

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Вариант 09-01

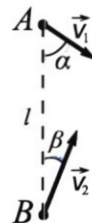
Класс 09

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

1. Корабль A и торпеда B в некоторый момент времени находятся на расстоянии $l = 1$ 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?

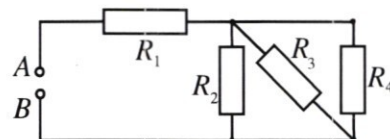
2) На сколько Δt ($^\circ\text{C}$) повысится температура шариков?

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.

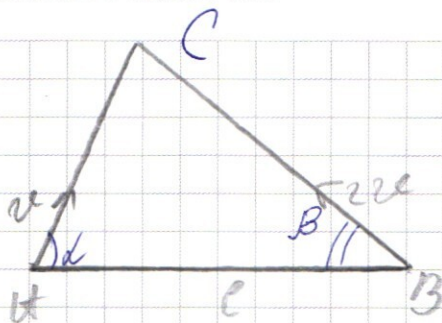
2) Какой силы I ток будет течь через резистор R_4 при $r = 10$ Ом?



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

① $l = 100 \text{ м}$
 $v_1 = v = 10 \text{ м/с}$
 $v_2 = 2v = 20 \text{ м/с}$
 $\alpha = 60^\circ$

Внешне:



Обозначим место их столкновения

1 $\sin \beta = ?$

2 T при $S = 100 \text{ м}$

буквой C, получим $\triangle ABC$.

Р. $\triangle ABC$:

по т. синусов:

$$\frac{\sin \alpha}{BC} = \frac{\sin \beta}{AC}$$

1

К моменту столкновения, корабль
пройдет $v_1 t$, а торпеда $v_2 t$. Подставим
эти значения:

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

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

$$2 \sin \beta = \sin \alpha \cdot 2$$

$$\sin \beta = \frac{\sin \alpha}{2}$$

$$\sin \beta = \frac{\sqrt{3}}{2} : 2 = \frac{\sqrt{3}}{4}$$

2 Так как торпеда попадет в цель, то в
любое момент времени расстояние между
телами будет параллельно AB, т.е. $\alpha = \beta \Rightarrow$

$$\Rightarrow \triangle ABC \sim \triangle AB_1C \Rightarrow$$

$$\rightarrow \frac{S}{l} = \frac{CB_1}{CB}$$

$$CB = 22^2$$

$$CB_1 = (t-T)2v$$

$$\frac{S}{l} = \frac{2v(t-T)}{22^2}$$

$$\frac{4400}{10000} = \frac{t-T}{t}$$

$$P \triangle ABC:$$

По Теореме косинусов:

$$BC^2 = AC^2 + AB^2 - 2AC \cdot AB \cdot \cos \alpha$$

$$BC = 2v_t$$

$$AC = v_t$$

t - время до столкновения

$$4v_t^2 = v_t^2 + (10000)^2 - 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot 10000 \cdot v_t$$

$$400t^2 - 10000t + 10000000 = 0$$

$$300t^2 + 10000t - 10000000 = 0$$

$$3t^2 + 100t - 10000 = 0$$

$$D = 10000 + 120000 = 130000 \approx 360^2$$

$$t_{1,2} = \frac{-100 \pm 360}{6} = \begin{bmatrix} 43\frac{1}{3} \\ -46\frac{2}{3} \end{bmatrix}$$

$$t = 43\frac{1}{3}$$

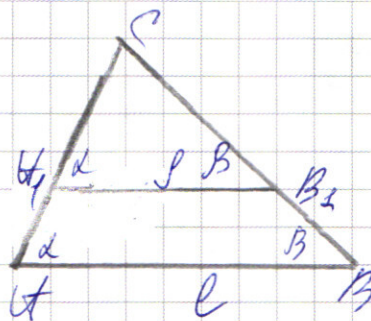
$$\frac{4400}{10000} = \frac{43\frac{1}{3} - T}{43\frac{1}{3}}$$

$$43000 + 333\frac{1}{3} - 1000T = 33110 + \frac{440}{3}$$

$$43333\frac{1}{3} - 1000T = 33356\frac{2}{3}$$

$$1000T = 43333\frac{1}{3} - 33356\frac{2}{3}$$

$$T \approx 10 \text{ c}$$



$$\text{Answer: } \cos \beta = \frac{\sqrt{3}}{4}; 2T \approx 10 \text{ c}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

