

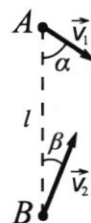
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

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?

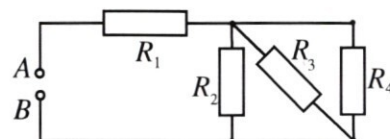
- 2) На сколько Δt ($^\circ\text{C}$) повысится температура шариков?

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

Задача 5.

Дано:

$$R_1 = 3\Omega, R_4 = 4\Omega$$

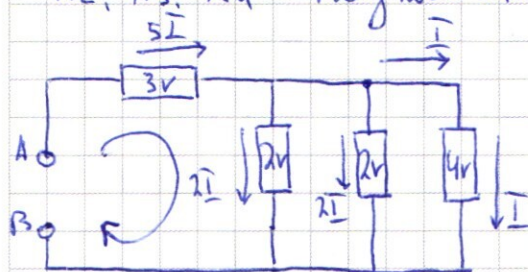
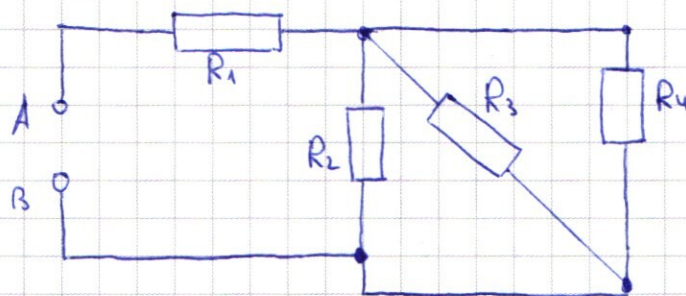
$$R_2 = R_3 = 2\Omega$$

$$U = 38\text{ В}$$

1) $R_{AB} = ?$

2) $I_4 = ?$ если $r = 10\Omega$

Решение:



1) Напишем экв. схему. Видно, что резисторы R_2, R_3, R_4 подключены параллельно. Также заменим резисторы R_1, R_2, R_3, R_4 на $3\Omega, 2\Omega, 2\Omega, 4\Omega$ соответственно, как сказано в условии.

Ток I через резистор $R_4 = 4\Omega$ идет ток I . Так как R_2, R_3, R_4 подключены параллельно, то $U_2 = U_3 = U_4$. U_4 это произведение сопротивления R_4 на ток I через R_4 . Отсюда $U_4 = I \cdot 4\Omega$. Знаем $U_2 = U_3 = U_4 = 4I\Omega$. $U_2 = U_3$, т.к. $R_2 = R_3 = 2\Omega$. Ток I через второй и третий резистор равен $\frac{U_2}{R_2} = \frac{4I\Omega}{2\Omega} = 2I$. Знаем, что R_2 и R_3 идет ток $2I$. Сумма всех токов резисторов, подключенных параллельно, равна общей силе тока. $I_{\text{общ}} = 2I + 2I + I = 5I$.

По второму закону Кирхгофа для всей цепи:

$$5I \cdot 3\Omega + 4I\Omega = U_{\text{общ}} = U \quad \text{отсюда } U = 19I\Omega$$

$$U = R_{AB} \cdot I_{\text{общ}} \quad R_{AB} = \frac{U}{I_{\text{общ}}} = \frac{19I\Omega}{5I} = 3.8\Omega$$

2) м.к. $U = 19 \text{ В}$, то $I = \frac{U}{R} = \frac{38 \text{ В}}{19 \cdot 100 \Omega} = 0,2 \text{ А}$.

$I_u = I = 0,2 \text{ А}$.

Ответ: 1) $R_{AB} = 3,8 \text{ В}$, при $r = 10 \text{ Ом}$ $R_{AB} = 38 \text{ Ом}$. 2) $I_u = 0,2 \text{ А}$.

Задача 1.

Дано:

$L = 1 \text{ км} = 1000 \text{ м}$.

