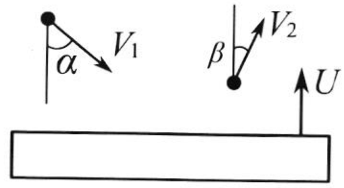
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

Класс 11

Вариант 11-03

Шифр
(заполняется секретарём)

1. Массивная плита движется с постоянной скоростью U вертикально вверх. К плите подлетает шарик, имеющий перед ударом скорость V_1 = 12 м/с, направленную под углом $\alpha\left(\sin\alpha = \dfrac{1}{2}\right)$ к вертикали (см. рис.). После неупругого удара о гладкую горизонтальную поверхность плиты шарик отскакивает со скоростью V_2, составляющей угол $\beta\left(\sin\beta = \dfrac{1}{3}\right)$ с вертикалью.



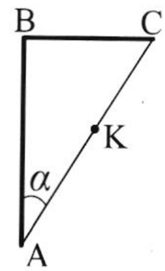
1) Найти скорость V_2.
2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе.

Действие силы тяжести за малое время удара не учитывать. Ответы допустимы через радикалы из целых чисел.

2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится водород, во втором – азот, каждый газ в количестве $\nu = 6/7$ моль. Начальная температура водорода T_1 = 350 К, а азота T_2 = 550 К. Температуры газов начинают медленно выравниваться, а поршень начинает медленно двигаться. Газы считать идеальными с молярной теплоемкостью при постоянном объеме $C_V = 5R/2$. R = 8,31 Дж/(моль·К).

1) Найти отношение начальных объемов водорода и азота.
2) Найти установившуюся температуру в сосуде.
3) Какое количество теплоты передал азот водороду?

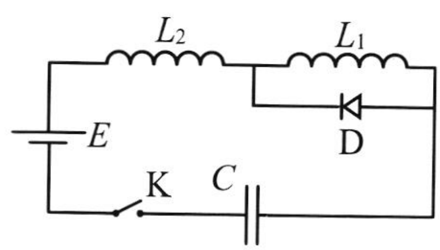
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины AB и BC перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром B. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру B.



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

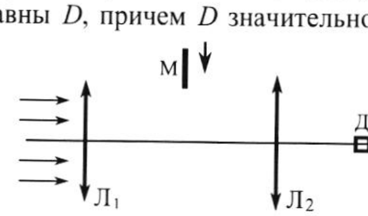
2) Пластины BC и AB заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = 3\sigma, \sigma_2 = \sigma$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/5$. Найти напряженность электрического поля в точке K на середине отрезка AC.

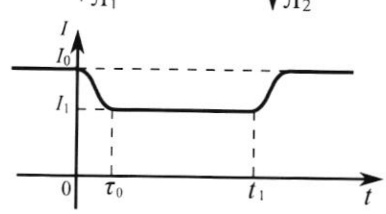
4. Электрическая цепь собрана из идеальных элементов: источника с ЭДС E, катушек с индуктивностями $L_1 = 4L$, $L_2 = 3L$, конденсатора емкостью C, диода D (см. рис.). Ключ K разомкнут, конденсатор не заряжен, тока в цепи нет. После замыкания ключа возникают колебания тока в L_1.



1) Найти период T этих колебаний.
2) Найти максимальный ток I_{M1}, текущий через катушку L_1.
3) Найти максимальный ток I_{M2}, текущий через катушку L_2.

5. Оптическая система состоит из двух соосных тонких линз Л$_1$ и Л$_2$ (см. рис.) с фокусными расстояниями $3F_0$ и F_0, соответственно. Расстояние между линзами $2F_0$. Диаметры линз одинаковы и равны D, причем D значительно меньше F_0. На линзу Л$_1$ падает параллельно оси системы пучок света с одинаковой интенсивностью в сечении пучка. Прошедший через обе линзы свет фокусируется на фотодетекторе Д, на выходе которого сила тока пропорциональна мощности падающего на него света. Круглая непрозрачная мишень М, плоскость которой перпендикулярна оси системы, движется с постоянной скоростью перпендикулярно оси системы так, что центр мишени пересекает ось на расстоянии F_0 от Л$_1$. На рисунке показана зависимость тока I фотодетектора от времени t (секундомер включен в момент начала уменьшения тока). $I_1 = 5I_0/9$.





