

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 10

Вариант 10-01

Шифр

(заполняется секретарём)

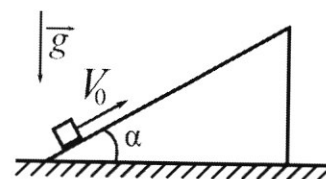
1. Фейерверк массой $m = 2$ кг стартует после мгновенной работы двигателя с горизонтальной поверхности, летит вертикально вверх и разбивается в высшей точке траектории на множество осколков, которые летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по величине скоростями. Высота точки разрыва $H = 65$ 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 $\alpha = 30^\circ$. Шайба, находящаяся на наклонной поверхности клина, сообщает 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.

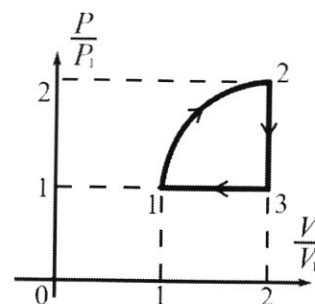
4. Один моль одноатомного идеального газа участвует в цикле 1-2-3-1 (см. рис.), участок 1-2 – дуга окружности с центром в точке 3. Температура газа в состоянии 1 равна T_1 .

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/

Дано
 $m = 2 \text{ кг}$
 $H = 65 \text{ м}$
 $T = 10 \text{ с}$

1) $V_0 = ?$
 2) $K = ?$

В точке 1 кинетическая энергия $E_1 = \frac{mv_0^2}{2}$
 В точке 2 потенциальная энергия $E_2 = mgh$
~~Энергия~~ энергия сохраняется
 $E_1 = E_2$; $\frac{mv_0^2}{2} = mgh$; $\frac{v_0^2}{2} = gh$
 $v_0 = \sqrt{2gh}$; $v_0 = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 65} = \sqrt{1300} = 10\sqrt{13} \approx$
 $\approx 10 \cdot 3,6 = 36 \text{ м/с}$

2)

Дано, что осколки падают в течение $T = 10 \text{ с}$,
 значит последний осколок массой m_0
 падает через $T = 10 \text{ с}$. Позднее всех упадёт
 тот осколок, который имеет скорость V направ-
 ленный вертикально вверх. Очевидно, что от точки
 А до В и от точки В до С время полёта равны.
 Время полёта от А до В и от В до С обозначим t_1
 и от С до В t_2 . $T = 2t_1 + t_2$, $t_2 = T - 2t_1$
 В точке С осколок имеет скорость gt_1
 $H = gt_1 t_2 + \frac{gt_2^2}{2}$; $H = gt_1(T - 2t_1) + \frac{g(T - 2t_1)^2}{2}$; $2H = 2gt_1(T - 2t_1) + g(T - 2t_1)^2$
 $2 \cdot 65 = 2 \cdot 10 \cdot t_1(10 - 2t_1) + 10(10 - 2t_1)^2$
 $13 = 20t_1 - 4t_1^2 + 100 - 40t_1 + 4t_1^2$
 $20t_1 = 87$
 $t_1 = \frac{87}{20} = 4,35 \text{ с}$ $t_2 = 10 - 2 \cdot 4,35 = 1,3 \text{ с}$

В точке С скорость осколка $V_1 = gt_1$

В точке А энергия $E_A = m_0 g H + \frac{m_0 V^2}{2}$ $E_C = m_0 g H + \frac{m_0 V_1^2}{2}$

$$E_A = E_C; m_0 g H + \frac{m_0 V^2}{2} = m_0 g H + \frac{m_0 V_1^2}{2}; V^2 = V_1^2; V = V_1$$

