

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 09

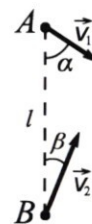
Вариант 09-01

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

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?

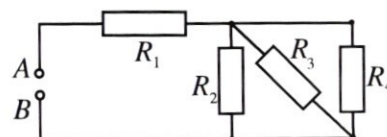
2) На сколько Δt ($^\circ\text{C}$) повысится температура шариков?

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.

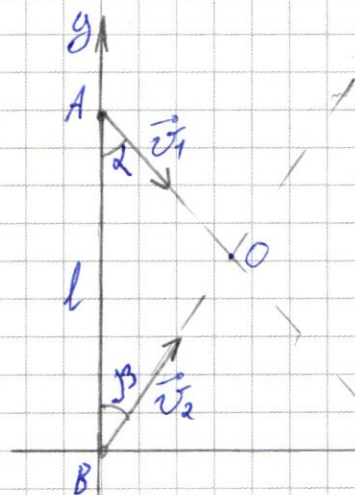
1) Найдите эквивалентное сопротивление R_{AB} цепи.

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



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Л.Т.



Дано: $v_1 = 10 \text{ м/с}$; $v_2 = 20 \text{ м/с}$;
 $\alpha = 60^\circ$; $l = 1 \text{ км}$; $\sin \beta = ?$; $S = 770 \text{ м}$; $T = ?$

Решение:

1) Корабль пройдет расстояние
AO до встречи. $AO = t \cdot v_1$

После того же пройдет расстояние $OB = v_2 \cdot t$

По теореме синусов: $\frac{v_1 t}{\sin \beta} = \frac{v_2 t}{\sin \alpha}$ $\sin \beta = \frac{v_1 \sin \alpha}{v_2} = \frac{\sqrt{3}}{4}$

2) Выберем начало координат в т.В, тогда координаты
мы ищем по формулам:

$$x_A = v_1 \sin \alpha t; \quad x_B = v_2 \sin \beta t; \quad y_A = l - v_1 \cos \alpha t; \quad y_B = v_2 \cos \beta t$$

Расстояние между ними $S = \sqrt{(v_2 \sin \beta t + v_1 \sin \alpha t)^2 + (v_2 \cos \beta t + v_1 \cos \alpha t - l)^2}$

$$S^2 = v_2^2 \sin^2 \beta t^2 + 2v_1 v_2 \sin \alpha \sin \beta t^2 + v_1^2 \sin^2 \alpha t^2 + v_2^2 \cos^2 \beta t^2 + 2v_2 \cos \beta t (v_1 \cos \alpha t - l) + v_1^2 \cos^2 \alpha t^2 - 2v_1 \cos \alpha t + l = v_2^2 t^2 + v_1^2 t^2 + 2v_1 v_2 \sin \alpha \sin \beta t^2 + 2v_1 v_2 \cos \alpha \cos \beta t^2 - 2v_2 \cos \beta t - 2v_1 \cos \alpha t + l = t^2 (v_2^2 + v_1^2 + 2v_1 v_2 \sin \alpha \sin \beta + 2v_1 v_2 \cos \alpha \cos \beta) - t(2v_2 \cos \beta + 2v_1 \cos \alpha) + 1000$$

$$(v_2^2 + v_1^2 + 2v_1 v_2 (\sin \alpha \sin \beta + \cos \alpha \cos \beta)) t^2 - t(2v_2 \cos \beta + 2v_1 \cos \alpha) - 58290$$

