

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

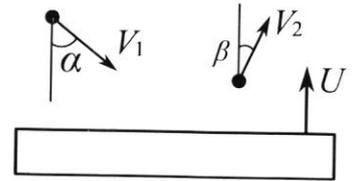
Класс 11

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 α ($\sin \alpha = \frac{1}{2}$) к вертикали (см. рис.). После неупругого удара о гладкую горизонтальную поверхность плиты шарик отскакивает со скоростью V_2 , составляющей угол β ($\sin \beta = \frac{1}{3}$) с вертикалью.

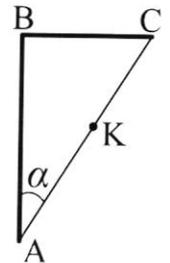


- 1) Найти скорость V_2 .
- 2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе. Действие силы тяжести за малое время удара не учитывать. Ответы допустимы через радикалы из целых чисел.

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).

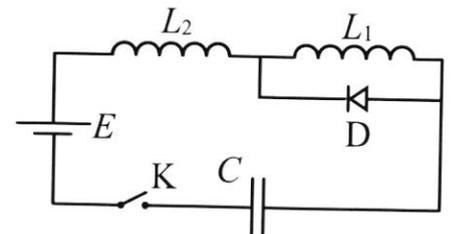
- 1) Найти отношение начальных объемов водорода и азота.
- 2) Найти установившуюся температуру в сосуде.
- 3) Какое количество теплоты передал азот водороду?

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

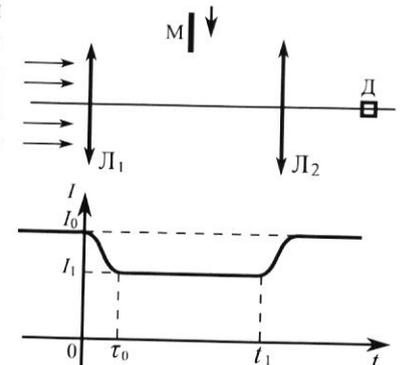


- 1) Пластина ВС заряжена с постоянной поверхностной плотностью заряда. Угол $\alpha = \pi/4$. Во сколько раз увеличится напряженность электрического поля в точке К на середине отрезка АС, если пластину АВ тоже зарядить с такой же поверхностной плотностью заряда?
- 2) Пластины ВС и АВ заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = 3\sigma$, $\sigma_2 = \sigma$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/5$. Найти напряженность электрического поля в точке К на середине отрезка АС.

4. Электрическая цепь собрана из идеальных элементов: источника с ЭДС E , катушек с индуктивностями $L_1 = 4L$, $L_2 = 3L$, 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 L_1 и L_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 L_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 L_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 L_2 и фотодетектором.
- 2) Определить скорость V движения мишени. 3) Определить t_1 . Известными считать величины F_0 , D , τ_0 .

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 1

1) ЗСК: $v_1 \sin \alpha = v_2 \sin \beta$; $v_2 = \frac{v_1 \sin \alpha}{\sin \beta}$

$$v_2 = \frac{12 \cdot 3}{2} = 18 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

2) Пл. к плите массивная, её скорость после удара не изменится. $v = v'$

Удар неупругий $\Rightarrow v_2 \cos \beta = v$

$$\cos \beta = \sqrt{1 - \frac{1}{9}} = \frac{2\sqrt{2}}{3}$$

$$v = \frac{18 \cdot 2\sqrt{2}}{3} = 12\sqrt{2}$$

№ 2

1) $pV = \nu RT$; $p_1 = p_2$

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\nu_1 T_1 R \cdot p_2}{p_1 \cdot \nu_2 T_2 R} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{350}{550} = \frac{7}{11}$$

2) Σ сосуд теплоизолирован, ^{трения нет} энергия сохраняется. Поршень остановится при $p_1' = p_2'$ и ~~оба~~ ^{эти} температуры в каждом отсеке должны быть равны T_0 - уст. температура

~~$$\frac{p_0 V_1}{T_0} = \frac{p_0 V_2}{T_0}$$~~

$$p_0 = \frac{p_0 V_1}{V_1} = \frac{p_0 V_2}{V_2} \Rightarrow \frac{T_0 \nu R}{V_1} = \frac{T_0 \nu R}{V_2} \Rightarrow v_1' = v_2' = \frac{1}{2}$$

