

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 $\tau = 10 \text{ с}$.

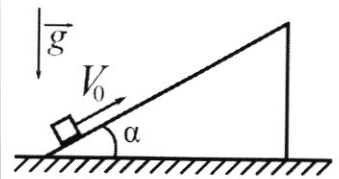
1) На какой высоте H взорвался фейерверк?

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.

$t_{\min} = ?$

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.

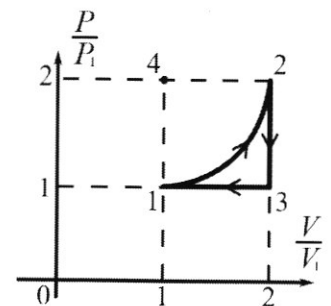
2) Вычислите минимальную допустимую скорость V_{\min} равномерного движения модели по окружности в плоскости большого круга, составляющей с горизонтом угол $\alpha = 45^\circ$. Коэффициент трения скольжения шин по поверхности сферы $\mu = 0,8$, радиус сферы $R = 1 \text{ м}$. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

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.

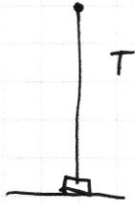
Во втором опыте заряд q однородно распределяют по стержню длины R , стержень помещают на прямой, проходящей через центр заряженной сферы. Ближайшая к центру сферы точка стержня находится на расстоянии $3R$ от центра.

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

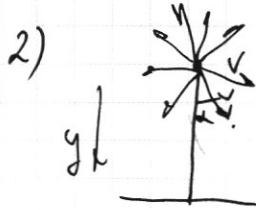
1)



$$1) \quad H = H_{\max} \Rightarrow H = V_0 T - \frac{gT^2}{2}$$

$$\text{когда } H = H_{\max} \quad V = 0 \Rightarrow V_0 = gT \quad \Rightarrow \quad H = \frac{gT^2}{2} = \frac{10}{2} \cdot g = 45 \text{ м.}$$

ответ 45 м



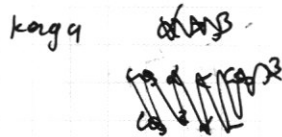
$$2) \quad \frac{mV^2}{2} = k \quad V = \sqrt{\frac{2k}{m}} = 60 \text{ м/с.}$$



время поворота $\rightarrow t(\alpha)$.

$$H - V \cos \alpha t - \frac{gt^2}{2} = 0.$$

$$\frac{gt^2}{2} + V \cos \alpha t - H = 0 \quad t = \frac{-V \cos \alpha \pm \sqrt{V^2 \cos^2 \alpha + 2gH}}{g} = \frac{\sqrt{V^2 \cos^2 \alpha + 2gH} - V \cos \alpha}{g}$$



$$t_{\min} = \frac{\sqrt{V^2 + 2gH} - V}{g} \quad \alpha = 0$$

$$t_{\max} = \frac{\sqrt{V^2 + 2gH} + V}{g} \quad \alpha = \pi$$

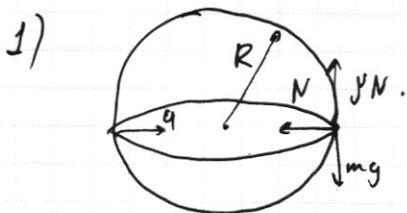
первый на землю упадет $\alpha = 0$ осколок, так как там $V_y = V_{\max} = V$
последний на землю упадет $\alpha = \pi$ осколок, так как там $V_y = V_{\min} = -V$

$$\tau = t_{\max} - t_{\min} = \frac{2V}{g} = \frac{2}{g} \sqrt{\frac{2k}{m}} = \frac{2}{10} \sqrt{\frac{2 \cdot 1800}{5}} = \frac{2}{10} \sqrt{720} = \frac{2}{10} \cdot 26.83 = 5.37 \text{ с.}$$

$$t_{\min} = \frac{\sqrt{V^2 + 2gH} - V}{g} = \frac{\sqrt{\frac{2k}{m} + 2gH} - V}{g} = \frac{\sqrt{60^2 + 2 \cdot 10 \cdot 45} - 60}{10} =$$

