

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 09

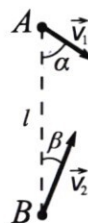
Вариант 09-01

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

1. Корабль A и торпеда B в некоторый момент времени находятся на расстоянии $l = 1$ 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 β 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 φ 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 φ к поверхности склона произведен выстрел?

2) Найдите величину V_0 начальной скорости мины.

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². 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/с². 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?

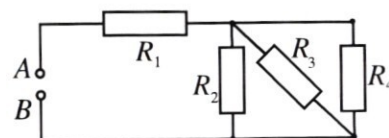
2) На сколько Δt (°C) повысится температура шариков?

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

Дано:

$$L = 1000 \text{ м}$$

$$V_1 = 10 \text{ м/с}$$

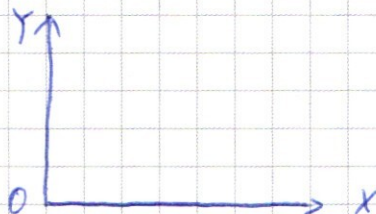
$$\alpha = 60^\circ$$

$$V_2 = 20 \text{ м/с}$$

$$S = 770 \text{ м}$$

$$\sin \beta = ?$$

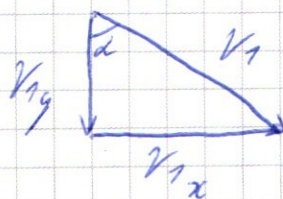
$$T = ?$$



1) Так как корабль и торпеда всегда движутся, и их скорости не меняются, то проекции их скоростей на горизонтальную ось (ось Ox) должны

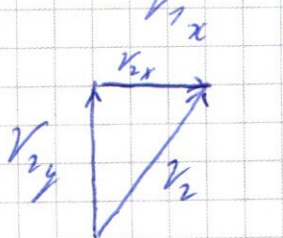
быть равны, иначе один обогнал другой и та же шло бы его донать (по оси Ox) никогда.

Рассмотрим проекции скоростей:



$$V_{1x} = V_1 \sin \alpha = V_1 \sin 60^\circ = 10 \frac{\sqrt{3}}{2} = 5\sqrt{3} \text{ м/с}$$

$$V_{1y} = -V_1 \cos \alpha = -V_1 \cos 60^\circ = -5 \text{ м/с}$$



$$V_{2x} = V_2 \sin \beta = 20 \sin \beta$$

$$V_{2y} = V_2 \cos \beta = 20 \cos \beta$$

$$V_{1x} = V_{2x} \Rightarrow 5\sqrt{3} = 20 \sin \beta \Rightarrow \sin \beta = \frac{\sqrt{3}}{4}$$

Ответ: $\sin \beta = \frac{\sqrt{3}}{4}$

2) Так как корабль и торпеда всегда имеют одинаковую координату по оси Ox , то расстояние между

имеем равные разности координат по оси OY

$$y_1(t) = y_{10} + v_{1y} t = 1000 - 5t = 1000 - 5t$$

$$y_2(t) = y_{20} + v_{2y} t = 0 + 20 \cos \beta$$

$$\cos \beta = \pm \sqrt{1 - \sin^2 \beta} = \pm \frac{\sqrt{73}}{4}; \cos = -\frac{\sqrt{73}}{4} \text{ не подходит.}$$

угл., т.к. $4\beta < 90^\circ$

$$y_2(t) = 5\sqrt{73} t$$

$$s(t) = y_1 - y_2 = 1000 - 5t - 5\sqrt{73} t$$

$$s(T) = S = 770$$

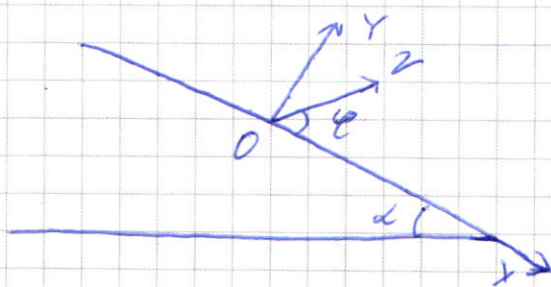
$$1000 - 5(1 + \sqrt{73}) T = 770$$

$$5(1 + \sqrt{73}) T = 230$$

$$T = \frac{46}{1 + \sqrt{73}} \approx \frac{46}{4,6} = 10 \text{ с}$$

Ответ: $T = 10 \text{ с}$.

