Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

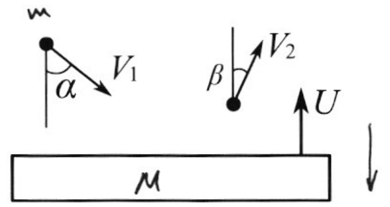
Класс 11

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.



я так понял, что здесь ???? разные случаи куда полетит.

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).

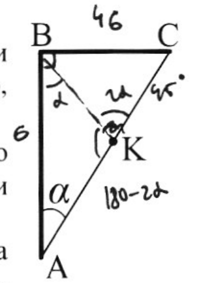
1) Найти отношение начальных объемов гелия и неона.

2) Найти установившуюся температуру в сосуде.

3) Какое количество теплоты передал неон гелию?

~~процесс изобарный~~ Да

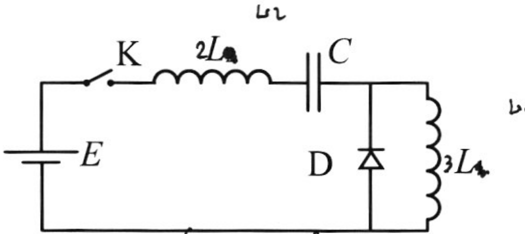
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины AB и BC перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром B. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру B.



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? $\sqrt{2}$

2) Пластины BC и AB заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = 4\sigma, \sigma_2 = \sigma$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/8$. 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 $L_1 = 3L$, $L_2 = 2L$, конденсатора емкостью C, диода D (см. рис.). Ключ K разомкнут, конденсатор не заряжен, тока в цепи нет. После замыкания ключа возникают колебания тока в L_2.



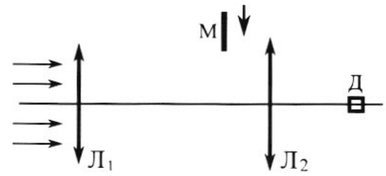
1) Найти период T этих колебаний.

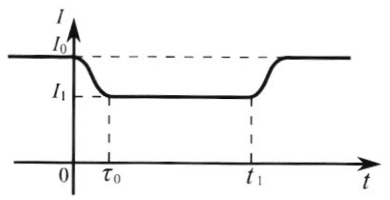
2) Найти максимальный ток I_{01}, текущий через катушку L_1.

3) Найти максимальный ток I_{02}, текущий через катушку L_2.

здесь пол колебания единичные с $\omega^2 = \dfrac{1}{(L_1+L_2)C}$ и ещё пол с $\omega^2 = \dfrac{1}{L_1 C}$

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. ясно

Известными считать величины F_0, D, τ_0.

ясно как считать, однако ~~[illegible]~~

$I \sim S \Rightarrow$

$$
\begin{array}{r}
831 \\
\times \quad 33 \\
\hline
2493 \\
+2493 \\
\hline
27423
\end{array}
$$

380

$\frac{770}{2} = 385$

$$\frac{q^2}{2C} + \frac{LI^2}{2} = \text{const} = 0$$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

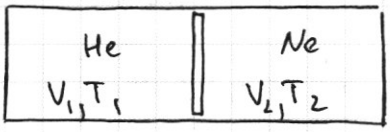
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2



1) $\frac{V_2}{V_1}$ – ? Ур-ие Менделеева-Клапейрона:

$\boxed{pV = \nu RT}$; p, V, T – давление, объём и темпер. газа

Это уравнение применимо лишь в случае квазистатичного процесса, коим и является медленное выравнивание температур. ~~Тогда~~ Объёмы гелия и неона (в начале): $V_1 = \frac{\nu R T_1}{p_1}$; $V_2 = \frac{\nu R T_2}{p_2}$

Изначально поршень в равновесии => $p_1 = p_2$; $\boxed{\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} = \frac{4}{3}}$

2) Запишем одно из начал термодинамики (по совместительству – следствие из закона сохранения энергии): $\boxed{Q^{ext} = A^{gas} + \Delta U}$

для гелия: $Q_1 = A_1 + \Delta U_1$

неона: $Q_2 = A_2 + \Delta U_2$, причём $-Q_1 = Q_2$; $-A_1 = A_2$ (вследствие замкнутости системы)

