

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 10

Вариант 10-02

Шифр

(заполняется секретарём)

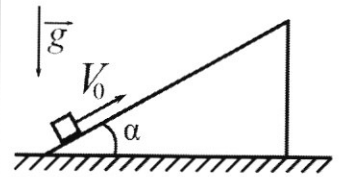
1. Фейерверк массой $m = 1 \text{ кг}$ стартует после мгновенной работы двигателя с горизонтальной поверхности, летит вертикально вверх и через $T = 3 \text{ с}$ разрывается в высшей точке траектории на множество осколков, которые летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по величине скоростями. Суммарная кинетическая энергия осколков сразу после взрыва $K = 1800 \text{ Дж}$. На землю осколки падают в течение $\tau = 10 \text{ с}$.

1) На какой высоте H взорвался фейерверк?

2) В течение какого промежутка времени τ осколки будут падать на землю?

Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$. 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



$H = 0,2 \text{ м}$. Масса клина в два раза больше массы шайбы. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

1) Найдите начальную скорость V_0 шайбы.

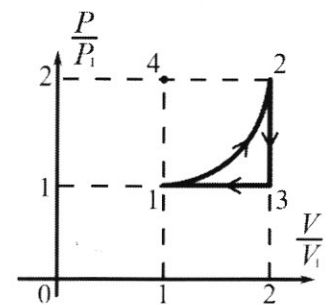
2) Найдите скорость V клина, в тот момент, когда шайба вернется в точку старта на клине. Массы шайбы и клина одинаковы.

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 $\alpha = 45^\circ$. Коэффициент трения скольжения шин по поверхности сферы $\mu = 0,8$, радиус сферы $R = 1 \text{ м}$. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

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.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) v_0 - начальная скорость

v - скорости осколков после взрыва

$$T = \frac{v_0}{g} \quad v_0 = gT = 30 \text{ м/с}$$

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

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

$$v = \sqrt{\frac{2K}{m}} = 60 \text{ м/с}$$

$$H = \frac{v_0^2}{2g} = 45 \text{ м}$$

первые падают такие осколки скорость которых

вертикально вниз

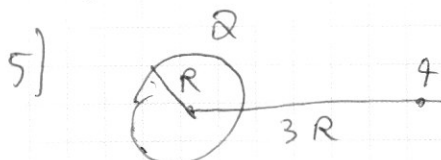
$$H = vT + \frac{gT^2}{2}$$

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

$$T = \frac{-\frac{2v}{g} + \sqrt{\frac{4v^2}{g^2} + \frac{8H}{g}}}{2} = -6 \pm \sqrt{36 + 9}$$

Второй корень отрицательный

$$T = \sqrt{45} - 6 \approx 0,75 \text{ с}$$

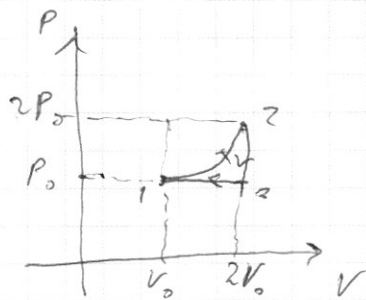


$$1. F_1 = \frac{kQq}{(3R)^2} = \frac{kQq}{9R^2}$$

2. $\lambda = \frac{q}{R}$

$$dF_2 = \frac{kQ\lambda dr}{r^2} \quad F_2 = \int_{3R}^{4R} \frac{kQ\lambda dr}{r^2} = \frac{kQq}{R} \left(\frac{1}{3R} - \frac{1}{4R} \right) = \frac{kqQ}{12R^2}$$

4) В графе $P-V$



A_{1-2} это площадь под графиком 1-2

$$A_{1-2} = 2P_0V_0 - \frac{\pi P_0V_0}{4} = P_0V_0 \left(2 - \frac{\pi}{4}\right)$$

$$\Delta U_{1-2} = \frac{3}{2} \Delta(PV) = \frac{3}{2} (4P_0V_0 - P_0V_0) = \frac{9}{2} P_0V_0$$

$$Q = A + \Delta U = P_0V_0 \left(6,5 - \frac{\pi}{4}\right)$$

2. $A_{\text{к}}$ - это площадь в графе цикла

$$A = P_0V_0 - \frac{\pi}{4} P_0V_0 = P_0V_0 \left(1 - \frac{\pi}{4}\right)$$

$$3. \eta = \frac{A}{Q} = \frac{1 - \frac{\pi}{4}}{6,5 - \frac{\pi}{4}} \approx \frac{0,22}{5,72} \approx 3,8\%$$

