

# Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 09

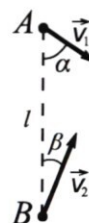
## Вариант 09-01

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  $\beta$  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  $\varphi$  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  $\varphi$  к поверхности склона произведен выстрел?

2) Найдите величину  $V_0$  начальной скорости мины.

Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. 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/с<sup>2</sup>. 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?

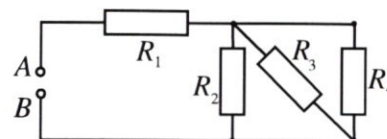
2) На сколько  $\Delta t$  ( $^\circ\text{C}$ ) повысится температура шариков?

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?

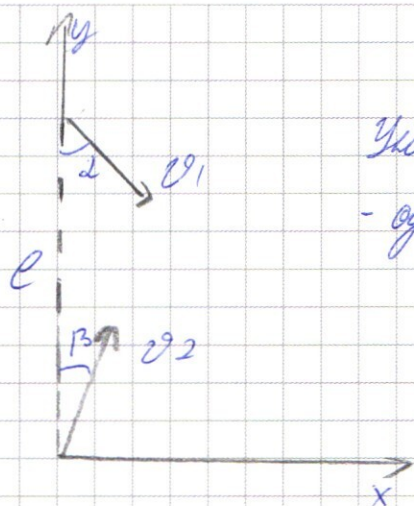






## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 1.



Условие встречи траектории и корабля -  
одинаковые координаты по оси X.

$$v_1 \cdot \cos \alpha \cdot t = v_2 \cdot 10$$

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

$$\sin \beta = \frac{v_1 \cdot \sin \alpha}{v_2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{\sqrt{3}}{4}$$

Так как расстояние по OX между ними не меняется,  
уменьшится расстояние только по оси Y.

$$\cos \alpha = \frac{1}{2} \quad \cos \beta = \sqrt{1 - \frac{3}{16}} = \frac{\sqrt{13}}{4}$$

Расстояние между ними будет 470 м, когда вместе они пройдут  $100 + 470 = 230$  км.

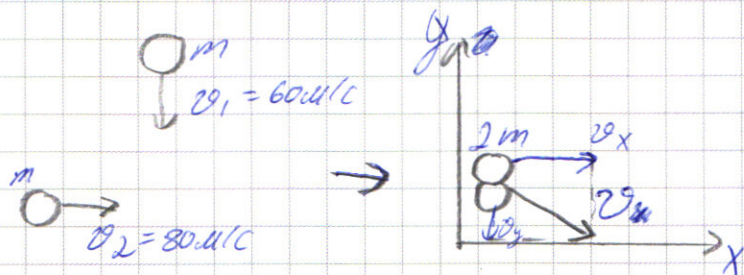
$$(v_1 \cdot \cos \alpha + v_2 \cdot \cos \beta) \cdot T = 230$$

$$T = \frac{230}{\frac{5 + 20 \cdot \sqrt{13}}{4}} = \frac{46}{\sqrt{13} + 1}$$

Ответ: 1)  $\sin \beta = \frac{\sqrt{3}}{4}$  2)  $T = \frac{46}{\sqrt{13} + 1}$



Реш.



Найдем скорости по двум осам. Импульсы сохранились.

$$mv_1 = 2mv_y \Rightarrow v_y = \frac{1}{2}v_1 = 30 \text{ м/с}$$

$$mv_2 = 2mv_x \Rightarrow v_x = \frac{1}{2}v_2 = 40 \text{ м/с}$$

Найдем результирующую скорость  $v$ .

$$v = \sqrt{30^2 + 40^2} = 50 \text{ м/с}$$

Найдем изменение кинетической энергии

$E_{\text{кдо}}$  - кин энергия до столкновения

$E_{\text{кпосл}}$  - энергия после.

$$E_{\text{кдо}} = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} = 5000m$$

$$E_{\text{кпосл}} = \frac{2mv^2}{2} = 2500m$$

$$E_{\text{потерь}} = E_{\text{кдо}} - E_{\text{кпосл}} = 2500m \text{ [Дж]}$$

$$2500 Q = mc \cdot \Delta t$$

$$2500m = m \cdot 130 \cdot \Delta t$$

$$\Delta t = \frac{2500}{130} \approx 9,6^\circ$$

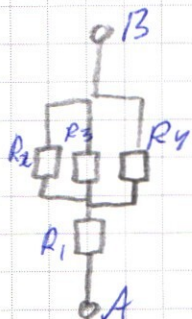
Ответ, 1)  $v = 50 \text{ м/с}$ ,  $\Delta t = 9,6^\circ$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5.

