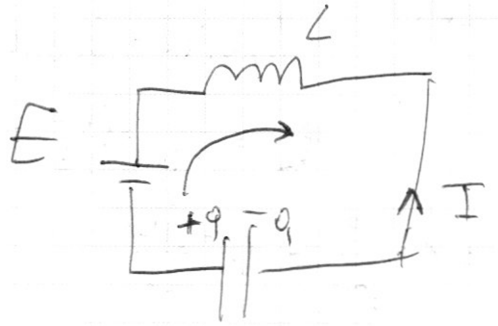
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$q(0) = q\left(\frac{T}{2}\right) = -2CE$

$\dot{q}(0) = 0.$

$-\frac{q}{C} = L\dot{I} + E$

$\dot{q} = I \Rightarrow \dot{I} = \ddot{q}$

$-\frac{q}{C} - \ddot{q}L = E \,/ :(-L)$

$\ddot{q} + \frac{q}{LC} = \frac{-E}{L}$

$\omega_2 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ $\quad q_2 \cdot \frac{1}{LC} = \frac{-E}{L} \Rightarrow$

$q_2 = -CE$

$q = -CE + A\sin\omega_2 t + B\cos\omega_2 t$

$\dot{q}(t) = A\omega_2 \cos\omega_2 t - B\omega_2 \sin\omega_2 t$

$0 = A\omega_2 \Rightarrow A = 0$

$I_{2m} = B\omega_2$

$q(\theta) = -2CE = -CE + B$

$B = -CE$

$$\boxed{I_{2m} = CE \cdot \frac{1}{\sqrt{LC}} = E \cdot \sqrt{\frac{C}{L}}}$$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$= \frac{80}{2(2\sqrt{7}+6\sqrt{3})} = \frac{80}{4(\sqrt{7}+3\sqrt{3})} = \frac{20(3\sqrt{3}-\sqrt{7})}{(3\sqrt{3}+\sqrt{7})(3\sqrt{3}-\sqrt{7})} =$$

$$= \frac{20(3\sqrt{3}-\sqrt{7})}{27-7} = 3\sqrt{3}-\sqrt{7}\ \frac{м}{с}$$

Однако шарик отскочил от пластины, а не прилип к ней $\Rightarrow$ в СО плиты $V'_{2y} > 0$.

$$V_2 \cos\beta - u > 0$$

$$u < V_2 \cos\beta = 12 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 6\sqrt{3}\ \frac{м}{с}.$$

$$\boxed{\text{Ответ: } V_2 = 12\ \frac{м}{с};\ u \in (3\sqrt{3}-\sqrt{7};\ 6\sqrt{3})\ \frac{м}{с}}$$

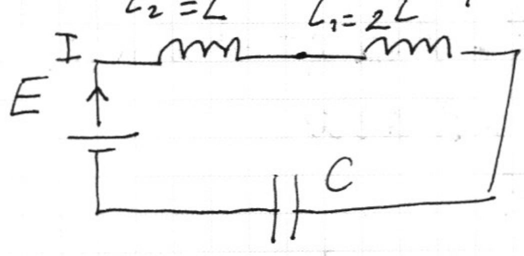
№4.

E, C, L

1) T – ?
2) I_{m1} – ?
3) I_{m2} – ?

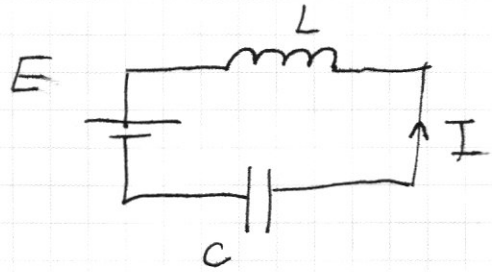
1) Колебания можно разбить на 2 части:

① Ток по часовой стрелке.



