Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 10

Вариант 10-02

Шифр

(заполняется секретарём)

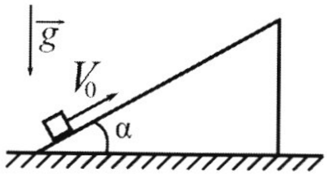
1. Фейерверк массой $m = 1$кг стартует после мгновенной работы двигателя с горизонтальной поверхности, летит вертикально вверх и через $T = 3$с разрывается в высшей точке траектории на множество осколков, которые летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по величине скоростями. Суммарная кинетическая 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.

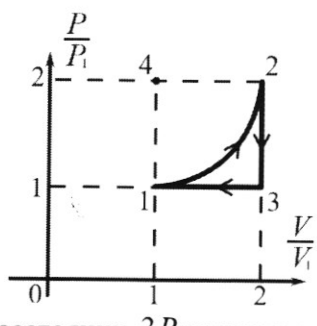
2) Найдите скорость V клина, в тот момент, когда шайба вернется в точку старта на клине. Массы шайбы и клина одинаковы.

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

Задача 4.

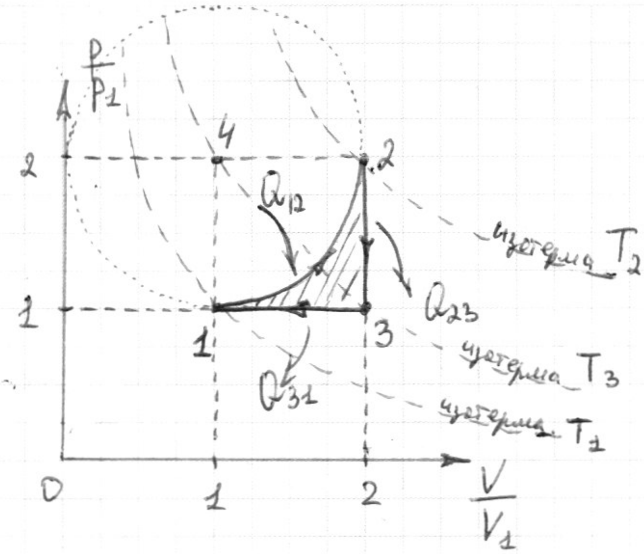
Дано:

$p_1; V_1$; график-pV; одноатомный газ

Найти: 1) Q - ?

2) A - ?

3) η - ?



Решение:

1) Для начала найдём работу цикла $A_ц$ (A в задании). Она равна площади заштрихованной части на pV-диаграмме.

$$A_ц = A = S_{\square 1423} - \frac{1}{4} S_{круга} = (2p_1 - p_1)(2V_1 - V_1) - \frac{1}{4}\pi p_1 V_1 =$$
$$= p_1 V_1 - \frac{1}{4}\pi p_1 V_1 = p_1 V_1 \left(1 - \frac{\pi}{4}\right)$$

2) Найдём $Q = Q_{12}$ - кол-во подведенной теплоты.

$Q_{12} > 0$, т.к. $\Delta T_{12} = T_2 - T_1 > 0$

$Q_{23} < 0$, т.к. $\Delta T_{23} = T_3 - T_2 < 0$

$Q_{31} < 0$, т.к. $\Delta T_{31} = T_1 - T_3 < 0$

Зная, что $Q_\Sigma = Q_{12} + Q_{23} + Q_{31}$ - суммарное подведенное кол-во теплоты, равно работе цикла $A_ц = A$:

$$Q_\Sigma = A_ц = Q_{12} + Q_{23} + Q_{31}$$

☐ черновик ☑ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

3) Запишем ур-ние полета (свободного) на ось OX:

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

для скоростей: $v_1 = v_0 - gT = 0$

$$v_0 = gT \ (**)$$

(*)(**) $\Rightarrow$ $\frac{m v_0^2}{2} = mgH$

$$\frac{m g^2 T^2}{2} = mgH$$

$$\frac{gT^2}{2} = H \qquad H = \frac{gT^2}{2} = \frac{10 \cdot 3^2}{2} (м) = 45 м$$

4) Перейдём к разрыву фейерверка:

$K = \frac{mv^2}{2}$, где v – скорость каждого осколка.

