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.

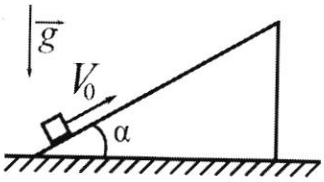
1) Найдите начальную скорость V_0 фейерверка.

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

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

ЗСЭ и ЗСИ. mv

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.

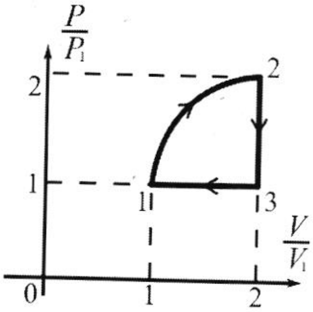
3. По внутренней поверхности проволочной металлической сферы радиуса $R = 1,2$ м равномерно со скоростью $V_0 = 3,7$ м/с движется модель автомобиля. Движение происходит в горизонтальной плоскости большого круга. Масса модели $m = 0,4$ кг. Модель приводится в движение двигателем. Силу сопротивления считайте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

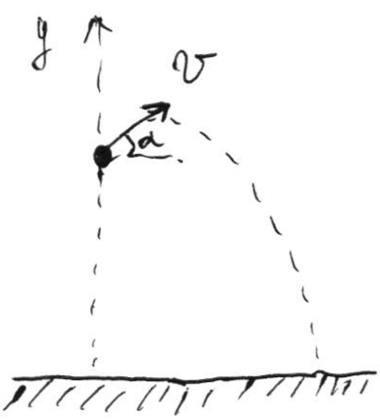
$2 \cdot 65 \cdot 10 = 2 \cdot 650 = \sqrt{1300} \approx$

$\times \begin{array}{r} 30 \\ 30 \\ \hline 00 \\ +90 \\ \hline 900 \end{array}$ $\quad \times \begin{array}{r} 35 \\ 35 \\ \hline 175 \\ +115 \\ \hline 1325 \end{array}$ $\quad \times \begin{array}{r} 34 \\ 34 \\ \hline 136 \\ +102 \\ \hline 1156 \end{array}$

$\times \begin{array}{r} 35 \\ 35 \\ \hline 175 \\ +105 \\ \hline 1225 \end{array}$ $\quad \times \begin{array}{r} 34{,}5 \\ 34\,5 \\ \hline 1725 \\ +1380 \\ 1035 \\ \hline 1190{,}25 \end{array}$ $\quad \times \begin{array}{r} 36 \\ 36 \\ \hline 216 \\ +108 \\ \hline 1296 \end{array}$ $\quad \times 37$

$\times \begin{array}{r} 36{,}1 \\ 36\,1 \\ \hline 361 \\ +2166 \\ 1083 \\ \hline 1303{,}21 \end{array}$

$H = v_{y_1} t_2 - \frac{g t_2^2}{2}$



$H = v \sin\alpha_2 t_2 - \frac{g t_2^2}{2}$

$H = v \sin\alpha_1 t_1 - \frac{g t_1^2}{2}$ $= \quad \tau = t_2 + t_1$

$K = \frac{m_1 v^2}{2} + \frac{m_2 v^2}{2} + \ldots = \frac{m v^2}{2}$

$\sqrt{\frac{2K}{m}}$

$$\begin{cases} 2H = 2v\sin\alpha\, t_1 - g t_1^2 \\ g t_1^2 - 2v\sin\alpha\, t_1 + 2H = 0 \\ t_{1,2} = \frac{2v\sin\alpha \pm \sqrt{4v^2\sin^2\alpha - 8gH}}{2g} \end{cases}$$

$$t_{1,2} = \frac{2v\sin\alpha \pm 2\sqrt{v^2\sin^2\alpha - 2gH}}{2g} = \frac{v\sin\alpha \pm \sqrt{v^2\sin^2\alpha - 2gH}}{g}$$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

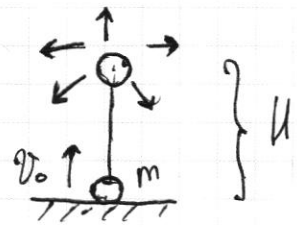
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 1



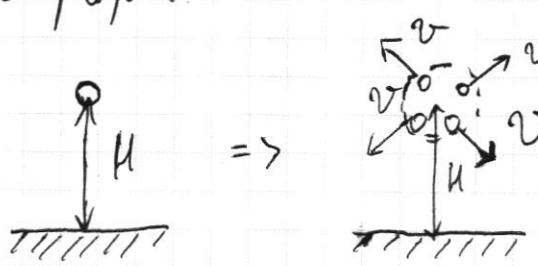
$\tau = 10(с)$; $m = 2(кг)$;

1) $\begin{cases} H = v_0 t_1 - \dfrac{g t_1^2}{2} \\ 0 = v_0 - g t_1 \end{cases} \Rightarrow v_0 = g t_1 \Rightarrow t_1 = \dfrac{v_0}{g}$ - время движения фейерверка до высшей точки.

