Олимпиада «Физтех» по физике 2022

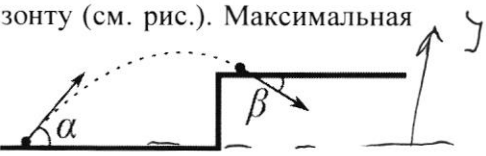
Класс 10

Вариант 10-03

Шифр

(заполняется секретарём)

(+) **1.** Камень брошен с некоторой скоростью V_0 под углом $\alpha = 45^0$ к горизонту (см. рис.). Максимальная высота полета камня $H = 10$ м. В конце полета камень падает на горизонтальную крышу, высота которой над точкой старта $h = 7$ м.



1) Найдите начальную скорость V_0 камня. V

2) Найдите $\cos\beta$ (см. рис.), здесь β - угол, который вектор скорости образует с горизонтом в момент завершения полета. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Силу сопротивления воздуха считайте пренебрежимо малой. V

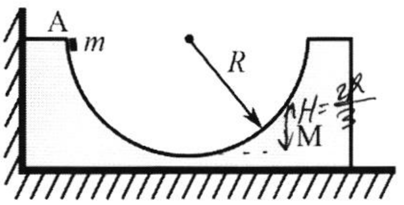
(+) **2.** Модель автомобиля равномерно движется по окружности радиуса $R = 1{,}2$ м, лежащей в горизонтальной плоскости. Модель приводится в движение двигателем. Коэффициент трения скольжения шин модели по поверхности $\mu = 0{,}8$, ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Силу сопротивления считайте пренебрежимо малой.

1) За какое минимальное время T автомобиль может проехать четверть окружности? V

Модель помещают на наклонную поверхность, составляющую угол $\alpha = 30^0$ с горизонтом.

2) Найдите максимальную скорость V_{MAX}, равномерного движения модели по окружности радиуса $R = 1{,}2$ м на наклонной поверхности. Коэффициент трения скольжения шин модели по поверхности $\mu = 0{,}8$. V

3. На гладкой горизонтальной поверхности вплотную к вертикальной стенке стоит брусок, в бруске сделано гладкое углубление в форме полусферы радиуса R (см. рис.). Из точки A с нулевой начальной скоростью скользит шайба массы m. Через некоторое время шайба достигает максимальной высоты $H = \dfrac{2R}{3}$, отсчитанной от нижней точки полусферы.



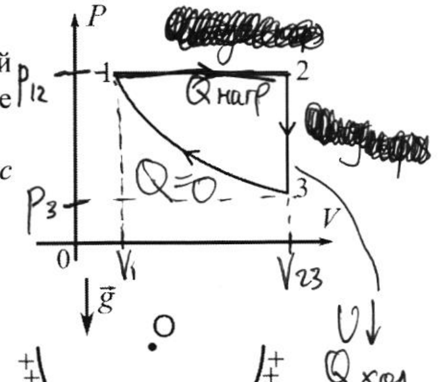
Законы сохранения!

1) Найдите массу M бруска. V

2) Найдите максимальную скорость V_{MAX} бруска при дальнейшем движении системы. (−)

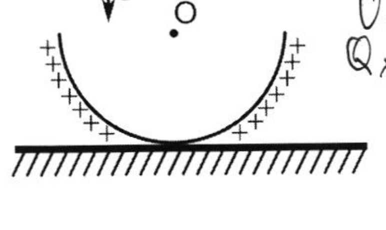
3) С какой по величине силой P брусок действует на горизонтальную поверхность в тот момент, когда его скорость V_{MAX}? Ускорение свободного падения g. (−)

(+) **4.** С одноатомным (i=3) идеальным газом проводят циклический процесс, состоящий из изобары 12, изохоры 23 и адиабаты 31 (см. рис.). В изобарическом процессе объем газа увеличивается в $n = 8$ раз.



1) Найдите КПД такого цикла. *Указание: в адиабатическом процессе с одноатомным идеальным газом* $P(V)^{\frac{5}{3}} = const$. V

— **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 точку O переносят точечный заряд $Q > 0$.



1) Найдите работу A внешней силы при переносе заряда Q из бесконечности в точку O. Электрическая постоянная ε_0.

2) С какой по величине силой P полусфера действует на горизонтальную поверхность после переноса заряда Q из бесконечности в точку O? Ускорение свободного падения g.

Явлениями поляризации пренебрегите.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\boxed{№1}$.

Максимальная высота полета при броске под углом к горизонту: $H = v_{0y}\tau - \frac{g\tau^2}{2} = v_0 \sin\alpha \cdot ((v_0 \sin\alpha)/g) - \frac{g\frac{v_0^2\sin^2\alpha}{g^2}}{2} = \frac{v_0^2\sin^2\alpha}{2g}$ (где v_{0y} - вертикальная составляющая начальной скорости, τ - время полета от т. броска до макс. высоты).