⑤ Дано:

$$R_1 = 3 \text{ к}$$

$$R_2 = R_3 = 2 \text{ к}$$

$$R_4 = 4 \text{ к}$$

$$U = 38 \text{ В}$$

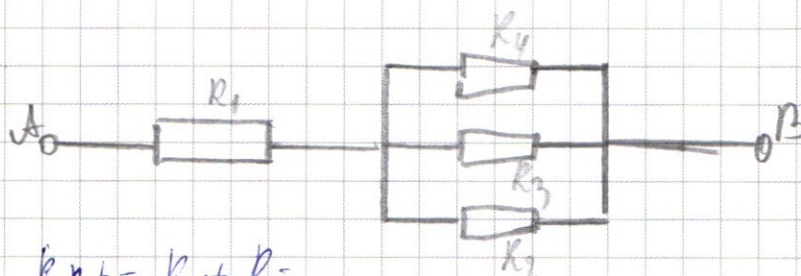
$$n = 10 \text{ Ам}$$

1) $R_{AB} = ?$

2) $I_4 = ?$

Решение:

Перерисуем схему:



1) $R_{\text{общ}} = R_1 + R_{\text{общ}234}$

$$R_{\text{общ}234} = \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}}$$

$$\frac{1}{R_{\text{общ}234}} = \frac{R_2 R_4 + R_2 R_3 + R_3 R_4}{R_2 R_3 R_4}$$

$$R_{\text{общ}234} = \frac{R_2 R_3 R_4}{R_2 R_4 + R_2 R_3 + R_3 R_4}$$

$$R_{\text{общ}234} = \frac{2 \text{ к} \cdot 2 \text{ к} \cdot 4 \text{ к}}{2 \text{ к} \cdot 2 \text{ к} + 2 \text{ к} \cdot 4 \text{ к} + 2 \text{ к} \cdot 4 \text{ к}} = \frac{16 \text{ к}^3}{20 \text{ к}^2} = \frac{4}{5} \text{ к}$$

$$R_{AB} = R_1 + R_{\text{общ}234}$$

$$R_{AB} = 3 \text{ к} + \frac{4}{5} \text{ к} = 3,8 \text{ к}$$

2) $R_{AB} = 3,8 \text{ к}$

$$R_{AB} = 3,8 \cdot 10 \text{ Ом} = 38 \text{ Ом}$$

$$I_{\text{общ}} = \frac{U}{R}$$

$$I_{\text{общ}} = \frac{38 \text{ В}}{38 \text{ Ом}} = 1 \text{ А}$$

$$I_{234} = I_{\text{общ}} = 1 \text{ А}$$

$$I_2 + I_3 + I_4 = I_{234}$$

$$\frac{U_1}{R_2} + \frac{U_1}{R_3} + \frac{I_4}{1} = I_{234}$$

$$U = U_1 + U_2$$

U_2 - напряжение в резисторе 1

U_1 - напряжение на участке 234

$$U_2 = I_1 R_1$$

$$U = U_1 + I_1 R_1$$

$$U_1 = U - I_1 R_1$$

$$U_1 = U - I_1 \cdot 3 \cdot 10 \text{ Ом}$$

$$U_1 = 38 \text{ В} - 1 \text{ А} \cdot 30 \text{ Ом}$$

$$U_1 = 8 \text{ В}$$

$$\frac{8 \text{ В}}{20 \text{ Ом}} + \frac{8 \text{ В}}{20 \text{ Ом}} + I_4 = 1 \text{ А}$$

$$I_4 = 1 \text{ А} - \frac{4}{5} \text{ А}$$

$$I_4 = 0,2 \text{ А}$$

Ответ: $R_{\text{ит}} = 7,2 \text{ Ом}$; $I_4 = 0,2 \text{ А}$

④ Дано:

$$m_1 = m_2 = m$$

$$v_1 = 60 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$v_2 = 80 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\alpha = 90^\circ$$

1) v - ?

