

11.17-15.17

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 09

Вариант 09-02

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

- ✓ 1. Корабль A и торпеда B в некоторый момент времени находятся на расстоянии $l = 0,8$ км друг от друга (см. рис.) Скорость корабля $V_1 = 8$ м/с, угол $\alpha = 60^\circ$, угол $\beta = 30^\circ$. Скорость V_2 торпеды такова, что торпеда попадет в цель.

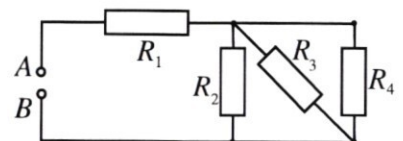


- 1) Найдите скорость V_2 торпеды.
 - 2) На каком расстоянии S будут находиться корабль и торпеда через $T = 25$ с?
- ✓ 2. Плоский склон горы образует с горизонтом угол α , $\sin \alpha = 0,6$. Из миномета, расположенного на склоне, производят выстрел, под таким углом β к поверхности склона, что продолжительность полета мины наибольшая. Мина падает на склон на расстоянии $S = 1,8$ км от точки старта.
- 1) Под каким углом β к поверхности склона произведен выстрел?
 - 2) Найдите максимальную дальность L стрельбы из такого миномета на горизонтальной поверхности. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха пренебрежимо мало.
- ✓ 3. Вниз по шероховатой наклонной плоскости равнозамедленно движется брусок. Величина ускорения бруска $a = 2$ м/с². Пластиновый шарик, движущийся по вертикали, падает на брусок и прилипает к нему, а брусок останавливается. Продолжительность полета шарика до соударения $T = 0,2$ с. Начальная скорость шарика нулевая.
- 1) Найдите скорость V_1 шарика перед соударением.
 - 2) Найдите скорость V_2 бруска перед соударением.
- Движение шарика до соударения – свободное падение. Массы бруска и шарика одинаковы. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. Быстрые процессы торможения бруска и деформации пластины заканчиваются одновременно. В этих процессах действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.
- ✓ 4. Два одинаковых шарика движутся по взаимно перпендикулярным прямым и слипаются в результате абсолютно неупругого удара. После слипания скорость шариков $V = 25$ м/с. Скорость одного из шариков перед слипанием $V_1 = 30$ м/с.
- 1) С какой скоростью V_2 двигался второй шарик перед слипанием?
 - 2) Найдите удельную теплоемкость c материала, из которого изготовлены шарики, если известно, что в результате слипания температура шариков повысилась на $\Delta t = 1,35$ °С. Температуры шариков перед слипанием одинаковы.

- ✓ 5. Четыре резистора соединены как показано на рисунке. Сопротивления резисторов $R_1 = 2 \cdot r$, $R_2 = R_3 = 4 \cdot r$, $R_4 = r$. На вход АВ схемы подают напряжение $U = 8$ В.

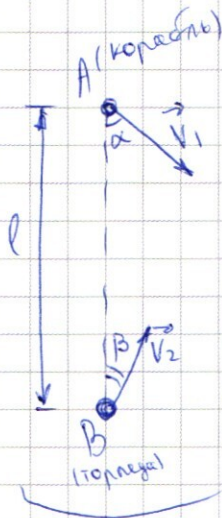
1) Найдите эквивалентное сопротивление R_{AB} цепи.

2) Какая суммарная мощность P будет рассеиваться на резисторах R_2 , R_3 и R_4 при $r = 6$ Ом?



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

торпеда попала в цель!



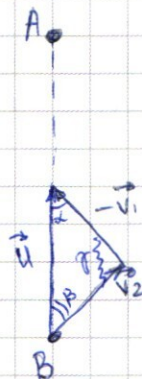
Задача 1.

$$l = 0,8 \text{ км} \quad v_1 = 8 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad \alpha = 60^\circ \quad \beta = 30^\circ \quad T = 25 \text{ с}$$

$$v_2 = ? \quad s = ?$$

• Перейдем в систему отсчета корабля. В его сист. отс. происходящее будет выглядеть след-м образом: (с учетом того, что торпеда попала в цель)
 $\vec{u}$ - скор-ть торпеды в (О корабля)

треугольн-к скоростей



- Угол γ по теор. о сумме углов треугольника равен:
 $\gamma = 180^\circ - \alpha - \beta = 180^\circ - 60^\circ - 30^\circ = 90^\circ$

~~• Т.к. оказалось, что треугольн-к скоростей прямоуг-м, то по т. Пифагора:~~
 ~~$|\vec{u}| = \sqrt{|\vec{v}_1|^2 + |\vec{v}_2|^2} = \sqrt{8^2 + 3^2} = \sqrt{73}$~~

- Т.к. треугольн-к скоростей оказался прямоуг-м, то мы можем найти скор-ть v_2 торпеды след-м образом:

$$\text{tg}(\alpha) = \frac{|\vec{v}_2|}{|\vec{v}_1|} = \text{tg}(60^\circ) = \sqrt{3} \Rightarrow |\vec{v}_2| = \sqrt{3} \cdot |\vec{v}_1|$$

