

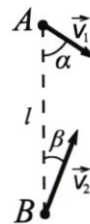
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Вариант 09-01

Класс 09

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

1. Корабль A и торпеда B в некоторый момент времени находятся на расстоянии $l = 1$ 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?

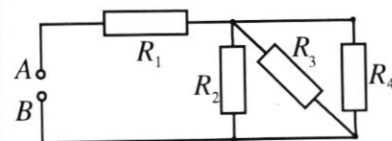
2) На сколько Δt ($^\circ\text{C}$) повысится температура шариков?

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

№1

$$L = 1000 \text{ м}$$

$$v_1 = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

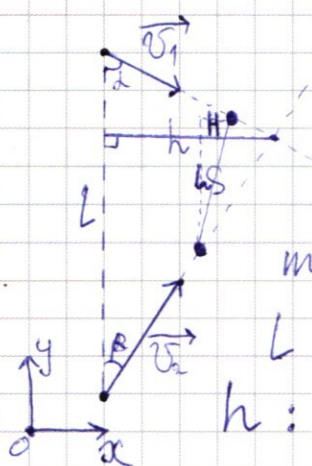
$$\alpha = 60^\circ$$

$$v_2 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$S = 740 \text{ м}$$

$$\sin \beta = ?$$

$$T = ?$$



Порнега попал в цель, значит, в какой-то момент времени t расстояние и

порнега, и корабля до отрезка L будут одинаковы и равны h :

$$h: h = v_1 \sin \alpha t = v_2 \sin \beta t$$

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

$$\sin \beta = \frac{v_1 \sin \alpha}{v_2} = \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{20 \frac{\text{м}}{\text{с}}} = \frac{\sqrt{3}}{4}$$

Проведем ось Oy вдоль прямой L , Ox — перпендикулярно L . Пусть H — проекция расстояния между ракетой и кораблем на ось Ox ; h — проекция S на ось Oy . Тогда $S^2 = h^2 + H^2$

$$\text{Найдём } h: h = L - (v_1 \cos \alpha T + v_2 \cos \beta T)$$

$$\text{Найдём } H: H = |v_1 \sin \alpha T - v_2 \sin \beta T|. \text{ По этому мы выяснили, что } v_1 \sin \alpha = v_2 \sin \beta \Rightarrow H = 0$$

$$S^2 = h^2 + H^2$$

$$S^2 = h^2 + 0$$

$$S = h$$

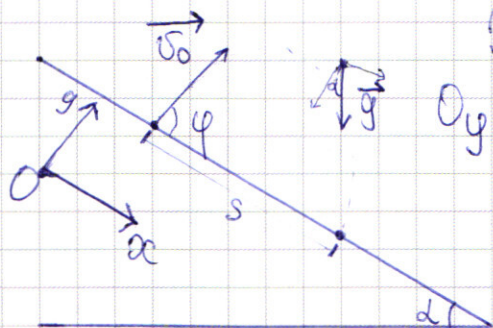
$$S = L - (v_1 \cos \alpha T + v_2 \cos \beta T)$$

$$T = \frac{L - S}{v_1 \cos \alpha + v_2 \cos \beta} = \frac{1000 \text{ м} - 740 \text{ м}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \frac{1}{2} + 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{\sqrt{3}}{4}\right)^2}} = \frac{260 \text{ м}}{5 \frac{\text{м}}{\text{с}} + 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \frac{\sqrt{13}}{4}} =$$

$$= \frac{230}{5(1+\sqrt{13})} = \frac{46}{1+3,6} = \frac{46}{4,6} = 10 \text{ c.}$$

$$T = 10 \text{ c.}$$

Ответ: $\sin \beta = \frac{\sqrt{3}}{4}$; $T = 10 \text{ c.}$
 $\sqrt{2}$



Проведем ось Ox вдоль склона, Oy перпендикулярно склону.