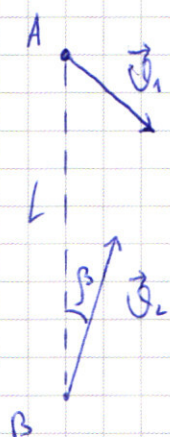
$U_1 = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, $\alpha = 60^\circ$

$U_2 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, $\beta = ?$

1) $\sin \beta = ?$

2) $S = 770 \text{ м}$, $T = ?$

Решение:



Перейдем в с.о. корабля. В ней сам корабль стоит на месте. Торпеды летит к кораблю со скоростью $\vec{U}_{\text{торп}} = \vec{U}_2 - \vec{U}_1$. Чтобы торпеды попали в корабль, то в с.о. корабля она должна лететь по прямой АВ, иначе она не попадет в корабль. Вектор $-\vec{U}_1$ составляет с прямой АВ угол α . Разложим векторы треугольника COD. По теореме синусов следует что $\frac{U_1}{\sin \beta} = \frac{U_2}{\sin \alpha}$, т.к. $|\vec{U}_1| = U_1$, $|\vec{U}_2| = U_2$.

Отсюда $\sin \beta = \frac{U_1}{U_2} \sin \alpha = \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{20 \frac{\text{м}}{\text{с}}} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{\sqrt{3}}{4} \approx \frac{1,7}{4} = 0,425$.

Если из O провести высоту, то $|\vec{U}_{\text{торп}}| = |\vec{U}_2| \cdot \cos \beta + |\vec{U}_1| \cdot \cos \alpha$.
 $|\vec{U}_{\text{торп}}| = U_2 \cos \beta + U_1 \cos \alpha$. $\cos \beta = \sqrt{1 - \sin^2 \beta}$ из основ. тригоном. свойства.
 $|\vec{U}_{\text{торп}}| = U_2 \sqrt{1 - \sin^2 \beta} + U_1 \cos \alpha$.

Если расстояние между кораблем и торпедой составит S, то торпеды пройдет $L - S$ (в с.о. корабля).

У торпеды $T = \frac{L - S}{|\vec{U}_{\text{торп}}|} = \frac{L - S}{U_2 \sqrt{1 - \sin^2 \beta} + U_1 \cos \alpha} = \frac{1000 - 770}{20 \sqrt{1 - \frac{3}{16}} + 10 \cdot 0,5} =$
 $\frac{230}{20 \cdot \frac{\sqrt{13}}{4} + 5} = \frac{230}{5\sqrt{13} + 5} = \frac{230}{18 + 5} = 10 \text{ с}$

Ответ: $\sin \beta = \frac{\sqrt{3}}{4} \approx 0,425$, $T = 10 \text{ с}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 2.

Дано:

$$\alpha = 30^\circ, \varphi$$

$t_{\text{полета}}$ — неизв.

$$S = 0,8 \text{ км} = 800 \text{ м}$$

$$1) \varphi - ?$$

$$2) v_0 - ?$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

Решение:

y

v_0

φ



Введем оси x, y

ось y — перпендикулярная

склону, x — по направлению

склона.

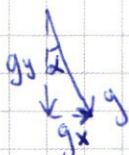
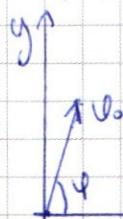
По оси y проекция ускорения

свободного падения на ось y $g_y = g \cos \alpha$.

на ось x : $g_x = g \sin \alpha$.

Проекция v_0 на ось y $v_{0y} = v_0 \sin \varphi$, на ось x $v_{0x} = v_0 \cos \varphi$

Препринимем рисунок



$$t_{\text{полета}} = \frac{2v_{0y}}{g_y} = \frac{2v_0 \sin \varphi}{g \cos \alpha} - \text{неизв.}$$

если $t_{\text{полета}}$ — неизв., то и $\sin \varphi$ — неизв.

а наибольшее $\sin \varphi = 1$, при $\varphi = 90^\circ$.

(рассматриваем только угол от 0° до 90°)

$$\text{Значит } \varphi = 90^\circ. \quad t_{\text{полета}} = \frac{2v_0}{g \cos \alpha}, \text{ тогда } v_{0y} = v_0, \quad v_{0x} = 0$$

по оси ox тело движется с ускорением $g_x = g \sin \alpha$. По оси ox

тело за $t_{\text{полета}}$ переместилось на S . Значит

$$S = \frac{g_x t_{\text{полета}}^2}{2}$$

$$\frac{2S}{g \sin \alpha} = \frac{4v_0^2}{g^2 \cos^2 \alpha}$$

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

$$v_0 = \sqrt{\frac{800 \cdot \frac{3}{4} \cdot 10}{2 \cdot 0,5}} = \sqrt{6000} \approx 77 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Задача 4.

