Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

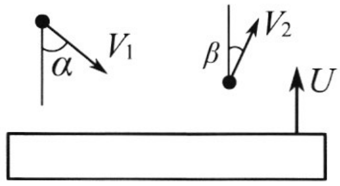
Класс 11

Вариант 11-02

Шифр

(заполняется секретарём)

1. Массивная плита движется с постоянной скоростью U вертикально вверх. К плите подлетает шарик, имеющий перед ударом скорость $V_1 = 6$ м/с, направленную под углом $\alpha \left(\sin\alpha = \dfrac{2}{3} \right)$ к вертикали (см. рис.). После неупругого удара о гладкую горизонтальную поверхность плиты шарик отскакивает со скоростью V_2, составляющей угол $\beta \left(\sin\beta = \dfrac{1}{3} \right)$ с вертикалью.



1) Найти скорость V_2.

2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе.

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

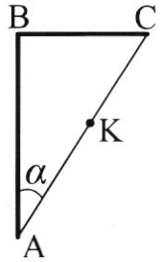
2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится гелий, во втором – неон, каждый газ в количестве $\nu = 6/25$ моль. Начальная температура гелия $T_1 = 330$ К, а неона $T_2 = 440$ К. Температуры газов начинают медленно выравниваться, а поршень начинает медленно двигаться. Оба газа одноатомные, газы считать идеальными. $R = 8{,}31$ Дж/(моль·К).

1) Найти отношение начальных объемов гелия и неона.

2) Найти установившуюся температуру в сосуде.

3) Какое количество теплоты передал неон гелию?

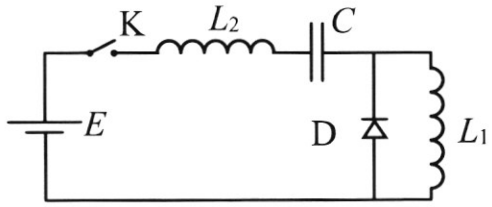
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины AB и BC перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром B. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру B.



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 $\sigma_1 = 4\sigma, \sigma_2 = \sigma$, 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.

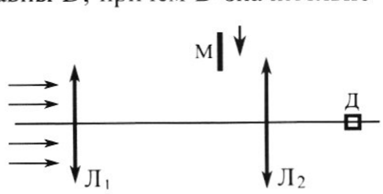


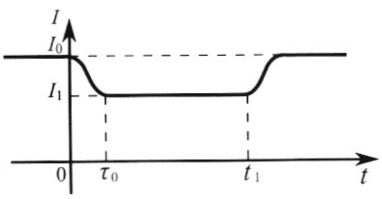
1) Найти период T этих колебаний.

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

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

5. Оптическая система состоит из двух соосных тонких линз Л$_1$ и Л$_2$ (см. рис.) с фокусными расстояниями F_0 и $F_0/3$, соответственно. Расстояние между линзами $1{,}5F_0$. Диаметры линз одинаковы и равны D, причем D значительно меньше F_0. На линзу Л$_1$ падает параллельно оси системы пучок света с одинаковой интенсивностью в сечении пучка. Прошедший через обе линзы свет фокусируется на фотодетекторе Д, на выходе которого сила тока пропорциональна мощности падающего на него света. Круглая непрозрачная мишень М, плоскость которой перпендикулярна оси системы, движется с постоянной скоростью перпендикулярно оси системы так, что центр мишени пересекает ось на расстоянии $5F_0/4$ от Л$_1$. На рисунке показана зависимость тока I фотодетектора от времени t (секундомер включен в момент начала уменьшения тока). $I_1 = 8I_0/9$.





1) Найти расстояние между линзой Л$_2$ и фотодетектором.

2) Определить скорость V движения мишени. 3) Определить t_1.

Известными считать величины F_0, D, τ_0.

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

ШИФР
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2 Дано

$\nu_1 = \nu_2 = \frac{6}{25}$ моль.

$T_1 = 330К$ (He)

$T_2 = 440К$ (Ne)

$R = 8,31$ Дж/(моль·К)

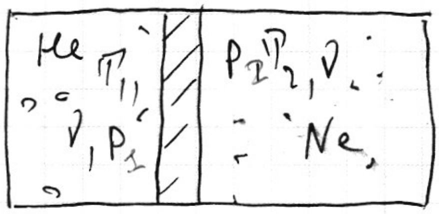
1) $\frac{V_{He}}{V_{Ne}} = ?$

2) $T_{уст}$ - ?

3) $Q(Ne \to He)$ - ?

Решение:

$F_{тр}=0$



1) Система изолирована ($Q=0$ и работа внутр сил равна нулю)

2) поршень движется медленно, так, что в каждый момент времени устанавливается равновесное сост-е (ур-е Менделеева-Клапейрона можно применять):

р-е сост-е

Пусть в момент $t_0=0$ система покоилась. (*)

~~Теперь~~ Тогда можно считать, что

$$p_1 = p_2 = p.$$

$$pV_1 = \nu R T_1, \quad pV_2 = \nu R T_2,$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{3}{4} \Rightarrow \boxed{V_{He} = \frac{3}{4} V_{Ne}} \quad (1)$$

3) Т.к. $T_{уст}$ подразумевает тепловое равновесие, и т.к. газов равное количество, можно считать, что $U'_{Ne} = U'_{He} = U'$.

Т.к. система изолирована, то $\sum A_{внутр} = 0$, а также $Q=0$, а значит,

$$\underbrace{U_{He} + U_{Ne}}_{н.\ момент\ вр.} = \underbrace{U'_{Ne} + U'_{He}}_{T=T_{уст}} = 2U' \qquad U = \frac{3}{2}\nu R T. \quad (2)$$

$$\frac{3}{2}\nu R T_1 + \frac{3}{2}\nu R T_2 = 3\nu R T_{уст} \Rightarrow T_{уст} = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{770К}{2} = 385К$$

~~4~~ (В адиабатном процессе общая энергия системы не меняется; кроме того, неон отдал ровно столько же, сколько тот взял, $A_2 = A_{вн}$, и $\sum A_{внутр} = 0$.)

4) Ясно, что в установившемся состоянии объёмы V, температура $T_{уст}$ и давления равны у обоих газов.

