

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 10

Вариант 10-02

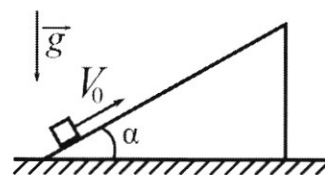
Шифр

(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 $g = 10 \text{ м/с}^2$.

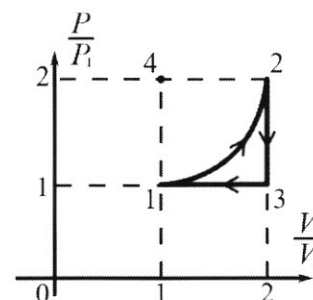
- 1) Найдите начальную скорость V_0 шайбы.
- 2) Найдите скорость V клина, в тот момент, когда шайба вернется в точку старта на клине. Массы шайбы и клина одинаковы.

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.



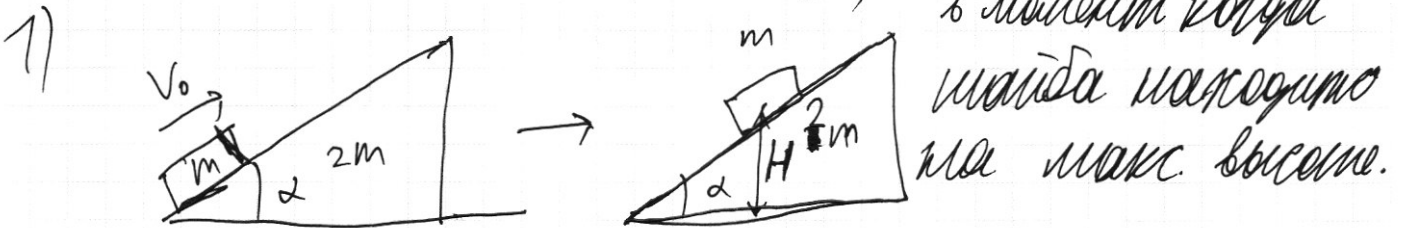
5. Заряд $Q > 0$ однородно распределен по сфере радиуса R . В первом опыте на расстоянии $3R$ от центра сферы помещают небольшой по размерам шарик с зарядом $q > 0$.

- 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

Задача 2:



Запишем ЗСИ:

$$m v_0 \cos \alpha = 3 m v_k \Rightarrow \frac{v_0 \cos \alpha}{3} = v_k$$

Запишем ЗСЭ:

$$\frac{m v_0^2}{2} = m g H + \frac{3 m v_k^2}{2}$$

$$v_0^2 = 2 g H + 3 v_k^2 = 2 g H + \frac{v_0^2 \cos^2 \alpha}{3}$$

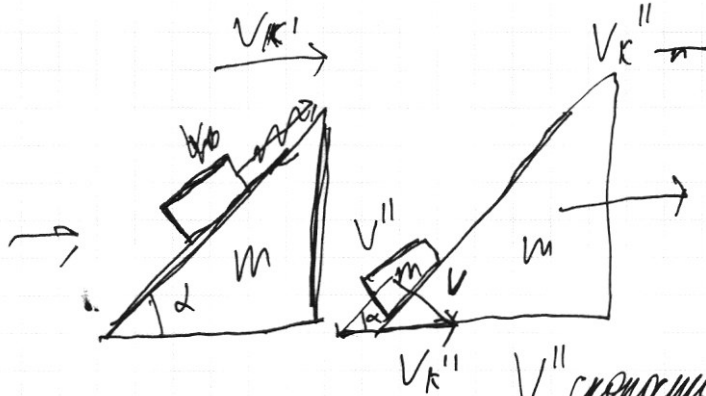
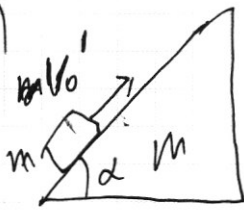
$$v_0^2 \left(1 - \frac{\cos^2 \alpha}{3}\right) = 2 g H$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{2 g H}{1 - \frac{\cos^2 \alpha}{3}}} = \sqrt{\frac{4}{1 - \frac{0.36}{3}}} = \sqrt{\frac{4}{1 - 0.12}} = \sqrt{\frac{4}{0.88}} = \sqrt{\frac{50}{11}} \rightarrow \text{ответ}$$

$$\begin{array}{r} \times 2.3 \\ 2.3 \\ \hline 0.69 \\ 46 \\ \hline 529 \end{array} \quad \begin{array}{r} \times 2.2 \\ 2.2 \\ \hline 0.44 \\ 44 \\ \hline 4.84 \end{array} \quad \begin{array}{r} 2.2 \\ \hline \end{array}$$