~~оба~~ ~~на~~ ~~каждом~~ ~~этом~~ ~~участке~~ ~~этого~~, ν_1 - первого отсека и ν_2 второго отсека равны

* U - энергия в сосуде; u_1, u_2 - энергии в каждом отсеке сосуда.

$$* U = * u_1 + * u_2 = 2u_1$$

энергия ~~в каждом~~ ^{в обоих сосудах} это сумма энергий газов в каждом сосуде; $u_1 + u_2 = 2u_1$; т.к. T пропорционально вл. энергии, а также в любой

время ~~и~~ ^и количество молекул в каждом отсеке ~~везде~~ ^{везде} равно $\Rightarrow T_1 + T_2 = 2T_0$

$$T_0 = \frac{350 + 550}{2} = 450 \text{ K}$$

$$3) \Delta Q = * u_2 - u_2' = \frac{5 \nu R}{2} (T_2 - T_0) = \frac{5 \cdot 6 \cdot 8,3 \cdot 100}{2 \cdot 7} = 12450 \text{ Дж}$$

и 3

1) две бесконечные \perp пластины создают ~~электрическое~~ ^{электрическое} напряженность эл. поля E_1 и E_2 друг к другу

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \text{ так как } \sigma_1 = \sigma_2 \text{ - поцел } \Rightarrow E_1 = E_2$$

$$\frac{E'}{E} = \frac{\sqrt{E_1^2 + E_2^2}}{E_1} = \sqrt{2}$$

$$2) \frac{E_3}{E_4} = \frac{35 \cdot 2\epsilon_0}{2\epsilon_0 \cdot \sigma} = 3$$

$$E_6 = \sqrt{E_3^2 + E_4^2} = \sqrt{10 E_4^2} = 2 E_4 \sqrt{10} = \frac{\sigma \sqrt{10}}{2\epsilon_0} = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \sqrt{\frac{5}{2}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 4

- 1) В цепи будут происходить колебания, при этом при направл. тока по часовой стрелке через катушку L_1 пойдёт ток, а при обратном направлении нет.

$$T = T_1 + T_2 = \pi \sqrt{LC(4L + 3L)} + \pi \sqrt{3LC} = \pi (\sqrt{7CL} + \sqrt{3CL})$$

- 2) Функция изменения заряда на конденсаторе при токе направленном по час. стрелке

$$q = CE - CE \cos \omega t$$

$$I = CE \omega \sin \omega t; \text{ макс. при } \sin \omega t = 1; \omega = \frac{1}{\sqrt{7CL}}$$

$$I_{m1} = \frac{CE}{\sqrt{7CL}}$$

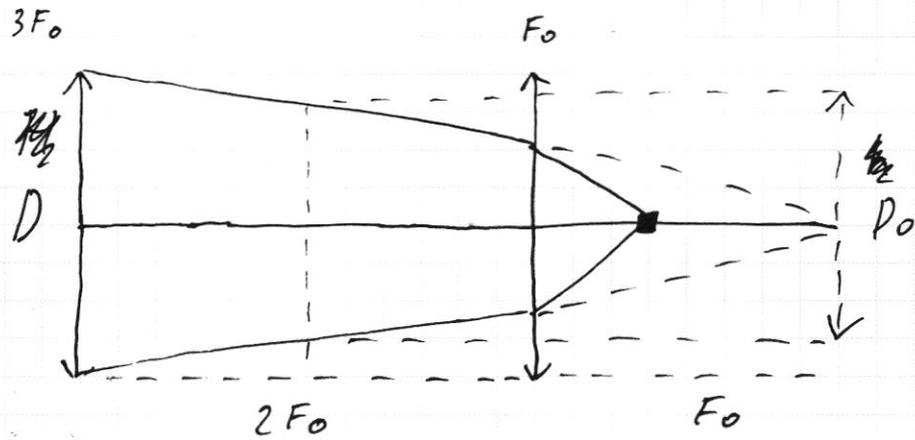
3) ~~$\omega = \frac{1}{\sqrt{3LC}}$~~ $\omega = \frac{1}{\sqrt{3LC}}$

$$I_{m2} = CE \omega \sin \omega t$$

$$I_{m2} = \frac{CE}{\sqrt{3LC}}$$

№ 5

1)