1) Найти расстояние между линзой Л$_2$ и фотодетектором.
2) Определить скорость V движения мишени. 3) Определить t_1.

Известными считать величины F_0, D, τ_0.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

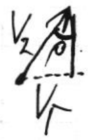
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N-1.

1) Найдём горизонтальную составляющую вектора скорости шарика - она не меняется, т.к. плита гладкая: $V_Г = V_1 \sin\alpha = V_2 \sin\beta$  , т.е.

$V_2 = V_1 \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = 18$ м/с

2) Найдём вертикальные составляющие в СО плиты: до удара это $\sqrt{V_1^2-V_Г^2}+U$, а после $\sqrt{V_2^2-V_Г^2}-U$; при этом

$\sqrt{V_1^2-V_Г^2}+U > \sqrt{V_2^2-V_Г^2}-U$ ≥ 0 пользуясь выражением для $V_Г$ находим:

$$\begin{cases} \cancel{\frac{\sqrt{V_2^2-V_Г^2}-\sqrt{V_1^2-V_Г^2}}{2}} < U \\ \sqrt{V_2^2-V_Г^2} > U \end{cases},$$

знак минус

$6\sqrt{8}$ м/с $> U > \frac{6\sqrt{8}-6\sqrt{3}}{2} = 3\sqrt{8}-3\sqrt{3}$

Ответ: 1) 18 м/с 2) $(3\sqrt{8}-3\sqrt{3}$ м/с$; 6\sqrt{8}$ м/с$)$

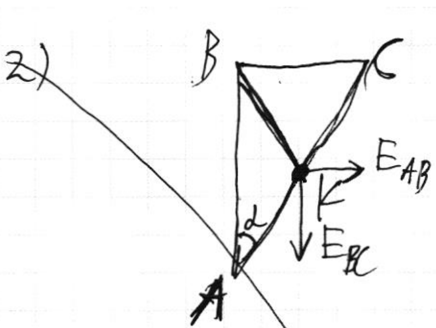
N-3.

Т.к. пластины бесконечные, напряжённость в точке K - горизонтальна (лежит в пл-ти рисунка).

1) При симметрии отн. сер. пер-а к BC напряжённость в каждой т. не изменится, т.к. пластина равномерно заряжена, K лежит на нём, значит напряжённость в K перпендикулярна BC; т.к. $\alpha = \frac{\pi}{4} \Rightarrow BC = AB$ и CB поворотом на 90° совмещается с BA; тогда по т. Пифагора

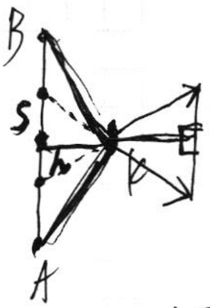
напряжённость увеличится в $\sqrt{1^2+1^2} = \sqrt{2}$ раз

2)

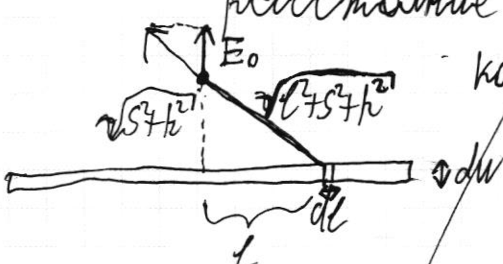


Пусть E_{AB} – напр., создаваемое пластиной AB; $\vec{E}_{AB} \perp \vec{AB}$

Будем выбирать узкие полоски пластины AB, перпендикулярные пл-ти рисунка; пусть dw – ширина их, s – расстояния от центра AB до полоски; тогда найдём проекцию напряжённости, даваемой одной полоской на направление $\perp AB$;



(h – расстояние от K до середины AB) $\sqrt{s^2+h^2}$ тогда расстояние от K до полоски. На полоске выберем короткий участок длины dl на расстоянии l до пересечения полоски с пл-тью AB; напряжённость, созданная им в пр-ции на направление результ. вектора



