

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 10

Вариант 10-01

Шифр

(заполняется секретарём)

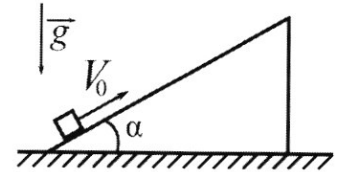
1. Фейерверк массой $m = 2$ кг стартует после мгновенной работы двигателя с горизонтальной поверхности, летит вертикально вверх и разрывается в высшей точке траектории на множество осколков, которые летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по величине скоростями. Высота точки разрыва $H = 65$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

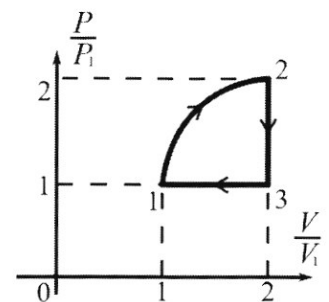
4. Один моль одноатомного идеального газа участвует в цикле 1-2-3-1 (см. рис.), участок 1-2 – дуга окружности с центром в точке 3. Температура газа в состоянии 1 равна T_1 .

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 $q > 0$.

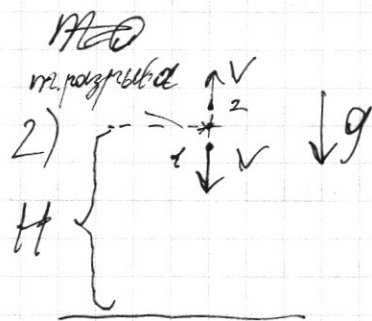
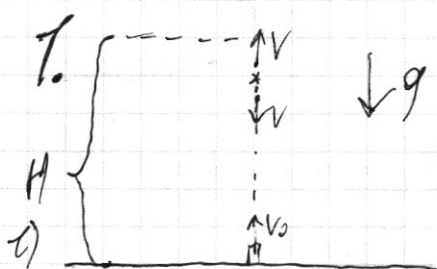
1) Найдите силу F_1 , действующую на заряженный шарик.

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



Зам. фреймберг:
1) т.к. фреймберг разорвался в высшей т. траектории, то $H = H_{max} \Rightarrow$ скорость фреймберга перед разрывом равна нулю
 $m g H = m V_0^2 \frac{1}{2} \Rightarrow V_0^2 = 2 g H \Rightarrow V_0 = \sqrt{2 g H}$

$V_0 = \sqrt{2 g H} = \sqrt{2 \cdot 65 \cdot 10} = \sqrt{1300} = 40 \sqrt{13} \text{ м/с}$

2) Зам. оскалки:

T - время за которое \downarrow

T - время в течение которого падает оскалки.

т.е. T - время от падения первого, до падения последнего оскалка.

Пусть t_1 - время падения оскалка с начальной скоростью вниз направленной вниз, а t_2 - время падения оскалка с начальной скоростью вверх направленной вверх, тогда:

$$\begin{cases} T = t_2 - t_1 \\ H = V t_1 + \frac{g t_1^2}{2} \\ H = -V t_2 + \frac{g t_2^2}{2} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} T = t_2 - t_1 \\ g t_1^2 + 2 V t_1 - 2 H = 0 \\ g t_2^2 - 2 t_2 V - 2 H = 0 \end{cases}$$

$$g t_1^2 + 2 V t_1 - 2 H = 0$$

$$\sqrt{D} = \sqrt{4 V^2 + 2 g H} = 2 \sqrt{V^2 + 2 H g}$$

$$t_1 = \frac{-2 V - 2 \sqrt{V^2 + 2 H g}}{2 g} < 0 \text{ - н.к.} \Rightarrow t_1 = \frac{-2 V + 2 \sqrt{V^2 + 2 H g}}{2 g} = \frac{\sqrt{V^2 + 2 H g} - V}{g}$$

$$gt_2^2 - 2Vt_2 - 2H = 0$$

$$\sqrt{D} = \sqrt{4V^2 + 8Hg} = 2\sqrt{V^2 + 2Hg}$$

$$t_2 = \frac{2V + 2\sqrt{V^2 + 2Hg}}{2g} < 0 \text{ - н.к. м.к. } 2V < 2\sqrt{V^2 + 2Hg} \text{ (} V^2 < V^2 + 2Hg \text{)} \Rightarrow$$

