

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 10

Вариант 10-02

Шифр

(заполняется секретарём)

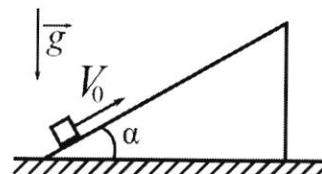
1. Фейерверк массой $m = 1 \text{ кг}$ стартует после мгновенной работы двигателя с горизонтальной поверхности, летит вертикально вверх и через $T = 3 \text{ с}$ разрывается в высшей точке траектории на множество осколков, которые летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по величине скоростями. 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.

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.

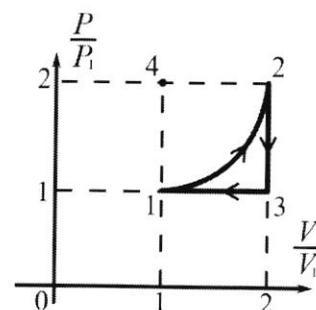
2) Вычислите минимальную допустимую скорость V_{MIN} равномерного движения модели по окружности в плоскости большого круга, составляющей с горизонтом угол $\alpha = 45^\circ$. Коэффициент трения скольжения шин по поверхности сферы $\mu = 0,8$, радиус сферы $R = 1 \text{ м}$. Ускорение свободного падения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

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.

$m = 2 \text{ кг}$
 $H = 65 \text{ м}$
 $T = 10 \text{ с}$
 $g = 10 \text{ м/с}^2$

1) $H = \frac{v_0^2}{2g}$; $v_0 = \sqrt{2gH} = 10 \sqrt{13} \approx 36 \text{ (м/с)}$

2) ~~К - кинетическая энергия~~ v - скорость каменки сразу после скачков

$0 = H + vT - \frac{gT^2}{2}$; $v = \frac{gT^2 - 2H}{2T}$

1) $v_0 = ?$

2) $K = ?$ $K = \frac{mv^2}{2} = \frac{m(gT^2 - 2H)^2}{8T^2} = 1892,25 \text{ Дж}$

Следств. 1) $v_0 = \sqrt{2gH} \approx 36 \text{ м/с}$; 2) $K = \frac{m(gT^2 - 2H)^2}{8T^2} = 1892,25 \text{ Дж}$

№ 2.

$\alpha = 30^\circ$
 $v_0 = 2 \text{ м/с}$
 $g = 10 \text{ м/с}^2$

\vec{v}_0 - скорость сразу после скачка ка высоте h и влево

$E_1 = \frac{mv_0^2}{2} = E_2 = mv_1^2 + mgh$

1) $h = ?$

2) $v = ?$

$v_0^2 = 2v_1^2 + 2gh$. Есть лишь одна величина сила - сила реакции опоры со стороны земли, направленная вверх. Значит шарик соприкасается ка проекции Ox .

$mv_0 \cos \alpha = 2mv_1$; $v_1 = \frac{v_0 \cos \alpha}{2}$; $v_0^2 = \frac{v_1^2 \cos^2 \alpha}{2} + 2gh$

$h = \frac{v_0^2(2 - \cos^2 \alpha)}{4g} = \frac{v_0^2(1 + \sin^2 \alpha)}{4g} = 0,125 \text{ м}$

\vec{v}_1 - скорость шарика в момент возвращения шарика в исходную точку.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 3

$$R = 1,2 \text{ м}$$

$$v_0 = 3,7 \text{ м/с}$$

$$m = 0,4 \text{ кг}$$

$$1) L = \pi R$$

$$\mu = 0,9$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

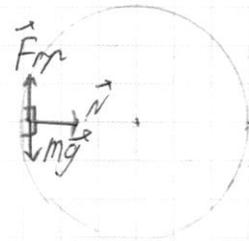
$$1) P = ?$$

$$2) v_{\min} = ?$$

1) \vec{N} - нормальная реакция
опоры $\vec{F}_{\text{тр}}$ - сила трения
 $\vec{P} = \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}}$

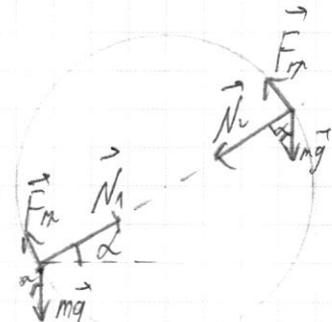
$$N = \frac{mv_0^2}{R} \quad F_{\text{тр}} = mg$$

$$P = \sqrt{N^2 + F_{\text{тр}}^2} = \sqrt{m^2 g^2 + \frac{m^2 v_0^4}{R^2}} = m \sqrt{g^2 + \frac{v_0^4}{R^2}} \approx 6,1 \text{ Н}$$



