

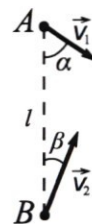
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 09

Вариант 09-02

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

1. Корабль A и торпеда B в некоторый момент времени находятся на расстоянии $l = 0,8$ 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 α , $\sin \alpha = 0,6$. Из миномета, расположенного на склоне, производят выстрел, под таким углом β 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 β к поверхности склона произведен выстрел?

2) Найдите максимальную дальность L стрельбы из такого миномета на горизонтальной поверхности. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха пренебрежимо мало.

3. Вниз по шероховатой наклонной плоскости равнозамедленно движется брусок. Величина ускорения бруска $a = 2$ м/с². 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/с². 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.

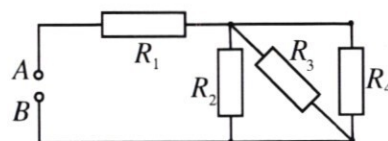
5. Четыре резистора соединены как показано на рисунке. Сопротивления резисторов $R_1 = 2 \cdot r$,

$R_2 = R_3 = 4 \cdot r$, $R_4 = r$. На вход АВ схемы подают напряжение $U = 8$ В.

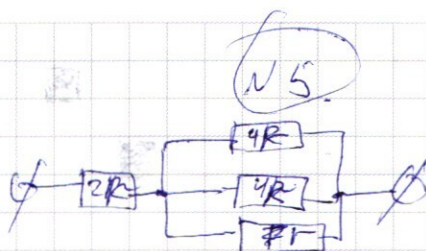
1) Найдите эквивалентное сопротивление R_{AB} цепи.

2) Какая суммарная мощность P будет рассеиваться на резисторах R_2 ,

R_3 и R_4 при $r = 6$ Ом?



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\frac{1}{4R} + \frac{1}{4R} + \frac{1}{8R} = \frac{G}{4R}$$

$$\frac{4R}{6} = \frac{2}{3}R$$

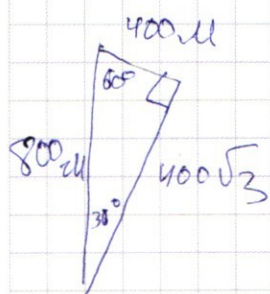
$$\frac{2}{3}R + 2R = 2\frac{2}{3}R = \frac{8}{3}R$$

$$I = \frac{U}{\frac{8}{3}R} = \frac{3U}{8R}$$

$$U^* = U - \frac{2R \cdot 3U}{8R} = U - \frac{3U}{4} = \frac{U}{4}$$

$$P = \frac{U^{*2}}{\frac{2}{3}R} = \frac{U^2}{\frac{32}{3}R} = \frac{3U^2}{32R} = \frac{3 \cdot 64}{32 \cdot 6} = 1 \text{ Вт}$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{144} \cdot 24 + \frac{1}{144} \cdot 24 + \frac{1}{9} \cdot G &= \\ = \frac{2}{12} + \frac{2}{12} + \frac{2}{3} &= \\ = \frac{4}{12} + \frac{2}{3} &= \\ = \frac{3}{3} = 1 \text{ Вт} \end{aligned}$$



$$640000 - 160000 = 480000$$

$$100 \cdot \sqrt{48} = 100 \cdot \sqrt{16 \cdot 3} = 400\sqrt{3}$$

$$V_2 = 8\sqrt{3} \approx 8 \cdot 1,7 = 13,6 \text{ м/с}$$

$$43,6 \cdot 25$$

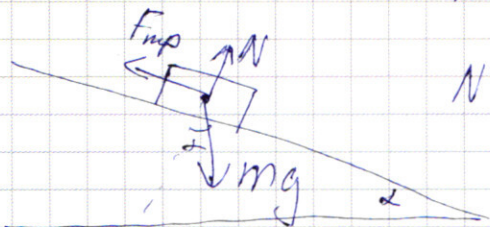
$$8 \cdot 25 = 200 \text{ м} \quad 400 - 200 = 200 \text{ м}$$

$$43,6 \cdot 400\sqrt{3} - 8\sqrt{3} \cdot 25 = 400\sqrt{3} \cdot 200\sqrt{3} = 200\sqrt{3} \text{ м}$$

$$40000 + 120000 = 160000$$

$$\sqrt{160000} = 400 \text{ м.}$$

N3.