2) 1. V_1 - скорость клина когда майда сбивает

m - масса майды

$$mv_0 \cos \alpha = (m+2m)v_1$$

$$v_1 = \frac{v_0 \cos \alpha}{3} = 0,2v_0$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = mgH + \frac{(m+2m)v_1^2}{2}$$

$$0,5v_0^2 = 2 + 0,06v_0^2$$

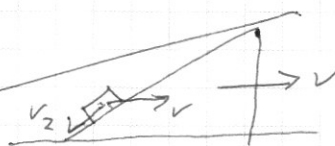
$$v_0 = \sqrt{\frac{4}{0,88}} = \sqrt{\frac{50}{11}} \approx 2,15 \text{ м/с}$$

~~$$2. mv_0 \cos \alpha = 2mv_1$$~~

~~$$v_1 = \frac{v_0 \cos \alpha}{2} = 0,3v_0$$~~

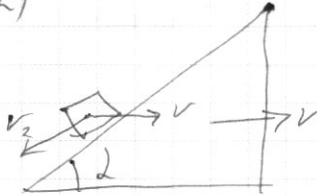
~~$$\frac{mv_0^2}{2} = mgH + \frac{2mv_1^2}{2}$$~~

~~$$0,82v_0^2 = 4 \quad v_0 = \sqrt{\frac{4}{0,82}} \approx \frac{2}{0,9} \approx 2,22 \text{ м/с}$$~~



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2.2)



$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m}{2} (v^2 + v_2^2 + 2v v_2 \cos \alpha) + \frac{m v^2}{2}$$

$$m v_0 = m v + m (v - v_2 \cos \alpha)$$

$$v_0 - 2v = -0,6 v_2$$

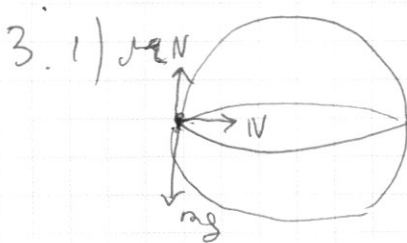
$$v_2 = \frac{2v - v_0}{0,6}$$

$$v_0^2 = 2v^2 + \frac{4v^2 - 4v v_0 + v_0^2}{0,36} + 4v^2 - 2v_2 v_0$$

$$0,36 v_0^2 = 2,16 v^2 - 0,72 v v_0 + 4v^2 - 4v v_0 + v_0^2$$

$$6,16 v^2 - 4,72 v_0 v + 0,64 v_0^2 = 0$$

$$v = \frac{4,72 v_0 \pm \sqrt{(4,72 v_0)^2 - 4 \cdot 6,16 \cdot 0,64 v_0^2}}{12,32}$$



$$\mu N = mg$$

$$(N \mu)^2 + N^2 = (2mg)^2$$

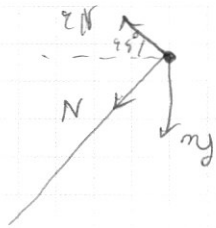
$$N = \frac{2mg}{\sqrt{1+\mu^2}}$$

$$N^2 = 3(mg)^2$$

$$N = mg\sqrt{3}$$

$$a = g\sqrt{3} \approx 17 \text{ м/с}^2$$

3.2)



$$mg = \gamma N \sin 45$$

$$N = \frac{mv_{\min}^2}{R}$$

$$v_{\min}^2 = \frac{mgR}{\gamma \sin 45}$$

$$v_{\min} = \sqrt{\frac{mgR}{\gamma \sin 45}} \approx 8 \text{ м/с} \quad 17,5 \text{ м/с}$$