Путь — время полета:

$$Oy: 0 = 0 + v_0 \sin \varphi t - \frac{g \cos \alpha t^2}{2}$$

$$Ox: s = v_0 \cos \varphi t + \frac{g \sin \alpha t^2}{2}$$

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

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

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

Заметим, что время полета t будет наибольшим при $\sin \varphi = 1 \Rightarrow \varphi = 90^\circ$; $\cos \varphi = 0$

$$s = v_0 \cos \varphi t + \frac{g \sin \alpha t^2}{2}$$

$$s = \frac{g \sin \alpha t^2}{2}$$

$$t = \sqrt{\frac{2s}{g \sin \alpha}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 800 \text{ м}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \frac{1}{2}}} = \sqrt{320 \text{ с}^2} = 8\sqrt{5} \text{ с.}$$

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

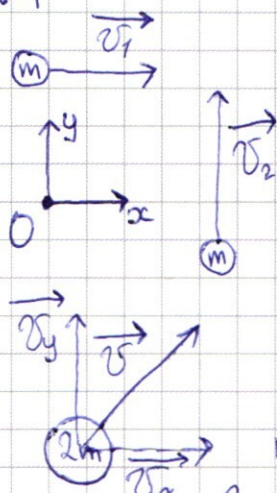
$$v_0 \sin \varphi = \frac{g \cos \alpha t}{2}$$

$$v_0 = \frac{g \cos \alpha t}{2 \sin \varphi} = \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 8\sqrt{5} \text{ с}}{2 \cdot 1} = 20\sqrt{15} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: $\varphi = 90^\circ$; $v_0 = 20\sqrt{15} \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 77 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N4



Сматываясь, шарики движутся перпендикулярно, поэтому мы проведем ось Ox вдоль вектора скорости первого шарика ($\vec{v}_1$); Oy - вдоль вектора $\vec{v}_2$. Разложим скорость слившихся шариков $\vec{v}$ на v_x (вдоль Ox) и v_y (вдоль Oy).

Запишем ЗСД в проекциях Ox и Oy :

$$Ox: m v_1 = 2m v_x$$

$$Oy: m v_2 = 2m v_y$$

$$v_x = \frac{v_1}{2} = 30 \frac{м}{с}$$

$$v_y = \frac{v_2}{2} = 40 \frac{м}{с}$$

По теореме Пифагора $v^2 = v_x^2 + v_y^2 = 900 \frac{м^2}{с^2} + 1600 \frac{м^2}{с^2}$
 $\Rightarrow v = \sqrt{2500 \frac{м^2}{с^2}} = 50 \frac{м}{с}$

Пусть на нагревание шариков ушла энергия Q , тогда по ЗСЭ: $\frac{m v_1^2}{2} + \frac{m v_2^2}{2} = \frac{2m v^2}{2} + Q$

$$Q = \frac{m}{2} (v_1^2 + v_2^2 - 2v^2) = \frac{m}{2} (3600 \frac{м^2}{с^2} + 6400 \frac{м^2}{с^2} - 2 \cdot 2500 \frac{м^2}{с^2}) = 2500 m$$

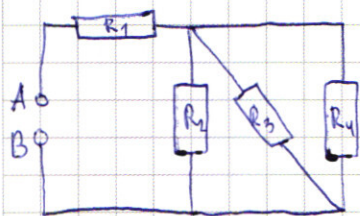
На нагрев шариков ушла энергия $Q = 2mc \Delta t$

$$2mc \Delta t = 2500 m$$

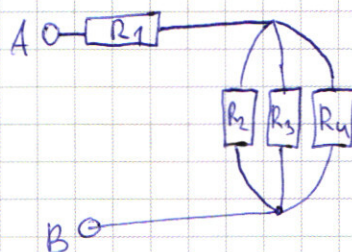
$$\Delta t = \frac{2500}{2c} = \frac{2500}{2 \cdot 130} = 9,8^\circ C$$

Ответ: $v = 50 \frac{м}{с}$; $\Delta t = 9,8^\circ C$.

