Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 10

Вариант 10-01

Шифр

(заполняется секретарём)

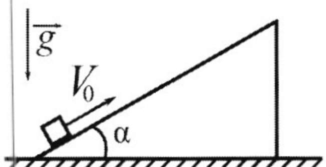
1. Фейерверк массой $m = 2$ кг стартует после мгновенной работы двигателя с горизонтальной поверхности, летит вертикально вверх и разрывается в высшей точке траектории на множество осколков, которые летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по величине скоростями. Высота точки разрыва $H = 65$ м. На землю осколки падают в течение $\tau = 10$ с.

1) Найдите начальную скорость V_0 фейерверка.

2) Найдите суммарную кинетическую энергию K осколков сразу после взрыва.

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 $\alpha = 30^0$. Шайбе, находящейся на наклонной поверхности клина, сообщают начальную скорость $V_0 = 2$ м/с (см. рис.), далее шайба безотрывно скользит по клину. Массы шайбы и клина одинаковы. Ускорение свободного падения g=10 м/с^2.



1) На какую максимальную высоту H над точкой старта поднимется шайба на клине?

2) Найдите скорость V клина, в тот момент, когда шайба вернется в точку старта на клине. Массы шайбы и клина одинаковы. Ускорение свободного падения g=10 м/с^2.

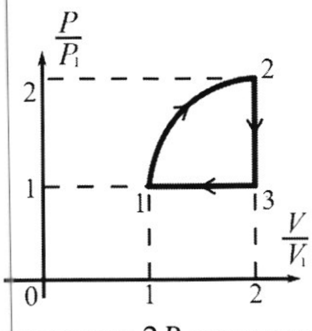
3. По внутренней поверхности проволочной металлической сферы радиуса $R = 1{,}2$ м равномерно со скоростью $V_0 = 3{,}7$ м/с движется модель автомобиля. Движение происходит в горизонтальной плоскости большого круга. Масса модели $m = 0{,}4$ кг. Модель приводится в движение двигателем. Силу сопротивления считайте пренебрежимо малой.

1) С какой по величине силой P модель действует на сферу?

2) Рассмотрим модель автомобиля равномерно движущуюся по окружности в плоскости большого круга, составляющей с горизонтом угол $\alpha = \dfrac{\pi}{6}$. Вычислите минимальную допустимую скорость V_{MIN} такого равномерного движения. Коэффициент трения скольжения шин по поверхности сферы $\mu = 0{,}9$.

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 3. Температура газа в состоянии 1 равна T_1.



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

2) Найдите работу A газа за цикл.

3) Найдите КПД η цикла.

Универсальная газовая постоянная R.

5. Заряд Q >0 однородно распределен по сфере радиуса R. В первом опыте на расстоянии $2R$ от центра сферы помещают небольшой по размерам шарик с зарядом q >0.

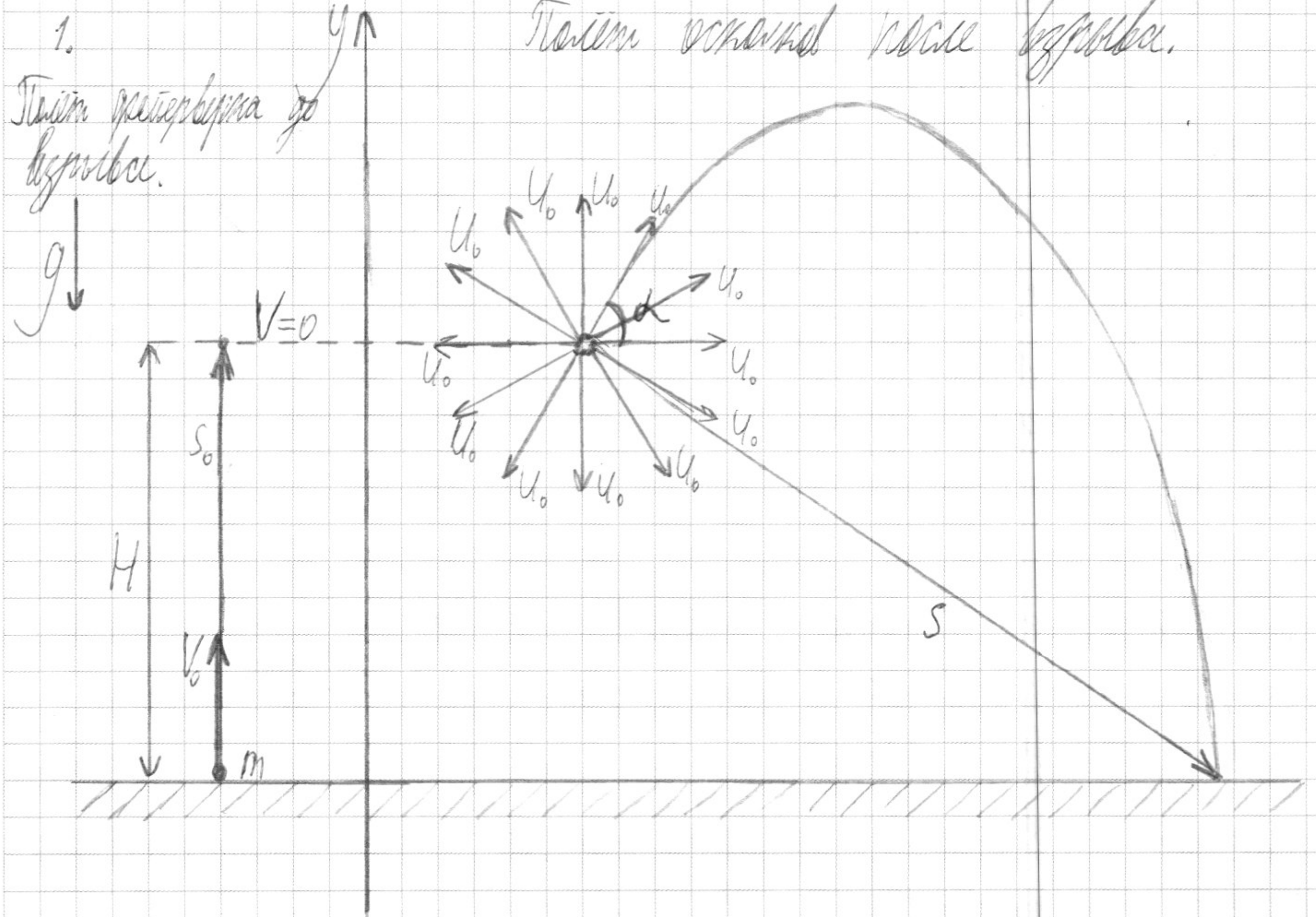
1) Найдите силу F_1, действующую на заряженный шарик.

