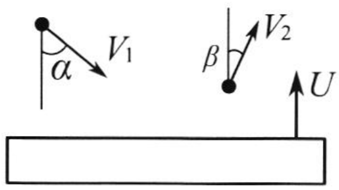
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

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.

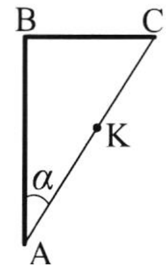
2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится водород, во втором – азот, каждый газ в количестве $\nu = 6/7$ моль. Начальная температура водорода T_1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

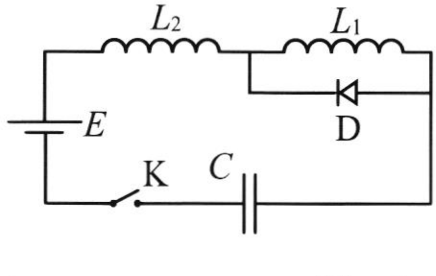
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины AB и BC перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром B. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру B.



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.

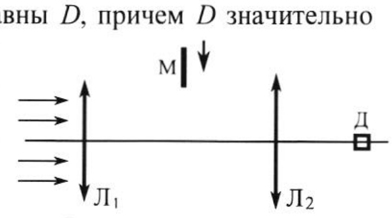


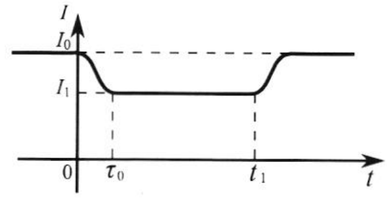
1) Найти период T этих колебаний.

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). $I_1 = 5I_0/9$.





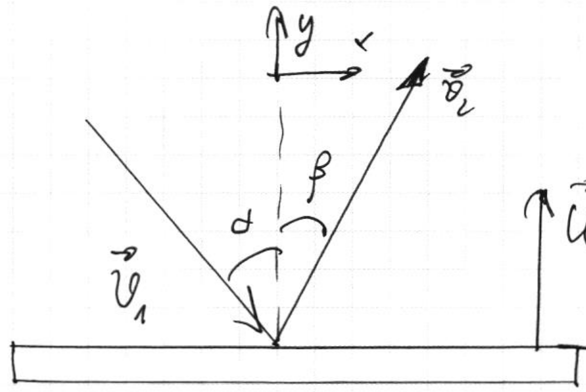
1) Найти расстояние между линзой Л$_2$ и фотодетектором.

2) Определить скорость V движения мишени. 3) Определить t_1.

Известными считать величины F_0, D, τ_0.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 1.



Решение:

1) Т.к. плита гладкая, то при ударе не возникает сил вдоль оси x, значит компоненты скорости шарика до и после удара равны:

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

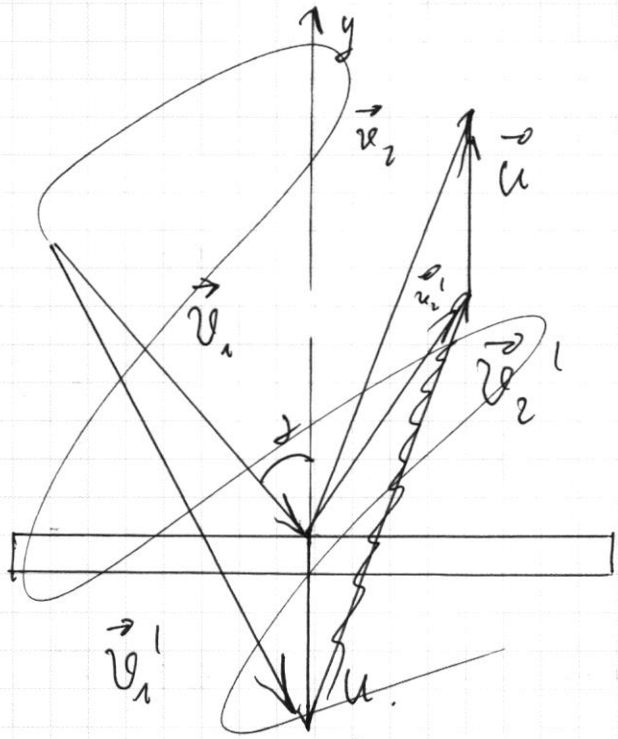
$$\left[v_2 = v_1 \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} \right]$$

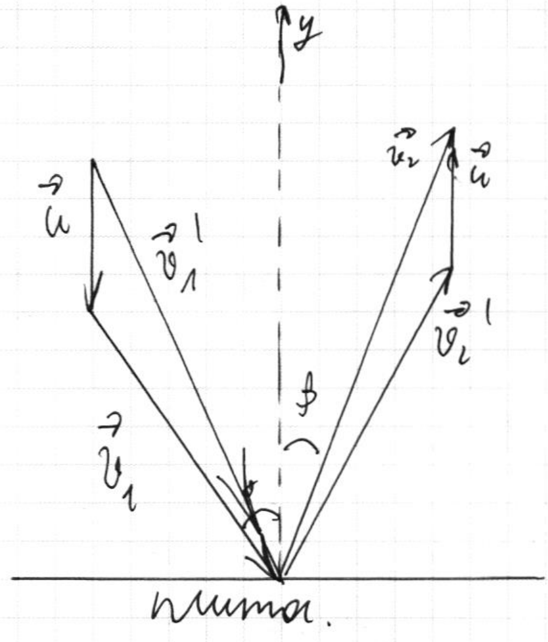
$$v_2 = 12 \frac{м}{с} \cdot \frac{1}{2} \cdot 3 = 18 \left(\frac{м}{с}\right)$$

2) Перейдём в СО плиты, она инерциальна, т.к. $\vec{u} = \overrightarrow{const}$.

З.С.С.:

$$\vec{v}_1' = \vec{v}_1 - \vec{u} \quad ; \quad \vec{v}_2' = \vec{v}_2 - \vec{u}$$





3) Удар неупругий, значит после него теряется составляющая скорости вдоль оси Y, пусть новая составляющая меньше в k раз => значит:

$$\vec v'_{2y} = k v'_{1y} = k(v_1 \cos\alpha + u)$$

$$v_{2y} = v'_{2y} + u = k v_1 \cos\alpha + k u + u.$$

$$v_{2y} = v_2 \cos\beta = k(v_1 \cos\alpha + u) + u.$$

k может изменяться от 0 до 1 где 0 соответствует абсолютно неупругому удару; а 1 — абсолютно

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

упругому. $(0 \le k \le 1)$.

$k=0$: $v_2 \cos\beta = 0 \cdot (v_1 \cos\alpha + u)_{max} + u_{max}$.

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

$k=1$: $v_2 \cos\beta = v_1 \cos\alpha + 2u_{min}$.

$$u_{min} = \frac{v_2 \cos\beta - v_1 \cos\alpha}{2},$$

$u_{min} \le u \le u_{max}$

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

$\cos\alpha = \sqrt{1-\frac{1}{4}} = \frac{\sqrt{3}}{2}$.

