Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

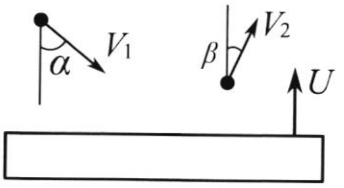
Класс 11

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.

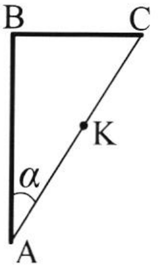
2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится водород, во втором – азот, каждый газ в количестве $\nu = 6/7$ моль. Начальная температура водорода T_1 = 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?

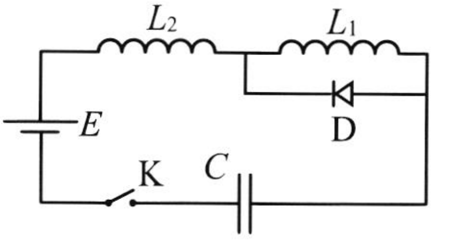
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины АВ и ВС перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром B. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру В.



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 $\sigma_1 = 3\sigma, \sigma_2 = \sigma$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/5$. 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 $L_1 = 4L$, $L_2 = 3L$, 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.

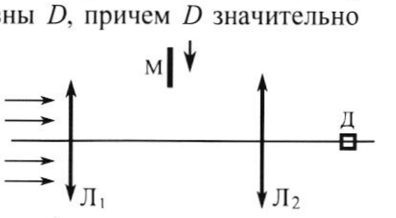


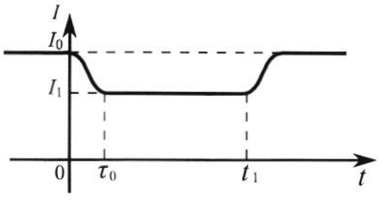
1) Найти период T этих колебаний.

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.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

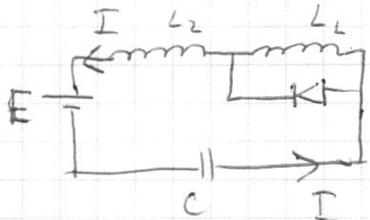
№4

По зак. коммутац. в нач. момент $U_c(0)=0$ и $I(0)=0$.

По усл. диод D идеальный (напр. открытия $U_0=0$).

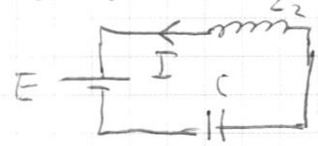
Тогда ~~при~~ если ток течёт при колебаниях

так:

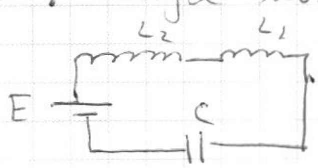


то диод открыт, и весь ток потечёт через него (т.к. для L_1 $L_1 \cdot \dot{I}_1 = 0 \Rightarrow I_1 = 0$)

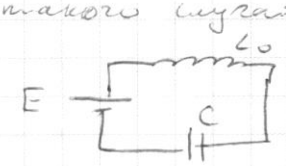
тогда для этого случ. эквивал. схема:



Если ток течёт в противоп. сторону, то диод не откроется. Тогда экв. схема для такого случая:

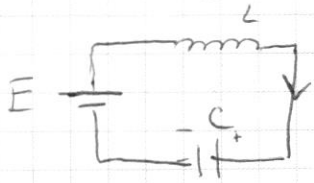


— это экв.



где $L_0 = L_1 + L_2 = 7L$

Решим задачу для катушки L и конденсатора C:



для этого контура:

$q_c = CU_c \Rightarrow \dot{q}_c = C\dot{U}_c$; т.е. $|I| = C\dot{U}_c$

$\Rightarrow |\dot{I}| = C\ddot{U}_c$

Тогда для этого контура $U_c = E - LC\ddot{U}_c$

$LC\ddot{U}_c = E - U_c$

$LC\,(U_c - E)^{\cdot\cdot} = -(U_c - E)$

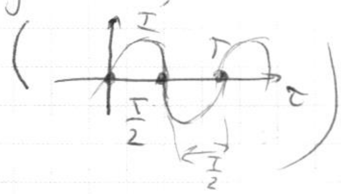
$(U_c - E)^{\cdot\cdot} = -\frac{1}{LC}(U_c - E)$

(мы написали в левой части $U_c - E$,

т.к. $E = const \Rightarrow (\ddot{U}_C - \ddot{E} = \ddot{U}_C)$

Заметим, что $(\ddot{U_C - E}) = -\frac{1}{LC}(U_C - E)$ — ур-е гармонич. колебаний. $\Rightarrow \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$; $T = 2\pi\sqrt{LC}$

Т.к. у нас в 2-х случ. разл. L, то будем считать период $T = \frac{T_1}{2} + \frac{T_2}{2}$, где T_1 и T_2 — периоды колебаний в ~~катушках~~ цепях с индуктивн. $L_0 = 7L$ и $L_2 = 3L$). Т.к. изменение тока от 0 до 0, то это как раз половина периода (



)

