Олимпиада «Физтех» по физике 2022

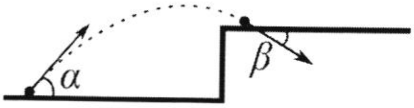
Класс 10

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.

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/с^2. Силу сопротивления воздуха считайте пренебрежимо малой.

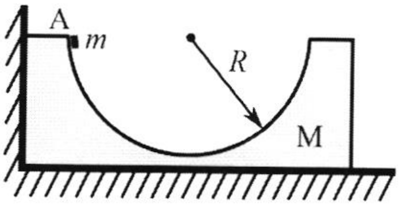
2. Модель автомобиля равномерно движется по окружности радиуса $R = 1,2$ м, лежащей в горизонтальной плоскости. Модель приводится в движение двигателем. Коэффициент трения скольжения шин модели по поверхности $\mu = 0,8$, ускорение свободного падения $g = 10$ м/с^2. Силу сопротивления считайте пренебрежимо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

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

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 $\mu = 0,8$.

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 А с нулевой начальной скоростью скользит шайба массы m. Через некоторое время шайба достигает максимальной высоты $H = \dfrac{2R}{3}$, отсчитанной от нижней точки полусферы.

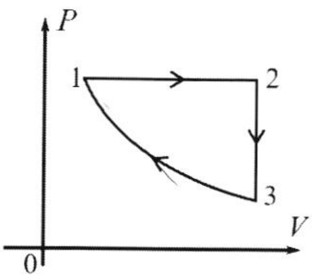


1) Найдите массу M бруска.

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

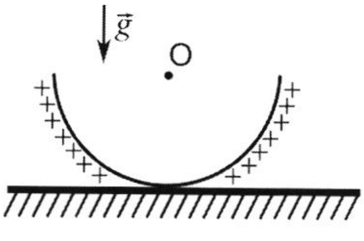
3) С какой по величине силой P брусок действует на горизонтальную поверхность в тот момент, когда его скорость V_{MAX}? Ускорение свободного падения g.

4. С одноатомным 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* $PV^{\frac{5}{3}} = const$.

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 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 О? Ускорение свободного падения g.

Явлениями поляризации пренебрегите.

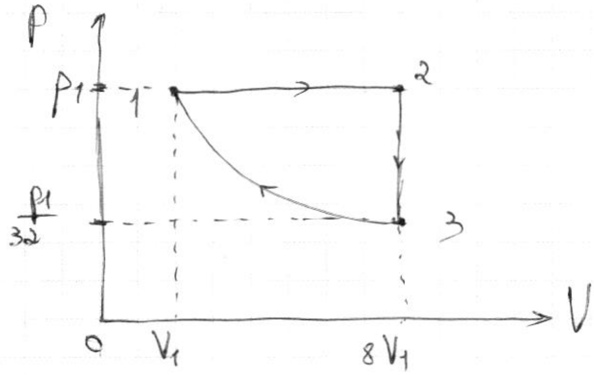
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4.

$i=3$

$n=8$; $V_2 = nV_1 = 8V_1$.

$pV^{\frac{5}{3}} = const$ - при адиабатном процессе



$Q = \Delta U + A$

$U = \frac{i}{2}\nu RT = \frac{3}{2}\nu RT$

$pV = \nu RT \Rightarrow U = \frac{3}{2}pV$.

$p_2 = p_1$

$V_2 = V_3 = 8V_1$

$p_3 V_3^{\frac{5}{3}} = p_1 V_1^{\frac{5}{3}}$

$p_3 \cdot 8^{\frac{5}{3}} \cdot \cancel{V_1^{\frac{5}{3}}} = p_1 \cancel{V_1^{\frac{5}{3}}} \Rightarrow$

$\Rightarrow p_3 = \frac{p_1}{8^{\frac{5}{3}}} = \frac{p_1}{2^{3\cdot\frac{5}{3}}} = \frac{p_1}{2^5} = \frac{p_1}{32}$

$Q_{31} = 0$, т.к. процесс адиабатный

$Q_{12} = \frac{3}{2}(p_2V_2 - p_1V_1) + \underbrace{p_1(V_2 - V_1)}_{=A_{12}} =$

$= \frac{3}{2}p_1 \cdot 7V_1 + p_1 \cdot 7V_1 =$

$= p_1V_1\left(\frac{7\cdot 3}{2} + 7\right) = p_1V_1 \frac{21+14}{2} =$

$= 17{,}5\ p_1V_1$.

$Q_{23} = \frac{3}{2}(p_3V_3 - p_2V_2) + 0. =$

$= \frac{3}{2}\left(\frac{p_1 \cdot 8V_1}{32} - p_1 \cdot 8V_1\right) =$

$= \frac{3}{2}p_1V_1\left(\frac{1}{4} - 8\right) =$

$= \frac{3}{2}p_1V_1 \frac{1-32}{4} = -\frac{3\cdot 31\, p_1V_1}{8} =$

$= -\frac{93 p_1V_1}{8}$

$Q_{31} = \frac{3}{2}(p_1V_1 - p_3V_3) + A_{31} \Rightarrow$

$\Rightarrow A_{31} = \frac{3}{2}(p_3V_3 - p_1V_1) = -\frac{9}{8}p_1V_1 < 0 \Rightarrow$

