Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

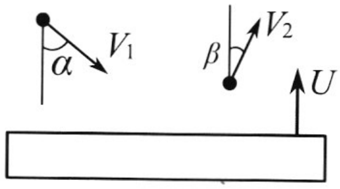
Класс 11

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.

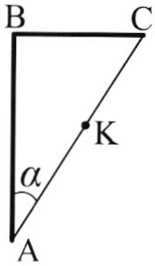
2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится азот, во втором – кислород, каждый газ в количестве $\nu = 3/7$ моль. Начальная температура азота T_1 =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

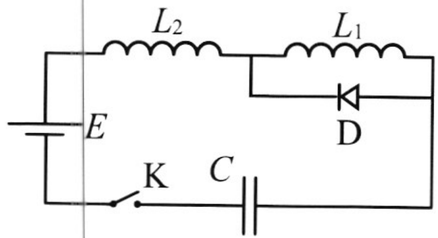
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины АВ и ВС перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром В. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру В.



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.

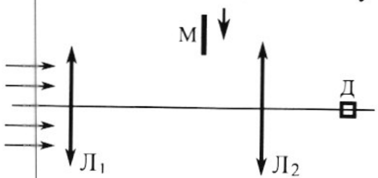


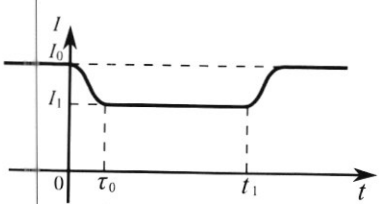
1) Найти период T этих колебаний.

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

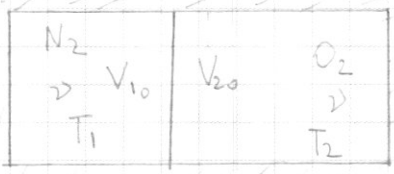
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2.



1) Т.к. температура выравнивается медленно, то можно считать, что поршень всегда в равновесии, т.е. давления газов равны.

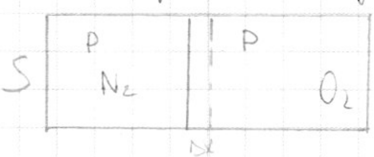
$$\left.\begin{aligned} p\cdot V_{10} &= \nu RT_1 \\ p V_{20} &= \nu RT_2 \end{aligned}\right\} \text{ур-я Менделеева-Клапейрона}$$

$$\frac{V_{10}}{V_{20}} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{300°K}{500°K} = \frac{3}{5};$$

$$\frac{V_{20}}{V_{10}} = \frac{5}{3}; \quad \text{Ответ: } \frac{V_{20}}{V_{10}} = \frac{5}{3}$$

2) $\cancel{\left.\begin{aligned} p_{уст}\cdot V_1 &= \nu RT_{уст} \\ p_{уст} V_2 &= \nu RT_{уст} \end{aligned}\right\}} \Rightarrow V_1 = V_2 = \cancel{\frac{V_{01}+V_{02}}{2}};$

2) Рассмотрим произвольное положение поршня. Пусть поршень переместился на Δx



Тогда работа азота над поршнем:

$$\Delta A_{N_2} = p\cdot S\cdot \Delta x;$$

А работа кислорода: $\Delta A_{O_2} = -pS\Delta x$;

Т.е. $\Delta A_{N_2} = -\Delta A_{O_2}$

Тогда работа газов от начального положения до конечного связана как: $A_{N_2} = -A_{O_2}$;

1 закон термодинамики для N_2 и O_2:

$$\left.\begin{aligned} N_2: &\quad Q = C_V\cdot\nu(T_{уст}-T_1) + A_{N_2}; \\ O_2: &\quad -Q = C_V\nu(-T_2+T_{уст}) + A_{O_2} \end{aligned}\right| \oplus \Rightarrow \quad \begin{aligned} &0 = C_V\nu(2T_{уст}-T_1-T_2) \\ &T_{уст} = \frac{T_1+T_2}{2} = \frac{800°K}{2} = 400°K \end{aligned}$$

