Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 10

Вариант 10-02

Шифр

(заполняется секретарём)

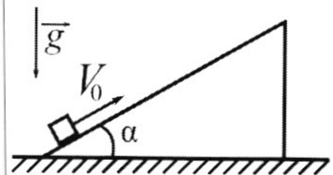
1. Фейерверк массой $m = 1$ кг стартует после мгновенной работы двигателя с горизонтальной поверхности, летит вертикально вверх и через $T = 3$ с разрывается в высшей точке траектории на множество осколков, которые летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по величине скоростями. Суммарная кинетическая энергия осколков сразу после взрыва $K = 1800$ Дж. На землю осколки падают в течение $\tau = 10$ с.

1) На какой высоте H взорвался фейерверк?

2) В течение какого промежутка времени τ осколки будут падать на землю?

Ускорение свободного падения g=10 м/с^2. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

2. На гладкой горизонтальной поверхности расположен клин. Гладкая наклонная поверхность клина образует с горизонтом угол α такой, что $\cos\alpha = 0,6$. Шайбе, находящейся на наклонной поверхности клина, сообщают некоторую начальную скорость V_0 (см. рис.), далее шайба безотрывно скользит по клину и поднимается на максимальную высоту



$H = 0,2$ м. Масса клина в два раз больше массы шайбы. Ускорение свободного падения g=10 м/с^2.

1) Найдите начальную скорость V_0 шайбы.

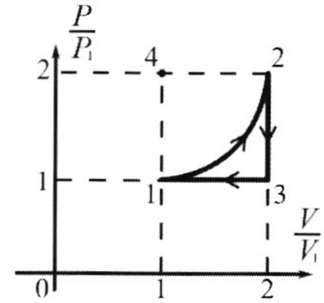
2) Найдите скорость V клина, в тот момент, когда шайба вернется в точку старта на клине. Массы шайбы и клина одинаковы.

3. По внутренней поверхности проволочной сферы равномерно движется модель автомобиля. Движение происходит в горизонтальной плоскости большого круга. Сила, с которой модель действует на сферу, в два раза больше силы тяжести, действующей на модель. Модель приводится в движение двигателем. Силу сопротивления считайте пренебрежимо малой.

1) Найдите ускорение a модели.

2) Вычислите минимальную допустимую скорость V_{MIN} равномерного движения модели по окружности в плоскости большого круга, составляющей с горизонтом угол $\alpha = 45^0$. Коэффициент трения скольжения шин по поверхности сферы $\mu = 0,8$, радиус сферы $R = 1$ м. Ускорение свободного падения g=10 м/с^2.

4. Один моль одноатомного идеального газа участвует в цикле 1-2-3-1 (см. рис.), участок 1–2 – дуга окружности с центром в точке 4. Считать заданными давление P_1 и объём V_1.



1) Какое количество Q теплоты подведено к газу в процессе расширения?

2) Найдите работу A газа за цикл.

3) Найдите КПД η цикла.

5. Заряд Q>0 однородно распределен по сфере радиуса R. В первом опыте на расстоянии $3R$ от центра сферы помещают небольшой по размерам шарик с зарядом q>0.

1) Найдите силу F_1, действующую на заряженный шарик.

Во втором опыте заряд q однородно распределяют по стержню длины R, стержень помещают на прямой, проходящей через центр заряженной сферы. Ближайшая к центру сферы точка стержня находится на расстоянии $3R$ от центра.

2) Найдите силу F_2, с которой заряженный стержень действует на заряженную сферу.

Все силы, кроме кулоновских, считайте пренебрежимо малыми. Коэффициент пропорциональности в законе Кулона k. Явлениями поляризации пренебрегите.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) Дано:

$m = 1$ кг

$T = 3$ с

$K = 1800$ Дж

$H - ?$

$\tau - ?$

Решение:

1. $H = v_0 T - \frac{gT^2}{2}$; $v_0 = gT$

$H = gT^2 - \frac{gT^2}{2} = \frac{gT^2}{2} = \frac{10\,м/с^2 \cdot 3^2 с^2}{2} =$

$= 45$ м

2. Через какое время после взрыва 1-ый осколок упадет на землю?