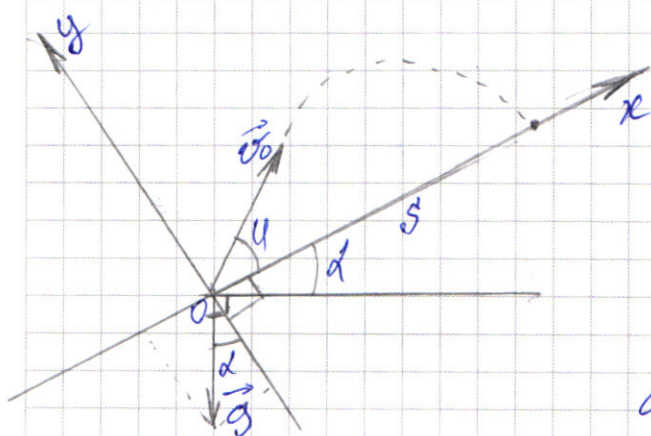
$$D = 4v_2^2 \cos^2 \beta + 8v_2 v_1 \cos \alpha \cos \beta + 4v_1^2 \cos^2 \alpha + 58290 \cdot 4(v_1^2 + v_2^2 + 2v_1 v_2 (\sin \alpha \sin \beta + \cos \alpha \cos \beta))$$

$$D = 1600 \cos^2 \beta + 1600 \cos \alpha \cos \beta + 400 \cos^2 \alpha + 233160 (500 + 400 (\sin \alpha \sin \beta + \cos \alpha \cos \beta))$$

$$T = \frac{40 \cos \beta + 20 \cos \alpha \pm \sqrt{D}}{2 (500 + 400 (\sin \alpha \sin \beta + \cos \alpha \cos \beta))}$$

Ответ: 1.) $\sin \beta = \frac{\sqrt{3}}{4}$; 2.) $T = \frac{40 \cos \beta + 20 \cos \alpha \pm \sqrt{D}}{1000 + 800 (\sin \alpha \sin \beta + \cos \alpha \cos \beta)}$; $D = 1600 \cos^2 \beta + 1600 \cos \alpha \cos \beta + 400 \cos^2 \alpha + 233160 (500 + 400 (\sin \alpha \sin \beta + \cos \alpha \cos \beta))$

n.2



Дано: $\alpha = 30^\circ$; $S = 0,8 \text{ км}$; $t = \text{max}$;
 $\varphi = ?$; $v_0 = ?$

Решение:

1) Расположим прямоугольную систему координат так, как показано на рисунке (OX совпадает с направлением склона.)

$$g_x = -g \sin \alpha; g_y = -g \cos \alpha$$

Уравнение координаты y: $y = v_0 \sin \varphi t - \frac{g \cos \alpha t^2}{2}$

Найдём время полёта. $y = 0$ $0 = t(v_0 \sin \varphi - \frac{g \cos \alpha t}{2})$

$$t_{\text{пол}} = \frac{v_0 \sin \varphi \cdot 2}{g \cos \alpha} \quad t_{\text{пол}} \text{ максимален при } \sin \varphi = 1 (\varphi = 90^\circ)$$

2) Дальность полёта $S = v_0 \cos \varphi \cdot t_n - \frac{g \sin \alpha t_n^2}{2}$

$$S = \frac{v_0^2 \sin^2 \varphi}{g \cos \alpha} - \frac{g \sin \alpha v_0^2 \sin^2 \varphi \cdot 4}{2 \cdot g^2 \cos^2 \alpha} = \frac{v_0^2 \cdot 0}{g \cos \alpha} - \frac{\sin \alpha \cdot v_0^2 \cdot 1 \cdot 4}{2 \cdot g \cdot \cos^2 \alpha} =$$

$$= - \frac{v_0^2}{g \cdot \cos^2 30^\circ}; v_0 = \sqrt{S \cdot g \cdot \frac{3}{4}} = \sqrt{800 \cdot 10 \cdot \frac{3}{4}} = \sqrt{6000} \text{ (м/с)}$$

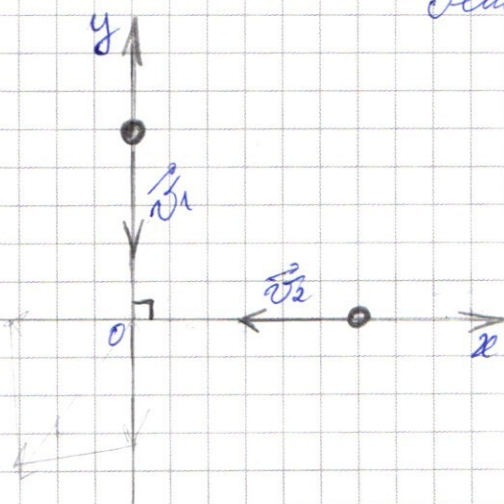
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Ответ: $\varphi = 90^\circ$; $v_0 = \sqrt{6000}$ (м/с)

п. 4.

