Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 10

Вариант 10-01

Шифр

(заполняется секретарём)

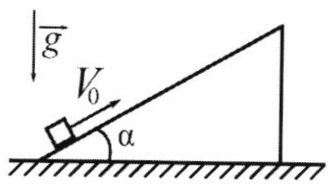
1. Фейерверк массой $m = 2$ кг стартует после мгновенной работы двигателя с горизонтальной поверхности, летит вертикально вверх и разрывается в высшей точке траектории на множество осколков, которые летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по величине скоростями. Высота точки разрыва $H = 65$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

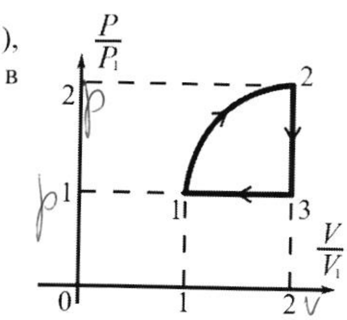
4. Один моль одноатомного идеального газа участвует в цикле 1-2-3-1 (см. рис.), участок 1–2 –дуга окружности с центром в точке 3. Температура газа в состоянии 1 равна T_1.

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.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1.

$m = 2кг$

$H = 65м$

$\tau = 10с$

1) V_0 - ?

2) K - ?

По теореме о движ. ц. масс:

$m \cdot a_{ц.м} = mg$ $\quad a_{ц.м} = g = const. \Rightarrow$

$\Rightarrow$ ц.м движется по параболе и не меняет своей траектории, т.к. ~~Fвзр~~ из-за взрыва (силы взрыва - внутренние).

Центр масс ~~проходит~~ перемещается на H за время τ

$H = \cancel{V_0} \cancel{\frac{g\tau^2}{2}}$, т.к.

т.е ц.м. поднимался и падал одинаков. время:

$H = \frac{V_0}{2}\tau \qquad \frac{2H}{\tau} = V_0$ (движ. равноуск.)

$V_0 = \frac{2 \cdot 65}{10 с} = \frac{2 \cdot 5 \cdot 13}{10} = 13 м/с$

Кинетическая энергия взрыва ушла на перемещение ядер до земли.

$K = \sum E_{mg} = mgH = 2 \cdot 10 \cdot 65 = 1300 Дж.$

Ответ: 13 м/с, 1300 Дж.

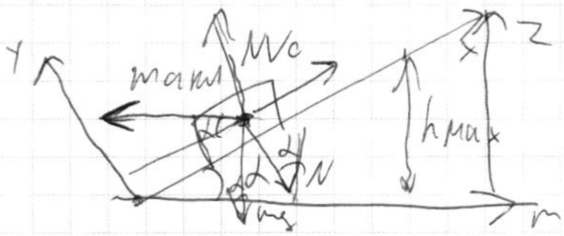
☐ черновик ☑ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № 1

(Нумеровать только чистовики)

№2.



Дано: $\alpha = 30^0$, $V_0 = 2$ м/с.

$g = 10$ м/с^2

~~H - ?~~ ~~hma~~ H - ?

V - ?

~~На клин действует сила N~~

2 ЗН для клина: $N \sin\alpha = ma_{кл}$.

Перейдем в НСО клина. На брусок действует сила инерции влево. $F_{ин} = ma_{кл}$

2 ЗН в НСО клина:

$\cancel{m}$ Ox: $\cancel{m}g \sin\alpha + \cancel{m}a_{кл} \cos\alpha = \cancel{m}a_{отн}$

$g \sin\alpha + a_{кл} \cos\alpha = a_{отн}$.

Oy: $N = mg\cos\alpha - ma_{кл} \sin\alpha$.

$$\frac{ma_{кл}}{\sin\alpha} = \cancel{m}g\cos\alpha - \cancel{m}a_{кл}\sin\alpha$$

$$a_{кл} = g\cos\alpha\sin\alpha - a_{кл}\sin^2\alpha$$

$$a_{кл}(1+\sin^2\alpha) = g\cos\alpha\sin\alpha$$

$$a_{кл} = g\frac{\cos\alpha\sin\alpha}{1+\sin^2\alpha} = \frac{g\cdot\frac{\sqrt{3}}{2}\cdot\frac{1}{2}}{1+\frac{1}{4}} = g\frac{\frac{\sqrt{3}}{4}}{\frac{5}{4}} =$$

$$= g\frac{\sqrt{3}}{5}$$

$$\frac{1}{2}g + g\frac{\sqrt{3}}{5}\cdot\frac{\sqrt{3}}{2} = a_{отн} = \frac{5}{10}g + \frac{3}{10}g = \frac{4}{5}g.$$

В НСО клина:

$$\frac{H_{max}}{\sin\alpha} = \frac{V_0^2}{\frac{8}{5}g} \qquad \cancel{H_{max}} = \quad H = \frac{V_0^2\cdot\frac{1}{2}}{\frac{8}{5}g} =$$

$$= \frac{5V_0^2}{16g} = \frac{5\cdot 4}{16\cdot 10} = \frac{1}{2\cdot 4} = \frac{1}{8} \text{ м}.$$

☐ черновик ☑ чистовик Страница № 2

(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

Найдем время пока ~~клин~~ брусок спускался и поднимался по клину. $t_{под}$ - время подъема, $t_{сп}$ - время спуска.