$T_1 = 2\pi\sqrt{7LC}$

$T_2 = 2\pi\sqrt{3LC}$

$\Rightarrow T = \pi\left(\sqrt{7LC} + \sqrt{3LC}\right)$

из ур-я гармонич. колеб. $U_C - E = U_0 \cdot \cos(\omega\tau + \varphi)$

$$U_C = U_0 \cdot \cos(\omega\tau + \varphi) + E$$

$|I| = \dot{q}_c = C\dot{U}_c = -CU_0\omega \cdot \sin(\omega\tau + \varphi)$

т.к. колебания меняются, когда ток равен 0, то

$$I(0) = -CU_0\omega\sin\varphi = 0 \Rightarrow \varphi = 0$$

$$U_c(\tau) = E + U_0 \cdot \cos(\omega\tau)$$

$$U_c(0) = 0 \Rightarrow U_0 = -E$$

$$\Rightarrow U_C = E(1 - \cos\omega\tau)$$

$$|I| = \dot{q}_c = C\dot{U}_c = CE\omega\sin\omega\tau \Rightarrow I_{max} = CE\omega$$

Тогда через L_1 $I_{M_1} = CE\frac{1}{\sqrt{7LC}} = E\sqrt{\frac{C}{7L}}$

~~чер~~ т.к. через L_1 сумм. индуктивность $L_0 = L_1 + L_2 = 7L$

для L_2: 2 варианта $I_{2_{max}} = E\sqrt{\frac{C}{7L}}$ — когда L_1 и L_2 подключены последоват.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

и $I_{2max} = E\sqrt{\frac{C}{3L}}$ – когда ток течёт в противоп. направлении и L_1 закорочена.

тогда $E\sqrt{\frac{C}{3L}} > E\sqrt{\frac{C}{7L}} \Rightarrow I_{M_2} = E\sqrt{\frac{C}{3L}}$

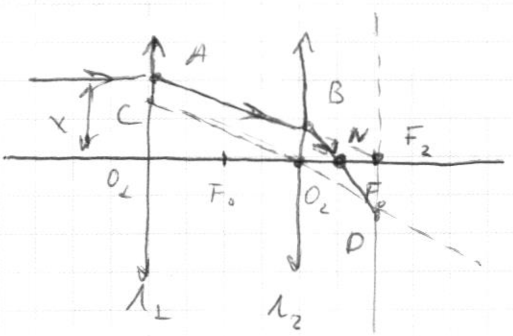
Ответ:

$$T = \pi\left(\sqrt{7LC} + \sqrt{3LC}\right)$$

$$I_{M_1} = E\sqrt{\frac{C}{7L}}$$

$$I_{M_2} = E\sqrt{\frac{C}{3L}}$$

№5



возьмём луч на расст. x от ГОО, паралл. ГОО.

Т.к. пучок параллельн., то он должен собраться в фокусе 1-ой линзы, т.е. на расст. $3F_0$ от неё.

Тогда расст. BO_2, на кот. луч падает на 2-ую линзу: $\frac{BO_2}{AO_1} = \frac{OF_2}{O_1F_2} = \frac{1}{3} \Rightarrow BO_2 = \frac{x}{3}$

Проведём через центр линзы $Л_2$ вспомогат. луч, паралл. AB. Он пройдёт не преломившись.

Т.к. $CO_2 \parallel AB$, то $AC = BO_2 = \frac{x}{3}$ (т.к. ~~пар-мм~~ ABO_2C – пар-мм)

$F_2D = BO_2$ (т.к. BO_2DF_2 – пар-мм); $F_2D = BO_2 = \frac{x}{3}$

D – точка в кот. пересекутся вспомогат. луч через O_2 и луч AB. Эта точка лежит на фокальной пл-ти.

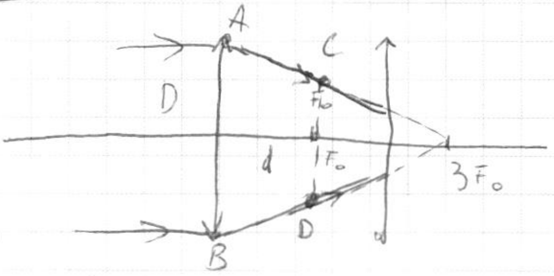
Тогда $\triangle BNO_2 \sim \triangle DNF_2$

$$\Rightarrow \frac{O_2N}{NF_2} = \frac{BO_2}{DF_2} = 1 \Rightarrow O_2N = NF_2 = \frac{F_0}{2}$$

т.е. мы получили, что независимо от расст. x изнач. луча от ГОО, луч пересекает ГОО в точке N на расст. $\frac{F_0}{2}$ от $Л_2$.

Тогда все лучи соберутся в этой точке.

Т.к. свет фокусируется на фотодетекторе, то он находится в точке N $\Rightarrow$ расст. между $Л_2$ и $Д$ равно $\frac{F_0}{2}$



Заметим, что

$I \sim P_{света}$

т.к. интенсивн. света $I_{св}$ одинак.,

то $P_{света} = I_{св} \cdot S_\Sigma \Rightarrow I \sim S_\Sigma$, где S_Σ – площадь, через кот. свет проходит.

