

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 10

Вариант 10-01

Шифр

(заполняется секретарём)

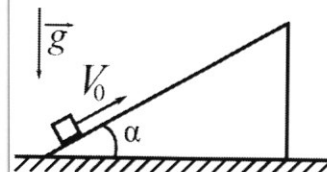
1. Фейерверк массой $m = 2$ кг стартует после мгновенной работы двигателя с горизонтальной поверхности, летит вертикально вверх и разрывается в высшей точке траектории на множество осколков, которые летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по величине скоростями. Высота точки разрыва $H = 65$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

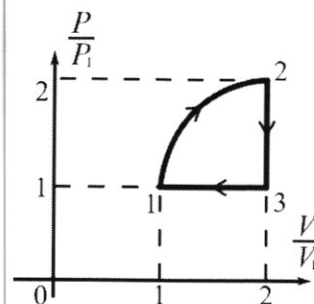
4. Один моль одноатомного идеального газа участвует в цикле 1-2-3-1 (см. рис.), участок 1-2 – дуга окружности с центром в точке 3. Температура газа в состоянии 1 равна T_1 .

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.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

21.

1. Из ЗСФ $\frac{mV_0^2}{2} = mgh$; $V_0 = \sqrt{2gh}$;
 $V_0 = \sqrt{2 \cdot 10 \frac{м}{с^2} \cdot 65 м} = \sqrt{2300} \frac{м}{с} \approx 48 \text{ м/с}$.

2) Пусть скорость осколка v ;
 заметим, что выделенные осколки во времени на

3) Точкой осколка с вертикал. скоростью v_y
 (вверх); тогда же рассмотрим стержень осколка с
 вертикал. скоростью $-v_y$.

4) Через $\frac{2v_y}{g} \text{ сек} = t$ верхний осколок будет иметь
 вертикал. скорость $-v_y$ (т.е. лететь вниз),
 а т.к. стержень $v_{стержень} = \text{const}$, то скорость осколка будет
 v , тогда по ЗСФ он будет на высоте H , т.е.

будет по времени падений ему лететь столько же сколько вверх.
 Иными, т.е. разная по времени падений составляли t и t
 $t = \frac{2v_y}{g} \text{ сек}$,

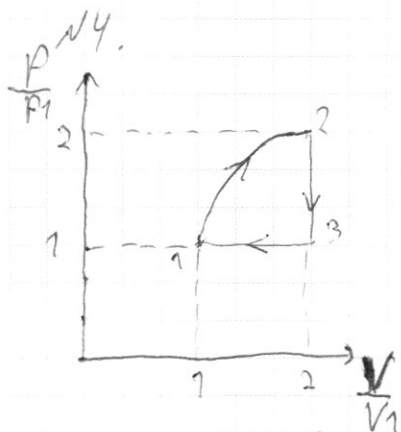
5) Первый упадет осколок, летевший, летел вертикал.
 (изначально)

Снизу, последний упав, летевший летел вертикал. вверх,
 тогда $t = \frac{2v}{g}$; $v = \frac{gt}{2}$;

6) $K = \sum \frac{m_i v_i^2}{2} = \frac{v^2}{2} \cdot \sum m_i = \frac{v^2}{2} \cdot m = \left(\frac{gt}{2}\right)^2 \cdot \frac{1}{2} \cdot m = \frac{g^2 t^2 \cdot m}{8}$.

$K = \frac{(10 \text{ м/с}^2)^2 \cdot (100)^2 \cdot 2 \text{ кг}}{8} = 25000 \text{ Дж}$

Ответ: 48 м/с; 25000 Дж.