~~$$v_2 \approx 2,7 \cdot 8 = 21,6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$~~
~~$$v_2 \approx 13,6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$~~
~~$$v_2 \approx \sqrt{3} \cdot 8$$~~

$$|\vec{v}_2| = \sqrt{3} \cdot 8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Задача 1 (предложение)

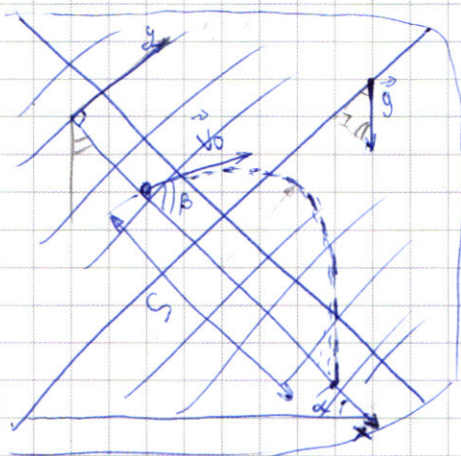
- По т. Пифагора:

$$|\vec{V}| = \sqrt{V_0^2 - |\vec{V}_1|^2 + |\vec{V}_2|^2} = \sqrt{8^2 + (\sqrt{3} \cdot 8)^2} = \sqrt{8^2 + (\sqrt{3} \cdot 8)^2} = 16 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$S = |\vec{V}_1 \cdot \vec{T} - l| = |16 \cdot 25 - 800| = \boxed{400 \text{ м}}$$

Ответ: 1) $\sqrt{3} \cdot 8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$;

2) 400 м



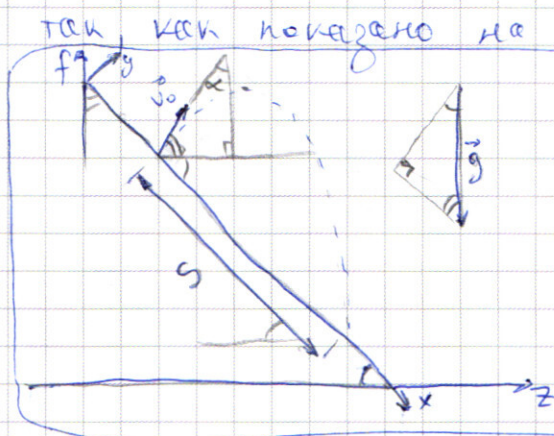
Задача 2.

$$\sin(\alpha) = 0,6 \quad S = 1,8 \text{ км} \quad g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$\beta = ?$ $L_{\text{max}} = ?$

- Направим ось y перпенд-но склону, а ось x по нему так, как показано на

рисунке.



$$\text{ох: } S = V_0 \cdot \cos(\beta) t + \frac{g \cdot \sin(\alpha) \cdot t^2}{2}$$

$$\text{оу: } h = V_0 \cdot \sin(\beta)$$

- Отметим, что продолжительность полёта любого тела при выстреле с ~~любой~~ поверхности, не образующей угла с горизонтом, максимальна, когда начал. скор-ть тела перпенд-на поверх-ти (т.к. тогда вертикал. составляющая скорости максимальна). Аналогично, продолжительность полёта тела, брошенного с поверх-ти, расположенной под углом к горизонту, максимальна, когда его скорость перпенд-на этой поверх-ти. Следовательно, $\boxed{\beta = 90^\circ}$

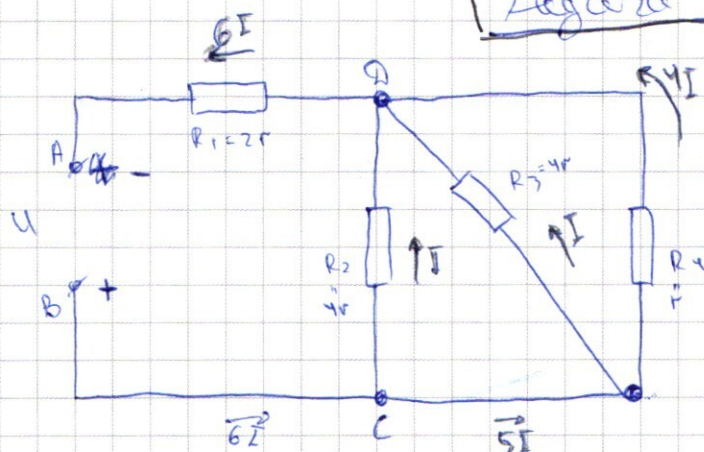
$$\text{ох: } S_x = V_{0x} t + \frac{g_x t^2}{2}$$

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

$$2S = g \cdot \sin(\alpha) \cdot t^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2S}{g \cdot \sin(\alpha)}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1800}{10 \cdot 0,6}} = \boxed{\sqrt{600} \text{ с}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 5.



