0 054653 060003

05-46-53-06
(107.2)

1755

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 11

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Покори воробьёвы
наменование олимпиады
горы по физике

по физике
профиль олимпиады

Антонцева Дмитрия Алексеевича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

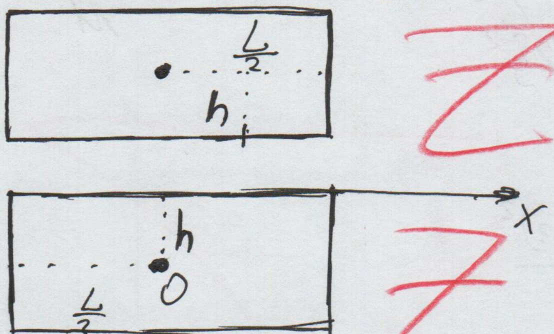
«01» 04 2023 года

Подпись участника

Задание 1 Чистовик

После удара шайба закручиваться не будет т.к. брусок гладкий и на шайбу не будет действовать сила трения (соотв. момент силы трения). Это для упругого удара. ~~Но если удар~~ ✓

нет ответа что бруском



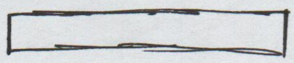
На протяжении всего движения по оси x на шайбу не действуют силы $\Rightarrow v_x = const$

Пусть начальная скорость шайбы v

$v_x = v\cos\alpha$

Найдём момент инерции бруска относительно точки O:

$\lambda = \frac{M}{L}$ – линейная плотность.



$v_{y0} = v\alpha$ т.к. α – малый

$v_{y1} = v\beta$

$dm = \lambda dx$

$I = \int_0^{L/2} 2dm x^2 = \int_0^{L/2} 2\cdot\frac{M}{L}x^2dx = 2\frac{M}{L}\frac{x^3}{3}\Big|_0^{L/2}$

$= 2\frac{M}{L}\frac{L^3}{3\cdot 8} = \frac{ML^2}{12}$

это нужно брусок

ЗСИ:

$m v\alpha = -m v\beta + M v_y$

$M v_y = m v(\alpha+\beta)$

ЗИМИ:

$m v\alpha\left(\frac{L}{2}\right) = -m v\beta\left(\frac{L}{2}\right) + \frac{ML^2}{12}\omega$

$\frac{mv}{2}(\alpha+\beta) \neq \frac{ML}{12}\omega$

$mv(\alpha+\beta) = \frac{ML}{6}\omega$

Бл ошибка

ЗСЭ: $\frac{mv^2}{2}$

$\frac{m}{2}(v_x^2 + v^2\alpha^2) = \frac{m}{2}(v_x^2 + v^2\beta^2) + \frac{Mv_y^2}{2} + \frac{ML^2}{24}\omega^2$

$mv^2\alpha^2 = mv^2\beta^2 + Mv_y^2 + \frac{ML^2}{12}\omega^2$

$\Sigma = 64$

В	1	2	3	4	
3	3	2	5	5	15
3	15	10	10	5	49

чистовик

$$Mv_y = mv(\alpha+\beta) \qquad v_y = \frac{L}{6}\omega \rightarrow \omega = \frac{6v_y}{L}$$

$$mv(\alpha+\beta) = \frac{ML}{6}\omega$$

$$mv^2\alpha^2 = mv^2\beta^2 + Mv_y^2 + \frac{ML^2}{12}\omega^2$$

$$v_y = \frac{mv(\alpha+\beta)}{M}$$

$$mv^2\alpha^2 = mv^2\beta^2 + Mv_y^2 + \frac{ML^2}{12}\cdot\frac{36v_y^2}{L^2}$$

$$mv^2\alpha^2 = mv^2\beta^2 + Mv_y^2 + 3Mv_y^2$$

$$mv^2\alpha^2 = mv^2\beta^2 + 4Mv_y^2$$

$$mv^2\alpha^2 = mv^2\beta^2 + 4M\frac{m^2v^2(\alpha+\beta)^2}{M^2}$$

$$\alpha^2 = \beta^2 + \frac{4m(\alpha+\beta)^2}{M}$$

$$(\alpha-\beta)(\alpha+\beta) = \frac{4m(\alpha+\beta)^2}{M}$$

$$\alpha-\beta = \frac{4m(\alpha+\beta)}{M}$$

$$4m(\alpha+\beta) = M(\alpha-\beta)$$

$$\boxed{m = \frac{M(\alpha-\beta)}{4(\alpha+\beta)}} \qquad m = \frac{280г\,(0{,}4^\circ)}{4\cdot(4{,}8^\circ)} = \frac{280г}{4\cdot 12} =$$