Тогда период колебаний по формуле Томсона: $T_1 = 2\pi\sqrt{(L+2L)C} = 2\pi\sqrt{3LC}$

② Ток против часовой стрелки: $L_1 \parallel$ идеальному диоду $\Rightarrow$
$\Rightarrow$ её можно заменить на провод:



По формуле Томсона:

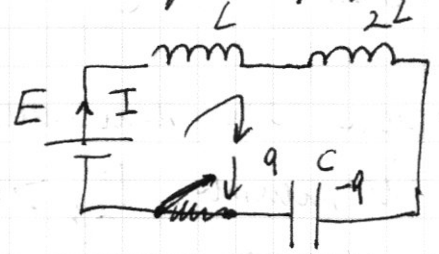
$$T_2 = 2\pi\sqrt{LC}$$

Тогда общий период колебаний: $T = \frac{T_1}{2} + \frac{T_2}{2} =$

$= \pi\sqrt{3LC} + \pi\sqrt{LC} = (1+\sqrt{3})\pi\sqrt{LC}$

Рассмотрим каждый процесс отдельно:

(1)



II п. Кирхгофа:

$$-\frac{q}{C} = -L\dot{I} - 2L\dot{I} + E$$

$$-\frac{q}{C} + 3L\dot{I} = E$$

Т.к. $-I = \dot{q} \Rightarrow \dot{I} = -\ddot{q}$:

$$-\frac{q}{C} - 3L\ddot{q} = E \;/ : (-3L)$$

$$\ddot{q} + \frac{q}{3LC} = -\frac{E}{3L}$$ – гармонич. колебание

$q_1 \cdot \frac{1}{3LC} = -\frac{E}{3L} \Rightarrow q_1 = -CE$ – положение равновесия. $\omega_1 = \frac{1}{\sqrt{3LC}}$. Решение этого ДУ:

$q(t) = -CE + A\sin\omega_1 t + B\cos\omega_1 t$. Из нач. условий:

$q(0) = 0 = -CE + B$ $\qquad$ $q(0) = 0;\ \dot{q}(0) = 0.$

$B = CE.$ $\qquad$ т.к. ток мгновенно не меняется из-за катушек.

$\dot{q}(t) = A\omega_1\cos\omega_1 t - B\omega_1\sin\omega_1 t.$

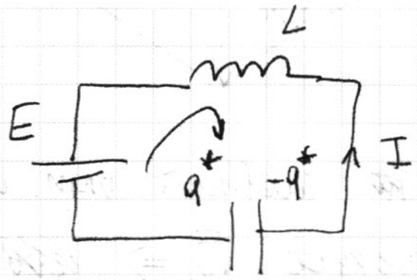
$\dot{q}(0) = 0 = A\omega \Rightarrow A = 0.$

$\dot{q}(t) = -CE\omega_1\sin\omega_1 t.$ $\qquad$ $q(t) = -CE + CE\cos\omega_1 t.$

$$I_{m_1} = CE\omega_1 = CE\cdot\frac{1}{\sqrt{3LC}} = E\sqrt{\frac{C}{3L}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

(2)



В данном случае нач условие:

$$q^*(0) = q\left(\frac{T_1}{2}\right) = -2CE$$

$$\dot q^*(0) = \dot q\left(\frac{T_1}{2}\right) = 0$$

II п. Кирхгофе: $-\frac{q^*}{C} = L\dot I + E$

$$-\frac{q^*}{C} - L\dot I = E \qquad I = \dot q^* \Rightarrow \ddot q^* = \dot I$$

$$-\frac{q^*}{C} - L\ddot q^* = E \,/ : (-L)$$

$$\ddot q^* + \frac{q^*}{LC} = -\frac{E}{L}$$

$$q_2 \cdot \frac{1}{LC} = -\frac{E}{L} \Rightarrow q_2 = -CE \; ; \; \omega_2 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$ ~~равновесие~~

равновесие.

Решение этого ДУ

$$q^*(t) = A_2 \sin\omega_2 t + B_2 \cos\omega_2 t - CE$$

$$q^*(0) = -2CE = B_2 - CE$$

$$B_2 = -CE.$$

$$\cancel{\dot q^*(0) = 0} = \dot q^*(t) = A_2\omega_2 \cos\omega_2 t - B_2\omega_2 \sin\omega_2 t$$

$$\dot q^*(0) = 0 = A_2\omega_2 \Rightarrow A_2 = 0.$$

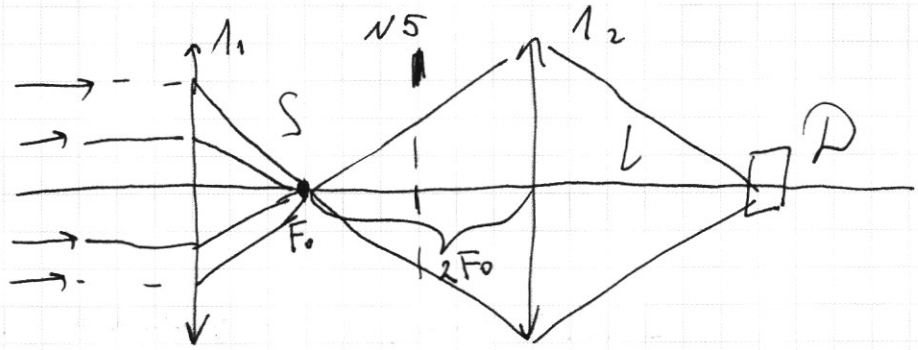
$$\dot q^*(t) = -B_2\omega_2 \sin\omega_2 t$$

