Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

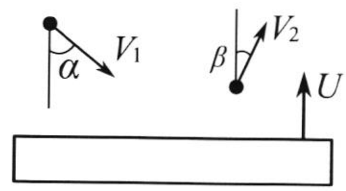
Класс 11

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

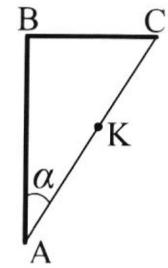
2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится водород, во втором – азот, каждый газ в количестве $\nu = 6/7$ моль. Начальная температура водорода $T_1 = 350$ 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?

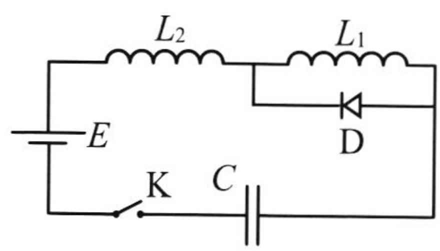
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины AB и BC перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром B. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру B.



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.

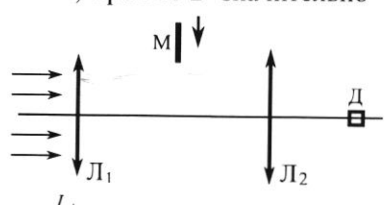


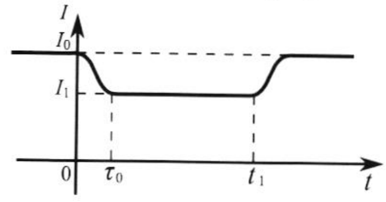
1) Найти период T этих колебаний.

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.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2

Дано:

$\nu = \frac{6}{7}$

$T_1 = 350\,K$

$T_2 = 550\,K$

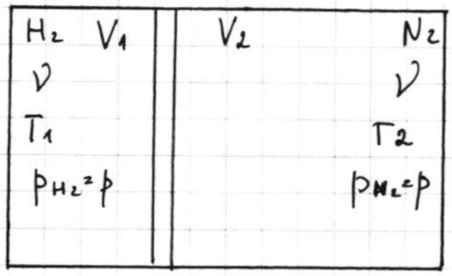
$C_V = \frac{5}{2}R$

$\frac{V_{H_2}}{V_{N_2}}$ - ?

T_0 - ?

Q - ? переданная.

Решение:



1) Т.к. поршень подвижный и в начальный момент времени находится в равновесии, то давления азота и водорода должны быть равны: $p_{N_2} = p_{H_2} = p$

запишем ур-ие Менделеева-Клапейрона для азота и водорода:

$$\begin{cases} p_{H_2} V_1 = \nu R T_1 \\ p_{N_2} V_2 = \nu R T_2 \end{cases} \quad \begin{cases} p V_1 = \nu R T_1 \\ p V_2 = \nu R T_2 \end{cases}$$

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

$$\boxed{\frac{V_{H_2}}{V_{N_2}} = \frac{T_1}{T_2}}$$

2) Т.к. сосуд теплоизолированный, то энергия сохраняется, => запишем з-н сохранения энергии:

$$\underbrace{\frac{i}{2}\nu R T_1}_{\text{внутр. энергия водорода вначале}} + \underbrace{\frac{i}{2}\nu R T_2}_{\text{внутр. энергия азота в начале}} = \underbrace{\frac{i}{2}\nu R T_0}_{\text{внутр энергия водорода в конце}} + \underbrace{\frac{i}{2}\nu R T_0}_{\text{внутр. энергия азота в конце.}}$$

$$\nu R T_1 + \nu R T_2 = \nu R T_0 + \nu R T_0$$

$$T_1 + T_2 = 2T_0, \Rightarrow \boxed{T_0 = \frac{T_1 + T_2}{2}}$$

☐ черновик ☑ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

3) запишем I начало термодинамики: №2 (продолжение)

$Q = A + \Delta U$

ур-ие Майера: $C_p = C_v + R$

$\Delta U = C_v \nu \Delta T = \frac{i}{2} \nu R \Delta T$

$A = p\Delta V = \cancel{C_p \nu \Delta T} = \frac{2}{2} \nu R \Delta T$

$Q = \frac{i}{2} \nu R \Delta T + \nu R \Delta T = \frac{i+2}{2} \nu R \Delta T = \frac{i}{2} R \; C_v \nu \Delta T + \nu R \Delta T =$

$= (C_v + R) \nu \Delta T$

$\Delta T = (T_0 - T_1) = (T_2 - T_0) = -(T_0 - T_2)$

Q переданное азотом = Q полученному водородом

~~Т.к. Q переданное~~ Если тепло отдаётся, то $Q<0$

$Q = (C_v + R)\nu (T_0 - T_2)$ (отрицательная величина)

Значит, Q переданное $= (C_v + R)\nu(T_2 - T_0)$ (положит величина).

Q переданное $= (C_v + R)\nu\left(T_2 - \frac{T_1+T_2}{2}\right) =$

вычисления:

$\frac{V_{H_2}}{V_{N_2}} = \frac{350K}{550K} = \frac{\cancel{35}^{7}}{\cancel{55}_{11}} = \frac{7}{11}$

$= (C_v + R)\nu\frac{(T_2 - T_1)}{2} = \left(\frac{5R}{2} + R\right)\nu\frac{(T_2 - T_1)}{2} = \frac{7}{2} R \nu \frac{T_2 - T_1}{2}$

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

Q переданное $= \frac{7}{4} R \nu (T_2 - T_1)$

$350 + 550 = 900$

$831 \times 3 = 2493$

~~Q переданное $= \left(\frac{5R}{2} + R\right)$~~

Q переданное $= \frac{7}{4} \cdot 8{,}31 \frac{Дж}{моль \cdot K} \cdot \frac{6}{7}$ моль $(550K - 350K) =$

$= \frac{\cancel{7} \cdot 8{,}31 \cdot \cancel{6}^{3} \cdot \cancel{200}^{100}}{\cancel{4} \cdot \cancel{7}} = 831 \cdot 3 = 2493$ Дж

Ответ: 1) $\frac{V_{H_2}}{V_{N_2}} = \frac{7}{11}$

2) $T_0 = 450K$

3) 2493 Дж.