$$P_2 = 2P_1; V_2 = 2V_1; V_3 = 2V_1; P_3 = P_1;$$

$$1) A_{12} = \int p dV = \frac{1}{4} \pi \cdot P_1 V_1 + P_1 V_1 = P_1 V_1 \left(\frac{\pi}{4} + 1 \right)$$

$$2) P_1 V_1 = \nu R T_1;$$

$$P_2 V_2 = \nu R T_2; \quad 4P_1 V_1 = \nu R T_2; \quad T_2 = 4T_1$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = \frac{3}{2} \nu R (4T_1 - T_1) = \frac{9}{2} \nu R T_1$$

$$3) Q = \Delta U + A_{12} = \frac{9}{2} \nu R T_1 + P_1 V_1 \left(\frac{\pi}{4} + 1 \right) =$$

$$= \frac{9}{2} \nu R T_1 + \nu R T_1 \left(\frac{\pi}{4} + 1 \right) = \nu R T_1 \left(\frac{9}{2} + \frac{\pi}{4} + 1 \right) =$$

$$= \boxed{\frac{22+\pi}{4} \cdot \nu R T_1} \quad Q = \frac{22+3,14}{4} \cdot \nu R T_1$$

$$4) A = A_{12} + A_{23} + A_{31} = P_1 V_1 \left(\frac{\pi}{4} + 1 \right) + 0 - P_1 V_1 =$$

$$= P_1 V_1 \left(\frac{\pi}{4} + 2 \right) = \nu R T_1 \left(\frac{\pi}{4} + 2 \right) = \frac{\pi}{4} P_1 V_1 = \frac{\pi}{4} \nu R T_1$$

$$5) \eta =$$

$$\eta = \frac{A}{Q} = \frac{\frac{\pi}{4} \nu R T_1}{\frac{22+\pi}{4} \nu R T_1} = \frac{\pi}{22+\pi} = \frac{3,14}{22+3,14} = \frac{3,14}{25,14} =$$

$$= 0,1249; 12,49\%$$

$$\text{Answer: } 1) \frac{22+\pi}{4} \cdot \nu R T_1, \quad 2) \frac{\pi}{4} \nu R T_1; \quad 3) 12,49\%$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

15.
1) ПТ.К. и шарик и стержень находится вне сферы,
а вне сферы зарядная сфера q
пот.к. вне сферы сферично по зарядной сфера
делается как точечный заряд, вне сферы
в центре, тогда расстояние x \neq радиус R шарика.
Электрик. поле $E = k \frac{Q}{x^2}$ (от центра)

$$2) F_1 = E \cdot q = k \frac{Qq}{(2R)^2} \Rightarrow F_1 = \frac{kQq}{4R^2}$$

~~$$3) F_2 = \int_{2R}^{3R} dq \cdot \frac{Q}{4R^2} = \int_{2R}^{3R} \frac{q \cdot dx}{R} \cdot \frac{Q}{4R^2} =$$~~

~~$$= \int_{2R}^{3R} \dots$$~~

$$3) dF = \left| dq \cdot \frac{kQ}{x^2} \right| \quad dF = \left| \frac{q \cdot dx}{R} \cdot \frac{kQ}{x^2} \right|$$

$$F_2 = \int_{2R}^{3R} \left| \frac{kQ}{x^2} \cdot \frac{q}{R} \cdot dx \right| = \left| \frac{kQq}{R} \int_{2R}^{3R} x^{-2} dx \right| = \left| \frac{kQq}{R} \cdot \left. \frac{x^{-1}}{-2+1} \right|_{2R}^{3R} \right| =$$

~~$$= \frac{kQq}{R} \left| \frac{1}{3R} - \frac{1}{2R} \right| = \frac{kQq}{R} \cdot \frac{1}{2R} - \frac{1}{3R}$$~~

$$= \left| \frac{kQq}{R} \left(\frac{1}{2R} - \frac{1}{3R} \right) \right| = \frac{kQq}{6R^2} \quad \text{Следом: } 1) \frac{kQq}{4R^2} \quad 2) \frac{kQq}{6R^2}$$

12. 0) масса шайбы и масса кината;

1) В момент касания шайбы к поверхности шайба ее вершина.

Скорость равна 0. ~~и относительно центра шайбы~~ ~~не ЗСЦ~~ ~~(вдоль горизонт осей)~~ ~~и~~

их скорости равны v_1 , тогда по ЗСЦ вдоль горизонт. осей:

$$m v_0 = m v_1 + m v_i; \quad v_i = \frac{v_0}{2}$$

по ЗСЭ для шайбы: $\frac{m v_0^2}{2} = m g H + \frac{m v_1^2}{2} + \frac{m v_i^2}{2}$

