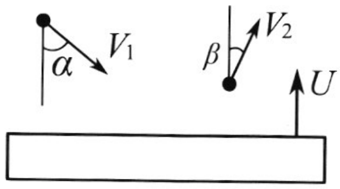
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

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.

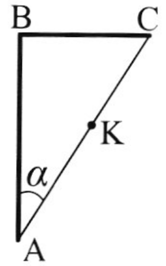
Действие силы тяжести за малое время удара не учитывать. Ответы допустимы через радикалы из целых чисел.

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.

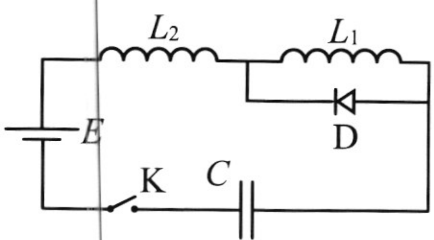
3) Какое количество теплоты передал кислород азоту?



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

1) Пластина BC заряжена с постоянной поверхностной плотностью заряда. Угол $\alpha = \pi/4$. Во сколько раз увеличится напряженность электрического поля в точке K на середине отрезка AC, если пластину AB тоже зарядить с такой же поверхностной плотностью заряда?

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



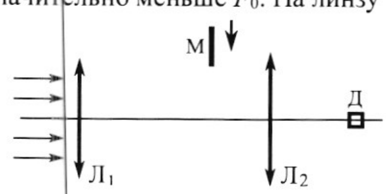
4. Электрическая цепь собрана из идеальных элементов: источника с ЭДС E, катушек с индуктивностями $L_1 = 2L$, $L_2 = L$, конденсатора емкостью C, диода D (см. рис.). Ключ K разомкнут, конденсатор не заряжен, тока в цепи нет. После замыкания ключа возникают колебания тока в L_1.

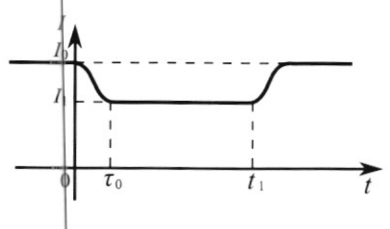
1) Найти период T этих колебаний.

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.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 1

Дано:

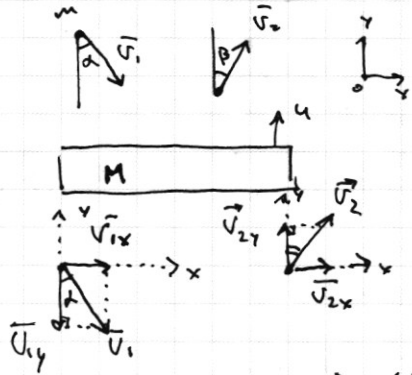
$V_1 = 8\frac{м}{с}$

$\sin\alpha = \frac{3}{4}$

$\sin\beta = \frac{1}{2}$

① V_2 − ?

② u − ?



1) Пусть масса шарика − m, а масса плиты − M $\rightarrow$ M >> m (по усл-ю)

Рассмотрим ЗСИ для оси OX:

$$m V_{1x} + \underbrace{M u_x}_{0} = m V_{2x} + \underbrace{M u_x}_{0}$$

$(\vec{u} \uparrow\uparrow oy \Rightarrow u_x = 0)$

$$\Rightarrow \cancel{m} V_{1x} = \cancel{m} V_{2x}$$

$$\Rightarrow V_{1x} = V_{2x}$$

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

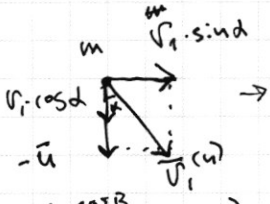
$$\Rightarrow \boxed{V_2 = \frac{V_1 \cdot \sin\alpha}{\sin\beta}} = 8 \cdot \frac{3}{4} : \frac{1}{2} = 6 \cdot 2 = 12\frac{м}{с}$$

① Ответ: $V_2 = 12\frac{м}{с}$

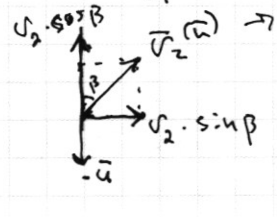
2) Рассмотрим движение шарика в С.О. плиты

З-н сложения скоростей: $\vec{V_1} = \vec{u} + \vec{V_1}^{(u)} \Rightarrow \vec{V_1}^{(u)} = \vec{V_1} - \vec{u}$

и $\vec{V_2}^{(u)} = \vec{V_2} - \vec{u}$



$\rightarrow$ итого $V_1^{(u)2} = (V_1 \cdot \cos\alpha + u)^2 + (V_1 \cdot \sin\alpha)^2$



$\rightarrow$ Итого: $V_2^{(u)2} = (V_2 \cdot \sin\beta)^2 + (V_2 \cdot \cos\beta - u)^2$

ЗСЭ:

$$\frac{m V_1^{(u)2}}{2} = \frac{m V_2^{(u)2}}{2} + \underbrace{Q}_{>0,\ т.к.\ удар\ неупругий} \qquad (E_{плиты} = 0)$$

$$\Rightarrow \frac{\cancel{m} V_1^{(u)2}}{\cancel{2}} > \frac{\cancel{m} V_2^{(u)2}}{2}$$

$$\Rightarrow \cancel{(V_1 \cdot \sin\alpha)^2} + (V_1 \cdot \cos\alpha + u)^2 > \cancel{(V_2 \cdot \sin\beta)^2} + (V_2 \cdot \cos\beta - u)^2$$

из п. 1: $V_1 \cdot \sin\alpha = V_2 \cdot \sin\beta$

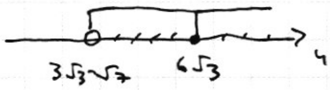
$$\rightarrow \cancel{\tfrac{1}{2}}\,(v_1\cdot\cos\alpha+u)^2 > (v_2\cdot\cos\beta-u)^2$$

$$|v_1\cdot\cos\alpha+u| > |v_2\cdot\cos\beta-u|$$

$v_1,\ u,\ v_2 > 0$

$$\rightarrow \left[\begin{array}{l}\begin{cases} v_2\cdot\cos\beta \geq u \\ v_1\cdot\cos\alpha+u > v_2\cdot\cos\beta-u\end{cases}\\ \begin{cases} v_2\cdot\cos\beta < u \\ v_1\cdot\cos\alpha+\cancel{u} > \cancel{u}-v_2\cdot\cos\beta\end{cases}\end{array}\right. \Leftrightarrow \left[\begin{array}{l}\begin{cases} 12\cdot\sqrt{1-\frac{1}{4}} \geq u \\ 8\cdot\sqrt{1-\frac{9}{16}}+u > 12\cdot\sqrt{1-\frac{1}{4}}-u\end{cases}\\ \begin{cases} 12\cdot\sqrt{1-\frac{1}{4}} < u \\ 8\cdot\sqrt{1-\frac{9}{16}} > -12\cdot\sqrt{1-\frac{1}{4}}\end{cases}\end{array}\right.$$

