

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

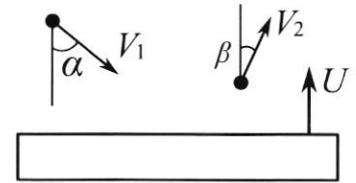
Класс 11

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.

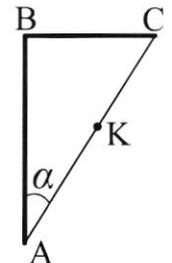


- 1) Найти скорость V_2 .
 - 2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе.
- Действие силы тяжести за малое время удара не учитывать. Ответы допустимы через радикалы из целых чисел.

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).

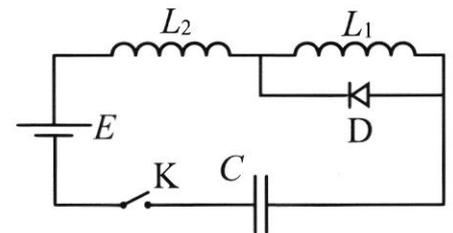
- 1) Найти отношение начальных объемов водорода и азота.
- 2) Найти установившуюся температуру в сосуде.
- 3) Какое количество теплоты передал азот водороду?

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.



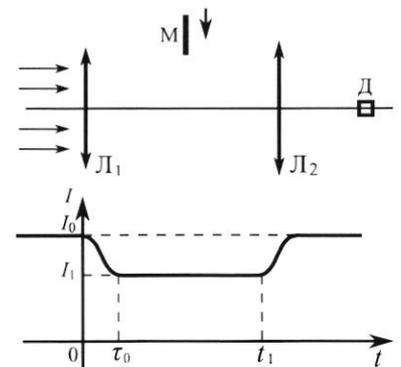
- 1) Пластина ВС заряжена с постоянной поверхностной плотностью заряда. Угол $\alpha = \pi/4$. Во сколько раз увеличится напряженность электрического поля в точке К на середине отрезка АС, если пластину АВ тоже зарядить с такой же поверхностной плотностью заряда?
- 2) Пластины ВС и АВ заряжены положительно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

N 1

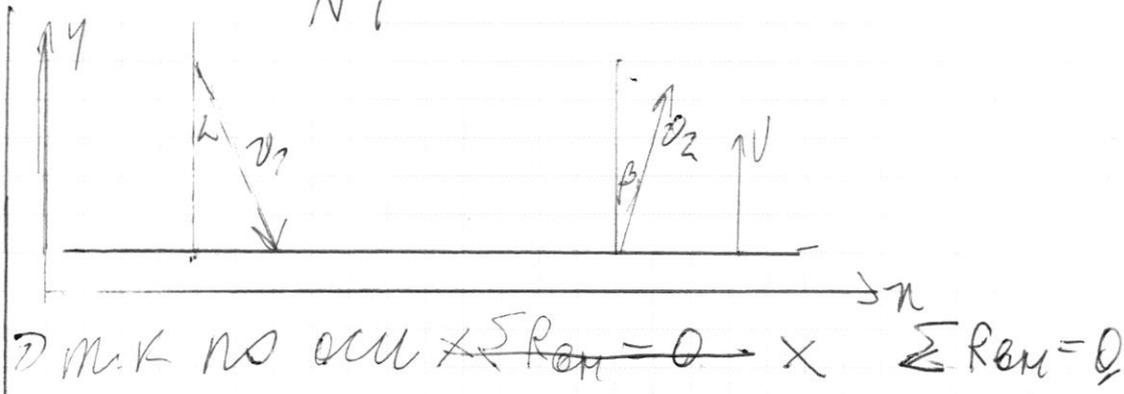
$$v_1 = 72 \text{ м/с}$$

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

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

$$v_2 = ?$$

$$V = ?$$

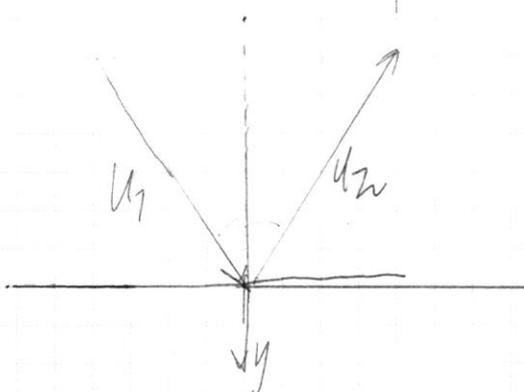
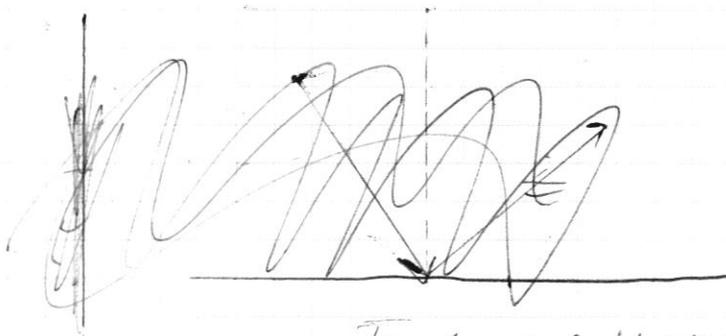