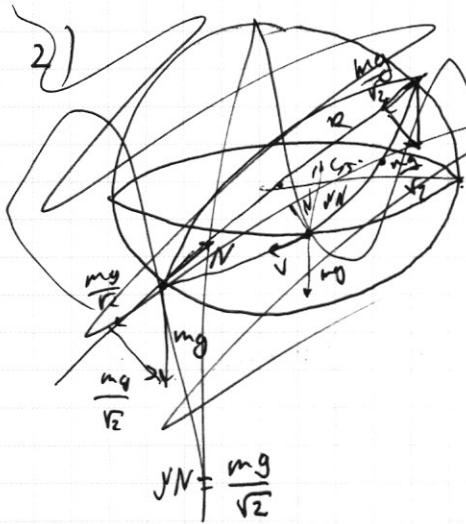
$$= \frac{\sqrt{3600 + 900} - 60}{10} = \frac{\sqrt{4500} - 60}{10} = \sqrt{45} - 6 \approx 0.5 \text{ с.} \quad \text{ответ}$$

3)



$$N = 2mg. \quad a = \frac{N}{m} = 2g = 20 \text{ м/с}^2.$$

ответ. $a = 20 \text{ м/с}^2.$



$$q_{\text{cos}} = \frac{V^2}{R} = \frac{N + mg \cos \beta}{m} = g (\frac{\sin \beta}{j} + \cos \beta)$$

$$FN = mg \sin \beta$$

$$N = \frac{mg \sin \beta}{j}$$

$$V \rightarrow \min \quad \text{korzha} \quad (\frac{\sin \beta}{j} + \cos \beta)' =$$

$$= \frac{\cos \beta}{j} - \sin \beta = 0$$

$$\text{tg } \beta = \frac{1}{j} = \frac{10}{8} = 1,25$$

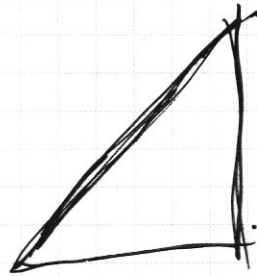
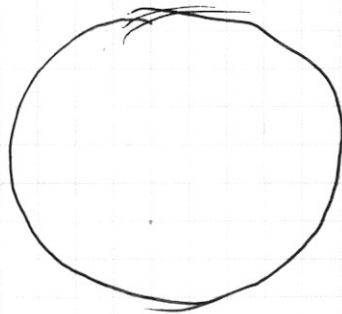
$$\text{tg } \beta = \frac{1}{j} \quad \sin \beta = \frac{1}{\sqrt{j^2 + 1}}$$

$$= \frac{1}{\sqrt{j^2 + 1}}$$

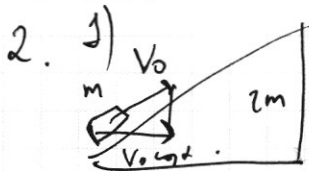
$$\cos \beta = \frac{j}{\sqrt{j^2 + 1}}$$

$$V_{\min} = \sqrt{gR \left(\frac{2}{j\sqrt{j^2+1}} + 1 \right)}$$

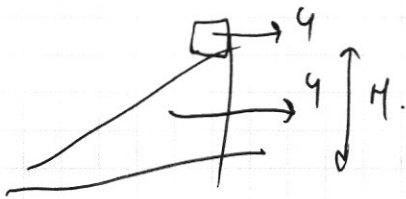
$$= \sqrt{10 \cdot 1 \cdot \frac{2}{0,8\sqrt{0,8^2+1}} + 1}$$



$$\cos \alpha = \frac{3}{5} \Rightarrow \sin \alpha = \frac{4}{5} \quad \text{tg} \alpha = \frac{4}{3}$$



$$m V_0 \cos \alpha = 3m u \cdot u = \frac{V_0^2 \cdot 3}{5 \cdot 3} = \frac{V_0^2}{5}$$



$$\frac{m V_0^2}{2} = mgH + \frac{3mu^2}{2}$$

$$V_0^2 = 3u^2 + 2gH$$

$$V_0^2 = 3 \frac{V_0^2}{25} + 2gH$$

$$V_0^2 \frac{22}{25} = 2gH$$

$$V_0 = \sqrt{\frac{25gH}{11}} = \sqrt{\frac{25 \cdot 10 \cdot \frac{1}{5}}{11}} = \sqrt{\frac{50}{11}} \approx 2,1 \text{ м/с}$$

Ответ: 2,1 м/с.

