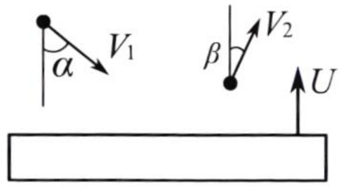
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

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.

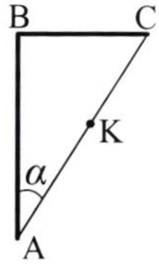
2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится аргон, во втором – криптон, каждый газ в количестве $\nu = 3/5$ моль. Начальная температура аргона T_1 = 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?

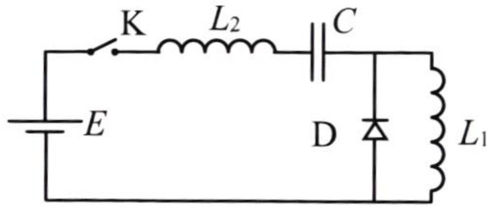
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины АВ и ВС перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром В. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру В.



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

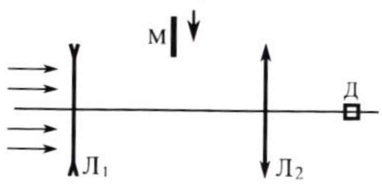


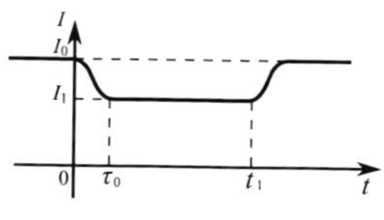
1) Найти период T этих колебаний.

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.

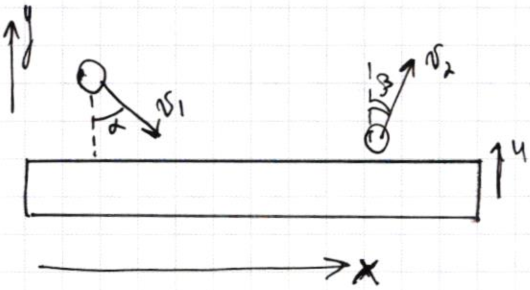
2) Определить скорость V движения мишени. 3) Определить t_1.

Известными считать величины F_0, D, τ_0.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

Дано: $v_1 = 18\ \frac{м}{с}$; $\sin\alpha = \frac{2}{3}$; $\sin\beta = \frac{3}{5}$ $\qquad v_2 - ?\quad u - ?$

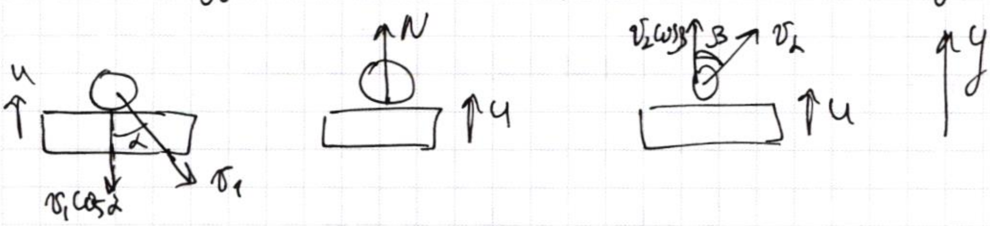


1) Т.к. пластина гладкая, то во время удара на шарик не действуют горизонт. силы, зн, шарик явл-ся замкнутой системой по горизонтали. Тогда для него верен ЗСИ на ось x. Пусть m - масса шарика.

ЗСИ для шарика: x: $mv_1 \sin\alpha = mv_2 \sin\beta \Rightarrow v_2 = \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} v_1$

$v_2 = \frac{2\cdot 5\cdot 18}{3\cdot 3}\frac{м}{с} = 10\cdot 2\ \frac{м}{с} = 20\ \frac{м}{с}$

2) Р(м удар шарика по вертик составл. Пусть dt - время удара.



На шарик действует сила р-ции опоры со стороны плиты. Пусть N-её среднее значение за время удара dt

Закон об изменении импульса для шарика: ~~y~~:

y: $N dt = mv_2\cos\beta - (-mv_1\cos\alpha) = m(v_2\cos\beta + v_1\cos\alpha)$

3) Т.к. плита массивная, то её скорость за время удара практически не мен-ся. Тогда точка приложения силы р-ции смещается на расстоянии $ds = u\,dt$.

Работа силы р-ции, действ. на шарик во время удара:

$A_N = N\cdot ds = N u dt = u\cdot N dt = u\cdot m(v_2\cos\beta + v_1\cos\alpha)$

4) Закон изменения мех. энергии шарика в С.О. земли:

$$A_N = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}$$

$$N\,dS = \frac{m}{2}\left(v_2^2 - v_1^2\right)$$. Подставим NdS

$$um\left(v_2\cos\beta + v_1\cos\alpha\right) = \frac{m}{2}\left(v_2^2 - v_1^2\right)$$

$$u = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2(v_2\cos\beta + v_1\cos\alpha)}; \quad \cos\beta = \sqrt{1-\frac{9}{25}} = \frac{4}{5}; \quad \sin\alpha = \sqrt{1-\frac{4}{9}} = \frac{\sqrt5}{3}$$

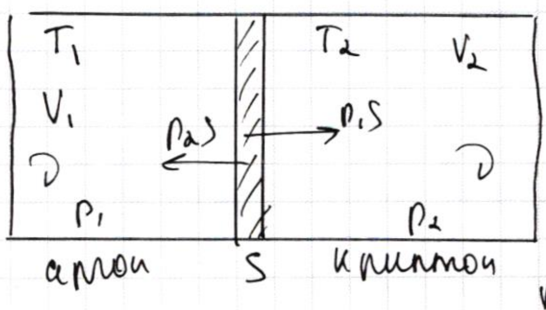
$$u = \frac{20^2 - 18^2}{2\cdot\left(\frac{20\cdot 4}{5} + \frac{18\cdot\sqrt5}{3}\right)} = \frac{\cancel{2}\cdot 38}{\cancel{2}\cdot(16+6\sqrt5)} = \frac{2\cdot 19}{2(8+3\sqrt5)} = \frac{19}{8+3\sqrt5}\ \frac{м}{с}$$

Ответ: 1) $v_2 = \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} v_1 = 20\ \frac{м}{с}$

2) $u = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2(v_2\cos\beta + v_1\cos\alpha)} = \frac{19}{8+3\sqrt5}\ \frac{м}{с}$

№2 Дано: $T_1 = 320\ K$; $T_2 = 400K$; $\nu = \frac{3}{5}$

1) Р/м сосуд вначале.



• Из равновесия поршня:

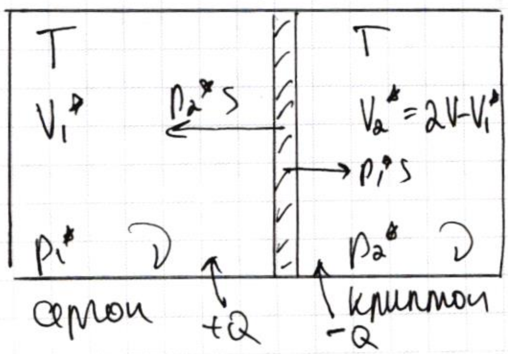
$p_1S = p_2S \Rightarrow p_1 = p_2 = p_{нач}$

• Ур-ние Клап-Менд

$$\begin{cases} \text{аргон: } p_1V_1 = \nu RT_1 \\ \text{криптон: } p_2V_2 = \nu RT_2 \end{cases} \Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{320}{400} = \frac{4}{5}$$

2) Т.к. поршень перемещается медленно (т.е. без ускорения), то процесс равновесный. Пусть $2V_0$ - объем всего сосуда.