$v^2 = \frac{2K}{m}$; $v = \sqrt{\frac{2K}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1800}{1}}$ м/с $= \sqrt{36 \cdot 100}$ м/с $=$

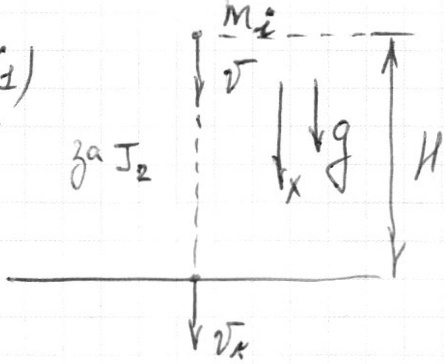
$= 60$ м/с

5) Первым осколок упадёт тот, у которого скорость направлена вниз. (см. рис. 2)

Тогда: ox: $H = v J_2 + \frac{g J_2^2}{2}$

для скоростей: ox: $v_k = v + g J_2$ (1)

v_k – кон-ая ск-сть осколка около пов-ти земли.



6) По ЗСЭ: $\frac{m_i v^2}{2} = \frac{m_i v_k^2}{2} - m_i g H$

m_i – масса осколка.

$$v^2 = v_k^2 - 2gH \ (2)$$

(1) и (2) $\Rightarrow \begin{cases} g J_2 = v_k - v \\ v^2 = v_k^2 - 2gH \end{cases} \Rightarrow v_k = \sqrt{v^2 + 2gH}$

$J_2 = \frac{v_k - v}{g} = \frac{\sqrt{v^2 + 2gH} - v}{g}$

$J_2 = \frac{\sqrt{60^2 + 2 \cdot 10 \cdot 45 \cdot 1} - 60}{10} (с) = \frac{\sqrt{4500} - 60}{10} с = \frac{3\sqrt{5} - 6}{1} с =$

$= 3\sqrt{5} - 6$ с

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3) По 1ому закону термодинамики:

$$Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23}$$

Из графика видим что $A_{23} = 0$. $(\Delta V_{23} = 0)$

$$Q_{23} = \Delta U_{23} = \frac{i}{2} \nu R \Delta T_{23} = \frac{i}{2}(\nu R T_3 - \nu R T_2), \text{ где}$$

$i = 3$, т.к. по условию дан одноатомный газ.

По закону Клапейрона-Менделеева (Кл.-М.):

$\nu R T_3 = 2V_1 p_1$ (в т.3)

$\nu R T_2 = 2V_1 2p_1 = 4p_1 V_1$ (в т.2)

$$Q_{23} = \frac{i}{2}(2p_1V_1 - 4p_1V_1) = -\frac{i}{2} \cdot 2p_1V_1 = -ip_1V_1$$

4) Аналогично для Q_{31}:

$$Q_{31} = \Delta U_{31} + A_{31}, \text{ где } A_{31} \neq 0$$

$$\Delta U_{31} = \frac{i}{2} \nu R \Delta T_{31} = \frac{i}{2}(\nu R T_1 - \nu R T_3) = \frac{i}{2}(p_1V_1 - 2V_1p_1)$$

По з-ну Кл.-М.:

в т.1: $\nu R T_1 = p_1 V_1$

$$A_{31} = \Delta V_{31} p_1 = p_1 \cdot (V_1 - 2V_1) = -p_1 V_1$$

$$Q_{31} = A_{31} + \frac{i}{2}(p_1V_1 - 2V_1p_1) = -\frac{i}{2} \cdot p_1V_1 - p_1V_1 = -\left(\frac{i}{2} + 1\right)p_1V_1$$

5) Тогда Q_{12} равен:

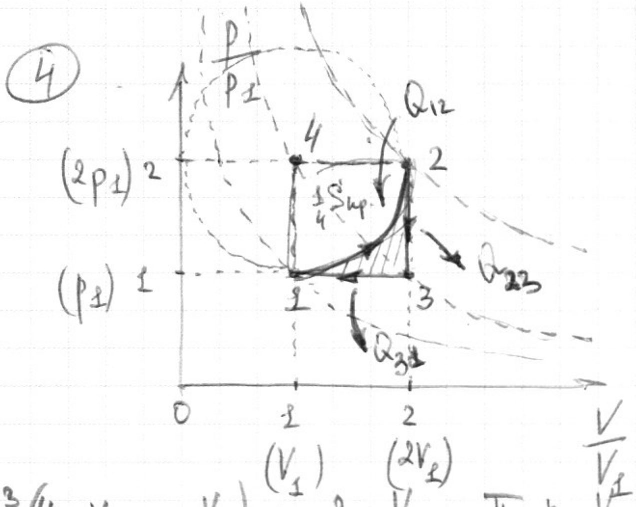
$$Q_{12} = Q_\Sigma - Q_{31} - Q_{23} = A_y - Q_{31} - Q_{23} = p_1V_1\left(1 - \frac{\pi}{4}\right) - (-p_1V_1) -$$

$$- \left(-\frac{i}{2}p_1V_1\right) - (-ip_1V_1) = p_1V_1\left(1 - \frac{\pi}{4}\right) + \left(\frac{i}{2} + i\right)p_1V_1 + p_1V_1 =$$

$$= p_1V_1\left(2 - \frac{\pi}{4} + i + \frac{i}{2}\right) = p_1V_1\left(2 - \frac{\pi}{4} + 3 + \frac{3}{2}\right) =$$

