Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 10

Вариант 10-02

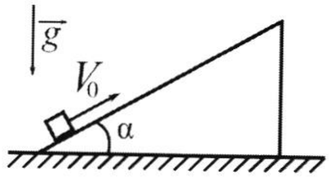
Шифр
(заполняется секретарём)

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.

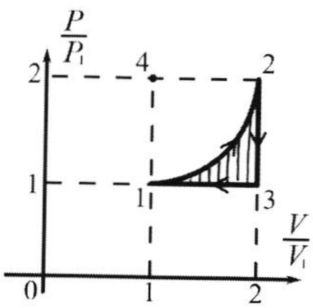


1) Найдите начальную скорость V_0 шайбы.
2) Найдите скорость V клина, в тот момент, когда шайба вернется в точку старта на клине. Массы шайбы и клина одинаковы.

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.

$$\frac{m v^2}{2} + \frac{m v_o^2}{2} =$$

$F = N = 2mg$

$\cancel{N + F_{тр} = ma}$

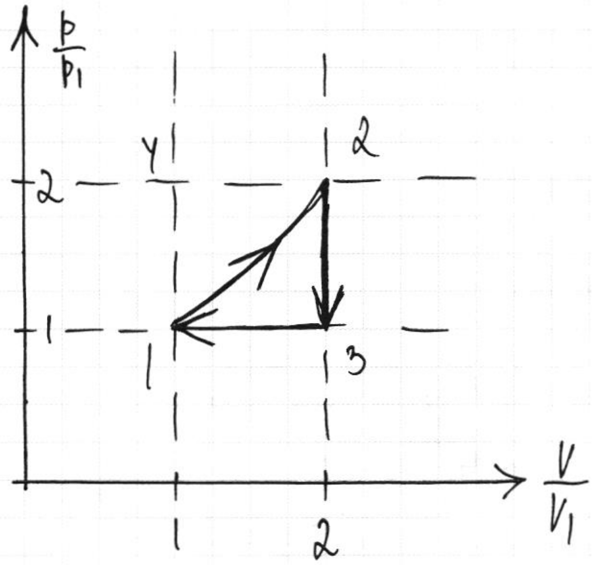
$\cancel{ma = 2mg - F_{тр}}$

$\cancel{ma_1 = -F_{тр_1} + F_{цен}}$

$\cancel{ma_2 = mg + N_2 - F_{тр}}\ _2$

a_0

№4.



1) По I-ому н. термодинамики:

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

$$A_{12} = (2-1)\cdot(2) - \frac{\pi}{4}(2-1)^2 = 2 - \frac{\pi}{4} \text{ (Дж)}.$$

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

По ур-ю Менделеева-Клапейрона:

$$\begin{cases} 1\cdot 1 = \nu R T_1, \\ 2\cdot 2 = \nu R T_2 \end{cases} \Rightarrow \nu R(T_2 - T_1) = 3, \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta U_{12} = \frac{3}{2}\cdot 3 = \frac{9}{2} \text{ (Дж)}.$$

$$\Rightarrow Q_{12} = 2 - \frac{\pi}{4} + \frac{9}{2} = \frac{13}{2} - \frac{\pi}{4} = \frac{26-\pi}{4} \text{ (Дж)}.$$

Ответ 1: $Q_{12} = \frac{26-\pi}{4}$ Дж $\approx \frac{229}{40}$ Дж $\approx 5{,}725$ Дж.

2) $A = A_{12} + A_{23} + A_{31}$; $A_{23} = 0$, т.к. процесс изохорный; в $3 \to 1$ газ не совершает работу, но работа совершается над ним по его сжатию, $\Rightarrow A_{31} < 0$.

$A_{12} = 2 - \frac{\pi}{4}$ (Дж) из п.1.

$A_{31} = 1\cdot(1-2) = -1$ (Дж), т.к. процесс изобарный.

$$A = A_{12} + A_{31} = 2 - \frac{\pi}{4} - 1 = 1 - \frac{\pi}{4} = \frac{4-\pi}{4} \text{ (Дж)}.$$

Ответ 2: $A = \frac{4-\pi}{4}$ Дж $\approx \frac{9}{40}$ Дж.

3) $\eta = \frac{A}{Q}$; Кол-во теплоты подводится только на $1 \to 2$, $\Rightarrow Q = Q_{12}$, т.к. $2 \to 3$ – изохорное уменьшение давления, $3 \to 1$ – изобарное сжатие, $\Rightarrow \eta = \frac{\frac{4-\pi}{4}}{\frac{26-\pi}{4}} = \frac{4-\pi}{26-\pi}$;

Ответ 3: $\eta = \frac{4-\pi}{26-\pi} \approx \frac{9}{229}$

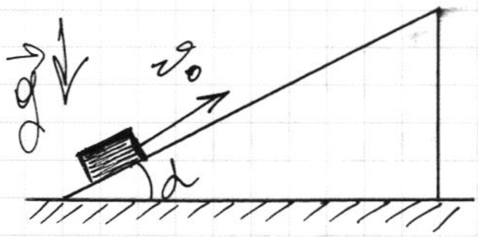
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

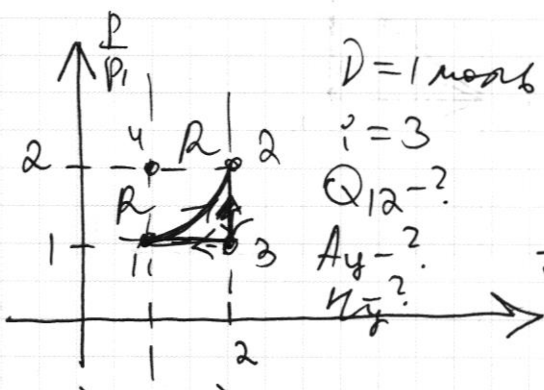


$\cos(\alpha) = 0,6$

$H = 0,2$ м

$g = 10$ м/с²

$M = 2m$



$\nu = 1$ моль

$i = 3$

Q_{12} - ?

