Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

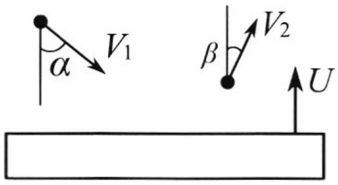
Класс 11

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.



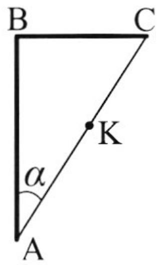
1) Найти скорость V_2.
2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе.

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?

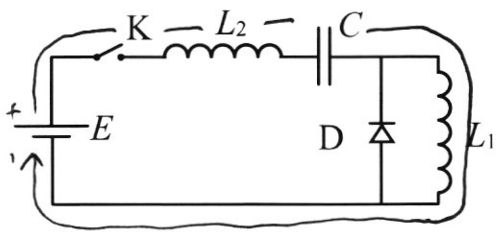
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины АВ и ВС перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром В. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру В.



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?

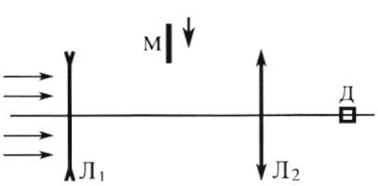
2) Пластины ВС и АВ заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = \sigma, \sigma_2 = 2\sigma/7$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/9$. Найти напряженность электрического поля в точке К на середине отрезка АС.

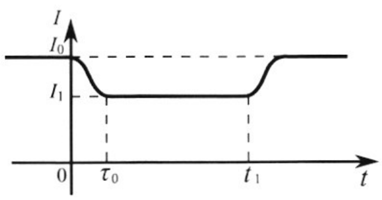
4. Электрическая цепь собрана из идеальных элементов: источника с ЭДС E, катушек с индуктивностями $L_1 = 5L$, $L_2 = 4L$, конденсатора емкостью C, диода D (см. рис.). Ключ K разомкнут, конденсатор не заряжен, тока в цепи нет. После замыкания ключа возникают колебания тока в L_2.



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.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

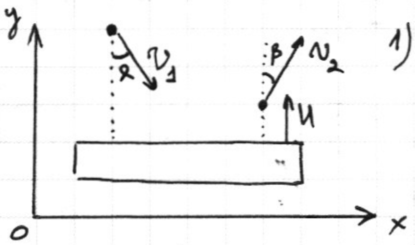
ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

① Дано:
$v_1 = 18$ м/с
$\sin\alpha = 2/3$
$\sin\beta = 3/5$

1) v_2 - ?
2) u - ?



1) Введём систему координат и рассмотрим проекции скоростей на ось Ox.

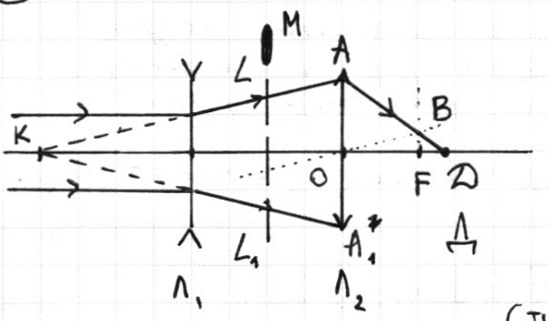
$v_{1x} = v_1 \cdot \sin\alpha \; ; \; v_{2x} = v_2 \cdot \sin\beta .$

Заметим, что на шарик вдоль оси OX не действует никаких сил. Значит, из II з. Ньютона, следует, что проекция скорости на ось Ox не изменилась.

$v_{1x} = v_{2x} \; ; \quad v_1 \cdot \sin\alpha = v_2 \sin\beta \Rightarrow v_2 = v_1 \cdot \dfrac{\sin\alpha}{\sin\beta}.$

$v_2 = \dfrac{18 \cdot 2 \cdot 5}{3 \cdot 3} = 20 \dfrac{м}{с}.$ Ответ: $v_2 = 20 \dfrac{м}{с}$

⑤



Дано: f_0, D, J_0
Найти: 1) f (расст. между $Λ_2$ и Д) - ?
2) v - ?
3) t_1 - ?

Обе линзы имеют одинаковый диаметр, поэтому сфокусируются на детекторе только те лучи, которые пройдут через линзу $Λ_2$
(Пройдут не все, т.к. ~~Λ~~ $Λ_1$ рассеивающ.)

1) Построим ход луча. $AO = \dfrac{D}{2}$ (из условия), $OF = F_0$, $OK = 4F_0$.
~~пусть~~
Из подобия $\triangle AOK$ и $\triangle BFO$ $\Rightarrow \dfrac{BF}{AO} = \dfrac{OF}{OK} = \dfrac{f_0}{4f_0} = \dfrac{1}{4}.$

Из подобия $\triangle AOD$ и $\triangle BFD$ $\Rightarrow \dfrac{BF}{AO} = \dfrac{FD}{OD} = \dfrac{FD}{FD + OF} = \dfrac{1}{4}$

$4FD = FD + OF \; ; \; FD = \dfrac{OF}{3}$

$f = OD = OF + FD = \dfrac{4}{3} OF = \dfrac{4}{3} F_0.$ Ответ: $f = \dfrac{4}{3} F_0$.

