

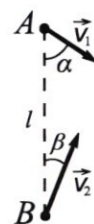
Олимпиада «Физтех» по физике, фс

Вариант 09-01

Класс 09

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

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.



- 2) Найдите $\sin \beta$.
- 3) Через какое время T расстояние между кораблем и торпедой составит $S = 770$ м?

4. 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.

*Время за которое
остановивается
брусок - время
падения*

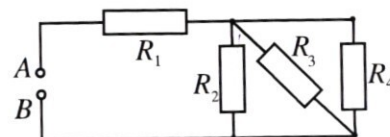
4. Два свинцовых шарика одинаковой массы, летящие со скоростями $V_1 = 60$ м/с и $V_2 = 80$ м/с, слипаются в результате абсолютно неупругого удара. Скорости шариков перед слипанием взаимно перпендикулярны.

- 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

Решение:

Дано:

$v = 1 \text{ км/ч}$ $v_1 = 10 \text{ м/с}$ $\alpha = 60^\circ$
 $v_2 = 20 \text{ м/с}$ $S = 470 \text{ м} = 0,47 \text{ км}$

$\sin \beta = ?$ $T = ?$

Угол β таков, что торпеда попадает в цель $\alpha - \text{т.е.}$ и корабль - встретится.
Пусть t - время до их встречи.

Введем ось y (рис.). Т.к. по условию встреча произойдет, то координата корабля и торпеды по оси y в момент встречи будет одинаковой.

$v_{y1} = v_1 \cdot \cos(90^\circ - \alpha) = v_1 \cdot \sin \alpha$ - скорость v_1 по оси y

$v_{y2} = v_2 \cdot \cos(90^\circ - \beta) = v_2 \cdot \sin \beta$ - скорость v_2 по оси y

И торпеда и корабль имеют начальную координату $y_0 = 0$, запишем их уравнения по оси y в момент встречи и приравняем.

$y_1 = y_0 + v_{y1} \cdot t = v_1 \cdot t \cdot \sin \alpha$ - координата корабля в момент встречи

$y_2 = y_0 + v_{y2} \cdot t = v_2 \cdot t \cdot \sin \beta$ - координата торпеды в момент встречи

$y_1 = y_2$

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

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

$\sin \beta = \frac{v_1}{v_2} \cdot \sin \alpha = \frac{10}{20} \cdot \sin(60^\circ) = \frac{1}{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{\sqrt{3}}{4}$

$\sin \alpha = \frac{q}{v_1 T}$

$q = v_1 T \cdot \sin \alpha$

$(q - z) = v_1 T \cdot \sin \alpha -$

$- v_2 T \cdot \sin \beta =$

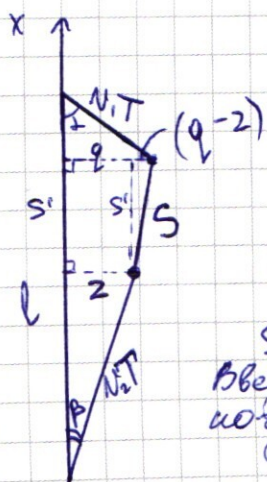
$T(v_1 \sin \alpha - v_2 \sin \beta)$

$\sin \beta = \frac{z}{v_2 T}$ $z = v_2 T \cdot \sin \beta$

$S = l - (v_2 \cos \beta T + v_1 \cos \alpha T) = l - T(v_2 \cos \beta + v_1 \cos \alpha)$

Введем ось x рассмотрим момент, когда расстояние между кораблем и торпедой равно S , торпеда и эскадр.

моменту времени $t_2 = v_2 T$, а корабль $S_1 = v_1 T$.