$$\frac{v_0^2}{2} = 2 + 0,06 v_0^2$$

$$v_0^2 = \frac{200}{44} = \frac{50}{11}$$

Ответ. $v_0 = \sqrt{\frac{50}{11}}$ м/с



$$\frac{2200}{572} \Big| \frac{572}{572}$$

$$\frac{71}{33}$$

$$\frac{71}{66} \Big| \frac{33}{2,15}$$

$$\frac{316}{28} \Big| \frac{4}{77}$$

$$\frac{50}{33}$$

$$\frac{20}{18} \Big| \frac{9}{2}$$

$$\frac{m}{2} (v_2^2 + v_0^2 - 2v_2 v_0 \cos \alpha) = \frac{m}{2} + \frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_0^2}{2}$$

$$m v_0 \cos \alpha = 2 m v_0 - m v_2 \cos \alpha$$

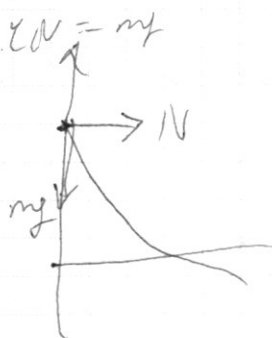
$$v_0 = \frac{10 v_0}{3} - 0,6 v_2$$

$$0,7 \cdot 25$$

$$2,5 \cdot 7$$

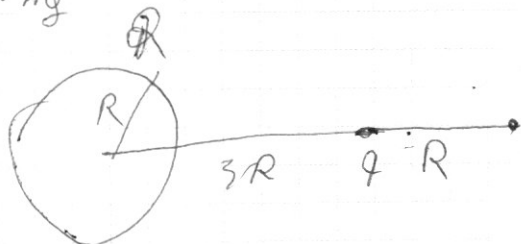
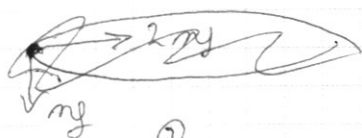
$$17,5$$

$$v_2^2 - 1,2 v_2 v_0$$



$$N = \frac{mg}{2} = m v_0^2 a$$

$$a = \frac{g}{2} = 12,5 \text{ м/с}^2$$



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

$$dF = \frac{k Q q 2 dr}{r^2}$$

$$F = \frac{k Q q}{R} \int_{3R}^{4R} \frac{dr}{r^2} = \frac{k Q q}{R} \left(\frac{1}{3R} - \frac{1}{4R} \right) = \frac{k Q q}{12 R^2}$$



$$6 + 21^2 = 36 + 2^2 + 122$$

$$22 \approx 129$$

$$k = 0,75$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) v_0 - начальная скорость

$$T = \frac{v_0}{g} \quad v_0 = gT = 30 \text{ м/с} \quad \frac{mv_0^2}{2} = mgH$$

~~v~~ - скорость осколков

$$H = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{900}{20} = 45 \text{ м}$$

$$K = \frac{mv^2}{2} \quad v = \sqrt{\frac{2K}{m}} = 60 \text{ м/с}$$

$$H = v_0 t - \frac{gt^2}{2} \quad (\text{когда } v \text{ вертикально вверх время падения максимален})$$

$$t^2 - \frac{2v_0}{g}t + \frac{2H}{g} = 0$$

$$t = \frac{\frac{2v_0}{g} \pm \sqrt{\frac{4v_0^2}{g^2} - \frac{8H}{g}}}{2} = 6 \pm \sqrt{36 - 9} = 6 \pm 5 \text{ с}$$

~~корень 1 с не имеет смысла, потому что время свободного падения больше 1 с~~

~~ответ 1. 45 м 2. 11 с~~

2) v_1 - скорость клина когда шайба в верхнем положении m - масса шайбы

$$\begin{cases} \frac{mv_0^2}{2} = mgH + \frac{(m+2m)v_1^2}{2} \\ m v_0 \cos \alpha = (m+2m)v_1 \end{cases}$$

$$v_1 = \frac{m v_0 \cos \alpha}{3m} = 0,2 v_0$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = mgH + \frac{3m}{2}(0,2v_0)^2$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2.2) прог.) ~~$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{m}{2} (v^2 + v_2^2 - 2vv_2 \cos \alpha) + \frac{mv^2}{2}$$~~

~~$$\frac{2}{0,82} = \frac{v^2 + v_2^2 - 1,2vv_2}{2} + \frac{v^2}{2}$$~~

~~$$mv_0 \cos \alpha = 2mv$$~~

~~$$v = 0,3v_0 \approx 0,67 \text{ м/с}$$~~



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

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)