$u_{min} = \dfrac{18 \cdot \frac{2\sqrt{2}}{3} - 12 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{2} = \dfrac{12\sqrt{2} - 6\sqrt{3}}{2} =$

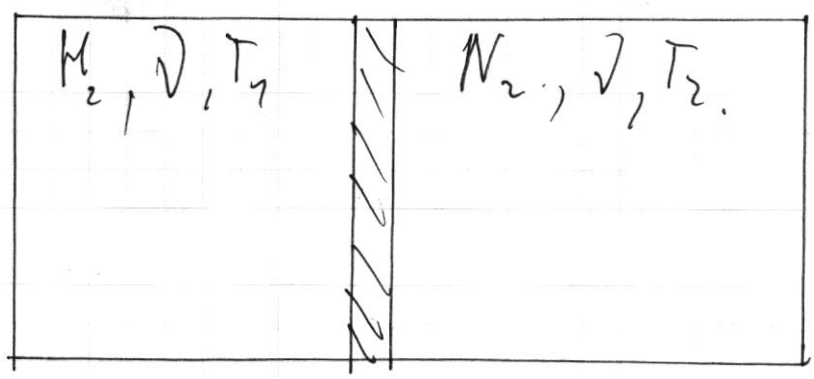
$= 6\sqrt{2} - 3\sqrt{3} = 3(2\sqrt{2} - \sqrt{3}) \left(\frac{м}{с}\right)$

$u_{max} = v_2 \cos\beta = 12\sqrt{2} \left(\frac{м}{с}\right)$

$3(2\sqrt{2}-\sqrt{3})\frac{м}{с} \le u \le 12\sqrt{2}\frac{м}{с}.$

Ответ: $\upsilon_2 = 18\frac{м}{с}$; $3(2\sqrt{2}-\sqrt{3})\frac{м}{с} \le$
$\le u \le 12\sqrt{2}\frac{м}{с}$.

Задача 2



Решение:

1) Ур. сост. идеального газа:

$p_0 V_{H_2} = \nu R T_1$

$p_0 V_{N_2} = \nu R T_2$.

$$\left[\frac{V_{H_2}}{V_{N_2}} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{350}{550} = \frac{7}{11},\right] (1)$$

2) ~~Для работы водорода, в процессе~~
~~уравнение Менделеева-Клапейрона~~:

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$E \downarrow\downarrow k.$

$v_2 \sin\alpha$

$$k\frac{m v_1'^2}{2} = k\frac{m v_2'^2}{2}.$$

$$k\frac{m v_{1x}'^2}{2} + \frac{m v_{1y}'^2}{2} k$$

$$k v_1'^2 = v_2'^2.$$

$$k v_{1x}'^2 + k v_{1y}'^2 = v_{2x}'^2 + v_{2y}'^2.$$

$$(k-1)(v_1 \sin\alpha)^2 + k(v_1 \cos\alpha + u)^2 =$$

$$= (v_2 \cos\beta - u)^2$$

$$(k-1)(v_1 \sin\alpha)^2 + k(v_1 \cos\alpha + u)^2 = (v_2 \cos\beta - u)^2$$

$$(k-1)(v_1 \sin\alpha)^2 + k(v_1 \cos\alpha + u)^2 = (v$$

$$(k-1)(v_1 \sin\alpha)^2 + k(v_1 \cos\alpha + u)^2$$

$$(k-1)(v_1^2 \sin^2\alpha) + k v_1^2 \cos^2\alpha$$

☒ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

Для работы водорода в процессе установления температуры:

$$A_{H_2} = \int p\,dV;$$

Для азота:

$$A_{N_2} = \int p(-dV) = -\int p\,dV = -A_{H_2}.$$

I начало термодинамики для системы: $\Delta U + A = Q$

$$\Delta U_{H_2} + \Delta U_{N_2} + A_{H_2} + A_{N_2} = 0;$$

т.к. сосуд теплоизолирован $Q = 0$.

$$A_{H_2} + A_{N_2} = 0.$$

$$\Rightarrow \quad \Delta U_{H_2} = -\Delta U_{N_2}$$

$$C_{\cancel{p}}\cancel{\nu}(T - T_1) = \cancel{C_V}\,\nu(T_2 - T).$$

$$\left[T = \frac{T_2 + T_1}{2}\right] \quad (2)$$

$$T = \frac{550 + 350}{2} = 450\,K$$

3) Ур-ние Менделеева-Клапейрона в процессе:

H_2: $p''V = \nu RT'$; N_2: $p(V_0 - V) = \nu RT''$

☐ черновик ☑ чистовик Страница № 5
(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

где V_0 – объём всего сосуда;

T' и T'' температуры водорода и азота в произвольный момент;

$$T' = \frac{pV}{\nu R}; \quad T'' = \frac{p(V_0 - V)}{\nu R}.$$

I начало т.д. в произвольный момент:

$$\cancel{C_V} \nu (T' - T_1) = \cancel{C_V} \nu (T_2 - T'')$$

$$T' - T_1 = T_2 - T''$$

$$\frac{pV}{\cancel{\nu R}} - T_1 = T_2 - \frac{p(V_0 - \cancel{V})}{\nu R}$$

$$p = \nu R \frac{(T_2 - T_1)}{V_0}$$

т.е. давление постоянно в процессе. значит мы можем найти работу водорода:

$$A_{H_2} = \int p\,dV = p(V_к - V_н) = \nu R T - \nu R T_1$$

☐ черновик ☑ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

(Нумеровать только чистовики)

Откуда по I началу т.д. для водорода:

$$Q = A_{H_2} + \Delta U_{H_2} = (C_V + R)\nu(T - T_1) =$$

$$= C_p \nu (T - T_1)$$

Т.к. сосуд теплоизолирован, то количество теплоты полученное водородом = количеству теплоты отданного азотом.

$$\Big[Q = C_p \nu (T - T_1) = \frac{7}{2}\nu R \cdot (T - T_1) =$$

$$= \frac{\cancel{7}}{\cancel{2}} \cdot \frac{\cancel{6}^{3}}{\cancel{7}} \cdot 8{,}31 \cdot 100 = 2493\ (\text{Дж})\Big]\ (3)$$

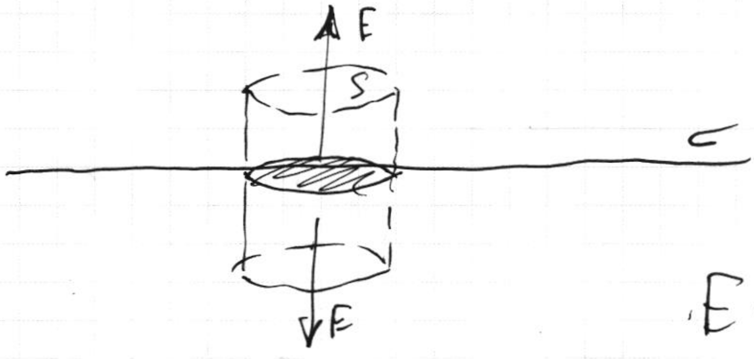
Ответ: 1) $\frac{7}{11}$; 2) $450\ ^\circ K$; 3) 2493 Дж.

Задача 3.