Дано: $v_1 = 60$ м/с; $v_2 = 80$ м/с; $\vec{v}_1 \perp \vec{v}_2$; $v = ?$ м/с; $\varphi = ?^\circ$

Решение:



1) Запишем закон сохранения импульса в проекции на оси Ox и Oy :

$$Ox: -v_2 m = 2m v_x \quad v_x = -\frac{v_2}{2}$$

$$Oy: -v_1 m = 2m v_y \quad v_y = -\frac{v_1}{2}$$

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{(-40)^2 + (-30)^2} = 50 \text{ (м/с)} - \text{модуль итоговой скорости.}$$

2) Запишем изменение кинетической энергии обоих шариков: $\Delta E_1 = \frac{m(v_1^2 - v^2)}{2}$ $\Delta E_2 = \frac{m(v_2^2 - v^2)}{2}$;

$$\Delta E_1 = \frac{m(3600 - 2500)}{2} \quad \Delta E_2 = \frac{m(6400 - 2500)}{2} \text{ (Дж)}$$

$$Q_1 = \Delta E_1 = C \cdot m \cdot \Delta t_1; \quad Q_2 = \Delta E_2 = C \cdot m \cdot \Delta t_2 \quad (Q_1 = m550; Q_2 = m1950)$$

$$C \Delta t_1 = 550; \quad C \Delta t_2 = 1950$$

$$\Delta t_1 = \frac{650}{130} = \Delta t_2 = \frac{1950}{130} = \frac{195}{13}$$

$= \frac{55}{13}$; Пусть T -какая-то температура шариков;

Запишем уравнение теплового баланса:

$$cm(T + \Delta t' - T - \Delta t_1) = cm(T + \Delta t_2 - T - \Delta t')$$

$$\Delta t' - \Delta t_1 = \Delta t_2 - \Delta t'$$

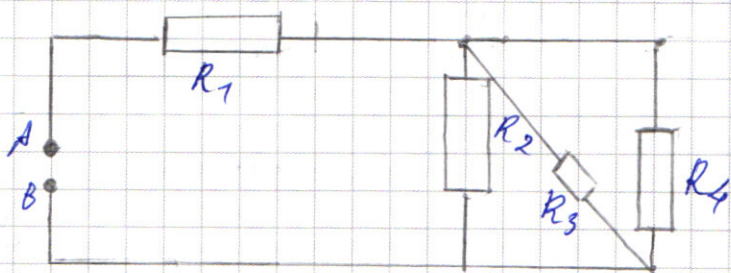
$$2\Delta t' = \Delta t_2 + \Delta t_1 \quad \Delta t' = \frac{240}{13 \cdot 2} = \frac{120}{13} \text{ } ^\circ\text{C} = 9\frac{3}{13} \text{ } ^\circ\text{C}$$

