

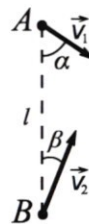
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 09

Вариант 09-02

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без влс

1. Корабль A и торпеда B в некоторый момент времени находятся на расстоянии $l = 0,8$ км друг от друга (см. рис.) Скорость корабля $V_1 = 8$ м/с, угол $\alpha = 60^\circ$, угол $\beta = 30^\circ$. Скорость V_2 торпеды такова, что торпеда попадет в цель.



1) Найдите скорость V_2 торпеды.

2) На каком расстоянии S будут находиться корабль и торпеда через $T = 25$ с?

2. Плоский склон горы образует с горизонтом угол α , $\sin \alpha = 0,6$. Из миномета, расположенного на склоне, производят выстрел, под таким углом β к поверхности склона, что продолжительность полета мины наибольшая. Мина падает на склон на расстоянии $S = 1,8$ км от точки старта.

1) Под каким углом β к поверхности склона произведен выстрел?

2) Найдите максимальную дальность L стрельбы из такого миномета на горизонтальной поверхности. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха пренебрежимо мало.

3. Вниз по шероховатой наклонной плоскости равнозамедленно движется брусок. Величина ускорения бруска $a = 2$ м/с². Пластиновый шарик, движущийся по вертикали, падает на брусок и прилипает к нему, а брусок останавливается. Продолжительность полета шарика до соударения $T = 0,2$ с. Начальная скорость шарика нулевая.

1) Найдите скорость V_1 шарика перед соударением.

2) Найдите скорость V_2 бруска перед соударением.

Движение шарика до соударения – свободное падение. Массы бруска и шарика одинаковы.

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха пренебрежимо мало.

Быстрые процессы торможения бруска и деформации пластины заканчиваются одновременно. В этих процессах действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.

4. Два одинаковых шарика движутся по взаимно перпендикулярным прямым и слипаются в результате абсолютно неупругого удара. После слипания скорость шариков $V = 25$ м/с. Скорость одного из шариков перед слипанием $V_1 = 30$ м/с.

1) С какой скоростью V_2 двигался второй шарик перед слипанием?

2) Найдите удельную теплоемкость c материала, из которого изготовлены шарики, если известно, что в результате слипания температура шариков повысилась на $\Delta t = 1,35$ °C. Температуры шариков перед слипанием одинаковы.

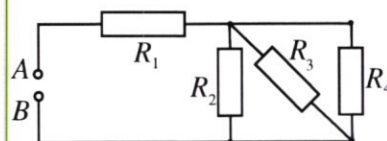
5. Четыре резистора соединены как показано на рисунке. Сопротивления резисторов $R_1 = 2 \cdot r$,

$R_2 = R_3 = 4 \cdot r$, $R_4 = r$. На вход АВ схемы подают напряжение $U = 8$ В.

1) Найдите эквивалентное сопротивление R_{AB} цепи.

2) Какая суммарная мощность P будет рассеиваться на резисторах R_2 ,

R_3 и R_4 при $r = 6$ Ом?



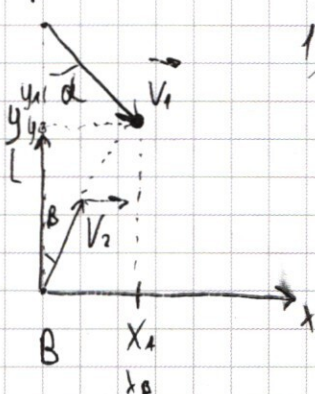
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:

$$L = 0,8 \text{ км} = 800 \text{ м}; V_1 = 8 \text{ м/с}$$

$$\alpha = 60^\circ; \beta = 30^\circ$$

$$N = 1$$



1) Торпедка попадает в цель $\Rightarrow$ (траектория)
координаты $x_{\text{торпеды}}$ и $x_{\text{корабля}}$ и $y_{\text{торпеды}}$
и $y_{\text{корабля}}$ совпадают в единый мо-
мент времени: (t_1 - время, через которое они
столкнутся)

$$\begin{cases} x_A(t) = x_B(t) \\ y_A(t) = y_B(t) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} V_1 \sin \alpha t = V_2 \sin \beta t \\ L - V_1 \cos \alpha t = V_2 \cos \beta t \end{cases}$$

$$\Rightarrow V_2 = \frac{V_1 \sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{8 \text{ м/с} \cdot \sin(60^\circ)}{\sin(30^\circ)} = \frac{8 \text{ м/с} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{1}{2}} = \boxed{8\sqrt{3} \text{ м/с}}$$



$$T = 25 \text{ с}$$

Если они столкнутся, то (из п. 1)