$L = 3F_0 - 2F_0 = F_0$; α - расстояние между линзой и фотографией.

$$\frac{1}{F_0} = \frac{1}{\alpha} - \frac{1}{L}, \quad \frac{1}{\alpha} = \frac{2}{F_0}, \quad \alpha = \frac{F_0}{2}$$

2) D_0 - диаметр светового пучка на расстоянии F_0 от первой линзы; D_M - диаметр мишени

$$\frac{D}{3F_0} = \frac{D_0}{2F_0}, \quad D_0 = \frac{2D}{3}, \quad S = \frac{\pi D^2}{4} \cdot \frac{I_1}{I_0} = \frac{5}{9} = \frac{S_{св.л} - S_M}{S_{св.л}}$$

$$\frac{\pi \left(\frac{4D^2}{9 \cdot 4} - \frac{D_M^2}{4} \right)}{\pi \left(\frac{4D^2}{9 \cdot 4} \right)} = \frac{20D^2}{9} = 9 \left(\frac{4D^2}{9} - D_M^2 \right)$$

$$9D_M^2 = \frac{36D^2 - 20D^2}{9}, \quad 9D_M^2 = \frac{16D^2}{9}, \quad D_M = \frac{4D}{9}$$

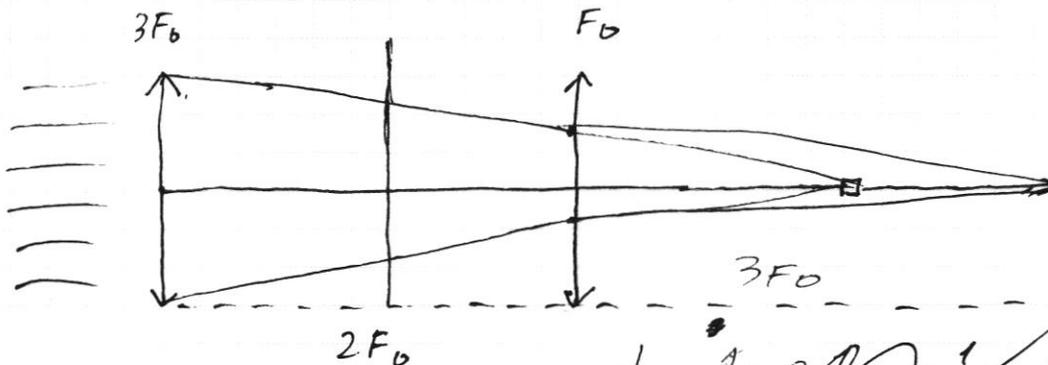
$$v = \frac{D_M}{t_0} = \frac{4D}{9t_0}$$

$$3) t_1 = \frac{D}{v} = \frac{9t_0}{4}$$

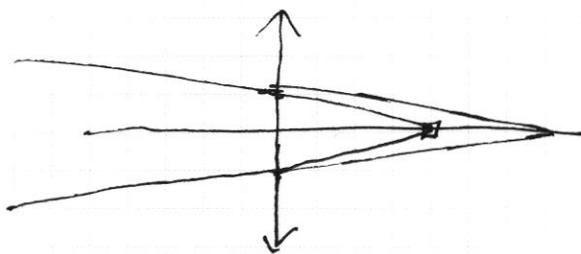
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5

линза - окружность



$$1) \frac{1}{OL} - \frac{1}{F} = \frac{1}{F} \quad L = 3F_0 - 2F_0 = F_0$$



$$\frac{1}{OL} - \frac{1}{F} = \frac{1}{F}$$

$$OL = \frac{F}{2}$$

2) сечение в ~~плоскости~~ плоскости главного мшени M;

$$\frac{D}{3F_0} = \frac{D_0}{2F_0}, \quad D_0 = \frac{2D}{3}, \quad R =$$



$$S_{ок} = \pi R^2 = \frac{\pi D^2}{4}, \quad \frac{I_{ок}}{I_0} = \frac{5}{9} = \frac{S_{св} - S_{м}}{S_{св}} =$$

