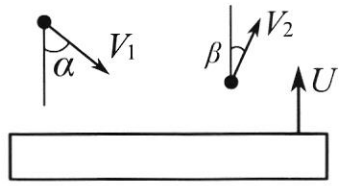
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

Класс 11 **Вариант 11-04**

Шифр
(заполняется секретарём)



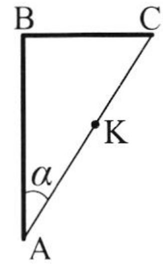
1. Массивная плита движется с постоянной скоростью U вертикально вверх. К плите подлетает шарик, имеющий перед ударом скорость V_1 = 18 м/с, направленную под углом $\alpha\left(\sin\alpha = \dfrac{2}{3}\right)$ к вертикали (см. рис.). После неупругого удара о гладкую горизонтальную поверхность плиты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

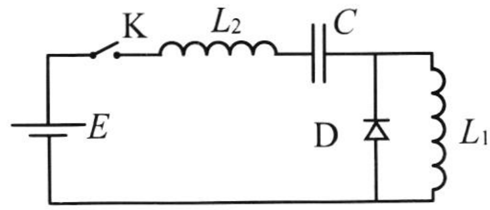
1) Найти отношение начальных объемов аргона и криптона.
2) Найти установившуюся температуру в сосуде.
3) Какое количество теплоты передал криптон аргону?



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?

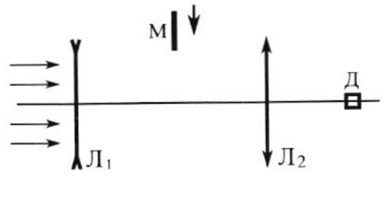
2) Пластины ВС и АВ заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = \sigma, \sigma_2 = 2\sigma/7$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/9$. Найти напряженность электрического поля в точке К на середине отрезка АС.

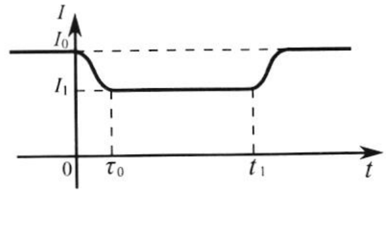


4. Электрическая цепь собрана из идеальных элементов: источника с ЭДС E, катушек с индуктивностями $L_1 = 5L$, $L_2 = 4L$, конденсатора емкостью C, диода D (см. рис.). Ключ K разомкнут, конденсатор не заряжен, тока в цепи нет. После замыкания ключа возникают колебания тока в L_2.

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). $I_1 = 7I_0/16$





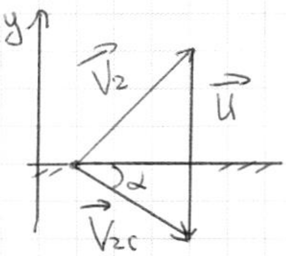
.

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

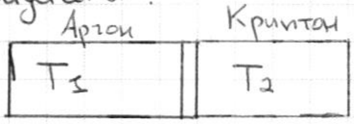
Дальше остается заметить, что при $|\vec{U}| > 16$ угол $\angle$ будет отрицательный, а это невозможно при нашем ударе:



(Строго доказать можно через теорему косинусов, или опять таки через сложение проекций векторов: проекция $\vec{V_2}$ на OY равна 16, а $|\vec{U}|$ на OY $= -|\vec{U}|$. Тогда если $|\vec{U}| \geq 16$, то проекция $\vec{V_{2c}}$ на OY ≤ 0, а это не выполн. условия задачи.

Ответ: $U < 16$ (16 не включаем т.к в условии шарик все-таки отскочил, а при $U = 16$ он просто поедет горизонтально по плите).

Задача 2.



1) В начальный момент система в равновесии $\Rightarrow$ $\Rightarrow$ давление газов на поршень одинаков. и равно P. Тогда: Уравнение Менделеева-Клапейрона:

$PV_1 = \nu RT_1$ (V_1 и V_2 объемы Ар. и Kr соответственно)
$PV_2 = \nu RT_2$

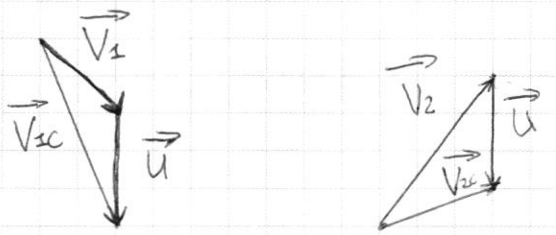
Откуда $\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{320}{400} = 0{,}8$