~~$t_n = V_0 - a_{отн} t$~~. V_f $0 = V_0 - a_{отн} t_{под}$

$$\frac{V_0}{a_{отн}} = t_{под}. \qquad \sqrt{\frac{2H}{g \sin\alpha \, a_{отн}}} = t_{сп}$$

$$t_{\cancel{спуска}} = \frac{H}{\sin\alpha} = \cancel{g\frac{\ }{2}} \; \frac{a_{отн} t_{сп}^2}{2}$$

В СО земли клин приобрел скорость:

$$V = a_{кл}(t_{сп} + t_n) = \frac{g\sqrt{3}}{5}\left(\sqrt{\frac{2H}{\frac{1}{2} g \cdot \text{части}}} + \sqrt{\frac{V_0}{\frac{4}{5}g}}\right)$$

$$\cancel{V = \frac{g\sqrt{3}}{5}\left(\sqrt{2 \cdot \frac{1}{8}}\right.} \quad 2\sqrt{3}\left(\sqrt{\frac{\frac{1}{4}}{\frac{1}{2}\cdot\frac{4}{5}g\cdot 10}} + \sqrt{\frac{2}{8}}\right)$$

$$\cancel{= 2\sqrt{3}\left(\sqrt{\frac{2\cdot\frac{1}{8}}{\frac{1}{2}\cdot\frac{4}{5}\cdot 10}} + \frac{1}{2}\right)} = 2\sqrt{3}\left(\frac{\frac{1}{4}}{2} + \frac{1}{2}\right) =$$

$$\cancel{= \frac{\sqrt{3}}{4} + \sqrt{3} = \frac{5\sqrt{3}}{4}} \text{ м/с}$$

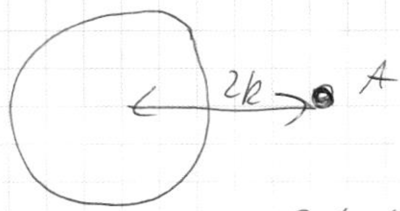
~~Ответ: $\frac{1}{8}$ м, $\frac{5\sqrt{3}}{4}$ м/с.~~

$$V = 2\sqrt{3}\left(\sqrt{\frac{\frac{1}{4}}{\frac{1}{2}\cdot\frac{4}{5}\cdot 10}} + \frac{1}{4}\right) = 2\sqrt{3}\left(\frac{1}{4} + \frac{1}{4}\right) =$$

$$= \cancel{\sqrt{3} + \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{3\sqrt{3}}{2} \text{ м/с}}. \quad \sqrt{3}$$

Ответ: $\frac{1}{8}$ м, ~~$\frac{3\sqrt{3}}{2}$ м/с~~. $\sqrt{3}$ м/с.

№5.



$Q > 0$, R

q

1) F_1 – ?

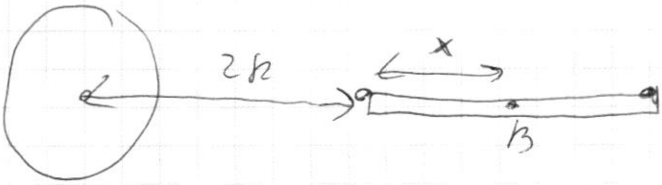
2) F_2 – ?

Напряженность эл. поля сферы в точке A:

$\frac{kQ\cancel{q}}{4R^2} = E_A$. Заряд $a = q$ ⟹

⟹ $F_1 = \frac{kqQ}{4R^2}$.

2)



Напр. эл. поля сферы в точке B:

α – линейная плотн

$E = \frac{kQ}{(2R+x)^2}$ $\quad dF_2 = \frac{kQ}{(2R+x)^2} d\cancel{q}$ $\quad dq = \alpha dx$

$dF_2 = \frac{kQ\alpha d(\cancel{2R+x})}{(2R+x)^2} =$ Замена: $t = 2R + x$

$= \frac{kQ\, dt(2R+x)}{(2R+\cancel{x})^2}$

пределы инт: от $2R$ до $3R$

$\int_{2R}^{3R} \frac{kQ\alpha dt}{t^2} = \Big|_{2R}^{3R} \alpha kQ \cdot -2 \cdot \frac{1}{t} = -2\alpha kQ \cdot -\frac{R}{6R^2} =$

$= \alpha kQ \cdot \frac{2R}{6R^2} = \alpha kQ \cdot \frac{1}{3R} =$

$= \frac{\alpha kQ}{3R} = \frac{\alpha kQq}{3R^2} = F_2$

$\alpha = \frac{q}{R}$

Ответ: $F_1 = \frac{kqQ}{4R^2}$, $F_2 = \frac{kqQ}{3R^2}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4.

I 1

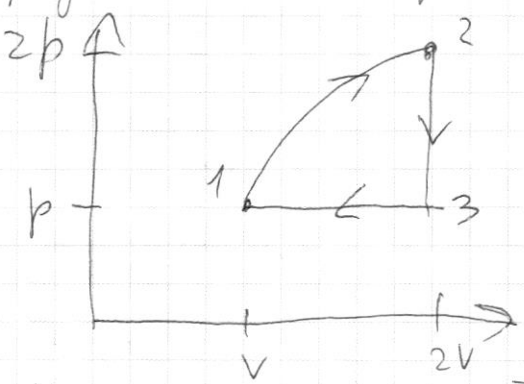
$\nu = 1$ моль

1) Q − ?

2) A − ?

3) η − ?