$$\left[\begin{array}{l}\begin{cases} \overset{6}{\cancel{12}}\cdot\frac{\sqrt3}{\cancel{2}} \geq u \\ 2u > \overset{6}{\cancel{12}}\cdot\frac{\sqrt3}{\cancel{2}}-\overset{2}{\cancel{8}}\cdot\frac{\sqrt7}{\cancel{4}} \ \Big|:2\end{cases}\\ \begin{cases} 12\cdot\frac{\sqrt3}{2} < u \\ \underbrace{8\cdot\frac{\sqrt7}{4}}_{>0} > \underbrace{-12\cdot\frac{\sqrt3}{2}}_{<0}\ \boxed{V}\end{cases}\end{array}\right. \Leftrightarrow \left[\begin{array}{l}\begin{cases} 6\sqrt3 \geq u \\ u > 3\sqrt3-\sqrt7\end{cases}\\ 6\sqrt3 < u\end{array}\right.$$



→ ② $\boxed{\text{Ответ: } u\in(3\sqrt3-\sqrt7;+\infty)}$

$(u>3\sqrt3-\sqrt7)$

№ ②. Дано:

$\nu_1=\nu_2=\frac{3}{7}$ моль

$T_1=300K$

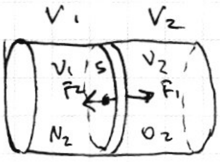
$T_2=500K$

$C_v=\frac{5}{2}R$

① $\frac{V_1}{V_2}$ − ?

② T − ?

③ Q − ?



1) Нач. сост-е: поршень в равновесии

$\rightarrow F_1=F_2$

$p_1\cdot S = p_2\cdot S$

$\rightarrow p_1=p_2$

Ур-е ид. газа: $p_1V_1=\nu_1RT_1 \Rightarrow p_1=\frac{\nu_1RT_1}{V_1}$

$p_2V_2=\nu_2RT_2 \Rightarrow p_2=\frac{\nu_2RT_2}{V_2}$

$$\Rightarrow \frac{\nu_1RT_1}{V_1}=\frac{\nu_2RT_2}{V_2} \Rightarrow \underline{\frac{V_1}{V_2}=\frac{\cancel{\nu_1R}T_1}{\cancel{\nu_2R}T_2}=\frac{T_1}{T_2}}=\frac{300K}{500K}=\frac{3}{5}=0{,}6$$

① Ответ: $\frac{V_1}{V_2}=0{,}6$

2) ЗСЭ:

$E_{N_2}+E_{O_2}=E'_{N_2}+E'_{O_2}$ где T − установившаяся температура

$$\frac{3}{2}\cancel{k_B}T_1+\frac{3}{2}\cancel{k_B}T_2=\frac{3}{2}\cancel{k_B}T+\frac{3}{2}\cancel{k_B}T \Rightarrow \underline{T=\frac{T_1+T_2}{2}}=\frac{800K}{2}=400K$$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 2 (продолжение)   2) Ответ: $T = 400K$

3) $E_{O_2} - E'_{O_2} = E'_{N_2} - E_{N_2} = Q$

$Q = \frac{3}{2}k_B T_2 - \frac{3}{2}k_B T = \frac{3}{2}k_B(T_2 - T) \overset{?}{=} \frac{3}{2}\nu C_V(T_2 - T) = \frac{3}{\cancel{2}} \cdot \frac{3}{7} \cdot \frac{5}{\cancel{2}} \cdot 8{,}31 \cdot \cancel{100}^{25} k =$

$= \frac{45 \cdot 25 \cdot 8{,}31}{\cancel{28}\, 7}$ Дж.

ответ.

№ 3 Дано

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

$\sigma_{(BC)} = \sigma$

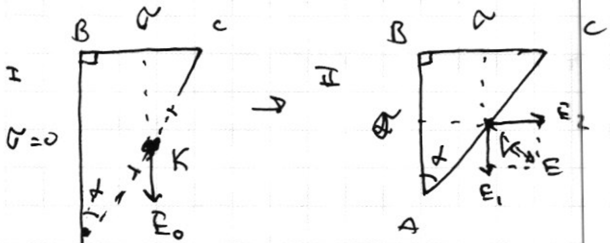
$\frac{E}{E_0}$ - ?

2) $\alpha = \frac{\pi}{7}$

$\sigma_1 = 2\sigma$

$\sigma_2 = \sigma$

$E_{(K)}$ - ?

1) 

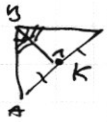
$S_{AB} = l \cdot AB$

$S_{BC} = l \cdot BC$

т.к. $\alpha = \frac{\pi}{4}$, то $\triangle ABC$ - р/б (т.к. $\angle B = 90°$)

$\Rightarrow AB = BC \Rightarrow S_{AB} = S_{BC}$

K равноудален от AB и BC в $\triangle ABC$



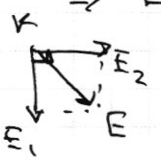
(т.к. $\triangle ABC$ - р/б, то BK - мед и биссектр. $\Rightarrow$ BK - ~~...~~ бисс. $\Rightarrow$ K равноудален от AB и BC)

$\Rightarrow E_1 = E_2$

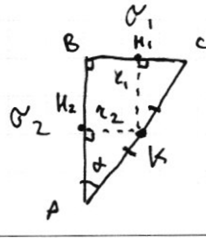
(т.к. $\sigma = \frac{q}{S}$, и $S_{AB} = S_{BC} \Rightarrow q_{AB} = q_{BC}$

$\rightarrow E_1 = \frac{kq}{r_1}$; $E_2 = \frac{kq}{r_2}$; $r_1 = r_2 \Rightarrow E_1 = E_2$)

$\Rightarrow E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \sqrt{2} \cdot E_0$ (т.к. $E_0 = E_1$) $(\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2)$



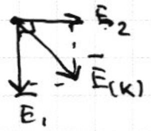
$\Rightarrow \frac{E}{E_0} = \sqrt{2}$ Ответ: в $\sqrt{2}$ раз

2) 

Пусть $AB = x \Rightarrow tg\alpha = \frac{BC}{AB} \Rightarrow BC = AB \cdot tg\alpha$