есть $2\frac{dq}{4\pi\varepsilon_0 \left(\sqrt{l^2+s^2+h^2}\right)^2}\cdot\frac{\sqrt{s^2+h^2}}{\sqrt{l^2+s^2+h^2}} = 2\cdot\frac{\sqrt{s^2+h^2}\,\sigma\cdot dl\cdot dw}{4\pi\varepsilon_0 \sqrt{l^2+s^2+h^2}^{\,3/2}}$; интегрируя по dl получим $2\cdot\frac{\sqrt{s^2+h^2}\,\sigma\, dw}{4\pi\varepsilon_0}\int_0^\infty \frac{dl}{\sqrt{l^2+s^2+h^2}^{\,3/2}} = \frac{\sqrt{s^2+h^2}\,\sigma\, dw}{4\pi\varepsilon_0}\int_0^\infty \frac{dl^2}{\sqrt{l^2}\sqrt{l^2+s^2+h^2}^{\,3/2}}$

См. стр. 6 и далее

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N-4.

Рассмотрим часть периода, когда ток не ~~течёт~~ ~~по ним~~ через L_1: $-3L_2\dot{I} = -U - E = \frac{-Q}{C} - E$; $\ddot{Q} + \frac{Q}{3CL_2} = -\frac{E}{L}$;

$(\ddot{Q} + \ddot{CE}) + \frac{Q+CE}{3CL} = 0$, т.е. $Q + CE$ имеет период $\frac{1}{2\pi\sqrt{3LC}}$;

однако ток течёт в требуемом направлении лишь половину периода, т.е. $\frac{1}{4\pi\sqrt{LC}} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}}$; аналогично, для случая, когда ток течёт через L_1, т.е. суммарный период $\frac{1}{4\pi\sqrt{LC}} \cdot \frac{1}{\sqrt{7}}$ ($L_2 = 3L$ заменяется на $L_1 + L_2 = (3+4)L$)

~~А период колебаний~~ 1) Ответ: $\frac{1}{4\pi\sqrt{LC}} \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{7}} + \frac{1}{\sqrt{3}}\right)$

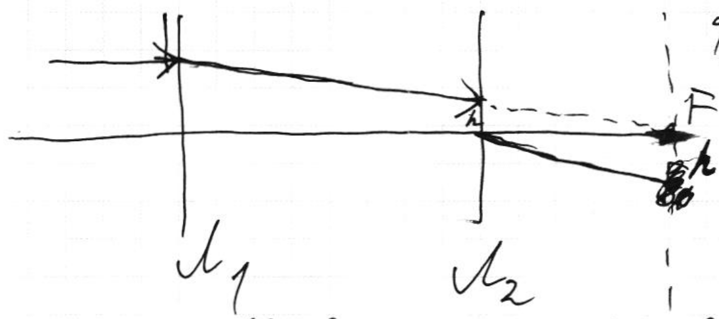
Найдём энергию системы, когда тока нет – это $\frac{CE^2}{2}$; когда ток течёт через L_1 и максимален это $\frac{7LI_{M1}^2}{2} \Rightarrow \frac{7}{2}LI_{M1}^2 = \frac{CE^2}{2} \Rightarrow I_{M1} = \sqrt{\frac{CE^2}{7L}}$

2) Ответ: $I_{M1} = \sqrt{\frac{CE^2}{7L}} = \sqrt{\frac{CE^2}{L_1 + L_2}}$

3) аналогично $I_{M2} = \sqrt{\frac{CE^2}{L_2}}$, поскольку когда ток течёт в обратную сторону, то проходит по диоду, а не по катушке.

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

N-5.