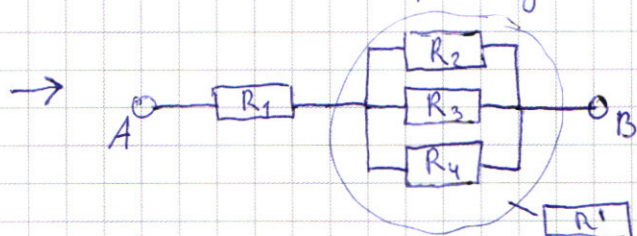
√5



соединим
не имею-
щие
сопротив-
ления
провода



преобразуем
схему



Заменяем группу парал-
лельно соединённых
резисторов резистором

с сопротивлением R' таким, что $\frac{1}{R'} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} =$
 $= \frac{R_3 R_4 + R_2 R_3 + R_2 R_4}{R_2 R_3 R_4} \Rightarrow R' = \frac{R_2 R_3 R_4}{R_3 R_4 + R_2 R_3 + R_2 R_4} = \frac{2r \cdot 2r \cdot 4r}{8r^2 + 4r^2 + 8r^2} =$

$= \frac{16r^3}{20r^2} = 0,8r$, Тогда сопротивление цепи $R_{AB} =$

$= R_1 + R' \text{ (~~соединены~~ соединены последовательно)} = 3r + 0,8r =$

$= 3,8r$. Тогда ток, текущий через цепь $I_{AB} =$

$= \frac{U}{R_{AB}} = \frac{38\text{ В}}{3,8r \cdot 100\Omega} = 1\text{ А}$. Напряжение на $R_1 \neq U_1$;

$U_1 = I_1 \cdot R_1 = I_{AB} \cdot R_1 = 1\text{ А} \cdot 30\text{ Ом} = 30\text{ В}$. Тогда сопро-
 тивление на R' : $U' = U - U_1 = 38\text{ В} - 30\text{ В} = 8\text{ В}$. Рези-

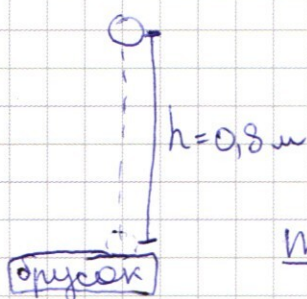
сторы R_2, R_3, R_4 соединены параллельно $\Rightarrow$

напряжение на R_4 : $U_4 = U' = 8\text{ В}$. Ток I , теку-
 щий через R_4 : $I = \frac{U_4}{R_4} = \frac{8\text{ В}}{40\text{ Ом}} = 0,2\text{ А}$.

Ответ: $R_{AB} = 3,8r = 38\text{ Ом}$; $I = 0,2\text{ А}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3