$$H = v_0 \cdot \frac{v_0}{g} - \frac{g}{2} \cdot \frac{v_0^2}{g^2} = \frac{v_0^2}{2g} \Rightarrow$$

$\Rightarrow v_0 = \sqrt{2Hg} \approx 36$ м/с - начальная скорость фейерверка

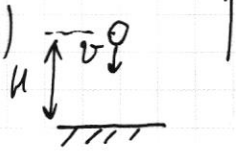
2)



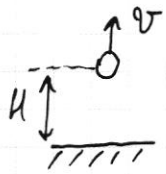
$$K = \frac{m_1 v^2}{2} + \frac{m_2 v^2}{2} + \ldots = \frac{m v^2}{2}$$ - кинетическая энергия сразу после взрыва

3) По условию осколки падают в течение $\tau = 10$ (с). Получается последний осколок упал на Землю через $\tau = 10$ (с) после ~~взрыва~~. падения 1-ого осколка.

Первым на землю упадёт осколок, который полетел вертикально вниз, последним на землю упадёт осколок, который полетел вертикально вверх.

4) 

$$0 = H - v\tau_1 - \frac{g\tau_1^2}{2} \Rightarrow H = v\tau_1 + \frac{g\tau_1^2}{2}.$$



$$0 = H + v\tau_2 - \frac{g\tau_2^2}{2} \Rightarrow H = \frac{g\tau_2^2}{2} - v\tau_2.$$

при этом $\tau_2 - \tau_1 = \tau = 10$ (с).

5) $2H = 2v\tau_1 + g\tau_1^2$ знак "+", т.к. $\tau_1 \not< 0$.

$g\tau_1^2 + 2v\tau_1 - 2H = 0.$

$$\tau_1 = \frac{-2v \pm \sqrt{4v^2 + 8gH}}{2g} = \frac{-v + \sqrt{v^2 + 2gH}}{g}$$

$$2H = g\tau_2^2 - 2v\tau_2 \Rightarrow g\tau_2^2 - 2v\tau_2 - 2H = 0$$

$$\tau_2 = \frac{2v \pm \sqrt{4v^2 + 8gH}}{2g} = \frac{v + \sqrt{v^2 + 2gH}}{g}$$ ← знак "+", чтобы τ_2 был наибольшим.

6) $$\tau_2 - \tau_1 = \frac{v + \sqrt{v^2 + 2gH} + v - \sqrt{v^2 + 2gH}}{g} = \frac{2v}{g} = \tau.$$

$$\frac{2 \cdot \sqrt{\frac{2K}{m}}}{g} = \tau \Rightarrow \frac{2K}{m} = \left(\frac{g \cdot \tau}{2}\right)^2 \Rightarrow K = \frac{\left(\frac{g\cdot\tau}{2}\right)^2 \cdot m}{2} -$$

– кинетическая энергия осколков сразу после взрыва.

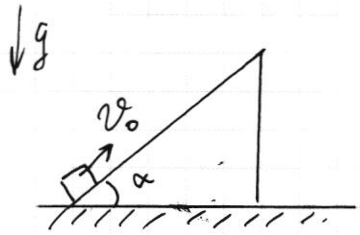
$$K = \frac{\left(\frac{10 \cdot 10}{2}\right)^2 \cdot 2}{2} = \frac{50^2}{1} = 2500 \text{ (Дж)}$$

Ответ: 1) $V_0 = 36$ (м/с) – начальная скорость фейерверка.

2) K – кинетическая энергия осколков сразу после взрыва = = 2500 (Дж).

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2.



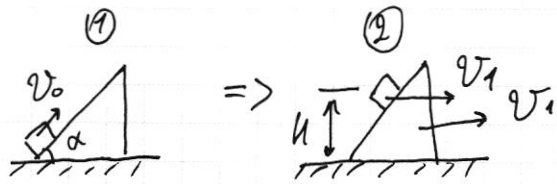
Дано: $\alpha = 30°$; $v_0 = 2$ м/с; $M_к = M_ш = M$.

1) т.к. поверхности пола и клина гладкие, то силы трения отсутствуют.

2) Запишем ЗСИ и ЗСЭ для системы "шайба + клин".

ЗСЭ: $\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_1^2}{2} + mgH. = mv_1^2 + mgH$

ЗСИ на ось X: $mv_0\cos\alpha = mv_1 + mv_1. = 2mv_1.$



– где v_1 – скорость шайбы и клина в момент прохождения максимальной высоты H.