(This section contains several diagrams and equations that have been crossed out with large diagonal lines. The diagrams show velocity vectors V and V_x, and their components. The equations are as follows:)

$$\text{tg} \alpha = \frac{V_y}{V - V_x} = \frac{4}{3} \quad 3V_y = 4V - 4V_x$$

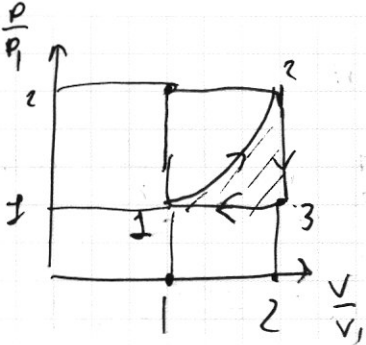
$$m V_0 \cos \alpha = m V_x + m V \quad V_x = \frac{3}{5} V_0 - V \quad V_y = \frac{4}{3} (V - V_x)$$

$$\frac{m V_0^2}{2} = \frac{m V_x^2}{2} + \frac{m V^2}{2} + \frac{m V^2}{2}$$

$$V_0^2 = V_x^2 + \frac{16}{9} V^2 + \frac{16}{9} V_x^2 - \frac{8}{3} V V_x + V^2$$

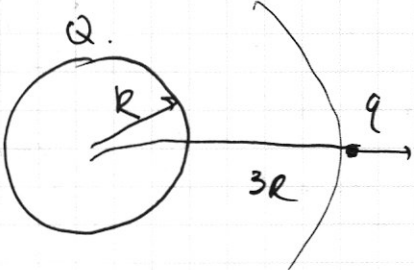
$$V_0^2 = \frac{9}{25} V_0^2 + V^2 - \frac{6}{5} V_0 V + \frac{16}{9} V^2 + \frac{16}{9} V_x^2 - \frac{8}{3} V V_x + V^2$$

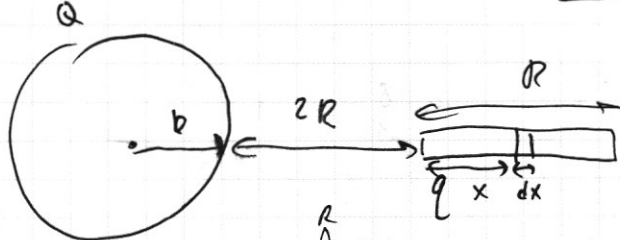
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4)  1) $Q = \Delta U + A = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = \frac{3}{2} (4P_1V - P_1V_1) + A =$
 $= \frac{9}{2} P_1V_1 + 2P_1V_1 - \frac{\pi}{4} P_1V_1 = P_1V_1 \frac{(26 - \pi)}{4} =$
 $= P_1V_1 \cdot 5,75$