3) Р/м сосуд вконце.



• Из равновесия поршня:

$p_1^*S = p_2^*S \Rightarrow p_1^* = p_2^*$

• Т.к. сосуд теплоизолир., то если аргон получил кол-во теплоты Q, то криптон отдал то же кол-во.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

• Ур-ние Клап-Менд:

аргон: $p_1^* V_1^* = \nu RT$

криптон: $p_2^*(2V - V_1^*) = \nu RT$

$\xrightarrow{p_1^* = p_2^*}$ $V_1^* = 2V_0 - V_1^* \Rightarrow V_1^* = V_0$

Получ, что газы заним. равные объемы: $V_1^* = V_2^* = V_0$

• Пусть A - работа аргона (расширился). Т.к. объемы, занимаемые газами, опред. положением поршня, то на сколько аргон расширился, настолько криптон сжался. Также давление газов в каждый момент одинаковое ⇒ работа газов за любые малые промежутки времени одинакова. Тогда по модулю (знаки различны, т.к. один газ расшир, другой сжим.). Тогда $-A$ - работа криптона до нач. до кон.

• I начало термодинамики:

аргон: $Q = A + \frac{3}{2}\nu R(T - T_1)$

криптон: $-Q = -A + \frac{3}{2}\nu R(T - T_2)$

слож-им:

$0 = 0 + \frac{3}{2}\nu R(T - T_1 + T - T_2) \Rightarrow T + T - T_1 - T_2 = 0$

$2T = T_1 + T_2 \Rightarrow T = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{320\,K + 400\,K}{2} = 160\,K + 200\,K = 360\,K$

4) Пусть $V_{общ}$ - объем всего сосуда.

В/м момент, когда давление в сосуде p, аргон расширился на ΔV: $V_1 = \frac{4}{9}V_{общ}$; $V_2 = \frac{5}{9}V_{общ}$ (из п. 1)

аргон: $p(\frac{4}{9}V_{общ} + \Delta V) = \nu R T_{аргон}$

криптон: $p(\frac{5}{9}V_{общ} - \Delta V) = \nu R T_{криптон}$ $+$

$p(V_{общ}) = \nu R(T_{аргон} + T_{криптон})$

I нач. термодин.:

атом: $\Delta Q = \Delta A + \frac{3}{2}\nu R(T_{атом} - T_1)$

криптон: $-\Delta Q = -\Delta A + \frac{3}{2}\nu R(T_{криптон} - T_2)$

$\Rightarrow T_{атом} + T_{криптон} = T_1 + T_2$

Значит, $pV_{общ} = \nu R(T_{атом} + T_{криптон}) = \nu R(T_1 + T_2) =$

$= p_{нач} \cdot V_{общ}$ (из п. 1). Т.е. $p = p_{нач}$.

Т.к. рассматр. произв. момент, то для любого момента верно, что $p = p_{нач}$. Значит, давление газов в сосуде постоянно и равно $p_{нач}$

5) Q – кол-во теплоты, кот. получил атом, т.е. кол-во теплоты, кот. криптон передал атому.

A – работа атома

$A = p_{нач}(V_1^* - V_1) = p_{нач}\left(\frac{1}{2}V_{общ} - \frac{4}{9}V_{общ}\right) = \frac{1}{18}V_{общ} \cdot p_{нач}$

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

Из п. 1: $p_{нач}V_1 = \nu RT_1 \Rightarrow p_{нач} \cdot \frac{4}{9}V_{общ} = \nu RT_1 \Rightarrow$

$\Rightarrow p_{нач}V_{общ} = \frac{9}{4}\nu RT_1$

Тогда $A = \frac{1}{18} \cdot \frac{9}{4}\nu RT_1 = \frac{1}{8}\nu RT_1$

$\frac{3}{2}\nu R(T - T_1) = \frac{3}{2}\nu R\left(\frac{T_1 + T_2}{2} - T_1\right) = \frac{3}{2}\nu R\frac{T_2 - T_1}{2}$

$Q = \frac{3\nu R(T_2 - T_1)}{4} + \frac{1}{8}\nu RT_1 = \nu R\left(\frac{3}{4}T_2 - \frac{6}{8}T_1 + \frac{1}{8}T_1\right) =$

$= \nu R\left(\frac{3}{4}T_2 - \frac{5}{8}T_1\right) = \frac{3}{5} \cdot 8{,}31 \cdot \left(\frac{3 \cdot 400}{4} - \frac{5 \cdot 320}{8}\right) =$

$= \frac{3 \cdot 8{,}31}{5}(300 - 200) = \frac{3 \cdot 8{,}31 \cdot 100}{5} = 3 \cdot 8{,}31 \cdot 20 = 498{,}6$ Дж

Ответ: 1) $\frac{V_1}{V_2} = \frac{4}{5} = 0{,}8$; 2) $T = \frac{T_1 + T_2}{2} = 360K$

3) $Q = \nu R\left(\frac{3}{4}T_2 - \frac{5}{8}T_1\right) = 498{,}6$ Дж

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

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

ШИФР
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4

Дано: $L_1 = 5L$; $L_2 = 4L$; C, L, $\mathcal{E}$ $\qquad T - ?$ $\quad I_{01} - ?$ $\quad I_{02} - ?$

1) Т.к. колебания тока возникают в катушке L_2, то возникают и колебания напр-ния на конд-ре. Период колебаний можно найти по формуле Томсона:

$T = 2\pi \cdot \sqrt{L_2 C}$ (L_1 не участв. в колеб. по усл.)

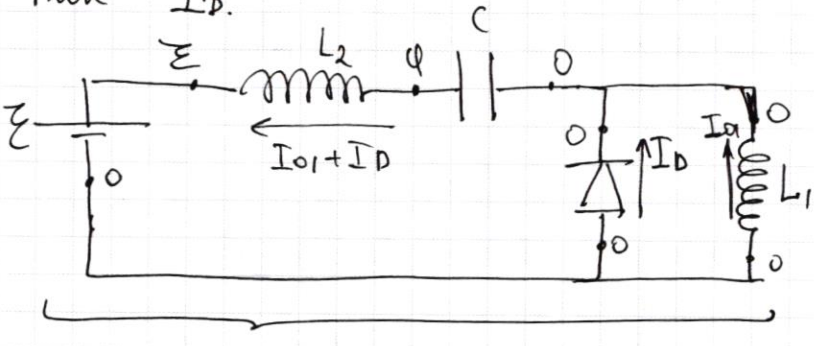
$T = 2\pi \cdot \sqrt{4L \cdot C} = 2\pi \cdot 2 \cdot \sqrt{LC} \Rightarrow \boxed{T = 4\pi \cdot \sqrt{LC}}$

2) Напр-ние на ид. диоде может быть:

• равным 0 ($\varphi_{анода} = \varphi_{катода}$). Тогда диод открыт и через него течет ток)

• меньше 0 ($\varphi_{анода} < \varphi_{катода}$). Тогда диод закрыт, ток через него не течет

3) В/м момент, когда диод открыт ($t = t_1$), через него течет ток I_D.



метод потенциалов

$U_D(t_1) = 0 \Rightarrow U_{L_1}(t_1) = 0$

т.к. $U_{L_1} = L I_1'$, то через L_1 в этот момент течет максим. ток I_{01}.

Допустим, I_{01} течет вверх.