$V_1 \sin \alpha t = V_2 \sin \beta t$, то есть в
каждый момент времени их

координата по x равна: $x_A(t) = x_B(t)$, $\Rightarrow$

$$S_{(T)} V_{(T)} = \sqrt{(x_{A(T)} - x_{B(T)})^2 + (y_{A(T)} - y_{B(T)})^2} = \sqrt{0 + (y_A(t) - y_B(t))^2} = |y_A(t) - y_B(t)| =$$

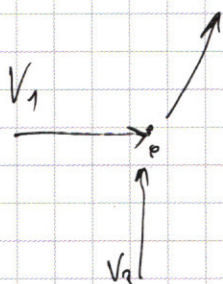
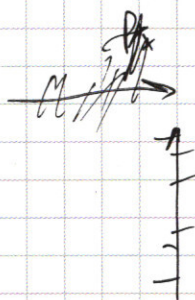
$$= y_A(t) - y_B(t) = L - V_1 \cos \alpha T - V_2 \cos \beta T = 0,8 \text{ км} - 8 \text{ м/с} \cdot \frac{1}{2} \cdot 25 \text{ с}$$

$$= 8\sqrt{3} \text{ м/с} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 25 \text{ с} = 800 \text{ м} - 100 \text{ м} - 300 \text{ м} = \boxed{400 \text{ м}}$$

Ответ: $V_2 = 8\sqrt{3} \text{ м/с}; S(25 \text{ с}) = 400 \text{ м}$

$$\begin{array}{r|l} 500 & 22 \\ \hline 22 & 12,5115 \\ 230 & \\ 216 & \end{array}$$

$$\begin{array}{r|l} 14,0 & \\ \hline 13,5 & \\ 5,0 & \\ 2,2 & \\ 28,0 & \\ 21,6 & \\ \hline 14,0 & \end{array}$$



$$P_{0x} = mV_1 = P_{Kx}$$

$$P_{0y} = mV_2 = P_{Ky}$$

$$P_K = \sqrt{P_{Kx}^2 + P_{Ky}^2} = \sqrt{m^2 V_1^2 + m^2 V_2^2} = 2mV$$

$$V_1^2 + V_2^2 = 4V^2$$

$$V_2 = \sqrt{4V^2 - V_1^2} =$$

$$= \sqrt{4 \cdot 625 - 900} =$$

$$= \sqrt{2500 - 900} =$$

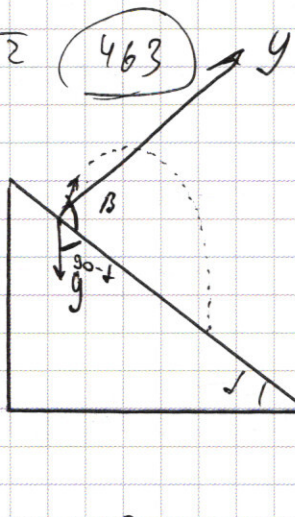
$$= 4 \sqrt{1600} = 40$$

$$\frac{mV_1^2}{2} + \frac{mV_2^2}{2} = \frac{2mV^2}{2} + C \Delta t$$

$$C = \frac{V_1^2}{2} + \frac{V_2^2}{2} - V^2 = \frac{800 + 450 - 625}{2} = \frac{625}{1,35} = \frac{125}{0,22}$$

$$\begin{array}{r|l} 625 & 12500 \quad 22 \\ \hline 108 & 463,962 \\ 170 & \\ 162 & \\ 80 & \\ 54 & \\ 260 & \\ 243 & \\ \hline 170 & \end{array}$$

