

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 10

Вариант 10-02

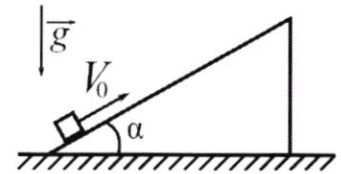
Шифр

(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 $t = 10 \text{ с}$.~~

- 1) На какой высоте H взорвался фейерверк? *через какое вр. после взрыва перв. оск. упадет на з.?*
 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



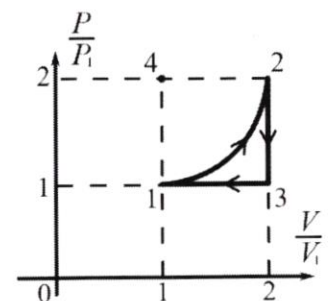
$H = 0,2 \text{ м}$. Масса клина в два раз больше массы шайбы. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

- 1) Найдите начальную скорость V_0 шайбы. *$m = \frac{1}{2} M$*
 2) Найдите скорость V клина, в тот момент, когда шайба вернется в точку старта на клине. Массы шайбы и клина одинаковы. *$m = M$*

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 .



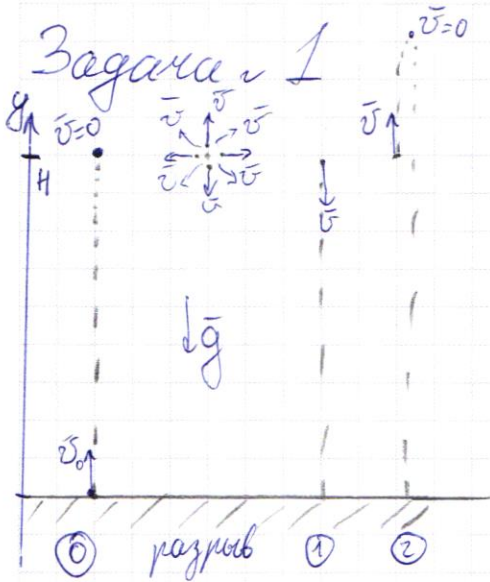
- 1) Какое количество Q теплоты подведено к газу в процессе расширения?
 2) Найдите работу A газа за цикл.
 3) Найдите КПД η цикла.

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 прямую, проходящую 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



$$H = v_0 T - g \frac{T^2}{2} \quad v_0 = gT$$

$$\Rightarrow H = \frac{gT^2}{2} = 45 \text{ м}$$

$$m = 1 \text{ кг}$$

$$T = 3 \text{ с}$$

$$k = 1800 \text{ Дж}$$

$$\tau = 10 \text{ с}$$

$$K = \sum E_{ki} = \sum m_i \frac{v^2}{2} = \frac{v^2}{2} \sum m_i = \frac{v^2}{2} m$$

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

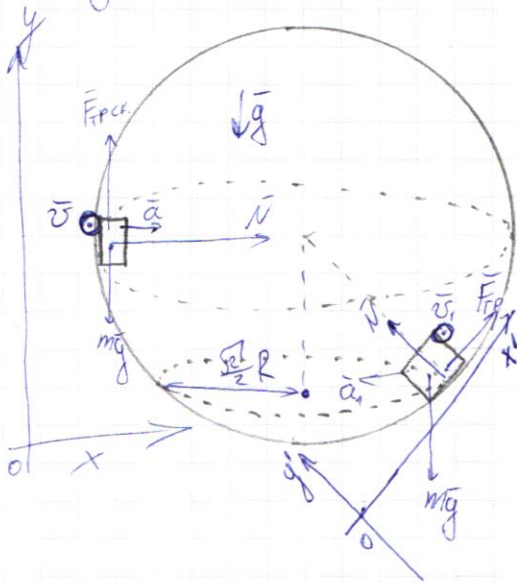
Т.к. ут осколков одинакова, то первым упадет осколок с v_y - мин (\Rightarrow напра.