$$I_{m2} = |B_2\omega_2| = CE \cdot \frac{1}{\sqrt{LC}} = E\sqrt{\frac{C}{L}}$$

$$\boxed{\text{Ответ: } T = (1+\sqrt{3})\pi\sqrt{LC} \; ; \; I_{m1} = E\sqrt{\frac{C}{3L}} \; ; \; I_{m2} = E\sqrt{\frac{C}{L}}}$$

$F_0,\ D,\ \tau_0$

1) $l - ?$
2) $v - ?$
3) $t_1 - ?$



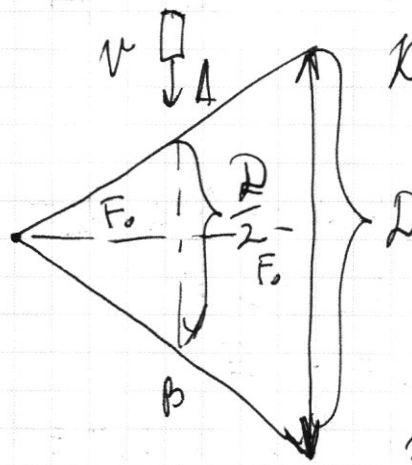
1) Лучи падают $\parallel$ ~~...~~ главной опт. оси на $Л_1$ $\Rightarrow$ $\Rightarrow$ они соберутся в её фокусе F_0. $\Rightarrow$ ~~...~~ можно считать что на расстоянии $2F_0$ от $Л_2$ находится точечный источник света S.

Тогда, по формуле тонкой линзы:

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

$$\frac{1}{l} = \frac{2}{2F_0} - \frac{1}{2F_0} \Rightarrow l = 2F_0$$

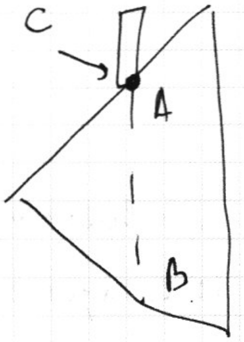
2) Рассмотрим движение мишени:

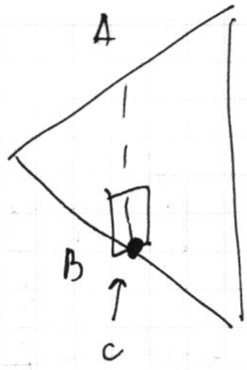


Когда вся мишень вошла в область, откуда идут лучи, ~~интенсивность~~ ток уменьшился на $\frac{1}{4} I_0$. То есть мишень закрывает $\frac{1}{4}$ всех лучей попадающих на линзу $\Rightarrow$ $V \tau_0 = \frac{1}{4} AB$, из подобия $AB = \frac{D}{2}$ $\Rightarrow$ $V \tau_0 = \frac{1}{4} \cdot \frac{D}{2} \Rightarrow v = \frac{D}{8\tau_0}$

3) Положение мишени в $t=0$; $t=t_1$.

$t=0$ $\qquad\qquad$ $t=t_1$:





То есть за время t_1 точка C на мишени прошла AB $\Rightarrow$ $vt_1 = AB = \frac{D}{2}$

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

$$\boxed{\text{Ответ: } L = 2F_0;\ v = \frac{D}{8\tau_0};\ t_1 = 4\tau_0}$$

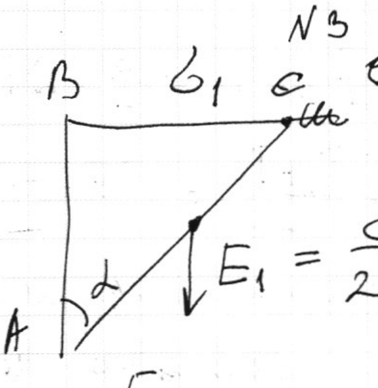
N3

$\alpha = \frac{\pi}{4}$

1) $\frac{E_2}{E_1}$ - ?