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 $2R$ от центра.

2) Найдите силу F_2, с которой заряд сферы действует на заряженный стержень.

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

1.



В высшей точке траектории скорость фейерверка $\vec{V}=\vec{0}$. Пусть его перемещение от старта до взрыва равно $\vec{S}_0$. Введём координатную ось Oy, направленную вертикально вверх. На фейерверк во время полёта действует только сила тяжести $m\vec{g}$, значит его ускорение по II закону Ньютона равно $\vec{g}$, т.е. движение равноускоренное.

$$2g_y S_{0y} = V_y^2 - V_{0y}^2$$

$$2(-g)\cdot H = 0^2 - V_0^2$$

$$V_0^2 = 2gH$$

$V_0 = \sqrt{2gH}$

$V_0 = \sqrt{2 \cdot 10\frac{м}{с^2} \cdot 65 м} = \sqrt{1300 \frac{м^2}{с^2}} = \cancel{\sqrt{}}\; 10\sqrt{13}\ \frac{м}{с} \approx 36,1 \frac{м}{с}$

~~Скорость фейерверка перед взрывом была равна $\vec{0}$, поэтому скорости осколков сразу после взрыва будут равны по величине не только в СО их центра масс, но и в СО земли.~~

Пусть U_0 — скорость каждого осколка сразу после взрыва, $m_1, m_2, m_3, \ldots, m_n$ — массы всех n осколков. Тогда:

$K = \frac{m_1 U_0^2}{2} + \frac{m_2 U_0^2}{2} + \frac{m_3 U_0^2}{2} + \ldots + \frac{m_n U_0^2}{2} = (m_1 + m_2 + m_3 + \ldots + m_n)\frac{U_0^2}{2} =$
$= \frac{mU_0^2}{2}$

Рассмотрим осколок, скорость которого сразу после взрыва направлена под углом α ~~к вектору, направленному вправо~~ к горизонтали, отсчитываемым против часовой стрелки от направления вправо горизонтально, $0° \le \alpha < 2\pi$.

Осколок свободно падает с ускорением $\vec{g}$, значит его движение равноускоренное. Пусть осколок упадёт на землю через время t, $\vec{S}$ — его перемещение за время t. Тогда $S_y = -H$.

$Oy: \quad U_0 \sin\alpha\, t - g\frac{t^2}{2} = -H$

$\frac{g}{2} t^2 - U_0 \sin\alpha \cdot t - H = 0$

$t = \frac{U_0 \sin\alpha \pm \sqrt{U_0^2 \sin^2\alpha + 2gH}}{g}$

$t > 0$, значит $t = \frac{U_0 \sin\alpha + \sqrt{U_0^2 \sin^2\alpha + 2gH}}{g}$, т.к.

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

МФТИ МИСиС МИРЭА СПбГЭТУ «ЛЭТИ»

ШИФР
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\sqrt{U_0^2\sin^2\alpha+2gH} > \sqrt{U_0^2\sin^2\alpha} = |U_0\sin\alpha| \geq U_0\sin\alpha$.

Значит t максимально $=\tau$ при максимальном $\sin\alpha$, т.е. $t=\tau$ при $\sin\alpha=1$. Тогда $\alpha=\frac{\pi}{2}$.

$$\tau=\frac{U_0+\sqrt{U_0^2+2gH}}{g}$$

$$\frac{g}{2}\tau^2-U_0\tau-H=0$$

$$U_0\tau=\frac{g\tau^2}{2}-H \qquad |:\tau$$

$$U_0=\frac{g\tau}{2}-\frac{H}{\tau}=\frac{g\tau^2-2H}{2\tau}$$

$$U_0=\frac{10\frac{м}{с^2}\cdot 10с}{2}-\frac{65м}{10с}=50\frac{м}{с}-6{,}5\frac{м}{с}=43{,}5\frac{м}{с}$$

$U_0>0$, значит такое значение U_0 возможно.

$$K=\frac{mU_0^2}{2}=\frac{m}{2}\left(\frac{g\tau}{2}-\frac{H}{\tau}\right)^2=\frac{m}{2}\left(\frac{g^2\tau^2}{4}-gH+\frac{H^2}{\tau^2}\right)$$

$$K=\frac{2кг}{2}\left(\frac{(10\frac{м}{с^2})^2\cdot(10с)^2}{4}-10\frac{м}{с^2}\cdot 65м+\frac{(65м)^2}{(10с)^2}\right)=1892{,}25\ Дж$$

Ответ: 1) $V_0\simeq 36{,}1\frac{м}{с}$;
2) $K=1892{,}25$ Дж.

