

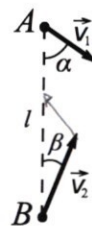
Олимпиада «Физтех» по физике, с

Вариант 09-01

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 $l = 1$ 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?

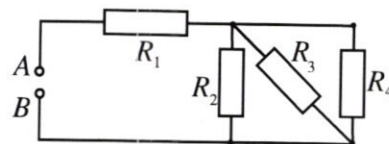
2) На сколько Δt ($^\circ\text{C}$) повысится температура шариков?

Удельная теплоемкость свинца $c = 130$ Дж/(кг $\cdot^\circ\text{C}$). 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

W5
 $R_{AB} = ?$
 $I = ?$
 $R_1 = 3r$
 $R_2 = R_3 = 2r$
 $R_4 = 4r$
 $r = 10 \Omega$
 $U = 38 \text{ В}$

Пусть ток течет от А к В. $\varphi_A - \varphi_B = U = 38 \text{ В}$
 $\varphi_A - \varphi_B =$ Расставим токи на рисунке
 $\varphi_A - \varphi_B = 5I_0 \cdot R_1 + 2I_0 \cdot R_3 = 15I_0 r + 4I_0 r = 19I_0 r =$
 $= R_{AB} \cdot 5I_0$ (т.к. по закону сохранения энергии, если в схему втекает

$5I_0$, то столько же должно вытекать и наоборот).

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

$$R_{AB} = 3,8 \cdot 10 \quad R_{AB} = 38 \Omega$$

$$I = I_{\text{ср}} = I_0$$

$$\text{Если } r = 10 \Omega, \text{ то } \varphi_A - \varphi_B = U = 19I_0 r \Rightarrow I_0 = \frac{U}{19r}$$

$$I_0 = \frac{38}{19 \cdot 10} \quad I_0 = 0,2 \text{ А} \Rightarrow I = I_0 = 0,2 \text{ А}$$

W4
 $v = ?$
 $\Delta t = ?$
 $v_1 = 60 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
 $v_2 = 80 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
 $m_1 = m_2 = m$
 $c = 130 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

до столкновения

после столкновения

Удар абсолютно неупругий, поэтому дальше шары движутся как единое целое

По закону сохранения энергии

$$\bar{v}_1 m + \bar{v}_2 m = \bar{v} (m + m)$$

$$OX: -v_2 \cdot m = -v \cdot 2m \cdot \cos \alpha \Rightarrow v \cdot \cos \alpha = \frac{v_2}{2}$$

$$OY: +v_1 \cdot m = 2m \cdot v \cdot \sin \alpha \Rightarrow v \cdot \sin \alpha = \frac{v_1}{2}$$

$$v^2 \cdot \cos^2 \alpha + v^2 \cdot \sin^2 \alpha = \frac{v_2^2 + v_1^2}{4} = v^2 \Rightarrow v = \frac{\sqrt{v_2^2 + v_1^2}}{2}$$

$$v = \frac{\sqrt{60^2 + 80^2}}{2} = 5 \cdot \sqrt{6^2 + 8^2} = 50 \text{ м/с}$$

$$v = 50 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\tan \alpha = \frac{v_1}{v_2} = \frac{60}{80} = \frac{3}{4} \rightarrow \alpha = \arctan\left(\frac{3}{4}\right)$$

Будем считать, что потенциальная энергия шариков не изменилась и что трения нет. $\Rightarrow$ система замкнута

$$E = E_k + E_n = E_{k2} + E_n + Q$$

до удара

после удара

$$E_{k1} = m \cdot \frac{v_1^2}{2} + m \cdot \frac{v_2^2}{2}$$

$$E_{k2} = 2m \cdot \frac{v^2}{2}$$

$$Q = (t_k - t_0) \cdot 2m \cdot c = \Delta t \cdot 2m \cdot c$$

т.к. масс. шариков одинак.

$$Q = E_{k1} - E_{k2} \Rightarrow$$

$$2mc \Delta t = \left(\frac{v_1^2 + v_2^2}{2} - v^2 \right) m$$

$$\Delta t = \frac{v_1^2 + v_2^2 - 2v^2}{2 \cdot 2 \cdot c}$$

$$\Delta t = \frac{60^2 + 80^2 - 50^2 \cdot 2}{2 \cdot 130 \cdot 2} = \frac{10^2 (6^2 + 8^2 - 5^2 \cdot 2)}{2 \cdot 130 \cdot 2}$$

$$= \frac{10^2 (100 - 25 \cdot 2)}{2 \cdot 130 \cdot 2}$$

$$= \frac{50 \cdot 50}{2 \cdot 130 \cdot 2} = \frac{250}{13 \cdot 2} = \frac{125}{13}$$

$$\Delta t = \frac{250}{13} \approx 19,23^\circ \text{C}$$

$$\Delta t = \frac{125}{13} \approx 9,6^\circ \text{C}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\sqrt{2}$
 $\varphi - ?$
 $v_0 - ?$
 $S = 0,8 \text{ км} = 800 \text{ м}$
 $\alpha = 30^\circ$