$H = \frac{v_0^2\sin^2\alpha}{2g} \Rightarrow v_0 = \frac{\sqrt{2gH}}{\sin\alpha} = \frac{\sqrt{2\cdot 10м/с^2 \cdot 10м}}{\sqrt{2}/2} = \frac{10\sqrt{2}}{\sqrt{2}/2} м/с = 20 м/с$.

Пусть скорость в момент приземления на крышу была v_1. Рассмотрим моменты, когда 1) камень проходил макс. высоту; 2) камень приземлился на крышу; и выразим пройденный по оси OY путь (где ось OY направлена вверх и перпендикулярна поверхности):

$(h-H) = \frac{v_1^2\sin^2\beta - 0}{-2g} = \frac{v_1^2\sin^2\beta}{-2g}$

Поскольку горизонтальная составляющая скорости в процессе движения не менялась, то выразим ее через момент начала броска и момент приземления: $v_x = v_0\cos\alpha = v_1\cos\beta \Rightarrow v_1 = \frac{v_0\cos\alpha}{\cos\beta}$.

По осн. тригон-му тождеству $\sin^2\beta = 1-\cos^2\beta$, $\Rightarrow$

$\Rightarrow h-H = \frac{v_1^2(1-\cos^2\beta)}{-2g} = \frac{\frac{v_0^2\cos^2\alpha}{\cos^2\beta}(1-\cos^2\beta)}{-2g} = \frac{\frac{v_0^2\cos^2\alpha}{\cos^2\beta} - v_0^2\cos^2\alpha}{-2g} \Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{v_0^2\cos^2\alpha}{\cos^2\beta} = (h-H)\cdot(-2g) + v_0^2\cos^2\alpha \Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{v_0^2\cos^2\alpha}{\cos^2\beta} = 2g(H-h) + v_0^2\cos^2\alpha \Rightarrow \cos^2\beta = \frac{v_0^2\cos^2\alpha}{2g(H-h)+v_0^2\cos^2\alpha} \Rightarrow$

$$\Rightarrow \cos\beta = \sqrt{\frac{v_0^2\cos^2\alpha}{2g(H-h)+v_0^2\cos^2\alpha}} = \sqrt{\frac{400\cdot 0{,}5}{2\cdot 10\cdot 3+400\cdot 0{,}5}} =$$

$$= \sqrt{\frac{200}{260}} = \sqrt{\frac{10}{13}}.$$

Ответ: 1) $v_0 = 20$ м/с;

2) $\cos\beta = \sqrt{\frac{10}{13}}$.

$\boxed{№2}$

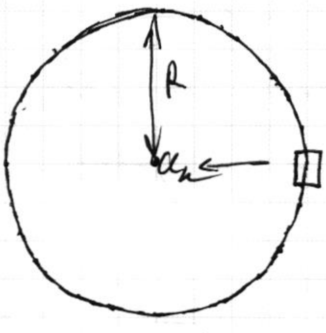


рис. к п.1

Т.к. ~~..~~ модель движется равномерно по ~~..~~ окружности, то тангенциальное ускорение у нее отсутствует, т.е. имеется только нормальное ускорение a_n. Поскольку в 1-м случае кроме силы трения скольжения в плоскости окружности на модель не действует ~~..........~~ никаких сил, то только сила трения будет образовывать ускорение тела. Т.к. $m\vec{g}$ и $\vec{N}$ действуют перпендикулярно плоскости ускорения модели, то

$m\vec{g} + \vec{N} = 0 \Rightarrow N = mg$. (максимальная) Сила трения скольжения $F_{ТР1} = \mu N = \mu mg$; По II закону Ньютона $F_{ТР1} = ma_n \Rightarrow \mu mg = ma_n \Rightarrow$

$\Rightarrow a_n = \mu g$.

$a_n = \frac{v^2}{R} \Rightarrow v = \sqrt{a_n R} = \sqrt{\mu g R}$.

$v = \omega R \Rightarrow \omega = \frac{v}{R}$;

$$T = \frac{0{,}25\cdot(2\pi)}{\omega} = \frac{\pi/2}{v/R} = \frac{\pi/2}{\sqrt{\mu g/R}} = \frac{\pi}{2\sqrt{\frac{\mu g}{R}}} \approx \frac{3{,}1416}{2\sqrt{\frac{0{,}8\cdot 10}{1{,}2}}} =$$

$$\approx \frac{3{,}1416}{5{,}2} \approx 0{,}6\text{ с}$$

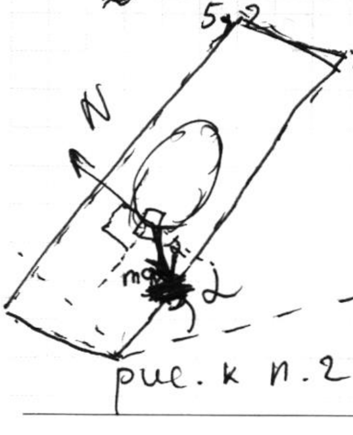


рис. к п.2

Рассмотрим ось, перпендикулярную плоскости движения модели и напр. вверх. ~~..~~ По II закону Ньютона:

$N - mg\cos\alpha = 0 \Rightarrow N = mg\cos\alpha$.