$$R_1 = 2r \quad R_2 = R_3 = 4r \quad R_4 = r$$

$$U = 8 \text{ В} \quad r = 6 \text{ }\Omega$$

$$R_{AB} = ? \quad P(R_2, R_3, R_4) = ?$$

- Расставим токи в цепи с учётом 1-го з-на Кирхгофа, ~~обратие~~ обратно пропорционально сопротивлению параллельных ветвей.

$$R_{AB} = \frac{U_{AB}}{I_{AB}} = \frac{U}{6I} = \frac{4r \cdot I + 2r \cdot 6I}{6I} = \frac{4Ir + 12Ir}{6I} = \frac{16Ir}{6I} = \frac{8}{3}r$$

$$P = UI = \frac{U_{св}^2}{R_{св}}$$

$$\frac{1}{R_{св}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} = \frac{1}{4r} + \frac{1}{4r} + \frac{1}{r} = \frac{2}{4r} + \frac{1}{r} = \frac{1}{2r} + \frac{1}{r}$$

$$\frac{1}{R_{св}} = \frac{1+2}{2r} = \frac{3}{2r} \Rightarrow R_{св} = \frac{2}{3}r = \frac{2}{3} \cdot 6 = 4 \text{ }\Omega$$

$$\text{По КЗЗ } U = U_{AB} + U_{св}$$

$$U = \frac{8}{3}r \cdot 6I = 16Ir \Rightarrow Ir = \frac{U}{16r} = \frac{8}{16 \cdot 6} = \frac{1}{12} \text{ А}$$

$$\downarrow$$

$$6I \cdot 12Ir = 12 \cdot \frac{1}{12} = 1 \text{ В} = U_{AB}$$

$$U_{св} = U - U_{AB} = 8 - 6 = 2 \text{ В}$$

$$P = \frac{U_{св}^2}{R_{св}} = \frac{2^2}{4} = \frac{4}{4} = 1 \text{ Вт}$$

ответ: 1) $\frac{8}{3}r$; 2) 1 Вт

Задача 2 (продолжение).

• Направим ось z по горизонту, а ось t перпендикулярно ему так, как показано на рисунке.

• ОЗ: $S_z = V_{0z} t + \frac{g z t^2}{2}$

~~800~~ $S \cdot \cos(\alpha) = V_0 \cdot \sin(\alpha) \cdot t$

$$V_0 = \frac{S \cdot \cos(\alpha)}{t \cdot \sin(\alpha)} = \frac{S \cdot \sqrt{1 - \sin^2(\alpha)}}{t \cdot \sin(\alpha)} = \frac{1800 \sqrt{1 - 0,36}}{\sqrt{600} \cdot 0,6} \approx 100 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

• Очевидно, что макс. дальность полёта при стрельбе с горизонтал. поверх-ти достигается при угле стрельбы, равном 45° . Отсюда:

$$\begin{cases} L = V_0 \cdot \cos(45) \cdot t \\ t = \frac{V_0 \cdot \sin(45)}{g} \end{cases}$$

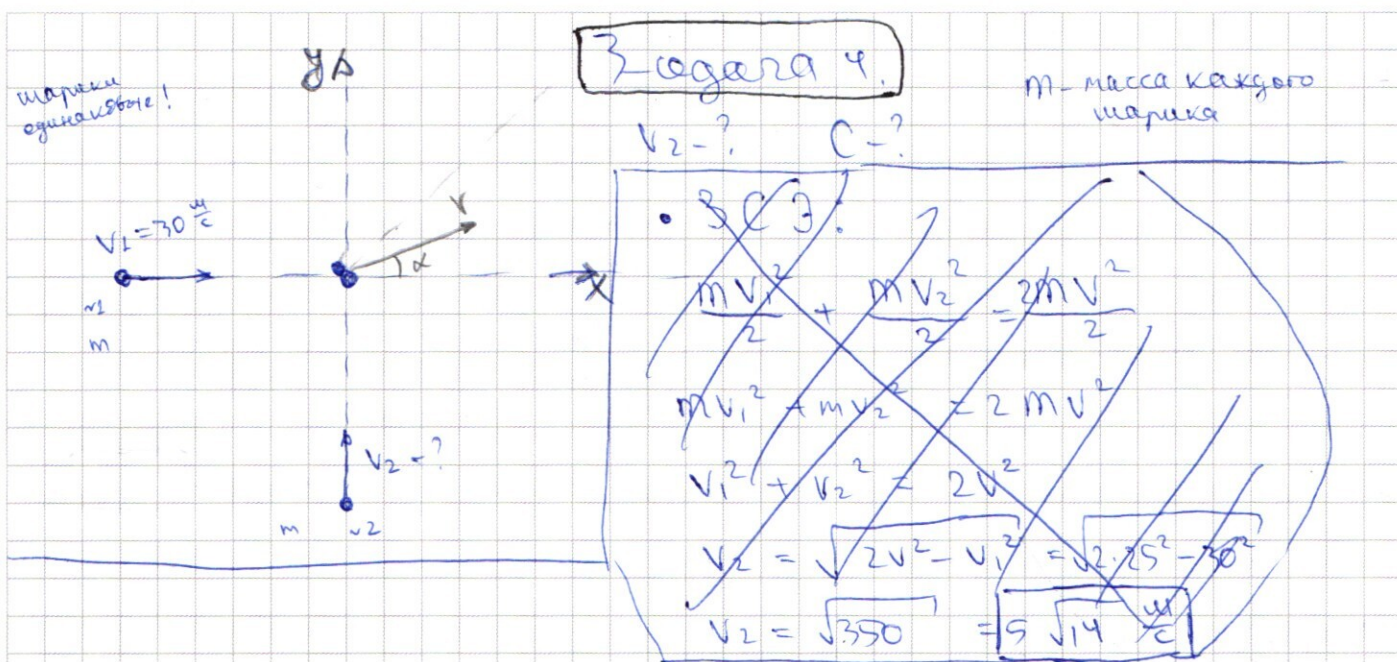
$$\Rightarrow L = V_0 \cdot \cos(45) \cdot \frac{V_0 \cdot \sin(45)}{g} = \frac{V_0^2 \cdot \sin(45) \cdot \cos(45)}{g}$$