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

④



2) $A_y = S_{графо.}$

$A_y = (2p_1 - p_1)\cdot(2V_1 - V_1) - \pi p_1 V_1 \frac{1}{4} =$

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

$= \left(1 - \frac{\pi}{4}\right) p_1 V_1.$

$\frac{3}{2}(4p_1V_1 - p_1V_1) + 2p_1V_1 - \frac{\pi}{4}p_1V_1 =$

$= \frac{3p_1V_1}{2} p_1 V_1 + 2p_1V_1 - \frac{\pi}{4} p_1 V_1 \quad \Delta U_{12} + A_{12}$

$\lambda = \frac{V}{V_1}$

$V = 2V_1$

одноатомн.

$\boxed{i = 3}$

4,5 + 2 . 0,5

$\frac{i}{2}\nu R \Delta T_{12} +$

0,5 − $\frac{\pi}{4}$

$Q^{1p_1V_1}$ $Q_{12}^{1-\frac{\pi}{4}}$

$A_y = Q_\Sigma = Q_{12} + Q_{23} + Q_{31}$

$\delta Q = dU + \delta A$

$Q = \Delta U + A = A_y$

$Q_\Sigma \quad \Delta U_y = 0. \ \Delta T = 0$

обоснование

$Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23} = \frac{i}{2}\nu R \Delta T_{23} + A_{23} = \frac{i}{2}(\nu R T_3 - \nu R T_2) + A_{23}$

3-и Кл.-М. : $\nu R T_3 = 2V_1 p_1$

$\nu R T_2 = 2p_1 2V_1 = 4p_1V_1$

$\frac{i}{2}(2V_1p_1 - 4p_1V_1) + 0 = iV_1p_1 - 2ip_1V_1 =$

$= -iV_1p_1.$

Q_{31} ...

$Q_{12} = Q_\Sigma - Q_{31} - Q_{23} = A_y - Q_{31} - Q_{23}$

3) $\eta = \frac{Q_н - |Q_х|}{Q_н} = 1 - \frac{|Q_х|}{Q_н}$

$\frac{0,5}{4}$

240.
20
260.

☑ 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

$$= p_1 V_1 \left(6,5 - \frac{\pi}{4}\right)$$

6) Найдём КПД η цикла:

$$\eta = \frac{Q_н - |Q_х|}{Q_н} = 1 - \frac{|Q_х|}{Q_н} = 1 - \frac{|Q_{23}| + |Q_{31}|}{Q_{12}} =$$

$$= 1 - \frac{|-ip_1V_1| + \left|-\left(\frac{i}{2}+1\right)p_1V_1\right|}{p_1V_1\left(6,5-\frac{\pi}{4}\right)} =$$

$$= 1 - \frac{3p_1V_1 + \left(\frac{3}{2}+1\right)p_1V_1}{\left(6,5-\frac{\pi}{4}\right)p_1V_1} = 1 - \frac{3+1,5+1}{6,5-\frac{\pi}{4}} =$$

$$= 1 - \frac{5,5}{6,5-\frac{\pi}{4}} = \frac{6,5-\frac{\pi}{4}-5,5}{6,5-\frac{\pi}{4}} = \frac{1-\frac{\pi}{4}}{6,5-\frac{\pi}{4}} = \frac{4-\pi}{26-\frac{\pi}{1}} =$$