Тогда $Q_1 + Q_2 = A_1 + A_2 + \Delta U_1 + \Delta U_2 \Leftrightarrow \boxed{\Delta U_1 + \Delta U_2 = 0}$

$\Leftrightarrow \frac{i}{2}\left(\nu R (T_{fin} - T_1) + \nu R (T_{fin} - T_2)\right) = 0 \Leftrightarrow \boxed{T_{fin} = \frac{T_1 + T_2}{2}}$

– установившаяся температура. $\boxed{T_{fin} = 385\ K}$

3) $\Delta U_1 + \Delta U_2 = 0 \Leftrightarrow U_1 + U_2 = const$. В любой момент времени $p_1 = p_2 = p$ => $\frac{i}{2}(pV_1 + pV_2) = const$

$V_1 + V_2$ есть полный объём сосуда – он постоянен =>

$\boxed{p = \frac{2}{i(V_1 + V_2)} \cdot const = const}$ => процесс изобарный для обеих газов

☐ черновик ■ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

=> т.к. теплоёмкость в изобарном процессе есть $\boxed{C_p = \frac{i+2}{2}\nu R} = \frac{5}{2}\nu R$ (это одноатомные газы, $i = 3$), то

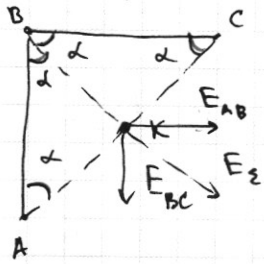
$$Q_{Ne\to He} = Q_1 = C_p(T_{fin} - T_1) = \boxed{\frac{5}{2}\nu R\left(\frac{T_2 - T_1}{2}\right)} =$$

$$= \frac{5}{4}\nu R(T_2 - T_1); \quad Q_1 = \frac{5}{4}\cdot\frac{6}{25}\cdot 8{,}31\cdot 110 \text{ Дж} =$$

$$= \cancel{33}\ \frac{3\cdot 110\cdot 8{,}31}{10} \text{ Дж} = 33\cdot 8{,}31 \text{ Дж} = \boxed{274{,}23 \text{ Дж}}$$

Ответ: 1) $\frac{V_2}{V_1} = \frac{4}{3}$ 2) $T_{fin} = 385$ K 3) $Q_1 = 274{,}23$ Дж

№3 1) $\alpha = \frac{\pi}{4}$

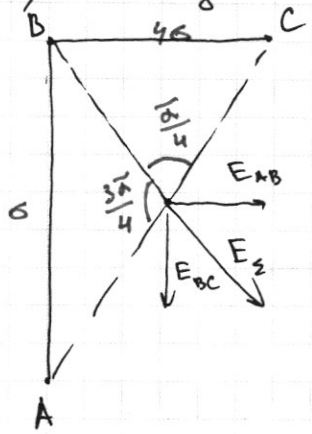


Пусть напряженность поля, созд. BC в K есть E_{BC}, тогда в силу одинаковости геом. расположения $\boxed{E_{AB} = E_{BC}}$ (т.к. $\alpha = \frac{\pi}{4}$ и Δ-к р-б)

$$\Rightarrow E_\Sigma = |\vec{E}_{AB} + \vec{E}_{BC}| = \sqrt{2}E_{BC} \Rightarrow$$

$$\gamma = \frac{\sqrt{2}E_{BC}}{E_{BC}} = \boxed{\sqrt{2} \text{ раз}}$$ (ΔABC равнобедренный и прямоугольный)

2) $\alpha = \frac{\pi}{8}$



~~Е~~ Докажем, что напряжённость в напр. перпендикулярно от заряженной плоскости, видной из точки под телесным углом Ω, равна $\boxed{E_\perp = \frac{\sigma\Omega}{4\pi\varepsilon_0}}$, σ – пов. плотность заряда:

$$dE_\perp = \frac{\sigma dS}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\cos\varphi; \quad d\Omega = \frac{dS\cos\varphi}{r^2} \Rightarrow$$

$$dE_\perp = \frac{\sigma d\Omega}{4\pi\varepsilon_0} \Rightarrow E_\perp = \frac{\sigma\Omega}{4\pi\varepsilon_0}.$$ Ч.Т.Д.

