Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

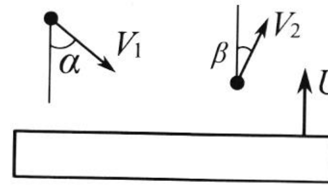
Класс 11

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.

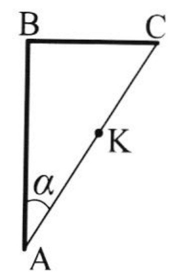
2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится водород, во втором – азот, каждый газ в количестве $\nu = 6/7$ моль. Начальная температура водорода T_1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

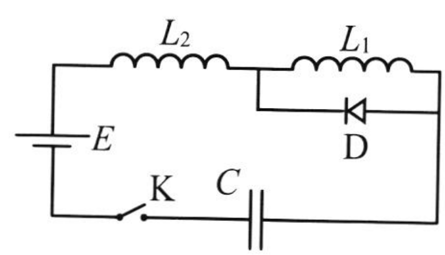
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины АВ и ВС перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром B. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру В.



1) Пластина ВС заряжена с постоянной поверхностной плотностью заряда. Угол $\alpha = \pi/4$. Во сколько раз увеличится напряженность электрического поля в точке К на середине отрезка АС, если пластину АВ тоже зарядить с такой же поверхностной плотностью заряда?

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

4. Электрическая цепь собрана из идеальных элементов: источника с ЭДС E, катушек с индуктивностями $L_1 = 4L$, $L_2 = 3L$, 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.

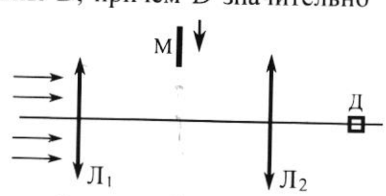


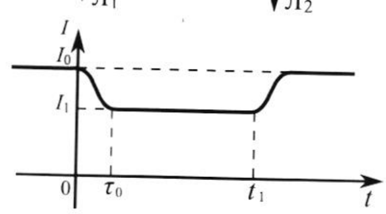
1) Найти период T этих колебаний.

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). $I_1 = 5I_0/9$.





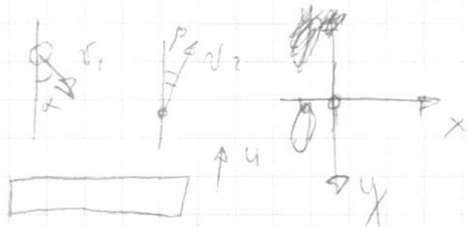
1) Найти расстояние между линзой Л$_2$ и фотодетектором.

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

Известными считать величины F_0, D, τ_0.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1. ~~Массивная плита не гасит свою скорость при удар значит~~ Т.к. поверхность гладкая, то трения нет. А значит при ударе возникает только нормальная составляющая силы реакции опоры, которая $\perp$ плите $\Rightarrow$ по оси Ox сохраняется импульс



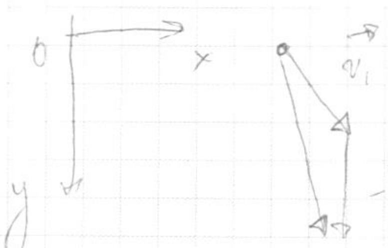
p_{x_1} – начальный импульс по оси Ox $p_{x_1} = m v_1 \sin\alpha$

p_{x_2} – конечный импульс по оси Ox $p_{x_2} = m v_2 \sin\beta$

$\Rightarrow p_{x_1} = p_{x_2} \Rightarrow v_1 \sin\alpha = v_2 \sin\beta$

1) $v_2 = v_1 \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{3}{2} v_1 = 18 \frac{м}{с}$

2) Перейдем в С.О плиты. Скорость шарика в этой С.О. равна $\vec{v_1} - \vec{u}$.



Найдем вертикальную составляющую скорости. Она равна $(v_1 \cos\alpha + u)$. В С.О плиты, плита неподвижна, а шарик отскакивает от нее с некоторой скоростью $\vec{v}$. Пусть вертикальная составляющая этой скорости v_y.

Чтобы отскок был возможен, v_y должна быть больше 0

1. продолжение Перейдём обратно в С.О. Земли

~~Вертикальная~~ Скорость осколка в этой С.О равна $\vec{v} + \vec{u}$, а вертикальная составляющая равна $(v_y + u)$. С другой стороны это $v_2 \cos\beta$

$$v_y = v_2 \cos\beta - u > 0$$

$$u < v_2 \cos\beta$$

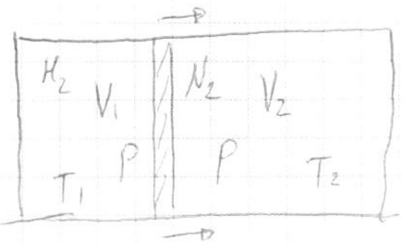
$$u < \sqrt{1 - \frac{1}{9}} \cdot 18 \ \frac{м}{с}$$

$$u < \frac{2\sqrt{2}}{3} \cdot 18 \ \frac{м}{с} \qquad u < 12\sqrt{2} \ \frac{м}{с}$$

И $u > 0$

Ответы: 1) $v_2 = 18 \ \frac{м}{с}$ 2) $u \in \left(0 \frac{м}{с}; 12\sqrt{2} \frac{м}{с}\right)$

2.



