98-99-99-42
(178.3)

Олимпиада ПВГ
2016

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 6

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников „Покори Воробьевы горы"

по Физике

Васюковой Марии Николаевны

фамилия, имя, отчество (в родительном падеже)

Дата

«22» марта 2016 года

Подпись участника

Васюкова

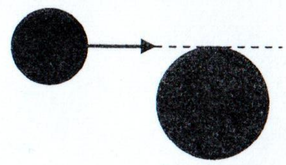
98-99-99-42
(178.3)

ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «ПОКОРИ ВОРОБЬЕВЫ ГОРЫ!» по ФИЗИКЕ
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ (ФИНАЛЬНЫЙ) ЭТАП 2016 года
БИЛЕТ № 06 (10-11 классы)

Задание 1:

Вопрос: Гладкая шайба, скользящая по горизонтальной поверхности, столкнулась с такой же (по размеру и массе) покоящейся шайбой. Вектор ее скорости в результате удара повернулся на $30°$. Под каким углом к направлению движения налетающей шайбы направлен вектор скорости другой шайбы после удара?

Задача: Гладкая цилиндрическая шайба покоится на гладкой горизонтальной поверхности. В нее врезается шайба, изготовленная из того же материала, той же высоты, радиус которой в $n = 1{,}5$ раза меньше, чем у покоящейся. Линия движения центра налетающей шайбы касается боковой поверхности покоящейся. Под какими углами к направлению движения налетающей шайбы будут двигаться шайбы после упругого удара?



Задание 2:

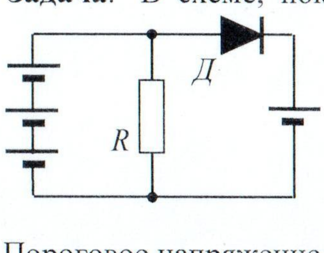
Вопрос: Как выглядит диаграмма изобарного процесса над одноатомным идеальным газом в координатах $A - U$ («совершенная газом работа – внутренняя энергия»), выходящая из точки (A_0, U_0)?

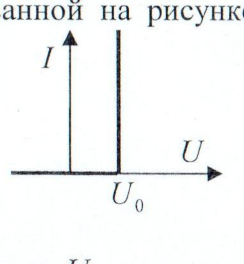
Задача: Давление одного моля одноатомного идеального газа изохорически изменили от начального до некоторого значения. Затем изобарически уменьшили объем газа в $n = 3$ раза. После этого газ изохорически перевели в конечное состояние. Зная, что температура газа в конечном состоянии в $k = 1{,}2$ раза превышает его температуру в начальном состоянии и что полное количество теплоты, которым обменялся газ с внешними телами, равно нулю, найти отношение максимального давления газа к минимальному в этом процессе.

Задание 3:

Вопрос: Резистор и идеальный диод соединены последовательно и подключены к полюсам источника, величина напряжения которого остается постоянной, а полярность изменяется на противоположную каждую секунду. Как изменится тепло, выделяющееся в резисторе за 10 секунд, если его с тем же диодом подключить к полюсам этого источника параллельно?

Задача: В схеме, показанной на рисунке слева, диод $Д$ не является идеальным – его вольтамперная характеристика показана на рисунке справа. Все источники одинаковы, их внутреннее сопротивление равно r, а сопротивление резистора $R = 2r$. Найдите зависимость мощности тепловыделения в резисторе от величины ЭДС источников. Пороговое напряжение диода U_0 считать известным.





Задание 4:

Вопрос: Чему может быть равно увеличение (отношение размера изображения к размеру предмета), даваемое тонкой рассеивающей линзой?

Задача: Точечный источник света размещен на главной оптической оси тонкой рассеивающей линзы. Расстояние между источником и его изображением равно L_1. Если передвинуть источник в точку, где находится его изображение, то изображение сместится в ту же сторону на расстояние L_2. Найти оптическую силу линзы (напомним, что у рассеивающей линзы она считается отрицательной).

98-99-99-42
(178.3)

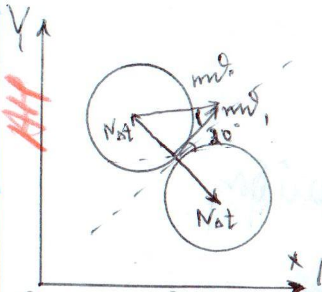
Чистовик

Задание 1.

Вопрос: Во время соударения на шайбы действует только сила реакции опоры N. Эта сила перпендикулярна касательной к этим шайбам, следовательно, направлена к их центрам. Следовательно, на обе шайбы действует импульс $N\Delta t$. Пусть масса шайб m, ϑ_0 - начальная скорость шайбы, ϑ_1, ϑ_2 - конечные скорости шайб.