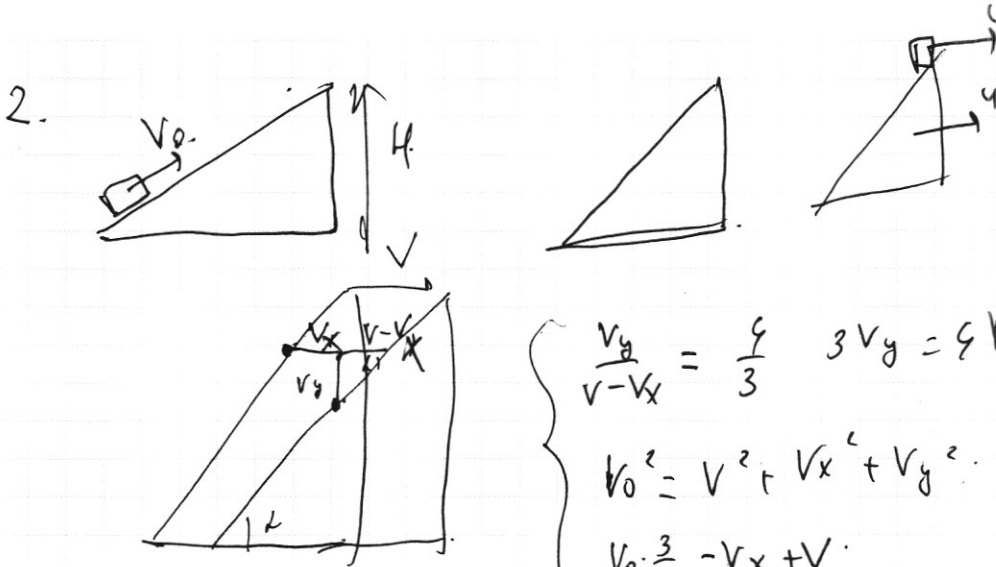
2) $A = S_{1231} = P_1V_1 \left(1 - \frac{\pi}{4}\right) = P_1V_1 \frac{4 - \pi}{4} = P_1V_1 \cdot 0,215$

3) $\eta = \frac{A}{Q} = \frac{P_1V_1 \frac{4 - \pi}{4}}{P_1V_1 \frac{(26 - \pi)}{4}} = \frac{4 - \pi}{26 - \pi} = \frac{4 - 3,14}{26 - 3,14} = \frac{0,86}{22,86} \cdot 100\% =$
 $= \frac{860,0}{2286} = 3,7\%$

5) 1)  1) $E \cdot 4\pi (3R)^2 = \frac{Q}{\epsilon_0}$
 $F_1 = E \cdot q = \frac{Qq}{36\pi R^2 \epsilon_0}$

2)  2) $F = \int_0^R \frac{Q \cdot \frac{q}{R} dx}{\epsilon_0 \cdot 4\pi (3R+x)^2} = \int_0^R \frac{Qq dx}{\epsilon_0 \cdot 4\pi R (3R+x)^2} =$
 $= \int_0^R \frac{Qq}{\epsilon_0 \cdot 4\pi R} \frac{d(3R+x)}{(3R+x)^2} = \frac{Qq}{\epsilon_0 \cdot 4\pi R} \left(-\left(\frac{1}{3R+R} - \frac{1}{3R}\right) \right) =$
 $= \frac{Qq}{4\pi R^2 \epsilon_0} \left(\frac{1}{3} - \frac{1}{4} \right) = \frac{Qq}{48\pi R^2 \epsilon_0}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$2u = V_0 \frac{3}{5} \quad u = V_0 \frac{3}{10}$$
~~$$2u = V_0 \frac{3}{5}$$~~

$V = ?$

$$\begin{cases} \frac{v_y}{v-x} = \frac{4}{3} & 3v_y = 4v - 4v_x \\ v_0^2 = v^2 + v_x^2 + v_y^2 \\ v_0 \cdot \frac{3}{5} = v_x + v \end{cases}$$

$$v_y = \frac{4}{3}(v-x)$$

$$\begin{cases} v_0^2 = v^2 + v_x^2 + \frac{16}{9}(v-x)^2 \\ v_0 \cdot \frac{3}{5} = v_x + v \end{cases} \quad v_x = v_0 \cdot \frac{3}{5} - v$$

$$v_0^2 = v^2 + \left(\frac{3}{5}v_0 - v\right)^2 + \frac{16}{9}\left(2v - \frac{3}{5}v_0\right)^2$$

$$v_0^2 = v^2 + \frac{9}{25}v_0^2 - \frac{6}{5}v_0v + \frac{16}{9}\left(4v^2 - \frac{12}{5}vv_0 + \frac{9}{25}v_0^2\right)$$

~~$$v_0^2 = v^2 + \frac{9}{25}v_0^2 - \frac{6}{5}v_0v + \frac{64}{9}v^2 - \frac{12 \cdot 16}{45}vv_0 + \frac{16 \cdot 9}{25}v_0^2$$~~