$S = v_0 \cdot t \cdot \cos(\varphi - \alpha)$
 $\cos \alpha$

функция $\frac{g t^2}{2}$ зависит
 от времени
 по теореме косинусов:
 $\left(\frac{g t^2}{2}\right)^2 = (v_0 t)^2 + S^2 - 2 \cdot \cos \varphi \cdot v_0 t \cdot S$

$$\begin{aligned}
 \frac{g^2 t^4}{4} &= v_0^2 t^2 + v_0^2 t^2 \frac{\cos^2(\varphi - \alpha)}{\cos^2 \alpha} - 2 \cdot \cos \varphi \cdot \frac{\cos(\varphi - \alpha)}{\cos \alpha} \cdot v_0^2 t^2 = \\
 &= v_0^2 t^2 + v_0^2 t^2 \frac{\cos(\varphi - \alpha)}{\cos \alpha} \left(\frac{\cos(\varphi - \alpha)}{\cos \alpha} - 2 \cos \varphi \right) = \\
 &= v_0^2 t^2 + v_0^2 t^2 \left(\frac{\cos \varphi \cdot \cos \alpha + \sin \varphi \cdot \sin \alpha}{\cos \alpha} \right) \left(\frac{\cos \varphi \cdot \cos \alpha + \sin \varphi \cdot \sin \alpha}{\cos \alpha} - 2 \cos \varphi \right) = \\
 &= v_0^2 t^2 (1 + (\cos \varphi + \sin \varphi \cdot \tan \alpha)(\sin \varphi \cdot \tan \alpha - \cos \varphi)) \Rightarrow \\
 \Rightarrow \frac{g^2 t^4}{4} &= v_0^2 (1 + \sin^2 \alpha \cdot \tan^2 \alpha - \cos^2 \varphi)
 \end{aligned}$$

$t^2 = \frac{v_0^2}{g^2} (1 + \sin^2 \alpha \cdot \tan^2 \alpha - \cos^2 \varphi)$ квадрат времени, как и
 время минимально при $\varphi = 0$ и максимален при $\varphi = 90^\circ$

при $\varphi = 90^\circ$
 Если $\varphi = 90^\circ$, то $S = g \frac{t^2}{2} \cdot \sin(90 - (\varphi - \alpha)) = g \frac{t^2}{2} \cdot \cos(\varphi - \alpha)$, но так
 $\varphi = 90^\circ$

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

$$v_0 \cdot t \cdot \cos(\varphi - \alpha) = S \cdot \cos \alpha$$

$$\varphi = 90^\circ$$

$$v_0 \cdot \sin \alpha \cdot t = S \cdot \cos \alpha$$

$$v_0^2 \cdot \sin^2 \alpha \cdot t^2 = S^2 \cdot \cos^2 \alpha$$

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

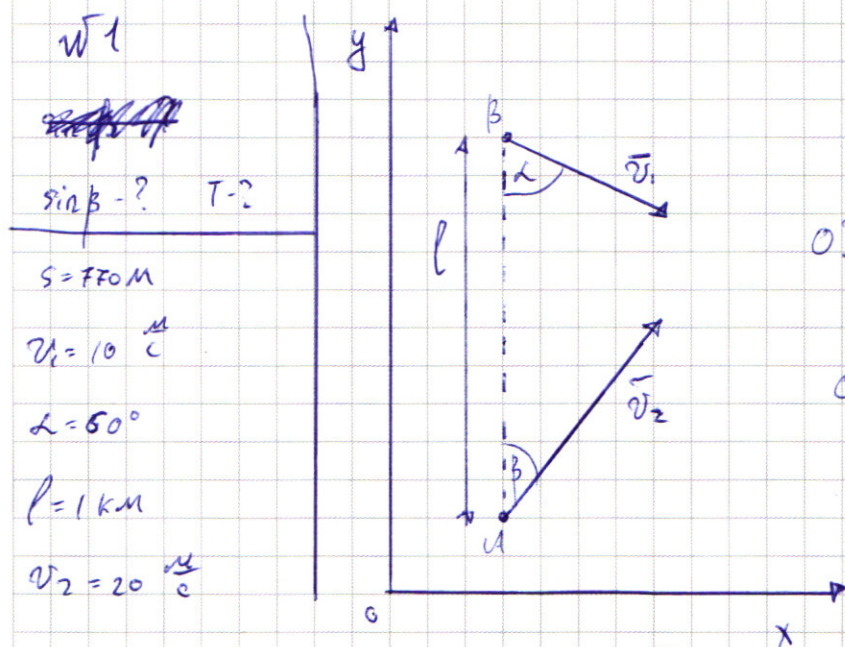
$$\Rightarrow v_0^2 = \frac{S \cdot g \cdot \cos^2 \alpha}{\sin \alpha \cdot 2}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{0,800 \cdot 10 \cdot \frac{\sqrt{3}^2}{2}}{0,5 \cdot 2}} = \sqrt{\frac{24000}{4}} = \frac{10}{2} \sqrt{240} = 5 \sqrt{240}$$