Решение:

1) Поле бесконечной пластины находится по т. Гаусса:

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\oint_{(S)} \vec{E}\,d\vec{S} = \frac{q}{\varepsilon_0}$$

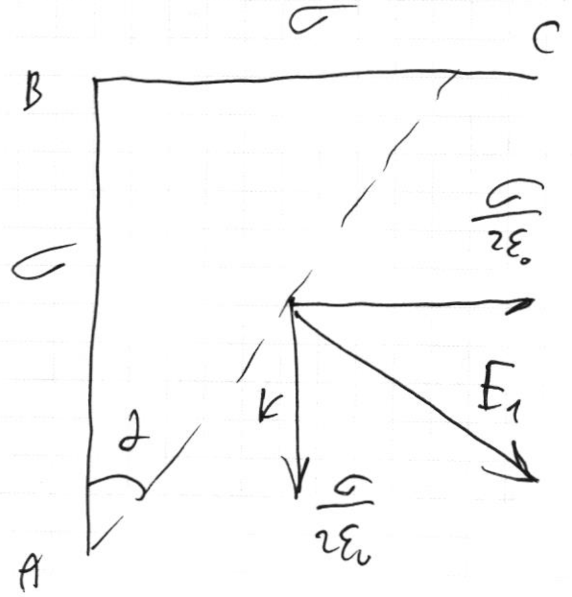
$$E \cdot 2S = \frac{\sigma \cdot S}{\varepsilon_0}$$

$$\boxed{E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}}$$

Поле не зависит от расстояния до пластины. и всегда ⊥ ей.

Значит когда пластинка BC была заряжена σ то поле в (·) K было равно $\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$, если зарядить AB:

Принцип суперпозиции:

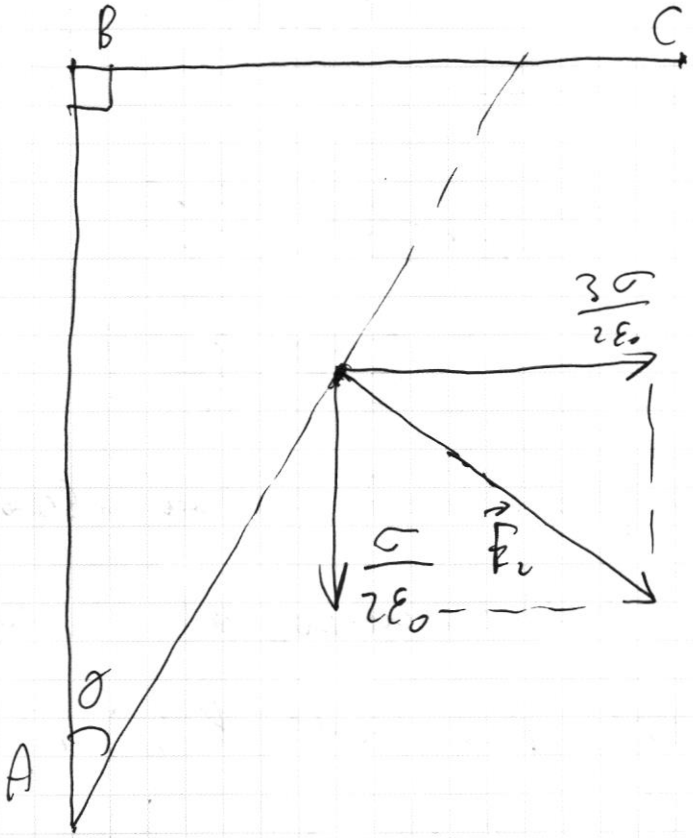


$$\vec{E}_1 = \vec{E}_{AB} + \vec{E}_{BC}$$

$$E_1 = \sqrt{1+1}\,\frac{\sigma}{2\varepsilon_0} = \frac{\sigma\sqrt{2}}{2\varepsilon_0}.$$

$$\boxed{\frac{E_1}{E} = \sqrt{2}} \quad (1)$$

2) Рассмотрим 2-ой случай:



th. Пифагора:

$$\boxed{E_2 = \sqrt{E_{AB}^2 + E_{BC}^2} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\sqrt{9+1} = \frac{\sigma\sqrt{10}}{2\varepsilon_0}}$$

Ответ: 1) $\sqrt{2}$; 2) $\frac{\sigma\sqrt{10}}{2\varepsilon_0}$

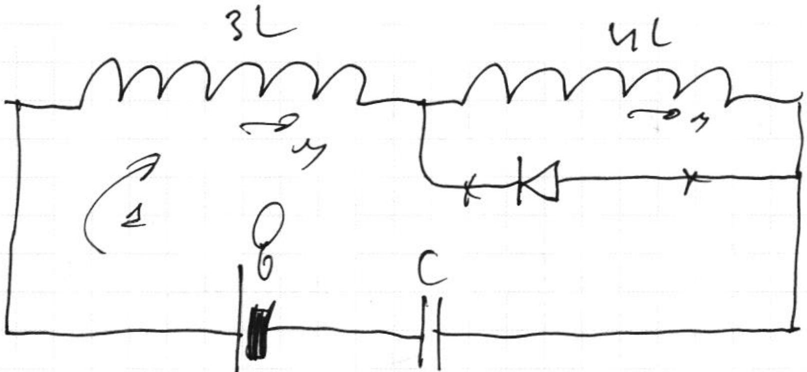
Задача 4.

Решение:

1) В начале ток будет течь через L_1 и L_2, а диод будет закрыт.

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



По I правилу Кирхгофа:

1: $\mathcal{E} = 3L\dot{y} + 4L\dot{y} + \frac{q}{C}$ $\Big| \cdot \frac{d}{dt}$

$$7L\ddot{y} + \frac{y}{C} = 0.$$

$$\ddot{y} + \frac{y}{7LC} = 0. \quad (*)$$

Мы получили дифференциальное уравнение гармонических колебаний

с $w_1 = \frac{1}{\sqrt{7LC}}$

Колебания в которых участвует катушка 4L будут продолжаться $t = \frac{T_1}{2}$ пока ток снова не станет $= 0$.

где $\left[T_1 = \frac{2\pi}{\cdot} \sqrt{7LC}\right]$

$t_1 = \pi\sqrt{7LC}$

Рассмотрим $\dot{y} = \dot{y}(t)$.

$y = y_0 \cos(w_1 t + \psi_1)$ - решение $(*)$.

$y(0) = 0 \Rightarrow \psi_1 = \frac{\pi}{2}$.

$y = y_0 \sin(w_1 t)$

$\int_0^t dq = y_0 \sin(w_1 t) \int_0^t dt$.

$q = -\frac{y_0}{w_1} \cos(w_1 t) + Const$.

а q - заряд на $\dashv\vdash^{C}$

$q(0) = 0 \Rightarrow Const = \frac{y_0}{w_1}$.

$q = \frac{y_0}{w_1}(1 - \cos w_1 t)$. $(**)$

Из 1 пр-ла Кирхгофа для контура

1: $\mathcal{E} = 7L\ddot{q} + \frac{q}{C}$.

Это тоже ур-ние гармонических

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

колебаний с частотой ω_1.