A_y - ?

η_y - ?

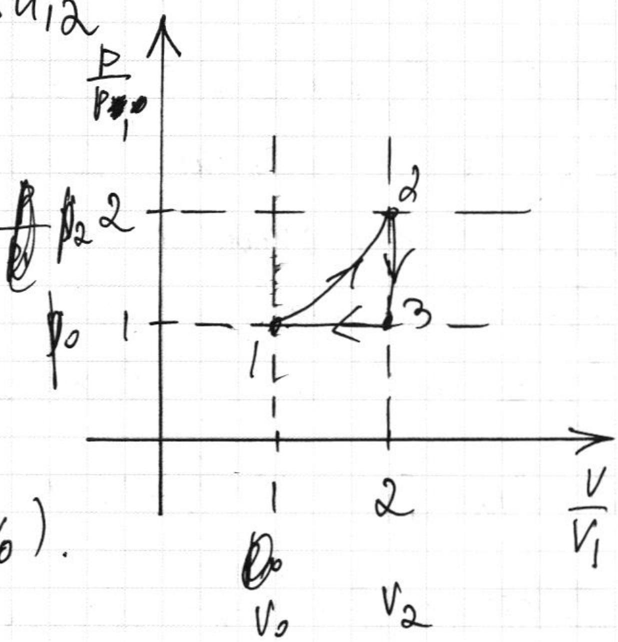
$$0 = m\vec{\vartheta_0} + M\vec{\vartheta_1} = m\vec{\vartheta_0} + 2m\vec{\vartheta_1} \Rightarrow \vec{\vartheta_0} + 2\vec{\vartheta_1} = 0$$

1) $\frac{m\vartheta_0^2}{2} = mgH$ $\quad \vartheta_0^2 = 2gH \Rightarrow \vartheta_0 = \sqrt{2gH}$

2)

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

$A_{12} =$



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

$$A_{12} = p_2 \cdot (V_2 - V_0) - \frac{1}{4} \cdot \pi (V_2 - V_0)^2$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1) = \frac{3}{2}(p_2V_2 - p_0V_0).$$

$$Q_{12} = p_2(V_2 - V_0) - \frac{1}{4}\pi(V_2 - V_0)^2$$

$$p_2 - p_0 = V_2 - V_0$$

$$Q_{12} = (V_2 - V_0 + p_0)(V_2 - V_0) - \frac{1}{4}\pi(V_2 - V_0)^2$$

$$A = A_{12} + \underbrace{A_{23}}_{0} + A_{13} = A_{12} + A_{13} = p_2(V_2 - V_0) - \frac{\pi}{4}(V_2 - V_0)^2 + p_0(V_0 - V_2) = (p_2 - p_0)(V_2 - V_0) - \frac{\pi}{4}(V_2 - V_0)^2$$

☒ 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)»

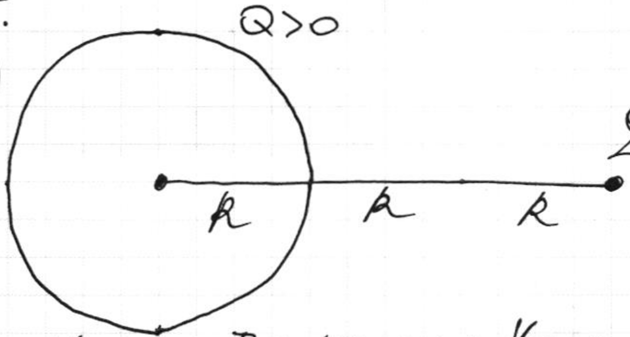
ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5.

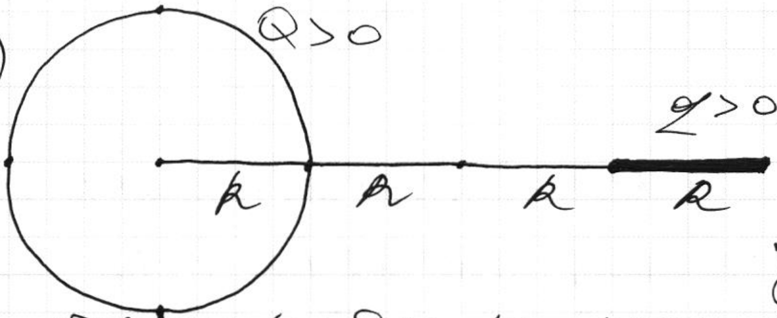
1)



Сферу можно считать точечным зарядом, находящимся в её центре и равным по модулю заряду сферу. По закону Кулона: $F_1 = \frac{kQq}{9R^2}$.

Ответ 1: $F_1 = \frac{kQq}{9R^2}$.

2)



Сферу аналогично п.1 будем воспринимать, как точечный заряд Q в её центре, а стержень разобьем на малые Δq, каждый из которых оказывает на Q влияние $\Delta F = \frac{kQ\Delta q}{(3R+\Delta R)^2}$. Тогда по з. Кулона:

$$F_2 = \sum_{i=0}^{n} \Delta F_i = \sum_{i=0}^{n} \frac{kQ\Delta q_i}{(3R+\Delta R_i)^2} = kQ\sum_{i=0}^{n} \frac{\Delta q_i}{(3R+\Delta R_i)^2}.$$

Ответ 2: $F_2 = kQ\sum_{i=0}^{n} \frac{\Delta q_i}{(3R+\Delta R_i)^2}$.

Ответ: $F_1 = \frac{kQq}{9R^2}$, $F_2 = kQ\sum_{i=0}^{n} \frac{\Delta q_i}{(3R+\Delta R_i)^2}$

№1.