2) Рассмотрим весь сосуд. Внутреняя энергия газов изначально $\frac{3}{2}\nu RT_1$ и $\frac{3}{2}\nu RT_2$. Пусть установилось температура T_3. Т.к. никаких внешних сил не совершало над системой Ar + Kr работу, и к ним не подв. тепло, то $\frac{3}{2}(\nu RT_1 + \nu RT_2) = \frac{3}{2}(\nu RT_3 + \nu RT_3) \Rightarrow T_3 = \frac{T_1 + T_2}{2}$

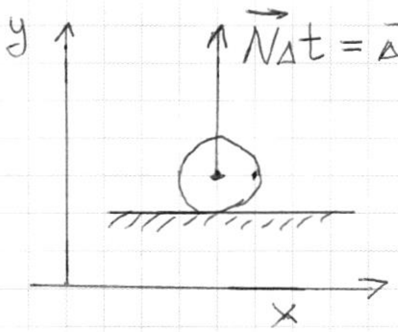
$T_3 = \frac{400+320}{2} = 360$ (K)

Задача 1.

1) Перейдем в С.О. плиты. Тогда шарик будет иметь на подлете скорость $\vec{V_{1c}}$, а на вылете $\vec{V_{2c}}$:



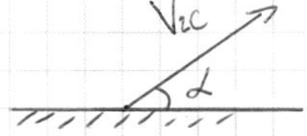
Рассмотрим силы действующие на шарик во время удара (т.к. плита массивная во время удара мы можем рассматривать ее как неподвиж. объект): (силой тяжести за малое Δt пренебрегаем).



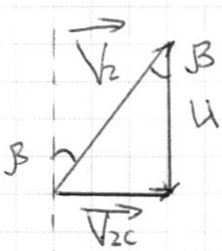
Как видно, ~~на проекции~~ при проекции на ось OX нет никаких внеш. сил $\Rightarrow$ $\Rightarrow \Delta p_x = 0 \Rightarrow$ Проекция $\vec{V_{1c}}$ на OX равна проекции $\vec{V_{2c}}$ на OX. Как известно, при сумме векторов суммы их проекций равны $\Rightarrow$ проекция $\vec{u}$ на OX $= 0 \Rightarrow V_1 \cdot \sin\alpha = V_2 \cdot \sin\beta \Rightarrow V_2 = V_1 \cdot \frac{\sin\alpha}{\sin\beta}$

Тогда $V_2 = 18 \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{5}{3} = 20$.

2) Заметим, что в С.О. плиты скорость шарика должна быть направ. выше ~~плиты~~ плиты (т.е угол между скоростью $\vec{V_{2c}}$ и плитой если отсчитыв. как на рисунке > 0):



Т.е $\alpha > 0$. Рассмотрим крайний случай, когда $\alpha = 0$:



Тогда $|\vec{V_{2c}}| = \sin\beta\,|\vec{V_2}| = 12$ (м/с)

Зная $|\vec{V_2}|$ и $|\vec{V_{2c}}|$ по т. Пифагора найдем u: $u = \sqrt{|\vec{V_2}|^2 - |\vec{V_{2c}}|^2} = \sqrt{400 - 144} = 16$

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

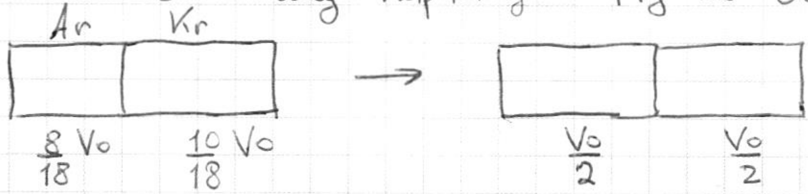
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3) Т.к. над системой никакие внешние силы не соверш. работы, и извне нет теплообмена, в любой момент времени $\Delta T_1 = \Delta T_2$ (иначе энергия системы бы куда-то исчезала)

В таком случае единственно возможный вариант протекания процесса при $P = const$. Тогда имеем: (т.к $PdV + VdP = \nu R dT_1$; $-PdV + VdP = -\nu R dT_1$)

$$P \cdot V_1' = \nu R T_3$$
$$P \cdot V_2' = \nu R T_3 \implies \frac{V_1'}{V_2'} = 1$$ (это отношение V после установ. равн)

Т.е. имеем след картину: Пусть Объем сосуда V_0:



Изначально $P \cdot \frac{8}{18}V_0 = \nu R T_1$; Работа криптона $\Delta V \cdot P = A_{Kr} = P\left(\frac{V_0}{2} - \frac{10}{18}V_0\right) = -\frac{1}{18}V_0 P$; $\Delta U = \frac{i}{2}\nu R(T_3 - T_2)$