Допустим N - кол-во осколков, тогда:

$$K = N \cdot \frac{\frac{m}{N} \cdot v^2}{2} = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2K}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1800\,Дж}{1\,кг}} =$$

$$= \sqrt{3600\,\frac{м^2}{с^2}} = 60\,м/с$$

$$H = v\tau + \frac{g\tau^2}{2} \Rightarrow g\tau^2 + 2v\tau - 2H = 0$$

$$\tau = \frac{-2v \pm \sqrt{4v^2 + 8gH}}{2g} = \frac{-v \pm \sqrt{v^2 + 2gH}}{g}$$

т.к. $\tau > 0$ берем со знаком „+"

$2gH = 2g \cdot \frac{gT^2}{2} = g^2T^2$

$$\tau = \frac{-\sqrt{\frac{2K}{m}} + \sqrt{\frac{2K}{m} + g^2T^2}}{g}$$

$$\{\tau\} = \frac{\sqrt{\frac{Дж}{кг}} + \sqrt{\frac{Дж}{кг} + \frac{м^2}{с^4} \cdot с^2}}{м/с^2} = \frac{\frac{м}{с} + \frac{м}{с}}{м/с^2} = с.$$

$$[\tau] = \frac{-60 + \sqrt{60^2 + 2 \cdot 10 \cdot 45}}{10} = -6 + \frac{\sqrt{3600 + 900}}{10} =$$

$= -6 + \sqrt{45} = 3\sqrt{5} - 6.$

Ответ: $H = \frac{gT^2}{2} = 45$ м

$$\tau = \frac{\sqrt{\frac{2K}{m} + g^2T^2} - \sqrt{\frac{2K}{m}}}{g} = 3\sqrt{5} - 6 \text{ с}$$

4) Дано:

p_1, V_1

$Q - ?$

$A - ?$

$\eta - ?$

Решение:

$Q = \Delta U + A'$

Т.к. процесс изотермический, то внутренняя энергия не изменяется

$$Q = A'$$

$dA' = p\,dV$, работа это площадь фигуры под графиком:

$$A' = \left(1\cdot 2 - \frac{\pi\cdot 1^2}{4}\right) p_1V_1 = \left(2 - \frac{\pi}{4}\right) p_1V_1$$

$$Q = \left(2 - \frac{\pi}{4}\right) p_1V_1$$

Работа цикла это площадь фигуры им ограниченая:

$$A = \left(1\cdot 1 - \frac{\pi\cdot 1^2}{4}\right) p_1V_1 = \left(1 - \frac{\pi}{4}\right) p_1V_1$$

$$\eta = \frac{A}{Q}\cdot 100\% = \frac{\left(1 - \frac{\pi}{4}\right) p_1V_1}{\left(2 - \frac{\pi}{4}\right) p_1V_1}\cdot 100\% = \frac{4-\pi}{8-\pi}\cdot 100\%$$

Ответ: $Q = \left(2 - \frac{\pi}{4}\right) p_1V_1$

$A = \left(1 - \frac{\pi}{4}\right) p_1V_1$

$\eta = \frac{4-\pi}{8-\pi}\cdot 100\%$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

5) Дано:

$Q > 0$

$q > 0$

R

$F_1 - ?$

$F_2 - ?$

Решение:

1. Заряженная сфера ведет себя как точечный заряд в ее центре, тогда:

$$F_1 = k\frac{|q||Q|}{r^2} = k\cdot\frac{qQ}{9R^2}$$

2. Разобьем стержень на бесконечно малые кусочки $= dr$, тогда заряд у этих малых кусочков будет $= dq$, при этом:

$$\frac{R}{dr} = \frac{q}{dq} \Rightarrow dq = \frac{q}{R}\cdot dr$$

$$F_2 = k\frac{dqQ}{(3R)^2} + k\frac{dqQ}{(3R+dr)^2} + \ldots$$

$$F_2 = \int_{3R}^{4R} k\frac{dqQ}{r^2} = \int_{3R}^{4R} k\frac{qQ}{R\cdot r^2}dr = -k\frac{qQ}{R\cdot r}\Big|_{3R}^{4R} =$$

$$= -\frac{kqQ}{4R^2} + \frac{kqQ}{3R^2} = k\frac{qQ}{12R^2}$$

Ответ: $F_1 = k\frac{qQ}{9R^2}$

$F_2 = k\frac{qQ}{12R^2}$

2) Дано:

$\cos\alpha = 0,6$

$H = 0,2$ м

$M = 2m$

Решение:

По З. С. И.:

$$mv_0\cdot\cos\alpha = (m+M)v'$$

$$mv_0\cdot\cos\alpha = (m+2m)v'$$

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

$M' = m$	$v' = \frac{v_0}{3} \cdot \cos\alpha$
$v_0 - ?$	
$v - ?$	

По з. с. э.:

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{(m+M)\, v'^2}{2} + mgH$$

$$m v_0^2 = (m + 2m)\, v'^2 + 2mgH$$

$$v_0^2 = 3 \cdot \left(\frac{v_0}{3} \cdot \cos\alpha\right)^2 + 2gH$$

$$3 v_0^2 = v_0^2 \cdot \cos^2\alpha + 6gH$$

$$v_0^2 = \frac{6gH}{3 - \cos^2\alpha}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{6gH}{3-\cos^2\alpha}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 10\, м/с^2 \cdot 0{,}2\, м}{3 - 0{,}6^2}} = \sqrt{\frac{12}{2{,}64}}\, м/с \approx$$

$$\approx \sqrt{4{,}54}\, м/с$$

~~2~~ Ответ: $v_0 \approx \sqrt{4{,}54}\, м/с = \sqrt{\frac{6gH}{3-\cos^2\alpha}}$

3) Дано: Решение:

$2F_т = F$	$F = 2F_т = 2mg$
$\alpha = 45^\circ$	$F = \frac{m v^2}{R}$
$\mu = 0{,}8$	
$R = 1\, м$	$a = \frac{F}{m} = 2g = 2 \cdot 10\, м/с^2 = 20\, м/с^2$
$a - ?$	
$v - ?$	

Относительно оси совпадающей с радиус-вектором окружности:

$$\underset{F_{у.с.}}{\underset{\parallel}{\frac{m v^2}{R}}} = \underset{F_т}{\underset{\parallel}{mg \cdot \sin\alpha}} - \underset{F_{тр}}{\underset{\parallel}{\frac{m v^2}{R} \cdot \mu \cdot \cos\alpha}}$$

$$v^2 = gR \cdot \sin\alpha - v^2 \mu \cdot \cos\alpha$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$v^2(1+\mu\cdot\cos\alpha) = gR\cdot\sin\alpha$$

$$v = \sqrt{\frac{gR\cdot\sin\alpha}{1+\mu\cdot\cos\alpha}} = \sqrt{\frac{10\,м/с^2\cdot 1\,м\cdot\frac{\sqrt{2}}{2}}{1+0{,}8\cdot\frac{\sqrt{2}}{2}}} = \sqrt{\frac{50\sqrt{2}}{10+4\sqrt{2}}}\ м/с^2$$

$$= \sqrt{\frac{500\sqrt{2}-400}{68}} = \sqrt{\frac{125\sqrt{2}-100}{17}}\ м/с.$$