Чтобы найти $Q(Ne \to He)$, запишем 1-й закон термодинамики для ~~неона~~ гелия $Q_1' = \Delta U_1' + A_{газа}$

→ см лист 2

Такие же ур-е для неона. $\Delta U_2 + A_2 = Q_2$

$\Delta U_1 = U^{'} - U_{He} = \frac{3}{2}\nu R(T_{уст} - T_1) > 0$

$\Delta U_2 = U^{'} - U_{Ne} = \frac{3}{2}\nu R(T_{уст} - T_2) < 0$

$A_{газа} = p\Delta V = \nu R \Delta T$

$Q_1 = \frac{3}{2}\nu R(T_{уст} - T_1) + A_{газа}$ > 0 (он расширяется).

$Q_1 = \frac{5}{2}\nu R(T_{уст} - T_1) = \frac{5}{2} \cdot \frac{6}{25}$ моль $\cdot 8{,}31 \frac{Дж}{к \cdot моль} \cdot 55к =$

$= 3 \cdot 11 \cdot 8{,}31$ Дж $= 33 \cdot 8{,}31$ Дж $=$

$\times \frac{8{,}31}{33}$

2493
2493
274,23 Дж

Ответ: 1) $\frac{V_{He}}{V_{Ne}} = \frac{3}{4}$

2) $T_{уст} = 385к$

3) $Q_1 = 274{,}23$ Дж.

☐ 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

№5

f_2 – ?

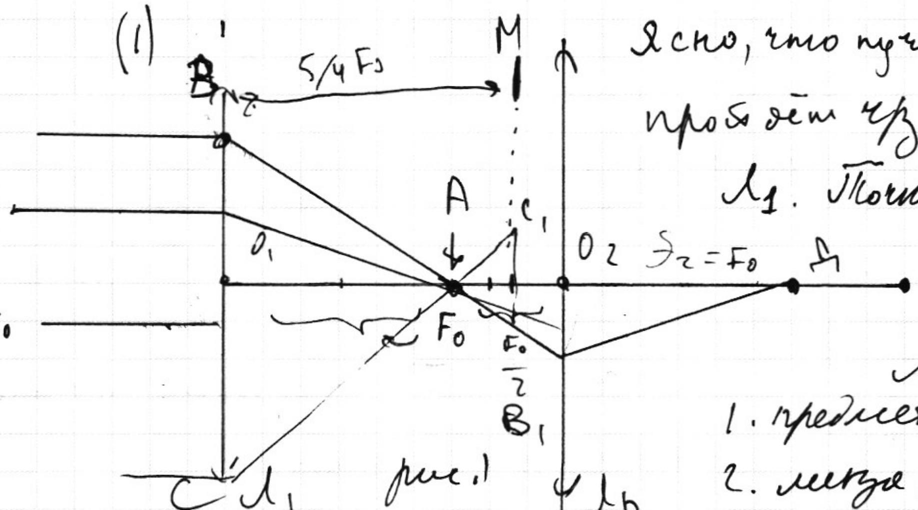
v – ?

t_1 – ?

F_0, D, τ_0

$D \ll F_0$

(1)



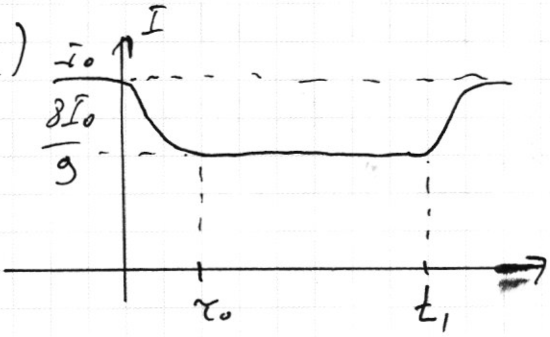
Ясно, что пучок // лучей пройдёт чз фокус линзы $Л_1$. Точка A (фокус) станет предметом для линзы $Л_2$.

1. предмет действ
2. линза собир
3. изобр действ.

Формула тонкой линзы для $Л_2$:

$$\frac{1}{f_2}+\frac{1}{d_2}=\frac{1}{F_2} \qquad \frac{1}{f_2}=\frac{3}{F_0}-\frac{2}{F_0} \Rightarrow \boxed{f_2=F_0}$$

(2)



Ясно, что раз $I_1=\frac{8I_0}{9}$, I ~ интенс., интенсивность ~ S', то

$$S'_M=\frac{1}{9}S'_{линзы}.$$

~~также ясно, что ΔD – диаметр линзы $\Delta t = t_1-\tau_0$ – время, за которое пластинка M прошла свою длину~~ ℓ_M (диаметр если круглая)

Найдём ширину пучка на р-и $\frac{5F_0}{4}$ от $Л_1$:

Из подобия ΔACB и AC_1B_1 ясно, что $\frac{D}{B_1C_1}=\frac{F_0}{\cancel{4}}:\frac{F_0}{4}=\frac{1}{\cancel{4}}$

Значит B_1C_1 (I это равно x) $=\frac{1}{\cancel{4}}D=x$.

Тогда, т.к. $S'\sim\frac{d^2}{4}$, то d (диаметр пластины M) равно:

$d=\frac{1}{3}x=\frac{1}{12}D$.

см. лист 4. ⟶

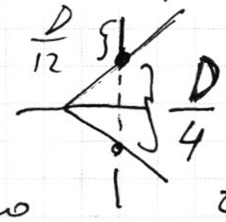
☐ черновик ☑ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

(Нумеровать только чистовики)

$d = \frac{D}{12}$ (диаметр мишени М)

Она движется с постоянной скоростью ϑ. Тогда за δt она пройдёт путь $\frac{D}{12}$



$S = \frac{D}{3}$ вниз.

Тогда ясно, что $t_1 = \tau_0 + \frac{D}{3\vartheta}$.

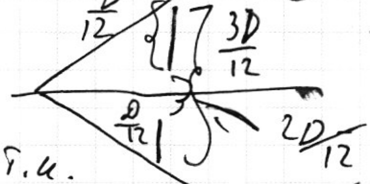
(3) Найдём скорость ϑ. За τ_0 мишень „заползла" в пучок света, т.е. закрыла свой $d = \frac{D}{12}$, значит

$$\boxed{\vartheta = \frac{D}{12\tau_0}}$$

. Тогда t_1 - момент, когда она начала выползать.

На самом деле, между t и τ_0 был простой (см. рис.)

