# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

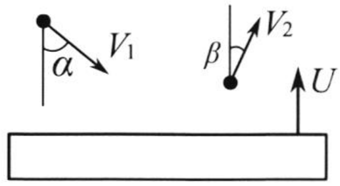
Класс 11

## 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.



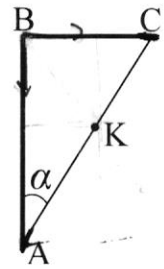

1) Найти скорость $V_2$.
2) Найти возможные значения скорости плиты $U$ при таком неупругом ударе.

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?

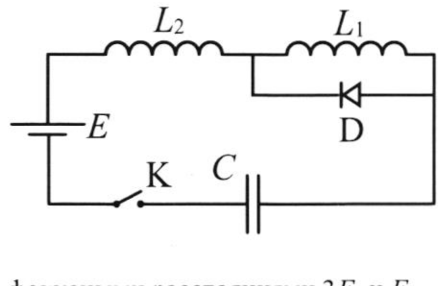
**3.** Две бесконечные плоские прямоугольные пластины AB и BC перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром $B$. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру B.




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?

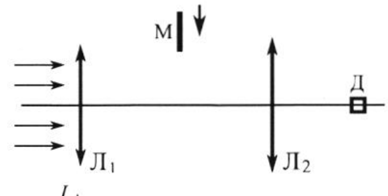
2) Пластины BC и AB заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = 3\sigma, \sigma_2 = \sigma$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/5$. Найти напряженность электрического поля в точке K на середине отрезка AC.

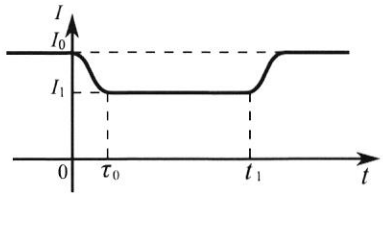
**4.** Электрическая цепь собрана из идеальных элементов: источника с ЭДС $E$, катушек с индуктивностями $L_1 = 4L$, $L_2 = 3L$, конденсатора емкостью $C$, диода D (см. рис.). Ключ $K$ разомкнут, конденсатор не заряжен, тока в цепи нет. После замыкания ключа возникают колебания тока в $L_1$.




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 $F_0$, $D$, $\tau_0$.

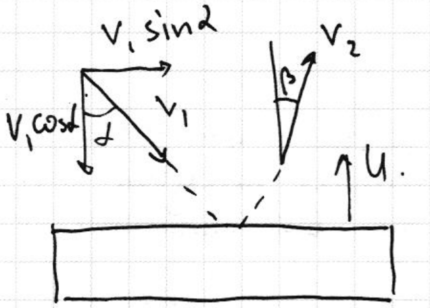
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА




№1.

Дано:

$v_1 = 12$ м/с.

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

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

Найти:

$v_2$ - ?

$u$ - ?

Реш: ~~Заметим, что~~ Разложим скорость шарика на вертикальную и гориз. скорости.

Заметим, что горизонт. составляющая при ударе сохраняется $\Rightarrow$ $v_1 \sin\alpha = v_2 \sin\beta$. (т.к нет трения и гор. сил)

$$v_2 = \frac{3}{2} v_1 = 18 \text{ м/с}.$$

2. Заметим, что если масса плиты много больше массы шарика, то при ударе скорость плиты ~~примерно~~ почти не меняется. В системе отсчёта, связанной с плитой, шарик совершает упругий отскок. $\Rightarrow v_1 \cos\alpha + u_1 = v_2 \cos\beta - u_1$.

Отсюда $2u_1 = v_2 \cos\beta - v_1 \cos\alpha = v_2 \cdot \frac{2\sqrt{2}}{3} - v_1 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} =$

$= 12\sqrt{2} - 6\sqrt{3} \to u_1 = 6\sqrt{2} - 3\sqrt{3}$

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

~~Также возможен вариант:~~

~~$v_1 \cos\alpha - u = v_2 \cos\beta + u$.~~

Заметим, что $v_1 \cos\alpha < v_2 \cos\beta$.

$$12 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} < \frac{2\sqrt{2}}{3} \cdot 18$$

$$6\sqrt{3} < 12\sqrt{2}$$

$$\cancel{3}\sqrt{3} < 2\sqrt{2}$$

Значит при ударе шарик получал доп. верт. скорость.