Перерисуем схему в эквивалентную ей.



$$R_{23} = \frac{4\Omega^2}{4\Omega} = 1\Omega = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3}$$

$$R_{234} = \frac{1\Omega \cdot 4\Omega}{5\Omega} = 0,8\Omega = \frac{R_{23} \cdot R_4}{R_{23} + R_4}$$

$$R_{1234} = R_{234} + R_1 = 3\Omega + 0,8\Omega = 3,8\Omega = R_{AB}$$

Таким  $U = 100\text{В}$   $R_{AB} = 38\Omega$

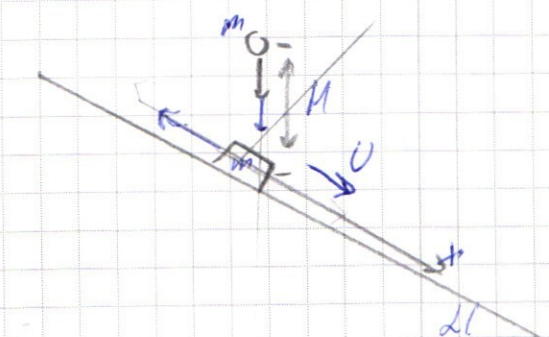
$$I = \frac{U}{R} = \frac{100}{38} = 1\text{А}$$

Ток делится между ( $R_2$  и  $R_3$ ) и  $R_4$  соответственно  $\frac{R_4}{R_{23}} = \frac{4}{1}$

$$\Rightarrow R_4 \text{ } I_4 = \frac{1}{5} I = 0,2\text{А}$$

Ответ: 1)  $3,8\Omega$  2)  $0,2\text{А}$ .

№3.



$$H = 0,8\text{Н}$$

$$v = 1\text{м/с}$$

Найдем скорость шара до соударения

$$3\text{м}; \quad \frac{mv^2}{2} = mgH \Leftrightarrow v = \sqrt{2gH} = \sqrt{20 \cdot 0,8} = 4\text{м/с}$$

Ответ: 1)  $v$  шара =  $4\text{м/с}$



В празднике.

Индия ~~от~~ индусов, который привел Брука к не  
сударения. на аи x

$$mV \cdot \cos 2 + mV = 2mV_x$$

$V_x$  - широкое шасси самолета.

$$V_x = \frac{V \cos \alpha + V}{2}$$

Николай Иванович Ерунов

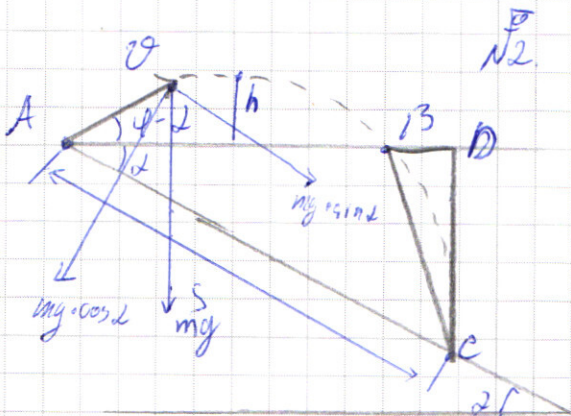
$$F = \frac{dp}{dt}$$

$$F = \frac{m \cancel{29} \cdot \cos 2 + m \cancel{V}}{\cancel{2}} =$$

$$T \sin \theta \cdot \cos \phi - m \cdot g \cdot \sin \theta$$

$$v \cdot \cos 2 + U = 2g \cdot \cos 2 \cdot r - g \cdot \sin 2$$

$$\mu = \frac{29 \cdot \cos 4 + 0 + g \cdot \sin 4}{2g \cdot \cos 4} = 20$$



Тем как продолжительность  
путь минимальна,  
высота на которую ~~поднимается~~  
поднялась мин. в вершине дуго-  
многоугольника