Тогда второе начало термодинамики: $Q = A + \Delta U$:

$$Q_{Kr} = -\frac{1}{18}V_0 P + \frac{i}{2}\nu R(T_3 - T_2) = -\frac{\nu R T_1}{8} + \frac{i}{2}\nu R(T_3 - T_2)$$

Это кол-во Q, которое подвели к Kr. Но можно тогда сказать, что Kr отдал $-Q$: $Q_{отд} = \frac{\nu R T_1}{8} + \frac{i}{2}\nu R(T_2 - T_3)$

Отдал Kr тепло Ar, т.е это искомая величина:

$$Q_{от} = \nu R\left(\frac{T_1}{8} + \frac{i}{2}(T_2 - T_3)\right) = \nu R\left(\cancel{40} + \frac{3}{2}\cdot 40\right) = \nu R\left(\frac{5}{2}\cdot 40\right) = 100\nu R = 831 \cdot \frac{3}{5} = 0{,}6 \cdot 831$$

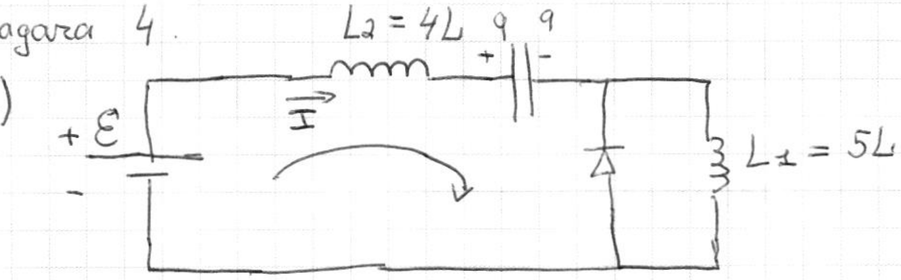
Отв: = 498,6 (Дж). Отв $\approx$ 499 Дж.

☐ черновик ☑ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Задача 4.

1)



Пусть конденсатор имеет заряд q в полярности как на рисунке, а ток течет ~~пр~~ по часовой стрелке. Тогда колебания разбиваются на два случая: $I \geq 0$ диод не работает, катушка с L_1 участв.

$I < 0$ диод работает, т.е. катушка L_1 закорочена.

Запишем второе правило Киргхофа для первого случая:

$\mathcal{E} = \dot{I}L_2 + \frac{q}{C} + \dot{I}\cdot L_2$. Заметим, что $\dot{q} = I \Rightarrow \dot{I} = \ddot{q}$.

Тогда $\mathcal{E} = \frac{q}{C} + 9L\ddot{q} \Rightarrow \frac{q}{9LC} - \frac{\mathcal{E}}{9L} + \ddot{q} = 0$.

$\frac{(q - \mathcal{E}C)}{9LC} + \ddot{q} = 0$ Заметим, что если $q - \mathcal{E}C = q_0$, то

$\frac{q_0}{9LC} + \ddot{q}_0 = 0$ Этот дифур. имеет решение $q_0 = A\cos(\omega t + \varphi_0)$

где $\omega = \frac{1}{3}\cdot\sqrt{\frac{1}{LC}} \Rightarrow q = \mathcal{E}C + A\cos(\omega t + \varphi_0) \Rightarrow$ Тогда $I = \dot{q} =$

$= -A\omega\sin(\omega t + \varphi_0)$. Т.к. ток при $t = 0$ $= 0$, то:

$\varphi_0 = 0 \Rightarrow A = -\mathcal{E}C$. Т.е $q = \mathcal{E}C - \mathcal{E}C\cos(\omega t)$; $I = \mathcal{E}C\omega\sin\omega t$;

Тогда заметим, что при $\omega t_1 = \pi$ $\sin(\omega t)$ станет $= 0 \Rightarrow$ дальше пойдет отриц ток. Тогда $t_1 = \frac{\pi}{\omega} = 3\pi\sqrt{LC}$. q будет при $\omega t = \pi$ $= 2\mathcal{E}C$.