$$= \frac{4-\pi}{26-\pi}$$

Ответ: 1) $Q = p_1V_1\left(6,5-\frac{\pi}{4}\right)$

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

3) $\eta = \frac{4-\pi}{26-\pi}$

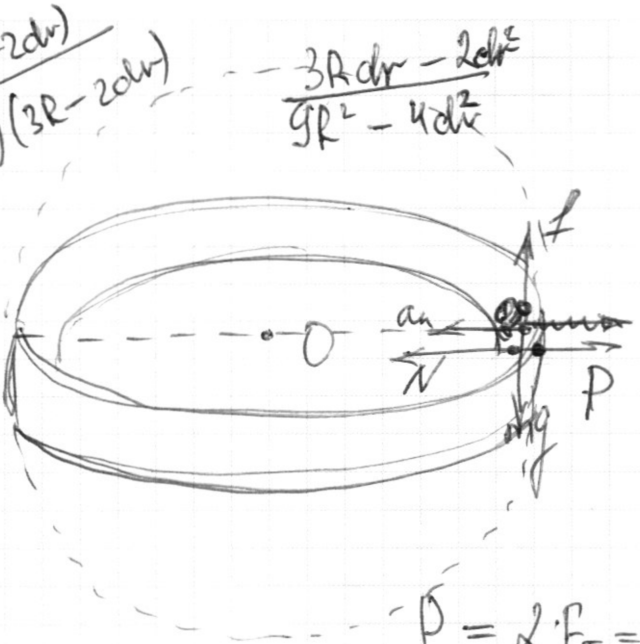
☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Задача 3.

$$F = \frac{Qq}{r^2} \quad \frac{dr(3R-2dr)}{(3R+2dr)(3R-2dr)} \quad \frac{3R\,dr - 2dr^2}{9R^2 - 4dr^2}$$

$\frac{1}{16}$

$\frac{\cancel{10}^{5}}{\cancel{16}_{8}}$



0,125

500
100
25

0,625

$P = 2 \cdot F_T = 2mg$

$1 + 0{,}625 - 0{,}5 \cdot q$

$dm = 3R + 2dr$

$1 \quad 0{,}125$

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

$1{,}125 \cdot \delta F = \frac{Q \cdot dq}{(3R+dr)^2}$

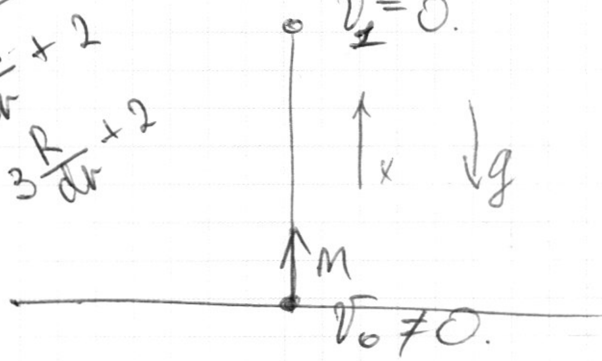
$1\frac{1}{8} \quad \frac{9}{8} g \; 10 \cdot 9$

$\frac{1}{\frac{3R}{dr} + 2}$

$3\frac{R}{dr} + 2$

$9 \cdot 5$

3600 + 900
4500

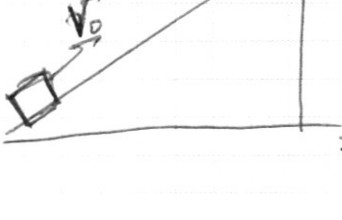


$R^3 \quad R^{-3}$

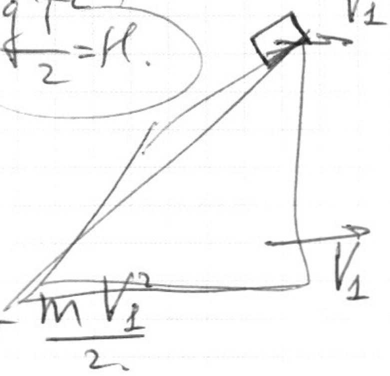
$\frac{R^{-2}}{-2}$

$$\frac{mv_0^2}{2} = mgH \qquad \frac{mg^2T^2}{2} = mgH$$

$v_1 = v_0 - gT = 0; \; v_0 = gT$ $\quad \frac{gT^2}{2} = H$



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



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 3.

Дано:

$v = const$

$P = 2F_{тяж}$

$\alpha = 45^\circ$

$\mu = 0{,}8$

$R = 1\,м$

$g = 10\,м/с^2$

Найти: 1) a – ?

2) V_{min} – ?

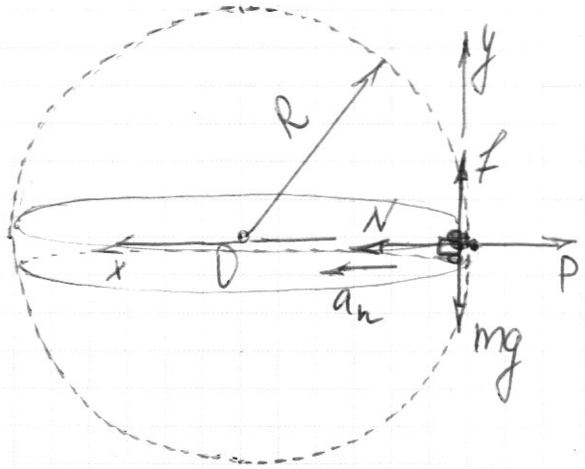


рис.1.