Вспомогательная кривая,  $U_{AB} = 0$

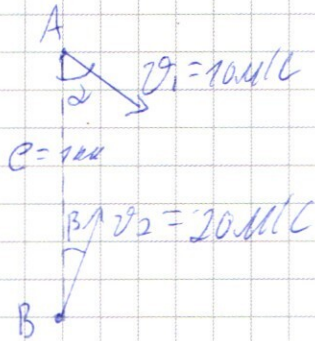
oder  $DC = S \cdot \sin \alpha = \frac{1}{2} S = 0,4 \text{ m.}$

$$AB = \frac{\sin 2(\varphi - \alpha) \cdot v^2}{g} \quad h = \frac{v^2 \cdot \sin^2(\varphi - \alpha)}{2g}$$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1.



$$v_1 \cos \alpha + v_2 \cos \beta$$

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

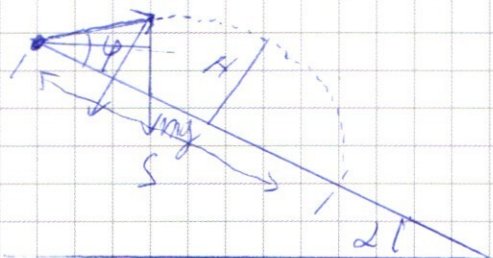
$$\sin \beta = \frac{v_1 \sin \alpha}{v_2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{\sqrt{3}}{4} \quad \text{— опираемся на } \textcircled{1}$$

$$v_{\text{ср}} = v_2 \cos \beta + v_1 \cos \alpha$$

$$v_{\text{ср}} = S = 1000 - 770 = 230$$

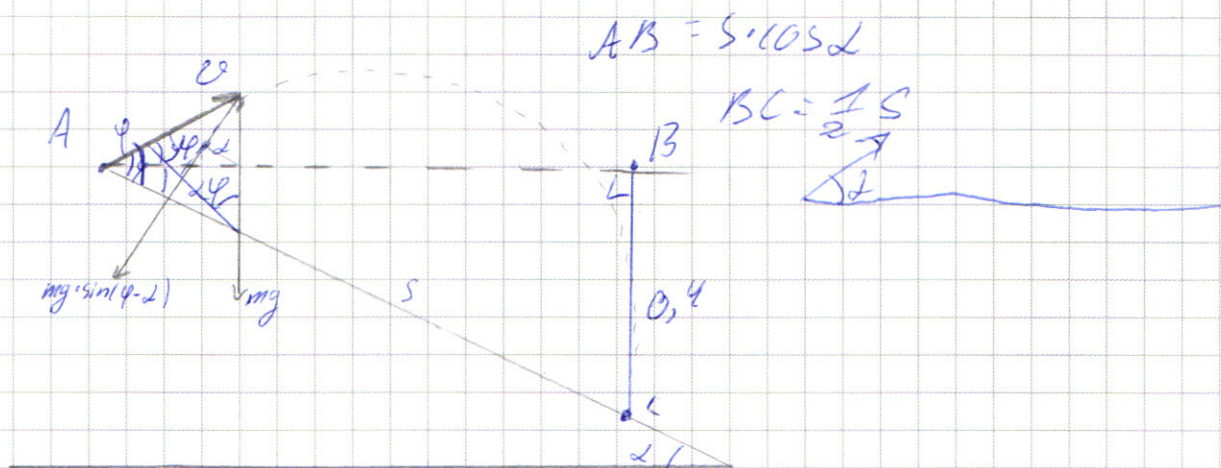
$$t = \frac{S}{v_{\text{ср}}} = \frac{230}{\frac{20 \cdot \sqrt{3}}{4} + \frac{10 \cdot 1}{2}} = \frac{230}{5\sqrt{3} + 5} = \frac{46}{\sqrt{3} + 1} \quad \textcircled{2}$$

№2.