путь $S = \frac{D}{6}$ → т.и.



$= \frac{D}{6}$

мишень (её верхняя точка) успела дважды сместиться вниз на $\frac{D}{12}$. Тогда $t = t_1 - \tau_0 =$

$= \frac{D}{6\vartheta} = \frac{D \cdot 12\tau_0}{6 \cdot D} = 2\tau_0$. Тогда $t_1 = 3\tau_0$.

Ответ: 1) $F_2 = F_0$

2) $\vartheta = \frac{D}{12\tau_0}$

3) $t_1 = 3\tau_0$.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

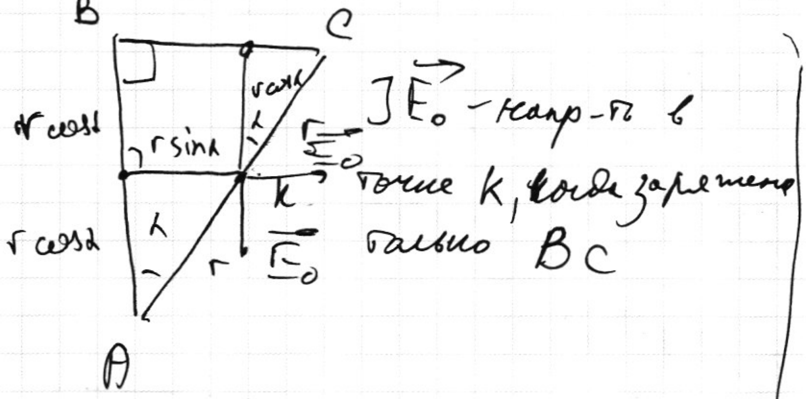
ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3 $\alpha = \frac{\pi}{4}, \sigma, \sigma, E_R/E_0 - ?$

(1) Заметим, что из $\triangle ABC$ ясно, что если



$AK = r$, то

$AB = 2r\cos\alpha$

$BC = 2r\sin\alpha$.

Для $\alpha = \frac{\pi}{4}$ $BC = AB$, но что куда важнее (симм),

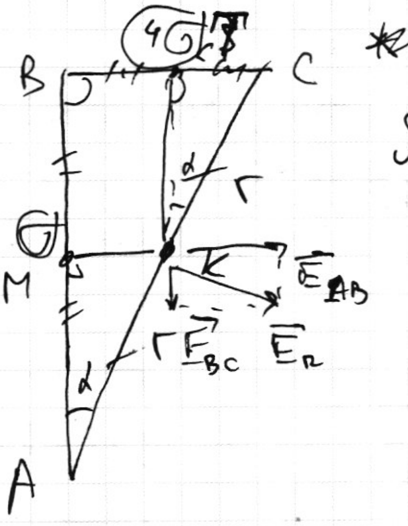
$r_1 = r_2 = r\frac{\sqrt{2}}{2}$.

$\exists \vec{E_0}$ – напр-ть в точке K, когда заряжена только BC

(2) теперь зарядим пластину AB тем же зарядом $q = \sigma S$. Тогда он создаст в точке K такую же напр-ть $\vec{E_0}$, а $\vec{E_R} = \vec{E_0}_{\parallel} + \vec{E_0}_{\perp}$,

$E_R = \sqrt{E_0^2 + E_0^2} = E_0\sqrt{2}$ Тогда $\boxed{\frac{E_R}{E_0} = \sqrt{2}}$.

(3)



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

σ,

4σ

Теперь ~~AM~~ $MK = r\sin\frac{\pi}{8}$,

$\Pi K = r\cos\frac{\pi}{8}$

$\sin\frac{\pi}{8} = \sin\frac{\pi}{4}/2$

$\sin 2\alpha = 2\sin\alpha\cos\alpha$.

$\cos 2\alpha = \cos^2\alpha - \sin^2\alpha = 1 - 2\sin^2\alpha$.

$\boxed{\sin^2\alpha = \frac{1-\cos 2\alpha}{2}}$

$\sin\frac{\pi}{8} = \sqrt{\frac{2-\sqrt{2}}{4}}$ $\cos\frac{\pi}{8} = \sqrt{1 - \frac{2-\sqrt{2}}{4}} = \sqrt{\frac{2+\sqrt{2}}{4}}$

$\sigma = \frac{q}{S}$ $q = \sigma S$ $E \sim \frac{1}{r^2} \sim \sigma$.

см лист 6.

☐ черновик ☑ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Ясно, что $E_{AB} = k\frac{\sigma S'}{r^2\sin^2\alpha}$, $E_{BC} = k\frac{4\sigma S'}{r^2\cos^2\alpha}$.

$E_{R2} = \sqrt{E_{AB}^2 + E_{BC}^2}$ (складываем векторы, результирующая напр-ть)

$$E_{R2} = \frac{k\sigma S}{r^2}\sqrt{\frac{1}{\sin^4\alpha\cos^4\alpha}} = \frac{k\sigma S'}{r^2\sin^2\alpha\cos^2\alpha} = k\cdot\frac{\sigma\cdot(S'-1)}{r^2}\cdot\frac{1}{\frac{4-2}{16}} =$$

$$= \boxed{8k\frac{\sigma}{r^2}}$$ r – неизвестная в-на.

Попробуем найти r из потенциалов.

$\varphi_{AB} = k\frac{4\sigma S'}{r}$ $\varphi_{BC} = k\sigma S'$

$$E_{R2} = \sqrt{\frac{k^2\sigma^2 S^2}{r^4\sin^4\alpha} + \frac{16k^2\sigma^2 S'^2}{r^4\cos^4\alpha}} = \frac{k\sigma S'}{r^2}\sqrt{\frac{1}{\sin^4\alpha} + \frac{16}{\cos^4\alpha}}$$

$$= \frac{k\sigma S'}{\cos^2\alpha\sin^2\alpha\, r^2}\cdot\sqrt{\frac{\cancel{16}\cos^4\alpha + 16\sin^4\alpha}{\cancel{\sin^4\alpha\cos^4\alpha}}} = \frac{8\cdot k\sigma S'}{r^2}\sqrt{\cos^4\alpha + 16\sin^4\alpha}$$