2. На шайбу действует сила тяжести $m\vec{g}$ (m – массы шайбы и клина) и сила нормальная реакции клина $\vec{N}$, а на клин сила тяжести $m\vec{g}$, сила реакции поверхности $\vec{N_0}$ и сила со стороны шайбы, равная $-\vec{N}$ по III закону Ньютона.

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Сила $-\vec{N}$, действующая на клин, приложена к точке на поверхности клина рядом с точкой приложения силы $\vec{N}$, действующей на шайбу, поэтому перемещения точек приложения сил $-\vec{N}$ и $\vec{N}$ за любое малое время ~~dt~~ равны по величине и направлению. Т.к. силы $-\vec{N}$ и $\vec{N}$ противоположны, их скалярные произведения на это перемещение будут противоположны, т.е. они совершают противоположные элементарные работы. Тогда и за длительное время работы $-\vec{N}$ и $\vec{N}$ противоположны. Значит суммарная работа внутренних сил в системе, состоящей из шайбы и клина, равна 0. Работа внешней силы $\vec{N}_0$ равна 0, т.к. она всегда перпендикулярна скорости клина. Т.о. суммарная работа всех непотенциальных сил над системой из шайбы и клина равна 0. Тогда для этой системы выполняется закон сохранения механической энергии.

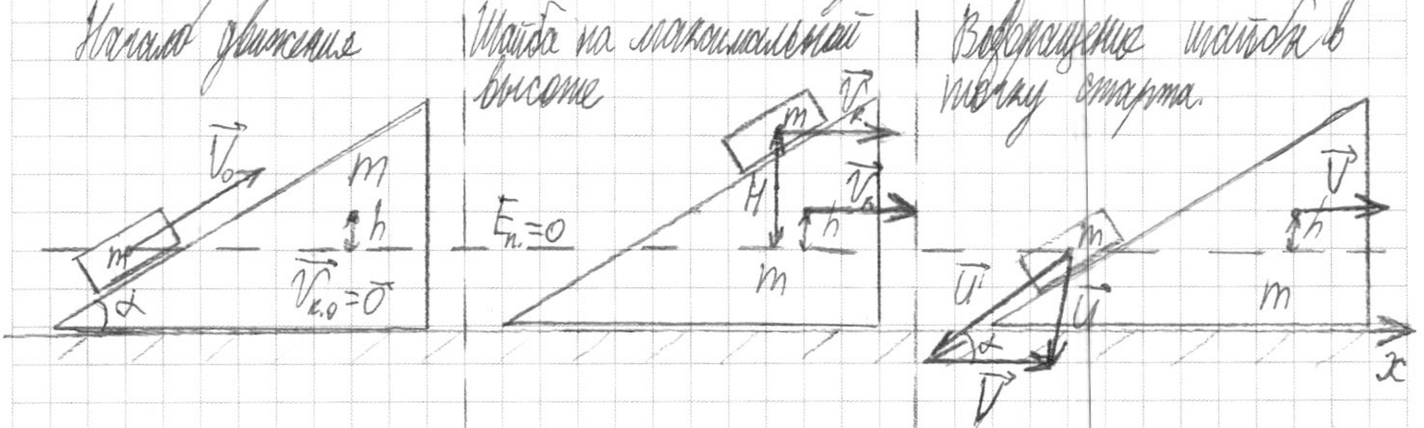
Внешние силы, действующие на систему ($m\vec{g}$, $M\vec{g}$ и $\vec{N}_0$), вертикальны, значит в проекциях на горизонтальную ось Ox выполняется закон сохранения импульса для системы.

Когда шайба поднимется на максимальную высоту над точкой старта, её скорость относительно клина будет равна 0,

ШИФР
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

т.к. она в этот момент не поднимается и не опускается, значит в СО ~~земли~~ горизонтальной поверхности скорости шайбы и клина будут равны. Пусть они равны $\vec{V_{к.}}$. Эти скорости направлены горизонтально, т.к. клин не отрывается от поверхности.