Плоскость BC видна под т.углом $\Omega_{BC} = \frac{1}{8}\cdot 4\pi = \boxed{\frac{\pi}{2}}$. Тогда $\Omega_{AB} = 3\Omega_{BC} = \boxed{\frac{3\pi}{2}}$. Это верно потому, что плоскости бесконечные и можно пренебречь "дырками" впереди и сзади.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

→ напряжённости в точке K: $E_{BC} = \frac{4\sigma\cdot\frac{\pi}{2}}{4\pi\varepsilon_0} = \boxed{\frac{4\sigma}{8\varepsilon_0}}$

$E_{AB} = \frac{\sigma\cdot\frac{3\pi}{2}}{4\pi\varepsilon_0} = \boxed{\frac{3\sigma}{8\varepsilon_0}}$

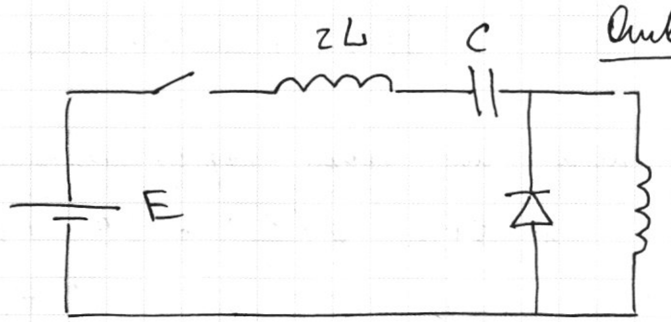
Суммарная напряжённость: $E_\Sigma = |\vec{E}_{AB} + \vec{E}_{BC}| =$

$= \sqrt{\left(\frac{3\sigma}{8\varepsilon_0}\right)^2 + \left(\frac{4\sigma}{8\varepsilon_0}\right)^2} = \boxed{\frac{5\sigma}{8\varepsilon_0}}$

P.S. напряжённости в точке K ~~[illegible]~~ перпендикулярна пластине, которая её создаёт, т.к. K находится "посередине" и боковые напряжённости гасятся.

Ответ: 1) $\sqrt{2}$ раз 2) $\frac{5\sigma}{8\varepsilon_0}$

№4



∃ q — заряд на конденсаторе

Заметим, что когда ток течёт против источника, то он минует ~~[illegible]~~ катушку L_1 и протекает полностью через диод. Также понятно, что положение устойчивого равновесия, вокруг которого ведутся колебания — $\boxed{q = CE}$. ~~В [illegible]~~ (если допустить малое затухание, то именно таково будет конечное значение заряда) ~~[illegible]~~. А ещё при последовательном соединении катушек их индуктивности складываются.

1) Данные колебания за свой период имеют два разных участка — сначала ток идёт через обе катушки, угловая частота равна $\omega_1^2 = \frac{1}{(L_1+L_2)C} = \boxed{\frac{1}{5LC}}$,

а потом ток идёт через диод и одну катушку, угловая частота равна $\omega_2^2 = \frac{1}{L_2 C} = \boxed{\frac{1}{2LC}}$

$\Rightarrow$ период данных колебаний $T = \boxed{\frac{\pi}{\omega_1} + \frac{\pi}{\omega_2}} = \pi\left(\sqrt{5LC} + \sqrt{2LC}\right)$

2) Ток через катушку L_1 есть только тогда, когда есть ток в направлении источника. $\omega = \omega_1 = \frac{1}{\sqrt{5LC}}$

~~$I_{01} = (\dot{q})_1 = \omega(q_A)_1$~~ Установим закон изменения заряда: (на конденсаторе)

1) Первые пол периода: $q(t) = CE(1 - \cos(\omega_1 t))$

2) Вторые пол периода: $q(t) = CE(1 \mp \cos(\pi + \omega_2 t))$

Я сделал это исходя из того, что закон гармонический, ω_1 известно, $\boxed{q(0) = 0}$, ~~$q(\pi)$~~ $= \boxed{q\left(\frac{\pi}{2}\right) = CE}$ (ПУР).