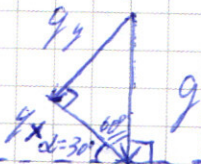
52



Дано: $\alpha = 30^\circ$;

$g = 10 \text{ м/с}^2$; $S = 300 \text{ м}$

1) Пусть точка установившегося движения — начало координат; ось OX совпадает с горизонтальной линией, а ось OY перпендикулярно ей. Тогда найдём проекции g на эти оси:



$$g_y = g \sin 60^\circ = \frac{g\sqrt{3}}{2} = 5\sqrt{3} \text{ м/с}^2$$

$$g_x = g \cos 60^\circ = \frac{g}{2} = 5 \text{ м/с}^2$$

Проекция начальной скорости на ось можно

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

найти как:

$$V_{0x} = V_0 \cos \varphi ; \quad V_{0y} = V_0 \sin \varphi$$

Составим уравнение зависимости координаты тела по оси OY от времени:

$$s_y(t) = V_{0y} t - \frac{g_y t^2}{2}$$

Пусть T - время полёта, тогда $s_y(T) = 0$

$$g_y V_{0y} T - \frac{g_y T^2}{2} = 0$$

$$\begin{cases} T = 0 & \text{начало полёта} \Rightarrow \text{не подходит} \\ T = \frac{2V_{0y}}{g_y} = \frac{2V_0 \sin \varphi}{g_y} \quad (1) \end{cases}$$

Так в условии сказано, что $T - \max$, $\Rightarrow$

$$\frac{2V_0 \sin \varphi}{g_y} \text{ имеет max значение} \Rightarrow \sin \varphi = 1 \Rightarrow \varphi = 90^\circ$$

п.к. V_0 и $g_y - \text{const}$

Ответ: $\varphi = 90^\circ$

$$2) V_{0x} = V_0 \cos \varphi = V_0 \cos 90^\circ = 0$$

$$s_x(t) = V_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2} ; \text{ по условию } s_x(T) = 800 \text{ м}$$

$$\frac{a_x T^2}{2} = 800$$

$$T = \sqrt{\frac{1600}{a_x}} = \sqrt{320} = 8\sqrt{5} \text{ с}$$

$$(1) T = \frac{2V_0 \sin 90^\circ}{g_y} = 8\sqrt{5}$$

$$V_0 = 4\sqrt{5} g_y = 20\sqrt{75} \approx 80 \text{ м/с} \quad \text{Ответ: } V_0 = 80 \text{ м/с}$$

№ 4 Дано:

$$c = 730 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

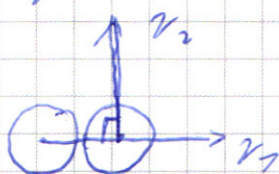
$$V_1 = 60 \text{ м/с}$$

$$V_2 = 80 \text{ м/с}$$

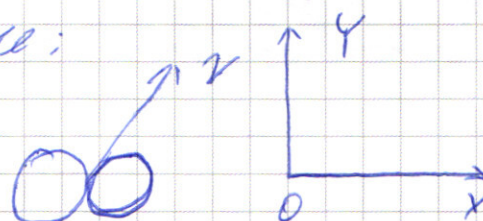
$$V = ?$$

$$\Delta t = ?$$

До удара:



После:



1) Так как удар абсолютно упругий, то скорости после удара у шаров будут одинаковой (и равняться V)

Запишем закон сохранения импульса по оси Ox :

$$m V_1 + 0 = 2 m V_x, \text{ где } m - \text{масса одного шарика,}$$

$$V_x = \frac{V_1}{2} \quad V_x - \text{проекция } V \text{ на ось } Ox$$

Запишем ЗСИ по оси Oy :

$$m V_2 + 0 = 2 m V_y, \text{ где } V_y - \text{проекция } V \text{ на } Oy$$

$$V_y = \frac{V_2}{2}$$

Тогда V можно найти как: $V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} =$
 $= \sqrt{\frac{V_1^2}{4} + \frac{V_2^2}{4}} = \frac{\sqrt{60^2 + 80^2}}{2} = 5 \cdot \sqrt{36 + 64} = 50 \text{ м/с}$