Решение:

1) Расставим силы, действующие на машинку. (см. рис.1).

По II з-ну Ньютона:

(*) $\vec{F}_{тяж} + \vec{N} + \vec{f} = m\vec{a}$, где $|\vec{N}| = |\vec{P}|$; m – масса машины.

N – сила реакции опоры; P – сила давления

2) f – сила трения и она равна $f = \mu N$

По условию: $P = 2F_{тяж} = 2mg$ и $N = P = 2mg$

3) Спроецируем ур-ние (*) на оси ox и oy:

oy: $f - mg = 0$; 0, т.к. машина не съезжает с большого круга.

ox: $N = ma_n$

Полное ускорение a модели равно:

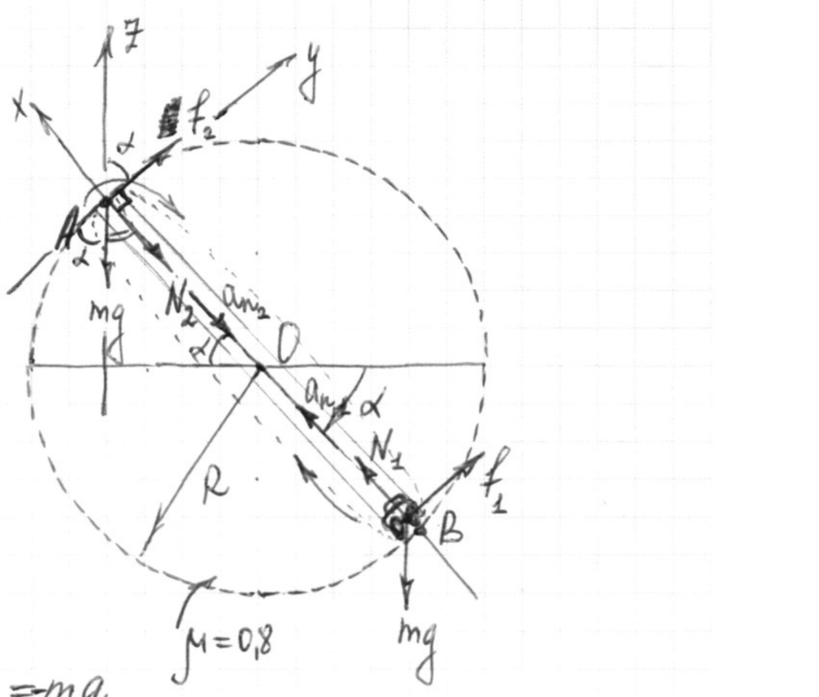
$$a = a_n = \frac{N}{m} = \frac{2mg}{m} = 2g = 20\,м/с^2$$

4) Теперь рассмотрим второй случай, когда большой круг под углом $\alpha = 45^\circ$, и найдём V_{min}.

☐ черновик ☑ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

V_{min} должна быть такая, чтобы машинка в т.А не касалась поверхности, при этом ехала по круговой траектории.



Тогда в т.А:

$N_2 = 0$ и $f_2 = 0$

По II з-ну Ньютона в т.А:

$m\vec{g} + \vec{N_2} + \vec{f_2} = m\vec{a}_{n_2}$

$m\vec{g} = m\vec{a}_{n_2}$

по оси ox: $-mg\cdot\cos(90°-\alpha) = -ma_{n_2}$

$-mg\sin(\alpha) = -m\frac{V_{min}^2}{R}$

$Rg\sin\alpha = V_{min}^2$

$V_{min} = \sqrt{gR\sin\alpha} = \sqrt{gR\cdot\sin 45°} = \sqrt{gR\frac{\sqrt{2}}{2}} =$

$= \sqrt{10\,м/с^2\cdot 1м\frac{\sqrt{2}}{2}} = \sqrt{5\sqrt{2}}\ м/с = \sqrt{5}\cdot\sqrt[4]{2}\ м/с$

Заметим, что в т.А, до и после нее машинка будет скользить по поверхности. И это не равномерное движение. Учтем, что машинка должна двигаться равномерно в т.А, "примкнув" к поверхности, и не зависеть от ускорения свободного падения