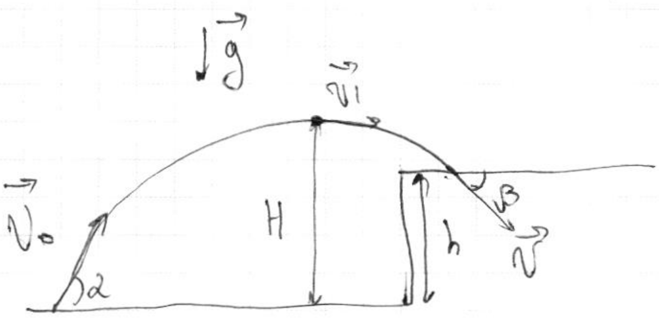
$\Rightarrow$ над газом совершали работу

$\eta = \frac{A_{пол}}{A_{затр}} = \frac{A_{12}}{Q_{12} + |A_{31}|} = \frac{7p_1V_1}{\frac{35}{2}p_1V_1 + \frac{9}{8}p_1V_1} = \frac{7}{\frac{35}{2} + \frac{9}{8}} = \frac{56}{149} \approx 0{,}375$

$\eta = 37{,}5\%$

Ответ: $\eta = 37{,}5\%$.

№1



$\alpha = 45°$

$H = 10$ м

$h = 7$ м.

$t_{под} = \frac{v_0 \sin\alpha}{g}$

$H = \frac{g t_{под}^2}{2} = \frac{g}{2} \cdot \frac{v_0^2 \sin^2\alpha}{g^2} = \frac{v_0^2 \sin^2\alpha}{2g} \Rightarrow$

$\Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{2gH}{\sin^2\alpha}} = \frac{\sqrt{2gH}}{\sin\alpha}$

$v' = v_0 \cos\alpha$.

$v_0 = \frac{\sqrt{2 \cdot 10 \cdot 10} \cdot 2}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2} \cdot 10 \cdot 2}{\sqrt{2}} = 20 \frac{м}{с}$.

$v_0 \cos\alpha = v \cdot \cos\beta \Rightarrow \cos\beta = \cos\alpha \cdot \frac{v_0}{v}$.

Закон сохранения энергии:

$mgH + \frac{mv_1^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + mgh$.

$2gH + v_1^2 = v^2 + 2gh$

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

$= \sqrt{2g\left(H - h + H \cdot ctg^2\alpha\right)}$

$\cos\beta = \cos\alpha \cdot \frac{\sqrt{2gH}}{\sin\alpha \cdot \sqrt{2g(H-h+H \cdot ctg^2\alpha)}} = ctg\alpha \cdot \sqrt{\frac{H}{H - h + H \cdot ctg^2\alpha}} =$

$= \sqrt{\frac{H}{2H - h}} = \sqrt{\frac{10}{13}}$

Ответ: $v_0 = 20 \frac{м}{с}$; $\cos\beta = \sqrt{\frac{10}{13}}$

☐ 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

$\alpha = 30°$

$R = 1{,}2$ м.

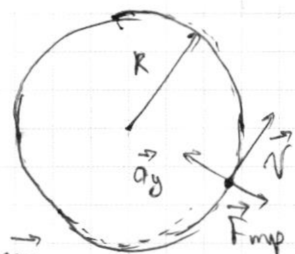
$\mu = 0{,}8$

$T_{min} = \frac{2\pi R}{4 \cdot v} = \frac{\pi R}{2v} \Rightarrow$

$\Rightarrow v = \frac{\pi R}{2T_{min}}$.

№2.

1)



$\vec{F}_{mp} + m\vec{g} + \vec{N} = m\vec{a_y}$

$Oy: \quad mg = N$

$F_{mp} = \mu N = \mu mg$.

$O+: \quad F_{mp} = ma_y$

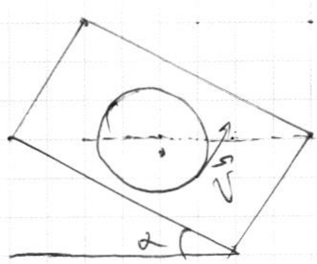
$\cancel{\mu mg = ma_y}$ $\mu mg = ma_y = \frac{v^2}{R}$.

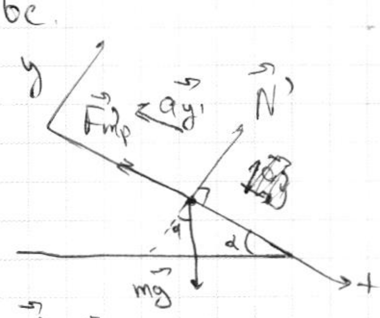
$\mu g = \frac{\pi^2 R^2}{4T_{min}^2 \cdot R} \Rightarrow$

$\Rightarrow T_{min} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot R}{4 \cdot \mu g}} = \frac{\pi}{2} \cdot \sqrt{\frac{R}{\mu g}}$

$T_{min} \approx 0{,}6$с.

2)





$\vec{F'_{mp}} + \vec{N'} + m\vec{g} = m\vec{a_y'}$

$O+: F'_{mp} = ma_y' + mg\sin\alpha$.

$F'_{mp} = \mu N' = \mu mg\cos\alpha$.

