Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

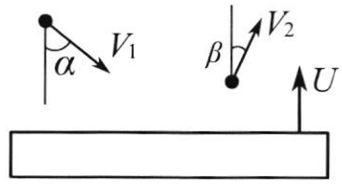
Класс 11

Вариант 11-04

Шифр

(заполняется секретарём)

1. Массивная плита движется с постоянной скоростью U вертикально вверх. К плите подлетает шарик, имеющий перед ударом скорость V_1 = 18 м/с, направленную под углом $\alpha \left(\sin\alpha = \dfrac{2}{3} \right)$ к вертикали (см. рис.). После неупругого удара о гладкую горизонтальную поверхность плиты шарик отскакивает со скоростью V_2, составляющей угол $\beta \left(\sin\beta = \dfrac{3}{5} \right)$ 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.

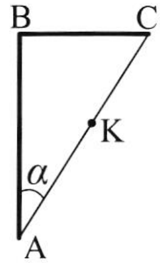
2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится аргон, во втором – криптон, каждый газ в количестве $\nu = 3/5$ моль. Начальная температура аргона T_1 = 320 К, а криптона T_2 = 400 К. Температуры газов начинают медленно выравниваться, а поршень начинает медленно двигаться. Оба газа одноатомные, газы считать идеальными. R = 8,31 Дж/(моль·К).

1) Найти отношение начальных объемов аргона и криптона.

2) Найти установившуюся температуру в сосуде.

3) Какое количество теплоты передал криптон аргону?

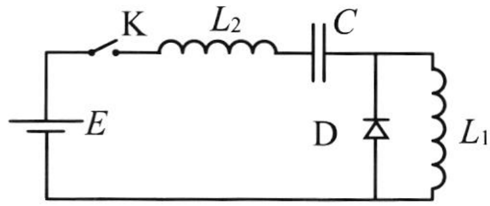
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины AB и BC перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром B. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру B.



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 $\sigma_1 = \sigma, \sigma_2 = 2\sigma/7$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/9$. 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 $L_1 = 5L$, $L_2 = 4L$, 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_2.

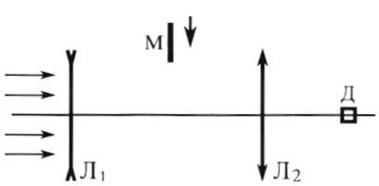


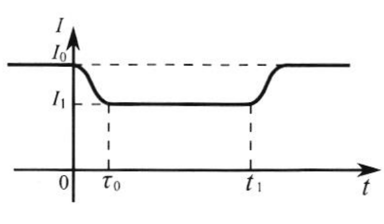
1) Найти период T этих колебаний.

2) Найти максимальный ток I_{01}, текущий через катушку L_1.

3) Найти максимальный ток I_{02}, текущий через катушку L_2.

5. Оптическая система состоит из двух соосных тонких линз Л$_1$ и Л$_2$ (см. рис.) с фокусными расстояниями -2F_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). $I_1 = 7I_0/16$





.

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

Дано:

$V_1 = 18\frac{м}{с}$

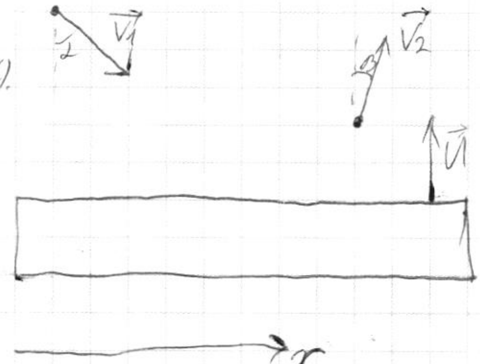
$\alpha = \arcsin\frac{2}{3}$

$\beta = \arcsin\frac{3}{5}$

1) V_2 - ?

2) u - ?