$$R_{1x} = R_{2x}$$

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

$$v_2 = \frac{v_1 \sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{72 \cdot \frac{1}{2}}{\frac{1}{3}} = 72 \text{ м/с}$$

→ перейти в К.С.О. центра... Пусть u_1 и u_2 — скорости шаров в К.С.О. центра.



Так с.о. центра по
в силу ЗС.Ф: $\frac{m u_1}{2} = \frac{m u_2}{2}$

$$u_1 = u_2 \quad \text{в К.С.О.}$$

$u_{1y} = -u_{2y}$ т.к. шары отско-
лят под тем же уг-
лом

$$u_{1y} = v_{1y} - V_y \quad V$$

$$u_{1y} = v_1 \cos \alpha + \dots$$

$$u_{2y} = v_{2y} - V_y \quad V$$

$$u_{2y} = -v_2 \cos \beta + \dots$$

$$-u_{2y} = v_2 \cos \beta - uV$$

$$u_{1y} = v_1 \cos \alpha + V$$

$$u_{1y} = -u_{2y} \Rightarrow v_1 \cos \alpha + V = v_2 \cos \beta - V$$

$$2V = v_2 \cos \beta - v_1 \cos \alpha$$

$$V = \frac{78 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} - 72 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}}{2}$$

$$V = \frac{6(\sqrt{8} - \sqrt{3})}{2} = 3(\sqrt{8} - \sqrt{3})$$

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

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

ответ: $3(\sqrt{8} - \sqrt{3}) \text{ м/с}$

$$T_1 = 350 \text{ K}$$

$$T_2 = 550 \text{ K}$$

$$v_1 = v_2 = v = \frac{6}{7} \text{ м/с}$$

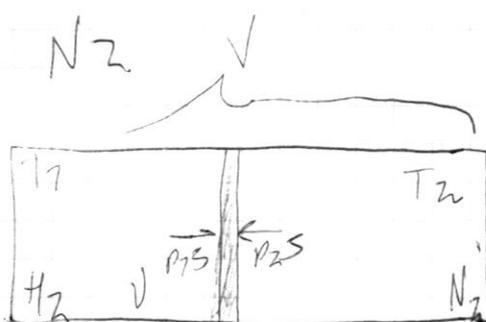
$$C_V = \frac{5}{2} R$$

$$R = 8,31 \text{ Дж/моль}\cdot\text{К}$$

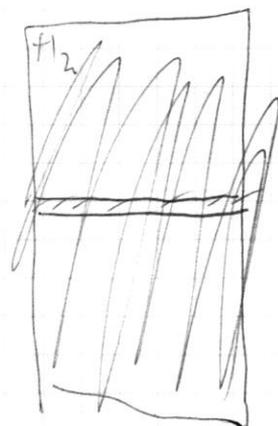
$$\frac{v_1}{v_2} = ?$$

$$T = ?$$

$$Q = ?$$



v - скорость



Диаметр поршня d равен d , так как $p_1 = p_2 = p$

$$\text{для } H_2: pV_1 = \nu R T_1$$

$$\text{для } N_2: pV_2 = \nu R T_2$$

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow v_1 = \frac{3}{7} v, v_2 = \frac{7}{3} v$$

3) В цилиндрической трубе элемент сдвинулся.

$$V \text{ при } v = \text{const}, Q = \Delta U \rightarrow \frac{dQ}{dt} = \frac{d\Delta U}{dt}$$

$$\Delta U = \frac{5}{2} \nu R \Delta T - \text{формула внут. энергии}$$

$$U = \frac{5}{2} \nu R T - \text{формула внут. энергии}$$

$$\frac{5}{2} \nu R T_1 + \frac{5}{2} \nu R T_2 = \frac{5}{2} \nu R T' + \frac{5}{2} \nu R T''$$

$$T_1 + T_2 = 2T'$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$T' = \frac{T_1 + T_2}{2} \quad T' = \frac{350 + 550}{2} = 450 \text{ K}$$