$\triangle KH_1C \sim \triangle ABC$ по 2м углам $\Rightarrow \frac{KH_1}{AB} = \frac{KC}{AC} = \frac{1}{2} \Rightarrow r_1 = \frac{1}{2} \cdot AB = \frac{1}{2}x$

$\triangle AH_2K \sim \triangle ABC$ по 2м углам $\Rightarrow \dfrac{H_2K}{BC} = \dfrac{AK}{AC} = \dfrac{1}{2} \Rightarrow r_2 = \dfrac{1}{2} BC = \dfrac{1}{2}\cdot x \cdot tg\dfrac{\pi}{7}$
$(tg\alpha)$



$\vec{E}_{(k)} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 \Rightarrow E_{(k)}^2 = E_1^2 + E_2^2$

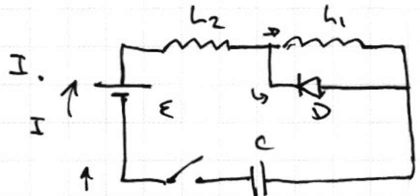
$\Rightarrow E_{(k)}^2 = \sqrt{E_1^2 + E_2^2}$

$\cancel{E_1 = \frac{kq_1}{r_1} = \frac{k\cdot\sigma_1\cdot S_1}{r_1} = \frac{k\cdot 2\sigma\cdot \ell\cdot BC}{r_1} = k\cdot 2\sigma}$

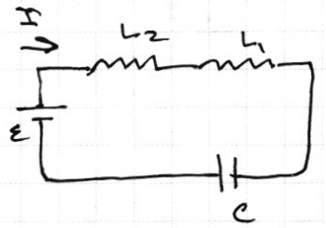
$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{\frac{kq_1}{r_1}}{\frac{kq_2}{r_2}} = \frac{q_1}{q_2}\cdot\frac{r_2}{r_1} = \frac{\sigma_1\cdot \ell \cdot BC}{\sigma_2\cdot \ell\cdot AB}\cdot\frac{\frac{1}{2}x\cdot tg\frac{\pi}{7}}{\frac{1}{2}x} = \frac{2\sigma\cdot x\cdot tg\frac{\pi}{7}}{\sigma\cdot x}\cdot tg\frac{\pi}{7} = 2tg^2\frac{\pi}{7}$$

№ 4 Дано:
$L_1 = 2L$
$L_2 = L$
$\mathcal{E}$, C
1) Найти T кол-й
2) I_{M_1} - ?
3) I_{M_2} - ?

I.



$\Longleftrightarrow$



ток течёт в ту сторону и не проходит через диод

$\rightarrow$ 3н Кирхгофа: $\mathcal{E} = +L_2\cdot I' + L_1\cdot I' + \dfrac{q}{C}$

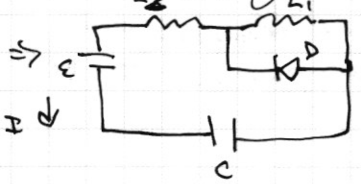
$3L\cdot q''(t) + \dfrac{1}{C}\cdot q(t) = \mathcal{E} \quad | : 3L$

$\Rightarrow q''(t) + \dfrac{1}{3LC}\cdot q(t) = \dfrac{\mathcal{E}}{3L}$

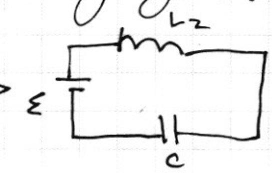
$\Rightarrow \omega_I = \sqrt{\dfrac{1}{3LC}} \Rightarrow T_I = \dfrac{2\pi}{\omega} = 2\pi\cdot\sqrt{3LC}$
$\omega = \frac{2\pi}{T}$

II. Ток меняет напр-е и течёт через диод, а не через катушку L_1 ($R_D \approx 0$)

$\Rightarrow$



$\Longleftrightarrow$

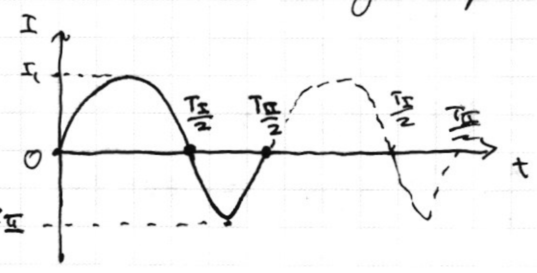


3-н Кирхгофа:
$\mathcal{E} - L_2 I' = \dfrac{q}{C}$

$\Rightarrow q'' + \dfrac{1}{LC}\cdot q = \mathcal{E}\cdot\dfrac{1}{L}$

$\rightarrow \omega_{II} = \sqrt{\dfrac{1}{LC}} \Rightarrow T_{II} = 2\pi\cdot\sqrt{LC}$

Значит, I(t) выглядит примерно так:



$\Rightarrow T_{кол-й} = \dfrac{T_I}{2} + \dfrac{T_{II}}{2} = \pi\cdot\sqrt{3LC} + \pi\cdot\sqrt{LC} =$

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

Ответ: $T = \pi\cdot\sqrt{LC}\,(\sqrt{3}+1)$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 4 (прод-е) 2) Т.к. ток течёт через L_1 только в процессе I, то найдём макс-й ток за этот процесс.

I: $\mathcal{E} = 3L\cdot I' + \frac{q}{C} \Rightarrow Q = q_{max} = C\mathcal{E}$ (дост-ся при $I' = 0$)

$q_I(t) = Q\cdot \sin(\omega_I t + \varphi_0)$

$\Rightarrow I_I(t) = Q\omega_I \cdot \cos(\omega_I t + \varphi_0) \Rightarrow I_{I max} = Q\omega_I = C\mathcal{E}\cdot\frac{1}{\sqrt{3LC}}$

$\Rightarrow$ $\boxed{\text{Ответ: } I_{M_1} = \frac{C\mathcal{E}}{\sqrt{3LC}}}$

3) Ток течёт через катушку L_2 в обоих процессах, рассм. $I_{I max}$, $I_{II max}$ и сравним

II: $\mathcal{E} = LI'_{II}(t) + \frac{q}{C} \Rightarrow Q = q_{max} = C\mathcal{E}$ (дост-ся при $I'_{II}(t) = 0$)