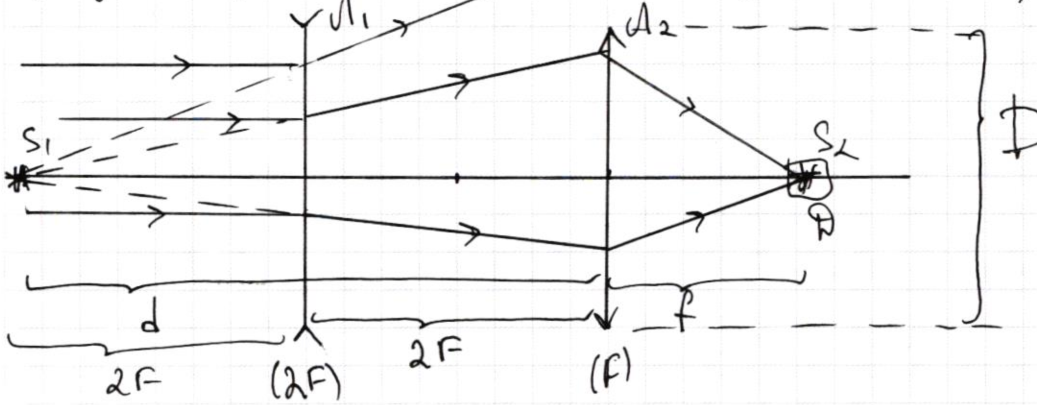
Ток через катушку L_2: $I_{01} + I_D$

$U_C(t_1) = \varphi$

Энергия системы: $W(t_1) = \frac{L_1 I_{01}^2}{2} + \frac{C\varphi^2}{2} + \frac{L_2 (I_{01} + I_D)^2}{2}$

№5 F_0 ; , $I_1 = \frac{7}{16} I_0$; D , τ_0

1) Пусть $F = F_0$, фокусное расстояние левой линзы $2F$ (рассеив.), фокусное расстояние правой линзы F (собир.)



2) На Л₁ падают лучи, ||-ные ГОО. После прохожд. Л₁ продолжения лучей соберутся в заднем фокусе Л₁

S_1 - мнимое изобр-ние, сформированное этим пучком

3) S_1 - действ. предмет для Л₂

$d = 2F + 2F = 4F > F$

S_2 - действ. изобр-ние действ. предмета S_1 в Л₂

По ФТЛ: $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d} = \frac{1}{F} - \frac{1}{4F} = \frac{3}{4F} \Rightarrow \boxed{f = \frac{4}{3}F}$

4) S_2 - изобр-ние в системе линз, S_2 — точка, в кот. собир-ся пар. пучок после прохожд. Л₁ и Л₂. По усл. в этой точке находится фотодетектор, зн. расст. между Л₂ и Д есть f.

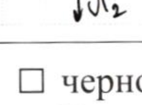
$\boxed{f = \frac{4}{3}F = \frac{4}{3}F_0}$

5) Когда М не закрывает часть Л₂ от свет. луч, то площадь пов-ти, на кот. попадает свет $S_0 = \frac{\pi D^2}{4}$.

Мощность падающего света пропорц. площади S, той части Л₂, на кот. падают свет лучи.

Зн, ток ↓↓, когда М закрывает часть Л₂

6) Пока Л₂ закрывает только часть М, ток уменьшается. ~~Когда~~



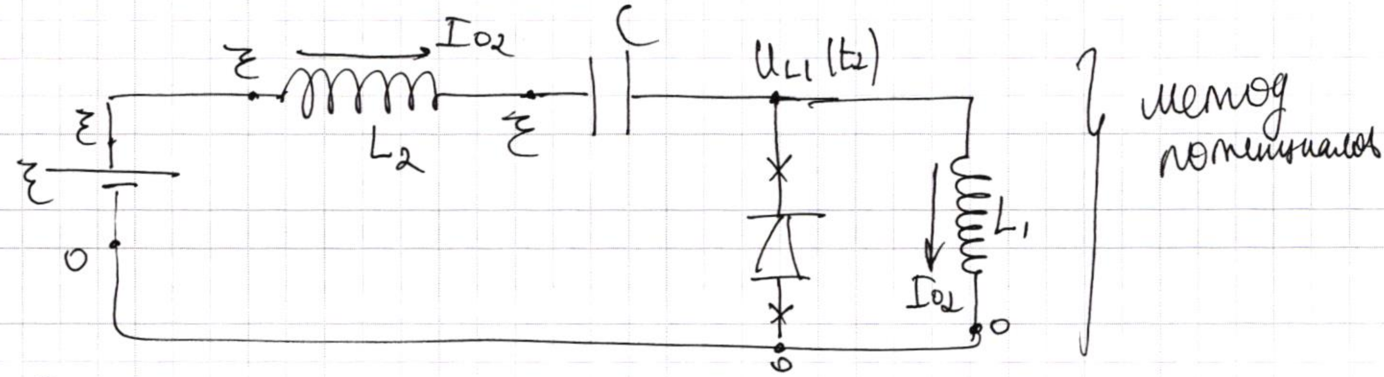
☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4 (продолжение)

4) Р/м момент, когда через катушку L_2 течет max ток I_{02} $(t=t_2)$.

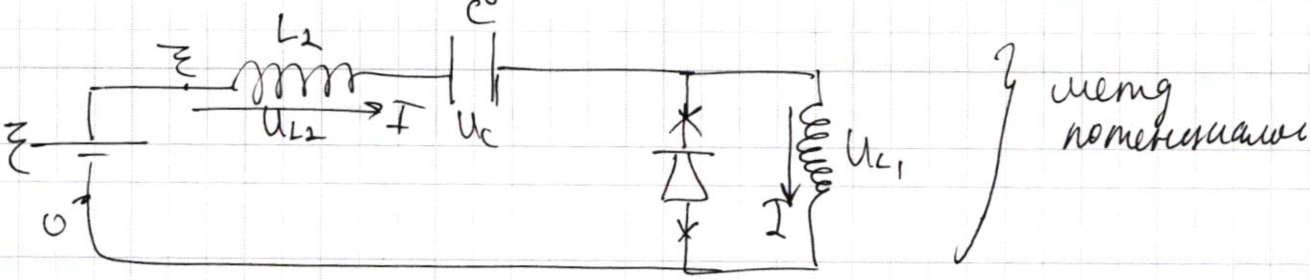
$U_{L2}(t_2) = L \cdot I_{02}' = 0$



Допустим, через катушку L_1 в этот момент течет не max ток. Тогда $U_{L1}(t_2) \neq 0$ → диод закрыт ⇒ через него не течет ток (—×— – тока нет)

Тогда через L_1 течет ток I_{02}

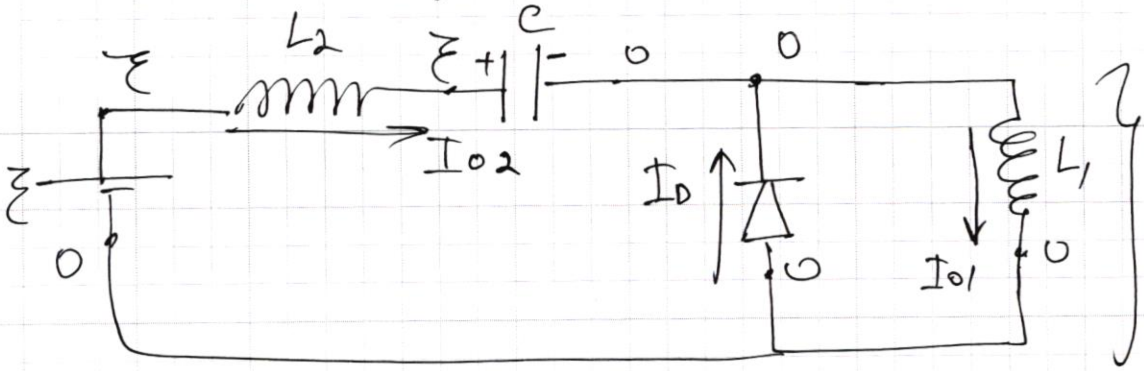
5) Р/м момент, когда токи в цепи не принимают max знач.