Значит ~~в~~ плита двигается строго вверх и $u = 6\sqrt{2} - 3\sqrt{3}$ – единств. вариант.

Отв: 1) 18 м/с.

2) $u = 6\sqrt{2} - 3\sqrt{3}$ м/с.

☐ черновик ☑ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

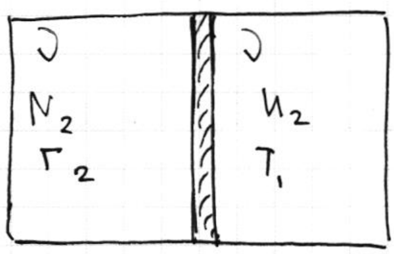
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2.




Дано:

$\nu = \frac{6}{7}$ моль. $C_V = \frac{5}{2}R$

$T_1 = 350K$

$T_2 = 550K$.

Найти: 1) $\frac{V_{H_2}}{V_{N_2}}$ – ?

2) $T_0$ – ?

3) $Q$ – ?

Реш:

1) В самом начале, т.к. поршень медленно двигался, давления водорода и азота были равны $\Longrightarrow$ $\frac{V_{H_2}}{V_{N_2}} = \frac{\nu R T_{H_2}}{\nu R T_{N_2}} = \frac{T_{H_2}}{T_{N_2}} = \frac{350}{550} = \frac{7}{11}$

2) В конце на поршень действуют одинаковые давления со стороны обоих газов $\Rightarrow$.

$\Rightarrow$ $\cancel{\frac{\nu RT}{V}}$ $P_{уст} V'_{H_2} = \nu R T_0 = P_{уст} V'_{N_2}$. Значит:

$V'_{H_2} = V'_{N_2} = \frac{V}{2}$ – уст. объёмы водорода и азота.

$\cancel{P_y T_0 = \frac{P_{уст} V}{2R\nu}}$, ~~также~~ у газов будут одинаковые вн. энергии в конце

Запишем ЗСЭ: $U_1 + U_2 = 2U_0 = 2 \cdot C_V \nu T_0$.

для всей системы $T_1 + T_2 = 2T_0 \rightarrow \underline{T_0 = 450K}$.

☐ черновик ☑ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

~~Q~~ тепло, которое азот передал водороду, это работа, которую ~~он~~ водород проделал при расширении.

$$U_2 = U_0 \cancel{+} - A.$$

$$A = U_0 - U_2 = C_v \nu \cancel{R} (T_0 - T_2) = \frac{5}{2} R \nu \cdot 100 =$$

$$= \frac{5}{2} \cdot 8{,}31 \cdot \frac{6}{7} \cdot 100 = \frac{8{,}31}{7} \cdot 1500 \approx 1{,}2 \cdot 1500 = 1800 \text{ Дж}.$$

Отв: 1) $\frac{V_{H_2}}{V_{N_2}} = \frac{7}{11} \cancel{\approx 0{,}63}.$

2) $T_0 = 450 K.$

3) $Q = 1800$ Дж.

2) Найдём максим. напряжение на конденсаторе через ЗСЭ:

$$A_{бат} = \frac{CU_m^2}{2}$$

$$\mathcal{E} C U_m = \frac{CU_m^2}{2}$$

$U_m = 2\mathcal{E} \Rightarrow$ Максимальный ток в цепи с катушкой индукт. $L$: $\Rightarrow$

$$A_{бат} = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} + \frac{LI_m^2}{2}$$

(в катушке макс. ток когда: $L\frac{dI}{dt} = \mathcal{E} - U_c = 0$, $\underline{\mathcal{E} = U_c}$).

$$C\mathcal{E}^2 - \frac{C\mathcal{E}^2}{2} = \frac{LI_m^2}{2}.$$

$$I_m = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L}}.$$

Значит: $I_{m1} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_1+L_2}} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{7L}}$.

$I_{m2} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{3L}}$.

