Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

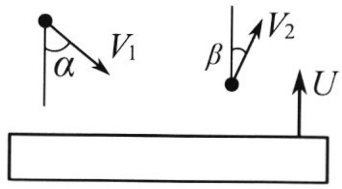
Класс 11

Вариант 11-01

Шифр

(заполняется секретарём)

1. Массивная плита движется с постоянной скоростью U вертикально вверх. К плите подлетает шарик, имеющий перед ударом скорость $V_1 = 8$ м/с, направленную под углом $\alpha \left(\sin\alpha = \dfrac{3}{4} \right)$ к вертикали (см. рис.). После неупругого удара о гладкую горизонтальную поверхность плиты шарик отскакивает со скоростью V_2, составляющей угол $\beta \left(\sin\beta = \dfrac{1}{2} \right)$ 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.

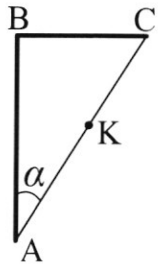
2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится азот, во втором – кислород, каждый газ в количестве $\nu = 3/7$ моль. Начальная температура азота $T_1 = 300$ К, а кислорода $T_2 = 500$ 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 азота и кислорода.

2) Найти установившуюся температуру в сосуде.

3) Какое количество теплоты передал кислород азоту?

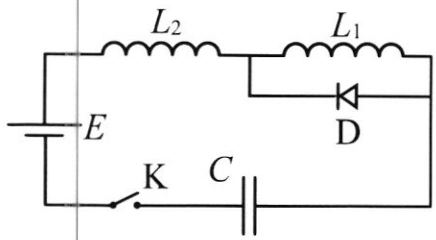
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины AB и BC перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром B. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру B.



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 $\sigma_1 = 2\sigma, \sigma_2 = \sigma$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/7$. 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 $L_1 = 2L$, $L_2 = L$, 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.

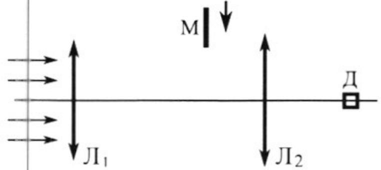


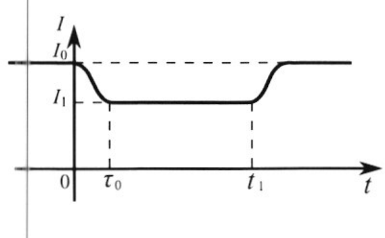
1) Найти период T этих колебаний.

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 фокусным расстоянием F_0 у каждой. Расстояние между линзами $3F_0$. 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 $2F_0$ от Л$_1$. На рисунке показана зависимость тока I фотодетектора от времени t (секундомер включен в момент начала уменьшения тока). $I_1 = 3I_0/4$.





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

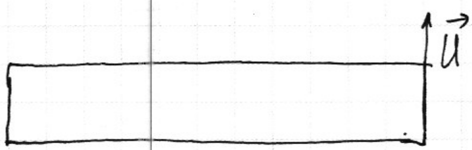
2) Определить скорость V движения мишени. 3) Определить t_1.

Известными считать величины F_0, D, τ_0.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

1) Горизонтальная проекция импульса сохраняется:



$V_1 \cdot \sin\alpha = V_2 \sin\beta \Rightarrow V_2 = V_1 \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = 12$ м/с

2) Скорость шарика относительно плиты в двух случаях:

$V_1^{отн} = \sqrt{(V_1\cos\alpha + U)^2 + (V_1\sin\alpha)^2}$; $V_2^{отн} = \sqrt{(V_2\cos\beta - U)^2 + (V_2\sin\beta)^2}$.

$\cos\alpha = \frac{\sqrt{7}}{4}$

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

ЗСЭ отн. плиты: $\frac{mV_1^{отн\,2}}{2} = \frac{mV_2^{отн\,2}}{2}$

$V_1^2\cos^2\alpha + \cancel{U^2} + 2V_1U\cos\alpha + V_1^2\sin^2\alpha = V_2^2\cos^2\beta + \cancel{U^2} - 2V_2U\cos\beta + V_2^2\sin^2\beta$

$U(2V_1\cos\alpha + 2V_2\cos\beta) = V_2^2 - V_1^2 \Rightarrow U = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2(V_1\cos\alpha + V_2\cos\beta)} = \frac{16\cdot 84}{8\sqrt{7} + 12\sqrt{3}}$

$= \left(\frac{32}{2\sqrt{7} + 3\sqrt{3}}\right)$ м/с

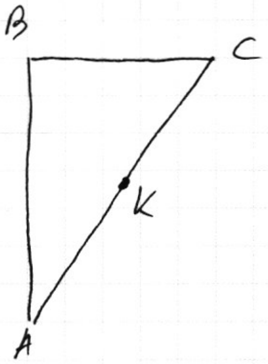
Если ЗСЭ не выполняется, тогда запишем: $\frac{mV_1^2}{2} = \frac{mV_2^2}{2} + Q$, где Q — кол-во теплоты, выд. в рез. столкн. $Q = -A = -N\cdot\Delta S = -\frac{dp}{dt}\cdot ds = -dp\cdot U$.