$$= \frac{70г}{12} = \frac{35}{6} \approx 5{,}8г$$

Ответ: 5,8г

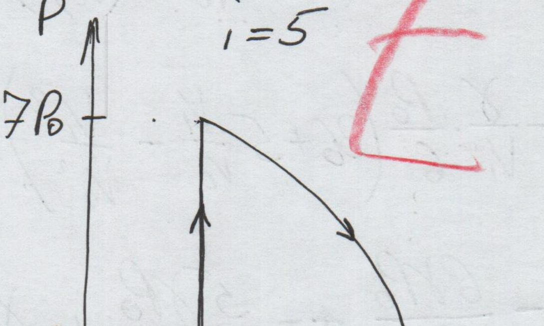
чистовик

Задача 2

Процесс может иметь постоянную теплоёмкость только если подчиняется уравнению политропы

а дальше?

$$P = \frac{P_0}{6}\left(36 + 5\frac{V}{V_0} - \left(\frac{V}{V_0}\right)^2\right)$$



~~Найдём~~

~~На изобаре тепло подаётся, а на изо~~

Если цикл по часовой стрелке, то тепло подаётся на изохоре и отнимается на изобаре, а также на участке параболы. Найдём точку, в которой тепло перестаёт передаваться и начинает отниматься. Касательная к графику в данной точке совпадёт с касательной к адиабате в этих условиях.

$P_1; V_1$ – давл. и объём в этой точке.

$$PV^\gamma = P_1V_1^\gamma$$

$$P = \frac{P_1V_1^\gamma}{V^\gamma}$$

$$dP = \frac{-\gamma P_1V_1^\gamma}{V^{\gamma+1}}dV$$

$$\frac{dP}{dV} = -\frac{\gamma P_1V_1^\gamma}{V^{\gamma+1}}$$

$$P = \frac{P_0}{6}\left(36 + 5\frac{V}{V_0} - \frac{V^2}{V_0^2}\right)$$

$$dP = \frac{P_0}{6}\left(\frac{5}{V_0} - \frac{2V}{V_0^2}\right)dV$$

$$\frac{dP}{dV} = \frac{P_0}{6}\left(\frac{5}{V_0} - \frac{2V}{V_0^2}\right)$$

чистовик

$$\left.\begin{array}{l}\dfrac{dP}{dV}=-\dfrac{\gamma P_1 V_1^{\gamma}}{V^{\gamma+1}}\\[2ex] \dfrac{dP}{dV}=\dfrac{P_0}{6}\left(\dfrac{5}{V_0}-\dfrac{2V}{V_0^2}\right)\end{array}\right\}-\dfrac{\gamma P_1}{V_1}=\dfrac{5P_0}{6V_0}-\dfrac{2V_1P_0}{6V_0^2}$$

$$P_1=\frac{P_0}{6}\left(36+5\frac{V_1}{V_0}-\left(\frac{V_1}{V_0}\right)^2\right)$$

$$\gamma=\cancel{\frac{5}{3}}\ \frac{7}{5}$$

$$-\frac{\gamma}{V_1}\cdot\frac{P_0}{6}\left(36+5\frac{V_1}{V_0}-\frac{V_1^2}{V_0^2}\right)=\frac{5P_0}{6V_0}-\frac{2V_1P_0}{6V_0^2}$$

$$-\frac{6\gamma P_0}{V_1}-\frac{5\gamma P_0}{6V_0}+\frac{\gamma P_0 V_1}{6V_0^2}=\frac{5P_0}{6V_0}-\frac{V_1P_0}{3V_0^2}$$

$$-\frac{6\gamma}{V_1}-\frac{5\gamma}{6V_0}+\frac{\gamma V_1}{6V_0^2}=\frac{5}{6V_0}-\frac{V_1}{3V_0^2}$$

$$-\frac{6}{V_1}\cdot\frac{7}{5}-\frac{7}{6V_0}+\frac{7V_1}{6\cdot 5V_0^2}=\frac{5}{6V_0}-\frac{V_1}{3V_0^2}$$

