Олимпиада «Физтех» по физике 2022

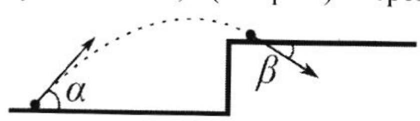
Класс 10

Вариант 10-04

Шифр

(заполняется секретарём)

1. Камень брошен с некоторой скоростью V_0 под углом α к горизонту, $\cos\alpha = 0,6$ (см. рис.). Через $\tau = 0,8$ с камень находится на максимальной высоте. В конце полета камень падает на горизонтальную крышу. В момент падения на крышу вектор скорости образует с горизонтом угол β такой, что $\cos\beta = 0,8$.



1) Найдите начальную скорость V_0 камня.

2) На какой высоте h, отсчитанной от точки старта, завершился полет камня? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с^2. Силу сопротивления воздуха считайте пренебрежимо малой.

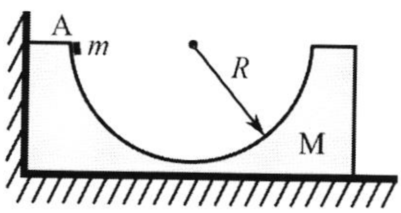
2. Максимальная скорость движения модели автомобиля по окружности радиуса $R = 2$ м, лежащей в горизонтальной плоскости, равна $V_{MAX} = 4$ м/с. Модель приводится в движение двигателем. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с^2. Силу сопротивления считайте пренебрежимо малой.

1) Найдите коэффициент μ трения скольжения шин модели по поверхности.

Модель помещают на наклонную поверхность, составляющую угол α с горизонтом такой, что $\sin\alpha = 0,6$.

2) Найдите наименьшее время T, за которое модель равномерно проедет по окружности радиуса $R = 2$ м на наклонной поверхности. Коэффициент трения скольжения шин модели по поверхности $\mu = 0,8$.

3. На гладкой горизонтальной поверхности вплотную к вертикальной стенке стоит брусок массой $M = 3m$, в бруске сделано гладкое углубление в форме полусферы радиуса R (см. рис.). Из точки А с нулевой начальной скоростью скользит шайба массы m.

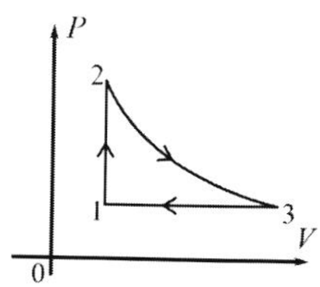


1) На какую максимальную высоту H, отсчитанную от нижней точки полусферы, поднимется шайба при дальнейшем движении системы?

2) Найдите максимальную кинетическую энергию K_{MAX} бруска при дальнейшем движении системы.

3) С какой по величине силой N брусок действует на шайбу в тот момент, когда его кинетическая энергия максимальная? Ускорение свободного падения g.

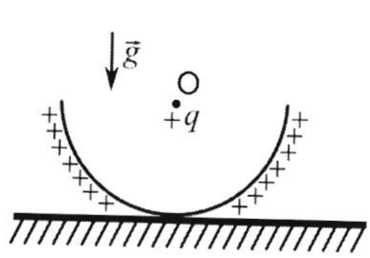
4. С одноатомным идеальным газом проводят циклический процесс, состоящий из изохоры 12, адиабаты 23 и изобары (см. рис.). В изобарическом процессе объем газа уменьшается в $n = 2\cdot\sqrt{2}$ раз.



1) Найдите КПД такого цикла.

Указание: в адиабатическом процессе с одноатомным идеальным газом $PV^{\frac{5}{3}} = const$.

5. На горизонтальной поверхности лежит однородная полусфера (см. рис.) массы m. Точка O находится на расстоянии R от всех точек полусферы. По поверхности полусферы однородно с поверхностной плотностью σ распределен положительный заряд. В точке O находится точечный заряд $q > 0$.

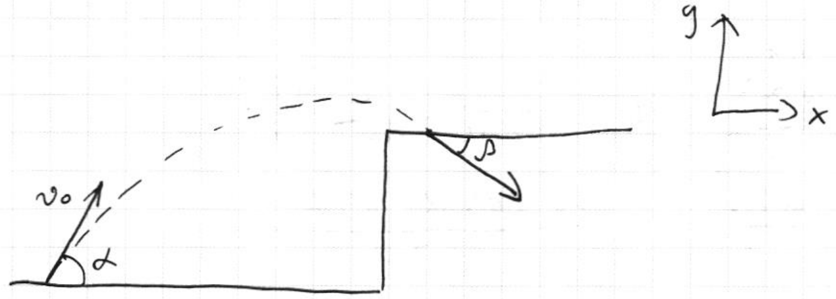


1) Найдите работу A внешней силы при переносе заряда q из точки O в бесконечность. Электрическая постоянная ε_0.