Ответ: 50 мК; $9\frac{3}{13} \text{ } ^\circ\text{C}$

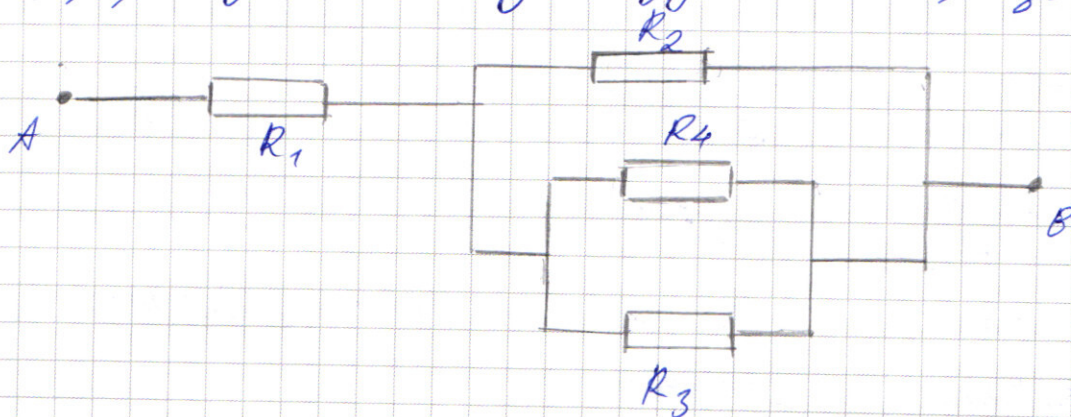
н.б

Дано: $R_1 = 3\text{r}$; $R_2 = R_3 = 2\text{r}$; $R_4 = 4\text{r}$; $U = 38\text{В}$; $R_{\text{вн}} = ?$; $I_4 = ?$ ($R = 100\text{Ом}$)

Решение:

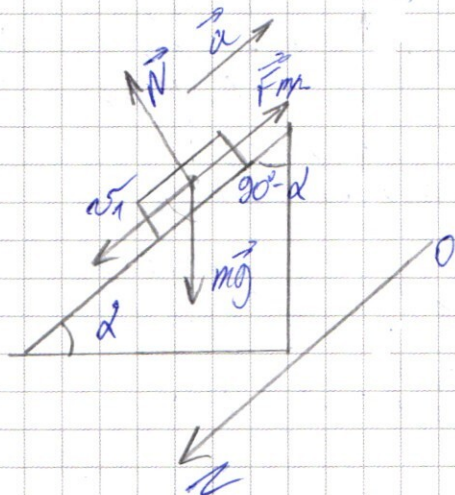


1) Перерисуй схему следующим образом:



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2.)



Вспомогательный закон сохранения
энергии в проекции
на ось O :

$$v_1 m - v_2 \sin \alpha m = 0$$

$$v_1 - v_2 \sin \alpha = 0 \quad v_1 = v_2 \sin \alpha$$

$$1 = 8 \sin \alpha \quad \sin \alpha = \frac{1}{8}$$

$$\begin{cases} F_{mp} - mg \sin \alpha = ma, \\ F_{mp1} - 2mg \sin \alpha = 0 \end{cases}$$

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

$$\mu 2mg \cos \alpha - 2mg \sin \alpha = 0$$

Ответ: $v_2 = 4 \text{ м/с}$

Найдём сопротивление параллельных соединений:

$$\frac{1}{R_{3,4}} = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \quad R_{3,4} = \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} \quad R_{3,4,5} = 1 : \left(\frac{R_3 + R_4}{R_3 R_4} + \frac{1}{R_2} \right) =$$

$$= 1 : \left(\frac{(R_3 + R_4) R_2 + R_3 R_4}{R_3 R_4 R_2} \right) =$$

$$= 1 : \left(\frac{R_3 R_2 + R_2 R_4 + R_3 R_4}{R_2 R_3 R_4} \right) =$$

$$= \frac{R_2 R_3 R_4}{R_3 R_2 + R_2 R_4 + R_3 R_4}$$

Общее сопротивление цепи $R_0 = R_1 + \frac{R_2 R_3 R_4}{R_3 R_2 + R_2 R_4 + R_3 R_4} =$

$$= 1 + \frac{4 \text{ к}\Omega \cdot 4 \text{ к}\Omega}{4 \text{ к}\Omega + 8 \text{ к}\Omega + 8 \text{ к}\Omega} = 3 \text{ к}\Omega + \frac{16 \text{ к}\Omega^2}{20 \text{ к}\Omega} = 3 \frac{4}{5} \text{ к}\Omega$$

2) При $U = 38 \text{ В}$ $R_0 = 38 \text{ Ом}$ $I_0 = U : R_0 = 38 : 38 = 1 \text{ (А)}$

$$U_1 = I_0 \cdot R_1 = 1 \cdot 30 = 30 \text{ (В)} \quad U_1 + U_2 = U_0$$

$$U_2 = 38 - 30 = 8 \text{ (В)}$$

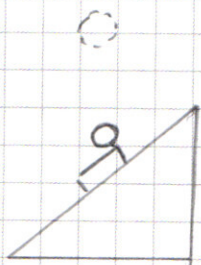
$$I_4 = 8 : R_4 = 8 : 40 = 0,2 \text{ (А)}$$

Ответ: $3,8 \text{ к}\Omega$; $0,2 \text{ А}$.