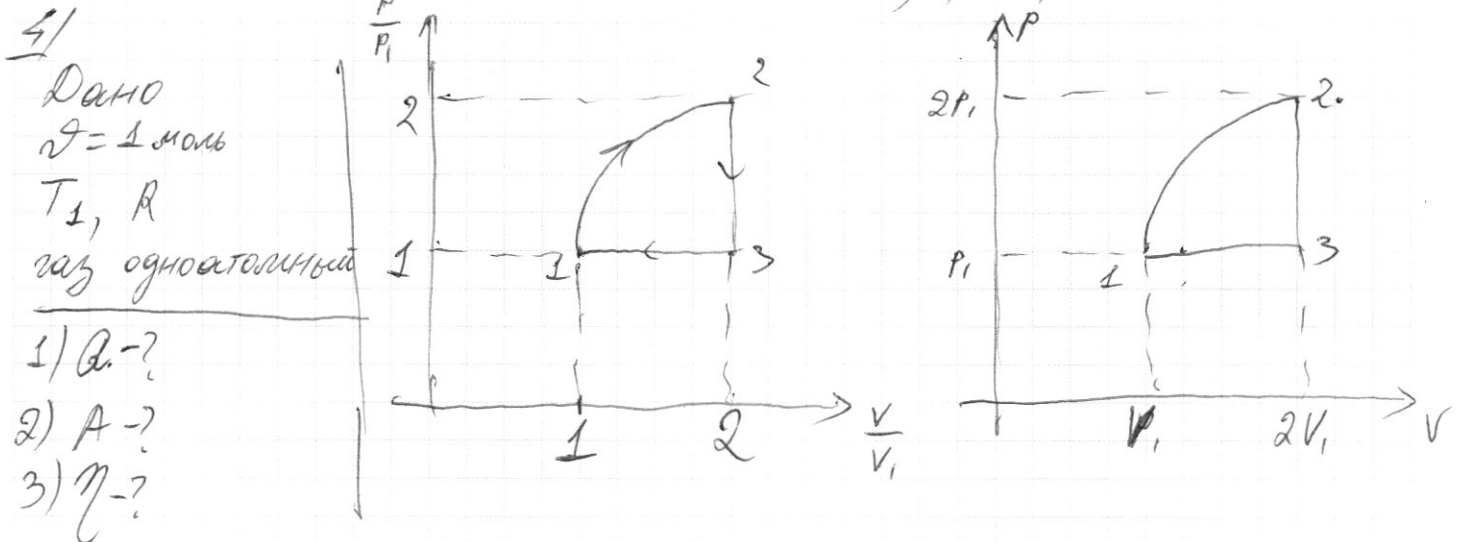
$$V = gt_1 = 10 \cdot 4,35 = 43,5 \text{ м/с}$$

Все осколки имели скорость V значит суммарная кинетическая энергия $K = \frac{mV^2}{2}$

$$K = \frac{2 \cdot 43,5^2}{2} = 43,5^2 = 1892,25 \text{ Дж.}$$

Ответ: 1) 36 м/с.

2) 1892,25 Дж.



1) Подведённый Q равен Q_{1-2} $1 \rightarrow 2$ участка.

$$Q_{1-2} = \Delta U_{1-2} + A_{1-2}$$

газ одноатомный, значит,

$$\Delta U_{1-2} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = \frac{3}{2} (4p_1 V_1 - p_1 V_1) = \frac{3 \cdot 3}{2} p_1 V_1 = \frac{9}{2} \nu R T_1 = \frac{9}{2} R T_1$$

$$A_{1-2} = \frac{\pi p_1 V_1}{4} + p_1 V_1 = p_1 V_1 \left(\frac{\pi}{4} + 1 \right) = \nu R T_1 \left(\frac{\pi}{4} + 1 \right) = R T_1 \left(\frac{\pi}{4} + 1 \right)$$

$$Q = \frac{9}{2} R T_1 + \left(\frac{\pi}{4} + 1 \right) R T_1 = \frac{1}{4} R T_1 (\pi + 22)$$

$$2) A = \frac{1}{4} \pi p_1 V_1 = \frac{\pi}{4} \nu R T_1 = \frac{\pi}{4} R T_1$$

2) На клин действует постоянная сила. Когда он достигнет начальной точки, значит она прошла тот же путь два раза. За столько времени она поднимается, за столько же времени она упадет. Из всего этого следует, что $V = 2u$

$$V = 2 \cdot \frac{\sqrt{3l}}{2} = \sqrt{3l} \approx 1,7 \text{ м/с.}$$

Ответ: 1) 0,125 м.
2) 1,7 м/с.