$m = 1$ кг

$T = 3$ с

$K = 1800$ Дж

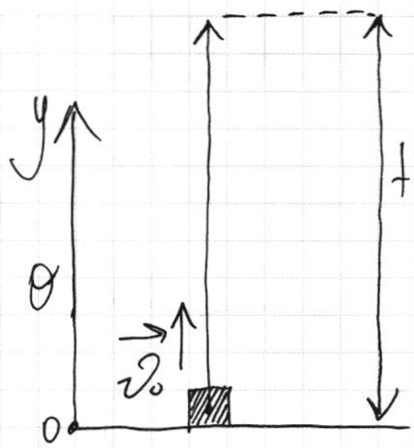
$\tau = 10$ с

1) H - ?

2) t_1 - ?

$g = 10$ м/с^2

1) Oy: $H = v_0 T - \frac{gT^2}{2}$.



По з. сохранения энергии:

$$\frac{mv_0^2}{2} = mgH,$$

$$v_0 = \sqrt{2gH}.$$

$$\Rightarrow H = \sqrt{2gH}\,T - \frac{gT^2}{2},$$

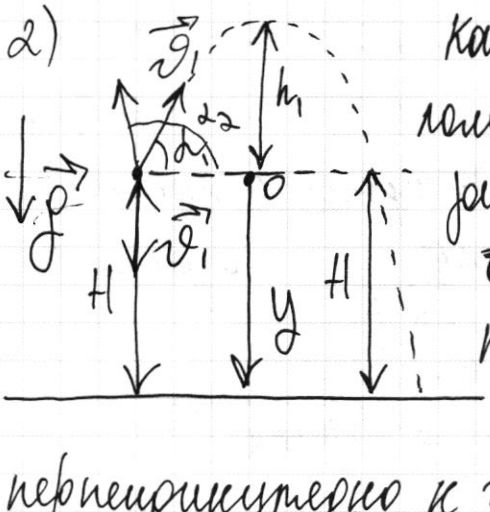
$$H - \sqrt{2gH}\,T + \frac{gT^2}{2} = 0.$$

$$D = 2gT^2 - 4\cdot\frac{gT^2}{2} = 2gT^2 - 2gT^2 = 0.$$

$$\sqrt{H} = \frac{\sqrt{2g}\,T}{2}, \Rightarrow H = \frac{2gT^2}{4} = \frac{gT^2}{2} = 5\cdot 9 = 45\,(м).$$

Ответ 1: $H = 45$ м.

2)



Каждый из осколков полетел под каким-то углом к горизонту, поднялся на $H + h_1$, а затем упал уже с неё. Минимальным будет время падения для осколка, $h_1 = 0$ м, т.е. он сразу полетел к земле, причем перпендикулярно к горизонту. По усл. $v_{11} = v_{12} = \ldots = v_{1i} = v_1$.

По усл. $K = \sum_{i=0}^{n} \frac{m_i v_1^2}{2} = \frac{v_1^2}{2}\sum_{i=0}^{n} m_i = \frac{m v_1^2}{2}, \Rightarrow$

$$\Rightarrow v_1^2 = \frac{2k}{m}, \Rightarrow v_1 = \sqrt{\frac{2k}{m}}.$$

Oy: $H = v_1 t_1 + \frac{g t_1^2}{2}$, $H = \sqrt{\frac{2k}{m}}\,t_1 + \frac{g t_1^2}{2}$,

$$45 = \sqrt{\frac{2\cdot 1800}{1}}\,t_1 + 5t_1^2,$$

$$5t_1^2 + \sqrt{2\cdot 2\cdot 9\cdot 25\cdot 4}\,t_1 - 45 = 0$$

☐ черновик ☒ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

(продолжение к N1)

$5t_1^2 + 2\cdot 3\cdot \cancel{5}\cdot 2t_1 - \cancel{45}^{9} = 0,$

$t_1^2 + 12t_1 - 9 = 0,$

$D = 144 + 36 = 140 + 30 + 10 = 180.$

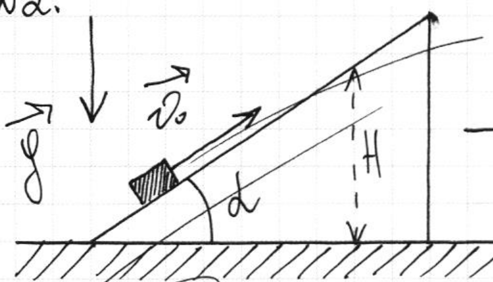
$t_{1,2} = \dfrac{-12 \pm \sqrt{180}}{2} = \dfrac{-12 \pm \sqrt{2\cdot 9\cdot 2\cdot 5}}{2} = \dfrac{-12 \pm 6\sqrt{5}}{2} =$

$= -6 \pm 3\sqrt{5}$ - минус не подх., $\Rightarrow t_1 = -6 + 3\sqrt{5}$ (с)

Ответ 2: $t_1 = 3\sqrt{5} - 6$ (с).

Ответ: $H = 45$ м, $t_1 = 3(\sqrt{5} - 2)$ с.

№2.



ЗСИ:

1) $m\vec{v_0} = m\vec{v_1} + 2m\vec{v_2}$ $\frac{x}{v_0}$

З.С.С: $\vec{v}_{абс} = \vec{v}_{пер} + \vec{v}_{отн}$ $x =$

$\vec{v_0} = \vec{v_2} + \vec{v_1} \Rightarrow \vec{v_1} = \vec{v_0} - \vec{v_2}$

$\vec{v_0} = \vec{v_0} - \vec{v_2} + 2\vec{v_2}$

$\vec{v_2} = 0 \Rightarrow$ клин стоит

$\frac{mv_0^2}{2} = mgH$

$v_0 = \sqrt{2gH}$

ЗСИ:

2) $m\vec{v_0} = m\vec{v_1} + m\vec{v_2}$

$\vec{v_0} = \vec{v_1} + \vec{v_2}$

$\vec{v_0}$

$0 = m\vec{v_0} - 2m\vec{v_1}$

Изначально сист. покоилась. Потом появились скорости у шайбы и клина.