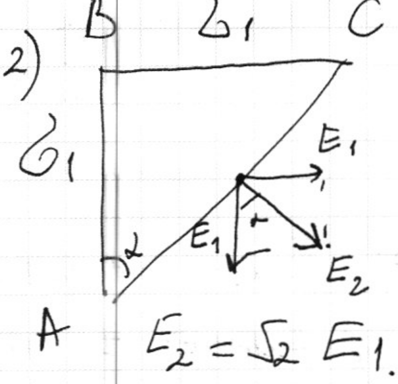
3) E_3 - ?

1)



$E_1 = \frac{\sigma_1}{2\varepsilon_0}$.

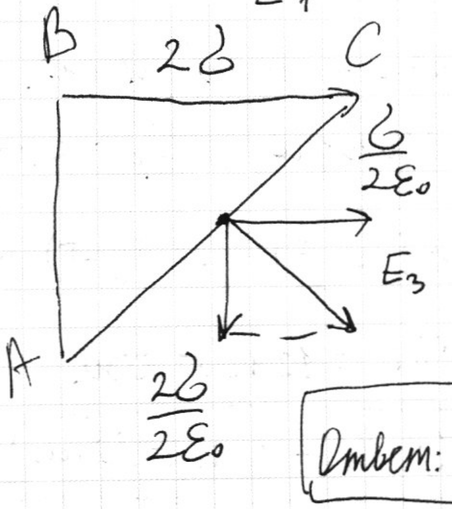
2)



$E_2 = \sqrt{2} E_1$.

$$\frac{E_2}{E_1} = \sqrt{2}.$$

2)



по т. Пифагора:

$$E_3^2 = \frac{\sigma^2}{4\varepsilon_0^2} + \frac{4\sigma^2}{4\varepsilon_0^2}$$

$$E_3^2 = \frac{5\sigma^2}{4\varepsilon_0^2}$$

$$E_3 = \frac{\sqrt{5}\sigma}{2\varepsilon_0}$$

$$\boxed{\text{Ответ: } \frac{E_2}{E_1} = \sqrt{2};\ E_3 = \frac{\sqrt{5}}{2}\frac{\sigma}{\varepsilon_0}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\nu = \frac{3}{7}$ моль

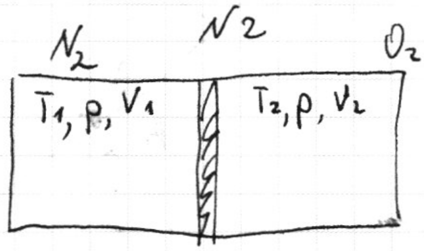
$T_1 = 300K$

$T_2 = 500K$

1) $\cancel{\frac{V_2}{V_1}}$ $\frac{V_1}{V_2}$ - ?

2) T - ?

3) Q - ?



Давление равны, т.к. поршень в равновесии:

1) ур-ие М-К:

$$\left.\begin{aligned} pV_1 &= \nu R T_1 \\ pV_2 &= \nu R T_2 \end{aligned}\right| \Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{300}{500} = \frac{3}{5}$$

2) Сосуд - теплоизолирован

$\Downarrow$

ЗСЭ:

$$\frac{5}{2}\nu R T_1 + \frac{5}{2}\nu R T_2 = \frac{5}{2}\nu R T + \frac{5}{2}\nu R T$$

$$T = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{300+500}{2} = 400K.$$

3) Т.к. поршень двигается медленно, то ~~сумма давлений в любой~~ давления газов в любой момент времени равны

$\Downarrow$

Процесс теплопередачи - изобарный.

По ур-ию Роберта-Майера, $C_p = C_V + R = \frac{5}{2}R + R = \frac{7R}{2}$

$$Q = C_p \nu \Delta T = \frac{7}{2} R\nu \cdot (T_2 - T) =$$

$$= \frac{7}{2} \cdot 8{,}31 \cdot \frac{3}{7} \cdot 100 = \frac{3}{2} \cdot 831 = 1246{,}5 \text{ Дж.}$$

$\boxed{\text{Ответ. } \frac{V_1}{V_2} = \frac{3}{5};\ T = 400K;\ Q = 1246{,}5 \text{ Дж}}$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

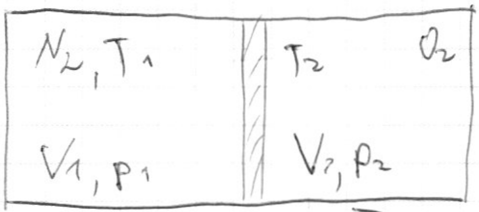
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N2