$U_{L1}(t) \neq 0$ → диод закрыт ⇒ ток через него не течет

~~$U_{L2} = U_{L1}$~~ $I_{L1} = I_{L2} = I$

Получается, что токи ~~на~~ через катушки одинаковые во все моменты времени, кроме тех, когда через L_1 течет max ток. Значит, когда ток через L_2 становится max, он становится max и через L_1 и открывается диод б) При момент, когда ~~конден~~ ~~разрешён~~ токи на катушках максимальны. ~~Диод~~ в этот момент открыт. $t=t_0$



$U_{L2} = U_{L1} = 0$ (т.к. токи через ~~m~~ max)

$U_C(t_0) = \mathcal{E}$

$W(t_0) = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} + \frac{L_2 I_{02}^2}{2} + \frac{L_1 I_{01}^2}{2}$

$I_{02} + I_D = I_{01}$

ЗСЭ от $t=0$ до $t=t_0$

$A_Б = W(t_0) - W(0)$

$W(0) = 0$ - энергия сист. сразу после замык. ключа

$A_Б = \mathcal{E}(C\mathcal{E} - 0) = C\mathcal{E}^2$

~~Тогда~~: $\frac{C\mathcal{E}^2}{2} = \frac{L_2 I_{02}^2}{2} + \frac{L_1 I_{01}^2}{2}$

$C\mathcal{E}^2 = L_2 I_{02}^2 + L_1 I_{01}^2$

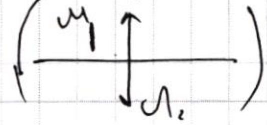
В момент, когда ток через L_2 становится I_{02}, через катушку тоже течет I_{02}, т.к. ток через катушку не мен-се скачком, т.е. $I_{02} = I_{01}$ $(I_D = 0)$

$C\mathcal{E}^2 = L_2 I_{01}^2 + L_1 I_{01}^2 \Rightarrow I_{01}^2 = \frac{C\mathcal{E}^2}{L_1 + L_2} = \frac{C\mathcal{E}^2}{9L}$

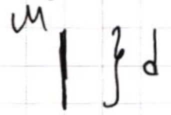
$I_{01} = I_{02} = \frac{\mathcal{E}}{3} \cdot \sqrt{\frac{C}{L}}$

$$\boxed{\text{Ответ: 1) } T = 4\pi\sqrt{LC}\text{ ; 2) } I_{01} = I_{02} = \frac{\mathcal{E}}{3}\cdot\sqrt{\frac{C}{L}}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Когда М полностью оказ-ся в границах линзы, ток становится пост. и равным I_1 

7) Пусть d – диаметр М.

Вид сбоку 

Если М полностью оказалась в границах линзы, то это означает, что вся площадь М перекрывает часть линзы.

8) • $Л_2$ полностью открыта:

$I_0 \sim S_0 = \pi D^2$

• М полностью в границах $Л_2$:

$I_1 \sim S_0 - \pi d^2 = \pi (D^2 - d^2)$

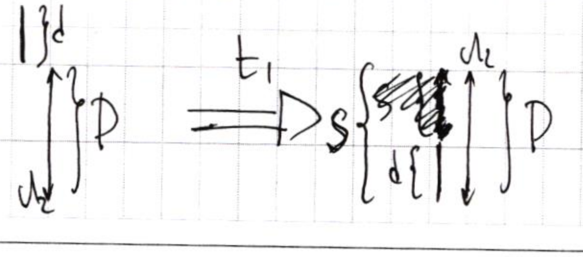
$\frac{I_1}{I_0} = \frac{D^2 - d^2}{D^2} = \frac{7 I_0}{16 \cdot I_0} = \frac{7}{16} \Rightarrow 16 D^2 - 16 d^2 = 7 D^2$

$9 D^2 = 16 d^2 \Rightarrow d^2 = \frac{9}{16} D^2 \Rightarrow \boxed{d = \frac{3}{4} D}$

8) Время вхождения М в ~~[illegible]~~ границы $Л_2$: τ_0

$\tau_0 = \frac{d}{v} \Rightarrow v = \frac{d}{\tau_0} = \frac{3D}{4\tau_0}$; $\boxed{v = \frac{3D}{4\tau_0}}$

9) Время t_1 – время от нач. вхождения М в границы до момента, когда нижн. граница М совпала с нижн. границей $Л_2$ (после этого ток снова начнет меняться, т.к. площадь освещ. $Л_2$ начнет меняться)



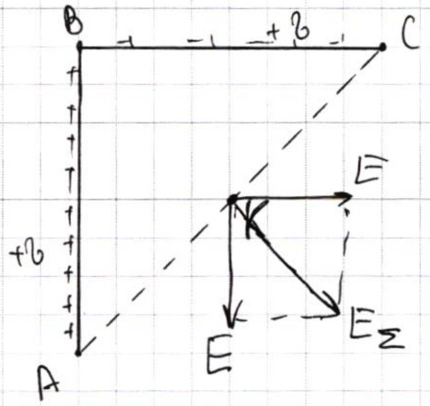
S – путь, кот. прошел нижняя точка М за время t_1; $S = D$ (по рис.)

$t_1 = \frac{S}{v} = \frac{D\cdot 4\tau_0}{3D} = \frac{4}{3}\tau_0$

$\boxed{\text{Ответ: } 1)\ f = \frac{4}{3}F_0;\quad 2)\ v = \frac{3D}{4\tau_0};\quad 3)\ t_1 = \frac{4}{3}\tau_0}$

№2

1) Пункт 1: $\alpha = \frac{\pi}{4} = 45^\circ$



• Т.к. $\alpha = \frac{\pi}{4}$, то AB = BC

• Пусть E – напр-ность от BC, направлена вниз

• Т.к. AB = BC и поверхности пл-ти AB и BC одинаковые, то от AB такая же по модулю напр-ости, как и от BC, но направлена вправо

• Суммарную напр-ости в т. K можно найти по принципу суперпозиции: по т. Пифагора получим, что $E_\Sigma = E\sqrt{2}$

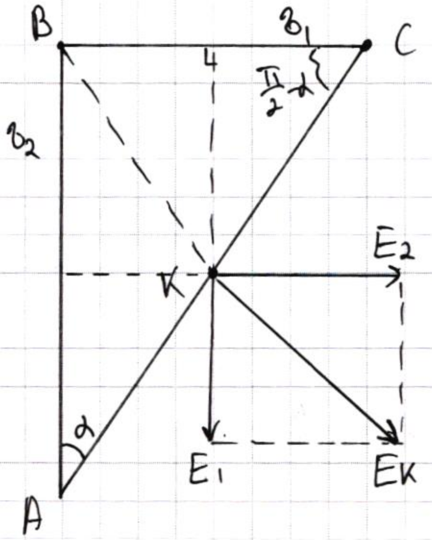
• $\frac{E_\Sigma}{E} = \frac{E_{\text{от BC и от AB}}}{E_{\text{от BC}}} = \frac{E\sqrt{2}}{E} = \sqrt{2}$, т.е. напр-ости увеличится в $\sqrt{2}$ раз.