$dp = m(V_2\cos\beta - V_1\cos\alpha)$. Тогда $U = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2(V_2\cos\beta - V_1\cos\alpha)} = \frac{32}{3\sqrt{3} - 2\sqrt{7}}$.

Ответ: 1) $V_2 = 12$ м/с 2) $U \in \left[\frac{32}{3\sqrt{3}+2\sqrt{7}}; \frac{32}{3\sqrt{3}-2\sqrt{7}}\right]$ м/с.

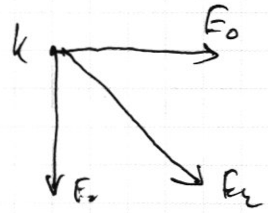
№3

Напряжённость электростатического поля ~~поста~~ бесконечной заряженной плоскости не зависит от расстояния и равно:



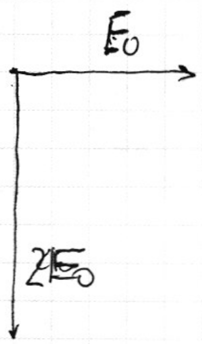
$E_0 = \frac{\sigma_i}{2\varepsilon_0}$, где σ_i — поверхностная плотность зар

1) $E_{сумм} = \sqrt{E_0^2 + E_0^2} = \sqrt{2} E_0$



$\frac{E_{сумм}}{E_0} = \underline{\sqrt{2}}$ E_0 — напр., созд. σ. $E_0 = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$

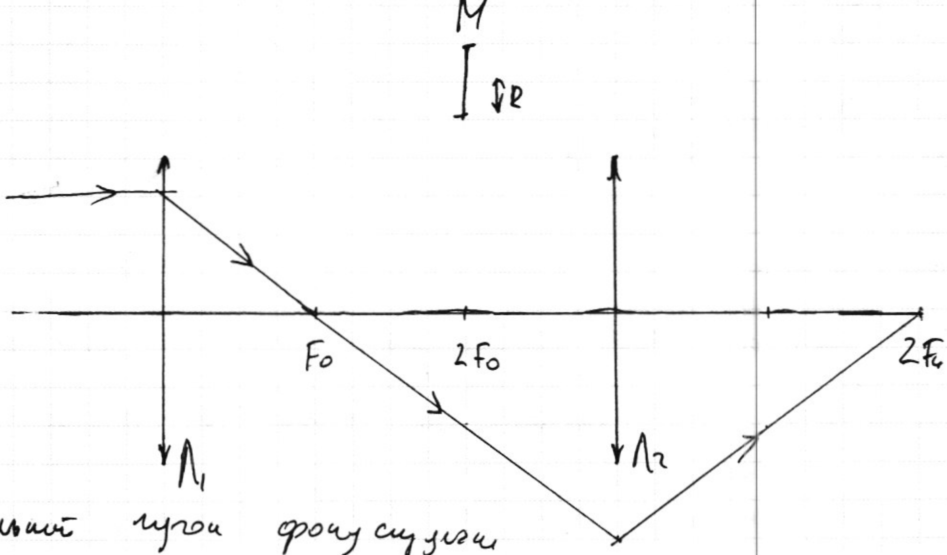
2) $E_{сумм} = \sqrt{(2E_0)^2 + E_0^2} = \sqrt{5}E_0 = \frac{\sqrt{5}\sigma}{2\varepsilon_0}$



Ответ: 1) $\eta = \sqrt{2}$ 2) $E = \frac{\sqrt{5}\sigma}{2\varepsilon_0}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5



1) Параллельные лучи фокусируются в первой линзе, и это расстояние для второй равно $3F_0 - F_0 = 2F_0$.

