

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 10

Вариант 10-01

Шифр

(заполняется секретарём)

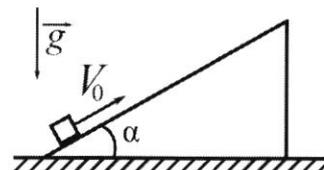
1. Фейерверк массой $m = 2$ кг стартует после мгновенной работы двигателя с горизонтальной поверхности, летит вертикально вверх и разрывается в высшей точке траектории на множество осколков, которые летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по величине скоростями. Высота точки разрыва $H = 65$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

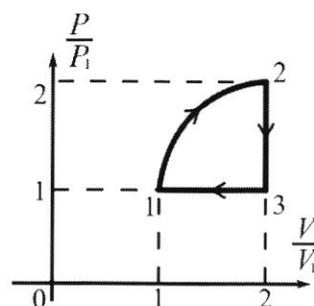
4. Один моль одноатомного идеального газа участвует в цикле 1-2-3-1 (см. рис.), участок 1-2 – дуга окружности с центром в точке 3. Температура газа в состоянии 1 равна T_1 .

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 .



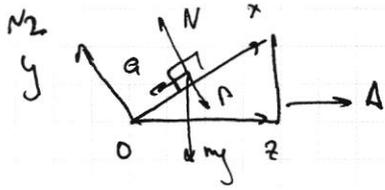
5. Заряд $Q > 0$ однородно распределен по сфере радиуса R . В первом опыте на расстоянии $2R$ от центра сферы помещают небольшой по размерам шарик с зарядом $q > 0$.

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.



по 3.н.:

$$\vec{P} = -\vec{N}$$

$$|\vec{P}| = |\vec{N}|$$

$$P = N$$

Препределен в СО кинне:
23.н. гав $\vec{N} + m\vec{g} - m\vec{A} = m\vec{a}$

в проециру на Ox :

$$-mg \sin \alpha + mA \cos \alpha = -ma$$

$$g \sin \alpha + A \cos \alpha = a \quad (1)$$

в проециру на Oy :

$$N - mg \cos \alpha + mA \sin \alpha = 0 \quad (2)$$

23.н. гав кинна:

$$\vec{P} + m\vec{g} - m\vec{A} = 0$$

в проециру на Oz :

$$\sin \alpha \cdot P - mA = 0$$

$$N \sin \alpha = mA \quad (3)$$

$$N = \frac{mA}{\sin \alpha} \quad (3)$$

подставим (3) в (2)

$$\frac{mA}{\sin \alpha} - mg \cos \alpha + mA \sin \alpha = 0$$

$$mA (1 + \sin^2 \alpha) = mg \sin \alpha \cos \alpha$$

$$A = g \frac{\sin \alpha \cos \alpha}{1 + \sin^2 \alpha}$$

$$a_3(1) \quad a = g \left(\sin \alpha + \frac{\sin \alpha \cos \alpha}{1 + \sin^2 \alpha} \right)$$

$$a = g \left(\frac{2 \sin^3 \alpha + \sin \alpha \cos^2 \alpha + \sin \alpha \cos^2 \alpha}{2 \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} \right)$$

$$= g \cdot \frac{2 \sin \alpha (\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha)}{2 \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} =$$

$$= g \cdot \frac{2 \sin \alpha}{2 \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}$$

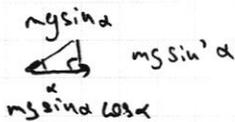
$$15 \cdot 10^{-1} \cdot 4 \cdot 10^{-2} = 6 \cdot 10^{-2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$N = \frac{16 \cdot 0,15}{25^6} \cdot \frac{0,15}{0,40} \cdot \frac{0,15}{0,4} \cdot v$$