вниз), а последний с v_y - макс (\Rightarrow напра. вверх)

$$\text{1) } -H = -v\tau_1 - g\frac{\tau_1^2}{2} \quad 0 = \frac{g}{2}\tau_1^2 + v\tau_1 - H \quad \tau_1 = \frac{-v \pm \sqrt{v^2 + 2gH}}{g}$$

$$\tau_1 = \frac{\sqrt{2gH + v^2} - v}{g} = \frac{30\sqrt{51} - 60}{10} \text{ с} = 3(\sqrt{51} - 2) \text{ с} \approx 0,75 \text{ с}$$

Задача № 3



Т.к. автомобиль движ. на колесах, то F_{TP} направ. \perp направлению движения (F_{TP} как. пренебрегаем).

1) $N = 2mg$ оу: $\vec{N} = m\vec{a}$

$a = 2g = 20 \text{ м/с}^2$

2) $F_{TP} = \mu N$ оу: ~~$N = mg$~~

$\vec{N} + m\vec{g} + \vec{F}_{TP} = m\vec{a}$,

{ оу: $N - \frac{\sqrt{2}}{2}mg = \frac{\sqrt{2}}{2}ma$,

{ ох: $-F_{TP} + \frac{\sqrt{2}}{2}mg = \frac{\sqrt{2}}{2}ma$,

$N(\mu + 1) = \frac{\sqrt{2}}{2}mg$ $N = \frac{\sqrt{2}}{\mu + 1}mg$

$N + F_{TP} - \frac{\sqrt{2}}{2}mg = 0$

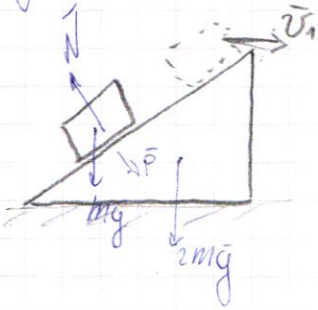
$a_1 = \frac{v_1^2}{\frac{\sqrt{2}}{2}R} = \frac{\sqrt{2}v_1^2}{R}$

$\Rightarrow \frac{\mu v_1^2}{R} = \frac{\sqrt{2}}{2}mg \left(\frac{1}{\mu + 1} - \frac{1}{2} \right) = \frac{\sqrt{2}}{2}mg \left(\frac{1 - \mu}{\mu + 1} \right)$

$v_1 = \sqrt{\frac{\sqrt{2}}{2} R g \left(\frac{1 - \mu}{\mu + 1} \right)} = \sqrt{\frac{10\sqrt{2}}{16}} \cdot \frac{1}{\mu} = \frac{\sqrt{200}}{4} \text{ м/с}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 2

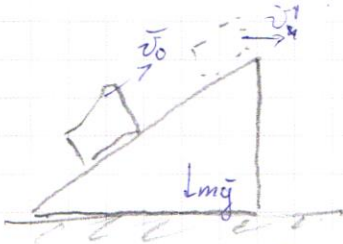


$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{3mv_1^2}{2} + mgh \quad - \text{ЗСЭ}$$

$$mv_0 \cos \alpha = 3m \cdot v_1 \quad - \text{ЗСЦ}$$

$$v_0^2 = 2gh + \frac{v_0^2 \cos^2 \alpha}{3}$$

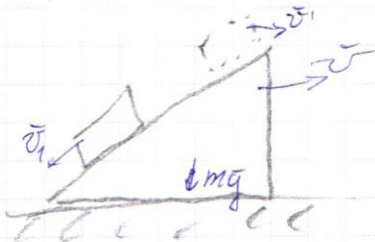
$$v_0^2 \left(1 - \frac{1}{3}\right) = 2gh \quad v_0 = \sqrt{\frac{4 \cdot 25}{22}} = 10 \cdot \frac{1}{\sqrt{22}} \text{ м/с}$$