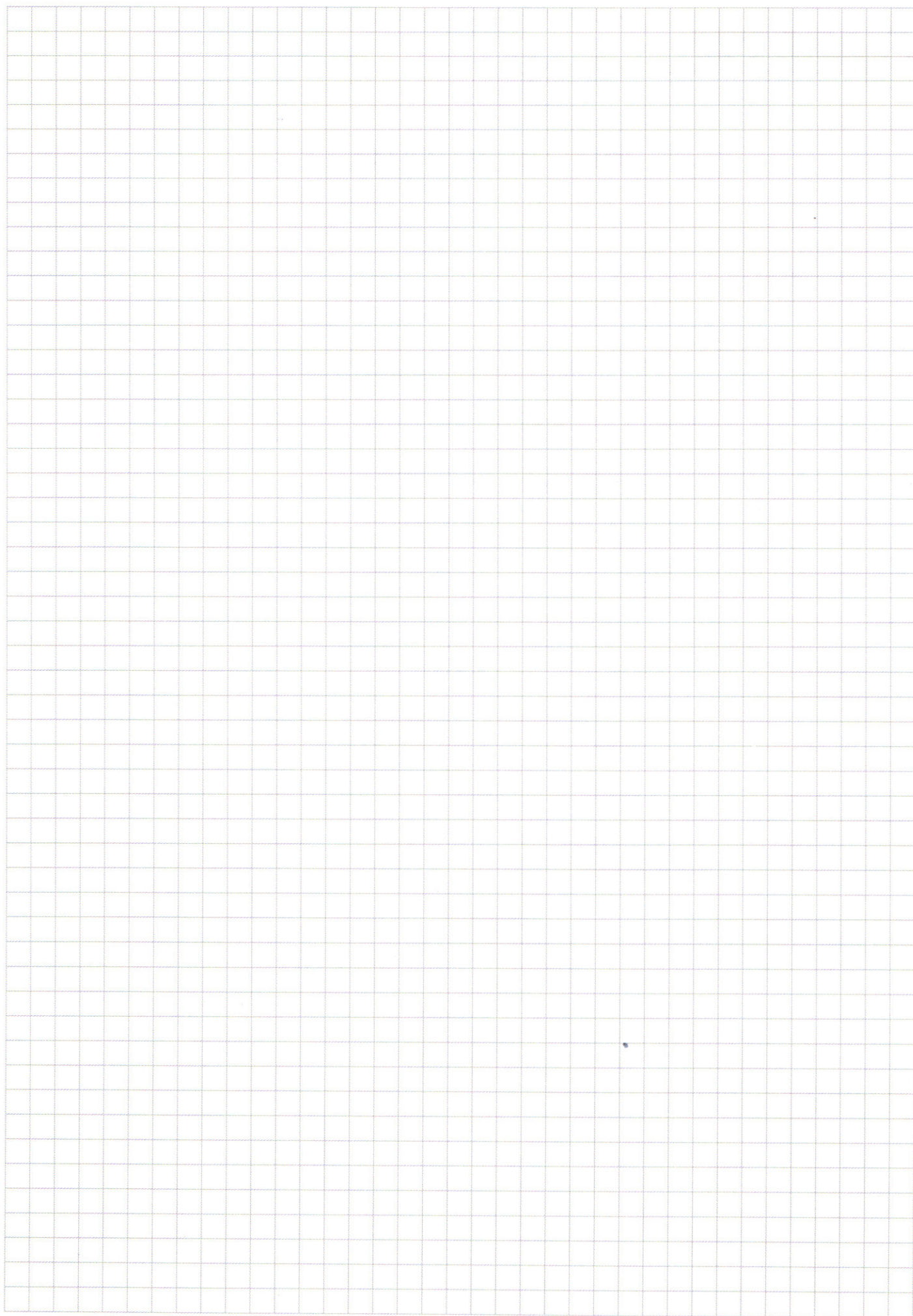


Потенциальная энергия шарика - mgh ;
в момент непосредственно до со-
ударения его энергия стала равна
 $\frac{mv_2^2}{2}$. Тогда, по ЗСЭ, $mgh = \frac{mv_2^2}{2} \Rightarrow$

$$\Leftrightarrow v_2 = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 0,8 \text{ м}} = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

$$v_2 = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

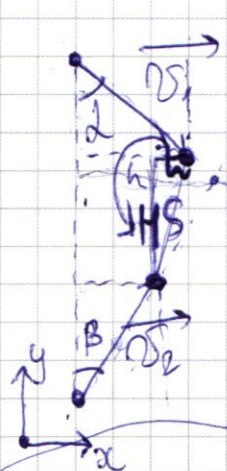
Ответ: $v_2 = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$v_1 = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$v_2 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$L = 1000 \text{ м}$$

$$h = \frac{v_1 \sin \alpha}{v_2 \sin \beta} = \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{20 \frac{\text{м}}{\text{с}}} = \frac{\sqrt{3}}{4}$$

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

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

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

$$\sin \beta = \frac{\sqrt{3}}{4}$$

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

$$S^2 = h^2 + H^2$$

$$H = L - v_2 \cos \beta T - v_1 \cos \alpha T$$

$$H = 0, \text{ т.к. при сближении}$$

$$S = h$$

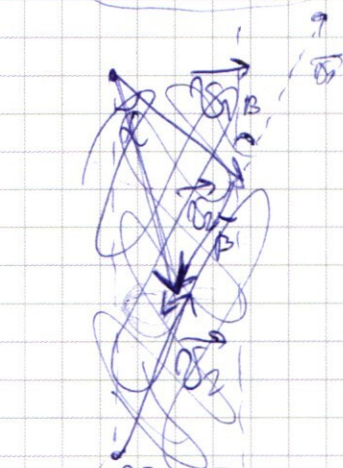
$$S = L - v_2 \cos \beta T - v_1 \cos \alpha T$$