2) $v_1 = \frac{v_0\cos\alpha}{2}.$

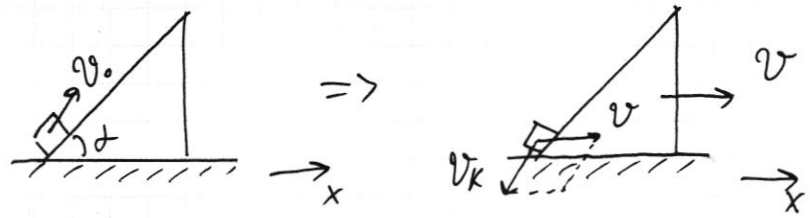
$\frac{v_0^2}{2} - v_1^2 = gH \Rightarrow \left(\frac{v_0^2}{2} - \frac{v_0^2\cos^2\alpha}{4}\right)\frac{1}{g} = H \Rightarrow$

$\Rightarrow H = \frac{v_0^2}{2g}\left(1 - \frac{\cos^2\alpha}{2}\right) = \frac{4}{2\cdot 10}\left(1 - \frac{3}{2\cdot 2}\right) = \frac{4}{20}\cdot\frac{1}{4} = \frac{1}{20}$ (м) $=$
$= 5$ (см).

3) Теперь запишем те же уравнения, но для момента, когда шайба вернётся в т. старта.

4) ЗСЭ: $\frac{mv_0^2}{2} = \frac{m(v_к^2 + v^2 - 2v_к v \cos\alpha)}{2} + \frac{mv^2}{2}.$

ЗСИ на ось OX: $mv_0\cos\alpha = mv + mv - mv_к\cos\alpha.$



, где $v_к$ - конечная скорость шайбы вдоль наклонной плоскости. v - скорость клина и бруска в этот момент.

$v_ш = \sqrt{v_к^2 + v^2 - 2v_к v\cos\alpha}$ - - полная конечная скорость шайбы.

5) $v_0\cos\alpha = 2v - v_к\cos\alpha \Rightarrow v_к = \frac{2v - v_0\cos\alpha}{\cos\alpha}.$

$v_0^2 = v_к^2 + v^2 - 2v_к v\cos\alpha + v^2$

$v_0^2 = \frac{(2v - v_0\cos\alpha)^2}{\cos^2\alpha} + v^2 - 2\cdot\frac{2v - v_0\cos\alpha}{\cancel{\cos\alpha}}\cdot v\cdot\cancel{\cos\alpha} + v^2$

$v_0^2 = \frac{(2v - v_0\cos\alpha)^2}{\cos^2\alpha} - 2v(2v - v_0\cos\alpha) + 2v^2$

$\cancel{v_0^2\cos^2\alpha} = 4v^2 - 4vv_0\cos\alpha + \cancel{v_0^2\cos^2\alpha} - 2v\cos^2\alpha(2v - v_0\cos\alpha) + 2v^2\cos^2\alpha.$

$0 = 4v^2 - 4vv_0\cos\alpha - 4v^2\cos^2\alpha + 2vv_0\cos^3\alpha + 2v^2\cos^2\alpha$

$0 = 4v^2 - 2v^2\cos^2\alpha - 4vv_0\cos\alpha + 2vv_0\cos^3\alpha.$

$0 = v^2(4 - 2\cos^2\alpha) - v(4v_0\cos\alpha - 2v_0\cos^3\alpha)$

$4v_0\cos\alpha - 2v_0\cos^3\alpha = v(4 - 2\cos^2\alpha)$

$v = \frac{2v_0(2\cos\alpha - \cos^3\alpha)}{4 - 2\cos^2\alpha} = \frac{v_0(2\cos\alpha - \cos^3\alpha)}{2 - \cos^2\alpha} = \frac{\sqrt{3}}{2}v_0$

Ответ: 1) $H = \frac{1}{20}$ (м) - максимальная высота шайбы.

2) $v = \frac{\sqrt{3}}{2}v_0$ - скорость клина, в момент когда шайба вернулась в т. старта.

☐ черновик ☑ чистовик Страница № 4

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

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

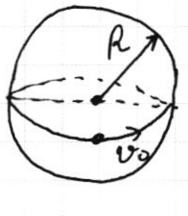
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 3.



Дано: $R = 1{,}2$ (м); $v_0 = 3{,}7$ м/с; $m = 0{,}4$ (кг); $\alpha = \frac{\pi}{6}$.
$\mu = 0{,}9$.

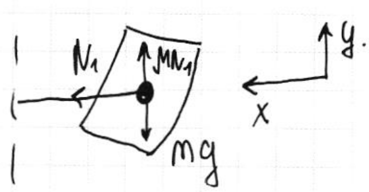
1) 

$$P = N = m \cdot a_n = m \cdot \frac{v_0^2}{R} = 0{,}4 \cdot \frac{(3{,}7)^2}{1{,}2} = \frac{(3{,}7)^2}{3} =$$
$$= \frac{13{,}69}{3} \approx 4{,}563 \text{ (Н)}$$ – с такой силой машинка действует на сферу.

2) 

$$r = R \cdot \cos\alpha = R \cdot \cos 30 = \frac{\sqrt{3}}{2} R = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 1{,}2 = \sqrt{3} \cdot 0{,}6 \text{ (м)}$$ – "радиус" малой окружности.