Ф-ла собир. линзы: $\frac{1}{2F_0} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F_0} \Rightarrow \underline{f = 2F_0}$

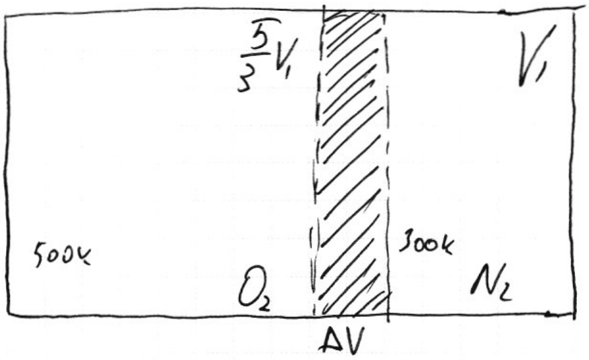
2) ~~Мощность~~ Сила тока пропорц. мощности излучения, соотв., пропорциональна площади попад. света. Обозначим радиус ~~?~~ мишени R. Исходя из графика, $\underline{V \cdot \tau_0 = 2R}$. Для фототока у гр. линзы знаем: $\frac{J_1}{J_0} = \frac{\pi\frac{D^2}{4} - \pi R^2}{\frac{\pi D^2}{4}} = \frac{3}{4}$; $3D^2 = 4D^2 - 16R^2 \Rightarrow R = \frac{D}{4}$. $\underline{V = \frac{D}{2\tau_0}}$

3). $t_1 = \tau_0 + t_{вых}$, где $t_{вых}$ – время прохождения нижнего края мишени от верхнего края второй линзы до нижнего: $t_{вых} = \frac{D}{V} = 2\tau_0$.

$t_1 = 3\tau_0$.

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

№2



1) Поршень изначально находится в равновесии, поэтому:

$p_{N_2} = p_{O_2} \Rightarrow \frac{\nu R T_1}{V_1} = \frac{\nu R T_2}{V_2} \Rightarrow$

$\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} = \frac{5}{3}$. $V_2 = \frac{5}{3}V_1$, где

V_1 – объём азота.

2). Пусть в конечном счёте азота расширился на ΔV и имеет температуру T_0. Такую же температуру имеет и кислород. Количество теплоты, отданное кислородом, равно количеству теплоты, получ. азотом.

$|Q_2| = |Q_1|$. $Q_2 = p_2 \cdot \Delta V + \frac{5}{2}\nu R \Delta T = \frac{\nu R T_2 \Delta V}{V_2} + \frac{5}{2}\nu R(T_2 - T_0)$.

$Q_1 = \frac{\nu R T_1 \Delta V}{V_1} + \frac{5}{2}\nu R(T_0 - T_1)$. $Q_1 = Q_2$: $\frac{\nu R T_2 \Delta V}{V_2} + \frac{5}{2}\nu R(T_2 - T_0) =$

$= \frac{\nu R T_1}{V_1}\Delta V + \frac{5}{2}\nu R(T_0 - T_1)$. Поскольку $\frac{T_1}{V_1} = \frac{T_2}{V_2}$, то $T_0 - T_1 = T_2 - T_0 \Rightarrow$

$T_0 = \frac{T_1 + T_2}{2} = 400$ к.

3). $Q = \frac{7}{2}\nu R(T_2 - T_0) = \frac{7}{2}\cdot\frac{3}{7}\cdot 8{,}31\cdot 100 = 150\cdot 8{,}31 = 1247$ Дж

Ответ: 1) 5 : 3 2) 400 К 3) 1247 Дж.

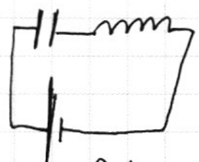
☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4

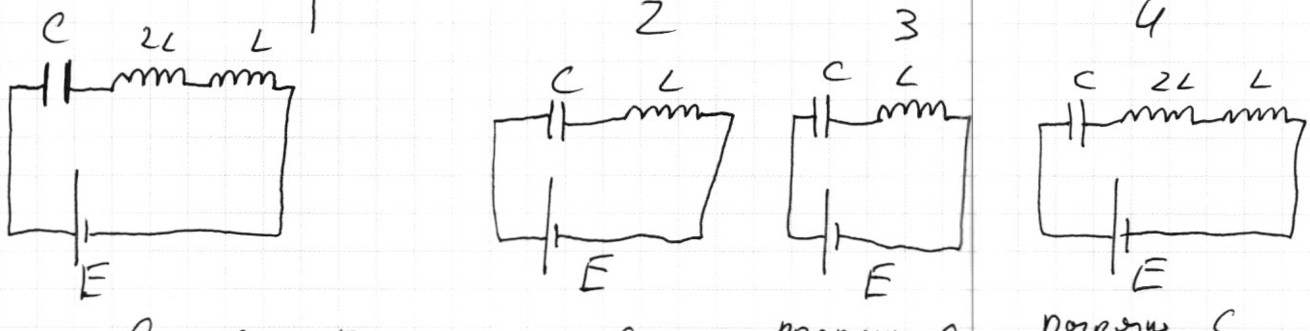
1) Для начала стоит понять что вообще происходит. Для этого нарисуем процессы для каждой фазы колебаний и решим более общую задачу (р.1)

Для процесса на рисунке 1 можем записать правило Кирхгоффа: $\ddot{q} + \frac{q}{CL} = E$. Решением такого уравнения является функция $q(t) = CE + CE \cdot \cos\omega t$, где $\omega = \frac{1}{\sqrt{CL}}$. Диод на схеме не даёт протекать току, когда $U_C < E$.