(оставшиеся введенные переменные обозначены на рисунке) По т. Пифагора:

$$S'^2 + (q - z)^2 = S^2$$

$$\begin{aligned} S' &= l - T(u_1 \cdot \cos \alpha + u_2 \cdot \cos \beta) = \\ &= l - T\left(40 \cdot \frac{1}{2} + 20 \cdot \frac{\sqrt{13}}{4}\right) = \\ &= l - T(5 + 5\sqrt{13}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cos \alpha &= \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \sqrt{1 - \frac{3}{4}} = \\ &= \sqrt{\frac{1}{4}} = \frac{1}{2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (q - z) &= u_1 T \cdot \sin \alpha - u_2 T \cdot \sin \beta = \\ &= T(u_1 \cdot \sin \alpha - u_2 \cdot \sin \beta) = \\ &= T\left(40 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} - 20 \cdot \frac{\sqrt{3}}{4}\right) = \\ &= T(5\sqrt{3} - 5\sqrt{3}) = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cos \beta &= \sqrt{1 - \sin^2 \beta} = \sqrt{1 - \frac{3}{16}} = \sqrt{\frac{13}{16}} = \\ &= \frac{\sqrt{13}}{4} \end{aligned}$$

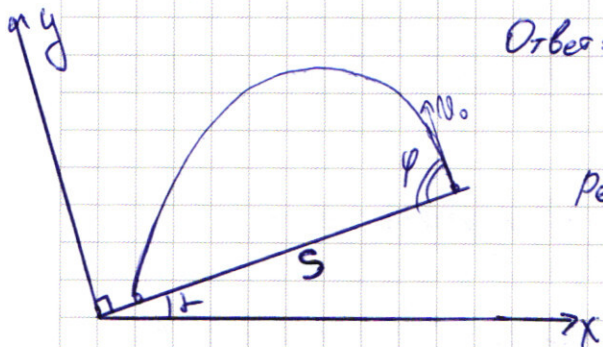
Т.к. $(q - z) = 0$, то $(q - z)^2 = 0 \Rightarrow S'^2 = S^2$
 $S' = S$ (расстояние > 0)

$$l - T(5 + 5\sqrt{13}) = S$$

$$l - S = T(5 + 5\sqrt{13})$$

$$T = \frac{l - S}{u_1 \cos \alpha + u_2 \cos \beta} = \frac{l - S}{5 + 5\sqrt{13}} = \frac{1 - 0,77}{5 + 5\sqrt{13}} = \frac{0,23}{5(1 + \sqrt{13})} \text{ с.}$$

Ответ: $\sin \beta = \frac{\sqrt{3}}{4}$, $T = \frac{0,23}{5(1 + \sqrt{13})} \text{ с.}$



Решение:

Дано:

$$\begin{aligned} \alpha &= 30^\circ & t &= \text{max} \\ S &= 0,8 \text{ м} & g &= 10 \text{ м/с}^2 \\ \varphi &= ? & v_0 &= ? \end{aligned}$$

$t = \frac{2v_0 \sin \varphi}{g}$ - полное время полета снаряда (максимальная дальность в горизонтальном направлении по оси x)

$t = \frac{2v_0 \sin \varphi}{g}$ - время полета снаряда (по усл. должно быть наибольшим из возможных)

Т.к. v_0 и g в данной задаче - постоянные величины, значит t зависит от $\sin \varphi$

$-1 \leq \sin \varphi \leq 1$ - по определению, тогда наибольшее значение $\sin \varphi = 1$.

$$\sin \varphi = 1 \Rightarrow \boxed{\varphi = 90^\circ}$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$t = \frac{2 v_0 \cdot \sin \varphi}{g}$$

Запишем уравнение движения камня в
проекциях на ось x:

$$S \cdot \cos \alpha = v_0 t \cdot \sin \alpha$$

$$t = \frac{S}{v_0} \cdot \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} = \frac{S}{v_0} \cdot \operatorname{ctg} \alpha$$

$$\operatorname{ctg} \alpha = \operatorname{ctg} (30^\circ) = \sqrt{3}$$

$$t = t$$

$$\frac{2 v_0 \cdot \sin \varphi}{g} = \frac{S \cdot \operatorname{ctg} \alpha}{v_0}$$