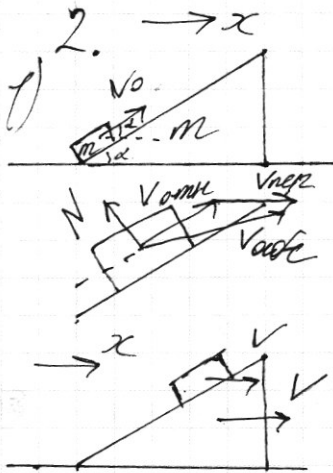
$$\Rightarrow t_2 = \frac{V + \sqrt{V^2 + 2Hg}}{g}$$

$$T = t_2 - t_1 = \frac{\sqrt{V^2 + 2Hg} + V}{g} - \frac{\sqrt{4Hg} - V}{g} = \frac{2V}{g} \Rightarrow V = \frac{gT}{2} = 50 \text{ м/с}$$

$$\sum E_k = m_1 \frac{V^2}{2} + m_2 \frac{V^2}{2} + m_3 \frac{V^2}{2} + \dots + m_x \frac{V^2}{2} = \frac{1}{2} (m_1 + m_2 + \dots + m_x) V^2 = \frac{mV^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \sum E_k = \frac{mV^2}{2} = \frac{m g^2 T^2}{8} = \frac{2 \cdot 100 \cdot 100}{8} = 2,5 \cdot 10^3 \text{ Дж.}$$

Ответ: $V_0 = \sqrt{2Hg} = 10\sqrt{3} \text{ м/с}$; $\sum E_k = \frac{m g^2 T^2}{8} = 2,5 \cdot 10^3 \text{ Дж}$



1) $A_N \neq 0$, м.к. клин не закреплён, \Rightarrow ~~т.к. для шайбы жёлая шайбы не ограничена;~~

максимальная высота, которую достигнет шайба будет при $v_{\text{вниз}} = 0$, \Rightarrow

$\Rightarrow v_{\text{вдоль}} = v_{\text{вверх}} \Rightarrow v_{\text{кл}} = v_{\text{ш}} = V$;
 Энергия шайбы, клин + шайба \Rightarrow ~~м.к. $R_{\text{шайб}} = 0 \Rightarrow \frac{mV_0^2}{2} = m g H + \frac{mV^2}{2}$; \Rightarrow $\frac{mV_0^2}{2} = m g H + \frac{mV^2}{2}$~~

максим. сохраняется импульс по x:

$$mV_0 \cos \alpha = 2mV \Rightarrow V = \frac{V_0 \cos \alpha}{2}$$

$$\Rightarrow \frac{mV_0^2}{2} = m g H + \frac{2mV^2}{2} \Rightarrow \frac{mV_0^2}{2} = m g H + mV^2$$

$$\cos^2 \alpha = \frac{3}{4} \Rightarrow \cos \alpha = \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2 = \frac{3}{4}$$

максим. сохраняется энергия по x.

$$mV_0 \cos \alpha = 2mV \Rightarrow V = \frac{V_0 \cos \alpha}{2}$$

$$\frac{mV_0^2}{2} = m g H + m \left(\frac{V_0 \cos \alpha}{2}\right)^2 \Rightarrow 2V_0^2 = 4gH + V_0^2 \cos^2 \alpha$$

$$\Rightarrow 2V_0^2 = 4gH + \frac{3}{4} V_0^2 \Rightarrow 4gH = \frac{5}{4} V_0^2 \Rightarrow H = \frac{5}{16} \frac{V_0^2}{g}$$

$$\Rightarrow H = \frac{5}{16} \frac{V_0^2}{g} = \frac{5 \cdot 8^2}{16 \cdot 10} = \frac{5}{40} = 12,5 \text{ м} \cdot \frac{1}{8} = 1,25 \text{ м}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2) Решить задачу по теме и указать ответ: $mV_1 \cos \alpha + mV_2$