$$ma = F_{mp} - mg \sin \alpha = \mu N - mg \sin \alpha =$$

$$N = mg \cos \alpha$$

$$= \mu mg \cos \alpha - mg \sin \alpha$$

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

7 2 m/c
• M 25²/2

$$2mg \sin \alpha \leq \mu N = 2\mu mg \cos \alpha$$

$$\tan \alpha \leq \mu \cos \alpha \dots \frac{x^2}{x^2 + y^2} = 0,36$$



$$x = v \cos \beta \cdot t$$

$$y = -v \sin \beta \cdot t + gt^2/2$$

$$x^2 + y^2 = 18 \text{ km}^2$$

$$v^2 \cos^2 \beta t^2 + g^2 t^4/4 - gt^2 v \sin \beta + v^2 \sin^2 \beta t^2 = S$$

$$v^2 t^2 + g^2 t^4/4 - gt^3 v \sin \beta = S$$

$$25t^4 + t^2(v^2 - g v \sin \beta)$$

$$25t^4 - 10v \sin \beta \cdot t^3 + v^2 t^2 = 1800$$

$$\alpha^2 = 0,36 \quad x^2 = 0,6 \cdot 1800 = 1080$$

$$x = 1080 \text{ m}$$

$$y = 0,8 \cdot 1800 = 1440 \text{ m}$$

$$v \cos \beta t = 1080$$

$$-v \sin \beta t + gt^2/2 = 1440$$

$$\begin{array}{r} \times 18 \\ 18 \\ \hline 144 \\ 18 \\ \hline 324 \end{array}$$

$$1,44^2 + 1,8^2 = 1,8^2$$

$$\begin{array}{r} \times 1,44 \\ 1,44 \\ \hline 576 \\ 576 \\ \hline 144 \\ 20736 \end{array} \quad \begin{array}{r} \times 108 \\ 108 \\ \hline 864 \\ 108 \\ \hline 11664 \end{array} \quad \begin{array}{r} + 11664 \\ 2,0736 \\ \hline 32400 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$5t^2 - v \sin \beta t = 1440$$

$$t = \frac{v \sin \beta + \sqrt{v^2 \sin^2 \beta + 4 \cdot 5 \cdot 1440}}{10} = \frac{v \sin \beta + \sqrt{v^2 \sin^2 \beta + 28800}}{10}$$