3) ~~В цепи 3G, 3C. В цепи 2 электр. для цепи 2 мк.~~

$$\frac{5}{2} u R T_3 + \frac{5}{2} u R T_4 = \frac{5}{2} u R T'_3 + \frac{5}{2} u R T'_4$$

Q_1 - тепло, переданное ~~в~~ ^в ~~обратную~~ ^{обратную} сторону

В цепи $p_k v_{1k} = u R T'_1 \Rightarrow v_{1k} = v_{2k} = \frac{u}{2}$

$$v_{1k} = \frac{1}{2} v \quad v_{2k} = \frac{1}{2} v$$

т.к. объем N_1 больше, то N_2 соверши
работу $Q_1 = A_1 + \Delta U_1 \quad Q_1 = A_1 + \frac{5}{2} u R (T'_1 - T_1)$
Теплотой Q_1 - малый объем
 ΔU ~~в~~ ^в ~~обратную~~ ^{обратную} сторону, ~~что~~ ^{что} ~~равно~~ ^{равно} ~~максим~~ ^{максим} ~~уме~~ ^{уме} ~~не~~ ^{не} ~~мен~~ ^{мен}.
Поскольку $A_{\Delta U} = (p_1 - p_2) \Delta V$ — работа, совершена ~~при~~ ^{при} ~~расшир~~ ^{расшир} ~~ении~~ ^{ении}
 p_1 - давление N_1 , p_2 - давление N_2

$$A_{\Delta U} = u R \Delta T_1 - u R \Delta T_2$$

$$A_{\Delta U} = u R | \Delta T_1 - \Delta T_2 | \quad \text{Поскольку}$$

$$\Sigma A_{\Delta U} = u R (\Sigma \Delta T_1 - \Sigma \Delta T_2) \Rightarrow A_{\Delta U} = u R (T'_1 - T_1 - T'_2 - T_2) = u R (T_2 - T_1)$$

$$A_1 = u R (T_2 - T_1) \quad \Delta U_1 = \frac{5}{2} u R (T'_1 - T_1)$$

$$Q = \frac{5}{2} u \cdot 0,37 | 550 - 350 + \frac{5}{2} \cdot 450 - \frac{5}{2} \cdot 350 |$$

над ~~поршнем~~ ^{над поршнем} = x
над ~~обратной~~ ^{над обратной} стороной

$$= 78 \cdot (200 + 250) = 78 \cdot 450 = 35100$$

$$L_1 = 4L$$

$$L_2 = 3L$$

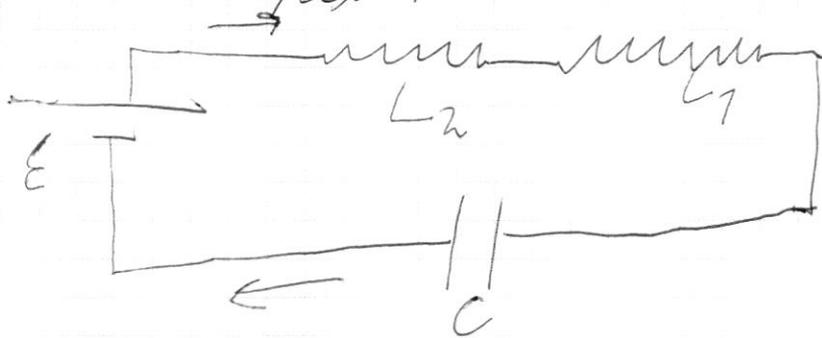
е,с

$\Rightarrow T - ?$
 $\Rightarrow T_{M1} - ?$

$\Rightarrow T_{M2} - ?$

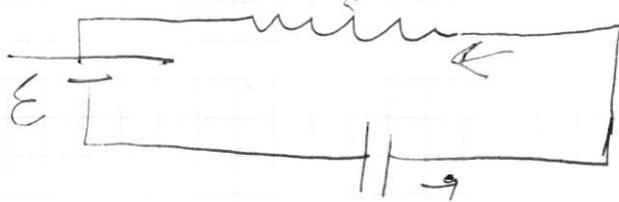
3570

То-то, пока выключили индукцию есть
 индукция в L_1 , $\epsilon = 1$ при замыкании
 и не протечет ток \Rightarrow ток идет в индукцию
 по час. стрелке. Сделай:



T_1 - время, когда
 ток идет по
 час.
 - конт 1

В ток, когда ток \rightarrow ток $=$ ток,
 ток не индуктируется и \rightarrow
 ток идет по индукции. То в
 этом ток идет по индукции ток



$T = T_1 + T_2$ (T_1 - ток по час. стр., T_2 - ток по час.
 стр.)