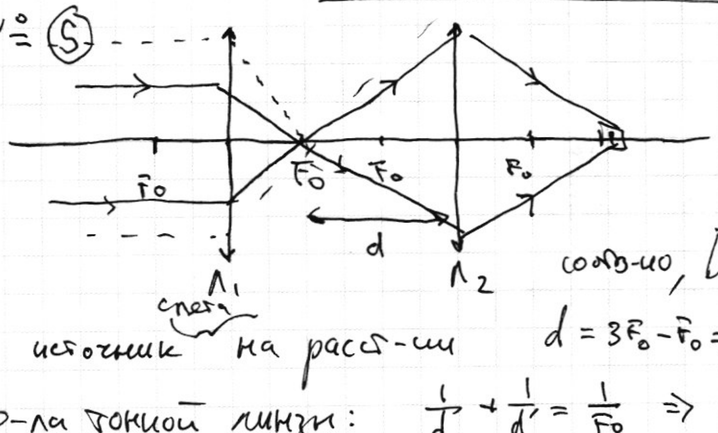
$\Rightarrow q_{II}(t) = Q\cdot\sin(\omega_{II} t + \varphi_0)$

$\Rightarrow I_{II}(t) = Q\omega_{II}\cdot\cos(\omega_{II} t + \varphi_0) \Rightarrow I_{II max} = Q\cdot\omega_{II} = \frac{C\mathcal{E}}{\sqrt{LC}}$

$I_{II max} > I_{I max}$ $\left(\frac{C\mathcal{E}}{\sqrt{LC}} > \frac{C\mathcal{E}}{\sqrt{3LC}}\right) \Rightarrow \boxed{I_{M_2} = \frac{C\mathcal{E}}{\sqrt{LC}}}$

Ответ: $I_{M_2} = \frac{C\mathcal{E}}{\sqrt{LC}}$

№ 5

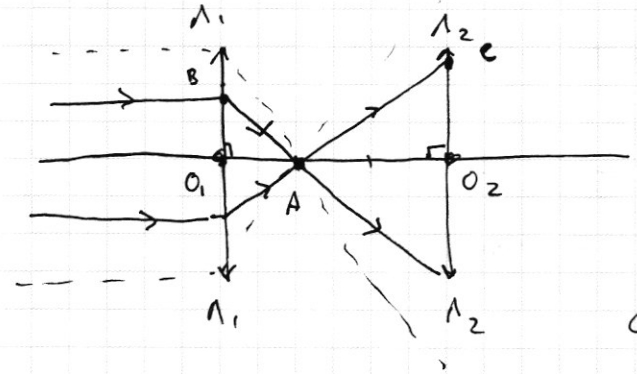


1) Т.к. лучи ∥ Г.О.О., то пройдя через 1-ю линзу, они сфок-ся в её фокусе соотв-но. Для 2й линзы будем рассматривать источник света на расст-ии $d = 3F_0 - F_0 = 2F_0$

Ф-ла тонкой линзы: $\frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{F_0} \Rightarrow \frac{1}{2F_0} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{F_0} \Rightarrow \frac{1}{d'} = \frac{1}{2F_0} \Rightarrow d' = 2F_0$

Значит, пройдя через 2ю линзу, пучок сфок-ся в точке, лежащей слева от $Л_2$ на расст. $d' = 2F_0$. Значит, там и будет нах-ся фотодетектор. $\Rightarrow$ $\boxed{\text{Ответ: } 2F_0}$

2)



$\triangle O_1BA \sim \triangle O_2CA$ (очевидно)

$\Rightarrow \frac{O_1B}{O_2C} = \frac{O_1A}{O_2A} = \frac{F_0}{2F_0} = \frac{1}{2}$

$\Rightarrow O_1B = O_2C \cdot \frac{1}{2}$

$O_2C = \frac{1}{2}D \Rightarrow O_1B = \frac{1}{4}D$

$I(t) \sim P_{св}$; $P_{св} \sim I_{инт-ть\ св.}$; $I_{инт-ть\ света} \sim S$

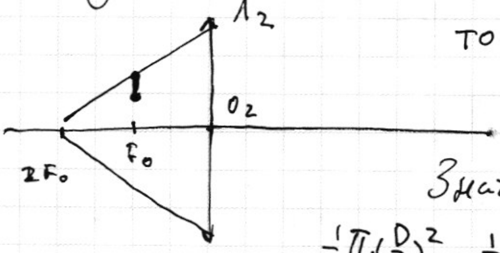
$\Rightarrow I(t) \sim S \Rightarrow$ Пусть $I(t) = k S(t)$

Заметим, что $P_{св}(0) \sim \frac{1}{4}\pi\frac{D^2}{4}$, т.к. $O_1B = \frac{1}{4}D$, т.е. на $Л_2$ приходит пучок с диам-м $\frac{D}{2}$, ост-е лучи не попадают на $Л_2$.

$\Rightarrow k \cdot I_0 = \frac{1}{4}\cdot\pi\cdot\frac{D^2}{4} = \frac{1}{16}\pi D^2 \Rightarrow k = \frac{\pi D^2}{16 I_0}$

т.к. $Г$ — увеличение пучка света, исх-го из т. $A = 1$ (т.к. $\frac{d}{d'} = 1$), то $I(t) \sim S(t)$, где S — площадь пучка света, приходящего на $Л_2$.

Когда мишень „полностью вошла в пучок света":



то это — момент τ_0, т.к. изм-е площади было: $\frac{1}{4}\pi\cdot\left(\frac{D}{2}\right)^2 - S_{мишени}(t)$

Значит, в момент τ_0:

$\frac{1}{4}\pi\cdot\left(\frac{D}{2}\right)^2 - \frac{1}{4}\pi\cdot(\underbrace{v\cdot\tau_0}_{диам.\ мишен.})^2 = k\cdot I_1 = \frac{3}{4}I_0\cdot k$

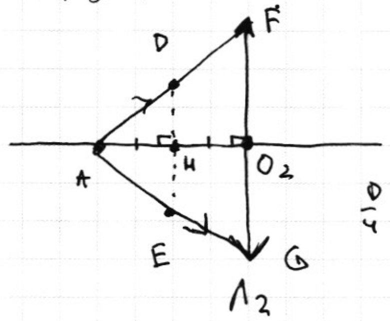
$\Rightarrow \frac{1}{4}\pi\cdot\left(\frac{D^2}{4} - v^2\tau_0^2\right) = \frac{3}{4}I_0\cdot\frac{\pi D^2}{16 I_0} \Rightarrow \frac{D^2}{4} - v^2\tau_0^2 = \frac{3D^2}{16}$

$\Rightarrow v^2\tau_0^2 = \frac{D^2}{4} - \frac{3D^2}{16} = \frac{D^2}{16} \Rightarrow v^2 = \frac{D^2}{16\tau_0^2} \Rightarrow \boxed{v = \frac{D}{4\tau_0}}$

$\boxed{\text{Ответ: } v = \frac{D}{4\tau_0}}$

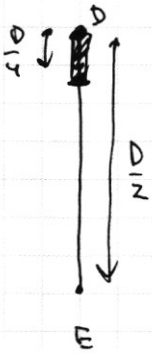
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5 (прод-е) ③.