Тогда: $m\vec{g} + \vec{N_2} + \vec{f_2} = m\vec{a}_{n_2}$ (см. выше)

по оси oZ: $-mg - N_2\cdot\cos(90°-\alpha) + f_2\cdot\cos\alpha = -ma_{n_2}\cdot\cos(90°-\alpha)$

$-mg - N_2\sin\alpha + f_2\cos\alpha = -ma_{n_2}\sin\alpha.$

~~[illegible]~~ $f_2 = \mu N_2$

$-mg - N_2\cdot\frac{\sqrt{2}}{2} + \mu N_2\frac{\sqrt{2}}{2} = -ma_{n_2}\frac{\sqrt{2}}{2}$

$-\sqrt{2}mg - N_2 + \mu N_2 = -ma_{n_2}$

по оси oy: $f_2 - mg\cdot\cos\alpha = 0$

$f_2 = mg\cos\alpha$; $\mu N_2 = mg\cos\alpha$; $N_2 = \frac{mg\cos\alpha}{\mu}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$-\sqrt{2}mg - \frac{mg\cos\alpha}{\mu} + mg\cos\alpha = -m a_{n_2}.$$

$$-\sqrt{2}g - \frac{g\frac{\sqrt{2}}{2}}{0{,}8} + g\frac{\sqrt{2}}{2} = -\frac{V_{min}^2}{R}$$

$$-g\left(-\sqrt{2} - \frac{\sqrt{2}}{1{,}6} + \frac{\sqrt{2}}{2}\right) = \frac{V_{min}^2}{R}$$

$$V_{min}^2 = gR\left(\sqrt{2} + \frac{\sqrt{2}}{1{,}6} - \frac{\sqrt{2}}{2}\right)$$

$$V_{min} = \sqrt{gR}\cdot\sqrt[4]{2}\,\sqrt{1 + \frac{1}{1{,}6} - \frac{1}{2}} =$$

$$= \sqrt{1{,}125\,gR}\cdot\sqrt[4]{2} = \sqrt{\frac{9}{8}10\cdot 1}\cdot\sqrt[4]{2}\ \text{м/с} =$$

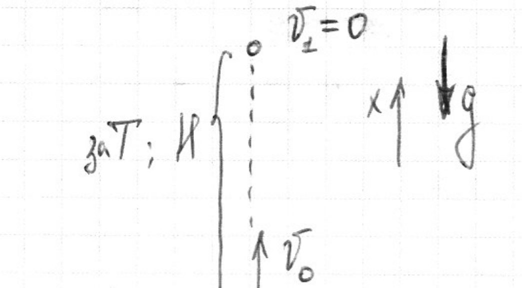
$$= \frac{3}{2}\sqrt{5}\cdot\sqrt[4]{2}\ \text{м/с} = \frac{3\sqrt{5}\sqrt[4]{2}}{2}\ \text{м/с}$$

Ответ: 1) $a = 20$ м/с²
2) $V_{min} = \frac{3\cdot\sqrt{5}\cdot\sqrt[4]{2}}{2}$ м/с

Задача 1.

Решение:

Дано:
$m = 1$ кг
$T = 3$ с
$K = 1700$ Дж
$g = 10$ м/с²
Найти: 1) H – ?
2) J_2 – ? (J)



1) V_0 – нач. ск-сть фейерверка
$V_1 = 0$ – ск-сть фейерверка на максимальной высоте (по усл.) H.

2) По ЗСЭ: $\frac{mV_0^2}{2} = mgH$ (*)

Ответ: 1) $H = 45$ м

2) $T_2 = T = 3\sqrt{5} - 6$ с

Задача 2.

Дано:

$\cos\alpha = 0{,}6$

$H = 0{,}2$

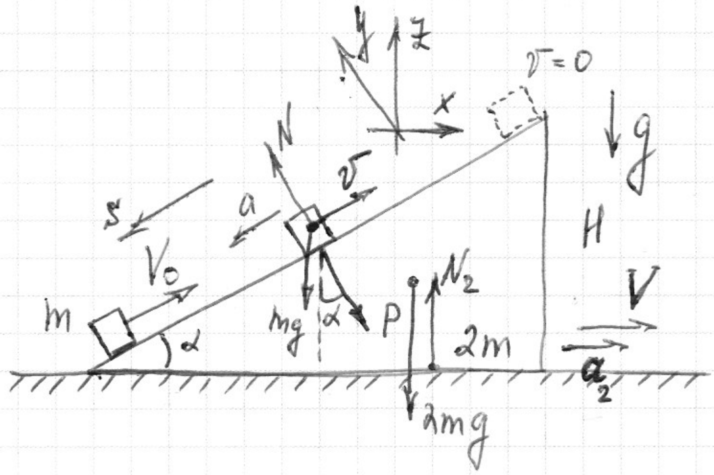
$M_к = 2M_ш$

$g = 10$ м/с^2

Найти: 1) V_0 — ?