Ответ: $V = 50 \text{ м/с}$

2) По закону сохранения энергии:

$$E_{k1} + E_{k2} = E_{kобщ} + Q$$

$$\frac{m V_1^2}{2} + \frac{m V_2^2}{2} = \frac{2 m V^2}{2} + c m \Delta t \quad | : \frac{m}{2}$$

$$V_1^2 + V_2^2 = 2 V^2 + c \Delta t$$

$$\Delta t = \frac{V_1^2 + V_2^2 - 2 V^2}{c} = \frac{100(6^2 + 8^2 - 5^2)}{510} = \frac{750}{51} \approx \frac{750}{50} = 15^\circ\text{C}$$

Ответ: $\Delta t = 15^\circ\text{C}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5 Дано:

$$R_1 = 3 \text{ Г}$$

$$R_2 = R_3 = 2 \text{ Г}$$

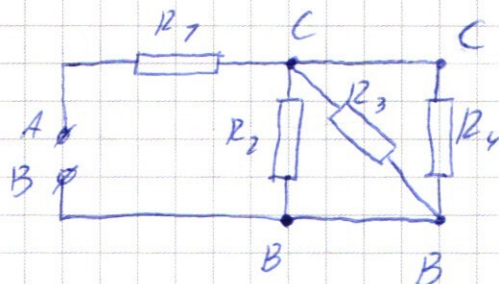
$$R_4 = 4 \text{ Г}$$

$$U = 38 \text{ В}$$

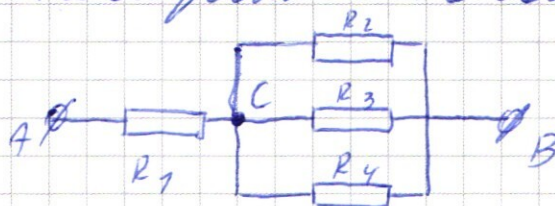
$$r = 70 \text{ Ом}$$

$$R_{AB} = ?$$

$$I = ?$$



Построим эквивалентную схему:



$$1) \frac{1}{R_{CB}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \quad \text{по закону паралл. соединения}$$

$$\frac{1}{R_{CB}} = \frac{1}{2 \text{ Г}} + \frac{1}{2 \text{ Г}} + \frac{1}{4 \text{ Г}} = \frac{5}{4 \text{ Г}} \Rightarrow R_{CB} = \frac{4}{5} \text{ Г} = 0,8 \text{ Г}$$

$$R_{AB} = R_{AC} + R_{CB} = R_1 + R_{CB} \quad \text{по закону послед. соедин.}$$

$$R_{AB} = 3 \text{ Г} + 0,8 \text{ Г} = \underline{3,8 \text{ Г}}$$

Ответ: $R_{AB} = 3,8 \text{ Г}$.

$$2) I_1 = I_{CB} = I_{AB} \quad \text{по закону посл. соединения}$$

$$I_{AB} = \frac{U}{R_{AB}} = \frac{U}{3,8 \text{ Г}} = \frac{38}{3,8 \cdot 70} = 1 \text{ А} = I_{CB} = I_1$$

$$U_1 = I_1 R_1 \quad (\text{по закону Ома}) = 3 \text{ Г} \cdot I_1 = 3 \cdot 70 \cdot 1 = 30 \text{ В}$$

$$U = U_1 + U_{CB} \Rightarrow U_{CB} = U - U_1 = 38 - 30 = 8 \text{ В}$$

$$U_{CB} = U_2 = U_3 = U_4$$

$$I = \frac{U_4}{R_4} = \frac{U_{CB}}{4 \text{ Г}} = \frac{8}{4 \cdot 70} = \underline{0,2 \text{ А}} \quad \text{Ответ: } I = 0,2 \text{ А}.$$

Дано:
 $g = 10 \text{ м/с}^2$
 $v_1 = 7 \text{ м/с}$

$h = 0,8 \text{ м}$

$v_0 = 0 \text{ м/с}$

$v_2 = ?$

$a = ?$

1) Пусть точка соударения шарика и бруска есть центр инерции шарика, тогда по закону сохранения энергии для шарика:

$$mgh = \frac{mv_2^2}{2} \quad (E_n = E_k, \text{ т.к. в момент удара } E_n = 0)$$

$$v_2 = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0,8} = \sqrt{16} = 4 \text{ м/с}$$

Ответ: $v_2 = 4 \text{ м/с}$.

