

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

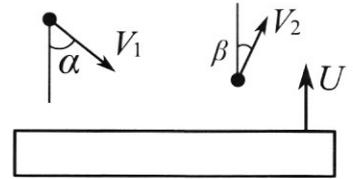
Класс 11

Вариант 11-04

Шифр

(заполняется секретарём)

1. Массивная плита движется с постоянной скоростью U вертикально вверх. К плите подлетает шарик, имеющий перед ударом скорость $V_1 = 18$ м/с, направленную под углом α ($\sin \alpha = \frac{2}{3}$) к вертикали (см. рис.). После неупругого удара о гладкую горизонтальную поверхность плиты шарик отскакивает со скоростью V_2 , составляющей угол β ($\sin \beta = \frac{3}{5}$) с вертикалью.



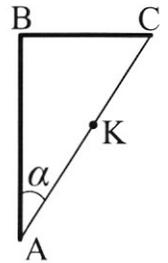
- 1) Найти скорость V_2 .
- 2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе.

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 аргон, во втором – криптон, каждый газ в количестве $\nu = 3/5$ моль. Начальная температура аргона $T_1 = 320$ К, а криптона $T_2 = 400$ 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 аргона и криптона.
- 2) Найти установившуюся температуру в сосуде.
- 3) Какое количество теплоты передал криптон аргону?

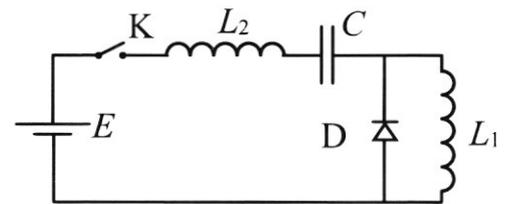
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины АВ и ВС перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром В. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру В.



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?

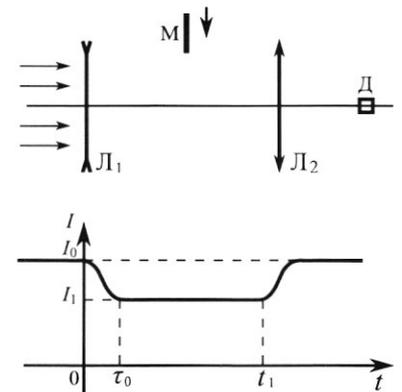
2) Пластины ВС и АВ заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = \sigma, \sigma_2 = 2\sigma/7$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/9$. Найти напряженность электрического поля в точке К на середине отрезка АС.

4. Электрическая цепь собрана из идеальных элементов: источника с ЭДС E , катушек с индуктивностями $L_1 = 5L, L_2 = 4L$, 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 .

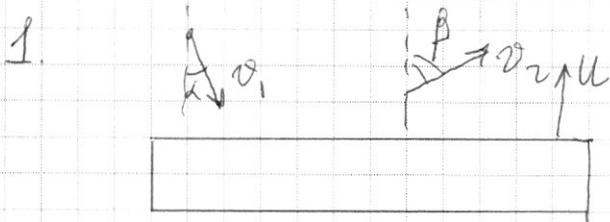
5. Оптическая система состоит из двух соосных тонких линз L_1 и L_2 (см. рис.) с фокусными расстояниями $-2F_0$ и F_0 , соответственно. Расстояние между линзами $2F_0$. Диаметры линз одинаковы и равны D , причем D значительно меньше F_0 . На линзу L_1 падает параллельно оси системы пучок света с одинаковой интенсивностью в сечении пучка. Прошедший через обе линзы свет фокусируется на фотодетекторе D , на выходе которого сила тока пропорциональна мощности падающего на него света. Круглая непрозрачная мишень M , 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). $I_1 = 7I_0/16$



- 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 .

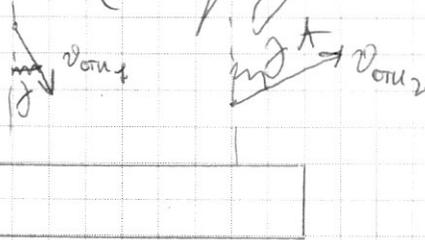
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\sin \alpha = \frac{2}{3}$$

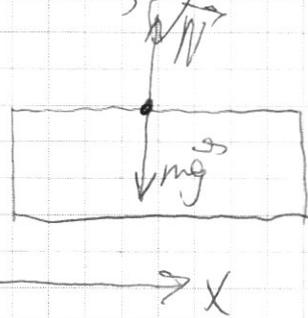
$$\sin \beta = \frac{3}{5}$$

1) Перейдём в СО плиты, т.к. плита массивная, то изм. её скорости можно пренебречь (наравне с большим телом).



Т.к. удар не упругий, то $v_{отн1} \neq v_{отн2}$

Рассмотрим силы, действующие во время удара



$$\vec{P} = \vec{N} + m\vec{g}$$

$P_x = 0 \Rightarrow$ берем ЗИИ для ОХ

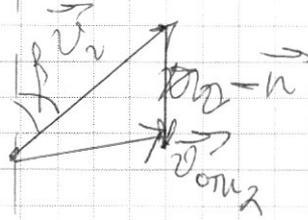
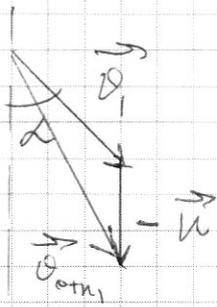
ЗИИ для ОХ: $m v_{отн1x} = m v_{отн2x} \Rightarrow v_{отн1x} = v_{отн2x}$

Кинематическое соотношение скорости для $v_{отн1}$ и $v_{отн2}$

$$\vec{v}_{отн1} + \vec{u} = \vec{v}_1$$

$$\vec{v}_{отн2} + \vec{u} = \vec{v}_2$$

1

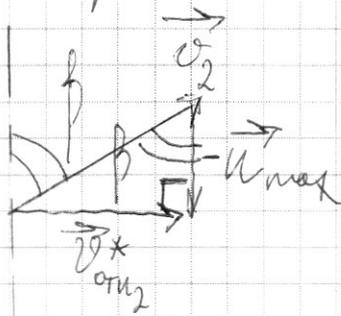


$$v_{\text{отн}1x} = v_1 \cdot \sin \alpha; \quad v_{\text{отн}2x} = v_2 \cdot \sin \beta$$

$$v_1 \cdot \sin \alpha = v_2 \cdot \sin \beta; \quad v_2 = v_1 \cdot \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$$

$$v_2 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

2) Максимальное значение u такое, что $v_{\text{отн}2}$ будет горизонтально направлено, иначе при $u > u_{\text{max}}$ шарик не отскочит



$$u_{\text{max}} = v_2 \cdot \cos \beta$$

$$\cos^2 \beta = \frac{16}{25}; \quad \cos \beta = \frac{4}{5}$$

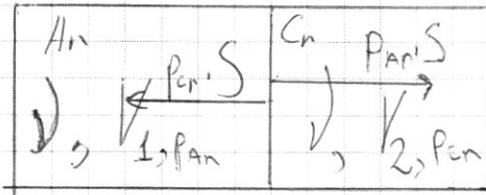
$$u_{\text{max}} = 20 \cdot \frac{4}{5} = 16 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$u \leq 16 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ, 1) $20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$;
2) $\leq 16 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

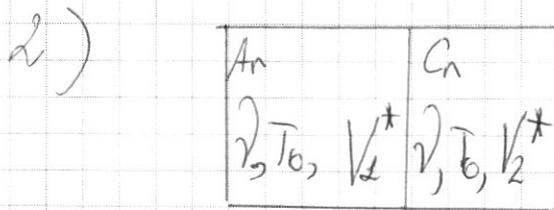
2. $\gamma = \frac{3}{5}$ моль $T_1 = 320 \text{ K}; T_2 = 400 \text{ K};$
 $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{K}}$



2 з. К. где
поршня:
 $P_{in} \cdot S = P_{in} \cdot S$

$P_{in} = P_{An} = P = \text{const}$ (во всем процессе)

1) $P V_2 = \nu R T_2; \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{320}{400} = 0,8$
 $P V_1 = \nu R T_1$