$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{2mv_1^2}{2} + mgh$$

$$mv_0 \cos \alpha = 2mv_1 \quad v_1 = 6 \frac{1}{\sqrt{22}} \text{ м/с}$$

$$h = \frac{1}{2g} (v_0^2 - 2 \cos^2 \alpha v_0^2) = \frac{100(1 - 2 \cdot 0,36)}{22 \cdot 2 \cdot 10} = \frac{2,8}{44} = \frac{0,7}{11} \text{ м}$$



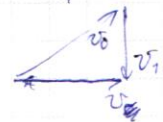
$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + \frac{mv_1^2}{2}$$

$$v^2 = v_0^2 - v_1^2$$

$$mv_1 \cos \alpha = v$$

$$v_0^2 = v^2 \quad v_0 \cos \alpha = v - v_1 \cos \alpha$$

$$v_1 = \frac{v}{\cos \alpha} - v_0$$



$$v_0^2 = v^2 + \frac{v^2}{\cos^2 \alpha} + v_0^2 - 2 \frac{v v_0}{\cos \alpha}$$

$$0 = v \cos^2 \alpha + v - 2 \cos \alpha v_0$$

$$v = \frac{2 \cos \alpha}{\cos^2 \alpha + 1} v_0 = \frac{12}{1,36} \cdot \frac{10}{\sqrt{22}} = \frac{300}{34 \sqrt{22}} = \frac{150}{17 \sqrt{22}} \text{ м/с}$$

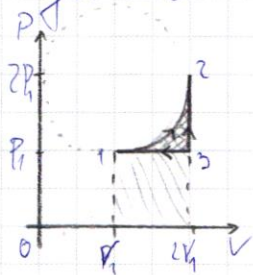


черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача ~ 4



Расширения: $1 \rightarrow 2$

$i=3$

$$\begin{cases} Q = A + \Delta U \\ A = 2P_1V_1 - \frac{\pi P_1V_1}{4} \\ \Delta U = \frac{i}{2} (2P_1 \cdot 2V_1 - P_1V_1) \end{cases}$$

$$1) Q = P_1V_1 \left(2 - \frac{\pi}{4} + \frac{9}{2} \right) = \left(6,5 - \frac{\pi}{4} \right) P_1V_1$$

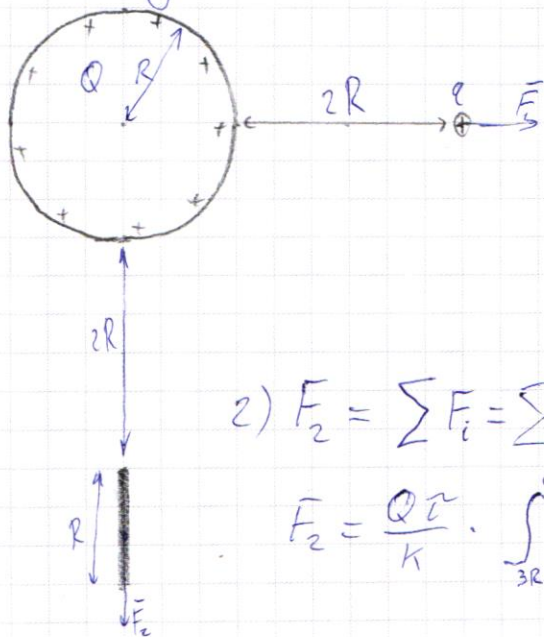
$$23: U \downarrow; A = 0 \Rightarrow Q \text{ отвод}$$

$$31: U \downarrow; A < 0 \Rightarrow Q \text{ отвод}$$

$$2) A = P_1V_1 - \frac{\pi P_1V_1}{4} = P_1V_1 \left(1 - \frac{\pi}{4} \right)$$

$$3) \eta = \frac{A_{cy}}{Q} = \frac{1 - \frac{\pi}{4}}{6,5 - \frac{\pi}{4}} = \frac{4 - \pi}{26 - \pi} \approx \frac{1}{23}$$