2) Заметим, что J_0 — время, г нужно мишени, чтобы полностью оказаться в ~~поле~~ области лучей, которые сфокусируются на детектор.

$J \sim P$; $P \sim S$, где S — площадь поверхности в пл. движ. М, через которую лучи проходят.

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

$\frac{J_0}{I_1} = \frac{P_0}{P_1} = \frac{S_0}{S_1}$. Пусть L - диаметр пучка света, который сфок. в D, в плоскости движения мишени.

$S_0 = \frac{\pi L^2}{4}$ $S_1 = S_0 - S_M$, где S_M - площадь мишени.

$\frac{J_0}{J_1} = \frac{S_0}{S_1} = \frac{S_0}{S_0 - S_M} = 1 + \frac{S_M}{S_0 + S_M}$; $\frac{S_M}{S_0 - S_M} = \frac{16}{7} - 1 = \frac{9}{7}$.

$S_M = \frac{9}{7} S_0 - \frac{9}{7} S_M$; $\frac{16}{7} S_M = \frac{9}{7} S_0$; $S_M = \frac{9}{16} S_0 = \frac{9}{16} \cdot \frac{\pi L^2}{4}$

Из подобия ΔKLL_1 и ΔKAA_1:

$\frac{LL_1}{AA_1} = \frac{3F_0}{4F_0} = \frac{3}{4}$; $\frac{L}{D} = \frac{3}{4}$; $L = \frac{3}{4} D$

Пусть d - диаметр мишени.

$\frac{\pi d^2}{4} = \frac{9}{16} \cdot \frac{9}{16} \frac{\pi D^2}{4}$; $d = \frac{9}{16} D$; $v = \frac{d}{J_0} = \frac{9}{16} \cdot \frac{D}{J_0}$.

Ответ: $\frac{9}{16} \frac{D}{J_0}$.

3) Заметим, что t_1 - время с момента, когда мишень начала попадать в пучок, до момента, когда мишень начала вылетать ~~за неё~~ из него.

За это время мишень пролетела расстояние L:

$t_1 = \frac{L}{v} = \frac{\frac{3}{4} D}{\frac{9}{16} \frac{D}{J_0}} = \frac{4}{3} J_0$.   Ответ: $\frac{4}{3} J_0$.

② Дано:

$\nu = 3/5$ моль

$T_1 = 320 K$

$T_2 = 400 K$

$R = 8{,}31 \frac{Дж}{К \cdot моль}$

1) $\frac{V_1}{V_2}$ - ?

2) T - ?

3) Q_2 - ?

1) Запишем закон Менделеева-Клайперона для обоих газов:

$\begin{cases} pV_1 = \nu RT_1 \\ pV_2 = \nu RT_2 \end{cases}$ Давление одинаковы, т.к. газы находятся в состоянии равновесие.

$\frac{V_1}{T_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{400}{320} = \frac{5}{4} = 1{,}25$.

Ответ: $1{,}25$.

2) Запишем I з. термодинамики для обоих газов:

$\begin{cases} Q_1 = \Delta U_1 + A_1 \\ Q_2 = \Delta U_2 + A_2 \end{cases}$ $Q_1 + Q_2 = \Delta U_1 + \Delta U_2 + A_1 + A_2$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$Q_1 + Q_2 = 0$, т.к. система теплоизолирована.

$A_1 + A_2 = 0$, т.к. давление одинаковое, а один газ увеличился на ΔV, а второй уменьшился на ΔV.

Тогда: $\Delta U_1 + \Delta U_2 = 0$ $\quad \Delta T_1 + \Delta T_2 = 0$

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

$T = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{320 + 400}{2} = \frac{720}{2} = 360$ K

Ответ: $T = 360$K.

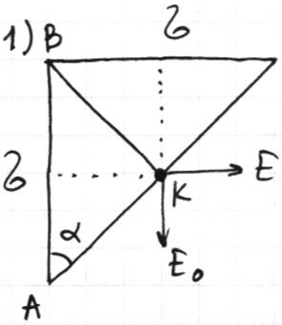
3) $Q_2 = \Delta U_2 + A_2 = \frac{3}{2}\nu R\Delta T_2 + p\Delta V_2 = \frac{3}{2}\nu R\Delta T_2 + \nu R\Delta T_2 = \frac{5}{2}\nu R\Delta T_2$

$Q_2 = \frac{5}{2}\cdot\frac{3}{5}\cdot 8{,}31\cdot(360 - 400) = \frac{-3\cdot 8{,}31\cdot 40}{2} = -60\cdot 8{,}31 =$

$= -498{,}6$ Дж.

Ответ: криптон отдал аргону 498,6 Дж тепла.

4) 1)



~~ва. Пусть со стороны пластины BC действует сила $F_{кл}$.~~ Пусть пластина BC создаёт в (·) K напряженность E_0.