Заметим, что
 $A_{An} = -A_{cn}$

Т.к. соуд термоз, то $Q_{An} + Q_{cn} = 0$

$$\left. \begin{aligned} P V_1^* &= \nu R T_0 \\ P V_2^* &= \nu R T_0 \end{aligned} \right\} \Rightarrow V_1^* = V_2^*; V_1^* + V_2^* = V_1 + V_2$$

$2 V_2^* = 1,8 V_2; V_2^* = 0,9 V_2$

$$2) \quad Q_{An} = \Delta U_{An} + A_{An}; \quad Q_{cn} = \Delta U_{cn} + A_{cn}$$

$$Q_{An} + Q_{cn} = 0; \quad \Delta U_{An} + A_{An} + \Delta U_{cn} + A_{cn} = 0$$

$$\Delta U_{An} + \Delta U_{cn} = 0$$

$$\frac{3}{2} \nu R T_0 = \frac{3}{2} \nu R T_1 + \frac{3}{2} \nu R T_0 - \frac{3}{2} \nu R T_2 = 0$$

$$3 \nu R T_0 = \frac{3}{2} \nu R (T_1 + T_2); \quad T_0 = \frac{T_1 + T_2}{2}$$

$$T_0 = 360 \text{ K}$$

3) Т.к. прог. изобар ($p = \text{const}$) \Rightarrow

$$\Rightarrow A = p \Delta V.$$

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

$$\Delta U_{cn} = \frac{3}{2} \nu R T_0 - \frac{3}{2} \nu R T_2 = \frac{3}{2} \nu R \cdot \frac{T_1 - T_2}{2} = \frac{3}{4} \nu R (T_1 - T_2)$$

$$A_{cn} = p (V_2^* - V_2) = -0,1 \nu R T_2$$

$$= -0,1 \nu R T_2$$

$$Q_{cn} = \frac{3}{4} \nu R T_1 - \frac{17}{20} \nu R T_2 = \frac{1}{4} \nu R (3 T_1 - \frac{17}{5} T_2)$$

$$Q_{cn} = -498,6 \text{ Дж}$$

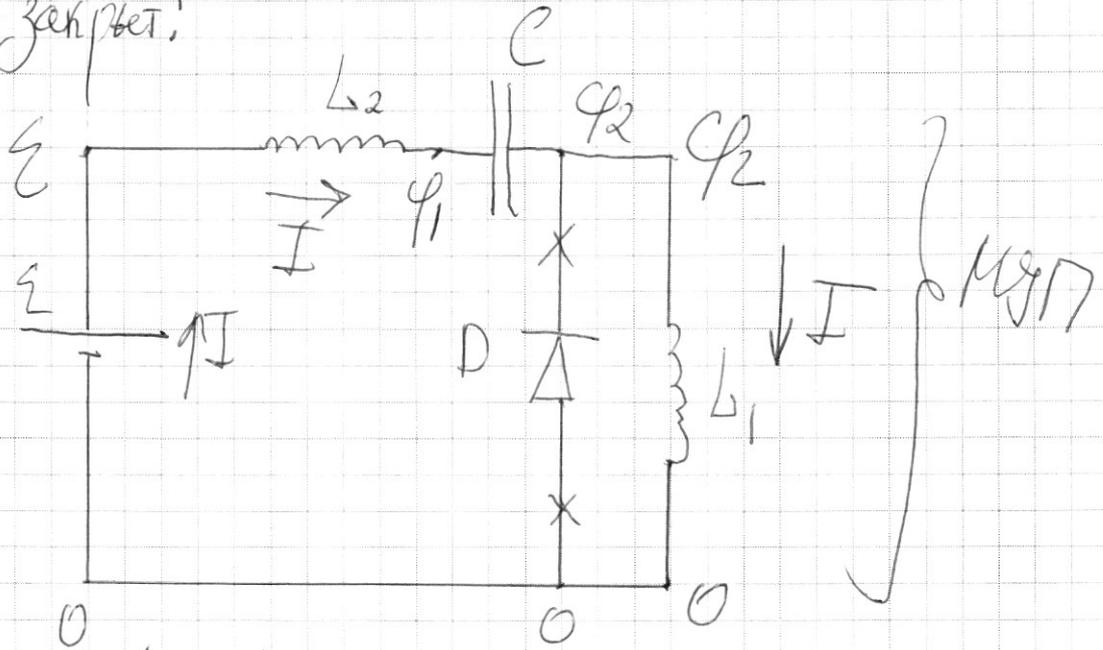
$$Q_{перед} = -Q_{cn} = 498,6 \text{ Дж}$$

Ответ: 1) 0,8; 2) 360 K; 3) 498,6 Дж

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4.

1) D-закрывает;



$$\varepsilon - \varphi_1 = L_2 I'; \quad \varepsilon - \varphi_1 = 4L I'; \quad U_c = \varphi_1 - \varphi_2$$

$$\varphi_2 = L_1 I'; \quad \varphi_2 = 5L I'$$

$$\varepsilon - (\varphi_1 + \varphi_2) = 9L I'; \quad \varepsilon - 9L I' = U_c$$

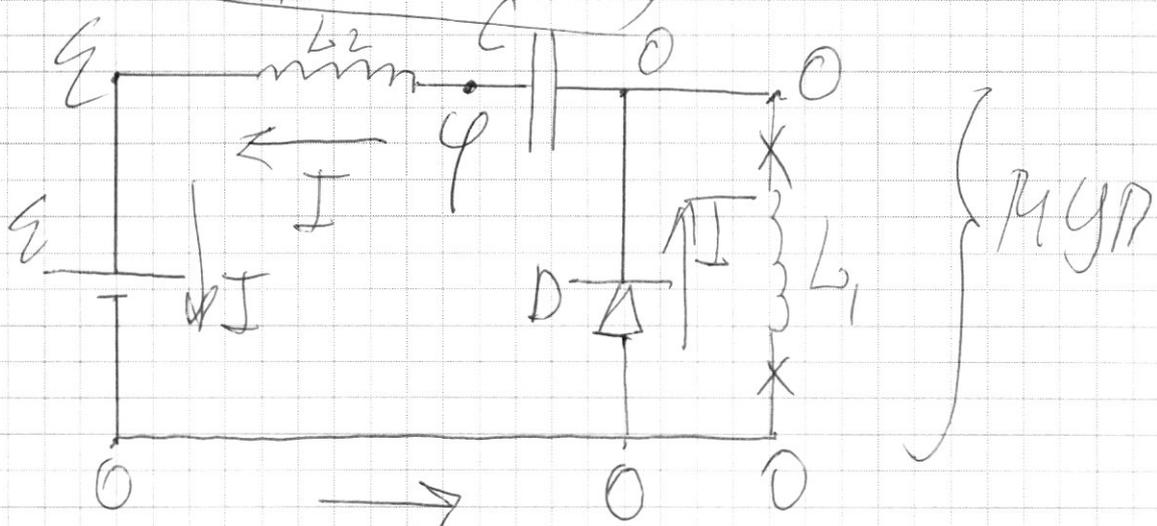
" = U_c

$$I = C U_c' = C \cdot (\varepsilon - 9L I')' = -9LC \cdot I''$$

$$9LC I'' + I = 0; \quad I'' + \left(\frac{1}{9LC}\right) \cdot I = 0 \quad \text{— ур. гарм. кол}$$

$$T_1 = \frac{2\pi}{\omega_1} = 6\pi \sqrt{LC}$$

4. D-открыт: Т.к при смене комп. ток равен 0 \Rightarrow ток на $L_1 = 0$ (т.к. $U_{L_1} = 0$)
 $\Rightarrow (I_{L_1} = 0 = \text{const})$



$$\varphi - E = L_2 I'; \quad \varphi = E + 4L I'$$

$$U_C = 0 - \varphi = -E - 4L I'$$

$$I = C U_C' = -C \cdot 4L I''; \quad I'' + \frac{1}{4LC} I = 0$$

- ω запери. коле

$$T_2 = \frac{2\pi}{\omega_2} = 4\pi \sqrt{LC}$$

Т.к ток $\neq 0$ течёт в среднем комп. пока перехода, то

$$T = \frac{1}{2} T_1 + \frac{1}{2} T_2 = 3\pi \sqrt{LC} + 2\pi \sqrt{LC} = \underline{5\pi \sqrt{LC}}$$

