

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 10

Вариант 10-02

Шифр

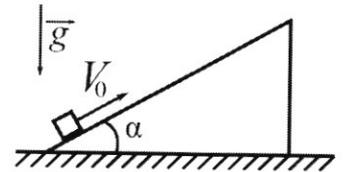
(заполняется секретарём)

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 $g = 10 \text{ м/с}^2$.

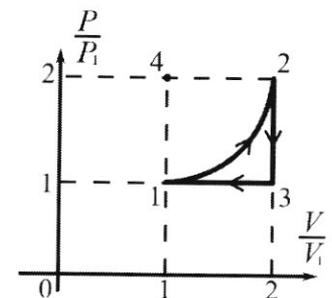
- 1) Найдите начальную скорость V_0 шайбы.
- 2) Найдите скорость V клина, в тот момент, когда шайба вернется в точку старта на клине. Массы шайбы и клина одинаковы.

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.

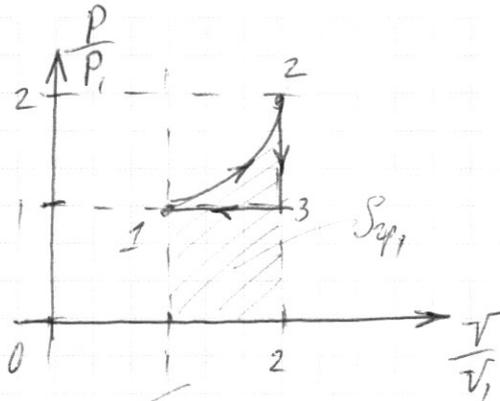
Во втором опыте заряд q однородно распределяют по стержню длины R , стержень помещают на прямой, проходящей через центр заряженной сферы. Ближайшая к центру сферы точка стержня находится на расстоянии $3R$ от центра.

- 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

4
Дано:
 $i=3$
 p_1, V_1
 $Q = Q_{12} = ?$
 $A = A_{1231} = ?$
 $\eta = ?$



газ расширился только
в процессе 1-2 \Rightarrow искомым

$$Q = Q_{12}$$

$$Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12}, \text{ где}$$

$$A_{12} = +S_{cp1} = \frac{2P}{P_1}$$

$$= 2p_1(2V_1) - \frac{1}{4}\pi p_1 V_1 =$$

$$= 2p_1 V_1 - \frac{1}{4}\pi p_1 V_1 = p_1 V_1 \left(2 - \frac{1}{4}\pi\right)$$

$$\Delta U_{12} = \frac{i}{2} \nu R (T_2 - T_1)$$

Упр-е Клапейрона-Менделеева для точек графика.

$$\begin{cases} p_1 V_1 = \nu R T_1 \\ 2p_1 \cdot 2V_1 = \nu R T_2 \end{cases} \Rightarrow T_2 = 4T_1 \quad \left[\Delta U_{12} = \frac{i}{2} \nu R (4T_1 - T_1) = \right. \\ \left. = \frac{i}{2} \nu R \cdot 3T_1 = \frac{i}{2} \cdot 3p_1 V_1 \right]$$

$$Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12} = p_1 V_1 \left(2 - \frac{1}{4}\pi\right) + \frac{i}{2} \cdot 3p_1 V_1 =$$

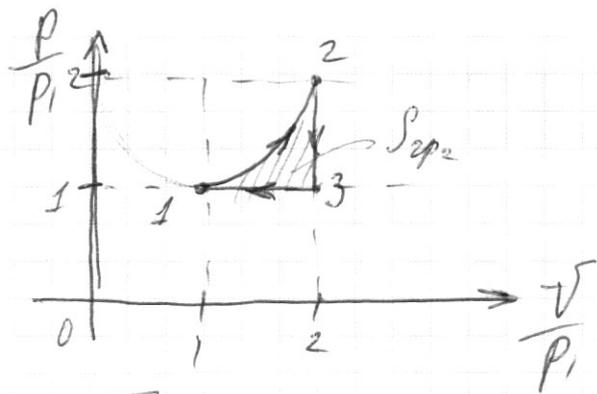
$$= p_1 V_1 \left(2 - \frac{1}{4}\pi + \frac{3i}{2}\right) = p_1 V_1 \left(2 - \frac{1}{4}\pi + \frac{9}{2}\right) =$$