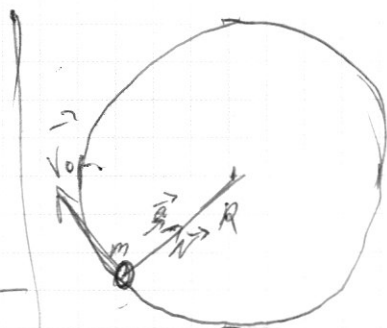
3)

Дано

$$R = 1,2 \text{ м.}$$

$$m = 0,4 \text{ кг.}$$

$$v_0 = 3,7 \text{ м/с}$$



$$1) \vec{N} = m\vec{a} ; a = \frac{v_0^2}{R}$$

$$N = ma$$

$$N = m \frac{v_0^2}{R} = \frac{0,4 \cdot 3,7^2}{1,2} = \frac{13,69}{3} \text{ Н.}$$

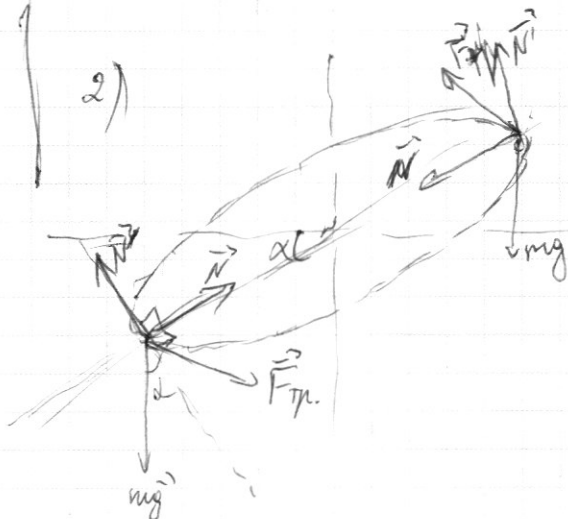
$$P = N = \frac{13,69}{3} \text{ Н.}$$

1) P-?

$$2) \alpha = \frac{\sqrt{c}}{b}$$

$$c = 0,9$$

$$v_{\text{min}} = ?$$



Ответ: 1) $\frac{13,69}{3}$ Н.

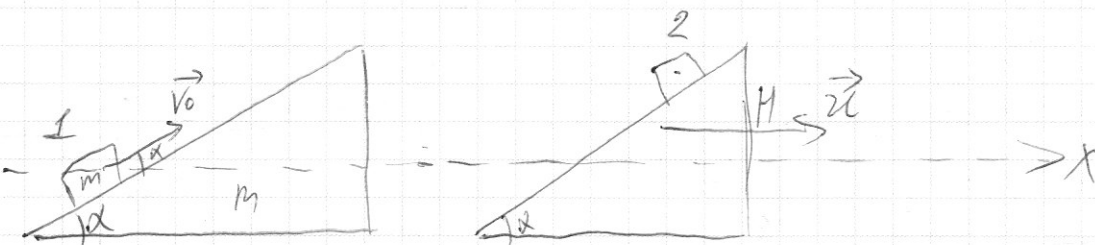
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$3) \eta = \frac{A}{Q} = \frac{\frac{1}{4} \sqrt{c} R T_1}{\frac{1}{4} R T_1 (\sqrt{c} + 22)} = \frac{\sqrt{c}}{\sqrt{c} + 22}$$

Ответ:

- 1) $\frac{1}{4} R T_1 (\sqrt{c} + 22)$
- 2) $\frac{\sqrt{c}}{4} R T_1$
- 3) $\frac{\sqrt{c}}{\sqrt{c} + 22}$

2/ Дано
 $\alpha = 30^\circ$
 $v_0 = 2 \text{ м/с}$
 $M = m$



1) H-?
 2) v-?