2) Макс. ток на L_1 будет при откр. D. Запишем ЗЭ для цепи

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4.2) $A_{\text{ист}} = \Delta W$; через цепь протекает заряд q

q

$$\mathcal{E} \cdot q = \left(\frac{9LI^2}{2} + \frac{q^2}{2C} \right) - 0$$

$$9,5LI^2 = \mathcal{E} \cdot q - \frac{q^2}{2C} \quad \text{— кв. функц. параб. ветви вниз максим. в вер.}$$

$$q_{\text{к}} = C\mathcal{E}; \quad \frac{9}{2}LI_{\text{к}}^2 = \frac{1}{2}C\mathcal{E}^2$$

$$I_{01}^2 = \frac{C\mathcal{E}}{9L}; \quad I_{01} = \sqrt{\frac{C\mathcal{E}^2}{9L}}$$

2) Как применить ЗЭГ для цепи при D-открыт. через цепь протекает заряд q

$$-\mathcal{E} \cdot q = \left(\frac{4LI^2}{2} + \frac{(q_{\text{max}} - q)^2}{2C} \right) - \frac{q_{\text{max}}^2}{2C}$$

$$-\mathcal{E} \cdot q = 2LI^2 + \frac{q_{\text{max}}^2}{2C} - \frac{2q_{\text{max}}q}{2C} + \frac{q^2}{2C} - \frac{q_{\text{max}}^2}{2C}$$

$$2LI^2 = \frac{q_{\text{max}}q}{2C} - \mathcal{E} \cdot q - \frac{q^2}{2C} \quad \text{— кв. функция ветви вниз макс. в вер.}$$

$q_{\text{к}} = -2C\mathcal{E}$ заряд конд. не может быть меньше 0 \rightarrow
 $\Rightarrow I_{\text{max}} \text{ при } q=0$

4.

$$2LI^2 = \frac{q_{max} \cdot (-2Cq)}{2C} + 2Cq^2 - \frac{4Cq^2}{2}$$

$q_0 = -2Cq$, заряд конг. не может быть меньше 0 $\Rightarrow I_{max}$ при $q=0$

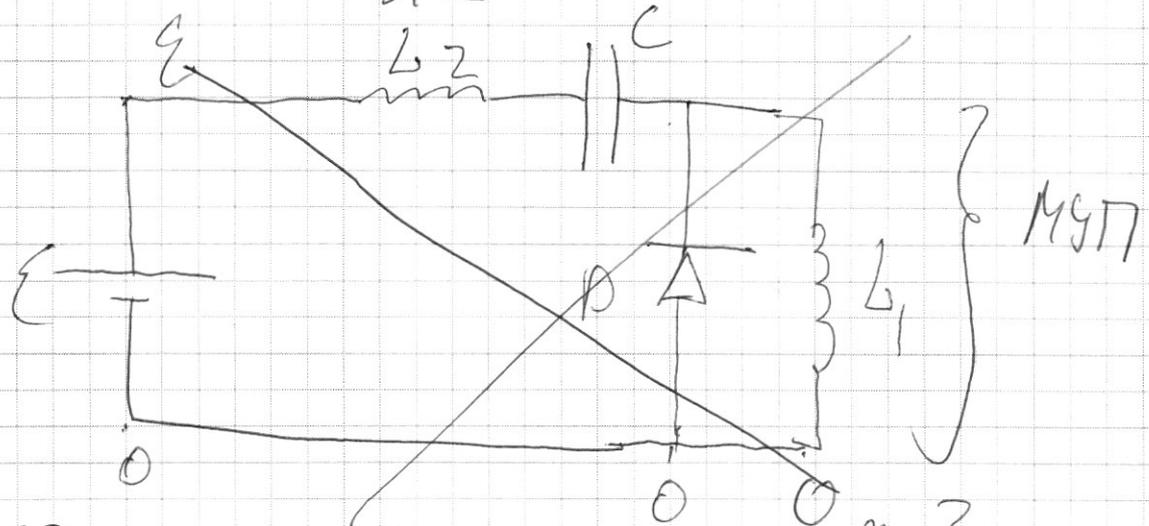
$$2LI_{max}^2 = 0; I_{max} = 0$$

При в среднем закрытого диода
меньше ток больше, чем в
среднем открытого

$$2LI^2 = \frac{q_{max}^2}{2C} - \epsilon \cdot q - \frac{(q_{max} - q)^2}{2C}$$

$I = I_{max}$ при $q = q_{max}$

$$2LI_{max}^2 = \frac{q_{max}^2}{2C} - \epsilon \cdot q_{max}$$



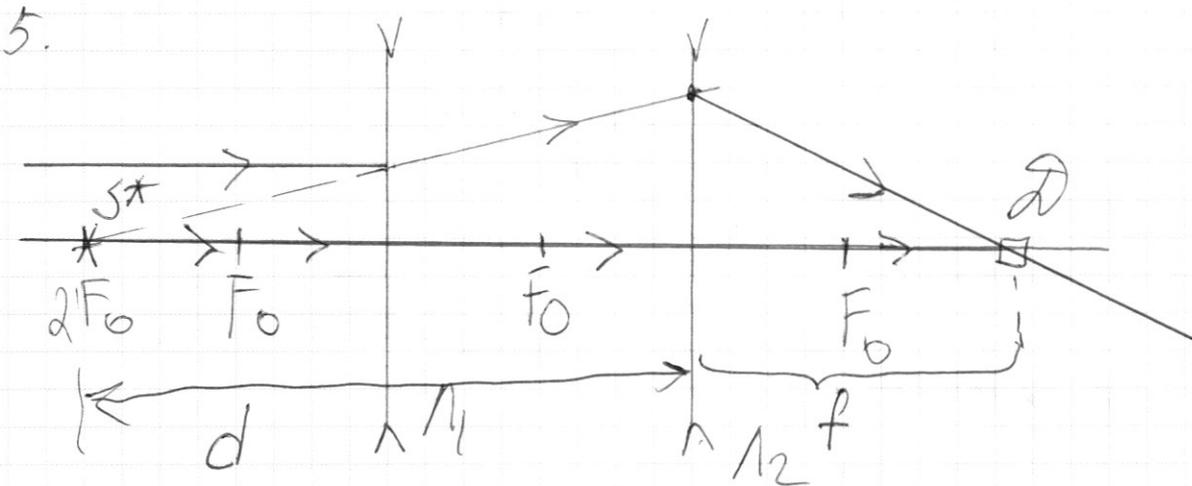
ЗСЭ при $q_c = q_{max}$: $\epsilon \cdot q_{max} = \frac{q_{max}^2}{2}$; $q_{max} = 2\epsilon C$

$$2LI_{max}^2 = 2Cq^2 - 2Cq^2 = 0; I_{max} = 0$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4. 3) при открытии D I_{max} меньше,
чем при закрытии $\Rightarrow I_{02} = \sqrt{\frac{CG^2}{9L}}$

Ответ: 1) $5\pi\sqrt{L}$; 2) $\sqrt{\frac{CG^2}{9L}}$; 3) $\sqrt{\frac{CG^2}{9L}}$



1) Т.к. свет фокусируется на D , то $f > F_0$ (изобр. действ.)