Найдём эту площадь до закрытия. диаметр сечения, через кот. проходит свет на расст. F_0 от $Л_1$; $D_{св} = CD$

$$\text{из подобия } \frac{CD}{AB} = \frac{2F_0}{3F_0} \Rightarrow D_{св} = \frac{2}{3}D$$

Тогда его площадь $S_{св} = \frac{\pi D_{св}^2}{4} = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{4D^2}{9} = \frac{\pi D^2}{9}$

после $\tau = \tau_0$ $I(\tau) = const \Rightarrow$ мишень полностью попала в световое пятно и закрывает постоянную площадь

$$\Rightarrow \frac{I_1}{I_0} = \frac{S_{св} - S_м}{S_{св}} = 1 - \frac{S_м}{S_{св}} \qquad S_м \text{ – площ. мишени}$$

$$\frac{5}{9} = 1 - \frac{S_м}{S_{св}}; \quad \frac{S_м}{S_{св}} = \frac{4}{9}, \quad S_м = \frac{4}{9} S_{св} = \frac{4}{9} \cdot \frac{\pi D^2}{9} = \left(\frac{4}{9}\right)^2 \frac{\pi D^2}{4}$$

$S_м = \frac{\pi d^2}{4}$, d – диаметр мишени

$$\Rightarrow \frac{\pi d^2}{4} = \left(\frac{4}{9}\right)^2 \frac{\pi D^2}{4}; \quad d = \frac{4}{9}D$$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

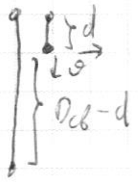
ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

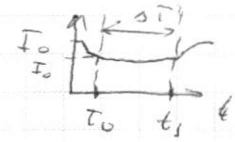
пока сила тока убывает от I_0 до I_1 линейка движ., закрывая всё бо́льшую площадь.

Тогда $\vartheta \cdot \tau_0 = d = \frac{4}{9}D \Rightarrow \vartheta = \frac{4D}{9\tau_0}$



уст. участок законч. через $\Delta\tau$: $\vartheta \cdot \Delta\tau = D_{св} - d =$

$= \frac{2}{3}D - \frac{4}{9}D = D\left(\frac{6}{9} - \frac{4}{9}\right) = \frac{2}{9}D$



$\Rightarrow \Delta\tau = \frac{\frac{2}{9}D}{\vartheta} = \frac{\frac{2}{9}D}{2\frac{4D}{9\tau_0}} = \frac{\tau_0}{2}$

$\Rightarrow t_1 = \tau_0 + \Delta\tau = \frac{3\tau_0}{2}$

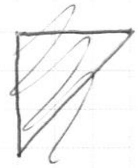
Ответ: расст. равно $\frac{F_0}{2}$

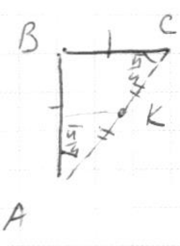
$\vartheta = \frac{4D}{9\tau_0}$

$t_1 = \frac{3\tau_0}{2}$

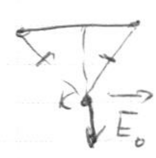
№3

для 1) т.к. $\angle = \frac{\pi}{4}$, то $BC = AB$

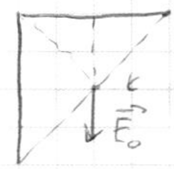




т.к. пластины бесконечные, то поле от неё направлено $\perp BC$. т.к. K – середина, то в точке K поле направлено $\perp$ ~~BC~~ каждой из пластин (т.к. симметрия)

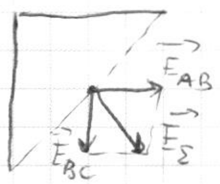


Тогда когда заряж. только BC ; $\exists E_{BC} = E_0$; $E_{AB} = 0$



Когда заряж. AB, она тоже создаёт напр. $\perp AB$ и $|\vec{E_{AB}}| = |\vec{E_{BC}}| = E_0$ (т.к. $\alpha = \frac{\pi}{4}$), т.е. все расст. и все площади равны.

тогда

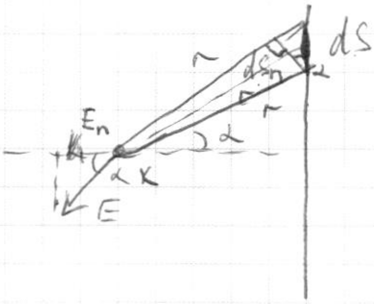


по принципу суперпоз.

$$\vec{E_\Sigma} = \vec{E_{AB}} + \vec{E_{BC}} \Rightarrow E_\Sigma = \sqrt{2} E_0$$

тогда $\frac{E_\Sigma}{E_0} = \sqrt{2}$

2) выведем ~~напр.~~ составл. напряжённости пластины, перпендик. её пов-сти в точке пространства.



т.к. $dS \to 0$, то $dE_m = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{dq}{r^2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{\sigma \cdot dS}{r^2}$

т.к. мы ищем $\perp$ составл., то

$$dE_n = dE \cdot \cos\alpha = \frac{\sigma}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{dS \cdot \cos\alpha}{r^2}$$

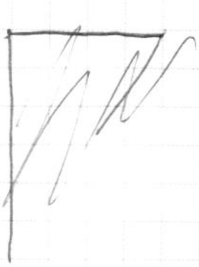
Заметим, что

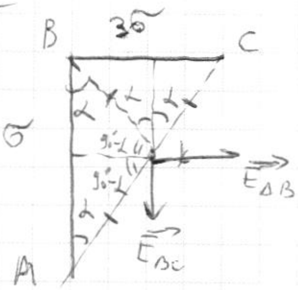
$$dS \cdot \cos\alpha = dS_n \Rightarrow dE_n = \frac{\sigma}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{dS_n}{r^2}$$

Заметим, что $\frac{dS}{r^2} = d\Omega$, где $d\Omega$ – телесный угол, под кот. видно этот участок. $\Rightarrow dE_n = \frac{\sigma}{4\pi\varepsilon_0} \cdot d\Omega$

т.к. мы ищем $\perp$-ую составл., то $E_{n\Sigma} = \frac{\sigma}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \Omega_\Sigma$.

