

# Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 09

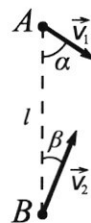
## Вариант 09-01

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

1. Корабль  $A$  и торпеда  $B$  в некоторый момент времени находятся на расстоянии  $l = 1$  км друг от друга (см. рис. 1) Скорость корабля  $V_1 = 10$  м/с, угол  $\alpha = 60^\circ$ . Скорость торпеды  $V_2 = 20$  м/с. Угол  $\beta$  таков, что торпеда попадет в цель.

1) Найдите  $\sin \beta$ .

2) Через какое время  $T$  расстояние между кораблем и торпедой составит  $S = 770$  м?



2. Плоский склон горы образует с горизонтом угол  $\alpha = 30^\circ$ . Из миномета, расположенного на склоне, производят выстрел, под таким углом  $\varphi$  к поверхности склона, что продолжительность полета мины наибольшая. Мина падает на склон на расстоянии  $S = 0,8$  км от точки старта.

1) Под каким углом  $\varphi$  к поверхности склона произведен выстрел?

2) Найдите величину  $V_0$  начальной скорости мины.

Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Сопротивление воздуха пренебрежимо мало.

3. Вниз по шероховатой наклонной плоскости равнозамедленно движется брусок. В тот момент, когда скорость бруска равна  $V_1 = 1$  м/с, на брусок падает пластилиновый шарик и прилипает к нему, а брусок останавливается. Движение шарика до соударения – свободное падение с высоты  $h = 0,8$  м с нулевой начальной скоростью.

1) Найдите скорость  $V_2$  шарика перед соударением.

2) Найдите величину  $a$  ускорения бруска перед соударением.

Массы бруска и шарика одинаковы.

Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Сопротивление воздуха пренебрежимо мало.

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

4. Два свинцовых шарика одинаковой массы, летящие со скоростями  $V_1 = 60$  м/с и  $V_2 = 80$  м/с, слипаются в результате абсолютно неупругого удара. Скорости шариков перед слипанием взаимно перпендикулярны.

1) С какой по величине скоростью  $V$  движутся слипшиеся шарики?

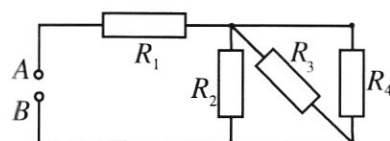
2) На сколько  $\Delta t$  (°C) повысится температура шариков?

Удельная теплоемкость свинца  $c = 130$  Дж/(кг·°C). Температуры шариков перед слипанием одинаковы.

5. Четыре резистора соединены как показано на рисунке. Сопротивления резисторов  $R_1 = 3 \cdot r$ ,  $R_2 = R_3 = 2 \cdot r$ ,  $R_4 = 4 \cdot r$ . На вход АВ схемы подают напряжение  $U = 38$  В.

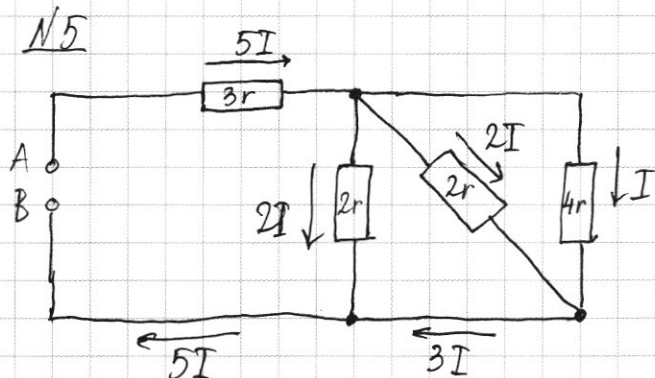
1) Найдите эквивалентное сопротивление  $R_{AB}$  цепи.

2) Какой силы  $I$  ток будет течь через резистор  $R_4$  при  $r = 10$  Ом?





## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Расставим токи в цепи  
с учётом закона Ома  
и первого правила  
Кирхгофа.

~~$$U = 19Ir \quad R_{AB} = \frac{U}{I_0} = \frac{19Ir}{5I} = 3,8r$$~~

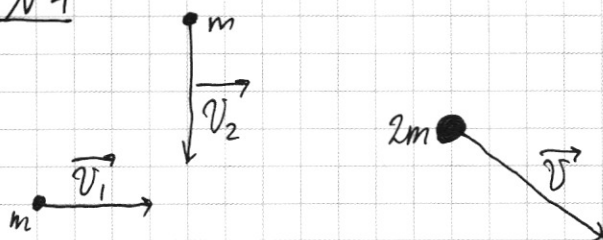
$$U = 19Ir \quad I_0 = 5I$$

$$R_{AB} = \frac{U}{I_0} = \frac{19Ir}{5I} = 3,8r$$

$$I = \frac{U}{19r} = \frac{3,8 \text{ В}}{19 \cdot 10^{-3} \text{ Ом}} = \frac{0,2 \text{ В}}{10^{-3} \text{ А}} = 0,02 \text{ А} = 20 \text{ мА}$$

Ответ:  $R_{AB} = 3,8r$ ;  $I = 20 \text{ мА}$ .

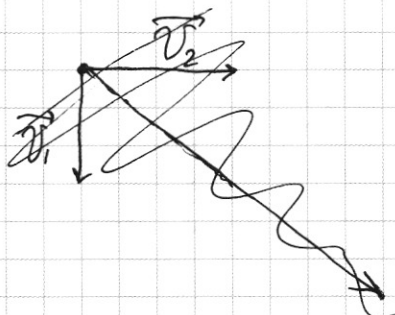
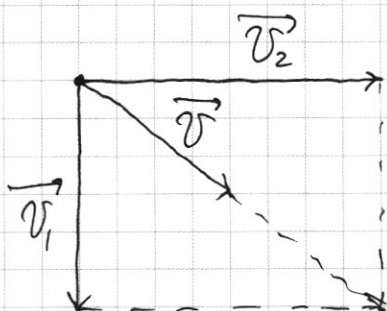
N4



ЗМ в векторной форме:

$$m\vec{v}_1 + m\vec{v}_2 = 2m\vec{v}$$

$$\vec{v}_1 + \vec{v}_2 = 2\vec{v}$$



$$v = \frac{\sqrt{v_1^2 + v_2^2}}{2} = \frac{\sqrt{64 + 36} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{2} = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 10 = 50 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Закон сохранения энергии:

$$E_{k1} + E_{k2} = E_k + Q; E_{k1} = \frac{mv_1^2}{2}, E_{k2} = \frac{mv_2^2}{2}, E_k = m\vec{v}^2, Q = 2cm\Delta t$$

$$\frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} = m\vec{v}^2 + 2cm\Delta t$$

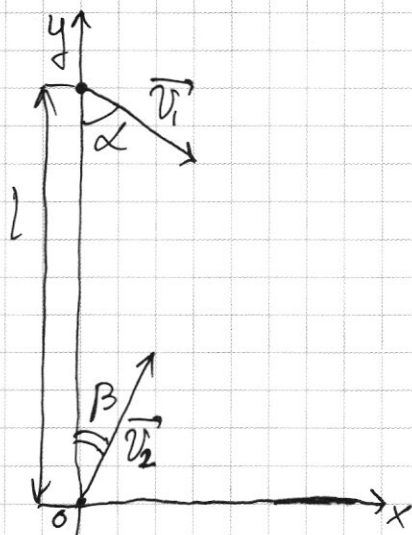
$$v_1^2 + v_2^2 - 2v^2 = 4c\Delta t$$

$$\Delta t = \frac{v_1^2 + v_2^2 - 2v^2}{4c} = \frac{(64 + 36 - 50) \cdot 10 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{4 \cdot 130 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{с}^2 \cdot \text{с}}} = \frac{500 \text{с}}{4 \cdot 13} = \frac{250^\circ \text{C}}{26} \approx 9,5^\circ \text{C}$$

Ответ:  $v = 50 \frac{\text{м}}{\text{с}}; \Delta t \approx 9,5^\circ \text{C}$ .