Т.к поршень двигается медленно, то можно считать, что его ускорение равно 0, а значит давление слева и справа равны, т.к равны силы

~~Т.к~~ В том числе давления равны в начальный момент. Запишем уравнения Менделеева-Клапейрона

$$\begin{cases} pV_1 = \nu R T_1 \\ pV_2 = \nu R T_2 \end{cases}$$

V_1, V_2 — объемы, занимаемые водородом и азотом изначально

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{35}{55} \approx 0,64$$

Пусть в сосуде установилась температура T

I начало термодинамики для водорода: $Q_{H_2} = A_{газ\,H_2} + \Delta U_{H_2}$

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

ШИФР
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2. продолжение для азота $Q_{N_2} = A_{над\, N_2} + \Delta U_{N_2}$

$Q_{H_2} + Q_{N_2} = 0$, т.к. сосуд теплоизолирован.

$p = const$

~~Из~~ Если $A_{над\, N_2} = -p\Delta V_{N_2}$, но тогда $A_{над\, H_2} = +p\Delta V_{N_2}$, т.е

$A_{над\, N_2} + A_{над\, H_2} = 0$

$\Rightarrow \Delta U_{H_2} + \Delta U_{N_2} = 0$

$\frac{5}{2}\nu R(T - T_1) + \frac{5}{2}\nu R(T - T_2) = 0$

$2T = T_1 + T_2 \Rightarrow T = \frac{T_1 + T_2}{2}$

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

Азот передал водороду столько тепла, сколько получил водород, т.е

$Q_{H_2} = A_{над\, H_2} + \Delta U_{H_2}$

$\Delta U_{H_2} = \frac{5}{2}\nu R(T - T_1) = \frac{5}{2}\nu R \frac{T_1 + T_2 - 2T_1}{2} = \frac{5}{2}\nu R \frac{T_2 - T_1}{2}$

$A_{над\, H_2} = -p\Delta V_{H_2}$ (если газ расширялся, то работа над ним меньше 0)

$A_{над\, H_2} = -\nu R(T - T_1) = \nu R(T_1 - T)$

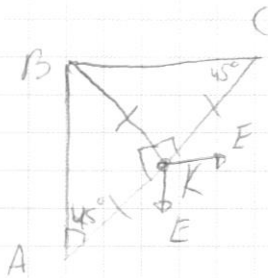
$Q_{H_2} = \nu R(T_1 - T) + \frac{5}{2}\nu R\frac{T_2 - T_1}{2} = -\nu R \cdot 100K + \frac{5}{2}\nu R \cdot 100K =$

$= \frac{3}{2}\nu R \cdot 100K = \frac{3}{2}\cdot\frac{6}{7}\cdot 8{,}31 \cdot 100$ Дж $= \frac{831}{7}\cdot 9 \approx 1044$ Дж

Ответы: 1) $\frac{V_1}{V_2} = \frac{35}{55} \approx 0{,}64$ 2) $T = 450K$ 3) $Q \approx 1044$ Дж

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

3. 1)



$AK = KC$

$\angle B = 90^\circ$

BK – медиана из прямого угла

$BK = \cancel{KC}\ \frac{1}{2} AC$

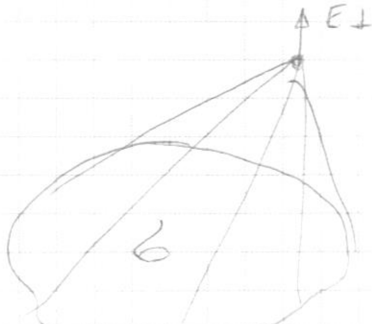
$\angle BAC = 45^\circ \Rightarrow \angle BCA = 45^\circ$

$\Rightarrow \angle BKC = 90^\circ$

$AB = BC$ Пусть BC создаёт в точке K напряжённость E. В силу симметрии AB будет создавать такую же по модулю напряжённость E, но $\perp$. Тогда по принципу суперпозиции напряжённость, если зарядить и AB, и BC равна $\sqrt{2}\,E$

1) ув-ся в $\sqrt{2}$ раз.

2) Если из какой-то точки ~~плоскость~~ поверхность видна под телесным углом Ω, то напряжённость в этой точке $\perp$ ~~пов~~ ~~плоскости~~ поверхности $E_\perp = \frac{\Omega}{4\pi}\frac{\sigma}{\varepsilon_0}$

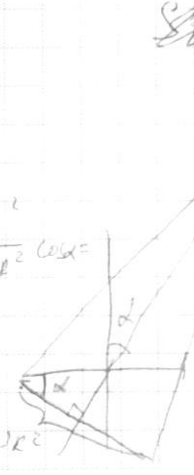


Докажем это, а потом воспользуемся

Пусть малый участок виден под углом ω

Тогда площадь участка

$= \frac{\omega r^2}{\cos\alpha}$



$\Delta E_\perp = \Delta E \cos\alpha = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\sigma\omega r^2}{\cos\alpha\, r^2}\cos\alpha =$