По закону сохранения импульса для системы из клина и шайбы в проекциях на Ox:

$$\cancel{Ox.}\quad mV_0\overset{\cos\alpha}{\cancel{\sin\alpha}} + m\cdot 0 = mV_{к.} + mV_{к.} \Rightarrow V_{к.} = \frac{V_0\overset{\cos\alpha}{\cancel{\sin\alpha}}}{2}$$

По закону сохранения механической энергии для этой системы (потенциальная энергия силы тяжести равна 0 на уровне точки старта ~~клина~~ шайбы, h — высота центра масс клина над уровнем нулевой потенциальной энергии:

$$mgh + \frac{mV_0^2}{2} + \frac{m\cdot 0^2}{2} = \frac{mV_{к.}^2}{2} + \frac{mV_{к.}^2}{2} + mgH + mgh \quad \Big| \cdot \frac{2}{m}$$

$$V_0^2 = 2V_{к.}^2 + 2gH$$

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

$$V_0^2 = 2\cdot\frac{V_0^2\cos^2\alpha}{4} + 2gH$$

$$2gH = V_0^2\left(1-\frac{\cos^2\alpha}{2}\right)$$

$$H = \frac{V_0^2(2-\cos^2\alpha)}{4g}$$

$$H = \frac{\left(2\frac{м}{с}\right)^2\cdot(2-\cos^2 30^\circ)}{4\cdot 10\frac{м}{с^2}} = \frac{4\frac{м^2}{с^2}\cdot\left(2-\frac{3}{4}\right)}{40\frac{м}{с^2}} = \frac{5}{40}\,м = \frac{1}{8}\,м = 0{,}125\,м$$

Пусть $\vec{U}$ и $\vec{U'}$ — скорости шайбы в тот момент, когда она вернётся в точку старта на клине, в СО горизонтальной поверхности и в СО клина соответственно. Тогда $\vec{U} = \vec{U'} + \vec{V}$. $\vec{U'}$ параллельна поверхности клина и направлена вниз, $\vec{V}$ горизонтальна, значит угол между $\vec{U'}$ и $\vec{V}$ равен α. Тогда по теореме косинусов для векторного треугольника скоростей:

$$U^2 = U'^2 + V^2 - 2U'V\cos\alpha$$

По закону сохранения импульса в проекции на Ox для системы из шайбы и клина ~~прог~~ при движении шайбы от старта до возвращения в точку старта:

$$mV_0\cos\alpha = mV + mU_x$$

$$V_0\cos\alpha = V + U_x$$

$$U_x = U'_x + V_x = -U'\cos\alpha + V$$

$$V_0\cos\alpha = 2V - U'\cos\alpha$$

$$(V_0 + U')\cos\alpha = 2V$$

□ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

ШИФР
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$U' = \frac{2V}{\cos\alpha} - V_0$

Тогда $U^2 = \left(\frac{2V}{\cos\alpha} - V_0\right)^2 + V^2 - 2\cdot\left(\frac{2V}{\cos\alpha} - V_0\right)\cdot V\cos\alpha =$

$= \frac{4V^2}{\cos^2\alpha} - \frac{4VV_0}{\cos\alpha} + V_0^2 + V^2 - 4V^2 + 2VV_0\cos\alpha =$

$= \frac{4V^2}{\cos^2\alpha} - \frac{4VV_0}{\cos\alpha} - 3V^2 + V_0^2 + 2VV_0\cos\alpha$

По закону сохранения энергии для этой системы при том же движении:

$\frac{mV_0^2}{2} + mgh = \frac{mU^2}{2} + \frac{mV^2}{2} + mgh$

$V_0^2 = U^2 + V^2$

$V_0^2 = \frac{4V^2}{\cos^2\alpha} - \frac{4VV_0}{\cos\alpha} - 3V^2 + V_0^2 + 2VV_0\cos\alpha + V^2$

$\frac{4V^2}{\cos^2\alpha} - \frac{4VV_0}{\cos\alpha} - 2V^2 + 2VV_0\cos\alpha = 0 \quad \Big| \cdot \frac{\cos^2\alpha}{2}$

$2V^2 - 2VV_0\cos\alpha - V^2\cos^2\alpha + VV_0\cos^3\alpha = 0$

$V^2(2-\cos^2\alpha) - VV_0\cos\alpha(2-\cos^2\alpha) = 0$

$V(V - V_0\cos\alpha)(2-\cos^2\alpha) = 0 \quad \Big| : (2-\cos^2\alpha) \neq 0$, т.к. $2-\cos^2\alpha = 2 - \frac{3}{4} = \frac{5}{4}$

$V(V - V_0\cos\alpha) = 0$

$V = 0$ или $V = V_0\cos\alpha$

Проекция $\vec{N}$ на ось Ox всегда положительна и равна $N\sin\alpha$, проекции $m\vec{g}$ и N_0 равны 0, значит ускорение клина всегда сонаправлено

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

с осью Ox. Т.е. скорость клина всегда увеличивается. $V_к = \frac{V_0 \cos\alpha}{2}$, значит $V > V_к$.

$V > \frac{V_0 \cos\alpha}{2}$

Тогда $V = V_0 \cos\alpha$. При этом:

$U' = \frac{2V_0 \cos\alpha}{\cos\alpha} - V_0 = V_0 > 0$

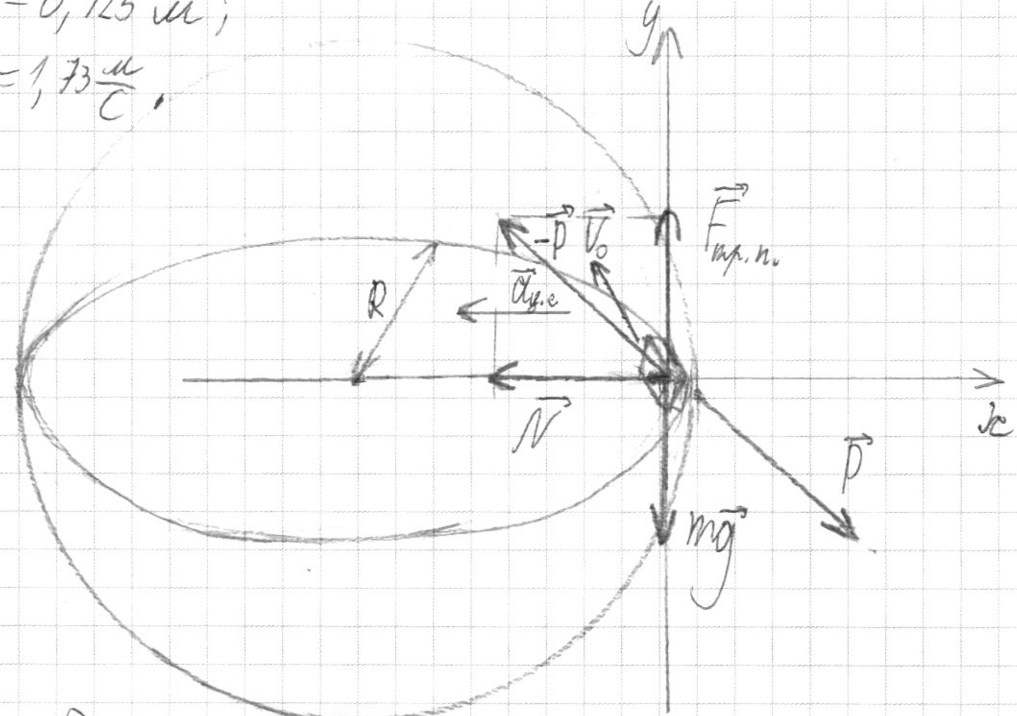
$U = \sqrt{V_0^2 + V_0^2\cos^2\alpha - 2V_0^2\cos^2\alpha} = \sqrt{1-\cos^2\alpha}\, V_0 = V_0 \sin\alpha > 0$

Значит такой ответ возможен.

~~Ответ:~~ ~~1)~~ $V = 2\frac{м}{с} \cdot \cos 30° = \sqrt{3}\frac{м}{с} \approx 1{,}73\frac{м}{с}$

Ответ: 1) $H = 0{,}125$ м;
2) $V \approx 1{,}73\frac{м}{с}$.

3.



На модель автомобиля действуют сила тяжести $m\vec{g}$ и сила со стороны сферы $-\vec{p}$, равная векторной сумме силы нормальной реакции $\vec{N}$ и силы трения покоя $\vec{F}_{тр.п.}$, направленной вертикально вверх, т.к. модель может начать проскальзывать только перпендикулярно ~~направлению~~ ~~движения~~ $\vec{V}_0$ в данный момент.

☐ 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

$V_0 = const \Rightarrow$ ускорение модели автомобиля равно центростремительному ускорению $\vec{a}_{ц.с.}$.

$$a_{ц.с.} = \frac{V_0^2}{R}$$

~~Пу~~ Введём координатные оси Oy — вертикально вверх и Ox, соединяющую центр сферы к модели автомобиля.

По II закону Ньютона для модели:

$$Ox: \; -ma_{ц.с.} = -N \Rightarrow N = ma_{ц.с.} = \frac{mV_0^2}{R}$$

$$Oy: \; 0 = F_{тр.п.} - mg \Rightarrow F_{тр.п.} = mg$$

$$P = \sqrt{N^2 + F_{тр.п.}^2} = \sqrt{\frac{m^2V_0^4}{R^2} + m^2g^2} = m\sqrt{\frac{V_0^4}{R^2} + g^2}$$

$$\cancel{F_{тр.п.} \leq \mu N}$$

$$\cancel{mg \leq \mu \frac{mV_0^2}{R}}$$

$$\cancel{\mu \geq \frac{gR}{V_0^2}}$$

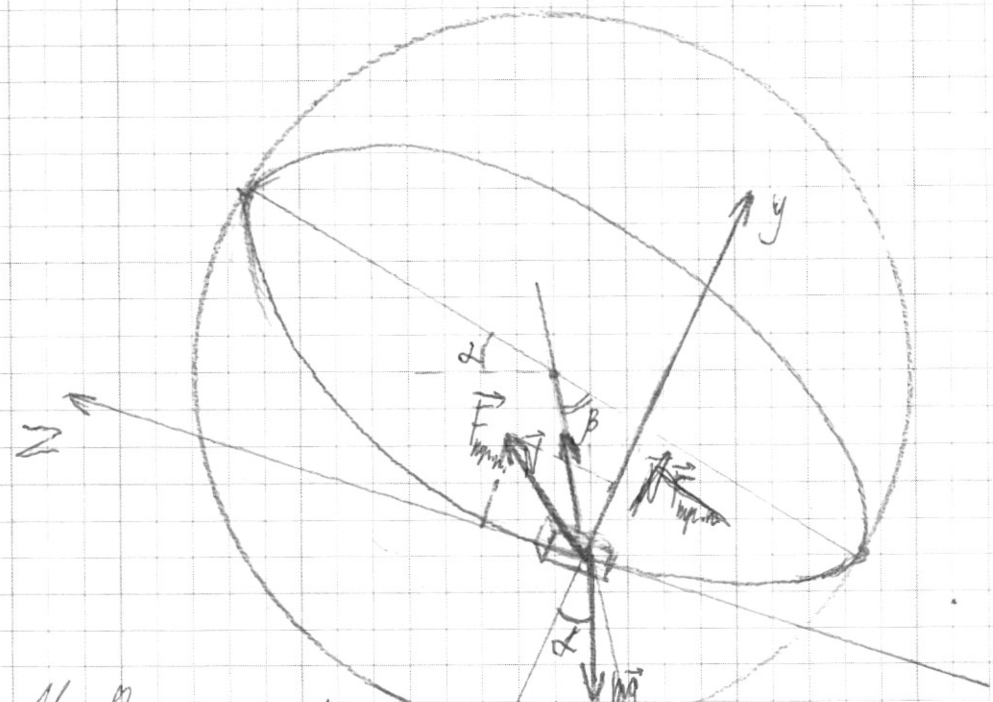
$$\cancel{0{,}9 \geq \frac{10\frac{м}{с^2} \cdot 1{,}2м}{(3{,}7\frac{м}{с})^2}}$$