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N1



$$\begin{cases} v_{1x} = v_1 \sin \alpha \\ v_{2x} = v_2 \sin \beta \end{cases} \quad \begin{cases} x_1 = v_{1x} t_1 = v_1 \sin \alpha \cdot t_1 \\ x_2 = v_{2x} t_2 = v_2 \sin \beta \cdot t_2 \end{cases}$$

В момент встречи  $x_1 = x_2$  и  $t_1 = t_2$

$$\Rightarrow v_1 \sin \alpha = v_2 \sin \beta$$

$$\sin \beta = \frac{v_1 \sin \alpha}{v_2} = \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{20 \frac{\text{м}}{\text{с}}} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{\sqrt{3}}{4}$$

$$\cos^2 \beta + \sin^2 \beta = 1 \quad \cos \beta = \sqrt{1 - \sin^2 \beta} = \frac{\sqrt{13}}{4}$$

$$\begin{cases} v_{1y} = v_1 \cos \alpha \\ v_{2y} = v_2 \cos \beta \end{cases}$$

$$\begin{cases} y_1 = L - v_{1y} t_1 = L - v_1 \cos \alpha \cdot t_1 \\ y_2 = v_{2y} t_2 = v_2 \cos \beta \cdot t_2 \end{cases}$$

В момент  $y_1 = y_2 = S$   $t_1 = t_2 = T \Rightarrow$

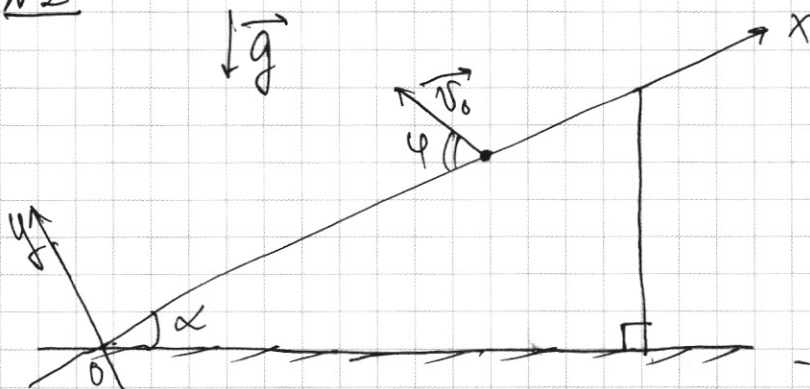
$$\Rightarrow L - v_1 \cos \alpha \cdot T - v_2 \cos \beta \cdot T = L - T(v_1 \cos \alpha + v_2 \cos \beta) = S$$

$$L - S = T(v_1 \cos \alpha + v_2 \cos \beta)$$

$$T = \frac{L - S}{v_1 \cos \alpha + v_2 \cos \beta} = \frac{230 \text{ м}}{5 \frac{\text{м}}{\text{с}} + 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \frac{\sqrt{13}}{4}} = \frac{230 \text{ с}}{5(1 + \sqrt{13})} = \frac{46 \text{ с}}{1 + \sqrt{13}} \approx 10 \text{ с}$$

Ответ:  $\sin \beta = \frac{\sqrt{3}}{4}$ ;  $T = \frac{46 \text{ с}}{1 + \sqrt{13}} \approx 10 \text{ с}$ .

