Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

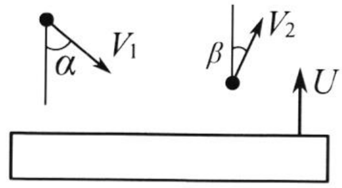
Класс 11

Вариант 11-03

Шифр

(заполняется секретарём)

1. Массивная плита движется с постоянной скоростью U вертикально вверх. К плите подлетает шарик, имеющий перед ударом скорость $V_1 = 12$ м/с, направленную под углом $\alpha\left(\sin\alpha = \dfrac{1}{2}\right)$ 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.

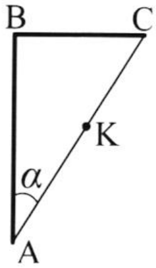
2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится водород, во втором – азот, каждый газ в количестве $\nu = 6/7$ моль. Начальная температура водорода $T_1 = 350$ К, а азота $T_2 = 550$ 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 водорода и азота.

2) Найти установившуюся температуру в сосуде.

3) Какое количество теплоты передал азот водороду?

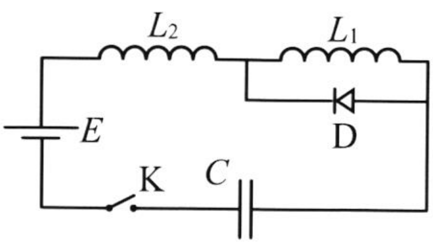
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины AB и BC перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром B. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру B.



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 $\sigma_1 = 3\sigma, \sigma_2 = \sigma$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/5$. 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 $L_1 = 4L$, $L_2 = 3L$, 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.

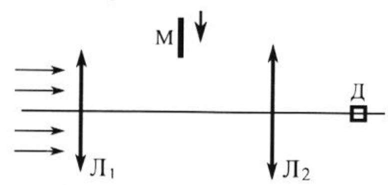


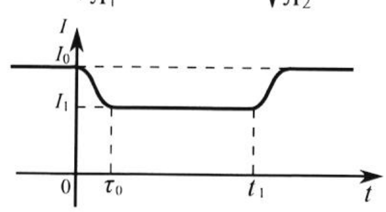
1) Найти период T этих колебаний.

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 фокусными расстояниями $3F_0$ и F_0, соответственно. Расстояние между линзами $2F_0$. 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 F_0 от Л$_1$. На рисунке показана зависимость тока I фотодетектора от времени t (секундомер включен в момент начала уменьшения тока). $I_1 = 5I_0/9$.





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.

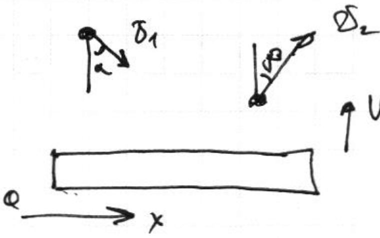
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

Дано:
$\upsilon_1 = 12$ м/с
$\sin\alpha = \frac{1}{2}$
$\sin\beta = \frac{1}{3}$

Найти:
υ_2 - ?
U - ?

Решение:



при неупругом ударе выполняется закон сохранения импульса (т.к. действие силы тяжести не учитываем);

По оси Ox на шарик не действует никаких сил, т.к. плита гладкая;

ЗСИ по Ox для шарика:

$\upsilon_1 \cdot \cancel{m} \cdot \sin\alpha = \upsilon_2 \cdot \cancel{m} \cdot \sin\beta$ $\quad \upsilon_1 = \frac{\upsilon_2 \cdot \sin\beta}{\sin\alpha}$

$\upsilon_1 = \frac{\upsilon_2 \cdot \sin\beta}{\sin\alpha}$, $\quad \upsilon_2 = \frac{\sin\alpha \cdot \upsilon_1}{\sin\beta} = \frac{\frac{1}{2} \cdot 12}{\frac{1}{3}} = 18$ м/с

Т.к. мячик отскочил от плиты, то очевидно, что плита двигалась медленнее шара после отскока по оси Oy:

$U \leq \upsilon_2 \cdot \cos\beta \quad \cos\beta = \sqrt{1 - \sin^2\beta} = \sqrt{1 - \left(\frac{1}{3}\right)^2} = \sqrt{\frac{8}{9}} = \frac{2\sqrt{2}}{3}$

$U \leq \upsilon_2 \cdot \frac{2\sqrt{2}}{3} \quad U \leq 18 \cdot \frac{2\sqrt{2}}{3} \quad U \leq 12\sqrt{2}$ м/с - верхняя оценка.

Т.к. удар не упругий, то не вся энергия сохраняется.

$$\frac{MU^2}{2} + \frac{m \cdot \upsilon_1^2}{2} \geq \frac{MU''^2}{2} + \frac{m \cdot \upsilon_2^2}{2}$$

Запишем закон сохр. импульса по оси Oy:

$M \cdot U - m \cdot \upsilon_1 \cdot \cos\alpha = MU'' + m \cdot \upsilon_2 \cdot \cos\beta$

$M(U^2 - U''^2) \geq m \cdot (\upsilon_2^2 - \upsilon_1^2)$

$M(U - U'') = m \cdot \upsilon_1 \cdot \cos\alpha + m \cdot \upsilon_2 \cdot \cos\beta$

$M(U - U'') \cdot (U + U'') \geq m(\upsilon_2^2 - \upsilon_1^2)$

$(m\cdot v_1\cdot\cos\alpha + m\cdot v_2\cdot\cos\beta)\cdot(u+u'') \geq m(v_2^2 - v_1^2)$

т.к. $u - u'' = \frac{m}{M}(v_1\cdot\cos\alpha + v_2\cdot\cos\beta)$ – $m << M$ => величина малая => $u \approx u''$

$$2u \geq \frac{v_2^2 - v_1^2}{v_1\cdot\cos\alpha + v_2\cdot\cos\beta} \qquad \cos\alpha = \sqrt{1-\left(\frac{1}{2}\right)^2} = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$u \geq \frac{v_2^2 - v_1^2}{2(v_1\cdot\cos\alpha + v_2\cdot\cos\beta)}$$ – нижняя граница

$$u \geq \frac{18^2 - 12^2}{2\left(12\cdot\frac{\sqrt{3}}{2} + 18\cdot\frac{\sqrt{2}\cdot 2}{3}\right)} = \frac{(18-12)(18+12)}{2\cdot(6\sqrt{3} + 6\cdot 2\cdot\sqrt{2})} = \frac{30}{2(\sqrt{3}+2\sqrt{2})}$$

$$= \frac{15}{\sqrt{3}+2\sqrt{2}} = \frac{15(2\sqrt{2}-\sqrt{3})}{8-3} = 3(2\sqrt{2}-\sqrt{3})$$

$$u \geq \frac{15}{\sqrt{3}+2\sqrt{2}} \text{ м/с}$$

$v_2 = 18$ м/с

Ответ: $u \in \left[\frac{15}{\sqrt{3}+2\sqrt{2}};\ 12\sqrt{2}\right]$ м/с.