Т.к. величина r неизвестна, то остаётся лишь сравнить её с $E_0 = 4k\frac{\sigma S\sqrt{2}}{r^2\cdot 4}\sqrt{\frac{1}{16}+\frac{1}{16}}$

$$r^2 = \frac{k\sigma S\sqrt{2}}{E_0}$$

$$E_{R2} = \frac{E_0\cdot 8\sqrt{2}}{\sqrt{2}}\cdot\sqrt{\cos^4\frac{\pi}{8} + 16\sin^4\frac{\pi}{8}} = E_0\cdot 4\sqrt{2}\cdot\sqrt{\frac{1}{4} + \frac{2\cos\frac{\pi}{4}}{4} + \frac{1}{8} + 4 - 8\cos\frac{\pi}{4} + 2}$$

$\cos^4\frac{\pi}{8} = \left(\frac{1+\cos\frac{\pi}{4}}{2}\right)^2$ $16\sin^4\frac{\pi}{8} = 4\left(1-\cos\frac{\pi}{4}\right)^2$

$$E_0\cdot 4\sqrt{2}\sqrt{\frac{1}{4} + \frac{1}{8} + 4 - \frac{7{,}5\sqrt{2}}{2} + 2}$$

$$E_{R2} = E_0\cdot 4\sqrt{\frac{3}{4} + \frac{32}{4} - \frac{30\sqrt{2}}{4}} = \sqrt{\frac{35-30\sqrt{2}}{4}} \cdot \sqrt{\frac{3}{4} + 12 - 7{,}5\sqrt{2}} = \sqrt{\frac{51-30\sqrt{2}}{4}}$$

Ответ: 1) $E_{R1}/E_0 = \sqrt{2}$

2) $E_{R2} = E_0\cdot 2\sqrt{51-30\sqrt{2}}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1 Дано:

$\vartheta_1 = 6\ \frac{м}{с}$, u

$\sin\alpha = \frac{2}{3} \Rightarrow \cos\alpha = \frac{\sqrt{5}}{3}$

$\sin\beta = \frac{1}{3} \Rightarrow \cos\beta = \frac{2\sqrt{2}}{3}$

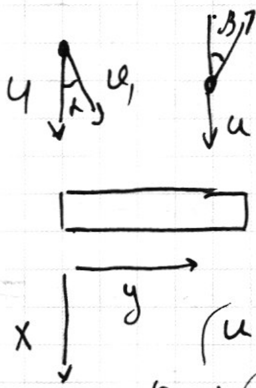
$\vartheta_2 - ?$

$u \in [\ ?\ ]$,

пренебречь $F_т$

Решение:

1) „Перепрыгнем" в С.О. плиты:



ЗСЭ: (считая $\Delta E_{плиты} \to 0$)

$$\frac{m(\vec{\vartheta_1}+\vec{u})^2}{2} = \frac{m(\vec{\vartheta_2}+\vec{u})^2}{2}$$

Ox: $(u+\vartheta_1\cos\alpha)^2 = (\vartheta_2\cos\beta - u)^2$

Oy: $(\vartheta_1\sin\alpha)^2 = (\vartheta_2\sin\beta)^2$

$$\begin{cases} \vartheta_1^2\sin^2\alpha = \vartheta_2^2\sin^2\beta & (1) \\ \cancel{u^2} + 2u\vartheta_1\cos\alpha + \vartheta_1^2\cos^2\alpha = \vartheta_2^2\cos^2\beta - 2u\vartheta_2\cos\beta + \cancel{u^2} & (2) \end{cases}$$

(1) + (2)

$$\underbrace{\vartheta_1^2\sin^2\alpha + \vartheta_1^2\cos^2\alpha}_{\vartheta_1^2} + 2u\vartheta_1\cos\alpha = \vartheta_2^2 - 2u\vartheta_2\cos\beta.$$

$\to$ квадратное ур-е отно ϑ_2 (считая u параметром)

$$\vartheta_2^2 - 2u\vartheta_2\cos\beta - \vartheta_1^2 - 2u\vartheta_1\cos\alpha = 0.$$

$$D = (2u\cos\beta)^2 + 4\vartheta_1^2 + 8u\vartheta_1\cos\alpha = 4u^2\cos^2\beta + 8u\vartheta_1\cos\alpha + 4\vartheta_1^2$$

$$\vartheta_2 = \frac{2u\cos\beta \pm 2\sqrt{u^2\cos^2\beta + 2u\vartheta_1\cos\alpha + \vartheta_1^2}}{2} = u\cos\beta \pm \sqrt{u^2\cos^2\beta + 2u\vartheta_1\cos\alpha + \vartheta_1^2}$$

На $|\vec{u}|$ в таком случае ограничений нет,

$$\vartheta_2 = \frac{2\cdot u\cdot\sqrt{2}}{3} \pm \sqrt{u^2\cdot\frac{8}{9} + 2\cdot u\cdot 6\cdot\frac{\sqrt{5}}{3} + 36} = \frac{u\cdot 2\sqrt{2}}{3} \pm \frac{\sqrt{8u^2 + u\,36\sqrt{5} + 324}}{3}$$

Однако $\cancel{\frac{u\cdot 2\sqrt{2} - \sqrt{8u^2 + u\cdot 36\sqrt{5} + 324}}{3}}$ это ещё не полный ответ

ЗСИ в системе плита ($M \gg m$):

Ox: $m(u+\vartheta_1\cos\alpha) = (M+m)(\vartheta_2\cos\beta - u)$ см. след. $\to$ стр.

$\to$ Oy: $m\cancel{2}\vartheta_1 \sin\alpha = (M+m)\vartheta_2 \sin\beta$

$$\begin{cases} m\vartheta_1 \sin\alpha = M\vartheta_2 \sin\beta + m\vartheta_2 \sin\beta \\ mu + m\vartheta_1 \cos\alpha = -Mu - mu + M\vartheta_2 \cos\beta + m\vartheta_2 \cos\beta. \end{cases}$$

$$\begin{cases} M\vartheta_2 \sin\beta = m(\vartheta_1 \sin\alpha - \vartheta_2 \sin\beta) \\ m(2u + \vartheta_1 \cos\alpha - \vartheta_2 \cos\beta) = M(\vartheta_2 \cos\beta - u). \end{cases}$$

$$M = m\left(\frac{\vartheta_1 \sin\alpha}{\vartheta_2 \sin\beta} - 1\right).$$

$$\cancel{m}\cdot(2u + \vartheta_1 \cos\alpha - \vartheta_2 \cos\beta) = \left(\frac{\vartheta_1 \sin\alpha}{\vartheta_2 \sin\beta} - 1\right)(\vartheta_2 \cos\beta - u).$$

