

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 10

Вариант 10-01

Шифр

(заполняется секретарем)

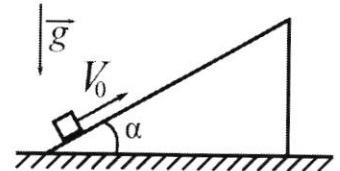
1. Фейерверк массой $m = 2$ кг стартует после мгновенной работы двигателя с горизонтальной поверхности, летит вертикально вверх и разбивается в высшей точке траектории на множество осколков, которые летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по величине скоростями. Высота точки разрыва $H = 65$ 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/с². Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

2. На гладкой горизонтальной поверхности расположен клин. Гладкая наклонная поверхность клина образует с горизонтом угол $\alpha = 30^\circ$. 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/с².



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/с².

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 $\alpha = \frac{\pi}{6}$. 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/с².

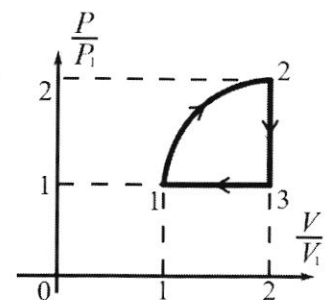
4. Один моль одноатомного идеального газа участвует в цикле 1-2-3-1 (см. рис.), участок 1-2 – дуга окружности с центром в точке 3. Температура газа в состоянии 1 равна T_1 .

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.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1.

Дано:

$$m = 2 \text{ кН}$$

$$H = 65 \text{ м}$$

$$\tau = 100$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$V_0 = ?$$

$$K = ?$$

Еще:

~~$$H = \tau E$$~~

1/за время τ

столбец, падающий

вертикально

сверху достиг

своей верхней точки

полёта, и ступил

обратно в точку

на высоте H со скоростью

V , направленной в сторону

земли.

Составной путь столбцов (уравнено на
землю первым и последним) \Rightarrow

$$\frac{V}{g} = \frac{\tau}{2}$$

$$100 = 2V$$

$$V = 50 \text{ м/с}$$

n - количество столбцов

V_k - скорость дзержинки в высшей
точке траектории

$$K = k_1 + k_2 + \dots + k_n = \frac{m_1 V^2}{2} + \frac{m_2 V^2}{2} + \dots + \frac{m_n V^2}{2} = \frac{V^2}{2} (m_1 + m_2 + \dots + m_n)$$

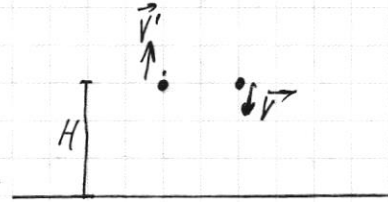
$$K = \frac{V^2}{2} \cdot m = \frac{50^2}{2} \cdot 2 = 2500 \text{ Дж}$$

2) дзержинка взорвалась в высшей точке
траектории $\Rightarrow V_k = 0 \text{ м/с}$

V - скорость столбов сразу
после взрыва

t - время полёта столба,
который первым упал на
землю

t_1 - время полёта столба,
который последним упал
на землю



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

$$V_0^2 = 2gH$$

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

$$\sqrt{13} \approx 3,6$$

$$V_0 \approx 10 \cdot 3,6 = 36 \text{ м/с}$$

Дано: $V_0 = 36 \text{ м/с}$; $K = 2500 \text{ Дж}$.

$\sqrt{2}$.

Дано:

$$\alpha = 30^\circ$$

$$V_0 = 2 \text{ м/с}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$m_1 = m_2$$

$$H = ?$$

$$V = ?$$

Решение:

$$m_1 = m_2 = m$$

По закону сохранения

энергии:

$$x: ma_1 = mg \sin 30^\circ - N \cos 60^\circ$$

$$y: ma_1 \cos 30^\circ = N - mg \cos 30^\circ$$

$$x_1: ma_2 = p \sin 30^\circ - mg \cos 60^\circ - N_1 \cos 60^\circ$$

$$y_1: ma_2 \cos 60^\circ = N_1 - mg - p \cos 30^\circ$$

По закону сохранения импульса:

$$mV_0 \cos 30^\circ = mV_3 \cos 30^\circ + mV_1 \quad \text{массы одинаковы}$$

$$V_0 \cos 30^\circ = V_3 \cos 30^\circ + V_1$$

$$V_1 = \frac{V_0 \cos 30^\circ}{2} = V_3 \cos 30^\circ$$

$$V_1 = \frac{V_0}{2}$$

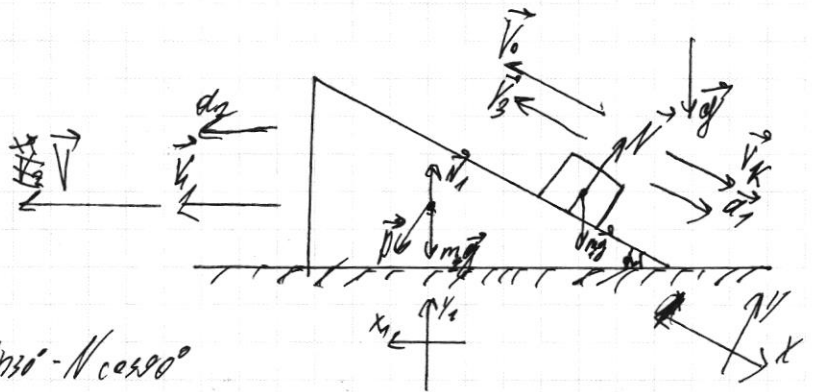
$$V_3 \cos 30^\circ = V_1$$

$$a_1 = g \sin 30^\circ \rightarrow 0$$

$$H = \frac{V_3^2 + V_1^2}{2a_1} = \frac{V_0^2}{2 \cdot 2a_1} = \frac{V_0^2}{8 \cdot 10 \cdot 0,5} = \frac{4}{4 \cdot 10} = 0,1 \text{ м}$$

$$t = \frac{V_1}{a_1} = \frac{V_0}{2 \cdot g \sin 30^\circ} = \frac{V_0}{g \sin 30^\circ}$$

t - время, закон сохранения энергии поднимается и вертикаль в



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$m a_2 = p \sin 30^\circ$$

$$P = N = mg \cos 30^\circ$$

$$m a_2 = mg \cos 30^\circ \sin 30^\circ$$

$$a_2 = g \cos 30^\circ \sin 30^\circ$$

$$V = V_1 + a_2 \cdot t = \frac{V_0 \cos 30^\circ}{2} + g \cos 30^\circ \sin 30^\circ \cdot \frac{V_0}{g \sin 30^\circ}$$

$$V = \frac{V_0 \cos 30^\circ}{2} + V_0 \cos 30^\circ = \frac{3 V_0 \cos 30^\circ}{2} = \frac{3 \cdot 2 \cdot \cos 30^\circ}{2} = 3 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 2,5 \sqrt{3} \text{ м/с}$$

$$\sqrt{3} \approx 1,7$$

$$V \approx 3 \cdot 1,7 = 5,1 \text{ м/с}$$

Ответ: $H = 0,1 \text{ м}$; $V = 5,1 \text{ м/с}$.

среднюю точку.

№4.

Дано:
 T_1, R
 $\eta = \text{max}$
Q-?
A-?
 η -?

Решение:

1-2 $P \parallel V \parallel T_1$

2-3 $P \perp T_4 \quad V = \text{const}$

3-1 $V \perp T_3 \quad P = \text{const}$

$$P_1 V_1 = \nu R T_1 \text{ - закон Менделеева-Клапейрона}$$

$$P_2 V_2 = \nu R T_2 \text{ - закон Менделеева-Клапейрона}$$

$$P_1 V_2 = \nu R T_3$$

$$Q_1 = \nu U_1 + A_1$$

$$Q_2 = \nu U_2 + A_2$$

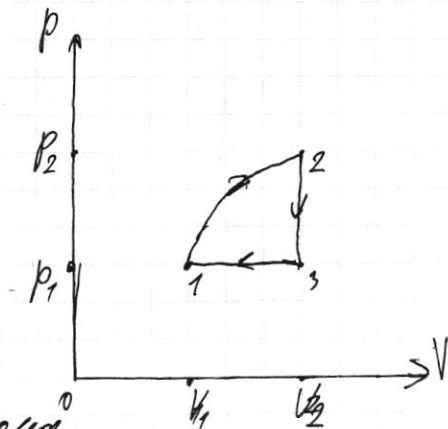
$$Q_3 = \nu U_3 + A_3$$

$$Q_1 > 0$$

$$Q_2 < 0 \quad A_2 = 0 \text{ Дж}$$

$$Q_3 < 0$$

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = \nu U_1 + \nu U_2 + \nu U_3 + A_1$$