$$L = \frac{100^2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}}{10} = \frac{10000 \cdot \frac{2}{4}}{10} = \frac{10000}{10} = 1000$$

$$L = 500 \text{ м}$$

Ответ: 1) $\beta = 90^\circ$; 2) $L = 500 \text{ м}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



• 3CU:

ex: $m v_1 = 2 m v \cdot \cos(\alpha)$

$$V_1 = 2V \cos(\alpha)$$

$$v_1 = 2v \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}$$

$$\text{eg: } mv_2 = 2mV \cdot \cos(90^\circ - \alpha)$$

$$V_2 = 2V \cdot \cos(90^\circ - \alpha)$$

$$\sin(\alpha) = \frac{4}{5}$$

$$V_2 = 2V \cdot \sin(\alpha)$$

$$V_2 = 2 \cdot 25 \cdot \frac{5}{11} = 40 \frac{10}{11}$$

• 303:

$$\frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} = \frac{2mv^2}{2} + 2m \cdot C \cdot \Delta t$$

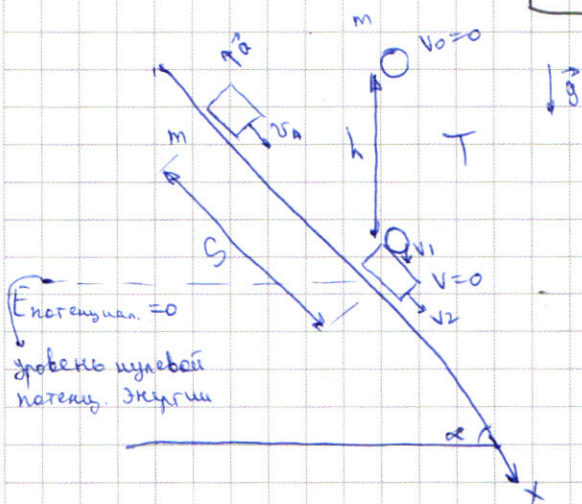
$$V_1^2 + V_2^2 = 2V^2 + 4 \text{ m} \cdot \text{C} \cdot \text{st}$$

$$C = \frac{v_1^2 + v_2^2 - 2v^2}{4 \cdot 9.8} = \frac{30^2 + 40^2 - 2 \cdot 25^2}{4 \cdot 9.8}$$

$$C \approx \boxed{231,5 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}}}$$

Отбст: $40 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; $231,5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$

Задача 3.



$$a = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \quad T = 0,2 \text{с} \quad g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$v_1 - ? \quad v_2 - ?$$

m - масса бруска и шарика

v_a - скорость бруска в момент, когда начал падать шарик

h - высота, с которой падает шарик

s - расстояние, которое проехал брусок с момента, когда начал падать шарик

- Т.к. ~~на~~ начал, скор. шара $= 0$, то $v_1 = gT = 10 \cdot 0,2 = \boxed{2 \frac{\text{м}}{\text{с}}}$

• ЗСЭ:

$$\frac{mv_a^2}{2} + mgh + s \cdot \sin(\alpha) \cdot m \cdot g = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2}$$

$$\frac{v_a^2}{2} + gh + s \cdot \sin(\alpha) \cdot g = \frac{v_1^2}{2} + \frac{v_2^2}{2}$$

$$v_a^2 + 2gh + 2s \cdot \sin(\alpha) \cdot g = v_1^2 + v_2^2$$

- $h = \frac{gT^2}{2}$ ~~используем~~ $v_a = v_2 + aT$ • $s = v_2T + \frac{aT^2}{2}$

