

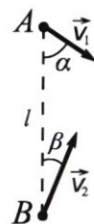
# Олимпиада «Физтех» по физике, 6

## Вариант 09-02

Класс 09

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

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  $\alpha$ ,  $\sin \alpha = 0,6$ . Из миномета, расположенного на склоне, производят выстрел, под таким углом  $\beta$  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  $\beta$  к поверхности склона произведен выстрел?

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

3. Вниз по шероховатой наклонной плоскости равнозамедленно движется брусок. Величина ускорения бруска  $a = 2$  м/с<sup>2</sup>. 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/с<sup>2</sup>. 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.

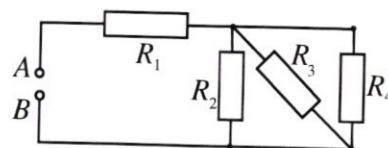
1) С какой скоростью  $V_2$  двигался второй шарик перед слипанием?

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

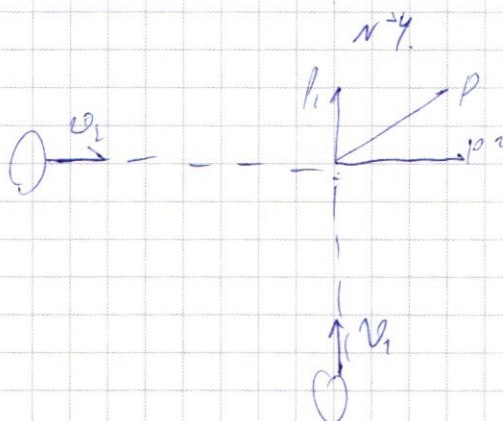
1) Найдите эквивалентное сопротивление  $R_{AB}$  цепи.

2) Какая суммарная мощность  $P$  будет рассеиваться на резисторах  $R_2$ ,  $R_3$  и  $R_4$  при  $r = 6$  Ом?





## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\sqrt{m^2 v_1^2 + m^2 v_2^2} = 2m v_3$$

$$\sqrt{v_1^2 + v_2^2} = 2v_3$$

$$v_1^2 + v_2^2 = 4v_3^2$$

$$v_2^2 = 4v_3^2 - v_1^2$$

$$v_2^2 = 500 = 2500 - 900$$

$$v_2 = 40 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\frac{m v_1^2}{2} + \frac{m v_2^2}{2} = Q + \frac{2m v_3^2}{2}$$

$$v_1^2 + v_2^2 = 4v_3^2 + 2v_3^2$$

$$C = \frac{v_1^2 + v_2^2 - 2v_3^2}{\Delta t}$$

$$C = \frac{900 + 1600 - 1250}{545} \text{с}$$

$$1250 - 125 = 1125$$

$$545 + 125 = 675$$

$$\begin{array}{r} 125000 \quad | \quad 548 \\ - 10000 \\ \hline 115000 \\ - 17000 \\ \hline 98000 \\ - 76000 \\ \hline 22000 \\ - 3400 \\ \hline 18600 \\ - 16000 \\ \hline 2600 \\ - 2160 \\ \hline 440 \\ - 314 \\ \hline 126 \\ - 520 \\ \hline -394 \\ \hline 34 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 12500 \quad | \quad 1,35 \\ - 125 \\ \hline 350 \\ - 325 \\ \hline 25 \\ - 25 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$n = 3$$

$$R_{10} =$$

$$R_{23} = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} = \frac{16 \Omega}{8 \Omega} = 2 \Omega$$

$$R_{34} = \frac{R_{23} \cdot R_4}{R_{23} + R_4} = \frac{2 \Omega}{3 \Omega} = \frac{2}{3} \Omega$$

$$+ 2 \Omega = 2 \frac{1}{3} \Omega$$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{U}{2 \frac{1}{3} \Omega} = \frac{8}{\frac{8 \Omega}{3}} = \frac{3}{2} = \frac{3}{2} = 1,5 A$$