$Oy: N' = mg\cos\alpha$

$\cancel{\mu mg\cos\alpha = m\frac{v'^2}{R}}$ $\mu g\cos\alpha - g\sin\alpha = \frac{v'^2}{R}$

$\cancel{\mu g\cos\alpha}$ $\sqrt{g(\mu\cos\alpha - \sin\alpha)R} = v'$

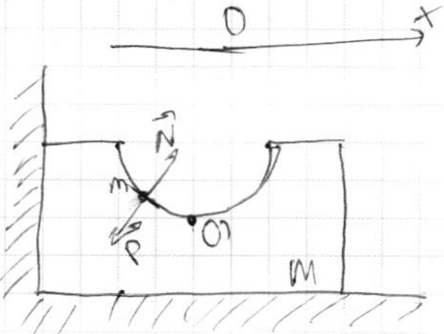
$v' \approx 0{,}5\frac{м}{с} = v_{max}$

Ответ: $T_{min} \approx 0{,}6$с; $v_{max} \approx 0{,}5\frac{м}{с}$.

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

№3.

$H = \frac{2R}{3}, R, m$

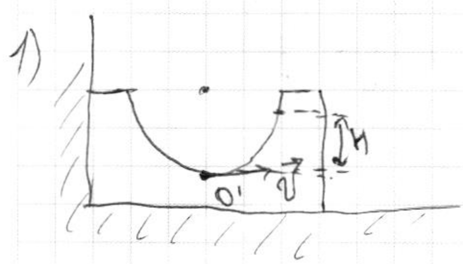


~~Док~~

До того, как шайба не достигнет точки O' брусок не будет двигаться, т.к. проекция равнодействующей на ось Ox будет отрицательной за счет того, что вектор $\vec{P}$ будет направлен влево и вниз.

∡ шайбу в точке O':

1)



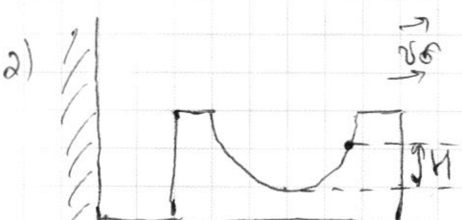
Закон сохр. энергии:

$$mgR = \frac{mV^2}{2} \Rightarrow V = \sqrt{2gR}$$

Теорема об изм. имп. сист. мат. точек:

$$\frac{\Delta \vec{p_c}}{\Delta t} = \vec{F}$$

2)



$$\frac{\Delta p_x}{\Delta t} = 0 \Rightarrow \Delta p_x = 0$$

$$\cancel{p_{c2x} - p_{c1x} = 0}$$

$$p_{c2x} - p_{c1x} = 0$$

$$mV_б + MV_б = mV$$

$$V_б(m+M) = mV \Rightarrow V_б = \frac{m}{m+M}V$$

Закон сохр. энергии:

$$\frac{mV^2}{2} = mgH + \frac{mV_б^2}{2} + \frac{MV_б^2}{2}$$

$$mV^2 = 2mgH + V_б^2(m+M)$$

$$mV^2 = 2mgH + \frac{m^2V^2}{m+M}$$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

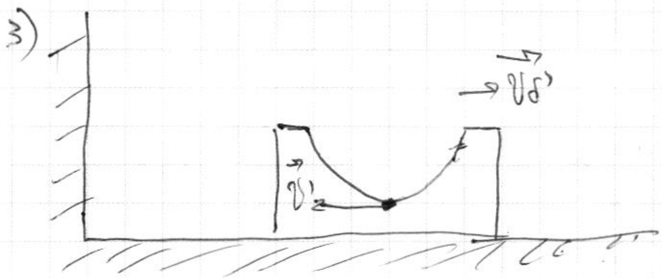
$$mV^2(m+M) = 2mgH(m+M) + m^2V^2$$

$$\cancel{m^2V^2} + mMV^2 = 2m^2gH + 2mMgH + \cancel{m^2V^2}$$

$$\cancel{m}M(V^2 - 2gH) = 2m^{\cancel{2}}gH \Rightarrow M = \frac{2mgH}{V^2 - 2gH} = m\cdot\frac{2g\cdot 2R}{3\left(2gR - \frac{4gR}{3}\right)} =$$

$$= m\cdot\frac{4gR}{6gR - 4gR} = 2m. \; ; \boxed{M = 2m}$$

3)



$\Delta p_{cx}' = 0$:

$\cancel{mV_б + MV_б}$

$$MV_б' - mV' = mV_б + MV_б = mV.$$

$$MV_б' - mV' = mV \Rightarrow$$

$$2\cancel{m}V_б' - \cancel{m}V' = mV.$$

$$2V_б' - V' = V \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V' = 2V_б' - V.$$

Закон сохр. энергии:

$$mgH + \frac{mV_б^2}{2} + \frac{MV_б^2}{2} = \frac{mV'^2}{2} + \frac{MV_б'^2}{2} = \frac{mV^2}{2}.$$

$$2mgH + mV_б^2 + MV_б^2 = mV'^2 + MV_б'^2 = mV^2.$$

$$mV'^2 + MV_б'^2 = mV^2$$

$$\cancel{m}V'^2 + 2\cancel{m}V_б'^2 = \cancel{m}V^2 \Rightarrow V'^2 + 2V_б'^2 = V^2.$$