2) Во сколько раз уменьшится сила, с которой полусфера действует на горизонтальную поверхность, после переноса точечного заряда q из точки O в бесконечность? Ускорение свободного падения g. Явлениями поляризации пренебрегите.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 1.



1) Через время τ камень находится в высшей точке траектории $\Rightarrow$ $v_y(\tau) = 0$ $\Rightarrow$

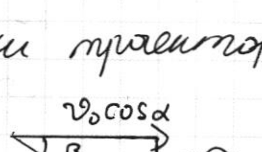
$$0 = v_0 \sin\alpha - g\tau \Rightarrow v_0 = \frac{g\tau}{\sin\alpha}$$

$$\bullet\ \sin^2\alpha + \cos^2\alpha = 1 \Rightarrow \sin^2\alpha = 1 - \cos^2\alpha \Rightarrow \sin\alpha = \sqrt{1-\cos^2\alpha} =$$

$$= \sqrt{1 - \frac{36}{100}} = \frac{8}{10} = 0{,}8$$

$$v_0 = \frac{g\tau}{\sin\alpha} = \frac{10\,\frac{м}{с^2}\cdot 0{,}8\,с.}{0{,}8} = 10\,\frac{м}{с}$$

2) Пусть время полета камня от высшей точки траектории до падения $= \tau_1$, тогда



$$tg\beta = \frac{g\tau_1}{v_0\cos\alpha}$$

$$\bullet\ \cos\beta = 0{,}8 \Rightarrow \sin\beta = 0{,}6$$

$$\bullet\ tg\beta = \frac{\sin\beta}{\cos\beta} = \frac{6}{8} = \frac{3}{4}$$

$$g\tau_1 = v_0\cos\alpha \cdot tg\beta \Rightarrow \tau_1 = \frac{v_0\cos\alpha\cdot tg\beta}{g}$$

Пусть высота, на которую опустится камень после преодоления верхней точки траектории $\equiv h_1$,

а высота в верхней точке траектории $\equiv H$, тогда

$$h = H - h_1$$

• $\cancel{H = \frac{g\tau^2}{2}}$ $\quad H = v_0 \sin\alpha\, \tau - \frac{g\tau^2}{2}$

• $h_1 = \frac{g\tau_1^2}{2} = \frac{v_0^2 \cos^2\alpha\ tg^2\beta}{2g}$

$$h = -\frac{v_0^2 \cos^2\alpha \cdot \frac{\sin^2\beta}{\cos^2\beta}}{2g} + v_0 \sin\alpha\, \tau - \frac{g\tau^2}{2} =$$

$$= 10\,\frac{м}{с} \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}8\,с - \frac{10\,\frac{м}{с^2} \cdot 0{,}64\,с^2}{2} - \frac{100\,\frac{м^2}{с^2} \cdot 0{,}36 \cdot \frac{9}{16}}{2 \cdot 10\,\frac{м}{с^2}} =$$

$$= 6{,}4\,м - 3{,}2\,м - \frac{100\,\frac{м^2}{с^2} \cdot \frac{36 \cdot 9}{16 \cdot 100}}{2 \cdot 10\,\frac{м}{с^2}} =$$

$$= 3{,}2\,м - \frac{100\,\frac{м^2}{с^2} \cdot \frac{81}{400}}{2 \cdot 10\,\frac{м}{с^2}} = 3{,}2\,м - \frac{10\,\frac{м^2}{с^2} \cdot 81}{800 \cdot 1\,\frac{м}{с^2}} =$$

$$= 3{,}2\,м - \frac{81}{80}\,м = 3{,}2\,м - 1\frac{1}{80}\,м = 3\frac{2}{10}\,м - 1\frac{1}{80}\,м$$

$$= \frac{32}{10}\,м - \frac{81}{80}\,м = \frac{32 \cdot 8 - 81}{80}\,м = \frac{256 - 81}{80}\,м =$$

$$= \frac{175}{80}\,м = 2\frac{15}{80}\,м = 2\frac{7{,}5}{40}\,м = 2\frac{3{,}25}{20}\,м = 2\frac{1{,}625}{10}\,м =$$

$$= 2{,}1625\,м$$

Ответ: $v_0 = 10\,\frac{м}{с}$; $h = 2{,}1625\,м$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