• ЗСУ: (в проекции на ось x)

$$mv_a = mv_2 + m v_1 \cdot \sin(\alpha)$$

$$v_2 + aT = v_2 + v_1 \cdot \sin(\alpha)$$

$$\sin(\alpha) = \frac{aT}{v_1}$$

• Теперь нам необх-но решить с-му ур-ний:

$$\begin{cases} v_a^2 + 2gh + 2s \cdot \sin(\alpha) \cdot g = v_1^2 + v_2^2 \\ v_1 \cdot \sin(\alpha) = aT \end{cases}$$

$$\begin{cases} (v_2 + aT)^2 + 2gh + 2 \cdot \sin(\alpha) \cdot g \cdot (v_2T + \frac{aT^2}{2}) = v_1^2 + v_2^2 & (1) \\ v_1 \cdot \sin(\alpha) = aT \end{cases}$$

$$\rightarrow \sin(\alpha) = \frac{v_1}{aT} \text{ - подставим это в (1)}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 3 (продолж.)

$$(v_2 + aT)^2 + 2g \frac{aT^2}{2} + 2g \cdot \frac{v_1}{aT} \cdot (v_2 T + \frac{aT^2}{2}) = v_1^2 + v_2^2$$

Для упрощения решения этой системы, подставляем численные значения в СИ.

$$(v_2 + 2 \cdot 0,2)^2 + 8 \frac{10^2 \cdot 0,2^2}{2} + 2 \cdot 10 \cdot \frac{8}{2 \cdot 0,2} \cdot (v_2 \cdot 0,2 + \frac{8 \cdot 0,2^2}{2}) = 2^2 + v_2^2$$