$$V \cdot \sin B$$



$$\begin{aligned} x &= V \cdot \cos B t + g(\cos(90-d)) t^2 \\ y &= V \cdot \sin B t + g(\sin(90-d)) t^2 \end{aligned}$$

$$V \cos B t + \frac{g \cos(90-d) t^2}{2} - 1,800 = 0$$

$$V^2 \cos^2 B + 4 \cdot 1800 \cdot \frac{g \cos(90-d)}{2} = V^2 \cos^2 B + 3600 g \sin d$$

$$t = \frac{V \cos B + \sqrt{V^2 \cos^2 B - 3600 g \sin d}}{g \sin d}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

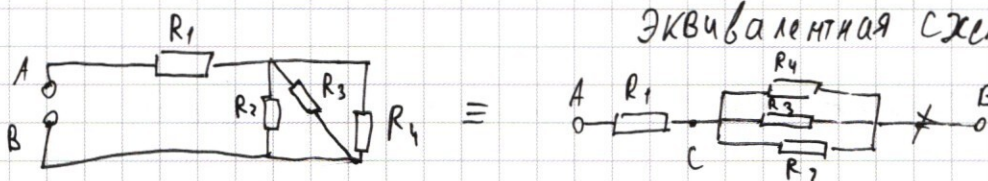
$N=5$.

$$R_1 = 2r; \quad R_2 = R_3 = 4r; \quad R_4 = r; \quad U = 8 \text{ В}$$

1) $R_{AB} = ?$

2) $P_{R_2}, P_{R_3}, P_{R_4} = ?$ при $r = 6 \text{ Ом}$

Эквивалентная схема:



1) $R_{AB} = R_{AC} + R_{CB}$ тк соединение посл.

$$R_{CB} = \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}} \quad \text{тк соединение парал.} \Rightarrow$$

$$R_{CB} = 1 : \left(\frac{1}{4r} + \frac{1}{4r} + \frac{1}{r} \right) = 1 : \left(\frac{1}{4r} + \frac{1}{4r} + \frac{4}{4r} \right) = 1 : \left(\frac{6}{4r} \right) = \frac{2}{3} r$$

$$R_{AC} = R_1 = 2r$$

$$R_{AB} = R_{AC} + R_{CB} = 2r + \frac{2}{3} r = \boxed{2\frac{2}{3} r} \approx \boxed{2,67 r}$$

2) по закону Джоуля-Ленца $P = I^2 R = \frac{U^2}{R} = UI$

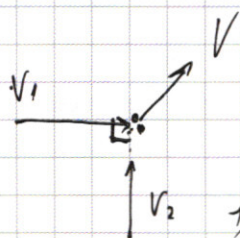
в нашем случае удобнее считать по формуле $R = \frac{U^2}{P}$



Запишем $\frac{1}{R_{CB}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}$ на $\frac{1}{R_{CB}}$, тк суммарная мощность $\sum P = P_2 + P_3 + P_4$

равна мощности P_{CB} , тк $R_{CB} = \sum R_{2;3;4}$

$$I = \frac{U_0}{R_0} = \frac{U}{R_{AB}} = \frac{8 \text{ В}}{2\frac{2}{3} r} = \frac{8 \text{ В}}{\frac{8}{3} \cdot 6 \text{ Ом}} = 0,5 \text{ А}$$



$N=4$.

пусть масса шариков $= m$, тогда:

1) по закону сохранения импульса

$$\vec{P}_K = \vec{P}_H \Rightarrow P_K = \sqrt{P_1^2 + P_2^2} \Rightarrow (2m) \cdot V = \sqrt{(mV_1)^2 + (mV_2)^2} \Rightarrow$$

$$V = \sqrt{V_1^2 + V_2^2} \Rightarrow V_2 = \sqrt{4V^2 - V_1^2} = \sqrt{4(25 \text{ м/с})^2 - (30 \text{ м/с})^2} = \sqrt{4 \cdot 625 \text{ м}^2/\text{с}^2 - 900 \text{ м}^2/\text{с}^2}$$

$$= \sqrt{1600 \text{ м}^2/\text{с}^2} = (40 \text{ м/с})$$

2) По закону сохранения энергии $E_H = E_K \Rightarrow$

$$\frac{mV_1^2}{2} + \frac{mV_2^2}{2} = \frac{2mV^2}{2} + Q, \text{ где } Q - \text{выделившееся тепло.}$$

$$\frac{mV_1^2}{2} + \frac{mV_2^2}{2} = mV^2 + C \Delta t \Rightarrow C = \frac{\frac{V_1^2}{2} + \frac{V_2^2}{2} - V^2}{\Delta t}$$

$$= \frac{\frac{(30 \text{ м/с})^2}{2} + \frac{(40 \text{ м/с})^2}{2} - (25 \text{ м/с})^2}{1,35^\circ \text{C}} = \frac{(450 + 800 - 625) \text{ м}^2/\text{с}^2}{1,35^\circ \text{C}} = \frac{625 \text{ м}^2/\text{с}^2}{1,35^\circ \text{C}}$$

$$= \frac{125}{2,29} \frac{\text{Дж}}{\text{кг}^\circ \text{C}} \approx \boxed{4639 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}^\circ \text{C}}} \quad (462,96 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}^\circ \text{C}})$$

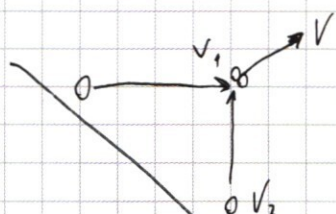
Ответ: $V_2 = 40 \text{ м/с}$; $C = 462,96 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}^\circ \text{C}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$R \times P_{св} = I_{св}^2 \cdot R_{св} = I_0^2 \cdot R_{св} = (0,5 \text{ A})^2 \cdot \frac{2}{3} \Omega = 0,25 \text{ A}^2 \cdot \frac{2}{3} \cdot 6 \Omega = \boxed{1 \text{ Вт}}$$

$$(I_0 = I_{св} \text{ т.к. соедин. послед.}) \quad \sum P = P_{св} = \underline{1 \text{ Вт}}$$

Ответ: $R_{AB} = 2\frac{2}{3} \Omega \approx 2,67 \Omega$; $\sum P = 1 \text{ Вт}$.
 $N=4$.



1) Пусть масса шариков $= m$, тогда

по закону сохр. импульса $p_0 = p_k \Rightarrow mV_1 + mV_2 = 2m \cdot V$

$$V_2 = 2V - V_1 = 2 \cdot 25 \text{ м/с} - 30 \text{ м/с} = \boxed{20 \text{ м/с}}$$

2) По закону сохранения энергии $E_0 = E_k \Rightarrow$ (Q - выделившееся тепло)

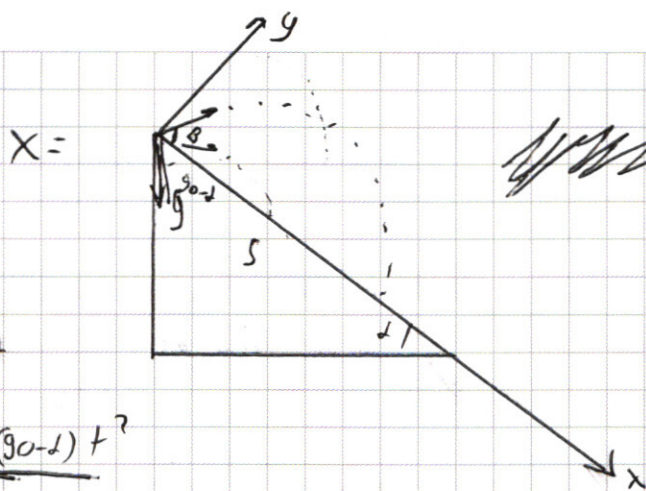
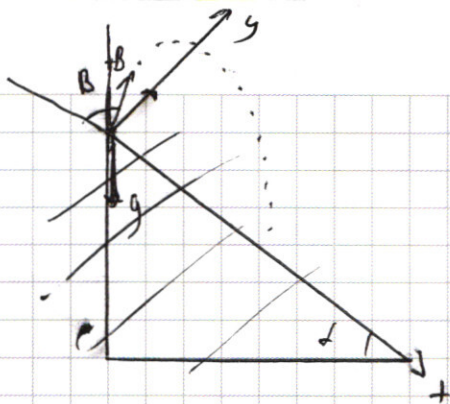
$$\frac{mV_1^2}{2} + \frac{mV_2^2}{2} = \frac{2mV^2}{2} + Q$$