$= \frac{\omega}{4\pi}\cdot\frac{\sigma}{\varepsilon_0}$

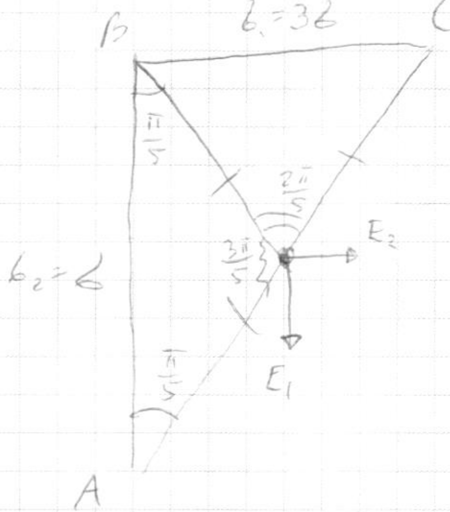
☐ черновик ☑ чистовик Страница № 4

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

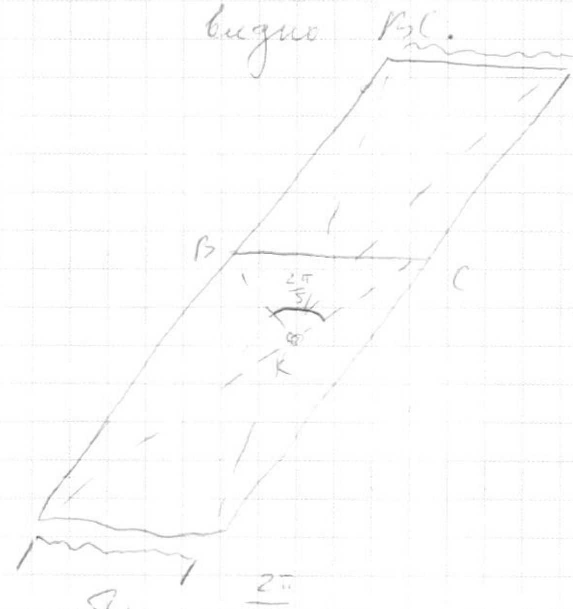
3. продолжение $E_\perp = \sum \Delta E_\perp = \sum \frac{\omega}{4\pi}\frac{\sigma}{\varepsilon_0} = \frac{\sigma}{4\pi\varepsilon_0}\sum\omega = \frac{\sigma\Omega}{4\pi\varepsilon_0}$

с.т.д



$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2}$

Найдем Ω_1, под которым видно BC.



$\frac{\Omega_1}{4\pi} = \frac{\frac{2\pi}{5}}{2\pi}$ 2π - полный плоский угол

т.к плоскость бесконечная

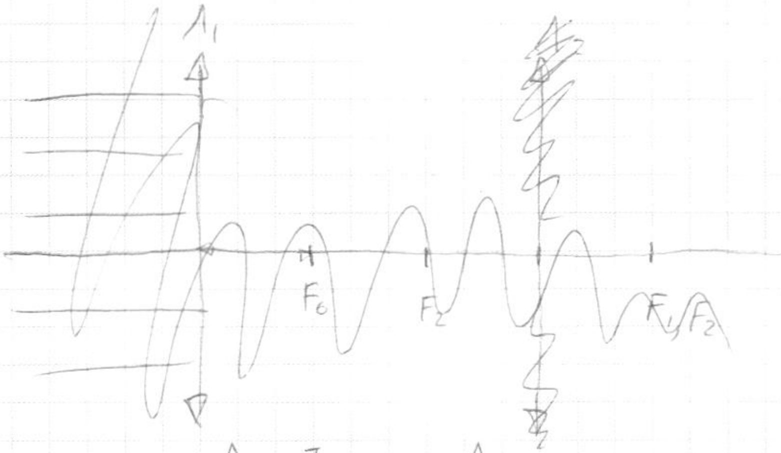
$\frac{\Omega_1}{4\pi} = \frac{2}{10}$ Аналогично $\frac{\Omega_2}{4\pi} = \frac{3}{10}$

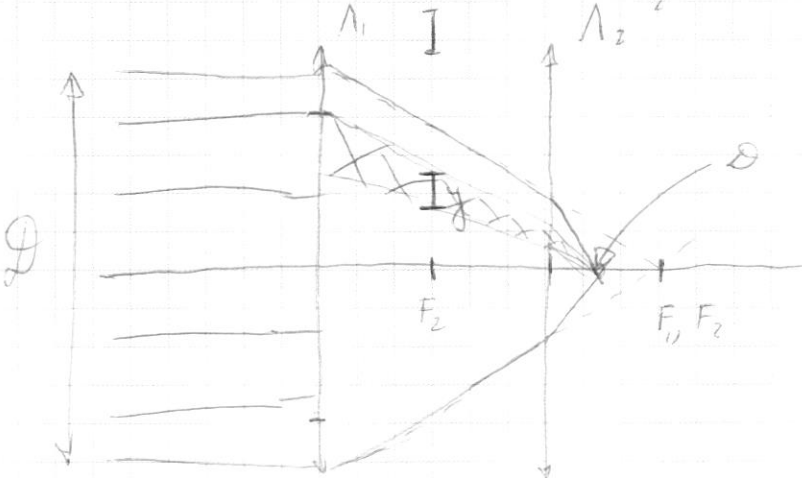
$E_2 = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\cdot\frac{3}{10}$ $E_1 = \frac{3\sigma}{\varepsilon_0}\cdot\frac{2}{10} = \frac{6}{10}\frac{\sigma}{\varepsilon_0}$

$E = \sqrt{\frac{9}{100}+\frac{36}{100}}\,\frac{\sigma}{\varepsilon_0} = \sqrt{\frac{45}{100}}\,\frac{\sigma}{\varepsilon_0} = \frac{3}{10}\sqrt{5}\,\frac{\sigma}{\varepsilon_0}$

Ответ: 1) $\sqrt{2}$ 2) $E = \frac{3\sqrt{5}}{10}\frac{\sigma}{\varepsilon_0}$

5.