Макс. сила трения скольжения: $F_{ТР2max} = \mu N =$

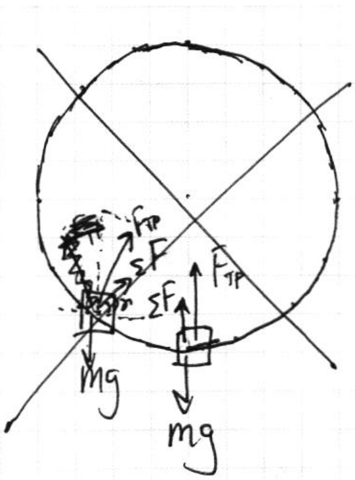
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$= \mu mg\cos\alpha$.

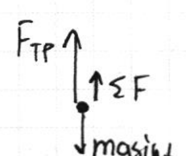
Поскольку модель движется равномерно, то 1) тангенциального ускорения нет; 2) нормальное ускорение $a_n^! = const$.

Отсюда по II закону Ньютона т.к. $m\vec{a}_n^! = const$, то $\Sigma F = const$ в любой момент времени.

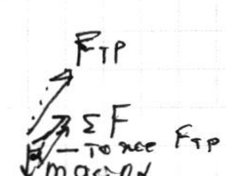
Рассмотрим момент времени, когда модель находилась в нижней точке окружности. По оси, перпендикулярной касательной к окр. в этой точке, и направленной вверх, действуют $mg\sin\alpha$ вниз и $F_{тр2} \leq F_{тр2max}$. При этом сила трения будет максимальна именно в этой точке, т.к. направление $mg\sin\alpha$ постоянно и напр. вниз по оси, направление же ΣF меняется, то есть:



~~При ... ΣF на ...~~



В данной т.



В откл. от данной точки точке

По теор. косинусов при увеличении косинуса угла α между ΣF и $mg\sin\alpha$ (что и происходит при отклонении от данной точки) противолежащая сторона, то есть $F_{тр}$, уменьшается.

II закон Ньютона для нижней точки окр-и и для оси, напр-ой вверх и перпендикулярной к касательной к окружности в нижней точке: ~~Но этой же оси будет в полной мере направлено нормальное уск-ие a_n~~

$$-mg\sin\alpha + F_{тр2max} = ma_n' \Rightarrow$$

$$\Rightarrow -g\sin\alpha + \mu g\cos\alpha = a_n' \Rightarrow$$

$$\Rightarrow a_n' = g(\cos\alpha - \sin\alpha)$$

~~[illegible]~~

$$a_n' = \frac{v_{max}^2}{R} \Rightarrow v_{max} = \sqrt{a_n' R} = \sqrt{g(\cos\alpha - \sin\alpha)R} =$$

$$= \sqrt{10\cdot\left(\frac{\sqrt{3}}{2}-\frac{1}{2}\right)\cdot 1{,}2}\ м/с \approx \sqrt{6(1{,}7-1)}\frac{м}{с} = \sqrt{4{,}2}\frac{м}{с} \approx 2{,}05\ м/с$$

Ответ: 1) $T = 0{,}6$ с

2) $v_{max} = 2{,}05$ м/с

$\boxed{№ 4}$

~~[illegible]~~ Примем за: p_{12} – давление в состояниях 1, 2;

p_3 – давление в состояниях 3;

V_1 – объем в состоянии 1;

V_{23} – объем в состояниях 2, 3, причем по условию $V_{23} = nV_1$.

Рассмотрим адиабатический процесс 3-1, в нем $pV^{\frac{5}{3}} = const \Rightarrow$

$$\Rightarrow p_3 V_{23}^{\frac{5}{3}} = p_{12} V_1^{\frac{5}{3}} \Rightarrow p_3 (nV_1)^{\frac{5}{3}} = p_{12} V_1^{\frac{5}{3}} \Rightarrow p_3 n^{\frac{5}{3}} V_1^{\frac{5}{3}} = p_{12} V_1^{\frac{5}{3}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow p_3 n^{\frac{5}{3}} = p_{12} \Rightarrow p_3 = \frac{p_{12}}{(\sqrt[3]{n})^5}.$$

Запишем уравнения Менделеева-Клапейрона для каждого из состояний: ① $p_{12}V_1 = \nu R T_1$;

② $p_{12}V_{23} = \nu R T_2 \Rightarrow n p_{12} V_1 = \nu R T_2$

③ $p_3 V_{23} = \nu R T_3 \Rightarrow \frac{n}{(\sqrt[3]{n})^5} p_{12} V_1 = \nu R T_3$

Также заметим, что газ получает от нагревателя теплоту

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

только в процессе 1-2, поскольку: 1) процесс 3-1 адиабатический по условию $\Rightarrow Q_{31} = 0$; 2) Процесс ~~2-3~~: поскольку $A_{23} = 0$ из-за $\Delta V = 0$, то по I з. термодинамики $Q_{23} = \Delta U_{23}$; $\Delta U_{23} =$
$= \frac{3}{2}\nu R(T_3 - T_2) = \frac{3}{2}(p_3 - p_{12})V_{23}$; $p_3 < p_{12} \Rightarrow p_3 - p_{12} < 0 \Rightarrow$
$\Rightarrow \Delta U_{23} < 0 \Rightarrow Q_{23} < 0 \Rightarrow$ газ в данном процессе теплоту отдает.