☐ черновик ☑ чистовик Страница №2

(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

№3

Дано:

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

$\sigma_{AB} = \sigma_{BC} \equiv \sigma$

2) $\sigma_1 = 3\sigma$

$\sigma_2 = \sigma$

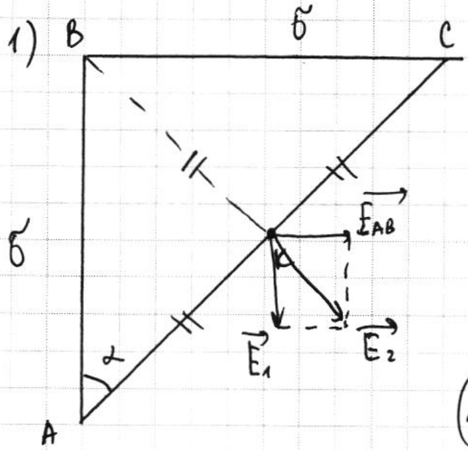
$\alpha = \frac{\pi}{5}$

1) $\frac{E_2}{E_1}$ −?

2) E_K −?

Решение:

1)



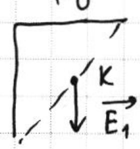
и $\alpha = \frac{\pi}{4} = 45°$

Если $q_{AB} = q_{BC}$ ($\sigma_{AB} = \sigma_{BC}$), то модули векторов напряжённости полей, создаваемых этими пластинами будут равны. (из симметрии $|\vec{E}_{BC}| = |\vec{E}_{AB}|$)

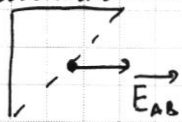
$BK = CK = AK$ (медиана, проведённая из вершины прямого угла)

Рассмотрим случай когда заряжена только пластина BC.

Напр-сть поля, создаваемого бесконечно заряженной пл-стью, в точке K равна $E_1 = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$

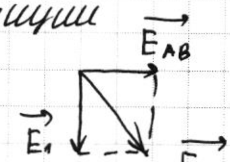


Если зарядить плоскость AB (пов. пл-сть заряда σ), то напряжённость поля создаваемая пластиной AB: $E_{AB} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$



По ~~р~~ принципу суперпозиции

$\vec{E}_2 = \vec{E}_1 + \vec{E}_{AB}$

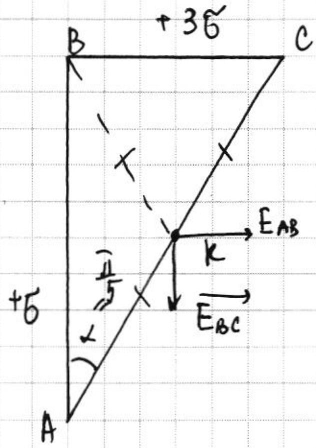


По теореме Пифагора: $E_2 = \sqrt{E_1^2 + E_{AB}^2} = \sqrt{2E_1^2} = E_1\sqrt{2} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\sqrt{2}$

$\frac{E_2}{E_1} = \frac{\sigma\sqrt{2} \cdot 2\varepsilon_0}{2\varepsilon_0 \, \sigma} = \sqrt{2}$ => напряжённость увеличится в $\sqrt{2}$ раз.

2)

№3 (продолжение)

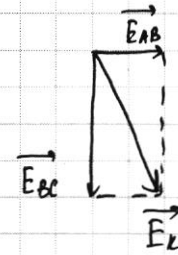


BK = CK = AK (медиана, проведённая из вершины прямого угла)

Напряжённость поля, создаваемого бесконечно заряженной пл-стью $E = \frac{q}{2S\varepsilon_0} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$

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

$E_{BC} = \frac{3\sigma}{2\varepsilon_0}$



По принципу суперпозиции $\vec{E}_K = \vec{E}_{AB} + \vec{E}_{BC}$

По теореме Пифагора $E_K = \sqrt{E_{AB}^2 + E_{BC}^2} =$

$= \sqrt{\frac{\sigma^2}{4\varepsilon_0^2} + \frac{9\sigma^2}{4\varepsilon_0^2}} = \sqrt{\frac{10\sigma^2}{4\varepsilon_0^2}} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\sqrt{10}$

Ответ: 1) $\sqrt{2}$.

2) $E_K = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\sqrt{10}$

№5.

Дано:

$F_1 = 3F_0$

$F_2 = F_0$

$l = 2F_0$

D, F_0, I_0

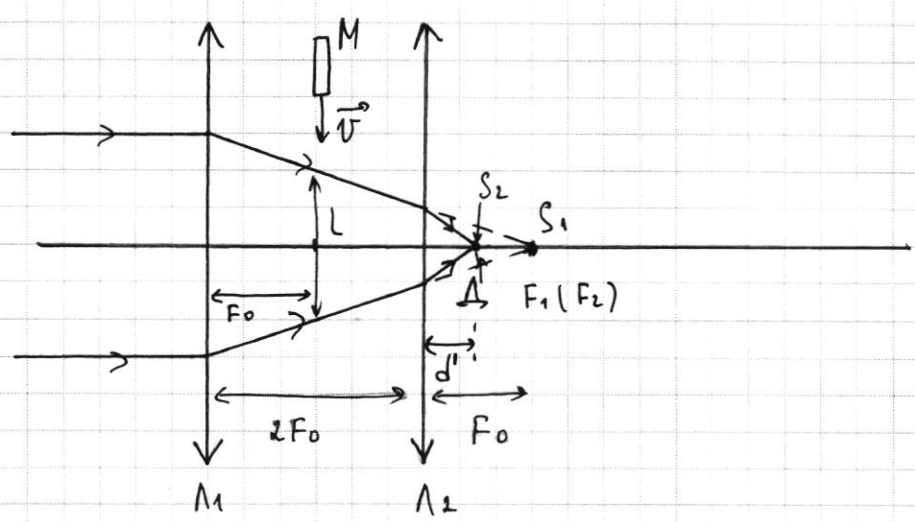
$I_1 = \frac{5}{9} I_0$

1) d' - ?

2) v - ?