р.1.

Когда же диод открыт, ток через L_1 не идёт. Изобразим это на схемах:



заряд C от 0 до E | заряд C от E до $2E$ | разряд C от $2E$ до E | разряд C от E до 0.

Получаем, полпериода действуют схемы 1 и 4, и пол-периода схемы 2 и 3. Тогда период $T = t_1 + t_2$. $t_1 = \frac{T_1}{2} = \frac{2\pi\sqrt{C\cdot 3L}}{2}$.

$t_2 = \frac{T_2}{2} = \frac{2\pi\sqrt{CL}}{2}$. $T = \pi\sqrt{CL}\,(1+\sqrt{3})$. (Здесь использовалось, что при посл. соединении $L_{сумм} = L_1 + L_2$ и период колебаний $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi\sqrt{CL}}{1}$).

2) Катушка L_1 участвует в процессах 1 и 4. В этих процессах конденсатор заряжается до напряжения $\mathcal{E}_0$: $(\mathcal{E}_0 = E)$

$$\underbrace{C\mathcal{E}_0}_{\text{работа источника}} = \frac{C\mathcal{E}_0^2}{2} + \frac{3L\,\mathcal{Y}_{1max}^2}{2} \rightarrow \mathcal{Y}_{1max} = \mathcal{E}_0\sqrt{\frac{C}{3L}}$$

3) Максимальный ток в катушке L_2 будет в процессе 3 разрядки конденсатора от $2E$ до E:

$$\frac{C\cdot(2E)^2}{2} = \frac{C\cdot E^2}{2} + CE\cdot E + \frac{L\cdot \mathcal{Y}_{2max}^2}{2} \Rightarrow \mathcal{Y}_{2max} = E\sqrt{\frac{C}{L}}$$

Ответ: 1) $T = \pi\sqrt{CL}(\sqrt{3}+1)$ 2) $E\sqrt{\frac{C}{3L}}$ 3) $E\sqrt{\frac{C}{L}}$.

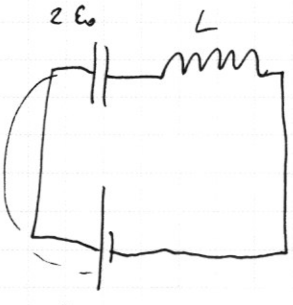
☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

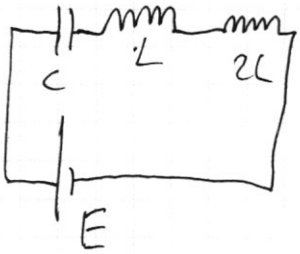
Разряд

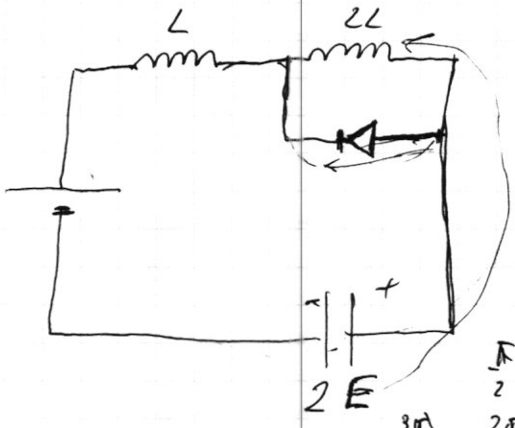
~~Зарядка~~

Зарядка

~~разрядка~~



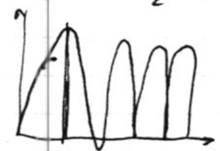




$\frac{\pi}{2} = \frac{2\pi t}{T}$

$\frac{3\pi}{2} = \frac{2\pi t}{T}$ $\frac{1}{4}$

ε



$\frac{C\cdot(2E)^2}{2} = \frac{L I_1^2}{2} + \frac{2L I_2^2}{2} + E\cdot 2CE$

$CE \cos\omega t = -1$

$\frac{2\pi}{T} t = \pi$ $t = \frac{T}{2}$

3L

$\frac{C(2\varepsilon_0)^2}{2} = \frac{L I_1^2}{2} + \cancel{C\varepsilon_0 2\varepsilon_0}$

$\frac{C\varepsilon_0^2}{2} = C\varepsilon_0\cdot\varepsilon_0 + \frac{3L I_1^2}{2}$