$$P_{1x} = m v_0 \cos \alpha \quad P_{2x} = (m+M)u = (m+m)u = 2mu$$

~~Импульсы по проекции x~~

Проекция импульса на ось x сохраняется

$$P_{1x} = P_{2x}$$

$$m v_0 \cos \alpha = 2mu \quad u = \frac{v_0 \cos \alpha}{2} = \frac{2 \cdot \sqrt{3}}{2 \cdot 2} = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

начальная энергия $E_1 = \frac{m v_0^2}{2}$, конечная энергия

$$E_1 = E_2$$

$$E_2 = \frac{2mu^2}{2} + mgH =$$

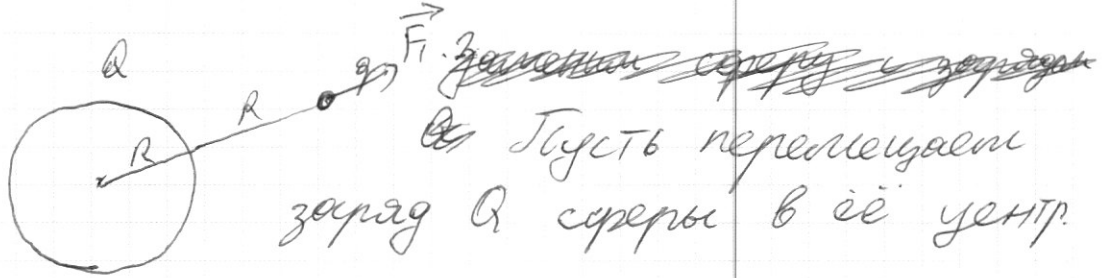
$$= mu^2 + mgH$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = mu^2 + mgH; \quad gH = \frac{v_0^2}{2} - u^2 = \frac{4}{2} - \frac{3}{4} = 2 - \frac{3}{4} = \frac{5}{4} = 1,25$$

$$H = \frac{1,25}{g} = \frac{1,25}{10} = 0,125 \text{ м}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

5/
Q > 0
q > 0
R
1) F₁ = ?



Тогда F_1 сила действующая на заряд q равен $F_1 = \frac{kqQ}{(2R)^2} = \frac{kqQ}{4R^2}$

Ответ: 1) $\frac{kqQ}{4R^2}$

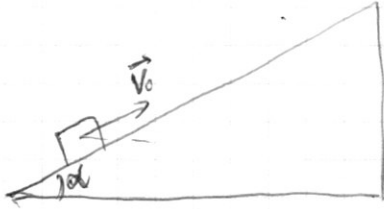


черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

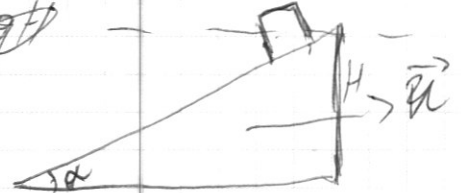
Страница №
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2) $\alpha = 30^\circ$
 $V_0 = 2 \text{ м/с}$
1) $H = ?$
2) $v = ?$



$$E_1 = \frac{mV_0^2}{2} = \frac{m \cdot 4}{2} = 2m$$



$$\begin{array}{r} 0,5 \\ \times 6,5 \\ \hline 1,25 \\ 150,25 \end{array}$$

$$mV_0 \cos \alpha = m \cdot 2m$$

$$u = \frac{V_0 \cos \alpha}{2} = \frac{2 \cdot \sqrt{3}}{2 \cdot 2} = \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{1,7}{2} = 0,85 \text{ м/с}$$

$$E_1 = \frac{mV_0^2}{2} \quad E_2 = \frac{2m u^2}{2} + mgh$$

$$\frac{V_0^2}{2} = \frac{2u^2}{2} + gh$$

$$gh = \frac{V_0^2}{2} - \frac{2u^2}{2} = 2 - \frac{3}{4} = \frac{5}{4}$$

$$H = \frac{13}{80} = \frac{6,5}{4} \cdot 10^{-1} = \frac{1625}{100} \cdot 10^{-2} = 0,1625 \text{ м}$$