2) Δt - ?

$$C = 130 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

Решение:

Сложим вектора

методом

треугольника:

4 шарика

$\triangle ABC$ - rtg

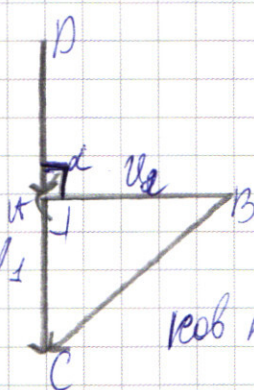
Р $\triangle ABC$:

$$BC^2 = AC^2 + AB^2$$

По 3. сохр. импульса $BC = 2mv$; $AB = mv_2$; $AC = mv_1$

$$(2mv)^2 = (mv_2)^2 + (mv_1)^2$$

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



$\vec{DA}$ - движение 1 шарика

$\vec{BA}$ - движение 2 шарика

$\vec{BC}$ - движение шарика

ков после столкновения.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$4v^2 = 6400 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} + 3600 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}$$

$$4v^2 = 2500 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}$$

$$v = 50 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

В казане, до столкновения, их общая энергия равнялась сумме их кинетических энергий:

$$E_k = E_{k1} + E_{k2} = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2}$$

а стала кинетической энергией тела массой $2m$

$$E_{k\text{ка}} = \frac{2mv^2}{2} = mv^2$$

оставшаяся энергия Q пошла на нагревание шаров:

$$E_k = E_{k\text{кон}} + Q$$

$$Q = E_k - E_{k\text{кон}} = \frac{mv_1^2 + mv_2^2}{2} - mv^2$$

$$Q = 2m \cdot c \cdot \Delta t$$

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

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

$$c\Delta t = \frac{6400 + 3600 - 5000}{4} = \frac{5000}{4} = 1250$$

$$\Delta t = \frac{1250}{c}$$

$$\Delta t = \frac{1250}{130} = 9,6^\circ\text{C}$$

Ответ: $\Delta t = 9,6^\circ\text{C}$ 1) $v = 50 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

3 Дано: Решения

$$v = 1 \frac{m}{c}$$

$$h = 0,8 \frac{m}{c}$$

$$g = 10 \frac{m}{c^2}$$

$$h = v_0 t + \frac{g t^2}{2}$$

v_0 - начальная скорость, равна 0

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

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,8 \frac{m}{c}}{10 \frac{m}{c^2}}}$$

$$t = 0,4 c$$

$$v_2 = g t$$

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

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$\Delta v = v_k - v_1$$

$$\Delta t = t$$

$$v_k = 0$$

$$a = \frac{-v_1}{t}$$

$$a = \frac{-1 \frac{m}{c}}{0,4 c} = -2,5 \frac{m}{c^2}$$

Ответ: 1) $v_2 = 4 \frac{m}{c}$; 2) $a = -2,5 \frac{m}{c^2}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Handwritten calculations and diagrams on grid paper.

Top Left: 420 m , 120 m , $5 \text{ m} \%$, $0,4 \text{ c}$, $\frac{1 \text{ m/s}}{0,4 \text{ c}} = -2,5 \frac{\text{m}}{\text{c}}$

Top Right: 420 , 420 , 000 , 5390 , 5390 , 582900

Diagram 1 (Top): A right-angled triangle with a horizontal base of $0,8 \text{ km}$ and a vertical height of $0,4 \text{ km}$. The hypotenuse is labeled 30° . A dashed arc indicates a path from the top-left corner to the top-right corner.