$\Rightarrow I_{01\,max} = \max(\dot{q}(t))_1 = \omega_1 CE = \frac{CE}{\sqrt{5LC}} = \boxed{E\sqrt{\frac{C}{5L}}}$

$I_{02\,max} = \max(\dot{q}(t))_{2} = \max\left(\max(\dot{q}(t))_{0\to\pi};\ \max(\dot{q}(t))_{\pi\to 2\pi}\right)$

(существует два амплитудных значения, выберем максимальное)

$\Rightarrow I_{02\,max} = \max\left(E\sqrt{\frac{C}{2L}};\ E\cdot\sqrt{\frac{C}{5L}}\right) = \boxed{E\sqrt{\frac{C}{2L}}}$

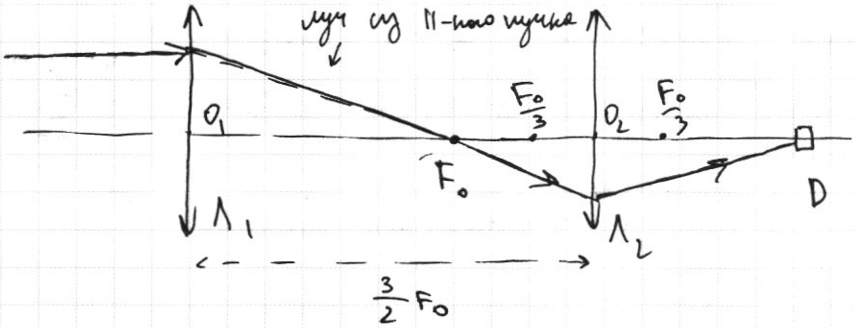
Ответ: 1) $T = \pi\sqrt{LC}\left(\sqrt{5} + \sqrt{2}\right)$

2) $I_{01} = E\sqrt{\frac{C}{5L}}$

3) $I_{02} = E\sqrt{\frac{C}{2L}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5 1) Дано, что свет фокусируется на детекторе. Значит, туда собираются лучи и там находится изображение того удалённого источника, от которого получен свет. Запишем условие этого:



Формула тонкой собирающей линзы:

$$\frac{1}{d}+\frac{1}{f}=\frac{1}{F}$$

d – расст. до источника

f – до изображения

Параллельный пучок соберётся в фокус линзы 1, => в детекторе должно находиться изображение объекта, помещённого в фокус линзы 1, (можно считать, что там источник). =>

$$\frac{1}{\frac{3}{2}F_0-F_0}+\frac{1}{d}=\frac{3}{F_0} \Leftrightarrow \boxed{d=F_0=O_2D} \Rightarrow$$

расстояние между линзой и фотодетектором – F_0.

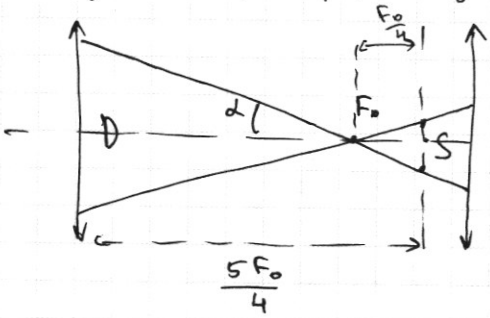
2) J ~~...~~ – интенсивность. По её определению, $\boxed{J=\frac{d^2W}{dt\,dS}}$

=> т.к. $I\sim\int_S J\,dS$ (мощность излучения), то

если ~~...~~ $J(S)=J_0$, то $\boxed{I\sim S}$ – площадь пучка, попавшего на линзу $Л_2$.

Мишень перекрывает часть площади пучка, и этим уменьшает интенсивность

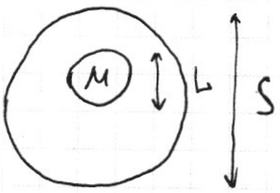
Вследствии того, что $F_0 >> D$, то $\alpha = arctg\left(\frac{D}{2F_0}\right) << 1$.
(угол "раствора" пучка света между линзами)



Значит, что мишень всегда почти перпендикулярна лучам и закрывает почти одинаковую площадь.

Ширина пучка в сечении, где движется мишень, равна S.