$$P = I^2 \cdot R_{34} = 0,25 A^2 \cdot 16 \Omega = 4 BT$$

$$l = \frac{v_0^2 \cdot \sin 2\alpha - v_0 \cdot \cos 2\alpha}{g}$$

$$h =$$

$$gt = v_0 \cdot \sin \alpha$$

$$t = \frac{v_0 \cdot \sin \alpha}{g}$$

$$t = 1,53$$

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

$$v_0 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot 1,53 = v_0 t$$

$$v_0 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,53 = v_0 t \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \quad \cos \alpha = 0,8$$

$$\frac{3000}{6} = 600 \Rightarrow t = 10 \sqrt{6}$$

$$8 \cdot 40 \sqrt{6} \frac{m}{s}$$

$$v \cdot \cos \alpha = \frac{p}{t}$$

$$\sin \alpha \quad v_x = \frac{gt^2 - 125}{t} = \frac{gt^2 - 125}{t}$$

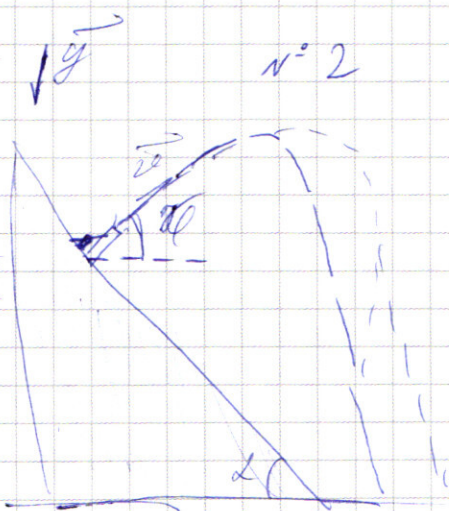
$$\tan \alpha = \frac{gt^2 - 125}{\frac{p}{t}} = \frac{gt^2 - 125}{p}$$

$$\cos 45 = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$\frac{40 \sqrt{6} \cdot \sqrt{2}}{10} = 4 \sqrt{6} \cdot \sqrt{2} = 4 \sqrt{12} = 8 \sqrt{3}$$

$$40 \sqrt{6} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot 2 \sqrt{3} =$$

$$20 \sqrt{6} \cdot 8 \sqrt{6} = 160 \cdot 6 = 362 + 60 m$$



$$h = 3,65$$

$$l = 1,94 m$$

$$h = 1,18 m$$

$$v_y = v \cdot \sin \alpha$$

$$v_x = \sqrt{v^2 - v_y^2} = v \cdot \cos \alpha = v \cdot \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}$$

$$s^2 = 2,36 s^2 + x s^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t = 0,8 s$$

$$0,8 s = \frac{v_0 \cdot \sin \alpha}{g} \cdot t$$

$$2,96 s + v_y t - \frac{gt^2}{2} = 0$$

$$0,25 - v_y t + \frac{gt^2}{2} = v_x t$$

$$0,25 - v_y + \frac{gt}{2} = v_x$$

$$0,25 - v \cdot \sin \alpha + \frac{gt}{2} = v \cdot \cos \alpha$$

$$v \cdot \cos \alpha \cdot t + g \cdot \frac{\sin^2 \alpha \cdot t^2}{2} = s$$

$$v \cdot \sin \alpha \cdot t - g \cdot \frac{\cos^2 \alpha \cdot t^2}{2} = 0$$

$$v \cdot \sin \alpha \cdot t = g \cdot \frac{\cos^2 \alpha \cdot t^2}{2}$$

$$\frac{v \cdot \sin \alpha}{2 g \cdot \cos^2 \alpha} = \frac{v \cdot \sin \alpha \cdot t}{2}$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1.1