Для покоящейся шайбы: $\vec{N}\Delta t + m\vec{\vartheta}_2 = 0$

Для налетающей: $\vec{N}\Delta t + m\vec{\vartheta}_1 = m\vec{\vartheta}_0$ } закон сохранение импульса



$$\begin{cases} N\Delta t = m\vartheta_2 & (1) \\ m\vartheta_0 = m\vartheta_1\cos 30^\circ + N\Delta t\cdot\cos\varphi & (2) \end{cases}$$ - на ось OX.

где φ - угол между начальным направлением налетающей шайбы и скоростью второй шайбы.

В проекции на OY: $m\vartheta_2\sin\varphi = m\vartheta_1\sin 30^\circ \Rightarrow$

$$\vartheta_2 = \frac{\vartheta_1}{2\sin\varphi} \quad (3)$$

Подставим (1) и (3) в (2):

$$\vartheta_0 = \vartheta_1\frac{\sqrt3}{2} + \frac{\vartheta_1\cdot\cos\varphi}{2\sin\varphi} = \frac{\vartheta_1}{2}\left(\sqrt3 + \operatorname{ctg}\varphi\right) \quad (4)$$

Из закона сохранение энергии: $\frac{m\vartheta_0^2}{2} = \frac{m\vartheta_1^2}{2} + \frac{m\vartheta_2^2}{2}$
(удар абсолютно упругий)

С учётом (4): $\frac{\vartheta_1^2}{4}\left(\sqrt3+\operatorname{ctg}\varphi\right)^2 = \vartheta_1^2 + \frac{\vartheta_1^2}{4\sin^2\varphi}$

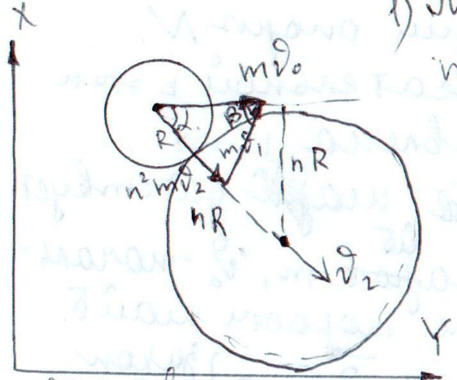
$$3 + 2\sqrt3\frac{\cos\varphi}{\sin\varphi} + \frac{\cos^2\varphi}{\sin^2\varphi} = 4 + \frac{1}{\sin^2\varphi}$$

$$2\sqrt3\frac{\cos\varphi}{\sin\varphi} = 1 + \frac{1-\cos^2\varphi}{\sin^2\varphi} \Leftrightarrow \frac{2\sqrt3\cos\varphi}{\sin\varphi} = 2 \Rightarrow \operatorname{tg}\varphi = \frac{1}{\sqrt3}$$

$\varphi = 30°$.

Ответ: $30°$

Задача.



1) Пусть радиус меньшей ~~сферы~~ шайбы R, тогда большая ~~сфера~~ шайба имеет радиус nR. Так как начальный импульс большей шайбы был 0, то её скорость будет направлена по радиусу. Тогда угол между её направлением и начальным направлением меньшей шайбы – α. Из прямоугольного треугольника: $\sin\alpha = \frac{nR}{R+nR} = \frac{n}{1+n} = \frac{1,5}{2,5} = \frac{3}{5}$

$(\cos\alpha = \frac{4}{5})$.

2) $m = h\pi R^2\rho$ – масса меньшей шайбы

$M = h\pi(nR)^2\rho = n^2 m$ – масса большей шайбы

3) $\begin{cases} \frac{m\vartheta_0^2}{2} = \frac{m\vartheta_1^2}{2} + \frac{n^2 m\vartheta_2^2}{2} & \text{– закон сохранения энергии} \\ m\vartheta_0 = m\vartheta_1\cos\beta + n^2 m\vartheta_2\cos\alpha & \text{– ось OY} \\ m\vartheta_1\sin\beta = n^2 m\vartheta_2\sin\alpha & \text{– ось OX} \end{cases}$ } закон сохранения импульса

$$\begin{cases} \vartheta_1\sin\beta = n^2\vartheta_2\frac{3}{5} \\ \vartheta_0 = \vartheta_1\cos\beta + n^2\vartheta_2\cdot\frac{4}{5} \\ \vartheta_0^2 = \vartheta_1^2 + n^2\vartheta_2^2 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{matrix}(1)\\(2)\\ \\(3)\end{matrix}\begin{cases} \vartheta_2 = \frac{5\vartheta_1\sin\beta}{n^2 3} \\ \vartheta_0^2 = \vartheta_1^2\cos^2\beta + \frac{8}{25}\vartheta_1\vartheta_2\cos\beta n^2 + n^4\vartheta_2^2\frac{16}{25} \\ \vartheta_0^2 = \vartheta_1^2 + n\vartheta_2^2 \end{cases}$$