$$(v_2 + 0,4)^2 + 8 + 100 \cdot (v_2 \cdot 0,2 + 0,04) = 8 + v_2^2$$

$$(v_2 + 0,4)^2 + 100(0,2v_2 + 0,04) = v_2^2$$

$$v_2^2 + 0,4^2 + 2 \cdot 0,4 \cdot v_2 + 20v_2 + 4 = v_2^2$$

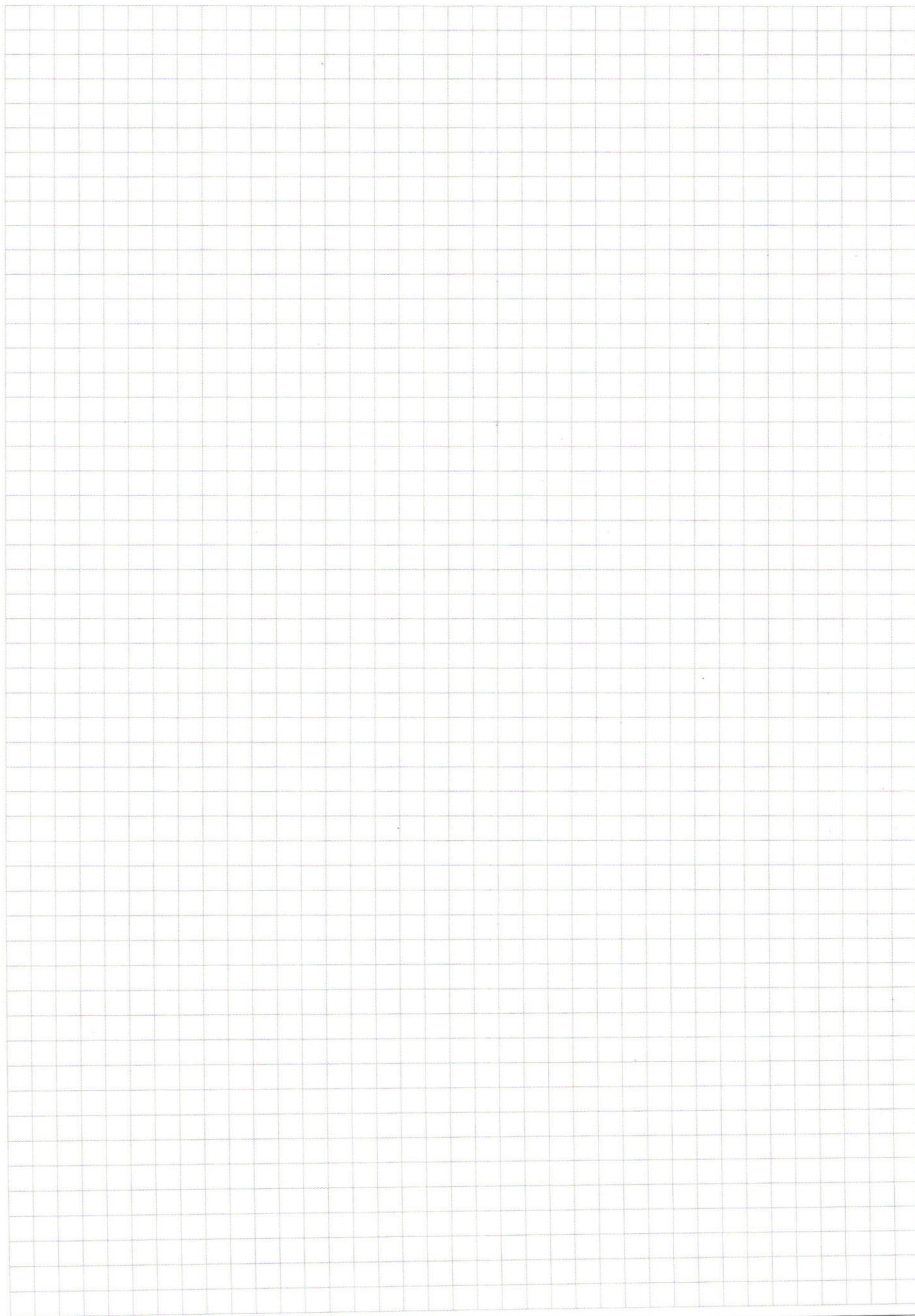
$$0,16 + 0,8v_2 + 20v_2 + 4 = 0$$

$$20,8v_2 = -4,16$$

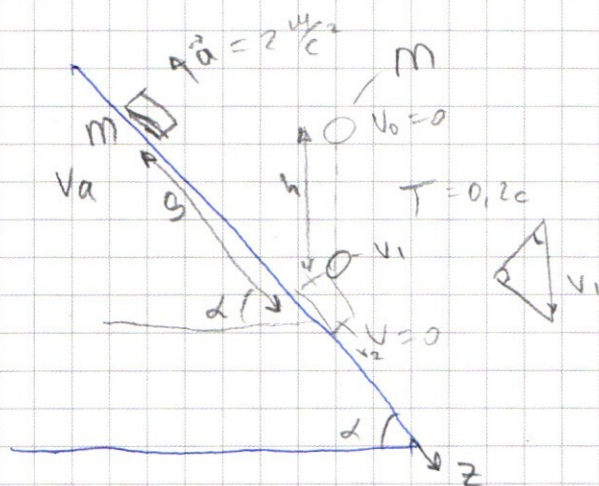
$$v_2 = -\frac{4,16}{20,8} = -0,2 \frac{м}{с}$$

После решения ~~я~~ довольно громоздкой и не очень приятной с-мы ур-ий у нас получился отриц. ответ. Это, конечно, не сильно радует, но скорее всего это связано с тем, что где-то мы ^{не-то} непр-но спроецировали, и минус нам об этом сообщает, так что ответ будет $0,2 \frac{м}{с}$

Ответ: 1) $2 \frac{м}{с}$; 2) $0,2 \frac{м}{с}$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



ЗЧУ:

$$m v_a = m v_2 + m v_1 \cdot \sin(\alpha)$$

$$v_2 + aT = v_2 + v_1 \cdot \sin(\alpha)$$

$$\sin(\alpha) = + \frac{aT}{v_1}$$

$$\sin(\alpha) = \frac{v_1^2 + v_2^2 - (v_2 + aT)^2}{v_1^2 + v_2^2}$$

$$\begin{array}{r|l} 416 & 208 \\ \hline 01 & 0,2 \\ \hline 416 & \end{array}$$

$$\begin{array}{r|l} 416 & 208 \\ \hline 01 & 0,2 \\ \hline 416 & \end{array}$$

ЧЕРНОВИК

ЗЧГ:

$$v_1 = gT = 2 \frac{m}{s}$$

$$\frac{m v_a^2}{2} + mgh + S \cdot \sin(\alpha) = \frac{m v_1^2}{2} + \frac{m v_2^2}{2}$$

$$h = \frac{gT^2}{2} \quad S = v_2 T + \frac{aT^2}{2}$$

$$v_a = v_2 + aT$$

$$\left(\frac{v_2 + aT}{2} \right)^2 + \frac{g^2 T^2}{2} + \left(v_2 T + \frac{aT^2}{2} \right) \cdot \sin(\alpha) = \frac{v_1^2}{2} + \frac{v_2^2}{2}$$