$u \in [3(2\sqrt{2}-\sqrt{3});\ 12\sqrt{2}]$ м/с

№2

Дано:

$\nu = \frac{6}{7}$ моль

$T_1 = 350K$

$T_2 = 550K$

$C_V = \frac{5}{2}R$ =>

$i = 5$

$R = 8,31$

Найти:

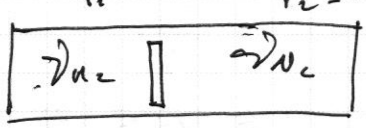
1) $\frac{V_{H_2}}{V_{N_2}}$ - ?

2) T

3) Q_{H_2}

Решение:

1) $T_1 = 350K$ $T_2 = 550K$



т.к. поршень начинает двигаться медленно, что

$p_{H_2} = p_{N_2}$

$p_{H_2}\cdot V_{H_2} = R\cdot\nu\cdot T_1$

$p_{N_2}\cdot V_{N_2} = R\cdot\nu\cdot T_2$

$\frac{V_{H_2}}{V_{N_2}} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{350}{550} = \frac{7}{11}$

$V_{H_2} = \frac{7 V_0}{18}$

2) т.к. система теплоизолирована, то $-\Delta U_{H_2} = \Delta U_{N_2}$ (работа сокращается). $\Delta U_{H_2} = R\cdot\nu\cdot(T - T_1)$

$\Delta U_{N_2} = R\cdot\nu\cdot(T - T_2)$

$-(T - T_1) = (T - T_2)$ $\quad T_1 - T = T - T_2$

$$T = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{550+350}{2} = 450 \text{ K}$$

Ответ: $T = 450K$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3) $Q_{H_2} = \Delta U_{H_2} + A_{H_2}$ – I начало термодинамики.

$$\Delta U = \frac{i}{2} \cdot R \cdot \nu \cdot (T - T_1)$$

$A_{H_2} = p \cdot \Delta V$ $\quad \Delta U_{H_2} = \Delta U_{N_2}$ $\quad \Delta T_{H_2} = \Delta T_{N_2}$

$\cancel{T_1 + \Delta T = T_2 - \Delta T}$

Запишем М-К.:

$p \cdot V = R \cdot \nu \cdot T$ $\quad p_{H_2} \cdot V_{H_2} = R \cdot \nu \cdot T_{H_2}$

$p_{H_2} = p_{N_2}$ $\quad p_{N_2} \cdot V_{N_2} = R \cdot \nu \cdot T_{N_2}$

$$\frac{V_{H_2}}{V_{N_2}} = \frac{T_{H_2}}{T_{N_2}} = \frac{T_1 + \Delta T_{H_2}}{T_2 - \Delta T_{H_2}}$$

$$V_{H_2} = \frac{V_0 \cdot T_{H_2}}{T_1 + T_2}$$

$$p \cdot \frac{V_0 \cdot \cancel{T_{H_2}}}{T_1 + T_2} = R \cdot \nu \cdot \cancel{T_{H_2}} \qquad p = \frac{R \nu \cdot (T_1 + T_2)}{V_0} = const$$

$$A_{H_2} = \frac{R \cdot \nu (T_1 + T_2)}{V_0} \cdot \Delta V \qquad \Delta V = \frac{V_0}{2} - \frac{7 V_0}{18} = \frac{(9-7)V_0}{18} = \frac{V_0}{9}$$

$p \cdot V_{H_2} = R \cdot \nu \cdot T$ $\quad V_{H_2} = V_{N_2} = \frac{V_0}{2}$

$p \cdot V_{N_2} = R \cdot \nu \cdot T$ – при $T_{\text{установилось}}$

$$A_{H_2} = \frac{R \cdot \nu (T_1 + T_2)}{\cancel{V_0}} \cdot \frac{\cancel{V_0}}{9} = \frac{R \cdot \nu (T_1 + T_2)}{9}$$

$$Q_{H_2} = \frac{R \nu (T_1 + T_2)}{9} + \frac{5}{2} \cdot R \cdot \nu \cdot (T - T_1) =$$

$$= 8{,}31 \cdot \frac{6}{7} \left(\frac{\overset{900}{350 + 550}}{9} + \frac{5}{2} \cdot (\overset{100}{450 - 350}) \right) = 8{,}31 \cdot \frac{6}{7} \cdot \left(100 + \frac{5}{2} \cdot 100\right)$$

$$= 8{,}31 \cdot \frac{\overset{3}{\cancel{6}}}{\cancel{7}} \cdot \left(\frac{\cancel{7} \cdot 100}{2} \right) = 8{,}31 \cdot 300 = 2493 \text{ Дж}$$

Ответ: 1) $\frac{V_{H_2}}{V_{N_2}} = \frac{7}{11}$ 2) $T = 450 K$ 3) $Q_{H} = 2493$ Дж.

№3

Дано:

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

2) $\sigma_1 = 3\sigma$

$\sigma_2 = \sigma$

$\alpha = \frac{\pi}{5}$

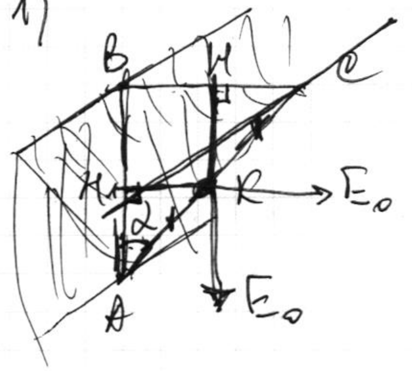
Найти:

1) $k = \frac{E_1}{E_0}$

2) E_k - ?

Решение:

1)



Проведём ⊥ из K к BC и AB.