$$p_1 V_1 \left(\frac{13}{2} - \frac{1}{4}\pi\right) = p_1 V_1 \left(\frac{26 - \pi}{4}\right) = \frac{p_1 V_1 \cdot 22,86}{4} =$$

$$= 5,715 p_1 V_1$$

$$\frac{22,86 \cdot 4}{26} = 5,715$$

$$\begin{aligned}
 2) A &= A_{1231} = + S_{2p2} = \\
 &= (2p_1 - p_1)(2v_1 - v_1) - \\
 &- \frac{1}{4} \pi v_1 p_1 = p_1 v_1 - \frac{1}{4} \pi p_1 v_1 = \\
 &= p_1 v_1 \left(\frac{4 - \pi}{4} \right) = \\
 &= \left(\frac{4 - 3,14}{4} \right) p_1 v_1 = 0,215 p_1 v_1
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 3) \eta &= \frac{A_{\Sigma}}{Q_{\Sigma}} = \frac{A_{12341}}{Q_{12}} = \frac{p_1 v_1 \left(\frac{4 - \pi}{4} \right)}{p_1 v_1 \left(\frac{26 - \pi}{4} \right)} = \\
 &= \frac{p_1 v_1 \left(\frac{4 - \pi}{4} \right)}{p_1 v_1 \left(2 - \frac{1}{4} \pi + \frac{36}{4} \right)} = \frac{0,215}{5,715} \approx 0,038
 \end{aligned}$$

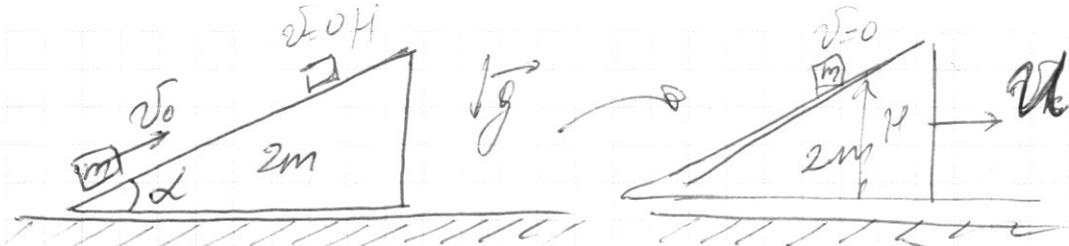
общая формула

Ответ: $Q = 5,715 p_1 v_1$; $A = 0,215 p_1 v_1$; $\eta \approx 0,038$

$$\begin{array}{r}
 5715 \overline{) 215} \\
 \underline{1713} \\
 4365 \\
 \underline{4014} \\
 35050 \\
 \underline{35050} \\
 0
 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 2
Дано:
 $\cos \alpha = 0,6$
 $v_0, H = 0,2 \text{ м}$
 $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$
 $M = 2 \text{ м}$



По ЗСЧ по ох: $m v_0 \cos \alpha = 3 m U$ $U = \frac{v_0 \cos \alpha}{3}$ когда шайба остановилась.