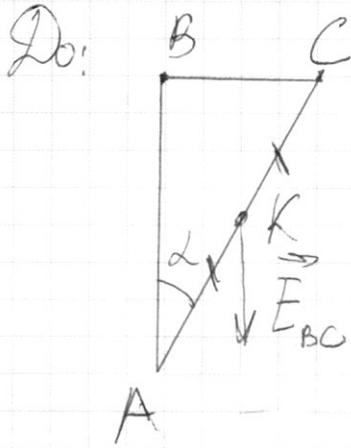
S^* - действ. объект для L_2

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

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

Ответ: 1) $\frac{4}{3}F_0$

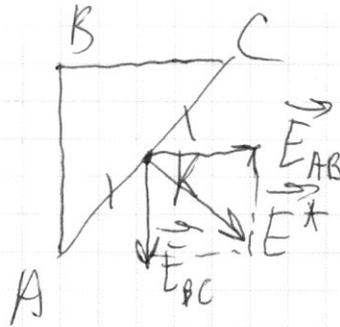
3. 1)



$$E_{BC} = \frac{\sigma_{BC}}{2\varepsilon_0} = E_0$$



Реше

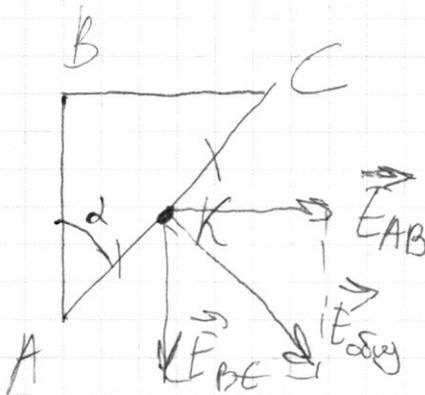


$$E_{AB} = \frac{\sigma_{AB}}{2\varepsilon_0} = \frac{\sigma_{BC}}{2\varepsilon_0} = E_0$$

$$E^* = \sqrt{2} E_0$$

$$\frac{E^*}{E_0} = \sqrt{2}$$

2)



$$E_{AB} = \frac{\sigma_2}{2\varepsilon_0} = \frac{\sigma}{7\varepsilon_0}$$

$$E_{BC} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$$

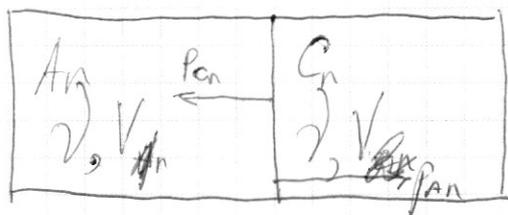
$$\begin{array}{r} 49 \\ 14 \\ \hline 196 \end{array}$$

$$E_{одн} = \sqrt{E_{AB}^2 + E_{BC}^2} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} \cdot \sqrt{\frac{1 \cdot 49}{49} + \frac{1 \cdot 49}{49}} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} \cdot \sqrt{\frac{53}{196}}$$

$$\begin{array}{r} 13 \\ 13 \\ \hline 39 \\ 109 \\ \hline 196 \end{array}$$

Ответ: 1) $\sqrt{2}$; 2) $\frac{\sigma}{\varepsilon_0} \cdot \sqrt{\frac{53}{196}}$

2.



$$v = \frac{3}{5} \text{ моль} \quad i_{Ar} = 3$$

$$T_1 = 320 \text{ K} \quad i_{cr} = 3$$

$$T_2 = 400 \text{ K} \quad R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{K}}$$

$$p_{cr} = p_{Ar}$$

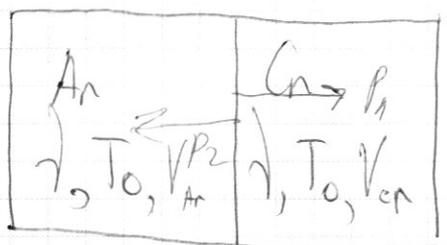
$$1) \quad p_{cr} \cdot V_{cr} = \nu R T_2$$

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

$$V_1 = 0,8 V_2; \quad V_{cr} = 1,8 V_2$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{320}{400} = \frac{32}{40} = \frac{8}{10} = 0,8$$

2)

 A_{Ar}

$$p_1 = p_2$$

$$p_1 \cdot V_{Ar} = \nu R T_0$$

$$p_2 \cdot V_{cr} = \nu R T_0$$

$$\Rightarrow V_{Ar} = V_{cr}$$

$$Q_{Ar} = \Delta U_{Ar} + A_{Ar}; \quad Q_{cr} = \Delta U_{cr} + A_{cr}$$

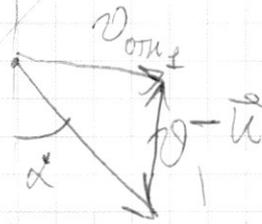
$$\Delta U_{Ar} + A_{Ar} + \Delta U_{cr} + A_{cr} = 0$$

$$\Delta U_{Ar} + \Delta U_{cr} = 0; \quad \frac{3}{2} \nu R T_0 - \frac{3}{2} \nu R T_1 + \frac{3}{2} \nu R T_0 - \frac{3}{2} \nu R T_2 = 0$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

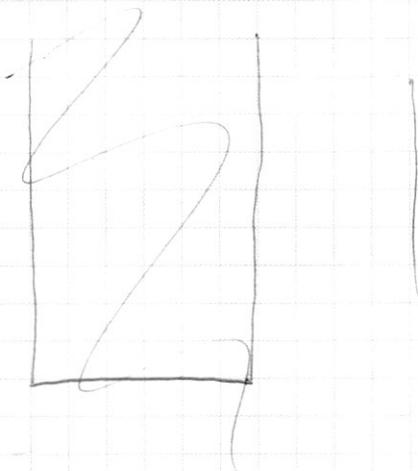
1. 2) и кадр вниз;

$v_{отн2}$ будет всегда кадр. против пластины,
т.е. шарик всегда отскочит



Макс. значение α при таком кадре
будет такое, что $v_{отн2}$ будет кадр,
иначе шарик не улетит назад

2.



$$Q_{\text{кр}} = \sqrt{h} \left(\frac{3}{4} T_1 - \frac{17}{20} T_2 \right) = \frac{3}{5} \cdot 8,31 \cdot \left(\frac{3}{4} \cdot 320 - \frac{17}{20} \cdot 400 \right)$$

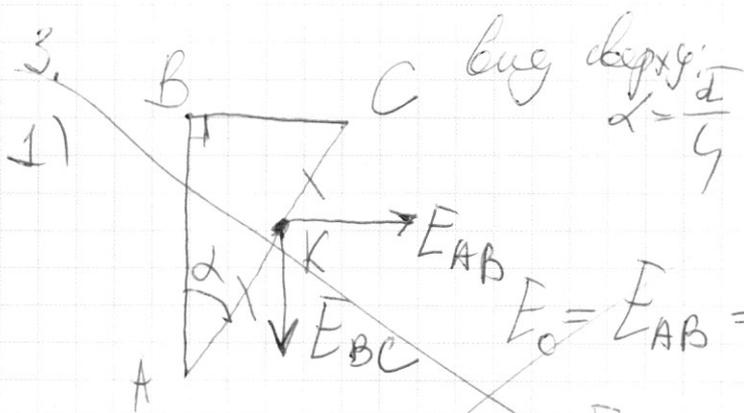
$$= \frac{3}{5} \cdot 8,31 \cdot (240 - 17 \cdot 20) = \frac{3}{5} \cdot 8,31 \cdot (240 - 340) = \frac{3}{5} \cdot 8,31 \cdot (-100) = -498,6 \text{ Дм}$$

$$Q_{\text{перег}} = 498,6 \text{ Дм}$$

Ответ: 0,8; 360 h; 498,6 Дм

$$\begin{array}{r} 20 \\ \times 17 \\ \hline 140 \\ + 20 \\ \hline 340 \end{array} \quad \begin{array}{r} 166 \\ \times 3 \\ \hline 498 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 831 \overline{) 15} \\ - 5 \\ \hline 33 \\ - 30 \\ \hline 31 \\ - 30 \\ \hline 10 \\ - 10 \\ \hline 0 \end{array}$$



$$E_0 = E_{AB} = \frac{\sigma_{AB}}{2g_0}$$

$$E_{BC} = \frac{\sigma_{BC}}{2g_0} = \frac{\sigma_{AB}}{2g_0} = E_{AB} = E_0$$

$$E^* = \sqrt{2} E_0 = E_0 \sqrt{2}$$

$$\frac{E^*}{E_0} = \sqrt{2}$$

2)

$$\frac{\sigma_{AB}}{2g_0} = \frac{\sigma_{BC}}{2g_0}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2) 2) ~~$\frac{3}{2} \nu R T_0 = \frac{3}{2} \nu R (T_1 + T_2)$~~

$$T_0 = \frac{T_1 + T_2}{2}; T_0 = \frac{320 + 400}{2} = \frac{720}{2} = 360 \text{ K}$$

3) ~~$Q_{cr} = -Q_{Ar}$~~ $p_{cr} = p_2 = p$
 Изобар. прог. $\Rightarrow A = p \Delta V$ $Q_{регр} = |Q_{cr}|$