N2



$$g_y = -g \cos \alpha$$

$$v_y = v_0 \sin \varphi - g \cos \alpha \cdot t$$

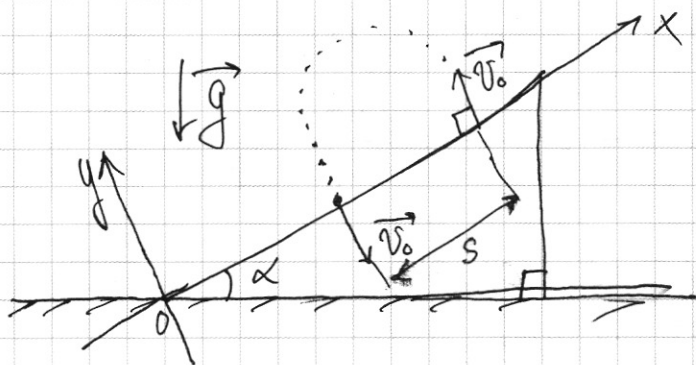
$\tau$  - время полёта

при  $t = \tau$   $v_y = -v_0 \sin \varphi$

$$-v_0 \sin \varphi = v_0 \sin \varphi - g \cos \alpha \cdot \tau$$

$$-2v_0 \sin \varphi = -g \cos \alpha \cdot \tau \quad 2v_0 \sin \varphi = g \cos \alpha \cdot \tau$$

$\tau$  максимально при максимальном  $\sin \varphi \Rightarrow \angle \varphi = 90^\circ$



$$g_x = -g \sin \alpha$$

$$v_x = v_{0x} + g_x t =$$

$$= -g \sin \alpha \cdot t$$

~~$$x = x_0 + v_x t = x_0 - g \sin \alpha \cdot t$$~~

~~$$x = x_0 - S$$~~ 
$$x = x_0 + v_x t + \frac{g_x t^2}{2} =$$

$$= x_0 - \frac{g \sin \alpha}{2} \cdot t^2$$

при  $t = \tau$   $x = x_0 - S \Rightarrow$

$$\Rightarrow S = \frac{g \sin \alpha \cdot \tau^2}{2} \quad \tau = \sqrt{\frac{2S}{g \sin \alpha}}$$

$$v_0 = \frac{g \cos \alpha \cdot \tau}{2} = \frac{g \cos \alpha}{2} \cdot \sqrt{\frac{2S}{g \sin \alpha}} = \sqrt{\frac{2S g^2 \cos^2 \alpha}{4 g \sin \alpha}} =$$

$$= \sqrt{\frac{S g \cos^2 \alpha}{2 \sin \alpha}} = \sqrt{\frac{800 \text{ м} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 3}{2 \cdot \frac{1}{2} \cdot 4}} = \sqrt{6000} \frac{\text{м}}{\text{с}} = \sqrt{60} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}} =$$

$$= 20 \sqrt{15} \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 78 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ:  $\angle \varphi = 90^\circ$ ;  $v_0 \approx 20 \sqrt{15} \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 78 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

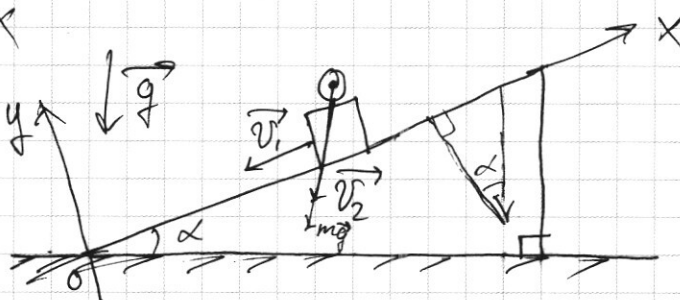
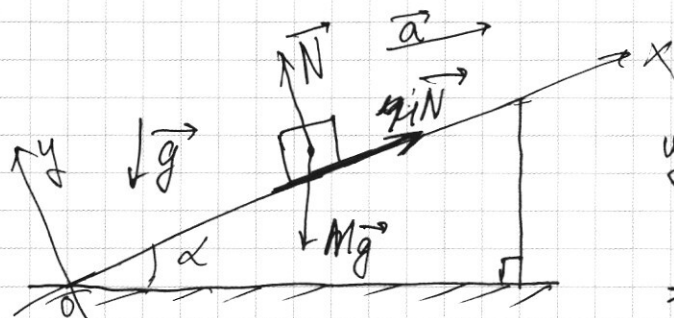
№3