$KH \perp BC$

$KH_1 \perp AB$

Из подобия

$BH_1 = H_1A$

$BH = HC$ => HK и H_1K – серпере

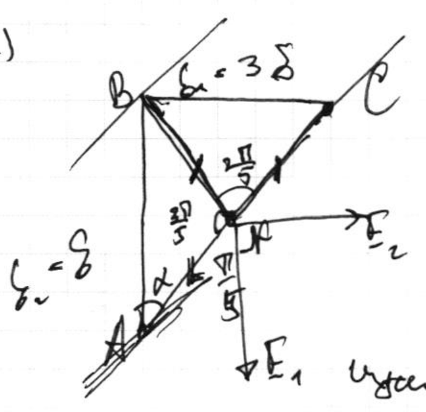
Т.к. K лежит на серпере к плоскостям то в силу симметрии проекции на O_y нет, есть толь нормальная составляющая. ⊥ плоскостям.

$\angle ABC = 90°$

$\alpha = \frac{\pi}{4}$ => $\triangle ABC$ - р/б и р/б пластины одинаковые создают одинаковые E_0. Вначале E_0 зарядили отдельно по принципу суперпозиции полей:

$E_1 = \sqrt{E_0^2 + E_0^2} = E_0 \cdot \sqrt{2}$ $\quad \frac{E_1}{E_0} = \frac{E_0 \cdot \sqrt{2}}{E_0} = \sqrt{2}$ – увеличилось в $\sqrt{2}$ раза.

2)



$BK = KC = KA$, BK - мед в п/у $\triangle$.

=> $\angle BKA = 180° - 2\alpha = \pi - \frac{2\pi}{5} = \frac{3\pi}{5}$

$\angle BKC = \pi - \angle BKA = \frac{2\pi}{5}$

По теореме Гаусса нормальная составляющая: $E_n = \frac{\Omega \cdot \sigma}{4\pi \cdot \varepsilon_0}$.

Для BC: $\Omega = \frac{\frac{2\pi}{5}}{2\pi} \cdot 4\pi = \frac{4\pi}{5}$

$E_{n_1} = \frac{\frac{4\pi}{5} \cdot 3\sigma}{4\pi \cdot \varepsilon_0} = \frac{3\sigma}{5\varepsilon_0}$ $\quad E_{n_2} = \frac{3 \cdot \sigma}{10 \cdot \varepsilon_0}$

~~Для~~ AB: $\Omega = \frac{\frac{3\pi}{5}}{2\pi} \cdot 4\pi = \frac{6\pi}{5}$ $\quad E_{n_2} = \frac{\frac{6\pi}{5} \cdot \sigma}{4\pi \cdot \varepsilon_0} = \frac{3 \cdot \sigma}{2 \cdot 5\varepsilon_0}$

☐ черновик ☑ чистовик Страница № 4

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$E_{n1} \perp E_{n2} \Rightarrow E \overset{\text{суперпозиция}}{=} \sqrt{\left(\frac{3\cdot\delta}{10\varepsilon_0}\right)^2+\left(\frac{3\delta}{5\varepsilon_0}\right)^2} =$$

$$= \frac{3\cdot\delta}{5\varepsilon_0}\cdot\sqrt{\left(\frac{1}{2}\right)^2+1} = \frac{3\cdot\delta}{5\varepsilon_0}\cdot\sqrt{\frac{1+4}{4}} = \frac{3\cdot\delta\cdot\sqrt{5}}{10\cdot\varepsilon_0}$$

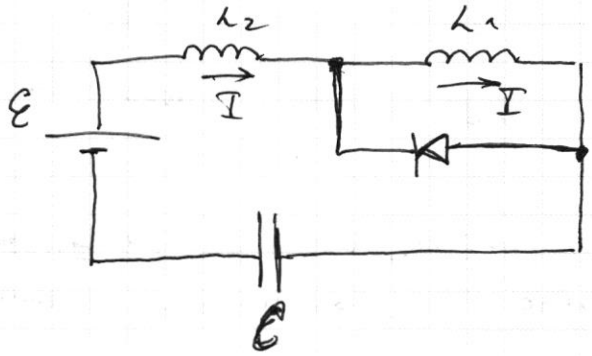
Ответ: 2) $E = \frac{3\cdot\delta\cdot\sqrt{5}}{10\cdot\varepsilon_0}$. 1) увеличиться в $\sqrt{2}$ раза.

№4

Дано:
$L_2 = 3L$
$L_1 = 4L$
C, $\mathcal{E}$

Найти:
1) T - ?
2) I_{M1} - ?
3) I_{M2} - ?

Решение:



Сначала ток устремится через катушки, диод закрыт.
Рассмотрим положения равновесия при $\mathcal{E} = U_C$.

~~Диод, вроде, может открыться, т.к. на катушке L_1 ток начнёт убывать, но току через тогда L_1 начинает давать ток независимо, но току через L_2 нужно куда-то течь, через D не может значит через L_1, ток на L_1 значит растет и диод закрывается, таким образом диод будет закрыт до тех пор пока ток не станет 0.~~

Если диод будет открыт ~~то~~ напряжение на катушке L_1 должно быть 0, значит ток на ней не меняется, ток через L_2 потом течёт через L_1, т.к. через D не может (до крайнего положения), и на L_2 он меняется, значит должен меняться и на L_1, но тогда диод открыт быть не может. Итак, диод закрыт до крайнего положения.

№5

Дано:

$F_1 = 3F_0$

$F_2 = F_0$

$\ell = 2F_0$

D

$I_1 = \frac{5I_0}{9}$

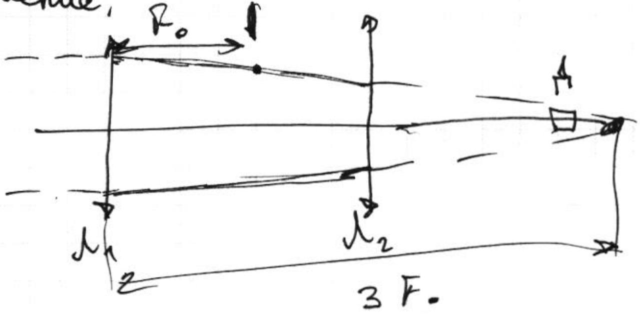
Найти:

1) f_2 - ?

2) D - ?

3) t_1 - ?