$$v_1 \cos \alpha T + v_2 \cos \beta T = L - S$$

$$T = \frac{L - S}{v_1 \cos \alpha + v_2 \cos \beta} = \frac{1000 \text{ м} - 230 \text{ м}}{10 \cdot \frac{1}{2} + 20 \cdot \frac{\sqrt{13}}{4}} = \frac{770 \text{ м}}{5 + 5\sqrt{13}} =$$

$$= \frac{230}{5(1 + \sqrt{13})} = 4,6(1 + \sqrt{13}) \text{ с.} = 10 \text{ с.}$$

$$T = 10 \text{ с.}$$



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

$$\begin{array}{r} 2 \\ 3,5 \\ \times 3,5 \\ \hline 10,5 \\ 117,5 \\ \hline 122,5 \end{array}$$

$$\frac{48}{4,6} \approx 10$$

N1

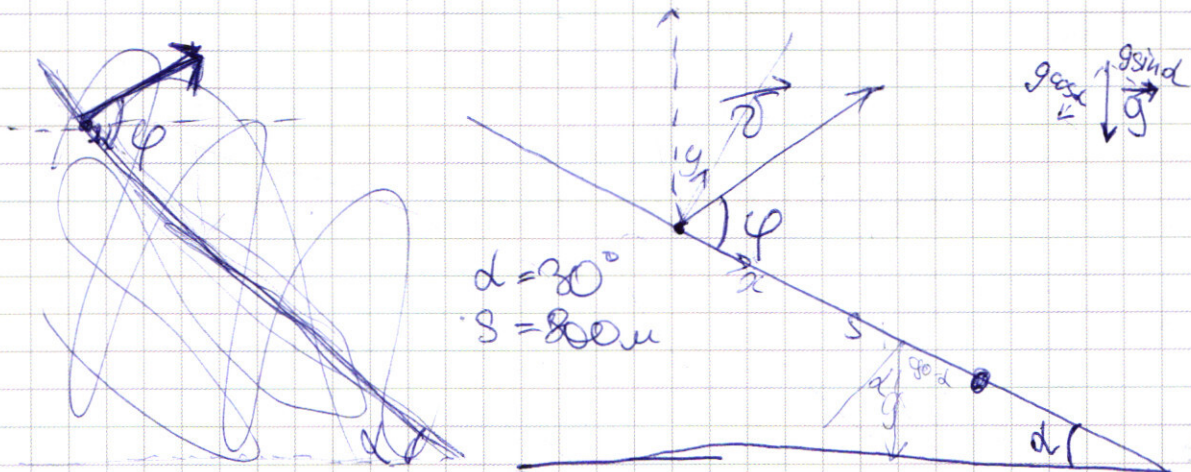
$$\begin{array}{r} 2 \\ 3,6 \\ \times 3,6 \\ \hline 10,8 \\ 129,6 \\ \hline 140,4 \end{array}$$