Приравниваем (2) и (3), и подставляем (1)

$$\vartheta_1^2\cos^2\beta + \frac{8}{25}\vartheta_1^2\frac{5\sin\beta\cdot\cos\beta n^2}{3n^2} + n^4\vartheta_1^2\frac{16\cdot 25\sin^2\beta}{25\cdot n^4\cdot 9} = \vartheta_1^2 + \frac{n^2 25\vartheta_1^2\sin^2\beta}{n^4 9}$$

$$\frac{8}{3}\sin\beta\cos\beta + \frac{16}{9}\sin^2\beta = \sin^2\beta + \frac{25}{9}\sin^2\beta$$

$$\frac{8}{3}\cos\beta = 2\sin\beta \Rightarrow \operatorname{tg}\beta = \frac{4}{3} \Leftrightarrow \sin\beta = \frac{4}{5}.$$

Ответ: налетающий: $\alpha = \arcsin\frac{n}{n+1} = \arcsin\frac{3}{5}$.

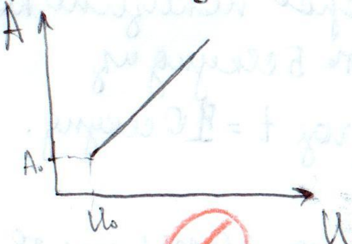
покоящаяся: $\beta = \frac{\pi}{2} - \arcsin\frac{n}{n+1} = \arcsin\frac{4}{5}$.

Задание 2.

Вопрос:

Адиабатический процесс — это процесс, в котором количество теплоты отданное или принятое телом равно нулю: $Q = A + \Delta U = 0 \Rightarrow A = -\Delta U$. или

$$A = |\Delta U|$$



В адиабатическом процессе $pV^{\gamma} = const$, где γ — показатель адиабаты

Задача.

1) Газ совершал работу только только в ~~оди~~ изобарическом процессе. Пусть его давление p_2, а объём меняется от nV до V. Тогда $|A| = p_2(nV - V) = p_2V(n-1)$

2) Пусть в начальном состоянии температура газа T_1, давление p_1 и объём nV; в конечном: T_3, p_3, V.

Уравнение состояния идеального газа:

$$\begin{cases} p_1 nV = T_1 R \\ p_3 V = T_3 R \end{cases}$$, где $T_3 = kT_1$ по условию. Тогда

$(p_3 > p_1)$

$$\frac{p_1 n}{T_1} = \frac{p_3}{T_3} \Leftrightarrow \frac{p_1}{p_3} = \frac{T_1}{nT_3} = \frac{1}{n\cdot k} = \frac{1}{1{,}2\cdot 3} = \frac{1}{3{,}6} \Rightarrow p_3 = p_1 nk$$

3) Изменение внутренней энергии газа за цикл:

$$\Delta U = \frac{3}{2}R(T_3 - T_1) = \frac{3}{2}\left[p_3V - np_1V\right] = V\cdot\frac{3}{2}\left[p_3 - np_1\right] =$$

$= V\frac{3}{2}p_1 n(k-1)$. По условию $Q = 0$, тогда $|A| = \Delta U$

$$p_2V(n-1) = \frac{3}{2}p_1Vn(k-1) \Leftrightarrow p_2 = \frac{3n(k-1)}{2(n-1)}p_1 = \frac{3\cdot 3\cdot 0{,}2}{2\cdot 2}p_1$$

$p_2 = 0{,}45p_1 \Rightarrow p_2 < p_1$. Значит $p_{max} = p_3$, $p_{min} = p_2$

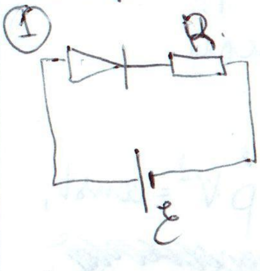
$$\frac{p_{max}}{p_{min}} = \frac{p_3}{p_2} = \frac{p_1 \cancel{\nu} k \cdot 2(n-1)}{3\cancel{\nu}(k-1)p_1} = \frac{2k(n-1)}{3(k-1)} = \frac{2 \cdot 1{,}2 \cdot 2}{3 \cdot 0{,}2} = 8$$

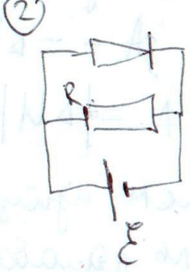
Ответ: $\frac{2k(n-1)}{3(k-1)} = 8$ ⊗

Задание 3

Вопрос: В первом случае ток через резистор будет идти только при таком подключении, которое показано на рисунке ①. То есть 5 секунд из 10. $Q_1 = \frac{\mathcal{E}^2}{R} \cdot \frac{t}{2}$, где $t = 10$ секунд.