2) При v_{\min} сила трения
либо в нижней точке, либо

в верхней действует максимальное
закрепе



$$N_1 - mg \sin \alpha = \frac{mv_{\min}^2}{R}$$

$$N_2 + mg \sin \alpha = \frac{mv_{\min}^2}{R}$$

Если, то $N_1 > N_2$, зн. сила трения действует
максимальное закрепие в верхней точке, т.е.

$$F_{\text{тр}} = mg \cos \alpha = \mu N_1$$

$$N_2 = \frac{mg \cos \alpha}{\mu}$$

$$\frac{mg \cos \alpha}{\mu} + mg \sin \alpha = \frac{mv_{\min}^2}{R}$$

$$v_{\min} = \sqrt{Rg \left(\frac{\cos \alpha}{\mu} + \sin \alpha \right)} \approx 4,2$$

$$\approx 4,2 \text{ м/с}$$

Ответ: $P = \sqrt{m^2 g^2 + \frac{m^2 v_0^4}{R^2}} \approx 6,1 \text{ Н}$

$$v_{\min} = \sqrt{Rg \left(\frac{\cos \alpha}{\mu} + \sin \alpha \right)} \approx 4,2 \text{ м/с}$$

№4.

$T_1, v = 1 \text{ моль}, p_1 Q = Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12} = p_1 V_1 + \bar{p} p_1 \frac{V_1}{4} + \frac{3}{2}$

1) $Q = ?$

2) $A = ?$

3) $\eta = ?$

$$+ \frac{3}{2} (4p_1 V_1 - p_1 V_1) = p_1 V_1 \left(1 + \frac{\bar{p}}{4} + \frac{3}{2} \right) =$$

$$= p_1 V_1 (5,5 + \bar{p}/4) = \nu B T_1 (5,5 + \bar{p}/4), \text{ м.к. } p_1 V_1 = \nu B T_1$$

$$2) A = \frac{p_1 V_1 \bar{p}}{4} = \frac{\nu B T_1 \bar{p}}{4}; \quad 3) \eta = \frac{A}{Q} = \frac{A}{Q} = \frac{\nu B T_1 \bar{p}}{4 p_1 V_1} \frac{\nu B T_1 \bar{p}}{4 \nu B T_1 (5,5 + \bar{p}/4)} =$$

$$= \frac{\bar{p}}{22 + \bar{p}}$$

Ответ: 1) $Q = \nu B T_1 (5,5 + \bar{p}/4)$; 2) $A = \nu B T_1 \bar{p}/4$;

$$3) \eta = \frac{\bar{p}}{22 + \bar{p}}$$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

$$\frac{314}{2514} = \frac{117}{1257}$$

$$1 - \frac{2200}{2514} = 1 - \frac{1100}{1257}$$

$$\begin{array}{r} 1100 \overline{) 1257} \\ \underline{1100} \\ 57 \\ \underline{57} \\ 0 \end{array}$$

~~$$\begin{array}{r} 1100 \overline{) 1257} \\ \underline{1100} \\ 57 \\ \underline{57} \\ 0 \end{array}$$~~

$$\begin{array}{r} 1100 \overline{) 1257} \\ \underline{1100} \\ 57 \\ \underline{57} \\ 0 \end{array}$$

~~$$\frac{314}{2514}$$~~

$$\begin{array}{r} 157 \overline{) 2257} \\ \underline{314} \\ 947 \\ \underline{940} \\ 77 \\ \underline{77} \\ 0 \end{array}$$

$$\frac{n+n-22}{n+n} =$$

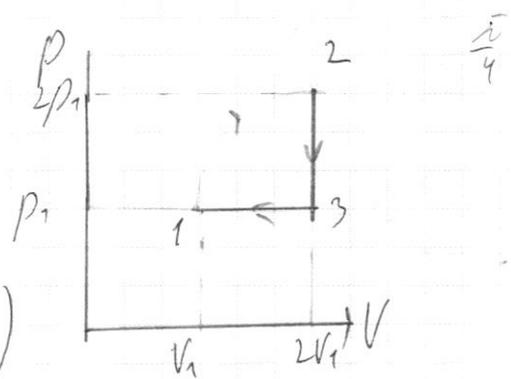
$$= 1 - \frac{22}{n+n} =$$

=

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$a = v_1 p_1 + \frac{v_2}{4} p_2 v_1 + p_3 v_1$$

$$= \frac{3}{2} (p_2 v_1 v_1 - p_1 v_1) =$$



$$= p_1 v_1 (1 + \frac{v_2}{4} + 4.5) = p_1 v_1 (5.5 + \frac{v_2}{4})$$

2) $\frac{v_2}{4} p_1 v_1$; 3) $\eta = \frac{A_{цикл}}{A_{под}} = \frac{p_1 v_1 (5.5 + \frac{v_2}{4})}{p_1 v_1 (22 + v_2)} = \frac{5.5 + \frac{v_2}{4}}{22 + v_2}$