$$N = \mu \frac{v^2}{r}$$

$$\mu g = \mu \cdot \pi r \cdot \mu \cdot \frac{v^2}{r}$$



$$J = \frac{v_0 \sin \alpha}{g \sin^2 \alpha} = \frac{v_0}{g \sin \alpha}$$

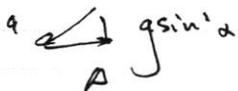
$$N = \mu \frac{v^2}{r}$$

$$mg \sin \alpha = mg \sin \alpha (1 + \cos^2 \alpha)$$

$$ma_x = m A \cos \alpha + mg \sin \alpha$$

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

$$\frac{13,63}{16} \cdot \frac{11,2}{11} \cdot 10$$

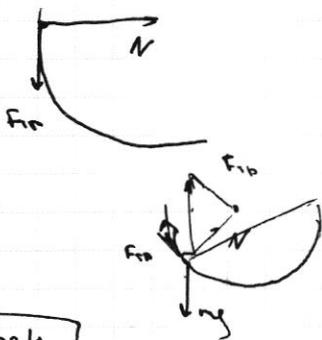


$$P = N \sqrt{1 + \mu^2}$$

$$a_x = g \sin \alpha$$

$$W_{k_0} = \sum \frac{m_i v_i^2}{2} = \frac{v^2}{2} = \sum m_i \left(\frac{m v}{2} \right)$$

$$\begin{cases} W = -U_0 J_1 + \frac{g J_1^2}{2} \\ W = U_0 J_2 + \frac{g J_2^2}{2} \end{cases}$$



$$\frac{m g^2 T^2}{8} = \frac{11,7}{1369}$$

$$J_1 = \frac{v_0^2 + 2gh}{g}$$

$$J_2 = \frac{v_0 + \sqrt{v_0^2 + 2gh}}{g}$$

$$J_2 = \frac{-v_0 + \sqrt{v_0^2 + 2gh}}{g}$$

$$\left(\frac{P}{P_0} \right)^2 + \left(\frac{v - v_0}{v_1} \right)^2 = 1$$

$$\left(\frac{P - 2P_0}{P_1} \right)^2 + \left(\frac{v - 2v_0}{v_1} \right)^2 = 1$$

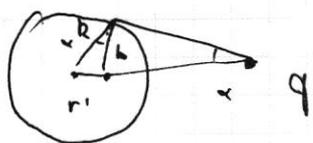
$$J_1 - J_2 = \frac{2v_0}{g}$$

$$J = \frac{2v_0}{g}$$

$$v_0 = \frac{g J}{2}$$

$$A = \frac{\pi R^2}{4} \cdot \frac{\pi \left(\frac{P}{P_1} \right) \left(\frac{v}{v_1} \right)}{4}$$

$$= \frac{\pi^2 R^2 v}{16 P_1 v_1}$$



$$\frac{R}{2r} = \frac{r_1}{r}$$

$$r_1 = \frac{1}{2} R$$

$$\left(\frac{P}{P_1} - 1 \right)^2 + \left(\frac{v}{v_1} - 2 \right)^2 = 1$$

$$J = \frac{P_1 v_1}{P v}$$

$$P_1 = \frac{J P v}{v_1}$$

$$\frac{314}{28} \cdot \frac{14}{10,785}$$

$$\frac{25}{125} \cdot \frac{359}{175} \cdot \frac{3}{216}$$

$$\frac{50}{625} \cdot \frac{105}{1225} \cdot \frac{108}{1296}$$

$$1) \quad \beta \neq 1 / \frac{U_0}{a}$$

$$H = L \sin \alpha = \frac{U_0^2}{2a} \cdot \sin \alpha = \frac{U_0^2}{4g \sin \alpha} \cdot \sin \alpha \cdot (2 \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha)$$

$$= \frac{U_0^2 (2 \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha)}{4g} = \frac{4 \frac{\text{m}^2}{\text{с}^2} \cdot \left(2 \cdot \left(\frac{1}{2} \right)^2 + \left(\frac{\sqrt{3}}{2} \right)^2 \right)}{4 \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{с}^2}}$$

$$= \left(\frac{\frac{1}{2} + \frac{3}{4}}{10} \right) \text{ м} = \frac{5}{40} \text{ м} = \frac{1}{8} \text{ м} = 0,125 \text{ м}$$

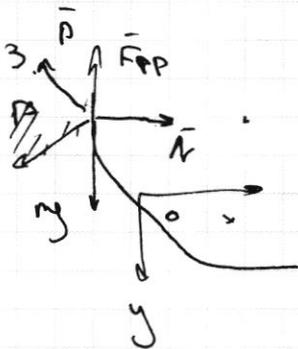
$$2) \quad V = JA = \frac{2U_0}{a} \cdot A = \frac{2U_0 g \sin \alpha \cos \alpha (2 \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha)}{2g \sin \alpha (1 + \sin^2 \alpha)}$$

$$= \frac{U_0 \cos \alpha (2 \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha)}{g (2 \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha)} g = U_0 \cos \alpha = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} =$$

$$= \sqrt{3} \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 1,7 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