$$\cancel{2}u + \vartheta_1 \cos\alpha - \cancel{\vartheta_2 \cos\beta} = \vartheta_1 \sin\alpha \operatorname{ctg}\beta - u\frac{\vartheta_1 \sin\alpha}{\vartheta_2 \sin\beta} - \cancel{\vartheta_2 \cos\beta} \cancel{+u}$$

$$\cancel{u+}\vartheta_1 \cos\alpha + \vartheta_1 \sin\alpha \operatorname{ctg}\beta = u\left(\frac{\vartheta_1 \sin\alpha}{\vartheta_2 \sin\beta} - 1\right)$$

$$u\left(\frac{\vartheta_1 \sin\alpha}{\vartheta_2 \sin\beta} - 1\right) = \vartheta_1(\sin\alpha \operatorname{ctg}\beta - \cos\alpha) = 6\cdot\left(\frac{2}{3}\cdot 2\sqrt{2} - \frac{\sqrt{5}}{3}\right)$$

$$u\left(\frac{6\cdot\frac{2}{\cancel{3}}}{\vartheta_2\cdot\frac{1}{\cancel{3}}} - 1\right) = \underbrace{8\sqrt{2} - 2\sqrt{5}}_{\neq 0}. \quad u \neq 0.$$

$$\frac{12 - \vartheta_2}{\cancel{\vartheta_2}}u = 8\sqrt{2}\vartheta_2 - 2\sqrt{5}\vartheta_2 \quad 12u = \vartheta_2(u + 8\sqrt{2} - 2\sqrt{5})$$

$$\vartheta_2 = \frac{12u}{u + 8\sqrt{2} - 2\sqrt{5}} = 12 - \frac{8\sqrt{2} - 2\sqrt{5}}{u + 8\sqrt{2} - 2\sqrt{5}}\cdot 12$$

С другой стороны, тогда $\vartheta_2 = \vartheta_1 \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = 2\vartheta_1$?!

но при неупругом ударе, хоть и о гладкую пов-ть,

$$\boxed{u \in [0;\ \vartheta_1 \sin\alpha)}.$$

Ответ: $12\ \frac{м}{с}$, $u \in [0;\ \vartheta_1 \sin\alpha)$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4

$\mathcal{E}, L_1 = 3L$

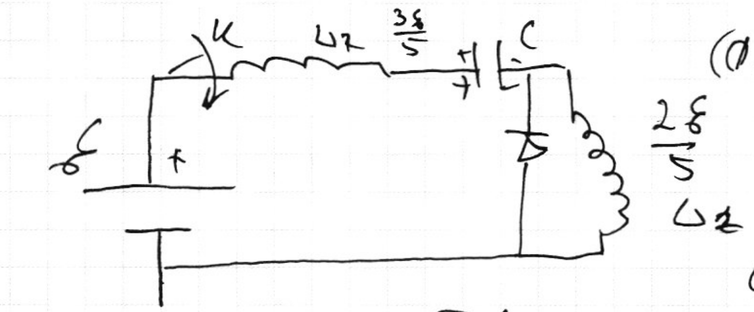
$L_2 = 2L$,

C, D, K,

T - ?

I_{01} - ?

I_{02} - ?



(0) До замыкания $U_C = 0$, $I_{L1}, I_{02} = 0$.

Скачком они не изменятся: $U_C(0) = 0$,

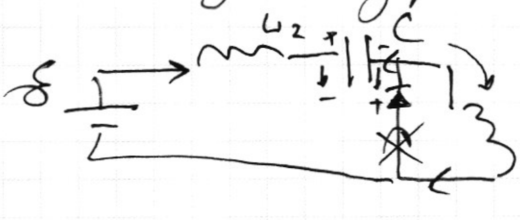
2-е пр-ло Кирхгофа $U_{L1} + U_{L2} = -\mathcal{E}$

$5LI' = \mathcal{E} \Rightarrow LI' = \frac{\mathcal{E}}{5}$ (см. рис.).

(1) В один момент C зарядится ($W = \frac{C\mathcal{E}^2}{2}$), тока в большой цепи не будет. Катушка L_2 „погонят" ток по диоду, но не более.

(2) Затем, энергия катушки L_1 начнёт расходоваться на изменение знака заряда на левой обкладке C.

Тогда



Энергия $L_2 \Rightarrow W_M = \frac{L_2 I_{02}^2}{2}$

L_1 запитает C, тот начнёт разряжаться и ч/з L_1 пойдёт ток. $T = 2\pi\sqrt{LC}$ (о нём чуть позже).

Когда он разрядится, ч/з катушку L_2 пойдёт ток от батареи.

$\cancel{\frac{3L I_{02}^2}{2}}$ Период будет зависеть лишь от катушки L_2 и кондёра C: $\boxed{T = 2\pi\sqrt{3LC}}$

$\frac{C\mathcal{E}^2}{2} = \frac{2L I_{01}^2}{2} \Rightarrow \boxed{I_{01} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{2L}}}$ (Энергии катушки и C, который куда-то разряжается)

$$\frac{L_2 I_{02}^2}{2} = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} + \frac{L I_{01}^2}{2}$$ (Вся энергия системы).

$$3L I_{02}^2 = C\mathcal{E}^2 + \frac{C\mathcal{E}^2}{2} \Rightarrow \boxed{I_{02} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{2L}}}$$