Рассмотрим происходящие далее колебания. Аналог. второе прав. Киргхофа:

$\mathcal{E} = \dot{I}L_2 + \frac{q}{C}$, $\dot{q} = I \Rightarrow \frac{q}{4LC} - \frac{\mathcal{E}}{4L} + \ddot{q} = 0 \Rightarrow \frac{(q - \mathcal{E}C)}{4LC} + \ddot{q} = 0$

$q_0 \overset{q-}{=} \mathcal{E}C \Rightarrow \frac{q_0}{4LC} + \ddot{q}_0 = 0 \Rightarrow q_0 = A\cos(\omega t + \varphi_0)$, где $\omega = \frac{1}{2\sqrt{LC}}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\Rightarrow q = \mathcal{E}C + A\cos(\omega t + \varphi_0) \Rightarrow I = -A\omega\sin(\omega t + \varphi_0)$

Т.к при $t=0$ $q = 2\mathcal{E}C$; а ток еще $=0$, то $\varphi_0 = 0$; $A = \mathcal{E}C$: $q = \mathcal{E}C + \mathcal{E}C\cos(\omega t)$; $I = -\mathcal{E}C\omega\sin\omega t$.

Заметим, что при $\omega t_2 = \pi$ конденсатор разрядется, а ток снова станет ≥ 0 (т.е мы вернемся к 1 колб. контуру) $\Rightarrow t_2 = 2\pi\sqrt{LC}$

Тогда период колебаний в L_2, $T_{кол\,2} = t_1 + t_2 = 2\pi\sqrt{LC} + 3\pi\sqrt{LC} = 5\pi\sqrt{LC}$.

2) Максимальный ток через катушку 1.

Ток через катушку 1 течет только когда у нас $I>0$, т.е. первый вариант колебаний. Ток равен $I = \mathcal{E}C\cdot\omega\sin(\omega t) = \mathcal{E}C\cdot\frac{1}{3\sqrt{LC}}\cdot\sin\omega t \xrightarrow{max} I_{max} = \frac{\mathcal{E}}{3}\cdot\sqrt{\frac{C}{L}}$.

3) Через катушку 2 текут разные токи (т.к. она участвует в обоих вариациях колебаний). Сравним максимальные в каждом из случаев:

$I_1 = \mathcal{E}C\cdot\omega\sin\omega t \Rightarrow I_{1\,max} = \frac{\mathcal{E}}{3}\sqrt{\frac{C}{L}}$

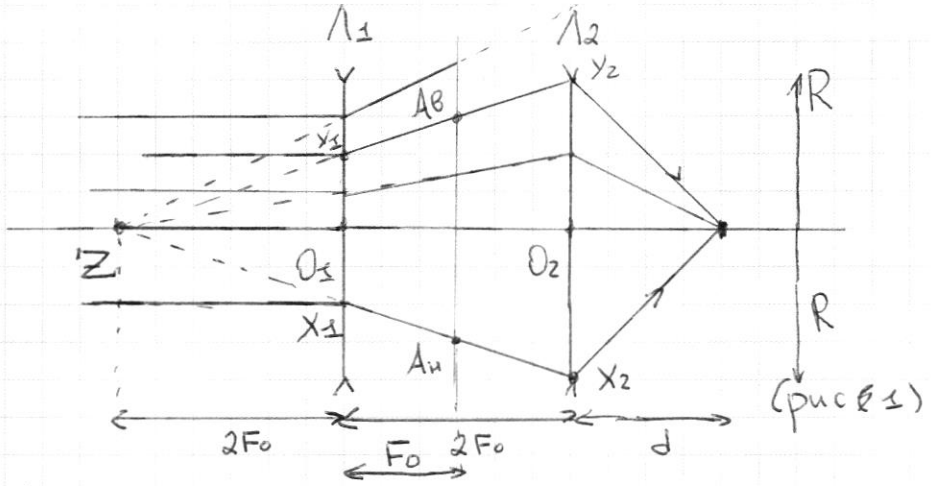
$I_2 = -\mathcal{E}C\cdot\frac{1}{2\sqrt{LC}}\sin\omega t \Rightarrow I_{2\,max} = -\frac{\mathcal{E}}{2}\sqrt{\frac{C}{L}}$.

Т.к нас интересует только модуль, то $|I_2| > |I_1|$.

Тогда $I_{2\,max} = \frac{\mathcal{E}}{2}\sqrt{\frac{C}{L}}$.

Задача 5.