$$\frac{230}{10} = 23$$

$$2500 \text{ м} - 2500 \text{ м} = 0$$

$$2500 \text{ м} - 2500 \text{ м} = 0$$

$$2500 \text{ м} - 2500 \text{ м} = 0$$



$$s = v \cos \varphi t + \frac{g \sin \alpha t^2}{2}$$

$$0 = 0 + v \sin \varphi t - \frac{g \cos \alpha t^2}{2}$$

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

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

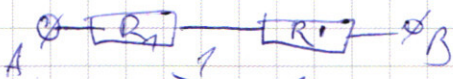
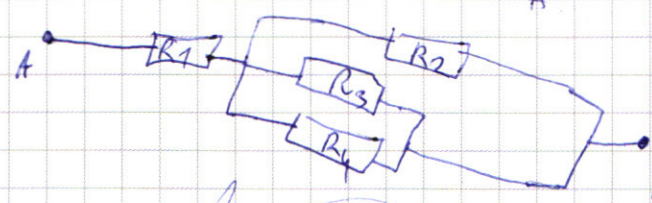
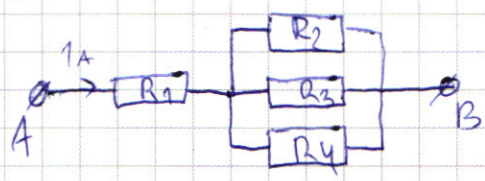
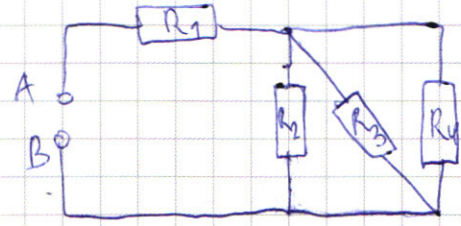
$$t = \frac{2v \sin \varphi}{g \cos \alpha} = \frac{20 \cdot 1}{10 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{4\sqrt{3}}{10\sqrt{3}} = \frac{2}{2.5\sqrt{3}}$$

норме

прогнозируем, что $\varphi = 90^\circ$

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

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



$$R' = \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}} = \frac{R_2 R_3 R_4}{R_2 R_3 + R_2 R_4 + R_3 R_4}$$

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

$$R' = \frac{16 \text{ v}^3}{8 \text{ v}^2 + 8 \text{ v}^2 + 4 \text{ v}^2} = \frac{16 \text{ v}^3}{20 \text{ v}^2} = 0.8 \text{ v}$$

$$R_{AB} = R_1 + R' = 3 \text{ v} + 0.8 \text{ v} = 3.8 \text{ v}$$

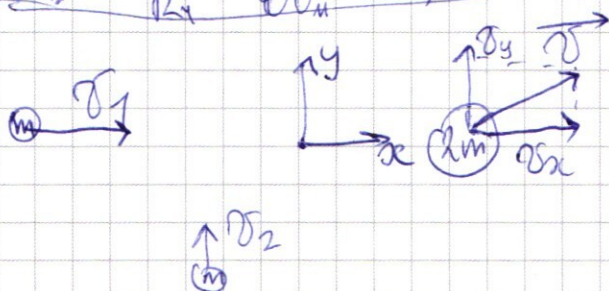
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$I_{AB} = \frac{U}{R_{AB}} = \frac{38 \text{ В}}{380 \text{ Ом}} = 1 \text{ А}$$

$$U_1 = I_{AB} R_1 = 1 \text{ А} \cdot 30 \text{ Ом} = 30 \text{ В}$$

$$U' = U - U_1 = 8 \text{ В} \Rightarrow U_4 = 8 \text{ В}$$

$$I_4 = \frac{U_4}{R_4} = \frac{8 \text{ В}}{40 \text{ Ом}} = 0,2 \text{ А} !$$



$\sqrt{5}$

$$v = \sqrt{v_{1x}^2 + v_{1y}^2}$$

$$m v_1 = 2 m v_{1x}$$

$$v_{1x} = \frac{v_1}{2} = 30 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$m v_2 = 2 m v_{2y}$$

$$v_{2y} = \frac{v_2}{2} = 40 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$v = \sqrt{900 + 1600} = 50 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\text{По 3СЭ} \quad \frac{m v_1^2}{2} + \frac{m v_2^2}{2} = \frac{2 m v^2}{2} + Q$$