① ②

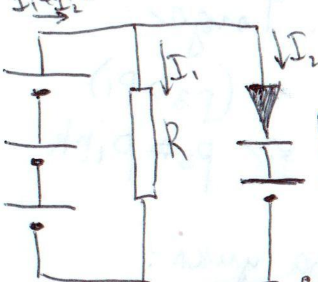




Во втором случае, если диод будет заперт, то через резистор будет течь ток; если резистор будет открыт, то ток через резистор не потечёт. Значит тепло будет выделяться также: 5 секунд из 10. И $Q_2 = \frac{\mathcal{E}^2}{R} \frac{t}{2}$. $\frac{Q_1}{Q_2} = 1$, но при этом тепло будет выделяться при разных состояниях диода. В первом случае – когда он открыт, во втором – когда заперт.

5

Задача.



1) Пусть диод пропускает ток. Напряжение на диоде U_0. По закону Кирхгофа:

$$\begin{cases} 3\mathcal{E} - \mathcal{E} = 3r(I_1 + I_2) + U_0 + rI_2 \\ 3\mathcal{E} = (I_1 + I_2)r + I_1 R, \text{ где } R = 2r \end{cases}$$

$$\begin{cases} 2\mathcal{E} - U_0 = 4I_2 r + I_1 3r \\ 3\mathcal{E} = 5I_1 r + 3I_2 r. \end{cases}$$

$$3\mathcal{E} - 5I_1 r = \left(\frac{2\mathcal{E} - U_0 - I_1 3r}{4}\right) 3$$

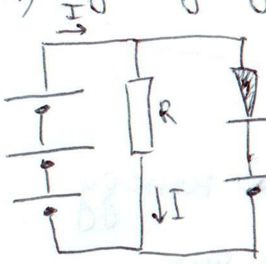
$$12\mathcal{E} - 20I_1 r = 6\mathcal{E} - 3U_0 - 9I_1 r$$

$$6\mathcal{E} + 3U_0 = 11I_1 r \Rightarrow I_1 = \frac{6\mathcal{E} + 3U_0}{11r}$$

Источник

$$P_1 = \left(\frac{6\mathcal{E} + 3U_0}{11r}\right)^2 \cdot 2r = \frac{(6\mathcal{E}+3U_0)^2 \cdot 2}{121 r}$$

2) Пусть диод заперт.



По закону Кирхгофа:

$3\mathcal{E} = I(R+3r) = I \cdot 5r \Rightarrow I = \frac{3\mathcal{E}}{5r}$; $R = \frac{98\mathcal{E}}{25r}$

Пусть напряжение на диоде U, тогда: $3\mathcal{E} - \mathcal{E} = U + I \cdot 3r \Leftrightarrow$

$2\mathcal{E} = U + \frac{9}{5}\mathcal{E} \Rightarrow U = \frac{10-9}{5}\mathcal{E} = \frac{\mathcal{E}}{5} \leq U_0$.

То есть диод заперт при $\mathcal{E} \leq 5U_0$.

Ответ: $\begin{cases} \frac{18\mathcal{E}^2}{25r}, & \mathcal{E} \leq 5U_0 \\ \frac{2(6\mathcal{E}+3U_0)^2}{121r}, & \mathcal{E} \geq 5U_0 \end{cases}$

20

Задание 4.

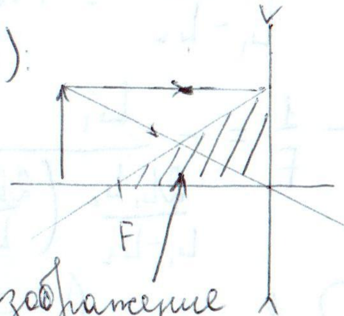
Вопрос

Изображение в рассеивающей линзе всегда уменьшенное.

По формуле тонкой линзы (рассеивающей):

$\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = -\frac{1}{F} \quad | \cdot d \Leftrightarrow 1 - \frac{d}{f} = -\frac{d}{F}$

$\frac{1}{\Gamma} = \frac{F-d}{F} \Rightarrow \Gamma = \frac{F}{F-d}$, где



F - фокусное расстояние линзы (по модулю), d - расстояние от предмета до линзы.

нет отв. на вопрос

3

Задача.