~~2) Пункт 2: α = π/3~~ 2) Важное дополнение: вектор напр-ости от BC в т. K ⊥-на пл-ти BC, т.к. точка K находится на серед. ⊥-м к BC (т.е. горизонт. состав. напр-ости взаимно убиваются). Аналогично с векторная напр-ости в т. K от AB. Поверхностная плотность частиц не влияет на направление вектора напр-ости, а влияет ~~на её величину~~. только на величину.

☐ черновик ☑ чистовик Страница № 10
(Поставьте галочку в нужном поле) (Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

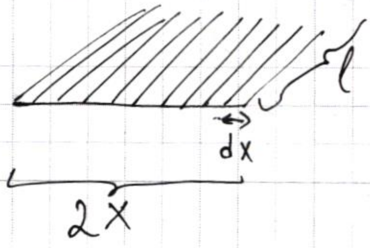
3) Пункт 2: $\alpha = \frac{\pi}{9}$; $\sigma_1 = \sigma$; $\sigma_2 = \frac{2}{7}\sigma$



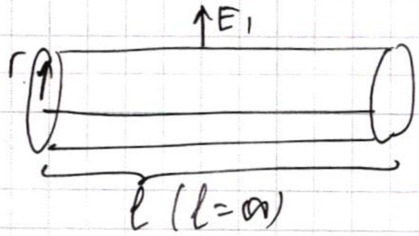
• Пусть E_1 – напр-ность в т. K от BC; E_2 – напр-ность в т. K от AB
• E_K – сумм. напр-ность в т. K
По т. Пифагора: $E_K = \sqrt{E_1^2 + E_2^2}$

$\frac{\pi}{2} - \alpha = \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{9} = \frac{7\pi}{18}$

4) Найдем напр-ность от полубесконечной пл-ти.
• Разобьем непот. заряж. пл-ть на тонкие полоски, заряд каждой полоски q_1:



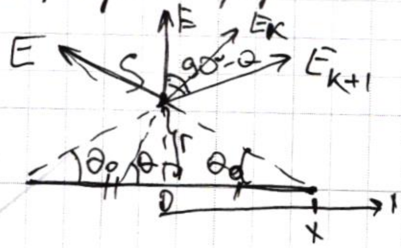
• Напр-ность от каждой полоски:



По т. Ост-Гаусса:
$E_1 \cdot 2\pi r l = q_1$
$E_1 = \frac{q_1}{2\pi r l}$

• Ширина каждой полоски dx, тогда $q_1 = \sigma l dx$
$E_1 = \frac{\sigma l dx}{2\pi r l} = \frac{\sigma \cdot dx}{2\pi r}$, r – расстояние до пл-ти.

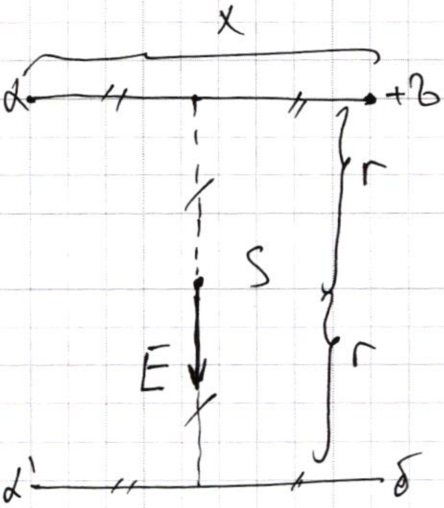
• Просуммируем напр-ности от всех полосок. (Для точки, наход. на серед. ⊥-ре



Горизонт. составляющие взаимоуни.
$E_K = E_1 \cos(90 - \theta) = E_1 \sin\theta$, $\sin\theta = \frac{r}{\sqrt{r^2 + x^2}}$

$\cancel{E}_\Sigma = \sum E_k = \sum \frac{\sigma\, dx \cdot r}{2\pi r\sqrt{r^2+x^2}} = \sum \frac{\sigma\, dx}{2\pi\sqrt{r^2+x^2}}$

4) Найдем напр-ность E_0 от полубесконечности пл-ти α длины x и с поверхностной плотность σ. по-другому на в точке $S \in$ серед. $\perp$-ру к этой пл-ти.



Воспользуемся метод изобр.

На таком. расстоянии как S от α, поместим α' с поверхн. плотн. заряда $-\sigma$.

Получили ~~плоск~~ конд-р, нап-ност на оси симметрии которого $E_0 = 2E_0$ (т.к. от 2-х пластин, а не от одной)

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

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

5) Вернемся к исходной задаче.

$E_1 = \frac{\sigma_1}{2\varepsilon_0} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$; $E_2 = \frac{\sigma_2}{2\varepsilon_0} = \frac{2\sigma}{7 \cdot 2\varepsilon_0} = \frac{\sigma}{7\varepsilon_0}$

$E_k = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \cancel{\ldots}$

$= \sqrt{\left(\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\right)^2 + \left(\frac{\sigma}{7\varepsilon_0}\right)^2} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} \cdot \sqrt{\frac{1}{4} + \frac{1}{49}} = \frac{\sqrt{53}}{14} \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$

Ответ: 1) увеличится в $\sqrt{2}$ раз

~~2) $E_k = \frac{\sqrt{53}\,\sigma}{14\varepsilon_0}$~~ 2) $E = \frac{\sqrt{53}}{14} \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

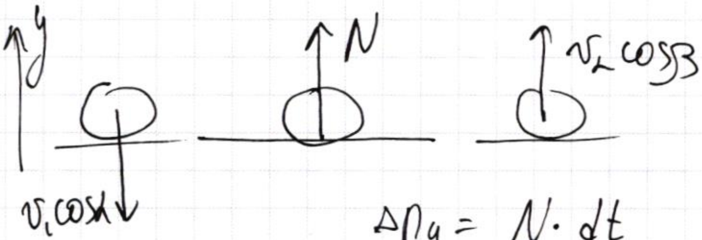
гладкая плита ⇒ ЗСИ: x: $-v_1 \sin\alpha = v_2 \sin\beta$

вертик. скорости:

$$v_2 = \frac{v_1 \sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{v_1\cdot 2\cdot 5}{\cancel{3\cdot 3}} = \frac{10 v_1}{9} =$$

сила N совершает работу:

$$= \frac{10\cdot 18}{9} = 20\ \frac{м}{с}$$



$$\frac{18\cdot 2}{3} = v_2\cdot\frac{3}{5}$$

$$\Delta p_y = N\cdot dt \qquad v_2 = \frac{10}{9}18 = 20\ \frac{м}{с}$$

$$\Delta p_y = m v_2 \cos\beta + m v_1 \cos\alpha$$

$$N dt = m(v_2\cos\beta + v_1\cos\alpha);\ dt = \frac{ds}{u}$$

$$\frac{N ds}{u} = m(v_2\cos\beta + v_1\cos\alpha)$$

dt - время удара; $ds = u\cdot dt$ $\qquad \cos\alpha = \sqrt{1-\frac{4}{9}} = \frac{\sqrt5}{3}$