$$h = \frac{v_2^2}{2g}$$

$$mgh = \frac{mv_2^2}{2}$$

$$2gh = v_2^2$$

$$v_2 = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 0,8 \text{ м}} = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$



$$g_x = -g \sin \alpha$$

$$M\vec{v}_1 + m\vec{v}_2 = 0$$

$$-Mv_1 = mv_2 \sin \alpha = 0$$

$$-Mg \sin \alpha + \mu N = Ma \quad Mg \sin \alpha = 1$$

$$M(g \sin \alpha + a) = \mu N$$

$$M\vec{g} + \vec{N} + \mu\vec{N} = M\vec{a}$$

$$(M+m)g + \vec{N}' + \mu\vec{N}' = 0 \quad (M+m)g \sin \alpha + \mu\vec{N}' = 0$$

$$m\vec{v}_2 + M\vec{v}_1 = (m+M)\vec{a}t \quad t \rightarrow 0$$

N3 m - масса шарика

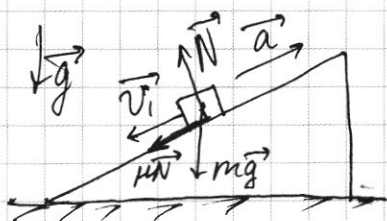
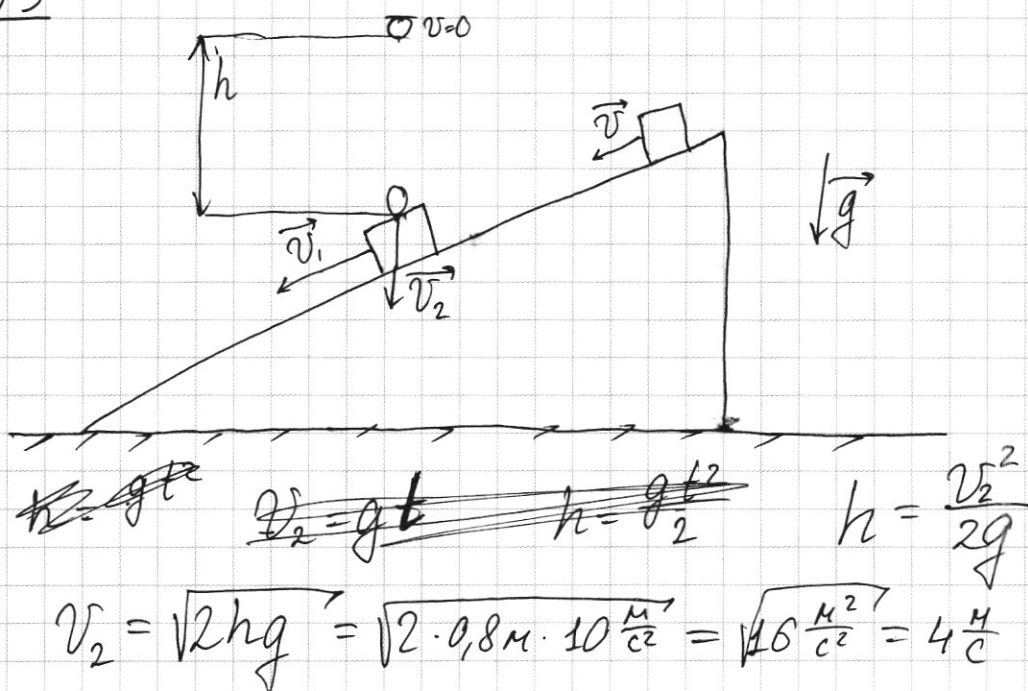
$$mgh = \frac{mv_2^2}{2} \quad 2gh = v_2^2$$

$$v_2 = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 10 \frac{M}{c^2} \cdot 0,8m} = 4 \frac{M}{c}$$