$v_0 = ?$
 $v = ?$

По ЗСЭ:
 $\frac{m v_0^2}{2} + 2 m g h = \frac{3 m U^2}{2} + m g H + 2 g m h$

h - у. ш. клина
 $m v_0^2 = 3 m U^2 + 2 m g H$
 $U = \frac{v_0 \cos \alpha}{3} \Rightarrow v_0^2 = \frac{3 v_0^2 \cos^2 \alpha}{9} + 2 g H$

$6 v_0^2 - v_0^2 = 2 g H$
 $5 v_0^2 = 6 g H$
 $v_0 = \sqrt{\frac{6 g H}{5}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 10 \cdot 0,2}{5}} = \sqrt{\frac{12}{5}} = \sqrt{2,4} = 2 \sqrt{\frac{3}{5}} \text{ м/с}$

$v_0^2 - \frac{1}{3} v_0^2 \cos^2 \alpha = 2 g H$
 $v_0^2 = \frac{2 g H}{(1 - \frac{1}{3} \cos^2 \alpha)}$
 $v_0 = \sqrt{\frac{2 g H}{1 - \frac{1}{3} \cos^2 \alpha}} =$

$= \sqrt{\frac{2 \cdot 10 \cdot 0,2}{1 - \frac{1}{3} \cdot 0,6^2}} = \sqrt{\frac{4}{1 - 0,12}} = \frac{2}{\sqrt{0,88}} = \frac{2}{\sqrt{0,88}} \approx \sqrt{4,55} \approx 2,1 \text{ м/с}$

100 | 22
38 | 454
- 120 |
- 110 |
100

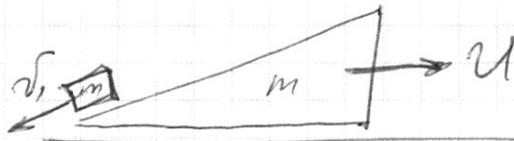
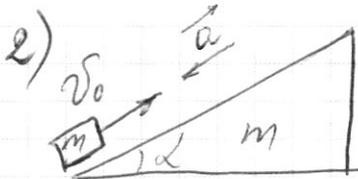
100 | 11
21 | 21
- 42 |
44 |

2,3
x 2,3
69
706
529

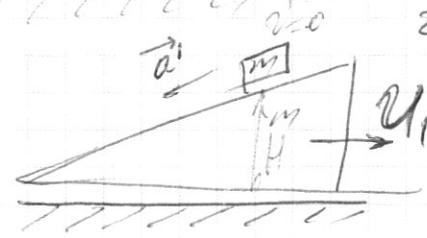
2,2
x 2,2
44
44
44
84
c = 2,25
x 2,25
1105
+ 450
450
50605

1 этап

3 этап



2 этап



по ЗСЧ:

$$m v_0 \cos \alpha = m v \cos \alpha + 2m U$$

$$m v_0 \cos \alpha = 2m U_1$$

$$m U_1 = -m v \cos \alpha + U$$

по ЗСЭ:

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

т.к. по оси ~~гор~~ вдоль клина

оба a, a' - ускорения

друска отн. клина

на друсок действует только сила тяжести mg, то если, то a = a' $\Rightarrow \begin{cases} v_1 = v_0 \\ v_1 = -v_0 \end{cases}$ v_1 - скорость отн. клина

ЗСЧ по OX в грав системе "клин + друсок"

$$m v_0 \cos \alpha = - (v_1 - U_1) m + m U_1$$

$$v_0 \cos \alpha = U_1 - v_1 \cos \alpha + U_1$$

$$2 U_1 = 2 v_0 \cos \alpha \quad \boxed{U_1 = v_0 \cos \alpha}$$

по ЗСЭ: (грав акт. 1-2)

$$\frac{m v_0^2}{2} = m U_1^2 + m v_1^2$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{2m U_1^2}{2} + m g H$$