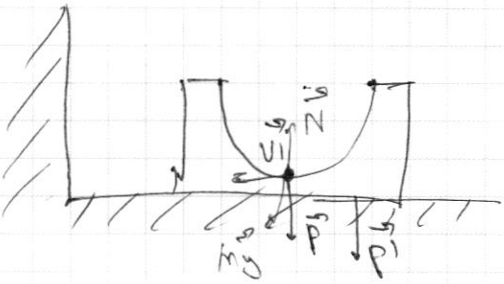
$$(2V_б' - V)^2 + 2V_б'^2 = V^2.$$

$$4V_б'^2 - 4V_б'V + \cancel{V^2} + 2V_б'^2 = \cancel{V^2}.$$

$$6V_б'^2 - 4V_б'V = 0.$$

$$V_б'(6V_б' - 4V) = 0 \Rightarrow V_б' = \frac{4V}{6} = \frac{2V}{3} = \frac{2\sqrt{2gR}}{3}.$$

$$V' = \frac{4\sqrt{2gR}}{3} - \sqrt{2gR} = \frac{\sqrt{2gR}}{3}.$$



$N - mg = ma_y$.

$P = m(a_y + g)$

$a_y = \frac{V'^2}{R} = \frac{2gR}{9 \cdot R} = \frac{2g}{9}$.

$P = m\left(g + \frac{2g}{9}\right) = m\,\frac{9g + 2g}{9} =$

$= m \cdot \frac{11}{9} g$.

$\vec{P'} = \vec{P_б} + \vec{P}$

$P' = Mg + \frac{11}{9} mg = 2mg + \frac{11}{9} mg =$

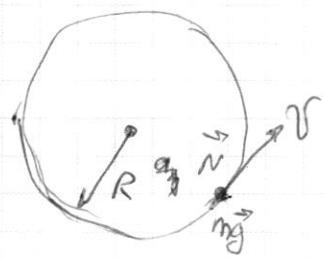
$= \frac{18 mg}{9} + \frac{11 mg}{9} = \frac{29}{9} mg$.

Ответ: $M = 2m$; $V_{max} = \frac{2}{3}\sqrt{2gR}$; $P' = \frac{29}{9} mg$.

№2.

$R = 1{,}2 м$.

$\mu = 0{,}8$



$N = mg$.

$F_{тр} = \mu N = \mu mg$.

$0{,}8 \cdot 10 \cdot 1{,}2$.

$\mu mg = ma_y$.

$l = 2\pi R$ $\qquad \mu g = a_y = \frac{V^2}{R} \Rightarrow V^2 = \mu g R \;;\; V = \sqrt{\mu g R}$.

$T_{min} = \frac{2\pi R}{4 \cdot \sqrt{\mu g R}} = \sqrt{\frac{4\pi^2 R^2}{16 \mu g R}} = \frac{\pi \sqrt{R}}{2 \cdot \sqrt{\mu g}}$

$T_{min} = \frac{3{,}14}{2} \cdot \sqrt{\frac{1{,}2}{0{,}8 \cdot 10}} =$

$= \frac{3{,}14}{2} \cdot \sqrt{\frac{3}{20}} = 3{,}14 \sqrt{\frac{4 \cdot 3}{20 \cdot 5}} = 3{,}14 \cdot \sqrt{0{,}6} =$

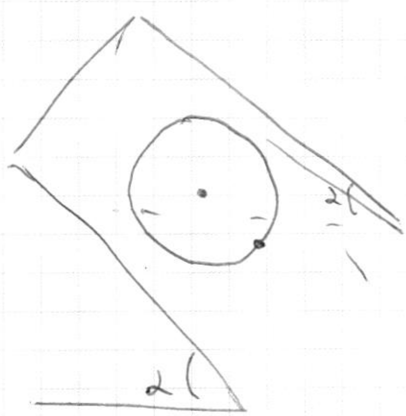
$9{,}8596 \cdot 6 = 59{,}1576$

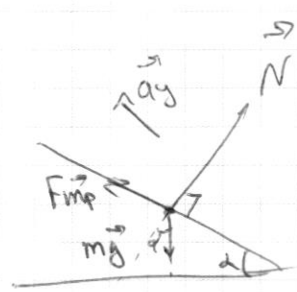
$5{,}91576$.

$314 \cdot 6 = 1{,}884$

$314 \cdot 314 = 9{,}8596$

$\alpha = 30^\circ$





$N = mg\cos\alpha$.

$F_{тр} - mg\sin\alpha = ma_y$.

$\mu mg\cos\alpha - mg\sin\alpha = ma_y$

$\mu g\cos\alpha - g\sin\alpha = a_y$.

$\frac{V_{max}^2}{R} = g(\mu\cos\alpha - \sin\alpha)$.

$V_{max} = \sqrt{gR(\mu\cos\alpha - \sin\alpha)}$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

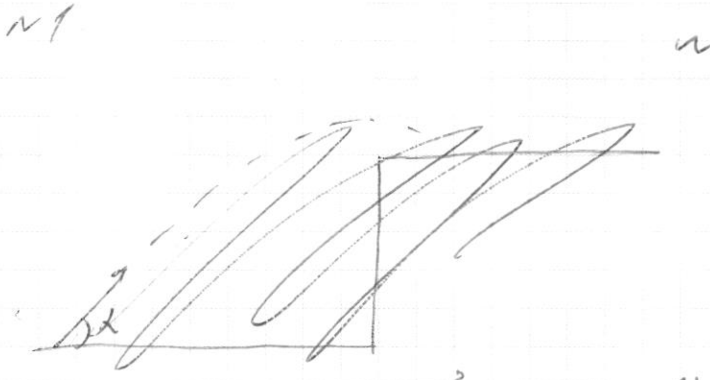
№1

$\alpha = 45^\circ$

V_0

$H = 10$ м

$h = 7$ м.