$\triangle ADE \sim \triangle AFG \Rightarrow \frac{DE}{FG} = \frac{AH}{AG} = \frac{1}{2}$

$\Rightarrow DE = \frac{1}{2} FG = \frac{1}{2} D$



$t_1 - t_0$ - это время, когда мишень „полностью находится в луче света"

диам. мишени $= v \cdot \tau_0 = \frac{D}{4\tau_0} \cdot \tau_0 = \frac{D}{4}$

$\Rightarrow$ левый конец за время $(t_1 - t_0)$ дойдёт до т. E

$\Rightarrow$ пройдёт путь (~~[illegible]~~) $DE - (DE - \frac{D}{4}) = \frac{D}{4}$

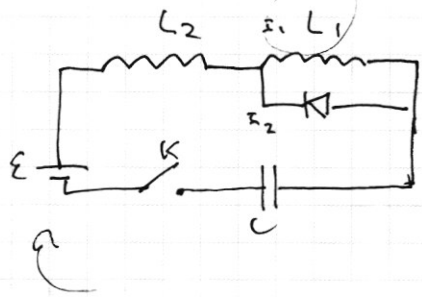
т.к. мишень движ-ся равномерно, то

$v = \frac{\frac{D}{4}}{t_1 - t_0} \Rightarrow t_1 - t_0 = \frac{D}{4 \cdot v} = \frac{\cancel{D}}{\cancel{4}} \cdot \frac{4\tau_0}{\cancel{D}} = \tau_0$

$\Rightarrow t_1 - \tau_0 = \tau_0$

$\Rightarrow t_1 = 2\tau_0 \rightarrow \boxed{\text{Ответ: } 2\tau_0}$

(4).



$\varepsilon = -L \cdot I(t) - L I'_{(t)} + \frac{q(t)}{C}$

① -

②. $I_{H_1}(L_1)$ диод

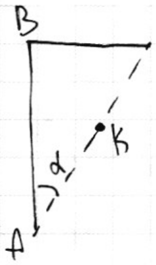
$\Rightarrow I_1' = 0$

$\Rightarrow \varepsilon = -L I'(t) + \frac{q(t)}{C}$

ЗСЭ?.

ЗСЭ: $\varepsilon \Delta q + \frac{2LI^2}{2} + \frac{LI^2}{2} + \frac{CU^2}{2}$

(3).



$E = \frac{\varepsilon_0 S \varepsilon}{d}$ $CU = q$

$\rightarrow U = \frac{q}{C} = \frac{q \cdot d}{\varepsilon_0 S} = \frac{qd}{\varepsilon_0 S}$

$\sigma_{BC} = const$

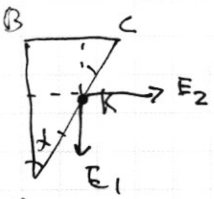
$\alpha = \frac{\pi}{4}$

$\Rightarrow E_1 = E_2$. ($\frac{\pi}{4} = 45° \Rightarrow AB = BC$)

итого $E = \sqrt{2} E_1$

$\rightarrow$ в $\sqrt{2}$ раз.

$\boxed{\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}}$? ок. нужно так.

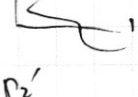


$E_1 = \frac{2\sigma}{2\varepsilon_0} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$ хм.

$E_2 = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$ угол влияет?

$E = Ud$

$T(t) = \frac{p(t)V(t)}{\nu R}$



$p_1' = p_2'$

$\frac{\nu R T}{V_1'} = \frac{\nu R T}{V_2'} \Rightarrow V_1' = V_2'$

$T = \frac{pV}{\nu R}$

C_V

$Q = \nu C \frac{dT}{dt}$

$\nu C \Delta T$

$\nu C_V \cdot \frac{\Delta p V}{\nu R} = Q$

$Q = \nu \cdot \frac{5}{2} R \frac{dT}{dt}$

$\frac{5}{2} R \cdot \nu \cdot \frac{V}{\nu R}$

$\frac{5}{2} V \frac{dp}{dt}$

~~$C = Q \frac{dT}{dt}$~~ можно

$C = \frac{dQ}{dT}$

$Q = \int_{T_1}^{T_2} C dT \overset{?}{=} \int_{T_1}^{T_2} \nu C_V dT$ const

4) можно ли при $V = const$?

☑ 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

к №1: ЗСЭ на с.о. мыбы:

$\sin\alpha = \frac{3}{4} \to \cos\alpha = \sqrt{1-\frac{9}{16}} = \frac{\sqrt{7}}{4}$

$$\frac{mV_1^{(u)2}}{2} = \frac{mV_2^{(u)2}}{2} + Q$$

$$\frac{mV_2^{(u)2}}{\cancel{2}} \leq \frac{mV_1^{(u)2}}{\cancel{2}}$$

$$V_1^{(u)2} \geq V_2^{(u)} \Rightarrow V_1^2 + \cancel{u^2} + 2V_1 \cdot u \cdot \cos\alpha \geq V_2^2 + \cancel{u^2} - 2uV_2 \cdot \cos\beta$$

$$2u(V_1\cos\alpha + V_2\cdot\cos\beta) \geq V_2^2 - V_1^2$$

$$u \geq \frac{V_2^2 - V_1^2}{2(V_1\cos\alpha + V_2\cdot\cos\beta)} = \frac{\overbrace{144-64}^{80}}{2\left(8\cdot\frac{\sqrt{7}}{4} + 12\cdot\frac{\sqrt{3}}{2}\right)} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow u \geq \frac{80}{4(\sqrt{7}+3\sqrt{3})} = \frac{20(\sqrt{7}-3\sqrt{3})}{\underbrace{7-9\cdot3}_{\underbrace{-20}_{...}}} = \frac{10(\sqrt{7}-3\sqrt{3})}{17}$$

При этом $V_2^{(u)} > 0$.

I_{M_1} - max - q - ми $\to q=0$

$$\Rightarrow V_2^2 + u^2 - 2uV_2\cdot\cos\beta > 0$$

$$u^2 - \overset{12}{\cancel{24}}\cdot\frac{\sqrt{3}}{\cancel{2}}\cdot u + 144 > 0$$

$$u^2 - 12\sqrt{3}u + 144 > 0$$

$$\frac{D}{4} = 36\cdot3 - \underbrace{144}_{6\cdot2\cdot6\cdot2} = 36(3-4) < 0 \Rightarrow ?\ \text{дают, всегда} > 0?$$

ok.