1)



Из правил преломлений лучей через линзу мы знаем, что пучок лучей перпенд. линзе (рассеивающей) после преломления в линзе идет так, как будто он вышел из точки фокуса этой линзы. Т.к. $|F_{Л1}| = |2F_0|$ для линзы 2 лучи будет выглядеть как лучи, выпущенные из точки Z. Т.к. они должны после собраться в фотодетектор, должно выполняться уравнение тонкой линзы. Тогда: $\frac{1}{F_0} = \frac{1}{ZO_2} + \frac{1}{d}$, где d - расстояние от Л2 до фотодетектора.

$$ZO_2 = 4F_0 \Rightarrow \frac{1}{F_0} = \frac{1}{4F_0} + \frac{1}{d} \Rightarrow \boxed{d = \frac{4}{3}F_0}.$$

2) Из подобия треугольников на рис 1 видно, что послед. луч который после рассеивания в Л1 поймает Л2 в Л1 входит на высоте $\frac{R}{2}$ от основ. опт. оси. (из $\Delta ZO_1X_1 \sim \Delta ZO_2X_2$) $(2R = D)$

Тогда из подобия треуг $\Delta ZY_1X_1 \sim \Delta ZA_вA_н \Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{X_1Y_1}{A_нA_в} = \frac{2F_0}{3F_0} = \frac{2}{3}, \text{ т.к } X_1Y_1 = R \Rightarrow A_нA_в = \frac{3}{2}R.$$

Т.к $I \sim$ мощности падающего света, то можно сказать, что $I \sim$ открытому участку $A_нA_в$. Тогда:

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\frac{I_1}{I_0} = \frac{A_н A_в - S}{A_н A_в}$, где S - размер мишени (ее диаметр)

$\frac{7}{16} = \frac{1{,}5R - S}{1{,}5R} = \frac{3R - 2S}{3R} \Rightarrow 21R = 48R - 32S \Rightarrow$

$\Rightarrow 32S = 27R \Rightarrow S = \frac{27}{32}R.$

Тогда ток менялся, пока мишень въезжала в $A_н A_в \Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{S}{V} = \tau_0 \Rightarrow V = \frac{S}{\tau_0} = \frac{27R}{32 \cdot \tau_0} = \frac{27}{64}\frac{D}{\tau_0}$

Тогда выезжать из области мишень начнет когда ее нижний край проедет $1{,}5R \Rightarrow t_1 = \frac{1{,}5R}{V} = \frac{3}{4}\frac{D}{V} = \frac{3}{4}D \cdot \frac{64\tau_0}{27D} = \frac{16}{9}\tau_0.$

Отв: $\frac{4}{3}F_0$; $\frac{27}{64}\frac{D}{\tau_0}$; $\frac{16}{9}\tau_0$.

Тогда: $\frac{I_1}{I_0} = \frac{7}{16} = \frac{\frac{9}{4}\pi R^2 - \pi r^2}{\frac{9}{4}\pi R^2} \Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{9R^2 - 4r^2}{9R^2} = \frac{7}{16} \Rightarrow 144R^2 - 64r^2 = 63R^2 \Rightarrow$

$\Rightarrow 81R^2 = 64r^2 \Rightarrow R = \frac{8}{9}r \Rightarrow r = \frac{9}{8}R$

$R = \frac{D}{2} \Rightarrow$ $r = \frac{9}{16}D = d = \frac{9}{8}D$

Тогда $V = \frac{d}{\tau_0} \Rightarrow V = \frac{9}{8}\frac{D}{\tau_0}$

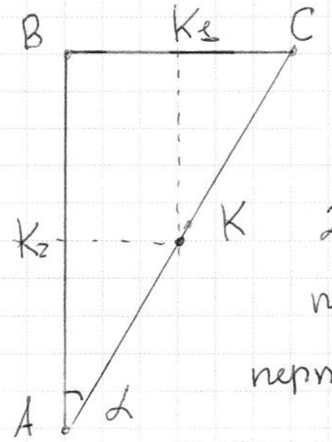
Ну и тогда $t_1 = \frac{1{,}5R}{V} =$

$= \frac{3}{4}\frac{D}{V} = \frac{4}{3}\tau_0$

☐ черновик ☒ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Задача 3.

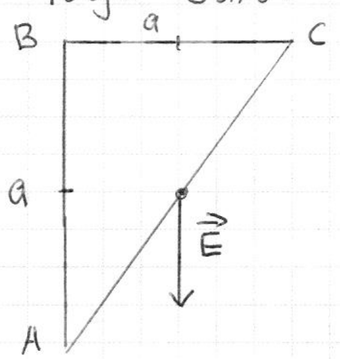


1) Согласно т. Гаусса, поле, которое ~~...~~ создает бесконечная заряженная прямоуг. пластина $E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$. (т.к $\Phi = 2SE$, а $q = S\sigma$)

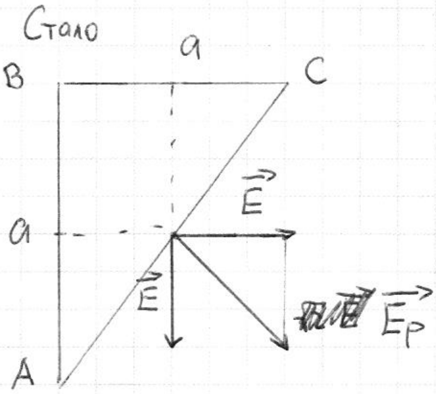
2) ~~Заметим ...~~ Изложенное в п. 1 верно только при ситуации, когда линии напряженности перпендикулярны плоскости пластины. Но у центра пластины мы можем считать поле перпендикулярным.