☐ черновик ☑ чистовик

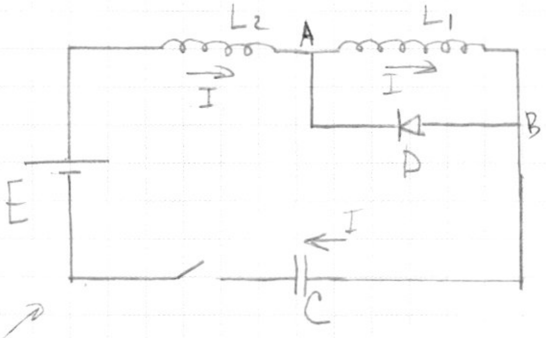
(Поставьте галочку в нужном поле)

Ответ: $T_{уст} = 400°K$

3) $\begin{cases} Q = C_V \nu (T_{уст} - T_1) + A_{N_2} \\ -Q = C_V \nu (T_{уст} - T_2) - A_{N_2} \end{cases}$

$\cancel{A_{N_2} = C_V \nu (T_{уст} - T_2) + Q}$

4.



до того, пока не откроется диод (т.е. ток пойдёт в обратном направлении)

1) 2 правило Кирхгофа:

$E - L_2 \frac{dI}{dt} - L_1 \frac{dI}{dt} = \frac{q}{C};$

$E = (L_1 + L_2)\ddot{q} + \frac{q}{C};$

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

$\ddot{q} + \frac{q}{C(L_1+L_2)} = \frac{E}{L_1+L_2};$ $q = q_0 + q_ч$

Хар. ур-е: $\cancel{\ddot{q} + \frac{q}{C(L_1+L_2)} = 0};$

$\lambda^2 + \frac{1}{C(L_1+L_2)} = 0;$

$\lambda = \pm \sqrt{\frac{1}{C(L_1+L_2)}}\, i$

$q_0 = A \sin\left(\frac{1}{\sqrt{C(L_1+L_2)}} t + \varphi_0\right)$

$q_ч = EC;$

$q = A \sin\left(\frac{1}{\sqrt{C(L_1+L_2)}} t + \varphi_0\right) + EC;$

$\begin{cases} q(0) = 0 = A \sin\varphi_0 + EC; \\ \dot{q}(0) = 0 = \frac{A}{\sqrt{C(L_1+L_2)}} \cos\varphi_0 \Rightarrow \varphi_0 = \frac{\pi}{2}; \end{cases}$

$A + EC = 0 \Rightarrow A = -EC;$

$q = EC\left(1 - \sin\left(\frac{1}{\sqrt{C(L_1+L_2)}} t + \frac{\pi}{2}\right)\right) = EC\left(1 - \cos\left(\frac{1}{\sqrt{C(L_1+L_2)}} t\right)\right);$

$\dot{q} = EC \frac{1}{\sqrt{C(L_1+L_2)}} \sin\left(\frac{1}{\sqrt{C(L_1+L_2)}} t\right) = E\sqrt{\frac{C}{L_1+L_2}} \sin\left(\frac{1}{\sqrt{C(L_1+L_2)}} t\right)$ (1)

Тогда $\dot{q} > 0$ до $t^* = \pi\sqrt{C(L_1+L_2)}$; ($t$ ток в L_1 появляется в момент времени t^*)

* После этого ток в цепи = 0 и ток начинает течь в другую сторону. Т.к. теперь ток может пойти через диод, то напряжение между точками A и B должно всегда равняться 0. Тогда ток через

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

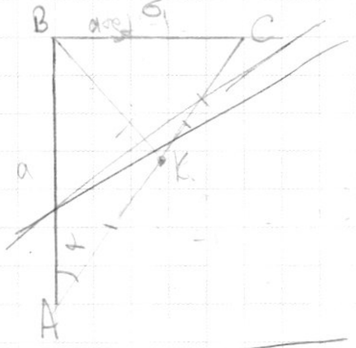
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

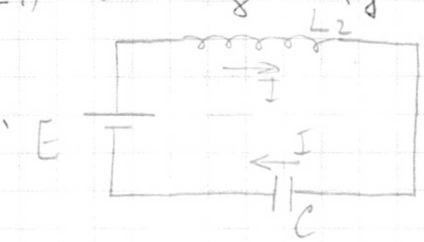
3.