Расстояние от $Л_2$ до $D = x$

Если бы не было $Л_2$, то $Л_1$ построила бы изображение пучка в фокусе на расстоянии $3F_0$

Но есть $Л_2$. Можем считать, что для неё предмет является мнимым и находится на расстоянии F_0.

Ф-ла тонкой линзы для $Л_2$

$$\frac{1}{x} - \frac{1}{F_0} = \frac{1}{F_0} \rightarrow x = \frac{F_0}{2}$$

Диаметр мишени y.

$I \sim P_{света} \sim S_{пучка}$ (т.к. интенсивность одинакова во всем сечении) Когда мишень зайдет полностью, она будет вырезать одинаковую площадь в процессе движения, а значит ток будет постоянным (I_1)

Переходные моменты на графике $I(t)$ соответствуют входу и выходу мишени. Найдем площадь, которую будет вырезать мишень.

МФТИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

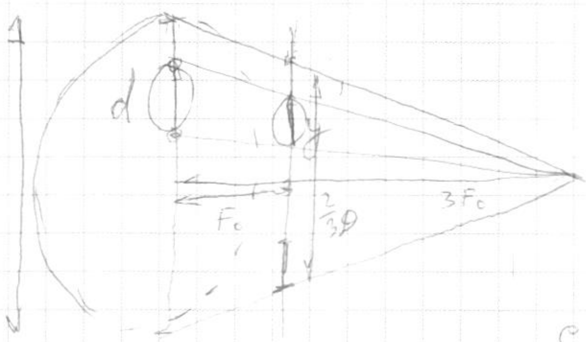
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

5. продолжение ~~диаметр пучка~~



d — диаметр вырезаемой области

$$d = \frac{3}{2} y$$

$$S = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi}{4}\cdot\frac{9}{4} y^2$$

Площадь $\frac{\pi D^2}{4}$ соответствует ток I_0, а $\frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi}{4}\frac{9}{4}y^2 \to$

$\frac{5 I_0}{9}$ $\Rightarrow$ $\frac{5}{9}\frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi}{4}\frac{9}{4}y^2$

$$\frac{4}{9}D^2 = \frac{9}{4}y^2 \Rightarrow y = \frac{4}{9}D$$

τ_0 — время входа мишени $\quad v\cdot\tau_0 = y$

$$\Rightarrow v = \frac{y}{\tau_0} = \frac{4D}{9\tau_0}$$

t_1 — время через которое мишень начнёт выходить из пучка диаметром $\frac{2}{3}D$

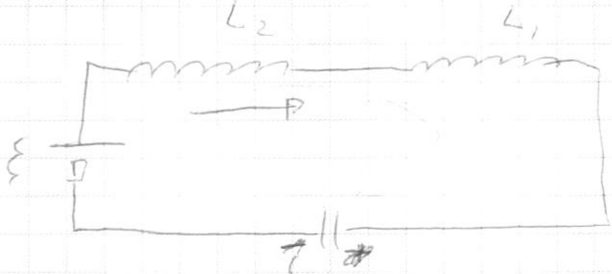
$$\frac{2}{3}D = v\cdot t_1$$

$$t_1 = \frac{\frac{2}{3}D}{v} = \frac{\frac{2}{3}D}{\frac{2}{3}\cdot\frac{2}{3}\cdot\frac{D}{\tau_0}} = \frac{3}{2}\tau_0 = 1{,}5\,\tau_0$$

Ответы: 1) $x = \frac{F_0}{2}$ 2) $v = \frac{4D}{9\tau_0}$ 3) $t_1 = 1{,}5\,\tau_0$

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

4. Если ток течет по L_2 вправо, то схема выглядит так



(1)

$$\mathcal{E} - L_2\ddot{q} - L_1\ddot{q} = \frac{q}{C}$$

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

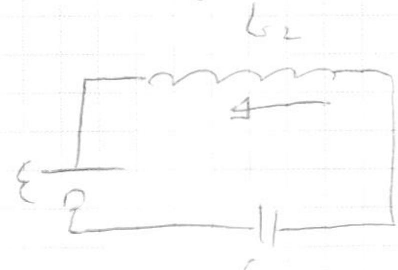
$$\ddot{q} + \frac{q}{7LC} - \frac{\mathcal{E}}{7L} = 0$$

$$\ddot{q} + \frac{1}{7LC}(q - \mathcal{E}C) = 0 \qquad q - \mathcal{E}C = \gamma$$