Решение:

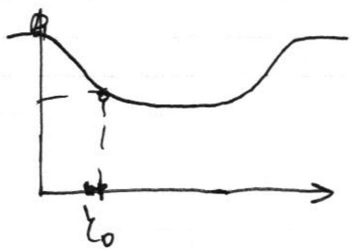


1) Линза $Л_1$ соберёт параллельный пучок в фокусе $3F_0$, это будет мнимое изображение на $d_2 = (3F_0 - 2F_0) = F_0$ за линзой $Л_2$.

Запишем формулу тонкой линзы:

$$\frac{1}{-F_0} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{F_0} \qquad \frac{1}{f_2} = \frac{2}{F_0}$$

$f_2 = \frac{F_0}{2}$ – изображение пучка, именно туда над поместить детектор.



Падение освящённости происходит из-за того что перегородки перекрывает свет: $E = I_{св} \cdot S$.

$E = k \cdot I$, т.к. интенсивность между не будет (углы малые, будем считать параллельными) меняется ~~линзой~~

Рассмотрим сечение на F_0 от $Л_1$: $D_{сеч} = \frac{D}{3F_0}(3F_0 - F_0) = \frac{2 \cdot D}{3}$ (из подобия)

$S_0 = \left(\frac{D_{сеч}}{2}\right)^2 \cdot \pi = \left(\frac{D}{3}\right)^2 \cdot \pi$ – первоначально.

$S_1 = \left(\frac{D_{сеч}}{2}\right)^2 \cdot \pi - \pi \cdot (r_{мишень})^2 = \pi \cdot \left(\left(\frac{D}{3}\right)^2 - (r_{миш})^2\right)$

перегородка круглая.

$$\frac{E_1}{E_0} = \frac{I_1}{I_0} = \frac{5}{9} = \frac{I_{св} \cdot S_1}{I_{св} \cdot S_0} = \frac{\pi \cdot \left(\left(\frac{D}{3}\right)^2 - (r_{миш})^2\right)}{\pi \cdot \left(\frac{D}{3}\right)^2}$$

☐ черновик ☑ чистовик Страница №6

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\frac{5}{9} \cdot \left(\frac{D}{3}\right)^2 = \left(\frac{D}{3}\right)^2 - r_{min}^2 \qquad r_{min}^2 = \frac{4}{9}\left(\frac{D}{3}\right)^2$

$r_{min} = \frac{2}{3} \cdot \frac{D}{3} = \frac{2D}{9}$ - радиус мишени, когда она полностью заходит, то есть прошла $2r_{min}$, прибор показывает свой минимум $\Rightarrow v = \frac{2r_{min}}{\tau_0} = \frac{2 \cdot \frac{2D}{9}}{\tau_0} =$

$= \frac{4D}{9 \cdot \tau_0}$

t_1 - соответствует времени, когда мишень начнёт выходить то есть прошла сечение $D_{сеч} = \frac{2D}{3}$, ~~так~~ то есть.

$t_1 = \frac{D_{сеч}}{v} = \frac{\frac{2D}{3}}{\frac{4D}{9\cdot\tau_0}} = \frac{3\tau_0}{2}$ - время прохождения сечения.

Ответ: 3) $t_1 = \frac{3\tau_0}{2}$ 2) $v = \frac{4D}{9\tau_0}$ 3) $F_2 = \frac{F_0}{2} = \frac{F_0}{2}$

№4 продолжение:

пока ток на катушке не 0, диод закрыт. Затем он открывается и колебание идёт только по L_2 и C до начального положения. И ~~оттуда~~ колебания повторяются.

$\frac{q}{C} = -L \cdot \frac{dI}{dt} + \mathcal{E} \qquad q \cdot \frac{1}{LC} = -\ddot{q} + \omega$ - ур-ние колебаний

$\frac{q}{C \cdot L} = -\frac{dI}{dt} + \mathcal{E} \qquad \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \qquad T = 2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}$

$T = \frac{2\pi}{\omega_0} \qquad t_1 = \pi \cdot \sqrt{(L_1 + L_2) \cdot C} =$

$= \pi \cdot \sqrt{7L \cdot C}$ - время до первого крайнего положения колебания по контуру $L_1 + L_2$ и C - берём полупериод.

$t_2 = \pi \cdot \sqrt{L_2 \cdot C} =$

$= \pi \cdot \sqrt{3L \cdot C}$ - колебание по контуру $L_2 - C$, берём полупериод из крайнего в крайний.

$T = t_2 + t_1 = \pi \cdot \sqrt{3L \cdot C} + \pi \cdot \sqrt{7L \cdot C} = \pi(\sqrt{3L \cdot C} + \sqrt{7LC}) =$
$= \pi \cdot \sqrt{LC}(\sqrt{7} + \sqrt{3})$ – колебания в контуре.

положение равновесия $\mathcal{E} \cdot C = q$ $(U_C = \mathcal{E})$
$q_0 = 0 \Rightarrow$ $q_{max} = \mathcal{E} \cdot C$ – амплитуда колебаний.
$q_{рав} = \mathcal{E}C$ крайнее начальное положение $(I = 0)$.

2) максимальный ток на катушку L_1 будет, когда максимальный ток в кол. контуре $L_1 + L_2$ и C ;
$I_{max} = q_0 \cdot \omega_0 = \mathcal{E} C \cdot \frac{1}{\sqrt{7L \cdot C}} = \mathcal{E} \cdot \sqrt{\frac{C}{7L}} = I_{m1}$

3) максимальный ток на катушке L_2 будет в кол. контуре L_2 и C ; $I_{m2} = I_{max} = \omega_0 \cdot q_0 =$
$= \mathcal{E} C \cdot \frac{1}{\sqrt{3L \cdot C}} = \mathcal{E} \cdot \sqrt{\frac{C}{3L}}$

Ответ: 1) $T = \pi \cdot \sqrt{LC}(\sqrt{7} + \sqrt{3})$
2) $I_{m1} = \mathcal{E} \cdot \sqrt{\frac{C}{7L}}$
3) $I_{m2} = \mathcal{E} \cdot \sqrt{\frac{C}{3L}}$

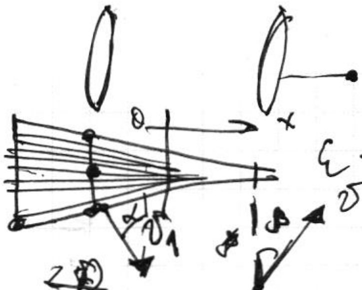
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$p \ll F_0$