Перерисуем сразу в координатах pV.



Ур-ние менд. клайпер для точки 1: $pV = \nu kT_1$

Газ расшир на 1−2: $Q = \Delta U + A$.

$\Delta U = \frac{3}{2}\Delta(pV) = \frac{3}{2}(4pV - pV) = \frac{9pV}{2}$

$A =$ площадь под дугой $= \frac{\pi pV}{4} + pV$

$Q = \frac{9pV}{2} + \frac{\pi pV}{4} + pV = pV\left(\frac{18pV}{4} + \frac{\pi pV}{4} + pV\right)$

$= pV\left(\cancel{\frac{18}{4}+}\ \frac{22}{4} + \frac{\pi}{4}\right) = pV\left(\frac{11}{2} + \frac{\pi}{4}\right) =$

$= \nu kT_1\left(\frac{11}{2} + \frac{\pi}{4}\right)$

$A_ц = A$ ~~сектора~~ модуль жмнне ±S сектора $= \frac{\pi pV}{4} = \frac{\nu kT_1\pi}{4}$

изохорного

3) $\eta = \frac{Q_н - Q_х}{Q_н}$ $Q_х = |Q_{2-3}| + |Q_{3-1}|$ ← изобарный

$Q_х = \frac{3}{2}\cdot 2pV + \frac{5}{2}pV = \frac{11}{2}pV = \frac{11}{2}\nu kT_1$ изобарного

$Q = Q_н$

$$\eta = \frac{\nu kT_1\left(\frac{11}{2}+\frac{\pi}{4}\right) - \frac{11}{2}\nu kT_1}{\nu kT_1\left(\frac{11}{2}+\frac{\pi}{4}\right)} = \frac{\frac{\pi}{4}}{\frac{11}{2}+\frac{\pi}{4}} = \frac{\pi}{22+\pi}$$

Ответ: $Q = \nu kT_1\left(\frac{11}{2}+\frac{\pi}{4}\right)$; $A_ц = \frac{\nu kT_1 \pi}{4}$; $\eta = \frac{\pi}{22+\pi}$.

№ 3.

$\alpha = 30^\circ$

$R = 1,2$ м

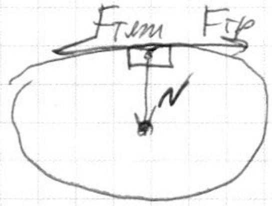
$V_0 = 3,7$ м/с

$m = 0,4$ кг

$V = const$

1) P − ?

2) V_{min} − ?

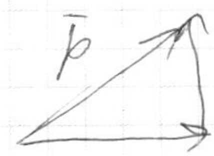


По радиусу к центру сферы направлена N, $F_{тр}$ − по кас, ~~$F_т - F_1$~~ $F_{тяги} = F_{тр}$, $F_{тяги}$ тоже по касательной

$F_{тяги} = F_{тр} = \cancel{\mu mg}\ \mu N$, т.к машинка движется с пост.

$N = a\, ma_{ц.с} = \frac{mV_0^2}{R} \Rightarrow F_{тр} = \mu\frac{mV_0^2}{R}$

$\bar{P} = \bar{N} + \bar{F}_{тр}$



$P = \cancel{\mu^2 m^2V_0^2}\ \sqrt{\mu^2N^2 + N^2} = N\sqrt{\mu^2+1}$

$P = \frac{mV_0^2}{R}\sqrt{\mu^2+1} = \frac{0,4\cdot(3,7)^2}{1,2}\sqrt{1,81} =$

$= 3,7\cdot\frac{13,7}{3}\sqrt{1,81} = \frac{137}{30}\sqrt{1,81}$ Н.

2)

$mg\sin\alpha + N_1 = \frac{mV_1^2}{R}$

$mg\sin\alpha = \frac{mV_{min}^2}{R}$

V_{min} когда $N=0$

$Rg\sin\alpha = V_{min}^2$ $\quad V_{min} = \sqrt{6}$ м/с.

Ответ: $\sqrt{6}$ м/с, $P = \frac{137\sqrt{1,81}}{30}$.

$m = 2$ кг
$H = 65$ м
$\tau = 10$ с

$V_0 - ?$
$K - ?$

Р-им движение центра масс.

Т.к. $F_{внутр} \gg F_{т}$ mg, то центр ~~мас~~ масс системы осколков продолжает двигаться по изначальной траектории и падает (нахождения в верхн. точке) в момент времени (отсчет от точки) τ, в верхней точке траектории $V_{y.н} = 0$, в нижней (конечной) в силу симметрии $V_{y.к} = V_0$

$$H = \frac{V_0^2}{2g}$$

$$\sqrt{2gH} = V_0 \qquad V_0 = \sqrt{20 \cdot 65} = \sqrt{1300} = 10\sqrt{13} \text{ м/с}.$$

~~Для центра (начальная вертикальная скорость)~~

~~ЗСИ: ЗСЭ:~~

~~$A = \Delta E_к$~~

~~$-mgH = \sum \frac{mV_1^2}{2} + \frac{mV_0^2}{2} = K$~~

~~$-mgH + \frac{mV_0^2}{2} = \frac{mV_1^2}{2} = K$~~

~~$\frac{2mgH}{2} - mgH = \frac{mV_1^2}{2} = K$~~

~~$0 = K$~~

~~Ответ: K $10\sqrt{13}$ м/с, с~~

Ответ: $10\sqrt{13}$ м/с, 1300 Дж.