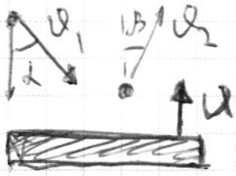
Ответ: $T = 2\pi\sqrt{3LC}$

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

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

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

$\vartheta_1 \sin\alpha = \vartheta_2 \sin\beta$

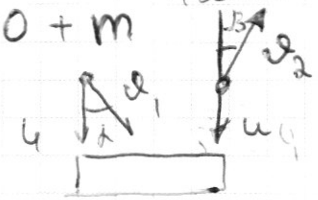


неупругий удар

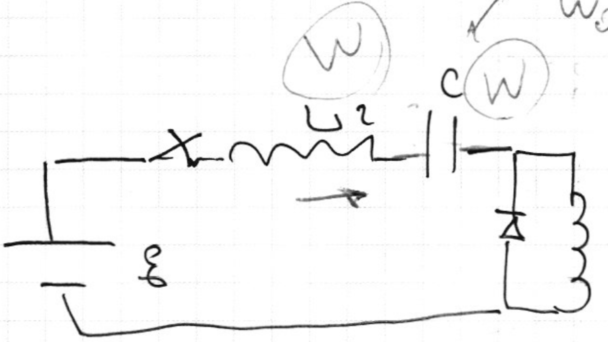
Общая энергия, общий импульс

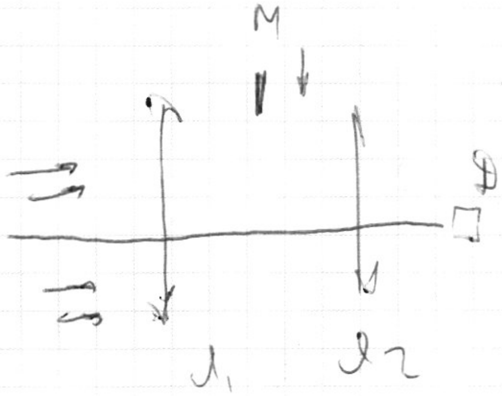
С.О. плиты (считаем её импульс бесконечным)

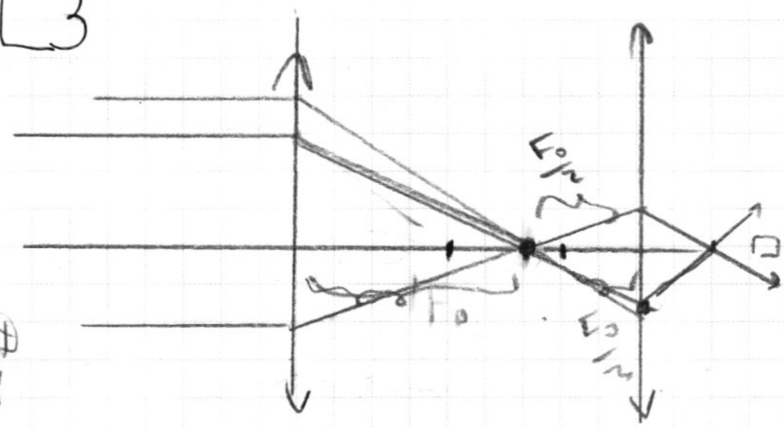
O + m



$W_0 = \frac{C\mathcal{E}^2}{2}$

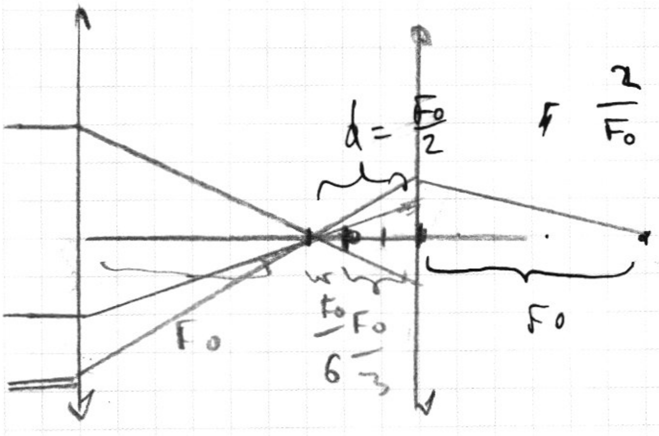






$\frac{1}{d}+\frac{1}{f}=\frac{1}{F}$

$\frac{2}{F_0}+\frac{1}{f}=\frac{3}{F_0}$ $\quad \frac{1}{f}=\frac{1}{F_0}$ $\quad f=F_0.$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3) Пусть в $t=0$ система покоилась (считая, что поршень

$p_1V_1 = \nu RT_1 \quad p_2V_2 = \nu RT_2$.

$V_1 + V_2 = V$

$\Delta V = V_2 - V_1$ ~~Агаза =~~

$A_{газа} = p\Delta V$

$A_2 = 8p\Delta V$?

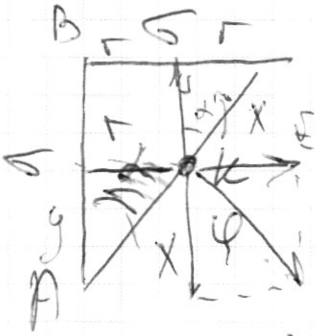
Для второго газа: $A_2 = \nu R\Delta T$.

Q_1 - отдал? Q_2 - забрал?

~~Aa1~~

$E_0 = ?$ $E_1 - ?$

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



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

$\sin\alpha = \cos\alpha$.

$E = \frac{F}{q} \quad F = k\frac{q_1 q_2}{r^2}$.

$r = x\sin\alpha$.

$y = x\cos\alpha = m$. $\quad m = x\sin\alpha$.

$E_0 =$

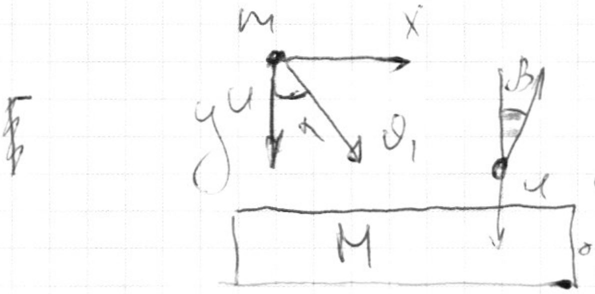
☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

$m \ll M$



ЗСИ в с.о. плиты:

$Oy: \; mu + m\vartheta_1 \cos\alpha = (M+m)\cdot(\vartheta_2 \cos\beta - u).$

ЗСЭ:

$Oy: \; \frac{mu^2}{\cancel{2}} + \frac{m\vartheta_1^2\cos^2\alpha}{\cancel{2}} = (M+m)(\vartheta_2\cos\beta - u)^2$