$$(v_2 + aT)^2 + g^2 T^2 + (2v_2 T + aT^2) \cdot \sin(\alpha) = v_1^2 + v_2^2$$

$$100 \cdot 0,04$$

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

$$\frac{100 \cdot 4}{100} = 4$$

$$20 : 0,2 \quad 20 \cdot \frac{10}{10}$$

$$\frac{10}{2} \cdot \frac{10}{2} = 100$$



☒ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 3

$T = 0,2 \text{ c}$ $a = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

$v_1 = ?$ $v_2 = ?$

m_1 - масса бруска
 m_2 - масса шарика

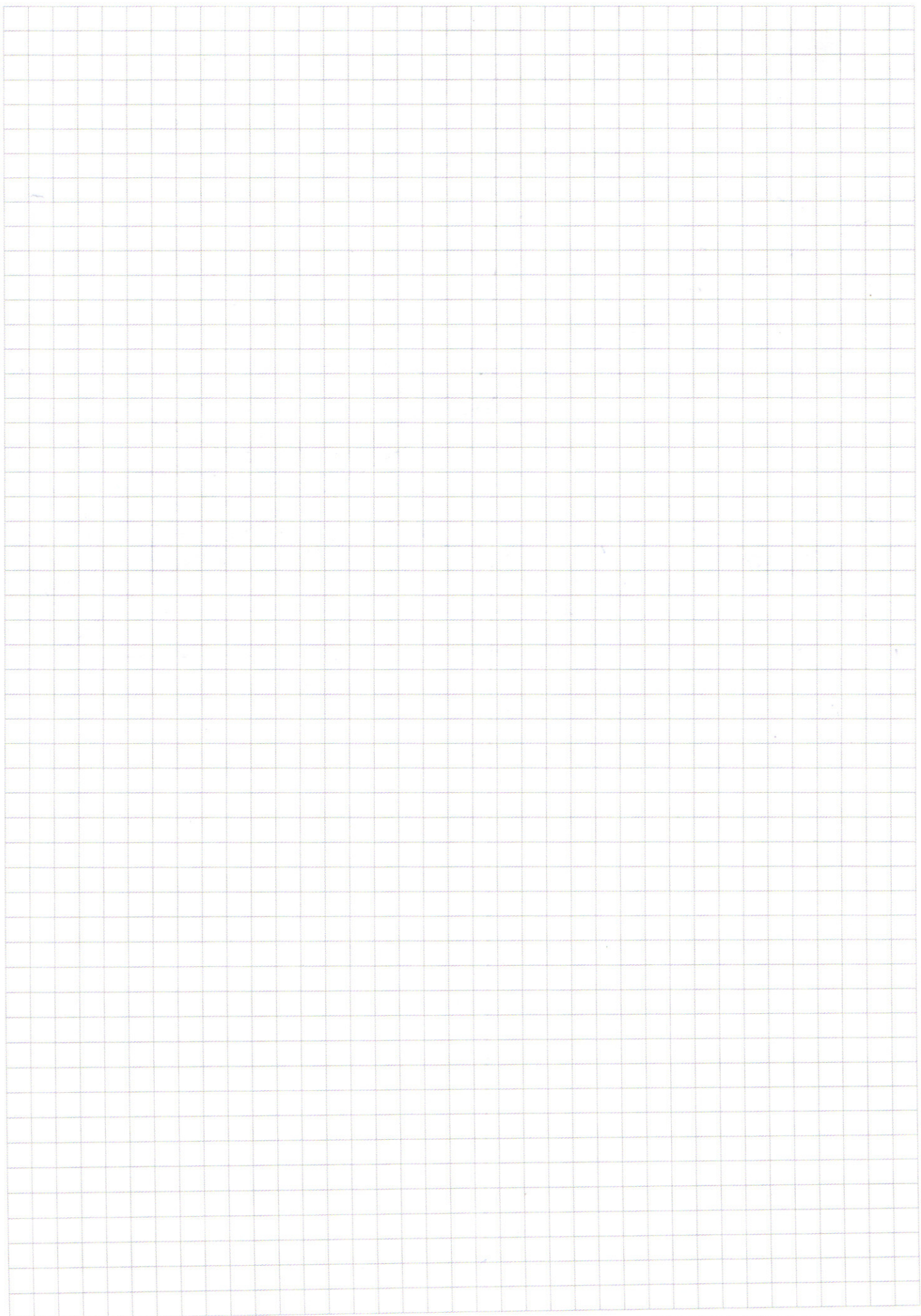
$v_1 = \frac{gT}{2} = \frac{10 \cdot 0,2}{2} = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$v_1 = gT = 10 \cdot 0,2 = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$m_1 \left(\frac{v_2 + aT}{2} \right)^2 + m_2 g \cdot h =$

m - масса бруска и шарика

ЧЕРНОВИК



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

ЗСЭ:

$$\frac{m_2 (v_2 + aT)^2}{2} + m_1 g \cdot h = \frac{m_2 v_2^2}{2} + \cancel{g \cdot m} \frac{m_1 \cdot g \cdot \cos(\alpha) \cdot T^2}{4}$$

$$\frac{m_2 (v_2 + aT)^2}{2} + m_1 \cdot g \cdot \frac{g \cdot \cos(\alpha) \cdot T^2}{2} = \frac{m_2 v_2^2}{2} + m_1 g^2 \cdot \cos(\alpha) \cdot T^2 / 4 \quad | \cdot 4$$

$$2 m_2 (v_2 + aT)^2 + 2 m_1 g^2 \cdot \cos(\alpha) \cdot T^2 = 2 m_2 \cdot v_2^2 + m_1 \cdot g^2 \cdot \cos(\alpha) \cdot T^2$$

$$1) \underline{2 m_2 (v_2 + aT)^2 + m_1 g^2 \cdot \cos(\alpha) \cdot T^2 = 2 m_2 \cdot v_2^2}$$