~~конечная кинетич~~ Кинетическая энергия взрыва пошла на перемещение кусочков на землю. $K = \sum E_п^{\Delta mgH} = mgH = 2 \cdot 10 \cdot 65 = 1300$ Дж

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№7

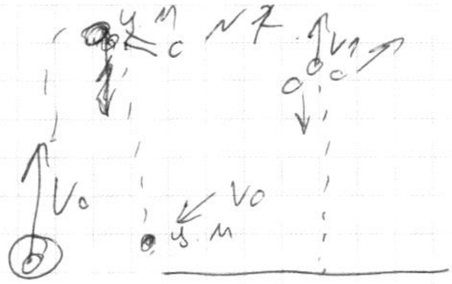
$m = 2$ кг

$H = 65$ м

$\tau = 10$ с

$V_0 - ?$

$E_{отд\ сумм} - ?$



Осколки падали до тех пор, пока не упал последний. Т.е. последний во время взрыва полетел вертикально вверх.

$$-H = V_1\tau - \frac{g\tau^2}{2} \qquad V_1 = \frac{g\tau}{2} - \frac{H}{\tau}.$$

$$H = \frac{g\tau^2}{2} - V_1\tau$$

$$V_1\tau = \frac{g\tau^2}{2} - H$$

По т. о движении ц.м центр масс движется по из начальной траектории снаряда, т.к. $F_{вн} = mg$ и центр. масс падает одновременно со снарядом в момент времени τ, скорость ц.м перед приземлением равна V_0

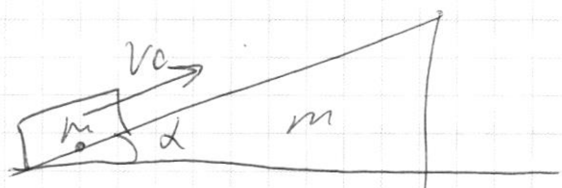
$$-H = \frac{V_0^2}{-2g} \qquad \sqrt{2gH} = V_0$$

☑ черновик ☐ чистовик

Страница №__

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

N2.



$\alpha = 30^\circ$

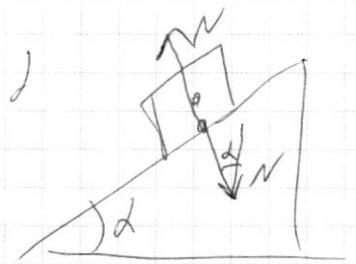
$v_0 = 2$ м/с

$g = 10$ м/с^2.

Найти: H - ?

v - ?

1)



На клин действует сила N, толкающая его.

$\frac{F \cdot S}{\Delta t} = F \cdot v = N$

$N \sin\alpha = ma$.

Перейдем в НСО клина.

N

$F_{ин} \cos\alpha + mg \sin\alpha = ma_{отн}$

4
37
×37
259
111
1369

$F_{ин} = ma$

$ma \cos\alpha + mg \sin\alpha = ma_{отн}$.

$N = mg\cos\alpha - F_{ин} \sin\alpha = mg\cos\alpha - ma\sin\alpha$

$\frac{ma}{\sin\alpha} = mg\cos\alpha - ma\sin\alpha$.

$ma = mg\cos\alpha\sin\alpha - ma\sin^2\alpha$.

$a + a\sin^2\alpha = g\cos\alpha\sin\alpha$

$a = \frac{\cos\alpha\sin\alpha}{1+\sin^2\alpha} g$ $\quad a = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}\cdot\frac{1}{2} g}{1+\frac{1}{4}} = \frac{\sqrt{3} g}{5}$.

$a_{отн} = a\cos\alpha + g\sin\alpha$.

~~$V(t)$ в НСО $= v_0 - (a\cos\alpha + g\sin\alpha)t = 0$~~

~~когда~~ равно 0 тогда остановка

☑ 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

E для произвольной точки стержня

$E = \frac{kQ}{(2R+x)^2}$ Пусть α - линейная плотность заряда стержня

$dF = \frac{kQ}{(2R+x)^2} dq$

$\alpha = \frac{q}{R}$

$dq = \alpha dx$.

$dF = \cancel{kq} \frac{kQ}{(2R+x)^2} \alpha dx = \frac{\alpha kQ dx}{(2R+x)^2} =$

$= \frac{\alpha kQ \, \cancel{d}(x+2R)}{(2R+x)^2}$

Замена: $t = 2R+x$, пределы интегр: ~~0~~ до $2R$ до $3R$.

$\int_0^{F_2} dF = \frac{\alpha kQ \cdot dt}{t^2} = \Big|_{2R}^{3R} \alpha kQ \cdot -2 \cdot \frac{1}{t} =$

$= -2\alpha kQ \left(\frac{1}{3R} - \frac{1}{2R} \right) = -2\alpha kQ \cdot \frac{-R}{6R^2} =$

$= \frac{\alpha kQ}{3R} = \frac{\frac{q}{R} \cdot kQ}{3R} = \frac{qkQ}{3R^2} = F_2$.

Ответ: $F_1 = \frac{kQq}{4R^2}$, $F_2 = \frac{kqQ}{3R^2}$.