3) Распишем силы, действующие на машинку в этом случае.



$$\begin{cases} Oy: \ mg = \mu N_1 \\ Ox: \ N_1 = m \cdot a_{n1} = m \cdot \frac{v^2}{r} \end{cases}$$

$$N_1 = \frac{mg}{\mu} = m \cdot \frac{v^2}{r} \Rightarrow \frac{g}{\mu} = \frac{v^2}{r} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{gr}{\mu}}$$

$$v = \sqrt{\frac{10 \cdot \sqrt{3} \cdot 0{,}6}{0{,}9}} = \sqrt{\frac{10 \cdot \sqrt{3} \cdot 2}{3}} = \sqrt{\frac{20 \cdot \sqrt{3}}{3}} \approx \sqrt{6{,}67 \cdot 1{,}71} \approx 3{,}3 \text{ (м/с)}$$
– минимальная скорость для равномерного движения.

Ответ: 1) $P \approx 4{,}563$ (Н) – сила, с которой модель действует на сферу; 2) $v_{min} \approx 3{,}3$ ~~(м/с)~~ (м/с) – минимальная скорость равномерного движения.

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

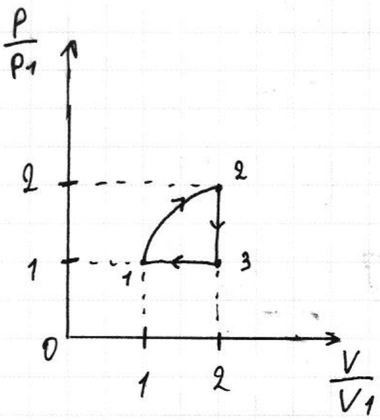
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

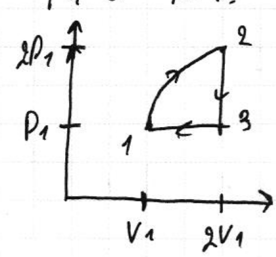


№4.

Дано: $\nu = 1$; R ; одноатомный газ ;

T_1 в т. 1.

=>



1) Запишем уравнения состояния для т. 1, 2, 3.

1: $P_1 V_1 = \nu R T_1$

2: $2P_1 \cdot 2V_1 = \nu R T_2 \Rightarrow 4P_1V_1 = \nu R T_2 \Rightarrow 4\nu R T_1 = \nu R T_2 \Rightarrow 4T_1 = T_2$

3: $P_1 \cdot 2V_1 = \nu R T_3 \Rightarrow 2P_1V_1 = \nu R T_3 \Rightarrow 2\nu R T_1 = \nu R T_3 \Rightarrow 2T_1 = T_3$.

Мы нашли связь между температурами. Получается процесс нагревания идёт от т.1 до т.2. Процесс остывания от т.2 до т.3 и от т.3 до т.1.

2) $dQ = dU + dA$ - основное уравнение МКТ.

Запишем его для процесса расширения газа.

$Q = C_V\nu(T_2 - T_1) + A_1 = C_V\nu(4T_1 - T_1) + \underbrace{S_{\text{под графиком}}}_{S_1}$.

$S_1 = P_1 \cdot V_1 + \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot P_1V_1 = P_1V_1\left(1 + \frac{\pi}{4}\right)$ - площадь под графиком между т. 1 и т. 2.

$Q = \frac{3}{2} R\nu \cdot 3T_1 + P_1V_1\left(1 + \frac{\pi}{4}\right)$ - тепло, которое подводилось газу в процессе расширения.

3) A - работа газа за цикл = площадь четверти круга.

$A = \frac{1}{4}\pi \cdot P_1 V_1$.

4) η - кпд цикла $= \frac{A}{Q+} = \frac{\frac{1}{4}\pi P_1 V_1}{\frac{3}{2}\nu R \cdot 3T_1 + P_1V_1(1+\frac{\pi}{4})}$

5) $Q_+ = \frac{3}{2}\nu R \cdot 3T_1 + P_1V_1(1+\frac{\pi}{4}) = \frac{9}{2}\nu RT_1 + \nu RT_1(1+\frac{\pi}{4}) =$

$= \frac{9}{2}\nu RT_1 + \nu RT_1 + \frac{3{,}14\,\nu RT_1}{4} = \nu RT_1\left(\frac{9}{2} + 1 + \frac{3{,}14}{4}\right) =$

$= \nu RT_1 \cdot 6{,}285$ - приведенное тепло в процессе расширения.

$A = \frac{1}{4}\pi \cdot P_1V_1 = \frac{\pi}{4}\cdot \nu RT_1 = 0{,}785 \cdot \nu RT_1$ - работа за цикл.