Пусть $D = -\frac{1}{F}$ - оптическая сила линзы, d - расстояние от предмета до линзы, тогда $f = d - L_1$ -

расстояние от изображения до линзы.

По формуле тонкой линзы:

$$\frac{1}{d}-\frac{1}{f}=-\frac{1}{F} \Leftrightarrow \frac{1}{L_1+f}-\frac{1}{f}=-\frac{1}{F} \Leftrightarrow$$

$$\frac{f-L_1-f}{f(L_1+f)}=-\frac{1}{F}=-\frac{L_1}{f(L_1+f)} \quad (1)$$

После передвижения предмета, расстояние между ним и линзой стало f. Тогда расстояние от линзы до изображение стало $f-L_2$, так как изображение сместилось в ту же сторону (В рассеивающей линзе изображение всегда располагается к линзе ближе, чем предмет)

$$\frac{1}{f}-\frac{1}{f-L_2}=-\frac{1}{F} \Leftrightarrow \frac{f-L_2-f}{f(f-L_2)}=-\frac{1}{F}=\frac{-L_2}{f(f-L_2)} \quad (2)$$

$$(1)=(2):\ \frac{L_1}{f(L_1+f)}=\frac{L_2}{f(f-L_2)} \Leftrightarrow L_1f-L_1L_2=L_1L_2+fL_2$$

$$(L_1-L_2)f=L_1L_2\cdot 2$$

$$f=\frac{2L_1L_2}{L_1-L_2}$$. Подставляем в (1)

$$-\frac{1}{F}=-\frac{\cancel{L_1}}{\frac{2L_1L_2}{L_1-L_2}\left(\frac{2\cancel{L_1}L_2}{L_1-L_2}+\cancel{L_1}\right)}=\frac{-(L_1-L_2)^2}{2L_1L_2(L_1+L_2)}=D$$

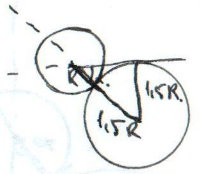
Ответ: $-\dfrac{(L_1-L_2)^2}{2L_1L_2(L_1+L_2)}$

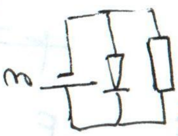
20

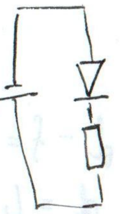
98-99-99-42
(178.3)

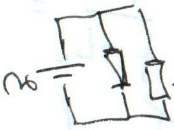
Черновик.

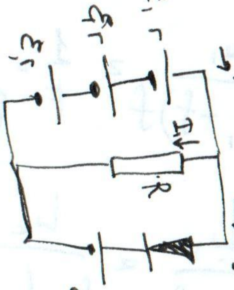
$\sin\alpha = \frac{1,5}{2,5} = \frac{3}{5}$.











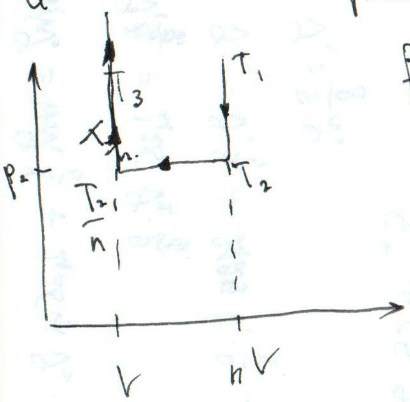
V-const

p-const $\frac{V_2}{V_1} = n = 3$

V-const $\frac{T_3}{T_1} = k = 1,2$

$\frac{p_{max}}{p_{min}}$ - ?

Q = 0.



$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$

$\frac{p_1 3V}{T_{n1}} = \frac{p_3 V}{T_{1,2}}$

$p_1 = \frac{p_3}{3,6}$

$A = p_2(n-1)V$

$\Delta U = \frac{3}{2}RT(k-1)$

$p_2(n-1)V = \frac{3}{2}RT_1(k-1)$

~~$p_2 nV - p_2 V = \frac{3}{2}p_3 V - \frac{3}{2}p$~~

$RT_2 - \frac{RT_2}{n} = \frac{3}{2}RT_1(k-1)$

$T_2\left(1 - \frac{1}{n}\right) = \frac{3}{2}T_1(k-1)$

$\frac{T_2}{T_1} = \frac{3 \cdot 0,1 \cdot 3}{2 \cdot 2} = \frac{0,9}{2} = 0,45$

$T_2 = 0,45T_1$ $T_3 = 1,2T_1$

$T_2 = \frac{0,45}{1,2}T_3$

$T_2 = \frac{3}{2}\frac{T_1(k-1)n}{(n-1)}$

$p_2 V = \frac{T_2}{n}R$

$p_3 V = RT_3$

$\frac{p_2}{p_3} = \frac{T_2}{nT_3}$

$\frac{p_2}{p_3} = \frac{3(k-1)}{2(n-1)k} = \frac{3 \cdot 0,1}{2 \cdot 2 \cdot 1,2 \cdot 4}$