$A_N = N ds = N u dt$ $\qquad \cos\beta = \sqrt{1-\frac{9}{25}} = \frac{4}{5}$

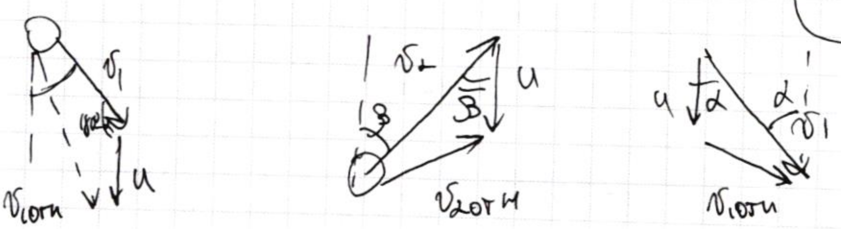
$$N u dt = \frac{m v_2^2}{2} - \frac{m v_1^2}{2}$$

$$\begin{cases} N u dt = \frac{m}{2}(v_2 - v_1)(v_2+v_1) \\ N dt = m(v_2\cos\beta + v_1\cos\alpha) \end{cases} :$$

$64 - 9\cdot 5 = 64 - 45 = 16$

$$u = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2(v_2\cos\beta + v_1\cos\alpha)} = \frac{20^2 - 18^2}{2\cdot\left(\frac{20\cdot 4}{5} + \frac{18\cdot\sqrt5}{3}\right)} = \frac{2\cdot 38}{2(16+6\sqrt5)} =$$

$$= \frac{2\cdot 19}{2(8+3\sqrt5)} = \frac{19(8-3\sqrt5)}{64-45} = \boxed{\frac{19(8-3\sqrt5)}{16}}$$

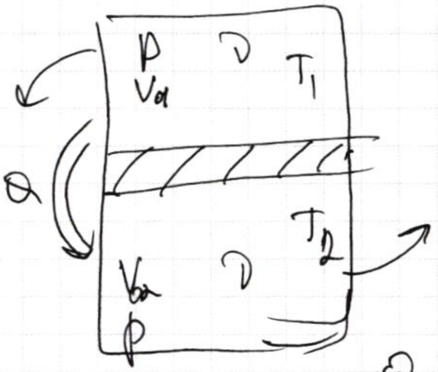


№2 термод.

$\nu = \frac{3}{5}$ · аргон: $T_1 = 320K$; криптон: $T_2 = 400K$

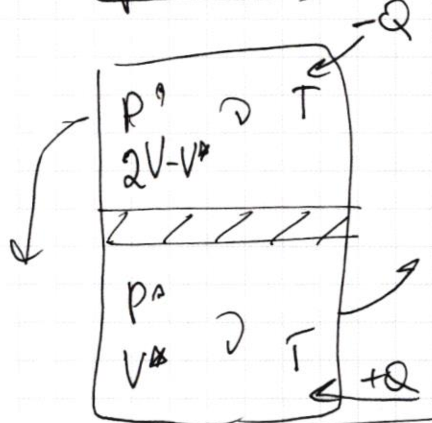
Давл. одинак.

Процесс равновесный



$$\begin{cases} pV_{01} = \nu RT_1 \\ pV_{02} = \nu RT_2 \end{cases}$$

$$\boxed{\frac{V_{01}}{V_{02}} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{32\cancel{0}}{40\cancel{0}} = \frac{4}{5}}$$



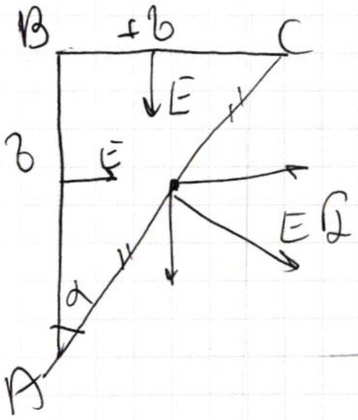
$p^*(2V_0 - V^*) = \nu RT$

$p^* V^* = \nu RT$

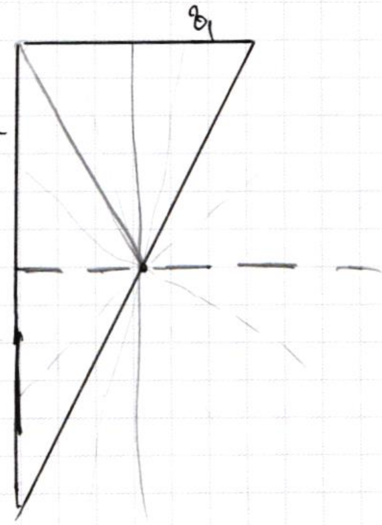
$2V_0 = 2V^* \Rightarrow V^* = V_0$

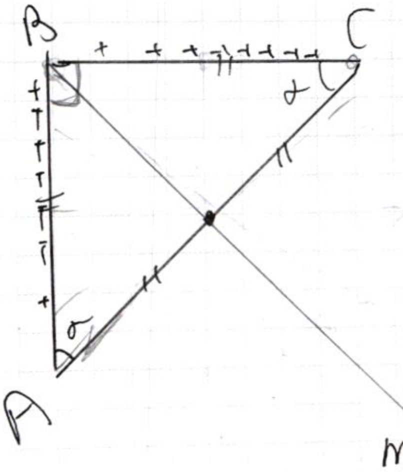
$A_{аргона} = -A_{криптона}$

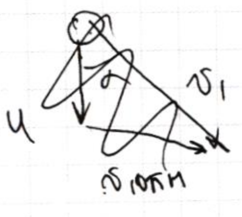
$-Q = 1$



в $\sqrt{2}$ раз

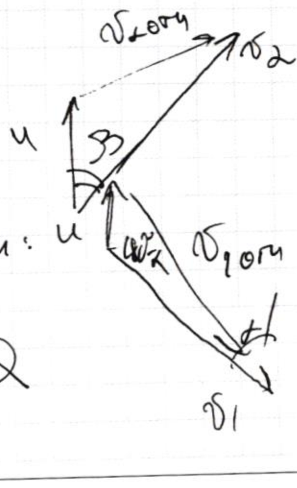






В С.О. мас. плиты: u

$$\frac{m v_{1отн}^2}{2} = \frac{m v_{2отн}^2}{2} + Q$$



☑ 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

$$\frac{m(u^2+v_1^2+2uv_1\cos\alpha)}{2} = \frac{m(u^2+v_2^2-2uv_2\cos\beta)}{2} + Q$$

В С.О. земли:

$\frac{3\cdot 8{,}31}{5}\cdot 100^{20}$ $\quad 8{,}31 \times 60 = 498{,}60$

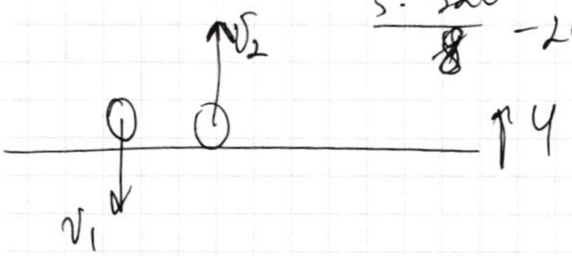
$$A_N = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} + Q$$

$$mu(v_2\cos\beta + v_1\cos\alpha) = \frac{m(v_2^2-v_1^2)}{2} + \frac{m}{2}(v_1^2 - v_2^2 + 2uv_1\cos\alpha + 2uv_2\cos\beta)$$

$$2uv_2\cos\beta + 2uv_1\cos\alpha = \cancel{v_2^2 - v_1^2} + \cancel{v_1^2 - v_2^2} + 2uv_1\cos\alpha + 2uv_2\cos\beta$$