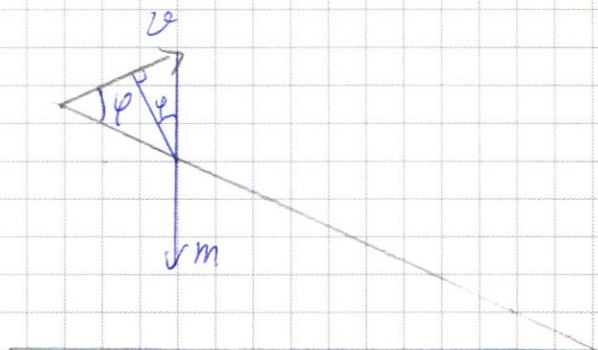
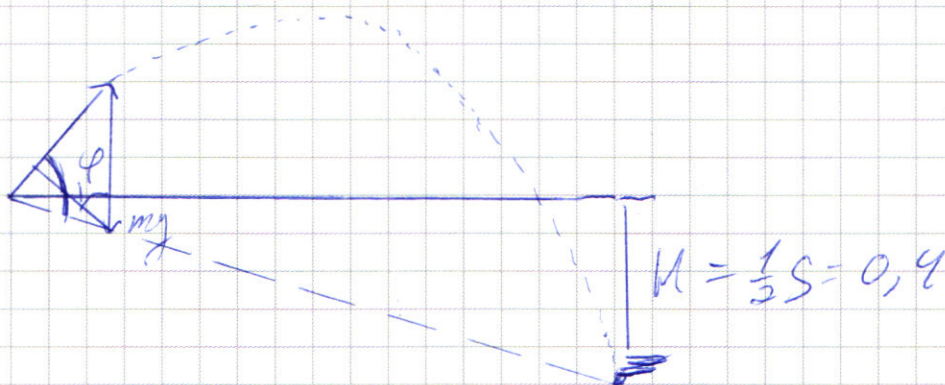
②.



$$v \cdot \sin \varphi = g \cdot \sin(\varphi - \alpha) \cdot t$$

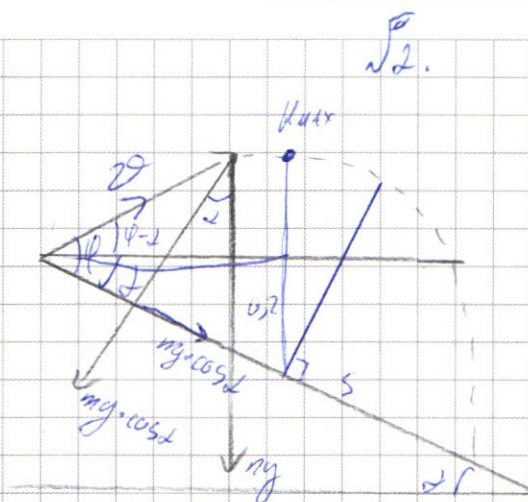
$$t = \frac{v \cdot \sin \alpha}{g \cdot \sin(\varphi - \alpha)} \quad v \cdot \cos(\varphi) +$$

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



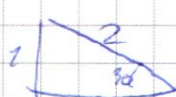


## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$H = v \cdot \sin \varphi \cdot T - g \cdot \cos \alpha \cdot \frac{T^2}{2}$$

$$H = v \cdot \sin \varphi \cdot T - 2,5 \cos \alpha \cdot T^2$$



$$\sqrt{4-1} = \sqrt{3}$$

$$g \cdot \cos \alpha \cdot t = v \cdot \sin \varphi \rightarrow t = \frac{v \cdot \sin \varphi}{g \cdot \cos \alpha}$$

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

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

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

$$\sin \varphi \cdot \cos \varphi + \sin^2 \varphi = \frac{g \cdot \cos \alpha \cdot S}{2v^2} = \frac{10 \cdot \frac{1}{2} \cdot 0,8}{20} = \frac{20}{20^2}$$

$$v \cdot \sin(\varphi - 2) \cdot T$$

$$g \cdot \cos \alpha \cdot 0,2 = \frac{20}{20^2} \cdot 0,2 \sqrt{3}$$

$$\frac{g \cdot \cos \alpha \cdot T^2}{8} +$$

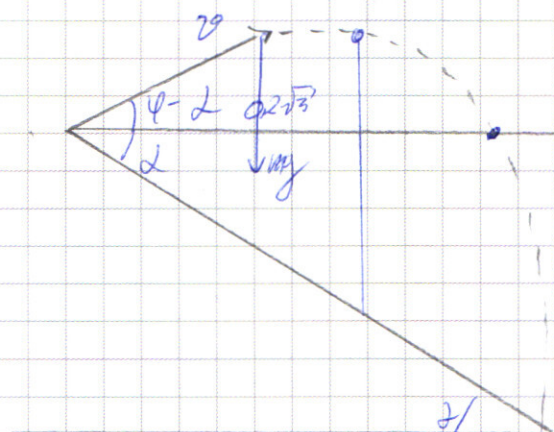
$$v \cdot \cos(\varphi - 2) \cdot T = S$$