Запишем I закон термодинамики для процессов 1-2 и 3-1:

1-2: $Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$ (т.к. $p = const$ в 1-2)

$$Q_{12} = \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1) + p_{12}(V_{23} - V_1)$$

$$Q_{12} = \frac{3}{2}p_{12}(V_{23} - V_1) + p_{12}(V_{23} - V_1)$$

$$Q_{12} = \frac{5}{2}p_{12}(V_{23} - V_1)$$

$$Q_{12} = \frac{5}{2}p_{12}V_1(n-1)$$

3-1: $0 = \Delta U_{31} + A_{31}$

$$0 = \frac{3}{2}\nu R(T_1 - T_3) + A_{31}$$

$$A_{31} = -\frac{3}{2}(p_{12}V_1 - p_3V_{23})$$

$$A_{31} = -\frac{3}{2}p_{12}V_1\left(1 - \frac{n}{(\sqrt[3]{n})^5}\right).$$

$A_{12} = p_{12}(V_{23} - V_1)$, $A_{23} = 0$.

$$\eta = \frac{A_{газа}}{Q_{нагр}} = \frac{A_{12} + A_{23} + A_{31}}{Q_{12}} = \frac{p_{12}V_1(n-1) - \frac{3}{2}p_{12}V_1\left(1 - \frac{n}{(\sqrt[3]{n})^5}\right)}{\frac{5}{2}p_{12}V_1(n-1)} =$$

$$= \frac{n - 1 - \frac{3}{2}\left(1 - \frac{n}{(\sqrt[3]{n})^5}\right)}{\frac{5}{2}(n-1)} = \frac{47}{140} \approx 0,34.$$

Ответ: $\eta = \frac{47}{140} \approx 0,34$.

$\boxed{№3}$

Рассмотрим 3 состояния:

1-е состояние – ~~[illegible]~~ исходное – шайба находилась в т. А.

2-е состояние – шайба находится в нижней точке углубления;

3-е состояние – шайба останавливается на высоте $H = \frac{2R}{3}$ от нижней точки;

При этом очевидно, что в процессе 1-2 ~~бру~~ брусок был неподвижен.

Запишем: 1) Закон сохранения энергии для процесса 1-2 для системы „брусок + шайба":

$mgR = \frac{mu^2}{2}$, где u – скорость шайбы в состоянии №2.

2) Закон сохранения импульса для системы „брусок+шайба" для процесса 2-3 по оси, напр. вправо и параллельной горизонтальной поверхности (применять можем, т.к. на систему по данной оси не действуют внешние силы):

$mu = M\vartheta$, где ϑ – скорость бруска в сост. №3.

3) Закон сохранения энергии для процесса 2-3 для системы „брусок + шайба":

$\frac{mu^2}{2} = \frac{M\vartheta^2}{2} + mg \cdot \frac{2R}{3} + \cancel{\frac{m\vartheta^2}{2}}$

~~Из записанных выше законов следует, что:~~

$\cancel{mgR = \frac{M\vartheta^2}{2} + \frac{2}{3}mgR + \frac{m\vartheta^2}{2} \Rightarrow \frac{1}{3}mgR = \frac{1}{2}M\vartheta^2 \Rightarrow \frac{1}{3}mgR = \frac{1}{2}M\frac{m^2u^2}{M^2} \Rightarrow}$

$\cancel{\Rightarrow \frac{1}{3}mgR = \frac{1}{2}\frac{m^2u^2}{M} \Rightarrow \frac{1}{3}gR = \frac{1}{2}\frac{mu^2}{M} \Rightarrow \frac{1}{3}gR = \frac{mgR}{M} \Rightarrow}$

$\cancel{\Rightarrow M = 3m.}$

~~Максимальная скорость бруска будет получена при его макс. кинетической энергии => минимальной полной энергии~~

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~~шайбы (по закону сохранения энергии, т.к. $E_{к(бруска)} + E_{полн(шайбы)} = const$ и $E_{p(бруска)} = 0 = const$). Это произойдет, когда шайба остановится в нижней точке углубления~~