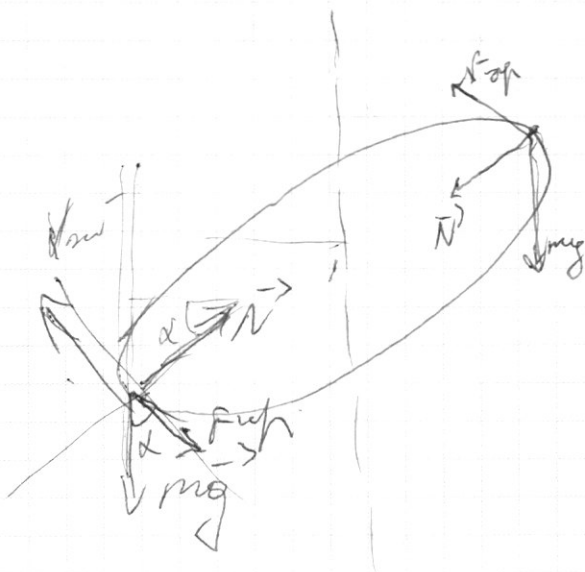
$$2) \quad \frac{mV_0^2}{2} = \frac{2m u^2}{2}$$

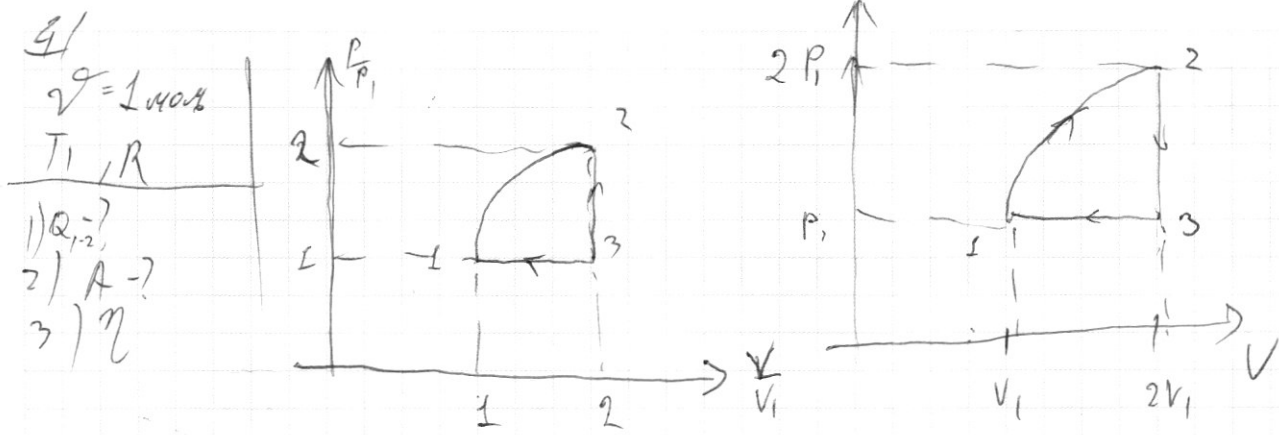
$$u = \frac{V_0}{2} = 1 \text{ м/с}$$

$$\frac{mV_0^2}{2} = \frac{2m u^2}{2} + mgh$$

$$\begin{array}{r} 3,7 \\ \times 3,7 \\ \hline 25,9 \\ 111 \\ \hline 13,69 \end{array}$$