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

$$5t^2 - v \sin \beta \cdot t - 1440 = 0$$

$\frac{1}{2}$

$$\sin t = 0,6$$

$$\cos t = 0,8$$

$$L = 80\sqrt{3} - 40\sqrt{3} = 40\sqrt{3}$$

$$t = \frac{x}{v \cos \beta}$$

$$v = 4t = 40\sqrt{6}$$

$$L = 40\sqrt{6} \cdot \sqrt{2}/2 = 40\sqrt{3}$$

$$y = gt^2/2 - v \sin \beta t =$$

$$\frac{x^2 g}{2v^2 \cos^2 \beta} - x t$$

$$\frac{x \sin \beta}{\cos \beta}$$

$$gt^2/2 = 40\sqrt{3} t$$

$$gt = 80\sqrt{3}$$

$$t = 8\sqrt{3}$$

$$1,8 = v \cos \beta + g \sin t$$

$$v = \frac{x}{t \cos \beta}$$

$$y = gt^2/2 - \frac{x \sin \beta}{\cos \beta} = 1440$$

$$gt^2/2 - 1440 = 1080 \lg \beta = 1440$$

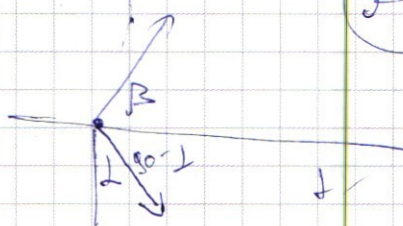
$$t^2 = 2(1440 + 1080 \lg \beta) / g$$

$\beta = 90^\circ$? от верш.
наклон вертикали

$$1800 = v \cos \beta t + 3t^2$$

$$2v \sin \beta = 4t$$

$$4 \cos \beta \sin \beta + 3t^2 = 1800$$



$$\beta = 90^\circ$$

$$1,800 = g \sin t^2/2 = 23t^2$$

$$1,8 = v \cos \beta t + g \sin t^2/2$$

$$v \sin^2 \beta t - g \cos t^2/2 = 0$$

$$2v \sin \beta = g \cos t/2$$

$$t^2 = 600$$

$$t = 10\sqrt{6}$$

$$mV_1 + mV_2 = 2mV$$

$$V_1 + V_2 = 2V$$

$$V_2 = 2V - V_1 = 20 \text{ м/с}$$

8.

$$cm_{\Delta t} + cm_{\Delta t} = mV_1^2/2 + mV_2^2/2 - 2mV^2/2$$

$$2cm_{\Delta t}$$

$$2c_{\Delta t} = V_1^2 + V_2^2 - 2V^2$$

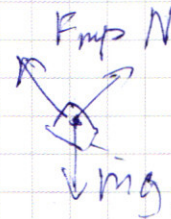
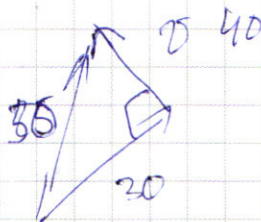
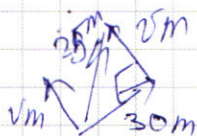
$$4c_{\Delta t} = V_1^2 + V_2^2 - 2V^2$$

$$c = \frac{V_1^2 + V_2^2 - 2V^2}{4 \cdot 1,35} = \frac{900 + 400 - 1250}{4 \cdot 1,35} = \frac{50}{5,4} = \frac{500}{54}$$

$$= \frac{250}{27} = 9 \frac{16}{27} \text{ Дж/кг} \cdot \text{°C}$$

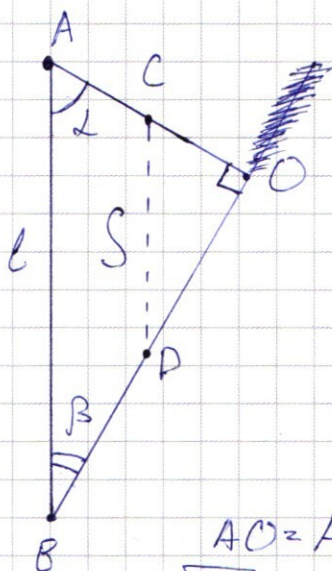
не верно, но блин...

$$1250 : 5,4 = 12500 : 54 = 6250 : 27 = 231 \frac{13}{27}$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N 1.



М.к. ~~не~~ торпеда попадёт в цель, в некоторый момент она окажется в одной точке с кораблём. Пусть это точка O .