F_0 δ_0 $3F_0$ $2F_0$

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

$v_2 = \frac{v_1 \cdot \sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{v_1 \cdot \frac{1}{2}}{\frac{1}{3}} = \frac{3 v_1}{2} = \frac{3}{2} \cdot 12 = 18\ \frac{м}{с}$

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

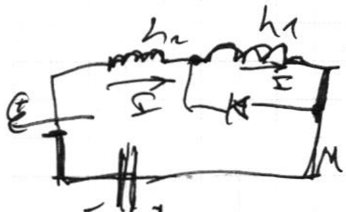
$\frac{1}{\frac{3F_0}{4}} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F_0}$

$-m \cdot v_1 \cdot \sin\alpha + M \cdot U = M U'' + m \cdot v_2 \cdot \sin\beta$

$\frac{4}{3F_0} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F_0}$

$\frac{m \cdot v_1^2}{2} + \frac{M U^2}{2} \geq \frac{m \cdot v_2^2}{2} + \frac{M \cdot U''^2}{2}$

$\frac{1}{3F_0}$



$M \cdot U - m \cdot v_1 \cdot \sin\alpha = M U'' + m \cdot v_2 \cdot \sin\beta$

$M U'' = M U - m \cdot v_1 \cdot \sin\alpha - m \cdot v_2 \cdot \sin\beta$

$M U'' = M U - m$ $\quad -\frac{1}{F_0} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F_0}$

$d = 2F_0$

$U'' = U - \frac{m}{M}(v_1 \cdot \sin\alpha + v_2 \cdot \sin\beta)$

$\frac{M U^2}{2} - \frac{M \cdot U''^2}{2} \geq \frac{m \cdot v_2^2}{2} - \frac{m \cdot v_1^2}{2}$ $\quad \frac{1}{\frac{F_0}{2}} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F_0}$

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

$M U^2 - M \cdot U''^2 \geq \frac{m \cdot v_2^2}{2} - \frac{m \cdot v_1^2}{2}$ $\quad \frac{1}{d} = -$

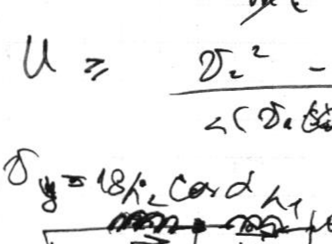
$M(U - U'')(U + U'') \geq \frac{m \cdot v_2^2}{2} - \frac{m \cdot v_1^2}{2}$

$M(U - U'') = m \cdot v_1 \cdot \sin\alpha + m \cdot v_2 \cdot \sin\beta$

$2U \geq \frac{m \cdot v_2^2 - m \cdot v_1^2}{m(v_1 \cdot \sin\alpha + v_2 \cdot \sin\beta)} = U$

$U \geq \frac{v_2^2 - v_1^2}{2(v_1 \sin\alpha + v_2 \cdot \sin\beta)} = \frac{18^2 - 12^2}{2 \cdot (12 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} + 18 \cdot \frac{2\sqrt{2}}{3})} = \frac{6 \cdot (18+12)}{2 \cdot}$

$v_y = 18 v_2 \cos\alpha$



$\cos\alpha = \sqrt{1 - \left(\frac{1}{2}\right)^2} = \frac{\sqrt{3}}{2}$ $\quad \frac{4\sqrt{2}}{3}$

$L \cdot I$ $\quad \mathcal{E} = \frac{2q}{C}$ $\quad \mathcal{E} + L \cdot \frac{dI}{dt} = \frac{q}{C}$

$\mathcal{E} + L\frac{dI}{dt} - \mathcal{E}$

$\mathcal{E} + L\frac{dI}{dt} + \frac{q}{C} \mathcal{E} = U_D$ $\quad \frac{q}{C} = -L\frac{dI}{dt} + U_D$

☑ черновик ☐ чистовик

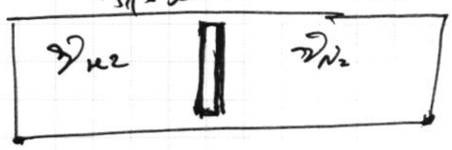
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №___

(Нумеровать только чистовики)

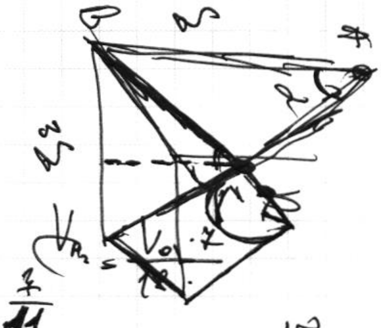
№2.

$T_1 = 350K$ $T_2 = 550\ K$



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

$i = 5$



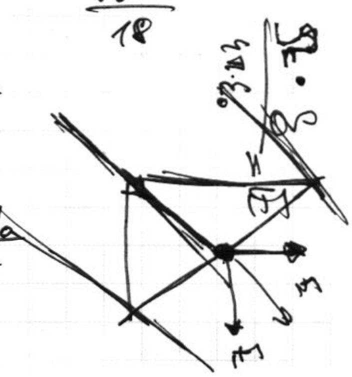
$T_1 \cdot R \cdot \nu = p \cdot V_{He_2}$ $\frac{T_1}{T_2} = \frac{V_{He_2}}{V_{N_2}} = \frac{350}{550} = \frac{7}{11}$

$T_2 \cdot R \cdot \nu = p \cdot V_{N_2}$ $Q = \Delta U$

$\frac{V_0 \cdot 9}{18}$

$(\cancel{T_1 + \Delta T}) \cdot R \cdot \nu = p \cdot V_{He_2}$ $T \cdot R \cdot \nu = p \cdot V_{He_2}$

$(\cancel{T_2 + \Delta T}) \cdot R \cdot \nu = p \cdot V_{N_2}$ $T \cdot R \cdot \nu = p \cdot V_{N_2}$