~~$$\frac{73v^2}{9} = \frac{6 \cdot 9 + 12 \cdot 16}{5 \cdot 9} vv_0$$~~

~~$$73v = \frac{54 + 192}{5} = \frac{246}{5}v_0$$~~

$$v = \frac{246}{5 \cdot 73} v_0$$

~~$$\frac{m v_0^2 \frac{9}{25} = mgh + \frac{2m u^2}{2}}$$~~

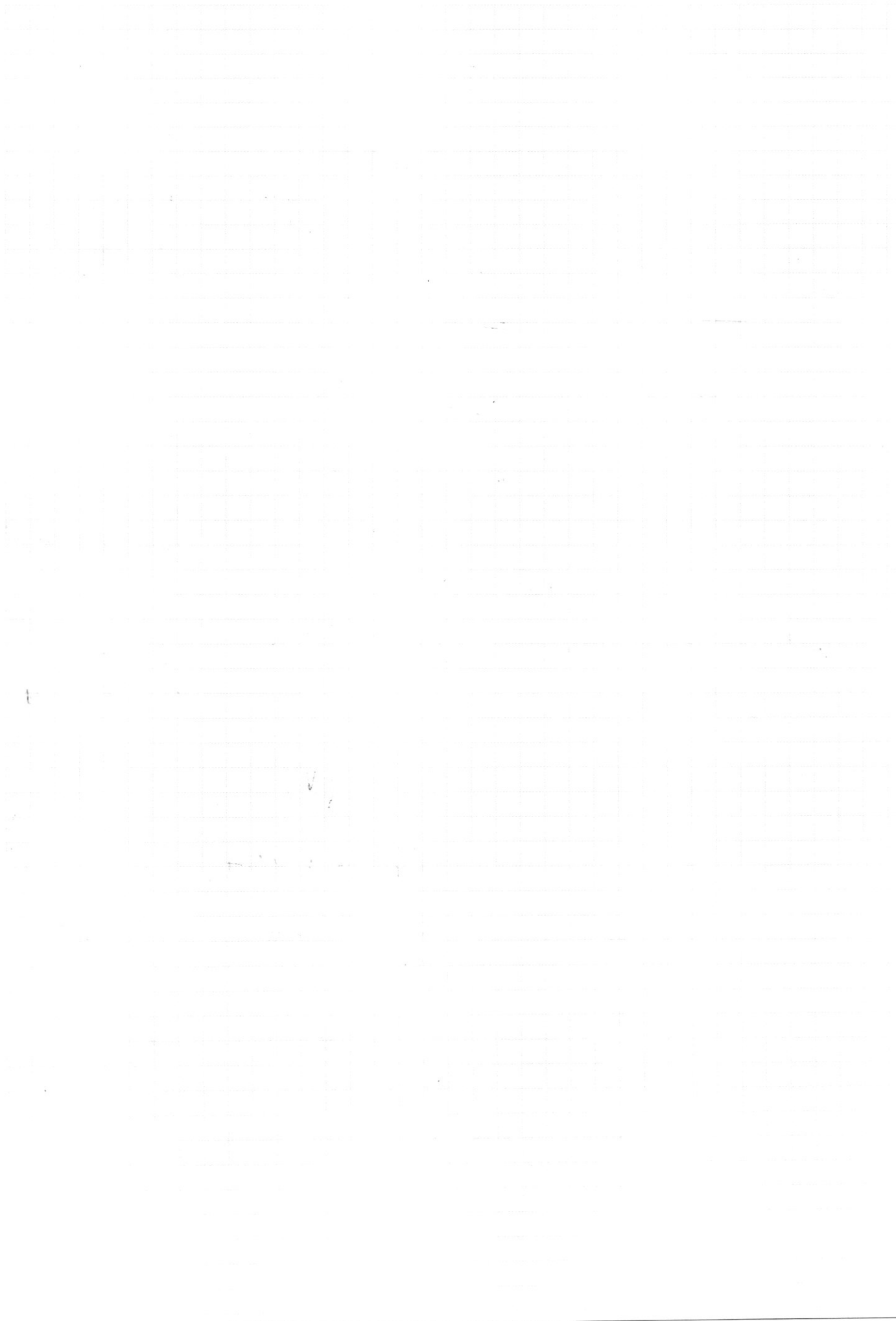
~~$$v_0^2 \frac{9}{25} = 2gh + 2 \cdot v_0 \frac{9}{100} \frac{9}{50}$$~~