Задача 2

2)



$$m v_0 \cos \alpha = 2 m v_k'' - m v'' \cos \alpha$$

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

$$m v_0 \cos \alpha = 2 v_k'' m \Rightarrow v_k'' = \frac{v_0 \cos \alpha}{2}$$

v'' скорость в.с.о. клина
упругая в момент
возвращения.

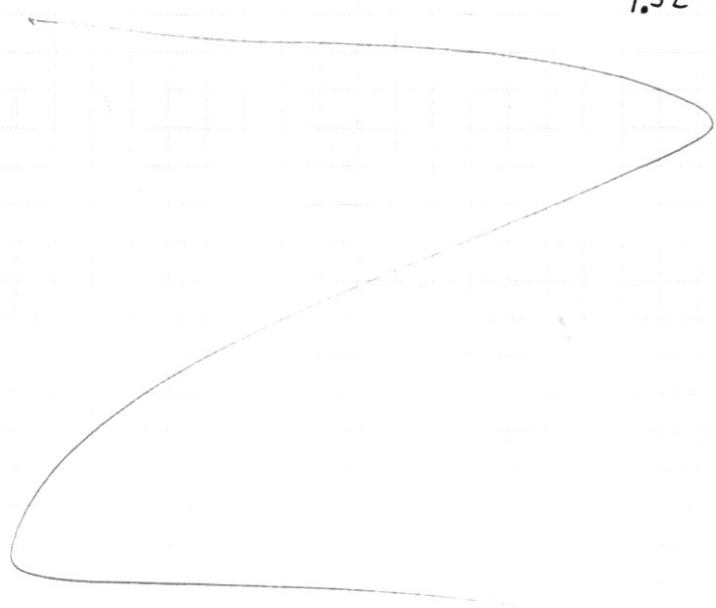
Переходим в Эту же момент в клин:

В ней упрямке столкнется с клином и
высоке мадежем v_0' ;

$$2 v_k'' \cdot m = v_0' \cos \alpha m = v_0' \cos \alpha m$$

$$v = v_k'' = v_0' \cos \alpha = v_0 \cos \alpha = \frac{6}{10} \sqrt{\frac{50}{11}} \rightarrow \text{Омва}$$

22
1.32





черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

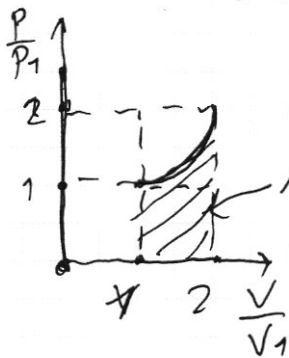
Задача 4: Замыслим упр-е окружности:

$$\left(\frac{P+2}{P_1}\right)^2 + \left(\frac{V+1}{V_1}\right)^2 = 1 \quad P' = \frac{P}{P_1} \quad V' = \frac{V}{V_1}$$

Темпо повернемо:

$$Q = \int P dV + \frac{3}{2} \int R dT = A' + \frac{3}{2} \int R dT$$

A' можно посчитать как площадь под графиком.



$$A' = 2P_1 \cdot V_1 - \frac{\pi}{4} P_1 V_1 \quad (\text{площадь криволинейн.} \\ \text{линии минус площадь четверти окружности})$$

Отсюда Q : $(dT = T_2 - T_1 = 4P_1 V_1 - P_1 V_1 = 3P_1 V_1)$

$$Q = \left(2 - \frac{\pi}{4} + \frac{3}{2}\right) P_1 V_1$$

Ответ: $A = A' - P_1 V_1 = \left(1 - \frac{\pi}{4}\right) P_1 V_1$ (работа при нагревании
линии нагрева при охлаждении)

Ответ: $\eta = \frac{A}{Q} = \frac{\left(1 - \frac{\pi}{4}\right)}{\left(2 - \frac{\pi}{4} + \frac{3}{2}\right)}$ (работа газа к замкнутой системе
теплице замкнутой)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 1:

Поскольку неизвестен коэф.?