Зная $\angle A = \alpha = 60^\circ$ и $\angle B = \beta = 30^\circ$, найдем $\angle C = 90^\circ$.

$$AC = AB \cos L = \cancel{800} l \cdot \cos 60^\circ = 800 \cdot \cos 60^\circ = 400 \text{ m.}$$

Тогда время до столкновения $t = \frac{AO}{V_1} = \frac{400}{8} = 50 \text{ с.}$

$$BO = AB \cdot \cos \beta = 800 \cdot \cos 30^\circ = 400\sqrt{3} \text{ m.}$$

$$\text{Морга } v_2 = \frac{OB}{t} = \frac{400\sqrt{3}}{50} = 8\sqrt{3} \text{ м/с} \approx 8 \cdot 1,7 = 13,6 \text{ м/с.}$$

Пусть через $T \approx 25$ с корабль будет в точке C, а торпеды - в точке D. Тогда:

$$OC = AO - AC = AO - V_1 T = 400 - 8.25 = 200 \text{ м}$$

$$OD = \overset{BO}{\cancel{BD}} - BD = \cancel{BO} - V_2 T = 400\sqrt{3} - 8\sqrt{3} \cdot 25 = 200\sqrt{3}$$

Тогда по теореме Пифагора $SD = \sqrt{CO^2 + OD^2} = \sqrt{40000 + 120000} = \sqrt{160000} = 400 \text{ м}$

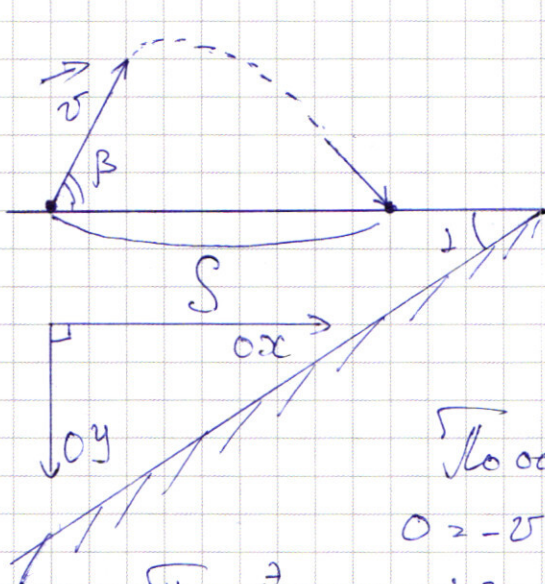
Ответ: $V_2 = 8\sqrt{3} \approx 13,6$ м/с;

$$S = 400 \mu$$

N 2.

В решении считаем, что скорость шины при выстреле постоянна и не зависит от угла выстрела.

Войдем в СО склона горы. Будем считать, что он горизонтален, а сила тяжести направлена под углом $\angle$ к вертикали.



Введем ^{координатные} оси, как показано на рисунке.

По оси Ox :

$$S = v \cos \beta t + g \sin \angle t^2 / 2$$

По оси Oy :

$$0 = -v \sin \beta t + g \cos \angle t^2 / 2$$

(t - время полета шины)

При этом $\sin^2 \angle + \cos^2 \angle = 1$. Зная $\sin \angle = 0,6$, получаем $\cos \angle = 0,8$.

Подставим числа в уравнения по Ox и Oy

$$\begin{cases} 1800 = v \cos \beta t + 3t^2 \\ v \sin \beta = 4t \end{cases}$$

Из второго уравнения $v = \frac{4t}{\sin \beta}$. Подставим в первое

$$1800 = 4t^2 \frac{\cos \beta}{\sin \beta} + 3t^2 = t^2 (3 + 4 \operatorname{ctg} \beta)$$

t максимален, когда максимален t^2 . Тогда $(3 + 4 \operatorname{ctg} \beta)$ минимален. Тогда $\operatorname{ctg} \beta = 0 \Rightarrow \cos \beta = 0 \Rightarrow \beta = 90^\circ$.

$(\beta \leq 90^\circ)$ ~~при выстреле~~ ^{минимален} при выстреле любым выстреле, когда снаряд приземляется выше по склону, время полета меньше, чем вниз по склону с тем же углом выстрела от вертикали)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2 (продолжение)

Подставим $\sin \beta$ и $\cos \beta$ в систему с ~~уже~~ подставленными значениями других переменных.

$$1800 = 3t^2$$

$$25 = 4t$$

$$t = \sqrt{600} = 10\sqrt{6} \text{ с}$$

$$v = 40\sqrt{6} \text{ м/с}$$

Перейдем в СО горизонтальной поверхности. Известно, что максимальная дальность полёта снаряда достигается при выстреле под углом 45° . ($\alpha = 45^\circ$)

Введём новые оси Ox и Oy .