Задача ~ 5



1) Поле сферы вне сферы:

$$E = \frac{Q}{4\pi r^2 \epsilon_0} \quad E_1 = \frac{Q}{36\pi \epsilon_0 R^2}$$

$$F_1 = E_1 q = \frac{Qq}{36\pi \epsilon_0 R^2} \quad k = \frac{1}{4\pi \epsilon_0}$$

$$\Rightarrow F_1 = \frac{Qq}{9kR^2} \quad r = \frac{q}{R}$$

$$2) F_2 = \sum F_i = \sum E_i q_i = \sum \frac{Q}{k r^2} \cdot \tau dr = \frac{Q\tau}{k} \int \frac{1}{r^2} dr$$

$$F_2 = \frac{Q\tau}{k} \cdot \int_{3R}^{4R} \frac{1}{r^2} dr = \frac{Qq}{kR} \cdot \frac{1}{12R} = \frac{Qq}{12kR^2}$$

Задача 2 (1)

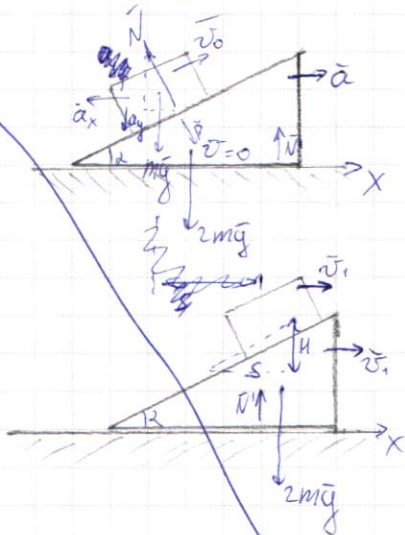
$$\cos \alpha = 0,6$$

$$\sin \alpha = 0,8$$

$$\mu = 0,2$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{4}{3}$$

$$\operatorname{ctg} \alpha = \frac{3}{4}$$



~~$$3 \text{CU: } O_x: m v_0 = (2m + m) v_1$$~~

~~$$\sqrt{a_x^2 + a_y^2} m = N + mg$$~~

~~$$O_x: a_x m = N \sin \alpha$$~~

~~$$O_y: a_y m = mg - N \cos \alpha$$~~

~~$$\text{кулум: } 2m\bar{a} = \bar{N} + 2m\bar{g} + \bar{P}$$~~

~~$$O_x: 2ma = P \sin \alpha$$~~

~~$$P = N (\text{III } 3 - \text{II } H.)$$~~

$$\frac{a_x}{a} = 2 \quad \frac{H}{S} = \frac{4}{3} \quad S = \frac{3}{4} H$$

~~$$a_{x \text{ отн. к л.}} = a_x + a = 3a$$~~

~~$$\text{отн. к л.: } v_0 \cos \alpha = 3a\tau \quad \textcircled{2} S = v_0 \cos \alpha \tau - 3a \frac{\tau^2}{2} = \frac{v_0^2 \cos^2 \alpha}{6a}$$~~

~~$$N = \frac{2ma}{\sin \alpha}$$~~

~~$$a_y m = mg - 2ma \operatorname{ctg} \alpha$$~~

~~$$a_y = g - 2a \operatorname{ctg} \alpha = g - \frac{3}{2} a$$~~

~~$$v_0 \sin \alpha = a_y \tau \quad \textcircled{3} H = v_0 \sin \alpha \tau - a_y \frac{\tau^2}{2} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2a_y}$$~~

~~$$\textcircled{1} : \textcircled{2} : \frac{H}{S} = \operatorname{tg}^2 \alpha \frac{3a}{a_y}$$~~

~~$$\frac{a_y}{a} = \frac{4}{3}$$~~

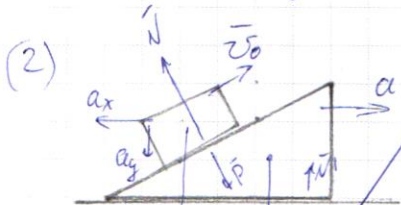
~~$$\frac{g - \frac{3}{2} a}{a} = \frac{4}{3}$$~~