$$\cancel{v_0 = 5 \sqrt{240}}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{24000}{4}} = \sqrt{6000} = 10 \sqrt{60} = 20 \sqrt{15}$$

$$v_0 = 20 \sqrt{15} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$



Чтобы торпеды встретились:

$$\overrightarrow{AB} + \overrightarrow{v_1} \cdot t = \overrightarrow{v_2} \cdot t$$

$$\text{ОУ: } l - v_1 \cos \alpha t = v_2 \cos \beta t$$

$$l = (v_1 \cos \alpha + v_2 \cos \beta) t$$

$$\text{ОХ: } v_1 \sin \alpha t = v_2 \sin \beta t$$

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

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

$$\sin \beta = \frac{10}{20} \cdot \sin 50^\circ = \frac{1}{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$$

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

Чтобы ракета торпеды попала в цель, расстояние между кораблями и торпедой не должно изменяться по ох и ох. $\Rightarrow$ будет и и должно быть равным 0 (по ох), поэтому:



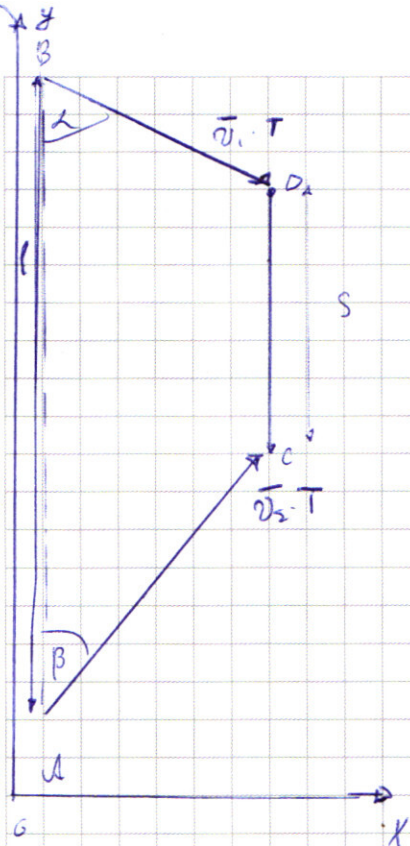
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)»

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле) •

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



$$\vec{AB} + \vec{v}_1 \cdot T = \vec{v}_2 \cdot T + \vec{CO}$$

$$\text{отсюда: } l = v_1 \cdot \cos \alpha \cdot T = v_2 \cdot \cos \beta \cdot T + S$$

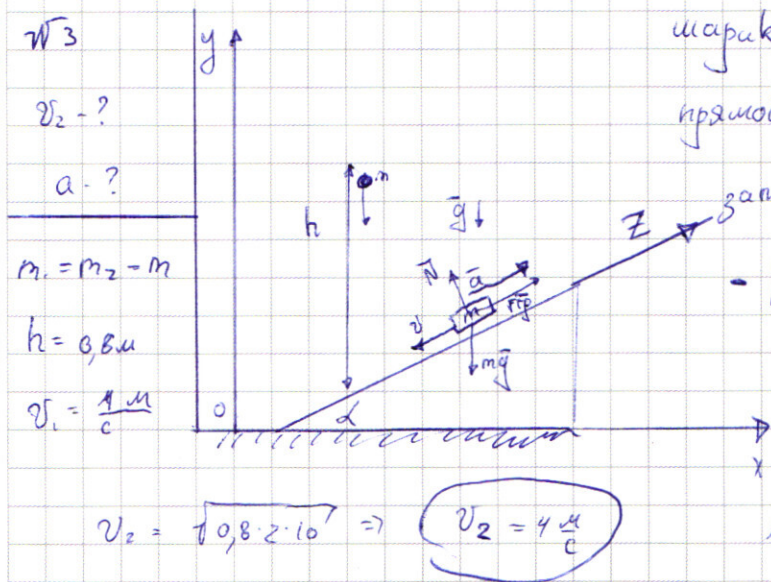
$$l - S = (v_1 \cdot \cos \alpha + v_2 \cdot \cos \beta) \cdot T$$

$$T = \frac{l - S}{v_1 \cdot \cos \alpha + v_2 \cdot \sqrt{1 - \sin^2 \beta}}$$

$$T = \frac{1000 - 770}{10 \cdot 0,5 + 20 \cdot \sqrt{1 - \frac{3}{16}}} = \frac{230 \cdot 4}{5 \cdot 4 + 20 \cdot \sqrt{13}}$$