~~$Q_{cr} = -Q_{Ar}$~~ $|Q_{cr}| = |A|$

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

$$\Delta U_{cr} = \frac{3}{2} \nu R T_0 - \frac{3}{2} \nu R T_2 = \frac{3}{2} \nu R (T_0 - T_2) =$$

$$= \frac{3}{2} \nu R \cdot \frac{T_1 - T_2}{2} = \frac{3}{4} \nu R (T_1 - T_2)$$

$A_{cr} = p (V_{cr} - V_2) = -0,9 p V_2 = -0,9 \nu R T_2$

$2 A_{cr} = 1,8 \nu R; A_{cr} = 0,9 \nu R$

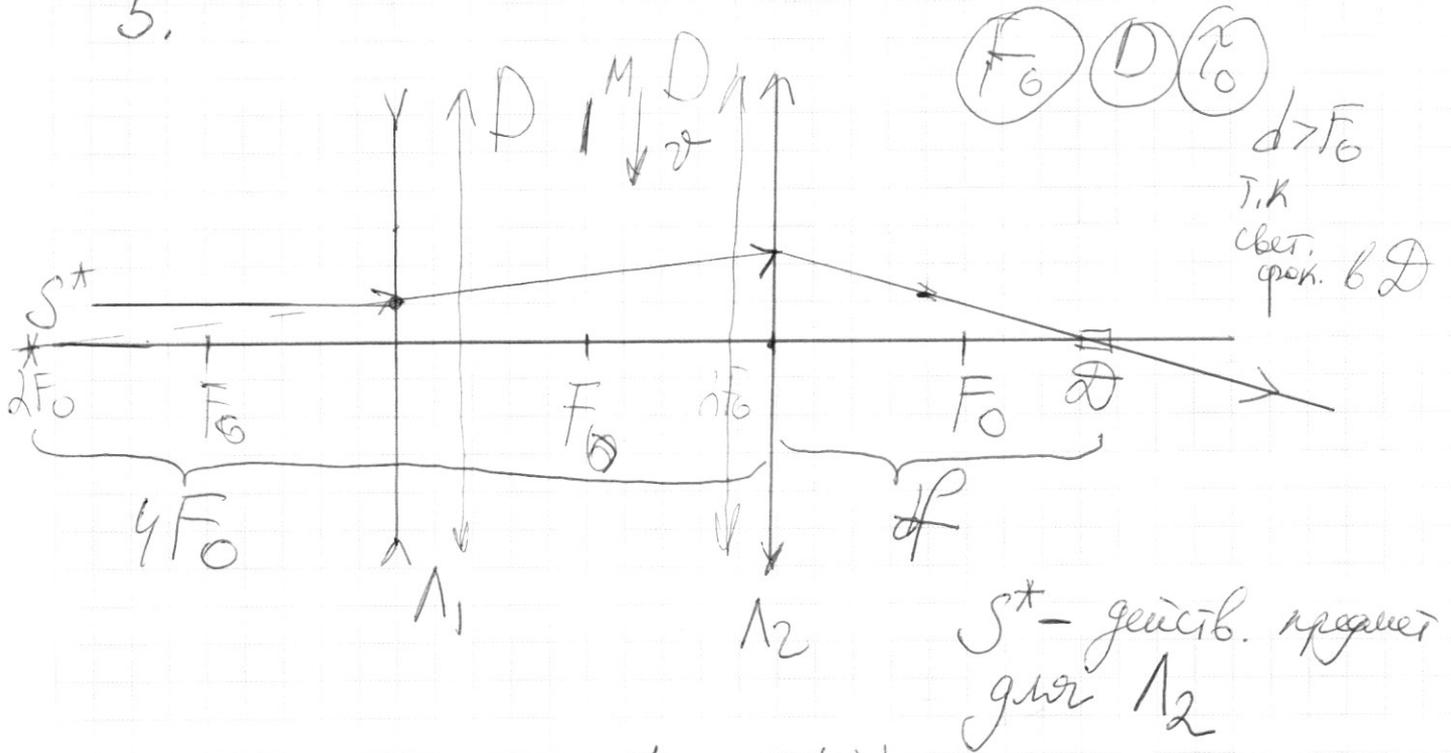
~~$|Q_{cr}| = Q_{cr} = \frac{3}{4} \nu R T_1 - \frac{3}{4} \nu R T_2 + 0,9 \nu R T_2 =$~~

$= \frac{3}{4} \nu R T_1 +$

$Q_{cr} = \frac{3}{4} \nu R T_1 - \frac{3}{9} \nu R T_2 - \frac{1}{10} \nu R T_2 = \frac{3}{4} \nu R T_1 - \frac{17}{20} \nu R T_2$

$$CI'' + I \cdot I' - C(\epsilon - gLI') \cdot I'' = 0$$

5.



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

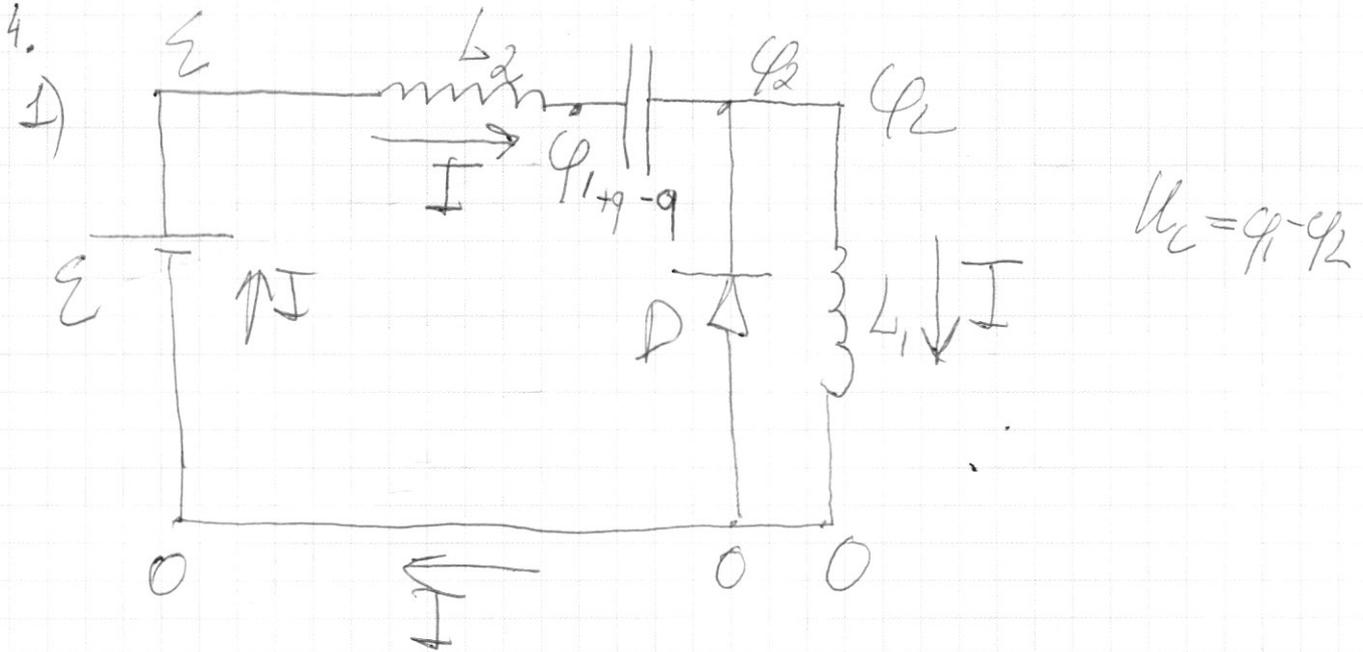
$$\frac{1}{f} = \frac{3}{4F_0}; \quad f = \frac{4}{3}F_0$$

$$2) \quad I \sim P_{\text{цвет}}; \quad I = \alpha P_{\text{цвет}}$$

$$I_0 = \alpha P_{\text{цвет}0}; \quad I_1 = \alpha \cdot P_{\text{цвет}1}; \quad \frac{7}{16} I_0 = \alpha P_{\text{цвет}1}$$

$$\alpha P_{\text{цвет}1} = \frac{7}{16} \alpha P_{\text{цвет}0}; \quad P_{\text{цвет}1} = \frac{7}{16} P_{\text{цвет}0}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\varepsilon - \varphi_1 = L_2 I'; \quad \varepsilon - \varphi_1 = 4L I'; \quad \varphi_2 = 4I'; \quad \varphi_2 = 5L I'$$

$$\varepsilon - \varphi_1 + \varphi_2 = 9L I'; \quad \varepsilon - 9L I' = \varphi_1 - \varphi_2 = U_C$$

$$q = C U_C = C(\varepsilon - 9L I')$$

$$3C7: \quad A_{\text{ист}} = \Delta W; \quad \varepsilon \cdot q = \frac{9L I'^2}{2} + \frac{C U_C^2}{2} - 0$$

$$- \varepsilon(\varepsilon - 9L I') + \frac{9L I'^2}{2} + \frac{C U_C^2}{2} = 0$$