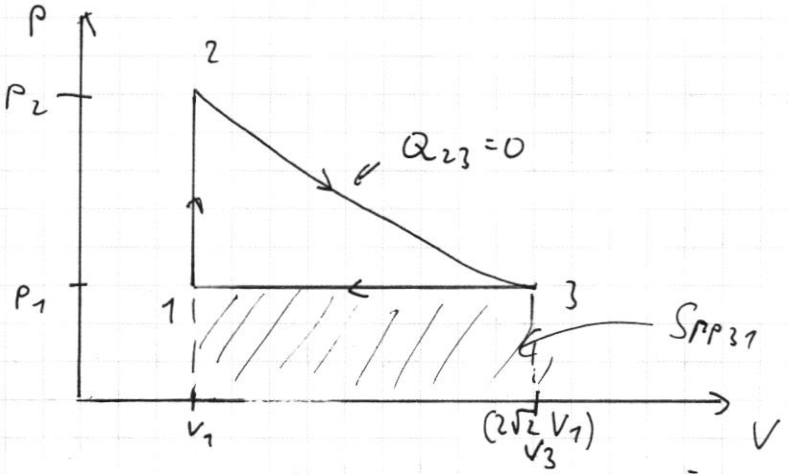
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 4.



1) процесс 2-3 - адиабатический $\Rightarrow$ $Q_{23}=0$

2) пусть A_Σ - суммарная работа за цикл

Q_Σ - суммарная теплота за цикл

$Q_н$ - сумма подведенных теплот

Q_x - сумма отведенных теплот

$Q_\Sigma = A_\Sigma$; $Q_\Sigma = Q_н + Q_x$ $\Rightarrow$ $\eta = \dfrac{Q_\Sigma}{Q_н}$

3) в 3-1:

$Q_{31} = \Delta U_{31} + A_{31}$: $\left.\begin{array}{l} P=const,\ V\downarrow\downarrow \Rightarrow A_{31}<0 \\ T\downarrow\downarrow \Rightarrow \Delta U_{31}<0 \end{array}\right\} \Rightarrow Q_{31}<0$

- $\Delta U_{31} = \frac{3}{2}\nu R(T_1 - T_3) = \frac{3}{2}P_1(V_1 - V_3) = -\frac{3}{2}P_1(V_3 - V_1)$

  $P_1 V_3 = \nu R T_3$

  $P_1 V_1 = \nu R T_1$

- $A_{31} = -S_{пр31} = -P_1(V_3 - V_{31})$

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

$$Q_{31} = -\frac{5}{2}P_1(V_3 - V_1) = -\frac{5}{2}P_1 \cdot V_1 \cancel{2\sqrt{2}V}(2\sqrt{2}-1)$$

4) 1-2:

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}: \quad \left.\begin{array}{l} V = const \Rightarrow A_{12} = 0 \\ T\uparrow\uparrow \Rightarrow \Delta U_{12} > 0 \end{array}\right\} \Rightarrow Q_{12} > 0$$

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$$

- $\Delta U_{12} = \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1)$
- $A_{12} = 0$

$$Q_{12} = \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1) = \frac{3}{2}V_1(P_2 - P_1)$$

$P_1V_1 = \nu RT_1$

$P_2V_1 = \nu RT_2$

5)

$$Q_{12} > 0 \Rightarrow Q_н = Q_{12}$$

$$Q_{31} < 0 \Rightarrow Q_x = -Q_{31}$$

6) 2-3:

$$PV^{\frac{5}{3}} = const \Rightarrow P^3V^5 = const$$

$$P_2^3V_1^5 = P_1^3V_3^5$$

$$P_2^3V_1^5 = P_1^3(2\sqrt{2}V_1)^5$$

$$P_2 = P_1\sqrt[3]{(2\sqrt{2})^5} = P_1 \cdot 2\sqrt{2}\sqrt[3]{(2\sqrt{2})^2} =$$

$$= P_1 \cdot 2\sqrt{2} \cdot \sqrt[3]{8} = 4\sqrt{2}P_1$$

$$Q_{12} = \frac{3}{2}V_1P_1(4\sqrt{2}-1)$$

7)

$$\eta = \frac{Q_\Sigma}{Q_н} = \frac{Q_{12} + Q_{31}}{Q_{12}} = 1 + \frac{Q_{31}}{Q_{12}} =$$

$$= 1 + \frac{(-\frac{5}{2}P_1V_1(2\sqrt{2}-1)}{\frac{3}{2}V_1P_1(4\sqrt{2}-1)} = 1 - \frac{5}{3} \cdot \frac{2\sqrt{2}-1}{4\sqrt{2}-1} =$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$= 1 - \frac{5\cdot(2\cdot 1{,}41 - 1)}{3(4\cdot 1{,}41 - 1)} = 1 - \frac{5\cdot(2{,}82-1)}{3\cdot(5{,}64-1)} =$$