$\ddot{\gamma} + \frac{1}{7LC}\gamma = 0$ — гармонические колебания

с периодом $T_1 = 2\pi\sqrt{7LC}$

Если ток течет по L_2 влево, то схема выглядит так



(2)

$$3L\ddot{q} + \frac{q}{C} - \mathcal{E} = 0$$

$$\ddot{q} + \frac{1}{3LC}(q - \mathcal{E}C) = 0$$

$\ddot{\gamma} + \frac{1}{3LC}\gamma = 0$ — г. колебания

с периодом $T_2 = 2\pi\sqrt{3LC}$

Когда ключ замыкается ток в цепи возрастает до I_m, за $\frac{T_1}{4}$ Ток I_m течет вправо

Чтобы найти период T, найдем момент, когда I_m будет снова течь вправо

4. продолжение. Через $\frac{T_1}{4}$ ток станет равным 0

Затем схема поменяется на вторую и через $\frac{T_1}{2}$

ток снова будет 0. Опять поменяется схема, и

через $\frac{T_1}{4}$ ток I_{m_1} будет течь вправо.

$$T = \frac{T_1}{4} + \frac{T_1}{2} + \frac{T_1}{4} = \frac{T_1 + T_2}{2} = \pi\sqrt{7LC} + \pi\sqrt{4LC}$$

Для схемы 1

$$q - \mathcal{E}C = A\cos(\omega t + \varphi)$$

$$I = -A\omega\sin(\omega t + \varphi)$$

для $t = 0$: $\quad I = 0 = -A\omega\sin\varphi \Rightarrow \sin\varphi = 0$

$q = 0$: $\quad -\mathcal{E}C = A\cos\varphi \Rightarrow \cos\varphi = -1$

$A = \mathcal{E}C$

$$I_{max_1} = A\omega = \mathcal{E}C\sqrt{\frac{1}{7LC}} = \sqrt{\frac{\mathcal{E}^2 C}{7L}}$$

Для схемы 2:

$$q - \mathcal{E}C = A\cos(\omega t + \varphi)$$

$$I = -A\omega\sin(\omega t + \varphi)$$

для $t = 0$: $\quad q_{max} = 2\mathcal{E}C$

~~обозначим этот момент времени~~

$2\mathcal{E}C - \mathcal{E}C = A\cos\varphi$

$\mathcal{E}C = A\cos\varphi$

(нулевой момент времени для этой схемы соответствует моменту, когда заряд на конденсаторе максимальный)

$0 = -A\omega\sin\varphi \Rightarrow \sin\varphi = 0$

$\cos\varphi = 1 \qquad A = \mathcal{E}C$

$$I_{max_2} = A\omega = \mathcal{E}C\sqrt{\frac{1}{4LC}} = \sqrt{\frac{\mathcal{E}^2 C}{3L}}$$

Ответы: 1) $T = \pi\left(\sqrt{7LC} + \sqrt{4LC}\right)$ 2) $I_{max_1} = \sqrt{\frac{\mathcal{E}^2 C}{7L}}$ 3) $I_{max_2} = \sqrt{\frac{\mathcal{E}^2 C}{3L}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$831 \cdot \frac{8}{2} \cdot \frac{9}{8} \cdot \frac{8}{7}$

$pV = \nu RT$

131 | 7

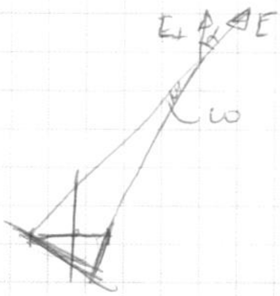
$\frac{831 \cdot 9}{7}$

$$\begin{array}{r|l} 831 & 7 \\ \hline -7 & 115,857 \\ 13 & \\ -7 & \\ 61 & \\ -56 & \\ 50 & \\ -49 & \\ 1 & \end{array}$$

116

$$\begin{array}{r} 115,857 \\ \times \quad 9 \\ \hline \end{array}$$

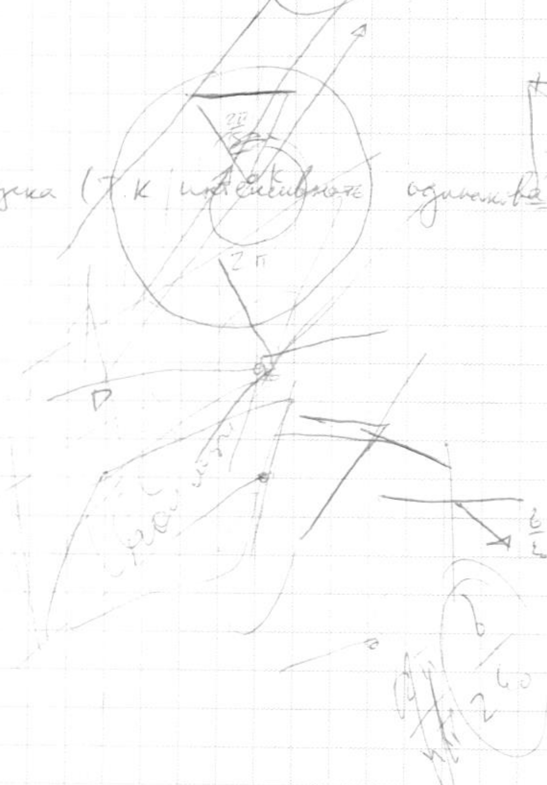
$$\begin{array}{r} 116 \\ \times \quad 9 \\ \hline 990 \\ +\ 54 \\ \hline 1044 \end{array}$$



$E_\perp = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{\omega R^2}{\cos\alpha \, R^2} \cdot \cos\alpha$

P точк

I ~ P света ~ S пучка (т.к. интенсивность одинакова во всех сеч...)