$$\frac{v_1}{\sin \alpha} = \frac{v_2}{\sin \beta}$$

$$2v_2 = 2v_1$$

$$\frac{v_2}{\sqrt{3}} = 2v_1$$

$$v_{\text{max}} = \sqrt{v_1^2 + v_2^2}$$

$$v_{\text{max}} = \sqrt{64 + 192} = \sqrt{256} = 16$$

$$\frac{2v_2}{\sqrt{3}} = 2v_1$$

$$\frac{v_1}{\sqrt{3}} = v_1$$

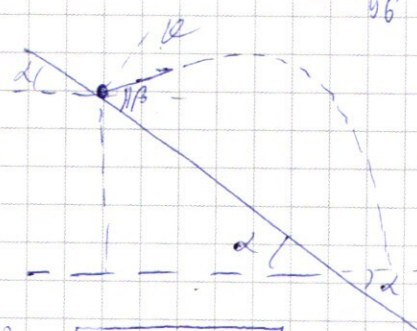
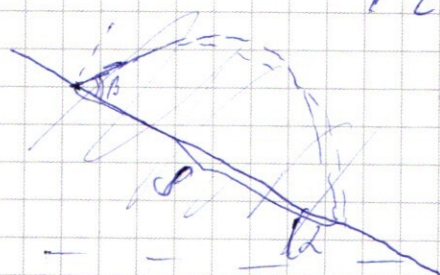
$$v_2 = v_1 \cdot \sqrt{3}$$

$$l' = 16 \cdot 25 =$$

$$\begin{array}{r} 16 \\ \times 25 \\ \hline 80 \\ 400 \\ \hline 400 \end{array}$$

$$l - l' = 400 \text{ м}$$

1.2



$$\begin{array}{r} 32000 \\ - 11604 \\ \hline 96 \end{array}$$

$$v \cdot \cos \alpha =$$

$$h = v \sin(\beta - \alpha) t - \frac{gt^2}{2} \Rightarrow$$

$$t = \frac{2v \sin \beta}{g \cdot \cos \alpha} = \frac{200 \cdot \sin \beta}{9.8 \cdot \cos \alpha}$$

$$\begin{array}{r} 1000 \\ \times 6 \\ \hline 10800 \end{array}$$

$$\boxed{h = 1980}$$

$$\boxed{t = 194}$$

$$3,24 = 1,1604 + ?$$

$$\begin{array}{r} 146 \\ \times 140 \\ \hline 70 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 194 \\ \times 144 \\ \hline 1036 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 108 \\ \times 102 \\ \hline 764 \\ 1080 \\ \hline 11664 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 194 \\ \times 144 \\ \hline 1036 \\ 2776 \\ \hline 27760 \end{array}$$

$$gt^2 - 2v \sin \alpha t - h = 0$$

$$t = \frac{2v \sin \alpha \pm \sqrt{4v^2 \sin^2 \alpha + 4gh}}{2g}$$

$$\frac{l}{v \cos \alpha} = \frac{v \sin \alpha + \sqrt{v^2 \sin^2 \alpha + gh}}{g}$$

$$lg = v^2 \sin^2 \alpha \cos^2 \alpha +$$

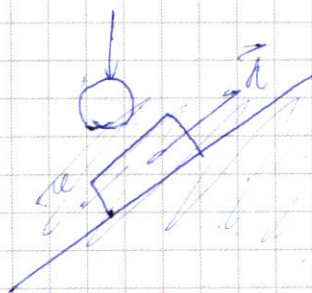
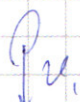


$$mg \cdot \sin \alpha = mg \cdot \cos \alpha \mu = ma$$

$$a = g(\sin \alpha - \cos \alpha \mu)$$

$$a = g(\cos \alpha \mu - \sin \alpha)$$

$$v_1 = g \cdot t = 2 \frac{m}{s}$$



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

$$\frac{v_1^2}{2} + \frac{v_2^2}{2} = mgh$$

$$v_1^2 + v_2^2 = 2gh$$

$$mgh + \frac{mv_1^2}{2} + mgh +$$

$$mg \frac{T^2}{2} = \frac{mv_2^2}{2}$$

$$g^2 T^2 = v_2^2$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$2 \cdot v_0 \cdot \sin \beta = g \cdot \cos \alpha \cdot t$$

$$t = \frac{2v_0 \cdot \sin \beta}{g \cdot \cos \alpha} ; \text{ где } v_0 = \text{const} \\ g = \text{const} \\ \cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = 0,8$$

$$t = t_{\max} \Rightarrow \sin \beta = \text{макс.} \Rightarrow \sin \beta = 1 \Rightarrow \beta = 90^\circ \Rightarrow$$