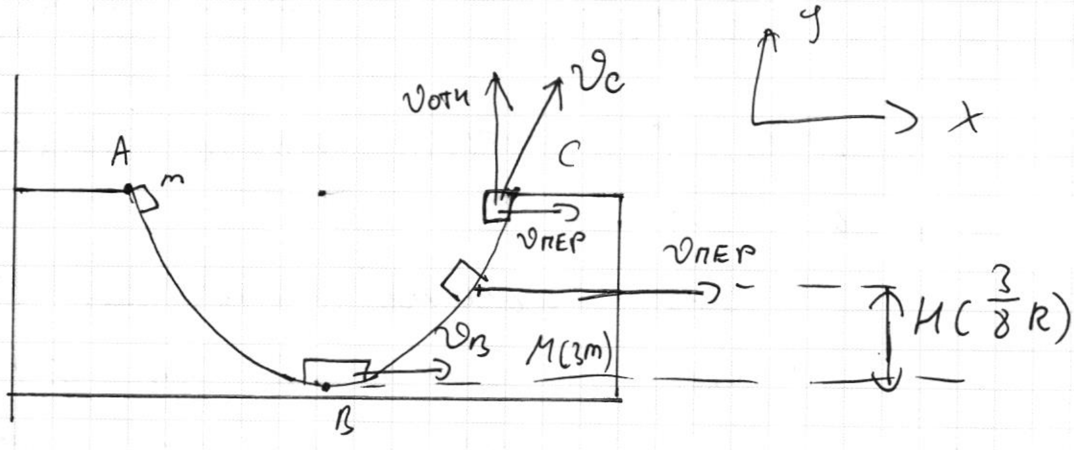
$$= 1 - \frac{5\cdot 1{,}82}{3\cdot 4{,}64} = 1 - \frac{9{,}1}{13{,}92} = 1 - \frac{910}{1392} =$$

$$= 1 - \frac{455}{696} = 1 - \frac{455\cdot 1{,}436}{696\cdot 1{,}436} = 1 - \frac{652{,}380}{1000} =$$

$$= 1 - 0{,}652380 = 0{,}34762$$

Ответ: $\eta = 0{,}34762$

№ 3.



1) Пусть точка B — нижняя точка полуокружности, C — диаметрально противоположна точке A

2) Шайба действует на брусок силой, направленной „влево" до момента прохождения (B), далее — действует „вправо", т.к. в точке B шайба больше не действует горизонтальными силами

„влево", а единственная другая горизонтальная сила - сила реакции опоры со стороны стены, то с момента прохождения шайбой точки B, на систему „шайба + брусок" не действуют внешние силы по горизонтали => с этого момента выполняются З.С.И. (в проекции на x) и З.С.Э. ~~в~~ для системы

3) до прохождения точки B шайба двигалась внутри неподвижной полуокружности, т.к сила реакции N со стороны бруска $\perp$ скорости, то $A_{неконс} = 0$ => выполнена З.С.Э. для шайбы:

$$mgR = \frac{\cancel{mv}\ m\vartheta_B^2}{2} \Rightarrow \vartheta_B = \sqrt{2gR}$$

4) в точке C скорость шайбы можно разложить на:

- $\vartheta_{отн}$ - скорость, относительно бруска
- $\vartheta_{пер}$ - скорость бруска отн. земли.

Т.к. брусок движется только вдоль горизонтальной поверхности, то $\vartheta_{пер}$ - горизонтальна;

$\vartheta_{отн}$ - $\perp$ поверхности бруска и вертикальна

=> после отрыва от бруска шайба достигнет ~~время~~ высоты $H = R + h$, где $h = \vartheta_{отн} \cdot T - \frac{gT^2}{2}$

$$T = \frac{\vartheta_{отн}}{g}$$

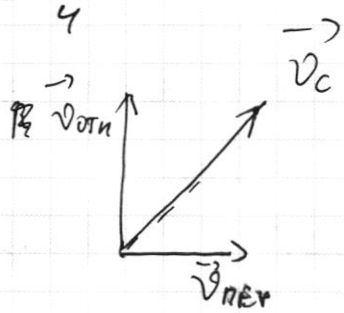
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$h = \frac{v_{отн}^2}{2g}$$