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\frac{T_2}{4}+\frac{T_1}{2}+\frac{T_1}{4}=t_1+t_2$

туда 4L 3L

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

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

$\ddot{q}+\frac{q}{7LC}-\frac{\mathcal{E}}{7L}=0$

$\ddot{q}+\frac{1}{7LC}(q-\mathcal{E}C)=0$

$q-\mathcal{E}C=A\cos(\omega t+\varphi)$

$-\mathcal{E}C=A\cos\varphi$

$\mathcal{I}=-A\omega\sin(\omega t+\varphi)$

$0=-\sin\varphi$

$\cos\varphi=\pm1$

$\cos\varphi=-1$

$A=\mathcal{E}C$

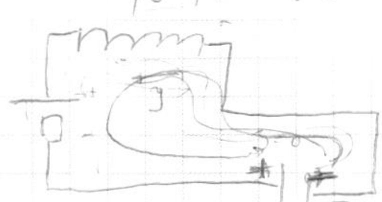
$\varphi=\pi$

$q=\mathcal{E}C+\mathcal{E}C\cos(\omega t+\pi)$

$\omega=\sqrt{\frac{1}{7LC}}$ $T_1=2\pi\sqrt{7LC}$ $t_1=\frac{T_1}{2}$

4L 01 через $\frac{T}{2}=T=\frac{2\pi}{\omega}$ $\frac{T}{2}=\frac{\pi}{\omega}$

$\cos 2\pi$



$2\mathcal{E}C$ — max заряд

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

$0,63636$ $0,64$

350 | 55
330 | 0,63
200
165
35

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

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

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

$t_2=\frac{T_2}{2}$

$q-\mathcal{E}C=A\cos(\omega t+\varphi)$

$2\mathcal{E}C-\mathcal{E}C=A\cos\varphi$

$\mathcal{E}C=A\cos\varphi$

$\mathcal{I}=-A\omega\sin\varphi$

$\sin\varphi=0$ $\cos\varphi=1$ $\varphi=0$

$\frac{35}{55}$

$T=t_1+t_2$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

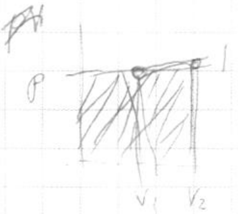
Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

3) $Q_{H_2} = \underbrace{A_{H_2}}_{-A_{H_2}} + \underbrace{\Delta U_{H_2}}$

$-p\Delta V = \nu RT$ $\quad \frac{5}{2}\nu RT - \frac{5}{2}\nu RT_1$

$-\nu R(T_4 - T_1)$ $\quad \frac{5}{2}\nu R\left(\frac{T_1+T_2}{2} - \frac{2T_1}{2}\right) = \frac{5}{2}\nu R\left(\frac{T_2 - T_1}{2}\right)$



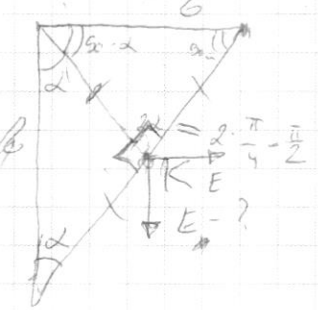
$p\Delta V = pV_2 - pV_1 - \nu R(T -$

$T - T_1 = T_2 - T$

$T_1 + T_2 = 2T$

$Q = \frac{5}{2}\nu R \cdot 100K - \nu R \cdot 100K = \frac{3}{2}\nu R \cdot 100K$

3) 1)



$\alpha \cdot \frac{\pi}{4} = \frac{\pi}{2}$

$E_\perp - ?$

$E_\perp = \frac{2\pi}{4\pi} \cdot \frac{\sigma}{\varepsilon_0} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$

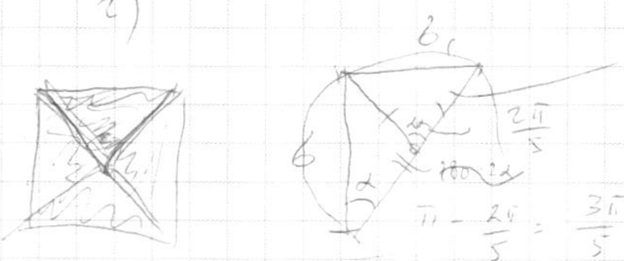
$\frac{1}{4\pi}$ $\quad \Omega = \frac{1}{4} 4\pi = \pi$

в корне $\sqrt{2}$ раз.