$$\frac{m \cdot V_1^2}{2} + \frac{m \cdot V_2^2}{2} = mV^2 + c m \Delta t \Rightarrow c = \frac{\frac{V_1^2}{2} + \frac{V_2^2}{2} - V^2}{\Delta t}$$

$$= \frac{(30 \text{ м/с})^2}{2} + \frac{(20 \text{ м/с})^2}{2} - (25 \text{ м/с})^2$$

$$= \frac{450 \text{ м}^2/\text{с}^2 + 200 \text{ м}^2/\text{с}^2 - 625 \text{ м}^2/\text{с}^2}{1,35^\circ \text{C}} =$$

$$= \frac{25 \text{ м}^2/\text{с}^2}{1,35^\circ \text{C}} = \frac{5 \text{ м}^2/\text{с}^2}{135^\circ \text{C}} = \frac{2500 \text{ м}^2/\text{с}^2}{135^\circ \text{C}} = \frac{500 \text{ м}^2/\text{с}^2}{27^\circ \text{C}} \approx 18,5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}^\circ \text{C}}$$



$$x = V \cos B t + \frac{g \cos(90-\alpha)}{2} t^2$$

$$y = V \sin B t - \frac{g \sin(90-\alpha)}{2} t^2 = 0$$

$$t = \frac{V \sin B \cdot 2}{g \sin(90-\alpha)} \Rightarrow \sin B = \max \Rightarrow B = 90^\circ$$

t = max

$$x = V \cos B t + \frac{g \cos(90-\alpha)}{2} t^2 = 1800$$

$$x = V \cos \alpha t$$

$$y = V \sin \alpha t - \frac{g t^2}{2} = 0$$

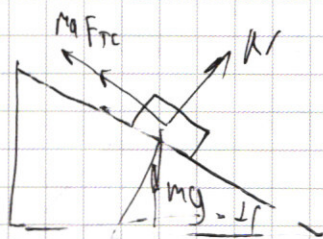
$$\frac{g t}{2} = V \sin \alpha$$

$$x = \frac{V \cos \alpha \cdot 2 V \sin \alpha}{g}$$

$$t = \frac{2 V \sin \alpha}{g}$$

$$\begin{array}{r} 3 \\ \times 160 \\ 6 \\ \hline 960 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 4 \\ \times 960 \\ 8 \\ \hline 2680 \end{array}$$



$$ma = \mu N - mg \cdot \sin \alpha$$

$$\mu = \frac{ma}{N} = \frac{\mu (mg \cos \alpha) - mg \cdot \sin \alpha}{mg \cos \alpha}$$

$$0,2 \mu$$

$$2 \mu / 10 = \mu \cos \alpha \cdot \sin \alpha$$

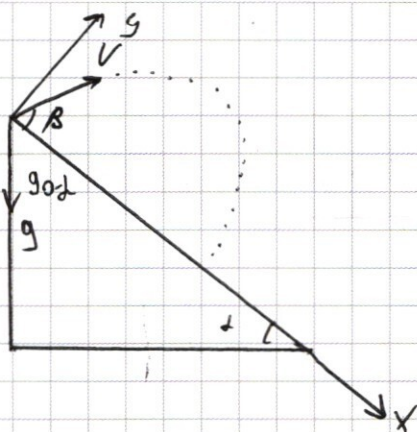
$$\mu = \tan \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}$$

$$\sin^2 \alpha = 0,2$$

$$\sin \alpha = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{10}} = \frac{1\sqrt{2}}{5} = \frac{\sqrt{5}}{5}$$

$$\cos \alpha = \frac{\sqrt{8}}{10} = \frac{2\sqrt{2}}{5\sqrt{5}} = \frac{2\sqrt{5}}{5}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



№3.