$\frac{C\varepsilon_0^2}{2} = \frac{3L I_{1max}^2}{2}$

$\frac{C\cdot 4\varepsilon_0^2}{2}$ $2\varepsilon_0^2 C = L I_2^2 \to I_{2max} = 2\varepsilon_0\sqrt{\frac{C}{L}}$

0;1

$I_{1max} = \varepsilon_0\sqrt{\frac{C}{3L}}$

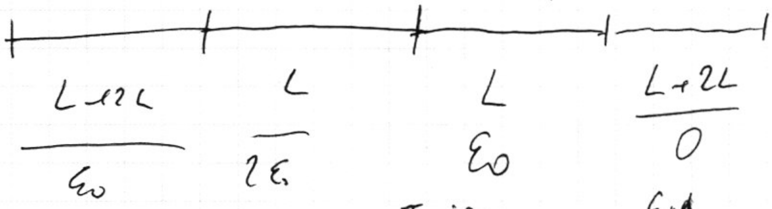
$\frac{4C\varepsilon_0^2}{2} = \frac{C\varepsilon_0^2}{2} + C\varepsilon_0\cdot\varepsilon_0 + \frac{L I_2^2}{2}$ I_{max}

$C\varepsilon_0 = \frac{C\varepsilon_0^2}{2} + \frac{3L I_1^2}{2}$

$\cos\omega t = 1$ $\frac{2\pi t}{T} = 2\pi$ $t = T$

$\frac{C\varepsilon_0^2}{2} = 3\ldots$

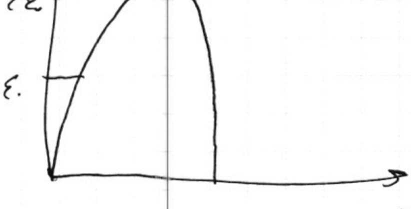
$\frac{C\varepsilon_0^2}{2} = C\cdot\varepsilon_0\varepsilon_0 + \frac{3LI^2}{2}$



$C\varepsilon_0 + C\varepsilon_0\cos\omega t$ $-\pi$ $\frac{3\pi}{2}$

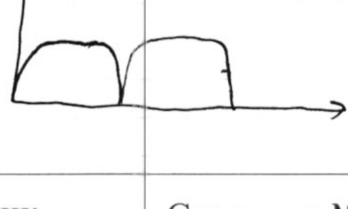
$\omega = 3L$

$\frac{\pi}{2} : \pi$



0 до T

$\frac{2\pi t}{T} = \frac{3\pi}{2} =$



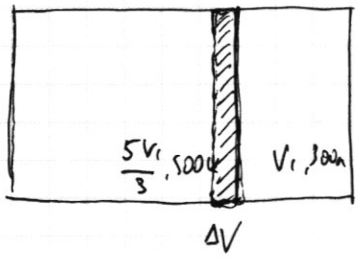
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\cancel{\frac{V_1}{T_1}} = \cancel{\frac{V_2}{T_2}} \quad \frac{T_1}{V_1} = \frac{T_2}{V_2} \quad \frac{V_2}{V_1} = \frac{5}{3}$$

$$V_2 = \frac{5}{3} V_1$$

$$\cancel{V_1} \quad \frac{300}{V_1} = \frac{900 \cdot 3}{5V_1}$$

$$\frac{dV}{V_1} = \frac{dT}{T_1}$$

$$Q_1 = \frac{\nu R T_1}{V_1} \overset{\Delta V}{\cancel{(V_1 + \Delta V)}} + \frac{5}{2} \nu R (T_0 - T_1)$$

$$Q_2 = -\frac{\nu R T_1}{V_1} \overset{\Delta V - \Delta V}{\cancel{(V_2 - \Delta V)}} + \frac{5}{2} \nu R (T_0 - T_2)$$

$$\frac{\nu R T_1 \Delta V}{V_1} + \frac{5}{2} \nu R (T_0 - T_1) = \frac{\nu R T_1 \Delta V}{V_1} + \frac{5}{2} \nu R (T_2 - T_0)$$

$$T_0 - T_1 = T_2 - T_0$$

$$T_0 = \frac{T_1 + T_2}{2} = 400K$$

$$\Delta V = \frac{V_1}{T_1}(400 - 300 K)$$

$$\frac{5}{2}\nu R(500 - 400) + \frac{\nu R T_1}{V_1} \cdot \frac{V_1}{T_1} \Delta T = \frac{7}{2} \nu R (500 - 400) =$$

$$\Delta \bar{p} = (m V_2 \cos\beta - m V_1 \cos\alpha) \cdot u$$

$$\frac{V_1^2 - V_2^2}{2} = \frac{V_1^2 - V_2^2}{2} = V_2 \cos$$

$$\frac{V_2^2 - V_1^2}{2(V_2\cos\beta - V_1 \cos\alpha)} =$$

$$= \frac{16 \cdot 8}{8(3 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} - 2 \cdot \frac{\sqrt{7}}{4})} =$$

$$= \frac{32}{3\sqrt{3} - 2\sqrt{7}}$$

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)