$E_\perp = \frac{\Omega}{4\pi} \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$

$E \Rightarrow \sqrt{2}E$

2)



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

$\Omega_1 = \frac{\frac{2\pi}{5}}{2\pi} 4\pi = \frac{1}{5} \cdot 4\pi$

$\Omega_2 = \frac{\frac{3\pi}{5}}{2\pi} = \frac{3}{10} 4\pi$

$E_1 = \frac{2}{10} \cdot \frac{3\sigma}{\varepsilon_0} = \frac{6}{10}\frac{\sigma}{\varepsilon_0}$

$E_2 = \frac{3}{10} \cdot \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$

$\sqrt{\frac{45}{100}}$

$E_2 = \frac{3}{10} \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$

$E = \sqrt{\frac{36}{100} + \frac{9}{100}} \frac{\sigma}{\varepsilon_0} = \frac{3}{10}\sqrt{5} \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

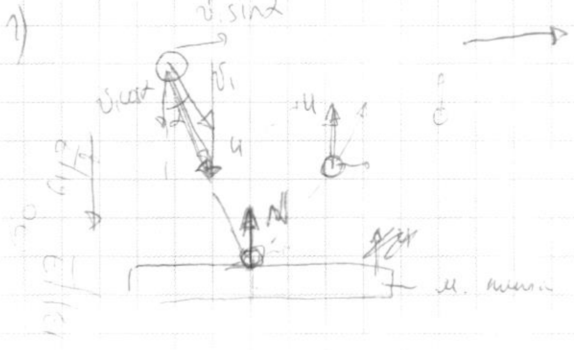
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1)



$v_1\cos\alpha + u$

$\uparrow v_y + u = v_2\cos\beta$

$\underline{v_x} = v_2 \sin\beta$

гладкая v_x - const

$m v_y + m v_1 \cos\alpha + m u = \Delta p_y$

$m(v_2 \sin\beta - v_1 \sin\alpha) = \Delta p_y$

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

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

1) $\boxed{v_2 = \frac{3}{2} v_1 = \frac{3}{2} \cdot 12 \text{ м/с} = 18 \frac{м}{с}}$

2)

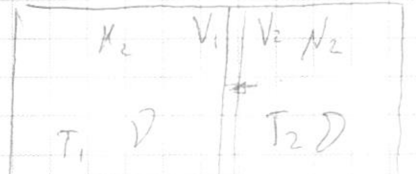
$\downarrow v_1\cos\alpha + u \quad \uparrow v_y > 0 \qquad v_y + u = v_2\cos\beta$

$v_y = v_2\cos\beta - u \geq 0 \qquad 0 < u < v_2\cos\beta$

$18\frac{м}{с}\sqrt{1-\frac{1}{9}} = 18\frac{\sqrt{8}}{3} = 12\sqrt{2}$

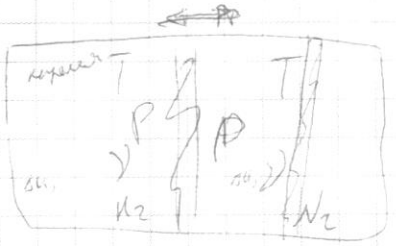
2)

$T_n < T$



$C_V = \frac{5R}{2} = \frac{iR}{2} \quad i=5$

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



$Q_1 + Q_2 = 0$

$\underbrace{A_{N_2} + A_{N_2}}_{0} + \Delta U_{N_2} + \Delta U_{N_2} = 0$

$pV = \nu R T$

$\frac{T_1+T_2}{2}$

νR

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

$\begin{cases} pV_1 = \nu R T_1 \\ pV_2 = \nu R T_2 \end{cases}$

$\frac{T_1+T_2}{2} = T$

Вся система: $Q = A + \Delta U$

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

$Q_1 = A_{N_2} + \Delta U_{N_2} \qquad Q_2 = A_{N_2} + \Delta U_{N_2}$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

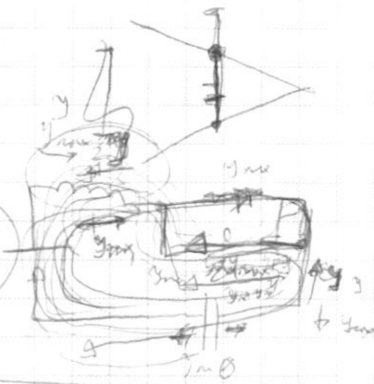
(Нумеровать только чистовики)

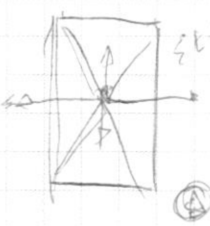
$$\frac{5}{9}\frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi}{4}\cdot\frac{9}{4}y^2$$

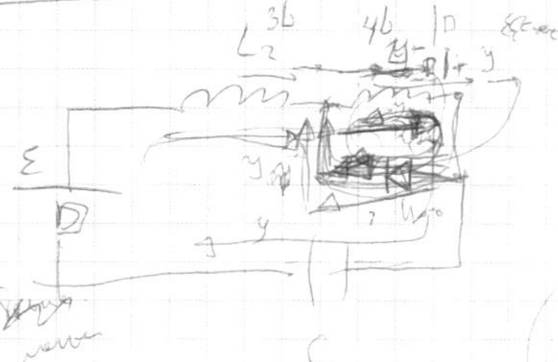
$$\frac{9}{4}y^2 = \frac{4}{9}D^2\cdot\frac{4}{9} \qquad y = \frac{4}{9}D$$