$\frac{p_3}{p_2} = 8$

$3 + 8$

$\frac{9 \cdot 0,1}{2}$ $0,45$

$Q = \frac{\varepsilon^2}{R}t$

$I = \frac{\varepsilon}{R}$

при $\varepsilon \geq \frac{U_0}{2}$

$3\varepsilon = (I_1 + I_2)3r + I_1 R$

$3\varepsilon - \varepsilon = (I_1 + I_2)3r + I_2 r$

$2\varepsilon = 3I_1 r + 4I_2 r$

$I_2 = \frac{2\varepsilon - 3I_1 r}{4r}$

$3\varepsilon - \varepsilon = U = 2\varepsilon \geq U_0$

$I_2 = \frac{2\varepsilon - U_0 - 3I_1 r}{4r}$

$3\varepsilon = I_1(3r + R) + \frac{3}{4}(2\varepsilon - 3I_1 r)$

$3\varepsilon = 3I_1 r + I_1 R + \frac{3}{2}\varepsilon - \frac{9}{4}I_1 r$

$\frac{3}{2}\varepsilon = \left(\frac{3}{4}r + R\right)I_1$

$I_1 = \frac{3\varepsilon \cdot 2}{3r + 4R}$

$\boxed{P = I_1^2 R = \frac{36\varepsilon^2 R}{(3r + 4R)^2}} = \frac{36\varepsilon^2}{121 r}$

$\frac{12 - 9}{4} = \frac{3}{4}$

$\varepsilon < \frac{U_0}{2}$

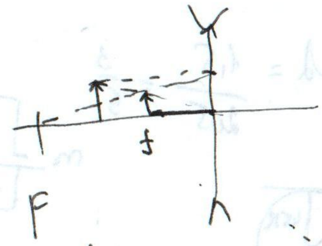
$I = \frac{\varepsilon}{R + 3r}$

$P = \frac{\varepsilon^2 R}{(R + 3r)^2} = \frac{\varepsilon^2}{25r}$

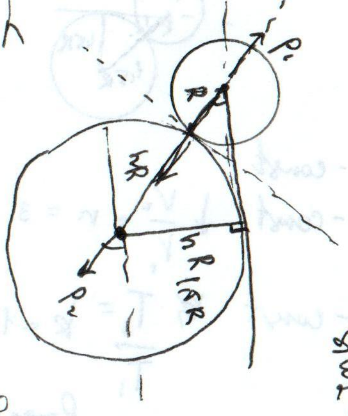
ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

$L_1 \quad L_2$

$$\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = -\frac{1}{F} \qquad d - f = L_1 \qquad d = L_1 + f$$



$$\frac{1}{L_1+f} - \frac{1}{f} = -\frac{1}{F} \qquad \frac{1}{f} - \frac{1}{f-L_2} = -\frac{1}{F}$$



$$\frac{\cancel{f} - L_1 - \cancel{f}}{(L_1+f)f} = -\frac{1}{F} \qquad \frac{\cancel{f} - L_2 - \cancel{f}}{f(f-L_2)} = -\frac{1}{F}$$

$$\frac{L_1}{(L_1+f)f} = \frac{1}{F} = \frac{L_2}{f(f-L_2)} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{L_1}{L_1+f} = \frac{L_2}{f-L_2}$$

$$L_1 f - L_1 L_2 = L_2 L_1 + f L_2$$

$$f(L_1 - L_2) = 2 L_1 L_2$$

$$f = \frac{2L_1 L_2}{L_1 - L_2} \qquad L_1 + \frac{2L_1L_2}{L_1 - L_2} = \frac{L_1^2 + 2L_1L_2}{L_1 - L_2} = \frac{L_1(L_1+L_2)}{L_1 - L_2}$$

$$\frac{L_1 - L_2}{L_1(L_1+L_2)} - \frac{L_1 - L_2}{2L_1 L_2} = -\frac{1}{F}$$

$$\frac{(L_1 - L_2)}{L_1}\left[\frac{1}{L_1+L_2} - \frac{1}{2L_2}\right] =$$

$$= \frac{(L_1 - L_2)}{L_1}\left[\frac{2L_2 - L_1 - L_2}{2L_2(L_1+L_2)}\right] =$$