2) V — ?

($M_ш = M_к$)



Решение:

1) Пусть масса шайбы m, тогда масса клина — 2m.

• Т.к. нет трения между клином и шайбой (т.е. энергия не выделяется), то система замкнута и можно использовать ЗСЭ:

$\cancel{\frac{mV_0^2}{2} = mgH}$ ~~(отн. по клину)~~ * см. след. стр

$\cancel{V_0^2 = 2gH \quad V_0 = \sqrt{2gH} = \sqrt{2\cdot 10\cdot 0{,}2}}$

2) Запишем II з-н Ньютона для шайбы и клина:

(1) $\vec{N} + m\vec{g} = m\vec{a}$ (для шайбы) ! по условию теперь массы одинаковы

(2) $\vec{P} + \vec{N_2} + m\vec{g} = m\vec{a_2}$ (для клина)

(1) на ось Oy: $N - mg\cdot\cos\alpha = 0$

$N = mg\cos\alpha$

(2) на ось Oz: $N_2 - mg - P\cos\alpha = 0$

По III з-ну Ньютона: $|\vec{P}| = |\vec{N}|$, т.е. $P = N$

$\cancel{N = mg\cos\alpha;}$

$\cancel{P = N;\ P\cos\alpha = N_2 - mg}$

(2) На ось Ox: $P\cdot\sin\alpha = m a_2$, a_2 — ускорение клина.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

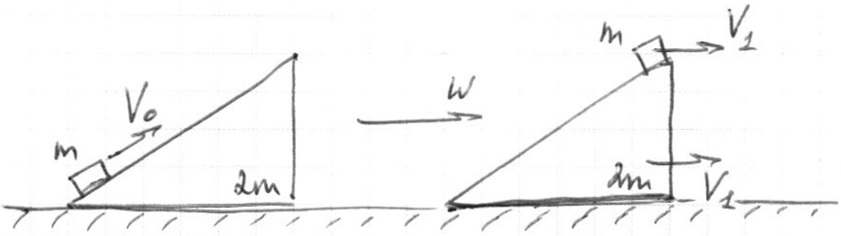
ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

К п.1) прод-ние:

(*) $\frac{mV_0^2}{2} = mgH + \frac{2mV_1^2}{2} + \frac{mV_1^2}{2}$, где V_1 – ск-сть и клина и шайбы, когда шайба остановилась на макс. высоте H ~~~~ отн.-но клина.



И ЗСИ: ох: $mV_0 = mV_1 + 2mV_1$ (**)

Из (*) и (**):

$$mV_0 = 3mV_1 ; V_0 = 3V_1$$

$$\frac{mV_0^2}{2} = \frac{m9V_1^2}{2} = mgH + \frac{2mV_1^2}{2} + \frac{mV_1^2}{2}$$

$$9V_1^2 = 2gH + 2V_1^2 + V_1^2$$

$$6V_1^2 = 2gH$$

$$V_1^2 = \frac{2gH}{6}$$

$$V_0 = 3V_1 = 3\sqrt{\frac{2gH}{6}} = \frac{3}{\sqrt{3}}\sqrt{gH} = \sqrt{3gH} = \sqrt{3\cdot10\cdot0{,}2} = \sqrt{6}\ м/с$$

п.2) прод-ние:

$$\begin{cases} N = mg\cdot\cos\alpha \\ N = P \\ P\cdot\sin\alpha = ma_2 \end{cases} \Rightarrow \quad mg\cos\alpha\cdot\sin\alpha = ma_2$$

$$a_2 = g\cos\alpha\cdot\sin\alpha.$$

(1) ур-ние на ось os:

$mg\cdot\sin\alpha = ma$ (a – уск-ние ~~шр~~ отн-но клина)

$a = g\cdot\sin\alpha.$

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Тогда: конечная скорость отн-но клина будет также V_0.

