

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 10

Вариант 10-01

Шифр

(заполняется секретарём)

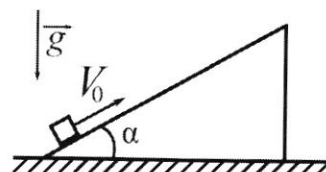
1. Фейерверк массой $m = 2$ кг стартует после мгновенной работы двигателя с горизонтальной поверхности, летит вертикально вверх и разрывается в высшей точке траектории на множество осколков, которые летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по величине скоростями. Высота точки разрыва $H = 65$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

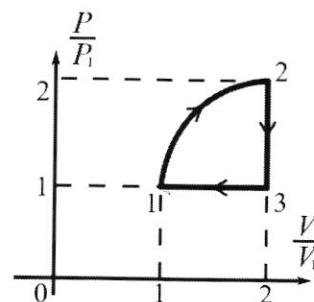
4. Один моль одноатомного идеального газа участвует в цикле 1-2-3-1 (см. рис.), участок 1-2 – дуга окружности с центром в точке 3. Температура газа в состоянии 1 равна T_1 .

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

№1

$$\frac{v_k^2 - v_0^2}{-2g} = H$$

$$H = \frac{v_0^2}{2g} \Rightarrow v_0 = \sqrt{2gH} = 10\sqrt{13} \approx 35 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: $v_0 = 35 \text{ м/с}$

$$K = \sum E_k = \frac{m v_1^2}{2}$$

v_1 - скорость одного осколка

~~t_1 - время~~

$t_1 - t_2$ - разность времени падений
снаряда с максимальным
временем пролёта и минимуль-
мум

$$H = -v_1 t_1 + \frac{g t_1^2}{2} \quad t_1 - t_2 = J$$

$$H = v_1 t_2 + \frac{g t_2^2}{2} \quad J$$

$$v_1 (t_1 + t_2) + \frac{g}{2} (t_2 + t_1) (t_2 - t_1) = 0$$

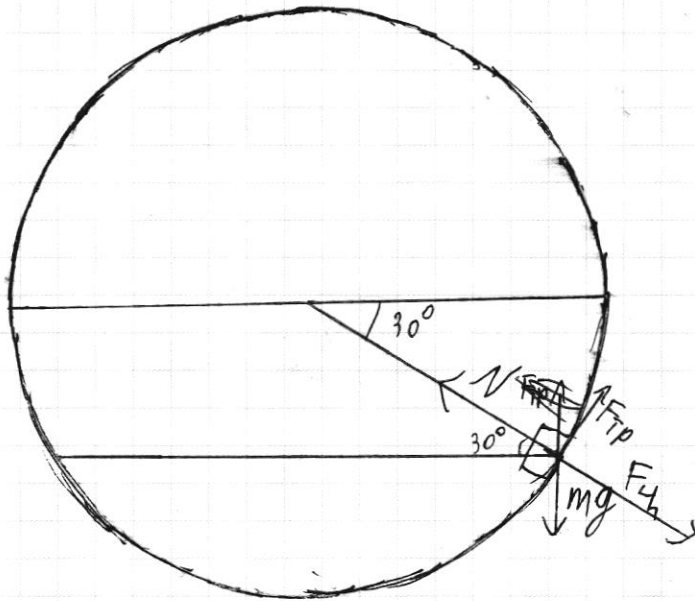
$$v_1 = -\frac{g J}{2}$$

$$K = \frac{m g^2 J^2}{8} = \frac{1}{8} \cdot 10^3 \cdot 10^2 = 12500 \text{ Дж}$$

$$= 2500 \text{ Дж}$$

Ответ: $K = 2500 \text{ Дж}$.

№3



$$P = N = F_{\text{тр}} + mg \sin 30^\circ = \frac{\sqrt{0,9}^2 m}{R} + \frac{1}{2} mg =$$

$$= 0,4 \left(\frac{3,7}{1,2} \cdot 3,7 + \frac{1}{2} \cdot 10 \right) = 0,4 (3 \cdot 3,7 + 5) =$$

$$= 6,44 \text{ Н} \quad \text{ответ: } 6,44 \text{ Н}$$

$$F_{\text{тр}} = mg \cos \alpha$$

$$\mu \left(\frac{\sqrt{0,9}^2 m}{R} + \frac{1}{2} mg \right) = mg \cos \alpha$$

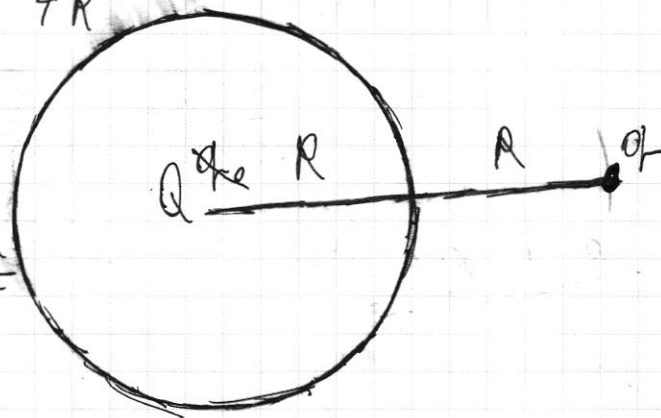
$$\frac{0,9 \sqrt{0,9}^2}{R} = g - 0,45g \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 0,45g$$