~~$$v_0^2 \frac{9}{50} = 2gh$$~~

~~$$v_0^2 = \frac{100}{9} gh = \frac{100}{9} \cdot 10 \cdot \frac{2}{10} = \frac{200}{9}$$~~

~~$$v_0 = \sqrt{\frac{200}{9}}$$~~

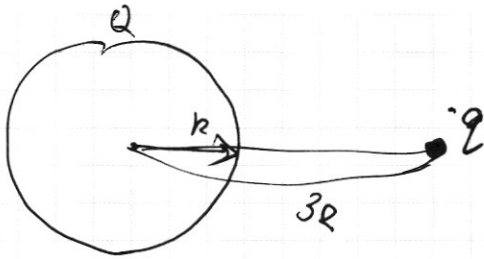
~~$$\begin{aligned} (10+2)(10+6) &= \\ \frac{16}{9} &= 100 + 60 + 20 + 16 \\ &= 192 \\ \frac{59}{246} & \end{aligned}$$~~



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

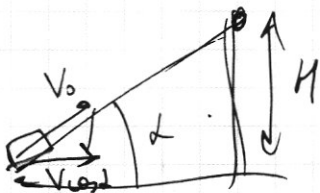
Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

5)



$\cos \alpha = \frac{3}{5}$ $\sin \alpha = \frac{4}{5}$

2)



$m V_0 \cos \alpha = 3 m g H$

$H = \frac{V_0 \cos \alpha}{3} = \frac{V_0}{5}$

$\frac{m V_0^2}{2} = m g H + \frac{3 m H^2}{2}$

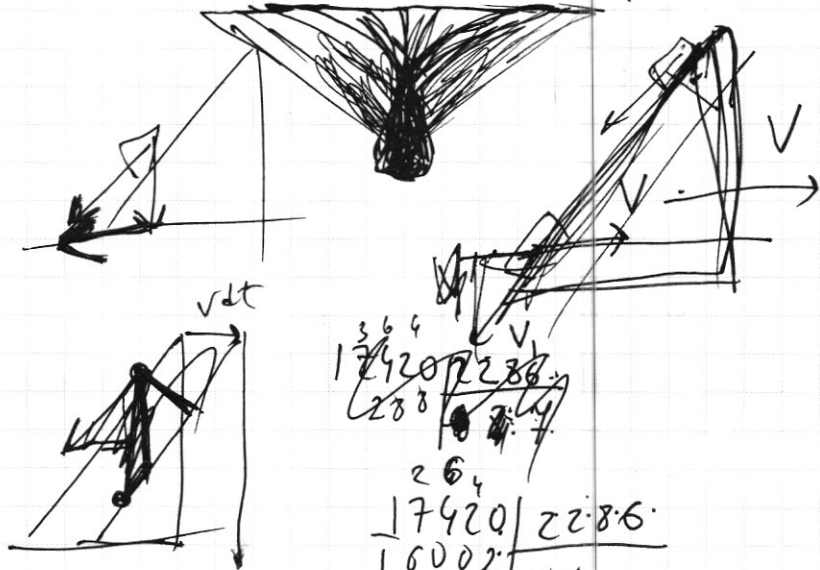
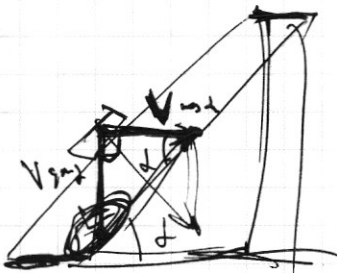
$V_0^2 = 2 g H + 3 \cdot \frac{V_0^2}{25}$