3) При $\alpha = \frac{\pi}{4}$ $AB = BC$. Если K - середина AC => точки K_1 и K_2 делят BC и AB соответственно пополам (из подобия следует). Тогда можно сказать, что в точке K поле создаваемое каждой пластиной перпендикулярно пластине, которая его создает (в силу симметрии)

Тогда было:



Стало



$|\vec{E_p}| = \sqrt{2}|\vec{E}|$

(поля одинаков. т.к. одинаковы пластины (одинаков. по модулю))

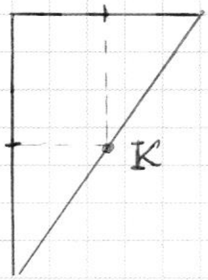
Т.к. пластины все-таки конечных размеров т. Гаусса может не работать.

Тогда отношение в первом случае равно $\frac{|\vec{E}|}{|\vec{E_p}|} = \frac{1}{\sqrt{2}}$.

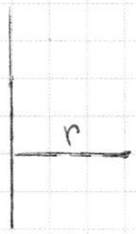
4) Для ответа на п. 2 есть два способа решения: можно принять, что все-таки поле создаваемое пластинами подчиняется т. Гаусса и посчитать результирующее будет несложно. Либо мы все-таки учитываем конечные по ~~...~~ размеры пластин по горизонтали.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

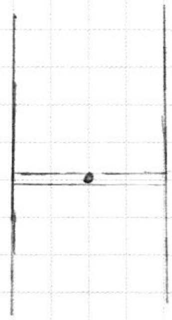
Попробуем решить без упрощений.



Для этого попробуем понять, какое поле создает пластина конечных размеров на расстоянии r от нее (от центра):

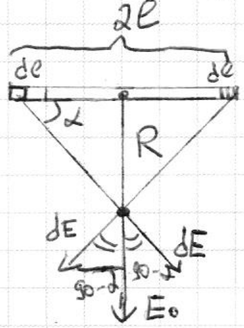


вид сбоку



вид спереди.

Выделим небольшую полоску:



Два мал. кусочка dl создают поле в искомой точке

$$2dE\cdot\cos(90-\alpha) = 2dE\cdot\sin\alpha$$

$$dE = \frac{dl\,\sigma}{l^2+R^2}$$, где σ – линейная плот заряда.

$$\sin\alpha = \frac{R}{\sqrt{R^2+l^2}} \Rightarrow dE_0 = 2\cdot\frac{dl\,\sigma}{(l^2+R^2)\cdot\sqrt{l^2+R^2}} =$$

$$= dE_0 = \frac{2dl\cdot\sigma}{(l^2+R^2)^{\frac{3}{2}}} \Rightarrow E_0 = \int_0^l \frac{2dl\cdot\sigma}{(l^2+R^2)^{\frac{3}{2}}}$$ математика не очень приятная.

Попробуем найти упрощение:

пусть у нас есть бесконечный стержень

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1 ①, ④ ⑤

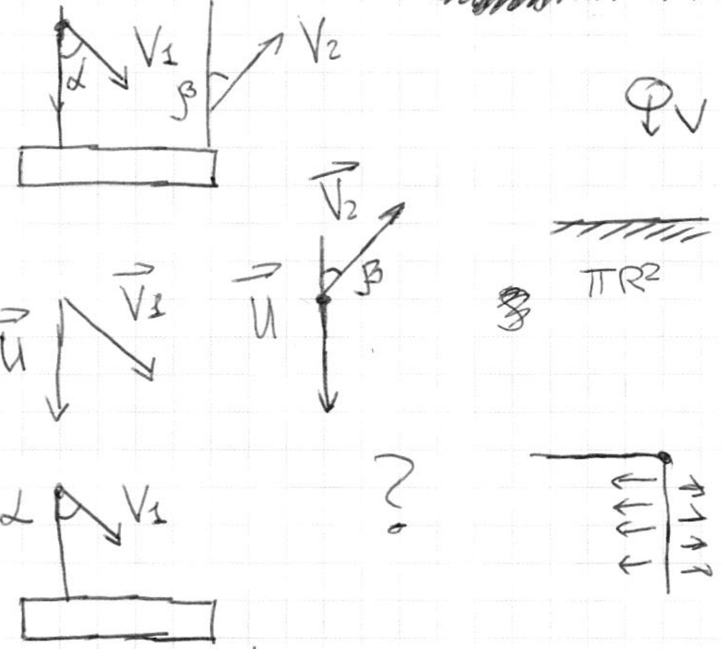
1)

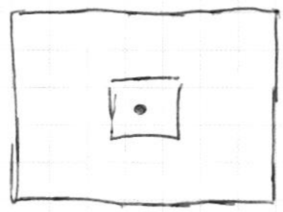
Неупруг:

ЗСЭ не работает

ЗСИ работает...