$$2 v_0^2 \cdot \sin \varphi = S g \cdot \operatorname{ctg} \alpha$$

$$v_0^2 = \frac{S g \cdot \operatorname{ctg} \alpha}{2 \cdot \sin \varphi}$$

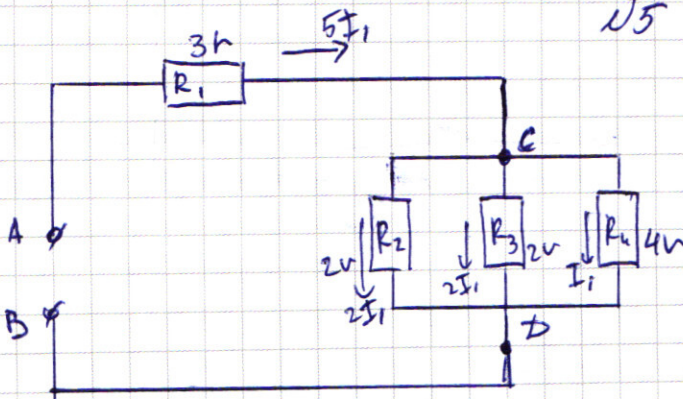
$$v_0 = \sqrt{\frac{S g \cdot \operatorname{ctg} \alpha}{2 \cdot \sin \varphi}} =$$

$$= \sqrt{\frac{800 \cdot 10 \cdot \sqrt{3}}{2 \cdot \sin 90^\circ}} = \sqrt{4000 \cdot \sqrt{3}} \text{ м/с} =$$

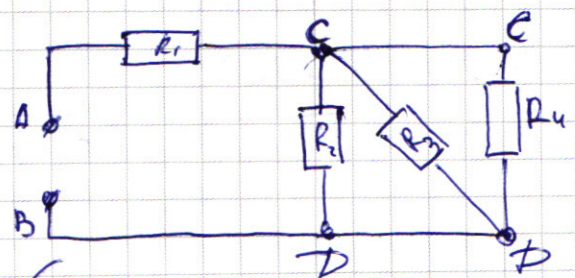
$$= 20 \sqrt{100 \sqrt{3}} \text{ м/с} =$$

$$\text{Ответ: } \varphi = 90^\circ, v_0 = 20 \sqrt{300} \text{ м/с.}$$

25



$$U_0 = 38 \text{ В}$$



→ нарисуем схему
на эквивалентную

схему, для удобства
в расчетах,

на эквивалентной

схеме расставим токи,

пользуясь тем что на резисторах

соединяемых параллельно

напряжение равно, а токи что

сумма токов входящих в узел,

равна сумме токов исходящих

из этого узла.

Тогда эквивалентное сопротивление цепи:

$$R_{AB} = \frac{15 \text{ Ом} + 4 \text{ Ом}}{5 I_1} = \frac{19 \text{ Ом}}{5 I_1} = \frac{19}{5} \text{ Ом}$$

при $r = 10 \Omega$:

$I = I_1 = 0,2 \text{ A}$
(на экв. схеме
абсолютно все I_1)

$$U_{AB} = I_0 \cdot R_0$$

$$U_{AB} = 5 I_1 \cdot \frac{19}{5} r = 19 I_1 \cdot r$$

$$I_1 = \frac{U}{19r} = \frac{38}{19 \cdot 10} = \frac{2}{10} = \frac{1}{5} \text{ A} = 0,2 \text{ A}$$

Ответ: $R_{AB} = \frac{19}{5} r$, $I = 0,2 \text{ A}$.

№4

Решение:

m_1 - масса 1-го шарика

m_2 - масса 2-го шарика

$$m_1 = m_2 = m$$

$P_1 = m V_1$ - импульс 1-го шарика

$P_2 = m V_2$ - импульс 2-го шарика

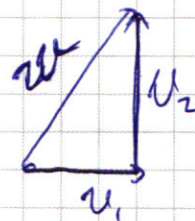
$P = 2mV$ - импульс движущихся шариков

Запишем закон сохранения импульса для движущихся шариков:

$$P = P_1 + P_2$$

$$2m\bar{V} = m\bar{V}_1 + m\bar{V}_2$$

$$2\bar{V} = \bar{V}_1 + \bar{V}_2$$



по т. Пифагора:

$$(2V)^2 = V_1^2 + V_2^2$$

$$2V = \sqrt{V_1^2 + V_2^2} = \sqrt{60^2 + 80^2} = \sqrt{3600 + 6400} = \sqrt{10000} = 100 \text{ м/с}$$

$$V = \frac{100}{2} = 50 \text{ м/с}$$

$$\frac{2mV^2}{2} = cm\Delta t$$

$$mV^2 = 2cm\Delta t$$

$$V^2 = 2c\Delta t$$

$$\Delta t = \frac{V^2}{2c} = \frac{50^2}{2 \cdot 130} = \frac{2500}{260} = \frac{250}{26} = \frac{125}{13} \approx 9,2^\circ$$

$$\frac{mV^2}{2} = cm\Delta t$$

энергия затраченная на нагревание

Ответ: $V = 50 \text{ м/с}$ $\Delta t = \left(\frac{125}{13}\right)^\circ \approx 9,2^\circ$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