Решение:



1) Вводим Ох (см. рисунок). Вдоль Ох плита не движется => Можем записать З.С.И. для шарика по Ох:

$\cancel{m}V_1\sin\alpha = \cancel{m}V_2\sin\beta$

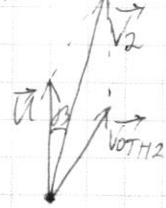
$V_2 = V_1\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = 18\frac{м}{с}\cdot\frac{\frac{2}{3}}{\frac{3}{5}} = 18\cdot\frac{10}{9} = 20\frac{м}{с}$

2) Перейдём в С.О. плиты (прибавим ко всем векторам скоростей вектор $-\vec{u}$, направленный вниз). По Th косинусов, применённой к векторам:

$V_{отн1}^2 = u^2 + V_1^2 - 2V_1u\cos(180° - \alpha)$

$V_{отн1}^2 = u^2 + V_1^2 + 2V_1u\cos\alpha$

Вернёмся в С.О. относительно земли. Прибавим ко всем скоростям вектор $\vec{u}$, направленный вверх и применим Th косинусов:



$V_{отн2}^2 = V_2^2 + u^2 - 2V_2u\cos\beta$

Заметим, что пока мы были в С.О. плиты, шарик просто совершил упругий удар о неподвижную плиту, из-за чего:

$|V_{отн1}| = |V_{отн2}|$

$V_{отн1}^2 = V_{отн2}^2$

$V_1^2 + U^2 + 2V_1 U \cos\alpha = V_2^2 + U^2 - 2V_2 U \cos\beta \qquad \cos\beta = \sqrt{1-\sin^2\beta} = \frac{4}{5}$

$2U(V_1 \cos\alpha + V_2\cos\beta) = V_2^2 - V_1^2 \qquad \cos\alpha = \sqrt{1-\sin^2\alpha} = \sqrt{1-\frac{4}{9}} = \frac{\sqrt{5}}{3}$

$U = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2(V_1\cos\alpha + V_2\cos\beta)} = \frac{400-324}{2\cdot(18\cdot\frac{\sqrt{5}}{3} + 20\cdot\frac{4}{5})} = \frac{38}{6\sqrt{5}+16} = \frac{19}{3\sqrt{5}+8} \; | \cdot (3\sqrt{5}-8)$

$U = \frac{57\sqrt{5} - 152}{45-64} \qquad U = \frac{19(3\sqrt{5}-8)}{-19} \qquad U = 8 - 3\sqrt{5}$

Ответ: 1) $V_2 = 20\frac{м}{с}$; 2) $U = 8-3\sqrt{5}\frac{м}{с}$

№2

Дано:

$\nu = \frac{3}{5}$ моль

$T_{10} = 320$ K

$T_{20} = 400$ K

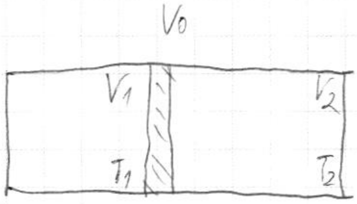
$R = 8{,}31 \frac{Дж}{моль\cdot К}$

1) $\frac{V_{10}}{V_{20}}$ - ?

2) Θ - ?

3) Q - ?

Решение:



1) ~~[illegible]~~

$p_{10}V_{10} = \nu R T_{10}$
$p_{20}V_{20} = \nu R T_{20}$ Менделеева-Клапейрона

Так как поршень движется медленно, в любой момент времени можем сказать что:

$p_1 = p_2 \Rightarrow p_{10} = p_{20}$

$\frac{\nu R T_{10}}{V_{10}} = \frac{\nu R T_{20}}{V_{20}} \Rightarrow \frac{V_{10}}{V_{20}} = \frac{T_{10}}{T_{20}} = \frac{320K}{400K} = \frac{4}{5}$

2) Так как сосуд теплоизолирован, а на газы не действует внешняя сила, можем записать З.С.Э., применимый к внутренней энергии газов.

$E = \frac{3}{2}\nu R T_1 + \frac{3}{2}\nu R T_2 = const$; $\frac{3}{2}\nu R$ - const $\Rightarrow T_1 + T_2 = const$

$T_{10} + T_{20} = \Theta + \Theta \Rightarrow \Theta = \frac{T_{10}+T_{20}}{2} = \frac{320K + 400K}{2} = 360$ K

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3) $V_1+V_2=V_0$ T_1, V_1, T_2, V_2 – в текущий момент

$\frac{\nu R T_1}{V_1}=\frac{\nu R T_2}{V_2}$ V_0 – объём всего сосуда

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

$V_2(1+\frac{T_1}{T_2})=V_0 \Rightarrow V_2=\frac{V_0T_2}{T_1+T_2}; V_1=\frac{V_0T_1}{T_1+T_2}$

dA – работа за время dt, ~~когда мы можем~~ в которое мы не учитываем изменение p – давления в текущий момент