Ответ: $a = 2g = 20\,м/с^2$

$$v = \sqrt{\frac{gR\cdot\sin\alpha}{1+\mu\cdot\cos\alpha}} = \sqrt{\frac{125\sqrt{2}-100}{17}}\ м/с =$$

$$= \sqrt{\frac{50\sqrt{2}}{10+4\sqrt{2}}}\ м/с.$$

2) v – ? По з.с.и.:

$$(m+M')v' = mv_1 + M'v$$

$$(m+m)v' = mv_1 + mv$$

$$2v' = v_1 + v$$

$$v_1 = 2v' - v$$

По з.с.э.:

$$mgH + \frac{(m+M')v'^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{M'v^2}{2}$$

$$mgH + mv'^2 = \frac{m}{2}(4v'^2 - 4v'v + v^2) + \frac{m}{2}v^2$$

$$2gH + v'^2 = 2v'^2 - 2v'v + \frac{1}{2}v^2 + \frac{1}{2}v^2$$

$$v^2 - 2v'v + v'^2 - gH = 0$$

$$v = \frac{2v' + \sqrt{4v'^2 - 4v'^2 + 4gH}}{2} = v' + \sqrt{gH} = \frac{v_0}{3}\cdot\cos\alpha +$$

$$+\sqrt{gH} = \frac{\sqrt{\frac{6gH}{3-\cos^2\alpha}}}{3}\cdot\cos\alpha + \sqrt{gH} = \sqrt{gH}\left(\frac{\cos\alpha}{3(3-\cos^2\alpha)}+1\right)$$

$$\{v\} \approx \frac{\sqrt{4{,}54}}{3}\cdot 0{,}6 + \sqrt{10\cdot 0{,}2} = \frac{\sqrt{4{,}54}}{5} + \sqrt{2}$$

$$[v] = м/с + \sqrt{м/с^2 \cdot м} = м/с + м/с = м/с$$

Ответ: $v = \sqrt{gH}\left(\frac{\cos\alpha}{3(3-\cos^2\alpha)}+1\right) \approx$

$$\approx \frac{\sqrt{4{,}54}}{5} + \sqrt{2}$$

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

$$\cancel{-\frac{kqQ}{r}\Big|_{3R}^{4R} = \frac{kqQ}{3R} - \frac{kqQ}{4R} = \frac{4kqQ - 3kqQ}{12R} = k\frac{qQ}{12R}}$$

$$F = \int_{3R}^{4R} k\frac{dqQ}{r^2} = \int_{3R}^{4R} k\cdot\frac{qQ}{r^3}\,dr = -\frac{1}{2}k\frac{qQ}{r^2}\Big|_{3R}^{4R} =$$

$$= -\frac{k}{2}\cdot\frac{qQ}{16R^2} + \frac{k}{2}\cdot\frac{qQ}{9R^2} = \frac{k}{2}\frac{qQ}{R^2}\left(\frac{1}{9} - \frac{1}{16}\right) = \frac{k}{2}\frac{qQ}{R^2}\cdot\frac{16-9}{9\cdot 16} =$$

$$= \frac{k}{2}\frac{qQ}{R^2}\cdot\frac{7}{144} = k\frac{qQ}{R^2}\cdot\frac{7}{288}$$

1)

$$H = v_0T - \frac{gT^2}{2} = \cancel{\frac{v_0^2}{2g}} = v_0T - \frac{gT^2}{2} \quad\Big|\quad 0 = v_0 - gT$$

$$H = gT^2 - \frac{gT^2}{2} = \frac{gT^2}{2} = \frac{10\,м/с^2\cdot(3с)^2}{2} = 45\,м.$$

$$K = N\cdot\frac{\frac{m}{N}\cdot v^2}{2} = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2K}{m}} \qquad \{v\} = \sqrt{\frac{2\cdot 1800}{1}} = \sqrt{3600} = 60$$

$$\cancel{\tau = v} \quad H = v\tau + \frac{g\tau^2}{2}$$

$$2g\cdot\frac{gT^2}{2} = g^2T^2$$

$$g\tau^2 + 2v\tau - 2H = 0$$

$$\tau = \frac{-2v \pm \sqrt{4v^2 + 8Hg}}{2g} = \frac{-v \pm \sqrt{v^2 + 2gH}}{g}$$