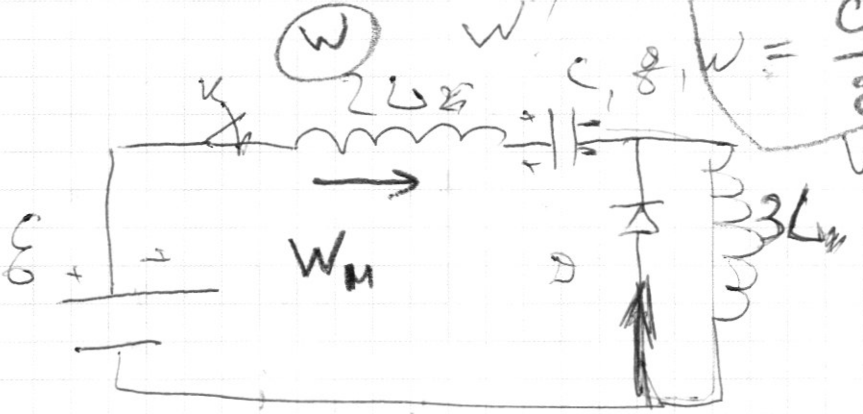
$mu^2 + m\vartheta_1^2\cos^2\alpha = (M+m)(\vartheta_2^2\cos^2\beta - 2\vartheta_1 u\cos\beta + u^2)$

$m\vartheta_1^2\cos^2\alpha = M\vartheta_2^2\cos^2\beta$

W $\quad$ W?

$\boxed{w = \frac{C\varepsilon^2}{2}}$

W



ЗСИ в ИСО плиты:

$Ox: \; m(u + \vartheta_1\cos\alpha) = (m+M)(-u + \vartheta_2\cos\beta)$

$Oy: \; m\vartheta_1\sin\alpha = (m+M)\vartheta_2\sin\beta$

$mu + m\vartheta_1\cos\alpha = -mu + m\vartheta_2\cos\beta - Mu + M\vartheta_2\cos\beta$

$2mu + m\vartheta_1\cos\alpha - m\vartheta_2\cos\beta = M(-u + \vartheta_2\cos\beta)$

$m(2u + \vartheta_1\cos\alpha - \vartheta_2\cos\beta) = M(-u + \vartheta_2\cos\beta).$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

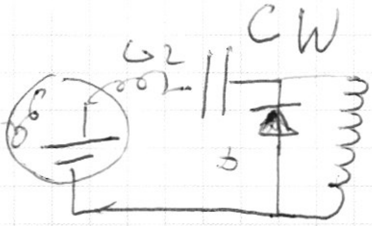
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

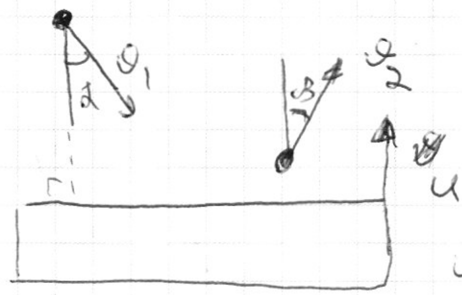
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Кондёр зарядился, тока нигде нет. Катушка сопрала энергию $\frac{L_2 I_0^2}{2}$, $\frac{L_1 I_0^2}{2}$

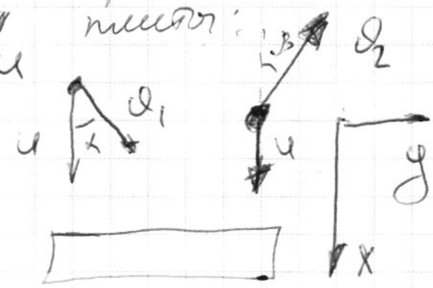


$\mathcal{E}\Delta q = \frac{L I^2}{2} W_{L1} + W_{L2} + W_C$

3 1)



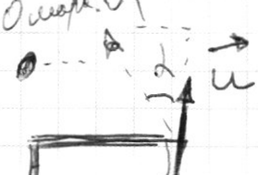
Пересядем в СО плиты:



$$\begin{cases} v_{отн\,x} = u + v_1 \cos\alpha \\ u_{отн\,y} = v_1 \sin\alpha \end{cases}$$

Неупруг. удар - ?? Энергия - ты

Импульс С.О. отн. v_1



ЗСИ. $\Delta\vec{p} = ?$

Ox: $u + v_1 \cos\alpha = u - v_2 \cos\beta$

$v_1 \cos\alpha = -v_2 \cos\beta$

$$\boxed{v_2 = v_1 \frac{\cos\alpha}{\cos\beta}}$$

??????

$v_2 = 6 \cdot \frac{\sqrt5}{3} \cdot \frac{3}{2\sqrt2} = \frac{3\sqrt5}{\sqrt2} = \boxed{\frac{3\sqrt{10}}{2}} \frac{м}{с}$.

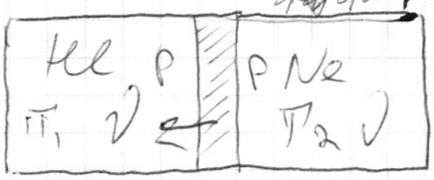
☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

$\cancel{\text{...}}\ U_{He} = \frac{3}{2}\nu R T_1$



$U_{Ne} = \frac{3}{2}\nu R T_2$.

$U' = U'_{He} = U'_{Ne}$ (т.к. исход одинаковое кол-во)

$U_{He} + U_{Ne} = 2U'$ $\quad \frac{3}{2}\nu R T_1 + \frac{3}{2}\nu R T_2 = \frac{3}{2}\nu R T_{уст}$

$\frac{T_1 + T_2}{2} = T_{уст} = \frac{330+440}{2}K = \frac{770K}{2} = 385K$.

(3) $Q = \Delta U + A'$ Работа системы равна нулю

Этот совершил работу, этот нет. Суммарная работа системы равна нулю.

(4)

$L_1 = 3L$

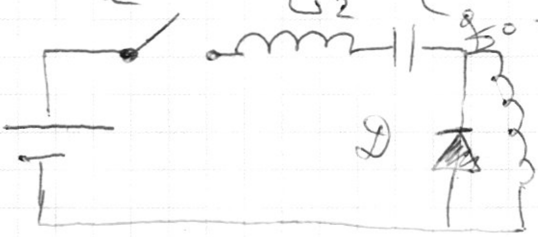
$L_2 = 2L$

$\mathcal{E}$, C_1

$T - ?$

$I_{01} - ?$ max

$I_{02}(max)$



$q_0 = 0$ (1) Сначала тока не было, н-е не было.

$U_{C0} = 0$?

(1)

U_L.

Сначала напр-е на конд-ре не изменилось скачком, на катушках тока не было.