$$= \frac{\pi \left(\frac{4D^2}{9} - D_1^2 \right)}{4\pi D^2}$$

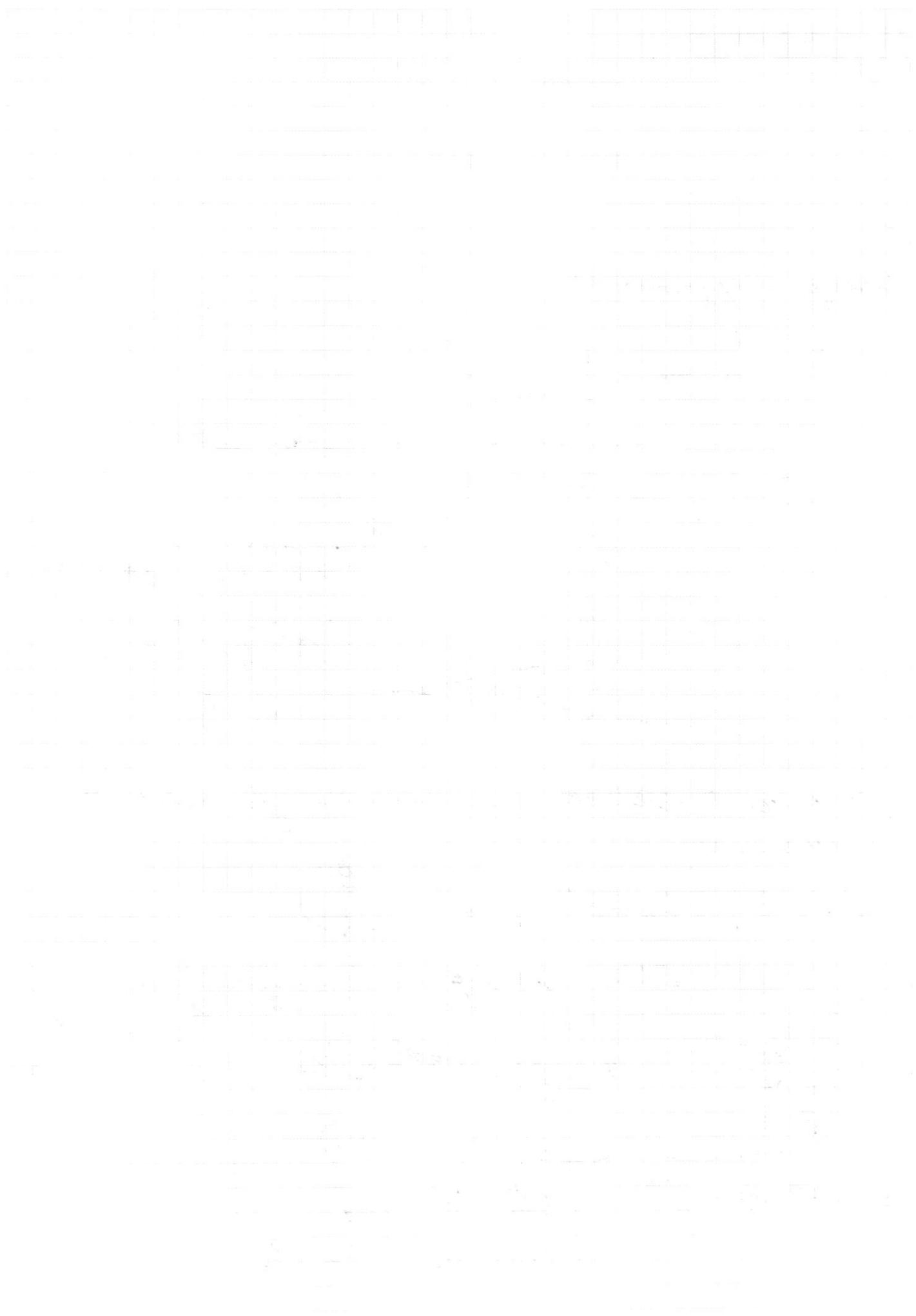
$$\frac{5D^2}{9} = 9 \left(\frac{4D^2}{9} - D_1^2 \right)$$