О-вс: $H = 0,125 \text{ м}$

$V = 1,7 \frac{\text{м}}{\text{с}}$



1) 2 з.п. для машины:

$$\vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}} = m\vec{g} = m\vec{a}_{\text{з.с.}}$$

В проекции на ось:

$$N = m a_{\text{з.с.}} = m \frac{v^2}{R}$$

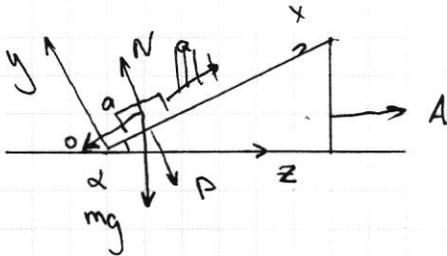
В проекции на ось:

$$mg = F_{\text{тр}}$$

$$P = \sqrt{N^2 + F_{\text{тр}}^2} = m \sqrt{\frac{v^4}{R^2} + g^2} = \sqrt{\left(\frac{13,69 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{1,2 \text{ м}} \right)^2 + 100 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}} = 0,4 \text{ кН}$$

$$= 0,4 \text{ кН} \cdot \sqrt{130 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^4} + 100 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}} = 0,4 \text{ кН} \cdot 15 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 6 \text{ кН}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



2 З.И. на клин:

$$\vec{P} = m\vec{a}$$

в проекции на oz:

$$P \sin \alpha = mA \quad (1)$$

по 3 З.И.:

$$\vec{N} = -\vec{P}$$

$$|\vec{N}| = |\vec{P}|$$

$$N = P$$

$$\begin{cases} P \sin \alpha = mA \\ N = P \\ N = mg \cos \alpha \end{cases}$$

$$\sin \alpha = \frac{A}{g \cos \alpha}$$

$$A = g \sin \alpha \cos \alpha$$

2 З.И. на шарик:

$$\vec{N} + m\vec{g} = m\vec{a}$$

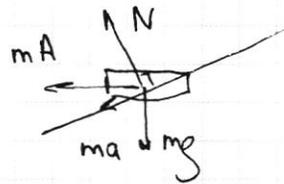
в проекции на ox:

$$-mg \sin \alpha = ma \quad (1)$$

в проекции на oy:

$$mg \cos \alpha = N \quad (2)$$

Преобраз в CO клине

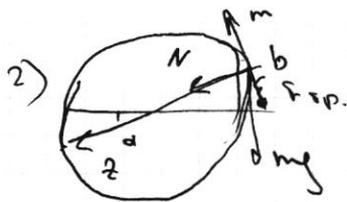


$$(mg \sin \alpha = m(a + A \cos \alpha))$$

$$J = \frac{2U_0}{g} = \frac{2U_0 \cdot (2 \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha)}{2g \sin \alpha}$$

$$= \frac{U_0 (2 \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha)}{g \sin \alpha}$$

$$V = AJ =$$



$$2.3.н. \quad \vec{N} + \vec{F}_{sp} + m\vec{g} = m\vec{a}_{y.c}$$

на ось z :

н/в

$$\frac{mV^2}{R} = mg \sin \alpha + N$$

на ось x :

$$-mg \cos \alpha + F_{sp} = 0$$

$$\mu N = mg \cos \alpha$$

$$N = \frac{mg \cos \alpha}{\mu}$$

$$\frac{mV^2}{R} = mg \sin \alpha + \frac{mg \cos \alpha}{\mu}$$

$$V = \sqrt{2gR \left(\sin \alpha + \frac{\cos \alpha}{\mu} \right)}$$

$$= \sqrt{7 \cdot 10 \frac{m}{c} \cdot \left(\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{3}}{1.8} \right) \cdot 1,2 m}$$

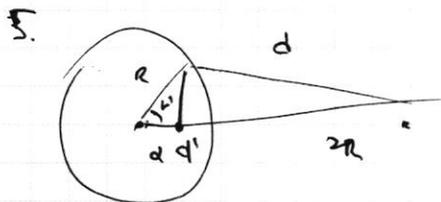
$$= \sqrt{7,4 \cdot 10 \left(\frac{1}{2} + \frac{7}{9} \right)}$$

$$\sqrt{24 \cdot \frac{23}{18}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 23}{3}} = \sqrt{\frac{92}{3}} \approx 5,5 \frac{m}{c}$$