2) Пусть t - время падения шарика и остановки бруска.

$$t = \frac{v_2 - v_0}{g} = \frac{v_2}{g} = 0,4 \text{ с}$$

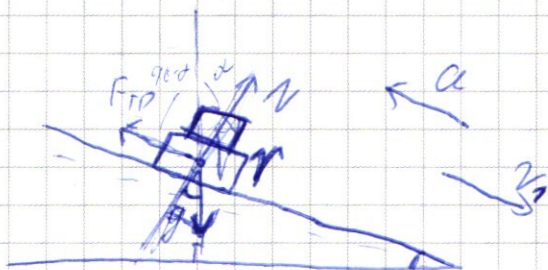
За это время брусок остановился, т.е.

$$at = v_1$$

$$a = \frac{v_1}{t} = \frac{7}{0,4} = 2,5 \text{ м/с}^2$$

Ответ: $a = 2,5 \text{ м/с}^2$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



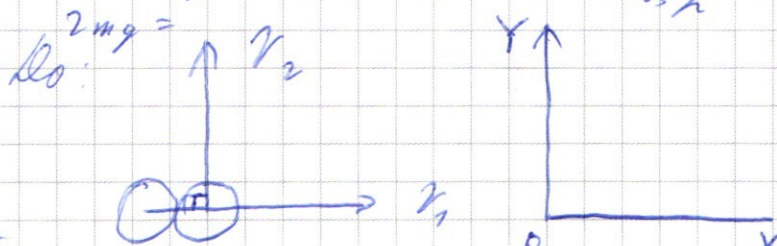
$$h = \frac{v_0^2}{2g}, \quad v_0 = 0 \text{ по ум.}$$

$$v_2^2 = 2gh$$

$$v_2 = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0,8} = \sqrt{16} = 4 \text{ м/с}$$

$\sqrt{4}$

$$mg = F_{\text{тр}} \cos 90^\circ + N \cos \alpha = F_{\text{тр}} \sin \alpha + N \cos \alpha$$



Пусть m - масса одного шарика
Закон сохр. имп. по осм Ox :

$$mv_1 + 0 = 2mv_x$$

$$v_x = \frac{v_1}{2}$$

$$mv_2 + 0 = 2mv_y$$

$$v_y = \frac{v_2}{2}$$

$$V = \sqrt{v_y^2 + v_x^2} = \sqrt{\left(\frac{v_1}{2}\right)^2 + \left(\frac{v_2}{2}\right)^2} = \frac{10}{2} \sqrt{6^2 + 8^2} = 5 \sqrt{30 + 64} = 5 \sqrt{94} = 50 \text{ м/с}$$

По закону сохранения энергии:

$$E_{k1} + E_{k2} = E_{k\text{общ}} + Q$$

$$100 - 25 = 75$$

$$\frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} = \frac{2mV^2}{2} + c \cdot 2m \cdot \Delta t \quad | : \frac{m}{2}$$

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

$$\Delta t = \frac{v_1^2 + v_2^2 - 2V^2}{4c} = \frac{60^2 + 80^2 - 50^2}{520} = \frac{100(6^2 + 8^2 - 5^2)}{520} = \frac{250}{52} \approx 4,8 \text{ с}$$