Из того, что $\alpha = \frac{\pi}{4}$ следует, что $AB = BC$, а также $\triangle AKB = \triangle CKB$.

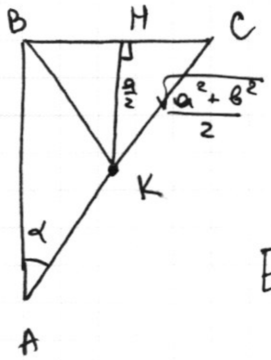
Тогда, т.к. пластины имеют одинаковую ширину и поверхностный заряд и расстояние до (·) K равны пластина AB ~~действует на~~ создаёт в (·) K напряженность равную E_0

Тогда конечная напряженность $E = \sqrt{E_0^2 + E_0^2} = E_0\sqrt{2}$.

$\frac{E}{E_0} = \frac{E_0\sqrt{2}}{E_0} = \sqrt{2}$. Ответ: в $\sqrt{2}$ раз.

2) Напряженность, которую создаёт бесконечная прямая на расстоянии r:

$E = \frac{kq}{r^2} = \frac{k\lambda}{r^2}$.



Рассмотрим как пластина BC действует на (·) K:

Пусть $AB = a, BC = b$.

$KH = \frac{AB}{2} = \frac{a}{2}$

$$E_1 = 2\int_{\frac{a}{2}}^{\frac{\sqrt{a^2+b^2}}{2}} \frac{k\tau_1}{x^2}\,dx - \frac{k\tau_1\cdot 4}{a^2} =$$

$$= 2\left(\frac{-k\tau_1}{x}\Big|_{a/2}^{\frac{\sqrt{a^2+b^2}}{2}}\right) - 4\frac{k\tau_1}{a^2} = 2\left(\frac{-2k\tau_1}{\sqrt{a^2+b^2}} + \frac{2k\tau_1}{a}\right) -$$

$$-4\frac{k\tau_1}{a^2} = 4k\tau_1\left(\frac{1}{a} - \frac{1}{\sqrt{a^2+b^2}} - \frac{1}{a^2}\right)$$

тогда $E_2 = 4k\tau_2\left(\frac{1}{b} - \frac{1}{\sqrt{a^2+b^2}} - \frac{1}{b^2}\right)$

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = 4k\sqrt{\tau_1\cdot\frac{a-1}{a^2} + \tau_2\frac{b-1}{b^2} - \frac{2}{\sqrt{a^2+b^2}}\cdot(\tau_1+\tau_2)}$$

$tg\,\alpha = tg\frac{\pi}{9} = \frac{b}{a}$ $\qquad \sin\alpha = \sin\frac{\pi}{9} = \frac{2b}{\sqrt{a^2+b^2}}$

$b = a\cdot tg\frac{\pi}{9}$. $\qquad \frac{2}{\sqrt{a^2+b^2}} = \frac{\sin\frac{\pi}{9}}{b} = \frac{\cos\frac{\pi}{9}}{a}$

$$E = 4k\sqrt{\tau\frac{a-1}{a^2} + \frac{2}{7}\tau\cdot\frac{a\cdot tg\frac{\pi}{9} - 1}{a^2\cdot tg^2\frac{\pi}{9}} - \frac{\cos\frac{\pi}{9}\left(\tau + \frac{2}{7}\tau\right)}{a}} =$$

$$= \frac{4k}{a\, tg\frac{\pi}{9}}\sqrt{\tau(a-1)\cdot tg^2\frac{\pi}{9} + \frac{2}{7}\tau\left(a\cdot tg\frac{\pi}{9} - 1\right) - \frac{9}{7}\cos\frac{\pi}{9}\cdot a\cdot tg^2\frac{\pi}{9}\cdot\tau}$$

1 1) $\begin{cases} Mu - mv_{1y} = (M+m)v_{2y} \;\Big|\; :M \\ \frac{Mu^2}{2} + \frac{mv_{1y}^2}{2} = \frac{(M+m)v_{2y}^2}{2} \;\Big|\; \cdot\frac{2}{M} \end{cases}$ з. сохранения импульса и энергии для неупругого удара

$$u^2 + \frac{m}{M}v_{1y}^2 = \left(1+\frac{m}{M}\right)v_{2y}^2 \quad ; \quad \frac{m}{M} = \frac{u^2 - v_{2y}^2}{v_{2y}^2 - v_{1y}^2}$$

$$u - \frac{m}{M}v_{1y} = \left(1+\frac{m}{M}\right)v_{2y} \quad ; \quad u - \frac{u^2 - v_{2y}^2}{v_{2y}^2 - v_{1y}^2}v_{1y} = \frac{u^2 - v_{1y}^2}{v_{2y}^2 - v_{1y}^2}v_{2y}$$

$$u\left(v_{2y}^2 - v_{1y}^2\right) - v_{1y}\left(u^2 - v_{2y}^2\right) = v_{2y}\left(u^2 - v_{1y}^2\right)$$

$$(v_{2y} + v_{1y})u^2 - \left(v_{2y}^2 - v_{1y}^2\right)u - v_{1y}\cdot v_{2y}\left(v_{1y} + v_{2y}\right) = 0$$

$$v_{1y} = v_1\cdot\cos\alpha = v_1\cdot\frac{\sqrt{5}}{3} = 6\sqrt{5}$$

$$v_{2y} = v_2\cdot\cos\beta = v_2\cdot\frac{4}{5} = 16$$

☐ 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

$(6\sqrt{5}+16)u^2 - (16^2 - 6^2\cdot 5)u - 6\sqrt{5}\cdot 16\,(16+6\sqrt{5}) = 0 \;\Big|:16+6\sqrt{5}$