Из записанных выше законов следует, что

$$mgR = \frac{Mv^2}{2} + \frac{2}{3}mgR + \frac{mv^2}{2} \Rightarrow \frac{1}{3}mgR = \frac{(M+m)v^2}{2};$$

$$mu = Mv \Rightarrow v = \frac{mu}{M};$$

$$\frac{1}{3}mgR = \frac{(M+m)v^2}{2} \Rightarrow \frac{1}{3}mgR = \frac{(M+m)m^2u^2}{2M^2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{1}{3}gR = \frac{(M+m)mu^2}{2M^2} \Rightarrow \frac{1}{3}gR = \frac{(M+m)mgR}{M^2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{1}{3} = \frac{(M+m)m}{M^2} \Rightarrow 3(M+m)m = M^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 3Mm + 3m^2 = M^2 \Rightarrow M^2 - 3Mm - 3m^2 = 0.$$

$$D = \sqrt{9m^2 + 4\cdot 3m^2} = \sqrt{21}\,m$$

$$M = \frac{3m + \sqrt{21}\,m}{2}$$

Ответ: 1) $M = \frac{3+\sqrt{21}}{2}m$.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$20/3 = 6{,}67$

$25 \cdot 25 = 625$ $\quad 2\sqrt{\frac{20}{3}}$

№ 1

Максимальная высота полета при броске под углом к горизонту: $H = v_{0y} \cdot \tau - \frac{g\tau^2}{2} = v_0 \sin\alpha \cdot \frac{v_0 \sin\alpha}{g} - g\frac{\frac{v_0^2 \sin^2\alpha}{g^2}}{2} = \frac{v_0^2 \sin^2\alpha}{2g}$ (где v_{0y} – проекция нач. скорости камня на ось, напр. от поверхности перпендикулярно к ней, τ – время полета до максимальной высоты).

$H = \frac{v_0^2 \sin^2\alpha}{2g} \Rightarrow v_0 = \frac{\sqrt{2gH}}{\sin\alpha} = \frac{\sqrt{2 \cdot 10 м/с^2 \cdot 10 м}}{\frac{\sqrt{2}}{2}} = \frac{10\sqrt{2}}{\frac{\sqrt{2}}{2}} м/с = 20 м/с$.

Далее заметим, что скорость в точках на одинаковой высоте будет одинакова как по модулю, так и по направлению, поскольку 1) на протяжении броска горизонтальная составляющая скорости постоянна, т.к. параллельно поверхности на камень не действуют никакие силы;

2) Высота между точками на одинак. высоте и макс. высотой будет равна => время от 1-й такой точки до точки с макс. высотой будет равно времени от точки с макс. высотой до 2-й точки на той же высоте, что и 1-я точка => скорости в этих точках (1-я и 2-я на одной высоте) будут равны.

Введем ось OY, перпендикулярную поверхности, и напр. вверх. За точку отсчета примем саму поверхность.

Выразим $h = \frac{(v_1 \sin\beta)^2 - (v_0 \sin\alpha)^2}{2g}$, где v_1 – скорость

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № (Нумеровать только чистовики)

в точке падения камня на горизонтальную крышу;
Выразим горизонтальную составляющую скорости камня: 1) Точка броска: $v_x = v_0 \cos\alpha$

2) Точка падения: $v_x = v_1 \cos\beta \Rightarrow \cancel{v_1 = \frac{v_x}{\cos\beta} = \frac{v_0 \cos\alpha}{\cos\beta}}$.

~~Подставим v_1 в формулу для h, написанную выше:~~

$$\cancel{h = \frac{(v_1 \sin\beta)^2 - (v_0 \sin\alpha)^2}{2g}} \Rightarrow$$

$$\cancel{\Rightarrow h = \frac{\left(\frac{v_0 \cos\alpha \sin\beta}{\cos\beta}\right)^2 - (v_0 \sin\alpha)^2}{2g}} \Rightarrow$$

$$\cancel{\Rightarrow h = \frac{v_0^2}{2g}\left(\frac{\cos^2\alpha \sin^2\beta}{\cos^2\beta} - \sin^2\alpha\right)} \Rightarrow$$

$$\cancel{\Rightarrow h = \frac{v_0^2}{2g}\left(\cos^2\alpha\, tg^2\beta - \sin^2\alpha\right)} \Rightarrow$$

$$\cancel{\Rightarrow \cos^2\alpha\, tg^2\beta - \sin^2\alpha = \frac{2gh}{v_0^2}}$$

№4

Ур. М.-К.: $p_{12}V_1 = \nu RT_1$ $\qquad \frac{V_{23}}{V_1} = n = 8$

$p_{12}V_{23} = \nu RT_2$

$p_3 V_{23} = \nu RT_3$

Т.к. $pV^{\frac{5}{3}} = const$ в 3-1, то $p_{12}V_1^{\frac{5}{3}} = p_3 V_{23}^{\frac{5}{3}}$ отсюда можно найти p_3

I ЗТ: (1-2): $Q = \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1) + p_{12}(V_{23} - V_1)$