1) Пустим оси Ox и Oy как показа-
но на рисунке;

V - начальная скорость снаряда

$$\begin{cases} \vec{a} = \text{const} = \vec{g} \\ \vec{V} = \vec{V}_0 + \vec{g}t \\ \vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{V}_0 t + \frac{\vec{g}t^2}{2} \end{cases} \Rightarrow$$

$$x: \begin{cases} a_x = g \cos(90^\circ - \beta) = g \sin \beta \\ x = 0 + V \cos \beta t + \frac{g \sin \beta t^2}{2} \end{cases} = V \cos \beta t + \frac{g \sin \beta t^2}{2}$$

$$y: \begin{cases} a_y = g \sin(90^\circ - \beta) = g \cos \beta \\ y = V \sin \beta t - \frac{g \cos \beta t^2}{2} \end{cases} = V \sin \beta t - \frac{g \cos \beta t^2}{2}$$

В момент падения координаты снаряда: $(1000; 0)$

$$y=0 \Rightarrow V \sin \beta t_n - \frac{g \cos \beta t_n^2}{2} = 0 \Rightarrow t_n = \frac{2V \sin \beta}{g \cos \beta} \quad \text{по условию}$$

$$t_n = \max \Rightarrow \frac{2V \sin \beta}{g \cos \beta} = \max \Rightarrow \sin \beta = \max = 1 \Rightarrow \boxed{\beta = 90^\circ}$$

$$\textcircled{2} \quad x = 1000 \text{ м} \Rightarrow \begin{cases} V \cos \beta t_n + \frac{g \sin \beta t_n^2}{2} = 1000 \\ \beta = 90^\circ \end{cases} \Rightarrow \frac{g \sin \beta t_n^2}{2} = 1000 \Rightarrow$$

$$t_n = \sqrt{\frac{1000 \cdot 2}{g \sin \beta}} = \sqrt{\frac{3600}{10 \cdot 0.6}}$$

$$t_n = \sqrt{\frac{3600 \kappa}{6 \pi / c^2}} = \sqrt{600} c = 10\sqrt{6} c$$

$$y_{(t_n)} = 0 \Rightarrow$$

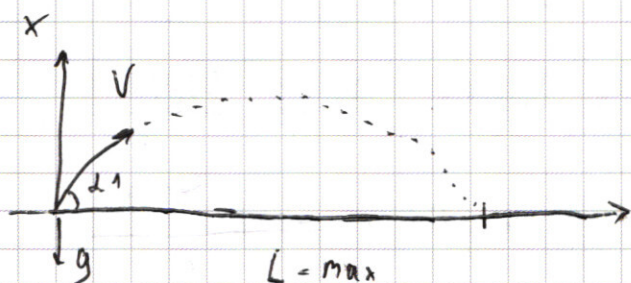
$$V \sin \beta t_n - \frac{g \cos \beta t_n^2}{2} = 0$$

$$\sin^2 \beta + \cos^2 \beta = 1$$

$$V = \frac{g \cos \beta t_n}{2 \sin \beta} = \frac{g \cos \beta t_n}{2 \cdot 1} = \frac{10 \pi / c^2 \cdot \sqrt{1 - \sin^2 \beta} \cdot 10\sqrt{6} c}{2} = \frac{10 \pi / c^2 \cdot 5\sqrt{6} \cdot \sqrt{1 - 0,36}}{2}$$

$$= 10 \pi / c^2 \cdot 5\sqrt{6} \cdot 0,8 = 40\sqrt{6} \pi / c$$

2) На разном расстоянии.