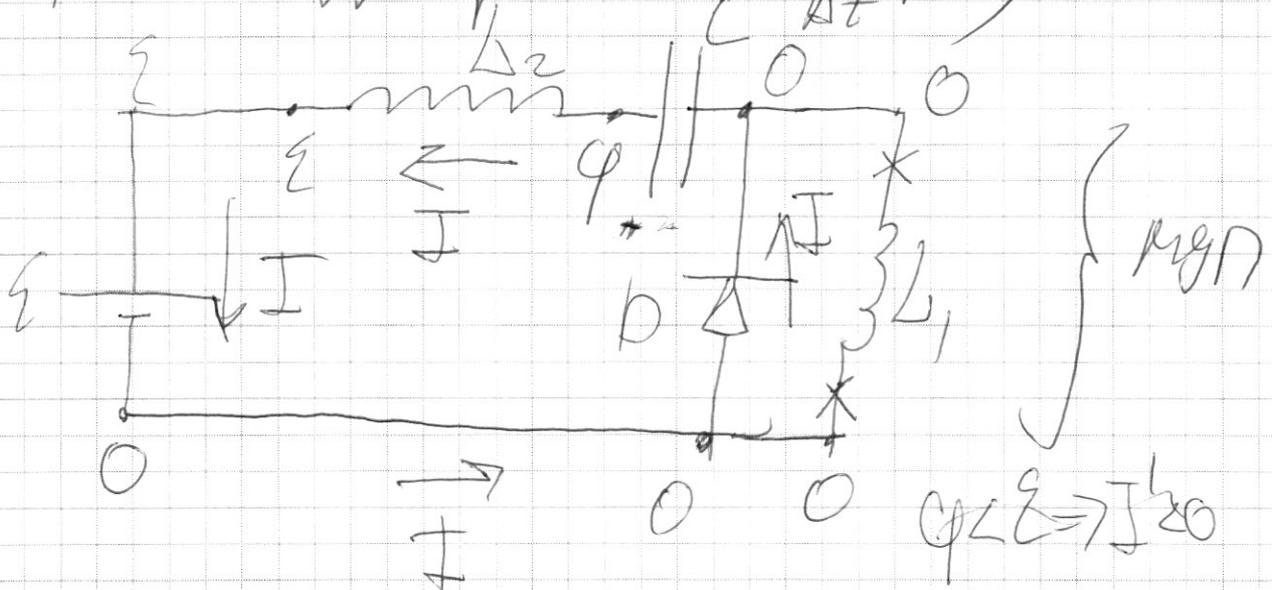
$$- C\varepsilon + 9CL I' + \frac{9L I'^2}{2} + \frac{C U_C^2}{2} = 0$$

$$= (C(\varepsilon - 9L I'))^2 = C \cdot 2(\varepsilon - 9L I') I' \cdot (-9L)$$

~~$$0 + 9CL I'' + 9L I' I'' - 9LC$$~~

~~$$0 + 9CL I'' + 9L I' I'' - 9LC(\varepsilon - 9L I') I'' = 0$$~~

через L_1 будет равен 0 ($\frac{\Delta I_{L_1}}{\Delta t} = 0$)



$$E - \varphi = L_2 \frac{\Delta I}{\Delta t} \quad \varphi = L_2 I'$$

$$U_c = \varphi = (L + 4L_1 I') = -E - 4L_1 I' \quad \varphi = E + L_2 I'$$

$$I = C U_c' = C \cdot 4L_1 I''$$

по f_{max}

$$4LC I'' + I = 0$$

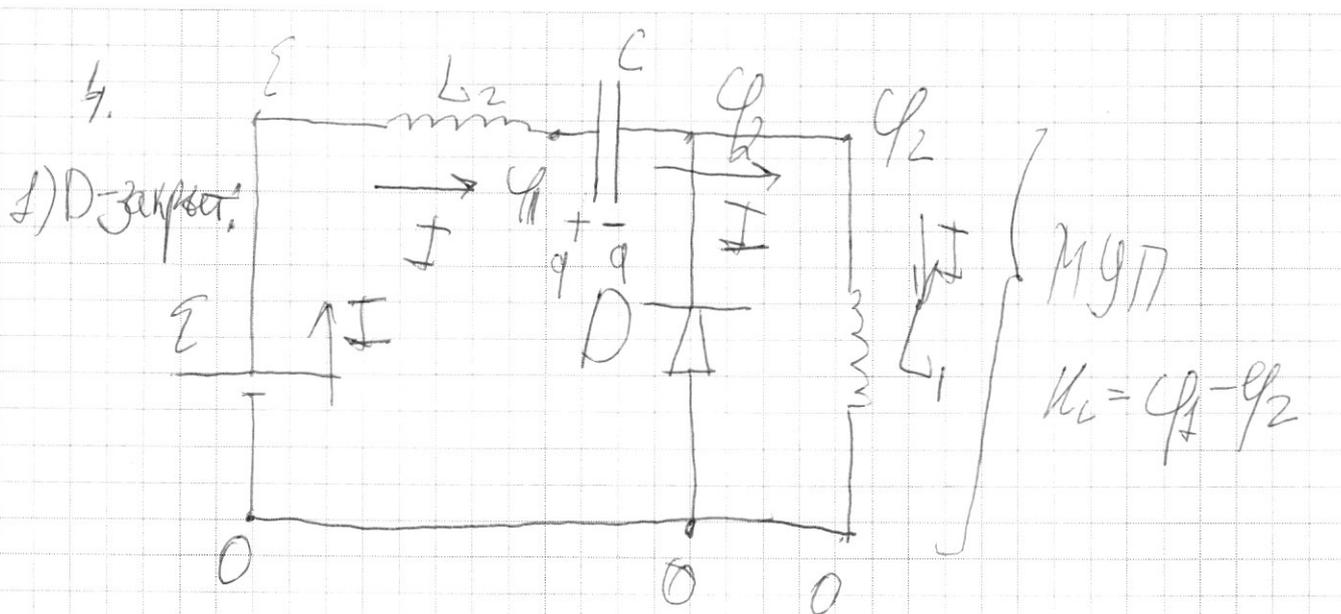
$$\omega_2 = \sqrt{\frac{1}{4LC}}$$

$$T_2 = 4\pi\sqrt{LC}$$



$$T = \frac{1}{2} T_1 + \frac{1}{2} T_2 = 3\pi\sqrt{LC} + 2\pi\sqrt{LC} = \underline{5\pi\sqrt{LC}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\varepsilon - \varphi_1 = L_2 I' = 4L I'; \quad \varphi_2 = L_1 I' = 5L I'$$

$$\varepsilon - \varphi_1 + \varphi_2 = 9L I'; \quad \varphi_1 - \varphi_2 = \varepsilon - 9L I'; \quad U_c = \varepsilon - 9L I'$$

$$q = C U_c \Rightarrow q = C U_c = C(\varepsilon - 9L I')$$

$$I = C U_c'' = C \cdot (\varepsilon - 9L I')' = C \cdot (-9L I'')$$

$$9LC \cdot I'' + I = 0 \quad - \text{гр. гарм. коле.}$$

$$I'' + \underbrace{\left(\frac{1}{9LC}\right)}_{= \omega_1^2} I = 0; \quad \omega_1 = \sqrt{\frac{1}{9LC}}$$

$$T_1 = \frac{2\pi}{\omega_1} = 2\pi \sqrt{9LC} = 6\pi \sqrt{LC}$$

2) D-открывается; Т.к. ток в нач. момент даем, 0 и, когда $q = q_{\max}$, то при открытии D ток