$T_1 =$ ток по конт 1 $T_2 =$ ток по конт 2

$$T_1 = 2\pi \sqrt{L_2 + L_1} \cdot C \quad T_2 = 2\pi \sqrt{L_2} \cdot C$$

$$T_1 = 2\pi \sqrt{4L} \cdot C \quad T_2 = 2\pi \sqrt{3L} \cdot C$$

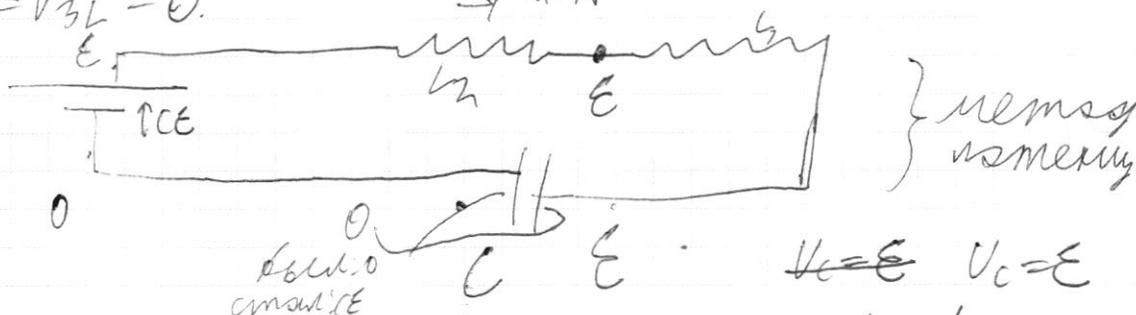
$$T = 2\pi \sqrt{4LC + 3LC}$$

В ток по час стрелки ток через L_1 не течет
 \Rightarrow ток ток идет по час стрелке,
 ток ток идет ток и через
 конт L_2

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

м.к. V_L , T_1 - время отлит тока по часам от
 T_2 - время отлит. тока по часам стрелки
катушек $I_{MAX}^{(T_1)}$ в промежутке t_1 за t_1

м.к. $V_L = L \cdot I$ и $I_{MAX} = 0$, то в макс макс тока
 $V_{L1} = V_{L2} = 0$.



3. СЗ. для цепи $W_{MAX} = 0$ м.к. макс не должно и + для
измеряемых

$$W_K = \frac{L_1 I_{MAX}^2 (T_1)}{2} + \frac{L_2 I_{MAX}^2 (T_1)}{2} + \frac{CE^2}{2}$$

$$Q = 0 \text{ (нет)}$$

$$A_{ист} = E \cdot \Delta q = E(CE - 0) = CE^2$$

$$A_{ист} = W_K - W_L + Q$$

$$CE^2 = \frac{(L_1 + L_2) I_{MAX}^2 (T_1)}{2} + \frac{CE^2}{2}$$

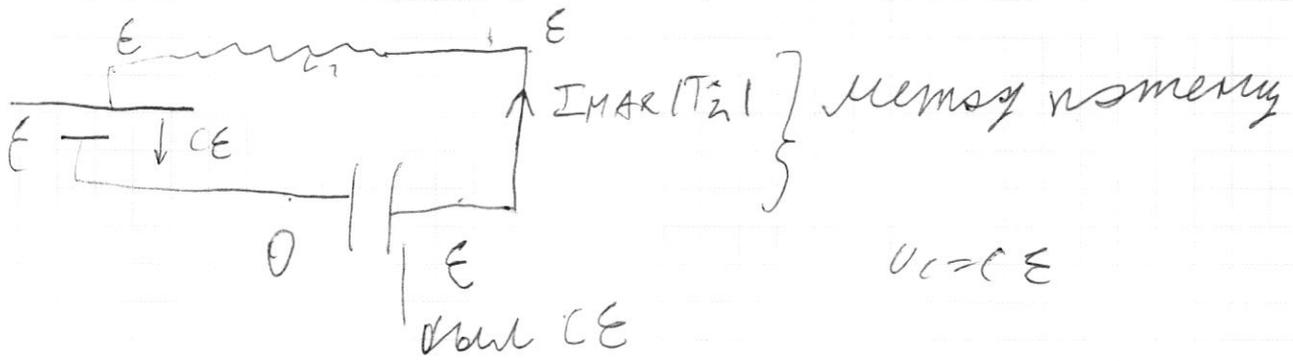
$$CE^2 = (L_1 + L_2) I_{MAX}^2 (T_1)$$

$$I_{MAX} (T_1) = \sqrt{\frac{C}{L_1 + L_2}} \cdot E = \sqrt{\frac{C}{L}} \cdot E$$