OS: $V_0 = -V_0 + a \cdot J$

$$2V_0 = aJ \Rightarrow J = \frac{2V_0}{a} = \frac{2V_0}{g\sin\alpha}$$

Тогда скорость клина V равна:

$$V = a_2 \cdot J = \frac{2V_0}{g\sin\alpha} \cdot g\cos\alpha \cdot \sin\alpha = 2V_0\cos\alpha =$$

$$= 2 \cdot \sqrt{6} \cdot 0{,}6 \text{ м/с} = 1{,}2\sqrt{6} \text{ м/с}$$

<u>Ответ:</u> 1) $V_0 = \sqrt{6}$ м/с

2) $V = 1{,}2 \cdot \sqrt{6}$ м/с

<u>Задача 5.</u>

Дано:

Q, q, R

$Q > 0; q > 0$

Найти: 1) F_1 – ?

2) F_2 – ?

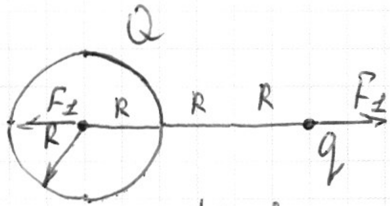


рис 1

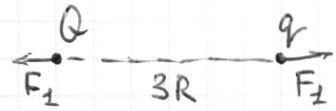


рис 2

Решение:

1) Сферу с радиусом R и зарядом Q считаем в этом случае как точечный заряд в центре сферы. (рис 1 и 2)

Тогда по закону Кулона: $F_1 = \frac{Qq}{(3R)^2} = \frac{Qq}{9R^2}$

2) Теперь рассмотрим случай со стержнем:

Сферу также считаем точечным зарядом Q в центре сферы (рис 3)

Тогда задача упрощается.

См. рис 4.

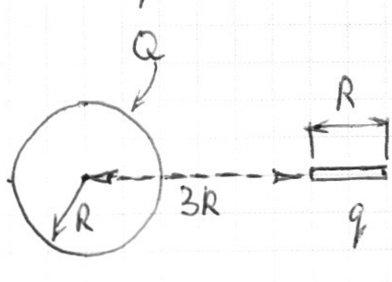


рис 3

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3) Пусть часть стержня длиной dr заряжена dq

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

т.к. в стержне равномерно распределены по усл. заряды

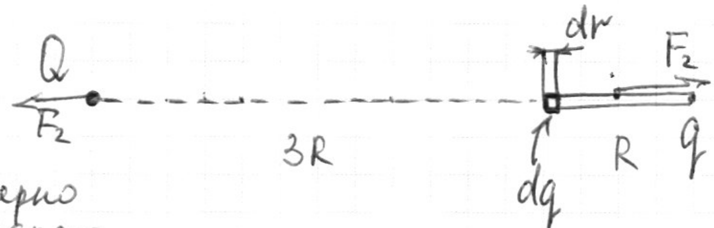


рис. 4

4) Тогда по закону Кулона:

$$\delta F_2 = \frac{Q\,dq}{(3R+dr)^2} = \frac{Q}{(3R+dr)^2} \cdot \frac{dr}{R} \cdot q$$

$$\delta F_2 = \frac{Q}{(3R)^2 + 6R\,dr + \cancel{(dr)^2}} \frac{dr}{R} \cdot q =$$

$$= \frac{Qq}{R(9R^2 + 6R\,dr)} dr = \frac{Qq}{3R^2} \cdot \frac{dr}{3R + 2dr} =$$

$$= \frac{Qq}{3R^2} \cdot \frac{dr(3R - 2dr)}{(3R+2dr)(3R-2dr)} =$$

$$= \frac{Qq}{3R^2} \frac{3R\,dr - 2dr^2}{9R^2 - 4dr^2} = \frac{Qq}{3R^2} \cdot \frac{3R\,dr}{9R^2} = \frac{Qq\,dr}{9R^3}$$

$$\int_0^R \delta F_2 = \int_0^R \frac{Qq\,dr}{9R^3}$$

$$F_2 = \left| \frac{Qq}{9} \int_0^R \frac{dr}{R^3} \right| = \left| \frac{Qq}{9} \cdot \frac{R^{-2}}{-2} \Big|_0^R \right| = \left| -\frac{1}{18} Qq \frac{1}{R^2} \Big|_0^R \right| =$$

$$= \left| -\frac{Qq}{18} \cdot \left(\frac{1}{R^2} - 0 \right) \right| = \left| -\frac{Qq}{18R^2} \right| = \frac{Qq}{18R^2}$$

Др. способа я не знаю тут!

Ответ: 1) $F_1 = \frac{Qq}{9R^2}$; 2) $F_2 = \frac{Qq}{18R^2}$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)