Diagram 2 (Bottom): A triangle with vertices labeled C , A , and B . Side CA is 14 , side CB is 20 , and side AB is 1000 . The angle at vertex C is 120° .

Equations:

$$(420)^2 = 500^2 - 2 \cos 120^\circ \cdot 200^2$$

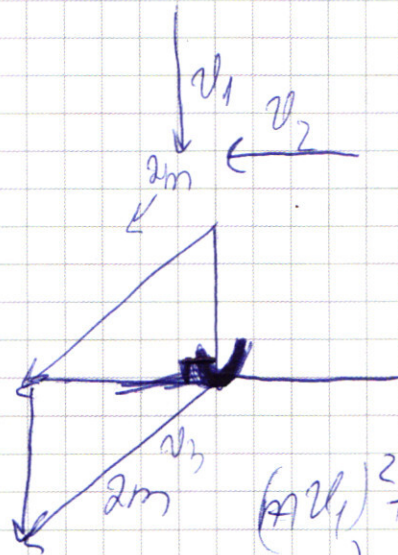
$$(1000 \cos 120^\circ + 500)^2 = 420^2$$

$$t = \frac{420}{2500 - 4000 \cos 120^\circ}$$

Bottom Left: 1250 , 113 , 114 , 8098 , 48

Bottom Right: $400^2 = 1000^2 + 1000^2 - 1000^2$, $3200^2 = 10000^2 - 10000^2 = 0$, $36^2 + 1005^2 = 1000^2$, $Q = 1000^2 - 120000 = 13000$

Far Right: $\frac{v_1^2 + v_2^2}{2} \Rightarrow 2 \frac{v_1^2 + v_2^2}{2}$, $1600 + 6400 = 72 \cdot 2600$, 49



$$(mv_1)^2 + (mv_2)^2 = (2mv_3)^2$$

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

$$10000 = 4v_3^2$$

$$v_3 = 50 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$3^\circ < \alpha < 9^\circ$$

$$\begin{array}{r} 35 \\ 35 \\ \hline 70 \\ 108 \\ \hline 1296 \end{array}$$

$$1223$$

$$\begin{array}{r} 770 \\ \times 43 \\ \hline 2310 \\ 3080 \\ \hline 73110 \end{array}$$

$$t_{12} = \frac{100\sqrt{3} \pm 100}{6}$$

$$t_{12} = 50(\sqrt{3} \pm 1)$$

$$AC^2 = m^2 + AB^2 - 2 \cos \beta \cdot AC \cdot AB$$

$$1006^2 = 4006^2 + 10064 - 2 \cdot \sqrt{3} \cdot 1000 \cdot 206$$

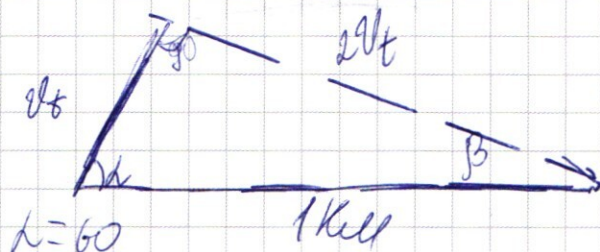
$$9006^2 - 10000\sqrt{3} + 100000 = 0$$

$$96^2 - 100\sqrt{3} + 10000 = 0$$

$$\Delta = 130000 - 120000 = 10000$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