$dA=p\cdot dV_1$

$dA=\frac{\nu R T_1}{V_1}dV_1$

$dA=\frac{\nu R T_1}{\frac{V_0 T_1}{T_1+T_2}}dV_1=\frac{\nu R(T_1+T_2)}{V_0}dV_1$ – проинтегрируем, $(T_1+T_2)=const$

$A=\frac{\nu R(T_1+T_2)}{V_0}V_1\Big|_{V_{10}}^{V_{11}}$ $V_{10}=V_{20}\frac{T_{10}}{T_{20}}$ $V_{20}=V_{10}\frac{T_{20}}{T_{10}} \Rightarrow V_{10}(1+\frac{T_{20}}{T_{10}})=V_0$

~~$V_{11}=\frac{1}{2}V_0$ т.к.~~ $V_{10}=\frac{V_0T_{10}}{T_{10}+T_{20}}$

$A=\frac{\nu R(T_1+T_2)}{\cancel{V_0}}(\frac{1}{2}-\frac{T_{10}}{T_{10}+T_{20}})\cancel{V_0}$ $V_{11}=\frac{1}{2}V_0$ (т.к. равновесие одинакового кол-ва газа)

$A=\nu R(T_1+T_2)(\frac{1}{2}-\frac{T_{10}}{T_{10}+T_{20}})$

$Q=A+\Delta U=\nu R(T_1+T_2)(\frac{1}{2}-\frac{T_{10}}{T_{10}+T_{20}})+\frac{3}{2}\nu R(\Theta-T_{10})$

$Q=\frac{3}{5}\cdot 8{,}31\cdot(320+400)(\frac{1}{2}-\frac{320}{320+400})+\frac{3}{2}\cdot\frac{3}{5}R(360-320)$

$Q=\frac{3}{5}R\cdot 720\cdot(\frac{1}{2}-\frac{4}{9})+\frac{9}{10}R\cdot 40$

$Q=\frac{3}{5}R\cdot 720\cdot\frac{1}{18}+36R$ $Q=24R+36R=60R=60\cdot 8{,}31=498{,}6$ Дж

Ответ: 1) $\frac{V_{10}}{V_{20}}=\frac{4}{5}$; 2) $\Theta=360K$; 3) $Q=498{,}6$ Дж

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

№4

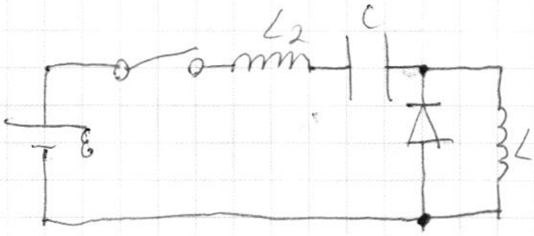
Дано:
$L_1=5L$
$L_2=4L$
C
$\mathcal{E}$

1) T-?
2) I_{01}-?
3) I_{02}-?

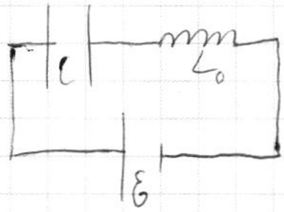
Решение:

~~1) Рассмотрим схему с одной катушкой L_0 и запишем в ней З.С.Э.~~

(1)



(2)



~~1)~~ При посл. соед. катушек $L_0=L_1+L_2$

1) Заметим, что колебания в цепи №1 ~~из~~ из-за диода делятся на 2 этапа: когда ток течёт по часовой стрелке ~~только~~ через L_2 и L_1 т.к. на верхнем контакте диода благодаря L_1 создаётся больший потенциал, чем на нижнем, а также когда ток течёт против часовой стрелки через диод, минуя L_1. Эти два этапа ~~половины периодов~~. Соответственно в каждом периоде колебаний в большой цепи будет полпериода от LC-колебаний с $L_0=4L$, и полпериода колебаний с $L_0=L_1+L_2=9L$.