$u^2 - (16-6\sqrt{5})u - 6\sqrt{5}\cdot 16 = 0$

$\begin{cases} u_1 + u_2 = 16 - 6\sqrt{5} \\ u_1\cdot u_2 = -6\sqrt{5}\cdot 16 \end{cases}$ $\begin{cases} u_1 = 16 \\ u_2 = -6\sqrt{5} \end{cases}$ (не уд. условию, что плита двин. вверх.)

$u = 16$.

Ответ: $u = 16$.

☐ черновик ☑ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

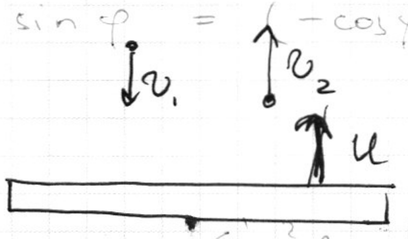
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$v_2 \cos\beta = u$

$Mu - mv_1 = (M+m)v_2$

$u - \frac{mv_1}{M} = \left(1 + \frac{m}{M}\right)v_2$

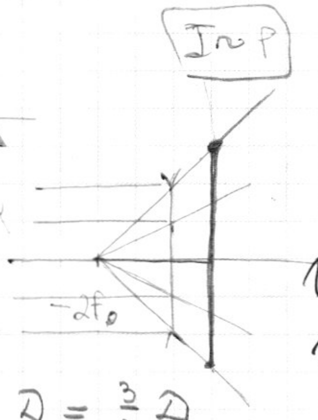
$\frac{mv_1^2}{2} + \frac{Mu^2}{2} = \frac{(m+M)v_2^2}{2}$

$\frac{m}{M}v_1^2 + u^2 = \frac{m}{M}v_2^2 + v_2^2$

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

$\frac{m}{M}(v_2^2 - v_1^2) = u^2 - v_2^2$

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



$S = \frac{\pi D^2}{4}$

$v_1 = 18 \cdot \frac{\sqrt{5}}{3} = 6\sqrt{5}$

$v_2 = \frac{20 \cdot 4}{3} = \frac{80}{3}$

$D_2 = \frac{3}{2} D$

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

$u(v_2^2 - v_1^2) - v_1(u^2 - v_2^2) = v_2(u^2 - v_2^2)$

$\frac{\pi D_н^2}{4} = \frac{\pi D^2 \, 9^2}{16 \cdot 4}$

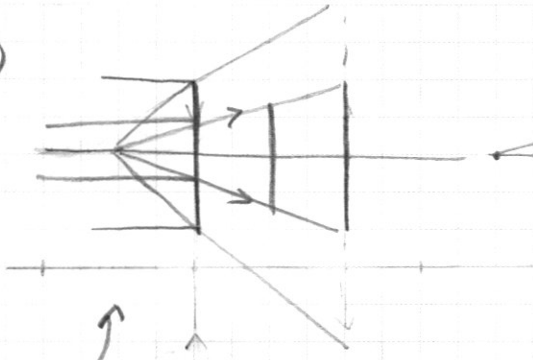
$v = \frac{3D}{8 J_0}$

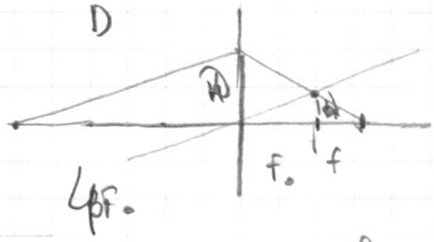
3) $u\left(\frac{1600}{9} - 36 \cdot 5\right) - 6\sqrt{5}\left(u^2 - \frac{1600}{9}\right) = \frac{80}{3}$

$(v_2^2 - v_1^2)\,u = (v_1 + v_2)(u^2 - v_2^2)$

$(v_1 + v_2)u^2 - (v_2^2 - v_1^2)u - v_2^3 = 0$

1)





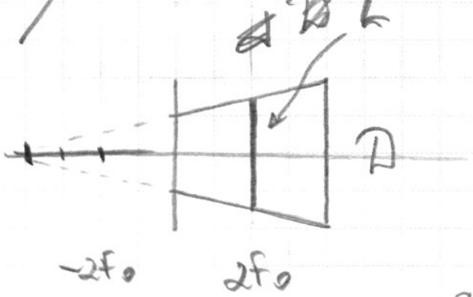
$\frac{d}{D} = \frac{F_0}{4F_0}$ $d = \frac{D}{4}$

$\frac{f}{f+F_0} = \frac{d}{D} = \frac{1}{4}$

$4f = f + F_0$

$f = \frac{F_0}{3}$ $\frac{1}{3}F_0$

2)



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

$I \sim P \sim S$

$\frac{9}{16}S$ закрыто было.