$0 = m\vec{v_0} + 2m\vec{v_1}$

$0 = \vec{v_0} + 2\vec{v_1}$

II з. Ньютона

$ma = mg\sin(\alpha)$,

$\boxed{a = g\sin(\alpha)}$

$\frac{H}{L} = \sin(\alpha), \Rightarrow \boxed{L = \frac{H}{\sin(\alpha)}}$

$\begin{cases} L = v_0 t - \frac{at^2}{2}, \\ H = v_0\sin(\alpha)t - \frac{a\sin(\alpha)t^2}{2} \end{cases}$

$0 = m\vec{v_0} + 2m\vec{v_1}$

$2\vec{v_1} = -\vec{v_0}$

$\vec{v_1} = -\frac{1}{2}\vec{v_0}$

$0 = v_0 - at$,

$v_0 = at$

$v_0 = g\sin(\alpha)t$,

$v_0 = \sqrt{2gH}$

$H = g\sin^2(\alpha)t^2 - \frac{a\sin(\alpha)t^2}{2}$,

$t = \frac{\sqrt{\frac{2H}{g}}}{\sin(\alpha)}$.

$t^2\left(g\sin^2(\alpha) - \frac{g\sin^2(\alpha)}{2}\right) = H$

$t^2 \cdot \frac{g\sin^2(\alpha)}{2} = H$, $t^2 = \frac{2H}{g\sin^2(\alpha)}$

☒ черновик ☐ чистовик

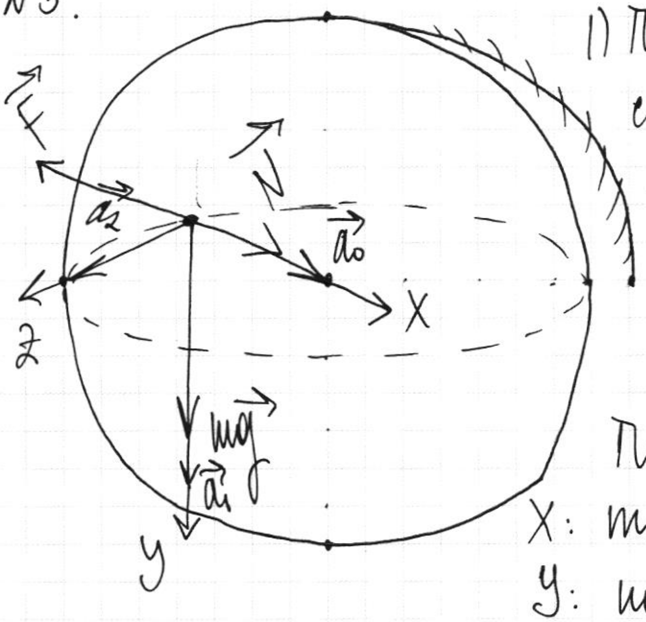
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N 3.



1) По III з. Ньютона: $|N| = |F|$, где N - сила, с кот. на модель действ. сфера, F - сила, с кот. на сферу действ. модель, => $N = 2mg$.

$a = \sqrt{a_0^2 + a_1^2 + a_2^2}$.

По II з. Ньютона:

X: $ma_0 = 2mg \Rightarrow a_0 = 2g$.

Y: $ma_1 = mg \Rightarrow a_1 = g$.

Z: $ma_2 = 0 \Rightarrow a_2 = 0$.

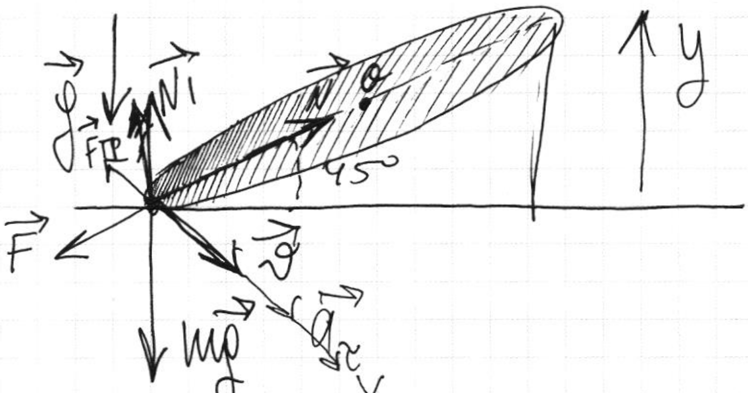
$a = \sqrt{4g^2 + g^2} = \sqrt{5}g$.

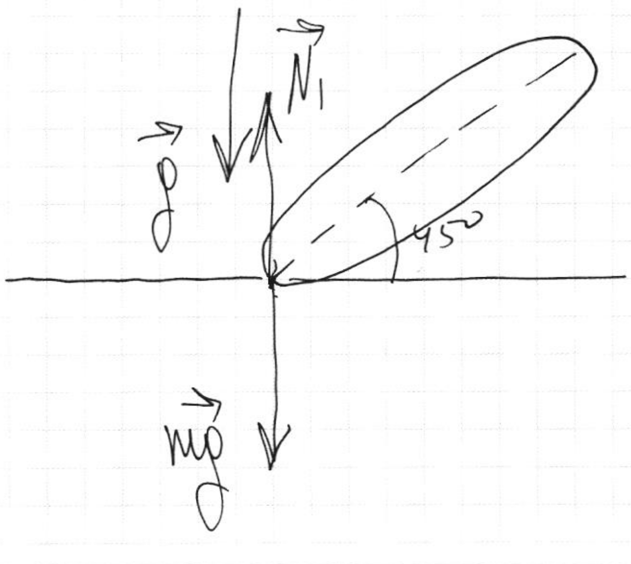
Ответ 1: $a = \sqrt{5}g$.