~~Будем считать, что $\sigma_1 > 0$.~~

~~$E_1 = \frac{\sigma_1}{2\varepsilon_0}$;~~

катушку(L_1) не идет. (до того, пока ток слева не поменяет направление)



2 правило Кирхгофа:

$E = L_2 \frac{dI}{dt} + \frac{q}{C}$;

$E = L_2 \ddot{q} + \frac{q}{C}$;

$\ddot{q} + \frac{q}{CL_2} = \frac{E}{L_2}$; $\Rightarrow q = A\sin\left(\frac{1}{\sqrt{L_2C}}t + \varphi_0\right) + EC$;

$q(0) = 2EC$;

$\dot{q}(0) = 0$ (отсчёт времени начинается с момента, когда ток стал равен 0).

$$\begin{cases} 2EC = A\sin\varphi_0 + EC \\ A\frac{1}{\sqrt{L_2C}}\cos\varphi_0 = 0 \Rightarrow \varphi_0 = \frac{\pi}{2}; \end{cases}$$

$2EC = A + EC \Rightarrow A = EC$;

$q = EC\left(\sin\left(\frac{1}{\sqrt{L_2C}}t + \cancel{\varphi_0}^{\pi/2}\right) + 1\right) = EC\left(\cos\left(\frac{1}{\sqrt{L_2C}}t\right) + 1\right)$;

$\dot{q} = -E\sqrt{\frac{C}{L_2}}\sin\left(\frac{1}{\sqrt{L_2C}}t\right)$ (2)

$\dot{q}(t^{**}) = 0$ при $t^{**} = \pi\sqrt{L_2C}$,

Тогда $T = t^* + t^{**} = \pi\sqrt{C}\left(\sqrt{L_1+L_2} + \sqrt{L_2}\right) = \pi\sqrt{C}\left(\sqrt{3L} + \sqrt{L}\right) = \pi\sqrt{LC}(\sqrt{3}+1)$

Ответ: $T = \pi\sqrt{LC}(\sqrt{3}+1)$

2) Максимальный ток через катушку 1 можно найти из ~~ур~~ ур-я (1):

$I_{M1} = E\sqrt{\frac{C}{L_1+L_2}} = E\sqrt{\frac{C}{3L}}$; Ответ: $I_{M1} = E\sqrt{\frac{C}{3L}}$

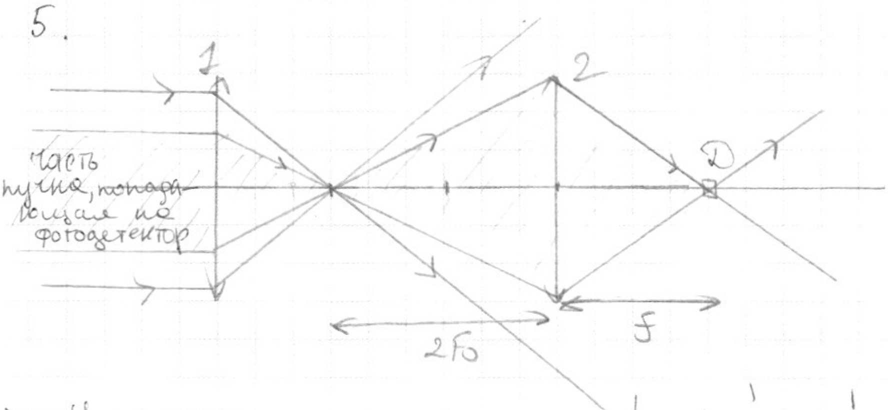
☐ черновик ☑ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

3) Максимальный ток для катушки 2 можно найти из ур-я (2):

$$I_{M2} = E\sqrt{\frac{C}{L_2}} = E\sqrt{\frac{C}{L}}$$; Ответ: $I_{M2} = E\sqrt{\frac{C}{L}}$

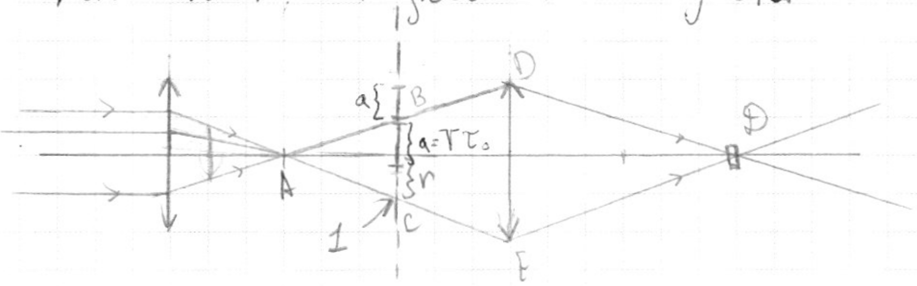
5.