$Q = \frac{3}{2}p_{12}(n-1)V_1 + \underbrace{p_{12}V_1(n-1)}$

$Q = \frac{5}{2}p_{12}(n-1)V_1$

(3-1): $0 = \frac{3}{2}\nu R(T_1 - T_3) + A_{газа\,31}$

$\eta = \frac{A_{газа}}{Q_{получ}}$

$A_{газа31} = -\frac{3}{2}(p_{12}V_1 - p_3V_{23})$

$A_{газа31} = -\frac{3}{2}V_1(p_{12} - np_3)$

$14 - 2\frac{29}{32}$

$p_{12}V_1^{\frac{5}{3}} = p_3\, n^{\frac{5}{3}} V_1^{\frac{5}{3}}$

$\boxed{11\frac{3}{32}}$

$p_{12} = p_3 n^{\frac{5}{3}}$.

$$\begin{array}{r} 35 \\ \times\ 32 \\ \hline 70 \\ 105 \\ \hline 1120 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 11 \\ \times\ 32 \\ \hline 22 \\ 33 \\ \hline 352 \end{array}$$

$p_3 = \frac{p_{12}}{n^{\frac{5}{3}}}$.

$1120 \mid 355$

$\frac{5\frac{7}{8}}{17\frac{1}{2}}$

$355 \,|\, 1120 \,|\, 0,316$

$A_{газа\,31} = -\frac{3}{2}V_1\left(p_{12} - n\frac{p_{12}}{n^{\frac{5}{3}}}\right) = -\frac{3}{2}p_{12}V_1\left(1 - \frac{1}{n^{\frac{5}{3}}}\right)$

$$\begin{array}{r} 3550 \\ 3360 \\ \hline 1900 \\ 1120 \\ \hline 7800 \\ 6720 \\ \hline 1080 \end{array}$$

$\eta = \frac{\frac{5}{2}p_{12}(n-1)V_1}{p_{12}V_1(n-1) - \frac{3}{2}p_{12}V_1\left(1 - \frac{1}{n^{\frac{5}{3}}}\right)}$ $\qquad \frac{7 - \frac{9}{8}}{\left(\frac{5\cdot 7}{2}\right)}$ $\qquad \frac{3}{4}\cdot\frac{3}{2}$ $\qquad \frac{31\cdot 3}{32\cdot 2}$

$\eta = \frac{\frac{5}{2}(n-1)}{n-1-\frac{3}{2}\left(1-\frac{1}{n^{\frac{5}{3}}}\right)} = \frac{\frac{5}{2}\cdot 7}{7 - \frac{3}{2}\left(1 - \frac{1}{32}\right)}$ $\qquad \frac{93}{64}$ $\qquad \frac{47/8}{35/2}$ $\qquad \frac{8}{32}$

$\boxed{\eta \approx 0,817}$

$\frac{35/2}{7 - 93/64} = \frac{35}{14 - 93/32} = \frac{35}{11\frac{3}{32}} = \frac{1120}{355}$ $\qquad 0,75\cdot\frac{3}{2}$ $\qquad \frac{47/8}{140/8}$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

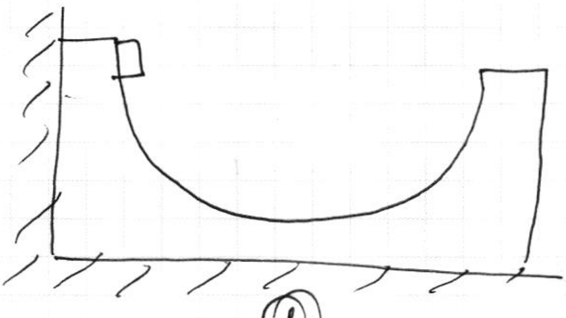
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

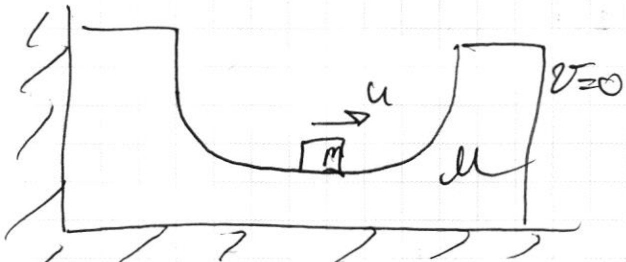
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