По оси Ox :

$$L = v \cos \alpha t$$

По оси Oy :

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

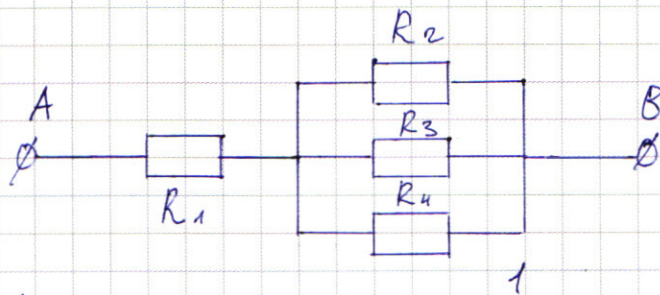
$$L = v \cos \alpha t = \frac{2v^2 \cos \alpha \sin \alpha}{g} \Rightarrow t = \frac{2v \sin \alpha}{g}$$

$$L = \frac{2 \cdot 1600 \cdot 6 \cdot (\sqrt{2}/2)^2}{10} = 960 \text{ м.}$$

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

№ 5.

Для удобства перерисуем схему.



$$R_{AB} = R_1 + R_{234} = R_1 + \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}} = 2r + \frac{1}{\frac{1}{4r} + \frac{1}{4r} + \frac{1}{r}} = 2r + \frac{4r}{6} =$$

$$= \frac{8r}{3} = 2r + \frac{2}{3}r = 2\frac{2}{3}r \approx 2,67r \quad (R_{234} = \frac{2r}{3})$$

$$\approx 2,67r$$

Найдем силу тока в цепи:

$$I = \frac{U}{R_{AB}}$$

Тогда на резисторах R_2 , R_3 и R_4 выделяется суммарная мощность $P = I^2 R_{234} = \frac{U^2}{R_{234}}$

$$P = I^2 R_{234} = \frac{U^2}{(\frac{8}{3}r)^2} \cdot \frac{2}{3}r = \frac{9U^2}{64r^2} \cdot \frac{2}{3}r = \frac{3U^2}{32r} = \frac{3 \cdot 8^2}{32 \cdot 6} = 1 \text{ Вт.}$$

Ответ: $R_{AB} = 2\frac{2}{3}r \approx 2,67r$;

$P = 1 \text{ Вт.}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 4.

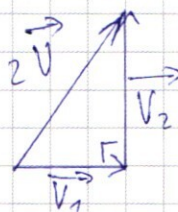
Пусть масса каждого шарика m .

Тогда по ЗСД

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

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

Найдем v_2 геометрически
по теореме Пифагора



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

$$v_2 = \sqrt{4v^2 - v_1^2} = 40 \text{ м/с}$$

По ЗСЭ

$$mv_1^2/2 + mv_2^2/2 + C \cdot 2m \cdot \Delta t = 2mV^2/2$$

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

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

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

$$C = \frac{v_1^2 + v_2^2 - 2V^2}{4\Delta t} = \frac{900 + 1600 - 1250}{5,4} = \frac{1250}{5,4} = \frac{12500}{54} = \frac{6250}{27} = 231 \frac{13}{27} \approx 231,5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

Ответ: $v_2 = 40 \text{ м/с}$;

$$C = 231 \frac{13}{27} \approx 231,5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

№ 3.
свободно
III. к. шарик падает без начальной скорости, время
 $V_1 = gT = 10 \cdot 0,2 = 2 \text{ м/с.}$

Ответ: $V_1 = 2 \text{ м/с.}$