кат. чистот. ДЗ

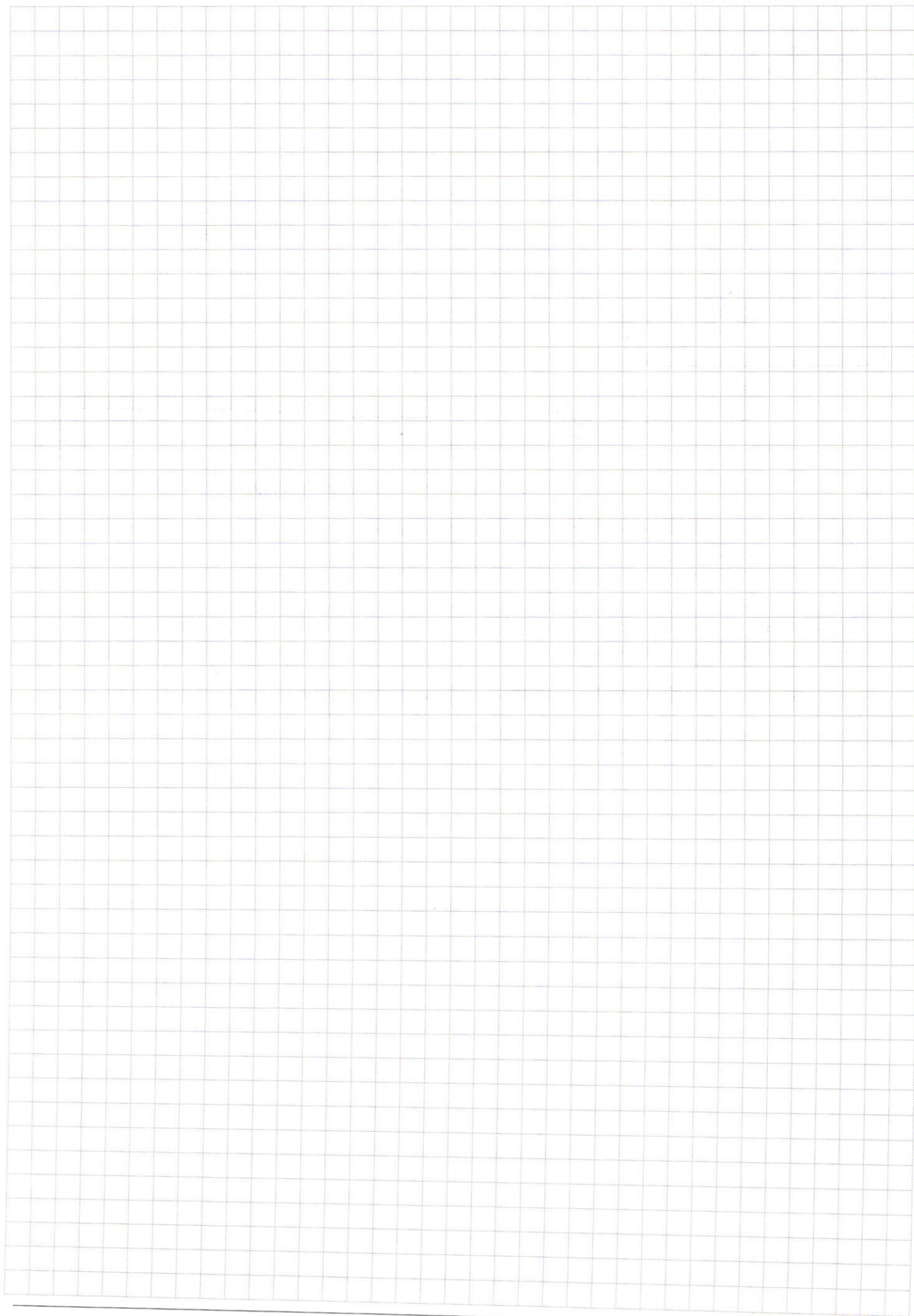
m_1 - масса
бруса
 m_2 - масса
шарика
 $m_1 = m_2 = m$