$\boxed{\text{нужно } 50}$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

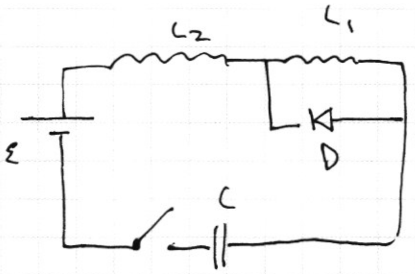
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

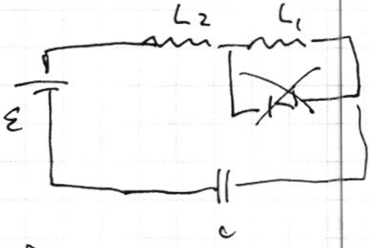
ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



какое-то t:



т.е. U провод

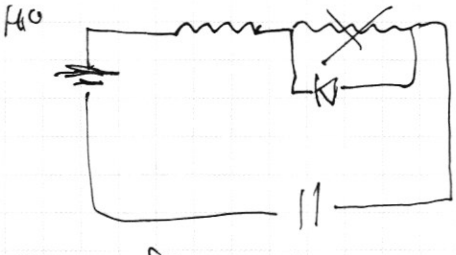
$$\varepsilon = -L_2 \cdot I' - L_1 \cdot I' + \frac{q(t)}{C}$$

$$\varepsilon = -3L I' + \frac{q(t)}{C} = 0$$

$$\Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{1}{3LC}}$$

как до

но



т.к. провод

$$\varepsilon = -LI' + \frac{q(t)}{C} \Rightarrow$$

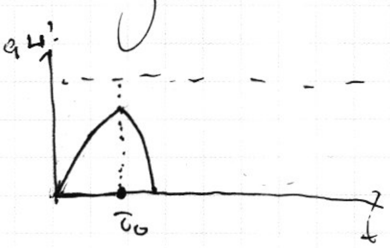
$$\omega = \sqrt{\frac{1}{LC}} \to \cancel{T = 2\pi}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega}$$

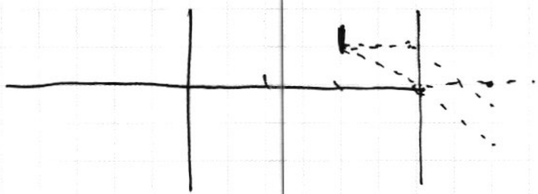
$$\Rightarrow T_1 = \cancel{\sqrt{\frac{1}{3LC}}} \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{1}{3LC}}} = \frac{4\pi^2 \cdot 3LC}{2\pi\sqrt{3LC}}$$

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

что у нас получится:



Были..



ос

$\frac{7}{8}D$

$\tau_1 =$

$$\frac{\frac{7}{8}D}{v} = t_1 - \tau_0$$

$$\cancel{\frac{7}{8}D} \cdot \frac{8\tau_0}{\cancel{D}} = 7\tau_0 = t_1 - \tau_0 \Rightarrow \underline{\underline{8\tau_0 = t_1}}$$

$p \sim S$

πd

$\pi \cdot v(t) \cdot t$.

$$\cancel{\pi \cdot d = k \cdot \frac{3}{4} I_0}$$

$$\frac{D}{2} \cdot \pi - \pi d = k \cdot \frac{3}{4} I_0$$

$\frac{D}{2}$ $v \cdot \tau_0$

$$\pi\left(\frac{D}{2} - v \cdot \tau_0\right) = k \cdot \frac{3}{4} I_0 = \frac{3}{8} D$$

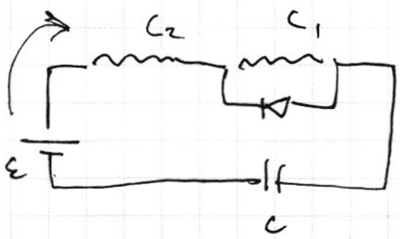
$k = \frac{\pi D}{2 I_0}$, 9

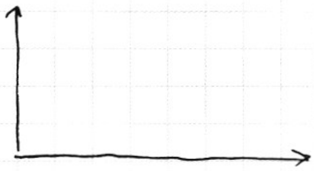
$$\pi \cdot \frac{D}{2} = k \cdot I_0$$

$$k = \frac{\pi D}{2 I_0}$$

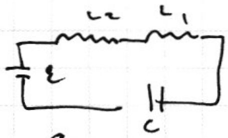
$$v \cdot \tau_0 = \frac{3}{8}D \quad \frac{1}{2}D - \frac{3}{8}D = \underline{\underline{\frac{1}{8}D}}$$

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





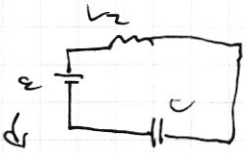
$\Leftrightarrow$



сначала: $\mathcal{E} = -L_2 I' - L_1 I' + \frac{q}{C} = -3L I' + \frac{q}{C}$

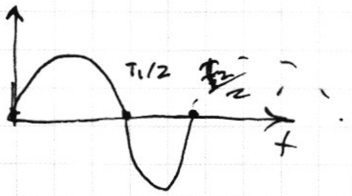
$\Rightarrow \omega_1 = \sqrt{\frac{1}{3LC}}$ — это ток в 1 сторону.

потом ток меняет напр-е.



и так ур-е: $\mathcal{E} = -L_2 I' + \frac{q(t)}{C} = -LI' + \frac{q(t)}{C}$

$\Rightarrow \omega_2 = \sqrt{\frac{1}{LC}}$



Период T

$\frac{\varepsilon_0 S}{d}$

$\frac{qd}{\varepsilon_0 S}$

$I \to \max \Rightarrow I' = 0$

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

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

$q(t) = C\mathcal{E} \cdot \sin(\omega t + \varphi_0)$

$I(t) = \omega C \mathcal{E} \cdot \cos(\omega t + \varphi_0) \Rightarrow$ max дост-ся при $I = \omega C \mathcal{E}$

$\frac{1}{S}$

$k I_0 = k \cdot \frac{16}{\pi D^2}$

$I(t) = k \cdot \frac{1}{S(t)}$

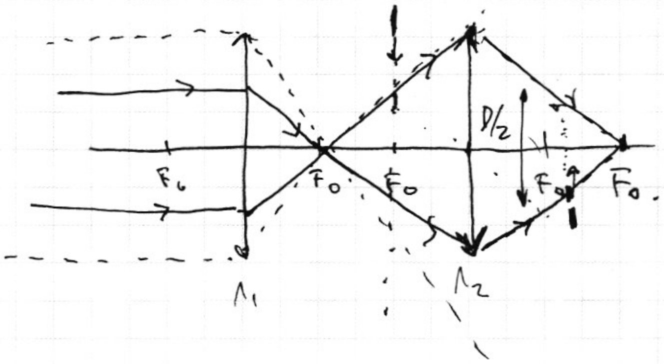
$k = \frac{I_0 \pi D^2}{16}$

$\frac{4}{\pi\left(\frac{D^2}{4} - (v t_0)^2\right)} = k I_1 = \frac{3}{4} I_0 k = \frac{16}{\pi D^2} \cdot \frac{3}{4}$