н.з.

Дано: $U_1 = 1 \text{ мкс}$; $h = 0,8 \text{ м}$; $U_0 = 0 \text{ мкс}$; $U_2 = ?$; $a = ?$

Решение:



1) Найдём U_2 . $U_2 = gt$; $h = \frac{gt^2}{2}$

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} \quad U_2 = \sqrt{2gh} = \sqrt{16} = 4 \text{ (мкс)}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

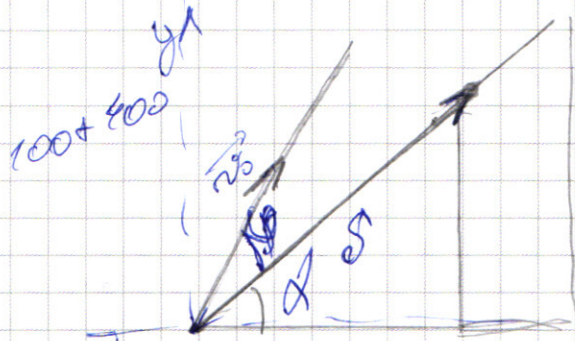
1.1.

$t = \frac{v_1 t \sin \alpha}{v_2 \sin \beta} = \frac{v_1 t \sin \alpha}{v_2 \sin \beta}$
 $\alpha = 60^\circ$

$v_1 \sin \alpha \cdot t = v_2 \sin \beta \cdot t$
 $v_1 \sin \alpha = v_2 \sin \beta$
 $10 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 20 \cdot \sin \beta \quad \left(\sin \beta = \frac{\sqrt{3}}{4} \right)$

$v_1 \cos \alpha = 700 \text{ м}$
 $v_1 \cos \alpha + v_2 \cos \beta$

$700 = \sqrt{(v_1 \cos \alpha t - v_2 \cos \beta t)^2 + (v_1 \sin \alpha t - v_2 \sin \beta t)^2}$
 $700 = \sqrt{v_1^2 \cos^2 \alpha t^2 - 2v_1 v_2 \cos \alpha \cos \beta t + v_2^2 \cos^2 \beta t^2 + v_1^2 \sin^2 \alpha t^2 - 2v_1 v_2 \sin \alpha \sin \beta t + v_2^2 \sin^2 \beta t^2}$
 $700 = \sqrt{v_1^2 t^2 - 2v_1 v_2 (\cos \alpha \cos \beta + \sin \alpha \sin \beta) t + v_2^2 t^2}$



$$\begin{array}{r} 4 \\ 270 \\ + 270 \\ \hline 5390 \\ + 530 \\ \hline 59290 \\ 59289 \\ \hline x \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 31390 \\ \times 58290 \\ \hline 233160 \end{array}$$