Сечение движения мишени:



Тогда вследствие $I \sim S$ отношение площадей мишени и пучка $\boxed{\frac{S_м}{S_п} = 1 - \frac{I_1}{I_0}} = \frac{1}{9}$

$\Rightarrow \boxed{\frac{L}{S} = \frac{1}{3}}$ — отношение диаметров

На графике отрезок от 0 до τ_0 соответствует "заезду" мишени в пучок $\Rightarrow \boxed{V = \frac{L}{\tau_0}}$ — скорость движения мишени. Из подобия треугольников:

$$\frac{S}{\frac{F_0}{4}} = \frac{D}{F_0} \Rightarrow \cancel{S = 4D} \Rightarrow S = \frac{D}{4} \Rightarrow L = \frac{D}{12}$$

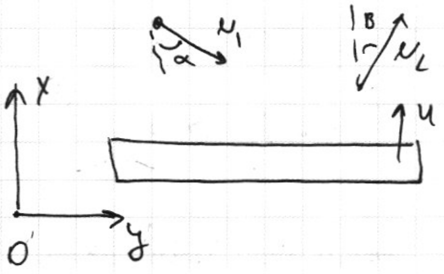
Значит, $\boxed{V = \frac{D}{12\tau_0}}$

3) $t_1 = \frac{S}{V} = \boxed{3\tau_0}$ (это время, за которое самая нижняя точка мишени пройдет весь пучок света)

Ответ: 1) F_0; 2) $V = \frac{D}{12\tau_0}$; 3) $t_1 = 3\tau_0$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1 1) Закон сохранения импульса: в отсутствие внешних сил импульс системы сохраняется.



Закон изменения импульса:

$$\sum \Delta \vec{p} = \sum \vec{F} \Delta t \Rightarrow$$

в проекции на ось Oy:

$$p_2 - p_1 = \sum F_y \Delta t = 0 \Rightarrow$$

$$m v_1 \sin\alpha = m v_2 \sin\beta \Leftrightarrow \boxed{v_2 = v_1 \frac{\sin\alpha}{\sin\beta}}$$

$$v_2 = 6 \cdot \frac{2}{1} = 12 \text{ м/с}$$

2) Плита движется вверх ~~с постоянной скоростью и после соударения, причём эта скорость равна изначальной.~~

Это написано в условии. Закон изменения импульса:

$\sum \Delta \vec{p} = \sum \vec{F} \Delta t$ => в проекции на Oy: не нужен.

Перейдём в систему отсчёта плиты: $\vec{v}_1' = \vec{v}_1 - \vec{u}$

Скорости в проекции на Ox: $\vec{v}_2' = \vec{v}_2 - \vec{u}$

$\boxed{v_{1x}' = v_{1x} - u}$; $\boxed{v_{2x}' = v_{2x} - u}$

v_{1x} может принимать значение $\pm v_1 \cos\alpha$, v_{2x} — $\pm v_2 \cos\beta$.

Условие столкновения и разлёта: $v_{1x}' \leq 0$; $v_{2x}' > 0$

(в ином случае произойдёт невозможное)

$\cos\alpha = \frac{\sqrt{5}}{3}$; $\cos\beta = \frac{2\sqrt{2}}{3}$

1) $v_{1x} = v_1 \cos\alpha = \frac{\sqrt{5}}{3} \cdot 6$ м/с $= \underline{2\sqrt{5}}$ м/с

$v_{2x} = v_2 \cos\beta = \frac{2\sqrt{2}}{3} \cdot 12$ м/с $= \underline{8\sqrt{2}}$ м/с

Вследствие массивности шины модуль скорости падения шарика равен модулю скорости отражения. =>

$$\boxed{v_{1x}' + v_{2x}' = 0} \Leftrightarrow u = \frac{2\sqrt{5} + 8\sqrt{2}}{2} = \underline{4\sqrt{2} + \sqrt{5} \text{ м/с}}$$