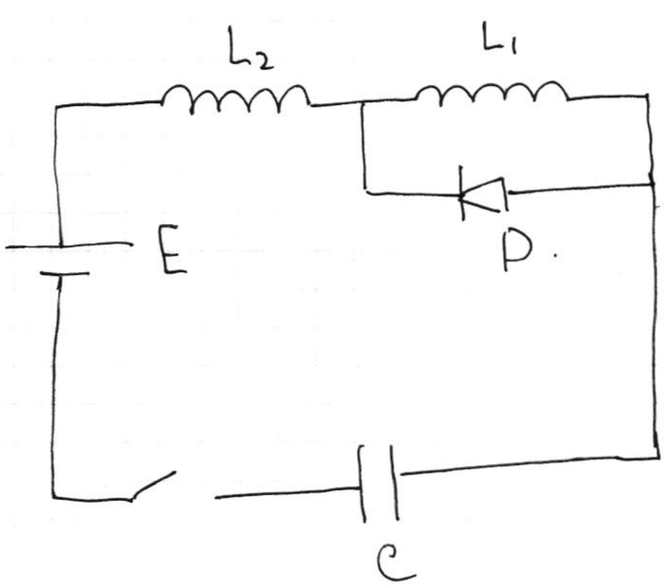
Ответ: 1) $T = \pi\left(\sqrt{7LC} + \sqrt{3LC}\right)$.

2) $I_{M1} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{7L}}$

3) $I_{M2} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{3L}}$.

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4.




Дано:

$L_1 = 4L$ $L_2 = 3L$. прописная Е.

E (будем обозн. за $\mathcal{E}$).

Найти:

T колебаний в $L_1$.

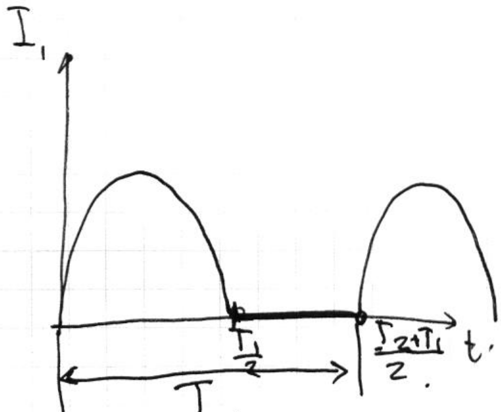
$I_{m1}$ - ?

$I_{m2}$ - ?

1) Когда ток в цепи течёт по часовой стрелке, через $L_1$ течёт ток, такой же, как и в $L_2$.

Когда против часовой — через $L_1$ ток не течёт, так как диод обр. перемычку.

Значит график тока через $L_1$ будет примерно такой:




Когда ток в цепи по часовой:

$$(L_2+L_1)\ddot{q} + \frac{q}{C} = \mathcal{E}.$$

$$(L_2+L_1)\ddot{I} + \frac{I}{C} = 0$$

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{1}{(L_1+L_2)C}}$$

Когда против часовой:

$$\omega_2 = \sqrt{\frac{1}{L_2 C}} \Rightarrow T = \frac{T_1+T_2}{2} = \pi\left(\sqrt{(L_1+L_2)C} + \sqrt{L_2 C}\right) = \pi\left(\sqrt{7LC} + \sqrt{3LC}\right)$$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

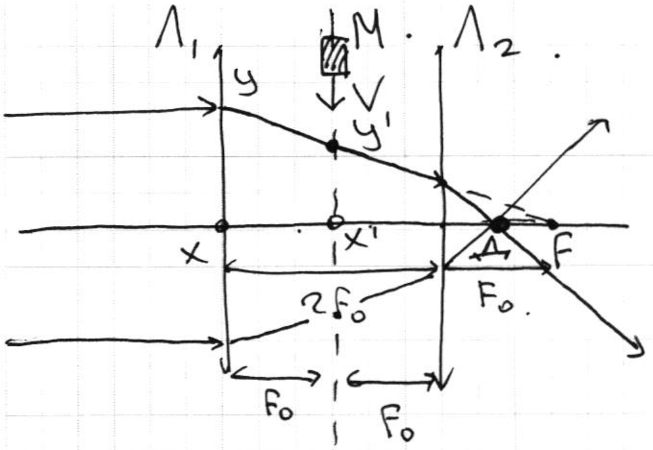
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5.




Дано:

$F(\Lambda_1) = 3F_0.$

$F(\Lambda_2) = F_0.$

$\rho(\Lambda_1, \Lambda_2) = 2F_0.$

Найти: $\rho(\Lambda_2; Д)$

$V$

$t_1$.