2-е пр-ло Кирхгофа $\mathcal{E} + U_{L2} + U_{L1} = 0$

$\mathcal{E} = -U_{L2} - U_{L1} = 3LI' + 2LI'$

$\mathcal{E} = 5LI'$.

Чз конд-р пройдет заряд q_0 за t_0.

☑ 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)»

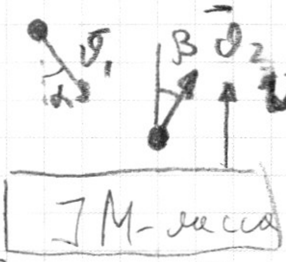
ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) ϑ_2 – ?,

(u) – ?



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

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

M - масса плиты,

m - масса шара,

m << M.

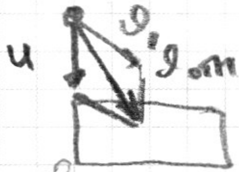
$4u^2\cos^2\beta + 4\vartheta_1^2 + 8u\vartheta_1\cos\alpha$

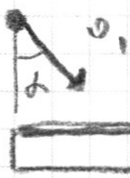
≥ 0

$\sqrt{2}$

$F_{тр} = 0$.

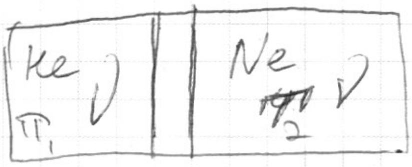
1) прыгнем в С.О. плиты





2) неупругий удар? движутся ϑ

$\nu = \frac{6}{25}$ моль



$T_1 = 330K$ – He

$T_2 = 440K$ – Ne

$R = 8{,}31 \frac{Дж}{К\cdot моль}$

1) $\frac{V_{He}}{V_{Ne}}$

2) $T_{уст}$ – ?

3) $Q_{отд}$ (Ne → He)?

Выравнивания

1) $pV = \nu RT$

2) $p_1 = p_2$ (иначе бы поршень двигался с самого начала)

3) $pV_1 = \nu RT_1$

$pV_2 = \nu RT_2$

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

(1) Ответ: $V_{He} = \frac{3}{4}V'_{Ne}$.

(2) Тепловое р-е? $T_{уст}$. Процесс равновесный и адиабатический

~~$Q_1 \ldots Q_2$???~~ $T_1 = T_2$.

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

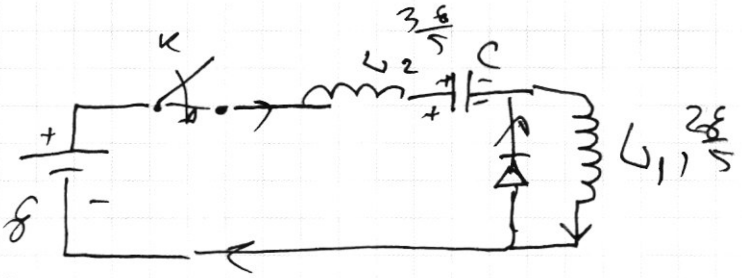
Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

№4

$ℰ$, $L_1=3L$,
$L_2=2L$,
C, D, K
$T-?$,
$I_{01}-?$
$I_{02}-?$

(0)



Пока ключ был разомкнут, не было напряжений и токов.

(1) сразу после замыкания ключа

Заряд на -||- нулевой, т.к. скачком не возрастет.

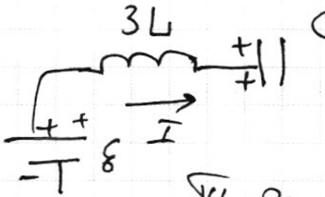
Тока на катушках сразу нет, но есть U_L:

: $U_{L1}+U_{L2}=ℰ$, $5LI' = ℰ$,
$LI' = ℰ/5$

$U_{L1}=\frac{3ℰ}{5}$, $U_{L2}=\frac{2}{5}ℰ$

~~На~~ катушки и конденсатор начнут запитываться.

Спустя некоторое время t конденсатор запитается, и тока не будет.



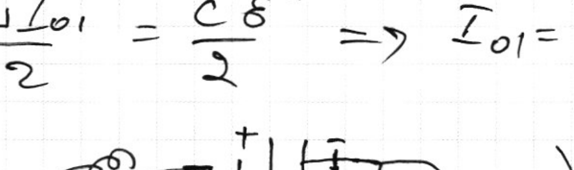
Тока не будет $\rightarrow W_П = \frac{Cℰ^2}{2}$

Тогда катушка L_2 начнёт заряжать конденсатор с другим знаком.

Катушка L_1 может гонять ток по диоду, но на происходящее в предыдущем уч-ке цепи она не влияет. (она разряжается)

1) $\boxed{T = 2\pi\sqrt{L_1C} = 2\pi\sqrt{3LC}}$ ф-ла Томсона —||— = Ртут идут колебания

2) $\frac{3LI_{01}^2}{2} = \frac{Cℰ^2}{2} \Rightarrow I_{01} = \sqrt{\frac{C}{L}ℰ^2} = ℰ\sqrt{\frac{C}{3L}}$



3) $\frac{2LI_{02}^2}{2} =$

☑ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

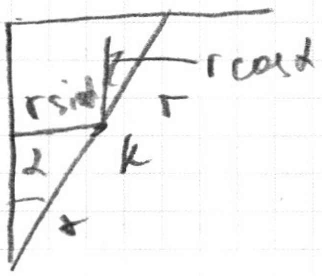
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



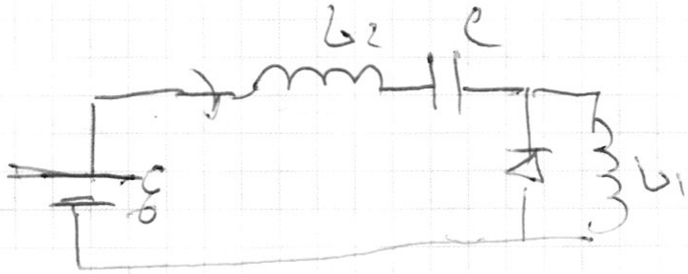
$\sigma = \frac{q}{S}$ $\quad q = \sigma S$

1) $\sin\alpha = \cos\alpha$

Значит, на самом деле

] E_0 - напр-ть вначале

$E_1 = E_0\sqrt{7}$ - в конце



☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)