Условие нормальности: $v_{1x}' = 2\sqrt{5} - \sqrt{5} - 4\sqrt{2} < 0$

$v_{2x}' = 8\sqrt{2} - \sqrt{5} - 4\sqrt{2} > 0$ ⊕

2) $v_{1x} = -v_1 \cos\alpha' = \underline{-2\sqrt{5} \text{ м/с}}$

$v_{2x} = v_2 \cos\beta = \underline{8\sqrt{2} \text{ м/с}}$ => аналогично прошлому пункту

$$u = \frac{8\sqrt{2} - 2\sqrt{5}}{2} = \underline{4\sqrt{2} - \sqrt{5} \text{ м/с}}$$

Условие: $v_{1x}' = -2\sqrt{5} - 4\sqrt{2} + \sqrt{5} < 0$

$v_{2x}' = 8\sqrt{2} + \sqrt{5} - 4\sqrt{2} > 0$ ⊕

Очевидно, что случаи $v_{1x} = -2\sqrt{5}$; $v_{2x} = -8\sqrt{2}$

и $v_{1x} = 2\sqrt{5}$; $v_{2x} = -8\sqrt{2}$

<u>симметричны выше перечисленным</u> => скорость плиты может принимать значение $\boxed{u = 4\sqrt{2} \pm \sqrt{5} \text{ м/с}}$

<u>Ответ</u>: 1) $v_2 = 12$ м/с

2) $u = 4\sqrt{2} + \sqrt{5}$ м/с

$u = 4\sqrt{2} - \sqrt{5}$ м/с

P.S. массивность шины даёт нам хорошее приближение – удар шарика о неё ~~какой~~ почти никак не изменит её движение.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

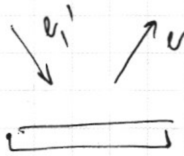
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

① $v_1 \sin\alpha = v_2 \sin\beta \Rightarrow v_2 = v_1 \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = 2v_1$

2) Перейдём в СО шины:

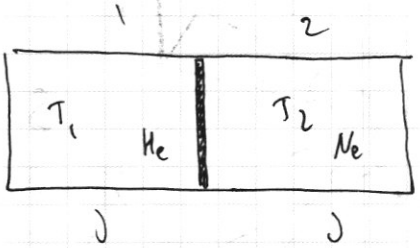
$u = v_2 \cos\beta$?



~~здесь~~

$(v_1 + u)\cos\alpha =$

②



1) $\frac{T_1}{V_1} = \frac{T_2}{V_2} \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} = \frac{4}{3}$

Изобарный ли это процесс? Да

2) $\frac{T}{V} = \frac{T}{V}$ реально

$\frac{\pi}{4}\left(\frac{3\Omega\sigma}{4\pi\varepsilon_0}\right)^2 + \left(\frac{4\Omega\sigma}{4\pi\varepsilon_0}\right)^2 =$

$= \left(\frac{5\Omega\sigma}{4\pi\varepsilon_0}\right)^2 =$

$T_1 V_2 = const \Leftrightarrow T_1(V - V_1) = const \Leftrightarrow$

малое изменение T

$T_1 V - T_1 V_1 = const$

$\frac{5\Omega\sigma}{4\pi\varepsilon_0} = \frac{5\cdot\frac{\pi}{8}\cdot 4\pi\sigma}{4\pi\varepsilon_0} = \boxed{\frac{5}{8}\frac{\sigma}{\varepsilon_0}}$