$t_{под} = \frac{V_0 \sin\alpha}{g}$

$H = \frac{g t_{под}^2}{2} = \frac{g}{2} \cdot \frac{V_0^2 \sin^2\alpha}{g^2} =$

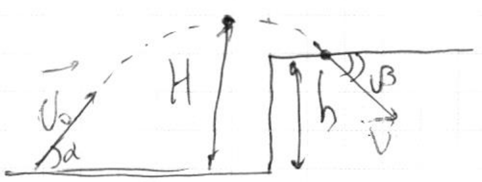
$= \frac{V_0^2 \sin^2\alpha}{2g} \Rightarrow$

$\Rightarrow V_0 = \sqrt{\frac{2gH}{\sin^2\alpha}} = \frac{\sqrt{2gH}}{\sin\alpha}$

$V_0 = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 10} \cdot \frac{2}{\sqrt{2}}$ $\quad \frac{10 \cdot 2 \cdot \sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 20 \frac{м}{с}$.

$\frac{mV_0^2}{2} = mgH + \frac{mV_0^2\cos^2\alpha}{2}$.

$V_0^2 = 2gH + V_0^2\cos^2\alpha$.



$V_0^2(1-\cos^2\alpha) = 2gH \Rightarrow$

$\Rightarrow H = \frac{V_0^2 \sin^2\alpha}{2g}$.

$mg(H-h) + \frac{mV_0^2\cos^2\alpha}{2} = \frac{mV^2}{2}$.

$2g(H-h) + V_0^2\cos^2\alpha = V^2$.

$V_0\cos\alpha = V \cdot \cos\beta$

$\cos\beta = \frac{V_0 \cos\alpha}{V}$

$V = \sqrt{2g(H-h) + V_0^2\cos^2\alpha}$

$V = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 3 + 20^2 \cdot \frac{2}{4}} =$

$= \sqrt{20 \cdot 3 + 20 \cdot 20 \cdot \frac{1}{2}} = \sqrt{20 \cdot 3 + 20 \cdot 10} =$

$= \sqrt{20 \cdot 13} = 2\sqrt{5 \cdot 13} = 2\sqrt{65}$

$\cos\beta = \frac{20 \cdot \sqrt{2}}{2 \cdot 2\sqrt{65}} =$

$= \sqrt{\frac{20 \cdot 20 \cdot 2}{4 \cdot 4 \cdot 65}} = \sqrt{\frac{20 \cdot 10}{4 \cdot 65}} =$

$= \sqrt{\frac{5 \cdot 10}{65}} = \sqrt{\frac{10}{13}}$

224 | 5,51

1345 ... 1120 ... 1145 ... 1120 ... 250 ... 224

0,55

1,57 ... 1,785 ... 1,3345

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$H = \frac{2R}{3}$

$\frac{\Delta \vec{P_c}}{\Delta t} = \vec{0} \Rightarrow P_c = P_{2c}$

$v = \sqrt{2gR}$

$$\begin{cases} mV = MV_б \Rightarrow V_б = \frac{mV}{M} \\ mV^2 = 2mgH + MV_б^2 \end{cases}$$

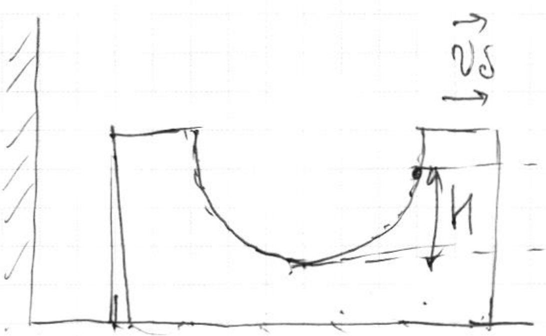
$mV^2 = 2mgH + M \cdot \frac{m^2V^2}{M^2} = 2mgH + \frac{m^2V^2}{M}$

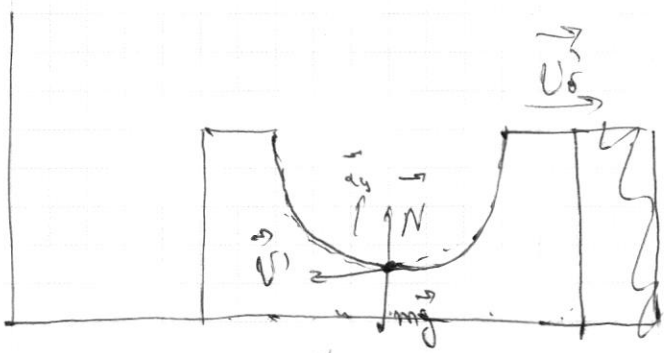
$mV^2 = 2mgH + \frac{m^2V^2}{M}$

$mV^2 - 2mgH = \frac{m^2V^2}{M} \Rightarrow M = \frac{m^2V^2}{mV^2 - 2mgH} =$

$= \frac{m^2 \cdot 2gR}{m \cdot 2gR - \frac{2mg \cdot 2R}{3}} = \frac{m^2 \cdot \cancel{2gR}}{\cancel{2gR}\, m\left(1 - \frac{2}{3}\right)} = \frac{m}{\frac{1}{3}} = 3m$