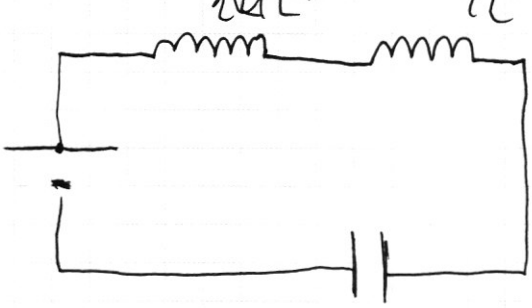
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

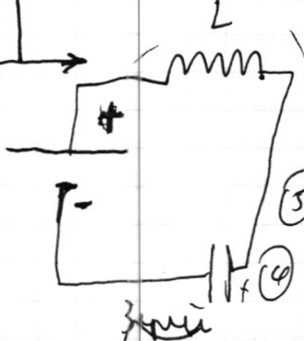
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА





$L + U - 2I$

$\frac{\sqrt{RT_2}}{V_2}$

⑤ ✓

④ 1 – ✓
2 ✓
3 ✓

③ 1 ✓
2 ✓

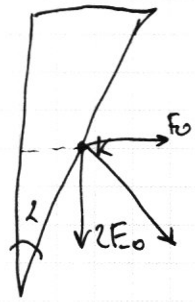
② 1 ✓
2
3

① 1 ✓
2 ✓

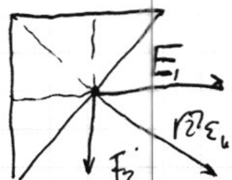
$\frac{C\cdot 4\mathcal{E}_0^2}{2} = \frac{L_1 I_{max}^2}{2} + L_2 I$

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

$\frac{\sqrt7}{4}$ $\frac{\sqrt5}{2}$

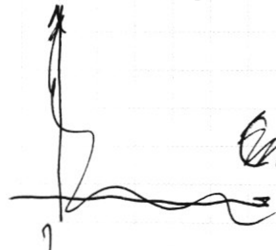


$\sqrt5 E_0 = \frac{\sqrt5 \sigma}{2\varepsilon_0}$



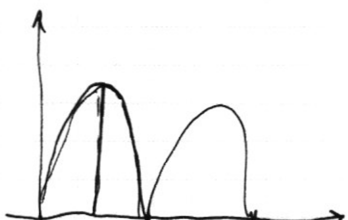
$C\mathcal{E}_0 + L\mathcal{E}_0\cos\frac{1}{\sqrt{3CL}}$

Q =



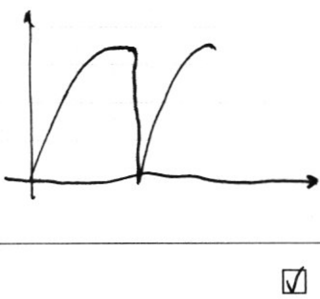
P

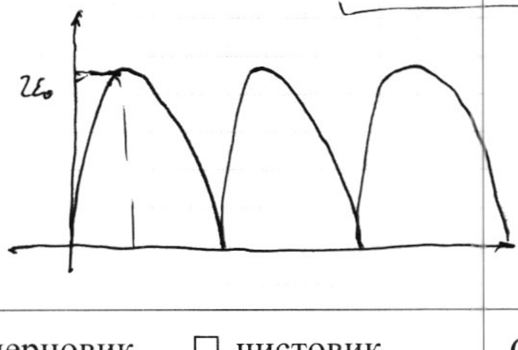
$\frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{(mV_1\cos\alpha - mV_2\cos\beta)}{\Delta t} = N \quad N\cdot\Delta t$



$\sqrt{(V_2\sin\beta)^2 + (V_2\cos\beta + U)^2}$

$\frac{m(V_1\cos\alpha + U)^2}{2}$ M





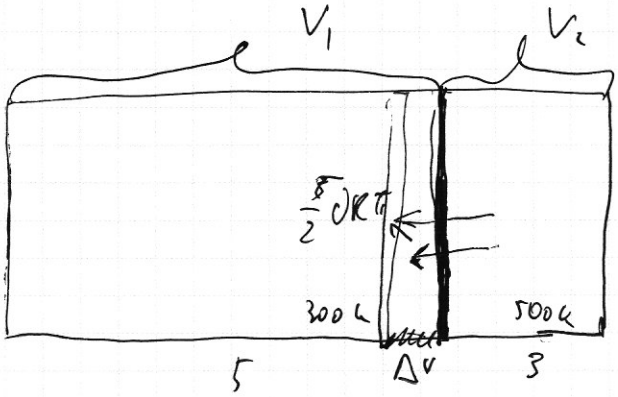
$\frac{T_2}{4} = 4\pi\sqrt{3CL}$

$\pi\sqrt{3CL} + \pi\sqrt{CL} =$

$= \pi\sqrt{CL}(1+\sqrt3)$

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



$\frac{5}{2}\nu R T_2$

$T_2 - T_0$

$\frac{\nu R T_1}{V_1}$ $\quad \nu R T_1 - \frac{\Delta V}{V_1}\nu R T_1 = \nu R T_2 + \nu R T_2 \frac{\Delta V}{V_2}$