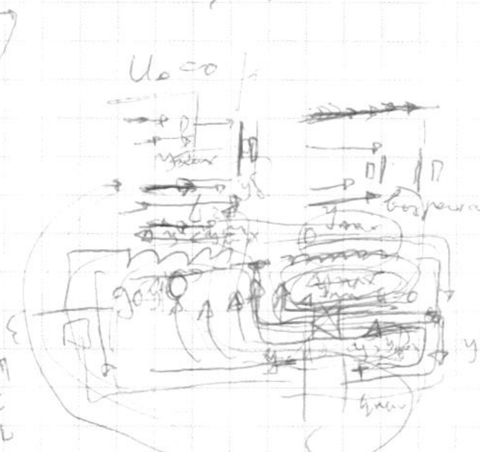
$$v = \frac{y}{\tau_0} = \frac{4D}{9\tau_0}$$

$$t_1 v = \frac{2}{3}D \qquad t_1 = \frac{\frac{2}{3}D}{\frac{2}{3}\frac{2\cdot 4}{3\cdot 9}D}\cdot\tau_0 = \frac{3}{2}\tau_0$$









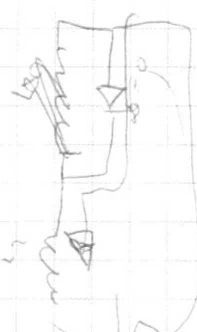
$\sqrt{\frac{1}{7LC}}$

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

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

$$\ddot{q} + \frac{q}{7LC} - \frac{\mathcal{E}}{7L} = 0$$

$$\ddot{q} + \frac{1}{7LC}\left(q - \mathcal{E}C\right) = 0$$



$$q - \mathcal{E}C = A\cos(\omega t + \varphi)$$

$$q - \mathcal{E}C = A\cos\varphi = 0$$

$$-\mathcal{E}C = A\cos\varphi \qquad A > 0$$

$$I = -A\sin(\omega t + \varphi)$$

$$0 = -A\sin\varphi \qquad \sin\varphi = 0$$

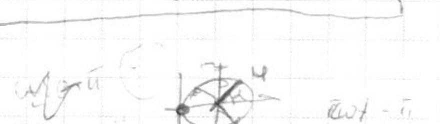
$$\boxed{I = -\mathcal{E}C\omega\sin(\omega t + \pi) = \sqrt{\frac{\mathcal{E}^2 C}{7L}}\sin(\omega t)}$$

$I_{max} = \sqrt{\frac{\mathcal{E}^2 C}{7L}}$

$y' < y_{max}$

y_{max} $\sqrt{\frac{\mathcal{E}^2 C}{3L}}$

$$\boxed{q - \mathcal{E}C = \mathcal{E}C\cos(\omega t + \pi) + \mathcal{E}C}$$



$A = \mathcal{E}C$ $\quad +\pi \quad -\mathcal{E}C$

$\cos\varphi = -1$

$\cos\varphi = \pm 1$

$\pi - \omega t$

$\cos x = -\cos(\pi - x)$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

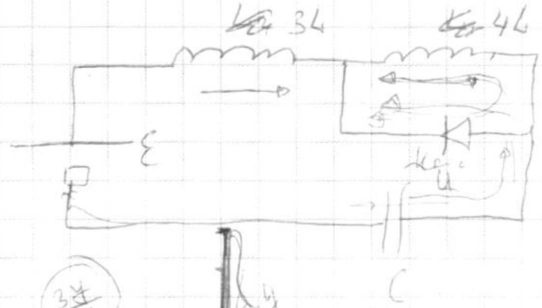
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

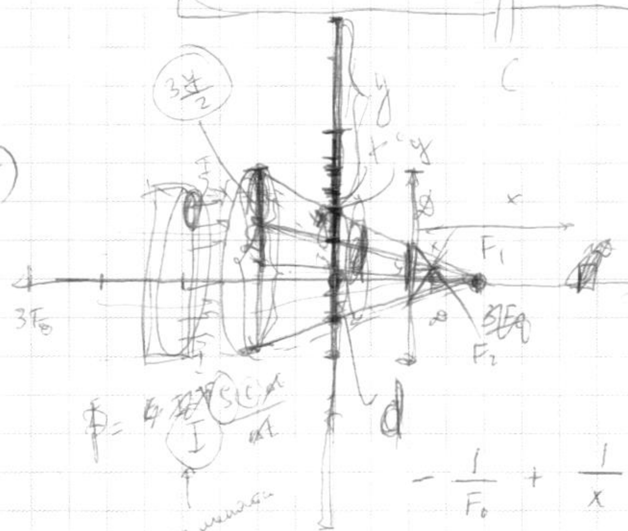
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4)



5)



$$-\frac{1}{F_0} + \frac{1}{x} = \frac{1}{F_0}$$

$$\frac{2}{F_0} = \frac{1}{x} \qquad x = \frac{F_0}{2}$$

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

$y = v \cdot t_0$

$v = \frac{y}{t_0}$

$y + \frac{4}{9}D = v \cdot t_1$

$y = \frac{4}{9}\frac{\sqrt{11}}{2}D = \frac{2}{9}\sqrt{11}D$

$I \sim \frac{E}{S}$

$y \sim I$

$I_0 \to D^2$

$I = \frac{5I_0}{9} \to$

$\frac{5}{9} I_0 \to \frac{5}{9} D^2$

$\left(D - \frac{3y}{2}\right)^2 \to \frac{5}{9}$

$D^2 \to 1$

$D^2 - 3yD + \frac{9y^2}{4} - \frac{5}{9}D^2$

$\frac{4}{9}D^2 = 3yD + \frac{9y^2}{4} - \frac{4}{9}D^2 = 0$

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)