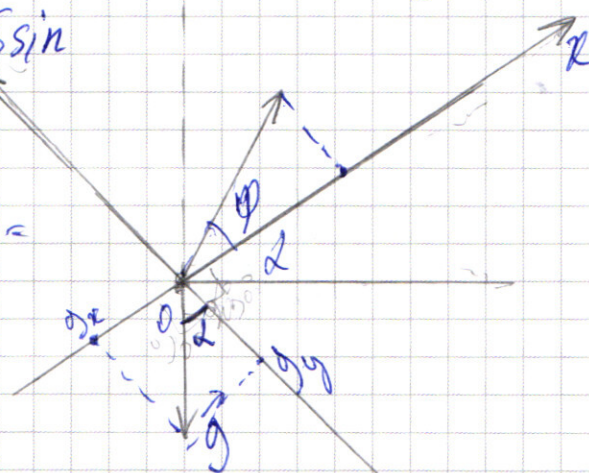
$4; v_0 = 293160$
 $k =$

$2 \cdot 20 \cdot 90 = x, \dot{x} = v_0 \cos \alpha t$
 $= 400$

$59290 - 1000$
 598

$y = v_0 \sin$

$400^2 = 4 \cdot 400 =$
 $= 1600$



$I_1 \cdot R_1 +$

$8 \cdot 20 \cdot 10 = 1600$

$v_x = v_0 \cos \varphi - g \sin \alpha t$

$v_y = v_0 \sin \varphi - g \cos \alpha t$

$x = v_0 \cos \varphi t - \frac{g \sin^2 \alpha t^2}{2}$

$y = v_0 \sin \varphi t - \frac{g \cos^2 \alpha t^2}{2}$

$R_1 \cdot I_1 + R_2 \cdot I_2 + R_3 \cdot I_3 + R_4 \cdot I_4$ $v_0 \sin \varphi t - \frac{g \cos^2 \alpha t^2}{2} = 0$

$v_0 \sin \varphi - \frac{g \cos^2 \alpha t}{2} = 0$ $t = \frac{v_0 \sin \varphi \cdot 2}{g \cos^2 \alpha}$
найма

$x = v_0^2 \cdot$

$t_{\text{найма}} = \frac{v_0 \cdot 2}{g \cdot \cos^2 \alpha}$

$400 + 100 + 2 \cdot 10 \cdot 20 \cdot 10 \cdot 20 (\sin \alpha \sin \varphi + \cos \alpha \cos \varphi)$
 $5000 + 400 (\sin \alpha \sin \varphi + \cos \alpha \cos \varphi)$



$2 \cdot 20 + 2 \cdot 10$

$40 \quad 20$

$\frac{8000}{4}$
 $2000 \cdot 3$

$\sin \varphi$
 $t_{\text{найма}} - \max, \text{см}$
 $\sin \varphi = 1$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Handwritten diagrams and calculations on grid paper.

Diagram 1 (Left): A block on an inclined plane at angle α . Forces shown: normal force N , weight mg , and friction force $F_{\text{тр}}$. A velocity vector v_1 is shown along the incline.

Diagram 2 (Right): A more complex diagram showing multiple forces and angles, including α , β , and γ . It includes a velocity vector v_2 and a note $m_1 = m_2$.

Calculations:

$$N = mg \cos \alpha \quad F_{\text{тр}} = \mu N$$

$$N = \frac{m_1 + m_2}{2 mg \cos \alpha} \quad F_{\text{тр}} = \mu N_1$$

$$v_1 m \cos \varphi - 0 \geq 0$$

$$v_1 m \cos \varphi < 0$$

$$F_{\text{тр}} - mg \sin \alpha = \alpha$$

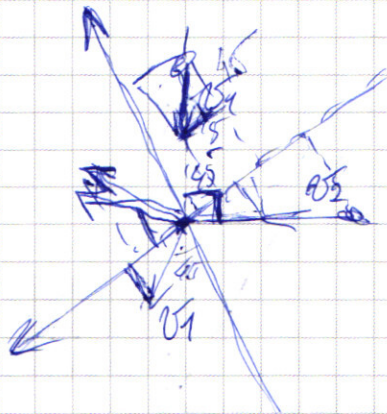
$$F_{\text{тр}} - (m_1 + m_2) g \sin \alpha = 0$$

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

$$\mu mg \cos \alpha$$

2.

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



$$m_1 v_1 \cos 45^\circ + m v_2 \cos 45^\circ = 2m v_3 \cos \beta$$

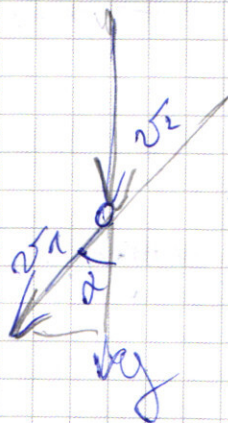
$$m v_1 \cos 45^\circ + m v_2 \cos 45^\circ = 2m v_3 \cos \beta$$

$$m v_1 \cos 45^\circ + m v_2 \cos 45^\circ = 2m v_3 \cos \beta$$

$$\cos \beta = 1$$

A

$m v_1$



$$v_2 m - v_1 \sin \alpha = 0$$