$V_{He2} = V_{N_2} = \frac{V_0}{2}$

$T_1 \cdot R \cdot \nu = p_1 \cdot \frac{V_0 \cdot 7}{18}$

$T \cdot R \cdot \nu = p_2 \cdot \frac{V_0}{2}$ $Q = \Delta U = 0$

$T \cdot R \cdot \nu = p_2 \cdot \frac{V_0}{2}$

$(T_2 - T_1) \cdot \cancel{R \cdot \nu} = R \cdot \nu \cdot (T_2 - T)$

$T_2 \cdot R \cdot \nu = p_2 \cdot \frac{V_0}{2}$

$\frac{\frac{3\pi}{5}}{2\pi} \cdot 4\pi = \frac{6\pi}{5}$ $2T = T_2 + T_1$ $T = \frac{T_1 + T_2}{2}$

$Q = \Delta U - A$ $(T - T_1) \cdot \cancel{R \cdot \nu} = R \cdot \nu (T_2 - T)$

$\frac{kq}{4\pi \cdot \varepsilon_0} = E_n$

$\Delta U = \frac{5}{2} R \cdot \nu (T_1 - T)$ $T = \frac{T_1 + T_2}{2}$

$A = p \cdot \Delta V$ $p \cdot V = R \cdot \nu \cdot T$

$(T - T_1) \cdot R \cdot \nu = R \cdot \nu \cdot (T_2 - T)$

$\Delta T_{He_2} \cdot R \cdot \nu = R \cdot \nu \cdot \Delta T_{N_2}$

$4\pi \cdot \frac{\pi}{2\pi} = 2\pi$ $p \cdot V_{He} = R \cdot \nu \cdot T$

$\Delta V = \frac{V_0 \cdot 2}{18}$

$p = \frac{R \cdot \nu \cdot T}{V_{He}}$ $d(p \cdot V_{N_2}) = R \cdot \nu \cdot \Delta T_{He}$

$p \cdot V_{N_2} = R \cdot \nu \cdot T$ $(p \cdot V_{N_2})$

$dp \cdot V + p \cdot dV = R \cdot \nu \cdot dT$ $A = p\,dV$

V_{N_2} $dp \cdot V_{He} + p \cdot dV = R \cdot \nu \cdot \Delta T_{He} \cdot V_{N_2}$

$\frac{2\pi}{2\pi} \cdot 4\pi$. V_{He_2} $dp \cdot V_{N_2} + p \cdot dV = R \cdot \nu \cdot \Delta T_{N_2} \cdot V_{He_2}$

$\cancel{p\,d}\ A \cdot (V_{N_2} - V_{He_2}) = R \cdot \nu \cdot \Delta T_{He_2} \cdot (V_{N_2} - V_{He_2})$

$A = R \cdot \nu \cdot \Delta T_{He_2}$

$Q = \frac{5}{2} \cdot R \cdot \nu \cdot \Delta T_{He_2} + R \cdot \nu \cdot \Delta T_{He_2}$.

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__
(Поставьте галочку в нужном поле) (Нумеровать только чистовики)

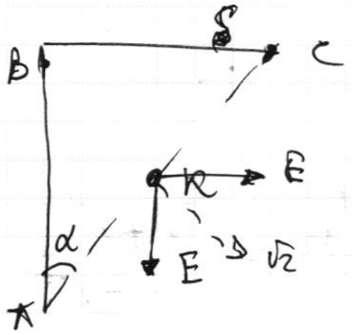
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

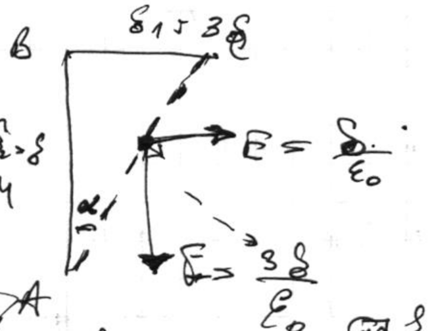
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

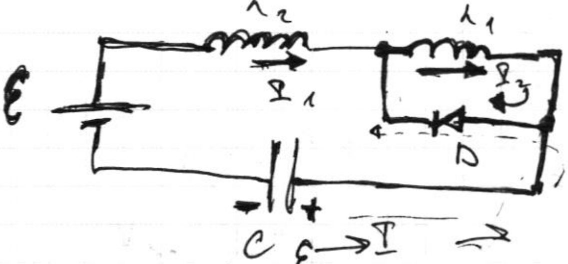


$\alpha = \frac{\pi}{4}$

$\sqrt{2} = 1,4$



$$\sqrt{\left(\frac{3\delta}{2\varepsilon_0}\right)^2 + \left(\frac{\delta}{2\varepsilon_0}\right)^2} = \frac{\delta}{2\varepsilon_0}\cdot\sqrt{9+1} = \frac{\sqrt{10}\,\delta}{2\varepsilon_0}$$

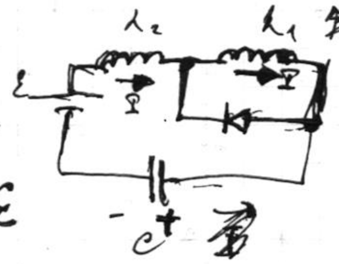


$\mathcal{E} \to I$

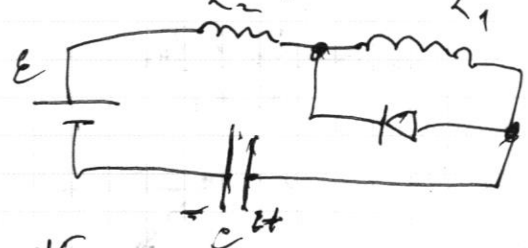
$L_1 = 4L$

$L_2 = 3L$

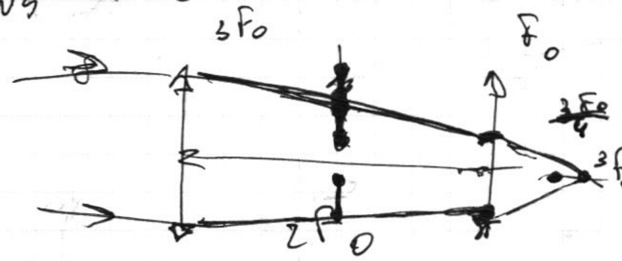
$\frac{q}{C} = \mathcal{E}$



$L\frac{dI}{dt}$



№5



$\frac{1}{3F_0} = \frac{1}{d}$

$-\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F_0}$

$-\frac{1}{3F_0} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F_0}$

$\frac{1}{f} = \frac{1}{F_0} + \frac{1}{3F_0}$

$\frac{1}{f} = \frac{3}{3F_0} + \frac{1}{3F_0}$ $\quad \frac{1}{f} = \frac{4}{3F_0}$