$\frac{3\cdot 400}{4} = 300$

$\frac{5\cdot 320}{8} - 200$



$$Ndt = mv_2 + mv_1 \qquad 8{,}31 \times 60 = 498{,}60$$

$$Nudt = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}$$

$$u = \frac{(v_2-v_1)\cancel{(v_2+v_1)}}{2\cancel{(v_2+v_1)}}$$

$$2u = v_2 - v_1 \to v_2 = v_1 + 2u$$

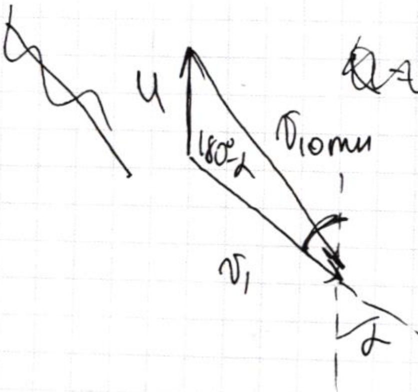
$$mv_2\cos\beta + mv_1\cos\alpha = Ndt$$

$m(u^2+v_1^2+$

$$N\cdot udt = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} + Q$$

$p\frac{4}{9}V_{нач} = \nu RT_1 \to pV_{нач} = \frac{9}{4}\nu RT_1$

$\frac{3}{2}\nu R\left(\frac{T_2-T_1}{2}\right)$



$A = p\left(\frac{1}{2}V_{нач} - \frac{4}{9}V_{нач}\right) = \frac{1}{18}pV_{нач} =$

$= \frac{1}{18}\cdot\frac{9}{4}\nu RT_1 = \frac{1}{8}\nu RT_1$

$Q = \nu R\left(\frac{1}{8}T_1 + \frac{3}{4}T_2 - \frac{6}{8}T_1\right) =$

$= \nu R\left(\frac{3}{4}T_2 - \frac{5}{8}T_1\right)$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

В С.О. плиты:

$$\frac{m(v_1^2+u^2+2v_1 u\cos\alpha)}{2} = \frac{m(v_2^2+u^2-2v_2 u\cos\beta)}{2} + Q$$

$$Q = \frac{m}{2}(v_1^2+2v_1 u\cos\alpha - v_2^2+2v_2 u\cos\beta)$$

В С.О. земли:

$$\frac{mv_1^2}{2} + Nu\,dt = \frac{mv_2^2}{2} + Q$$

$$\frac{mv_1^2}{2} + um(v_2\cos\beta + v_1\cos\alpha)$$

$V_{общ}$

$p(V_{общ}+\Delta V) =$

$pV = \nu RT$

$p^* V^* = \nu RT$

$p_1 V_1$ $\frac{V_1}{V_1+2V_2} = \frac{2}{5} \Rightarrow V_1 = \frac{4}{9}V_{общ}$

$V_1^* = \frac{1}{2}V_{общ}$

$$p_1 = \frac{\nu RT_1}{V_1} = \frac{9\nu RT_1}{4V_{общ}}$$

$$p_1^* = \frac{\nu RT}{V_1^*} = \frac{2\nu RT}{V_{общ}}$$

$$\frac{8\cdot 360}{9\cdot 320} = 1$$

$$\frac{p_1^*}{p_1} = \frac{2\nu RT\cdot 4V_{общ}}{V_{общ}\cdot 9\nu RT_1} = \frac{8T}{9T_1} = \frac{4\cdot 360}{5\cdot 320}$$

$$\frac{4T}{5T_2} = \frac{4\cdot 360}{5\cdot 400}$$

$$\frac{4986{,}0}{60}$$

$8{,}31$

$I_0 = \pi D^2$

$\frac{15}{16}I_0 = \pi(D^2-d^2)$

$\frac{15}{16} = \frac{D^2-d^2}{D^2}$

$15D^2 = 16D^2 - 16d^2$

$16d^2 = D^2$

$d = \frac{D}{4}$

$r = \frac{3D}{4}$

$= \nu R\left(\frac{3}{2}T_2 - \frac{3}{2}T_1\right)$

$\nu R\left(\frac{3}{2}T_2 - \frac{3}{2}T_1 + \frac{1}{2}T_1\right) = \nu R\left(\frac{3}{2}T_2 - \frac{1}{2}T_1 - \frac{1}{2}T_1\right) =$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

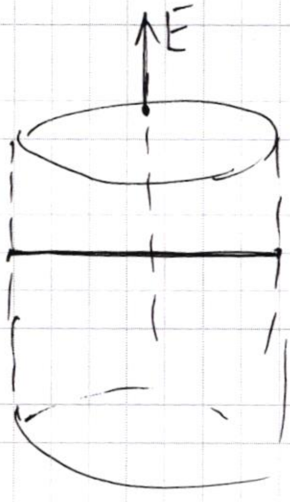
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

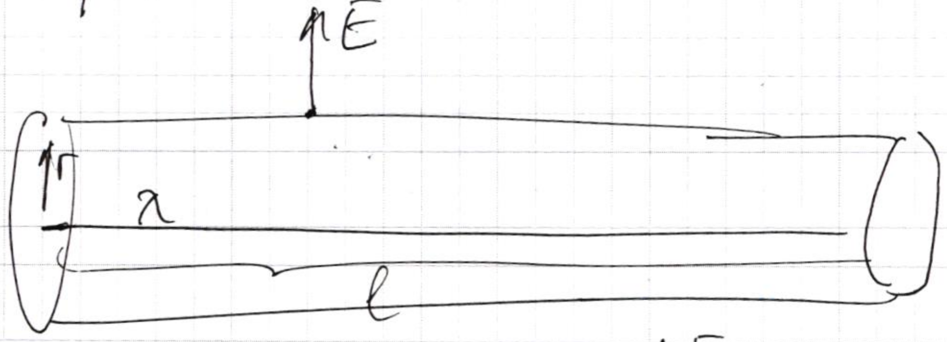
~~По~~ т. Ост-Гаусс

$E2S = \frac{q}{\varepsilon_0}$

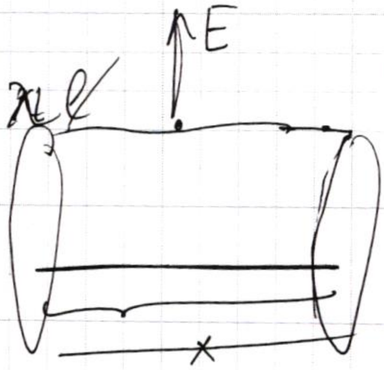
$E \cdot 2S = \frac{q}{\varepsilon_0}$

$q = \sigma$





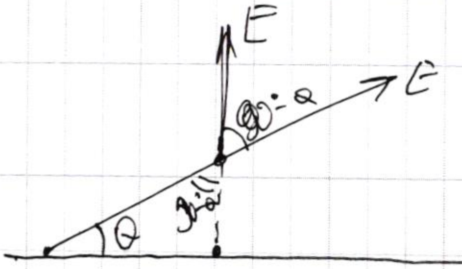
$\cancel{E \cdot 2\pi r}$ $E \cdot 2\pi r \cancel{l} = \lambda \cancel{l}$