$$v_{\text{min}} \approx 2,9 \text{ м/с}$$

$$\text{ответ: } 2,9 \text{ м/с}$$

$$F_1 = k \frac{q_1 q_2}{4R^2} \quad N5$$

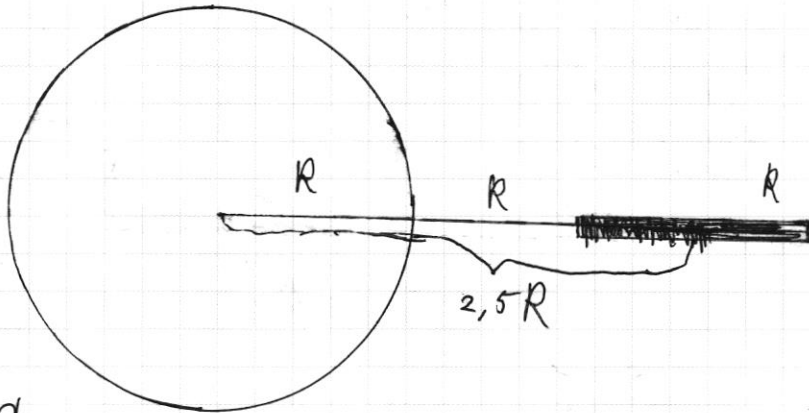
$$1) \text{ ответ: } k \frac{q_1 q_2}{4R^2}$$



$$F_2 = k \frac{Q q}{2,5^2 R} =$$

$$= k \frac{Q q}{6,25 R}$$

$$2) \text{ ответ: } k \frac{Q q}{6,25 R}$$



N4

$$Q = \Delta U + A_1$$

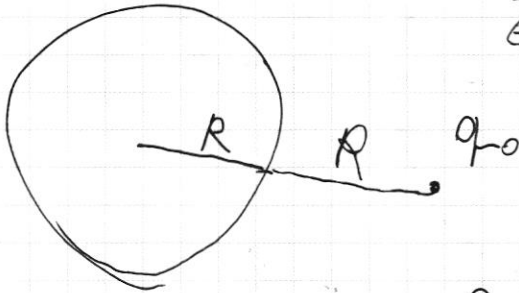
$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$$

$$\nu R \Delta T = 2 p_1 \cdot 2 V_2 - p_1 V_1 = 3 p_1 V_1$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} p_1 V_1$$

$$A_1 = A + p_1 V_1 ; A = \frac{\sqrt{L}}{4} p_1 V_1$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\frac{785}{6285} = \frac{157}{1257} = \frac{1}{8} = 0,125$$

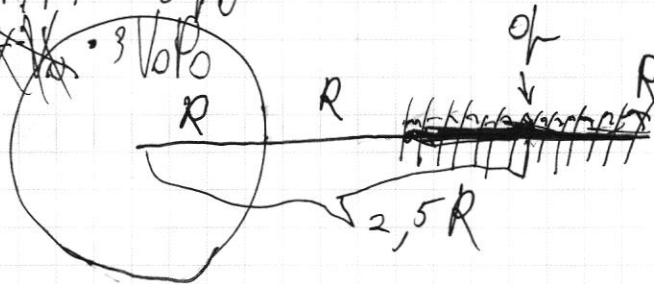
$$\frac{13}{105} = \frac{27+90}{1257} = 117$$

$$8 \cdot 13 = 104 \approx 105$$

$$V_0 P_0 = \sqrt{RT_0} \quad F_1 = k \frac{q_0 Q}{4R^2}$$

$$\sqrt{RT_0} = V_1 P_1 - V_0 P_0$$

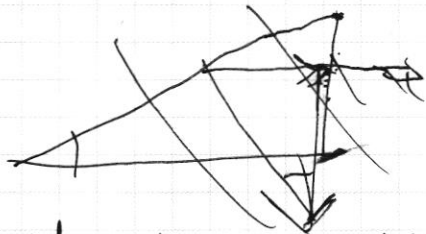
$$\frac{3}{2} \sqrt{RT_0} = \frac{3}{2} \cdot \sqrt{3} \cdot V_0 P_0$$