$$A_1 = P_1 \cdot (V_2 - V_1) + \frac{\pi P_1^2}{4}$$

$$P_1 = V_1 = \frac{1}{2} V_2 = \frac{1}{2} P_2$$

$$A_1 = P_1 V_1 \left(1 + \frac{\pi}{4}\right) = d R T_1 \left(1 + \frac{\pi}{4}\right)$$

$$\Delta U_1 = \frac{3}{2} d R (T_2 - T_1)$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{P_1 V_1}{P_2 V_2} = \frac{1 P_1 V_1}{4 P_1 V_1}$$

$$T_2 = 4 T_1$$

$$\Delta U_1 = \frac{3}{2} d R \cdot 3 T_1$$

$$\Delta U_2 = \frac{3}{2} d R (T_3 - T_2)$$

$$\frac{T_2}{T_3} =$$

$$Q = \Delta U_1 + A_1 = \frac{3}{2} d R \cdot 3 T_1 + d R T_1 \left(1 + \frac{\pi}{4}\right) = d R T_1 \left(\frac{9}{2} + 1 + \frac{\pi}{4}\right)$$

$$Q = R T_1 \left(6,5 + \frac{\pi}{4}\right)$$

$$\pi \approx 3,14 \approx 3$$

$$Q = R T_1 \left(6,5 + \frac{3}{4}\right) = R T_1 \cdot 6,25$$

$$A = A_1 - A_3 = P_1 V_1 \left(1 + \frac{\pi}{4}\right) - P_2 V_2 = P_1 V_1 \cdot \frac{\pi}{4}$$

$$A = \frac{3}{4} P_1 V_1 = \frac{3}{4} R T_1$$

$$n = \frac{A}{Q} = \frac{\frac{3}{4} R T_1}{6,25 R T_1} = \frac{3}{4 \cdot 6,25} = \frac{3 \cdot 16}{4 \cdot 25} = \frac{3}{25} = 0,12$$

$$\eta = n \cdot 100\% = 0,12 \cdot 100\% = 12\%$$

Ответ: $Q = 6,25 R T_1$; $A = 0,75 R T_1$; $\eta = 12\%$.

Дано:

$$R = 12 \mu$$

$$V_0 = 3,740$$

$$m = 0,4 \text{ кг}$$

$$p = ?$$

Решение:

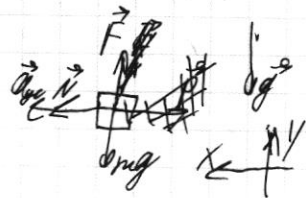
$$m a_{\text{ц.к.}} = N$$

$$a_{\text{ц.к.}} = \frac{V_0^2}{R}$$

$$N = m \frac{V_0^2}{R}$$

$$N = P$$

$$P = m \frac{V_0^2}{R}$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$P = 0,9 \cdot \frac{3^2}{1,2} = \frac{13,6}{3} \approx 4,56 \text{ Н}$$

Ответ: $P = 4,56 \text{ Н}$.

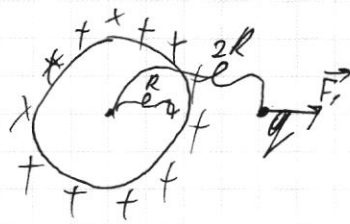
№5

Дано:
 $R, Q > 0$
 $q > 0$
 k

 $F_1 = ?$
 $F_2 = ?$

Решение:

1) По закону Кулона $F = k \frac{q_1 q_2}{R^2}$



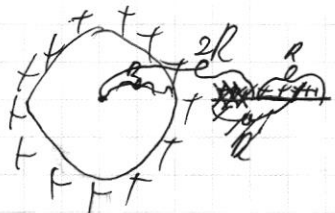
все заряды положительны — они отталкиваются
Средней \vec{F} определяем по формуле зарядов q_1