6) η - КПД цикла $= \frac{A}{Q+}$ - по определению $= \frac{0{,}785\,\nu RT_1}{6{,}285\,\nu RT_1} =$

$= \frac{0{,}785}{6{,}285} = \frac{785}{6285} = \frac{157}{1257} \approx 0{,}12$

Ответ: 1) $Q \approx 6{,}285\,\nu RT_1$ - количество теплоты подведенное к газу в процессе расширения

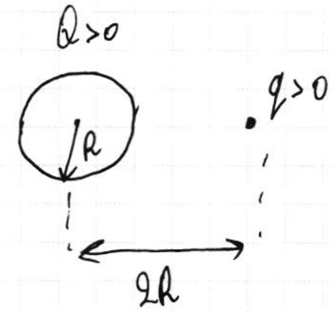
2) $A \approx 0{,}785\,\nu RT_1$ - работа за цикл

3) $\eta \approx 0{,}12$ - КПД цикла.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5.

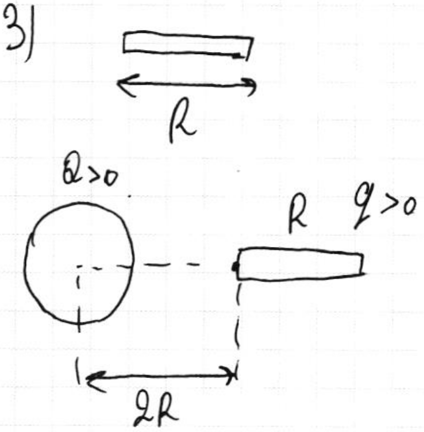
1)



а) $F = \frac{kQq}{r^2}$ - кулоновская сила 2-ух точечных источников.

2) $F = \frac{kQ\cdot q}{4R^2}$ - сила, действующая с стороны сферы на заряженный шарик.

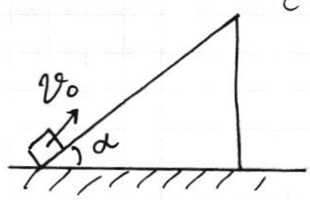
3)



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$E = \frac{dq}{4\pi\varepsilon_0}$ $\quad \frac{dQ}{l}$

№2.



$\downarrow \vec{g}$

Дано: $\alpha = 30°$; $v_0 = 2$ м/с.

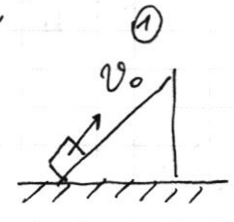
$\cos\alpha = \frac{\sqrt{3}}{2}$; $\sin\alpha = \frac{1}{2}$.

1) т.к. поверхность клина и пола гладкие, то сила трения между телами отсутствует.

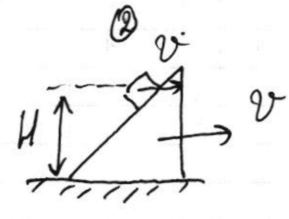
2) Запишем ЗСИ и ЗСЭ для системы "клин + шайба"

$M_K = 2m$, где m - масса шайбы.

$$\begin{cases} \frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + \frac{2mv^2}{2} + mgH & \text{- ЗСЭ} \\ mv_0 \cdot \cos\alpha = 3mv & \text{- ЗСИ} \end{cases}$$



$\Rightarrow$



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

$$\frac{v_0^2}{2} - \frac{3v^2}{2} = gH \Rightarrow v_0^2 - 3 \cdot \frac{v_0^2 \cos^2\alpha}{9} = 2gH \Rightarrow$$

$$v_0^2 - \frac{v_0^2 \cos^2\alpha}{3} = 2gH \Rightarrow v_0^2\left(1 - \frac{\cos^2\alpha}{3}\right) = 2gH \Rightarrow$$

$$\Rightarrow H = \frac{v_0^2}{2g}\left(1 - \frac{\cos^2\alpha}{3}\right) = \frac{4}{2 \cdot 10}\left(1 - \frac{\frac{3}{4}}{3}\right) = \frac{2}{10} \cdot \left(1 - \frac{1}{4}\right) =$$

$= \frac{2}{10} \cdot \frac{3}{4} = \frac{3}{20}$ (м) - высота, на которую поднимется шайба.

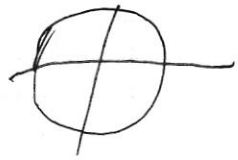
3) $\nu = 1$ (моль) ; $\frac{N}{N_A} = \nu$.

$PV = \nu RT$ $\quad P = nkT$.

$\begin{cases} \frac{v^2}{R} = a_n \\ \omega \cdot R = v \end{cases}$

$P_1V_1 = \nu RT_1$ $\quad \pi R^2 = S$. $\quad \underbrace{dQ = dU + dA}$ если

$P_2V_2 = \nu RT_2$.



$\eta = \frac{Q_+ - Q_-}{Q_+} = \frac{A}{Q_+}$ $\quad C_V \nu dT$; $\quad \frac{i}{2} R \nu dT$

P_2

PV

$A = P(V_1 - V_2)$

1 если $P = const$.