$$Q = \frac{m}{2} (v_1^2 + v_2^2 - 2 v^2) = \frac{m}{2} (3600 + 6400 - 5000) =$$

$$= \frac{m}{2} 5000 = 2500 \text{ мДж}$$

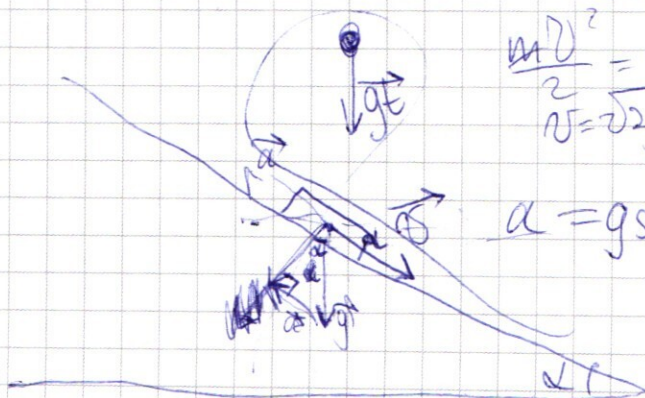
$$Q = c 2 m \Delta t$$

$$\Delta t = \frac{Q}{2 c m} = \frac{2500 \text{ мДж}}{2 \cdot 130 \cdot \text{м}} = \frac{2500}{260} = 9,8 \text{ } ^\circ\text{C} !$$

$$\begin{array}{r} 250 \cdot 26 \\ - 234 \cdot 19,85 \\ \hline 10 \end{array}$$

$$\frac{Q}{B} =$$

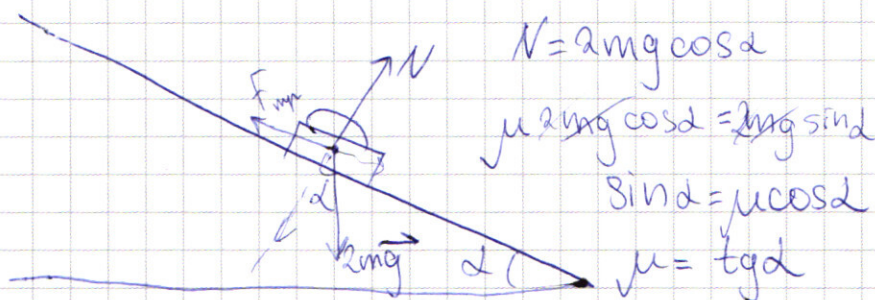
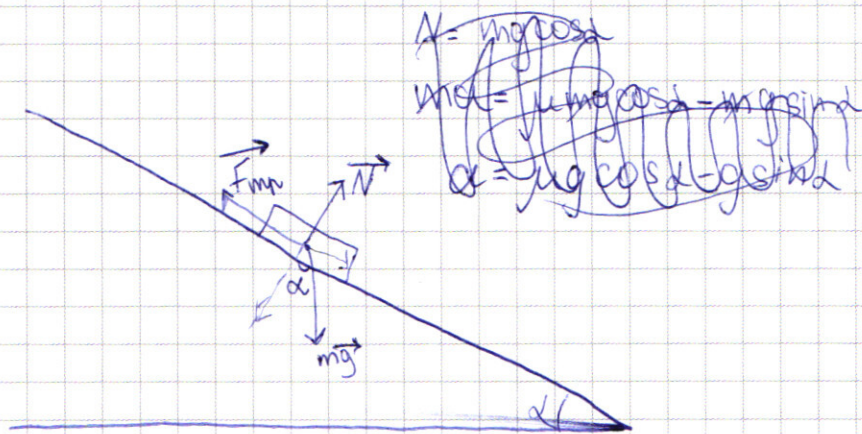
$$26 \cdot 0,85 = \frac{26 \cdot 85}{100} = \frac{2210}{100} = 22,1 = 23 +$$



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

$$v = \sqrt{2 g h} = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$a = g \sin \alpha$$



$$\varphi = 90^\circ \Rightarrow \sin \varphi = 1; \cos \varphi = 0$$

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

$$S = 64,5$$

$$t = \sqrt{\frac{2S}{g \sin \alpha}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 64,5}{10 \cdot 0,5}} = \sqrt{\frac{129}{5}} = \sqrt{25,8} \approx 5,08 \text{ c.} = \sqrt{2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 5} = 8\sqrt{5} \text{ c.}$$

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

$$v = \frac{g \cos \alpha t}{2 \sin \varphi} = \frac{g \cos \alpha t}{2} = \frac{10 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 8\sqrt{5}}{2} = 20\sqrt{15} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\begin{array}{r} 3,8 \\ \times 3,9 \\ \hline 351 \\ + 111 \\ \hline 15,21 \end{array} \quad \begin{array}{r} 3,85 \\ \times 20 \\ \hline 77 \end{array}$$