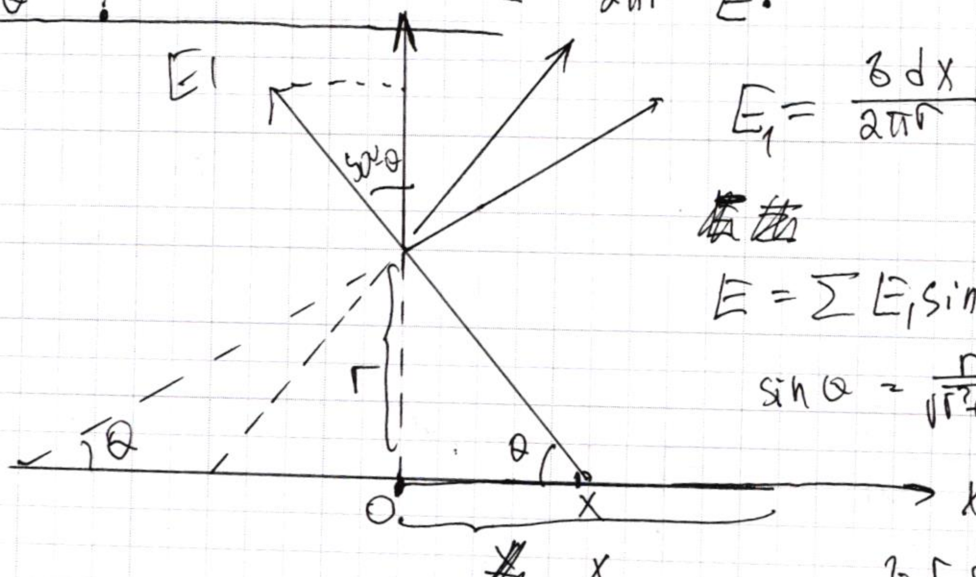


$E = \frac{\lambda}{2\pi r}$

$E \cdot 2\pi r \cancel{x} = \sigma \cancel{x} dl$

$E = \frac{\sigma dl}{2\pi r}$ $E\cdot$





$E_1 = \frac{\sigma dx}{2\pi r}$

$E = \sum E_1 \sin\theta = \frac{\sigma dx \cdot \sin\theta}{2\pi r} = \frac{\sigma r dx}{2\pi r \cdot \sqrt{r^2+x^2}}$

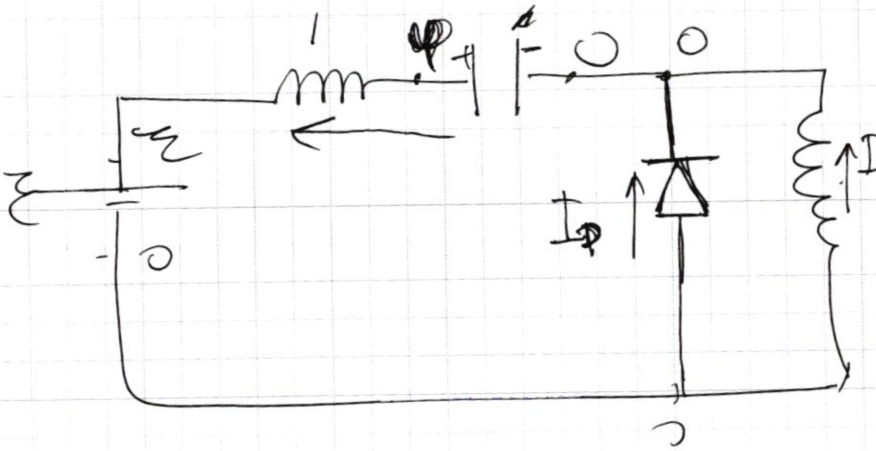
$\sin\theta = \frac{r}{\sqrt{r^2+x^2}}$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

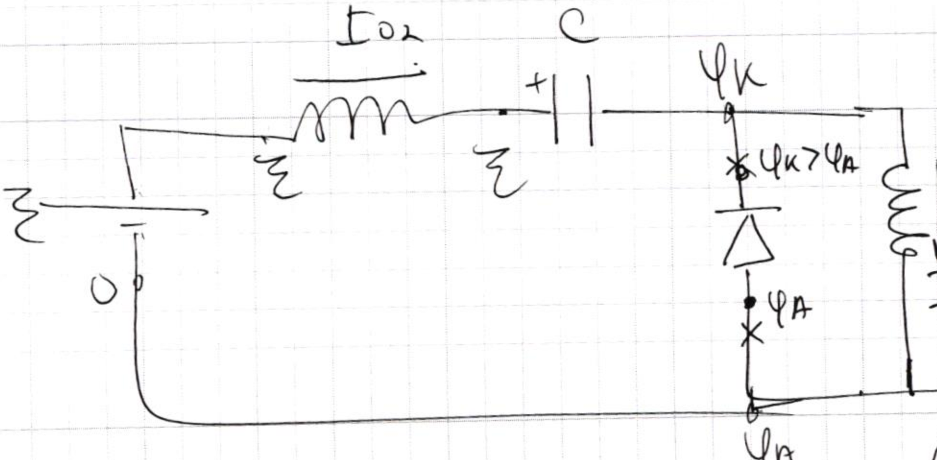


$T = 2\pi\sqrt{L_2 C} =$

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

$I_{L1} = max \Rightarrow U_{L1} = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow$ диод открыт



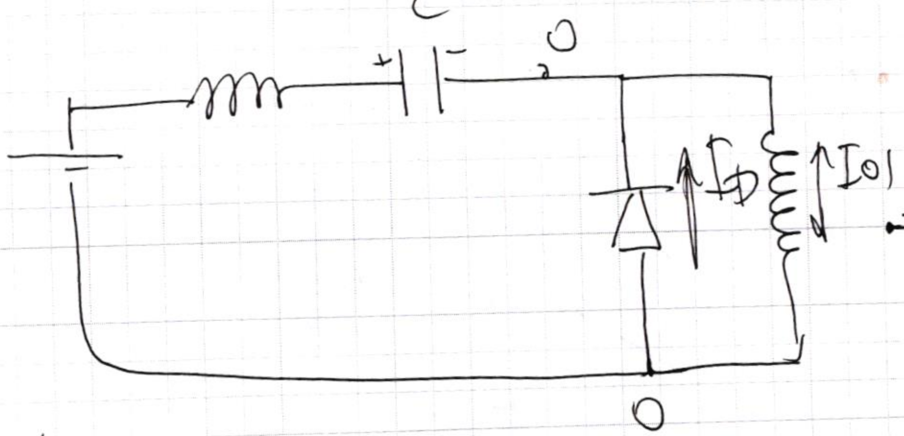
Напр-ние на ид. диод

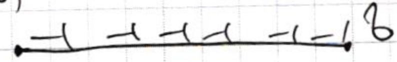
• 0 — ток через $L_1 = max$, диод открыт, через него ток

• $\varphi_{анод} - \varphi_{катод} < 0$, диод закрыт, ток нет

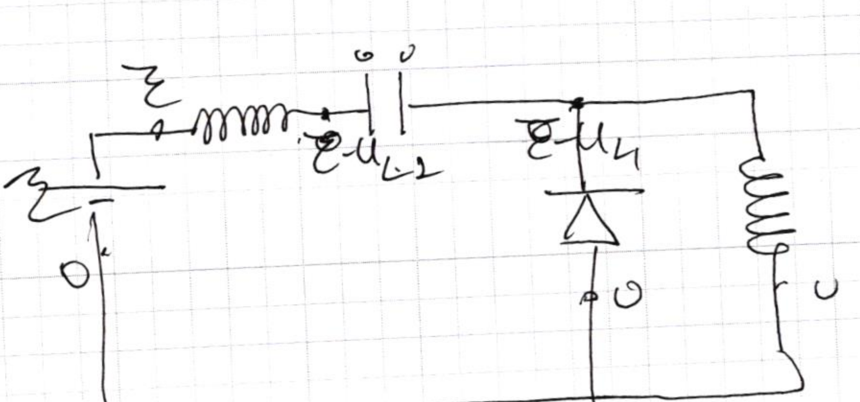
$C\mathcal{E}^2 = 9LI_{01}^2$

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





$\left(\frac{b}{2\varepsilon_0}\right)^2 + \frac{b}{\cdot}$



☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)