2) ЗСЭ:

$$A_{\text{ист}} = \Delta W$$

ε_0

$$\varepsilon \cdot q = \frac{qLJ^2}{2} + \frac{q^2}{2C} \quad \frac{4LJ^2}{2} = \frac{q_{\text{max}}^2}{2C} - \frac{q^2}{2C}$$

$$I = I_{\text{max}} \text{ при } I = 0$$

$$Q =$$

$$\frac{qLJ^2}{2} = \left(\varepsilon \cdot q - \frac{q^2}{2C} \right) \quad \text{— кв. функ. параб. ветви вниз. макс. в вер.}$$

$$q_{\text{max}} = - \frac{\varepsilon}{-2/C} = \frac{2\varepsilon C}{2} = \varepsilon C$$

$$\frac{qLJ^2}{2} = \varepsilon \cdot C\varepsilon - \frac{1}{2} \cdot C\varepsilon^2$$

$$\frac{qLJ_0^2}{2} = \frac{1}{2} C\varepsilon^2, \quad qLJ_0^2 = C\varepsilon^2$$

$$J_0 = \frac{1}{3} \varepsilon \cdot \sqrt{\frac{C}{L}}$$

$$J_0 = \sqrt{\frac{q_{\text{max}}}{4LC}} =$$

$$= \sqrt{\frac{2C\varepsilon^2}{4LC}} =$$

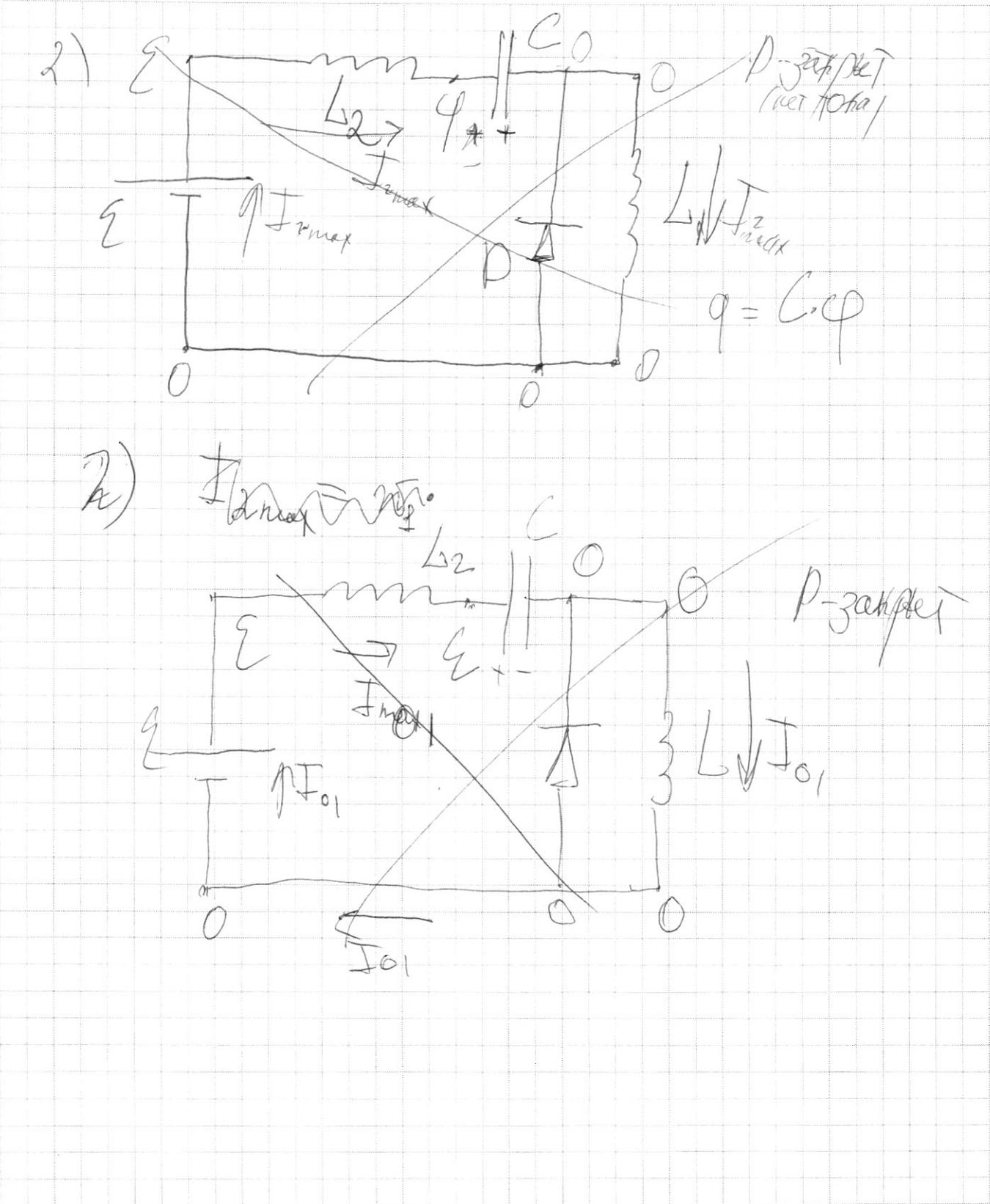
$$= \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{\frac{C}{L}}$$

3) ЗСЭ: $A_{\text{ист}} = \Delta W$

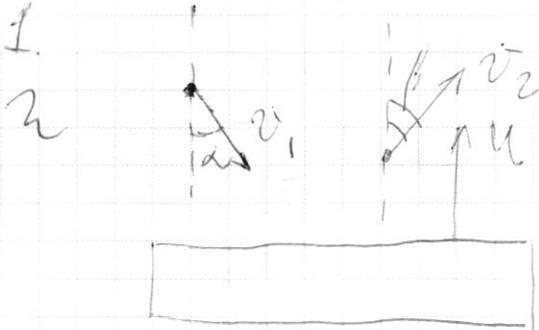
$$\varepsilon \cdot q = \frac{4LJ^2}{2} + \frac{q^2}{2C} = \frac{q_{\text{max}}^2}{2C}$$

$$\frac{4LJ^2}{2} + \frac{q^2}{2C} = \varepsilon \cdot q$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



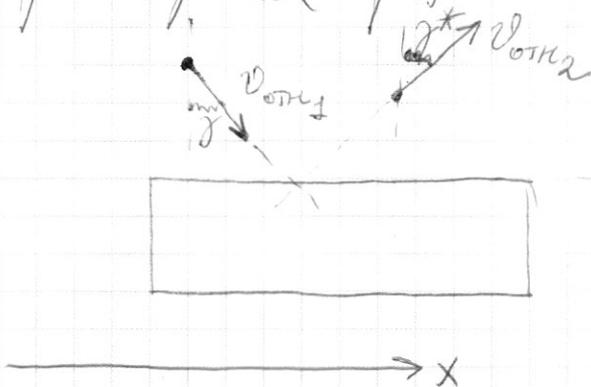
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\sin \alpha = \frac{2}{3}$$

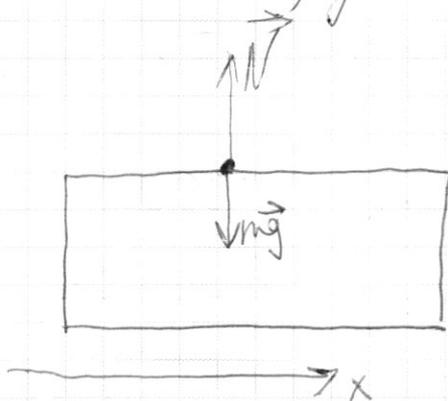
$$\sin \beta = \frac{3}{5}$$

1) Перейдем в СО массы (т.к. масса
массивная, то изм. её скорости можно
пренебречь (парадокс сольного тела).



Т.к. удар
не упругий, то
 $v_{отн1} \neq v_{отн2}$

Рассмотрим силы, действ. во время
удара.