V_2 - скорость кабеля
 V_1 - скорость шайбы

$mV_1 \cos \alpha = mV_2$
 $V_1 \cos \alpha = V_2$

$V_2 \cos \alpha = V_1 \sin \alpha \Rightarrow V_2 = \tan \alpha V_1$

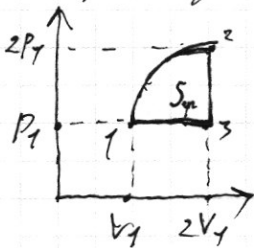
З.С.Э.И.: $\frac{mV_0^2}{2} = \frac{mV_1^2}{2} + \frac{mV_2^2}{2} \Rightarrow V_0^2 = V_1^2 + V_2^2$

$V_0^2 = \cot^2 \alpha V_1^2 + V_1^2 = V_1^2 (\cot^2 \alpha + 1) \Rightarrow V_1 = \frac{V_0}{\sqrt{\cot^2 \alpha + 1}}$

$V_2 = \frac{V_0 \cot \alpha}{\sqrt{\cot^2 \alpha + 1}} = \frac{V_0}{4} = \frac{1}{2} \text{ м/с}$

Ответ: $H = \frac{5V_0^2}{16g} = 0,125 \text{ м}$; $V_2 = \frac{V_0}{\sqrt{\cot^2 \alpha + 1}} = \frac{V_0}{4} = \frac{1}{2} \text{ м/с}$

4. Перечислим заряды в $P_{(i)}$ координ.



1) $\Delta U_{1234} = 0$; м.к. замкнутой цепи.

$$\Delta U_{1234} = \Delta U_{12} + \Delta U_{23} + \Delta U_{34} = 0 \Rightarrow \Delta U_{12} = -(\Delta U_{23} + \Delta U_{34})$$

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} IR(T_3 - T_2) = \frac{3}{2} \cdot 2V_1 \cdot (P_1 - 2P_1) = -3P_1 V_1$$

$$\Delta U_{34} = \frac{3}{2} IR(T_4 - T_2) = \frac{3}{2} \cdot P_1 \cdot (V_1 - 2V_1) = -\frac{3}{2} P_1 V_1$$

$$\Delta U_{12} = 3P_1 V_1 + \frac{3}{2} P_1 V_1 = \frac{9}{2} P_1 V_1 = \frac{9}{2} IR T_1$$

$$2) A_{1234} = + \oint_{1234} P_{(i)} = \frac{9}{4} V_1 P_1 = \frac{9}{4} IR T_1 \Rightarrow A_{1234} = \frac{9}{4} IR T_1$$

$$3) \eta = \frac{A_{1234}}{Q_{12}}; Q_{12} > 0; Q_{23} < 0; Q_{34} < 0 \Rightarrow Q_H = Q_{12}$$

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = \frac{9}{2} IR T_1 + A_{1234} = \frac{9}{2} IR T_1 + \frac{9}{4} IR T_1$$

$$A_{34} = P_1(V_1 - 2V_1) = -P_1 V_1 = -IR T_1$$

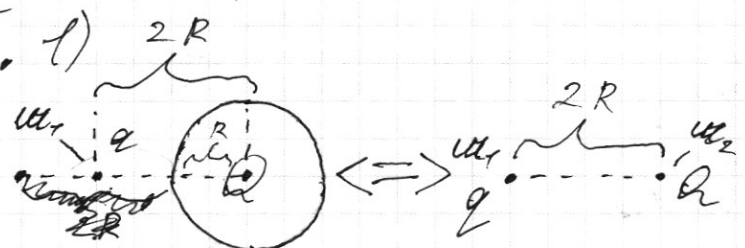
$$Q_{12} = \frac{9}{2} IR T_1 + IR T_1 + \frac{9}{4} IR T_1 = IR T_1 \left(\frac{9}{2} + 1 + \frac{9}{4} \right) = \left(\frac{22 + \sqrt{16}}{4} \right) IR T_1$$