$$\cancel{0{,}9 \geq \frac{12}{13{,}69}}$$

☐ черновик ☑ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

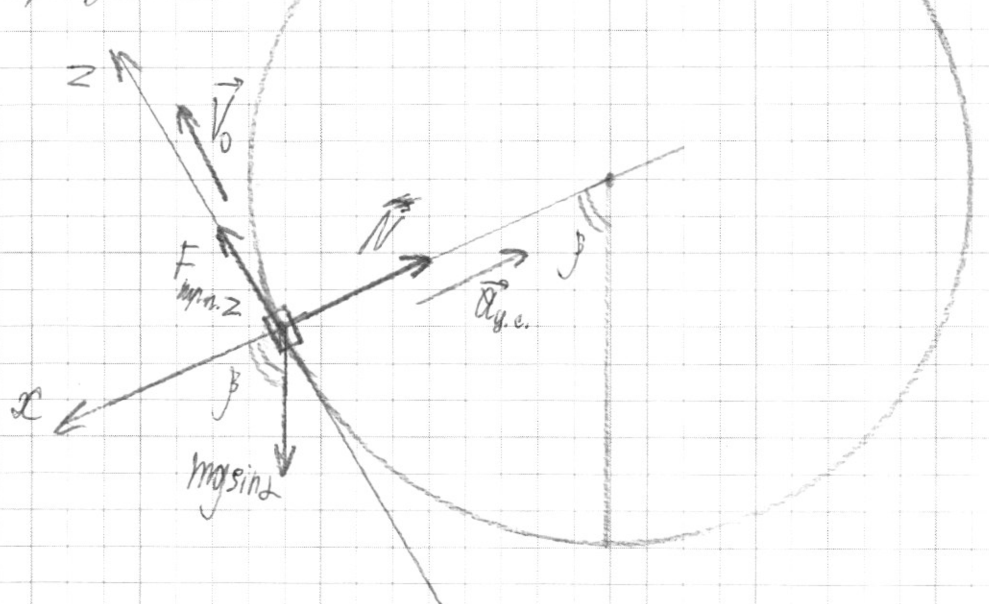
(Нумеровать только чистовики)



II з-н Н. Oy: $-mg\cos\alpha + F_{тр.п.y} = 0$

$F_{тр.п.y} = mg\cos\alpha$

Проекция на плоскость, составляющую угол α с горизонтом:



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

II з-н Н.

$Ox:\ mg\cancel{\cos}\sin\alpha\cos\beta - N = \cancel{0}\ ma_{ц.с.}$

$a_{ц.с.} = \frac{V_0^2}{R}$

$N = m\left(g\sin\alpha\cos\beta - \frac{V_0^2}{R}\right)$

$Oz:\ F_{тр.п.z} - mg\sin\alpha\sin\beta = 0 \Rightarrow F_{тр.п.z} = mg\sin\alpha\sin\beta$

$F_{тр.п.} = \sqrt{F_{тр.п.y}^2 + F_{тр.п.z}^2} = \sqrt{m^2g^2\cos^2\alpha + m^2g^2\sin^2\alpha\sin^2\beta} =$

$= mg\sqrt{\cos^2\alpha + \sin^2\alpha\sin^2\beta}$

$F_{тр.п.} \leq \mu N$

$mg\sqrt{\cos^2\alpha + \sin^2\alpha\sin^2\beta} \leq m\left(g\sin\alpha\cos\beta - \frac{V_0^2}{R}\right)$

$g^2(\cos^2\alpha + \sin^2\alpha\sin^2\beta) \leq g^2\sin^2\alpha\cos^2\beta - 2g\sin\alpha\cos\beta\frac{V_0^2}{R} + \frac{V_0^4}{R^2}$

$\cancel{g^2\cos^2\alpha}$

$g^2\sin^2\alpha(\cos^2\beta - \sin^2\beta) - 2g\sin\alpha\cos\beta\frac{V_0^2}{R} - g^2\cos^2\alpha + \frac{V_0^4}{R^2} \geq 0$

$g^2\sin^2\alpha(2\cos^2\beta - 1) - 2g\sin\alpha\cos\beta\frac{V_0^2}{R} - g^2\cos^2\alpha + \frac{V_0^4}{R^2} \geq 0$

$2g^2\sin^2\alpha\cdot\cos^2\beta - 2g\sin\alpha\frac{V_0^2}{R}\cdot\cos\beta - g^2 + \frac{V_0^4}{R^2} \geq 0$

Неравенство должно выполняться для люб.