Найдём скорость с которой будет лететь осколки в момент взрыва: $\frac{mV^2}{2} = K \Rightarrow$

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

T - время между падением пу и началом осколка.

$H = \frac{gT^2}{2} = 45 \text{ м}$ (от разрыва в высшей точке траектории и летел вертикально вверх)

1^й уравнений осколка уравнение вертикально вверх.:

$$H = Vt + \frac{gt^2}{2} \Rightarrow 0 = \frac{gt^2}{2} + Vt - H$$

$$D = V^2 + 2gH$$

$$t = \frac{-V \pm \sqrt{V^2 + 2gH}}{g} = \frac{-60 \pm \sqrt{3600 + 900}}{10}$$

$$= \frac{-6 \pm \sqrt{45}}{1} = 3\sqrt{5} - 6 \rightarrow \text{ответ.}$$

23
0.6

Задача 5:

По мере же радиус сферы возрастает вокруг себя по
максимальности:

$$\frac{Q}{\epsilon_0} = 4\pi R^2 \cdot E \Rightarrow E = \frac{Q}{4\pi \epsilon_0 R^2}$$

r - расстояние от центра сферы

Это ~~тоже~~ похоже как у точечного заряда;

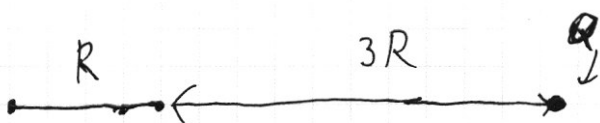
1) Можно считать что сфера точечный заряд;

тогда: $F_1 = E q = \frac{Q q}{4\pi \epsilon_0 \cdot 9R^2}$ если $(r > R)$

$$\frac{Q q}{4\pi \epsilon_0 \cdot 9R^2} = \frac{Q q}{9kR^2} \rightarrow \text{ответ}$$

2) Теперь рассмотрим как сфера (заряд) действует
на стержень:

введем $\lambda = \frac{q}{R}$



$$F = \int_{3R}^{4R} \frac{\lambda dr \cdot Q}{4\pi \epsilon_0 r^2} = \frac{-q Q}{4\pi \epsilon_0 r} \Big|_{3R}^{4R} = \frac{q Q}{12\pi \epsilon_0 R^2} - \frac{q Q}{16\pi \epsilon_0 R^2} =$$

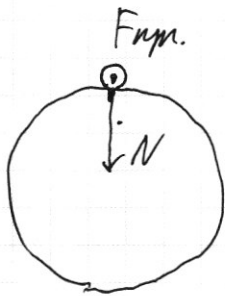
$$= \frac{q Q}{48\pi \epsilon_0 R^2} \rightarrow \text{ответ. (по 33-м. Котомма с такой$$

иной действует стержень на
середину с такой сферой на стержень)

$$\frac{k q Q}{12 R^2}$$

Задача 5:

1)



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

$$N = \frac{2mg}{\sqrt{1+\mu^2}} = ma \Rightarrow a = \frac{2g}{\sqrt{1+\mu^2}}$$

$$a = \frac{20}{\sqrt{1.64}} = \frac{20}{1.3} = \frac{200}{13} = 15.4 \text{ м/с}^2$$

$$\begin{array}{r} \times 1.2 \quad \times 1.3 \\ 1.2 \quad 1.3 \\ \hline .24 \quad .39 \\ 1.2 \quad 1.3 \\ \hline 1.44 \quad 1.69 \end{array} \Rightarrow \sqrt{1.64} \approx 1.3$$

$$\begin{array}{r} 200 \overline{) 13} \\ \underline{13} \quad 15.38 \\ \underline{70} \\ \underline{65} \\ \underline{50} \\ \underline{39} \\ \underline{110} \\ \underline{104} \\ \hline 6 \end{array}$$

2)





ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР (заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