$m = 2 \text{ кг}$
 $\tau = 10 \text{ с}$
 $H = 65 \text{ м}$
 $g = 10 \text{ м/с}^2$
 $v_0 = ?$
 $v_1 = ?$
 2) $K = ?$

$E_1 = \frac{mv_0^2}{2}$ $E_2 = \frac{mv_1^2}{2} + 2mgH = \frac{mv_1^2}{2}$

$v_0^2 = v_1^2 + 2gH$
 $mv_0^2 = mv_1^2 + 2mH$

$v_0 = \sqrt{v_1^2 + 2gH}$ — v_0 — v_1 — v_0 — v_1 — v_0 — v_1

$0 = H + v_1^2 - g \tau^2$ $v_1 = \sqrt{g \tau^2 - 2H}$

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

$v_0 = \sqrt{2gH}$

$\frac{v_0^2}{2} = \frac{(g \tau^2 - 2H)^2}{2g}$

$K = \frac{(10 \cdot 100 - 2 \cdot 130)^2}{200 \cdot 400} = \frac{(1000 - 260)^2}{80000} = \frac{740^2}{80000} =$

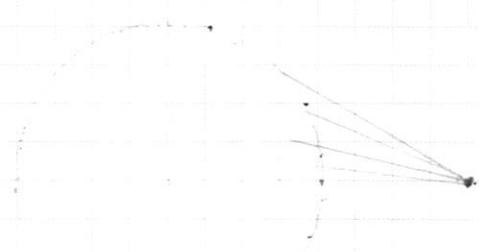
$= \frac{547600}{80000} = 6.845$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) Q, B, q $F_1 = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$

F_1

q $\frac{2}{3}$ $F_1 F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$



Σ

$g = 10 \text{ м/с}^2$

$m = 2 \text{ кг}$

$H = 6.5 \text{ м}$

$T = 10 \text{ с}$

1) $v_0 = ?$

2) $K = ?$

1.

$\alpha = 30^\circ$

$v_0 = 2 \text{ м/с}$

$g = 10 \text{ м/с}^2$

1) $H = ?$

2) $v = ?$

$E_1 = m v_0^2 / 2$

2.

$P_1 = m v_0$

$P_2 = 2 m v_1^2 = m v_0^2$

$E_2 = 2 m g H + \frac{(2 m) v_1^2}{2} = m v_0^2$

$v_1^2 = v_0^2 / 2$

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

$4 H g + v_0^2 = 2 v_0^2$

$4 H g = v_0^2$

$H = \frac{v_0^2}{4g}$

$H = \frac{v_0^2}{4g}$

$\frac{m v_0^2}{2} + \frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_0^2}{2}$

$v_2^2 + v_0^2 = v_0^2$

$2 - m v_2 + m v_0 = 2 m H$

$$E_1 = \frac{mv_0^2}{2} \quad E_2 = \frac{mv^2}{2} + mgh \quad v - \text{ср.}, \text{ тогда } v_{\text{ср}} = \frac{v_0 + v}{2}$$

$$mv_0^2 = mv^2 + 2mgh \quad v_0^2 = v^2 + 2gh$$

$$mv_0 \cos \alpha = mv \cos \alpha \quad mv_0 \cos \alpha = mv \cos \alpha$$

$$v = \frac{v_0}{2} \quad v = \frac{v_0 \cos \alpha}{2}$$

$$v_0^2 = \frac{v_0^2}{4} + 2gh$$

$$2v_0^2 = v_0^2 + 4gh$$

$$H = \frac{v_0^2}{4g}$$

$$2) \quad 2v_0^2 = v_0^2 \cos^2 \alpha + 4gh$$

$$v_0^2 (2 - \cos^2 \alpha) = 4gh$$

$$H = \frac{v_0^2 (2 - \cos^2 \alpha)}{4g} = \frac{4 \cdot (1 + 0,25)}{4 \cdot 10} = \frac{4,25}{10} = 0,425 \text{ м}$$