5) Для системы „шайба + брусок" в проекции на OX': (к моменту прохождения точки C)

$$m v_B = (m + 3m) v_{пер} \Rightarrow v_{пер} = \frac{v_B}{4} =$$

$$= \frac{\sqrt{2gR}}{4}$$

6) 

$$v_C^2 = v_{отн}^2 + v_{пер}^2$$

7) Для системы „шайба + брусок" З.С.Э:

$$\frac{m v_B^2}{2} = 3m \cdot \frac{v_{пер}^2}{2} + \frac{m v_C^2}{2} + mgR$$

$$v_B^2 = 3 v_{пер}^2 + v_{отн}^2 + v_{пер}^2 + 2gR$$

$$v_{отн}^2 = v_B^2 - 4 v_{пер}^2 - 2gR$$

$$v_{отн}^2 = 2gR - \frac{2gR}{4} - 2gR = -\frac{2gR}{4} - 2gR =$$

$$= -\frac{1}{2} gR \Rightarrow$$

~~$h = \frac{1}{4}R \Rightarrow H = \frac{5}{4}R$~~

~~8) Максимальную кинетическую энергию K_{max}~~

~~брусок обретает в „последний момент разгона" => в момент, когда шайба перестает на него действовать => в точке C (для шайбы)~~

~~$K_{max} = \frac{3m \cdot v_{пер}^2}{2} = 3m\cdot$~~

=> шайба не достигает точки C => шайба не оторвется от бруска, тогда в момент достижения максимальной высоты H:

- шайба не движется относительно бруска
- брусок и шайба движутся как единое целое со скоростью $v_{пер}$
- шайба находится на высоте H, тогда:

З.С.Э. для системы:

$$\frac{mv_B^2}{2} = \frac{4m v_{пер}^2}{2} + mgH$$

$$v_B^2 = 4v_{пер}^2 + 2gH$$

$$2gR = \frac{gR}{2} + 2gH$$

$$\frac{3}{4}gR = 2gH \Rightarrow H = \frac{3}{8}R$$

8) максимальную кинетическую энергию брусок примет когда шайба будет повторно проходить точку B:

З.С.И: $4mv_{пер} = 3m v_{max} - mv_B' \Rightarrow -4v_{пер} + 3v_{max} = v_B'$

З.С.Э. $\frac{4mv_{пер}^2}{2} + mgH = \frac{3mv_{max}^2}{2} + \frac{mv_B'^2}{2}$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{4\cdot v_B^2}{2\cdot 16} + gH = \frac{3\cdot v_{max}^2}{2} + \frac{9v_{max}^2 + 16v_{пер}^2 - 24v_{пер}v_{max}}{2}$$

$$\frac{v_B^2}{4} + 2gH = 3v_{max}^2 + 9v_{max}^2 + 16v_{пер}^2 - 24v_{пер}v_{max}$$

$$\frac{gR}{2} + \frac{3}{4}gR = 12v_{max}^2 + 16\cdot\frac{v_B^2}{16} - 24\cdot\frac{v_B}{4}v_{max}$$

$$\frac{5}{4}gR = 12v_{max}^2 + 2gR - 6\sqrt{2gR}\,v_{max}$$

$$12v_{max}^2 - 6\cdot\sqrt{2gR}\,v_{max} + \frac{3}{4}gR = 0$$

$$D = 36\cdot 2gR - 4\cdot\frac{3}{4}gR\cdot 12 = 72gR - 36gR = 36gR$$

$$\Rightarrow\quad v_{max} = \frac{6\sqrt{2gR} + 6\sqrt{gR}}{24} = \frac{6\sqrt{gR}(\sqrt{2}+1)}{24} = \frac{\sqrt{gR}}{4}(\sqrt{2}+1)$$

$$K_{max} = \frac{3m\cdot v_{max}^2}{2} = \frac{3m\cdot gR(2+1+2\sqrt{2})}{16\cdot 2} =$$

$$= \frac{3mgR(3+2\sqrt{2})}{32}$$

9) v_B' – скорость шайбы отн Земли при повторном прохождении точки B, её можно разложить на:

~~$v_B' =$~~ $v_{Bотн}$ - скорость шайбы отн. бруска

v_{max} – скорость бруска отн. Земли.