~~Для пластины~~





Т.к. K середина, то $BK = CK = AK$

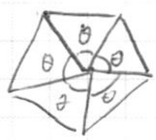
$\Rightarrow$ касат. к плоскостям составляющие уходят, и остаются только $\perp$-ые

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Тогда $E_{BC} = \frac{3\sigma}{4\pi\varepsilon_0}\Omega_{BC}$.

$$E_{AB} = \frac{\sigma}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\Omega_{AB}$$

Заметим, что если мы совместим вместе n таких плоскостей, то они суммарно дадут ~~угла~~ телесный угол 4π.



тогда $n\cdot\theta = 2\pi \to n = \frac{2\pi}{\theta}$

и $\Omega\cdot n = 4\pi \Rightarrow \Omega = \frac{4\pi}{n} = \frac{\overset{2}{\cancel{4}}\pi}{\frac{2\pi}{\theta}} = 2\theta$

для BC: $2\alpha = \frac{2\pi}{5} \Rightarrow n\cdot\frac{2\pi}{5} = 2\pi \Rightarrow n = 5$

$n\cdot\Omega = 4\pi \Rightarrow \Omega = \frac{4\pi}{5}$

$$\Rightarrow E_{BC} = \frac{3\sigma}{\cancel{4\pi}\varepsilon_0}\cdot\frac{\cancel{4\pi}}{5} = \frac{3\sigma}{5\varepsilon_0} = \frac{6\sigma}{10\varepsilon_0}$$

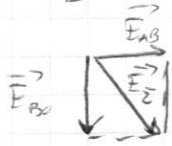
для AB: $\theta = 2\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) = \pi - 2\alpha = \pi - \frac{2\pi}{5} = \frac{3\pi}{5}$

$\frac{3\pi}{5}\cdot n = 2\pi \Rightarrow n = \frac{10}{3}$

$n\cdot\Omega_{AB} = 4\pi$; $\frac{10}{3}\cdot\Omega_{AB} = 4\pi \Rightarrow \Omega_{AB} = \frac{6\pi}{5}$

$$\Rightarrow E_{AB} = \frac{\sigma}{\underset{2}{\cancel{4\pi}}\varepsilon_0}\cdot\frac{\overset{3}{\cancel{6\pi}}}{5} = \frac{3\sigma}{10\varepsilon_0}$$

Тогда



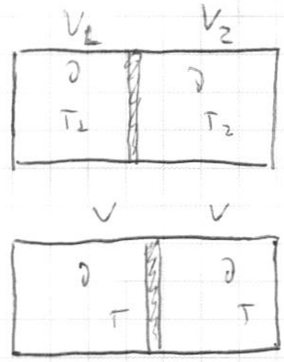
по принц. суп. $\vec{E}_{\Sigma} = \vec{E}_{AB} + \vec{E}_{BC}$

$$E_{\Sigma} = \sqrt{\left(\frac{6\sigma}{10\varepsilon_0}\right)^2 + \left(\frac{3\sigma}{10\varepsilon_0}\right)^2} = \frac{3\sigma}{10\varepsilon_0}\sqrt{2^2+1} = \frac{3\sqrt{5}\sigma}{10\varepsilon_0}$$

Ответ: $\frac{E_{\Sigma}}{E_0} = \sqrt{2}$

$E_{\Sigma_2} = \frac{3\sqrt{5}\sigma}{10\varepsilon_0}$

№2



~~В нач. момент~~

т.к. процесс происходит медленно, то в кажд. момент $p_{слева} = p_{справа}$.

в нач. момент:

$$\begin{cases} p_0 V_1 = \nu R T_1 \\ p_0 V_2 = \nu R T_2 \end{cases} \Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{350}{550} = \frac{35}{55} = \frac{7}{11}$$

~~отк~~ рассм. систему $H_2 + N_2$ + поршень. ~~Т.к. в кажд. момент давления с 2-х сторон одинак~~ Тогда силы давления на поршень и силы реакции поршня — внутренние силы.

З.С.Э.: $U_1 + U_2 = 2U_k$

$U_1 = C_V \nu T_1$; $U_2 = C_V \nu T_2$; $U_k = C_V \nu T$

$$\Rightarrow C_V \nu (T_1 + T_2) = 2 C_V \nu T \Rightarrow T = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{350K + 550K}{2} = 450K$$

По условию поршень двит. медленно, значит в кажд. момент состояние внутри установившееся. то есть в каждый момент $p_{слева} = p_{справа}$, а поршень останавливается. Тогда $W_k = 0$

Тогда З.С.Э. выполн. для ~~всех~~ промежут. сост.:

$C_V \nu T_1 + C_V \nu T_2 = C_V \nu t_1 + C_V \nu t_2$, t_1 и t_2 — темпер. водорода и азота соотв.

$$\Rightarrow t_2 = T_1 + T_2 - t_1$$

$\exists$ V_1 — объём водорода и V_0 — объём сосуда

$\cancel{V_0 = V_1 + V_2 = \frac{\nu R T_1}{p_0} + \nu R T_2}$ тогда $V_2 = V_0 - V_1$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

тогда $\begin{cases} pV_1 = \nu R t_2 & (1) \\ p(V_0 - V_1) = \nu R(T_1 + T_2 - t_1) & (2) \end{cases}$

$(2): \; pV_0 - pV_1 = \nu R(T_1 + T_2) - \nu R t_1$

$(1): \; pV_1 = \nu R t_2 \Rightarrow pV_0 = \nu R(T_1 + T_2)$

т.е. в каждый момент $p = const = \dfrac{\nu R(T_1 + T_2)}{V_0}$

Тогда процесс изобарный.