катушек $I_{MAX} (T_2)$ за t_2

м.к. $V_L = L \cdot I$ и $I_{MAX} = 0$, то в макс макс тока

$V_{L2} = 0$ (через V_{L1} ток не течет)



ток $I = I_{MAX} |I_2|$ по закону пер. энергии
 получаем

$W_K = 0$ ток по закону пер. энергии

$W_M = \frac{L_2 I_{MAX}^2 |I_2|}{2} + \frac{CE^2}{2}$

$$W_M = \frac{L_2 I_{MAX}^2 |I_2|}{2} + \frac{CE^2}{2}$$

$$Q = 0 \quad A_{ист} = E \Delta q \quad A_{ист} = E \cdot | -CE | = -CE^2$$

$$A_{и} = W_K - CE^2 = 0 - \frac{L_2 I_{MAX}^2 |I_2|}{2} - \frac{CE^2}{2}$$

$$\frac{CE^2}{2} = \frac{L_2 I_{MAX}^2 |I_2|}{2}$$

$$I_{MAX} |I_2| = E \sqrt{\frac{C}{L_2}} = E \sqrt{\frac{C}{L}}$$

ток $I_{MAX} |I_2|$ протекает через L_2 ток не течет,
 ток $I_{MAX} |I_1|$ протекает через $L_1 = E \sqrt{\frac{C}{L_1}}$

через L_2 : ток $I_{MAX} |I_2|$ протекает по цепи: $I_{MAX} |I_2|$
 по цепи: $I_{MAX} |I_1|$

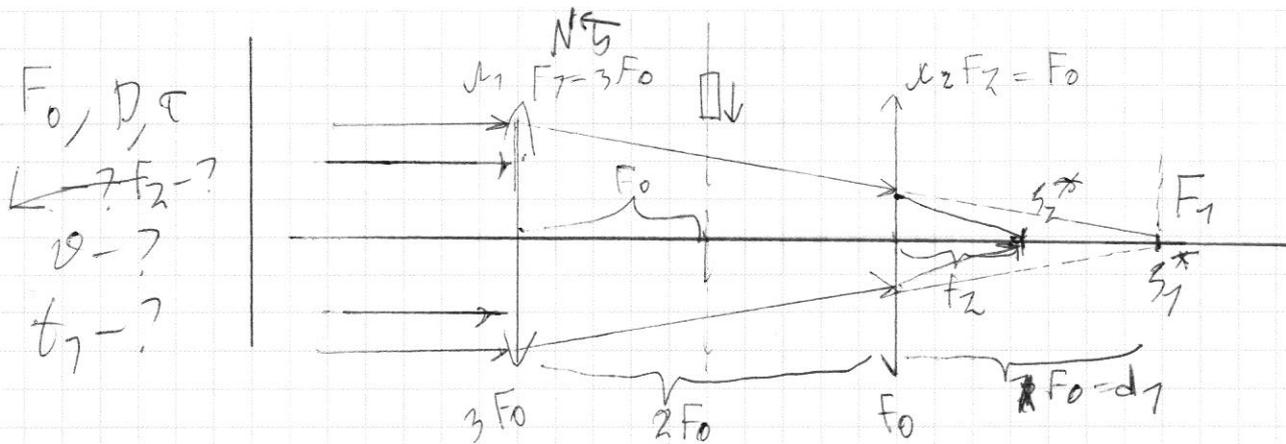
$$I_{MAX} |I_2| > I_{MAX} |I_1| \Rightarrow \text{одна } I_{M2} = I_{MAX} |I_2| = E \sqrt{\frac{C}{L}}$$

$$E \sqrt{\frac{C}{L}} > \sqrt{\frac{C}{L}}$$

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

$$I_{M1} = E \sqrt{\frac{C}{L_1}}$$

$$I_{M2} = E \sqrt{\frac{C}{L_2}}$$



III. 2 лучи парал, но их проекции пересекаются в F_1 , т.е. на расстоянии $3F_0$ от L_1 . S_1^* - мнимый предмет для системы $L_2 \Rightarrow$ лучи S_1 мажорант S_1^* в L_2 будут действ., уменьш.