~~$$g = a \left(\frac{8}{3} + \frac{2}{3} \right) = \frac{10}{3} a$$~~

~~$$a = \frac{3}{10} g$$~~

~~$$a_y = \frac{8}{10} g = \frac{4}{5} g$$~~

~~$$\Rightarrow v_0 = \frac{\sqrt{2a_y H}}{\sin \alpha} = \sqrt{\frac{16}{55}} \cdot \frac{5}{4} = \frac{5}{\sqrt{55}} \text{ м/с} = \sqrt{\frac{5}{11}} \text{ м/с}$$~~



~~$$\text{кайда: } O_x: ma_x = N \sin \alpha$$~~

~~$$N = \frac{ma}{\sin \alpha}$$~~

~~$$O_y: ma_y = mg - N \cos \alpha$$~~

~~$$\text{кулум: } O_x: ma = P \sin \alpha$$~~

~~$$P = N \Rightarrow a_x = a$$~~

~~$$\text{отн. кулма: } a_x = a - \epsilon a = 2a$$~~

~~$$0 = v_0 \cos \alpha \tau - 2a \frac{\tau^2}{2}$$~~

~~$$v_0 \cos \alpha = 2a \frac{\tau}{2}$$~~

~~$$v_0 \cos \alpha = a\tau$$~~

~~$$\Rightarrow v = v_0 \cos \alpha$$~~

~~$$O_y: ma_y = mg - ma \operatorname{ctg} \alpha \Rightarrow a_y = g - \frac{3}{4} a$$~~

~~$$v_0 \sin \alpha = a_y \tau$$~~

~~$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{a_y}{2a} \Rightarrow \frac{8}{3} a = g - \frac{3}{4} a$$~~

~~$$v_0 \cos \alpha m = mv - mv \cos \alpha \quad v = \cos \alpha (v_0 + v)$$~~

~~$$v = \frac{5}{\sqrt{55}} \text{ м/с}$$~~

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$(c \cdot f(x))' = c \cdot f'(x)$$

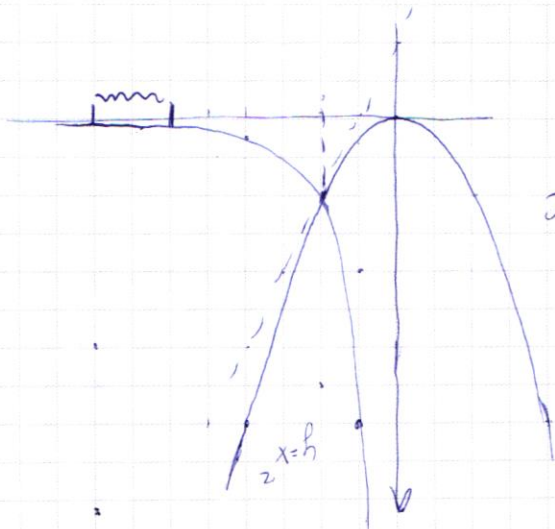
$$f > \frac{18}{25} > \frac{1448}{25}$$

$$f(x) = x^n$$

$$f' = n \cdot x^{n-1}$$

$$F' = x^n$$

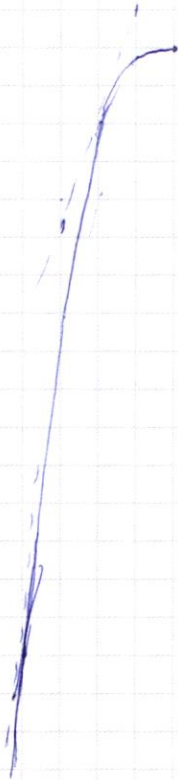
$$F = \frac{1}{n+1} \cdot x^{n+1} + c$$



$$\int_{x_1}^{x_2} f(x) \cdot x = F_2 - F_1 = \frac{x^2 \cdot x_1}{x_2 - x_1} = \frac{x_2 \cdot x_1}{1} = \frac{12}{1} = 12$$