$$\eta = \frac{A_{\text{уст}}}{Q_{12}} = \frac{\pi \cdot 2RT}{4Q_{12}} = \frac{\pi \cdot 2RT_1}{4 \cdot 2RT_1 \left(\frac{22+\pi}{4}\right)} = \frac{\pi \cdot 2RT_1}{2RT_1(22+\pi)} = \frac{\pi}{22+\pi}$$

$$\pi \approx 3,14 \Rightarrow \eta = \frac{3,14}{25,14} = \frac{3,14}{25,14}$$

$$\begin{array}{r} 3140 \overline{) 2514} \\ \underline{2514} \quad 0,124 \\ -6260 \\ \underline{5028} \\ -12320 \\ \underline{10056} \\ 2264 \dots \end{array} \Rightarrow \boxed{\eta \approx 0,124 = 12,4\%}$$

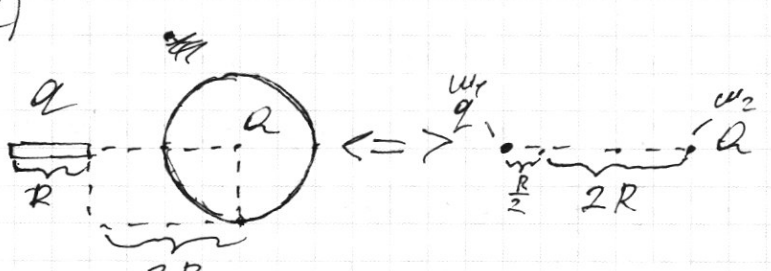
Ответ: 1) $Q_{12} = \left(\frac{22+\pi}{4}\right) 2RT_1 \approx 5,2 2RT_1$; 2) $A_{\text{уст}} = \frac{\pi}{4} 2RT_1$; 3) $\eta = \frac{\pi}{22+\pi} \approx 12,4\%$

5. 1) 

$$F_1 = \frac{-kq \cdot Q}{(2R)^2} = \frac{-kqQ}{4R^2}, \quad Q > 0, q > 0 \Rightarrow F_1 < 0$$

\Rightarrow Сила направлена в противоположную сторону от сферы.

Сфера с однородно распределенными зарядами, равносильна шару с этим зарядом в её центре.

2) 

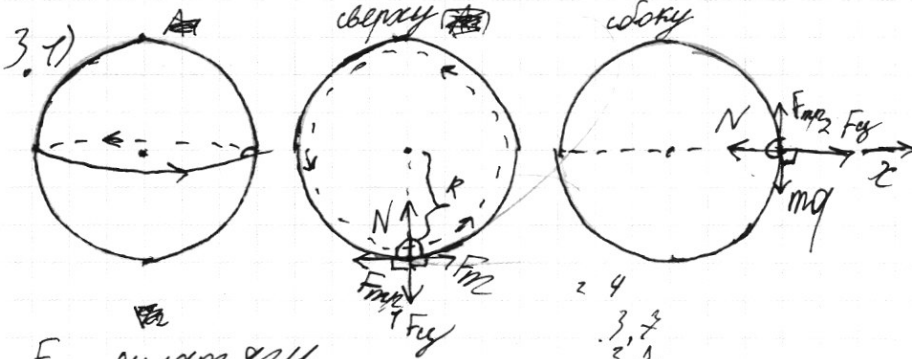
$$F_2 = \frac{-kqQ}{(2,5R)^2} = \frac{-kqQ}{6,25R^2}, \quad Q > 0, q > 0 \Rightarrow F_2 < 0$$

Сфера с однородно распределенными зарядами, равносильна шару с этим зарядом в его центре.

Сила направлена в противоположную сторону от сферы.