$T=2\pi\sqrt{L_0C}$, источник не меняет период, а лишь сдвигает амплитудные значения.

$$T=\frac{1}{2}T_{L_1+L_2}+\frac{1}{2}T_{L_2}=\frac{1}{2}\cdot 2\pi\sqrt{9LC}+\frac{1}{2}\cdot 2\pi\sqrt{4LC}=3\pi\sqrt{LC}+2\pi\sqrt{LC}=$$
$$=5\pi\sqrt{LC}$$

Решим второй и третий пункт как если бы мы решали задачу, изображённую на рис. №2.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Запишем З.С.Э. для 2 крайних точек:

$\frac{C\mathcal{E}^2}{2}+\frac{L_0I_0^2}{2}+\mathcal{E}\Delta q=\frac{(C\mathcal{E}+\Delta q)^2}{2C}$, где Δq - амплитуда q, а $C\mathcal{E}$ - состояние, когда конденсатор „уравновешивает" источник, а $\mathcal{E}_i=0$

$\cancel{\frac{C\mathcal{E}^2}{2}}+\frac{L_0I_0^2}{2}+\cancel{\mathcal{E}\Delta q}=\cancel{\frac{C\mathcal{E}^2}{2}}+\cancel{\mathcal{E}\Delta q}+\frac{\Delta q^2}{2C}$

$L_0I_0^2=\frac{\Delta q^2}{C}$

Из того факта, что ~~в начальный момент~~ при замыкании ключа конденсатор не заряжен, мы получаем что амплитуда q, $\Delta q=C\mathcal{E}$

$L_0I_0^2=\frac{C^2\mathcal{E}^2}{C}$

$I_0=\mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_0}}$

2) $I_{01}=\mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{9L}}=\frac{\mathcal{E}}{3}\sqrt{\frac{C}{L}}$

3) $I_{02}=\mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{4L}}=\frac{\mathcal{E}}{2}\sqrt{\frac{C}{L}}$ (проверяем что $\frac{\mathcal{E}}{2}\sqrt{\frac{C}{L}}>\frac{\mathcal{E}}{3}\sqrt{\frac{C}{L}}$)

Ответ: 1) $T=5\pi\sqrt{LC}$; 2) $I_{01}=\frac{1}{3}\mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L}}$; 3) $I_{02}=\frac{1}{2}\mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L}}$

№5

Дано:

$F_1=-2F_0$

$F_2=F_0$

$l=2F_0$

D

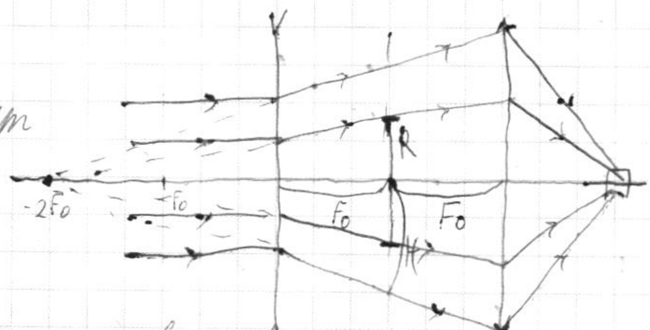
$I_1=\frac{7}{16}I_0$

1) l - ?

2) v - ?

3) t_1 - ?

Решение:



1) Т.к. лучи заходят в расс. линзу параллельно опт. оси, можем считать что на выходе они идут из фокуса этой линзы, то есть на расстоянии $4F_0$ от собирающей линзы.

Формула линзы:

$$\frac{1}{4F_0}+\frac{1}{b}=\frac{1}{F_0} \Rightarrow b=\frac{4}{3}F_0$$

2) Т.к. $I \sim$ мощности света, $\frac{S_л}{S_{луч}}=\frac{I}{I_0}$; $S_л$ и $S_{луч}$ – в п-ти ровно посередине между линзами (т.к. свет однороден).

$$\frac{\pi R^2}{\pi H^2}=\frac{7}{16}$$

H – радиус пучка лучей в этой п-ти.

По подобию Δ:

$$\frac{H}{\frac{1}{2}D}=\frac{3F_0}{4F_0} \Rightarrow H=\frac{3}{8}D \Rightarrow R=H\cdot\frac{\sqrt{7}}{4}=\frac{3\sqrt{7}}{32}D$$

За время τ_0 мишень ~~она~~ входит в зону света, соответственно:

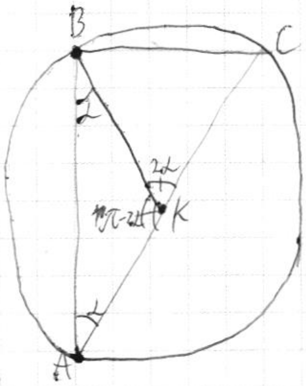
$$2R=V\tau_0 \Rightarrow V=\frac{2R}{\tau_0}=\frac{3\sqrt{7}D}{16\tau_0}$$