$$= \frac{(L_1 - L_2)^2}{2L_2(L_1+L_2)} = -\frac{1}{F} = D$$

$$m = \rho h \cdot \pi R^2$$

$$m_1 = m \qquad m_2 = 2{,}25\, m$$

$$m\upsilon_0^2 = m\upsilon_1^2 + m\upsilon_2^2 \cdot 2{,}25$$

$$\upsilon_1 \cos\alpha = \upsilon_2 \cos\beta \cdot 2{,}25$$

$$m\upsilon_0 = m\upsilon_1 \sin\alpha + m\upsilon_2 \sin\beta \cdot 2{,}25$$

$$\cos\alpha = \frac{\upsilon_2}{\upsilon_1}\cos\beta \cdot 2{,}25 \qquad \sin\alpha = \frac{\upsilon_0 - 2{,}25\,\upsilon_2 \sin\beta}{\upsilon_1}$$

$$\upsilon_1 = \frac{5}{8}\upsilon_0 \qquad \upsilon_2 = \frac{5}{4}\,\frac{\upsilon_0}{4{,}5}$$

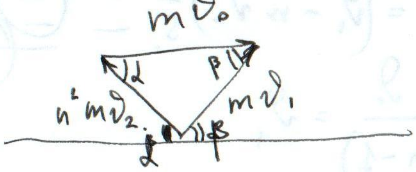
$$\vartheta_0^2 = \vartheta_1^2 + \frac{25\vartheta_1^2\sin^2\beta}{9\cdot n^2} = \frac{\vartheta_1^2}{9n^2}\left(9n^2+25\sin^2\beta\right)$$

$\cos\alpha = \frac{4}{5}$

$\sin\alpha = \frac{3}{5}$

$$\begin{cases} \vartheta_1\cdot\sin\beta = n^2\vartheta_2\frac{3}{5} \\ \vartheta_0 = \vartheta_1\cos\beta + \vartheta_2\frac{4}{5}n^2 \\ \vartheta_0^2 = \vartheta_1^2 + n^2\vartheta_2^2 \end{cases}$$

$$\vartheta_2 = \frac{5\vartheta_1\sin\beta}{3n^2}$$



$$\vartheta_1^2 + n^2\vartheta_2^2 = \vartheta_1^2\cos^2\beta + 2\vartheta_1\vartheta_2\cos\beta\frac{4}{5}n^2 + \vartheta_2^2\cdot\frac{16}{25}n^4$$

$$\vartheta_1^2 + \frac{25}{9}\frac{\vartheta_1^2\sin^2\beta}{n^2} = \vartheta_1^2\cos^2\beta + 2\vartheta_1\frac{\sin\beta}{3}\cos\beta\,4 + \frac{\vartheta_1^2\sin^2\beta\cdot16}{9}$$

$$1 + \frac{25}{9}\frac{\sin^2\beta}{n^2} = \cos^2\beta + \frac{8}{3}\sin\beta\cdot\cos\beta + \frac{16}{9}\sin^2\beta\, n^2$$

$$n^2\vartheta_2\frac{3}{5} = \vartheta_1\sin\beta. \qquad \boxed{\vartheta_2 = \frac{\vartheta_1\sin\beta\cdot5}{n^2\cdot3}}$$

$$\vartheta_1^2\cos^2\beta + \frac{8}{5}\vartheta_1\vartheta_2\cos\beta\, n^2 + \vartheta_2^2\frac{16}{25}n^2 = \vartheta_1^2 + n^2\vartheta_2^2$$

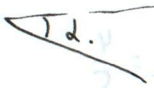
$$\frac{8}{3}\sin\beta\cos\beta + \frac{\sin^2\beta}{n^2}\cdot\frac{16}{9} = \sin^2\beta + \frac{\sin^2\beta\,25}{9n^2}$$

$$\frac{8}{3}\cos\beta + \cancel{\frac{16}{9}\frac{\sin^2\beta}{n^2}} = \sin\beta + \frac{25}{9}\frac{\sin\beta}{n^2} + \frac{\sin\beta}{n^2}$$

$$\frac{8}{3}\cos\beta = \sin\beta\left(\frac{n^2+1}{n^2}\right) \qquad \operatorname{tg}\beta = \frac{n^2 8}{3(n^2+1)}$$

$$\frac{8}{3}\cos\beta = \frac{25}{9}\frac{\sin\beta}{n^2} - \frac{7}{9}\sin\beta =$$

$\sin\beta.$



$\cancel{m\vartheta_1 \sin\alpha = n^2 m \vartheta_2 \sin\beta}$

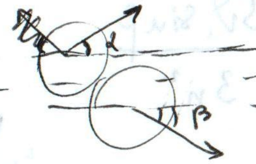
$m\vartheta_0 = m_1\vartheta_1\cos\alpha$