$$m \frac{V_0^2}{2} = \frac{2m u^2}{2} + mgh = 3,7 \cdot 3,7 = 13,69$$





$$Q = \Delta U + A$$

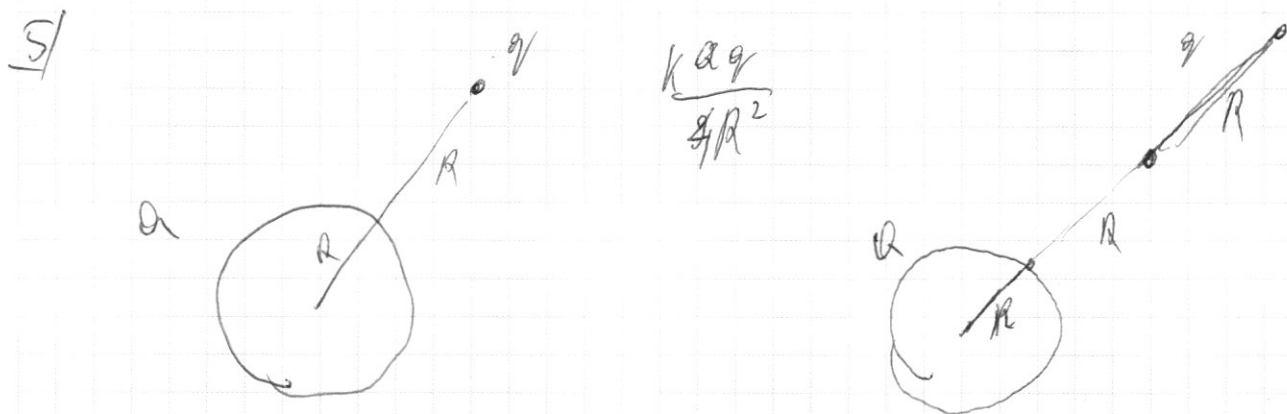
$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = \frac{3}{2} (2pV_1 - pV_1) = \frac{3}{2} \cdot 3pV_1 = \frac{9}{2} \nu RT_1 = \frac{9}{2} RT_1$$

$$A = \frac{1}{4} \int p dV + pV_1 = pV_1 \left(\frac{\pi}{4} + 1 \right) = \nu RT_1 \left(\frac{\pi}{4} + 1 \right) = RT_1 \left(\frac{\pi}{4} + 1 \right)$$

$$Q = RT_1 \left(\frac{\pi}{4} + 1 \right) + \frac{9}{2} RT_1 = RT_1 \left(\frac{\pi}{4} + 1 + \frac{9}{2} \right) = RT_1 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{11}{2} \right) = \frac{1}{4} RT_1 (\pi + 22)$$

2) $A = \frac{1}{4} \int p dV = \frac{1}{4} \pi pV_1 = \frac{1}{4} \pi \nu RT_1 = \frac{1}{4} \pi RT_1$

3) $\eta = \frac{A}{Q} = \frac{\frac{1}{4} \pi RT_1}{\frac{1}{4} RT_1 (\pi + 22)} = \frac{\pi}{\pi + 22}$



$$ma = mg \sin \alpha + N$$

$$ma = N + mg \sin \alpha$$

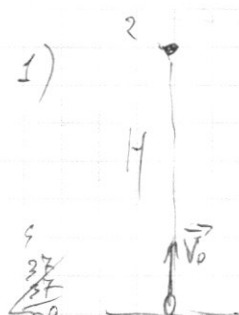
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$m = 2 \text{ кг}$
 $H = 65 \text{ м}$
 $\tau = 10 \text{ с}$

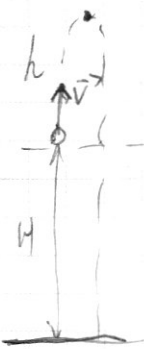
1) $v_0 = ?$
2) $K = ?$

3 3
3 3
9 9
3 9
10,8 9

3 3
3 3
9 9
3 6
2 16
10 8
12,9 6



$E_1 = \frac{mv_0^2}{2}$
Дано, что фрейдерверк взрывается в
высшей точке траектории, значит
ЭН пот. энергии в 2 точке $E_2 = mgh$
 $\frac{mv_0^2}{2} = mgh$ $v_0 = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 65} =$
 $= \sqrt{1300} = 10\sqrt{13} \approx 10 \cdot 3,6 =$
 $= 36 \text{ м/с}$



~~$E = E_1 + E_2$~~
 ~~$h = v_0 t_1 - \frac{gt_1^2}{2}$~~
 ~~$H+h = \frac{gt_2^2}{2}$~~