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

$$v^2 (1 + \cos^2 \alpha) - 2v v_0 \cos \alpha = 0$$

$$v (v (1 + \cos^2 \alpha) - 2v_0 \cos \alpha) = 0$$

$$v (v - \frac{2v_0 \cos \alpha}{1 + \cos^2 \alpha}) = 0$$

$$v = \frac{2 \cdot 2 \cdot \sqrt{3}}{2(1 + 3/4)} = \frac{2\sqrt{3}}{1,75} = \frac{2\sqrt{3}}{7}$$

$$\begin{array}{r} 68/35 \\ 35/109 \\ \hline 330 \\ 315 \\ \hline 15 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \sqrt{7} \\ \times 17 \\ \hline 119,6 \end{array}$$

$$8 \cdot 1,7 = 13,6$$

$$\begin{array}{r} 136/7 \\ 7/17 \\ \hline 56 \\ \hline 80 \end{array}$$

$$\frac{8 \cdot 1,7}{70} =$$

$$= \frac{4 \cdot 1,7}{35}$$

$$\sqrt{2 \cdot 10 \cdot 65} = \sqrt{1300} = 10\sqrt{13}$$

3.

$$v_{min} = \sqrt{12 \left(\frac{10\sqrt{13}}{18} + \frac{1}{2} \right)} = 5\sqrt{3}$$

$$= 2\sqrt{3 \left(\frac{10\sqrt{13} + 9}{18} \right)} = 2\sqrt{4,333}$$

$$\begin{array}{r} 12,25 \\ 13 \\ 3,6 \\ \times 3,6 \\ \hline 72 \\ 26 \\ 6 \\ \hline 10,8 \\ 17 \\ 3 \\ \hline 1298 \end{array}$$

$$\frac{3,6}{1,7}$$

$$10 - 3,6 = 6,4$$

$$\begin{array}{r} 72 / 17 \\ \hline 4,23 \\ \hline 40 \\ \hline 342 \\ \hline 60 \\ \hline 54 \\ \hline 9 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 13 / 3 \\ \hline 4,33333 \\ \hline 10 \\ \hline 9 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 12,25 \\ 13 \\ 3,6 \\ \times 3,6 \\ \hline 72 \\ 26 \\ 6 \\ \hline 10,8 \\ 17 \\ 3 \\ \hline 1298 \\ \hline 11,9 \\ \hline 14,29 \end{array}$$

1-ый случай

$$0 = H - vt_1 - \frac{gt_1^2}{2} \quad t_2 - t_1 = \tau$$

$$0 = H + vt_2 - \frac{gt_2^2}{2} \quad t_2 = t_1 + \tau$$

$$0 = H + vt_1 + v\tau - \frac{g(t_1^2 + 2t_1\tau + \tau^2)}{2}$$

$$0 = 2H + 2vt_1 + 2v\tau - gt_1^2 - 2gt_1\tau - g\tau^2$$

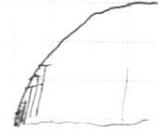
$$0 = 2H + t_1(2v - 2g\tau) - gt_1^2 + 2v\tau - g\tau^2$$

$$\cancel{0 = H - vt_1} \quad vt_1 = H - \frac{gt_1^2}{2}$$

$$\text{Но } \tau = \tau'$$

$$v t_2 = \frac{g t_2^2}{2} - H$$

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



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{cases} v_x^2 + v_y^2 = v_0^2 \\ v - v_x = v_0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} v_y^2 = v_0^2 - v^2 \\ (v - v_0)^2 = v_x^2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} v_0^2 - v^2 = v_0^2 - 2v_0 v + v^2 \\ v = v_0 \\ v = 0 \end{cases}$$

н 3.

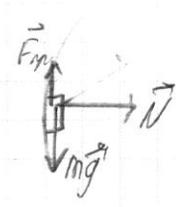
$R = 1,2 \text{ м}$
 $v_0 = 3,7 \text{ м/с}$
 $m = 0,4 \text{ кг}$
 $\mu = 0,9$
 $g = 10 \text{ м/с}^2$

$$N = m \frac{v_0^2}{R}$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu m \frac{v_0^2}{R}$$

$$mg = \mu N$$

$$\frac{\mu m g v_0^2}{R} = \frac{0,9 \cdot 0,4 \cdot 3,7^2}{1,2} = \frac{9 \cdot 4 \cdot 3,7^2}{12000} =$$