$$-\frac{1}{d_1} + \frac{1}{F_1} = \frac{1}{F_2}$$

т.к. $d_1 < F_1$

$$F_1 = \frac{F_2 d_1}{F_2 + d_1}$$

$$F_1 F_1 = \frac{F_0 \cdot F_0}{F_0 + F_0} = \frac{F_0}{2} \Rightarrow$$

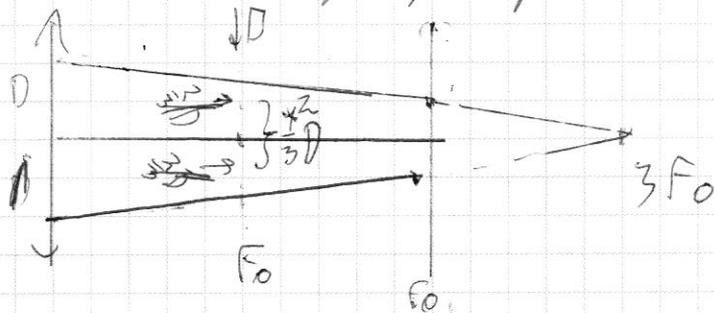
$$d_1 = F_0 \quad 3F_0 - 2F_0 = F_0$$

лучи действ. сходятся м.к.р. $S_1^* - S_2^*$ будут предметом на расстоянии $f_2 = \frac{F_0}{2}$ от L_2

т.к. свет опр.к.р. на предмет, но сходятся с.с. $L_1 + L_2$ будет равно в диаметре \Rightarrow предмет вдвое от м.к.р. на расстоянии $f_2 = \frac{F_0}{2}$

Этот $I \sim P_0$, т.к. м.к.р. свет на прямо пропорц. м.к.р. освещ. $\Rightarrow I \sim S$

т.к. м.к.р. свет, выйдут м.к.р. I_0 .



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$S_{кр} = \left(\frac{4}{3}D\right)^2 \cdot \pi$$

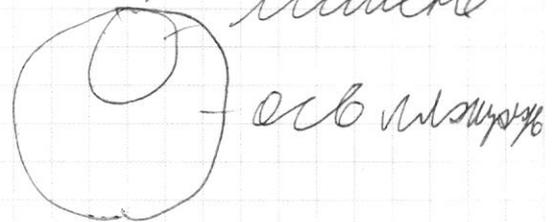
$$I_0 = S_{кр} \cdot K$$

(K = const)

на расстоянии F_0 от L_1

Этот диаметр ммем в освещенности лампы
представляет собой τ_0 (за τ_0 ммем
на была вся на освещенности лампы).

В том же освещении, когда ммем была
на освещенности лампы.



В этом же освещении $I_1 = \frac{1}{9} I_0$

$$I_1 = (S_{кр} - S_{мм}) \cdot K$$

$$\frac{I_1}{I_0} = \frac{S_{кр} - S_{мм}}{S_{кр}} \quad \frac{1}{9} = \frac{S_{кр} - S_{мм}}{S_{кр}} = \frac{S_{кр} - S_{мм}}{S_{кр}} = \frac{4}{9}$$

$d_{мм}$ - диаметр ммем.

$$\frac{\pi \cdot d_{мм}^2}{\pi \cdot \left(\frac{4}{3}D\right)^2} = \frac{4}{9} = 1 - \frac{d_{мм}^2}{\frac{16}{9}D^2} = \frac{2}{3}$$

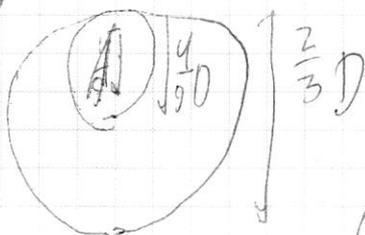
$$d_{мм} = \frac{4}{9} D$$

за τ_0 ммем с лампы прямо криво радиус
всему диаметру: $d_{мм} = \frac{4}{9} D = \frac{4}{9} \tau_0$

Этот диаметр ммем в освещении лампы
представляет собой τ_0 (за τ_0 ммем
на была вся на освещенности лампы).

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Имеем фронт света в световом
коне.



Криволинейный фронт
радиус: $\frac{2}{3}D - \frac{4}{9}D = \frac{6-4}{9}D = \frac{2}{9}D$