$$-\frac{42}{5V_1}+\frac{7V_1}{30V_0^2}+\frac{V_1}{3V_0^2}=\frac{2}{V_0}$$

$$-\frac{42}{5V_1}+\frac{17V_1}{30V_0^2}-\frac{2}{V_0}=0$$

$$-\frac{42}{5}+\frac{17V_1^2}{30V_0^2}-\frac{2V_1}{V_0}=0$$

$$-\frac{42V_0^2}{5V_0^2}+\frac{17V_1^2}{30V_0^2}-\frac{2V_1V_0}{V_0^2}=0$$

$$-252V_0^2+17V_1^2-60V_1V_0=0$$

$$17V_1^2-60V_1V_0-252V_0^2=0$$

чистовик

$$17V_1^2 - 60V_1V_0 - 252V_0^2 = 0$$

$$D = 3600V_0^2 + 17136V_0^2 = 20736V_0^2$$

$$\begin{array}{r} 252 \\ \times\ 17 \\ \hline 1764 \\ 252 \\ \hline 4284 \\ \times\ 4 \\ \hline 17136 \end{array}$$

$$\sqrt{D} = 144V_0$$

$$V_1 = \frac{60V_0 + 144V_0}{34} = \frac{204V_0}{34} = \frac{102V_0}{17} = \underline{\underline{6V_0}}$$

$$P_1 = \frac{P_0}{6}\left(36 + \frac{30V_0}{V_0} - \frac{36V_0^2}{V_0^2}\right) = \underline{\underline{5P_0}}$$

При $P_1 = 5P_0$ и $V_1 = 6V_0$ тепло не подводится

Если цикл по часовой стрелке, то тепло подводится на изохоре и на параболе от $V = 3V_0$ до $V_1 = 6V_0$. А отводится тепло на изобаре и на параболе от $V_1 = 6V_0$ до $V = 8V_0$

Найдём КПД цикла:

$$\eta = \frac{A}{Q_н}$$ A – площадь ~~фигу~~ внутри цикла.

$$A = \int_{3V_0}^{8V_0} \frac{P_0}{6}\left(36 + \frac{5V_0}{V} - \left(\frac{V_0}{V_0}\right)^2\right)dV - 10P_0V_0$$

чистовик

$$A' = \int_{3V_0}^{8V_0} \frac{P_0}{6}\left(36 + \frac{5V}{V_0} - \frac{V^2}{V_0^2}\right)dV =$$

$$= \frac{P_0}{6}\left(36V + \frac{5V^2}{2V_0} - \frac{V^3}{3V_0^2}\right)\Bigg|_{3V_0}^{8V_0} =$$

$$= \frac{P_0}{6}\left(36(5V_0) + \frac{5}{2V_0}\cdot 5V_0 \cdot 11V_0 - \frac{(8^3V_0^3 - 27V_0^3)}{3V_0^2}\right) =$$

$$= \frac{P_0}{6}\left(180V_0 + \frac{275V_0}{2} - \frac{512V_0}{3} + 9V_0\right) =$$

$$= P_0\left(30V_0 + \frac{275}{12}V_0 - \frac{512V_0}{18} + \frac{3V_0}{2}\right)$$

$$A = A' - 10P_0V_0 = 20P_0V_0 + \frac{275}{12}P_0V_0 - \frac{256P_0V_0}{9} + \frac{3P_0V_0}{2} =$$

$$= 21,5P_0V_0 + 22,9P_0V_0 - 28,44P_0V_0 = 43,4P_0V_0 - 28,4P_0V_0 =$$

$$= \cancel{15P_0V_0} \quad 575/36\ p_0V_0$$

1 нач. ТД.

$$Q_H = A_1 + A_2 + \Delta U_1 + \Delta U_2$$

Посчитаем Q_H:

$$A_1 = 0$$

~~$2P_0 \cdot 3V_0 = 6\nu RT_0$~~ $P_0V_0 = \nu RT_0$

~~$7P_0 \cdot 3V_0 = \nu R$~~

$$\Delta U_1 = \frac{5}{2}3V_0(7P_0 - 2P_0) = \frac{5}{2}\cdot 15P_0V_0 = \frac{75P_0V_0}{2}$$

$$\Delta U_2 = \frac{5}{2}(30P_0V_0 - 21P_0V_0) = \frac{5}{2}9P_0V_0 = \frac{45P_0V_0}{2}$$

$$A_2 = \frac{P_0}{6}\int_{3V_0}^{6V_0}\left(36 + \frac{5V}{V_0} - \frac{V^2}{V_0^2}\right)dV = \frac{P_0}{6}\left(36V + \frac{5V^2}{2V_0} - \frac{V^3}{3V_0^2}\right)\Bigg|_{3V_0}^{6V_0} =$$

$$= \frac{P_0}{6}\left(36\cdot 3V_0 + \frac{5}{2V_0}\cdot 3V_0 \cdot 9V_0 - \frac{6^3V_0^3 - 27V_0^3}{3V_0^2}\right) =$$