Дано:

$$v_1 = 60 \frac{\text{м}}{\text{с}}, v_2 = 80 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

$$\vec{v}_1 \perp \vec{v}_2$$

$v = ?$

$$\Delta t = 7, C = 130 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

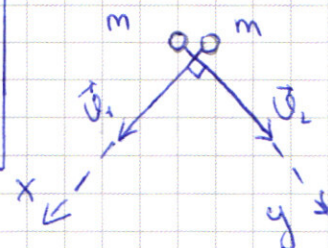
Решение:

Пусть масса шаров - m

Введем оси x и y .

ось x - совпр. с $\vec{v}_1$

ось y - совпр. с $\vec{v}_2$



По закону сокр. импульсов $m\vec{v}_1 + m\vec{v}_2 = 2m\vec{v}$

Пусть скорость v имеет по оси ox проекцию v_x

по оси oy проекцию v_y . $v_{1y} = 0$, $v_{2x} = 0$

т.к. $\vec{v}_1 \perp \vec{v}_2$

$$v_{1x} = v_1$$

$$v_{2y} = v_2$$

закон сокр. имп. ox : $mv_{1x} + mv_{2x} = 2mv_x \rightarrow 1) mv_1 = 2mv_x$

$$\text{Отсюда } v_x = \frac{v_1}{2}$$

закон сокр. имп. oy : $mv_{1y} + mv_{2y} = 2mv_y$

$$v_y = \frac{v_2}{2}$$

П.к. оси ox и oy перпен. то $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$ по теор. Пифаг.

$$\text{Или } v = \sqrt{\frac{v_1^2}{4} + \frac{v_2^2}{4}} = 50 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

По закону сокр. энергии $\frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} = \frac{2mv^2}{2} + 2mC\Delta t$ Q, которая вошла в шары

$$\frac{v_1^2 + v_2^2}{2} - v^2 = \Delta t \quad \Delta t \approx 9,6^\circ\text{C}$$

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

Задача 3.

Дано:

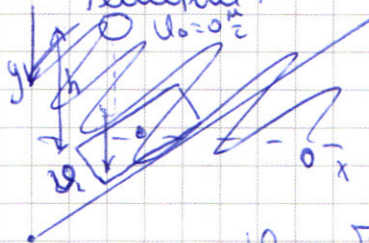
$$v_1 = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}, h = 0,8 \text{ м}$$

$$v_0 = 0 \frac{\text{м}}{\text{с}}, g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$m_1 = m_2 = m$$

$v_2 = ?$, $a = ?$

Решение:



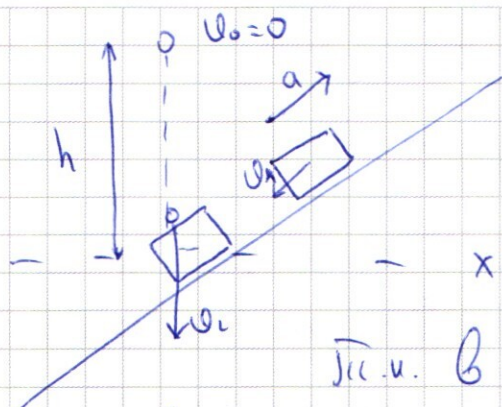
по з.з. для шарика.

отн. уровня x

$$mgh = \frac{mv_2^2}{2}$$

$$v_2 = \sqrt{2gh} = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

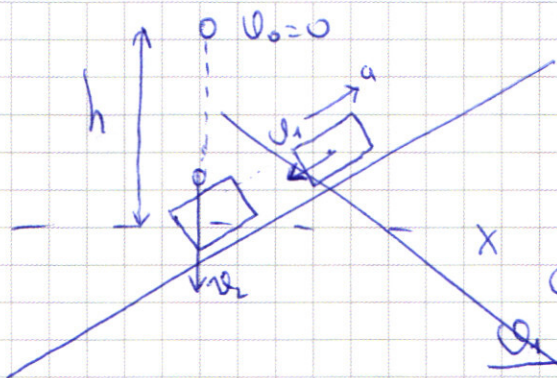
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Менее чем за время $\frac{v_2}{g} = 0,4 \text{ с}$.
За это время блок затормозит
с $v_1 = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ до $v = 0 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
 $\frac{v_1}{a} = t \quad a = \frac{v_1}{t} = 2,5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

Т.е. в момент торможения

блок и деформируется сильно пружина
или тачет, то и ось пружины можно
пренебречь т.е. $F_{\text{тр}} = \mu N$. значит блок останется
в состоянии.