☒ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)

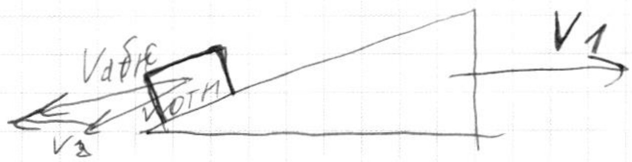
ЗСИ для системы клин-брусок на ось x:

$V_0 \cos\alpha \quad 2mV_{кл} = mV_0\cos\alpha$

$V_{кл} = \frac{V_0\cos\alpha}{2}$

$h_{max} = \frac{z}{g} \cdot \frac{V_0^2\cos^2\alpha}{4 \cdot 2} = \frac{V_0^2\cos^2\alpha}{2g} = \frac{4 \cdot \frac{3}{4}}{2 \cdot 10} =$

$= \frac{12}{80} = \frac{3}{20}$ м $= 15$ см.



$V_{абс} =$

42, 3,7, 3,7, 59

$50 - 6,5 = V_0$

$34,5 = V_0$.

$\frac{10 \cdot 10}{2} - 6,5 = V_0$

$S = \frac{p}{p_1} \cdot \frac{V}{V_1} \cdot \frac{\pi}{4}$

137

$H = \frac{\frac{2H}{\tau} \cdot \left(\frac{H}{\tau} + V_0\right)}{g}$

$Hg = \frac{2H^2}{\tau^2} + \frac{2H}{\tau}V_0$

$Hg - \frac{2H^2}{\tau^2} = \frac{2HV_0}{\tau}$

$V_1 - \frac{gt^2}{2} \quad -h = \frac{V_1^2 - V_0^2}{-2g}$

$H = \frac{V_0^2 - V_1^2}{2g}$

$\cancel{\frac{Hg\tau}{2H}} -$

$H = \frac{V_1^2 - V_0^2}{2g}$

$g - \frac{2H}{\tau^2} = \frac{2V_0}{\tau}$

$H = \frac{V_1 - V_0}{2} \cdot \tau$

$\frac{1}{2}\left(\tau g - \frac{2H}{\tau}\right) = V_0$

$\frac{\tau g}{2} - \frac{H}{\tau} = V_0$

$\sqrt{2gH}$

$\sqrt{2 \cdot 10 \cdot 65} = \frac{2H}{\tau} + V_0 = V_1$

$= \sqrt{130 \cdot 10}$

$= 10\sqrt{13}$

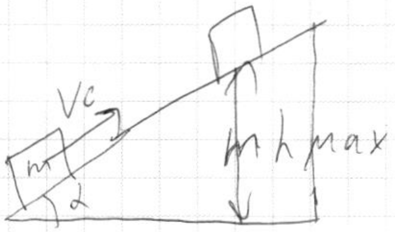
$H = \frac{\left(\frac{2H}{\tau} + V_0\right)^2 - V_0^2}{2g} =$

$= \frac{\left(\frac{2H}{\tau} + V_0 - V_0\right)\left(\frac{2H}{\tau} + 2V_0\right)}{2g}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

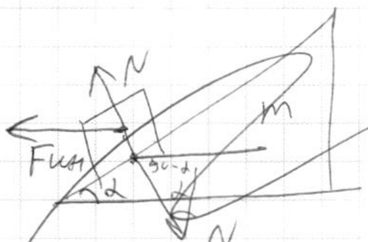
№2

$V_0 = 2$ м/с, $m_к = m_ш = m$



1) H_{max} - ?

2) V - ?



~~На клин~~

2 ЗН для клина:

$N\sin\alpha = ma$

$a = \frac{N\sin\alpha}{m}$

Введем силу инерции в НСО клина, тогда: на брусок и клин начнет действовать $\vec{F}_{ин} = -m\vec{a}$

2 ЗН для бруска в НСО:

В момент максимального подъема брусок движется с $V_{отн} = 0$ отн клина и $V = V_{кл}$ отн земли:

$$\frac{mV_{кл}^2}{2} + \frac{mV_{кл}^2}{2} = \frac{mgh_{max}}{2}$$

$$2V_{кл}^2 = gh_{max}$$

$$h_{max} = \frac{2V_{кл}^2}{g}$$

$E = \cancel{kQ} \; \frac{kQ}{(2R+x)^2}$

$dF_2 = \frac{kQ}{(2R+x)^2} dq$

Пусть λ - линейная плотность заряда

тогда $\lambda = \frac{q}{R}$

$dq = \lambda\, dx.$

$dF = \frac{kQ}{(2R+x)^2} \lambda dx \quad dF = \frac{kQ\lambda\, dx}{(2R+x)^2}$

~~Зам~~

Замена: $(2R+x)^2 = t.$ пределы интегрировани

$2dx = dt.$ от ~~R~~ 0 до R для x

$dx = \frac{dt}{2}$ и для t: $4R^2$ до $9R^2$

$\int_0^{F_2} dF = \int_0^{F_2} \frac{kQ\lambda\, dt}{\cancel{2(2R+x)} \; 2t^2} \quad \cancel{\mathcal{2} \; dF}$

$F_2 = \Big|_0 \frac{kQ\lambda}{2} \cancel{\ln}\; \ln \frac{1}{t^2}$

$F_2 = \frac{kQ\lambda}{2}\Big|_{4R^2}^{9R^2} = \frac{kQ\lambda}{2}\left(\frac{1}{9R^2} - \frac{1}{4R^2}\right)$