$$v_B' = v_{Bотн} - v_{max} \Rightarrow -4v_{пер} + 3v_{max} = v_{Bотн} - v_{max}$$

$$v_{Bотн} = 4v_{max} - 4v_{пер}$$

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

$$v_{B\,отн} = 4 \cdot \frac{\sqrt{gR}}{4}(\sqrt{2}+1) - 4 \cdot \frac{v_B}{4} =$$

$$= \sqrt{gR}(\sqrt{2}+1) - \sqrt{2}\cdot\sqrt{gR} = \sqrt{gR}(\sqrt{2}+1-\sqrt{2}) =$$

$$= \sqrt{gR}$$

10) В точке В относительно бруска шайба совершает вращательное движение $\Rightarrow a_n \neq 0 \Rightarrow$

$$a_n = \frac{v_{B\,отн}^2}{R} = \frac{gR}{R} = g$$

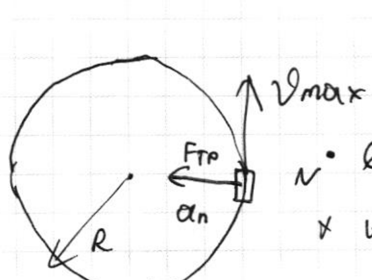
11) в точке В:

$$\Rightarrow ma_n = N - mg$$
$$mg = N - mg \Rightarrow$$
$$N = 2mg$$

Ответ: 1) $H = \frac{3}{8}R$; 2) $K_{max} = \frac{3mgR(3+2\sqrt{2})}{32}$

3) $N = 2mg$

N2.



1) На ~~шайбу~~ автомобиль не действуют силы сопротивления;

$N \cdot \otimes mg$ В момент, когда $v = v_{max}$ у ~~шай~~ автомобиля отсутствует тангенсиальное ускорение, т.к. иначе авто не будет двигаться по окружности $\Rightarrow$

$$ma_n = F_{тр} \Rightarrow ma_n = \mu N \Rightarrow ma_n = \mu mg \Rightarrow a_n = \mu g \Rightarrow$$

$$\mu = \frac{a_n}{g} = \frac{v_{max}^2}{gR} = \frac{16\,\frac{м^2}{с^2}}{10\,\frac{м}{с^2}\cdot 2м} = \frac{16\,\frac{м^2}{с^2}}{20\,\frac{м^2}{с^2}} = 0,8$$

2) ~~Аб~~ На наклонной плоскости: автомобиль движется равномерно $\Rightarrow$ тангенсиальное ускорение отсутствует $\Rightarrow$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

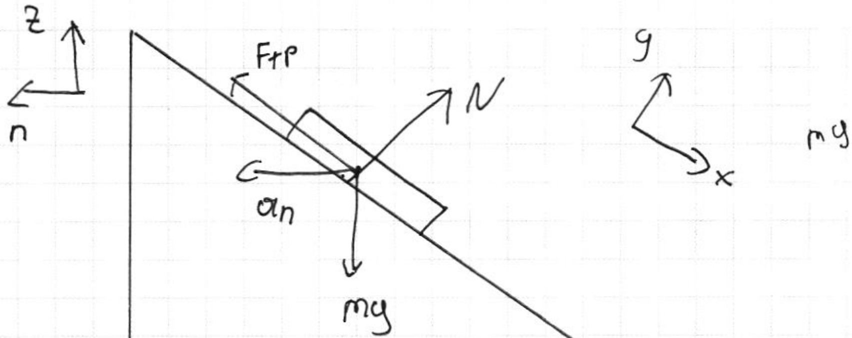
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

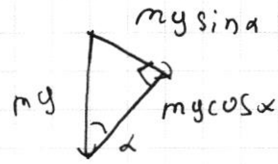
ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

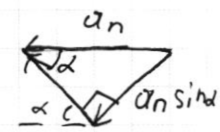
=> СИЛА ТРЕНИЯ - В ПЛОСКОСТИ РИСУНКА:

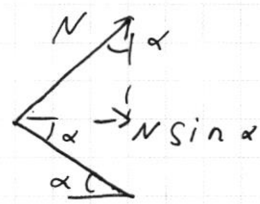


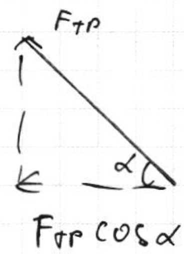


$\sin\alpha = 0{,}6 \Rightarrow$

$\cos\alpha = 0{,}8$







n: $ma_n = F_{тр}\cos\alpha - N\sin\alpha$ (2)

$ma_n = \mu N\cos\alpha - N\sin\alpha$

X: ~~$F_{тр} = m$~~ z: $mg = N\cos\alpha + F_{тр}\sin\alpha$ (3)

y: $ma_n\sin\alpha = -N + mg\cos\alpha \Rightarrow$

~~$N = m(a_n\sin\alpha + g\cos\alpha)$~~

$N = m(g\cos\alpha - a_n\sin\alpha)$ (1)

(1)->(2): $N = mg\cos\alpha - (F_{тр}\cos\alpha - N\sin\alpha)\sin\alpha =$

$= mg\cos\alpha - \mu N\cos\alpha\sin\alpha - N\sin^2\alpha$ (4)