(**) $q = q_0 \cos(\omega_1 t) + C\mathcal{E}$ (при $t=0$ $q=0$).

$\Rightarrow q_0 = -C\mathcal{E}$; значит const из (**) равна $-C\mathcal{E}$.

$\Rightarrow -\frac{I_0}{\omega_1} = -C\mathcal{E}$

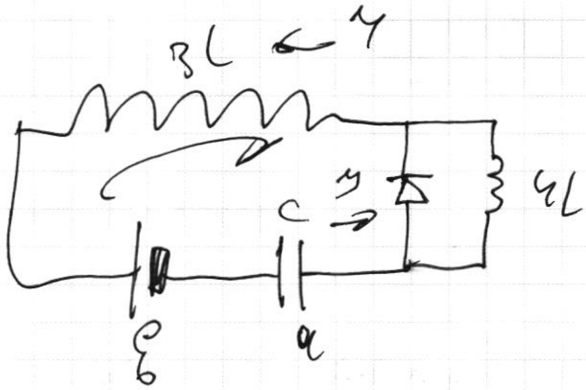
$I_0 = C\mathcal{E}\frac{1}{\sqrt{LC}} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L}}$

$I = I_0 \sin\omega_1 t \Rightarrow \left[I_{max} = I_0 = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L}} \right]$ – max ток в 1 катушке. (2)

2) Далее когда пройдёт время t_1, диод откроется и будет происходить переходный процесс без L_1

☐ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Для него



$\mathcal{E} = 3L\ddot{q} + \frac{q}{C}$

$$\mathcal{E} = 3L\ddot{q} + \frac{q}{C}$$

$$\ddot{q} + \frac{q}{3LC} = \mathcal{E}$$

Мы опять получили дифференциальное уравнение гармонических колебаний. С $\omega_2 = \frac{1}{\sqrt{3LC}}$

Такие колебания также будут продолжаться $\frac{1}{2}T_2$

пока ток снова не станет $= 0$,

$t_2 = \frac{1}{2}T_2 = \pi\sqrt{3LC}$

$$\left[T_{\text{процесса в цепи}} = t_1 + t_2 = \pi\sqrt{LC}\left(\sqrt{7} + \sqrt{3}\right)\right] (1)$$

Из (***) видно, что в конце 1 процесса, q значит в начале 2

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$q = 2C\mathcal{E}$.

По З.С.Э. от начального момента до момента установления ~~для~~ тока I_{2max} во 2-ой катушке:

$$A_{\mathcal{E}} = \Delta W + Q^{=0},$$

$$-\mathcal{E}\cdot C\mathcal{E} = \frac{3L I_{2max}^2}{2} + \frac{C\mathcal{E}^2}{2} - \frac{4C\mathcal{E}^2}{2}.$$

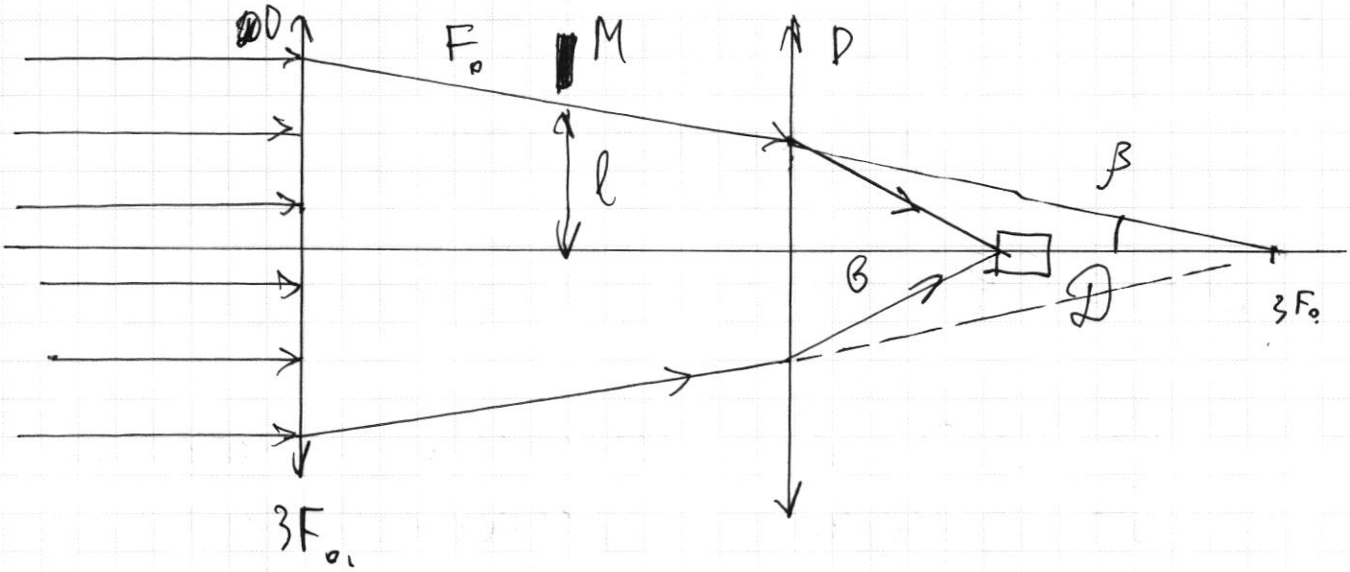
$$\frac{1}{2}C\mathcal{E}^2 = \frac{3L I_{2max}^2}{2}$$

$$\left[I_{2max} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{3L}} \right]^{(3)} = I_{2max}.$$

~~Из~~ (в момент I_{2max} заряд на ёмкости равен $C\mathcal{E}$; т.к. процесс аналогичен 1)).

Ответ: 1) $\pi\sqrt{LC}(\sqrt{7}+\sqrt{3})$ 2) $\mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{7L}}$
3) $\mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{3L}}$.

Задача 5.



Решение:

1) Т. к. пучок параллелен, то после преломления на $Л_1$ лучи пойдут так, чтобы собраться в фокусе т.е. в $3F_0$.

2) Для $Л_2$ по ф-ле тонкой линзы:

$$-\frac{1}{3F_0-2F_0}+\frac{1}{в}=\frac{1}{F_0}$$

$$\frac{1}{в}=\frac{2}{F_0}$$

$$\boxed{в=\frac{F_0}{2}} \quad (1)$$

3) Мишень вылезает на расстоянии F_0

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

От L_1 ~~...~~. Ширина пучка на таком расстоянии $-2l$

$$\frac{l}{3F_0-F_0}=\frac{D}{2\cdot 3F_0}=\operatorname{tg}\beta$$

$$\left[l=\frac{1}{3}D\right]$$

4) Проанализируем график ~~...~~ $I=I(t)$

время τ_0 мишень въезжала в область лучей (шириной $2l$) и двигалась в ней ~~за~~ время $t_1-\tau_0$.

т.к. $I=\alpha P$; где I - ток; P - мощность света.

$P=J\cdot S$, где J - интенсивность пучка; S - площадь, то.