$|Q| = C_p \nu \Delta T = C_p \nu (T_{\text{уст}} - T_1) = (C_V + R)\nu\left(\dfrac{T_1 + T_2}{2} - T_1\right) =$

$= \dfrac{(C_V + R)\nu(T_2 - T_1)}{2}$ — тепло, кот. передал азот водороду. Т.к. сосуд изолирован (по з.с. $Q = A + \Delta U$)

тогда эта величина $|Q| = \dfrac{(C_V + R)\nu(T_2 - T_1)}{2} =$

$= \dfrac{\frac{7}{2} R \cdot \nu (T_2 - T_1)}{2} = \dfrac{\frac{7}{2} \cdot 8{,}31 \cdot \frac{6}{7}(550\,K - 350\,K)}{2} = 3 \cdot 8{,}31 \cdot \dfrac{200}{2}$ Дж $=$

$= 3 \cdot 831 = 2493$ Дж

Ответ: $\dfrac{V_1}{V_2} = \dfrac{7}{11}$

$T = 450\,K$

$Q = 2493$ Дж.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

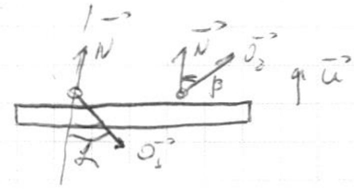
ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

~~Глава~~



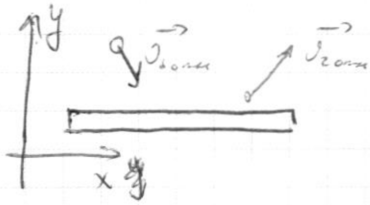
Скор. движения стенки $u \perp$ плите.

Также плита гладкая. Тогда сила реакц. плиты N, изменяющая скор. шарика при столкнов. направлена вертикально.

Тогда составляющ. по горизонтали у скорости шарика не изменяется.

$$\Rightarrow v_1 \sin\alpha = v_2 \sin\beta \Rightarrow v_2 = \frac{v_1 \sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{\frac{1}{2} v_1}{\frac{1}{3}} = \frac{3 v_1}{2} = 18 \frac{м}{с}$$

перейдём в С.О. стенки:



$\vec v_{1отн} + \vec u = \vec v_1$ $\quad Ox: v_{1отн_x} = v_{1x} = v_1 \sin\alpha$

$Oy: v_{1отн_y} = v_1 \cos\alpha + u \quad (1)$

$\vec v_{2отн} + \vec u = \vec v_2$

$Ox: v_{2отн_x} = v_{2x} = v_2 \sin\beta$

$Oy: v_{2отн_y} = v_2 \cos\beta - u \quad (2)$

т.к. удар неупругий, то

$$|v_{1отн_y}| > |v_{2отн_y}|$$

$$\cancel{v_1 \cos\alpha + u > v_2 \cos\beta - u}$$

$$\cancel{2u > v_2 \cos\beta - v_1 \cos\alpha}$$

$$\cancel{u >}$$

После удара скорость стенки и шарика одинак.

тогда $\quad v_2 \cdot \cos\beta = u \quad; u = \frac{3}{2} v_1 \cdot \cos\beta = \frac{3}{2} v_1 \cdot \frac{2\sqrt2}{3} = \sqrt2 v_1 = 12\sqrt2 \frac{м}{с}$

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Ответ: $\vartheta_2 = 18\,\frac{м}{с}$

$\cancel{\vartheta_1}$ $u = 12\sqrt{2}\,\frac{м}{с}$

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

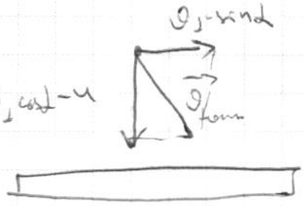
ШИФР

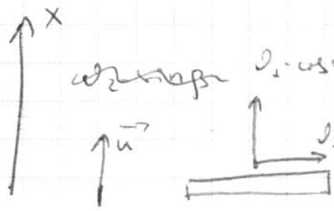
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

в с.о. ст.:

$A = p\Delta V = \nu R(T_2 - T_{уст})$ $\vartheta_1 \cos\alpha - u$





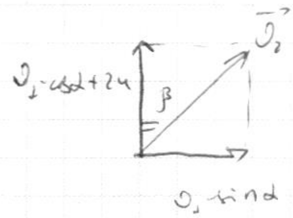
$\vartheta_2 \cos\beta$ $\vartheta_1 \cos\alpha + u$