3) t_1 - ?

Решение:



Если бы не линза Л2, то параллельный пучок лучей собрался бы в фокусе первой линзы, но из-за линзы Л2 падающие на неё лучи преломляются и собираются ближе, чем фокус (ближе, чем собрались бы без линзы Л2), т.е. в точке S_2.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5 (продолжение)

Можно сказать, что S_1 - мнимый предмет для линзы №2.

Запишем формулу тонкой линзы: ~~для линзы 2~~

$$\pm\frac{1}{d} \pm \frac{1}{d'} = \pm\frac{1}{F}$$

d - расстояние от предмета до линзы

d' - расстояние от изображения до линзы

F - фокусное расстояние линзы.

Для линзы 2:

$d = F_0$, $F = F_0$

$$-\frac{1}{F_0} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{F_0}$$

$$\frac{1}{d'} = \frac{1}{F_0} + \frac{1}{F_0}$$

$$\frac{1}{d'} = \frac{2}{F_0}$$

$$d' = \frac{F_0}{2}$$

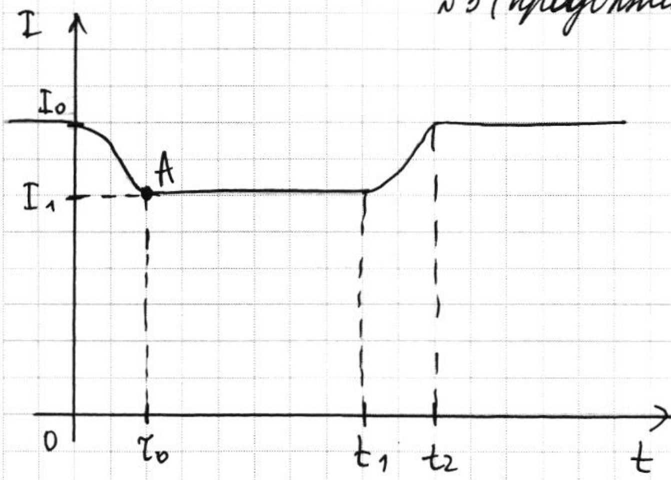
Фотодетектор находится в точке S_2, => расстояние от линзы 2 до фотодетектора равно $\boxed{d' = \frac{F_0}{2}}$

2) По условию, сила тока пропорциональна мощности падающего на фотодетектор света, => $I \sim P$, => $I = \alpha P$, а мощность пропорциональна (S) площади на которую падает свет, => $P = \beta S$, => (т.к. $P = I'S$) (где I' - интенсивность.)

$I = \alpha P = \underbrace{\alpha\beta}_{\gamma} S = \gamma S$, значит $I \sim S$

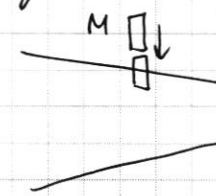
Из-за движения мишени, часть падающего света не доходит до фотодетектора, её закрывает мишень (т.к. мишень непрозрачная).

№5 (продолжение)

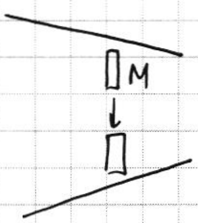


Проанализируем график, данный в условии:

1) от 0 до τ_0 ~~рол~~ мишень входит в пучок света

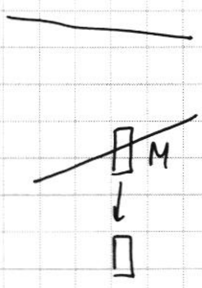


2) на участке от τ_0 до t_1 мишень движется внутри пучка света



3) на участке от t_1 до t_2 мишень выходит из пучка света.

M - мишень



В начальный момент времени, когда ток равен I_0; на фотодетектор попадает весь пучок света, $\Rightarrow I_0 = \gamma S_0$, где S_0 - площадь всего пучка света ~~$\tau_0 = t_1$~~ γ - некоторая константа

~~В точке А~~: $I_1 = \gamma(S_0 - \Delta S)$ - в произвольный момент времени

ΔS - площадь, загораживаемая мишенью

Рассмотрим небольшое перемещение ~~a~~ мишени за время Δt

$\Delta I = \cancel{\gamma S_0} - \cancel{a} v \Delta t$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5 (продолжение з)

$\Delta I = -v\Delta t$

$dI = -v\,dt$

$\int_{I_0}^{I_1} dI = \int_0^{\tau_0} -v\,dt$

$\cancel{I_1 - I}$

$I_1 - I_0 = -v(\tau_0 - 0)$

$I_1 - I_0 = -v\tau_0$

$I_1 = \frac{5I_0}{9}$

$\frac{5I_0}{9} - I_0 = -v\tau_0$

$-\frac{4I_0}{9} = -v\tau_0$

$\boxed{v = \frac{4I_0}{9\tau_0}}$ v - скорость мишени.

II способ: (вариант)

$\Delta I = \gamma S_0 - v\Delta t$

Просуммируем от 0 до τ_0

$I_1 - I_0 = I_0 - v(\tau_0 - 0)$

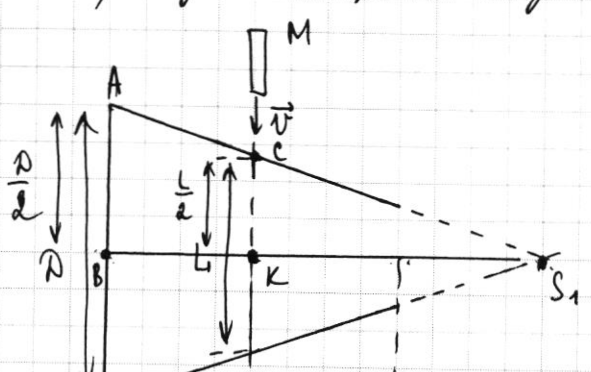
$\frac{5I_0}{9} - I_0 = I_0 - v\tau_0$

$-\frac{4I_0}{9} - I_0 = -v\tau_0$

$-\frac{13I_0}{9} = -v\tau_0$

$\boxed{v = \frac{13I_0}{9\tau_0}}$

3) Пусть ширина пучка лучей равна L



$\Delta ABS_1 \sim \Delta CKS_1$ (н/у и общий угол $\angle AS_1B$):