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

$$p_1 \cdot (V_1 - \Delta V) = p_2 (V_2 + \Delta V) + \frac{5}{2}\nu R (T_2 - T_0) - \frac{5}{2}\nu R (T_1 - T_0)$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{3}{5}$$

$$p = \frac{\nu R T_1}{V_1} = \frac{T_2}{V_2}$$

$$\mathcal{E} = U_1 + L\frac{dI_2}{dt}$$

$$L I_1 + L I_2 = L I_{max}$$

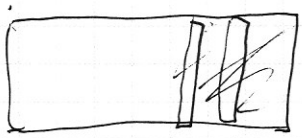
$$\frac{C \cdot (2\mathcal{E}_0)^2}{2} = \frac{CU_1^2}{2} + \frac{L I_1^2}{2} + \frac{C I_1^2}{2}$$

$$0 = 2L I_1 + L I_2$$

$$V_2^2 \cos^2 \alpha$$

$$p \cdot V_1 = \nu R T$$

$$p \cdot V_2 = \nu R T$$



$$\frac{dp}{p} = \frac{dT}{T}$$

$$\nu R T_1 - \nu R T_2 = \Delta V R \left(\frac{T_1}{V_1} + \frac{T_2}{V_2}\right) + \frac{5}{2}\nu R (T_2 - T_1)$$

$$\frac{dp}{p} + \frac{dV}{V} = \frac{dT}{T}$$

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

$$\frac{\Delta V}{V_1} \qquad \frac{2T_1}{V_1}\Delta V$$

$$T_1 - T_2 = \frac{T_1}{V_1} + \frac{5T_2}{3V_1}$$

$$700 = 2T_0 - 600$$

$$T_0 = 650 \text{ K}$$

$$\left(T_1 + \frac{5}{3}T_2\right)\frac{\Delta V}{V_1} + \frac{5}{2}(T_2 - T_1)$$

$$\frac{7}{2}(T_1 + T_2) = \cancel{\left(T_1 + \frac{5}{3}T_2\right)} \frac{T_0 - T_1}{T_1}$$

$$2T_1$$

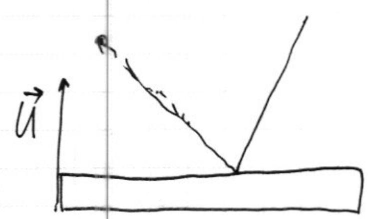
$$2(T_0 - T_1)$$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$V_1 \sin\alpha = V_2 \cdot \sin\beta \Rightarrow$ $\frac{V_1}{V_2}$ $V_2 = V_1 \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = 12$ м/с

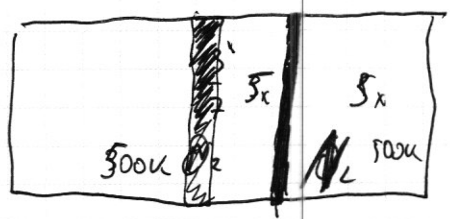


$mV_1 \cos\alpha = 2U + mV_2 \cos\beta$ $\frac{2\sigma}{\varepsilon_0 S}$

$\frac{mV_1^2}{2} = \frac{mV_1^2}{2}$ $\frac{Кл}{м^2}$ $\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$ $\frac{В}{м} = \frac{Н}{Кл}$

$F = q E$

$p = \frac{\nu R T_1}{V_1} = \frac{\nu R T_2}{V_2}$ $\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{3}{5}$



$pV_1 = \nu R T$

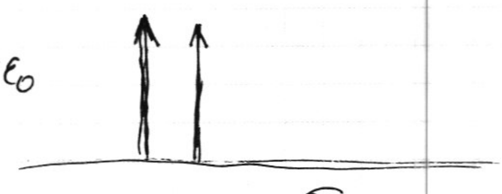
$pV_2 = \nu R T_2$

pV $C \cdot dT = p \cdot dV + \frac{3}{2}\nu R dT$

$Q = A + \frac{3}{2}\nu R \Delta T$ $k\frac{q_1 q_2}{r^2}$

$\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$ $\frac{Н \cdot м^2}{Кл^2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$ $\frac{Кл}{м^2}$