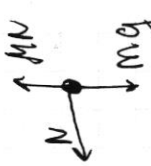
$\boxed{C_P = \frac{i}{2} R}$

$\begin{cases} \mu N = mg \\ N = m \cdot \frac{v^2}{r} \end{cases}$

$C_V \nu dT = dU$

~~$dA = \ldots$~~

$\frac{i}{2} \nu R dT$



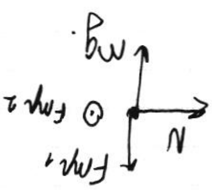
$P_i dV + P_i dV$.

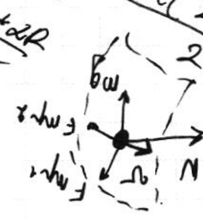
~~$C_P = \frac{i}{2} R + R = \ldots$~~

$C_P - C_V = R$.

$C_P - C_V = R$

$C_P = R + \frac{i}{2} R = \frac{2R + iR}{2} = \frac{R(2 + i)}{2}$





$\begin{cases} ma_n = F \\ m \frac{v_0^2}{R} = F \end{cases}$

$r = R \cdot \cos\alpha$

$R = 1{,}2$ (м)

$v_0 = 3{,}7$ м/с

$M = 0{,}4$ (кг)

№ 2

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

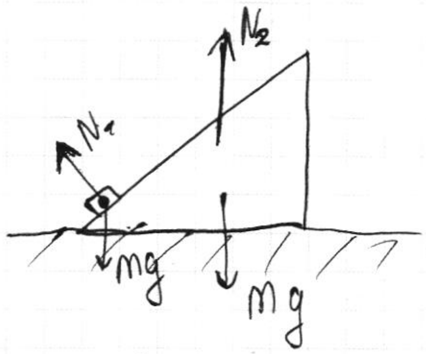
(заполняется секретарём)

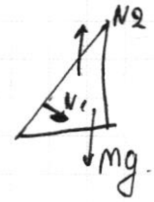
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$M_K = 2m$

$\frac{1}{20}\cdot 100 = 5$

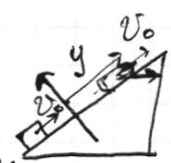
$\frac{1}{4} + \frac{3}{4} = 1$





$\sin\alpha = \frac{1}{2}$

$\cos\alpha = \frac{\sqrt{3}}{2}$



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

$$\cancel{m}v_0\cdot\cos\alpha = 2\cancel{m}v$$

$$v_0\cos\alpha = 2v$$

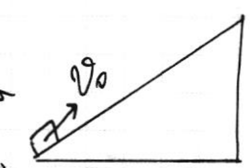
$$v = \frac{v_0\cos\alpha}{2} = 1\cdot\frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{\sqrt{3}}{2} \text{ м/с}$$

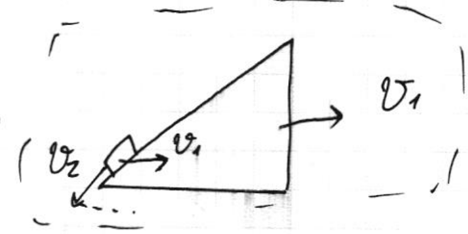
$$\frac{v_0^2}{2} =$$

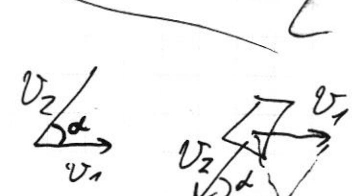
$$\frac{v_0^2}{2} = v^2 + gH \Rightarrow \frac{4}{2} - \frac{3}{2} = gH$$

$$\frac{1}{2} = gH \Rightarrow H = \frac{1}{2\cdot 10} = \frac{1}{20} \text{ (м)} = \frac{1}{20}\cdot 100 = 5 \text{ (см)}$$

$$\frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{4}{5}\cdot\frac{8\sqrt{3}}{8} = \frac{4}{2\cdot4-3}\cdot\frac{8\sqrt{3}-3\sqrt{3}}{8} = \frac{\sqrt{3} - \frac{3\sqrt{3}}{8}}{2-\frac{3}{4}} = \frac{2\cdot\frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{(\sqrt{3})^3}{8}}{2-\frac{3}{4}}$$







$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{m(v_2^2 + v_1^2 - 2v_2v_1\cos\alpha)}{2} + \frac{mv_1^2}{2}$$

$v_2^2 + v_1^2 - 2v_2v_1\cos\alpha$

$\sqrt{3} \approx 1{,}71$

$v_2 = \frac{3}{20}\cdot\sqrt{3}$

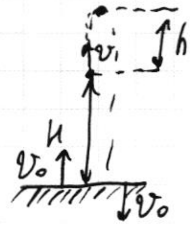
☑ черновик ☑ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

$\frac{м}{с^2} = \frac{м^2}{с^2}$



$$\begin{cases} h_0 = v\tau_1 - \frac{g\tau_1^2}{2} \\ h_0 + H = \frac{g\tau_2^2}{2} \end{cases}$$