$U_0 = C_V \nu (T_1 + T_2)$

$\frac{U_0}{C_V} - T_1 = T_2$

$-\vartheta_1 \cos\alpha = -\vartheta_{отн} + u$

$\vartheta_{отн} = u + \vartheta_1 \cos\alpha$



$\cos\beta = \frac{2\sqrt{2}}{3}$ $\quad \vartheta_2 \sin\beta = \vartheta_1 \sin\alpha; \quad \vartheta_2 \cdot \frac{1}{3} = \vartheta_1 \cdot \frac{1}{2}$

$\vartheta_2 = \frac{3}{2}\vartheta_1 = \frac{3}{2}\cdot 12 = 18$

$\cos\alpha = \frac{\sqrt{3}}{2}$

$\vartheta_2 \cos\beta = \vartheta_1 \cos\alpha + 2u$

$\frac{3}{2}\vartheta_1 \cdot \frac{2\sqrt{2}}{3} = \vartheta_1 \frac{\sqrt{3}}{2} + 2u$

$\sqrt{2}\,\vartheta_1 = \frac{\sqrt{3}}{2}\vartheta_1 + 2u; \quad 2u = \vartheta_1\left(\frac{2\sqrt{2}}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2}\right)$

$2\sqrt{2} - \sqrt{3} = \frac{8-9}{2\sqrt{2}+\sqrt{3}}$

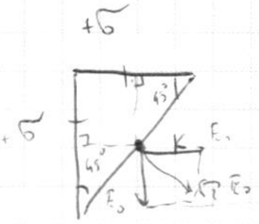
$\vartheta_{отн} = \frac{3}{2}\cdot\frac{2\sqrt{2}}{3}\vartheta_1 - u = \quad = \frac{\vartheta_1(2\sqrt{2} - \sqrt{3})}{4}$

$= \sqrt{2}\,\vartheta_1 - \frac{\sqrt{2}}{2}\vartheta_1 + \frac{\sqrt{3}}{4}\vartheta_1$

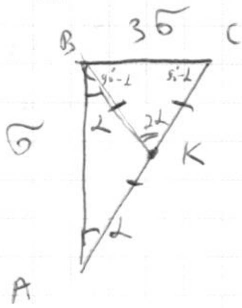
$= \frac{4\sqrt{2} - 2\sqrt{2} + \sqrt{3}}{4}\vartheta_1 = \frac{2\sqrt{2}+\sqrt{3}}{4}\vartheta_1$

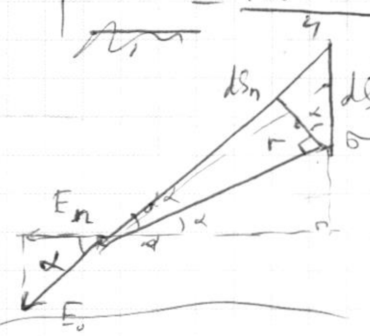
$+\sigma$

$\sqrt{2}\,E_0$



$V_2 = V_0 - V_1$





$pV_1 = \nu R T_1$

$pV_2 = \nu R T_2$

$pV_2 = \frac{U_0 R}{C_V} - pV_1$

$p(V_0 - V_1) = \frac{U_0 R}{C_V} - pV_1$

$pV_1 = \nu R T_1$

$pV_2 = \nu R\left(\frac{U_0}{C_V} - T_1\right)$

$u = \vartheta_2 \cos\beta$

$dS_n = dS\cdot\cos\alpha$

$pV_0 = \frac{U_0 R}{C_V}$

$E_0 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{\sigma\, dS}{r^2}$

$u = \frac{3}{2}\vartheta_1 \cdot \frac{2\sqrt{2}}{3} = \sqrt{2}\,\vartheta_1$

$E_n = E_0 \cos\alpha = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{\sigma\, dS}{r^2}\cdot\cos\alpha =$

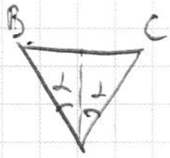
$= \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{\sigma\, dS_n}{r^2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\sigma\, d\Omega$

пл.: $E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}; \quad \Omega = 2\pi; \quad E_n = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\sigma\cdot 2\pi = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$ $\quad E_{n\Sigma} = \frac{\sigma}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\Omega_\Sigma$

$\exists\, u = \frac{2\sqrt{2} - \sqrt{3}}{4}\vartheta_1$

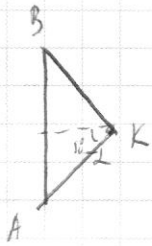
☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)



$\alpha = \frac{\pi}{5}$; $2\alpha = \frac{2\pi}{5}$

$\frac{2\pi}{5} \cdot n = 2\pi$; $n = 5 \Rightarrow \Omega_\Sigma = \frac{4\pi}{5}$

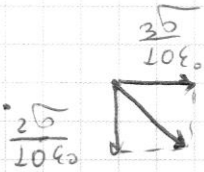


$E_{BC} = \frac{\sigma}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{4\pi}{5} = \frac{\sigma}{5\varepsilon_0}$

$\frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{5} = \frac{5\pi - 2\pi}{10} = \frac{3\pi}{10}$; $2(90° - \alpha) = \frac{6\pi}{10} = \frac{3\pi}{5}$

$\frac{3\pi}{5} \cdot n = 2\pi$; $n = \frac{10}{3}$; $\Omega_{AB} = \frac{4\pi}{\frac{10}{3}} = \frac{6\pi}{5}$