$\frac{AB}{CK} = \frac{BS_1}{KS_1}$ $BS_1 = 3F_0 = 3F_0$

$KS_1 = 2F_0$

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

$\frac{D}{L} = \frac{3}{2}$

$L = \frac{2D}{3}$

~~Полностью~~

Находясь полностью в пучке мишень летит время $t_1 - \tau_0$. со скоростью v, найденной в пункте 2. значит, $L = v(t_1 - \tau_0)$

№5 (продолжение 4)

$\cancel{\frac{D}{3}} >$

$L = v(t_1 - \tau_0)$

$\frac{2D}{3} = \frac{4 I_0}{9 \tau_0}(t_1 - \tau_0) \quad \Big| : \frac{2}{3}$

$D = \frac{2}{3}\frac{I_0}{\tau_0}(t_1 - \tau_0)$

$\frac{3}{2}\frac{\tau_0}{I_0} D = t_1 - \tau_0$

$t_1 = \tau_0 + \frac{3}{2}\frac{\tau_0}{I_0} D$

$$\boxed{t_1 = \tau_0\left(1 + \frac{3}{2}\frac{D}{I_0}\right)}$$

Ответ: 1) $d' = \frac{F_0}{2}$

2) $v = \frac{4}{9}\frac{I_0}{\tau_0}$

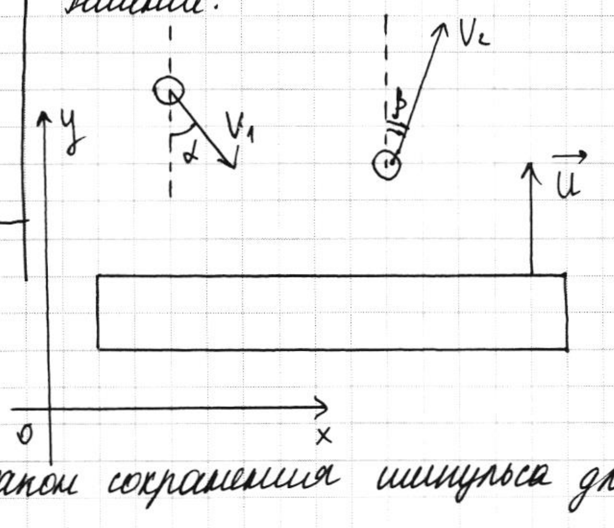
3) $t_1 = \tau_0\left(1 + \frac{3}{2}\frac{D}{I_0}\right)$

№1

Дано:
$V_1 = 12 \frac{м}{с}$
$\sin\alpha = \frac{1}{2}$
$\sin\beta = \frac{1}{3}$

1) V_2 - ?
2) U - ?

Решение:



1) запишем закон сохранения импульса для шарика в проекции на ось Ox: $mV_1 \sin\alpha = mV_2 \sin\beta$

$V_1 \sin\alpha = V_2 \sin\beta$

$$\boxed{V_2 = \frac{V_1 \sin\alpha}{\sin\beta}}$$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1 (продолжение)

~~2)~~ По оси Ox никаких сил, изменяющих скорость шарика по оси Ox не действует, потому $V_{1x} = V_{2x}$, а по оси Oy скорость (по оси Oy) шарика изменяется. Рассмотрим движение шарика в системе отсчёта массивной плиты: По закону сложения скоростей: $\vec{v}_{абс} = \vec{v}_{отн} + \vec{v}_{пер}$

скорость в неподв. СО; скорость в движущ. СО; скорость движущейся СО.

$V_{1y} = -V_1 \cos\alpha$

$V_{2y} = V_2 \cos\beta$

$\vec{V}_{1отн} = \vec{V}_{1y} - \vec{U}$

$V_{1y\,отн} = -V_1\cos\alpha - U$

~~$V_{2y} = V$~~ $\vec{V}_{2отн} = \vec{V}_{2y} - \vec{U}$

$V_{2отн} = V_{2y} - U$

$V_{1отн}, V_{2отн}$ - скорости шарика в СО массивной плиты

СО - система отсчёта

$-(V_{1отн}) = V_{2отн}$

$V_1\cos\alpha + U = V_{2y} - U$

$V_1\cos\alpha + U = V_2\cos\beta - U$

$V_1\cos\alpha + 2U = V_2\cos\beta$

$$\boxed{U = \frac{V_2\cos\beta - V_1\cos\alpha}{2}}$$

Из основного тригонометрического тождества:

$\sin^2\alpha + \cos^2\alpha = 1$

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

$\sin^2\beta + \cos^2\beta = 1$

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

Вычисления:

$V_2 = \dfrac{12\frac{м}{с}\cdot\frac{1}{2}}{\frac{1}{3}} = 6\cdot 3\,\frac{м}{с} = 18\,\frac{м}{с}$

$U = \dfrac{18\frac{м}{с}\cdot\frac{2\sqrt{2}}{3} - 12\frac{м}{с}\cdot\frac{\sqrt{3}}{2}}{2} = (6\sqrt{2} - 3\sqrt{3})\,\frac{м}{с}$

Ответ: $V_2 = 18\,\frac{м}{с}$

$U = (6\sqrt{2} - 3\sqrt{3})\,\frac{м}{с}$

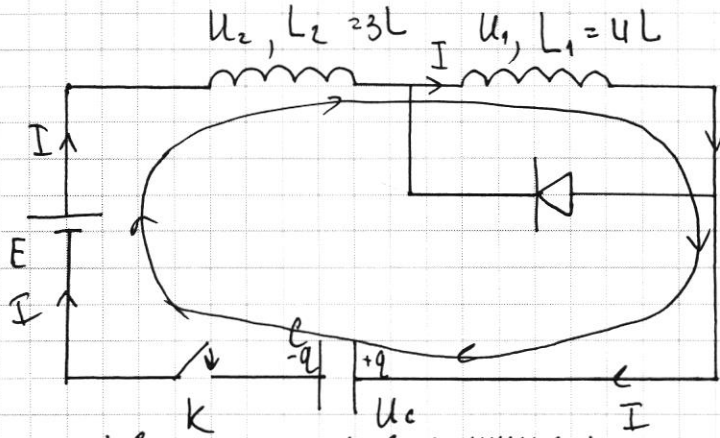
☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

№4

Дано:
E
$L_1 = 4L$
$L_2 = 3L$
C, D

T - ?
$I_{м1}$ - ?
$I_{м2}$ - ?