Ответ: $P = 6H$

$$V_{min} = 5,5 \frac{m}{c}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$d = \sqrt{5R^2 - 2r^2 \cos \alpha} = R \sqrt{5 - 2 \cos \alpha}$$

$$dF = k \frac{dq}{r^2}$$

$$\frac{23 \cdot 24}{}$$

$$\begin{array}{r} \frac{23 \cdot 24}{3} \\ \frac{552}{3} \\ \hline 184 \end{array} \quad \left| \begin{array}{r} 18 \\ 30 \\ \hline 21 \end{array} \right.$$

$$\frac{r'}{R} = \frac{R}{2R}$$

$$r' = \frac{R}{2}$$

$$\frac{23 \cdot 4}{3} = \frac{92}{3} = 30,7$$

$$F = \frac{k q' q \cdot \gamma}{9R} = \frac{k Q q}{4R^2}$$

$$q' = \frac{Q}{16} Q'$$

$$dF = \frac{k d Q q}{a} \cos \alpha = \frac{k d Q q \cos \alpha}{R \sqrt{5 - 2 \cos \alpha}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$14. A = \frac{\pi \left(\frac{P}{R} \cdot \frac{V}{V_1} \right)}{4} = \frac{\pi P V}{4 R V_1}$$

$$A = \frac{\pi (P V_1)}{4}$$

уравн. совп. где λ

$$\partial Q S_1 = P_1 V_1$$

$$1) Q = \Delta u + A = C_v \Delta T_{2-1} + A_{2-1} = C_v \frac{(P_2 V_2 - P_1 V_1)}{R} + A_{2-1}$$

$$2) \frac{C_v (4 P_1 V_1 - P_1 V_1)}{R} + \frac{(4 + \pi) (P_1 V_1)}{4} = \frac{3}{2} P_1 V_1 + \frac{4 + \pi}{4} P_1 V_1 =$$

~~$$\frac{18 + \pi}{4} P_1 V_1 = \frac{18 + \pi}{4} \partial Q S_1 \approx \frac{21,14}{4} \partial Q S_1 = 5,285 \partial Q S_1$$~~

$$\frac{18 + 4 + \pi}{4} P_1 V_1 = \frac{22 + \pi}{4} \partial Q S_1 \approx \frac{25,14}{4} \partial Q S_1 \approx$$

$$\approx 6,285 \partial Q S_1$$

$$2) A = \frac{\pi (P_1 V_1)}{4} = \frac{\pi \partial Q S_1}{4} = \frac{3,14}{4} \partial Q S_1 = 0,785 \partial Q S_1$$

$$\Rightarrow \eta = \frac{A_0}{Q} = \frac{(4 + \pi) (P_1 V_1) / 4}{4 (22 + \pi) P_1 V_1} = \frac{4 + \pi}{22 + \pi} = \frac{7,14}{25,14} \approx 0,28$$

Ответ: $Q = 6,285 \partial Q S_1$

$$A = 0,785 \partial Q S_1$$

$$\eta = 0,28$$

№ 1.

$$J = J_{\max} - J_{\min} =$$

$$H = -U_B J_{\max} + \frac{g J_{\max}^2}{2}$$

$$J_{\max} = \frac{U_B + \sqrt{U_B^2 + 2gH}}{g}$$

$$H = U_B J_{\min} - \frac{g J_{\min}^2}{2}$$

$$J_{\min} = \frac{-U_B + \sqrt{U_B^2 + 2gH}}{g}$$

$$J = J_{\max} - J_{\min} = \frac{2U_B}{g}$$

$$U_B = \frac{gJ}{2} = \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 10 \text{ с}}{2} = 50 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$E_k = \sum E_{ki} = \sum \frac{m_i U_B^2}{2} = \frac{U_B^2}{2} \sum m_i = \frac{m U_B^2}{2}$$

$$\frac{2 \text{ кг} \cdot 2500 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{2} = 2500 \text{ Дж}$$

3. С. Д. где ~~задача~~ проверка:

$$\frac{m U_0^2}{2} = mgh \Rightarrow U_0 = \sqrt{2gh} = \sqrt{1300 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}} \approx 36 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3.