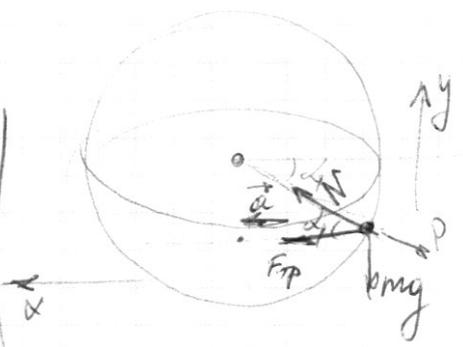
$$m v_0^2 = 2 v_0^2 \cos^2 \alpha + 2 g H$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{2 g H}{1 - 2 \cos^2 \alpha}}$$

$$v = U_1 = v_0 \cos \alpha = \cos \alpha \sqrt{\frac{2 g H}{1 - 2 \cos^2 \alpha}}$$

Ответ: $v_0 \approx 1,4 \text{ м/с}; U_1 \approx 1,68 \text{ м/с}$

3
 Дано:
 $P = 2mg$
 $\mu = 0,8$
 $\alpha = 45^\circ$
 $R = 1 \text{ м}$
 $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$
 $a = ?$
 $v_{\text{min}} = ?$



1) $P = 2mg = N$ (из 3 ЗН. $P=N$)
 2 3. Н. (2ой Закон Ньютона)

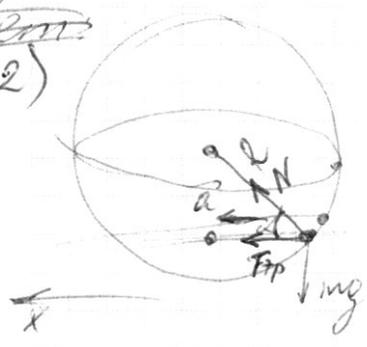
оу: $N \sin \alpha_1 - mg = 0$
 $2mg \sin \alpha_1 = mg$
 $\sin \alpha_1 = \frac{1}{2}$ $\alpha_1 = 30^\circ$

оx: $F_{тр} + \mu N \cos \alpha_1 = ma$
 $\mu N + N \cos \alpha_1 = ma$

$\mu \cdot 2mg + 2mg \cos \alpha_1 = ma$
 $a = 2g(\mu + \cos \alpha_1) = 20 \cdot (0,8 + \frac{\sqrt{3}}{2}) =$
 $= 16 + 10\sqrt{3} \approx 16 + 17 \approx 33 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

В рассмотренных случаях автомобиль движется в нижней полусфере т.к. не сказано в усл. задачи в каком направлени...

Ответ:
 2)



$v = \text{const} \Rightarrow F_{тр} \uparrow \uparrow a_n = a$
 2 3. Н. (II Закон Ньютона)

оу: $N \sin \alpha - mg = 0$
 оx: $N \cos \alpha + F_{тр} = ma$
 $m = \frac{N \sin \alpha}{g}$

$N \cos \alpha + \mu N = ma$
 $N \cos \alpha + \mu N = \frac{N \sin \alpha \cdot a}{g}$

$a = \frac{(\cos \alpha + \mu) g}{\sin \alpha}$
 $a = a_n = \frac{v_{\text{min}}}{R \cos \alpha}$

$v_{\text{min}} = \sqrt{\frac{(\cos \alpha + \mu) g R \cos \alpha}{\sin \alpha}} = \sqrt{\frac{(\frac{\sqrt{2}}{2} + 0,8) 10}{\frac{\sqrt{2}}{2}}} =$
 $= \sqrt{8 + 5\sqrt{2}} \approx \sqrt{8 + 5 \cdot 1,4} \approx \sqrt{15} \approx 1,7 \cdot 2,25 \approx$
 $\approx 8,3,825 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

центр сферы в центре дуги. В верхней части полушара скорость минимальна. Все детали... с учетом новых направ...