$f = \frac{3F_0}{4}$

$\frac{5I}{9}$ $\quad \pi \cdot R^2 = I$

$I_0\left(\left(\frac{D}{2}\right)^2\cdot\pi - \pi r^2\right) = \frac{5 I_0}{9}\cdot\left(\frac{D}{2}\right)^2\pi$

$$\frac{\left(\frac{D}{2}\right)^2\pi - \pi\cdot r^2}{\left(\frac{D}{2}\right)\cdot\pi} = \frac{5}{9}$$ $\quad r = \frac{D}{2}$

$\sigma = \frac{3D}{3\cdot 2 F_0}$

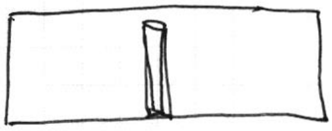
$\left(\frac{D}{2}\right)^2 - r^2 = \frac{5}{9}\cdot\left(\frac{D}{2}\right)^2$

$f_1 = D$

$\left(\frac{D}{2}\right)^2\cdot\frac{4}{9} = r^2 \quad r = \frac{2}{3}\cdot\frac{D}{2} = \frac{D}{3}$

☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



$MU'' = MU - m\cdot v_1$

$V_{N_2} = \frac{11 V_0}{18}$

$V_{H_2} = \frac{1}{18} V_0$

$p\cdot V_{H_2} = R\cdot\nu\cdot T_{H_2}$

$p\cdot V_{N_2} = R\cdot\nu\cdot T_{N_2}$

$\frac{V_{H_2}}{V_{N_2}} = \frac{T_{H_2}}{T_{N_2}} = \frac{7}{11}$ $\quad V_0\cdot\frac{2}{18} = \frac{1}{9}V_0$

$Q = \frac{5}{2}R\cdot\nu_{H_2}\cdot\Delta T_{H_2} + \frac{5}{2}\cdot R\cdot\nu_{N_2}\cdot\Delta T_{N_2} = 0$

$\Delta T_{H_2} = -\Delta T_{N_2}$ $\quad T - T_1 = T_2 - T$ $\quad T = \frac{T_1+T_2}{2}$

$Q = \frac{5}{2}\cdot R\cdot\nu_{H_2}\cdot\Delta T_{H_2} + A$ $\quad \frac{R\cdot\nu_{H_2}\cdot T_{H_2}}{V_{H_2}}$ $\quad \frac{V_{H_2}}{V_{N_2}} = \frac{T_1+\Delta T}{T_2-\Delta T}$

$A = p\cdot\Delta V$ $\quad A = \frac{R\cdot\nu_{H_2}\cdot T_{H_2}}{V_{H_2}}\cdot\Delta V_{H_2}$

$V_{H_2} = \frac{V_0\cdot(T_1+\Delta T)}{T_1+\Delta T+T_2-\Delta T} = \frac{V_0(T_1+\Delta T)}{T_1+T_2}$

$p\cdot\frac{V_0(\cancel{T_1+\Delta T})}{T_1+T_2} = R\cdot\nu\cdot\cancel{T_{H_2}}$ $\quad pV_0 = R\cdot\nu\cdot(T_1+T_2)$

$\frac{\cancel{p}\cdot V_{H_2}}{\cancel{p}V_{N_2}} = \frac{(T_1+\Delta T)\cdot\cancel{R\nu}}{(T_2-\Delta T)\cancel{R\nu}}$ $\quad p = \frac{R\nu(T_1+T_2)}{V_0}\cdot\Delta V$

$\frac{V_{H_2}}{V_{N_2}}$ $\quad V_{H_2} = \frac{V_0\cdot T_{H_2}}{T_1+T_2}$

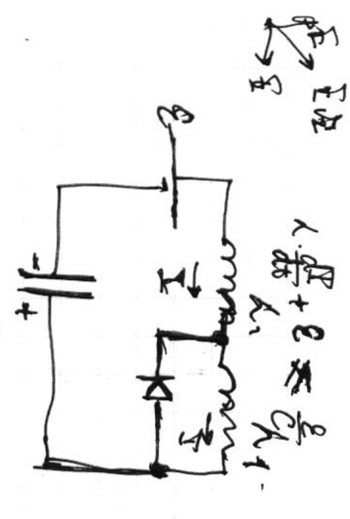
$p\cdot\frac{V_0\cdot\cancel{T_{H_2}}}{(T_1+T_2)} = R\nu\cdot\cancel{T_{H_2}}$ $\quad p = \frac{R\nu\cdot(T_1+T_2)}{V_0}$

$p\cdot\Delta V = A$

$Q = \frac{5}{2}\cdot R\cdot\nu_{H_2}\cdot\Delta T_{H_2} - \frac{R\cdot\nu\cdot(T_1+T_2)}{V_0}\cdot\frac{1}{9}\cdot V_0$

$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

$L_0 = L + 3L = 4L$



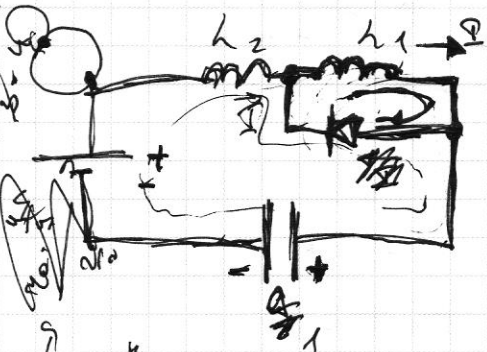
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