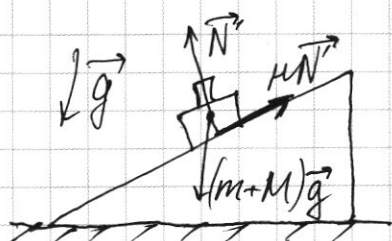
Ответ:  $v_2 = 4 \frac{M}{c}$ .

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3

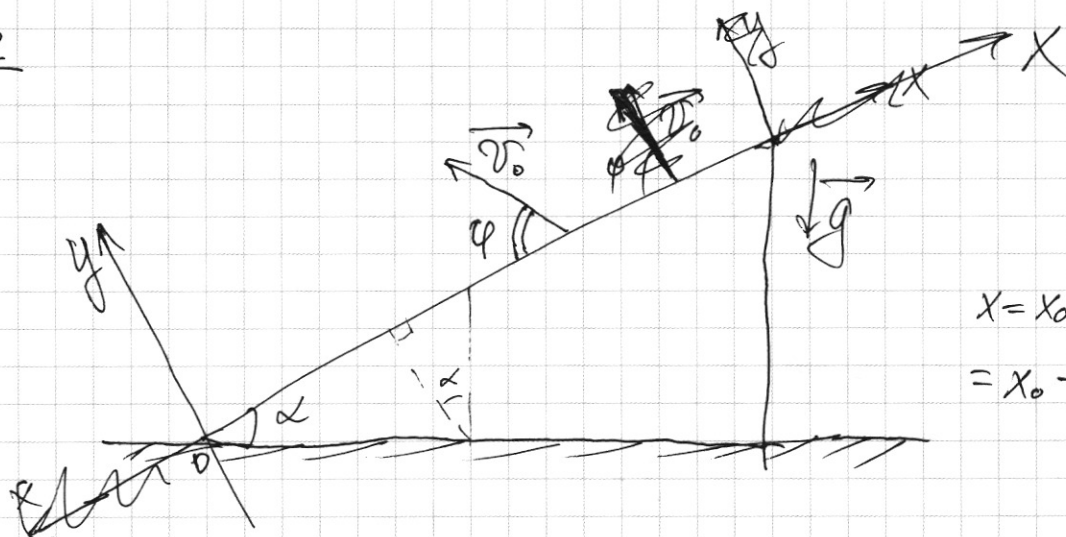


$$m\vec{g} + \vec{N} + \mu\vec{N} = m\vec{a}$$



$$(m+M)\vec{g} + \vec{N} + \mu\vec{N} = 0$$

N2



$$x = x_0 + v_x t + \frac{g_x t^2}{2} = x_0 - \frac{g \sin \alpha \cdot t^2}{2}$$

$$\begin{cases} a_x = -g \sin \alpha \\ a_y = -g \cos \alpha \end{cases} \quad \begin{cases} v_x = v_{0x} - g \sin \alpha \cdot t = v_0 \cos \varphi - g \sin \alpha \cdot t \\ v_y = v_{0y} - g \cos \alpha \cdot t = v_0 \sin \varphi - g \cos \alpha \cdot t \end{cases}$$

$$v_0 = g \sin \alpha \cdot t$$

$$v_0 = g \cos \alpha \cdot t$$

$$v_0 / 1 -$$

$$\begin{aligned} & \cancel{g \sin \alpha} \\ & g_y = -g \cos \alpha \end{aligned}$$

$$\begin{array}{r} \times 3,9 \\ 3,9 \\ \hline 3,51 \\ 117 \\ \hline 1421 \end{array}$$

$$\begin{cases} v_x = v_0 \cos \varphi - g \sin \alpha \cdot t \\ v_y = v_0 \sin \varphi - g \cos \alpha \cdot t \end{cases}$$