$S_м = \frac{9}{16}S_L$

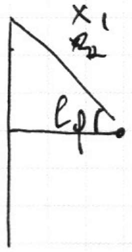
$V = \frac{D_м}{J_0} = \frac{9}{16}\frac{D}{J_0}$

$\frac{\pi D_м^2}{4} = \frac{9}{16}\cdot\frac{\pi L^2}{4} = \frac{9}{16}\cdot\frac{9}{16}\frac{\pi D^2}{4}$

$D_м = \frac{9}{16}D$

3) $t = \frac{L}{V} = \frac{\frac{3}{4}D}{\frac{9}{16}\frac{D}{J_0}} =$

$= \frac{4}{3}J_0$.



$\varphi \in (0; \pi)$

$\cos\varphi = \frac{l}{x_1}$.

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

$x_1 = \frac{l}{\cos\varphi}$

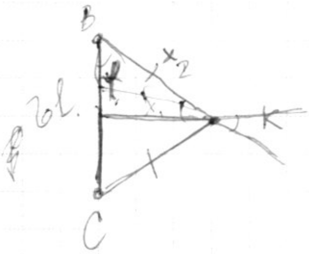
$x_2 =$

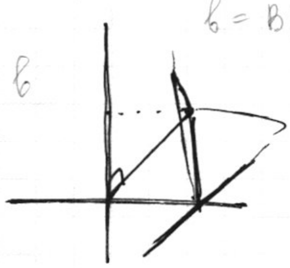
3

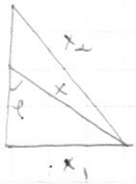
~~k~~ ~~I~~ ~~S~~

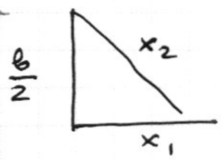
$b = BC$

$q \sim \tau \cdot b$









$\cos(90-\varphi) = \sin\varphi = \frac{\cancel{x_1}}{\cancel{x}}$

$\cancel{x = \frac{x_1}{\sin\varphi}}$

$2\int_{x_1}^{x_2} \frac{k\tau b}{x^2} \frac{x_1}{x} dx - \frac{k\tau b}{x_1^2}$

$x_2 = \sqrt{x_1^2 + \frac{b^2}{4}}$

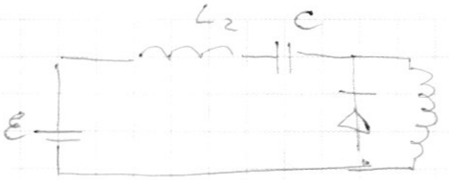
$q = \frac{A}{x} = \frac{Q}{2} = \frac{bQ}{x}$

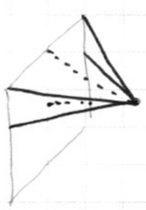
$2\int_{x_1}^{x_2} \frac{k\tau b \cdot x_1}{x^3} dx - \frac{k\tau b}{x_1^2} = 2\left(-\frac{kb\tau x_1}{2x^2}\right)\Big|_{x_1}^{x_2} - \frac{k\tau b}{x_1^2}$

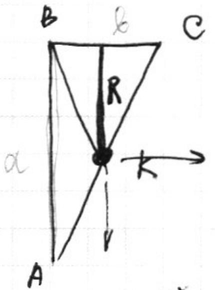
$-\frac{kb\tau x_1}{x_2^2} + \frac{kb\tau x_1}{x_1^2} - \frac{k\tau b}{x_1^2} = \frac{k\tau b}{x_1^2}(x_1 - 1) - \frac{kb\tau x_1}{x_2^2}$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

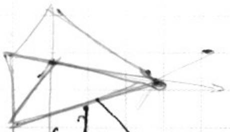
(Поставьте галочку в нужном поле) (Нумеровать только чистовики)

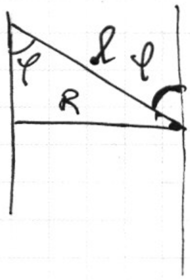






$E = \frac{\ell \cdot q}{r^2}$





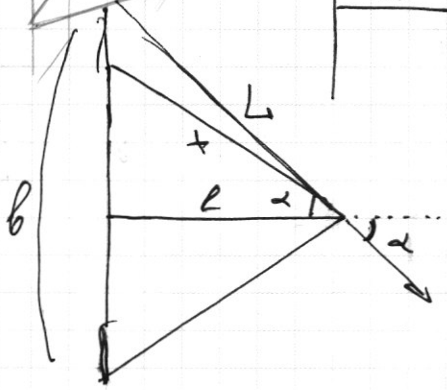
$\varphi \in (0; \pi)$

$\sin\varphi = \frac{R}{\ell}$

$\ell = \frac{R}{\sin\varphi}.$

$q_2 \sim \frac{\ell \cdot q}{r^2}$

$\boxed{E \sim \frac{\ell \cdot q}{r^2}}$



$\cos\alpha = \frac{\ell}{x}$

$x \in [\ell; L]$ $\quad L = \frac{\sqrt{4\ell^2 + b^2}}{2}$

$E = \frac{\ell q}{r^2}$

$\frac{\sqrt{4\ell^2+b^2}}{2}$ $\quad E = \frac{kq}{x^2} \cdot \cos\alpha = \frac{kq\ell}{x^3}$ $\quad \frac{1}{x^3}$ $\quad -\frac{1}{4x^4}$