1) Заметим, что фокусы линз совпадают; пусть какой-то луч из пучка прошёл через $Л_1$, тогда его продолжение проходит через совпадающий фокус F; проведём другой, параллельный ему через опт. центр $Л_2$; ~~эти два~~ этот луч, продолжение вышеописанного, плоскость $Л_2$ и фокальная пл-ть в сечении пл-ти рисунка образуют параллелограмм; одна его диагональ — реальный ход луча, другая — отрезок от общего фокуса до опт. ц. $Л_2$; середины диагоналей параллелограмма совпадают, значит каждый луч из пучка проходит через точку на расстоянии $\frac{F_0}{2}$ от $Л_2$ на ГОО, там и помещён детектор

2) Пусть S — ширина мишени; тогда лучи из пучка перекрываемые мишенью без линзы $Л_2$ проходили бы через F; тогда все точки падения таких лучей получаются гомотетией точек мишени с центром F и коэфф. $\frac{3F_0}{3F_0-F_0}=\frac{3}{2}$, т.е. мощность (пропорциональная поверхности линзы без области $N' = H_F^{3/2}(M)$;

$I_0 = k\cdot D$, $I_1 = k(D-\frac{3}{2}S) \Rightarrow 5D = 9(D-\frac{3}{2}S) \Rightarrow 27S = 8D$

$S=\frac{8}{27}D$ 2) ток станет равным I_1 как только верхний край мишени пересечёт какой-то луч, т.е. $\tau_0 \cdot V = \frac{8}{27}D \Rightarrow V=\frac{8D}{27\tau_0}$. 3) За время t_1 ниж. край мишени пересечёт все лучи из пучка, ширина пучка в пл-ти мишени равна $\frac{2}{3}D$,

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

т.е. $\frac{2}{3}\frac{D}{V} = \tau_1 = \frac{9}{4}\tau_0$

Ответ: 1) $\frac{F_0}{2}$ 2) $\frac{8}{27}D$ 3) $\frac{9}{4}\tau_0$

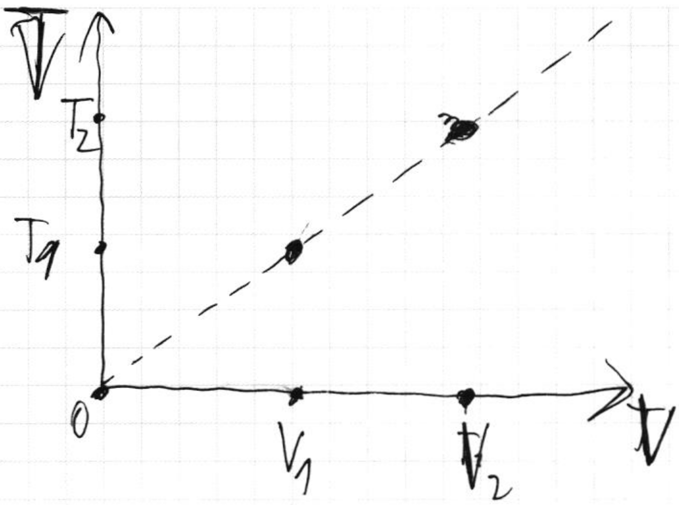
№2.

1) ~~Изначально~~ Поршень двигается медленно, значит в каждый момент в сосуде механич. равновесие – давление на поршень одинаково. $pV_1 = \nu R T_1$, $pV_2 = \nu R T_2$, откуда $\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{350}{550} = \frac{7}{11}$

2) Сосуд теплоизолирован; это значит, что внутренняя энергия газов может перейти в себя, либо в работу над поршнем; но он движется медленно, поэтому внутренняя энергия газов (суммарно) не меняется. (рассматривается сосуд целиком) $Q = A + \Delta U$. в т. ч. при изохорном процессе, т.е. $\frac{5}{2}\nu R\Delta T = 0 + \Delta U \Rightarrow U = \frac{5}{2}\nu RT$ для каждого газа; установившаяся температура T_3 такова, что $\frac{5}{2}\nu RT_3 + \frac{5}{2}\nu RT_3 = \frac{5}{2}\nu RT_1 + \frac{5}{2}\nu RT_2 \Rightarrow T_3 = \frac{T_1+T_2}{2} = 450K$

3) Итоговый объём азота равен половине объёма сосуда ($\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$ – для всех текущих значений), то есть T_1', T_2' – текущие температуры
$V_1' = V_2'$ (текущие объёмы ~~в конце~~; $V_1 + V_2 = V_1' + V_2' \Rightarrow \frac{V_2'}{V_2} = \frac{\left(\frac{1}{2}\right)}{\left(\frac{4}{11}\right)} = \frac{11}{8}$