Решение:



диод заперт, => весь ток I идет через катушку L_1

ЭДС самоиндукции, возникающие в катушках:

$\mathcal{E}_{си1} = -\frac{L_1 dI}{dt}$ (для катушки L_1) $\quad U_1 = -\mathcal{E}_{си1} = \frac{L_1 dI}{dt} = \frac{4L dI}{dt}$

$\mathcal{E}_{си2} = -\frac{L_2 dI}{dt}$ (для катушки L_2) $\quad U_2 = -\mathcal{E}_{си2} = \frac{3L dI}{dt}$

запишем II правило Кирхгофа для большого контура:

$$E = U_2 + U_1 + U_c$$

$$E = \frac{3L dI}{dt} + \frac{4L dI}{dt} + \frac{q}{C}$$

$$E = \frac{7L dI}{dt} + \frac{q}{C}$$

$$\frac{dI}{dt} = q''(t) = \ddot{q}$$

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

$$7L\ddot{q} + \frac{q - EC}{C} = 0$$

Пусть $Q = q - EC$, тогда $\ddot{q} = \ddot{Q}$

$7L\ddot{Q} + \frac{Q}{C} = 0$ - ~~получили ур-ие гармонических колеб~~

$\ddot{Q} + \frac{Q}{7LC} = 0$ - ур-ие гармонических колебаний (имеет вид $\ddot{x} + \omega x = 0$)

$\omega_1^2 = \frac{1}{7LC}$, $\Rightarrow$ $\omega_1 = \frac{1}{\sqrt{7LC}}$ $\quad \boxed{T_1 = \frac{2\pi}{\omega_1} = 2\pi\sqrt{7LC}}$

$t_1 = \frac{T_1}{2} = \frac{2\pi\sqrt{7LC}}{2} = \pi\sqrt{7LC}$ - время, пока диод заперт и ток течет по час. стрелке

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

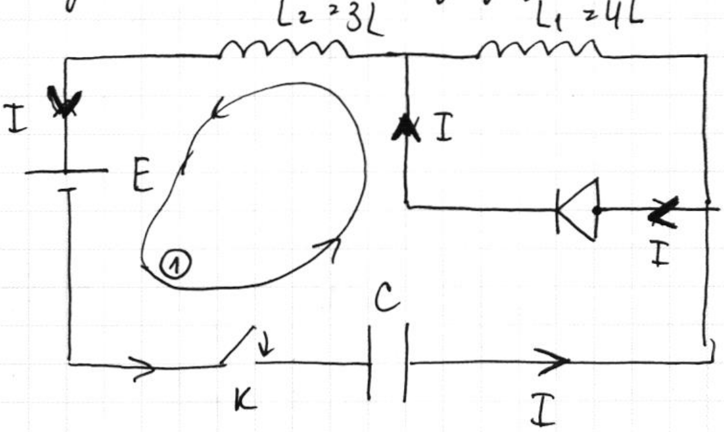
ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4 (продолжение)

когда ток потечёт в другую сторону (диод открыт):



Т.к. диод идеальный, то весь ток потечёт через него, а не через катушку L_1.

запишем II правило Кирхгофа для контура ①:

$-E = U_C + U_L$ Диод идеальный, => $U_Д = 0$.

$$-E = \frac{q}{C} + \frac{L_2 dI}{dt}$$

$$L_2\ddot{q} + \frac{q}{C} + E = 0$$

$$L_2\ddot{q} + \frac{q + EC}{C} = 0$$

Пусть $Q_0 = q + EC$, тогда $\ddot{q} = \ddot{Q}_0$

$$L_2\ddot{Q}_0 + \frac{Q_0}{C} = 0$$

$$\ddot{Q}_0 + \frac{Q_0}{L_2 C} = 0 \quad \text{(ур-ие гармонических колебаний } \ddot{x} + \omega x = 0\text{)}$$

$$\omega_2^2 = \frac{1}{L_2 C}$$

$$\omega_2 = \frac{1}{\sqrt{L_2 C}} = \frac{1}{\sqrt{3LC}}$$

$$T_2 = \frac{2\pi}{\omega_2} = 2\pi\sqrt{3LC}$$

$t_2 = \frac{T_2}{2} = \frac{2\pi\sqrt{3LC}}{2} = \pi\sqrt{3LC}$ – время, пока диод открыт и ток идёт против часовой стрелке.

☐ черновик ☑ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

№4 (продолжение 2)

Полный период $T = t_1 + t_2 = \pi\sqrt{7LC} + \pi\sqrt{3LC} = \pi(\sqrt{7}\sqrt{LC} + \sqrt{3}\sqrt{LC})$

$$\boxed{T = \pi\sqrt{LC}\,(\sqrt{7}+\sqrt{3})}$$

2) на катушке L_1 максимальный ток, если на конденсаторе напряжение 0. Тогда напр-ие на катушках в сумме E.

$U_1 + U_2 = E$

$E\Delta q = \Delta W$

$E\Delta q = \frac{7}{2} L I_{м1}^2$

$$\frac{L_1 dI}{dt} + \frac{L_2 dI}{dt} = E$$

$$\frac{4L dI}{dt} + \cancel{t_2}\,\frac{3L dI}{dt} = E$$

ЗСЭ: $A_{ист} = Q + \Delta W$

$W_L = \frac{LI^2}{2}$ $\Delta W = \frac{4LI_{м1}^2}{2} + \frac{3LI_{м1}^2}{2} = \frac{7}{2} L I_{м1}^2$

(закон сохранения энергии) $E\Delta q = Q + \Delta W$

3) через катушку L_2 течёт максимальный ток, когда диод открыт и конденсатор незаряжен, т.е. напр-ие на конденсаторе равно 0. Тогда напряжение на катушке L_2 равно E.

$$U_{L2} = \frac{L_2 dI}{dt} = \frac{3L dI}{dt}$$

$$U_{L2} = \frac{3L dI}{dt} = E$$

$$\frac{3L dI}{dt} = E$$

2) Если ток в катушке максимален, то $\frac{dI}{dt} = 0$ (экстремум), => напряжение на катушке равно 0, => на конденсаторе напр-ие E

ЗСЭ: $\underset{CE}{E q} = \frac{7LI_{м1}^2}{2} + \frac{CE^2}{2}$

$$\frac{7LI_{м1}^2}{2} = \frac{CE^2}{2}$$

$7LI_{м1}^2 = CE^2$

$I_{м1} = \sqrt{\frac{CE^2}{7L}} = E\sqrt{\frac{C}{7L}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4 (продолжение 3)

3) Ток через катушку L_2 максимален, если диод открыт, => ток пойдёт через конденсатор и катушку L_2.