$I_0=\alpha J S_0$

1. В промежутке $\tau_0 \le t \le t_1$.

$$I = \frac{5}{9} I_0 = \alpha \gamma \cdot S$$

$$\Rightarrow \quad S = \frac{5}{9} S_0,$$ где S – площадь, которую не закрывает мишень.

$$S = \cancel{\pi D^2}\ \pi \cdot l^2 - \pi r^2$$

$$S_0 = \pi l^2$$

$$\pi l^2 - \pi r^2 = \frac{5}{9} \pi l^2.$$

$$\frac{4}{9} \cancel{\pi} l^2 = \cancel{\pi} r^2$$

$$r = \frac{2}{3} l$$

где r – радиус мишени.

d – её диаметр $\Rightarrow$ $d = 2r = \frac{4}{3} l =$

$$= \frac{4}{3} \cdot \frac{1}{3} \cdot D = \frac{4}{9} D$$

т.к. мишень въезжала за время τ_0,

то: $$\boxed{v = \frac{d}{\tau_0} = \frac{4D}{9\tau_0}} \quad (2)$$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3) ~~Ускорения~~ из 2):

$$v = \frac{2l - 2v}{t_1 - \tau_0} = \frac{2(l-v)}{t_1-\tau_0} =$$

$$= \frac{2(l-\frac{2}{3}l)}{t_1-\tau_0} = \frac{\frac{2l}{3}}{t_1-\tau_0} = \frac{\cancel{\frac{2D}{9}}}{t_1-\tau_0} = \frac{4}{9}\cdot\frac{D}{\tau_0}$$

$$\tau_0 = 2t_1 - 2\tau_0.$$

$$3\tau_0 = 2t_1.$$

$$\left[t_1 = \frac{3}{2}\tau_0\right] (3)$$

Ответ: 1) $\frac{F_0}{2}$ 2) $\frac{4D}{9\tau_0}$ 3) $\frac{3}{2}\tau_0$

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\frac{k v_1^2 \sin^2\alpha}{2} - \frac{v_1^2 \sin^2\alpha}{2} + \frac{k v_1^2 \cos^2\alpha}{2} +$

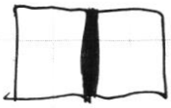
$+ 2k v_1 \cos\alpha\, u + k u^2 =$

$= v_2^2 \cos^2\beta - 2 v_2 \cos\beta\, u + u^2$

$Q = C_V \nu \Delta T + p\Delta V \quad H_2 \Leftarrow N_2$

$k v_1^2 - v_1^2 \sin^2\alpha + 2k v_1 \cos\alpha\, u + k u^2$

$k v_1^2 - v_1^2 \sin^2\alpha = u^2(1-k)$



Q

$\int p\,dV.$

$dQ = dA + C_V \nu dT.$ $\quad C_V \nu dT = C_V \nu dT$

$\int p\,dV =$

$p\,dV + V\,dp = \nu R\,dT$ $\quad 18.$

$p = \frac{\nu R T}{V}.$ $\quad \frac{u \nu R T \cdot 300}{\cancel{8} V}$ $\quad 50 \quad \frac{7}{12}.$ $\quad \frac{u \nu R\, 450}{9V} = \frac{2550 \nu R}{V}.$

$\frac{550 \nu R}{V}.$

$U_2 - U_1$

$Q = \Delta U$. $\quad U_2 - U_1 + A = Q$

$C_V \nu (T' - T_1) = C_V \nu (T_2 - T'')$ $\quad T'' = \frac{p(2V_0 - V)}{\nu R}$

$p = \frac{V}{18}$

$T' - T_1 = T_2 - T''$

$C_V \nu (T' - T_1) =$

$= C_V \nu$

$pV = \nu R T'$

$p(2V_0 - V) = \nu R T''$

В начале

$p_0 V_0 \cdot \frac{7}{18} = \nu R T_1$

$p_0 \frac{9}{18} V_0 = \nu R T_2$

$p_0 = \frac{18}{7} \cdot \frac{\nu R}{V_0} \cdot 350 = 18$

$p_0 V_0 \cdot \frac{7}{18}$

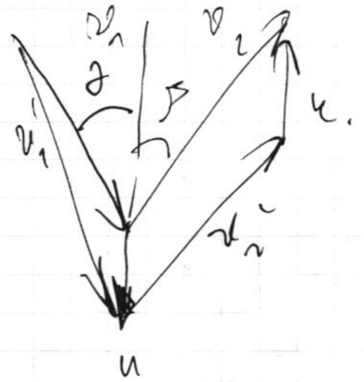
$T' = T_2 - T_1 - \frac{p(2V_0 - V)}{\nu R}$

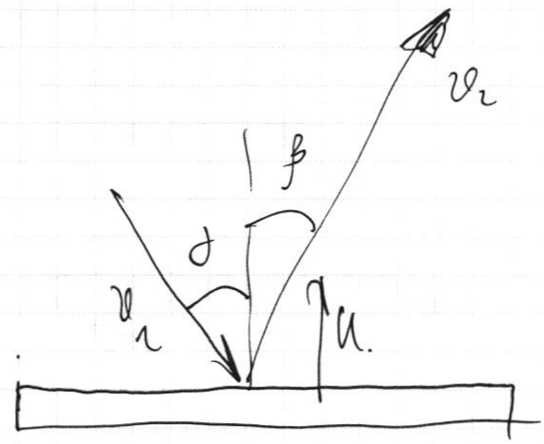
$\frac{pV}{\nu R} = T_2 - T_1 - \frac{2pV_0}{\nu R} + \frac{pV}{\nu R}$

$T_2 - T_1 = \frac{2pV_0}{\nu R}$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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





$k(v_1\cos\alpha + u) = (v_2\cos\beta - u)\cancel{k}$.

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

$v_1\frac{1}{2} = v_2\frac{1}{3}$.

$v_2 = \frac{3}{2}v_1 = \frac{3}{2}\cdot 12 =$
$= 18\left(\frac{м}{с}\right)$

$v_2' = k(v_1\cos\alpha + u)$.

$v_2\cos\beta = v_2' + u =$
$= k(v_1\cos\alpha + u) + u$.

$v_2\cos\beta = k(v_1\cos\alpha + u) + u$.

$v_2\cos\beta = kv_1\cos\alpha + u(k+1)$

$\frac{v_2\cos\beta - kv_1\cos\alpha}{k+1} = u$.

$\cancel{u'_k = \frac{-v_1\cos\alpha}{k+1}}$

$u = (k+1)^{-1}(v_2\cos\beta - kv_1\cos\alpha)$.

$u'_k = -(k+1)^{-2}(v_2\cos\beta - kv_1\cos\alpha) +$
$+ (k+1)^{-1}(-\cancel{k}v_1\cos\alpha) = 0$.