3) За τ_1 мишень проходит $2H$:

$$\tau_1=\frac{2H}{V}=\frac{\frac{3}{4}D}{\frac{3\sqrt{7}D}{16\tau_0}}=\frac{4\tau_0}{\sqrt{7}}=\frac{4}{\sqrt{7}}\tau_0=\frac{4\sqrt{7}}{7}\tau_0$$

Ответ: 1) $b=\frac{4}{3}F_0$; 2) $V=\frac{3\sqrt{7}D}{16\tau_0}$; 3) $\tau_1=\frac{4\sqrt{7}}{7}\tau_0$

№3



Дано:

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

$\frac{E_2}{E_1}$ – ?

2) $\alpha=\frac{\pi}{9}$

$\sigma_1=\sigma$

$\sigma_2=\frac{2}{7}\sigma$

E_K – ?

Решение:

Используем способ определения E при помощи телесного угла.

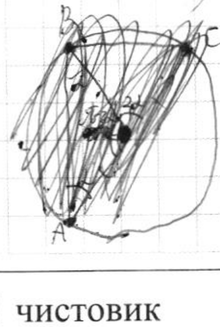
$\frac{\Omega}{\Omega_{полн}}\cdot\frac{q}{\varepsilon_0 S}=E$ – из теор. Гаусса.

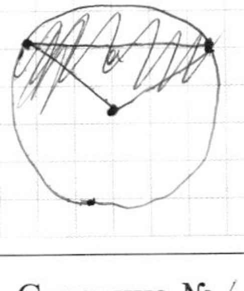
В нашем случае ~~в~~ пластины бесконечны вдоль оси, перпендикулярной рисунку, из-за чего

$\frac{\Omega}{\Omega_{полн}}=\frac{\varphi}{\varphi_{полн}}=\frac{\varphi}{2\pi}$. ~~Возьмём AB = a, BC = b. Тогда:~~

$$E=\sqrt{E_{BC}^2+E_{AB}^2}=\sqrt{\left(\frac{q}{\varepsilon_0 S}\cdot\frac{\varphi_{BC}}{2\pi}\right)^2+\left(\frac{q}{\varepsilon_0 S}\cdot\frac{\varphi_{AB}}{2\pi}\right)^2}$$

$$E=\frac{q}{\varepsilon_0 S}\cdot\sqrt{\frac{\varphi_{BC}^2+\varphi_{AB}^2}{4\pi^2}}$$





ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~~1) $E_1 = \frac{q}{\varepsilon_0 S} \cdot \sqrt{\ldots}$~~

1) $E_1 = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} \cdot \frac{2\alpha}{2\pi} = \frac{\sigma}{4\varepsilon_0}$ $\quad \varphi_{AB} = \varphi_{BC} = \frac{\pi}{2}$

$E_2 = \frac{\sigma}{2\pi\varepsilon_0} \cdot \sqrt{\frac{\pi^2}{4} + \frac{\pi^2}{4}} = \frac{\sigma}{2\sqrt{2}\,\varepsilon_0}$

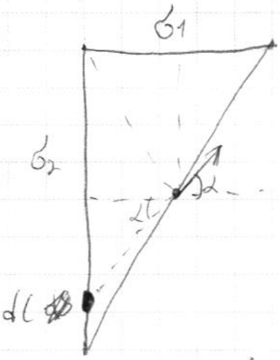
$\frac{E_2}{E_1} = \frac{\frac{\sigma}{2\sqrt{2}\varepsilon_0}}{\frac{\sigma}{4\varepsilon_0}} = \sqrt{2}$

2) $\varphi_{AB} = \pi - \frac{2}{9}\pi = \frac{7}{9}\pi$; $\varphi_{BC} = \frac{2}{9}\pi$

$E = \sqrt{\left(\frac{\sigma_1}{\varepsilon_0} \cdot \frac{\frac{2}{9}\pi}{2\pi}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_2}{\varepsilon_0} \cdot \frac{\frac{7}{9}\pi}{2\pi}\right)^2} = \frac{1}{\varepsilon_0}\sqrt{\frac{1}{81}\sigma^2 + \frac{1}{81}\sigma^2} = \frac{\sqrt{2}\,\sigma}{9\varepsilon_0}$