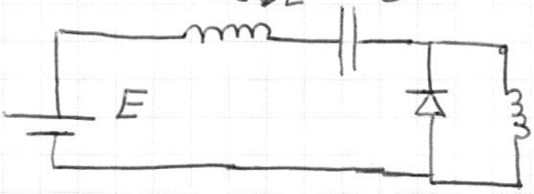
$M \to \infty$

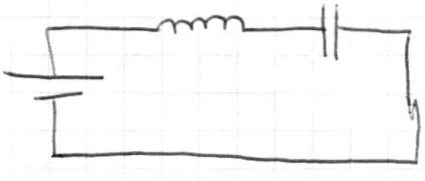




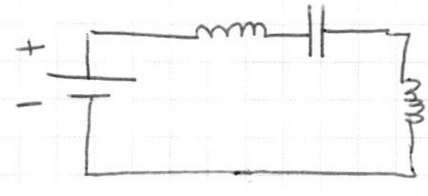
Ладно, тут видимо байт?

№4





и



$\mathcal{E} = \dot{I}(9L) + \frac{q}{C}$ $\qquad I = \dot{q}$

$\ddot{q} \cdot 9L + \frac{q}{C} - \mathcal{E} = 0 \Rightarrow \ddot{q} + \frac{q}{9LC} - \frac{\mathcal{E}}{9L} = 0$

$\ddot{q} + \frac{q}{4LC} - \frac{\mathcal{E}}{4L} = 0$

Дальше ez

☒ черновик ☐ чистовик

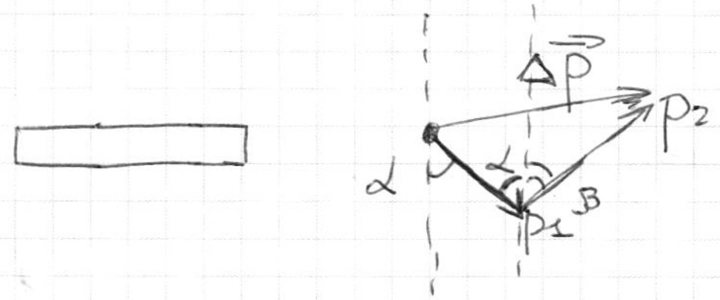
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

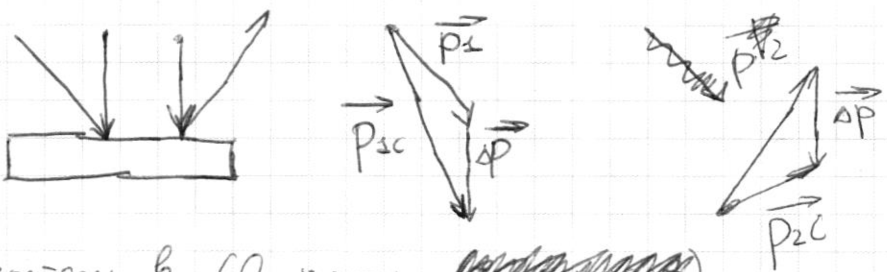
(Нумеровать только чистовики)

№5. $-2F_0$ и F_0 D.

№1 Не упругий ⇒ есть потери энергии



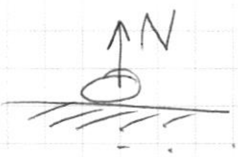
ez



1) Перейдем в СО плиты (~~[illegible]~~)

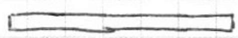
гладкая! значит по горизонтали скорость сохр

Все. Дальше ez...