~~$$mg \cos \alpha = N_1$$~~

$$2mg \cos \alpha = N_2$$

$$ma = N_2 - mg \sin \alpha$$

~~$$N_2 = 2mg \sin \alpha$$~~

$$0 = a = mg \cos \alpha - mg \sin \alpha$$

$$2mg \cos \alpha = 2mg \sin \alpha$$

$$mg \cos \alpha = mg \sin \alpha$$

~~НЕВЕРНО~~

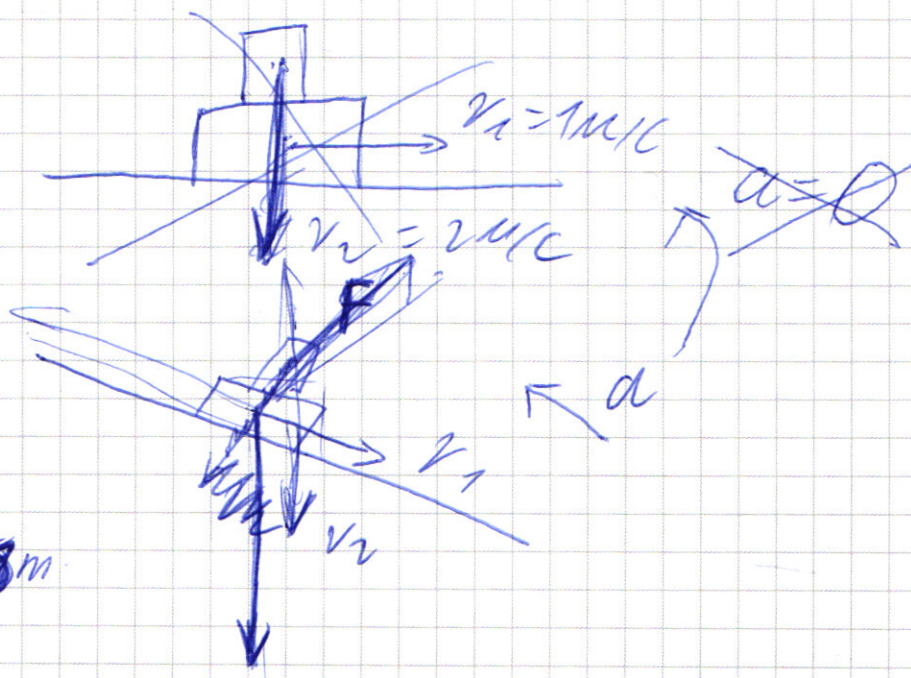
$$F_{\text{тр}2} = 2mg \sin \alpha$$

$$2mg \cos \alpha \eta = mg \sin \alpha$$

$$\eta = \frac{\tan \alpha}{2}$$

$$a = \frac{mg - N_2}{m}$$

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

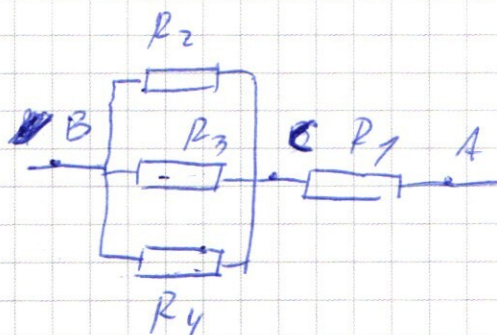


$$A = \frac{v_2^2 m}{2} = 8 \text{ m}$$

$$A = \frac{v_1^2 m}{2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

У5



R_{2-4} — сопротивление между
т. В и т. С.

$$\frac{1}{R_{2-4}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} = \frac{2}{4\Gamma} + \frac{2}{4\Gamma} + \frac{1}{4\Gamma} = \frac{5}{4\Gamma}$$

$$R_{2-4} = \frac{4}{5} \Gamma = 0,8\Gamma$$

$$R_{AB} = R_{2-4} + R_1 = \frac{4}{5} \Gamma + 3\Gamma = \frac{19}{5} \Gamma = 3,8\Gamma$$

$$I_1 = I_{2-4} = I_{AB} = \frac{U_{AB}}{R_{AB}} = \frac{38}{3,8} = 10 \text{ A}$$

$$U_1 = I_1 R_1 = 10 \cdot 3\Gamma = 30 \text{ В}$$

$$U_{AB} = U_1 + U_{2-4} \Rightarrow U_{2-4} = U_{AB} - U_1 = 38 - 30 = 8 \text{ В}$$

$$U_{2-4} = U_2 = U_3 = U_4$$

$$I = I_4 = \frac{U_4}{R_4} = \frac{U_{2-4}}{R_4} = \frac{8}{4\Gamma} = 2 \text{ А}$$

$$57 \quad \cancel{V_{1x}} \quad V_{1x} = V_1 \sin \alpha = 10 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 5\sqrt{3}$$