$v_1 = 1 \text{ м/с}$
 $h = 0,8 \text{ м}$
 $g = 10 \text{ м/с}^2$
 $v_2 = ?$
 $a = ?$

$h = \frac{gt^2}{2}$
 $2h = gt^2$
 $t^2 = \frac{2h}{g}$
 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,8}{10}} = \sqrt{\frac{1,6}{10}} = \frac{4}{5} = 0,4 \text{ с.}$

сп-ние движения шарика
до соударения в проекции
на ось y.

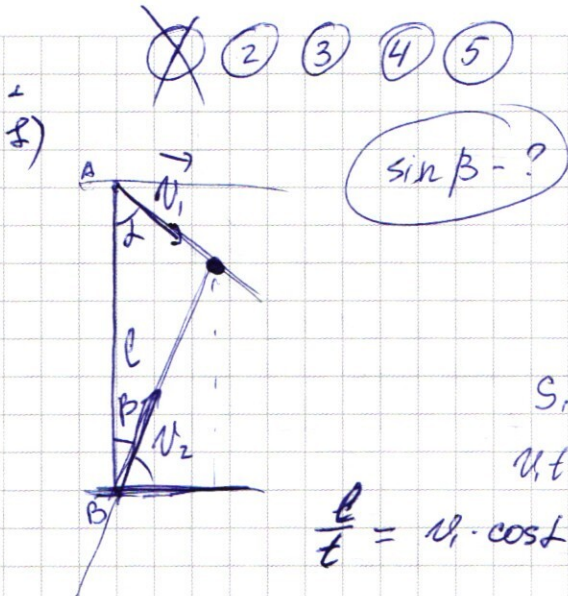
Скорость материального шарика перед
соударением:
 $v_2 = v_0 + gt = 0 + gt = gt = 10 \cdot 0,4 = 4 \text{ м/с}$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$S_1 = v_1 \cdot t \cdot \cos \alpha$$

$$S_2 = v_2 \cdot t \cdot \cos \beta$$

$$S_1 + S_2 = l$$

$$v_1 t \cdot \cos \alpha + v_2 t \cdot \cos \beta = l$$

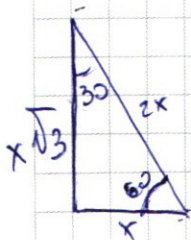
$$\frac{l}{t} = v_1 \cdot \cos \alpha + v_2 \cdot \cos \beta$$

В С В

$$\frac{l - S}{T} = v_1 \cdot \cos \alpha + v_2 \cdot \cos \beta$$

$S = 420 \text{ м.}$
 $l = 1 \text{ км}$ $v_1 = 10 \text{ м/с}$
 $\alpha = 60^\circ$ $v_2 = 20 \text{ м/с}$

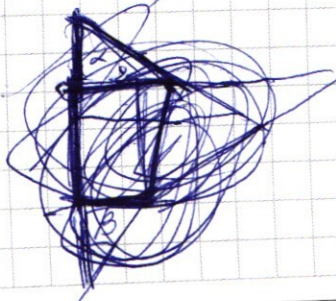
$\sin \beta - ?$
 $T - ?$



$$\sqrt{4x^2 - x^2} = \sqrt{3x^2} = x \cdot \sqrt{3}$$

$$\sin(60) = \frac{x\sqrt{3}}{2x} = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\cos(180 - (\alpha + \beta)) = -\cos(\alpha + \beta)$$