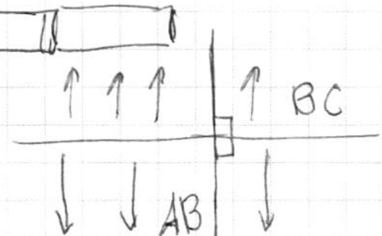


1

№2 Ar Kr Ну тут ez

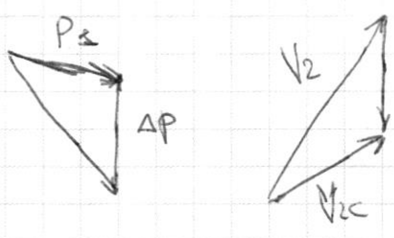


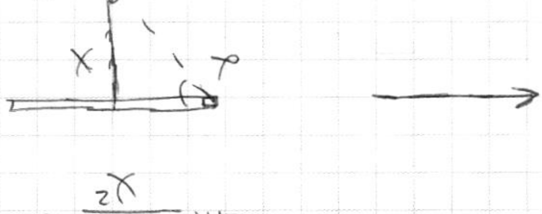
№3

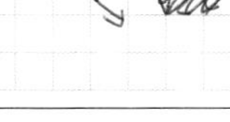


6

Чуть чуть подумать...



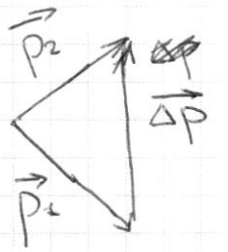


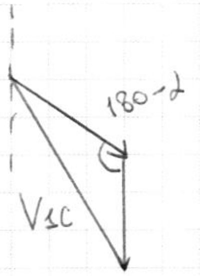


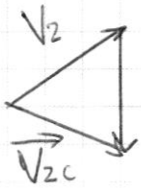
$r_2 \sin \frac{2X}{g} \cdot xp$ ~~kbp~~

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

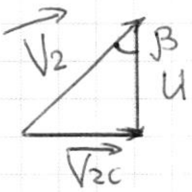
$k \frac{dx\,\sigma}{r^2} \cdot \sin\gamma \cdot \cos(90-\gamma)$

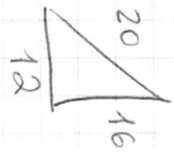






V_{2c} может в крит случае быть горизонтально



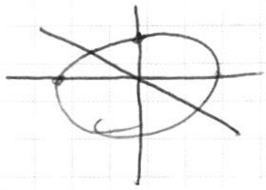


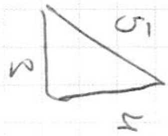
$400 - 144 = 256$

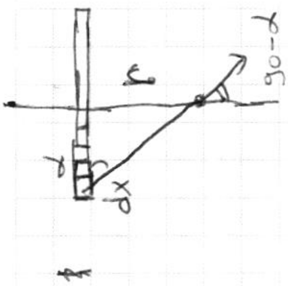
$\sqrt{}$ 16

$k\frac{q}{R^2}$

$$\begin{array}{r} 831 \\ \times\ 54 \\ \hline 3324 \\ 4155 \\ \hline 44874 \end{array}$$







Внеш сил нет $\Rightarrow$ ΔT всегда одинаков...

$\frac{3}{2}\nu R dT_1 = \frac{3}{2}\nu R$

$$\begin{cases} PdV + dPV = \nu R dT_1 \\ -PdV + dPV = \nu R dT_2 \end{cases}$$

Потом можно ...

Медленно $\Rightarrow$ P - const?

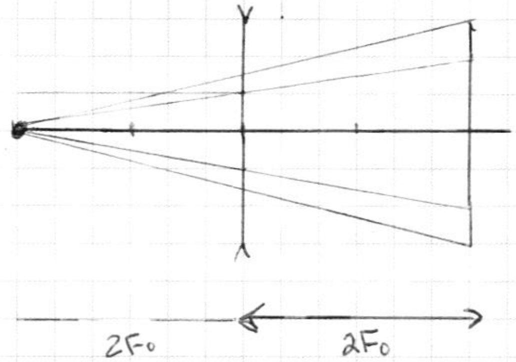
Нужно работу посчитать как-то...

$Q = A + \Delta U$

$\frac{3}{2}\nu R T_1 + \frac{3}{2}\nu R T_2$

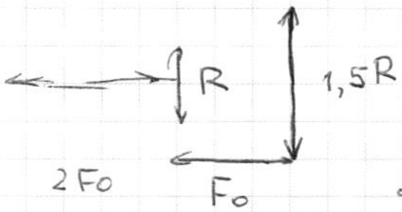
Задача 5

Как будто из $4F_0$ исходят лучи



$$\frac{1}{4F_0}+\frac{1}{x}=\frac{1}{F_0} \qquad \frac{4}{4F_0}-\frac{1}{4F_0}=\frac{1}{x}$$

$$\Rightarrow x= \qquad \frac{3}{4F_0}=x \Rightarrow x=\frac{4}{3}F_0$$



2 : 3

1R 1,5R