$$v \cdot \sin(\varphi - 2) = g \cdot \frac{1}{2} T$$

$$\frac{2v \cdot \cos(\varphi - 2)}{g} = \frac{S}{v \cdot \sin(\varphi - 2)}$$

$$\sin 2(\varphi - 2) \cdot v^2 = g \cdot S$$





$$v \cdot \cos(\psi - \alpha) = S$$

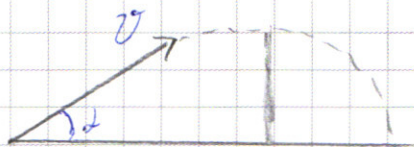
$$2\sqrt{3} = 2$$

$$\sin(\psi - \alpha) \cdot v^2 = S$$

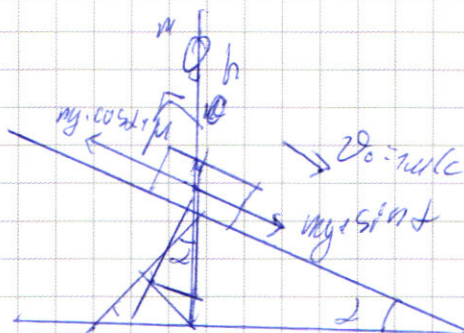
$$v^2 \cdot \sin^2(\psi - \alpha) = 11$$

$$\frac{2 \sin(2\psi - 2\alpha)}{\sin^2(\psi - \alpha)} = \frac{S}{H}$$





$$\begin{aligned}
 g t &= v \cdot \sin \alpha & H &= v \cdot \cos \alpha \cdot t - \frac{g t^2}{2} = \\
 t &= \frac{v \cdot \sin \alpha}{g} & &= \frac{v^2 \sin \alpha}{g} - \frac{v^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \\
 S &= v \cdot \cos \alpha \cdot 2t = & &= \frac{v^2 \sin^2 \alpha}{g} \\
 &= \frac{v \cdot \cos \alpha \cdot 2 v \cdot \sin \alpha}{g} = \\
 &= \frac{\sin 2\alpha \cdot v^2}{g}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 H &= v_0 \cdot t - \frac{g t^2}{2} = \\
 &= \frac{v_0^2 \cdot \sin \alpha}{g} - \frac{v_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{2g}
 \end{aligned}$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = m g h$$

$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{20 \cdot 0,8} = 4 \text{ м/с.}$$

$$m a \cdot \sin \alpha + m a_0 = 2 m v_x$$

$$a_x = \frac{v \cdot \sin \alpha + v_0}{2} = 2 \sin \alpha + 0,5$$

$$a = 2 \sin \alpha + 0,5, \quad 2ma = 2mg \cdot \cos \alpha \cdot \mu - 2mg \cdot \sin \alpha$$

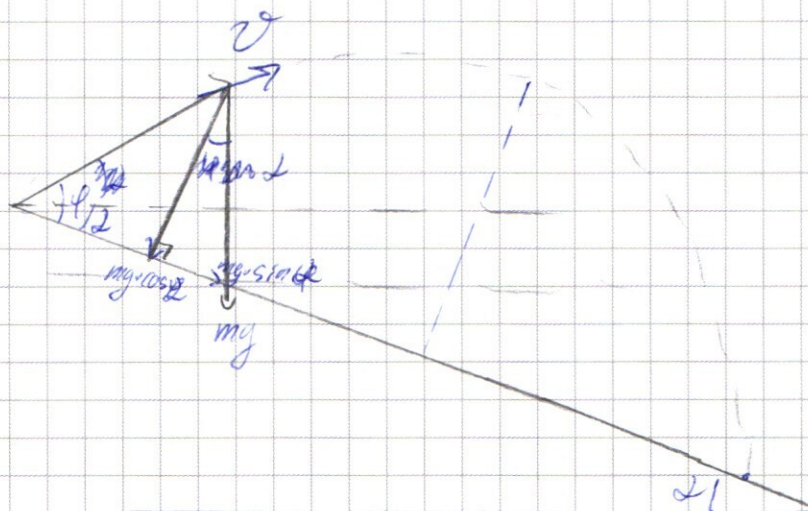
$$a = g \cdot \cos \alpha \cdot \mu - g \cdot \sin \alpha$$