Ответ: $a \approx 33 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$; $v_{\text{min}} \approx 3,825 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

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

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

$$0 = v_0 t + v_0 t - v_0 \tau + \frac{g t^2}{2} - \frac{g(t+\tau)^2}{2}$$

$$2v_0 t - v_0 \tau + \frac{g}{2}(t^2 - t^2 - 2\tau t - \tau^2) = 0$$

$$2v_0 t - v_0 \tau + \frac{g}{2}(-2\tau t - \tau^2) = 0$$

$$4v_0 t - 2v_0 \tau - 2g\tau t - g\tau^2 = 0$$

$$t(4v_0 - 2g\tau) = 2v_0 \tau + g\tau^2$$

$$t = \frac{2v_0 \tau + g\tau^2}{4v_0 - 2g\tau} = \frac{2 \cdot \sqrt{\frac{2k}{m}} \tau + g\tau^2}{4\sqrt{\frac{2k}{m}} - 2g\tau}$$

$$= \frac{2 \cdot \sqrt{\frac{3600}{1}} \cdot 10 + 10 \cdot 10^2}{4 \cdot \sqrt{3600} - 2 \cdot 10 \cdot 10} = \frac{2 \cdot 600 + 1000}{4 \cdot 60 - 200} = \frac{2200}{40}$$

$$= 55 \text{ c}$$

$$H = v_0 t + \frac{g t^2}{2} = 60 \cdot 55 + \frac{10 \cdot 55^2}{2} = 3300 + 3025$$

$$60 \cdot 55 + \frac{10 \cdot 55^2}{2} = 60 \cdot 55 + 5 \cdot 55^2$$

$$-60 \cdot 65 + \frac{10 \cdot 65^2}{2}$$

$$5 \cdot 10 \cdot 120$$

$$5 \cdot 65^2 - 60 \cdot 65$$

$$5(65^2 - 55^2) - 60(65 + 55)$$

$$100x + 1500 - 220x - 600 = 0 \quad 20x = 120 \quad x = 50$$

$$5 \cdot (x+10)^2 - x^2 - 60(x+10)$$

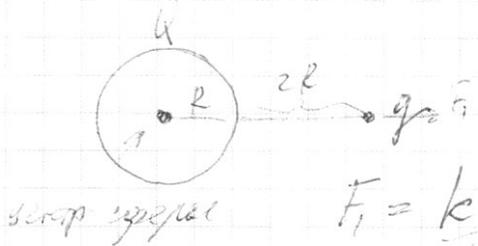
$$5(20x+100) - 60(2x+10) = 0$$

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № _____
(Нумеровать только чистовики)

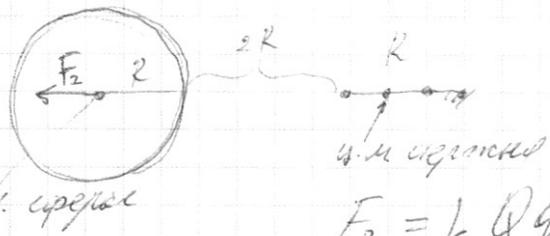
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

✓ 5
Зано:
 $Q, q > 0, R$
 $3R$



$$F_1 = k \frac{Qq}{(R+2R)^2} = k \frac{Qq}{9R^2}$$

$F_1 = ?$
 $F_2 = ?$



$$F_2 = k \frac{Qq}{(3,5R)^2} = k \frac{Qq}{12,25R^2}$$

2
3,5
3,5
17,5
5
2,25

Ответ: $F_1 = k \frac{Qq}{9R^2}$; $F_2 = k \frac{Qq}{12,25R^2}$

✓ 1
Зано:
 $m_1 = 1 \text{ кг}$
 $T = 3 \text{ с}$
 $K = 1800 \text{ Дж}$

$$K = \sum \frac{m_i v_i^2}{2} \quad \left\{ \begin{array}{l} v_1 = v_2 = \dots = v \\ \sum m_i = m \end{array} \right. \Rightarrow K = \frac{m v^2}{2}$$

$$v = \sqrt{\frac{2K}{m}}$$

$v = v_i$ - скорость осколков.