$$\frac{5D^2}{9} = D^2 - 9D_1^2$$

$$9D_1^2 = \frac{4D^2}{9}, \quad D_1 = \frac{2D}{9}$$

$$\frac{D_1}{t_0} = v = \frac{2D}{9t_0}$$

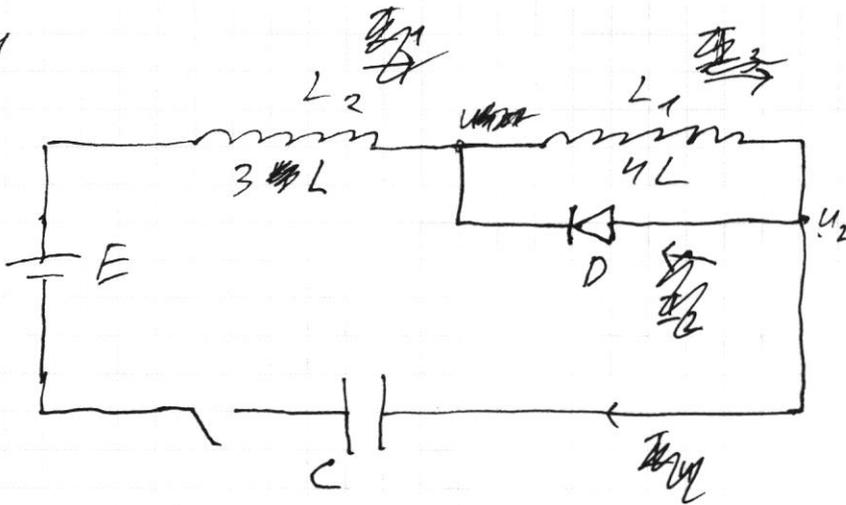
$$3) t_1 = \frac{D}{v} = \frac{9t_0}{2}$$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

24



~~$C = \frac{Q}{U} = \frac{I_1 t}{U} = \frac{I_1 t}{L_1 I_1} = \frac{t}{L_1}$~~
 ~~$I_3 = I_1 + I_2$~~
 ~~$I_1 = I_3, I_2 = I_1$~~

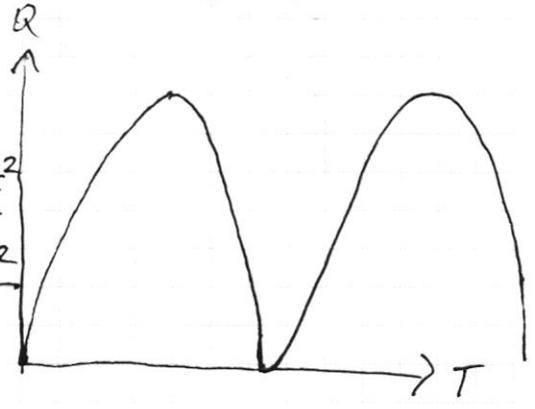

$$E = L_1 I + L_2 I + U_C$$

1) ~~$T = \pi \sqrt{L_1 + L_2}$~~ $T_1 = \pi \sqrt{L_1 + L_2}, T_2 = \pi \sqrt{L_2}$
 ~~$T = T_1 + T_2 = \pi (\sqrt{L_1 + L_2} + \sqrt{L_2}) = \pi \sqrt{L} (\sqrt{7} + \sqrt{3})$~~

2) ~~$W_{e2} = \frac{4CE^2}{2} = 2CE^2$~~

~~$q = CE - CE \cos \omega t$~~
 ~~$I = CE \omega \sin \omega t$~~

$$W_{Lm} = \frac{\frac{1}{2} L (CE)^2}{2 (\sqrt{L_1 + L_2})^2} = \frac{\frac{1}{2} \cdot 3L \cdot CE^2}{2 \cdot 3L} = \frac{CE^2}{4}$$

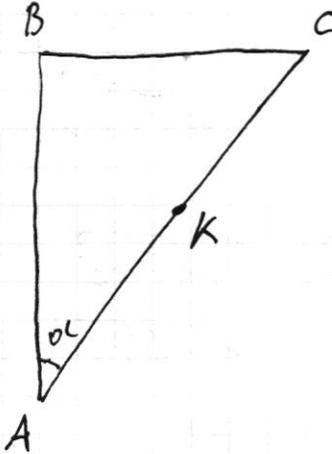


3) $W_{L2m} = \frac{3LCE^2}{2(\sqrt{3L})^2} = \frac{3LCE^2}{2 \cdot 3L} = \frac{CE^2}{2}$

$$I_{m2} = \frac{CE}{\sqrt{3L}}$$

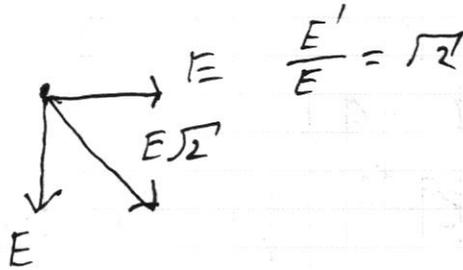
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 3