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

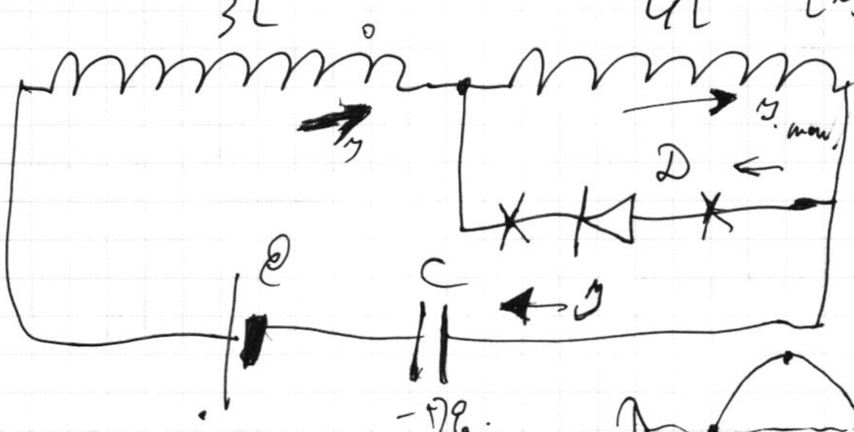
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

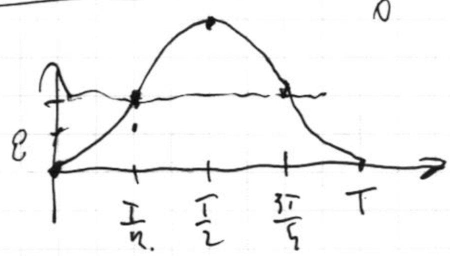
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$L\dot{y}_0$

$L\dot{y}=0.$

$y=const.$



$\mathcal{E}=7L\dot{y}+\frac{q}{C}.$

$7L\ddot{q}+\frac{q}{C}=\mathcal{E}.$

$\ddot{q}+\frac{q}{7LC}=\frac{\mathcal{E}}{7L}$

$\ddot{y}+\frac{y}{7LC}=0.$

$\left[w_1=\frac{1}{\sqrt{7LC}}\right]$

$q=q_0\cos(w_1t)+C\mathcal{E}$

$\frac{1}{2}T.$

$y=y_0\sin(w_1t)$

$y(0)=0.$

$q(0)=0.$ $\quad q_0=-C\mathcal{E}.$

$2\mathcal{E}$

$q=C\mathcal{E}(1-\cos w_1t).$

$\dot{q}=C\mathcal{E}w_1\sin(w_1t)=C\mathcal{E}w_1\sin(w_1t)$ $\quad U_C=\mathcal{E}(1-\cos w_1t).$

$\dot{y}=y_0w_1\cos(w_1t)$

$\ddot{q}=\dot{y}=C\mathcal{E}w_1^2\cos(w_1t)$

через $\frac{T}{4}$

$U_D=-LC\mathcal{E}w_1^2\cos(w_1t)$

$U_D=-4Ly_0w_1\cos(w_1t)$

$y(0)=0.$

$w_1t=\frac{\pi}{4}.$ $\quad y=y_{max}.$

$\dot{y}=0.$

$\frac{7Ly_{max}^2}{2}=\frac{C\mathcal{E}^2}{2}$ ОВ $=A_\mathcal{E}.$

$y_{max}=\mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{7L}}$

$\frac{C\mathcal{E}^2}{2}+\frac{7Ly_{max}^2}{2}=\mathcal{E}\cdot C\mathcal{E}.$

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)

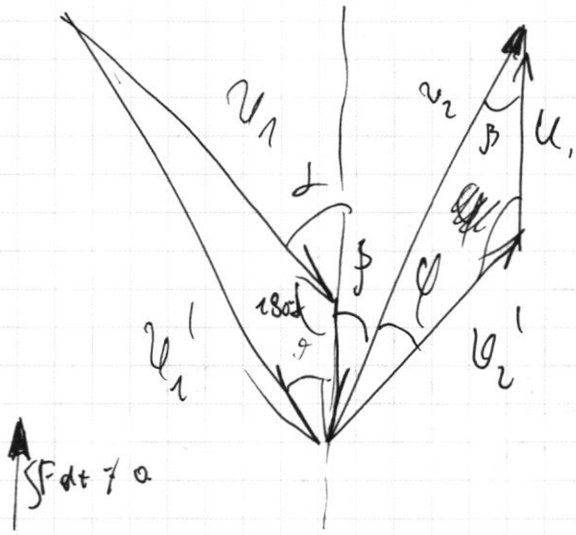
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



y:

$v_2\cos\beta = u + v_2'\cos(\varphi+\beta)$

~~$v_1'\cos\vartheta = v_1\cos\alpha + u$~~

$v_1\cos\alpha = v_1'\cos\vartheta - u$

$v_1'\cos\vartheta = k v_2'\cos(\varphi+\beta)$

$v_1'\sin\vartheta = v_1\sin\alpha$

$k(v_1\cos\alpha + u) = (v_2\cos\beta - u)$

$\int F dt = m v_1\cos\alpha$

$k = \dfrac{v_2\cos\beta - u}{v_1\cos\alpha + u}$

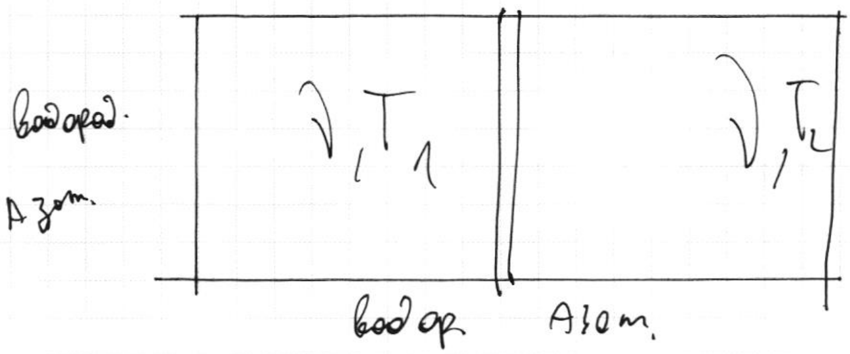
$\int F dt = [(v_2\cos\beta - u) + (v_1\cos\alpha + u)]\, m.$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)



C_V 2f 3f

H_2; N_2

$PV_H = \nu R T_1$

$Q = \Delta U + A$. $PV_N = \nu R T_2$.

$$\left(\frac{V_H}{V_N} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{350}{550}\right)$$

$A_\Sigma = 0$.