~~2) По II з. Ньютона:~~

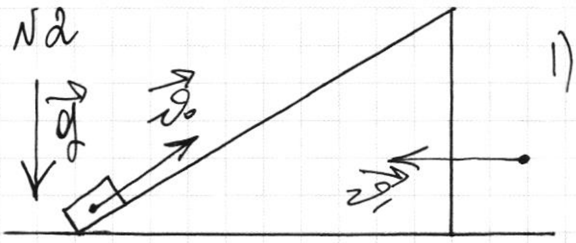
~~Y: $N_1 = mg$~~

~~X: ma_x~~





№2



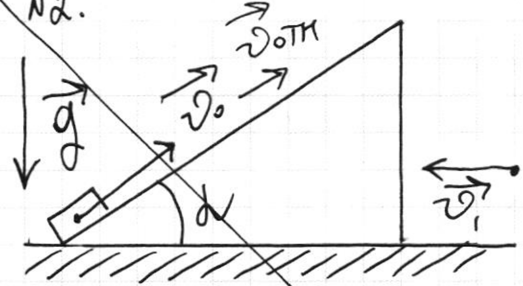
1) По з. сохр. энергии: $\frac{mv_0^2}{2} = mgH$,

$v_0^2 = 2gH \Rightarrow v_0 = \sqrt{2gH} = 2\,(м/с)$

2)

☐ черновик ☒ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

№2.



1) По з. с. и: $0 = m\vec{\vartheta}_0 + 2m\vec{\vartheta}_1$,

По з. слож. ск.: $\vec{\vartheta}_0 = \vec{\vartheta}_{отн} + \vec{\vartheta}_1$,
(со клина)

$\Rightarrow \vec{\vartheta}_{отн} = \vec{\vartheta}_0 - \vec{\vartheta}_1$.

$2\vec{\vartheta}_1 = -\vec{\vartheta}_0$, $\Rightarrow \vec{\vartheta}_1 = -\frac{\vec{\vartheta}_0}{2}$, $\Rightarrow$

$\Rightarrow \vec{\vartheta}_{отн} = \frac{3}{2}\vec{\vartheta}_0$.

По з. с. э: $\frac{\cancel{m}\cdot\frac{9}{4}\vartheta_0^2}{2} = \cancel{m}gH$, $\frac{9}{8}\vartheta_0^2 = gH$, $\Rightarrow$

$\Rightarrow \vartheta_0^2 = \frac{8}{9}Hg$, $\Rightarrow \vartheta_0 = \frac{2\sqrt{2}}{3}\sqrt{Hg} = \frac{2\sqrt{2}}{3}\cdot\sqrt{2} = \frac{4}{3}$ (м/с).

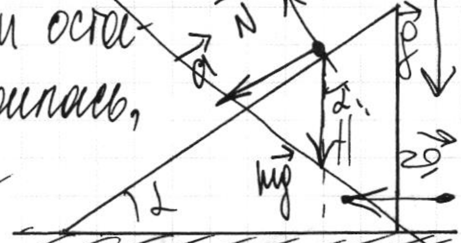
Ответ 1: $\vartheta_0 = \frac{4}{3}$ м/с.

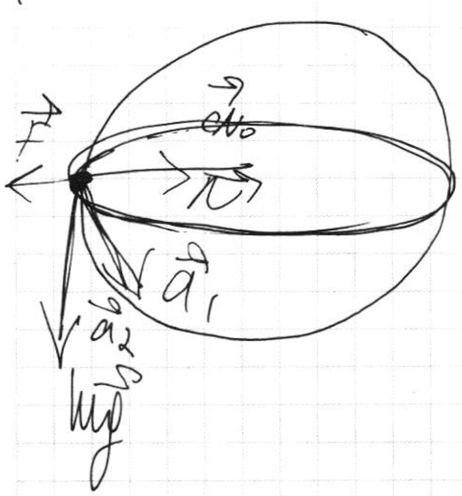
2) По з. с. и.: $0 = m\vec{\vartheta}_0 + m\vec{\vartheta}_1$, $\Rightarrow \vec{\vartheta}_1 = -\vec{\vartheta}_0$.

По з. слож. ск: $\vec{\vartheta}_0 = \vec{\vartheta}_{отн} + \vec{\vartheta}_1$, $\Rightarrow \vec{\vartheta}_{отн} = \vec{\vartheta}_0 - \vec{\vartheta}_1 = 2\vec{\vartheta}_0$,
(со клина)

$\Rightarrow$ по з. с. э: $\frac{\cancel{m}\cdot 4\vartheta_0^2}{2} = \cancel{m}gH$, $\Rightarrow \vartheta_0 = \sqrt{\frac{gH}{2}} = 1$ (м/с).

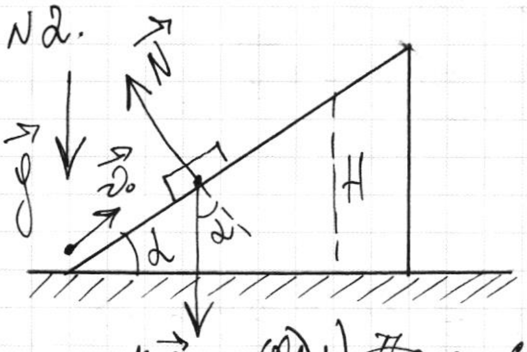
Шайба доехала до верхней точки клина и остановилось. Так как изначально система покоилась, по з. с. и. импульс всей системы сохранится





ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2.