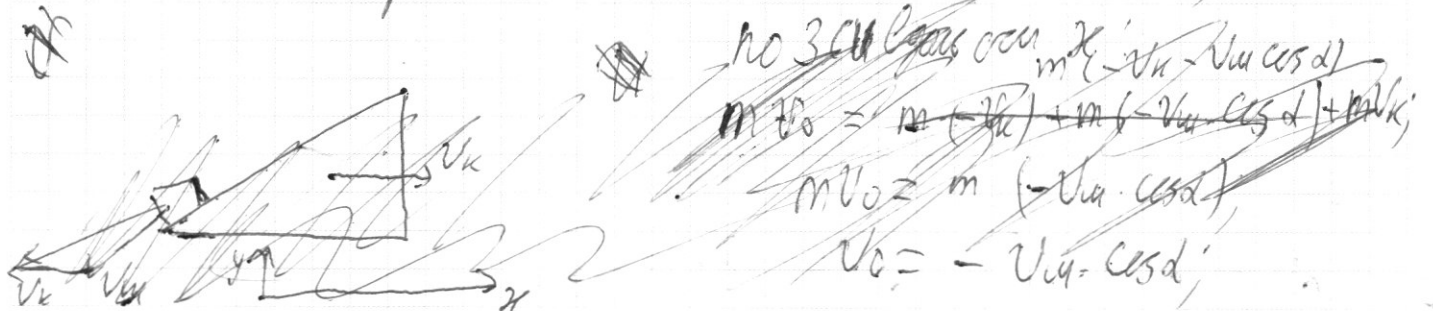
$$\frac{v_0^2}{2} = g H + \frac{v_0^2}{8}, \quad g H = \frac{3 v_0^2}{8}$$

$$H = \frac{3 \cdot (2 \text{ м/с})^2}{4 \cdot 8 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = \frac{6 \cdot 4}{40 \cdot 8} \text{ м} = 0,075 \text{ м} = 7,5 \text{ см}; \quad 0,15 \text{ м} = 15 \text{ см}.$$

2) В момент, когда шайба вершина, в точку старта кината: $\vec{v}_{ш}$ - скорость шайбы относительно центра

\vec{v}_k - скорость кината в С.О. Земли по поверхности;

$\vec{v}_{ш} + \vec{v}_k = \vec{v}_{ш2}$ скорость шайбы в С.О. по поверхности;

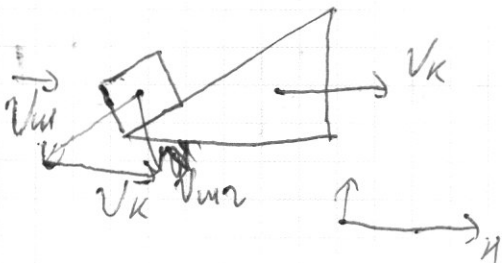


~~по ЗСЦ вдоль осей x и z :~~

$$m v_0 = m (-v_k) + m (-v_{ш} \cos \alpha) + m v_k;$$

$$m v_0 = m (-v_{ш} \cos \alpha);$$

$$v_0 = -v_{ш} \cos \alpha;$$



по ЗСЦ вдоль осей x :

$$m v_0 = m (v_k - v_{ш} \cos \alpha) + m v_k;$$

$$m v_0 = 2 m v_k - m v_{ш} \cos \alpha;$$

$$v_0 = 2 v_k - v_{ш} \cos \alpha.$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3). ~~$v_{cm}^2 = v_{cm}^2 + v_k^2 - 2 \cdot \cos(\alpha) \cdot v_{cm} \cdot v_k$~~ $v_{cm}^2 = v_{cm}^2 + v_k^2 - 2 \cdot \cos(\alpha) \cdot v_{cm} \cdot v_k$;

из ЗСЭ: $\frac{m v_{cm}^2}{2} + \frac{m v_k^2}{2} = \frac{m v_0^2}{2}$;

$v_{cm}^2 + v_k^2 - 2 \cos \alpha \cdot v_{cm} \cdot v_k + v_k^2 = v_0^2$;

~~4)~~ $v_{cm}^2 + 2v_k^2 - 2 \cos \alpha \cdot v_{cm} \cdot v_k = v_0^2$;