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

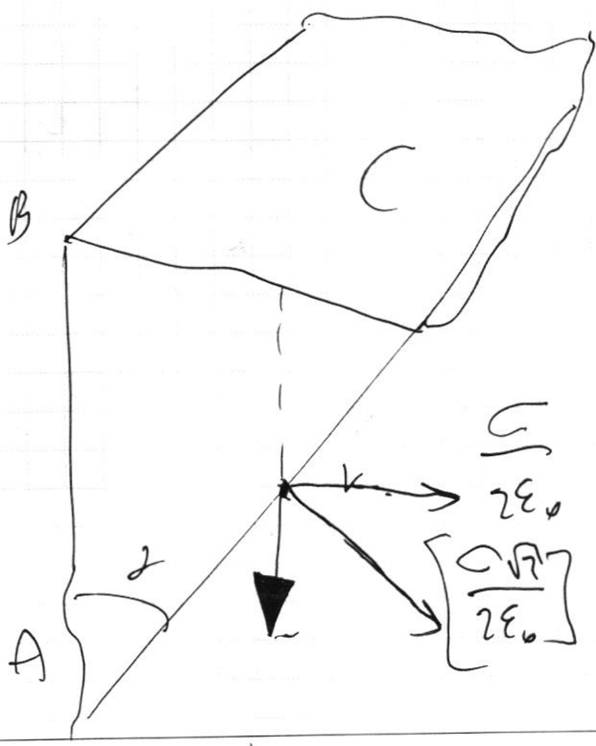
$\frac{90}{5} = 18^0$

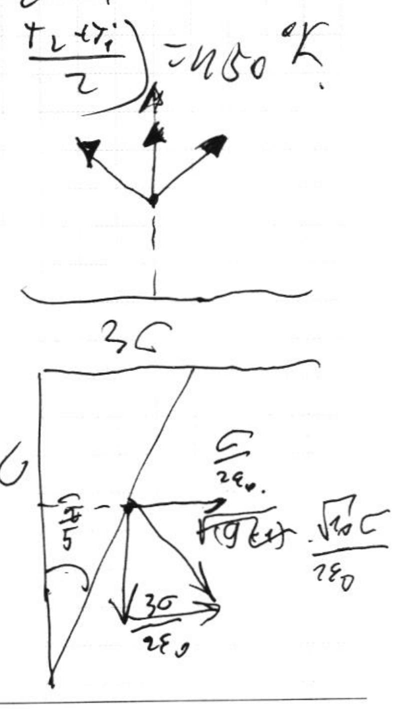
$T - T_1 = T_2 - T$.

$2T = T_2 + T_1$

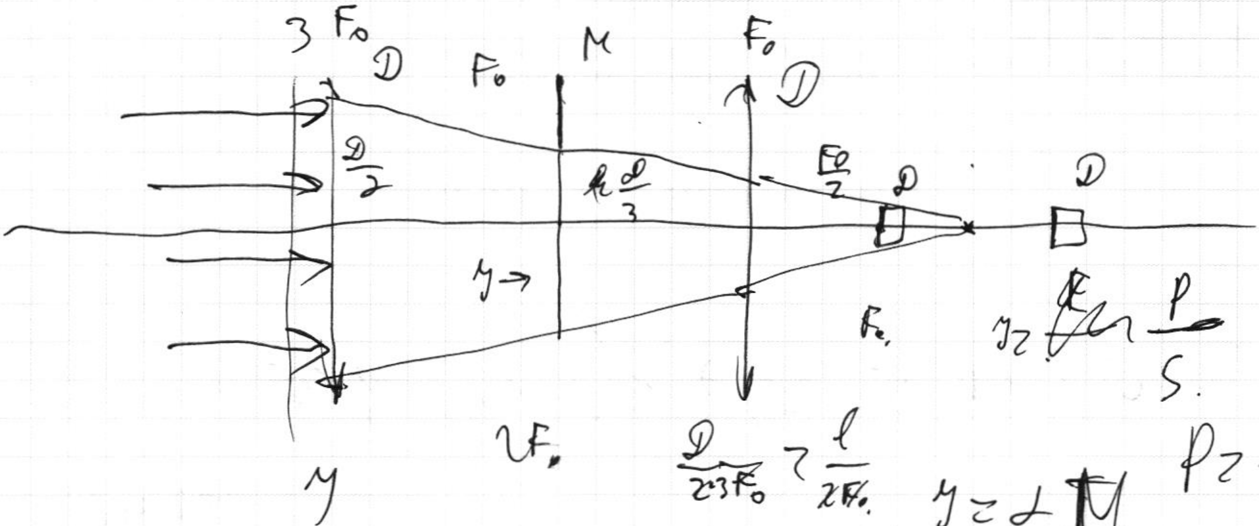
$\left(T = \frac{T_2 + T_1}{2}\right) = 450\,^\circ K$.

$\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$.





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



$y = \frac{P}{S}$

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

$P = y \cdot S$

$y = \alpha$

$l = \frac{D}{3}$

$-\frac{1}{F_0} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F_1}$

$y = \alpha P = \alpha y \cdot S$

$\frac{1}{b} = \frac{2}{F_0}$

$b = \frac{F_0}{2}$

$y_0 = \alpha \cdot I \cdot S_0$

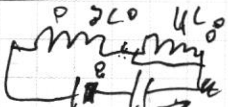
$v = \frac{D}{(t_1 - t_0)^2}$

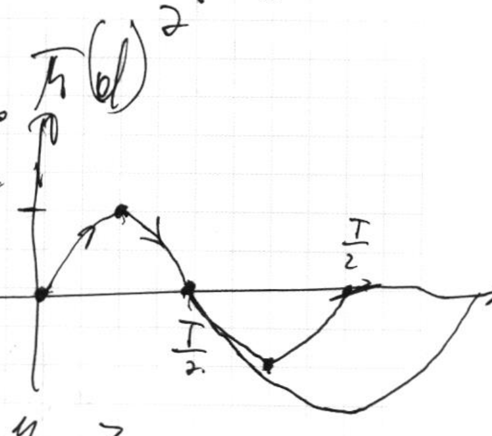
$y_1 = \frac{5}{9} y_0 = \alpha y \cdot S_1$

$\mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{3L}}$

$S_1 = \frac{5}{9} S_0$

$S_m = \frac{4}{9} S_0$





$\mathcal{E} = 7L\dot{y} + \frac{y}{C}$

$\omega_1 = \frac{1}{\sqrt{7LC}}$

$\ddot{y} + \frac{y}{7LC} = 0$

$y_{max} =$

$y = y_0 \sin(\omega_1 t)$

☑ 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

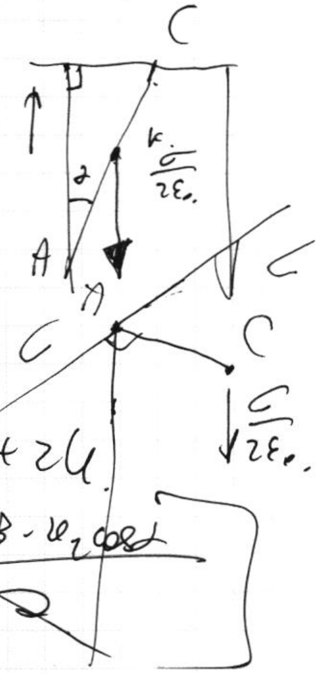
$$-v_2\cos\beta + k v_2\cos\alpha + (k+1) v_1\cos\alpha = 0.$$