$dF = \frac{kQ\lambda\, d(x+2R)}{\cancel{t^2} (x+2R)^2}$ $\quad x+2R = t.$

от 2R до 3R

$dF_2 = \frac{kQ\lambda dt}{t^2} = \cancel{\frac{kQ\lambda}{}\left(\frac{1}{t}\right.}$

$= kQ\lambda \cancel{(}-2t^{-1} = \Big|_0 -2kQ\lambda t^{-1}$

$= -2 \; kQ\lambda \left(\frac{1}{3R} - \frac{1}{2R}\right) = -2kQ\lambda \cancel{\cdot} \frac{-R}{6R^2} =$

☑ 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

$$E = \frac{kQ}{(2R+x)^2} \qquad \lambda = \frac{aq}{R}.$$

$$dF_2 = \frac{kQ\,dq}{(2R+x)^2} \qquad dq = \lambda \cdot dx$$

$$dF_2 = \frac{kQ\lambda\, dx}{(2R+x)^2}$$

$$dF_2 = \frac{kQ\lambda\, 2d(2R+x)}{2(2R+x)^2}$$

Замена: $t = (2R+x)^2 = 9R^2$

$$\cancel{dF_2 = \frac{kQ\lambda\, dt^2}{2t^2}} \qquad t = (2R+x)^2$$

$$d((2R+x)^2) = 2dx = dt.$$

$$dF_2 = \frac{kQ\lambda \cdot \frac{dt}{2}}{t}$$

$$\int_0^{F_2} dF_2 = \int_0^{9R^2} \frac{kQ\lambda\, dt}{2t}$$

$$F_2 = \frac{kQ\lambda}{2} \Big|_{-2R^2}^{9R^2} \ln t =$$

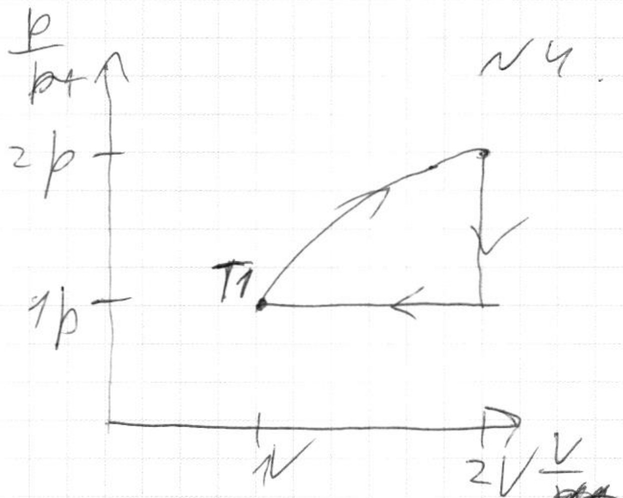
$$= \frac{kQq}{2R}\left(\ln 9R^2 - \ln 2R^2\right) = \frac{kQq}{2R} \cdot \ln 7.$$

Ответ: $F_2 = \frac{kQq}{2R} \ln 7$, $F_1 = \frac{kQq}{4R^2}$.

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



№4.

Дано: T_1

Найти: Q - ?

2) A - ?

3) кпд η - ?

Решение. (Сразу перерисовал в pV).

1-2 процесс расширения
(1-ый закон термодинамики).

$Q = \Delta U + A$.

$\Delta U = \frac{3}{2}(4pV - pV) = \frac{3}{2} \cdot 3pV = \frac{9}{2}pV$.

A — площадь под графиком:

πV

~~четверть окружности:~~

$(V_1 - 2V)^2 +$

$\frac{\pi V \cdot p}{4}$ — площадь сектора

pV — площадь прямоуг. под сектором.

$A_{1-2} = \frac{pV\pi}{4} + pV = pV\left(\cancel{\frac{\pi}{4}+1}\right)$

$Q_{\text{п}} = \frac{9}{2}pV + pV + \frac{pV\pi}{4} = \frac{11}{2}pV + \frac{pV\pi}{4}$

A – площадь сектора $= \frac{pV\pi}{4}$.

$\eta = 1 - \frac{Q_x}{Q_н}$

$|Q_x| = \frac{3}{2} \cancel{\nu R}\ |Q_{2-3}| + |Q_{3-1}|$

$|Q_{2-3}| = \frac{3}{2} 4pV\ |\Delta U + \underset{\text{т.к } V=const}{A}| = \Delta U = \frac{3}{2} \cdot (4pV - 2pV) =$

$= 3pV$.

(изобарный)

$|Q_{3-1}| = \frac{3}{2} p(2V - V) + pV = \frac{3}{2}pV + pV =$

$= \frac{5}{2} pV$.

$|Q_x| = \frac{5}{2}pV + \frac{6}{2}pV = \frac{11}{2}pV$.

$Q_н = Q = \frac{11}{2}pV + \frac{pV\pi}{4}$

$\cancel{\eta = 1 - \frac{\frac{11}{2}pV + \frac{pV\pi}{4}}{\frac{11}{2}pV} = 1 - \left(1 + \frac{\pi}{4 \cdot \frac{11}{2}}\right) =}$

$=$

$\eta = \frac{Q_н - Q_x}{Q_н} = \frac{\cancel{\frac{11}{2}pV} + p\frac{V\pi}{4} - \cancel{\frac{11}{2}pV}}{\frac{11}{2}pV + p\frac{V\pi}{4}} =$

$= \frac{\frac{\pi}{4}}{\frac{11}{2} + \frac{\pi}{4}} = \frac{\pi}{22 + \pi}$.