Т.к. в катушке ток максимален, то $\frac{dI}{dt} = 0$ (экстремум), => напряжение на катушке L_2 равно 0.

Т.к. диод идеальный, то $U_D = 0$, => $U_C = E$

Запишем з-н сохр. энергии:

$$A_{ист} = Q + \Delta W$$

$$Eq = \frac{LI_{M2}^2}{2} + \frac{CE^2}{2}$$

$$q = CE$$

$$\frac{LI_{M2}^2}{2} = CE^2 - \frac{CE^2}{2}$$

$$\frac{LI_{M2}^2}{2} = \frac{CE^2}{2}$$

$$LI_{M2}^2 = CE^2$$

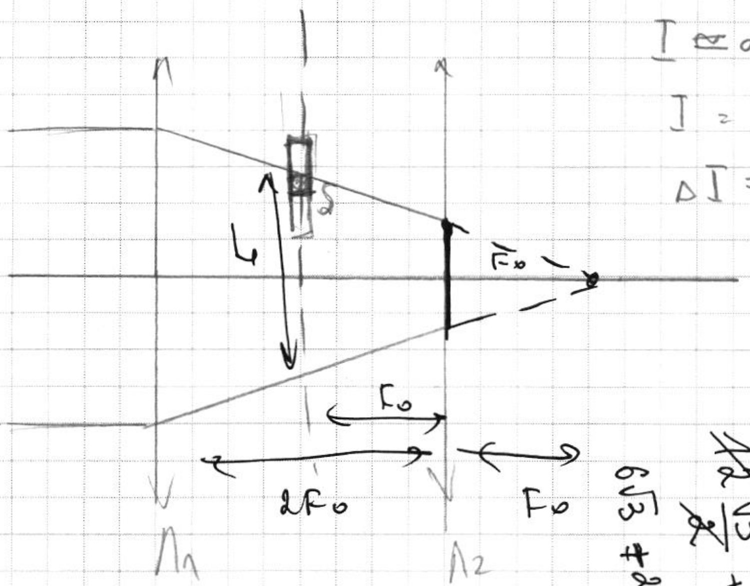
$$I_{M2} = \sqrt{\frac{CE^2}{L}}$$

$$I_{M2} = \sqrt{\frac{C}{L}}\,E$$

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

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

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



$I = \alpha P$

$I = \alpha S$

$\Delta I = \alpha(S_0 - V_\Delta t$

$I = \alpha S_0 - V\tau$

$I_1 - I_0 =$

$I_0 = \alpha S_0$

$I_1 = \underbrace{\alpha S_0}_{= I_0} - V\tau_0$

$\frac{5 I_0}{9} - I_0 = -V\tau_0$

$V = \frac{4 I_0}{9\tau}$

$\frac{3F_0}{D} = \frac{2F_0}{L}$

$L = \frac{2D}{3}$

$t_2 = \pi\sqrt{3LC}$

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

$\alpha\frac{D}{3} = V(t_1 - \tau_0)$

$\alpha\frac{D}{3} = \frac{4I_0}{9\tau_0}(t_1 - \tau_0)$

$\frac{D}{3} = \frac{4I_0}{9\tau_0}t_1 - \frac{4I_0}{9}$

$\frac{D}{3} + \frac{4I_0}{9} = \frac{4I_0}{9\tau_0}t_1$

$\frac{13 I_0}{9} = V\tau_0$

$V_1\sin\alpha = V_2\sin\alpha$

$D = \frac{2}{3}\frac{I_0}{\tau_0}(t_1 - \tau_0)$

$V = \frac{13 I_0}{9\tau_0}(t_1 - \tau_0) = \frac{3}{2}\frac{D\,3\tau_0}{2I_0}$

$t_1 = \tau_0 + \frac{3}{2}\frac{D\tau_0}{I_0}$

$t_1 = \tau_0\left(1 + \frac{3}{2}\frac{D}{I_0}\right)$

$\Delta I = \alpha S_0 - V_\Delta t$

$I_0 = \alpha S_0$

$\frac{5}{9}I_0 - I_0 = I_0 - V\tau$

$-\frac{4}{9}I_0$

$\frac{5}{9}I_0 -$

$L = V(t_1 - \tau_0)$

$V = \frac{4I_0}{9\tau_0}$

$L = \frac{2D}{3}$

$V_{1y} + U = V_{2y} - U$

$V_{1y} + 2U = V_{2y}$

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

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

$30°$

$\frac{\sqrt{3}}{2}\cdot\frac{1}{2} + 2U = \frac{1}{2}\cdot\frac{2\sqrt{2}}{3}$

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

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

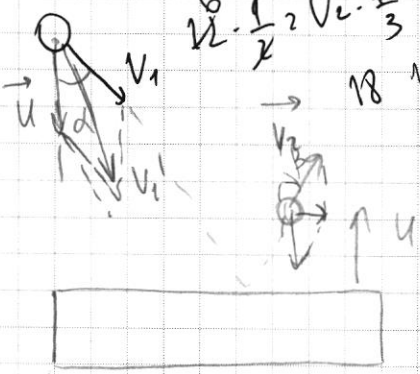
ШИФР

(заполняется секретарём)