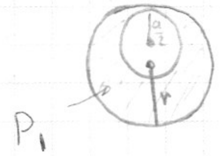
1) Ур-е тонкой линзы: $\frac{1}{2F_0} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F_0} \Rightarrow f = 2F_0$

Ответ: $2F_0$

2) Ток уменьшается до момента, пока мишень полностью не зашло в пучок.



Рассмотрим сечение 1:



$\frac{I_1}{I_0} = \frac{P_1}{P_0}$;

Т.к. $D \ll F_0$, то можем считать, что интенсивность света в сечении (1) одинакова;

$$\frac{I_1}{I_0} = \frac{\cancel{J}\cdot(\pi r^2 - \pi(\frac{a}{2})^2)}{\cancel{J}\cdot \pi r^2} = \frac{3}{4};$$

$$1 - \frac{a^2}{4r^2} = \frac{3}{4};$$

$$\frac{a^2}{4r^2} = \frac{1}{4} \Rightarrow a^2 = r^2 \Rightarrow a = r;$$

Найдем r из подобия $\triangle ABC$ и $\triangle ADE$.

$$\frac{r}{D/2} = \frac{F_0}{2F_0} = \frac{1}{2}; \quad r = \frac{D}{4};$$

$$v\tau_0 = \frac{D}{4} \Rightarrow v = \frac{D}{4\tau_0};$$ Ответ: $\frac{D}{4\tau_0}$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

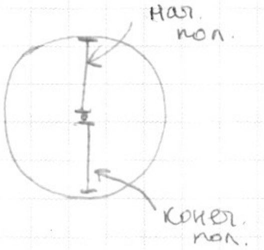
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3) Время, равное $t_1-\tau_0$ — время пребывания мишени в пучке.



$v\cdot(t_1-\tau_0)=a$;

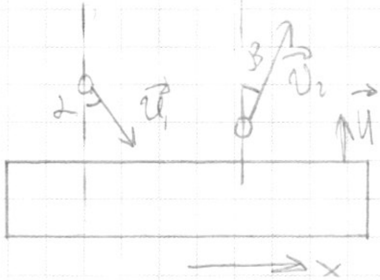
$\frac{D}{4\tau_0}(t_1-\tau_0)=\frac{D}{4}$

$\frac{t_1}{\tau_0}-1=1$;

$t_1=2\tau_0$;

Ответ: $t_1=2\tau_0$

1.



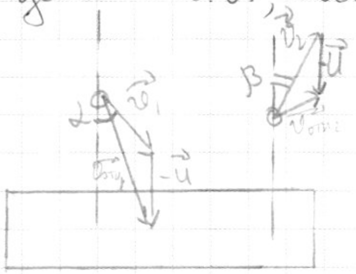
1) Т.к. плита гладкая, то импульс шарика по оси X остаётся неизменным.

$\cancel{m}v_1\sin\alpha=\cancel{m}v_2\sin\beta$;

$v_2=\frac{v_1\sin\alpha}{\sin\beta}=\frac{8\frac{м}{с}\cdot\frac{3}{4}}{\frac{1}{2}}=\frac{3}{2}\cdot 8\frac{м}{с}=12\frac{м}{с}$;

Ответ: $v_2=12\frac{м}{с}$;

2) Перейдём в С.О., связ. с плитой.



В этой сист. отсч. работа над шариком =0.
Т.к. удар неупругий, то часть энергии перейдёт в тепловую энергию.

Тогда $|Q|=-\frac{m v_{отн2}^2}{2}+\frac{m v_{отн1}^2}{2}>0$ (условие неупругого удара)

$v_{отн1}^2-v_{отн2}^2>0$

$v_{отн1}^2>v_{отн2}^2$

$$\cancel{(v_1 \sin\alpha)^2} + (v_1\cos\alpha + U)^2 > \cancel{(v_2 \sin\beta)^2} + (v_2\cos\beta - U)^2$$

$$\cos\alpha = \sqrt{1-\frac{9}{16}} = \frac{\sqrt{7}}{4};$$

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

$$v_1\cos\alpha + U > v_2\cos\beta - U;$$

$$2U > v_2\cos\beta - v_1\cos\alpha;$$

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

С другой стороны $v_2\cos\beta - U \geq 0$

$$U \leq v_2\cos\beta;$$

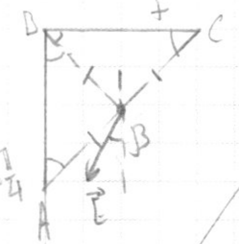
$$\frac{v_2\cos\beta - v_1\cos\alpha}{2} < U < v_2\cos\beta;$$

$$\frac{12\frac{м}{с}\cdot\frac{\sqrt{3}}{2} - 8\frac{м}{с}\cdot\frac{\sqrt{7}}{4}}{2} < U < 12\frac{м}{с}\cdot\frac{\sqrt{3}}{2};$$