$0 \leq \beta \leq 2\pi$ при $V_0 \geq V_{min}$.

Функция равна 0 при:

$$V_0^2 = \frac{\frac{2g\sin\alpha\cos\beta}{R} \pm \sqrt{\frac{4g^2\sin^2\alpha\cos^2\beta}{R^2} - 4\cdot\frac{1}{R^2}\cdot\left(2g^2\sin^2\alpha\cos^2\beta - g^2\right)}}{2\cdot\frac{1}{R^2}} =$$

$$= \left(g\sin\alpha\cos\beta \pm \sqrt{g^2\sin^2\alpha\cos^2\beta - 2g^2\sin^2\alpha\cos^2\beta + g^2}\right)R =$$

$$= \left(\cancel{g}\sin\alpha\cos\beta \pm \sqrt{1-\sin^2\alpha\cos^2\beta}\cdot\cancel{g}\right)gR$$

$$V_0 = \sqrt{\left(\sin\alpha\cos\beta \pm \sqrt{1-\sin^2\alpha\cos^2\beta}\right)gR}$$

4. 1) Расширение — участок 1-2.

Работа пропорциональна площади под графиком $P(V)$.

$$A_{12} = P_1V_1\cdot\left(1\cdot1+\frac{1}{4}\pi\cdot1^2\right) = \left(1+\frac{\pi}{4}\right)P_1V_1$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2}\cdot\left(2P_1\cdot2V_1 - P_1V_1\right) = \frac{9}{2}P_1V_1$$

I начало термодинамики:

$$Q = A_{12}+\Delta U_{12} = \left(1+\frac{\pi}{4}\right)P_1V_1 + \frac{9}{2}P_1V_1 = \left(5{,}5+\frac{\pi}{4}\right)P_1V_1$$

2) $A = \left(\frac{1}{4}\cdot\pi\cdot1^2\right)P_1V_1 = \frac{\pi}{4}P_1V_1$ ~~что~~

Работа в цикле пропорциональна площади внутри цикла,

~~3) A~~ т.к. движение по часовой стрелке

3) $$\eta = \frac{A}{Q_0} = \frac{\frac{\pi}{4}P_1V_1}{\left(5{,}5+\frac{\pi}{4}\right)P_1V_1 + Q_{23}+Q_{31}} = \frac{\pi}{4\left(3+\frac{\pi}{4}\right)} = \frac{\pi}{12+\pi}$$

$$Q_{23} = A_{23}+\Delta U_{23} = \Delta U_{23} = \frac{3}{2}\left(P_1\cdot2V_1 - 2P_1\cdot2V_1\right) = -3P_1V_1$$

$$Q_{31} = A_{31}+\Delta U_{31} = -P_1V_1 + \frac{3}{2}\left(P_1\cdot2V_1 - P_1V_1\right) = \frac{1}{2}P_1V_1$$

$$U^2 = U'^2 + V^2 - 2U'V\cos\alpha$$

$$\frac{mV_0^2}{2} = \frac{mU^2}{2} + \frac{mV^2}{2}$$

$$V_0^2 = U'^2 + 2V^2 - 2U'V\cos\alpha$$

$$V_0^2 = \left(\frac{2V}{\cos\alpha} - V_0\right)^2 + 2V^2 - 2\left(\frac{2V}{\cos\alpha} - V_0\right)V\cos\alpha$$

$$\cancel{V_0^2} = \frac{4V^2}{\cos^2\alpha} - \frac{4VV_0}{\cos\alpha} + \cancel{V_0^2} + 2V^2 - 4V^2 + 2V_0V\cos\alpha \quad \Big| \cdot \cos^2\alpha$$

$$0 = 4V^2 - 4VV_0\cos\alpha - 2V^2\cos^2\alpha + 2V_0V\cos^3\alpha$$

$$0 = 2V^2(2-\cos^2\alpha) - 2V_0V\cos\alpha(2-\cos^2\alpha)$$

$$2V(V - V_0\cos\alpha)(2-\cos^2\alpha) = 0$$

$$2-\cos^2\alpha = 2 - \frac{3}{4} \neq 0$$

12,0 | 13,69 / 0,9

$$\begin{array}{r} \times\ 3,7 \\ 3,7 \\ \hline 259 \\ +\ 111\ \ \\ \hline 13,69 \end{array}$$

$$V(V - V_0\cos\alpha) = 0$$

$$\cancel{V=0} \quad \text{или} \quad V = V_0\cos\alpha$$

$$\cancel{U' = V_0}$$

$$U' = V_0$$

$$U = \sqrt{V_0^2 + V_0^2\cos^2\alpha - 2V_0^2\cos^2\alpha} = \sqrt{1-\cos^2\alpha}\,V_0 = V_0\sin\alpha$$

$$\begin{array}{r} \times\ 1,72 \\ 1,72 \\ \hline 344 \\ +\ 1204\ \ \\ 172\ \ \ \ \\ \hline 2,9584 \end{array} \qquad \begin{array}{r} \times\ 1,73 \\ 1,73 \\ \hline 519 \\ +\ 1211\ \ \\ 173\ \ \ \ \\ \hline 2,9929 \end{array} \qquad \begin{array}{r} \times\ 1,74 \\ 1,74 \\ \hline 696 \\ +\ 1218\ \ \\ 174\ \ \ \ \\ \hline 3,0276 \end{array}$$