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

$$p_2 V_1 = \nu R T_1$$

$$p_2 V_2 = \nu R T_2$$

$$\cancel{\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = 300}$$

$$\frac{5}{2}\nu R T_1 + \frac{5}{2}\nu R T_2 = \frac{5}{2}\nu R T + \frac{5}{2}\nu R T.$$

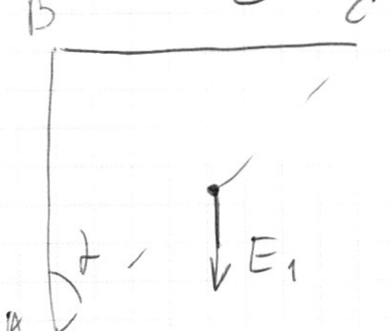
$$T_1 + T_2 = 2T \Rightarrow T = \frac{T_1+T_2}{2} = \frac{500+300}{2} = 400K$$

$$O_2: \ Q_1 = \frac{5}{2}\nu R(T - T_1) + A'$$

$$-Q_1 = \frac{5}{2}\nu R(T - T_2) - A'$$

N3.

до



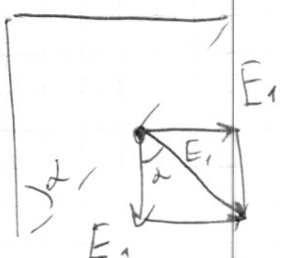
$$E_1 = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$$

после:

$$E_2 = E_1\sqrt{2}$$

$\Downarrow$

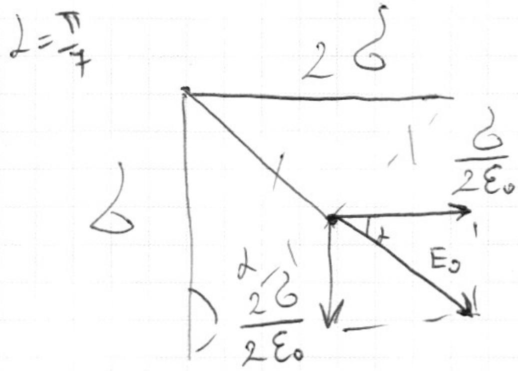
в $\sqrt{2}$ раз

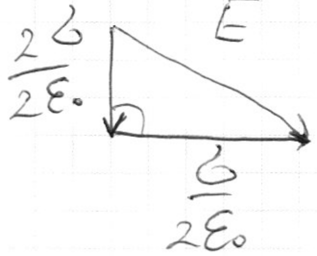


☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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

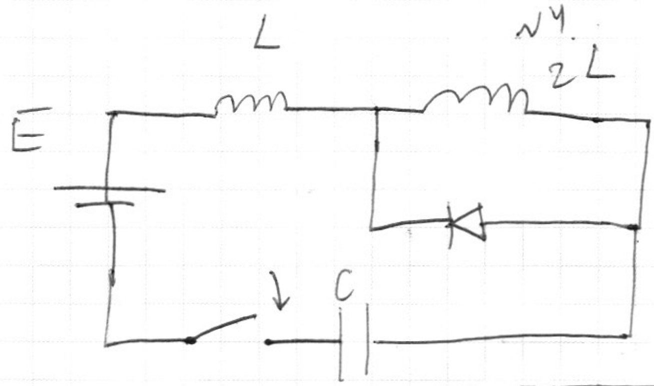
$\alpha = \frac{\pi}{4}$

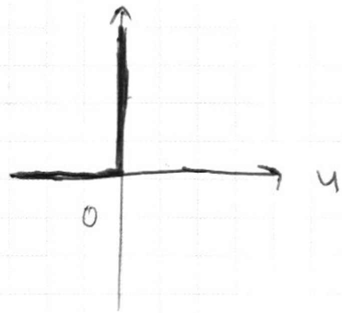




$$E = \sqrt{\frac{\sigma^2}{4\varepsilon_0^2} + \frac{4\sigma^2}{4\varepsilon_0^2}} = \sqrt{\frac{5\sigma^2}{4\varepsilon_0^2}} = \frac{\sqrt{5}}{2}\frac{\sigma}{\varepsilon_0}$$

№4.