$$V_{1y} = -V_1 \cos \alpha = -10 \cdot \frac{1}{2} = -5$$

$$V_{2x} = V_2 \sin \beta = 20 \sin \beta$$

$$V_{2y} = V_2 \cos \beta = 20 \cos \beta$$

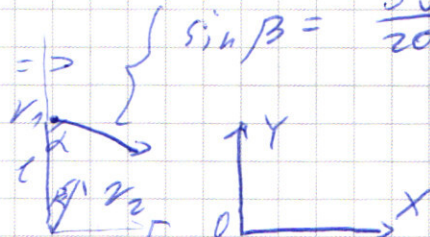
$$x_1 = V_{1x} t = 5\sqrt{3} t$$

$$x_2 = V_{2x} t = 20 \sin \beta t$$

$$y_1 = V_{1y} t = -5 t$$

$$y_2 = V_{2y} t = 20 \cos \beta t$$

$$\frac{10}{4} = \frac{5\sqrt{3}}{2} \quad \left\{ \begin{array}{l} 5\sqrt{3} t = 20 \sin \beta t \\ 1000 - 5t = 20 \cos \beta t \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} \sin \beta = \frac{5\sqrt{3}}{20} = \frac{\sqrt{3}}{4} \end{array} \right.$$



~~дано:~~ дано:

$$L = 1000 \text{ м}$$

$$V_1 = 10 \text{ м/с}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

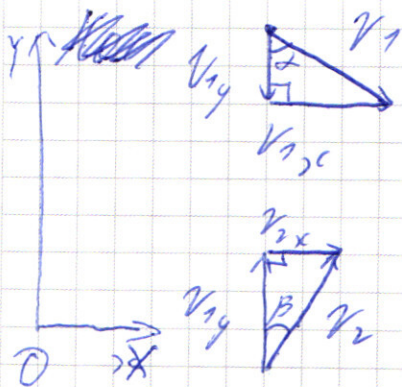
$$V_2 = 20 \text{ м/с}$$

$$S = 220 \text{ м}$$

$$\sin \beta = ?$$

$$t = ?$$

Поскольку корабли и турбомашина встречаются, и угол приложения скорости не изменяется, то их скорости по горизонтальной (проекции скорости на ось Ox) должны быть равны, иначе они обогнут друг друга и друг не встретятся



$$V_{1x} = V_1 \sin \alpha = V_1 \sin 60^\circ = 10 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 5\sqrt{3} \text{ м/с}$$

$$V_{1y} = -V_1 \cos \alpha = -V_1 \cos 60^\circ = -10 \cdot \frac{1}{2} = -5 \text{ м/с}$$

$$V_{2x} = V_2 \sin \beta = 20 \sin \beta$$

$$V_{2y} = V_2 \cos \beta = 20 \cos \beta$$

$$V_{1x} = V_{2x} \Rightarrow 20 \sin \beta = 5\sqrt{3} \Rightarrow \sin \beta = \frac{\sqrt{3}}{4}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Поскольку у корабля и торпеды одинаковые скорости и они движутся в одну и ту же координату по оси Ox , то расстояние между ними будет равно разнице координат по оси Ox

~~Итак~~

$$y_1(t) = y_1 + V_{1y}t = 1000 - 5t$$

$$y_2(t) = y_2 + V_{2y}t = 0 + 20 \cos \beta$$

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

$$\cos \beta = -\frac{\sqrt{13}}{4} \text{ по условию угол т.к. } \angle \beta - \text{острый}$$