$$f(x) = \frac{x^2}{x} = x$$

$$F = \frac{1}{2} \cdot x^2 = \frac{1}{2} \cdot x^2$$



$$\frac{1019}{901111} \quad 01111, \dots \quad 00625$$

$$S < 3 \cdot 5 \cdot 7 \cdot 11 \cdot \left(\frac{1}{16} + \frac{1}{9}\right) R =$$

$$\frac{1}{16} S < S < \frac{25}{2 \cdot 144} R$$

$$\frac{9}{144} S < S < \frac{25}{2 \cdot 144} R$$

$$\frac{9}{144} S < S < \frac{12,5}{144} R$$

$$1 = \frac{a}{b} \cdot \frac{a}{a} = \frac{a^2}{ab}$$

$$\frac{a^2}{ab} = \frac{a}{b}$$

$$\frac{a}{b} = \frac{a}{b} = \frac{a}{b}$$

1

0,0625 $\frac{1}{16}$



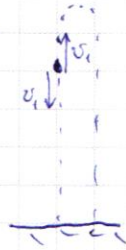
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$v_0 = gT = 30 \text{ м/с}$$

$$H = v_0 T - \frac{gT^2}{2} = g \frac{T^2}{2} = 45 \text{ м}$$

$$E = \sum E_k = \sum m_i v_i^2 = \frac{v^2}{2} \sum m_i = \frac{v^2}{2} M$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{\frac{2E}{m}} = 60 \text{ м/с}$$



$$H = v \tau_1 + g \frac{\tau_1^2}{2}$$

$$\tau_1 = \frac{-v \pm \sqrt{v^2 + 2gH}}{g}$$

$$\tau_1 = \frac{30\sqrt{5} - 30 \cdot 2}{10} = 3(\sqrt{5} - 2) \text{ с}$$

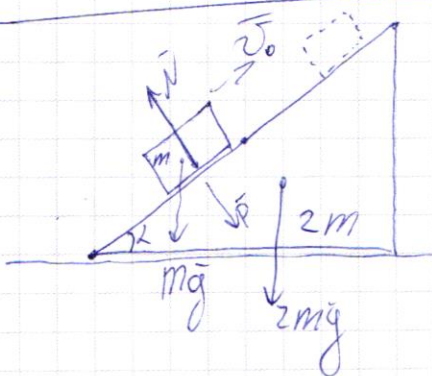
$$H = -v \tau_2 + g \frac{\tau_2^2}{2}$$

$$\tau_2 = \frac{v \pm \sqrt{v^2 + 2gH}}{g}$$

$$\tau_2 = \frac{30(\sqrt{5} + 2)}{10} = 3(\sqrt{5} + 2) \text{ с}$$

2,2
2,2
4,4
44
484
23
23
69
46
225
225
1125
450
450
50625

$$\Delta \tau = \tau_2 - \tau_1 = 12 \text{ с}$$



$$\cos \alpha = 0,6$$

$$\sin \alpha = 0,8$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{4}{3}$$

$$F_{0x} = v_0 \cos \alpha \text{ м/с}$$

$$p_{1x} = 3M v_1 \quad v_1 = \frac{v_0 \cos \alpha}{3}$$

$$v_{0y} = v_0 \sin \alpha = gT$$

$$H = \frac{v_{0y} T}{2} = \frac{v_{0y}^2}{2g} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