(3)->(4): $N = (N\cos\alpha + F_{тр}\sin\alpha)\cos\alpha - \mu N\cos\alpha\sin\alpha - N\sin^2\alpha$

~~At~~ x: $ma_n\cos\alpha = F_{тр} - mg\sin\alpha = \mu N - mg\sin\alpha$ (2)

$ma_n\cos\alpha = \mu\cdot m(g\cos\alpha - a_n\sin\alpha) - mg\sin\alpha$

$a_n\cos\alpha = \mu g\cos\alpha - \mu a_n\sin\alpha - g\sin\alpha$

$a_n(\cos\alpha + \mu\sin\alpha) = g(\mu\cos\alpha - \sin\alpha)$

$$a_n = \frac{g(\mu\cos\alpha - \sin\alpha)}{\cos\alpha + \mu\sin\alpha} = \frac{10\frac{м}{с^2}\cdot(0,8\cdot 0,8 - 0,6)}{0,8 + 0,8\cdot 0,6} =$$

$$= \frac{10\frac{м}{с^2}\cdot 0,04}{0,8+0,48} = \frac{10\cdot 0,04}{1,28} = \frac{0,4}{1,28}$$

n: $ma_n = F_{тр}\cos\alpha - N\sin\alpha \Rightarrow ma_n = \mu N\cos\alpha - N\sin\alpha$

y: $N = m(g\cos\alpha - a_n\sin\alpha)$ $\Rightarrow$

$$a_n = \mu g\cos^2\alpha - \mu a_n\sin\alpha\cos\alpha - g\cos\alpha\sin\alpha + a_n\sin^2\alpha$$

$$a_n + \mu a_n\sin\alpha\cos\alpha - a_n\sin^2\alpha = \mu g\cos^2\alpha - g\cos\alpha\sin\alpha$$

$$a_n(1 + \mu\sin\alpha\cos\alpha - \sin^2\alpha) = g(\mu\cos^2\alpha - \cos\alpha\sin\alpha)$$

$$a_n = \frac{g(\mu\cos^2\alpha - \cos\alpha\sin\alpha)}{1 + \mu\sin\alpha\cos\alpha - \sin^2\alpha} = \frac{10\cdot(0,8\cdot 0,64 - 0,48)}{1 + 0,8\cdot 0,8\cdot 0,6 - 0,36} =$$

$$= \frac{10\cdot 0,032}{1,024} = \frac{10\cdot 32}{1024} = \frac{320}{1024}\frac{м}{с^2}$$

$$a_n = \frac{v_{max}^2}{R} = \frac{4\pi^2R^2}{RT^2} = \frac{4\pi^2 R}{T^2} \Rightarrow \frac{4\cdot 9,8596\cdot 2\cdot 1024}{320} = T^2$$

$$T^2 = \frac{9,8596\cdot 1024}{40} = \frac{9,8596\cdot 512}{20} = \frac{9,8596\cdot 256}{10} \Rightarrow$$

$T = \frac{3,14\cdot 16\cdot}{\sqrt{10}} = \frac{50,24}{\sqrt{10}}$ с. Ответ: 1) $\mu = 0,8$; 2) $T = \frac{50,24}{\sqrt{10}}$ с.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$a_n = \mu g \cos^2\alpha -$

$1000 = n \cdot 696 \Rightarrow n = \frac{1000}{696} = \frac{500}{348} = \frac{250}{174} = \frac{125}{87}$

$0{,}384 - 0{,}360 = 0{,}024$

$1{,}436$

$1000000 - 652380 = 347620$

$0{,}512 - 0{,}480 = 0{,}032$

$1436 \times 455 = 652{,}380$

$\frac{0{,}64}{6} = 0{,}384$

$A_{внешн} =$

$8 = 36 \cdot 2gR - 3gR \cdot 12 = (72-36)gR = 36gR$

$v_{отн}$, $v_{абс}$, $mv_{пер}$

$0 = mv_{пер} + 3mv_{пер}$

$\frac{4mv_{пер}^2}{2} + mgH = \frac{3mv_{max}^2}{2} + \frac{mv_B'^2}{2}$

$\frac{v_B^2}{4} + 2gH = 3v_{max}^2 + 16v_{пер}^2 +$

$a_{n\,max} = 8\frac{м}{с^2}$

v_{max}

$mg\sin\alpha$, N

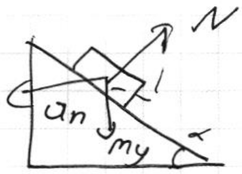
$\frac{gR}{2} + \frac{3}{4}gR = 12v_{max}^2 + 16v_{пер}^2 - 24v_{max}v_{пер} - 6\sqrt{2gR}v_{max} - \frac{5}{4}gR + \frac{3}{2}gR$