$\varepsilon_0 = \frac{Кл^2}{Н \cdot м^2}$



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

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

$\frac{Кл}{м^2} \cdot \frac{Н м^2}{Кл}$ $\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$ $\frac{2\sigma}{\varepsilon_0}$

$-Q_1 = Q_2$

$-\frac{5}{2}\nu R(T_1 - T_0) - p_2 V_1$

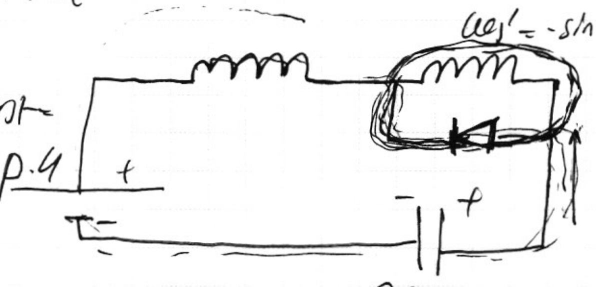
$\ddot{q} + \frac{q}{CL}$ $\omega^2 = \frac{1}{CL}$ $\sqrt{C \cdot L}$ $\frac{mV_1^2}{2}$ ~~$A \cdot \Delta t$~~ N_f

$\omega = \frac{1}{\sqrt{CL}}$ $2\pi\sqrt{CL}$

$\sin' = \cos$

$\cos' = -\sin\omega t$

$\frac{mU^2}{R} = \frac{mV^2}{2} = Q$ $N \cdot \Delta S = N u \Delta t - \Delta p \cdot 4$



$\ddot{q} + \frac{q}{CL} = \frac{E_0}{L}$

$q = C\mathcal{E}_0 + C\mathcal{E}_0 \cos\omega t$

~~$\mathcal{E}_0 + U_0 \cos\omega t$~~

$D = V \cdot t_1$

ω^2

$\ddot{q} + q \cdot \omega^2 = \frac{\mathcal{E}_0}{L}$

$I \sim I_0 \cdot \pi R^2$

$\frac{I_0}{I_1} = \frac{S_0}{S_1} = \frac{\frac{\pi D^2}{4}}{\frac{\pi D^2}{4} - \pi R^2}$

$- \cancel{C\mathcal{E}_0 \cdot \omega^2 \cdot \cos\omega t} +$

$+ C\mathcal{E}_0 \cdot \omega^2 + \omega^2 \cancel{C\mathcal{E}_0 \cos\omega t} = \mathcal{E}_0$

$\frac{\mathcal{E}_0}{L}$

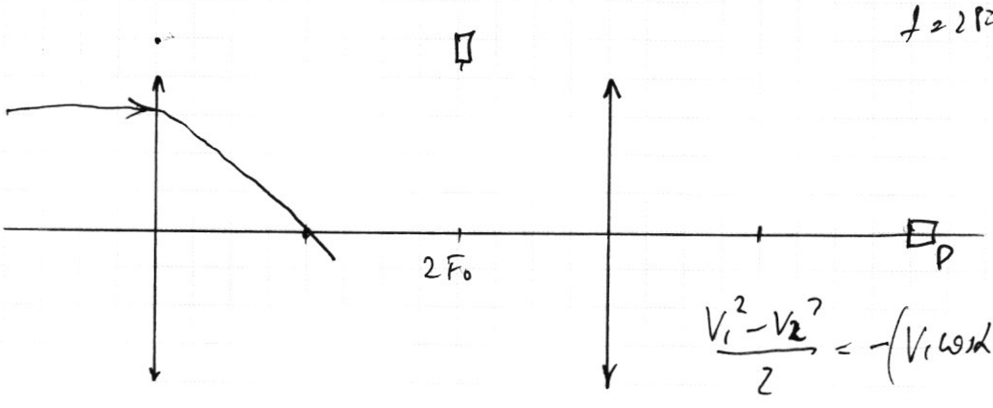
$R = \frac{V\tau_0}{2}$

$2R = V \cdot \tau_0$

$q = C\mathcal{E}_0 + C\mathcal{E}_0 \cos\omega t$ $\frac{dq}{dt} = -\omega C\mathcal{E}_0 \sin\omega t$

$6\sqrt{3}$ $2\sqrt{7}$ $mV_1\cos\alpha - mV_2\cos\beta$ $\frac{1}{2F_0} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F_0}$

6.1.71 $2 \cdot 2 \cdot 5$ $f = 2F_0$



(1) $2F_0$

(2)

$\frac{V_1^2 - V_2^2}{2} = -(V_1\cos\alpha - V_2\cos\beta) \cdot U$