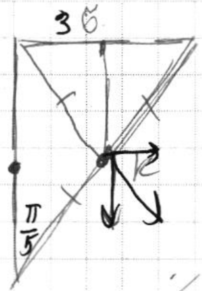
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\cancel{12}^{6} \cdot \frac{1}{\cancel{2}} = V_2 \cdot \frac{1}{3}$

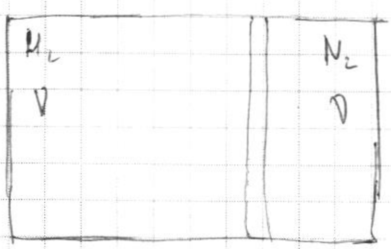
$IS =$



18 m



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



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

$\begin{array}{r} 350 \\ +550 \\ \hline 900 \end{array}$

$\nu \quad T_1 + T_2 = 2T$

$T = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{350+550}{2} = 450K.$

$\underline{\Delta U = C_V \nu dT}$

$\frac{i}{2}\nu R\Delta T$

$Q \rightarrow$

$Q = C_V \nu dT =$

$= \frac{5}{2}R \cdot \nu (T - T_1) = \frac{5}{2}\nu R(450 - 350)$

$A = \cancel{R\frac{1}{2}}\ p\Delta V =$

$= \cancel{CV} C_p \nu dT$

$U = C_V \nu dT \qquad C_p \nu dT$

$C_p = C_V + R =$

$Q = C_V \nu dT + pdV =$

$= C_V \nu dT +$

$k\frac{q}{r^2} = \frac{k\sigma S}{r^2}$

$Q = \frac{i}{2}\nu RdT + \nu RdT = \frac{i+2}{2}\nu RdT$

$C_p = C_V = \frac{i}{2}$

$(C_V + R)\ \nu dT =$

831

$I = \gamma S$

$= \frac{\cancel{7}R}{\cancel{2}} \cdot \frac{\cancel{6}^{3}}{\cancel{7}}\ 100 =$

$\Delta I = \gamma(S_0 - V\Delta t)$

$\frac{V_{H_2}}{V_{N_2}} = \frac{350K}{550K}$

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

☑ 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

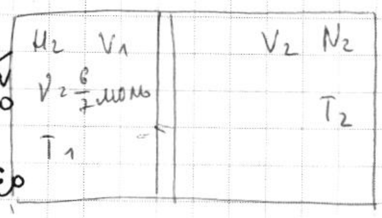
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2

$ES\cdot 2 = \frac{q}{\varepsilon_0}$

$E = \frac{q}{2S\varepsilon_0}$



$\frac{\sigma}{\ell}$

$\nu = \frac{6}{7}$ моль

$T_1 = 350K$

$T_2 = 550K$

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

$I_1 = \gamma(S - \Delta S)$

$I_1 = \gamma S - \gamma \Delta S$ $v\Delta t$

$dI_1 = \vartheta - \gamma$

1) $p_1 V_1 = \nu R T_1$

$p_2 V_2 = \nu R T_2$

$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{\cancel{350}\,7}{\cancel{550}\,11}$

2) $p V_1' = \nu R T$

$p V_2' = \nu R T$

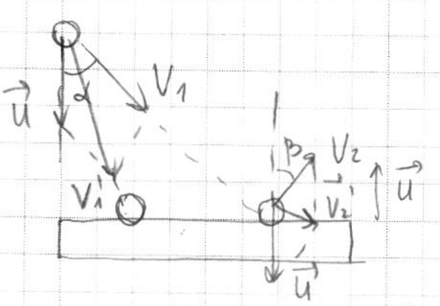
$Q = C_V \nu \Delta T$

$V_1 = V_2$

$\frac{5}{2}\nu R T_1 + \frac{5}{2}\nu R T_2 = 2\cdot\frac{5}{2}\nu R T$

$5\nu R T_1 + 5\nu R T_2 = 5\nu R T$

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



СО-доски

$\vec{v}_{абс} = \vec{v}_{отн} + \vec{v}_{пер}$

$\vec{V_1} = \vec{v}_{отн} + \vec{u}$

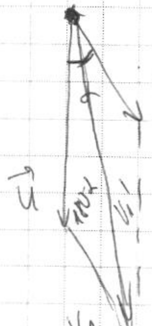
$\vec{v}_{отн} = \vec{V_1} - \vec{u}$

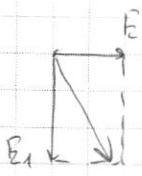
σS

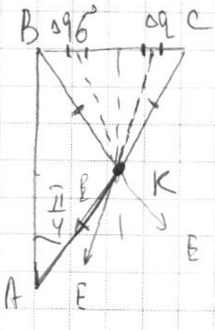
$E 2S = \frac{1}{\varepsilon_0} q$

$m\vec{V_1}' = m\vec{V_2}'$

3

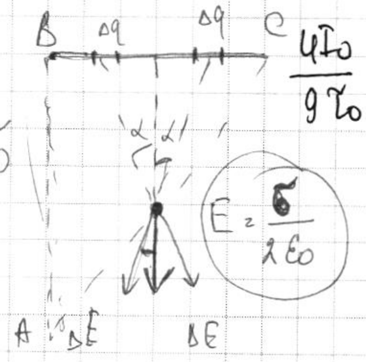






$\frac{kq}{r^2}$

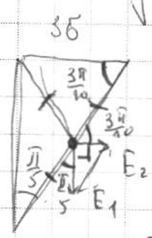
3σ



$\frac{4\varepsilon_0}{9\gamma_0}$

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

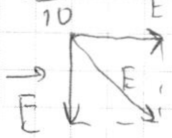
3σ



$\frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{5} = \frac{5\pi - 2\pi}{10} = \frac{3\pi}{10}$