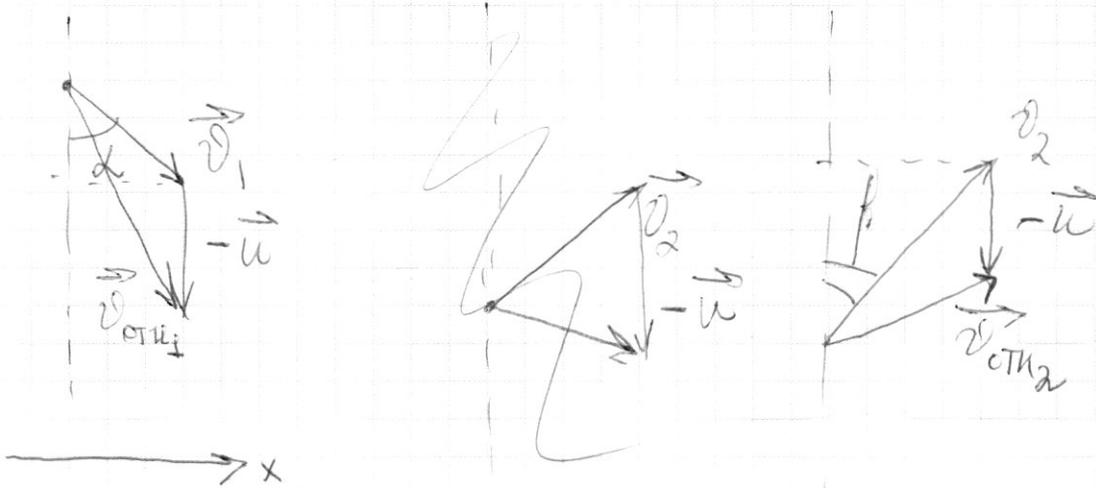


Т.к. трения
действует, только
 \vec{N} и $m\vec{g}$

$N_x = 0 \Rightarrow$ берем
ЗСН для ОХ

1. ЗУМ для ОХ:

$$m v_{отн \neq x} = m v_{отн \neq x} \Rightarrow v_{отн \neq x} = v_{отн \neq x}$$



$$v_{отн1x} = v_1 \cdot \sin \alpha ; \quad v_{отн2x} = v_2 \cdot \sin \beta$$

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

$$v_2 = v_1 \cdot \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$$

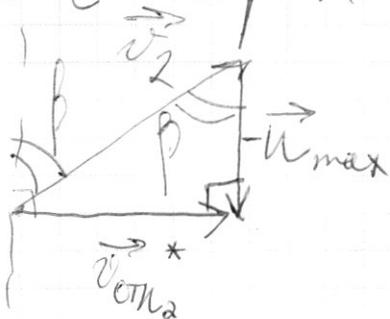
$$v_2 = 18 \cdot \frac{2/3}{3/5} = 18 \cdot \frac{5}{9} = 10$$

$$\Rightarrow 18 \cdot \frac{10}{9} = 2 \cdot 10 = \underline{\underline{20 \frac{м}{с}}}$$

и Карр вверх:

2) Найдите критическое значение u , такое, что (макс) Карр вверх

$v_{отн2x}$ будет горизонтально Карр, иначе шарик не отскочит!



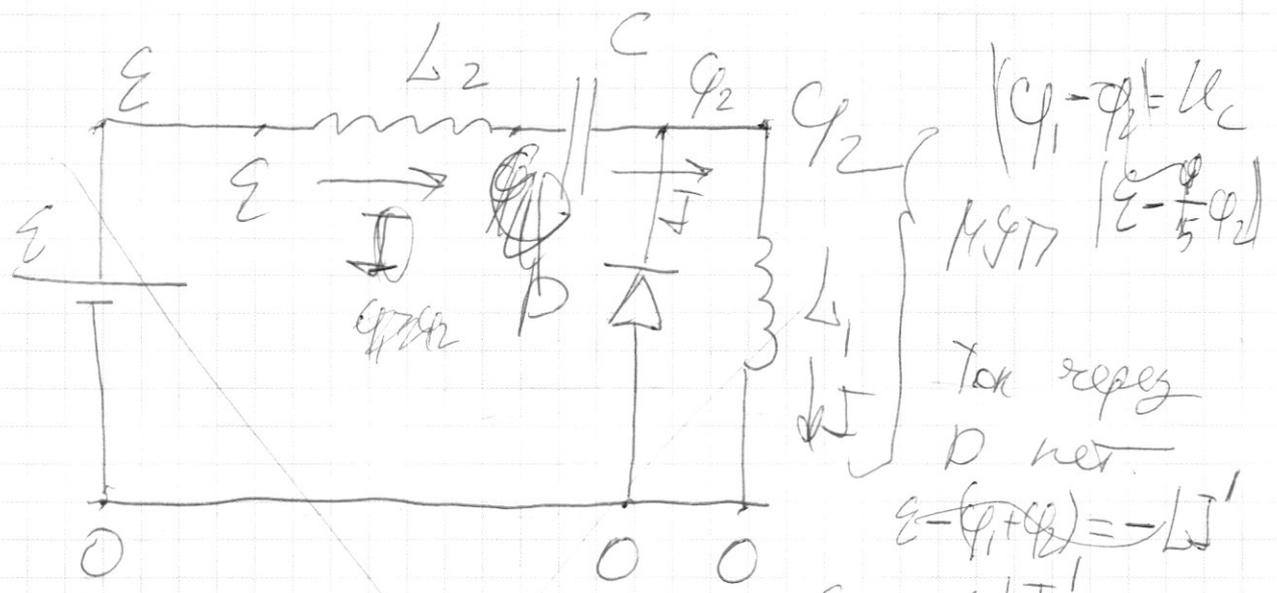
$$u_{max} = v_2 \cdot \cos \beta$$

$$\cos^2 \beta = 1 - \frac{9}{25} = \frac{16}{25} ; \quad \cos \beta = \frac{4}{5}$$

$$u_{max} = 20 \cdot \frac{4}{5} = \underline{\underline{16 \frac{м}{с}}} ; \quad u \leq 16 \frac{м}{с}$$

Ответ: 1) $20 \frac{м}{с}$; 2) $\leq 16 \frac{м}{с}$

4.



$$\varepsilon - \varphi_1 = L_2 \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$\varphi_2 = L_1 \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$\varepsilon - \varphi_1 = 4L_1 \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$\varphi_2 = 5L_1 \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$\varepsilon \rightarrow \varphi_2$

$$\frac{1}{4}(\varepsilon - \varphi_1) = \frac{1}{5}\varphi_2 \quad ; \quad 5\varepsilon - 5\varphi_1 = 4\varphi_2 \quad \kappa = \frac{q}{C}$$

$$\varepsilon - \varphi_1 = \frac{4}{5}\varphi_2 \quad ; \quad \varphi_1 = \varepsilon - \frac{4}{5}\varphi_2 \quad q = C\kappa$$

$$W_{const} = W = \frac{4LI^2}{2} + \frac{5LI^2}{2} + \frac{C\kappa^2}{2} = \frac{9LI^2}{2} + \frac{C\kappa^2}{2}$$

$$I = C \cdot \kappa'$$

$$W' = 0$$

$t_0 =$

$$q_{max} = 2\varepsilon C$$

$$q_{max} = C\kappa_{max}$$

$$\varepsilon \cdot q_{max} = C\kappa_{max}$$

$$\kappa_{max} =$$

$$2\varepsilon C = C\kappa_{max} \quad ; \quad \kappa_{max} = 2\varepsilon$$

$$\varepsilon \cdot q_{max} = \frac{q_{max}^2}{2C} \quad ; \quad q_{max} = 2\varepsilon C$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4.

$L_1 = 5L$
 $L_2 = 4L$
 $2C^2 - 2C^2$
 $\frac{4C^2}{2}$
 $E - \varphi_1 = L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}$
 $E - \varphi_2 = L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}$
 $\varphi_1 = \varphi_2$
 напряжение
 в индукц. элементах
 равно, то $\varphi_1 \neq \varphi_2 \Rightarrow$
 \Rightarrow ток не тот. В таком
 случае $E - \varphi = L$