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

$$\frac{q}{C} - \mathcal{E} - L\frac{dI}{dt} = U_a > 0$$

$$\frac{q}{C} > \mathcal{E} + L\cdot\frac{dI}{dt}$$

$$\frac{q}{C} > \mathcal{E} + L\frac{dI}{dt}$$

$$\frac{q}{C} = \mathcal{E} + L\frac{dI}{dt}$$

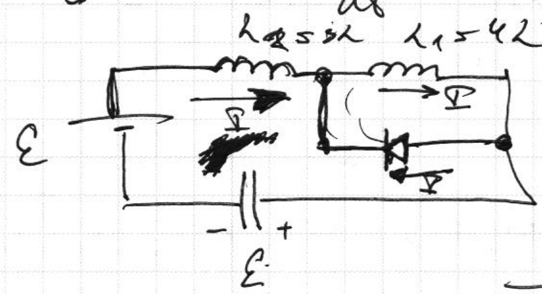
$$\sqrt{(L_1+L_2)\cdot C}$$

$$q = q_{max}\cdot\sin(\omega\cdot t)$$

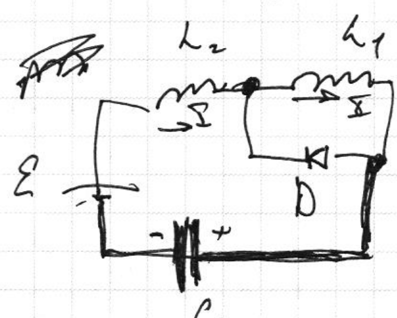
$$I = q_{max}\cdot\omega\cdot\cos(\omega\cdot t)$$

$$\frac{dI}{dt} = -q_{max}\cdot\omega\cdot\sin(\omega\cdot t)$$

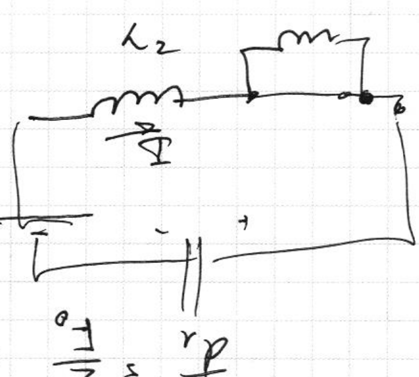
$I =$

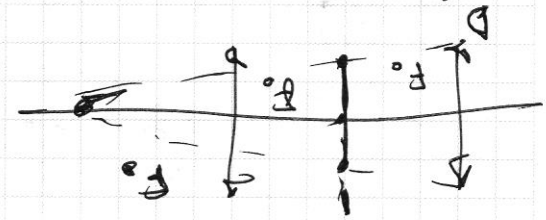


$\times\ 8{,}31$
300



$8{,}3 \quad \times\ 831$
3
2493





№1 $v_1 \cdot \sin\alpha = v_2 \sin\beta$ $\quad v_2 = \frac{v_1 \cdot \sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{12 \cdot \frac{1}{2}}{\frac{1}{3}} = 18$ м/с

$u = v_2 \cdot \cos\beta = 18 \cdot \frac{2\sqrt{2}}{3} = 12\sqrt{2}$

$M(u + m \cdot v_1 \cdot \cos\alpha = M \cdot u'' + m \cdot v_2 \cdot \cos\beta$

$M(u + u'') = m(v_2 \cdot \cos\beta + v_1 \cdot \cos\alpha)$

$M(u - u'')(u + u'') \geq m \cdot v_2^2 - m \cdot v_1^2$

$m(v_2 \cdot \cos\beta + v_1 \cdot \cos\alpha) \cdot 2u \geq m(v_2^2 - v_1^2)$

$u \geq \frac{v_2^2 - v_1^2}{2(v_2\cos\beta + v_1\cos\alpha)} = \frac{18^2 - 12^2}{2 \cdot (18 \cdot \frac{\sqrt{2} \cdot 2}{3} + 12 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2})} =$

$= \frac{6 \cdot 30}{2 \cdot (6 \cdot 2\sqrt{2} + 6 \cdot \sqrt{3})} = \frac{15}{2\sqrt{2} + \sqrt{3}} = \frac{15(2\sqrt{2} - \sqrt{3})}{8 - 3} =$

$= \frac{15(2\sqrt{2} - \sqrt{3})}{5} = 3(2\sqrt{2} - \sqrt{7})$

$\frac{T_1}{T_2} = \frac{V_{He}}{V_{H_2}} = \frac{350}{550} = \frac{7}{11}$ $\quad T = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{900}{2} = 450$

$\Delta U = \Delta U$ $\quad T - T_1 = T_2 - T$

$\times 8{,}31$
300
2493

$Q_н = \frac{5}{2} \cdot R \cdot \nu \cdot (T - T_1) + R \frac{\nu \cdot (T_1 + T_2)}{V_0} \cdot \frac{V_0}{9} =$

$R \frac{T_1 + \Delta T}{T_2 - \Delta T} = \frac{V_{He}}{V_{H_2}}$ $\quad V_{H_2} = \frac{T_{H_2} \cdot V_0}{T_1 + T_2}$ $\quad V_{H_2} p = R \nu T_{H_2}$ $\quad p = \frac{R \nu \cdot (T_1 + T_2)}{V_0}$

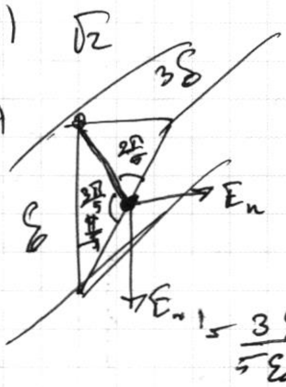
$\frac{V_0}{2} - \frac{7V_0}{18} = \frac{(9-7)V_0}{18} = \frac{V_0}{9}$ $\quad 350$

$= 8{,}31 \cdot \frac{8}{7} \cdot \left(\frac{5}{2} \cdot (450 - 350) + \frac{350 + 550}{9} \right) = 300 \cdot 8{,}31$

$100 \quad 100 \quad 250$

№3 1) $\sqrt{2}$

2)



$\frac{\frac{2\pi}{5}}{2\pi} \cdot 4\pi = \frac{4\pi}{5}$ $\quad \frac{\frac{4\pi}{5} \cdot 3\sigma}{4\pi \cdot \varepsilon_0} = \frac{3\sigma}{5\varepsilon_0}$

$\frac{\frac{3\pi}{5}}{2\pi} \cdot 4\pi = \frac{6\pi}{5}$ $\quad \frac{\frac{6\pi}{5} \cdot \sigma}{4\pi \cdot \varepsilon_0} = \frac{3 \cdot \sigma}{10\varepsilon_0}$

$\sqrt{\left(\frac{3\sigma}{5\varepsilon_0}\right)^2 + \left(\frac{3\sigma}{10\varepsilon_0}\right)^2} = \frac{3\sigma}{5\varepsilon_0} \cdot \sqrt{\left(\frac{1}{2}\right)^2 + 1^2} =$

$= \frac{3\sigma}{5\varepsilon_0} \cdot \frac{\sqrt{5}}{2} = \frac{3\sigma \cdot \sqrt{5}}{10\varepsilon_0}$