Построим V,T – диаграмму



Заметим, что $V_1' + V_2' = const$, $T_1' + T_2' = const$ (т.к. по ЗСЭ $\frac{5}{2}\nu R T_1' + \frac{5}{2}\nu R T_2' = \frac{5}{2}\nu R T_1 + \frac{5}{2}\nu R T_2$); Значит, для любого момента времени состояния двух газов симметричны относительно точки $\left(\frac{V_1+V_2}{2}; \frac{T_1+T_2}{2}\right)$; $\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$, так что $(0;0)$ $(V_1;T_1)$ и $(V_2;T_2)$ лежат на 1 прямой, которая является изобарой. $\left(\frac{V_1+V_2}{2}; \frac{T_1+T_2}{2}\right)$ так же на ней, таким образом, если (V_1', T_1') и (V_2', T_2') не лежат на ней, то одна точка в верхней полупл-ти, а другая в нижней, тогда давления на поршень не будут равны, противоречие; таким образом мы показали, что процесс изобарный; кол-во теплоты $Q = \Delta U + A$

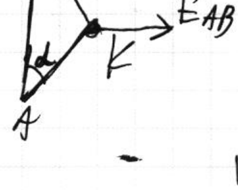
$C_p = C_v + R$, поскольку $A = p\Delta V = \nu R \Delta T$ при постоянном p; $C_p = \frac{7}{2}R$; $Q = \nu C_p \Delta T = \frac{6}{7} \cdot \frac{7}{2} \cdot 100 \cdot 8{,}31$ Дж $=$

$= 2493$ Дж.

Ответ: $\frac{7}{11}$; 450 K; 2493 Дж

№3 (продолж.)

2) Пусть $\vec{E}_{AB}$ – напряж., созд. пластиной AB



Тогда $\vec{E}_{AB}$ лежит в пл-ти рисунка и перпендикулярно AB, т.к. конструкция инвариантна отн. симметрий отн. сер. пер. AB или пл-ти рисунка

$$2\cdot\frac{\sigma}{2\pi\varepsilon_0}\int_0^{h\cdot ctg\,\pi/5}\frac{dw}{\sqrt{w^2+h^2}}=\frac{\sigma}{\pi\varepsilon_0}\int_0^{ctg\,\pi/5}\frac{d\frac{w}{h}}{\sqrt{(\frac{w}{h})^2+1}}$$; пусть $\frac{w}{h}=tg\varphi$;

тогда $d(tg\,\varphi)=\frac{d\varphi}{\cos^2\varphi}$; ~~то~~ сумма равна

$$\int_0^{\frac{\pi}{2}-\frac{\pi}{5}}\frac{d\varphi}{\cos^2\varphi\cdot\sqrt{\frac{1}{\cos^2\varphi}}}=\int_0^{\frac{3\pi}{10}}\frac{\cos\varphi\,d\varphi}{1-\sin^2\varphi}=\frac{1}{2}\left(\int_0^{\frac{3\pi}{10}}\frac{\cos\varphi\,d\varphi}{1-\sin\varphi}+\int_0^{\frac{3\pi}{10}}\frac{\cos\varphi\,d\varphi}{1+\sin\varphi}\right)=$$

$$=\frac{1}{2}\left(\int_0^{\sin\frac{3\pi}{10}}\frac{dx}{1-x}+\int_0^{\sin\frac{3\pi}{10}}\frac{dx}{1+x}\right)=\frac{1}{2}\ln\left|\frac{\sin\frac{3\pi}{10}+1}{\sin\frac{3\pi}{10}-1}\right|;$$

~~т.о. ответ~~ $$|\vec{E}_{AB}|=\frac{\sigma}{\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{1}{2}\ln\left|\frac{\sin\frac{3\pi}{10}+1}{\sin\frac{3\pi}{10}-1}\right|$$

$$|\vec{E}_{BC}|=\frac{\sigma}{\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{1}{2}\ln\left|\frac{\sin\frac{\pi}{5}+1}{\sin\frac{\pi}{5}-1}\right|$$ аналогично, т.к.