~~$E_1 = mgh(H+h)$~~
 ~~$E_1 = m_0 g h + \frac{m_0 v^2}{2}$~~
 $E_2 = m_0 g (H+h)$

2
87
+ 29
116

398
179
2088

$$gH + \frac{v^2}{2} = g(H+h) \quad \frac{v^2}{2} = gh$$

$$\tau = 2t_1 + t_2 \quad (t_2 = \tau - 2t_1)$$

$$h = vt_1 - \frac{gt_1^2}{2}$$

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

1
87
12
179

$$H + vt_1 - \frac{gt_1^2}{2} = \frac{g(\tau - t_1)^2}{2}$$

~~$H + vt_1 - \frac{gt_1^2}{2} = \frac{gt_2^2}{2}$~~

$$H = g t_1 t_2 + \frac{g t_2^2}{2}$$

$$H = g t_1^2 + \frac{g(\tau - t_1)^2}{2}$$

$$2H = 2g t_1^2 + g(\tau - t_1)^2$$

$$130 = 20 t_1^2 + 10(10 - 2t_1)^2$$

$$130 = 20 t_1^2 + 10(100 - 40t_1 + 4t_1^2)$$

$$130 = 20 t_1^2 + 10(100 - 20t_1 + t_1^2)$$

$$130 = 20 t_1^2 + 1000$$

$$130 = 20 t_1^2 + 1000 - 200 t_1 + 10 t_1^2$$

$$13 = 2 t_1^2 + 100 - 40 t_1 + 4 t_1^2$$

$$30 t_1^2 - 200 t_1 + 870 = 0$$

$$6 t_1^2 - 40 t_1 + 87 = 0$$

$$3 t_1^2 - 20 t_1 + 87 = 0$$

$$D = 1600 - 24 \cdot 87$$

$$D = 400 - 1044$$

$$H = gt_1 t_2 + \frac{gt_2^2}{2} \quad T = 2t_1 + t_2 \quad t_2 = T - 2t_1$$

$$H = gt_1(10 - 2t_1) + \frac{g(10 - 2t_1)^2}{2} \quad 2H = 2gt_1(10 - 2t_1) + g(10 - 2t_1)^2$$

$$130 = 20t_1(10 - 2t_1) + 10(10 - 2t_1)^2$$

$$130 = 200t_1 - 40t_1^2 + 10(100 - 40t_1 + 4t_1^2)$$

$$13 = 20t_1 - 4t_1^2 + 100 - 40t_1 + 4t_1^2$$

$$-20t_1 + 100 = 13$$

$$20t_1 = 87$$

$$t_1 = \frac{87}{20} = \frac{87}{2} \cdot 10^{-1} = 4,35 \cdot 10^{-1}$$

$$t_2 = 10 - 2 \cdot 4,35 = 10 - 8,7 = 1,3 \text{ с}$$

$$\frac{V^2}{2} = H + h = \frac{g(t_1 + t_2)^2}{2}$$

$$65 + h = \frac{10(5,65)^2}{2}$$

$$h = 5 \cdot 5,65^2 - 65 =$$

$$= 159,6125 - 65 = 94,6125$$

$$h = Vt_1 - \frac{gt_1^2}{2}$$

$$V \cdot 4,35 - 5 \cdot 18,9225 = 94,6125$$

$$V \cdot 4,35 = 2 \cdot 94,6125 = 189,225$$

$$V = \frac{189,225}{4,35} = \frac{189225}{4350} = 43,5 \text{ м/с}$$

$$\begin{array}{r} 189225 \overline{) 4350} \\ 17400 \\ \hline 15225 \\ 13050 \\ \hline 21750 \\ 21750 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$K = \frac{mV^2}{2} = \frac{1892,25 \cdot 2}{2} = 1892,25 \text{ Дж}$$

$$\frac{m_3 V^2}{2} = \frac{m_0 V_1^2}{2}$$

$$V^2 = V_1^2$$