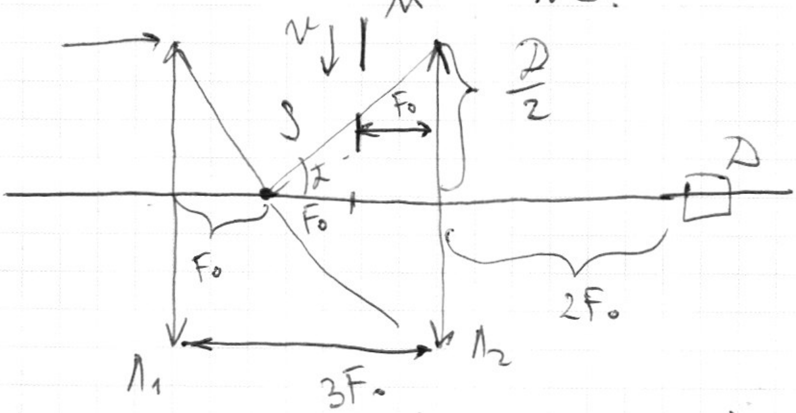


$$\cancel{T = 2\pi\sqrt{3LC}}$$

$$T = \frac{2\pi}{2}\sqrt{3LC} + \frac{2\pi}{2}\sqrt{LC} =$$

$$= \pi\sqrt{3LC} + \pi\sqrt{LC} = \boxed{(1+\sqrt{3})\pi\sqrt{LC}}$$

№5.



$$tg\,\alpha = \frac{\frac{D}{2}}{2F_0} = \frac{D}{4F_0}$$

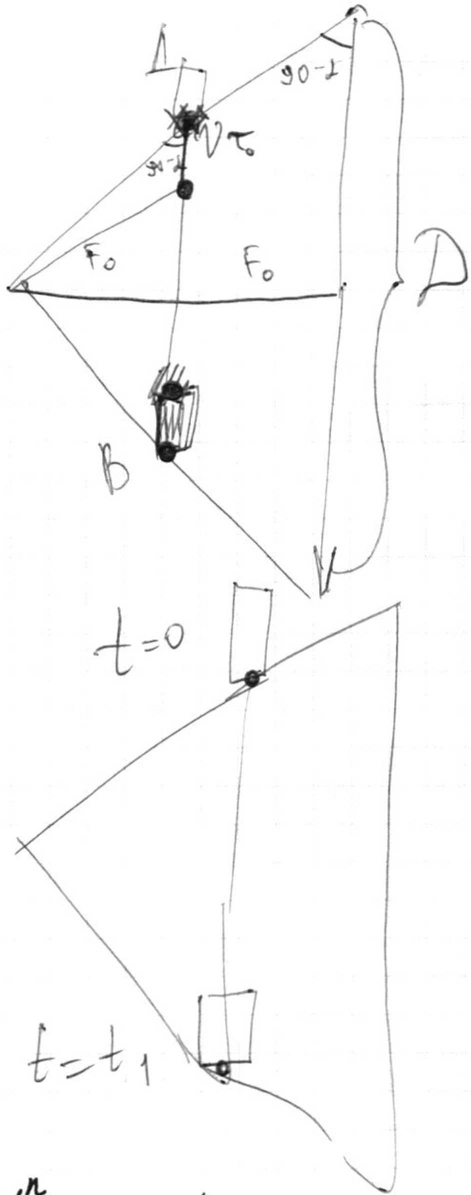
$$\Lambda_2: \quad \frac{1}{2F_0} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F_0}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{2F_0} \Rightarrow f = 2F_0$$

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

ШИФР
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$v\tau_0 = \frac{1}{4}$