$N_\Delta t = n^2\vartheta_2 m$

$\cancel{m} n^2 \vartheta_2 \frac{4}{5} = \vartheta_1 \sin\alpha\, m$

$\vartheta_1 = n\vartheta_2$

$\vartheta_0 = (\vartheta_1 - n\vartheta_2)\frac{3}{5}$

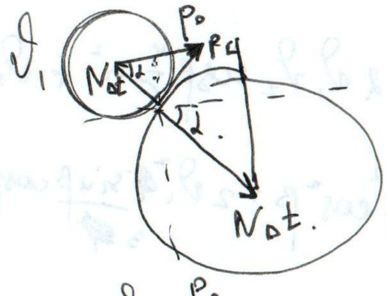


$(m\vartheta_0)^2 + (n^2 m\vartheta_2)^2 - 2m\vartheta_0 n^2\vartheta_2\frac{4}{5} = (m\vartheta_1)^2$

$\frac{5\vartheta_0}{3(n-1)} = \vartheta_1$

$\vartheta_2 = \frac{5\vartheta_0}{3n(n-1)}$

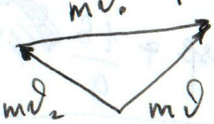
$\vartheta_1 = \frac{n^2\frac{4}{5}\vartheta_2}{\sin\alpha}$

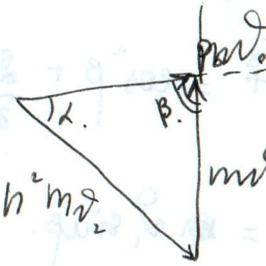


$\vartheta_2 = \frac{\vartheta_1\sin\alpha\, 5}{4n^2}$

$\sin\alpha = \frac{3}{5}$

$\cos\alpha = \frac{4}{5}$





$\frac{m\vartheta_1}{\sin\alpha} = \frac{n^2 m\vartheta_2}{\sin\beta}$

$\cancel{m\vartheta_0 = n^2 m\vartheta_2\frac{4}{5} + m\vartheta_1\cos\beta}$

$\cancel{\frac{\vartheta_1}{\sin\alpha} = \frac{n^2\vartheta_1\sin\alpha\, 5}{4n^4\sin\beta}}$

$\cancel{\vartheta_0^2 = n^2\vartheta_1^2 - \cos\beta = (n^2 m\vartheta_2)^2 - (m\vartheta_0)^2}$

$m\vartheta_0^2 = m\vartheta_1^2 + mn^2\vartheta_2^2$

$\boxed{\vartheta_0^2 = \vartheta_1^2 + n^2\vartheta_2^2}$

$\frac{3}{5}\vartheta_2 n^2 = \vartheta_1\sin\beta$

$\vartheta_0^2 + n^4\vartheta_2^2 - 2\vartheta_0\vartheta_2\frac{4}{5} = \vartheta_1^2$

$\vartheta_0^2 = \vartheta_1^2 + \frac{\vartheta_1^2\sin^2\alpha\, 25}{16}$

$n^2 m\vartheta_2\cdot\frac{3}{5} = m\vartheta_1\sin\beta$

$\boxed{\vartheta_2 = \frac{5\vartheta_1\sin\beta}{3n^2}}$

$\sin\beta = \frac{3n^2\vartheta_2}{5\vartheta_1}$

$m\vartheta_0 = \vartheta_1\cos\beta + n^2\vartheta_2\frac{4}{5}$

$\cos\beta = \frac{n^2\vartheta_2\frac{4}{5} - 5\vartheta_0}{5\vartheta_1}$

$\cancel{n^2\vartheta_2^2 16 - 40n^2\vartheta_2\vartheta_0 + 25\vartheta_0^2 + 9n^2\vartheta_2^2 = 25\vartheta_1^2}$

$(m\vartheta_1)^2 = (m\vartheta_0)^2 + (nm\vartheta_2)^2 - 2mn^2\vartheta_2\cdot m\vartheta_0\cdot\frac{4}{5}$

$\vartheta_1^2 = \vartheta_0^2 + n^2\vartheta_2^2 - 2n^2\vartheta_2\vartheta_0\frac{4}{5}$

$\vartheta_1^2 = \vartheta_0^2 + \frac{25}{3}\sin^2\beta\,\vartheta_1^2 - 2\cdot\frac{5}{3}\vartheta_1\sin\beta\,\vartheta_0\frac{4}{5}$

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

Подписывать лист-вкладыш запрещено! Писать на полях листа-вкладыша запрещено!

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

Подписывать лист-вкладыш запрещено! Писать на полях листа-вкладыша запрещено!