Ответ: 1) $|F_1| = \frac{kqQ}{4R^2}$; 2) $|F_2| = \frac{kqQ}{6,25R^2}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



23 н. по х:
 $N = F_y$; $N = P$
 $F_y = m \frac{v^2}{R}$
 $P = m \frac{v^2}{R}$

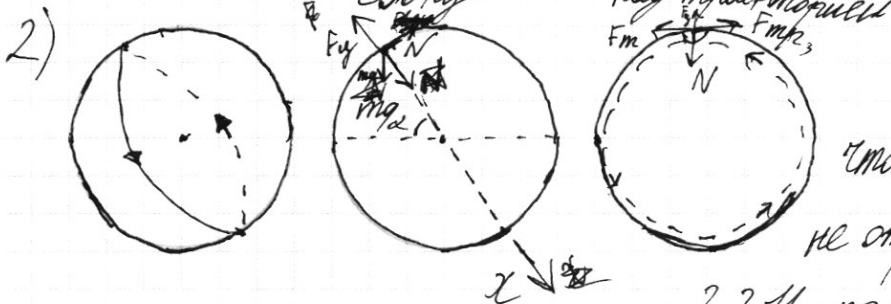
$P = \frac{0,4 \cdot 3,4^2}{1,2} = \frac{3,7^2 \cdot 13,69}{3} \Rightarrow$
 $\Rightarrow P = \frac{13,69}{3} \approx \underline{4,56 \text{ Н}}$

F_m - сила тяжести

$$\begin{array}{r} 13,69 \\ -12 \\ \hline 1,69 \\ -1,6 \\ \hline 0,09 \\ -0,9 \\ \hline -0,81 \\ +0,81 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 13,69 \\ / 3 \\ \hline 4,56 \dots \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 24 \\ \cdot 3,7 \\ \hline 82,8 \\ + 72 \\ \hline 154,8 \\ + 13,69 \\ \hline 168,49 \end{array}$$

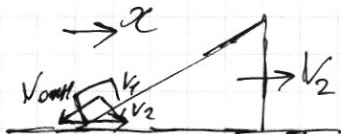


$\alpha = 6 = 30^\circ$
 чтобы автомобиль
 не отрывался $N \geq 0$,

23 н по х:
 $F_y = N + \cos 90 - 2mg \Rightarrow N = F_y - \sin \alpha mg$
 $F_y = m \frac{v^2}{R} \Rightarrow N = m(\frac{v^2}{R} - \sin \alpha g) = N_{(v)}$
 v_{\min} при $N_{\min} \Rightarrow N = 0$
 $0 = m(\frac{v^2}{R} - \sin \alpha g) \Rightarrow \frac{v^2}{R} = \sin \alpha g \Rightarrow \underline{v = \sqrt{\sin \alpha R g}}$
 $v_{\min} = \sqrt{\frac{7}{2} \cdot 1,2 \cdot 10} = \underline{5,6}$

Ответ: 1) $P = m \frac{v^2}{R} = 4,56 \text{ Н}$; 2) $v_{\min} = \sqrt{\sin \alpha R g} = 5,6$

2.2) Расчет ш. после нагрева ступицы.



$$V_{\text{компл}} = V_0$$

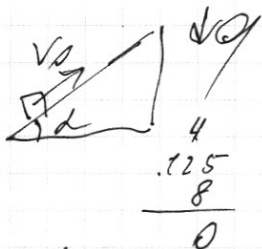
$$\text{З. С. П. по } x: m V_0 \cos \alpha = m \cos \beta V_1 + m V_2$$

$$\cos \beta V_1 = V_2 - \cos \alpha V_0$$

$$V_0 \cos \alpha = V_2 - \cos \alpha V_0 + V_2 \Rightarrow 2 \cos \alpha V_0 = 2 V_2 \Rightarrow V_2 = \cos \alpha V_0$$

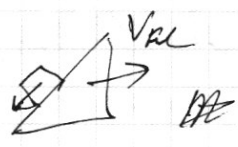
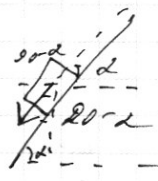
$$V_2 = 2 \cdot 2 = \sqrt{3} \text{ м/с}$$