$$= \frac{230 \cdot 4}{(1 + \sqrt{13}) \cdot 5} = \frac{230 (\sqrt{13} - 1)}{12 \cdot 5} = \frac{115 (\sqrt{13} - 1)}{6 \cdot 5}$$

$$T = (\sqrt{13} - 1) \frac{23}{6} \approx 2,6 \cdot \frac{23}{6}$$



шарик движется равноускоренно по прямой вниз, ~~поэтому~~ можно

$$\text{запишем: } -h = \frac{v_0^2 - v_2^2}{2g}$$

$v_0 = 0$, поэтому

$$v_2 = \sqrt{2hg}$$

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

время падения шарика - t_n

$$g \frac{t_n^2}{2} = h \Rightarrow t_n = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

$$t_n = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,8}{10}} = \sqrt{0,16} = 0,4 \text{ (с)}$$

скорость шарика:

$$\vec{v}_* = \vec{v}_1 + \vec{a} \cdot t \quad \text{отсюда: } -v = v_1 + a \cdot t$$

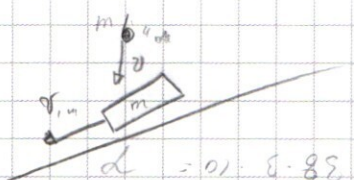
В момент удара $v = 0$.

$$0 = v_1 - a \cdot t_n \Rightarrow a = \frac{v_1}{t_n} \quad a = \frac{1}{0,4} \quad a = 2,5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

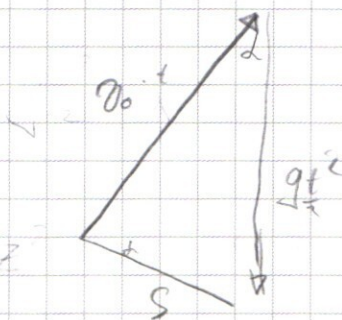
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$v^2 t^2 + \frac{g^2 t^4}{4} - 2 \cos \alpha \cdot v t^3 = 0^2$$

$$\varepsilon' = \frac{100}{1156} = \frac{100}{1156} = \frac{1}{11.56}$$



$$\varepsilon = 0.01 + 0.001 = 0.011$$



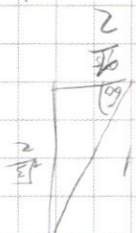
$$\varepsilon' = \frac{100}{1089} = \frac{100}{1089} = \frac{1}{10.89}$$

$$\varepsilon' = \frac{100}{1286} = \frac{100}{1286} = \frac{1}{12.86}$$

$$\cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{13}} = \frac{1}{\sqrt{13}}$$

$$v^2 t^2 - 3t^2 = 0$$

$$(37+3)(37-3)$$



$$\sin \alpha = \frac{4}{5} = \frac{4}{5}$$

$$40 - 3^2 = 31$$

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

$$v_1 \sin \alpha \cdot t = v_2 \sin \alpha \cdot t$$

$$\varepsilon' = \frac{100}{1361} = \frac{100}{1361} = \frac{1}{13.61}$$

$$t = \frac{v_1 \cos \alpha + v_2 \cos \alpha}{g}$$

$$\frac{10}{5} = 2$$

$$\begin{array}{r} 250 \overline{) 13} \\ 13 \\ \hline 120 \\ 112 \\ \hline -30 \\ 26 \\ \hline 40 \end{array}$$

$$38.5 \cdot I_0 = 38.5 \cdot 0.2 = 38.1 = 38$$

$$36 + 64 = 100$$

$$\frac{19,23}{2} = 9,6$$

$$\frac{60^2 + 80^2}{2} = \frac{10^2 (6^2 + 8^2)}{2} = 50 \cdot 10 = 500$$

$$(v_1 t)^2 + (v_2 t)^2 - 2 \cos(180 - \alpha - \beta) \cdot v_1 t + v_2 t = f$$

$$t^2 (v_1^2 + v_2^2 - 2 \cos(180 - \alpha - \beta) \cdot v_1 \cdot v_2) = \rho$$

$$\frac{2s \cdot \cos^2 \phi \cdot g^2}{g^4 \cos^2 \phi \sin \phi} = \frac{s \cdot g \cdot \cos^2 \phi}{2 \cdot \sin \phi}$$

$$\sqrt{\frac{S \cdot g \cos^2 L}{2 \cdot \sin \alpha}} = \sqrt{\frac{S \cdot 10 \cdot 3}{8}} = \sqrt{\frac{S \cdot g}{2 \cdot 1}} = \sqrt{\frac{8000 \cdot 10 \cdot 3}{8}} = \sqrt{60000}$$