$V_б' = V_{max}$





$$\begin{cases} MV_б = MV_б' - mV' = mV \\ mgH + \frac{MV_б^2}{2} = \frac{mV'^2}{2} + \frac{MV_б'^2}{2} = \frac{mV^2}{2} \end{cases}$$

$mV = M$

$N - mg = ma_y$

$\boxed{M = 3m}$

$N = m(a_y + g)$

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)

$\cancel{31 p_1 = k \frac{V_1^{\frac{5}{3}} \cdot 31}{32 \cdot V_1^{\frac{5}{3}} \cdot V_1^{\frac{5}{3}}} = \frac{31 \cdot k}{32 V_1^{\frac{5}{3}}}}$

$V_2 = V_3 = 8V_1, V_1.$

$\cancel{p_1 V_1^{\frac{5}{3}} = \frac{k}{32}}$

$Q_{12} = \frac{3}{2} p_1 \cdot 7V_1 + p_1 \cdot 7V_1$

$$\begin{array}{r} 1{,}73 \\ \times\ 4 \\ \hline 0{,}692 \end{array}$$

$\cancel{Q_{23} = \frac{3}{2} \cdot 31 p_1 \cdot 8V_1 = 12 \cdot 31 p_1 V_1}$

$12 \cdot 0{,}192 \approx$

$\approx 12 \cdot 0{,}2 =$ $\cancel{0 = \frac{3}{2}(p_1 V_1 - p_3 V_3) + A'}$

$= \sqrt{2{,}4}$

$Q_{23} = \frac{3}{2} \cdot 8V_1 \cdot 31 p_3 = 12 V_1 \cdot \frac{31}{32} p_1 =$

$= \frac{93}{8} p_1 V_1$

$32 p_3 \cdot V_1 - p_3 \cdot 8V_1 =$

$= 24 p_3 V_1 =$

$= 24 \cdot \frac{p_1 V_1}{32} = \frac{3}{4} p_1 V_1$

$0 = \frac{3}{2}(p_1 V_1 - p_3 V_3) + A'$

$$\begin{array}{r} 56 \,|\, 149 \\ 0, \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1{,}73 \\ \times\ 1{,}73 \\ \hline 519 \\ +\ 1211 \\ 173 \\ \hline 2{,}9929 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} -5600 \,|\, 149 \\ 96 \quad 4 \end{array}$$

$\frac{p_1 \cdot 8V_1}{32} - p_1 V_1 = \frac{p_1 V_1}{4} - p_1 V_1 = -\frac{3}{4} p_1 V_1 \cdot \frac{3}{2} = -\frac{9}{8} p_1 V_1$

$\approx 0{,}5.$

$\eta = \frac{7 p_1 V_1}{17{,}5 p_1 V_1 + \frac{9}{8} p_1 V_1} = \frac{7}{\frac{35}{2} + \frac{9}{8}} = \frac{7 \cdot 8}{149} = \frac{56}{149}$

$$\begin{array}{r} 35 \\ \times\ 4 \\ \hline 140 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 55 \\ \times\ 55 \\ \hline 275 \\ 275 \\ \hline 3{,}025 \end{array}$$

$\frac{35 \cdot 4 + 9}{8} = \frac{149}{8}$

$$\begin{array}{r} 5600 \,|\, 149 \\ -447 \quad 37{,}5 \\ \hline 1130 \\ -1043 \\ \hline 870 \\ -745 \\ \hline 35 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 45 \\ \times\ 45 \\ \hline 225 \\ 180 \\ \hline 2{,}025 \end{array}$$

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

$$mV = MV_{б}' - mV' \Rightarrow \quad V' = \frac{MV_{б}' - mV}{m}$$

$$\cancel{mgH + M} \quad \frac{mV'^2}{2} + \frac{MV_{б}'^2}{2} = \frac{mV^2}{2}$$