Максимум ускорения за время $t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = 0,4 \text{ с.}$

За это время блок затормозит.

С $v_1 = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ то $v = 0 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

$$\frac{v_1}{a} = t, \quad a = \frac{v_1}{t} = 2,5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

Ответ: $v_1 = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, $a = 2,5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

П.с.а. В быстрой торможении блок и деформации материала его плиты можно пренебречь, а следовательно тоже, т.к. $F_{\text{тр}} = \mu N$, значит блок останется на месте.



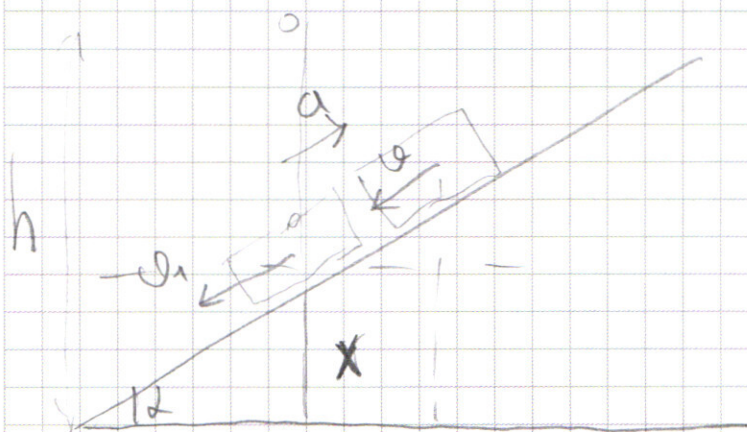
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☒ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

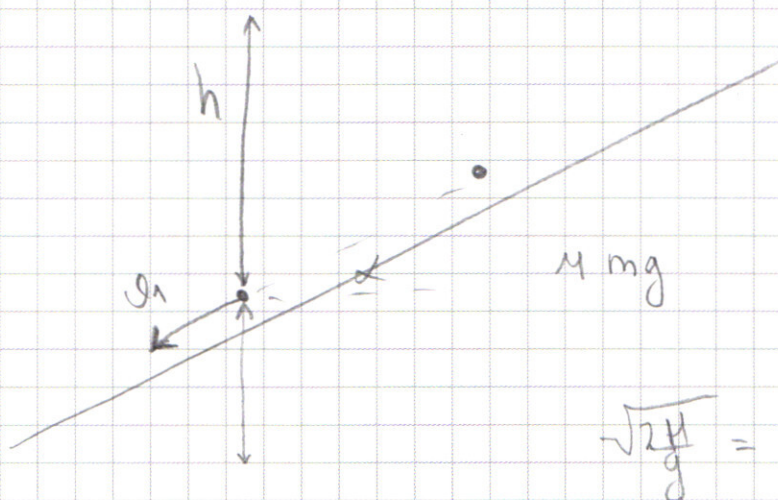


$$t = \sqrt{\frac{2(h-x)}{g}}$$

$$v_1$$

$$v = v_1 + a \sqrt{\frac{2(h-x)}{g}}$$

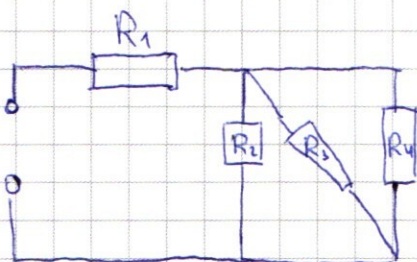
sin



$$mgh + \frac{mv_1^2}{2} =$$

$$\sqrt{2gh} =$$

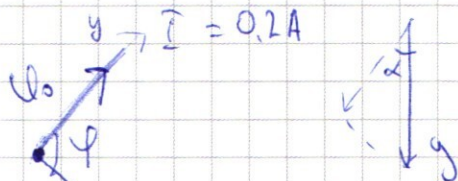
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$U = 19I R = 38 \text{ В}$$

$$19 \cdot I \cdot 10 = 38$$

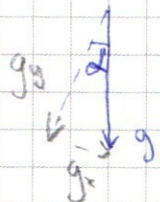
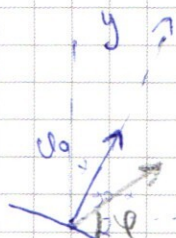
$$I = 0.2 \text{ А}$$



предметности наклонной.