60



$$(v_t)^2 + (2v_t)^2 = 1 \text{ км}^2$$

$$100t^2 + 400t^2 = 1 \text{ км}^2$$

$$500t^2 = 1 \text{ км}^2$$

$$t^2 = 2 \text{ км}^2$$

$$t = \sqrt{2} \text{ км}$$

$$500t^2 = 1000000 \text{ м}^2$$

$$t^2 = 2000$$

$$t = 10 \sqrt{20}$$

$$t = 20\sqrt{5} \text{ с}$$

$$200\sqrt{5} \text{ м}$$

$$400\sqrt{5} \text{ м}$$

$$BC^2 = 2v_t$$

$$BC^2 = AB^2 + AC^2 - 2 \cos 60 \cdot v_t \cdot 1 \text{ км}$$

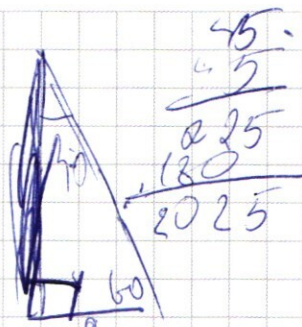
$$4v_t^2 = 1000000 \text{ м}^2 + v_t^2 - v_t \cdot 1000 \text{ м}$$

$$400t^2 = 1 \cdot 10^6 \text{ м}^2 + 100t^2 - 10000t$$

$$300t^2 + 10000t - 1000000 \text{ м} = 0$$

$$3t^2 + 100t - 10000 \text{ м} = 0$$

$$500 + 30000 = 30500$$



$$\frac{100 \pm 350}{6} = \frac{250}{6}$$

$$2000 \text{ м}$$

$$4000 \text{ м}$$

$$122500$$

$$1225 \quad 350$$

$$D = 10000 + 120000 - 121000$$

$$\frac{100 \pm 1100}{6} = \left[\frac{-1000}{6}, 200 \right]$$

$$\frac{1}{2}$$

$$\frac{3}{4}$$

$$\frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\frac{\sqrt{3}}{4}$$

$$\frac{\sin 60}{2+V} = \frac{\sin \beta}{t \cdot V} = \frac{\sin (120-\beta)}{1kV}$$

$$2+V \sin \beta = \sin 60 \cdot t \cdot V$$

$$\sin \beta = \frac{\sin 60}{2} = \frac{1}{4}$$

$$\frac{1}{R_{\text{парал}}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$\frac{R_2 R_3 + R_1 R_3 + R_2 R_1}{R_1 R_2 R_3}$$

$$R_1 R_2 R_3$$

$$= \frac{4 \mu^2 \cdot 4 \mu}{3 \mu^2 + 3 \mu^2 + 4 \mu^2} = \frac{16 \mu^3}{20 \mu^2} = \frac{4}{5} \mu^3$$

$$m v_1 + m v_2 = 2m v_3$$

$$140 = 2 v_3$$

$$m v_2 - m v_1 = 2m v_3$$

$$v_3 = 100 \frac{\text{cm}}{\text{с}}$$

$$9800 \rightarrow 2m \cdot 130 \cdot \Delta t$$

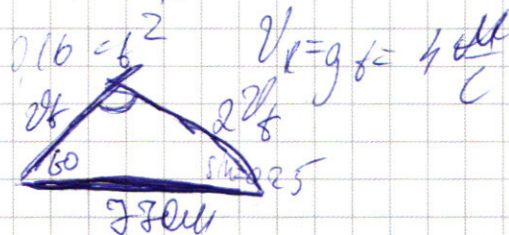
$$\frac{4900}{130m} = \Delta t$$

$$\frac{490}{130m} = \Delta t$$

$$38 \text{ мкс}$$

$$0,8 = \frac{q \cdot t^2}{2}$$

$$t = 0,4 \text{ с}$$



$$\frac{\sin (180-\alpha-\beta)}{970} = \frac{1}{2V}$$

$$375 = 2V \cdot \sin (180-\alpha-\beta)$$

$$375 = 20 \cdot \sin (180-\alpha-\beta)$$

$$t = \frac{375}{20 \sin (180-\alpha-\beta)}$$

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

$$\frac{3600 + 6400}{2} \Rightarrow 5000$$

$$10000 \Rightarrow 200$$