$$V_{б} = \frac{mV}{M} = \frac{m\sqrt{2gR}}{3m} = \frac{\sqrt{2gR}}{3}$$

$$mV'^2 + MV_{б}'^2 = mV^2$$

$$m \cdot \frac{(MV_{б}' - mV)^2}{m^2} + MV_{б}'^2 = mV^2$$

$$\frac{(3mV_{б}' - mV)^2}{m} + 3mV_{б}'^2 = mV^2$$

$$\frac{9m^2 V_{б}'^2 - 8m^2 V_{б}' V + m^2 V^2}{m} + 3mV_{б}'^2 = mV^2$$

$$9V_{б}'^2 - 8V_{б}'V + \cancel{V^2} + 3V_{б}'^2 = \cancel{V^2}$$

$$12V_{б}'^2 - 8V_{б}'V = 0$$

$$V_{б}'(12V_{б}' - 8V) = 0$$

$$V_{б}' = \frac{8}{12}V = \frac{2}{3}\sqrt{2gR} =$$

$$mV = MV_{б}' - mV' \qquad \sqrt{2gR} = 2\sqrt{2gR} - V'$$

$$mV = 3mV_{б}' - mV' \qquad V' = \sqrt{2gR}$$

$$V = 3V_{б}' - V'$$

$$N = m\left(\frac{2gR}{R} + g\right) = 3mg$$

$$N_{б} = 3mg + 3mg = 6mg$$

$$mMV^2 = 2m^2gH + 2mMgH$$

$$mM(V^2 - 2gH) = 2m^2gH$$

$$M = \frac{2mgH}{V^2 - 2gH} = m\frac{2g \cdot 2R}{3\left(2gR - \frac{2gR}{3}\right)} = \frac{4gRm}{6gR - 4gR} = 2m$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$v_{max} = \sqrt{10 \cdot 1{,}2 \cdot \left(0{,}8\,\frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{1}{2}\right)}$$

$$= \sqrt{12 \cdot (0{,}4 \cdot \sqrt{3} - 0{,}5)} =$$

$$\sqrt{12 \cdot (0{,}684 - 0{,}5)} =$$

$$= \sqrt{2{,}208} \approx \sqrt{2{,}25} = 1{,}5\,\frac{м}{с}$$

$\sqrt{3} \approx 1{,}71$

$$\begin{array}{r} 171 \\ \times\ 4 \\ \hline 0{,}684 \end{array}$$

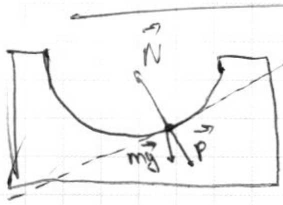
$$\begin{array}{r} 184 \\ \times\ 12 \\ \hline 368 \\ 184 \\ \hline 2{,}208 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 14 \\ \times\ 14 \\ \hline 56 \\ 14 \\ \hline 196 \end{array}$$

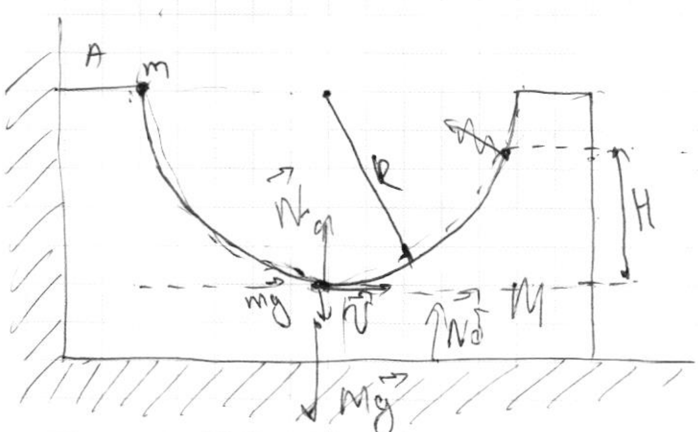
$$\underbrace{2 \cdot 2}_{4} \cdot 2 \cdot \underbrace{2 \cdot 2}_{4}$$

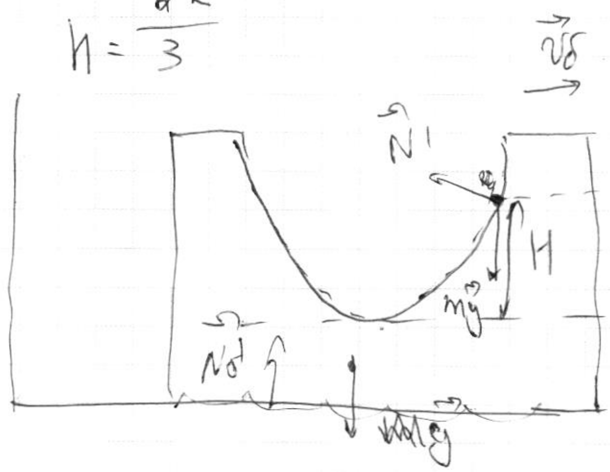
№ 3

m



$$H = \frac{2R}{3}$$





$$mgR = \frac{mv^2}{2}$$

$$2gR = v^2 \Rightarrow v = \sqrt{2gR}$$

$$\frac{mv^2}{2} = mgH + \frac{Mv_б^2}{2}$$

$$\cancel{v^2 = 2gH} \quad \frac{mv^2}{2} = mgH + \frac{Mv_б^2}{2}$$

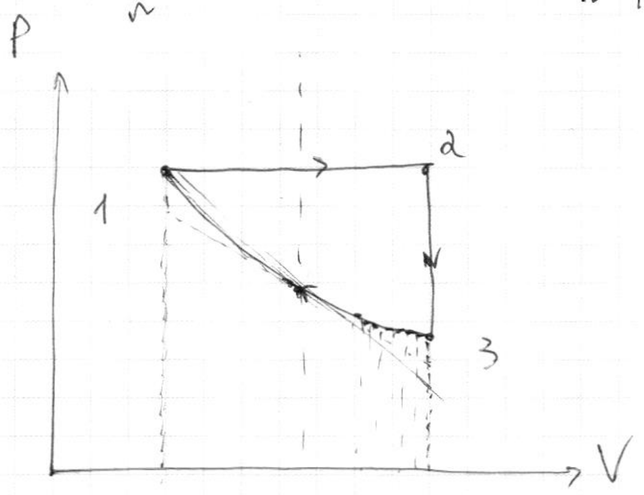
$$mv^2 = 2mgH + Mv_б^2$$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4.