$\tau$  - время падения  
при  $t = \tau$

$$v_x = v_0 \cos \varphi \quad \text{и} \quad v_y = v_0 \sin \varphi$$

т.е.  $g \sin \alpha \cdot t = 0$  и  $g \cos \alpha \cdot t = 0$

$$2v_0 \cos \varphi = g \sin \alpha \cdot t \quad \text{и} \quad -2v_0 \sin \varphi = -g \cos \alpha \cdot t$$

$$2v_0 \sin \varphi = g \cos \alpha \cdot \tau$$

$\tau_{\max}$  max если  $\sin \varphi$

$$\max \Rightarrow \angle \varphi = 90^\circ$$

$$\begin{aligned} g_x &= -g \sin \alpha \\ v_x &= v_{0x} + g_x t = -g \sin \alpha \cdot t \end{aligned}$$

в момент времени  $t = \tau$   
 $x = -s$

$$v_0 = \frac{g \cos \alpha \cdot \tau}{2} =$$

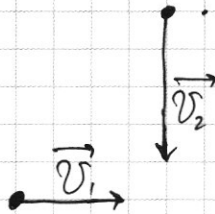
$$x = v_{0x} t + \frac{g_x t^2}{2} = -\frac{g \sin \alpha}{2} t^2$$

$$2s = g \sin \alpha \cdot t^2$$

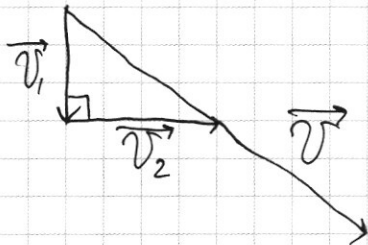
$$t = \sqrt{\frac{2s}{g \sin \alpha}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 800 \text{ м} \cdot 2}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}} = 2\sqrt{80} \text{ с} = 8\sqrt{5} \text{ с} = \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 8\sqrt{5} \cdot \sqrt{3}}{2 \cdot 2} = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \sqrt{15} = 20\sqrt{15} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4



ЗМ в в. ф:  $m\vec{v}_1 + m\vec{v}_2 = 2m\vec{v}$   
 $\vec{v}_1 + \vec{v}_2 = 2\vec{v}$



$$v = 2\sqrt{v_1^2 + v_2^2} =$$

$$= 2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}} \sqrt{64 + 36} =$$

$$= 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 10 = 200 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$E_{k1} + E_{k2} = E_k + Q$$

$$v = \frac{\sqrt{v_1^2 + v_2^2}}{2} = 50 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} = mv^2 + 2cm\Delta t$$

$$v_1^2 + v_2^2 - 2v^2 = 4c\Delta t$$

$$\Delta t = \frac{v_1^2 + v_2^2 - 2v^2}{4c} = \frac{(6400 + 3600 - 5000) \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{4 \cdot 130 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}} =$$

$$= \frac{2500 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{2 \cdot 130 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}} = \frac{250^\circ\text{C}}{2 \cdot 13} \approx \cancel{192^\circ\text{C}} 9,6^\circ\text{C}$$

Ответ:  $v = 50 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ ;  $\Delta t \approx \cancel{192^\circ\text{C}} 9,6^\circ\text{C}$