$AB = \frac{D}{2}$

$v\tau_0 = \frac{1}{4} AB = \frac{D}{8}$

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

$t_1 - \tau_0 = \frac{\frac{D}{2}}{v}$

$vt_1 = \frac{D}{2}$

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

$dQ = \frac{5}{2}\nu R dT + p dV$

$pV^n = const$

$\boxed{3V_0}\boxed{5V_0}$

$831 \times 3 = 2493$

$2493 : 2 = 1246$

$pV = \nu RT$

$p = \frac{\nu RT}{V}$

$\frac{300}{3}$

$p_0 = \frac{\nu RT_1}{3V_0}$

$\cancel{p_2 = \frac{\nu RT}{V_2}}$

$\cancel{p_2 V_3}$

$p_K = \frac{\nu RT}{4V_0}$

$\cancel{p_2} V_1 = \cancel{p_2}(8V_0 - V_1)$

$2V_1 = 8V_0$

$V_1 = 8V_0.$

$p_2 V_1 = \nu RT$

$p_2(8V_0 - V_1) = \nu RT.$

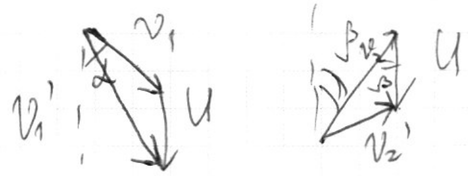
$\frac{400}{4}$

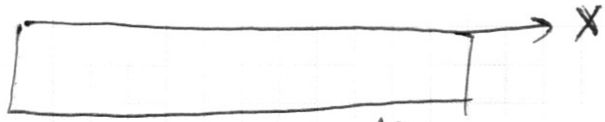
☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)

№1.

в СО плиты:





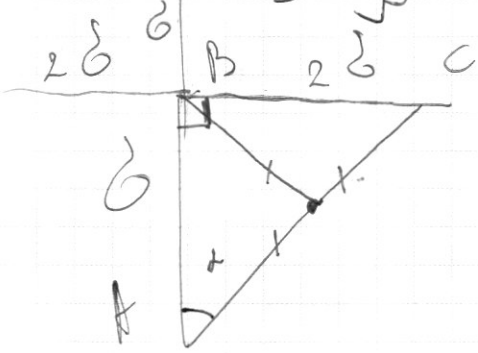
$$v_1 \sin\alpha = v_2 \sin\beta$$

$$v_2 = \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} v_1 = \frac{\frac{3}{4}}{\frac{1}{2}} \cdot 8 \frac{м}{с} =$$

$$= \frac{\cancel{6}^{3}}{\cancel{4}_{2}} \cdot 8 = \boxed{12 \frac{м}{с}}$$

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

$u < v_2 \cos\beta$



$Q > 0$

$$\frac{\cancel{m} v_1'^2}{\cancel{2}} - \frac{\cancel{m} v_2'^2}{\cancel{2}} > 0$$

$$v_1' > v_2'$$

из т. косинусов:

до: $v_1'^2 = v_1^2 + u^2 - 2 v_1 u \cos(180 - \alpha)$

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

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

$$v_1^2 + \cancel{u^2} + 2 v_1 u \cos\alpha > v_2^2 + \cancel{u^2} - 2 v_2 u \cos\beta$$

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

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

☑ 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

$$u > \frac{144 - 64}{2\left(48 \cdot \frac{\sqrt{7}}{4} + 12 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}\right)} = \frac{80}{2(2\sqrt{7} + 6\sqrt{3})} =$$

$$\cos\alpha = \sqrt{1 - \sin^2\alpha} = \sqrt{1 - \frac{9}{16}} = \frac{\sqrt{7}}{4}$$

$$\cos\beta = \sqrt{1 - \frac{1}{4}} = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

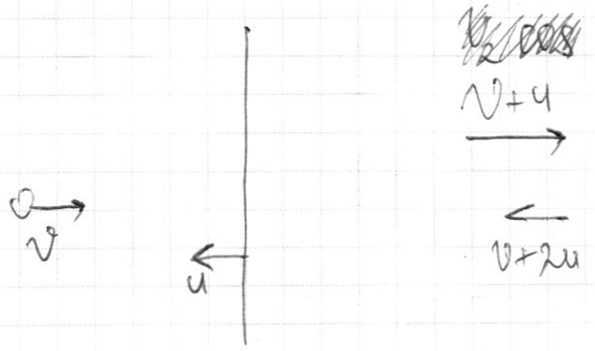
$$= \frac{80}{4(\sqrt{7} + 3\sqrt{3})} = \frac{20}{\sqrt{7} + 3\sqrt{3}} \, \frac{м}{с} = \cancel{2{,}8+3\cdot 1} \ldots$$

$$\cancel{u < V_2 \cos\beta = 12 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 6\sqrt{3} \, \frac{м}{с}} \approx 10$$