Ответ: $H = \frac{5 V_0^2}{16 g} = 0,125 \text{ м}; V_2 = \cos \alpha V_0 = \frac{\sqrt{3}}{2} \sqrt{3} \text{ м/с}.$



$$V_{0\text{мд}} = 0 \Rightarrow V_{\text{непр}} = V_{\text{одс}} \Rightarrow V_{\text{н1}} = V_{\text{н2}}$$

$$\frac{1}{8} = 125$$

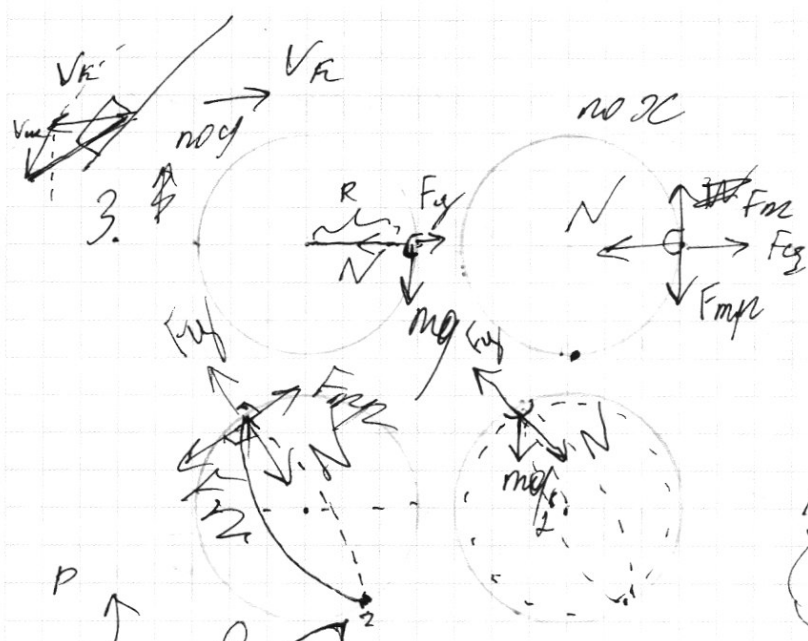


$$\frac{mV_0^2}{2} = \frac{mV_1^2}{2} + \frac{mV_2^2}{2} \Rightarrow V_0^2 = V_1^2 + V_2^2$$

$$mV_0 \cos 90 = 1$$

$$\tan \alpha = \frac{\cos 30}{\sin 30} = \sqrt{3}$$

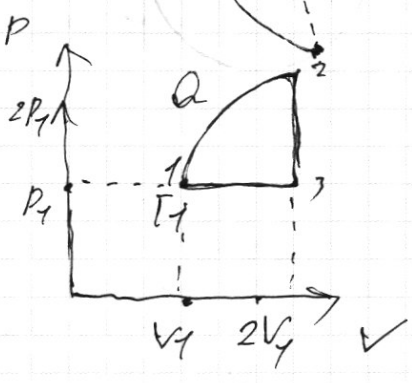
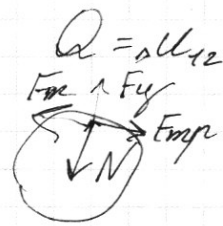
$$\frac{1}{4} R^2$$



$$N = F_y = m \alpha_y = \frac{mV^2}{R}$$

$$\alpha = \frac{\pi}{6} = 30^\circ$$

$$\begin{array}{r} .9 \text{ to} \\ 320 \\ \underline{56} \\ 264 \end{array}$$



$$\text{tatt } \Delta U_{134} = 0 \Rightarrow \Delta U_{12} + \Delta U_{23} + \Delta U_{34} = 0$$

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} R(T_3 - T_2) = 2 \cdot \frac{3}{2} R V_1 (P_1 - 2P_1) = -3V_1 P_1$$