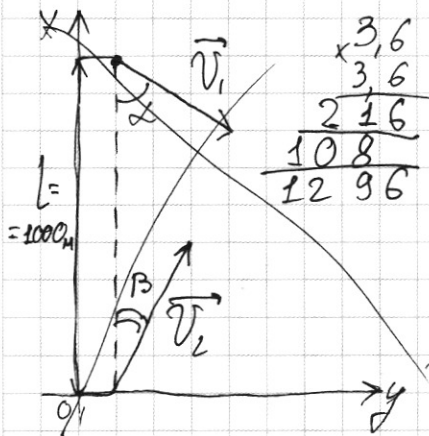
$$\begin{array}{r} 250 \overline{) 13} \\ \underline{13} \phantom{0} \\ 120 \phantom{0} \\ \underline{117} \phantom{0} \\ 30 \phantom{0} \\ \underline{26} \phantom{0} \\ 40 \phantom{0} \\ \underline{39} \phantom{0} \\ 1 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 250 \overline{) 26} \\ \underline{224} \phantom{0} \\ 140 \phantom{0} \\ \underline{130} \phantom{0} \\ 100 \phantom{0} \\ \underline{78} \phantom{0} \\ 22 \end{array}$$

N1

~~46.5 = 200 + 30~~

$$l - s = T(V_1 \cos \alpha + V_2 \cos \beta)$$



$$V_{1x} = V_1 \cos \alpha$$

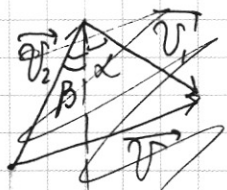
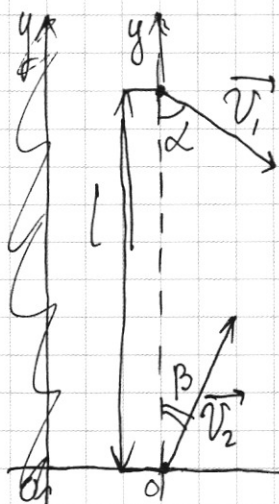
$$V_{2x} = V_2 \cos \beta$$

$$T = \frac{l - s}{V_1 \cos \alpha + V_2 \cos \beta} =$$

$$= \frac{230 \text{ м}}{5 \frac{\text{м}}{\text{с}} + 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \frac{\sqrt{3}}{4}} =$$

$$\frac{x}{V_{1x}} = \frac{l - x}{V_{2x}}$$

$$= \frac{230 \text{ с}}{5 + 5\sqrt{13}} = \frac{230 \text{ с}}{5(1 + \sqrt{13})} = \frac{46 \text{ с}}{1 + \sqrt{13}} \approx \frac{46 \text{ с}}{4.6} \approx 10 \text{ с}$$



$$V^2 = V_1^2 + V_2^2 - 2V_1 V_2 \cos(\alpha + \beta)$$

$$\begin{cases} V_{1x} = V_1 \sin \alpha \\ V_{2x} = V_2 \sin \beta \end{cases}$$

$$\begin{cases} V_{1y} = V_1 \cos \alpha \\ V_{2y} = V_2 \cos \beta \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_1 = V_1 \sin \alpha \cdot t_1 \\ x_2 = V_2 \sin \beta \cdot t_2 \end{cases}$$

в момент встречи:

$$x_1 = x_2 \text{ и } t_1 = t_2$$

$$V_1 \sin \alpha = V_2 \sin \beta$$

$$\sin \beta = \frac{V_1 \sin \alpha}{V_2} = \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{20 \frac{\text{м}}{\text{с}}} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{\sqrt{3}}{4}$$

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

$$\cos \beta = \sqrt{1 - \sin^2 \beta} = \sqrt{1 - \frac{3}{16}} = \sqrt{\frac{13}{16}} = \frac{\sqrt{13}}{4}$$

$$\begin{cases} y_1 = l - V_1 \cos \alpha \cdot t_1 \\ y_2 = V_2 \cos \beta \cdot t_2 \end{cases}$$

в момент

$$y_1 = y_2 \text{ и } t_1 = t_2 = T$$

$$l - V_1 \cos \alpha + V_2 \cos \beta$$

$$l - V_1 \cos \alpha \cdot T + V_2 \cos \beta \cdot T = l - T(V_1 \cos \alpha + V_2 \cos \beta)$$

$$S = l - T(V_1 \cos \alpha + V_2 \cos \beta)$$