Ответ: 1) $\frac{E_2}{E_1} = \sqrt{2}$; 2) $E = \frac{\sqrt{2}\,\sigma}{9\varepsilon_0}$

№3



~~$E_1 = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$~~

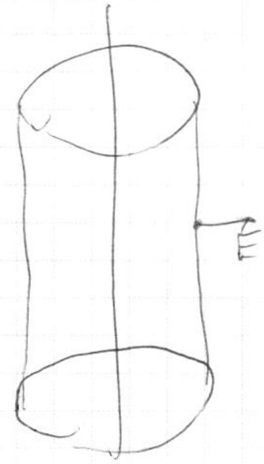
~~$E_2 = \sqrt{\frac{\sigma^2}{4\varepsilon_0^2} + \frac{\sigma^2}{4\varepsilon_0^2}}$~~

~~2)~~

~~Eлат линии:~~

$E \cdot 2\pi R h = \frac{\rho h}{\varepsilon_0}$

$E = \frac{\rho}{2\pi R \varepsilon_0}$



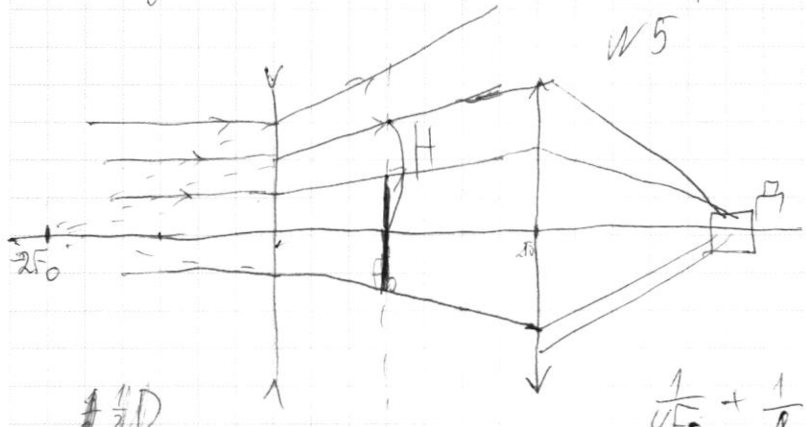
$dE =$

$\rho = \sigma \cdot dl$

$dE = \frac{\rho}{2\pi R\varepsilon_0} = \frac{\sigma dl}{2\pi R\varepsilon_0}$

$dE_y = \frac{\sigma dl}{2\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{\cos\alpha}{R} = \frac{\sigma dl}{2\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{h}{R^2} = \frac{\sigma dl}{2\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{h}{h^2+}$

№5



$\frac{1}{2}D$

$\frac{1}{4F_0} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F_0} = \frac{4}{4F_0}$ 1) $b = \frac{4}{3}F_0$

$\frac{H}{\frac{1}{2}D} = \frac{3F_0}{9F_0}$ $\frac{2H}{D} = \frac{3F_0}{4F_0}$ $H = \frac{3}{8}D$

$\frac{\pi r^2}{\pi H^2} = \frac{7}{16}$

$r = H \cdot \frac{\sqrt{7}}{4}$

$V\tau_0 = 2r$

$V\tau_0 = \frac{\sqrt{7}}{2}H$ $V\tau_0 = \frac{3\sqrt{7}}{16}D$

$V = \frac{3\sqrt{7}D}{16\tau_0}$ $t_1 = \frac{2H}{V} = \frac{\frac{3}{4}D}{V} = \frac{3D}{4V} =$

$= \frac{3D}{4 \cdot \frac{3\sqrt{7}D}{16\tau_0}} = \frac{4\tau_0}{\sqrt{7}} =$

$= \frac{4\sqrt{7}}{7}\tau_0$

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

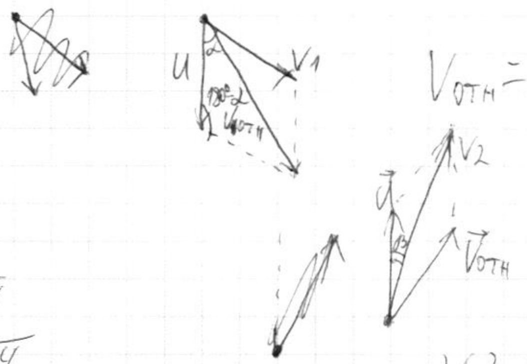
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1