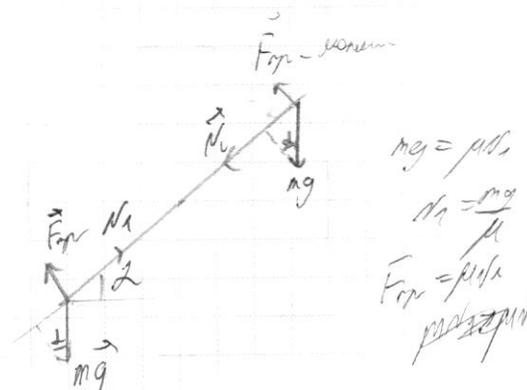


$$\rho = \frac{m v_0^2}{R \sqrt{1 + \mu^2}}$$

$$\rho = m \sqrt{\frac{v_0^4}{R^2} + g^2}$$

$$2) N_1 - mg \sin \alpha = m \frac{v_{\text{min}}^2}{R}$$

$$N_2 + mg \sin \alpha = \frac{m v_{\text{min}}^2}{R}$$



$\mu N_1 = \mu N_2 \Rightarrow F_{\text{тр}} = mg \cos \alpha$

$\mu N_1 = \mu N_2$
 N_1 меньше μN_2 максимальна

возможна сила трения

$$F_{\text{тр}} = \mu N_1 = mg \quad N_2 = \frac{mg}{\mu}$$

$$\frac{mg}{\mu} + mg \sin \alpha = \frac{m v_{\text{min}}^2}{R} \quad v_{\text{min}} = \sqrt{R g \left(\frac{1}{\mu} + \sin \alpha \right)}$$

$$0 = H + vt - \frac{gt^2}{2}$$

$$v = H \frac{gt^2 - 2H}{2t}$$

$$K = \frac{mv^2}{2} = \frac{m(gt^2 - 2H)^2}{8t^2} = m$$

$$t = \frac{10 + \sqrt{100 + 8 \cdot 65/10}}{2} = \frac{10 + \sqrt{100 + 52}}{2} = \frac{10 + \sqrt{152}}{2}$$

$$= 5 + \sqrt{38}$$

$$v = K = \frac{2(10(5 + \sqrt{38})^2 - 130)}{4(5 + \sqrt{38})^2} =$$

$$= \frac{25(25 + 10\sqrt{38} + 38 - 13)}{25 + 10\sqrt{38} + 38} =$$

$$= \frac{25 + (10\sqrt{38} + 50)25}{63 + 10\sqrt{38}} = \frac{(\sqrt{38} + 5)250}{63 + 10\sqrt{38}} =$$

$$= \frac{250\sqrt{38} + 125}{63 + \sqrt{38}} = \frac{25\sqrt{38} + 157,5 - 157,5 + 125}{6,3 + \sqrt{38}} =$$

$$= 25 + \frac{125 - 157,5}{\sqrt{38} + 6,3} = 25 - \frac{32,5}{\sqrt{38} + 6,3} =$$

$$= 25 - \frac{325}{10\sqrt{38} + 63} = 25 - \frac{325}{124}$$

$$\frac{250}{56} = 24,4$$

$$\sqrt{38} \approx 6,1$$

$$\begin{array}{r} 325 \overline{) 124} \\ \underline{-248} \\ 744 \\ \underline{-744} \\ 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 615 \\ 6225 \\ \times 6,2 \\ \hline 612 \\ 372 \\ \hline 38,41 \end{array}$$

~~8,5754~~
~~28~~
76,38

¹
~~38~~
~~25~~
~~63~~
~~13~~
50

~~25~~

~~38~~
~~25~~
63

¹
~~63~~
~~25~~
~~375~~
~~126~~
157,5

~~455~~

~~157,5~~
~~125~~
32,5

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Для x и y проекции u и y имеем: $\frac{mv^2}{2} + mgh$

Перед прыжком

y и ω

$$\frac{mv_1^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + mgh = \frac{mv_2^2}{2}$$

$$v_1^2 = v^2 + 2gh$$

v_1 - скорость перед падением

$$H = \frac{v_1 + v}{2} t$$

$$H = \frac{v + v_1}{2} (t + \tau) \quad v_1^2 - v^2 = 2gh$$

$$H = \frac{v_1^2 - v^2}{2g}$$

$$H = \frac{v_1 + v}{2} t = \frac{v_1 - v}{2} (t + \tau)$$

$$H = \frac{v_1 - v}{2} (t + \tau)$$

$$H = \frac{v_1^2 - v^2}{4} t (t + \tau)$$

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

$$2H = gt^2 + g t \tau$$

$$gt^2 + g t \tau - 2H = 0$$

$$D = \tau^2 + 8H/g$$

$$t_{\text{н}} = \frac{-\tau + \sqrt{\tau^2 + 8H/g}}{2}$$