Реш:

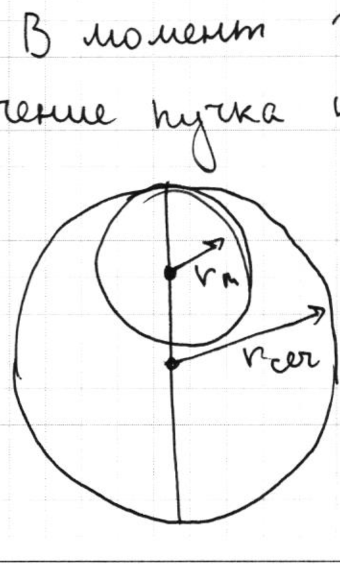
1) ~~I линза образует~~ первая линза образует сходящийся пучок, который сойдётся в т. F.

По формуле тонк. линзы:

$$-\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F} \to \frac{1}{b} = \frac{2}{F_0} \Rightarrow b = \frac{F_0}{2}.$$

2) Заметим, что $I \sim P_{св} \sim S_{пад.} \Rightarrow$

$\Rightarrow$ В момент $\tau_0$ мишень полностью вошла в сечение пучка на ~~$\rho(Д_1;$ сеч~~ рассм $F_0$ от $\Lambda_1$.




$$\frac{I_1}{I_0} = \frac{S_1}{S_{сеч}} = \frac{S_{сеч} - S_M}{S_{сеч}} = \frac{5}{9}$$

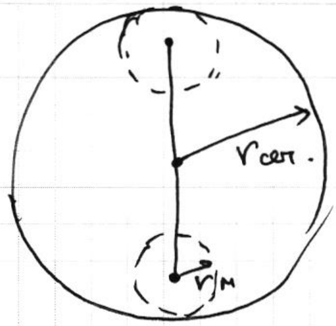
$$S_M = \frac{4}{9} S_{сеч} \Rightarrow r_M = \frac{2}{3} r_{сеч} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \cancel{V = \frac{2r_M}{\tau_0} = \frac{4}{3}} \; r_M = \frac{4}{9} r_{\Lambda_1} = \frac{2}{9} D.$$

это следует из подобия $\triangle XYF$ и $\triangle X'Y'F$ по 2м углам $\angle YXF = \angle Y'X'F = 90^\circ$ и $\angle XYF = \angle X'Y'F$ как соотв. углы при парал. прямых.

Значит $V \cdot \tau_0 = 2r_м$

$$\underline{V = \frac{4}{9} \cdot \frac{D}{\tau_0}}.$$




$t_1 - \tau_0$ — это время, за которое мишень проводит в сечении. Тогда площадь не меняется, и из-за этого ток тоже не мен.

$$\Rightarrow t_1 - \tau_0 = \frac{D_{сеч} - 2r_м}{V} = \frac{\frac{2}{3}D - \frac{4}{9}D}{V} = \frac{2}{9}\frac{D}{V} = \frac{2 \cdot \cancel{9} \cdot D}{\cancel{9} \cdot 4 \cdot D} \cdot \tau_0 =$$

$$= \frac{\tau_0}{2} \Rightarrow t_1 = \frac{3}{2}\tau_0.$$

Ответ: 1) $b = \frac{F_0}{2}$

2) $V = \frac{4}{9}\frac{D}{\tau_0}$.

3) $t_1 = \frac{3}{2}\tau_0$.

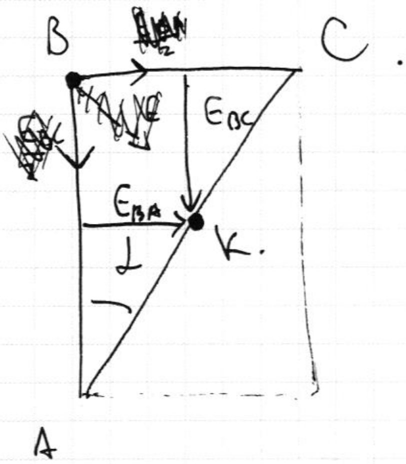
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА




№3.

Дано:

1) $\alpha = \frac{\pi}{4}$. BC – заряжена

$\frac{E_2}{E_1}$ – ?, если AB так же зарядить.