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

$$\text{ОХ: } v_0 \cdot \cos \beta \cdot t + \frac{g \cdot \sin \alpha \cdot t^2}{2} = S$$

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

$$t = \sqrt{\frac{2S}{g \cdot \sin \alpha}}$$

$$t = 10\sqrt{6} \times c = \frac{2v_0}{g \cdot \cos \alpha}$$

$$g \cdot \cos \alpha \cdot t = 2v_0$$

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

$$v_0 = 40\sqrt{6} \frac{m}{c}$$



Наибольшая дальность  
при падении угла в  $45^\circ$   
с горизонтальной

$$\text{ОУ: } v_0 \cdot \sin 45^\circ \cdot T - \frac{gT^2}{2} = 0$$

$$\frac{v_0 \sqrt{2}}{2} T = \frac{gT^2}{2}$$

$$v_0 \sqrt{2} = gT$$

$$T = \frac{v_0 \sqrt{2}}{g} = 2\sqrt{3} c$$

$$L = v_0 \cdot \cos \alpha \cdot T = 960 \text{ м}$$

$$\text{Condition: } L = 960 \text{ м; } \beta = 90^\circ$$

$\mu = 0.8$

Given:

$$v_{01} = 0$$

$$\alpha = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$T = 0.2 \text{ с}$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

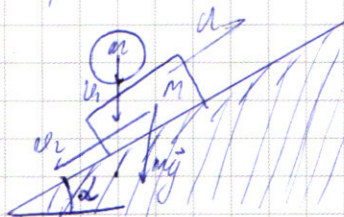
$$m_1 = m_2 = m$$

$$v_1 = ?$$

$$v_2 = ?$$

Condition:

$$v_{01} = 0$$



$$v_1 = g \cdot T + v_{01} = 0$$

$$v_1 = g \cdot T$$

$$v_1 = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

For II z-mg Newton's law

$$(I) - mg \cdot \sin \alpha + mg \cdot \cos \alpha \cdot \mu = ma$$

$$a = g (\cos \alpha \cdot \mu - \sin \alpha)$$

$$-mg \cdot \sin \alpha + mg \cdot \cos \alpha \cdot \mu = 0$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:

$$v_1 = 30 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$v_2 = 25 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$m_1 = m_2 = m$$

$$\Delta t = 1,35 \text{ с}$$

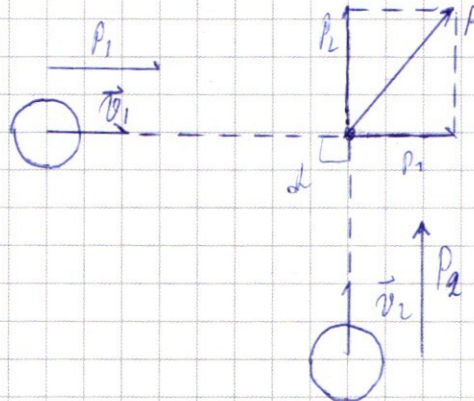
$$t_1 = t_2 = t$$

$$\alpha = 90^\circ$$

$$v_2 - ?$$

$$C - ?$$

Решение:



$p_1$  - импульс I-ого

$p_2$  - импульс II-ого

$p$  - общий импульс  
после столкновения

По ЗСИ (закон сохр. импульса)

$$\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2$$

$$p = \sqrt{p_1^2 + p_2^2}$$

$$2mv = \sqrt{m^2v_1^2 + m^2v_2^2} = m\sqrt{v_1^2 + v_2^2}$$

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

$$4v^2 = v_1^2 + v_2^2 \Rightarrow v_2 = \sqrt{4v^2 - v_1^2}$$

$$v_2 = 40 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

По ЗСЭ (закон сохр. энергии)