$$y_2(t) = 5\sqrt{13}t$$

$$S(t) = y_1 - y_2 = 1000 - 5t - 5\sqrt{13}t$$

$$S(T) = S = 770$$

$$1000 - 5(1 + \sqrt{13})T = 770$$

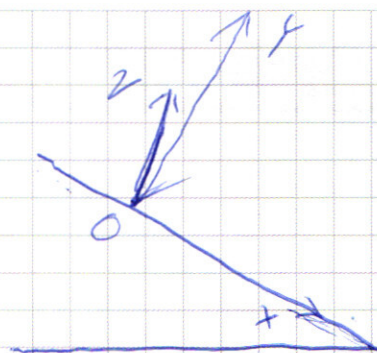
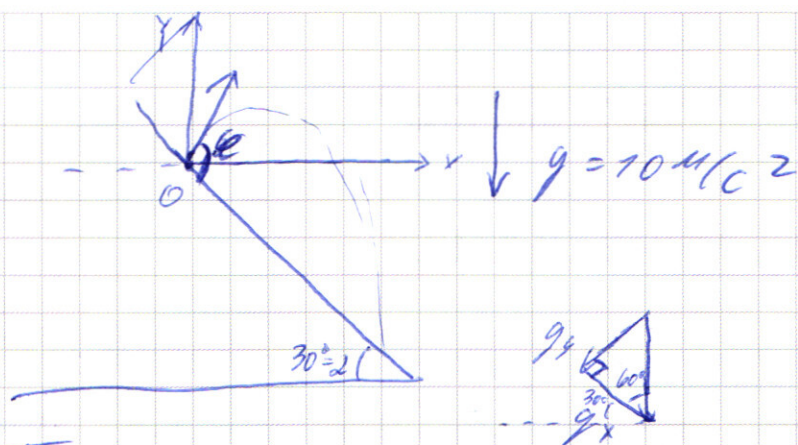
$$5(1 + \sqrt{13})T = 230$$

$$(1 + \sqrt{13})T = 46$$

$$T = \frac{46}{1 + \sqrt{13}} \approx \frac{46}{1 + 3,6} = \frac{46}{4,6} = 10 \text{ с}$$

Ответ: $T = 10 \text{ с}$

$$\begin{array}{r} 3,5 \\ 3,5 \\ \hline 17,5 \\ 10,5 \\ \hline 72,25 \end{array} \quad \begin{array}{r} 3,6 \\ 18,6 \\ \hline 27,6 \\ 10,8 \\ \hline 72,96 \end{array}$$

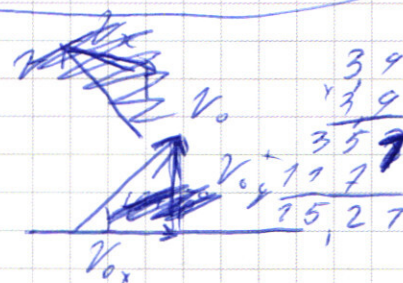


Пусть точка рассматривается как камень - почти
начала координат, ось Ox направлена
горизонтально, а ось Oy направлена
вертикально. а с учетом с направлением силы
 $g_x = g \cos 60^\circ = \frac{g}{2} = 5 \text{ м/с}^2$ вверх, а ось Oy перп.
 $g_y = g \sin 60^\circ = g \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 5\sqrt{3} \text{ м/с}^2$ влево.



$$V_{0y} = V_0 \sin(\varphi + 30^\circ)$$

$$V_{0x} = V_0 \cos(\varphi + 30^\circ)$$



$$y(t) = V_{0y}t - \frac{g_y t^2}{2} = 0$$

$$V_{0x}t + \frac{g_x t^2}{2} = 800$$

$$2V_{0y} - g_y t = 0$$

$$t = \frac{2V_{0y}}{g_y} = \frac{2V_0 \sin \varphi}{g_y}$$

$$\frac{2V_{0x}V_{0y}}{g_y} - \frac{2g_x V_{0y}^2}{g_y^2} = 800$$

$$t_{\max}, \text{ когда } \sin \varphi = \max, \sin \varphi_{\max} = 1, \varphi_{\max} = 90^\circ$$

$$V_0^2 \sin \varphi \cos \varphi - \frac{10 V_0^2 \sin^2 \varphi}{5\sqrt{3}} = \frac{800}{5\sqrt{3}}$$

$$V_0^2 \sin \varphi \cos \varphi - V_0^2 \sin^2 \varphi = \frac{80}{\sqrt{3}}$$

$$V_{0x} = V_0 \cos 90^\circ = 0$$

$$\frac{g_x t^2}{2} = 800$$

$$t = \sqrt{\frac{1600}{g_x}} = \sqrt{\frac{1600}{5}} = \sqrt{320} = 2\sqrt{80} = 4\sqrt{20} = 8\sqrt{5} \text{ с}$$

$$t = \frac{2V_0}{g_y}$$

$$8\sqrt{5} = \frac{2V_0}{5\sqrt{3}} \Rightarrow V_0 = \frac{40\sqrt{75}}{5\sqrt{3}} = 20\sqrt{5} \approx 44.72 \text{ м/с}$$

☒ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № 2

(Нумеровать только чистовики)

≈ 80%