~~Ответ: Q~~ (Ур-ие менд-клайперона)

$\cancel{A}$ $pV = \nu R T_1 \Rightarrow Q = \frac{11}{2} \nu R T_1 + \frac{\pi}{4} \nu R T_1$,

$A = \frac{\pi}{4} \nu R T_1$.

Ответ: $Q = \nu R T_1 \left(\frac{11}{2} + \frac{\pi}{4}\right)$; $A_ц = \frac{pV\pi}{4}$ $\cancel{pV}$

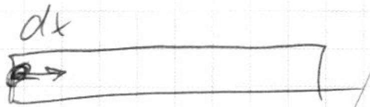
$\eta = \frac{\pi}{22 + \pi}$.

☐ черновик ☐ чистовик Страница №__

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

~~$dE =$~~

$E = \frac{kx \cdot d}{4R}$



$\int_0^{E} dE = \int_0^{R} \frac{k\,dx \cdot \frac{q}{R}}{4R^2}$

$E = \frac{kR \cdot \frac{q}{R}}{4R^2} = \frac{kq}{4R^2}$

$dF_2 = E\,dq = \frac{kq}{4R^2}\,dq$

Проинтегрируем:

$\int_0^{F_2} F_2 = \frac{k}{4R^2} \int q\,dq = \frac{k}{4R^2} \cdot \frac{q^2}{2} = \frac{kq^2}{8R^2} = F_2.$

Ответ:

$\cancel{dE = \frac{kQ(2R+dx)}{(2R+dx)^2}}$

$dE(2R+dx)^2 = kQ$

$dE(4R^2 + 4Rdx + (dx)^2) = kQ$

$4R^2 dE + 4Rdx \cdot dE = kQ$

$kQ = 4R^2 dE.$

$\frac{kQ}{4R^2} =$

$q\,dF_2 = \frac{kQ\,kq}{R(2R+x)^2}\,dx$

$E = \frac{kQ \cdot 1}{(2R+x)^2}$

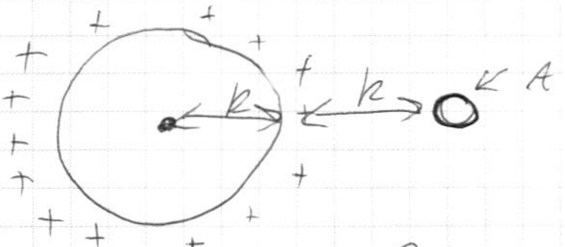
$dF_2 = \frac{kQ}{(2R+x)^2}\,dq = \frac{kQ}{(2R+x)^2} \cdot \frac{kq}{qR}\,dx$

$q\,dF_2 = \frac{kQ\,R}{(2R+x)^2}\,dx$

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

ШИФР
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Дано: $Q>0$, R, $q>0$

Найти: F_1 - ?

F_2 - ?

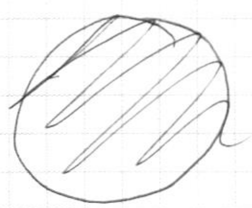
Решение.

~~Сфера П.К~~

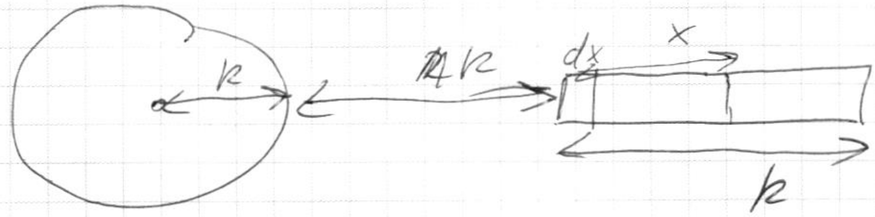
Сфера создает напряженность в точке A $E = \frac{kQ}{4R^2}$

~~F_A~~ $F_1 = E \cdot q = \frac{kQq}{4R^2}$

~~Поместим~~ вместо



~~П.К сфера~~



Во втором случае разобьем стержень на множество маленьких кусочков $\Rightarrow dE = \frac{k\,dx\,\alpha}{4R^2}$, где α — линейная плотн. заряда

~~много больше~~ R меньше

$\alpha = \frac{q}{R}$

Прод. на след. ~~страницу~~ листе

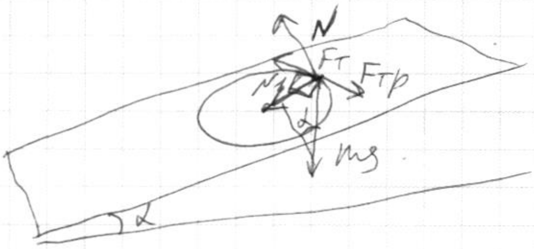
$F_2 =$ ~~Проинтегрируем~~ ~~получим~~ $E = \frac{kq}{R}$ ...

☒ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)

№2

2)



Запишем 2 З-Н для машинки:

$F_T = F_{тр}$, т.к движется равномерно

$N_1 + mg\sin\alpha = \frac{mV_{min}^2}{\cancel{R}k}$

Скорость будет минимальной, когда $N_1 = 0$

$\cancel{m}g\sin\alpha = \frac{\cancel{m}V_{min}^2}{k}$

$\sqrt{g\sin\alpha k} = V_{min}$

$\frac{g}{2}\sqrt{5 \cdot 1,2} = V_{min} = \sqrt{6}$.