Путь же зависит от угла α , тогда макс. дальность достигается при $\alpha = 45^\circ$.
Док-во:

$$x = V \cos \alpha t$$

$$y = V \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} \quad \text{в момент падения } y=0 \quad x = \max \Rightarrow$$

$$V \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} = 0 \Rightarrow t = \frac{2V \sin \alpha}{g} \quad x = V \cos \alpha t = \frac{V^2 \cos \alpha \cdot \sin 2\alpha}{g}$$

$$x = \frac{2V^2 \sin \alpha \cdot \cos \alpha}{g} = \max \Rightarrow \sin \alpha \cdot \cos \alpha = \max \Rightarrow \alpha = 45^\circ$$

$$L_{\max} = V \cdot \cos \alpha t_n$$

$$L_{\max} = \frac{V \cos \alpha \cdot 2V \sin \alpha}{g} =$$

$$\left\{ \begin{array}{l} y_{(t_n)} = V \sin \alpha t_n - \frac{gt_n^2}{2} = 0 \Rightarrow t_n = \frac{2V \sin \alpha}{g} \end{array} \right.$$

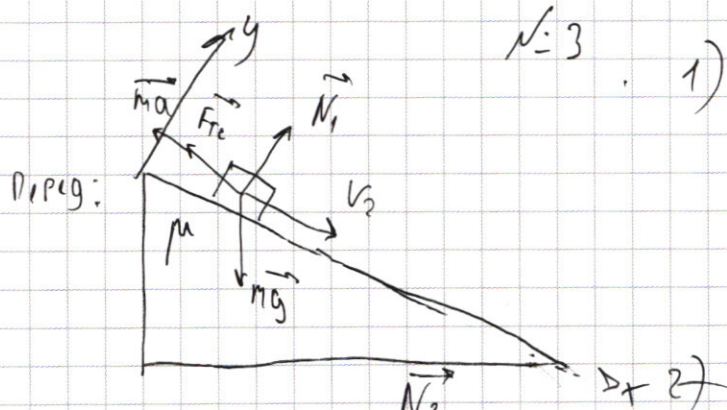


ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{cases} L_{\max} = \frac{2V^2 \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha}{g} \\ \alpha = 45^\circ \end{cases} \Rightarrow L_{\max} = \frac{2 \cdot (40 \sqrt{6} \text{ м/с})^2 \cdot \sqrt{2} \cdot \sqrt{2}}{10 \text{ м/с}^2} =$$

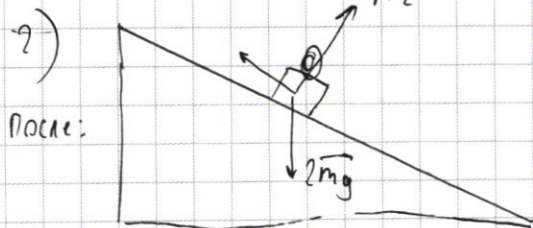
$$= \frac{8 \cdot 6 \cdot 1600 \text{ м}^2/\text{с}^2}{10 \text{ м/с}^2} = 7680 \text{ м}$$

Ответ: $\beta = 90^\circ$; $L_{\max} = 7680 \text{ м}$.



№ 3. 1) $\vec{V} = \vec{V}_0 + \vec{g}t \Rightarrow$

$$V_{\text{из}} = V_0 + gt = 0 + gt = 2 \text{ с} \cdot 10 \text{ м/с}^2 = 2 \text{ м/с}$$



2) В момент соударения

$$\vec{N} + \vec{mg} + \vec{F}_{\text{тр}} = \vec{ma}$$

$$\begin{cases} x: F_{\text{тр}} - mg \sin \alpha = 0 \Rightarrow F_{\text{тр}} = mg \sin \alpha \\ y: N - mg \cos \alpha = 0 \end{cases}$$

$$g \cdot \mu \cdot \cos \alpha - g \cdot \sin \alpha = a = 2 \Rightarrow \begin{cases} \mu = \frac{a + g \sin \alpha}{g \cos \alpha} \\ \mu = \frac{2 + 10 \sin 45^\circ}{10 \cos 45^\circ} = \frac{2 + 7.07}{7.07} = 1.28 \end{cases}$$

$$\arg \sin t = \arg \sin t$$