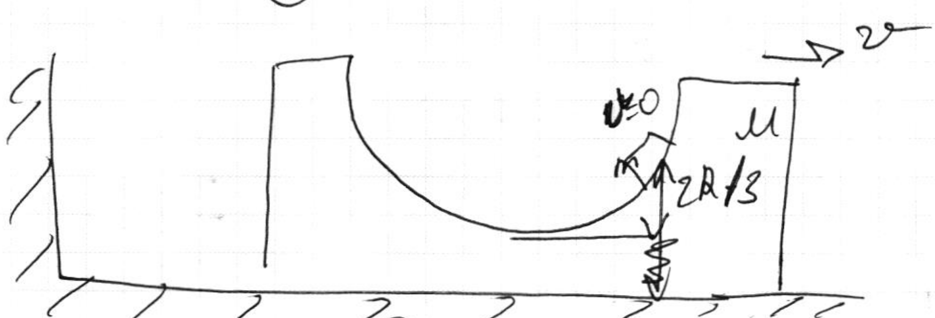
№3



1



2



3

(2-3) ЗСИ: $mu = Mv \Rightarrow v = \frac{mu}{M}$

ЗСЭ для сист. брусок + шайба: $\frac{mu^2}{2} = \frac{Mv^2}{2} + mg \cdot \frac{2R}{3}$

(1-2) ЗСЭ: $mgR = \frac{mu^2}{2}$

Отсюда: $mgR = \frac{Mv^2}{2} + \frac{2}{3} mgR$

$\frac{1}{3} mgR = \frac{1}{2} Mv^2$

$\frac{1}{3} mgR = \frac{1}{2} \frac{Mm^2u^2}{M^2}$ $\qquad \frac{1}{3} mgR = \frac{1}{2} \frac{m^2u^2}{M}$

$2gR = 3\frac{mu^2}{M}$ $\qquad \cancel{2}gR = 3\frac{\cancel{2}mgR}{M} \Rightarrow \cancel{gR} = \frac{3m\cancel{gR}}{M}$

$\boxed{M = 3m}$

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

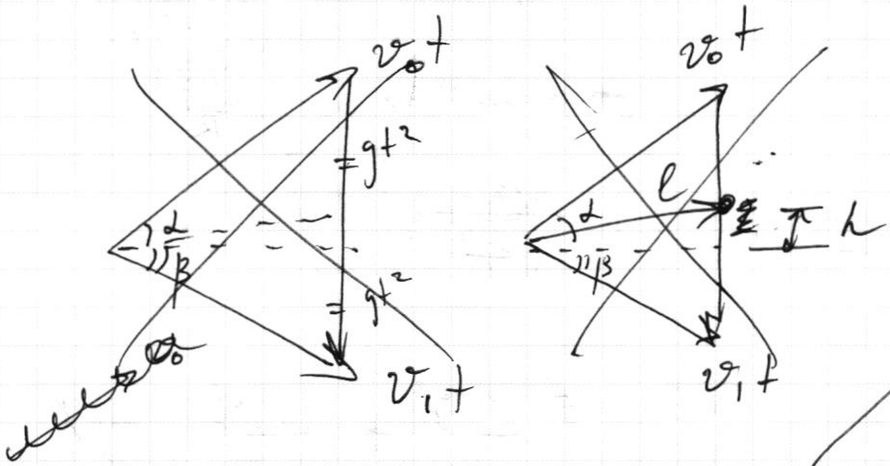
Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\boxed{№ 1}$ $\frac{v_0^2\sin^2\alpha}{g} - \frac{v_0^2\sin^2\alpha}{2g}$ $v_y t - \frac{gt^2}{2}$ $v_0\sin\alpha \cdot \frac{v_0\sin\alpha}{g} - \frac{v_0^2\sin^2\alpha}{2g}$

$$H_{max} = \frac{v_0^2\sin^2\alpha}{2g} \qquad v_0 = \sqrt{\frac{2gH}{\sin^2\alpha}} = \frac{\sqrt{2gH}}{\sin\alpha} =$$

$$= \frac{10\sqrt{2}}{\frac{\sqrt{2}}{2}} = 20 \text{ м/с}$$



$$\sqrt{1 - \frac{1}{2}\left(1 - \frac{7}{10}\right)}$$

$$\sqrt{1 - \frac{3}{20}}$$

$$\cos\beta = \sqrt{\frac{17}{20}}$$

$$h = \frac{(v_0\sin\beta)^2 - (v_0\sin\alpha)^2}{-2g}$$

$$h = \frac{v_0^2(\sin^2\beta - \sin^2\alpha)}{-2g}$$

$$2gh = v_0^2(\sin^2\alpha - \sin^2\beta)$$

$$\frac{2gh}{v_0^2} = \sin^2\alpha - \sin^2\beta$$

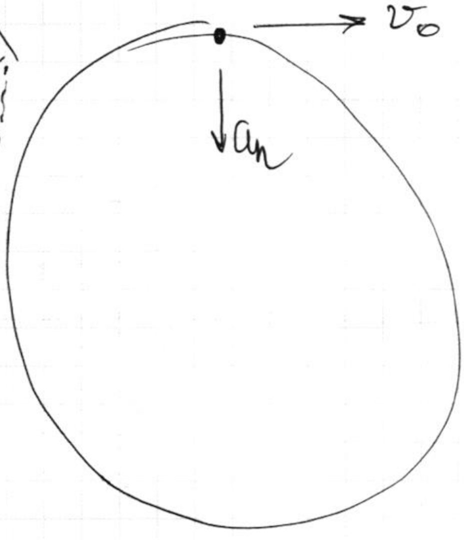
$$\sin\beta = \sqrt{\sin^2\alpha - \frac{2gh}{v_0^2}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \sin\beta = \sqrt{\sin^2\alpha - \frac{h\sin^2\alpha}{H}}$$

$$\sin\beta = \sin\alpha\sqrt{1 - \frac{h}{H}}$$

$$\cos\beta = \sqrt{1 - \sin^2\beta} = \sqrt{1 - \sin^2\alpha\left(1 - \frac{h}{H}\right)} =$$