Ответ: $p = \frac{137}{30}\sqrt{1,81}$ Н, $V_{min} = \sqrt{6}$.

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

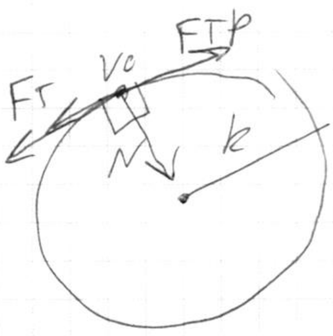
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 3



Дано: $R = 1,2$ м

$V_0 = 3,7$ м/с

$m = 0,4$ кг. $\mu = 0,9$.

1) P - ?

2) V_{min} - ? $\alpha = \frac{\pi}{6}$.

Решение.

На машинка действует N напр в центр. Д.П.к приводится в движение двигателем то $F_T = F_{TP}$ (т.к двигается равном).

$\cancel{N = \frac{mV_0^2}{R}}$ $N = \frac{mV_0^2}{R}$ (т.к сила N - создает ц.с ускорение) $\vec{P} = \vec{N} + \vec{F_{TP}}$

F_{TP} - скольжение, т.к ~~на покоится~~ машинка движется $F_{TP} = \mu \frac{mV_0^2}{R}$

$$P^2 = N^2 + F_{TP}^2 = \mu^2 \left(\frac{mV_0^2}{R}\right)^2 + \left(\frac{mV_0^2}{R}\right)^2$$

$$P = \frac{mV_0^2}{R}\sqrt{\mu^2 + 1}$$

3,7 3,7

$$P = \frac{\cancel{0,4 кг \cdot 3,7^2 м^2/с^2}}{} \frac{0,4 \cdot (3,7)^2}{1,2} \cdot \sqrt{1,81}$$

$$P = \frac{(3,7)^2}{3} \cdot \sqrt{1,81} = \frac{13,7}{3} \cdot \sqrt{1,81} \text{ Н}.$$

☑ 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

$\cancel{V_c = (a\cos\alpha + g\sin\alpha)t}$

$t = \frac{V_c}{}$

$\frac{H_{max}}{\sin\alpha} = \frac{V_0^2}{2a_{отн}}$

$H_{max} = \frac{V_0^2 \sin\alpha}{2(a\cos\alpha + g\sin\alpha)}$

$H_{max} = \frac{4 \cdot \frac{1}{2} V_0^2 \sin\alpha \frac{1}{2}}{2\left(\frac{\sqrt3}{5}g \cdot \frac{\sqrt3}{2} + g \cdot \frac{1}{2}\right)} = 2\ \frac{2}{8 \cdot 2} = \frac{1}{16}$ м

$= \frac{V_0^2 \cdot \frac{1}{2}}{\frac{8}{10} g \cdot 2} = \frac{4 \cdot \frac{1}{2}}{} = \frac{2}{16} = \frac{1}{8}$ м.

$= \frac{2 \cdot 16}{16 \cdot 5} = 0{,}5$

$\sqrt{\frac{2 \cdot \frac{1}{8}}{\frac{1}{2} \cdot \frac{4}{5} g \cdot 10}} + \frac{V_0}{a_{отн}} =$

$2\sqrt3\left(\sqrt{\frac{\frac{1}{4}}{\frac{4}{5} \cdot \frac{1}{2} \cdot 10}} + \frac{2}{\frac{4}{5}g}\ \frac{1}{4}\right)$

$2\sqrt3\left(\frac{1}{4} + \frac{1}{4}\right) =$

время подъема отн клина: (в H_{max} - остановка).

$t_п$ $0 = V_0 - a_{отн} t_п$

$t_п = \frac{V_0}{a_{отн}}$

t спуска:

t_c $\frac{H_{max}}{\sin\alpha} = \frac{t_{сп}^2}{2} \cdot a_{отн}$

$\sqrt{\frac{2H_{max}}{a_{отн}\sin\alpha}} = t_{сп}$ (с 0 скорости обретает относ)

$t_п = \frac{V_c}{a_{отн}}$ (со скор V_0 отн клина скорость с стан).

$t_п + t_c = t$ прошедшее $= \tau$

За время τ ~~клин на клин действова-ла~~ у клина было ускорение a:

$V = a\tau = \frac{\sqrt3}{5}g\left(\sqrt{\frac{2H_{max}}{a_{отн}\sin\alpha}} + \frac{V_c}{a_{отн}}\right)$.

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)

$a_{отн.} = \frac{\sqrt{3}}{5} g \frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{1}{2} g = \frac{3}{10} g + \frac{1}{2} g = \frac{8}{10} g =$

$= \underline{\frac{4}{5} g}$

$V = \cancel{\frac{\sqrt{3}}{5} g \Big(\sqrt{2 \cdot \frac{1}{8}}} \quad 2\sqrt{3} \Big(\sqrt{\frac{2 \cdot \frac{1}{8}}{8 \cdot \frac{1}{2}}} + \frac{2}{8} \Big)$

$V = 2\sqrt{3} \Big(\sqrt{\frac{1}{4} \cdot \frac{1}{4}} + \frac{1}{4} \Big) = 2\sqrt{3} \cdot \frac{2}{4} = \sqrt{3} = 1{,}7$ м/с

Ответ: $\frac{1}{8}$ м, 1,7 м/с.