1) ~~По з. сохр. энергии: $\frac{m v_0^2}{2} = mgH$ ⇒~~

~~⇒ $v_0 = \sqrt{2gH} = \sqrt{2\cdot10\cdot0{,}2} = 2$ (м/с)~~

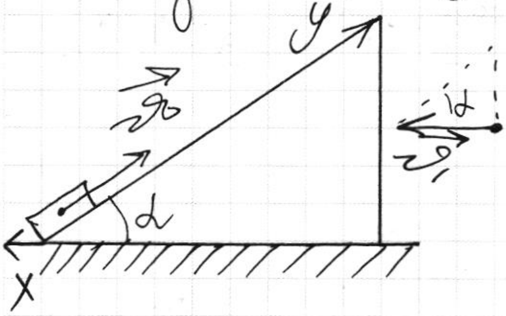
$\frac{v_1}{x} = \cos(\alpha)$

~~Ответ 1: $v_0 = 2$ м/с~~

(2) 1) ~~По з. сохр. импульса: $0 = m\vec v_0 + 2m\vec v_1$~~

~~На Ox: $v_1 = \frac{1}{2} v_0\cos(\alpha)$~~

~~начальная скорость клина~~



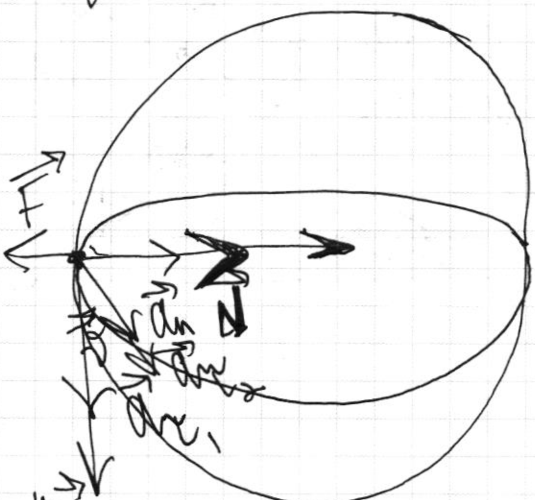
~~Перейдем в СО клина: $\vec v_{абс} = \vec v_{пер} + \vec v_{отн}$,~~

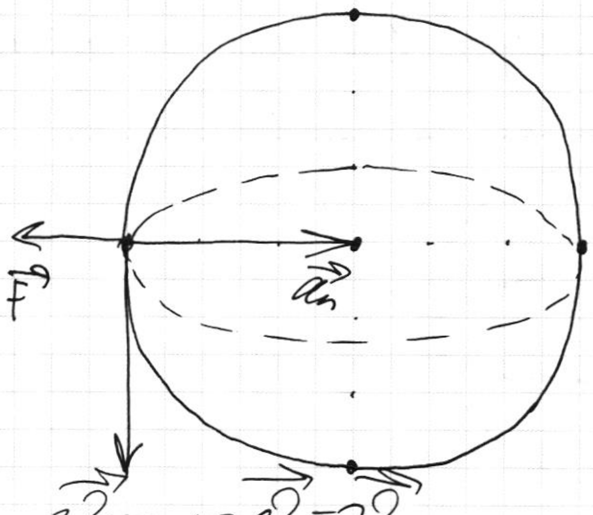
~~$\vec v_2 = (\vec v_0\cos(\alpha))$~~ $\vec v_0 = \vec v_1 + \vec v_{отн}$,

~~$\vec v_{отн} = \vec v_0 - \vec v_1$.~~ ~~1) По з.с.и: $0 = m\vec v_0 + 2m\vec v_1$,~~

~~Oy: $v_{отн} = v_0 +$~~ ~~Ox: $v_1 = v_0\cos(\alpha)\cdot\frac{1}{2}$.~~

~~Oy: $\frac{2v_1}{\cos(\alpha)}$~~ $= v_0$, ⇒ $v_1 = \frac{v_0\cos(\alpha)}{2}$.



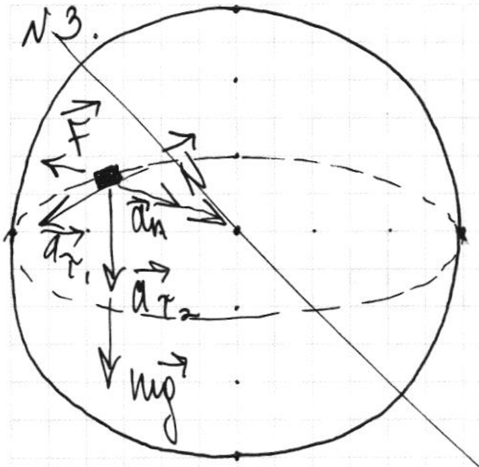


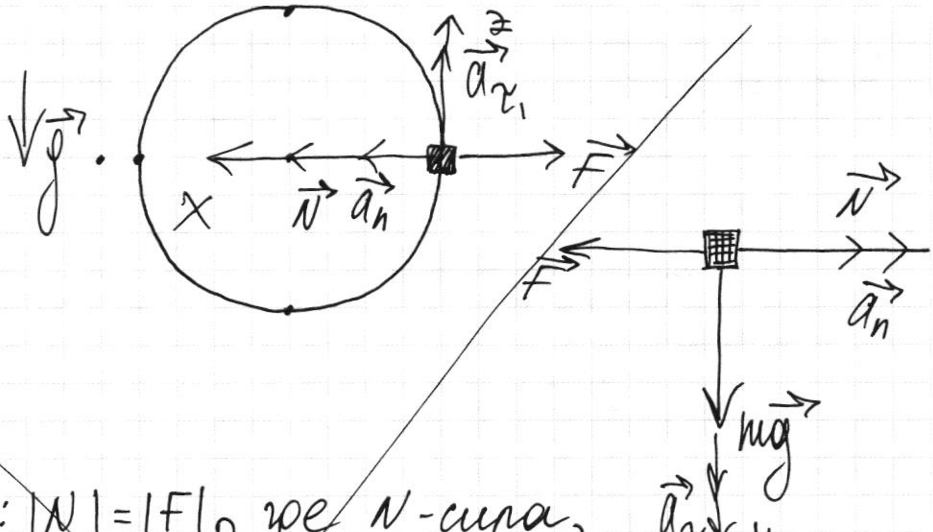
$\vec v_{отн} = \vec v_0 - \vec v_1$,

$2\cancel{m}Hg = \cancel{m}(|\vec v_0 - \vec v_1|)^2$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3.