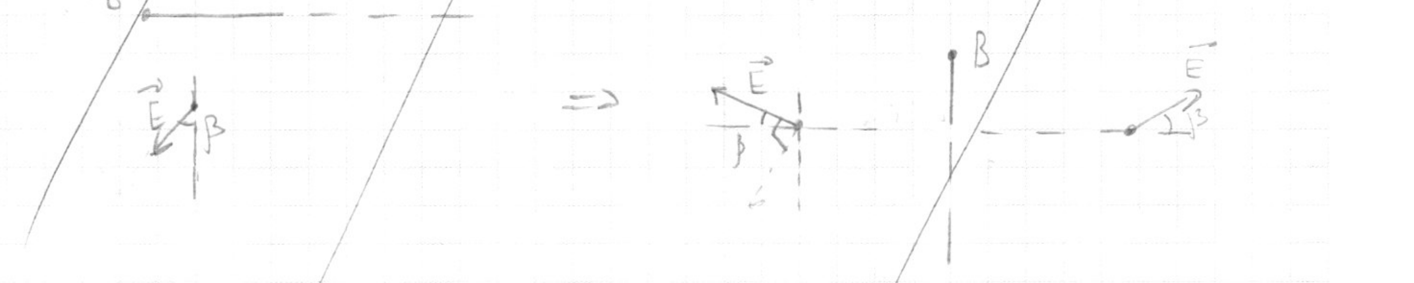
$$3\sqrt{3} - \sqrt{7} < U < 6\sqrt{3}$$

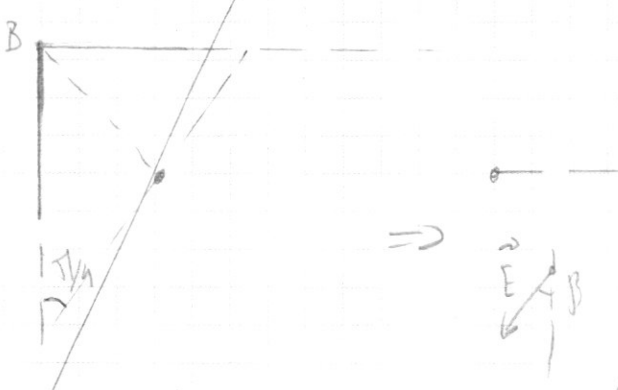
Ответ: $3\sqrt{3} - \sqrt{7} < U < 6\sqrt{3}$

3.



1) Пусть напряженность от плоскости BC направлена по некоторым углом β к вертикали. Тогда если эту плоскость повернуть на 90°, то и $\vec{E}$ повернётся на такой же угол.





Плоскость AB – по сути повернутая плоскость BC, т.к. $\alpha = \frac{\pi}{4}$

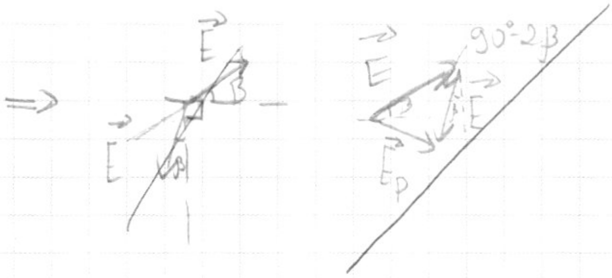
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

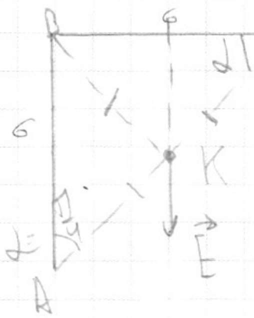
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



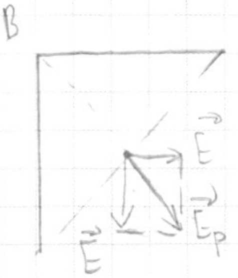
$$E_p^2 = E^2+E^2-2E^2\cos(90^\circ-2\beta) = 2E^2-2E^2\sin 2\beta = 2E^2(1-\sin 2\beta)$$

3.