$2\int\limits_{\ell} \frac{kq\ell}{x^3}\,dx - \frac{kq}{\ell^2} =$ $\quad x^{-3} \leftarrow \left(-\frac{x^{-4}}{4}\right)'$

$= 2\left(\frac{-kq\ell}{4x^4}\Bigg|_{\ell}^{\frac{\sqrt{4\ell^2+b^2}}{2}}\right) - \frac{kq}{\ell^2} = \frac{kq}{2\ell^3} - \frac{kq}{\ell^2} -$

$- \frac{kq\ell \cdot 16}{2(4\ell^2+b^2)^2} = \frac{kq(1-2\ell)}{2\ell^3} - \frac{8kq\ell}{(4\ell^2+b^2)^2}.$

$$\frac{kq\left(1 - \frac{2R}{\sin\varphi}\right)\cdot \sin^3\varphi}{2R^3} - \frac{8kq\frac{R}{\sin\varphi}}{\left(\frac{4R^2}{\sin^2\varphi} + b^2\right)^2}.$$

$$E = \int_0^{\pi}\left(\frac{kq(\sin^3\varphi - 2R\sin^2\varphi)}{2R^3} - \frac{8kqR\cdot\sin^3\varphi}{(4R^2 + b^2\cdot\sin^2\varphi)^2}\right)d\varphi.$$

$kq\int_0^{\pi}\left(\frac{\sin^3\varphi - a\sin^2\varphi}{a^3} - \frac{a\sin^3\varphi}{a^2+b^2\sin^2\varphi}\right)d\varphi$

Для E_1 $\quad q_1 = q$, $R = \frac{a}{2}$, $b = b$ | E_2: $q_1 = \frac{2q}{7}$, $R = \frac{b}{2}$, $b = a$.

$\frac{8k\frac{2}{7}q\frac{b}{2}\sin^3\varphi}{(a^2+b^2\sin^2\varphi)^2}$

$\frac{k\frac{2}{7}q(\sin^3\varphi - b\sin^2\varphi)}{2R^3}.$

$4kq\int_0^{\pi}\left(\frac{\sin^3\varphi - a\sin^2\varphi}{a^3} - \frac{a\sin^3\varphi}{(a^2+b^2\sin^2\varphi)^2}\right)$

☑ 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

$\frac{q}{r^2} l$

$2\int_{x_1}^{x_2} \frac{kqbx_1}{x^3}dx - \frac{kqb}{x_1^2} = 2\left(\frac{-kqbx_1}{2x^2}\right)\Big|_{x_1}^{x_2} - \frac{kqb}{x_1^2} =$

$= \frac{kqb}{x_1^2} - \frac{kqb}{x_1^2} - \frac{kqbx_1}{x_2^2} \quad \frac{kqb\cos\varphi}{l} - \frac{kqb\cos^2\varphi}{l^2} - \dots =$

$- \frac{kqbl}{\cos\varphi\left(\frac{l^2}{\cos^2\varphi} + \frac{b^2}{4}\right)} = kqb\left(\frac{\cos\varphi}{l} - \frac{\cos^2\varphi}{l^2} - \frac{l\cos\varphi \cdot 4}{4l^2 + b^2\cos\varphi}\right)$

$\frac{2}{7}\, tg\, \varphi$

$\frac{q \times l}{y^2} = \frac{2q}{tg\alpha}$

$8{,}31 \cdot 60 = 498{,}60$

$\cos\varphi = (\sin\varphi)'$

$(\sin 2\alpha)' = 2(\cos^2\alpha - \sin^2\alpha) \quad \cos^2\alpha - \sin^2\alpha = 2\cos^2\alpha - 1$

$\frac{E_2}{E_1} = \frac{q_2}{q_1} = \frac{AB \cdot \frac{2}{7}q}{BC\, q}$

$b \quad \frac{a}{2} \quad \frac{\sqrt{a^2+b^2}}{2}$

$\left(\frac{\sin 2\alpha}{4}\right) + \frac{2}{2} = \left(\frac{\sin\alpha \cdot \cos\alpha}{2}\right) + \frac{1}{2}$

$\int_{\frac{a}{2}}^{\frac{\sqrt{a^2+b^2}}{2}} \frac{kq}{x^2}dx$

$= \frac{\cos^2\alpha - \sin^2\alpha}{2} + \frac{1}{2} = \frac{2\cos^2\alpha - 1}{2} = \cos^2\alpha - \frac{1}{2}$