$u = v_2\cos\beta.$

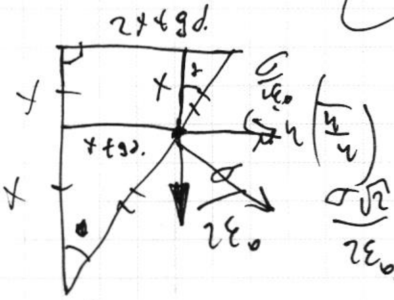
$$k v_2\cos\alpha - k v_1\cos$$

$0 \le k \le 1.$

$$0 \le k \le 1$$



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



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

$$\boxed{u_{min} = \frac{v_2\cos\beta - v_1\cos\alpha}{2}}$$

$$u_{min} \le u \le u_{max}$$

$$u'_k = v_2\cos\beta - (k+1) v_1\cos\alpha + k v_1\cos\alpha$$

$\cancel{u_{min}}$

$$v_2\cos\beta = k v_1\cos\alpha + u(k+1)$$

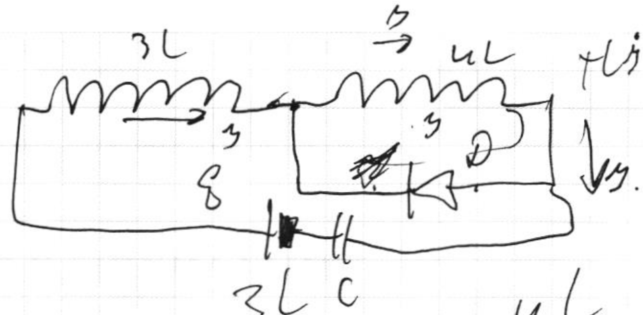
$v_2\cos\beta = k v_1\cos\alpha \ldots$

$$u = \frac{v_2\cos\beta}{k+1} - \frac{1}{1+\frac{1}{k}} v_1\cos\alpha.$$

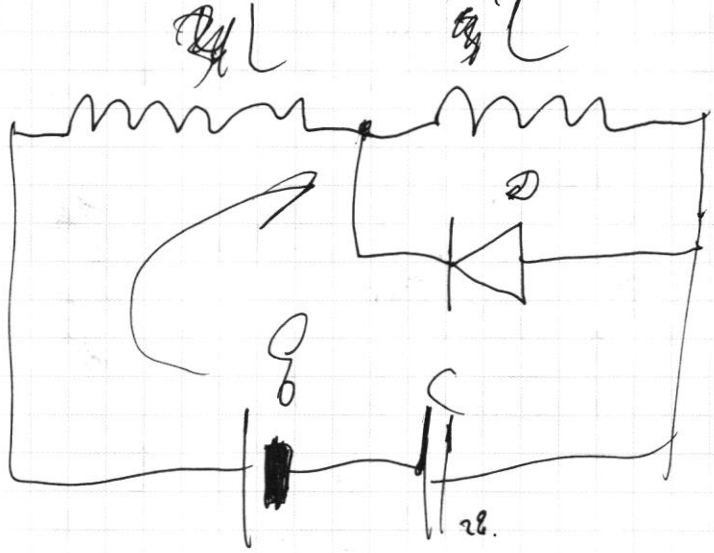
$$u'_k = -\frac{v_2\cos\beta}{(k+1)^2} - \frac{v_1\cos\alpha}{k+1} + \frac{k v_1\cos\alpha}{(k+1)^2}$$

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)



Пока Д закрыт.



$$\mathcal{E} = 7L\dot{y} + \frac{q}{C}$$

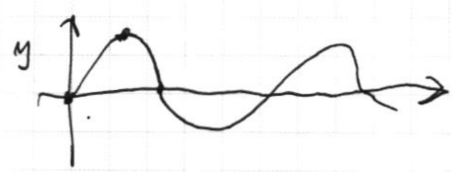
$$0 = 7L\ddot{y} + \frac{y}{C}$$

$$7L\ddot{y} + \frac{y}{C} = 0$$

$$\ddot{y} + \frac{y}{7LC} = 0$$

$$\omega_1 = \frac{1}{\sqrt{7LC}}$$

Пока Д открыт:



$$\mathcal{E} = 3L\dot{y} + \frac{q}{C}$$

$$3L\ddot{y} + \frac{y}{C} = 0$$

$$\ddot{y} + \frac{y}{3LC} \qquad \omega_2 = \frac{1}{\sqrt{3LC}}$$

$$T = \pi\sqrt{7LC} + \pi\sqrt{3LC}$$

$$U_D = 4L\dot{y}_1$$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

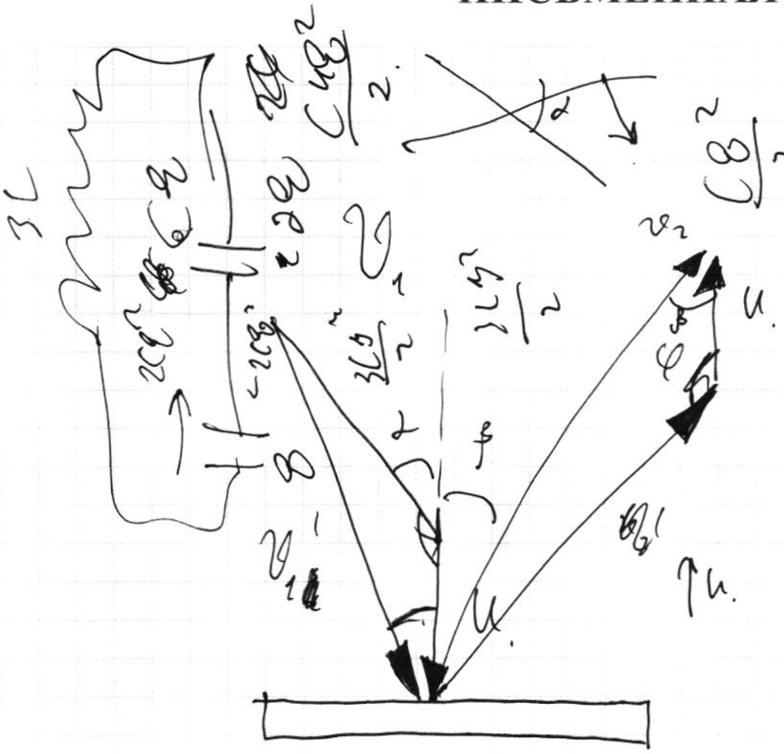
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

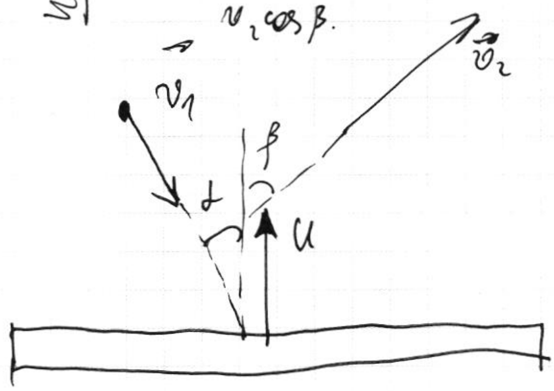
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$v_2 \cos\alpha$

$v_1 \cos\beta.$



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

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

$v_1' = \sqrt{v_1^2 + u^2 + 2 v_1 u \cos\alpha}$

$v_2^2 = u^2 + v_2' - 2uv_2 \cos(\varphi)$

$v_1 = \frac{\frac{1}{2}\cdot 12}{\frac{1}{3}}$

v_1' 24,93 $= 6\cdot 3 = 18$

$p \neq const.$

$F \neq const.$

$v_1 \cos\alpha + u = v_{1y}'$

$v_{1y}' \neq v_{1y}'$

$v_{2y} = u + v_{2y}'$

~~$v_{2y} = 2u + u_1 \cos\alpha$~~

$v_{2y}' =$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)