2) $\alpha = \frac{\pi}{5}$.

$\sigma_1 = 3\sigma$

$\sigma_2 = \sigma$.

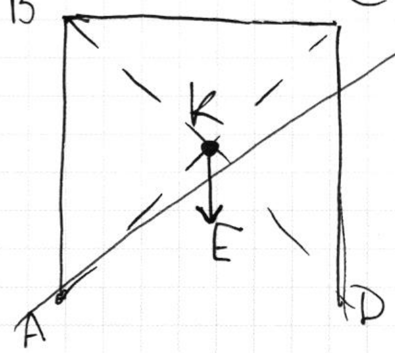
$E_K$ – ?.

Реш:

1) $E_1 = E_{BC}$

$\cancel{E_2 = \sqrt{E_{BC}^2 + E_{AB}^2} + \frac{1}{2}\sqrt{E_{BC}^2 + E_{AB}^2}}$

~~Чтобы понять, какое поле будет в конце, приставим пластину CD, идентичную AB, как показано на рисунке:~~




~~В этом случае в т.к. должно действовать только вертикальное поле $E = E_{BC}$, по горизонтали поля не будет, т.к. схема симметрична.~~

☐ черновик ☑ чистовик

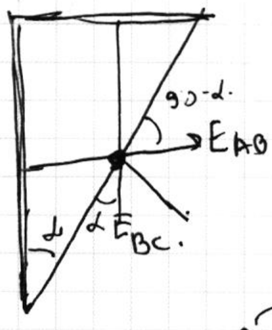
(Поставьте галочку в нужном поле)

Реш:

1) $E_1 = E_{BC} = 2\pi k \sigma.$

$E_2 = E_{BC} \cdot \overset{\sin}{\cancel{\cos}}\alpha + E_{AB} \cdot \overset{\cos\alpha}{\cancel{\sin}}\cancel{\cos}\alpha = 2\cos\alpha \cdot 2\pi k \sigma$

$\frac{E_2}{E_1} = 2\cos\alpha = \sqrt{2}.$

2) 


$E_{AB} = 2\pi k \cdot \cancel{3}\sigma$

$E_{BC} = 2\pi k \cdot 3\sigma.$

$E_k = \sqrt{E_{AB}^2 + E_{BC}^2} = 2\pi k \sqrt{\sigma^2 + 9\sigma^2} =$

$= \cancel{2\pi k}\ 2\sqrt{10}\,\pi k \sigma.$

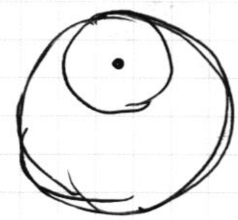
Ответ: 1) $\frac{E_2}{E_1} = \sqrt{2}$

2) $E_k = 2\sqrt{10}\,\pi k\sigma.$

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1.



1) $v_1 \sin\alpha = v_2 \sin\beta$.

$v_2 = v_1 \cdot \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{3}{2} v_1$.

$\cancel{\frac{mv_1^2}{2} + \ldots + E_{уд} = mv}$

2). $\cancel{v_1\cos\alpha}$

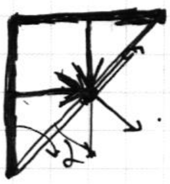

$\frac{mv_2^2}{2} = \frac{m(v_1+2u)^2}{2}$

$-v_2 = v_1 + 2u$.

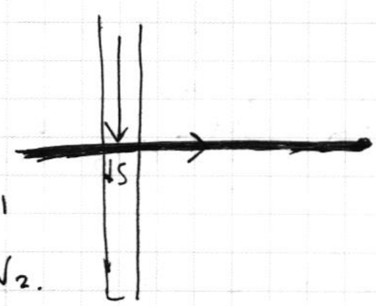
$\cancel{2u+v}$.

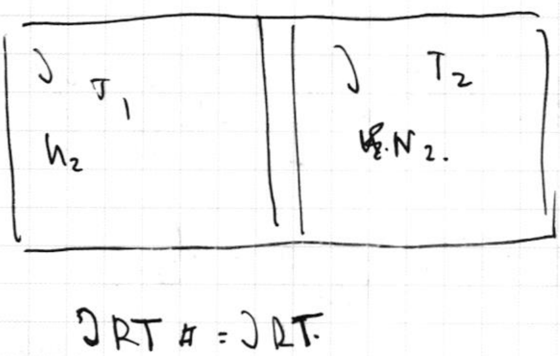
$v_1\cos\alpha + 2u = v_2\cos\beta$

$u = (-v_1 - v_2)/2$.