$$\tau = \frac{-\sqrt{\frac{2K}{m}} \pm \sqrt{+\frac{2K}{m} + 2gH}}{g}$$

$$[\tau] = \frac{\sqrt{\frac{Дж}{кг}} + \sqrt{\frac{Дж}{кг}\cdot м/с^2\cdot м}}{м/с^2} = \frac{\sqrt{\frac{кг\cdot м/с^2\cdot м}{кг}} + \sqrt{\frac{кг\cdot м^2}{кг\cdot с^2} + \frac{м^2}{с^2}}}{м/с^2} =$$

$$= \frac{\frac{м}{с} + \frac{м}{с}}{м/с^2} = с$$

$$\{\tau\} = \frac{-60 + \sqrt{60^2 + 2\cdot 10\cdot 45}}{10} = -6 + \frac{\sqrt{3600 + 900}}{10} = -6 + \frac{\sqrt{4500}}{10} =$$

$$= -6 + \sqrt{45} = -6 + 3\sqrt{5}. \qquad \frac{м^2}{с^4}\cdot с^2$$

☑ 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

$v = \sqrt{Rg(2\sin\alpha + 1)} = \sqrt{1м \cdot 10 м/с^2 \left(2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} + 1\right)} =$

$= \sqrt{10(\sqrt{2}+1)}\ \frac{м}{с}$

$F_{рез} = \frac{mv^2}{R}$ $F_{рез} =$

$\cancel{F_{тр} = 2F_T \cdot \cos 2\varphi}$ $N = 2F_т = 2mg \cdot \cancel{\sin\alpha}\ \frac{\sqrt{2}}{2} = \sqrt{2}mg$

$F_{тр} = N\mu = \sqrt{2}mg\mu$

$F_т = mg \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$

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

4) 1. $p = p_1$; $V = V_1$

$\cancel{E = 0}$ $Q = \Delta U + A'$

$A = p\Delta V$

$A' = (2-1)V_1 \cdot (2-0)p_1 - \frac{1}{4}\pi R^2 =$

$\frac{1}{4}\pi R^2 = 1 p_1 V_1$

$= 2V_1 p_1 - \frac{\pi}{4} p_1 V_1$

$= \left(2 - \frac{\pi}{4}\right) p_1 V_1$

$\Delta U = \frac{3}{2} N k T =$

$= \frac{3}{2} \frac{\nu N_A}{N_A} kT = \frac{3}{2} \nu R T$

$\frac{pV}{T} = \nu R$

$T = \frac{pV}{\nu R}$

$\Rightarrow \Delta U = \frac{3}{2} \cdot \nu R \cdot \frac{pV}{\nu R} = \frac{3}{2} pV$

$Q = \cancel{\frac{3}{2} pV} + \left(2 - \frac{\pi}{4}\right) p_1 V_1$

$A = A' - 1 \cdot 1 \cdot p_1 V_1 = \left(2 - \frac{\pi}{4} - 1\right) p_1 V_1 = \left(1 - \frac{\pi}{4}\right) p_1 V_1$

$\eta = \frac{A^*}{Q} \cdot 100\% = \frac{\left(1-\frac{\pi}{4}\right)p_1V_1}{\left(2-\frac{\pi}{4}\right)p_1V_1} \cdot 100\% = \frac{4-\pi}{8-\pi} \cdot 100\%$

5) $F_k = k\frac{|Q||q|}{r^2} = k\frac{|Q||q|}{3R}$

$\Phi = \frac{q}{\varepsilon_0}$ $\Phi = E \cdot \cancel{2\pi R \cdot 4\pi R}$

$k\frac{dq\,Q}{r^2}$ $\cancel{F_k(r) = k\frac{dq\,Q}{r^2}}$ $\cancel{E = k\frac{dq\,Q}{r^2}\,dr} =$

$E = \frac{Q}{\varepsilon_0} \cdot \cancel{\frac{1}{2\pi R}} r \cdot R$ $\frac{R}{dr} = \frac{q}{dq}$