$V_0^2 \frac{22}{25} = 2 g H$

$V_0 = \sqrt{\frac{25 \cdot 2 g H}{22}} = \sqrt{\frac{25 \cdot 10 \cdot \frac{2}{10}}{22}} = \sqrt{\frac{50}{11}}$

$= \sqrt{4.545} \approx 2.13$

50/11



$$\begin{array}{r} 21 \\ 8600 \quad | \quad 2286 \\ 6858 \quad | \quad 3.17 \\ \hline 1742 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 364 \\ 17420 \quad | \quad 2286 \\ 2286 \quad | \quad 7.7 \\ \hline 17420 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 264 \\ 17420 \quad | \quad 2286 \\ 10002 \quad | \quad 7.7 \\ \hline 7418 \end{array}$$

1418.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

24. 2286.
8600 / 2286.
6858 / 2286.
2286

$26 - \frac{3}{4}$
 $\frac{23}{4}$

$\frac{9}{2} + \frac{4}{2} = \frac{13}{2}$
 $\frac{3}{2} \cdot 2RT = 5,75$
 $\frac{23}{4}$

$\frac{0,86}{22,86} = \frac{86 \cdot 100}{2286}$

$\rho = 1$
 $-\frac{3}{2} (4 p_1 V_1 - p_1 V_1) = \frac{9}{2} p_1 V_1$
 $A = p_1 V_1 (1 - \frac{\pi}{4}) = p_1 V_1 (\frac{4-\pi}{4})$

4.

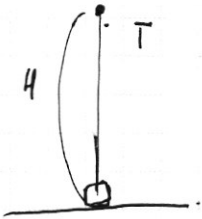
$S = p_1 V_1 (1 + 1 - \frac{\pi \cdot 1^2}{4}) = p_1 V_1 (2 - \frac{\pi}{4}) = \frac{6014}{20}$
 $= p_1 V_1 \frac{8-\pi}{4}$

$\eta = \frac{A}{Q} = \frac{p_1 V_1 (4-\pi) \cdot 4}{p_1 V_1 (26-\pi)} = \frac{4-\pi}{26-\pi} = \frac{4-3,14}{26-3,14} = \frac{0,86}{22,86} = 0,245$

$Q = p_1 V \frac{8-\pi}{4} + \frac{18}{4} p_1 V_1 = \frac{p_1 V_1}{4} (26-\pi)$
 $\frac{4-3,14}{4} = \frac{0,86}{4}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1.

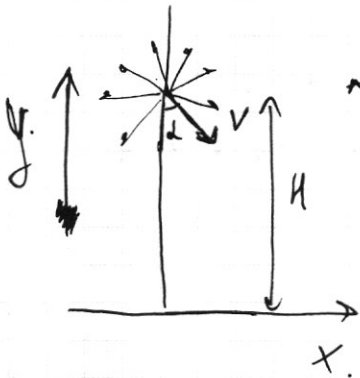


$$1) H = H_{max} \Rightarrow H = V_0 T - \frac{gT^2}{2} = \frac{gT^2}{2} = \frac{10}{2} \cdot 9 = 5 \cdot 9 = 45$$

$$V_0 = gT$$

(когда $H = H_{max}$, $V = 0$)

2)