$E_{AB} = \frac{\sigma}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{6\pi}{5} = \frac{3\sigma}{10\varepsilon_0}$



$E_\Sigma = \frac{\sigma}{10\varepsilon_0}\sqrt{3^2 + 2^2} = \frac{\sqrt{13}\,\sigma}{10\varepsilon_0}$

$p_0 V_1 = \nu R T_1$

$p_0 V_2 = \nu R T_2$

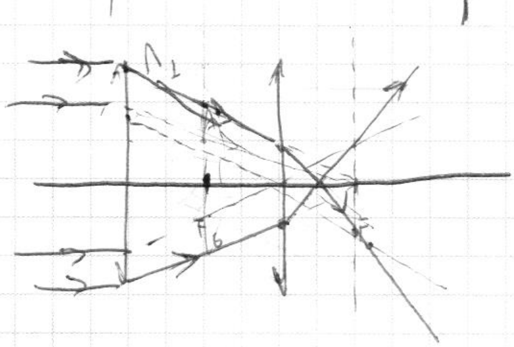
$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow V_1 = V_2 \frac{T_1}{T_2}$

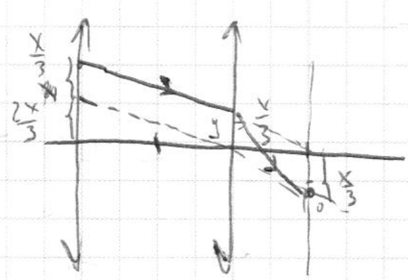
$V_0 = V_1 + V_2 = \frac{T_2 + T_1}{T_2} V_2$

$pV = \nu RT$

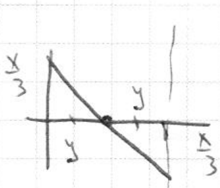
$pV = \nu RT$

p





$\frac{x}{y} = \frac{3F_0}{F_0} = 3$; $y = \frac{x}{3}$



$y = \frac{F_0}{2}$

$S \sim \frac{d}{D} = \frac{2F_0}{3F_0} \Rightarrow d = \frac{2D}{3}$

$I_A \sim P = I_{cb} \cdot S \Rightarrow I_A \sim S$

$S_\Sigma = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{4D^2}{9} = \frac{\pi D^2}{9}$

$\frac{S_{откр}}{S_\Sigma} = \frac{S_\Sigma - S_\Lambda}{S_\Sigma} = \frac{5}{9}$; $1 - \frac{S_\Lambda}{S_\Sigma} = \frac{5}{9}$; $\frac{S_\Lambda}{S_\Sigma} = \frac{4}{9}$; $S_\Lambda = \frac{4}{9} S_\Sigma =$

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

☑ 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)»

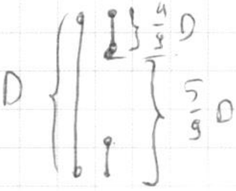
ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$S_n = \frac{\pi d_м^2}{4} = 16\frac{4^2}{9^2}\cdot\frac{\pi D^2}{4}\ ;\ d_м = \frac{4}{9}D$$

$$\vartheta = \frac{\frac{4}{9}D}{\tau_0}$$



$$t_1 = \frac{\frac{5}{9}D}{\vartheta} = \frac{\frac{5}{9}D}{\frac{\frac{4}{9}D}{\tau_0}} = \frac{5}{4}\tau_0$$

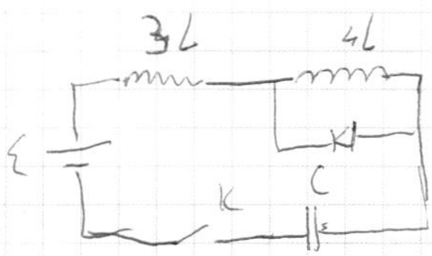
$$\vartheta_{толк} = \frac{3}{2}\vartheta_1\cdot\frac{2\sqrt{2}}{3} \ldots \sqrt{7}\vartheta_1 - u$$

$$\vartheta_{толк} = \vartheta_1\cdot\frac{\sqrt{7}}{2} + u$$

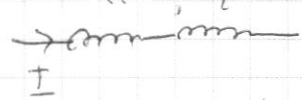
$$\vartheta_{толк} \geq \vartheta_{толк}$$

$$\frac{\sqrt{7}}{2}\vartheta_1 - u \geq \frac{\sqrt{7}}{2}\vartheta_1 + u$$

$$2u \leq \vartheta_1\left(\frac{2\sqrt{2}}{2} - \frac{\sqrt{7}}{2}\right)$$

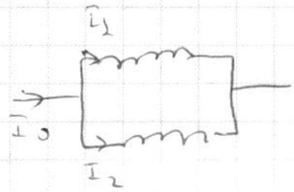


$$\varepsilon_1 = -L_1\dot{I},\ \varepsilon_2 = -L_2\dot{I}$$



$$\varepsilon_Σ = -(L_1+L_2)\dot{I}$$

$$\varepsilon_Σ = -L_0\dot{I} \Rightarrow L_1+L_2 = L_0$$



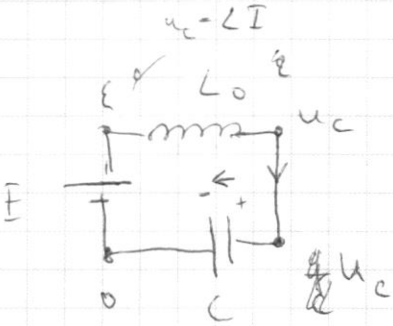
$$\varepsilon = L_1\dot{I}_1 = L_2\dot{I}_2$$