$\frac{5}{4}gR = 12v_{max}^2 + 2gR - 6\sqrt{2gR}v_{max}$

$12v_{max}^2 - 6\sqrt{2gR}v_{max}$

$\frac{v_B^2}{8} + gH = 3v_{max}^2 + 9v_{max}^2 + 16v_{пер}^2 - 24v_{пер}v_{max}$

$$\frac{4m\vartheta_{пер}^2}{2} + mgh = \frac{3m\vartheta_{max}^2}{2} + \frac{m\vartheta_B'^2}{2}$$



$$4\vartheta_{пер}^2 + 2gh = 3\vartheta_{max}^2 + \vartheta_B'^2 \qquad a_n = \frac{\vartheta_{max}^2}{R}$$

$$\frac{\vartheta_B^2}{4} + 2gh = 3\vartheta_{max}^2 + 16\vartheta_{пер}^2 + 9\vartheta_{max}^2 - 24\vartheta_{пер}\vartheta_{max}$$

$F_{тр} = F_{трx} + F_{трy}$

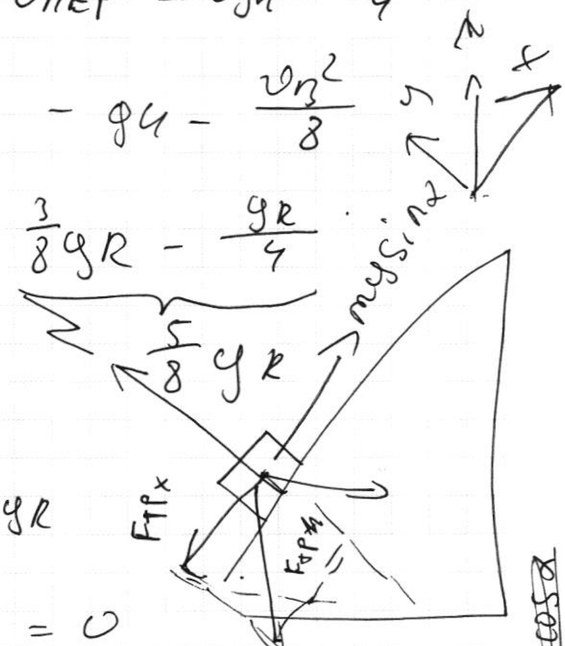
$$12\vartheta_{max}^2 - 24\vartheta_{пер}\vartheta_{max} + 16\vartheta_{пер}^2 - 2gh - \frac{\vartheta_B^2}{4}$$

$$6\vartheta_{max}^2 - 12\vartheta_{пер}\vartheta_{max} + 8\vartheta_{пер}^2 - gh - \frac{\vartheta_B^2}{8}$$

$$6\vartheta_{max}^2 - 3\sqrt{2gR}\,\vartheta_{max} + \frac{\sqrt{2gR}}{2}\cancel{\vartheta_B} - \frac{3}{8}gR - \frac{gR}{4}$$

$$\underbrace{\qquad}_{\frac{5}{8}gR}$$

$$8\cdot\frac{\vartheta_B^2}{16} = \frac{\vartheta_B^2}{2} = gR$$



~~$\vartheta_B = \vartheta_{пер}$~~

$\vartheta_B : \vartheta_{отн} - \vartheta_{max}$

$$6\vartheta_{max} - 3\sqrt{2gR}\,\vartheta_{max} + \frac{3}{8}gR = 0$$

$$D = 9\cdot 2gR - 6\cdot\frac{3}{8}\cdot 4gR = 18gR - \frac{6\cdot 3}{2}gR = 18gR - 9gR = 9gR$$

$\vartheta_{отн} =$

$F_{трx} = mg\sin\alpha$

$A = mg\cos\alpha$

$$\vartheta_{max} = \frac{3\sqrt{2gR} + 3\sqrt{gR}}{12} =$$

$$\frac{3(\sqrt{2}\sqrt{gR} + \sqrt{gR})}{12} = \frac{\sqrt{gR}}{4}(\sqrt{2}+1)$$

$\sqrt{gR}$ $\qquad F_{трy} =$

$$\vartheta_B - \frac{3}{4}\sqrt{gR}(\sqrt{2}+1) = \sqrt{2gR} - \frac{3}{4}\sqrt{gR}(\sqrt{2}+1) - 1$$

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)