$H = ?$
 $r = ?$

т.к. ~~Снаряд~~ ~~Рейтерберг~~ разорвался в высшей точке траектории \Rightarrow $H = \frac{gT^2}{2} = 5 \cdot 9 = 45 \text{ м}$

Итак ясно, что первым на землю упадет осколок, который сразу после разрыва пойдет вертикально вниз.

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

$$\begin{cases} H = vt + \frac{gt^2}{2} \\ H = \frac{gT^2}{2} \end{cases} \quad \frac{gt^2}{2} + vt - \frac{gT^2}{2} = 0$$

$$gt^2 + 2vt - gT^2 = 0$$

$$D = 4v^2 + 4g^2T^2$$

$$t_{1,2} = \frac{-2v \pm \sqrt{D}}{2g}$$

$$t_1 = \frac{-2v + \sqrt{4v^2 + 4g^2T^2}}{2g} = \frac{-2\sqrt{\frac{2k}{m}} + \sqrt{4 \cdot \frac{2k}{m} + 4g^2T^2}}{2g}$$

$$= \frac{-60 + \sqrt{3600 + 900}}{10} = \frac{-60 + \sqrt{3600 + 900}}{10}$$

$$= \frac{-60 + \sqrt{3600 + 900}}{10} = \frac{-60 + \sqrt{3600 + 900}}{10}$$

$$= \frac{-60 + \sqrt{3600 + 900}}{10} = \frac{-60 + 10\sqrt{45}}{10} = -6 + 3\sqrt{5} \approx$$

$$t_2 = \frac{-2v - \sqrt{D}}{2g} < 0 \Rightarrow \text{не подходит.} \approx -6 + 6,75 \approx$$

$$\tau = t_1 \approx 0,75 \text{ c}$$

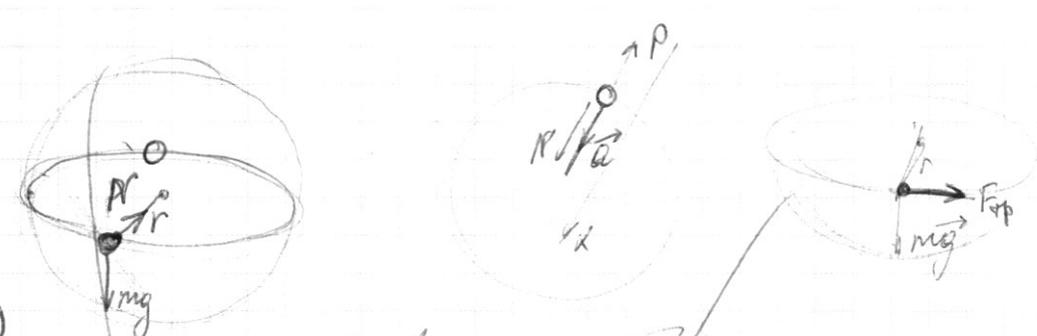
$$\begin{array}{r} \approx 0,75 \text{ c} \\ \times 3 \\ \hline 2,25 \\ 6,75 \end{array}$$

Ответ: $H = 45 \text{ м}$; $\tau \approx 0,75 \text{ c}$

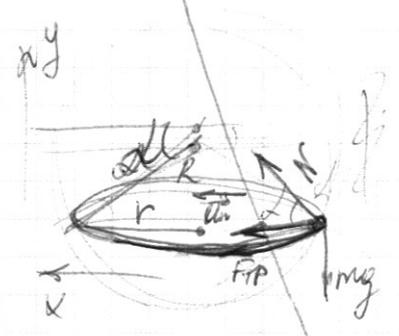
~~$$\frac{-v + \sqrt{v^2 + g^2T^2}}{g} = \frac{-60 + \sqrt{3600 + 900}}{10}$$~~

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3
Дано:
 $\alpha = 45^\circ$ $R = 1\text{ м}$
 $P = 2mg$
 $\mu = 0,8$
 $a = ?$
 $v_{\min} = ?$