$$v_0 = \frac{\sqrt{2gH}}{\sin \alpha} = 2,5 \text{ м/с}$$

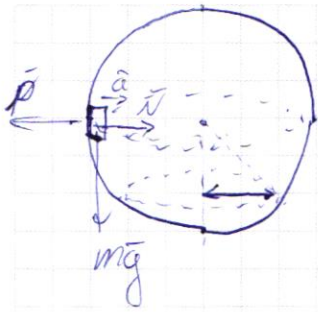
$$v_1 = 0,5 \text{ м/с}$$

$$E_1 = m \frac{v_0^2}{2} \quad E_2 = mgh + \frac{3M v_1^2}{2}$$

$$v_0^2 = 2gH + 3 \frac{v_0^2 \cos^2 \alpha}{3^2}$$

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

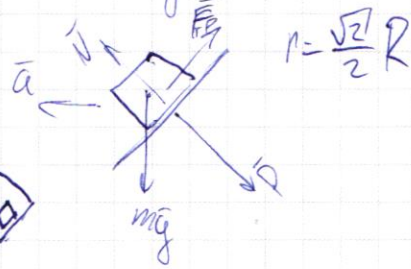
$$v_0^2 = \frac{4}{0,88} \text{ м}^2/\text{с}^2 = \frac{1}{0,22} = \frac{100}{22} = \frac{50}{11}$$



$$N = ma = 2mg$$

$$a = 2g = 20 \text{ m/s}^2$$

$$N + F_{TP} = ma$$



~~$$N + F_{TP} = ma$$~~

~~$$(1 - \mu)mg \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = m \frac{v^2}{R}$$~~

$$v = \sqrt{\frac{\sqrt{2}}{2} g R (1 - \mu)} = \sqrt{1} \text{ m/s}$$

$$\begin{array}{r} 314/4 \\ 26 \overline{) 6785} \\ 34 \\ \underline{32} \\ 20 \end{array}$$

$$N \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} - N \mu \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$mg = \frac{\sqrt{2}}{2} N (\mu + 1) \quad \mu = \frac{\sqrt{2}}{\mu + 1} mg$$

~~$$(1 - \mu) \frac{\sqrt{2}}{2} mg \frac{\sqrt{2}}{2} = m \frac{v^2}{R}$$~~

$$v = \sqrt{\frac{1 - \mu}{2} g R} = 1 \text{ m/s}$$

$$m \frac{v^2}{R} =$$

$P_1 V_1$

$$Q = A + \Delta U; A = 2P_1 V_1 - \frac{\pi P_1 V_1}{4} = P_1 V_1 (2 - \frac{\pi}{4}) \quad \Delta U = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1)$$

$$2P_1 \cdot 2V_1 = \nu R T_2$$

$$P_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$Q = (6.5 - \frac{\pi}{4}) P_1 V_1 \approx 5.7 P_1 V_1$$

~~$$A = (1 - \frac{\pi}{4}) P_1 V_1 \approx 0.25 P_1 V_1$$~~

$$\begin{array}{r} 1143 \overline{) 43} \\ 86 \overline{) 26} \\ 283 \\ \underline{258} \\ 25 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0,86 \\ 22,86 \\ 43 \\ \underline{1143} \end{array}$$

0,037

$$\eta = \frac{A}{Q} = \frac{1 - \frac{\pi}{4}}{6.5 - \frac{\pi}{4}} = \frac{4 - \pi}{26 - \pi} \approx \frac{2.5}{23}$$

$$\begin{array}{r} 4300 \overline{) 1143} \\ 3420 \overline{) 37} \\ 8700 \\ \underline{8001} \\ 710 \end{array}$$



$$E = \frac{N}{S} = \frac{Q}{4\pi r^2 \epsilon_0} \Rightarrow E_1 = \frac{Q}{4\pi R^2 \epsilon_0} = \frac{Q}{36\pi \epsilon_0 R^2}$$

$$E_0 = \frac{Q}{4\pi R^2 \epsilon_0} \quad \sigma = \frac{Q}{4\pi R^2} \quad E_0 = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

$$F_k = k \frac{q_1 q_2}{R^2}$$

$$F_1 = E q = \frac{Q q}{36\pi \epsilon_0 R^2}$$

$$F_2 = \sum F_i = \sum \frac{Q q_i}{4\pi \epsilon_0 r^2} = \int_{3R}^{4R} \frac{Q \sigma}{4\pi \epsilon_0 r^2} \Delta V = \frac{Q q}{4\pi \epsilon_0 R} \int_{3R}^{4R} \frac{1}{r^2} \Delta V = \frac{Q q}{48\pi \epsilon_0 R^2}$$