№2 $(H-h) = \frac{v_1^2 - v_0^2}{-2g} = \frac{v_0^2 - v_1^2}{2g}$



$N = mg$

$F_{трск} = \mu N = \mu mg$

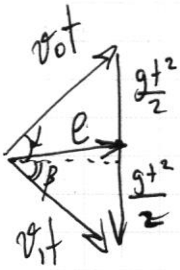
$F_{трск} = ma \Rightarrow$

$\Rightarrow a_n = \mu g$

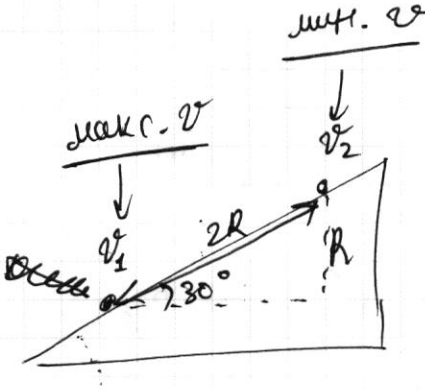
$a_n = \frac{v^2}{R} \Rightarrow v = \sqrt{a_n R} =$

$= \sqrt{\mu g R}$

$v = \omega R \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{\mu g}{R}}$

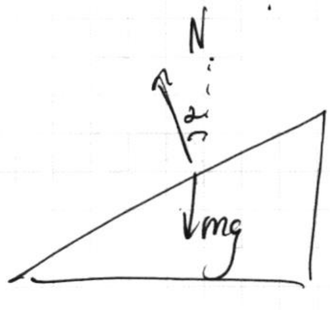


$T = \frac{\pi/2}{\sqrt{\frac{\mu g}{R}}}$	1



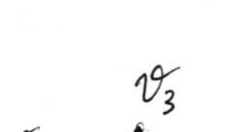
ЗСЭ: $\frac{mv_1^2}{2} = \frac{mv_2^2}{2} + mgR$.

$v_1^2 = v_2^2 + gR$.



$mg = N\cos\alpha \Rightarrow N = \frac{mg}{\cos\alpha}$

$\vec{F}_{трск} + m\vec{g} = m\vec{a}$



mg не будет изменять a_n, т.к. напр. перпенд-но ему. Аналогично для N. То есть, образовывать a_n будет только $F_{тр} = \frac{\mu mg}{\cos\alpha}$

$a_n = \frac{v^2}{R} = \frac{\mu g}{\cos\alpha}$

$$mgR = \frac{M v_{max}^2}{2}$$

$$v_{max} = \sqrt{\frac{2mgR}{M}} = \sqrt{\frac{2gR}{3}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

к № 2 : $a_n = \frac{v^2}{R}$ $a_\tau = 0$

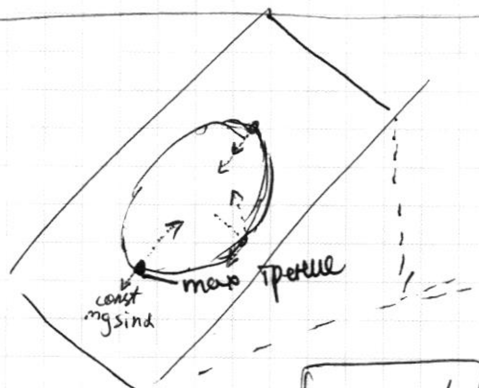
$5 \cdot 1,2 = 6$

$\sqrt{\frac{10}{2}(\sqrt{3}-1)\cdot 1,2}$

$\sqrt{6(\sqrt{3}-1)}$

$\sqrt{6 \cdot 0,7}$

$E_{k(ш)} + E_{p(ш)} + E_{k(б)} = const$ $E_{k(б)}$ max при $E_{k(ш)} + E_{p(ш)} = 0$



$1,8 \cdot 1,8 = 3,24$ $1,7 \cdot 1,7 = 2,89$ $\sqrt{4,2}$

$2,1 \cdot 2,1 = 4,41$ $205 \cdot 205 = 4,2025$

N

α

mg

$\boxed{N = const}$
$\boxed{mg = const}$ при рассм-ии оси ⊥ накл. плоскости

$\boxed{mg\cos\alpha = N}$

$F_{тр} = \mu mg\cos\alpha$

$\Sigma F - F_{тр} = const$

mg