1) $N = P$ по 3 З.Н.
2. З.Н. 1) движение равноускоренное $\Rightarrow a = a_n$
2) $0x: N = ma$ т.е. $2mg = ma$ $a = 2g = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$



2) 3. Н. $0x: F_{tr} + N \cos \alpha = ma$
 $0y: N \sin \alpha - mg = 0$
 $N = \frac{mg}{\sin \alpha}$ $F_{tr} = \mu N$
 $F_{tr} + N \cos \alpha = ma$

$$\mu N + N \cos \alpha = \frac{N \sin \alpha}{g} \cdot a$$

$$a = \frac{g(\mu + \cos \alpha)}{\sin \alpha}$$

$$a = \frac{v_{\min}^2}{r}$$

$$r = R \cos \alpha$$

3
1,7
2,25
3,5
3,4
34
3825

$$v_{\min} = \sqrt{ar} = \sqrt{\frac{g(\mu + \cos \alpha)}{\sin \alpha} \cdot R \cos \alpha} =$$

$$= \sqrt{\frac{8 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} + \frac{2}{4}}{\frac{\sqrt{2}}{2}}} = \sqrt{\frac{16\sqrt{2} + 2}{\frac{\sqrt{2}}{2}}} = \sqrt{\frac{32\sqrt{2} + 4}{\sqrt{2}}} = 2 \sqrt{\frac{16\sqrt{2} + 1}{\sqrt{2}}}$$

$$v_{\min} = \sqrt{ar} = \sqrt{\frac{g(\mu + \cos \alpha) \cdot R \cos \alpha}{\sin \alpha}} = \sqrt{8 + 5\sqrt{2}} \approx$$

$$\approx 1,7 \cdot 2,25 \approx 3,825 \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx \sqrt{8+7} \approx \sqrt{15} = \sqrt{3 \cdot 5} \approx$$

30 u :

$$v_0 \cos \alpha m = 3m u$$

$$u = \frac{v_0 \cos \alpha}{3}$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{u \cdot 3m}{2} + m \cdot Hg$$

$$v_0^2 = 3u^2 + 2gH$$

$$v_0^2 - \frac{1}{3} v_0^2 \cos^2 \alpha = 2gH$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{2gH}{1 - \frac{1}{3} \cos^2 \alpha}} = \frac{2}{\sqrt{1 - \frac{2\sqrt{2}}{213}}}$$

$$1 - \frac{1}{3} \cdot \frac{6}{10} \cdot \frac{6}{10}$$

$$1 - \frac{9}{75} = 1 - \frac{3}{25} = \frac{22}{25}$$

$$1 - \frac{1 \cdot 0,36}{3 \cdot 0,36} = \frac{1}{108}$$

$$\frac{107}{108}$$

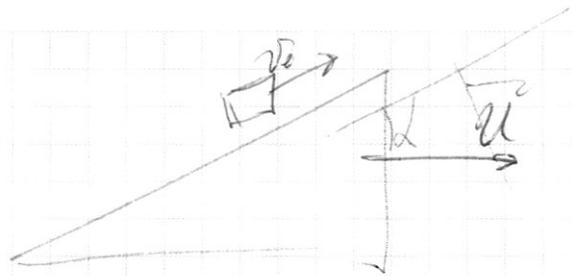
$$F_{sp} + N \cos \alpha = ma$$

$$N \sin \alpha = mg \quad m = \frac{N \sin \alpha}{g}$$

$$u N + N \cos \alpha = \frac{N \sin \alpha \cdot a}{g}$$

$$a = \frac{(u + \cos \alpha) g}{\sin \alpha} = \sqrt{\frac{(u + \cos \alpha) g \cos \alpha}{\sin \alpha}}$$