$$|v_1 - v_0| = \frac{3D}{3v_0}$$

$$|v_1 - v_0| = \frac{2D}{3D}$$

$$t_1 - t_0 = \frac{\frac{2}{9}D}{v_0}$$

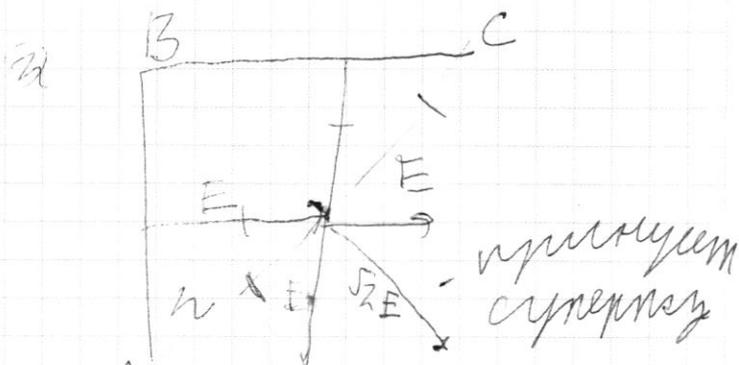
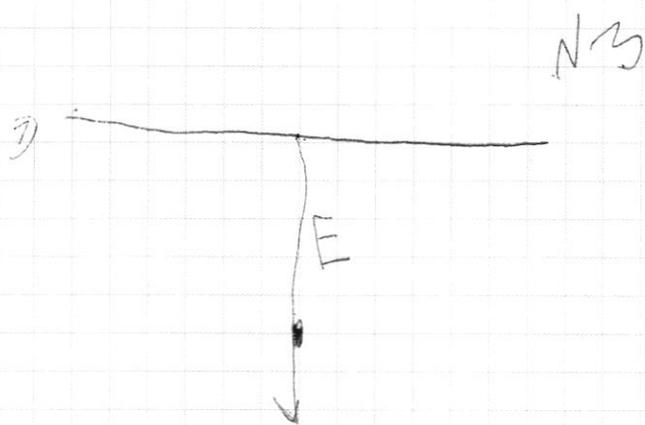
$$t_1 - t_0 = \frac{\frac{2}{9}D}{4D} \cdot 2v_0 = \frac{t_0}{2}$$

$$t_1 = 1.5 t_0$$

ответ: $\frac{t_0}{2}$

$$\frac{4D}{9t_0}$$

$$1.5 t_0$$



$|\vec{E}_{BC}| = |\vec{E}_{AB}|$, т.к. заряд q растет одинаково
и тогда модуль $E \propto \sqrt{r}$ увели в $\sqrt{2}$ раз



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № 70
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

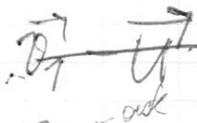
В С.О. плиты

N1

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

$$12 \cdot \frac{1}{2} = v_2 \cdot \frac{1}{3} = 6$$

$$6 = v_2 \cdot \frac{2}{3} \quad v_2 = 9$$



$$v_{1x} - v_{2x} = v_{2y}$$

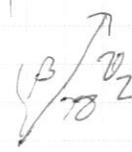
$$v_1 \cos \alpha + v = v_2 \cos \beta + 2v$$

$$12 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} + v = 9 \cdot \frac{\sqrt{3}}{3} + 2v$$

$$6\sqrt{3} + 2v = 6\sqrt{3}$$

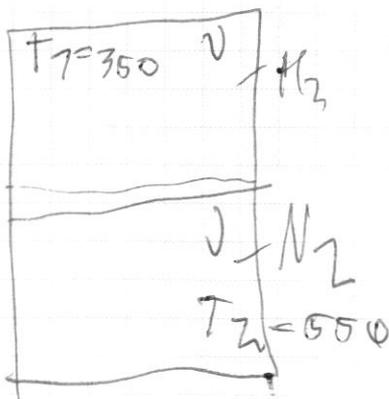
$$2v = 6(\sqrt{3} - \sqrt{3})$$

$$v = 3(\sqrt{3} - \sqrt{3})$$



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

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



N2

$$\frac{5 Q}{\Delta t} = \frac{2U R \Delta T}{\Delta u} = \frac{5}{2} R$$

T_1, T_2

$$T_1 < T_2$$

$$M_2 = 350 \quad \frac{4}{78} V$$
$$N_2 = 550 \quad \frac{21}{78} V$$

$$\Rightarrow H_2: pV_1 = \nu RT_1$$

$$N_2: pV_2 = \nu RT_2$$

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

$$\therefore \frac{V_1}{V_2} = \frac{35}{55} = \frac{7}{11}$$

$$V_1 = \frac{2}{78} V$$

$$V_2 = \frac{21}{78} V$$

$$\Rightarrow pV_1' = \nu RT$$
$$pV_2' = \nu RT \Rightarrow V_1' = V_2' = \frac{2}{78} V$$

$$V_1 + V_2 = V$$

$$\frac{5}{2} \nu RT_1 + \frac{5}{2} \nu RT_2 = 5 \nu RT$$

$$\frac{7}{2} \nu R (T_1 + T_2) = \nu R T$$

$$T = \frac{T_1 + T_2}{2} = 460 K$$

$$\Rightarrow H_2: Q = A + \Delta V$$

$$\Rightarrow H_2: Q = A + \Delta V$$

$$Q = A + \frac{5}{2} \nu R \Delta T$$

A.