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)

МФТИ МИСиС МИРЭА

ШИФР
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1. $u_0 \sin\alpha\, t - \frac{gt^2}{2} = -H$

$\frac{gt^2}{2} - u_0 \sin\alpha\, t - H = 0$

$t = \frac{u_0 \sin\alpha \pm \sqrt{u_0^2 \sin^2\alpha + 2gH}}{g}$

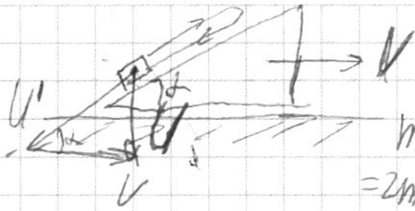
$t = \tau$ при $\sin\alpha = (\sin\alpha)_{max} = 1$

$\alpha = 90°$

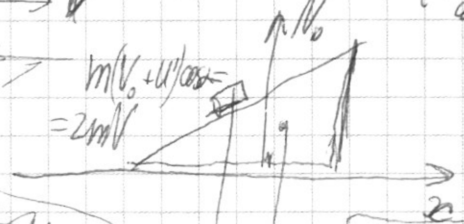
$\tau = \frac{u_0 + \sqrt{u_0^2 + 2gH}}{g}$

$\frac{g}{2}\tau^2 - u_0 \tau - H = 0$

$u_0 = \frac{g\tau}{2} - \frac{H}{\tau}$



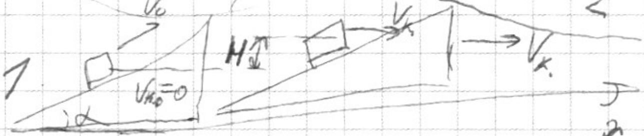
$mV_0 \cos\alpha = mV + m(u'\cos\alpha + V)$



$m(V_0 + u')\cos\alpha = 2mV$

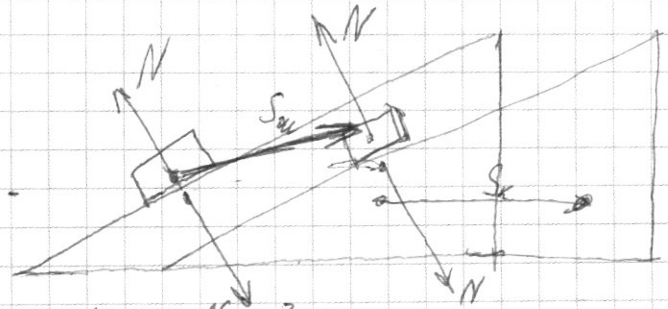
$u' = \frac{2V}{\cos\alpha} - V_0$

$V = \frac{(V_0 + u')\cos\alpha}{2}$



$mV_0 \cos\alpha = 2mV_к$

$V_к = \frac{V_0 \cos\alpha}{2}$



$3,6 \times 3,6$: $216 + 108 = 12,96$

$3,61 \times 3,61$: $361 + 2166 + 1083 = 13,0321$

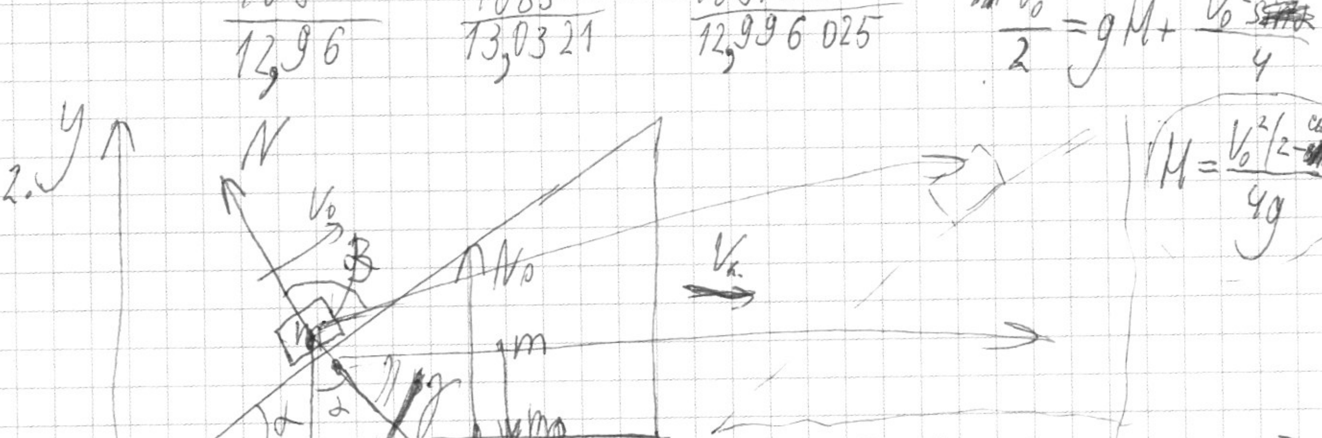
$3,605 \times 3,605$: $18025 + 21630 + 10815 = 12,996025$

$\frac{mV_0^2}{2} = mgH + \frac{2mV_к^2}{2}$

$\frac{V_0^2}{2} = gH + \frac{V_0^2 \cos^2\alpha}{4}$

$H = \frac{V_0^2(2 - \cos^2\alpha)}{4g}$

2.



☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)