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

$v = \sqrt{\frac{2K}{m}}$

$\left(\cancel{h_0 = \sqrt{\frac{2K}{m}}\,\tau_1} \right)$

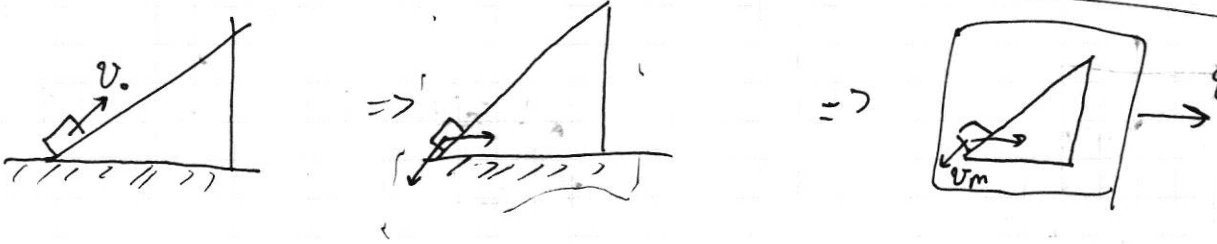
$\cos\alpha = \frac{\sqrt{3}}{2}$

$\cancel{0{,}6 / 0{,}9}$

$\frac{\sqrt{3}}{2}$

$0{,}6 = 0{,}3 \cdot 2$

$0{,}9 = 0{,}3 \cdot 3$



$m(-v_K\cos\alpha + v_1) + mv_1 = mv_0\cos\alpha$

$-mv_0\cos\alpha + 2mv_1 = mv_0\cos\alpha$

$v_1 = v_0\cos\alpha$

$v_1 = v_0 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$

$-v_K\cos\alpha + 2v_1 = v_0\cos\alpha$

$v_K = \frac{2v_1 - v_0\cos\alpha}{\cos\alpha}$

$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{m(v_K^2 + v_1^2 - 2v_K v_1\cos\alpha)}{2} + \frac{mv_1^2}{2}$

$v_0^2 = v_K^2 + 2v_1^2 - 2v_K v_1\cos\alpha +$

$v_0^2 = \frac{(2v_1 - v_0\cos\alpha)^2}{\cos^2\alpha} + 2v_1^2 - 2 \cdot \frac{2v_1 - v_0\cos\alpha}{\cancel{\cos\alpha}} \cdot v_1\cancel{\cos\alpha}$

$v_0^2 = \frac{\cancel{4v_1^2} - 4v_1v_0\cos\alpha + v_0^2\cos^2\alpha + 2v_1^2\cos^2\alpha - \cancel{4v_1^2} + 2v_0\cos\alpha v_1}{\cos^2\alpha}$

$\cancel{v_0^2\cos^2\alpha} = \cancel{v_0^2\cos^2\alpha} + 2v_1^2\cos^2\alpha - 2v_1v_0\cos\alpha$

$\cancel{2v_1}v_0\cancel{\cos\alpha} = \cancel{2}v_1^{\cancel{2}}\cos^{\cancel{2}}\alpha$

$v_0 = v_1\cos\alpha \Rightarrow \frac{v_0}{\cos\alpha}$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

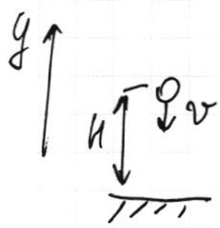
Задача №1. класс 10. Вариант 1. Ряд 3, место 2.
По условию осколки падают время $\tau = 10$ (с). Это время движения 1-го осколка или всех осколков до Земли? Т.е. последний осколок упал на Землю через τ после взрыва?

Задача №1. класс 10. Вариант 1. Ряд 3, место 2.
Время τ отсчитывается от момента взрыва? (Нет)

Задача №1. класс 10. Вариант 1. Ряд 3, место 2.
Время τ отсчитывается между моментами времени 1-ого и последнего осколков? (Да)

☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

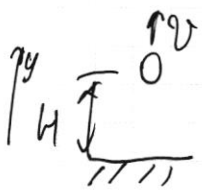


$$0 = H - v\tau_1 - \frac{g\tau_1^2}{2}$$

$$v\tau_1 + \frac{g\tau_1^2}{2} = H.$$

$\times\ 50$
50
$+\ 00$
250
2500

$\times\ 3602$
3602



$$0 = H + v\tau_2 - \frac{g\tau_2^2}{2}$$

$$\tau_2 - \tau_1 = \tau.$$

$$\frac{g\tau_2^2}{2} - v\tau_2 = H.$$

$\times\ 36,1$
$36,1$
361
$+\ 2166$
1083
$1303,21$

$$2v\tau_1 + g\tau_1^2 = 2H$$

$$\tau_1 = \frac{-2v \pm \sqrt{4v^2 - 4\cdot g\cdot 2H}}{2g} = \frac{-\cancel{2}v + \sqrt{v^2 - 2gH}}{g}$$