$\frac{3\pi}{10} + \frac{2\pi}{10} = \frac{\pi}{2}$

$\vec{E}$



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

$\frac{1\cdot q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$

$\Delta E_{общ} = \Delta E \cos\alpha = \frac{k\Delta q}{r^2}\cos\alpha$

$E = \int \frac{k\Delta q}{r^2}\cos\alpha\, d\alpha =$

$=$

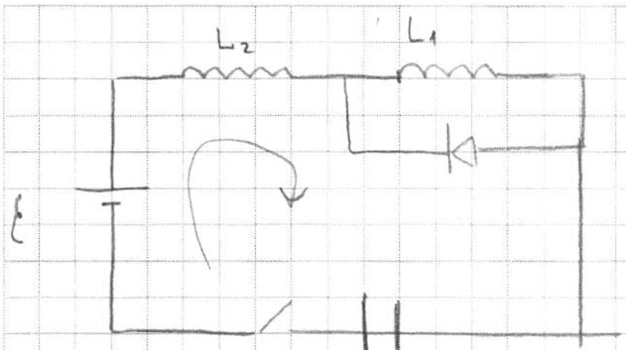
$E_1 = \frac{3\sigma}{2\varepsilon_0} = \frac{3q}{2\varepsilon_0 S}$ $E_2 = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} = \frac{q}{2\varepsilon_0 S}$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

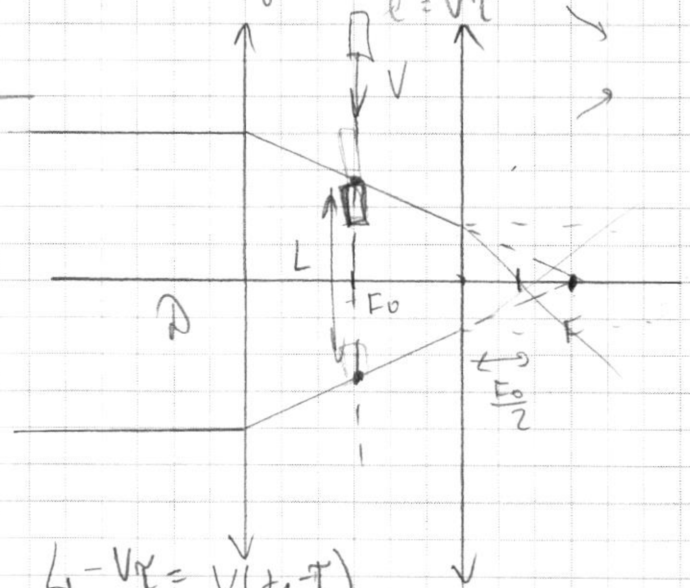
Страница №__

(Нумеровать только чистовики)



$-\frac{1}{F_0} - \frac{1}{d'} = \frac{1}{F_0}$

$d' = \frac{F_0}{2}$



$\mathcal{E} = U_{L_2} + U_{L_1} + U_C$

$\mathcal{E} = 3L\frac{dI}{dt} + 4L\frac{dI}{dt} + \frac{q}{C}$

IS

$\frac{dI}{dt} = \ddot{q}$

$\mathcal{E} = 4L\ddot{q} + \frac{q}{C}$

$4L\ddot{q} + \left(\frac{q}{C} - \mathcal{E}\right) = 0$

$Q = q - \mathcal{E}C$

$4L\ddot{Q} + \frac{Q}{C} = 0$

$\ddot{Q} + \frac{Q}{4LC} = 0 \qquad \omega = \frac{1}{\sqrt{4LC}} = \frac{1}{2\sqrt{LC}}$

$L - V\tau = V(t_1 - \tau)$

$L - V\tau = Vt_1 - V\tau$

$L = Vt_1$

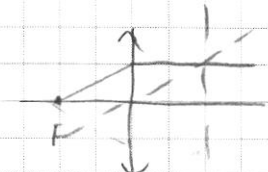
$\ddot{a} + \omega x \quad t_1 = \frac{L}{V}$

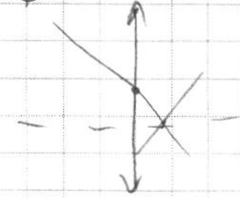
$\frac{D}{3F_0} = \frac{L}{2F_0}$

$L = \frac{2}{3}D$

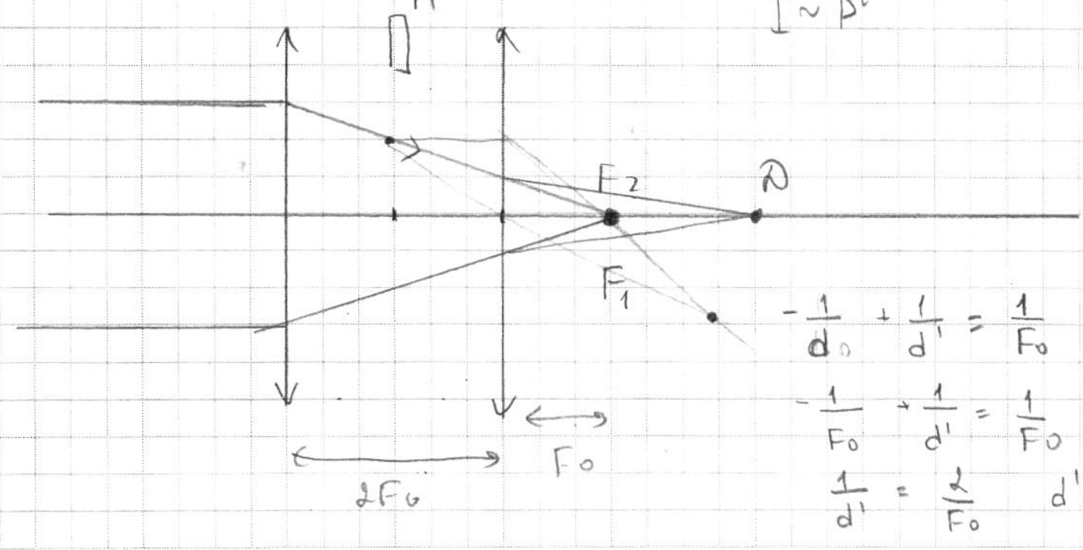
$A_{ист} = Q + \Delta W$

$qE = \frac{3LI^2}{2} + \frac{4LI^2}{2} = \frac{7}{2}LI^2$





$I \sim P$ мощность



$-\frac{1}{d_0} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{F_0}$

$-\frac{1}{F_0} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{F_0}$

$\frac{1}{d'} = \frac{2}{F_0} \qquad d' = \frac{F_0}{2}$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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