= 8+



$$m v_0 = 3m u \cos \alpha$$

$$u = \frac{v_0}{3 \cos \alpha}$$

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

$$mg = N \sin \alpha \Rightarrow \sin \alpha = \frac{1}{2}$$

$$N = 2mg$$

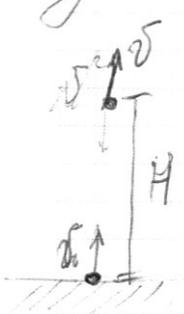
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1
Дано:
 $m = 1 \text{ кг}$
 $T = 3 \text{ с}$
 $K = 1800 \text{ Дж}$
 $\tau = 10 \text{ с}$
 $g = 10 \text{ м/с}^2$
1) $H = ?$
2) $\tau = ?$

2) Вопрос: "В течение какого промежутка времени τ осколки будут падать на землю?"
Ответ выводится из условия задачи: "На землю осколки падают в течение $\tau = 10 \text{ с}$ "
т.е. можно сделать вывод, что ответ - $\tau = 10 \text{ с}$.

$$1) K = \sum \frac{m_i v_i^2}{2} \begin{cases} v_1 = v_2 = \dots = v_i \\ \sum m_i = m \end{cases} \Rightarrow K = \frac{v^2 \cdot m}{2} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2K}{m}}$$

По ЗСЭ К_{осколки} = К_{шарик} - Кинетическая энергия шарика до взрыва. $K_0 = K$ т.е. $\frac{m v^2}{2} = K \Rightarrow v^2 = \frac{2K}{m}$



$$H = \frac{v_0 + v}{2} \cdot T$$

$$v = v_0 - gT$$

$$v_0 = v + gT$$

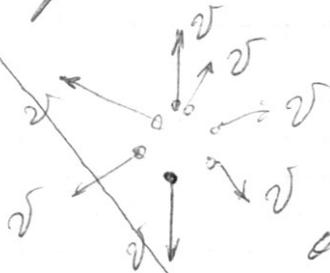
$$H = \frac{2v + gT}{2} \cdot T = \frac{2\sqrt{\frac{2K}{m}} + gT}{2} \cdot T =$$

$$= \frac{2 \cdot \sqrt{\frac{3600}{1}} + 10 \cdot 3}{2} \cdot 3 = \frac{2 \cdot 60 + 30}{2} \cdot 3 =$$

$$= 75 \cdot 3 = 225 \text{ м}$$

v - скорости осколков

Перейдём в СО связанную с падающими осколками (которые после взрыва сразу полетели вертикально вниз)



τ - разность времени между приземл. 1^{го} и последнею осколком.

Асно, что ~~ни~~ упадёт осколок полетевши. верт. вниз после взрыва, а последним - полетевший вертикально вверх после взрыва.

В СО связан. с ~~ни~~ уравни. осколком:

$\vec{v}_{отн} = \vec{v}_{последн. уравни. осколком}$ относ. первого
 $v_{отн} = v_{вдв} - v_{ввр}$ т.е. $v_{отн} = 2v$

где $a_{отн} = g - g$ т.е. $a = 0$ т.е. равномерное движение

~~$h_1 - h_2 = \frac{2v^2}{2g} = 2v\tau$~~

~~$h_1 = H + \frac{v^2}{2g}$
 $h_2 = H - \frac{v^2}{2g}$~~

~~$v = 2\tau g$~~



ay: $H = vt_1 + \frac{gt_1^2}{2}$
 $H = -vt_2 + \frac{gt_2^2}{2}$

$t_2 - t_1 = \tau$

$0 = 2v(t_1 + t_2) + \frac{g}{2}(t_1^2 - t_2^2)$

$0 = 2v(t_1 + t_2) + \frac{g}{2}(t_1 + t_2)(t_1 - t_2)$

$2v + \frac{g}{2}(t_1 - t_2) = 0$

$H = 2v\tau = 2\tau \cdot \sqrt{\frac{2K}{m}} = 2 \cdot 10 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 1800}{4}} = 2 \cdot 10 \cdot 60 = 1200 \text{ м}$

Ответ