$$T_1 + T_2 = \text{const}$$

T =

$$T_2 = \frac{pV_2}{\nu R}$$

$$\frac{pV_1}{\nu R} + \frac{pV_2}{\nu R} = \text{const}$$

$$p(V_1 + V_2) = \text{const}$$

$$T_1 = (T_c - T_2)$$

$$\nu R pV_1 = \nu R T_1$$

$$pA pV_1$$

$$pV_1 = \nu R (T_c - T_2)$$

$$pV_1 = \nu R T_c - pV_2$$

$$I (pV_1 + pV_2) = \nu R (T_1 + T_2)$$

$$II (pV_1' + pV_2') = \nu R (2T)$$

$$Q = \frac{5}{2} \nu R \Delta T + \nu R \Delta T = \frac{7}{2} \nu R \Delta T$$

$$U = L \cdot I'$$

$$V = 0$$

$$I = L \cdot U$$

Е трансформация

$$\text{analysis: } \frac{CE^2}{2} + \frac{L_1 I^2}{2} + \frac{L_2 I^2}{2} = CE^2$$

$$(L_1 + L_2) I^2 = CE^2$$

$$I = \sqrt{\frac{C}{L_1 + L_2}} \cdot E$$

$$2\pi \sqrt{(L_1 + L_2)C}$$

$$2\pi \sqrt{L_2 C}$$

$$V = L \cdot I'$$

$$\frac{CE^2}{2} + \frac{L_2 I^2}{2} = CE^2$$

$$I_2 = \sqrt{\frac{C}{L_2}} \cdot E$$

$$|p_2 - p_1| = \frac{U R T_1}{V_1} - \frac{U R T_2}{V_2}$$

$$|p_2 - p_1| = p_1 - p_2 \cdot \Delta V$$

$$\Delta V_2$$

$$N_1 + \Delta V$$

$$(N_2 - \Delta V)$$

$$|N - V_1 - \Delta V|$$

$$p_1 \Delta V =$$

$$(80 - 21) \cdot 25 =$$

$$= 2000 - 525 =$$

$$1475$$

$$\frac{U R T_1}{V_1} - \frac{U R T_2}{V_2}$$

$$p_1' \cdot V_1 = \frac{5}{2} U R T_1$$

$$p_2' \cdot V_2 = \frac{5}{2} U R T_2$$

$$\frac{p_1'}{p_2'} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{U R (T_1 - T_2)}{T_2}$$

$$T_1 - \Delta T_1$$

$$T_1 - \Delta T_2$$

$$p_1 \Delta V = \frac{5}{2} U R \Delta T_1$$

$$p_2 \Delta V = \frac{5}{2} U R \Delta T_2$$

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

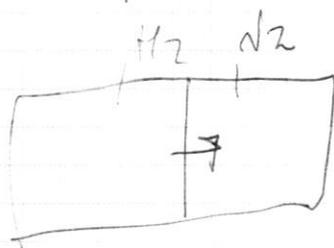
$$\frac{5}{2} U R (\sum \Delta T_1 - \sum \Delta T_2)$$

$$T_2 - T_1$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N_3

$$p_1 V_1 + p_2 V_2 = p_3 V_3 + p_4 V_4$$

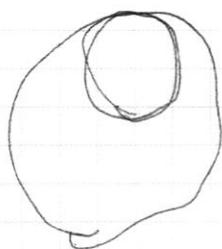


$$p_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$p_2 V_2 = \nu R T_2$$

$$|p_2 - p_1| \Delta V$$

$$|p_1 - p_2| \Delta V$$



$$\left| \frac{\nu R T_1}{V_1} - \frac{\nu R T_2}{V_2} \right| = \nu R \left| \frac{T_2}{V_1} - \frac{T_1}{V_2} \right| =$$

$$= \frac{T_2 V - T_1 V_1 - T_1 V_2 + V_1 T_1}{V_1(V - V_1)} =$$

$$V_1 + V_2 = \text{const}$$

$$\frac{\Delta V}{V_1} + \frac{\Delta V}{V_2} = 0$$

$$p_1 V_1 + p_2 V_2 = \text{const}$$

$$\frac{\nu R T_1}{p_1 V_1} + \frac{\nu R T_2}{p_2 V_2} = \text{const}$$

$$\frac{p_1 \Delta V}{V_1} + \frac{p_2 \Delta V}{V_2} = 0$$

T_0



$$p, \frac{4}{3} p \quad \left| \frac{4}{3} d \right. \quad \frac{4}{3} d \quad \left. \right|$$