угол равен $\frac{\pi}{2}-\frac{\pi}{5}$; $\vec{E}_{BC}\perp BC$, так что по т.

Пифагора $|\vec{E}|=\sqrt{E_{AB}^2+E_{BC}^2}=\frac{\sigma}{2\pi\varepsilon_0}\sqrt{\ln^2\left|\frac{\sin\frac{\pi}{5}+1}{\sin\frac{\pi}{5}-1}\right|+\ln^2\left|\frac{\sin\frac{3\pi}{10}+1}{\sin\frac{3\pi}{5}-1}\right|}$

Ответ:

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Будем рассматривать малые полоски шириной dw, перпендикулярные рисунку ~~также~~, на которые разобьём пластину AB (полоски бесконечные, перпендикулярные пл-ти рисунка), положим X — середина AB

$h = KX$, M — пересечение полоски с AB, $w = MX \Rightarrow KM = \sqrt{w^2+h^2}$,

$d = KM$. Тогда пр-ция напряжённости создав. кусочком длины dl на расст. l от M на напр. результирующей равна

$$\frac{\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\sigma\cdot dl\cdot dw}{l^2+d^2}\cdot\frac{d}{\sqrt{l^2+d^2}};$$ Для

всей полоски это $2\frac{\sigma dw}{4\pi\varepsilon_0}\cdot d\cdot\int_0^\infty\frac{dl}{\sqrt{l^2+d^2}^3} = \frac{\sigma dw}{2\pi\varepsilon_0 d}\int_0^\infty\frac{d(\frac{l}{d})}{\sqrt{(\frac{l}{d})^2+1}^3}$

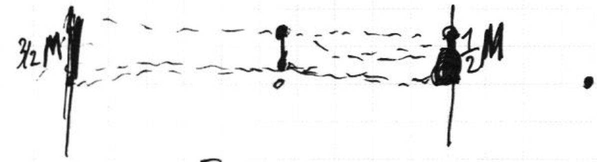
пусть $\frac{l}{d} = tg\theta$ тогда $d(tg\theta) = \frac{1}{\cos^2\theta}d\theta$ и

величина равна $\frac{\sigma dw}{2\pi\varepsilon_0 d}\int_0^{\pi/2}\frac{\frac{1}{\cos^2\theta}d\theta}{\sqrt{\frac{1}{\cos^2\theta}}^3} = \frac{\sigma dw}{2\pi\varepsilon_0 d}\int_0^{\pi/2}\cos\theta d\theta =$

$= \frac{\sigma dw}{2\pi\varepsilon_0 d}$; Суммируя по всем полоскам получим

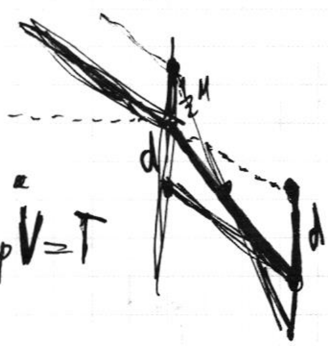
$$\frac{\sigma}{2\pi\varepsilon_0}\int_0^{h\cdot ctg\frac{\pi}{5}}\frac{dw}{\sqrt{w^2+h^2}^2} = \frac{\sigma}{\pi\varepsilon_0 h}\cdot\int_0^{ctg\frac{\pi}{5}}\frac{d\frac{w}{h}}{(\frac{w}{h})^2+1} = \frac{\sigma}{\pi\varepsilon_0 h}\cdot arctg(tg(\frac{\pi}{2}-\frac{\pi}{5})) =$$

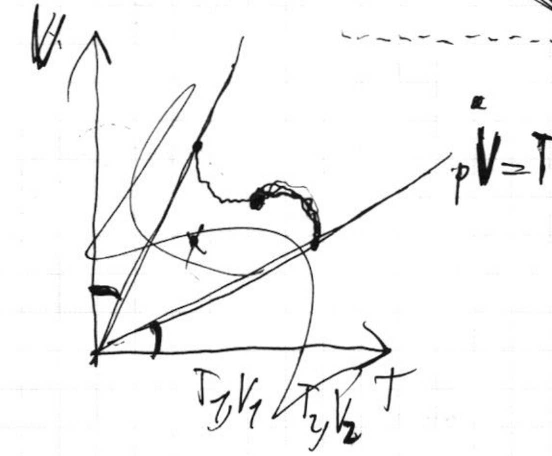
$= \frac{3}{10}\frac{\sigma}{\varepsilon_0 h}$; $\vec{E}_{BC}$ аналогично