1) Из симметрии напряжённость от пластины BC направлена перпендикулярно ей.

Т.к. $\alpha = \frac{\pi}{4}$, то AB = BC и напряжённость от пластины AB ~~направлена~~ равна напряж. от пластины BC, но повёрнута на 90°;

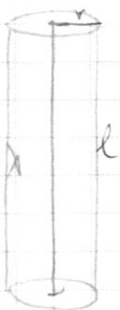


$E_p = \sqrt{2}E$;

$\frac{E_p}{E} = \sqrt{2}$;

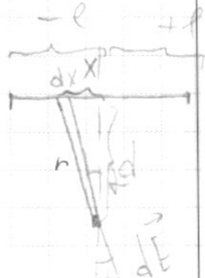
Ответ: в $\sqrt{2}$ раз

2)



$$E\cdot 2\pi r l = \frac{\lambda l}{\varepsilon_0}$$

$$E = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r};$$

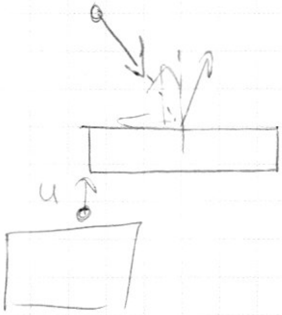


$$dE_p = dE\cdot\cos\alpha = \frac{\sigma\,dx}{2\pi\varepsilon_0 r}\cdot\frac{d}{r} = \frac{\sigma d\cdot dx}{2\pi\varepsilon_0\cdot(x^2+d^2)};$$

$$E_p = \frac{\sigma d}{2\pi\varepsilon_0}\int_{-l}^{+l}\frac{dx}{x^2+d^2}$$

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

$(1-2\sin\beta\cos\beta)^2 = 1-2\frac{G}{4\varepsilon_0 E_{пол}}\sqrt{1-\left(\frac{G}{4\varepsilon_0 E_{пол}}\right)^2}$



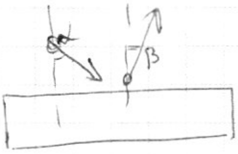
$\overset{u}{\cancel{m v_2\cos\beta}} + m v_1\cos\alpha = N dt$

$v_2\cos\beta = u;$

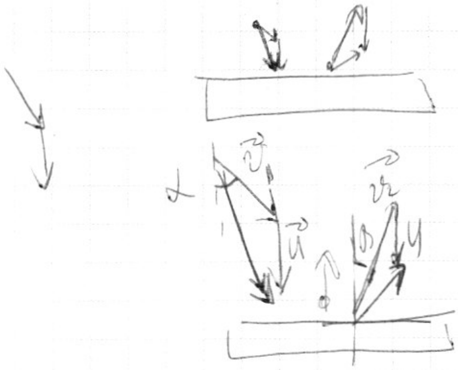
$v_2 = \frac{u}{}$

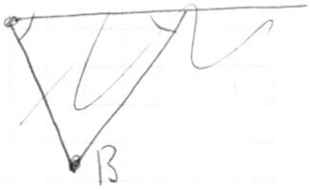
$\frac{6\sqrt3-2\sqrt7}{2}$

$36\cdot3 > 4\cdot7$



$v_1\sin\alpha = v_2\sin\beta$; $v_2 = \frac{v_1\sin\alpha}{\sin\beta}$,

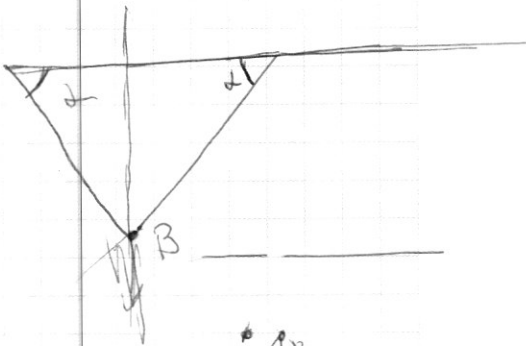




~~$u = v_2\cos\beta$~~,

$v_2\cos\beta = u$

~~$u<v_2\cos\beta$~~,



$v_1\cos\alpha + u$

$0 < v_2\cos\beta - u < v_1\cos\alpha + u$;