$Q_{Ne} = A_{Ne} + \Delta U_{Ne}$

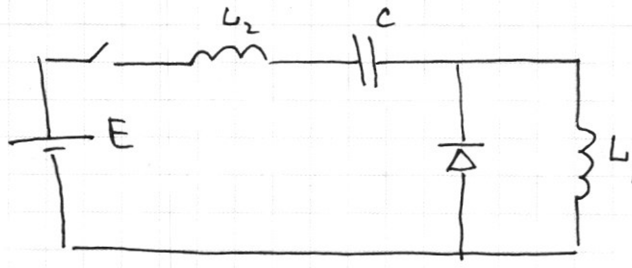
$Q_{He} = A_{He} + \Delta U_{He}$

$\Rightarrow \Delta U_{He} + \Delta U_{Ne} = 0$

$\Rightarrow \boxed{T = \frac{T_1 + T_2}{2}}$

$Q_{He} = A_{He} + \Delta U_{He} =$

③ ТВЯ ④



$T = \frac{1}{2}T_1 + \frac{1}{2}T_2$

$= \pi\left(\sqrt{L_2 C} + \sqrt{(L_1 + L_2)C}\right)$

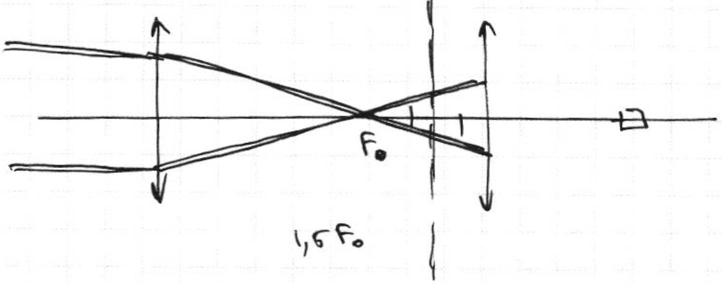
■ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

$I_{01} = \omega q_{max}$



$\frac{S_1}{S_0} = \frac{I_1}{I_0} \Rightarrow$ ~~S_1~~ ~~D~~ $D_1 = \frac{1}{3}D \Rightarrow$

$\frac{2}{F_0} + \frac{1}{d} = \frac{3}{F_0} \Rightarrow$ $V = \frac{D}{3\tau_0}$

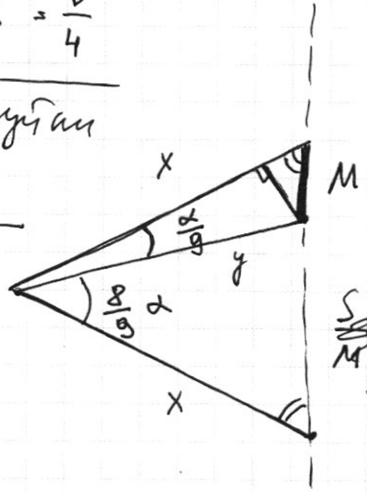
$\frac{1}{d} = \frac{1}{F_0}$ $\boxed{d = F_0}$

$J \sim I$

$\frac{D}{F_0} = \frac{4S}{F_0} \Rightarrow$ ~~$D = 4S$~~ $S = \frac{D}{4}$

$I \sim S \Rightarrow \frac{1}{9} \Rightarrow \frac{1}{3}$ хуйгаи

$\tau_0 = \frac{M}{V}$



S

$\frac{S}{M}$ $S-M$

$q_{max} = CE$

$\Rightarrow$

$y = \frac{y}{\sin(90-\frac{\alpha}{2})} = \frac{M}{\sin(\frac{\alpha}{9})} =$

$= \frac{S-M}{\sin(\frac{8\alpha}{9})} \Rightarrow$

$tg\left(\frac{\alpha}{2}\right) = \frac{D}{2F_0}$

$\frac{S-M}{M} = \frac{\sin(\frac{8\alpha}{9})}{\sin(\frac{\alpha}{9})}$

$M\left(1 + \frac{\sin(\frac{8\alpha}{9})}{\sin(\frac{\alpha}{9})}\right) = \frac{D}{4} \Rightarrow V = \frac{D}{4(\ldots)\tau_0}$

$t_1 = \frac{S-M}{V}$

$U = \frac{3}{2}(p_1V_1 + p_2V_2) \Rightarrow$

$U = \frac{3}{2}V(p_1+p_2)\,p \Rightarrow$

$p = const$

$m v_1 \cos\alpha + M u =$

$= -m v_2 \cos\beta - M(u \pm \Delta u)$

$v_1 \cos\alpha + v_2 \cos\beta = \frac{M}{m}\Delta u$; $M\Delta u = \frac{m}{M}$

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

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

Пр. идеальный т.к. $U = \frac{3}{2}pV$ для ...

$T = \frac{T_1+T_2}{2}$

$V_1T_2 = const \Rightarrow \begin{cases} T_2\,dV_1 + V_1\,dT_2 = 0 \\ T_1\,dV_2 + V_2\,dT_1 = 0 \end{cases}$

$\frac{dV_2}{dT_1} = -\frac{V_2}{T_1}$, $\frac{dV_1}{dT_2} =$