№2.




$\nu R T_1 = p_1 V_1$

$\nu R T_2 = p_2 V_2$.

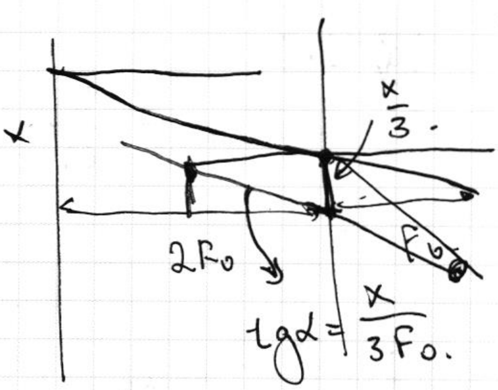
$\nu RT \cancel{+} = \nu RT$.

$\cancel{U_1 - Q =}$

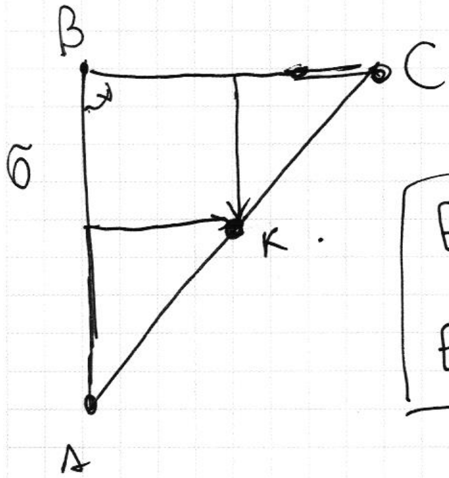
$U_1 = U_k + Q + A$

$U_2 = U_k - A + Q$.

$2Q = U_1 + U_2 - 2U_k$.




$\operatorname{tg}\alpha = \frac{x}{3F_0}$.

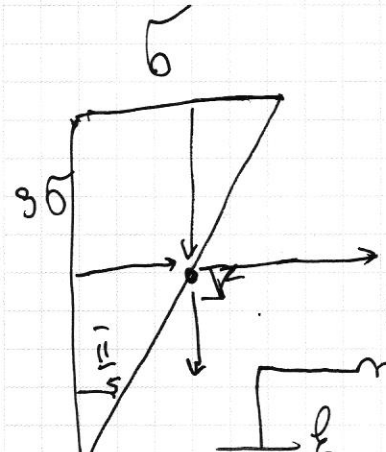


$$\cancel{\frac{LI_m^2}{2}+\frac{CU^2}{2}=\mathcal{E}CU}.$$

$$\boxed{\begin{aligned} E_1 &= 2\pi k\sigma. \\ E_2 &= 2\sqrt{2}\pi k\sigma. \end{aligned}}$$

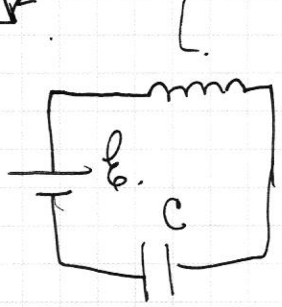
$$\cancel{\omega_{1}}\quad \omega_1=\sqrt{\frac{1}{L_1C}}$$

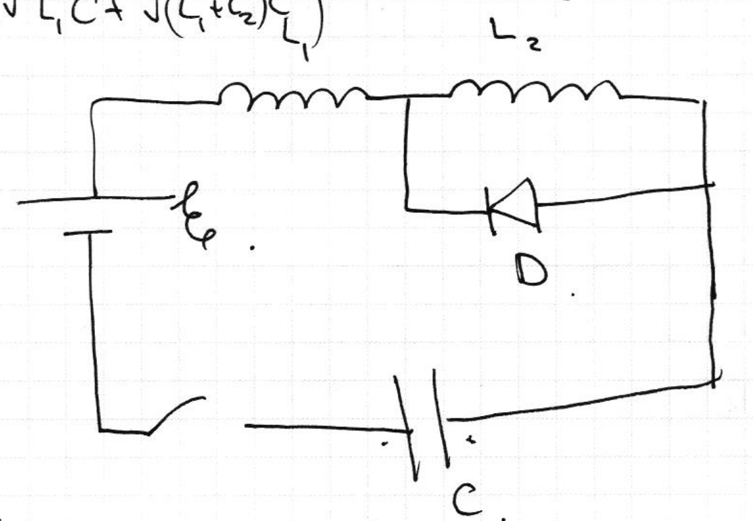
$$\omega_2=\sqrt{\frac{1}{(L_1+L_2)C}}$$