по оси y силы компенсируются друг другом

по оси x к каждому заряду сила будет направлена по формуле
тогда их сумма по формуле силы действия на q равняется $\frac{qQ}{(2R)^2} k$

$F_1 =$ сумма всех F средние

$$F_1 = k \frac{Q}{(2R)^2} \cdot 2 \cdot \frac{Q}{2} = k \frac{Q^2}{4R^2}$$



2) аналогично (1) с каждым зарядом (q_2) по формуле

и к каждому q_2 можно по формуле

длина q_2 , чтобы среднее
рациональное расстояние между
было равно $2R + \frac{R}{2}$

$$F_2 = k \frac{qQ}{(2R + \frac{R}{2})^2} = k \frac{qQ}{(\frac{5R}{2})^2} = k \frac{qQ \cdot 4}{R^2 \cdot 25} = 0,16k \frac{qQ}{R^2}$$

Объем: $F_1 = k \frac{qQ}{4R^2}$; $F_2 = 0,16k \frac{qQ}{R^2}$

$\sqrt{3}(12)$

<p>Дано:</p> <p>$R = 12 \text{ м}$</p> <p>$m = 0,4 \text{ кг}$</p> <p>$\mu = 0,8$</p> <p>$g = 10 \text{ м/с}^2$</p> <p>$d = \frac{\pi}{6}$</p> <p>$V_{\text{min}} = ?$</p>	<p>Условие:</p> <p>$m g \sin d = N \sin d$</p> <p>$N \cos d = m g \cos d$</p> <p>$m g \sin d = \frac{V_{\text{min}}^2}{R_1}$</p> <p>$R_1 = R \sin d$</p> <p>$m \frac{V_{\text{min}}^2}{R \sin d} = m g \cos d$</p>	
--	---	--

$$V_{\text{min}} = \sqrt{g R \cos d \sin d} = \sqrt{12 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{1}{2}} = \sqrt{303} = 17,4 \sqrt{3} \approx 17,4 \sqrt{3}$$

$\sqrt{3} \approx 1,73$ $\sqrt{3} \approx 1,7$

$V_{\text{min}} = 17,4 \cdot 1,73 = 221 \text{ м/с}$

Объем: $V_{\text{min}} = 221 \text{ м/с}$

$\sqrt{3}(12)$

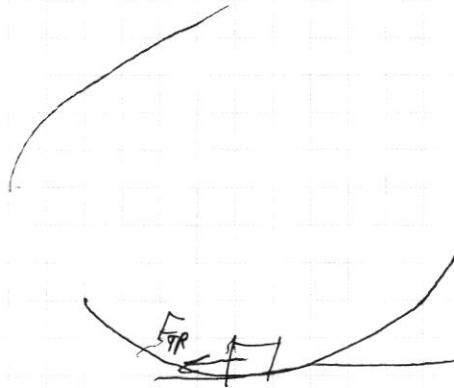
<p>Дано:</p> <p>$R = 12 \text{ м}$</p> <p>$m = 0,4 \text{ кг}$</p> <p>$\mu = 0,8$</p> <p>$g = 10 \text{ м/с}^2$</p> <p>$d = \frac{\pi}{6}$</p> <p>$V_{\text{min}} = ?$</p>	<p>Условие:</p> <p>$m g \sin d = m g \sin d$</p> <p>$\frac{V_{\text{min}}^2}{R} = g \sin d$</p> <p>$V_{\text{min}} = \sqrt{g R \sin d} = \sqrt{10 \cdot 12 \cdot \frac{1}{2}} = \sqrt{60} = \sqrt{3} \cdot \sqrt{20} = \sqrt{3} \cdot \sqrt{4} \cdot \sqrt{5} = 2\sqrt{3} \cdot \sqrt{5} = 2\sqrt{15}$</p> <p>$\sqrt{3} \approx 1,73$ $\sqrt{2} \approx 1,41$</p> <p>$V_{\text{min}} \approx 1,73 \cdot 2 \cdot 1,41 = 2,38 \cdot 1,41 = 3,35 \text{ м/с}$</p>	
--	---	--