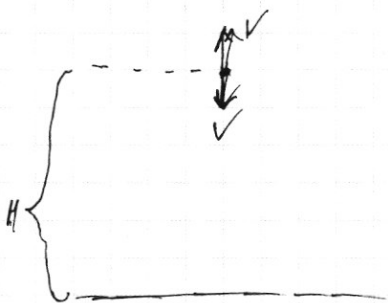
$$\Delta U_{34} = \frac{3}{2} R(T_4 - T_3) = 2 \cdot \frac{3}{2} R P_1 (V_1 - 2V_1) = -\frac{3}{2} P_1 V_1$$

$$\Delta U_{23} = U_{12} = -(\Delta U_{23} + \Delta U_{34}) = -(-3V_1 P_1 - \frac{3}{2} P_1 V_1) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow U_{12}$$

$$\begin{array}{r} 25 + 14 \\ -28 \\ \hline 37 \\ -28 \\ \hline 9 \\ \frac{9}{2} \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$mgh = \frac{mV_0^2}{2} \Rightarrow H = \frac{V_0^2}{2g} = \frac{1300^2}{2 \cdot 9.8} = 65 \text{ м}$$

Т - время за которое падает
осколки, т.е. Т - время от падения
первого, до падения последнего
осколка; пусть $T = t_2 - t_1$;

где t_2 - время падения осколка начавшего падать
 t_1 - ...

$$\begin{cases} H = Vt_1 + \frac{gt_1^2}{2} \\ H = \frac{gt_2^2}{2} - Vt_2 \end{cases}$$

$$mgh + \frac{mV^2}{2} = \frac{mV_0^2}{2}$$

$$V_1 = V + gt_1 \quad 2V - 2\sqrt{V^2 + 2Hg}$$

$$gt_1^2 + 2Vt_1 - 2H = 0$$

$$D = \sqrt{4V^2 + 8Hg} = 2\sqrt{V^2 + 2Hg}$$

$$t_1 = \frac{-2V \pm 2\sqrt{V^2 + 2Hg}}{2g} = \frac{-2V + 2\sqrt{V^2 + 2Hg}}{2g} = \frac{\sqrt{V^2 + 2Hg} - V}{g}$$

$$gt_2^2 - 2Vt_2 - 2H = 0$$

$$D = \sqrt{4V^2 + 8Hg} = 2\sqrt{V^2 + 2Hg}$$

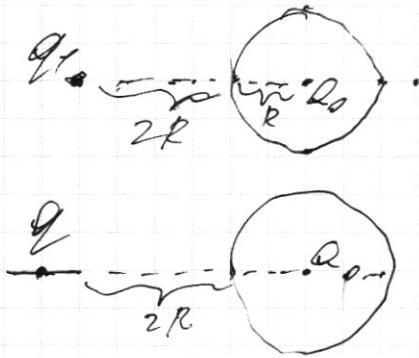
$$t_2 = \frac{2V + 2\sqrt{V^2 + 2Hg}}{2g} = \frac{\sqrt{V^2 + 2Hg} + V}{g}$$

$$T = \frac{\sqrt{V^2 + 2Hg} + V}{g} - \frac{\sqrt{V^2 + 2Hg} - V}{g} = \frac{2V}{g} \Rightarrow V = \frac{gT}{2} = 50 \text{ м/с}$$

$$mgh = \frac{mV_0^2}{2} \Rightarrow 2gh = V_0^2 \Rightarrow V_0 = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 9.8 \cdot 65} \text{ м/с}$$

$$E_k = \frac{mV^2}{2} = \frac{m \cdot g^2 \cdot T^2}{8} = \frac{100 \cdot 10^2}{8} = 2.5 \cdot 10^3 \text{ Дж} = 2.5 \text{ кДж}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$F_{\text{в}} = \frac{kq_1Q}{(3R)^2} = \frac{kq_1Q}{9R^2}$$

$$F_2 = k \cdot$$

~~F~~

$$-V + q\phi = V \Rightarrow 2V = q\phi \Rightarrow t = \frac{2V}{q}$$

$V = \frac{q\phi}{2}$
 \Rightarrow
 $\frac{2V}{q}$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)