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

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

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

$$= \frac{10}{20} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{\sqrt{3}}{4}$$

$$y_1 = v_{y1} \cdot t$$

4

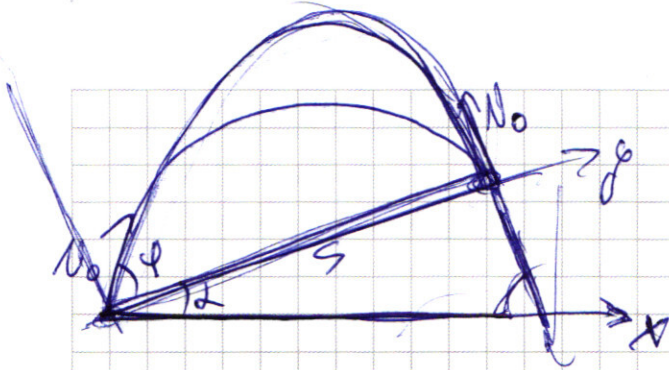
$$\cos(50 - \alpha) = \sin(\alpha)$$



$$(180 - (\alpha + \beta))$$

4,00

0,490 км - 23



$$\alpha = 30^\circ \quad t - \text{max}$$

$$S = 0,8 \text{ км}$$

$$\varphi - ? \quad v_0 - ?$$

$$t = \frac{v_0}{g}$$

$$\frac{\frac{c}{u}}{\frac{c^2}{u^2}} = \frac{u}{c} \cdot \frac{c^2}{u} = c$$

$$t = \frac{S}{v_0 \cos \varphi} = \frac{2 v_0 \sin \varphi}{g}$$

t - max sin φ ↓ макс.

S =

~~$$v_0 \cos \alpha$$~~

$$0 = v_0 - g t$$

$$t = \frac{v_0}{g}$$

$$t = 2 \frac{v_0}{g}$$

$$\sin \varphi = 1$$

$$t = \frac{2 v_0 \sin \varphi}{g}$$

$$S = -v_0 \cdot t \cdot \sin \alpha$$

$$S \cdot \cos \alpha = 4 v_0 \cdot t \cdot \sin \alpha$$

~~$$v_0 = S$$~~

$$t = \frac{S}{v_0} \cdot \text{ctg} \alpha$$

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

$$\frac{S \cdot \text{ctg} \alpha}{v_0} = \frac{2 v_0 \sin \varphi}{g}$$

$$S \cdot g \cdot \text{ctg} \alpha = 2 v_0^2 \sin \varphi$$

$$v_0^2 = \frac{S g \text{ctg} \alpha}{2 \sin \varphi}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{S \cdot g \cdot \text{ctg} \alpha}{2 \sin \varphi}} =$$

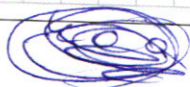
$$= \sqrt{\frac{800 \cdot 10 \cdot \sqrt{3}}{2 \cdot 1}} = \sqrt{4000 \sqrt{3}} = 20 \sqrt{5 \sqrt{3}}$$

$$20 \sqrt[4]{45}$$

$$\text{ctg} \alpha = \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{1}{2}} =$$

$$\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{2}{1} = \sqrt{3}$$

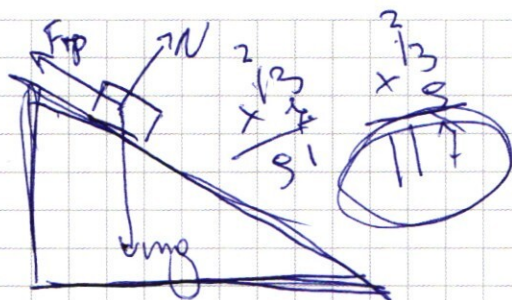
$$\frac{200}{100} = 2$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{m v_1^2}{2} + \frac{m v_2^2}{2} = \text{const}$$

$$\begin{aligned} \cancel{2,2} + \cancel{2,2} &= 2 \text{ at} \\ 10000 &= 2 \text{ at} \end{aligned}$$