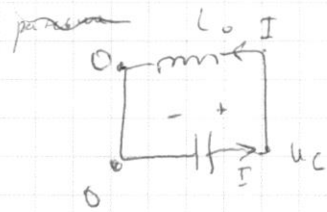
$$I_0 = I_1 + I_2 \Rightarrow \dot{I}_0 = \dot{I}_1 + \dot{I}_2 = \frac{\varepsilon}{L_1} + \frac{\varepsilon}{L_2}$$

$$L_0\dot{I}_0 = \varepsilon \Rightarrow \dot{I}_0 = \frac{\varepsilon}{L_0}\ ;\ \frac{1}{L_0} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} = \frac{L_1+L_2}{L_1L_2}$$

$$L_0 = \frac{L_1L_2}{L_1+L_2}$$

$u_c - L\dot{I}$





$$u_c = -L\dot{I}$$

$$\varepsilon = u_c - L\dot{I}$$

$$q_c = Cu_c\ ;\ I = -\dot{q}_c = -C\dot{u}_c$$

$$\dot{I} = -C\ddot{u}_c$$

$$\varepsilon = u_c + LC\ddot{u}_c$$

$$-LC\ddot{u}_c = u_c - \varepsilon$$

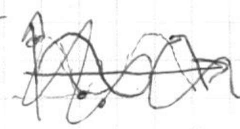
$$-LC(u_c-\varepsilon)^{\cdot\cdot} = (u_c-\varepsilon)\ ;\qquad (u_c-\varepsilon)^{\cdot\cdot} = -\frac{1}{LC}(u_c-\varepsilon)$$

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

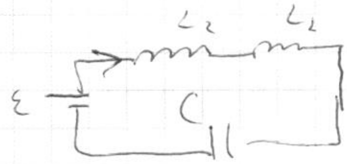
Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

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

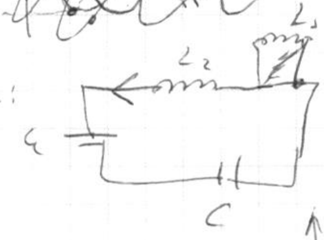
I



в одну стор.:

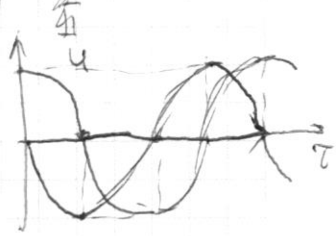


в др.:



$T = \pi\sqrt{7LC} + \pi\sqrt{3LC}$

$\mathcal{E} + U_C - max$



$\cancel{(\mathcal{E}-\ddot{U}_C) = -(-(\mathcal{E}-U_C))\cdot\frac{1}{LC}}$

$\cancel{(\mathcal{E}-\ddot{U}_C) = -(\mathcal{E}-U_C)\cdot\frac{1}{\sqrt{LC}}}$; $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

$\cancel{\mathcal{E}-U_C = A\cdot\cos(\omega\tau+\varphi)}$

$\mathcal{E}L + u$

$(\ddot{U}_C - \mathcal{E}) = -(U_C - \mathcal{E})\cdot\frac{1}{LC}$

$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

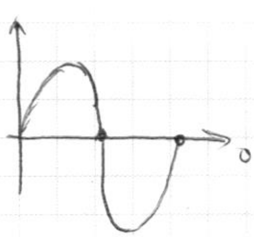
$U_C - \mathcal{E} = A\cdot\cos(\omega\tau+\varphi)$; $U_C = \mathcal{E} + A\cdot\cos(\omega\tau+\varphi)$

в н.у.: $0 = \mathcal{E} + A\cdot\cos\varphi$

$q = C\mathcal{E} + CA\cdot\cos(\omega\tau+\varphi) \Rightarrow \dot{q} = -CA\omega\cdot\sin(\omega\tau+\varphi)$

$\dot{q}_C(0) = -CA\omega\cdot\sin\varphi = 0 \Rightarrow \varphi = 0$

$-\mathcal{E} = A$



$\dot{q}_C = C\mathcal{E}\omega\cdot\sin\omega\tau$

$\Rightarrow I_{M_1 max} = C\mathcal{E}\cdot\frac{1}{\sqrt{7LC}} - \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{7L}}$

$U_C = \mathcal{E} - L\frac{dU_C}{d\tau}$

$I_{M_2 max} = max\left(\mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{7L}};\ \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{3L}}\right) =$

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

$\frac{1}{3}\vartheta_2 = \frac{1}{2}\vartheta_1$; $\vartheta_2 = \frac{3}{2}\vartheta_1$

$\vartheta_2\cdot\cos\beta = \vartheta_1\cdot\cos\alpha + 2u$

$\frac{\sqrt{8}}{3}\cdot\frac{3}{2}\vartheta_1 = \vartheta_1\cdot\frac{\sqrt{3}}{2} + 2u$

$\sqrt{2}\,\vartheta_1 = \frac{\sqrt{3}}{2}\vartheta_1 + 2u$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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