$2v_2\cos\beta > \boxed{2u > v_2\cos\beta - v_1\cos\alpha}$,

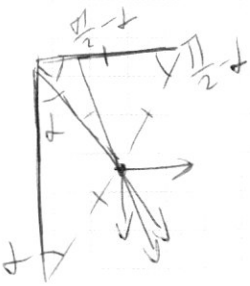
$u < v_2\cos\beta$

$\frac{G}{4\varepsilon_0 E_{пол}} = \cos\beta$

$\frac{G}{2\varepsilon_0} = 2E_{пол}\cos\beta$

$v_1\cos\alpha > v_2\cos\beta > u < v_1\cos\alpha$

$2\sin\beta\cos\beta$



$N u\cdot dt \neq -|Q| = \cancel{m(v_2\cos\beta)^2}\ \frac{m v_2^2}{2} - \frac{m v_1^2}{2}$ $\to 0$

$N dt = m v_2\cos\beta + m v_1\cos\alpha$

$|Q| = uNdt + \frac{mv_1^2}{2} - \frac{mv_2^2}{2} = u\cdot m(v_2\cos\beta - v_1\cos\alpha) + m\left(\frac{v_1^2-v_2^2}{2}\right) > 0$

$E\cdot 2\pi r l = \frac{\lambda l}{\varepsilon_0}$

$E = \frac{\lambda}{2\pi r\varepsilon_0}$

6. $E =$

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

$= \frac12\left(v_2^2\cos^2\beta - v_1^2\cos^2\alpha\right) = \frac12(v_2\cos\beta -$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

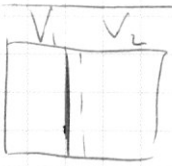
$Q = \frac{5}{2}R\cdot\nu(T_{уст} - T_1) + A_{гN_2}$;

$-Q = \frac{5}{2}R\nu(-T_2+T_{уст}) + A_{гO_2}$;

$A_{гN_2} = -A_{гO_2}$;

$0 =$

$2Q = C_V\nu(T_2-T_1) + 2A_{N_2}$;



$p\cdot V_1 = \nu R T_0$;

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

$\ddot q + \frac{q}{C(L_1+L_2)} = \frac{E}{L_1+L_2}$;

$\lambda^2 + \frac{1}{C(L_1+L_2)} = 0$

$\lambda = \pm\sqrt{\frac{1}{C(L_1+L_2)}}\cdot i$

$A\sin(\omega t+\varphi_0)$

$q = A\sin(\omega t) + B\cos(\omega t) + \frac{E}{L_1+L_2}\cdot C(L_1+L_2)$

$q(t=0) = A\sin\varphi_0 + EC = 0$

$\omega A\cos(\varphi_0) = 0$

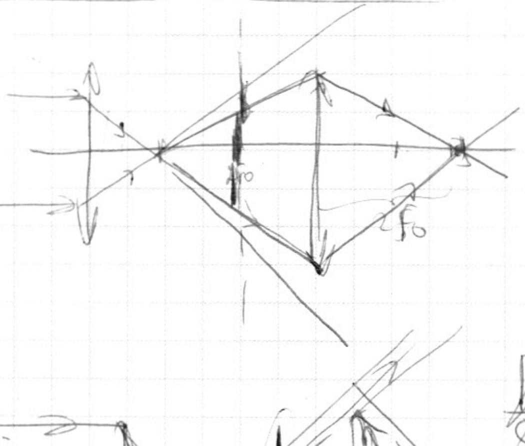
$\varphi_0 = \frac{\pi}{2}$;

$A = -EC$

$q = EC(1-\cancel{\sin}\cos(\omega t + \cancel{\varphi_0}))$

$\dot q = +EC\omega\sin(\omega t)$

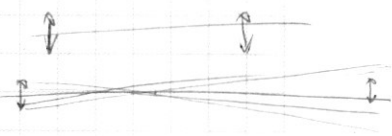
$I(t)$



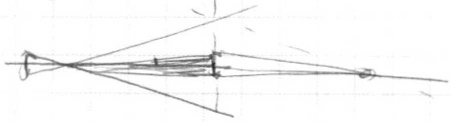
$\frac{1}{2F_0} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F_0}$;

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

$I \sim P \sim I$



$\frac{D}{d'} = \frac{2F_0}{F_0} = 2$



$\frac{3}{4} =$

$\frac{S_s}{S} = \frac{\pi\cdot\frac{1}{4}(\ldots)^2}{\pi\cdot\frac{1}{4}(\frac{D}{2})^2} = 2$