$a \sim b$

$E = \frac{kq}{r^2}$

$-\frac{\cos^2\varphi}{l^2} = \left(-\frac{\cos^2\varphi}{l^2} + \frac{1}{2l^2} - \frac{1}{2l^2}\right) = -\frac{1}{l^2}\left(\cos^2\varphi - \frac{1}{2}\right) - \frac{1}{2l^2}$

$\frac{4l\cos\varphi}{4l^2 + b^2\cos\varphi}$

$\frac{kq}{r^2} = \frac{kSq}{r^2} \quad \frac{kq}{r^2}\cos\varphi + \frac{4l \cdot 4l^2}{b^2}$

$tg\alpha = \frac{b}{a}$

$Q = \Delta U + A$

$S \to p$

$A_1 = p\Delta V$

$A_2 = p\Delta V$

$b = a\, tg\alpha$

$Q_1 + Q_2 = \Delta U_1 + A_1 + \Delta U_2 + A_2$

$\Delta U_1 + \Delta U_2 = 0$

$p = const$

x^{-1}

$Q = \Delta U + A$

$\left(\frac{-2kq}{\sqrt{a^2+b^2}} + \frac{2kq}{a}\right)$

$E \sim q$

$A = p\Delta V = \nu R\Delta T$

$\frac{-kq}{x^3}$

$pV_1 = \nu RT_1$

$pV_2 = \nu RT$

$q \sim l \cdot q$

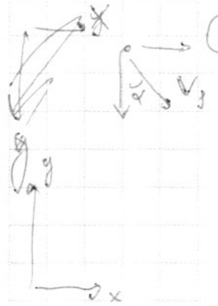
☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



① а) $v_{1x} = v_1 \sin\alpha$

$v_{1y} = v_1 \cos\alpha$

$x^{-1} = v_{2x} - x_2^{-2} \sin\beta = v_{1x}$

$v_2 \sin\beta = v_1 \sin\alpha$

$(x^2)' = 2x$

$v_2 = v_1 \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{18 \cdot 2 \cdot 5}{3 \cdot 3} = 20 \frac{м}{с}$.

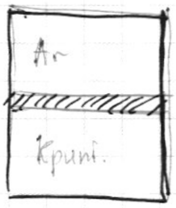
$(x^{-2})' = -2x^{-3}$

б) $v_{ay} = v_a \cdot \cos\beta$

$MU - mv_{1y} = MU + mv_{2y}$

$a \operatorname{tg}\frac{\pi}{9} - 1 - \cos\frac{\pi}{9}\, a \cdot \operatorname{tg}^2\frac{\pi}{9}$

$a \quad -1 - \cos\frac{\pi}{9}\, a$

② 

$\nu = \frac{3}{5}$ моль

$T_1 = 320$ К

$T_2 = 400$ К

$8,31 \cdot 48 = 398,88$

$pV_1 = \nu RT_1$ 1) $\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{32}{40} = \frac{4}{5}$

$pV_2 = \nu RT_2$

$a \operatorname{tg}\frac{\pi}{9} = b$

$\frac{b}{a}$

$\frac{2}{7} b \left(a \operatorname{tg}\frac{\pi}{9} - 1 - \cos\frac{\pi}{9} \cdot a \cdot \operatorname{tg}^2\frac{\pi}{9} \right)$

2) $\frac{2}{7} b \left(a \operatorname{tg}\frac{\pi}{9} \left(1 - \sin\frac{\pi}{9}\right) - 1 \right)$

$\Delta U_1 + \Delta U_2 = 0$

$\Delta U_2 = \nu R \Delta T_2 = \nu R (T - T_2)$

$b - 1 - b \sin\frac{\pi}{9} \cdot b \frac{\cos\frac{\pi}{9}}{\operatorname{tg}\frac{\pi}{9}}$

$\nu RT - \nu RT_1 + \nu RT - \nu RT_2 = 0$

$b \operatorname{tg}^2\frac{\pi}{9} \left(a - 1 - \cos\frac{\pi}{9} \cdot a \right)$

$T = \frac{720}{2} = 360$. $\frac{b}{\operatorname{tg}\frac{\pi}{9}}$ $T_1 + T_2$

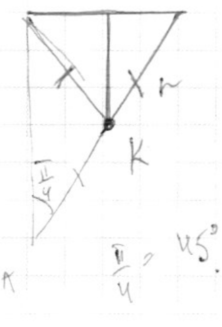
3) $Q = \nu R (T - T_2) = -\frac{3}{5} \cdot 8,31 \cdot 80 = -3 \cdot 8,31 \cdot 16 = -48 \cdot 8,31 \approx -398,88$ Дж.

$\frac{2}{7} b (-1$

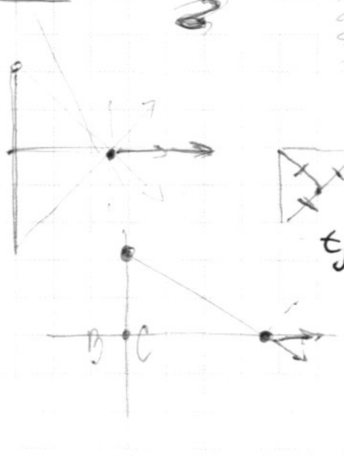
$b \operatorname{tg}^2\frac{\pi}{9} \ (-1$

$18 = 9 \cdot 2$

③ 1)



$\frac{\pi}{4} = 45°$.