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

$V_{отн} = \sqrt{V_1^2 + U^2 + 2V_1 U \cos\alpha}$

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

$V_{отн} = \sqrt{U^2 + V_2^2 - 2V_2 U\cos\beta}$

$V_2 = 18 \cdot \frac{\frac{2}{3}}{\frac{3}{5}}$

$V_2 = \frac{10}{9}\cdot 18 = 20$ м/с

$18 \times 18 = 144 + 18 = 324$

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

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

$2U(V_1\cos\alpha + V_2\cos\beta) = V_2^2 - V_1^2$

$\cancel{V_2^2 - V_2 \cdot 2U\cos\beta - V_1^2 - 2V_1 U\cos\alpha = 0}$

$\cancel{D = 4U^2\cos^2\beta + 4V_1^2 + 8V_1 U\cos\alpha}$

$\cancel{U = \frac{2U\cos\beta \pm \sqrt{4U^2\cos^2\beta + 4V_1^2 + 8V_1 U\cos\alpha}}{2}}$

$\cancel{U = U\cos\beta - \sqrt{U^2\cos^2\beta + V_1^2 + 2V_1 U\cos\alpha}}$

$\cancel{U = U\cos\beta + \sqrt{U^2\cos^2\beta + V_1^2 + 2V_1 U\cos\alpha}}$

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

$\cos\alpha = \sqrt{1 - \frac{4}{9}} = \frac{\sqrt{5}}{3}$

$\cos\beta = \frac{4}{5}$

$U = \frac{400 - 324}{2\cdot(18\cdot\frac{\sqrt{5}}{3} + 20\cdot\frac{4}{5})}$

$U = \frac{76}{2\cdot(6\sqrt{5} + 16)} = \frac{38}{6\sqrt{5} + 16} = \frac{19}{3\sqrt{5} + 8}$ м/с

№2

1) $p_1 = p_2$

$\frac{\nu R T_1}{V_1} = \frac{\nu R T_2}{V_2}$ $\quad \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$ $\quad \frac{V_1}{V_2} = \frac{4}{5}$

$p_2 = \frac{2\nu R\Theta}{V_0}$

$p_1 = \frac{\nu R T_1}{\frac{4}{5}V_0} = \frac{5\nu R T_1}{4V_0}$

2) $\cancel{Q = \Delta U_1 + A_1 = A_2}$

$\cancel{Q = \Delta U}$ $\frac{3}{2}\nu R(\Theta - T_1) = \frac{3}{2}\nu R(T_2 - \Theta)$

$2\Theta = T_1 + T_2$

$\Theta = \frac{T_1 + T_2}{2} = 360K$

3) $Q = \Delta U + A = \frac{3}{2}\nu R(\Theta - T_1) + A$

$dA = p\,dV = \frac{\nu R T}{V}dV$

$V_1 + V_2 = V$ $\quad \frac{9}{5}V_2 = V$ $\quad V_2 = \frac{5}{9}V$

$V_1 = \frac{4}{9}V$

☑ 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

$Q = \Delta U_1 + A_1 = \Delta U_2 + A_2$

$V_1 + V_2 = 2V_0$

$dA = p \cdot dV = \frac{\nu RT}{V} \cdot dV$

$\times\ 83,1 \cdot 6 = 498,6$

№ 4

$T = \frac{1}{2} T_{L_1+L_2} + \frac{1}{2} T_{L_2}$

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

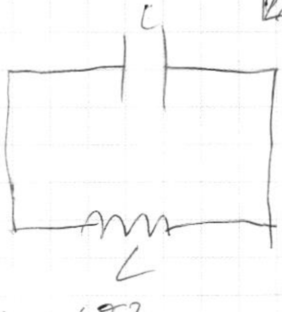
$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$