1) По III з. Ньютона: $|N| = |F|$, где N-сила, с которой сфера действ. на модель, F-сила, с кот. модель действ. на сферу. По усл. $F = 2mg$, $\Rightarrow$
$\Rightarrow N = 2mg$, m-масса модели.

По II з. Ньютона на Ox: $ma_n = N = 2mg$, $\Rightarrow a_n = 2g$.

на Oy: $ma_{\tau_2} = mg$, $\Rightarrow a_{\tau_2} = g$.

на Oz: $ma_{\tau_1} = 0$, $\Rightarrow a_{\tau_1} = 0$.

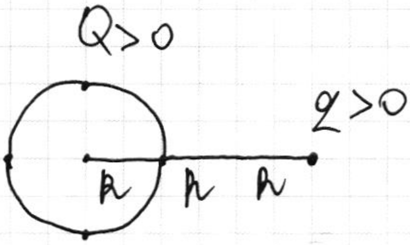
$$a = \sqrt{a_n^2 + a_{\tau_2}^2 + a_{\tau_1}^2} = \sqrt{4g^2 + g^2} = \sqrt{5}g.$$

$ma_{\tau_1} = F_T - F_{тр}$

$ma_{\tau_2} = mg$ ~~$+F_{тр}$~~

$ma_n = N \pm F_{тр}$

N 5.



$$K=\sum_{i=0}^{n}\frac{m_i v_1^2}{2}=\frac{v_1^2}{2}\sum_{i=0}^{n}m_i \Rightarrow$$

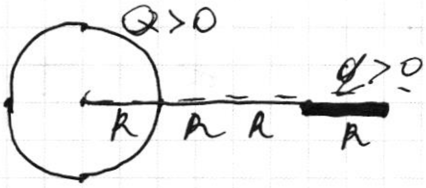
$$K=\frac{m v_1^2}{2}$$

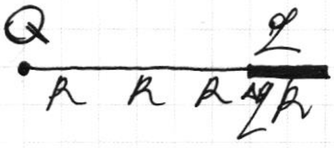
$$v_1^2=\frac{2K}{m}$$

$$v_1=\sqrt{\frac{2K}{m}}.$$

1) $F_1=\dfrac{k\cdot Q\cdot q}{9R^2}$

2)





$$\Delta F=\frac{kQ\Delta q}{(3R+\Delta R)^2}$$

$$F=\sum_{i=0}^{i=n}\frac{kQq_i}{(3R+R_i)^2}=kQ\sum_{0}^{n}\frac{q_i}{(3R+R_i)^2}$$

N1. $m=1$ кг

$T=3$ с

$K=1800$ Дж

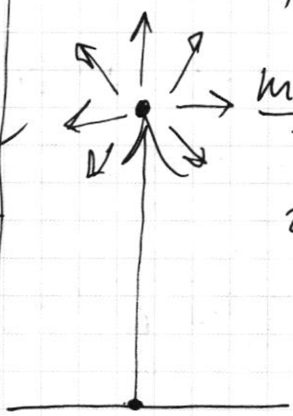
$\tau=10$ с

---

1) H - ?

2) t_1 - ?

$g=10$ м/с^2



1) $H=v_0T-\dfrac{gT^2}{2}$

$$\frac{mv_0^2}{2}=mgH,$$

$$v_0^2=2gH$$

$$v_0=\sqrt{2gH}$$

$$H=\sqrt{2gH}\,T-\frac{gT^2}{2},$$

$$H-\sqrt{2gH}\,T+\frac{gT^2}{2}=0,$$

$$D=2gT^2-4\cdot\frac{gT^2}{2}=0.$$

$$\sqrt{H}_{1,2}=\frac{\sqrt{2g}\,T}{2},$$

$$H=\frac{2gT^2}{4}=\frac{gT^2}{2}=5T^2=45\text{ м}.$$

☒ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

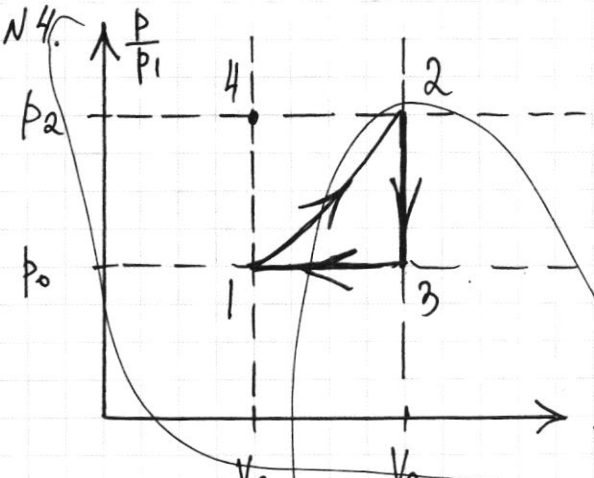
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4.



1) Т.к. 1-2 - дуга окр. с центром в 4, $p_2 - p_0 = V_2 - V_0$, как радиусы.

По I-ому н. термодинамики:

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

$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_0)$.

По ур-ю Менделеева-Клапейрона: $\begin{cases} p_0 V_0 = \nu R T_0 \\ p_2 V_2 = \nu R T_2 \end{cases} \Rightarrow$

$\Rightarrow \nu R (T_2 - T_0) = p_2 V_2 - p_0 V_0, \Rightarrow \Delta U_{12} = \frac{3}{2}(p_2 V_2 - p_0 V_0)$.

A_{12} = площадь под графиком 1-2.

$A_{12} = p_2 (V_2 - V_0) - \frac{\pi}{4}(V_2 - V_0)^2, \Rightarrow Q_{12} = p_2 (V_2 - V_0) - \frac{\pi}{4}(V_2 - V_0)^2 +$

$+ \frac{3}{2}(p_2 V_2 - p_0 V_0) = \underbrace{p_2 V_2} - \underbrace{p_2 V_0} - \underbrace{\frac{\pi}{4}(V_2 - V_0)^2} + \underbrace{\frac{3}{2} p_2 V_2} - \underbrace{\frac{3}{2} p_0 V_0} =$

$= \frac{5}{2} p_2 V_2 - p_2 V_0 - \frac{3}{2} p_0 V_0 - \frac{\pi}{4}(V_2 - V_0)^2$.