$$= P_0\left(18V_0 + \frac{5\cdot 9V_0}{4} - 12V_0 + 1,5V_0\right) = P_0\left(6V_0 + \frac{45V_0}{4} + \frac{3V_0}{2}\right) =$$

$$= P_0\left(\frac{24V_0 + 45V_0 + 6V_0}{4}\right) = P_0\frac{75V_0}{4}$$

чистовик

$$Q_4 = \frac{75P_0V_0}{2} + \frac{45P_0V_0}{2} + \frac{75P_0V_0}{4} =$$

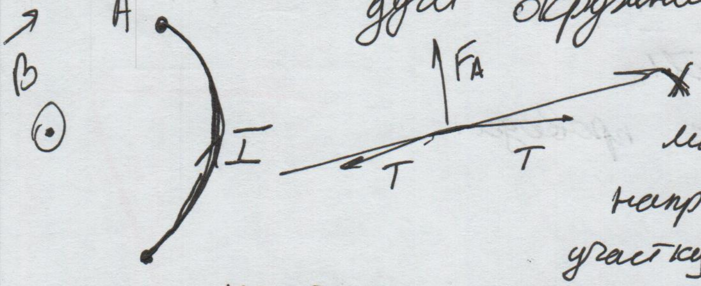
$$= \frac{120P_0V_0}{2} + \frac{75P_0V_0}{4} = \frac{240P_0V_0 + 75P_0V_0}{4} = \frac{315}{4}P_0V_0$$

$$\eta = \frac{16P_0V_0 \cdot 4}{315P_0V_0} = \frac{64}{315}$$

Ответ: $\eta = \frac{64}{315}$ $\approx \frac{115}{567}$

Задача 3

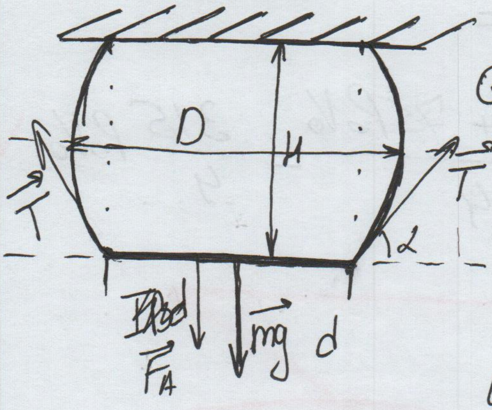
Провод примет форму участка дуги окружности



Т.к. сила ~~Ампера~~ на малый участок провода всегда направлена горизонтально и $\perp$ участку провода, а т.к. в конечном положении провод статичен, то результирующая сила на любую ось O $\Rightarrow$ сила натяжения ~~[illegible]~~ провода в любой точке одинакова, а это возможно только если провод часть дуги окружности.

(+)

$m = 0{,}8$кг $d = 0{,}8$м   чистовик



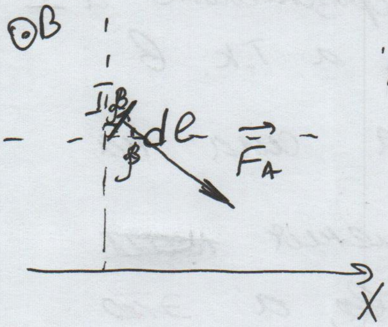
Исходя из рисунка ток идёт против часовой стрелки

Из сообр. симметрии сила натяж. нити в левой и в правой нити равны.

$2T\sin\alpha = mg + IBd$ +

Т.к. провода невесомы, то они имеют форму участка дуги окружности

расмотрим малый участок провода:



$F_A = IBdl$

$F_{Ax} = IBdl\cos\beta = IBdh$

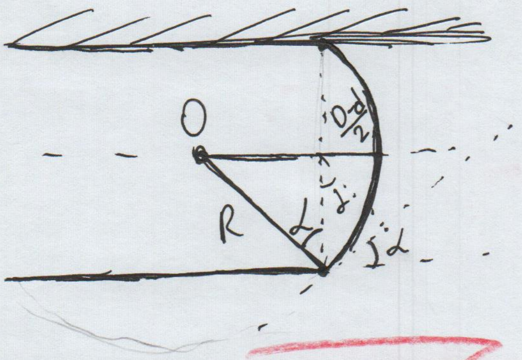
$IBH = 2T\cos\alpha$

$2T = \frac{IBH}{\cos\alpha}$

$\frac{IBH}{\cos\alpha}\sin\alpha = mg + IBd$

$IBH\,tg\alpha = mg + IBd$

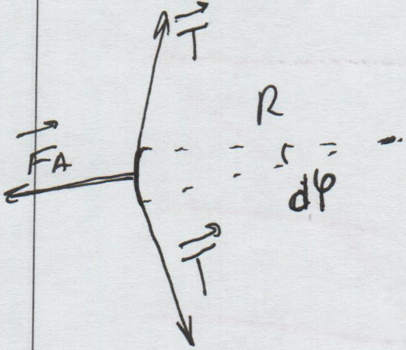
О – центр окружности



$tg\alpha = \frac{2\left(R - \left(\frac{D-d}{2}\right)\right)}{H}$

$tg\alpha = \frac{2R - D + d}{H}$

Чистовик



$$IBRd\varphi = 2T\cdot\frac{d\varphi}{2}$$

$$T = IBR$$

$$\cancel{IBH = 2T\cos\alpha}$$

$$\cos\alpha = \frac{H}{2R}$$

$$\sin\alpha = \frac{R-\left(\frac{D-d}{2}\right)}{R}$$

$$2T\sin\alpha = mg + IBd$$

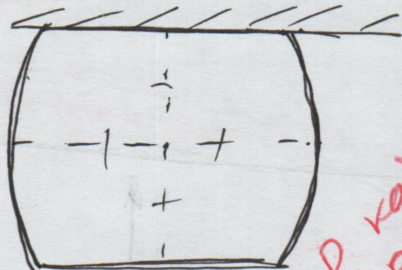
$$2IBR\,\frac{R-\left(\frac{D-d}{2}\right)}{R} = mg + IBd$$

$$IB(2R - D + d) = mg + IBd$$

$$2R = \frac{mg+IBd}{IB} + D - d$$

$$\begin{cases} tg\alpha = \dfrac{\frac{mg+IBd}{IBH}}{} \\ 2T\sin\alpha = mg + IBd \\ T = IBR \\ IBH = 2T\cos\alpha \end{cases}$$

?



$$\cancel{IBH = 2IBR\cos\alpha}$$

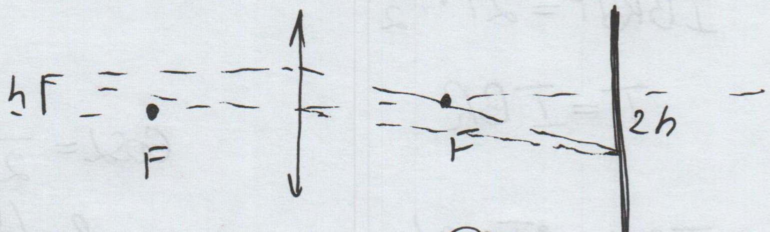
$$I(BHtg\alpha - Bd) = mg$$

$$I = \frac{mg}{B(Htg\alpha - d)}$$

Не хватает 1-го уравнения для R

R как и раз нужно найти

Задача 4 чистовик.



$a+b=90\text{см}$

$\frac{2h}{b}=\frac{h}{a}$

$2a=b$

$3a=90\text{см}$

$a=30\text{см}$

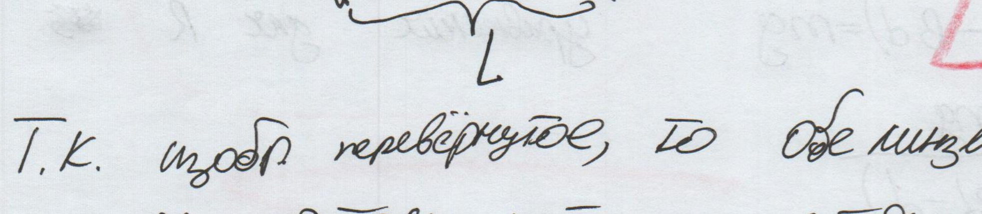
$b=60\text{см}$

$\underline{\text{ФТЛ:}}$

$\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{F}=D$

$\frac{b+a}{ab}=D=\frac{0{,}6\text{м}+0{,}3\text{м}}{0{,}18\text{м}^2}=\frac{0{,}9\text{м}}{0{,}18\text{м}^2}=$

$=\frac{0{,}9\text{м}}{0{,}2\text{м}\cdot 0{,}9\text{м}}=\frac{1}{0{,}2\text{м}}=\underline{5\ \text{диоптрий}}$



Т.к. изобр перевёрнутое, то обе линзы собир. но при этом ист. находится ближе к линзе, чем фокусное расстояние.