$dq = \frac{q}{R} \cdot dr$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

$$mgH + \frac{(m+M')v'^2}{2} = \frac{(m+M')v^2}{2}$$

$$mgH + \frac{(m+m)\cdot\left(\frac{v_0}{3}\cdot\cos\alpha\right)^2}{2} = \frac{(m+m)v^2}{2}$$

$$gH + \frac{v_0^2}{9}\cdot\cos^2\alpha = v^2$$

$$v = \sqrt{gH + \frac{v_0^2}{9}\cdot\cos^2\alpha}$$

$$\approx \sqrt{10\cdot 0{,}2 + \frac{4{,}54}{9}\cdot 0{,}36} = \sqrt{0{,}72\cdot\frac{4{,}54}{9}} \approx$$

$\cancel{0{,}72}$

$$\begin{array}{r} 4{,}54 \\ \times\ 0{,}72 \\ \hline 908 \\ 3178 \\ \hline 3{,}2688 \end{array}$$

$$\approx \sqrt{\frac{3{,}27}{3}} \approx \cancel{1{,}09}\ м/с.$$

$$\begin{array}{l|l} 3{,}27 & 3{,}00 \\ -3{,}00 & 1{,}09 \\ \ \ 2700 & \\ \ \ 2700 & \\ \hline \ \ \ \ 0 & \end{array}$$

$\cancel{m\frac{v_0^2}{2}}$ 3) $\frac{mv^2}{R} = 2mg$

$F_{общ} = \frac{mv^2}{R} + mg$ $\cancel{m\frac{v^2}{R} = m2g}$ $\frac{v^2}{R} = 2g$

$$a = \frac{v^2}{R} + g = 2g + g = 3g = 30\ м/с^2.$$

$$a = \frac{mv^2}{R} \quad \Big| \quad a = \frac{N + F_{тр} + F_T}{m}$$

$$F = \frac{mv^2}{R} - mg\cdot\sin\alpha$$

$$F_{тр} = \cancel{\frac{mv^2}{R}} \left(\frac{mv^2}{R} + mg\cdot\sin\beta\right)\mu$$

2) В течение какого промежутка времени 1-й осколок упадет на землю?

$N = F_T\cdot\sin\alpha$; $F_T = mg$; $F_{тр} = N\mu$

$$a = \frac{mv^2}{R} = \frac{\cancel{N} + mg\cdot\sin\alpha + mg + mg\cdot\sin\alpha\cdot\mu}{m} = g(\sin\alpha + 1 + \sin\alpha)$$

☑ 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

1) m, T, k, τ

1) E

2) $E_{k1} = E_{k2} + E_n$

$m v_0 \cdot \cos\alpha = (m+M) v'$

$\cancel{v_0 = 3v'}$

$v_0 \cos\alpha = 3v'$

$v' = \frac{v_0}{3} \cdot \cos\alpha$

$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v'^2}{2} + \frac{M v'^2}{2} + mgH$

$m v_0^2 = v'^2 (m + 2m) + 2mgH$

$v_0^2 = 3v'^2 + 2gH$

$\cancel{v_0^2 = 3 \cdot \left(\frac{v_0}{3}\right)^2 + 2gH}$

$v_0^2 = 3 \cdot \left(\frac{v_0}{3} \cdot \cos\alpha\right)^2 + 2gH$

$v_0^2 = \frac{v_0^2}{3} \cdot \cos^2\alpha + 2gH$

$\cancel{v_0^2 = \frac{v_0^2}{3} + 2gH}$

$3v_0^2 - v_0^2 \cdot \cos^2\alpha = 6gH$

$\cancel{3v_0^2 = v_0^2 + 6gH}$

$v_0^2 = 6gH / (3 - \cos^2\alpha)$

$\cancel{v_0 = \sqrt{3gH} = \sqrt{3 \cdot 10 м/с^2 \cdot 0,2 м} = \sqrt{6}\ м/с}$

$v_0 = \sqrt{\frac{6gH}{3-\cos^2\alpha}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 10 м/с^2 \cdot 0,2 м}{3 - 0,6^2}} = \sqrt{\frac{12}{3-0,36}}\ м/с = \sqrt{\frac{12}{2,64}} = \sqrt{4,54}$