$\frac{2\pi}{4\pi} \cdot \frac{q}{\varepsilon_0 S}$

$T_{L_1+L_2} = 2\pi\sqrt{(L_1+L_2)C}$

$T_{L_2} = 2\pi\sqrt{L_2 C}$

$T = \pi\sqrt{C}(\sqrt{L_2} + \sqrt{L_1+L_2})$



$\mathcal{E}_{i1} = \mathcal{E}_{i2}$

$L_1 I_1 = L_2 I_2$

$I = I_1 + I_2$

$\frac{q^2}{2C} = \frac{LI^2}{2}$

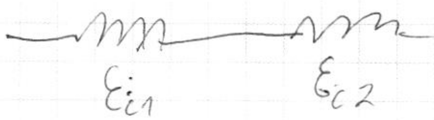
$\frac{q^2}{2C} + Lq'^2 = 0$

$q'^2 + \frac{1}{LC} q^2 = 0$

$2q'q'' + 2\frac{1}{LC} q'q = 0$

$q'' + \frac{1}{LC} q = 0$

$\omega = \sqrt{\frac{1}{LC}}$ $T = 2\pi\sqrt{LC}$



$\mathcal{E}_i = \mathcal{E}_{i1} + \mathcal{E}_{i2} = L_1\frac{dI}{dt} + L_2\frac{dI}{dt} = L'\frac{dI}{dt}$ $L' = L_1 + L_2$

$q = q_m \cos(\omega t)$

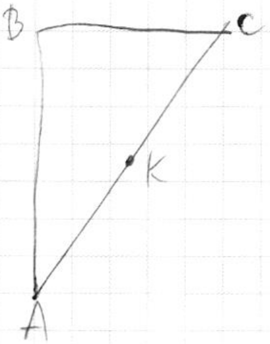
$I = I_m \omega \sin(\omega t)$

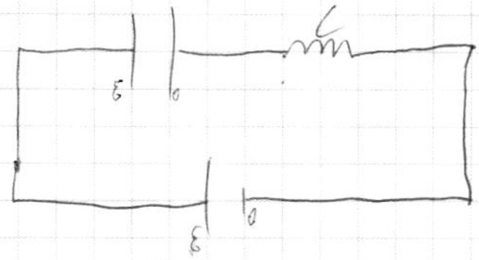
☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)





18 × 18 = 144 + 18 = 324

19 × 8 = 152

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

$$\frac{C\mathcal{E}^2}{2} + \frac{LI^2}{2} + \mathcal{E}\Delta q = \frac{(\Delta q + C\mathcal{E})^2}{2C}$$

$$\frac{C\mathcal{E}^2}{2} + \frac{LI^2}{2} + \mathcal{E}\Delta q = \Delta q\mathcal{E} + \frac{\Delta q^2}{2C} + \frac{1}{2}\mathcal{E}^2 C$$

$$LI^2 = \frac{\Delta q^2}{C}$$

$$\Delta q = I\sqrt{LC}$$

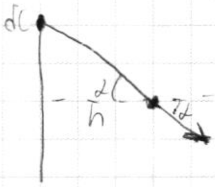
$$\Delta q = C\mathcal{E}$$

$$I_{01} = \frac{C\mathcal{E}}{\sqrt{(L_1+L_2)C}} = \sqrt{\frac{C}{L_1+L_2}}\,\mathcal{E}$$

$$I_{02} = \sqrt{\frac{C}{L_2}}\,\mathcal{E}$$

№3

$$E \cdot 2\pi r h = \frac{\rho h}{\varepsilon_0} \qquad E = \frac{\rho}{2\pi r \varepsilon_0}$$



$d(\cdot \sigma = \rho)$

$dE\cos\alpha$

$$dE_y = \cos\alpha \cdot \frac{\rho}{2\pi r \varepsilon_0}$$

$$dE_y = \frac{h}{r^2} \cdot \frac{\rho\, dl\, \sigma}{2\pi \varepsilon_0}$$

$$dE_y =$$

№2

Текущий момент:

$$pV_1 = \nu R T_1$$

$$pV_2 = \nu R T_2$$

$$V_1 + V_2 = V_0$$

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

$$V_2\left(1 + \frac{T_1}{T_2}\right) = V_0$$

$$V_2 = \frac{V_0 T_2}{T_1 + T_2}$$

$$V_1 = \frac{V_0 T_1}{T_1 + T_2}$$

$T_1 + T_2 - \text{const}$

$$dV_1 = \frac{V_0}{T_1+T_2}\, dT_1$$

$$dA = \int p\,dV = \int \frac{\nu R T_1}{V_1}\, dV_1$$

$$dA = \int \frac{\nu R T_1}{\frac{V_0 T_1}{T_1+T_2}}\, dV_1 = \int \frac{\nu R (T_1+T_2)}{V_0}\, dV_1 = \frac{V_1}{V_0} \cdot \nu R (T_1 + T_2)$$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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