$pV = \nu RT.$

$V_2 = 8V_1.$

$Q = \Delta U + A.$

$\Delta U = \frac{3}{2}\nu RT = \frac{3}{2}pV.$

$A = p\cdot\Delta V.$

Адиабата: $pV^{\frac{5}{3}} = const.$

$Q_{12} = \frac{3}{2}p\Delta V_{12} + p\Delta V_{12}$

$Q_{23} = \frac{3}{2}\Delta p_{23}V_2$

$Q\ \cancel{Q_{31}} = \frac{3}{2}\Delta(p\cdot V) + \cancel{\Delta(pV)}$

$p_1 = p_2$

$\cancel{V_2 = V_3 = 8V_1}$

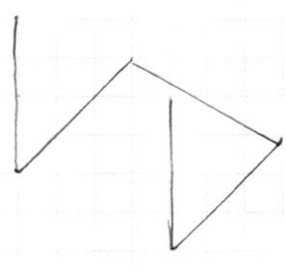
$V_2 = V_3 = 8V_1.$

$p_3V_3^{\frac{5}{3}} = p_1V_1^{\frac{5}{3}}.$

$p_3(8V_1)^{\frac{5}{3}} = p_1\cdot V_1^{\frac{5}{3}}.$

$p_3\cdot 8^{\frac{5}{3}} = p_1.$

$32p_3 = p_1 \Rightarrow p_3 = \frac{p_1}{32}.$



$8^{\frac{5}{3}} = \sqrt[3]{8^5} = \sqrt[3]{2^{3\cdot5}} = \sqrt[3]{2^{15}} = 2^5 = 32.$

$\cancel{2^{3\cdot\frac{5}{3}} = 2^5}$ $\quad 1^{\frac{5}{3}} = 32$

$p\cdot V^{\frac{5}{3}} = k.$

$p = \frac{k}{V^{\frac{5}{3}}}$ $\quad p_1 = \frac{k}{V_1^{\frac{5}{3}}}$

$p_3 = \frac{k}{V_3^{\frac{5}{3}}}$

$p_1 - p_3 = k\left(\frac{V_3^{\frac{5}{3}} - V_1^{\frac{5}{3}}}{(V_1V_3)^{\frac{5}{3}}}\right) = k\cdot\frac{(8V_1)^{\frac{5}{3}} - V_1^{\frac{5}{3}}}{(V_1\cdot 8\cdot V_1)^{\frac{5}{3}}}$

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

$$\sqrt{2gH-2gh+\frac{2gH}{\sin^2\alpha}\cdot\cos^2\alpha} = 2gH-2gh+ctg^2\alpha\cdot 2gH =$$

$$=\sqrt{2g\left(H-h+H\cdot ctg^2\alpha\right)}$$

$$\cancel{v_0=\frac{\sqrt{2gH}}{\sin\alpha}}$$

$$\sqrt{3}=1{,}71.$$

$$\frac{\cos\alpha}{\sin\alpha}=1.$$

$$\sqrt{\frac{10}{20-7}}=\sqrt{\frac{10}{13}}$$

$$\sqrt{5}=2{,}24.$$

$$\frac{\pi}{2}\cdot\sqrt{\frac{1{,}23}{0{,}8\cdot10}}$$

$$\sqrt{\frac{3}{2\cdot10}}.$$

$$\frac{\pi}{2}\cdot\sqrt{\frac{3}{2\cdot2\cdot5}}=\frac{\pi}{4}\cdot\sqrt{\frac{3}{5}}$$

$$mv^2=2mgH+\frac{m^2v^2}{m+M}.$$

$$mv^2(m+M)=2mgH(m+M)+m^2v^2$$

$$m^2v^2+mMv^2=2mgH(m+M)+m^2v^2$$

$2{,}2 \cdot 2{,}2$: 44, 44, 4,84

$1{,}7 \cdot 1{,}7$: 119, 17, 2,89

$2{,}15 \cdot 2{,}15$: 1075, 215, 430, 4,6225

$2{,}25 \cdot 2{,}25$: 1125, 450, 450, 5,0625

$2{,}3 \cdot 2{,}3$: 69, 46, 5,29

$2{,}24 \cdot 2{,}24$: 896, 448, 448, 5,0176

$2{,}24 \cdot 2{,}24$: 896, 448, 448, 5,0176

$1{,}71$

$$\sqrt{10\cdot\left(0{,}8\cdot\frac{\sqrt{3}}{2}+\frac{1}{2}\right)\cdot 1{,}2}=$$

$$=1{,}2\cdot\left(0{,}4\cdot\sqrt{3}-0{,}5\right)$$

$$\sqrt{1{,}2\cdot(0{,}692-0{,}5)}=$$

$$\sqrt{2{,}4}=$$

$$\frac{3{,}14\cdot1{,}71}{4\cdot2{,}24}=\frac{1{,}57\cdot1{,}70}{2\cdot2{,}24}=$$

$$=\frac{1{,}57\cdot0{,}85}{2{,}24}$$

$$\frac{157\cdot85}{2{,}24}\cdot10^{-2}.$$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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