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

$$2v_1^2 \cdot m + 2mv_2^2 = 2Q +$$

$$mv_1^2 + mv_2^2 = 2Q + 2mv^2$$

$$mv_1^2 + mv_2^2 = 2 \cdot C \cdot 2mat + 2mv^2$$

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

$$C = \frac{v_1^2 + v_2^2 - 2v^2}{4\Delta t}$$

Ответ:  $v_2 = 40 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ ;  $C = 2315 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{с}}$   $C \approx 2315 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{с}}$

№5.

Дано:

$$U = 30 \text{ В}$$

$$R_1 = 2 \text{ Ом}$$

$$R_2 = R_3 = 4 \text{ Ом}$$

$$R_4 = 8 \text{ Ом}$$

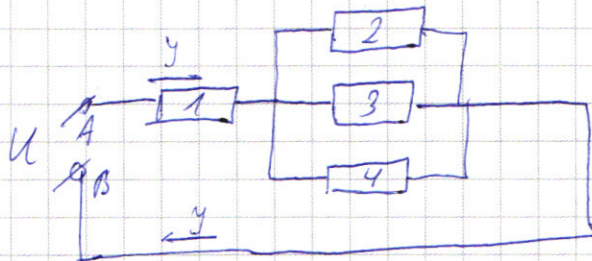
$$\epsilon = 6 \text{ Ом}$$

$$R_{AB} = ?$$

$$P_{3+4} = ?$$

Решение:

Построим равнозначную цепочку



$$R_{23} = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} = \frac{R_2 \cdot \epsilon}{2R_2} = \frac{R_2}{2} = \frac{4 \text{ Ом}}{2} = 2 \text{ Ом}$$

$$R_{2-4} = \frac{R_{23} \cdot R_4}{R_{23} + R_4} = \frac{2 \text{ Ом} \cdot 8 \text{ Ом}}{2 \text{ Ом} + 8 \text{ Ом}} = \frac{16 \text{ Ом}^2}{10 \text{ Ом}} = \frac{8 \text{ Ом}}{5}$$

$$R_{AB} = R_1 + R_{2-4} = 2 \text{ Ом} + \frac{8 \text{ Ом}}{5} = \frac{18 \text{ Ом}}{5}$$

$$I = \frac{U}{R_{AB}} = \frac{U}{\frac{18 \text{ Ом}}{5}} = \frac{30 \text{ В}}{3.6 \text{ Ом}} = 8.33 \text{ А}$$

$$R_{2-4} = \frac{16 \text{ Ом}^2}{10 \text{ Ом}} = 1.6 \text{ Ом}$$

$$P_{3+4} = I^2 \cdot R = 8.33^2 \cdot 1.6 \text{ Ом} = 108 \text{ Вт}$$

$$\text{Ответ: } P_{3+4} = 108 \text{ Вт}; R_{AB} = \frac{18 \text{ Ом}}{5}$$

№2.

Дано:

$$t = t_{\text{max}}$$

$$\sin \alpha = 0.6$$

$$S = 1.8 \text{ км}$$

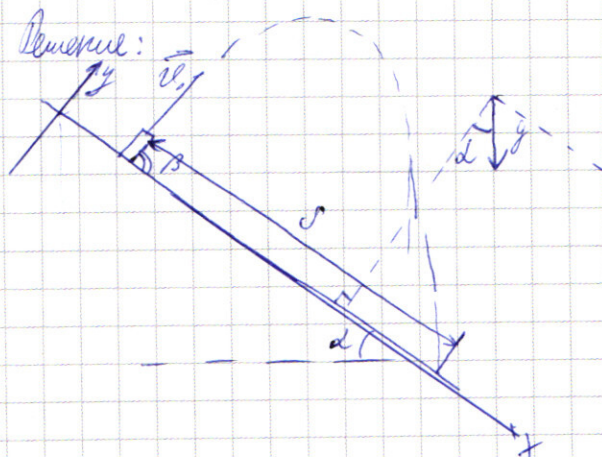
М:

$$1600 \text{ м}$$

$$1) \beta = ?$$

$$2) L = ?$$

Решение:



Перейдем в систему ОД, где ОХ совм. со стороной горы, а ОУ — перпенд. к ней

$$y_y = g \cdot \cos \alpha$$

$$y_x = g \cdot \sin \alpha$$

$$\text{ОУ: } v_0 \cdot \sin \beta \cdot t - \frac{g \cdot \cos \alpha \cdot t^2}{2} = 0$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{v \cos \beta \cdot 2v \cdot \sin \beta}{g \cdot \cos \alpha} + g \cdot \frac{\sin \alpha \cdot 4v^2 \cdot \sin^2 \beta}{g^2 \cdot \cos^2 \alpha} = S$$

$$\frac{2v^2 \cdot \cos \beta \cdot \sin \beta}{g \cdot \cos \alpha} + \frac{4v^2 \cdot \sin \beta \cdot \sin \alpha}{2g \cdot \cos^2 \alpha} = S$$

$$\frac{2}{g} = \frac{2v \cdot \sin \beta}{g \cdot \cos \alpha} \cdot t$$

$t$  - кин.в.

$$t = \frac{v^2 \cdot \sin^2 \beta}{2 \cdot g \cdot \cos \alpha}$$

канд. значение  $\sin \beta = 1 \Rightarrow$

$$\Rightarrow \sin \beta = 1 ; \beta = 90^\circ$$

Дано:

$$l = 7,8 \text{ км}$$

$$v_1 = 3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$\beta = 30^\circ$$

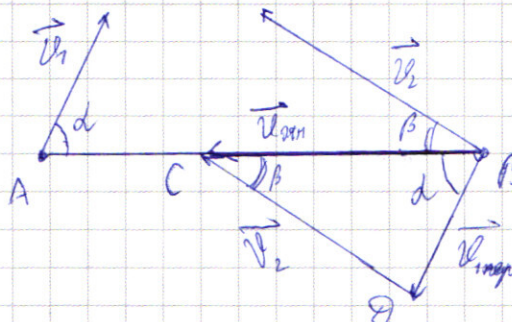
$$v_2 = ?$$

$$T = 250; S = ?$$

И:

$$800 \text{ м}$$

Решение:



$v_{пер}$  - переносная  
скорость корабля  
при переносе в СО,  
длиной 1 км

$v_{отн}$  - скорость  
поперек отн.  
корабля

Сравнение произведений  $\Rightarrow$

$$\Rightarrow v_{отн} \in AB$$

$$v_1 = v_{пер}$$

$\triangle ACD$  по теореме синусов

$$\frac{v_2}{\sin \alpha} = \frac{v_1}{\sin \beta}$$

$$v_2 = \frac{v_1 \cdot \sin \alpha}{\sin \beta}$$

$$v_2 = \frac{3 \cdot \sqrt{3}}{\frac{1}{2}} = 6\sqrt{3}$$

$$v_2 = 6\sqrt{3} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$\triangle BCD$  по теореме косинусов

$$v_{отн}^2 = v_2^2 + v_1^2 - 2 \cdot v_1 \cdot v_2 \cdot \cos(180^\circ - \alpha - \beta)$$

$$v_{отн} = \sqrt{192 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} + 64 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} + 1} = \sqrt{256 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}} = 16 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$S = l - S', \text{ где } S' = v_{отн} \cdot T$$

$$S = l - v_{отн} \cdot T = 800 \text{ м} - 16 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 250 =$$

$$= 800 \text{ м} - 4000 \text{ м} = 400 \text{ м}$$

$$\text{Ответ: } S = 400 \text{ м}; v_2 = 6\sqrt{3} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

н=4