$$k \frac{q Q}{4R^2}$$

$$k \frac{q Q}{9R^2}$$

$$k \frac{q Q}{6,25R^2}$$



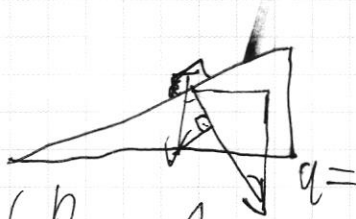
$$A' = \cancel{PAV} A + V_0 P_0$$

$$k \frac{q Q}{2 \cdot 4R^2} + k \frac{q Q}{2 \cdot 9R^2} =$$

$$= \frac{k q Q}{2R^2} \left(\frac{1}{4} + \frac{1}{9} \right)$$

$$\frac{13}{72}$$

$$\frac{13}{36} \quad 20+10+$$



$$\frac{11}{2} V_0 P_0 + A$$

$$A = \frac{\sqrt{11}}{4} V_0 P_0$$

$$\cos 30^\circ \cdot \sin 30^\circ \cdot mg$$

$$54 \cdot 6 + 12 =$$

$$= 72 + 324 =$$

$$= 396 \cdot 27 \cdot 18$$

$$27^2 \cdot 4$$

3
2

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2) Ответ: ~~$\frac{\sqrt{L}}{4} P_1 V_1$~~ $0,785 P_1 V_1$

$$Q = \frac{9}{2} P_1 V_1 + P_1 V_1 + \frac{\sqrt{L}}{4} P_1 V_1 = 6,285 P_1 V_1$$

1) Ответ: $6,285 P_1 V_1$.

$$\eta = \frac{A}{Q} = \frac{0,785}{6,285} \approx 0,125$$

Ответ: $0,125$.

N2

$$H = \frac{0 - v_y^2}{-2g} = \frac{1}{2} u = 0,5 u$$

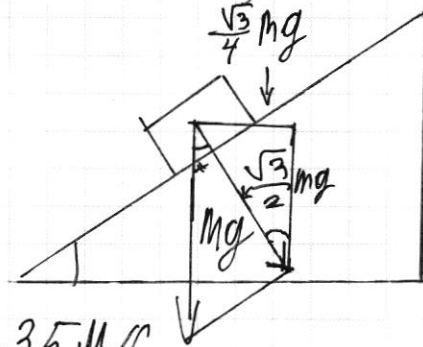
$$v_y = \frac{1}{2} \cdot 2 = 1 \text{ м/с} \quad 1) \text{ ответ: } 0,5 \text{ м}$$

$$t = \frac{v_y - (-v_y)}{g} = 0,2 \text{ с}$$

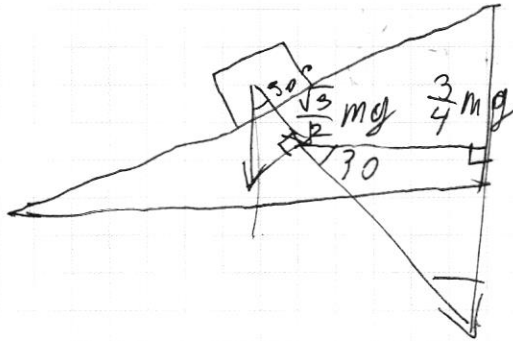
$$a_k = \frac{\sqrt{3}}{8} g$$

$$v = \frac{\sqrt{3}}{8} \cdot g \cdot 0,2 = \frac{\sqrt{3}}{4} = 0,35 \text{ м/с}$$

Ответ: $0,35 \text{ м/с}$



a_k - ускорение
клина



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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$v = 0$

~~$36^2 = 36 \cdot 6 \cdot 6 = 36$~~

$v_0 = \frac{v_0 - v_k}{t}$

$v_{min} = \sqrt{\frac{g \cos \alpha - 0,45g}{0,9}}$

$= \sqrt{\frac{14,1 - 4,5}{0,9}}$

$\frac{v_0^2}{2g} = H$

$= \sqrt{0,6 + \frac{\sqrt{3}}{3} \cdot \frac{\sqrt{3}}{3} \cdot 20}$

$\sqrt{\frac{4}{3} \cdot \left(\frac{10\sqrt{3}}{2} - 0,45 \right)^2} = 10,5 + 1,75 = 12,25$

$v_0 = \sqrt{2gH} = \sqrt{2 \cdot 65 \cdot 10} = 2,5 \cdot \sqrt{13} = 10\sqrt{13}$

$\langle E_k \rangle = \frac{m v_1^2}{2} = \frac{2 \cdot 2500}{2} = 2500 \text{ Дж}$