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

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$



$$\frac{E'}{E} = \sqrt{2}$$

2)



$$\frac{E_1}{E_2} = 3$$

$$\sqrt{\frac{10}{4}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 5}{4}} = \sqrt{\frac{5}{2}}$$

$$E_0 = \sqrt{\left(\frac{3\sigma}{2\epsilon_0}\right)^2 + \left(\frac{\sigma}{2\epsilon_0}\right)^2} = \sqrt{\frac{9\sigma^2}{4\epsilon_0^2} + \frac{\sigma^2}{4\epsilon_0^2}}$$

$$= \frac{\sigma}{\epsilon_0} \sqrt{\frac{5}{2}}$$

NL

3

$P_1 = P_2$, $C_v = \frac{5R}{2}$, *Глиссман*

$v_1 = \frac{6}{7}$	$v_2 = \frac{6}{7}$
$T_1 = 350K$	$T_2 = 550K$

1) $P_1 = P_2$; $v = \frac{vTR}{p}$

$\frac{v_1}{v_2} = \frac{vT_1R}{p_1} \cdot \frac{p_2}{vT_2R} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{350}{550} = \frac{7}{11}$

2) $T_0 = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{350 + 550}{2} = 450K$

3) $Q = \frac{5vR(T_2 - T_0)}{2} = \frac{5 \cdot 6 \cdot 8,3 \cdot 100}{2 \cdot 7} = \frac{15 \cdot 8,3}{7} \cdot 100 \approx 12450$

$$\begin{array}{r} 15 \\ \times 8,3 \\ \hline 45 \\ 124,5 \\ \hline 124,5 \end{array}$$

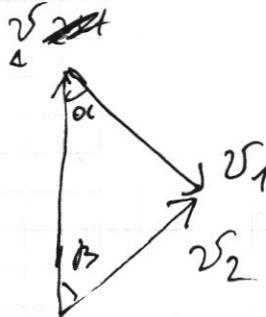
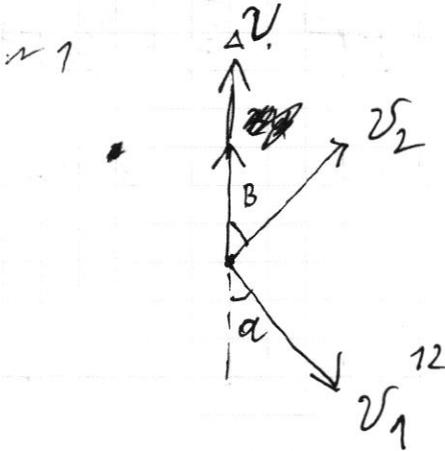
$P_1 = P_2$

$$\frac{5 \cdot 6 \cdot 8,3 \cdot 100}{2 \cdot 7}$$

$Q = \frac{5 \cdot 8,3 \cdot 100}{2}$

$$\begin{array}{r} 1 \\ 83 \\ \times 15 \\ \hline 1245 \\ 83 \\ \hline 12450 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$1) \sin \alpha = \frac{1}{2} \cdot v_1 = 12$$

$$\sin \beta = \frac{1}{3}$$

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

$$v_2 = \frac{12 \cdot 3}{2} = 18$$

2) ~~MPD = m v_2 \cos \beta~~

~~$$MPD = m v_1 \cos \alpha = v_1 \cos \alpha (M+m) \cdot \cos \alpha = \frac{\sqrt{3}}{2}$$~~

~~$$\cos \beta = \sqrt{1 - \frac{1}{9}} = \sqrt{\frac{8}{9}} = \frac{2\sqrt{2}}{3}$$~~

~~$$MPD = \frac{2\sqrt{2} v_1 (M+m) \sqrt{2}}{3} + 6\sqrt{3} m$$~~

~~$$MPD = m v_2 \frac{2\sqrt{2} v_1 (M+m)}{3} =$$~~

~~$$U = U'$$~~

~~$$M v_1 - m v_1 \cos \alpha = \cos \beta (M+m) v_1 = U M + U m \cos \beta$$~~

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