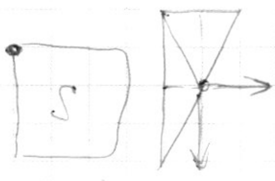
$q = \sigma S$ $S \to 0$

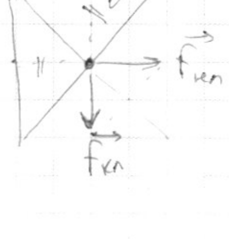
$Q = \sigma S$

$\operatorname{tg} = \frac{S}{C}$

$E = \frac{kQ}{}$

$C = \frac{S}{\operatorname{tg}}$

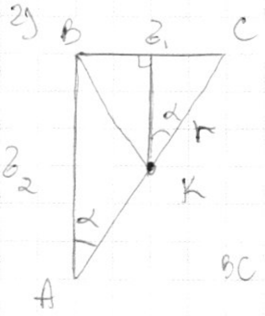




$\sqrt{2 F_{kn}^2} = F_{kn}\sqrt{2}$.

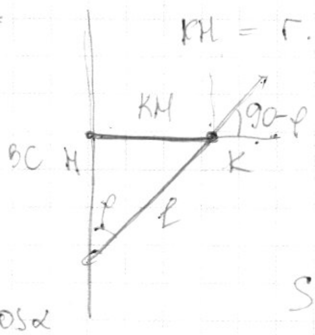
$\frac{F_{kn}}{q}$ E $E\sqrt{2}$.

в $\sqrt{2}$ раз.



$\alpha = \frac{\pi}{9}$. $\quad \tau_1 = \tau \quad \tau_2 = \frac{2\tau}{7}$.

$KH = r \cdot \cos\alpha$



$\varphi \in \cancel{\left(0; \frac{\pi}{2}\right)} \quad (0; \pi)$

мат. точки

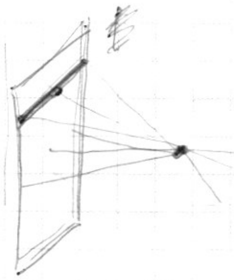
$q = \tau b$

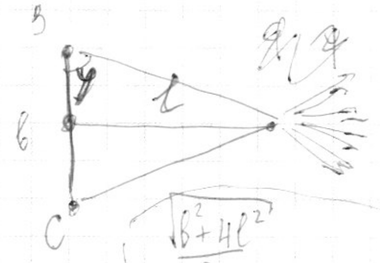
$l = r \cdot \cancel{ctg} \frac{\cos\alpha}{\sin\varphi}$

$\sin\varphi = \frac{KM}{l} = \frac{r \cdot \cos\alpha}{l}$

$l = r \cdot \frac{\cos\alpha}{\sin\varphi}$

$E = \frac{kQ}{\rho^2} \cdot \cos(90-\varphi) = \frac{k\tau}{}$





$BC = b$

$x \in \left(l; \sqrt{\frac{b^2}{4} + l^2}\right)$ ← границы взять и вычесть l.

Для каждого l: $\int_l^{\frac{\sqrt{b^2+4l^2}}{2}} \frac{2k\tau b}{x^2}\,dx - \frac{k\tau b}{l^2}$.

$$\boxed{\frac{kb\tau}{x_1} - \frac{kb\tau}{x_1^2} - \frac{k\tau b x_1}{x_2^2}}$$

$$\int_0^{\pi} \left(\int_{r\frac{\cos\alpha}{\sin\varphi}}^{\frac{\sqrt{l^2 + \frac{4r^2\cos^2\alpha}{\sin^2\varphi}}}{2}} \frac{2k\tau b}{x^2}\,dx - \frac{k\tau b}{r^2 \frac{\cos^2\alpha}{\sin^2\varphi}} \right) d\varphi.$$

$$\frac{2k\tau b}{x^2} \qquad - \frac{2k\tau b}{x}\Big| \qquad -\frac{1}{\sqrt{1 + \frac{1}{\sin^2\varphi}}} + \sin\varphi$$

$$\cancel{\frac{2k\tau b \cdot 4}{b^2 + \frac{4r^2\cos^2\alpha}{\sin^2\varphi}}} \int_0^{\pi} \left(\frac{-2k\tau b \cdot 2}{\sqrt{b^2 + \frac{4r^2\cos^2\alpha}{\sin^2\varphi}}} + \frac{2k\tau b}{r \cdot \frac{\cos\alpha}{\sin\varphi}} - \frac{k\tau b}{r^2 \frac{\cos^2\alpha}{\sin^2\varphi}} \right) d\varphi.$$

$$\frac{-\sin\varphi}{\sqrt{\sin^2\varphi + 1}} + \sin\varphi - \sin^2\varphi$$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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