$\frac{D^2}{4} - (v T_0)^2 = \frac{D^2}{3} \Rightarrow D$

$D \ll F_0$

(5).



$$\frac{1}{2F_0} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{F_0}$$

$$\frac{1}{d'} = \frac{1}{F_0} - \frac{1}{2F_0}$$

$$\frac{1}{d'} = +\frac{1}{2F_0}$$

① $\boxed{d' = 2F_0}$

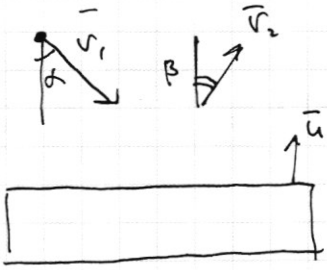
Ответ: $2F_0$

$I_T \sim P_{св}$

$v_\perp' = \Gamma v_\perp$

(2).

①



$$\vec v_1 = \vec u + \vec v_1^{(u)}$$

$$\vec v_1^{(u)} = \vec v_1 - \vec u$$

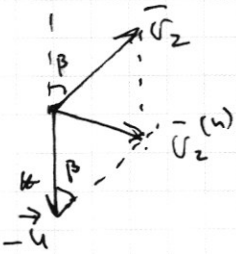
$$\cancel{v_1^{(u)2} = v_1^2 + u^2}$$

$$v_1^{(u)2} = v_1^2 + u^2 - 2v_1 \cdot u \cdot \cos(180-\alpha)$$

$$v_1^{(u)2} = v_1^2 +$$

v_2 – ?

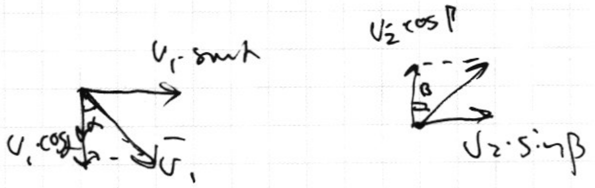
$$\vec v_2^{(u)} = \vec v_2 - \vec u$$



$$\rightarrow v_2^{(u)} = u^2 + v_2^2 - 2u \cdot v_2 \cdot \cancel{\sin}\cos\beta$$

$\frac{\sqrt{3}}{2}$

$\boxed{\text{Га згем}}$



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

(т.к. ∄ ga), ЗСИ на ось OX)

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

$$= 6 \cdot 2 = \boxed{12}\ \frac{м}{с}$$

~~ЗСИ на OY:~~ ЗСЭ на OY:

$$\frac{m(v_1 \cdot \cos\alpha)^2}{2} + \frac{Mu^2}{2} = Q + \frac{(mv_2 \cdot \cos\beta)^2}{2} + \frac{Mu_1'^2}{2}$$

$\rightarrow$

$$\begin{array}{r|l} 831 & 7 \\ -77 & 11 \\ \hline 61 & \end{array}$$

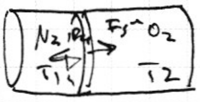
$$\begin{array}{r} 8{,}31 \\ \times\ 45 \\ \hline 4155 \\ 3324 \\ \hline 36395 \end{array}$$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

②



$\nu_{N_2} = \nu_{O_2} = \nu = \frac{3}{7}$ моль

$T_1 = 300K$

$T_2 = 500K$

① поршень не движ-ся → время

→ $F = p_{N_2}S = p_{O_2}S$
$(p_1) \quad (p_2)$

$p_1V_1 = \nu_1 RT_1 \Rightarrow p_1 = \frac{\nu_1 RT_1}{V_1}$

$p_2V_2 = \nu_2 RT_2 \quad p_2 = \frac{\nu_2 RT_2}{V_2}$

$p_1 = p_2 \Rightarrow \frac{\nu_1 RT_1}{V_1} = \frac{\nu_2 RT_2}{V_2}$

$\frac{V_1}{V_2} = \frac{\cancel{\nu_1 R}T_1}{\cancel{\nu_2 R}T_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{3}{5} = 0{,}6$

② . ЗСЭ:

$E_{N_2} + E_{O_2} = E'_{N_2} + E'_{O_2}$

$\frac{3}{2}\cancel{k_B}T_1 + \frac{3}{2}\cancel{k_B}T_2 = \frac{3}{2}\cancel{k_B}T + \frac{3}{2}\cancel{k_B}T$

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

③. $E_{N_2} + E_{O_2} = E'_{N_2} + E'_{O_2}$

$E_{O_2} - E'_{O_2} = E'_{N_2} - E_{N_2} = Q$

→ $Q = \frac{3}{2}k_B T_2 - \frac{3}{2}k_B T = \frac{3}{2}k_B(T_2 - T) = \frac{3}{2}k_B \cdot 100K$.

~~$Q = \nu C_V \Delta T$~~ . $V = \frac{1}{2}V_{всё}$ и p возр-пает $\frac{\nu RT_0}{\frac{1}{2}V}$

T_0 - это что?? до $\frac{\nu RT}{\frac{1}{2}V}$? уменьшается??

→ $Q = \nu C_V \cdot \frac{\nu R}{\frac{1}{2}V}(T - T_0)$

~~$u < V_2 \cdot \cos\beta$~~

$u > V_2 \cdot \cos\beta$

$u + V_1 \cdot \cos\alpha > u - V_2 \cdot \cos\beta$

$8 \cdot \frac{\sqrt{7}}{4} \overset{?}{>} -12 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$ $\boxed{V}$ $\Rightarrow$ вып-ся.

$\Rightarrow u \geq V_2 \cdot$ ...

$P_{cm} \sim J$

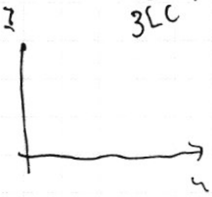
$I \sim I_{ш}$.

$I \sim$

$E = \frac{kq}{r}$. $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q}{r}$.