ЗСУ:

$$\cancel{m_2 (v_2 + aT)^2} \quad m_2 (v_2 + aT) = m_2 v_2 + m_1 \cdot \sin(\alpha) \cdot \frac{gT^2}{2}$$

ЗСЭ:

$$v_2 - aT$$

$$s = v_2 T - \frac{aT^2}{2}$$

$$3 \text{ СЭ: } \frac{m_2 (v_2 - aT)^2}{2} + (v_2 T - \frac{aT^2}{2}) \cdot \sin(\alpha) \cdot m_2 \cdot g + m_1 \cdot g \cdot \frac{gT^2}{2} = E_1$$

$$E_2 = \frac{m_2 v_2^2}{2} + \frac{m_1 v_1^2}{2} = E_1$$

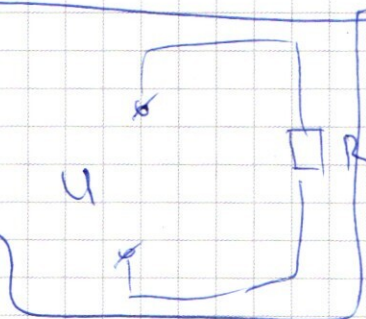
ЗСУ:

$$m_2 v_2 + m_1 g \cdot T \cdot \sin(\alpha)$$

$$3 \text{ СЭ: } m(v_2 - aT) = m_2 v_2 + m_1 g T \cdot \sin(\alpha)$$

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = 0$$

$$m_1 v_1^2 = -m_2 v_2^2$$



вверх:

$$v = v_0 \cdot \cos(\alpha)$$

$$t_{\text{вверх}} = \frac{v_0 \cdot \sin(\alpha)}{g}$$

$$\sqrt{600} = 10\sqrt{6} = 10 \cdot 2,5 = 25 \text{ м}$$

$$31 \cdot 31$$

$$900 + 60 + 1$$

$$h = v_0 \cdot \sin(\alpha) t - \frac{gt^2}{2}$$

$$s = v_0 t + \frac{gt^2}{2}$$

$$h = v_0 \cdot \sin(\alpha) t - \frac{gt^2}{2}$$

$$s = v_0 t + v_0 \cdot \cos(\alpha) \cdot t$$

$$\begin{array}{r} 961 \quad | \quad 20 \\ 80 \\ \hline 161 \\ 160 \\ \hline 10 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 1800 \\ 0,8 \\ \hline 1440,0 \\ 14400 \overline{) 14400} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 24 \\ 0,6 \\ \hline 14,4 \end{array}$$

$$2.625 - 900 = 1250 - 900 = 350$$

$$1200 + 40 + 10$$

$$25 \cdot 14 = 5\sqrt{14}$$

300:

$$ex: m v_1 = 2 m v \cdot \cos(\alpha)$$

$$oy: m v_2 = 2 m \cdot v \cdot \cos(90 - \alpha)$$

$$m c_{at} + m c_{at} = 2$$

$$\frac{AO}{OB} = \frac{AP}{PC} = 1 = \frac{OP}{OC} = \frac{\sin(90 - \alpha)}{\cos(\alpha)}$$

$$\cos(\alpha) = \sin(90 - \alpha)$$

$$\frac{\cos(90 - \alpha)}{\sin(\alpha)} = 1$$

$$\cos(90 - \alpha) = \sin(\alpha)$$

$$\frac{900 + (600 - 2.625)}{5,4}$$

$$\frac{2500 - 1250}{5,4}$$

$$\begin{array}{r} 12500 \overline{) 108} \\ \underline{170} \\ 162 \\ \underline{80} \\ 54 \\ \underline{260} \\ 216 \\ \underline{340} \end{array}$$

$$v_1 = 2v \cdot \cos(\alpha)$$

$$v_2 = 2v \cdot \sin(\alpha)$$

$$v_1 = 2v \cdot \sqrt{1 - \sin^2(\alpha)}$$

$$v_2 = 2v \cdot \sin(\alpha)$$

СРК

$$\sqrt{1 - \sin^2(\alpha)} = \frac{v_1}{2v} = \frac{3}{5}$$

$$1 - \sin^2(\alpha) = \frac{9}{25}$$

$$\sin^2(\alpha) = \frac{16}{25}$$

$$\sin(\alpha) = \frac{4}{5}$$

$$v_2 = 2 \cdot 25 \cdot \frac{4}{5} = 40$$

$$\begin{array}{r} \times 1,35 \\ 4 \\ \hline 540 \end{array}$$

$$Q = m c_{at}$$

$$Q = 2 \times 10^3 \quad C = \frac{Q}{m \Delta T}$$

$$\begin{array}{r} 2500 \\ 1250 \\ \hline 1250 \end{array}$$

ЧЕРТОВИК