~~первый закон кинематика~~

$$V_y = -V \cos \alpha$$

$$V_x = V \sin \alpha$$

время полета осколка $\rightarrow t(\alpha)$

~~второй закон~~

$$H - V \cos \alpha t - \frac{gt^2}{2} = 0$$

$$\frac{mV^2}{2} = 2k$$

~~$t = \frac{V \cos \alpha \pm \sqrt{V^2 \cos^2 \alpha + 2gH}}{g}$~~

$$\sqrt{3600} = 60$$

~~$\frac{gt^2}{2} + V \cos \alpha t + H = 0$~~

$$H = V \cos \alpha t + \frac{gt^2}{2}$$

$$\frac{gt^2}{2} + V \cos \alpha t - H = 0$$

$$t_{min} = \frac{\sqrt{V^2 \cos^2 \alpha - 2gH}}{g}$$

$$t_{max} = \frac{\sqrt{V^2 \cos^2 \alpha + 2gH}}{g}$$

$$T = \frac{2V}{g} = \frac{2}{g} \sqrt{\frac{2k}{m}}$$

$$= \frac{\sqrt{V^2 \cos^2 \alpha + 2gH} - V \cos \alpha}{g} \Rightarrow$$

$$= \frac{2}{10} \sqrt{\frac{2 \cdot 1800}{1}} = \frac{1}{5} 60 = 12 \text{ c}$$

$$t_{min} \rightarrow \alpha = 0$$

$$t_{max} \rightarrow \alpha = \pi$$

$$t_{min} = \frac{\sqrt{V^2 + 2gH} - V}{g}$$

когда $\alpha > \beta$

$$\cos \alpha < \cos \beta$$

$$\cos^2 \alpha < \cos^2 \beta$$

$$\sqrt{45} = 6.7$$

$$6.7 \cdot 6.5 = 43.5$$

$$6.5$$

$$1325$$

$$390$$

~~не можем найти что не можем делить cos~~

$$42.25$$

$$4.23$$

$$2.3$$

$$6.9$$

$$5.29$$

$$2.1$$

$$2.1$$

$$4.2$$

$$4.43$$

$$t_{max} = \frac{\sqrt{V^2 + 2gH} + V}{g}$$

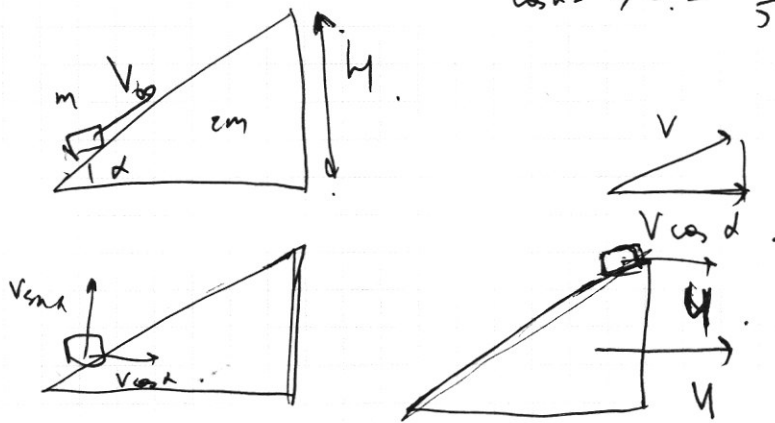
$$2.2$$

$$2.2$$

$$4.4$$

$$4.84$$

$$\cos \alpha = 0,6 = \frac{3}{5}$$



$$\frac{60}{5}$$

~~$$m v_0 \cos \alpha = 3 m u \quad u = \frac{v_0 \cos \alpha}{3}$$~~

~~$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{3 m u^2}{2} + m g H \quad 3 u^2 = 3 \cdot v^2 \cos^2 \alpha$$~~

~~$$v_0^2 = 3 u^2 + 2 g H$$~~

~~$$v_0 = \sqrt{3 u^2 + 2 g H}$$~~

~~$$v_0^2 = 3 \cdot \frac{v_0^2 \cos^2 \alpha}{9} + 2 g H$$~~

~~$$v_0^2 - v_0^2 \frac{1}{3} = 2 g H$$~~

~~$$v_0^2 \frac{2}{3} = 2 g H$$~~

~~$$v_0^2 \frac{11}{25} = g H \quad v_0 = \sqrt{\frac{25 g H}{11}} = \sqrt{\frac{25 \cdot 10 \cdot 2}{11}} = 5 \sqrt{\frac{50}{11}}$$~~

$$\begin{array}{r} 50 \overline{) 11} \\ \underline{44} \\ 60 \\ \underline{55} \\ 50 \\ \underline{44} \\ 60 \\ \underline{55} \\ 50 \\ \underline{44} \\ 60 \\ \underline{55} \\ 50 \\ \underline{44} \\ 60 \end{array}$$