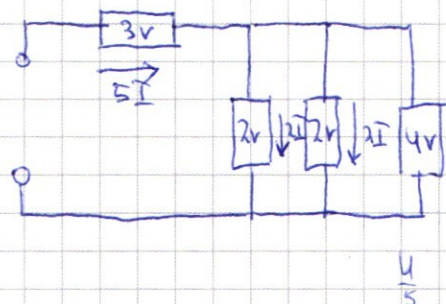
$$\mu_{\text{физ}} = \frac{r}{2g \sin \alpha}$$

$$\frac{2v_0 \sin \varphi}{g \cos \alpha} = T$$



$$0.125$$

$$\begin{array}{r} 9642 - 25.72 \\ 261 \\ 965 \\ 92 \\ 96 \end{array} \quad \begin{array}{r} 25.72 \\ 261 \\ 965 \\ 92 \\ 96 \end{array}$$



$$I_{\text{доп}} = 5I$$

$$U = 19IR$$

$$R_{\text{доп}} = \frac{19IR}{5I} = 3.8R$$

$$\begin{array}{r} 884 \\ 774 \\ 624 \\ 596 \\ 608 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 77 \\ 77 \\ 539 \\ 539 \\ 539 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 75 \\ 75 \\ 375 \\ 522 \\ 522 \end{array}$$

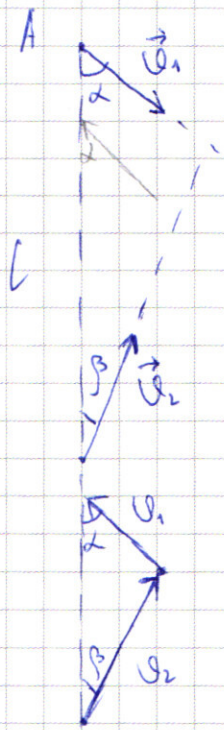
$$\frac{g \cos^2 \alpha}{2 \sin \alpha}$$

$$\frac{800 \cdot 3.14}{2 \cdot 10}$$

$$\frac{800}{10000}$$

$$\begin{array}{r} 700 \\ 700 \\ 10000 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 94 \\ 250 \\ 090 \\ 260 \\ 2500 \end{array}$$



A - коридор

3.6
3.6
+ 21.6
10.8
12.96

3.6
4

0.9

18

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

$$\sin \beta = \frac{v_1}{v_2} \sin \alpha = \frac{1}{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{\sqrt{3}}{4} = 0$$

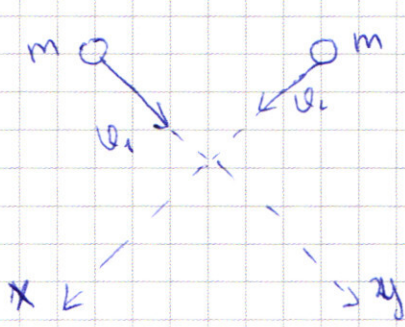
$$v_2 \sin \beta = v_1 \sin \alpha$$

$$\cos \beta = \sqrt{1 - \left(\frac{\sqrt{3}}{4}\right)^2} = \frac{\sqrt{13}}{4}$$

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

L-S

4.



$$m \quad OX: m v_2 = 2m v_x \quad v_x = \frac{v_2}{2} = 30$$

$$Oy: m v_1 = 2m v_y \quad v_y = \frac{v_1}{2} = 40$$

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \frac{1}{2} \sqrt{v_1^2 + v_2^2} = 50 \frac{m}{s}$$

3600 6400
100 50

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

$$\frac{v_1^2}{2} + \frac{v_2^2}{2} = v^2$$

$$1800 + 3200 = 5000 = 50^2$$

$$\frac{m v_1^2}{2} + \frac{m v_2^2}{2} = \frac{2m v^2}{2} + 2m c \alpha t$$

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

$$\frac{m v_1^2}{2} + \frac{m v_2^2}{2} = m v^2 + m 2 c \alpha t$$

$$\frac{\frac{v_1^2}{2} + \frac{v_2^2}{2} - v^2}{2c}$$

↑

$$\frac{\sqrt{13}}{16}$$

3.5
3.5
+ 17.5

$$\frac{1800 + 3200 - 2500}{2c}$$

$$\frac{2500}{2 \cdot 130} = \frac{250}{26}$$

10.5
12.25