$\log_2$

$3LC^{\frac{1}{2}?}$

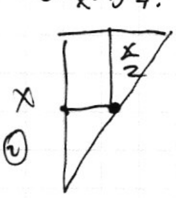


$\sigma = \frac{q}{S}$. $S_1 = l \cdot BC$

$S_2 = l \cdot AB$

$\frac{k \cdot \sigma \cdot S}{r}$.

① $x \cdot tg\frac{\pi}{7}$.



$\frac{\pi}{7} - \frac{180}{7}$ градус.

$tg\frac{\pi}{7} = \frac{BC}{AB} \Rightarrow AB \cdot tg\frac{\pi}{7} = BC$

kq

$E_1 = \frac{k\sigma_1 S_1}{\frac{x}{2}} = \frac{2k\, 2\sigma l \cdot \cancel{x} \cdot tg\frac{\pi}{7}}{\cancel{x}}$

$E_2 = \frac{k\sigma_2 S_2}{\frac{x \cdot tg\frac{\pi}{7}}{2}} = \frac{2k \cdot \sigma \cdot l \cdot \cancel{x}}{\cancel{x} \cdot tg\frac{\pi}{7}}$

итого: $E^2 = E_1^2 + E_2^2 = (2k\sigma l)^2 \left(2\, tg\frac{\pi}{7} + \frac{1}{tg\frac{\pi}{7}}\right)^2$

ε_0

$\frac{kq}{r}$.

$E = 2k\sigma l \left(\frac{2tg^2\frac{\pi}{7} + 1}{tg\frac{\pi}{7}}\right)^2$

$\frac{E_1}{E_2} = \frac{\frac{kq_1}{r_1}}{\frac{kq_2}{r_2}} = \frac{q_1 \cdot r_2}{q_2 \cdot r_1}$

$\frac{q_1 \cdot \cancel{2x} \cdot tg\frac{\pi}{7}}{q_1 \cdot 2tg\frac{\pi}{7} \cdot \cancel{x}}$

$\frac{E_1}{E_2} = \frac{1}{2}$

$\frac{2k\sigma l}{tg\frac{\pi}{7}}$.

$\frac{\sigma}{2\varepsilon_0} \cdot r$?

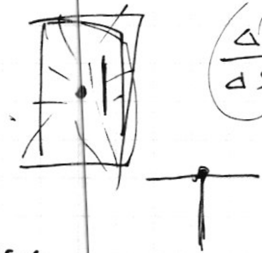
$\frac{k \cdot 2\sigma \cdot l \cdot x \cdot tg\frac{\pi}{7}}{\frac{x}{2}} = 4k\sigma l\, tg\frac{\pi}{7}$

$\frac{2k\sigma l}{tg\frac{\pi}{7}}$

$\sigma = \frac{q_1}{\cancel{x}}$.

$c = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}$ $\sigma S : c$

$\boxed{\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}}$ $\frac{q}{2\varepsilon_0 S}$



$\frac{\Delta q}{\Delta S}$ σ

$c = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}$

$CU = q \Rightarrow U = \frac{q}{C} = \frac{qd}{\varepsilon_0 S}$ $\frac{q}{\varepsilon_0 S} \cdot r$.

$Ud = E_{in} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} \cdot d$?

$\frac{kq}{r}$

$\frac{\sigma_{BC}}{\sigma_{AB}} = \frac{\sigma}{2\sigma} = \frac{1}{2} = \frac{q_1 \cdot \cancel{x} \cdot tg\frac{\pi}{7}}{q_2 \cdot \cancel{x}}$

$\rightarrow 2tg\frac{\pi}{7} \cdot q_1 = q_2$

$k\frac{q}{r} = k\frac{2tg\frac{\pi}{7}\, q}{r_2}$

$k\frac{q}{r_1}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

ЗСЭ проще: $\frac{mV_1^2}{2} + \cancel{\frac{Mu^2}{2}} = \frac{mV_2^2}{2} + \cancel{\frac{Mu^2}{2}} + Q$

$$\frac{mV_2^2}{2} < \frac{mV_1^2}{2}$$

$$V_2^2 < V_1^2$$

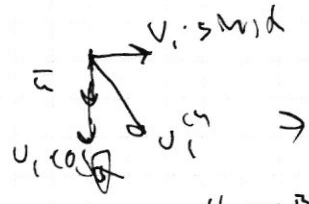
$$\cancel{V_2^2 = ((V_2 \cdot \sin\beta)^2 + (V_2 \cdot \cos\beta)^2) < ((V_1 \sin\alpha)^2 + (V_1 \cdot \cos\alpha)^2)}$$

$$\Rightarrow V_1^2 \cdot \cos^2\alpha > V_2^2 \cdot \cos^2\beta$$

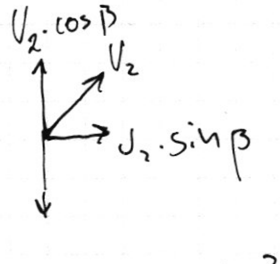
Нет. С.О. плиты:

$$\vec{V}_1 = \vec{u} + \vec{V}_1^{(u)}$$

$$\Rightarrow \vec{V}_1^{(u)} = \vec{V}_1 - \vec{u}_1$$



$$\Rightarrow V_1^{(u)2} = (u + V_1 \cdot \cos\alpha)^2 + V_1 \cdot \sin\alpha^2$$



$$V_2^2 = (V_2 \cdot \cos\beta - u)^2 + V_2 \cdot \sin\beta^2$$

ЗСЭ $\Rightarrow \dots \Rightarrow V_2^2 < V_1^2$

$$(V_1 \cdot \sin\alpha)^2 = (V_2 \cdot \sin\beta)^2$$

$$\Rightarrow$$

$$\Rightarrow (\underbrace{u + V_1 \cdot \cos\alpha}_{>0})^2 > (V_2 \cdot \cos\beta - u)^2$$

$\underline{V_2 \cdot \cos\beta > u}$

$\Rightarrow u + V_1 \cdot \cos\alpha > V_2 \cdot \cos\beta - u$

$\Rightarrow 2u > V_2 \cdot \cos\beta - V_1 \cdot \cos\alpha \Rightarrow u > \frac{V_2 \cdot \cos\beta - V_1 \cdot \cos\alpha}{2} = \frac{\cancel{12}^{6} \cdot \frac{\sqrt{3}}{\cancel{2}} - \cancel{8}^{2} \cdot \frac{\sqrt{7}}{4}}{2} =$

$= \underline{3\sqrt{3} - \sqrt{7}}$ $(>0?)$

$V_2 \cos\beta - u$, $3\cancel{12} \cdot \frac{\sqrt{7}}{4} > u$

$\Rightarrow \underline{u \in (3\sqrt{7}; 3\sqrt{3} - \sqrt{7})}$