4). $\begin{cases} v_{cm}^2 + 2v_k^2 - 2 \cos \alpha \cdot v_{cm} \cdot v_k = v_0^2 \\ 2v_k - v_{cm} \cdot \cos \alpha = v_0 \end{cases}$;

$\begin{cases} v_{cm}^2 + 2v_k^2 - \sqrt{3} v_{cm} \cdot v_k = v_0^2 \\ 2v_k - \frac{\sqrt{3}}{2} v_{cm} = v_0 \end{cases}$;

$\begin{cases} 2v_{cm}^2 + 4v_k^2 - 2\sqrt{3} v_{cm} v_k = 2v_0^2 \\ 4v_k^2 - 2\sqrt{3} v_{cm} v_k + \frac{3}{4} v_{cm}^2 = v_0^2 \end{cases}$;

$\begin{cases} 2v_{cm}^2 - \frac{3}{4} v_{cm}^2 = v_0^2 \\ v_k = \frac{v_0}{2} + \frac{\sqrt{3}}{4} v_{cm} \end{cases}$;

$\begin{cases} v_{cm} = \frac{2}{\sqrt{5}} v_0 \\ v_k = \frac{v_0}{2} + \frac{\sqrt{3}}{4} \cdot \frac{2}{\sqrt{5}} v_0 \end{cases}$;

$\begin{cases} v_{cm} = \frac{2}{\sqrt{5}} v_0 \\ v_k = \frac{5 + \sqrt{15}}{10} v_0 \end{cases}$;

$= \frac{5 + \sqrt{15}}{10} \cdot 2 \text{ м/с} \approx \frac{5 + 3,1}{10} \cdot 2 \text{ м/с} = \cancel{16,4 \text{ м/с}} \cdot 1,64 \text{ м/с}$;

Ответ: 1) 1,5 м 2) 1,64 м/с.

№3. 1)



$$F_{mp} + mg = 0;$$

$$F_{mp} = mg;$$

$$m\vec{a} = \vec{F}_{mp} + m\vec{g} + N;$$

$$m\vec{a} = N;$$

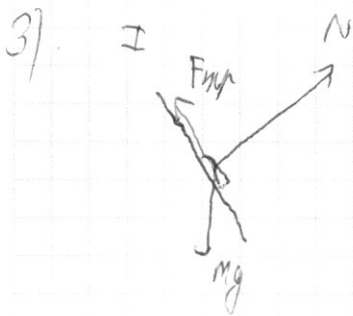
$$N = ma = m \cdot \frac{v_0^2}{R};$$

$$2) P = \sqrt{N^2 + F_{mp}^2} = \sqrt{(mg)^2 + \left(\frac{mv_0^2}{R}\right)^2} = m \cdot \sqrt{g^2 + \frac{v_0^4}{R^2}};$$

$$= 0,4 \text{ М.} \quad P = 0,4 \text{ М} \cdot \sqrt{\left(10 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}\right)^2 + \frac{(3,7 \text{ М/с})^4}{(1,2 \text{ М})^2}} =$$

$$= 0,4 \text{ М} \cdot \frac{15 \text{ М}}{\text{с}^2} = 0,4 \text{ М} \cdot 0,15 \frac{\text{М}}{\text{с}^2} = 0,4 \text{ М} \cdot \frac{15 \text{ М}}{\text{с}^2} =$$

$$= \boxed{6 \text{ Н.}}$$



$$mg \cos \frac{\pi}{6} = F_{mp} \leq 0,9 \cdot N;$$

~~$$mg \sin \frac{\pi}{6}$$~~

$$I \quad N - mg \sin \frac{\pi}{6} = \frac{v_{\min}^2}{R} \cdot m$$

$$II \quad N + mg \sin \frac{\pi}{6} = \frac{v_{\max}^2}{R} \cdot m$$

~~$$\text{Из II получаем } m \cdot \frac{v_{\min}^2}{R} \geq N + mg \sin \frac{\pi}{6} \Rightarrow$$~~