$H = \int v_1 + \frac{g}{2} (t_1^2 + t_2^2)$

$t_1 + t_2 = \frac{2(H - \int v_1)}{g}$

$t_1 + t_2 = \frac{4 \cdot 10}{3} = 2\sqrt{\frac{10}{3}}$

$t = 10 \text{ с}$

$v_1(t_1, t_2) + \frac{g}{2} (t_2 - t_1)(t_2 + t_1) = 0$

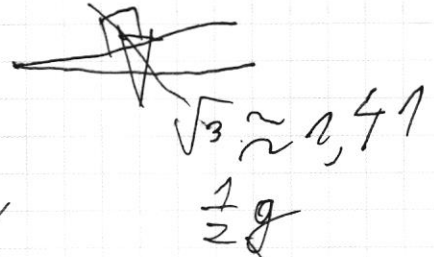
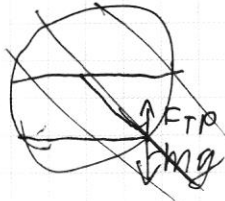
$v_1 = -\frac{g}{2} t = -50 \text{ м/с}$

$\frac{3,14}{4} = 0,785$

~~$0 = 2\sqrt{13} v_1 (t_1 + t_2) + \frac{g}{2} (t_2 + t_1)(t_2 - t_1)$~~

$+ 0,14 = \frac{25,14}{4} = 6,285$

$$\frac{\sqrt{3}}{2} \quad v_2 \quad Q = \Delta U + A$$



$$\sqrt{3} \approx 1,41$$

$$\frac{1}{2}g$$

$$\frac{1,4}{4} = \frac{0,7}{2}$$

$$H = \frac{v_k^2 - v_0^2}{-2g} = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{4}{2 \cdot 10} = 0,2 \text{ м}$$

$$= 0,35 \quad 30/6 = 60^\circ$$

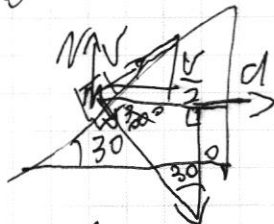
$$980/6 = 30^\circ$$

$$\frac{\sqrt{3}}{2}g = 0,45g$$

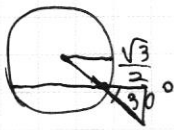
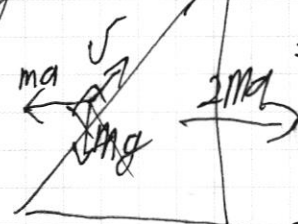
$$0,0$$

$$53 - 7 = 46$$

$$A =$$

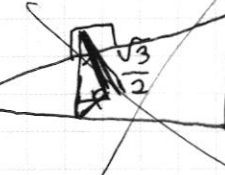


$$\frac{1}{2} \cdot 3,7^2$$



$$d = \frac{1}{2}g$$

$$\frac{\sqrt{3} \cdot 1,2}{2} = \frac{2 \cdot 3,7^2}{\sqrt{3} \cdot 2,5}$$



$$\frac{3,7}{3} =$$

$$4 \cdot 3,7 = 3,7 \cdot 3 = 11,1$$

$$R = 8,31 = 210 + 49 = 259$$

$$13,60 + 0,5 = 14,10$$

$$\frac{14,10}{3} = 4,73$$

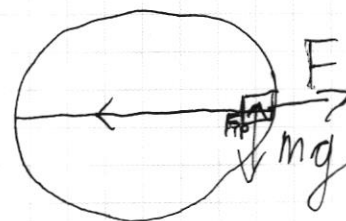
$$F = \frac{1}{2} mgt + \frac{v_0}{R} m =$$



$$3,7 \text{ м/с}$$

$$= 1,2333 \cdot 3,7 = 3,7 + 0,746 + 0,111 + 0,011 = 4,55$$

$$= \frac{0,4}{1,2} (3,7^2 + \frac{1}{2} \cdot 10) =$$



$$0,4 + 3 = 0,4(3,37 + 5)$$

$$0,5,5 = \frac{v^2}{R} \quad d_{\text{из}} = \frac{v_0^2}{R} =$$

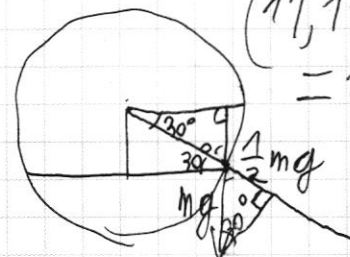
$$v = \sqrt{5,5 \cdot R} \Rightarrow F = \frac{v_0^2 m}{R} = \frac{3,7^2 \cdot 0,4}{1,2} = \frac{3,7^2}{3} \approx 4,55$$

$$= \sqrt{\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 5,5} = F_{\text{тр}} = \frac{1}{2} \mu mgt + \frac{v^2 m}{R}$$

$$(11,1 + 5) \cdot 0,4 = 16,1 \cdot 0,4 = 6,44$$

$$F_{\text{тр}} = mg$$

$$0,45g - g + \frac{v^2}{R} = 0$$





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)