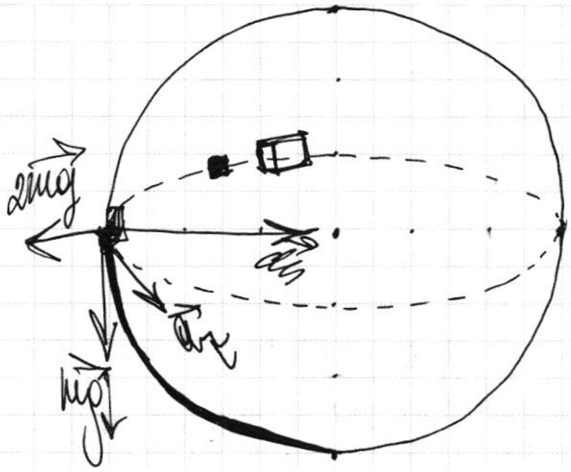
Из чертежа: ~~$p_0 = V_0; p_2 = V_2 \Rightarrow Q_{12} = \frac{5}{2} p_2^2$~~ $p_0 = V_0$; $p_2 = V_2 = 2p_0 = 2V_0$;

$Q_{12} =$ ~~p_2~~ $2V_0 (2V_0 - V_0) - \frac{\pi}{4}(2V_0 - V_0)^2 + \frac{3}{2}(2V_0 \cdot 2V_0 - V_0^2) =$

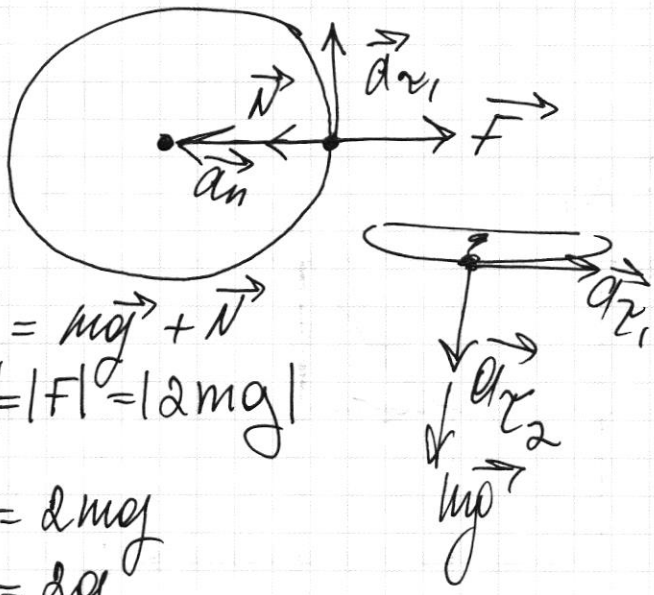
$= 2V_0^2 - \frac{\pi}{4} V_0^2 + \frac{3}{2} \cdot 3V_0^2 = \frac{13}{2} V_0^2 - \frac{\pi}{4} V_0^2 = V_0^2 \left(\frac{26 - \pi}{4}\right)$

☒ черновик ☒ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

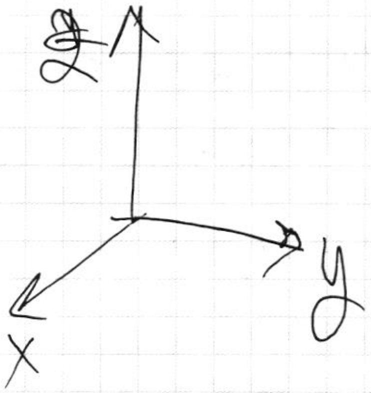


1) $\vec{a}$ - ?



$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{N}$$

$$|N| = |F| = |2mg|$$



$$ma_n = 2mg$$

$$a_n = 2g$$

$$a_{\tau_2} = g$$

$$a = \sqrt{\vec{a_n} + \vec{a_{\tau_1}} + \vec{a_{\tau_2}}} = \sqrt{3}g$$

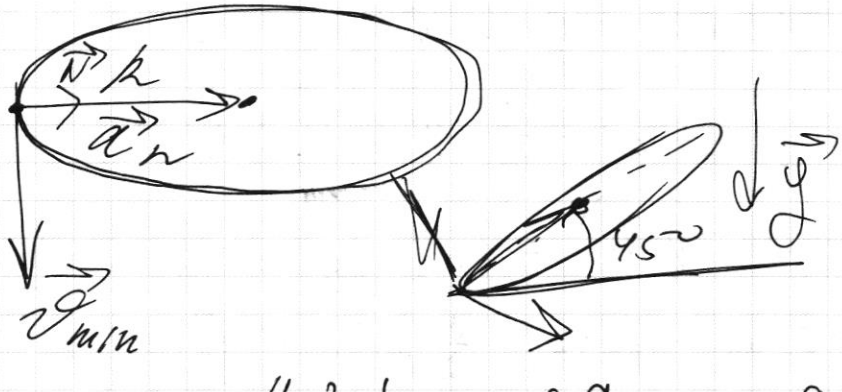
2) $\alpha = 45^\circ$

$\mu = 0{,}8$

$R = 1$ м

$g = 10$ м/с^2

ϑ_{min} - ?



$$\frac{4-3{,}1}{26_4-3{,}1} = \frac{0{,}9}{23-0{,}1} = \frac{0{,}9}{22{,}9} = \frac{9}{229}$$

$$\frac{229}{40} = \frac{229 \cdot 25}{1000}$$

$$\begin{array}{r} 229 \\ \times\ 25 \\ \hline 1145 \\ +\ 458 \\ \hline 5725 \end{array}$$

☒ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)