F_0 F_0 F_0

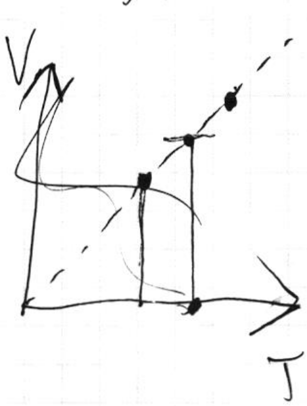
$3F_0$





$\frac{F_0}{2}$;

$$\frac{1}{1-x}+\frac{1}{1+x}=\frac{2}{1-x^2}$$



$$dW \int \frac{\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\sigma\, dl}{\sqrt{h^2+l^2}} \cdot \frac{h}{\sqrt{h^2+l^2}}$$

$$\int \frac{dx}{\sqrt{x^2+1}^{3/2}}$$

$$\frac{\sqrt{l^2+d^2}^3}{d^3} = \left(\frac{\sqrt{l^2+d^2}}{d}\right)^3 = \sqrt{\left(\frac{l}{d}\right)^2+1}^3$$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) $I > 0$

$3LI = \frac{Q}{C}$

$3CL\ddot{Q} = Q$

$p_1 = p_2$ const

$\nu RT = pV$

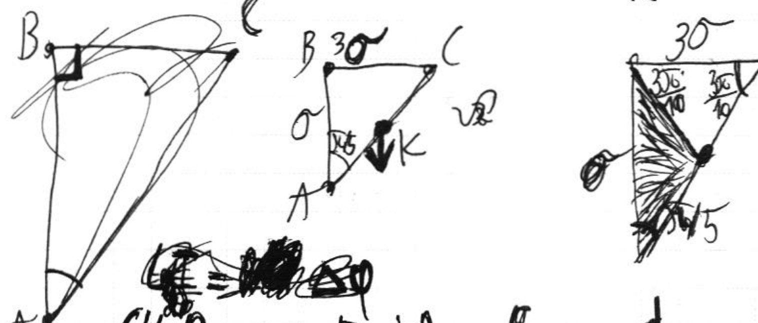
$\frac{V_1}{V_2} = \frac{\nu T_1}{\nu T_2}$

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

$\ddot{Q} + \frac{Q}{3CL}$

$\ddot{x} + \omega^2 x$

$\frac{1}{2\pi\sqrt{3CL}}$



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

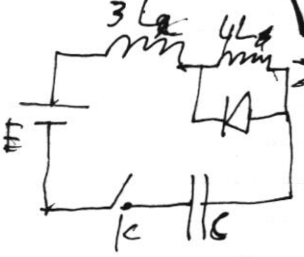
$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$

$\frac{5}{2}\nu R\Delta T + \nu R\Delta T = \Delta Q$

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

$CU = Q$

$L\frac{dI}{dt} = \Delta\varphi$



$V_1 + V_2 - $ const

$\frac{1}{T_1} + \frac{1}{T_2} = $ const

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

$\frac{5}{2}\nu R(T_1 + T_2) - A_1 - A_2 = \frac{5}{2}\nu RT$

$\int \frac{k\,dq}{r^2}$

$\int_0 \frac{k\sigma\,dl}{d^2 + l^2} = k\sigma \int_0 \frac{d\frac{l}{d}}{1 + \left(\frac{l}{d}\right)^2} = k\sigma\frac{\pi}{4}$

$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$

$\int \frac{k\,dq}{r^2 + h^2} \cdot \frac{h}{r} = \int \frac{k\,2\pi h\sigma\,dr}{r^2 + h^2}$

$2\pi r\,dr\,\sigma$

$\frac{2\pi k\sigma \cdot \pi}{4\varepsilon_0}$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)