$\cancel{V_2 \cos\beta}$

$\cancel{V_1 \cos\alpha + u}$

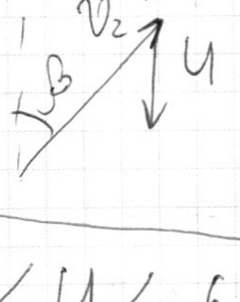
$$\cancel{V_2 \cos} \quad V_2 \cos\beta < V_1 \cos\alpha + 2u$$



$$u > \frac{V_2 \cos\beta - V_1 \cos\alpha}{2} = \frac{12 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} - 8 \cdot \frac{\sqrt{7}}{4}}{2} =$$

$$= \frac{20(3\sqrt{3} - \sqrt{7})}{27 - 7} = \frac{6\sqrt{3} - 2\sqrt{7}}{2} = (3\sqrt{3} - \sqrt{7}) \, \frac{м}{с}$$

$$= 3\sqrt{3} - 7 \, \frac{м}{с}$$



$$V_2 \cos\beta > u$$

$$u < V_2 \cos\beta = 12 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 6\sqrt{3} \, \frac{м}{с}$$

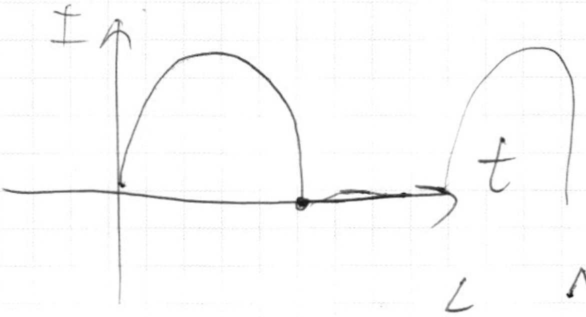
$$\boxed{(3\sqrt{3} - \sqrt{7}) \, \frac{м}{с} < u < 6\sqrt{3} \, \frac{м}{с}}$$

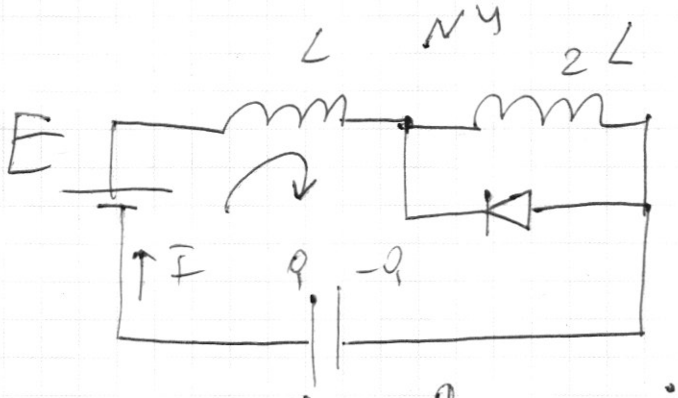
☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)





$\dot{q} = -I$

$\cancel{\dot{I} = L\ddot{q}}$

$\cancel{L\dot{I}} - \frac{q}{C} = -L\dot{I} - 2L\dot{I} + E$

$\cancel{\left(-\frac{q}{C} + 3L\dot{I} = E\right)}$ диода,

$q_1 = -CE$ $\qquad \cancel{\frac{I}{C} + 3L\ddot{I} = 0}$

$\cancel{\ddot{I} + \frac{I}{3LC} = 0}$

$T = \frac{2\pi}{\omega_1} = \frac{2\pi\sqrt{3LC}}{\omega_1}$ $\qquad -\frac{q}{C} + 3L\dot{I} = E$ $\qquad \omega = \frac{1}{\sqrt{3LC}}$

$\frac{T}{2} = \pi\sqrt{3LC}\ \pi\omega_1$ $\qquad -\frac{q}{C} - 3L\ddot{q} = E \,/\cdot(-1)$

$q_1 \cdot \frac{1}{3LC} = -\frac{E}{3L}$

$q(0) = 0;\ \dot{q}(0) = 0$ $\qquad \ddot{q} + \frac{q}{3LC} = -\frac{E}{3L}$

$q(t) = -CE + A\sin\omega t + B\cos\omega t$

$q(0) = 0 = -CE + B \Rightarrow B = CE$

$\dot{q}(t) = A\omega\cos\omega t - B\omega\sin\omega t$

$0 = A\omega \Rightarrow A = 0$

$q(t) = -CE + CE\cos\omega_1 t$ $\qquad \dot{q}(t) = -B\omega\sin\omega t$

$q\left(\frac{T}{2}\right) = -CE + CE\cos\omega \cdot \frac{\pi}{\omega_1}$ $\qquad \boxed{I_{m1} = B\omega = CE \cdot \frac{1}{\sqrt{3LC}} = E\sqrt{\frac{C}{3L}}}$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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