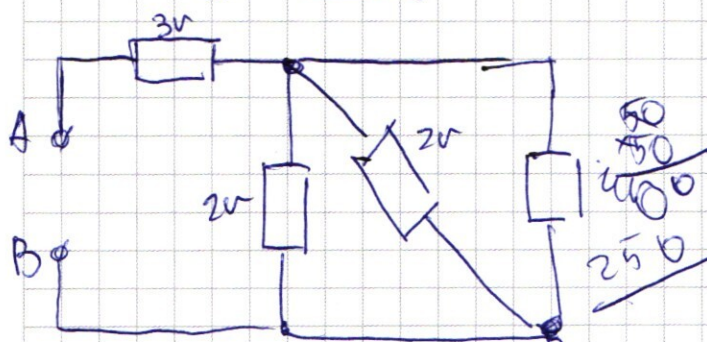


$$V_1 = 10x + C$$

$$h = 98 \text{ cm}$$

~~$\frac{1}{2} v^2 = c h \lambda$~~

$$\Delta t = \frac{102}{220} = \frac{2500}{2130} = \frac{2500}{200} = \frac{250}{26} = \frac{125}{13}$$



$$U_0 = 38 \text{ K}$$

$\int_{K_0} \omega = ? \quad \int_{L_0} \omega = ?$

$$U_0 = Y_0 \cdot R_0 =$$

$$5000 = c \cdot \Delta t$$

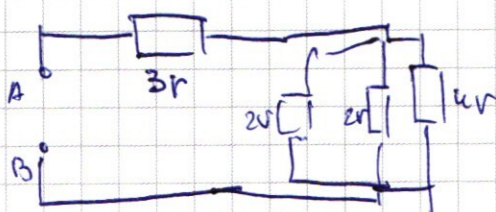
$$x/5000 =$$

$$= \frac{5000}{132} =$$

$$\frac{500}{13} \approx 42$$

$$n = \frac{U_0}{10T}$$

$$R_{AB} = \frac{18}{5} \Omega = \frac{18}{5} \cdot \frac{U_0}{I_0} = \frac{U_0}{5I_0}$$



$$\begin{array}{r} 19 \\ + 19 \\ \hline 38 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} -125 \overline{) 13} \\ 117 \overline{) 8,208} \\ \hline 80 \\ -6 \\ \hline 20 \\ -18 \\ \hline 2 \end{array} \quad \text{m} \quad \text{C}$$

$$\begin{array}{r} 13 \\ \times 82 \\ \hline 26 \\ 104 \\ \hline 1066 \end{array}$$

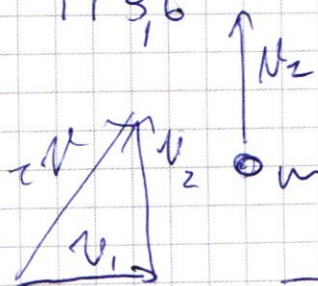
$$2mv = mv_i + m \cdot \frac{12}{20}$$

$$Z^N = U_1 + U_2$$

52 41

$$2v = \sqrt{v_1^2 + v_2^2} = \sqrt{60^2 + 80^2} = \sqrt{3600 + 6400} = \sqrt{10000} = 100$$

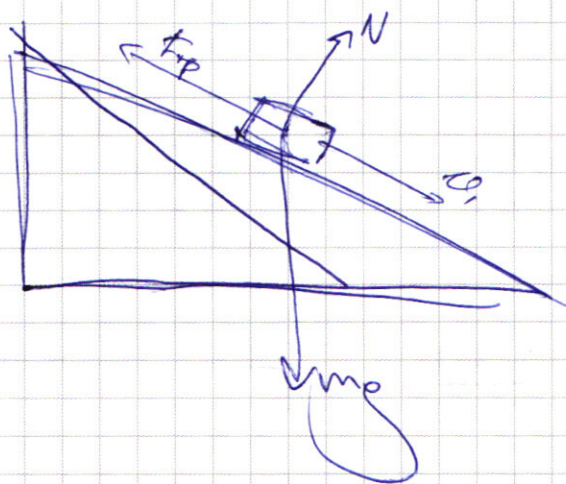
$$v = \frac{100}{2} = 50 \text{ m/s}$$



$$100 \times 100$$

$$\begin{array}{r} 60 \\ \times 60 \\ \hline 600 \\ 3600 \\ \hline 3600 \\ 6400 \\ \hline 10000 \end{array}$$

$\sqrt{3}$



$$\frac{\sqrt{\frac{16}{10}}}{\frac{16}{10}} = \frac{4}{10}$$