$$\tau_2 = \frac{2v \pm \sqrt{4v^2 - 4g\cdot 2H}}{2g} = \frac{v \mp \sqrt{v^2 - 2gH}}{g}$$

$$\tau_2 - \tau_1 = \frac{v + \cancel{\sqrt{v^2 - 2gH}} + v - \cancel{\sqrt{v^2 - 2gH}}}{g} = \tau. = \frac{2v}{g}.$$

$$\frac{2v - 2\sqrt{v^2 - 2gH}}{g} = \tau.$$

$$\frac{g\cdot\tau}{2} = v = \sqrt{\frac{2k}{m}}$$

$$2v - 2\sqrt{v^2 - 2gH} = g\tau.$$

$$2\cdot\sqrt{\frac{2k}{m}} - 2\sqrt{\frac{2k}{m} - 2gH} = g\tau.$$

$$\sqrt{\frac{2k}{m}} - \sqrt{\frac{2k}{m} - 2gH} = \frac{g\tau}{2}.$$

$$\frac{2k}{m} - 2\cdot\underbrace{\sqrt{\frac{2k}{m}\cdot\left(\frac{2k}{m} - 2gH\right)}} + \frac{2k}{m} - 2gH = \frac{g^2\tau^2}{4}.$$

$$\frac{4k}{m} - 2$$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

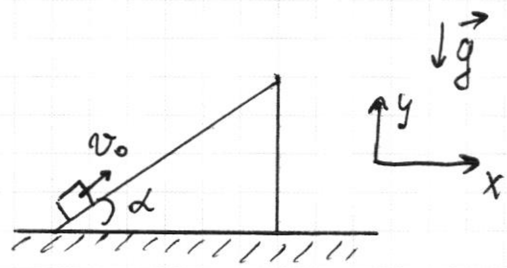
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 2.

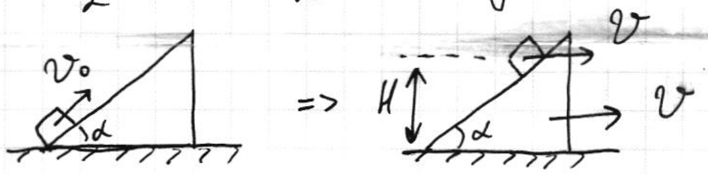


Дано: $\alpha = 30°$; $V_0 = 2$ м/с; $M_к = m_ш = m$.

1) т.к. поверхность клина и пола гладкие, то сила трения между телами отсутствует.

2) Запишем ЗСИ и ЗСЭ для системы "клин + шайба"

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



у клина и шайбы будут одинаковые горизонтальные скорости, т.к. шайба движется безотрывно.

ЗСИ на ось Ox: $\cos\alpha \cdot mV_0 = 2mv \Rightarrow \cos\alpha V_0 = 2v \Rightarrow v = \frac{V_0 \cos\alpha}{2}$

тогда

$$\frac{V_0^2}{2} - v^2 = gH \Rightarrow \frac{V_0^2}{2} - \frac{V_0^2\cos^2\alpha}{4} = gH \Rightarrow H = \frac{V_0^2}{2g}\left(1 - \frac{\cos^2\alpha}{2}\right)$$

$H = \frac{4}{2 \cdot 10}\left(1 - \frac{3}{4}\right) = \frac{4}{20} \cdot \frac{1}{4} = \frac{1}{20}$ (м) $= 5$ (см) - высота, на которую поднимется шайба.

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

$$H = v\sin\alpha\, t_1 - \frac{g t_1^2}{2}$$

$$2H = 2v\sin\alpha\, t_1 - g t_1^2$$

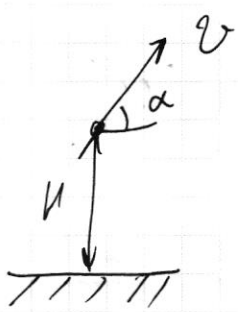
$$g t_1^2 - \underbrace{2v\sin\alpha}_{v_y} t_1 + 2H = 0$$

$$g t_1^2 - 2v_y t_1 + 2H = 0$$

$$t_{1,2} = \frac{2v_y \pm \sqrt{4v_y^2 - 8gH}}{2g} =$$

$$= \frac{v_y \pm \sqrt{v_y^2 - 2gH}}{g}$$

чем больше v_y, тем больше время τ.



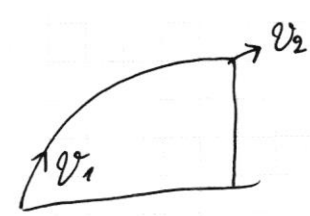
$$0 = H + v\sin\alpha t - \frac{g t^2}{2}$$

$$g t^2 - 2v\sin\alpha t = 2H$$

$$g t^2 - 2v_y t - 2H = 0$$

$$t_{1,2} = \frac{2v_y \pm \sqrt{4v_y^2 - 8gH}}{2g}$$

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



$$K = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2K}{m}}$$

$$g\tau = v \pm \sqrt{v^2 - 2gH}$$

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

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)