$$T=\cancel{2\pi\left(\frac{1}{\ }\right)}$$

$$\pi\left(\sqrt{L_1C}+\sqrt{(L_1+L_2)C}\right)$$





$$\frac{LI_m^2}{2}+\frac{CU_m^2}{2}=\mathcal{E}\cdot CU_m.$$

$$I_m^2+\frac{C}{L}U_m^2=\frac{C}{L}\mathcal{E}U_m.$$

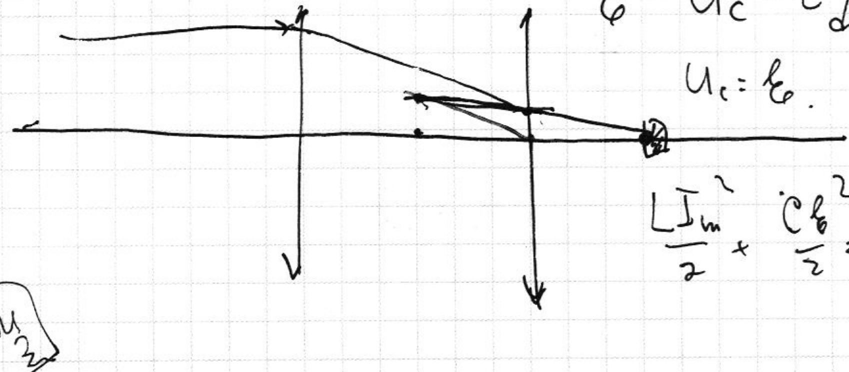
$$\mathcal{E}=L\frac{dI}{dt}+\frac{q}{C}.=L\ddot{q}+\frac{q}{C}.$$

$$\cancel{\frac{dq}{dt}}\ \cancel{I\cdot I}\quad I\cdot dI+\frac{C}{L}\cdot\frac{q}{C}.$$

$$\cancel{\mathcal{E}}=\ddot{q}+\frac{1}{LC}q=\mathcal{E}.$$

$$\mathcal{E}-U_C=L\frac{dI}{dt}.$$

$$U_c=\mathcal{E}.$$



$$I\sim S_{\text{нужн.}}$$

$$\mathcal{E}CU=\frac{CU^2}{2}$$

$$\mathcal{E}=\frac{U}{2}$$

$$\frac{LI_m^2}{2}+\frac{C\mathcal{E}^2}{2}=C\mathcal{E}^2$$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

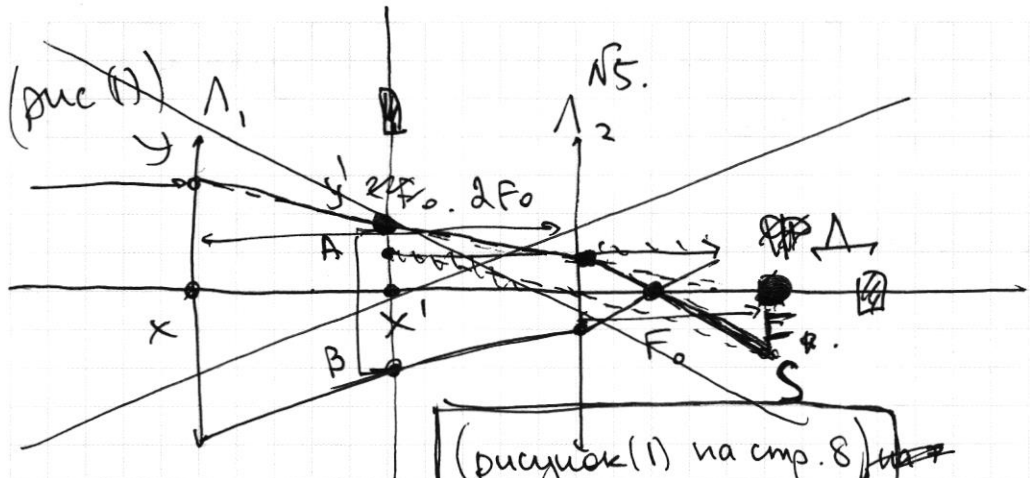
(Поставьте галочку в нужном поле) (Нумеровать только чистовики)

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

ШИФР
(заполняется секретарём)

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5.