$$F = \frac{dp}{dt} \quad F \cdot t = m v$$

$$mg \cdot \cos \alpha \cdot \mu - mg \cdot \sin \alpha = m \cdot a_x$$

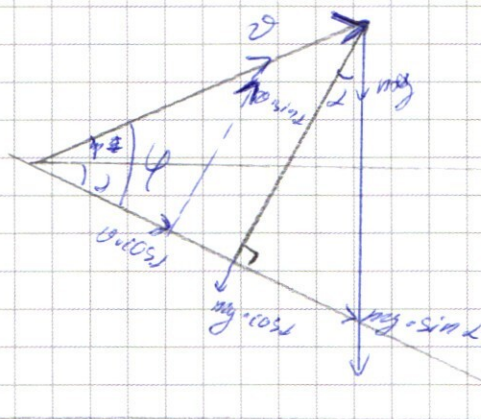


## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$v \cos \alpha + v \cos \alpha = S$$

$$mg \cos \alpha \quad mg \cos \alpha$$



$$S = \frac{v^2 \sin 2\alpha}{g}$$

$$S = \frac{v^2 \sin 2\alpha}{g}$$

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

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

$$T = \frac{2v \sin \alpha}{g \cos \alpha}$$

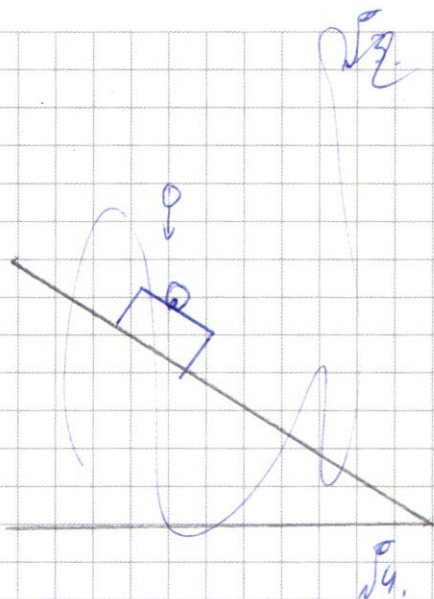
$$\frac{2v^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g \cos \alpha} + \frac{g \sin \alpha T^2}{2}$$

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

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



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$m$   
 $v_1 = 60 \text{ м/с}$   
 $v_2 = 80 \text{ м/с}$



$$mv_1 = 2mv_y$$

$$v_y = \frac{1}{2}v_1 = 30 \text{ м/с}$$

$$mv_2 = 2mv_x$$

$$v_x = \frac{1}{2}v_2 = 40 \text{ м/с}$$

$$v_E = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{30^2 + 40^2} = 50 \text{ м/с}$$

$$E_{\text{кдо}} = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} = \frac{10000}{2} = \frac{m}{2} (3600 + 6400) = 5000m$$

$$E_{\text{кин}} = \frac{2mv_E^2}{2} = m \cdot 2500$$

$$E_{\text{потер}} = 2500m [\text{Дж}] \quad E_{\text{потер}} = 2mC \cdot \Delta t$$

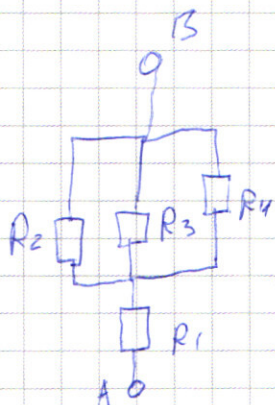
$$\frac{1250}{1170} \cdot 130 = 1170$$

$$\begin{array}{r} 1250/130 \\ 1170 \quad 961 \\ \hline 800 \\ 130 \\ \hline 200 \\ 130 \\ \hline 700 \end{array}$$

$$\Delta t = \frac{E_{\text{потер}}}{2mC} = \frac{2500}{2 \cdot 130} = \frac{1250}{130}$$

$$\Delta t = 9,6 \text{ с}$$





$\sqrt{5}$

$$R_1 = 3\Omega, R_2 = R_3 = 2\Omega, R_4 = 4\Omega$$

$$R_{23} = \frac{2 \cdot 2}{2+2} = 1\Omega$$

$$R_{234} = \frac{1 \cdot 4}{1+4} = 0,8\Omega$$

$$R_{1234} = 1,2\Omega \quad R_{1234} = 3,8\Omega$$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{38}{12} = 3,17\text{ A}$$

Угол  $\alpha = 100^\circ$

$$R_{1234} = 3,8\Omega$$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{38}{38} = 1\text{ A}$$

Ток делится в отношении (между  $R_4$  и  $R_{23}$ )

$$\text{так как } R_4 = 4\Omega \Rightarrow R_4 = \frac{1}{5}\text{ A} = 0,2\text{ A}$$

ответ: 0,2 A.