Объем: $V_{\text{min}} = 3,38 \text{ м/с}$

13

12

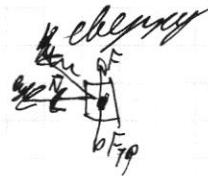
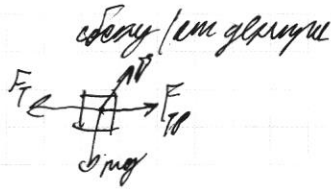
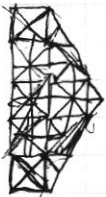
$\sqrt{3} \cdot 4$



$$\begin{array}{r} 15 \\ 55 \\ 25 \\ 15 \\ \hline 225 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 19 \\ 39 \\ \hline 56 \\ 14 \\ \hline 196 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 321 - 39 \\ \hline 989 \\ 221 \\ \hline 3099 \\ 1 \end{array}$$



$$\begin{array}{r} 14 \\ \times 14 \\ \hline 68 \\ 14 \\ \hline 238 \\ 1 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 13 \\ \times 13 \\ \hline 39 \\ 13 \\ \hline 169 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 14 \\ \times 13 \\ \hline 51 \\ 14 \\ \hline 221 \end{array}$$

$Q_2 = \Delta U_2 -$

$Q_3 =$

$\frac{T_2}{T_3} = \frac{P_2 V_2}{P_1 V_1} = \frac{4}{2} = 2$

$2T_3 = T_2 = 4T_1$

$T_3 = 2T_1$

$\Delta U_2 = -\frac{3}{2} \nu R \cdot 4T_1$

$\Delta U_3 = -\frac{3}{2} \nu R T_1$

$A_3 = P_1 V_1 = \nu R T_1$

$Q_2 = -5.5 \nu R T_1$

$Q = (5.5 + \frac{3}{2}) / R T_1$

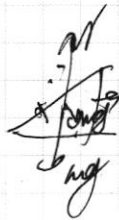
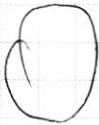


ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$V_0 \cos 30^\circ$$

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

мощность зад
225 Вт



$$\begin{array}{r} + 3,4 \\ + 3,2 \\ \hline + 259 \\ \hline 111 \\ \hline 13,69 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} + 1,5 \\ + 1,5 \\ \hline + 1,4 \\ \hline 2,55 \end{array}$$

$$P_i \cdot V_i$$

$$P_0 \cdot V$$



$$m \frac{v^2}{R} = N$$

$$H = V_0 t \frac{at^2}{2}$$

$$H = V_0 t \frac{at^2}{2}$$

V_0

$$H = V_0 t \frac{at^2}{2}$$

$$65 = V_0 \cdot 10 \cdot \frac{500}{2}$$

$$10V_0 = 439$$

$$V_0 = 43,9 \text{ м/с}$$

$$\frac{13,68}{12} \sqrt[3]{4,563}$$

$$65 = \sqrt{(t+10)^2 + 5(t+10)^2} = \sqrt{6t^2 + 20t + 125}$$

$$V(t+10-t) + 5(t+10)^2 = t^2$$

$$2t+10 + 5(2t+10) = t^2$$

$$\frac{1296}{20}$$

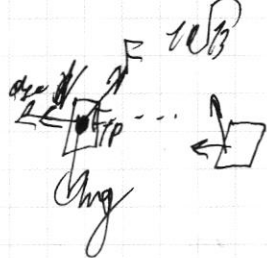
$$\frac{1296}{2} = 648$$

$$100 \text{ м}^2$$

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

$$65 \cdot 20 = V_0^2$$

$$1300 = V_0^2$$



$$\begin{array}{r} + 3,5 \\ + 3,5 \\ \hline + 1,95 \\ \hline 105 \\ \hline 72,25 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} + 3,6 \\ + 3,6 \\ \hline + 2,16 \\ \hline 118 \\ \hline 1296 \end{array}$$

$$mg = \frac{V^2}{R}$$

$$F = k \frac{q_1 q_2}{2R}$$





ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)