(рисунок (1) на стр. 8)

Дано: Д.
$F(Л_1) = 3F_0$
$F(Л_2) = F_0$.
$\rho(Л_1; Л_2) = 2F_0$.
Найти:
$\rho(Л_2; Д)$.

Реш: Построим траекторию луча:

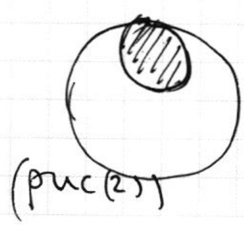
1) в линзе $Л_1$ он преломится и пойдёт в фокус, который находится за $Л_2$. Тогда на $Л_2$ падает сходящийся пучок.

$-\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F}$. ← Здесь $a = 3F_0 - 2F_0 = F_0$.
$b$ – расст до изображ.
$F - F_0$.

$\frac{1}{b} = \frac{1}{F} + \frac{1}{a} = \frac{2}{F_0} \Rightarrow b = \frac{F_0}{2} \Rightarrow$ ~~в то Д, нахо~~ детектор находится на расстоянии $\frac{F_0}{2}$ от линзы $Л_2$.

2). Заметим, что $I \sim S_{пад. света}$.

В момент времени $\tau_0$ мишень полностью вошла в сечение пучка AB (см. рис (1)).


(рис (2))

Значит, $\frac{I_1}{I_0} = \frac{S_1}{S_{AB}} = \frac{S_{AB} - S_M}{S_{AB}} = \frac{5}{9}$.

$S_M = \frac{4}{9} S_{AB}$ ~~$= \frac{4}{9} \cdot \frac{S_{линзы}}{9} \cdot 4$~~

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

Значит ~~8~~ $\frac{r_м}{r_{AB}} = \sqrt{\frac{S_м}{S_{AB}}} = \frac{2}{3}$.

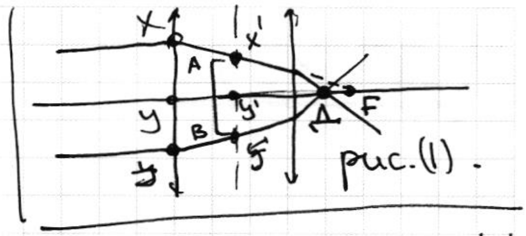


рис.(1).

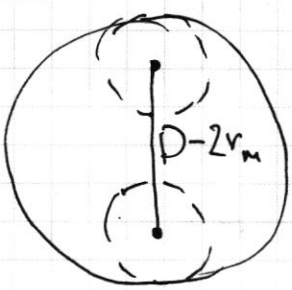
Также $r_{AB} = r_{Л_1} \cdot \frac{2}{3}$ из подобия $\triangle F_0XY$ и $\triangle F_0X'Y'$
по 2м углам $\angle XYF = 90^\circ$
$\angle YXF = \angle Y'X'F$

Значит $r_м = \frac{4}{9} \cdot \frac{D}{2} = \frac{2}{9} D$.

За время $\tau_0$ мишень прошла $2r_м$. $\Rightarrow$

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

рис 3.




Заметим, что $t_1 - \tau_0$ время, за которое мишень проходит из одного положения вн. касания в другое. (рис 3). Именно тогда сила тока не меняется. $\Rightarrow$

$$\Rightarrow t_1 - \tau_0 = \frac{D - 2r_м}{V} = \frac{5}{9} D \cdot \frac{9\tau_0}{4D} = \frac{5}{4}\tau_0.$$

$$t_1 = \frac{9}{4}\tau_0.$$

Ответ: 1) $b = \frac{F_0}{2}$

2) $V = \frac{4}{9} \cdot \frac{D}{\tau_0}$.

3) $t_1 = \frac{9}{4}\tau_0$.