~~$$\geq \frac{F_{mp}}{0,9} + mg \sin \frac{\pi}{6} = \frac{mg \cos \frac{\pi}{6}}{0,9} + mg \sin \frac{\pi}{6}$$~~

$$\text{Тогда } v_{\min} = \sqrt{R \cdot \frac{g \cos \frac{\pi}{6}}{0,9} + Rg \sin \frac{\pi}{6}} = \sqrt{Rg} \cdot \sqrt{\frac{\cos \frac{\pi}{6}}{0,9} + \sin \frac{\pi}{6}} =$$

$$= \sqrt{Rg} \cdot \sqrt{\frac{\sqrt{3}}{2 \cdot 0,9} + \frac{1}{2}}; \quad \neq$$

$$v_{\min} = \sqrt{1,2 \text{ М} \cdot \frac{10 \text{ М}}{\text{с}^2}} \cdot \sqrt{\frac{\sqrt{3}}{1,8} + \frac{1}{2}} = \sqrt{12} \cdot \sqrt{0,44 + 0,5} \frac{\text{М}}{\text{с}} =$$

~~$$= 3,5 \cdot 0,99 = 3,5 \frac{\text{М}}{\text{с}}$$~~

$$\text{Ответ: } 3,5 \text{ Н.} \quad 2) 3,5 \text{ М/с.}$$



ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{array}{r} 96 \\ + 16 \\ \hline 112 \\ + 16 \\ \hline 128 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 17 \\ + 17 \\ \hline 34 \\ + 17 \\ \hline 51 \end{array}$$

~~$$\begin{array}{r} 29 \\ + 27 \\ \hline 56 \\ + 18 \\ \hline 74 \end{array}$$~~

$$\begin{array}{r} 1200 \\ + 163 \\ \hline 1363 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 35 \\ + 34 \\ \hline 69 \\ + 136 \\ \hline 205 \\ + 102 \\ \hline 307 \end{array}$$

$$35 \cdot 900 + 300$$

$$\begin{array}{r} 95 \\ + 95 \\ \hline 190 \\ + 475 \\ \hline 665 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 98 \\ + 98 \\ \hline 196 \end{array}$$

$$8100 + 1420 + 64 =$$

$$95 = 8100 + 1420 + 64 =$$

~~Решите~~ Верные калькулятор!

$$\sqrt{212}$$

$$\sqrt{212} \\ \underline{48} \\ 489$$

$$\begin{array}{r} 41 \\ \times 41 \\ \hline 41 \\ + 164 \\ \hline 1681 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 47 \\ \times 47 \\ \hline 329 \\ + 188 \\ \hline 2209 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 48 \\ \times 48 \\ \hline 384 \\ + 192 \\ \hline 2304 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3140000 \\ - 2514 \\ \hline 6260 \\ - 5028 \\ \hline 12320 \\ - 10056 \\ \hline 22640 \\ - 22026 \\ \hline 614 \end{array}$$

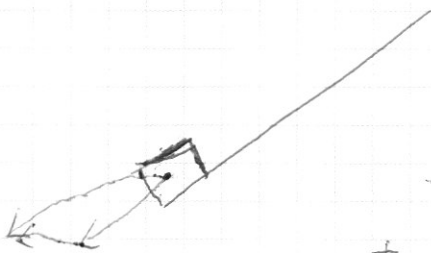
$$\begin{array}{r} 2514 \\ \hline 0,1249 \end{array}$$

$$\frac{(x+dx)^n - x^n}{dx} = \frac{x^n + nx^{n-1} \cdot dx + \dots - x^n}{dx}$$

$$= nx^{n-1}; \quad \int x^n dx = \frac{x^{n+1}}{n+1};$$

$$\begin{array}{r} 3000 \\ \underline{280} \\ 200 \end{array} \quad \begin{array}{r} 40 \\ \hline 0,075 \end{array}$$

$$100 + 187 = 287;$$



$$\begin{array}{r} \times 3,7 \\ 199 \\ \hline 1369 \\ + 1990 \\ \hline 7369 \\ + 19900 \\ \hline 12321 \\ + 8214 \\ \hline 4907 \\ + 9369 \\ \hline 187,4161 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 17 \\ \times 17 \\ \hline 119 \\ + 119 \\ \hline 289 \end{array}$$

$$230$$

~~$$\begin{array}{r} 187 \\ \hline 144 \end{array}$$~~

$$\begin{array}{r} 187 \\ \times 187 \\ \hline 1309 \\ + 14940 \\ \hline 34969 \end{array}$$





ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Large grid area for writing the answer.

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)