$\cancel{E_n + E_k = E_k'}$

$\cancel{mgh + \frac{(m+M)v'^2}{2} = \frac{m v^2}{2} + \frac{M v''^2}{2}}$

$\cancel{mgh + \frac{3m}{2}\left(\frac{v_0}{3}\right)^2 = \frac{m v^2}{2} +}$

1200 | 264
1056 | 4,54
1440
1320
1200
-1056
4

$\cancel{E_k}$

$\cancel{\frac{m v^2}{2} = 2mgH}$

$\cancel{v^2 = 2gH}$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$F = \int_{3R}^{4R} k\frac{qQ}{r^2 \cdot R}\,dr = \cancel{-\frac{1}{2}} k\frac{qQ}{R\cdot r}\Big|_{3R}^{4R} = -\frac{kqQ}{4R^2} + \frac{kqQ}{3R^2} =$$

$$= \frac{4kqQ - 3kqQ}{12R^2} = k\frac{qQ}{12R^2}$$

3) $N = 2mg$

$$\frac{mv^2}{R} = N = 2mg$$

$$a = \frac{v^2}{R} = 2g = 20\,м/с^2$$

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

$$\cancel{v = \sqrt{gR(\sin\alpha - 2\mu\cdot\cos\alpha}}$$

$$\frac{v^2}{R} = g\cdot\sin\alpha - \frac{N\cdot\mu}{m}\cos\alpha$$

$$N = \frac{mv^2}{R} \Rightarrow \frac{v^2}{R} = g\cdot\sin\alpha - \frac{v^2}{R}\mu\cdot\cos\alpha$$

$$v^2 = gR\cdot\sin\alpha - v^2\cdot\mu\cdot\cos\alpha$$

$$v = \sqrt{\frac{gR\cdot\sin\alpha}{1+\mu\cdot\cos\alpha}} \qquad [v] = \sqrt{м/с^2\cdot м} = м/с.$$

$$\{v\} = \sqrt{\frac{10\cdot 1\cdot\frac{\sqrt2}{2}}{1+0{,}8\cdot\frac{\sqrt2}{2}}} = \sqrt{\frac{5\sqrt2}{1+\frac{4\sqrt2}{10}}} = \sqrt{\frac{50\sqrt2}{10+4\sqrt2}} = \sqrt{\frac{50\sqrt2(10-4\sqrt2)}{100-16\cdot2}} =$$

$$= \sqrt{\frac{500\sqrt2-400}{68}} = \sqrt{\frac{125\sqrt2-100}{17}}\ м/с$$

$$\frac{v^2}{R} = g\cdot\sin\alpha -$$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

2) $mgH + \frac{(m+M')v'^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{\cancel{Mv^2}}{2}$ $\quad (m+M')v' = mv_1 + Mv$

$\cancel{2}\Rightarrow mgH + v'^2 = \frac{m}{2}\cdot(4v'^2 - 4v'v + v^2) +$ $\quad 2mv' = mv_1 + mv$

$+ \frac{m}{2}v^2$ $\quad 2v' = v_1 + v$

$v_1 = 2v' - v$

$2gH + 2v'^2 = 4v'^2 - 4v'v + 2v^2$

$\cancel{2v^2}\ \cancel{gH + v'^2} =$

$v^2 - 2v'v + v'^2 - gH \cancel{=}$

$D = 4v'^2 - 4v'^2 + 4gH$

$v = \frac{2v' \pm 2\sqrt{gH}}{2} = v' \pm \sqrt{gH} = \frac{v_0}{3}\cdot\cos\alpha + \sqrt{gH} =$

$= \frac{\sqrt{\frac{8gH}{3-\cos^2\alpha}}}{3}\cdot\cos\alpha = \sqrt{\frac{8H}{3(3-\cos^2\alpha}}\cdot\cos\alpha + \sqrt{gH}$

$= \sqrt{gH}\left(\frac{\cos\alpha}{3(3-\cos^2\alpha)} + 1\right)$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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