

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 09

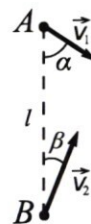
Вариант 09-01

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?

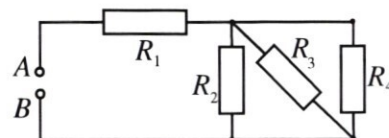
2) На сколько Δt ($^\circ\text{C}$) повысится температура шариков?

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

§ 1.

Дано:

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

$$\alpha = 60^\circ$$

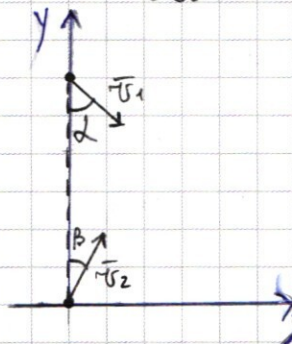
$$v_2 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$S = 440 \text{ м}$$

$$l = 1 \text{ км}$$

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

Решение:



1) Торпеды попадет в цель значит, что координаты корабля и торпеды равны.

$$x_1 = v_1 \sin \alpha t ; x_2 = v_2 \sin \beta t$$

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

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

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

$$S = |l - v_1 \cos \alpha T - v_2 \cos \beta T|$$

$$T = \frac{S - l}{v_1 \cos \alpha + v_2 \cos \beta} = \frac{1000 \text{ м} - 440 \text{ м}}{5 \frac{\text{м}}{\text{с}} + 5\sqrt{13} \frac{\text{м}}{\text{с}}} = \frac{330}{5(1 + \sqrt{13})} \text{ с} =$$

$$= \frac{3 \cdot 5 \cdot 22 (\sqrt{13} - 1)}{5 \cdot 3 \cdot 4} \text{ с} = \frac{11}{2} (\sqrt{13} - 1) \text{ с} = 5,5 (\sqrt{13} - 1) \text{ с}$$

$$\text{Отвечая: } \sin \beta = \frac{\sqrt{3}}{4} ; T = 5,5 (\sqrt{13} - 1) \text{ с}.$$

§ 2.

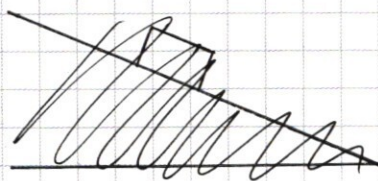
Дано:

$$\alpha = 30^\circ$$

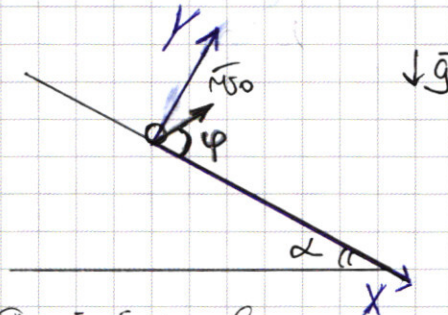
$$S = 0,8 \text{ км}$$

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

Решение:



φ - ? v_0 - ?



1) Перейдём в систему отсчёта "Склон".

$$v_{0x} = v_0 \sin \varphi.$$

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

Чем больше проекция начальной скорости на Ox , тем больше время полёта. Проекция будет максимальной при $\sin \varphi = 1$ и $\varphi = 90^\circ$.

2) ~~Х = v_0 \cos \varphi t~~ ~~+ \frac{g \sin \alpha}{2} t^2~~

~~сбавить~~

~~В EO , земли~~ мина проходит (сдвигается на) $\frac{S}{2}$ по вертикали и $\frac{\sqrt{3}}{2} S$ по горизонтали.

$$\begin{cases} \frac{S}{2} = v_0 \sin(\varphi - \alpha) t - \frac{g t^2}{2} \\ \frac{\sqrt{3}}{2} S = v_0 \cos(\varphi - \alpha) t \end{cases} \quad \begin{aligned} \sin(\varphi - \alpha) &= \sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} \\ \cos(\varphi - \alpha) &= \cos 60^\circ = \frac{1}{2} \end{aligned}$$

$$t = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2} S}{\frac{1}{2} \cos 60^\circ \cdot v_0} = \frac{\sqrt{3} S}{v_0}$$

$$\frac{S}{2} = \frac{\sqrt{3} \cdot \sqrt{3}}{2} S - \frac{g \cdot 3 S^2}{2 v_0^2}$$

$$\frac{3}{2} S - \frac{S}{2} = \frac{3 g S^2}{2 v_0^2}$$

$$v_0^2 = \frac{3 g S}{2}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{3}{2} g S} = \sqrt{\frac{3}{2} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 800 \text{ м}} = 20 \sqrt{30} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$v_0 = 20 \sqrt{30} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: $\varphi = 90^\circ$; $v_0 = 20 \sqrt{30} \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

54.

Дано:

$$v_1 = 60 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$v_2 = 80 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$c = 130 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$v = ? \quad \Delta t = ?$$

Решение:

1) По закону сохранения импульса в проекциях.

$$2mv_x = mv_1$$

$$2mv_y = mv_2$$

где m - масса каждого шарика

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{\frac{v_1^2 + v_2^2}{4}} =$$

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

2) Температура шариков повышается, т.к. часть кинетической энергии переходит в тепловую (по закону сохранения энергии)

$$E_{k1} = \frac{mv_1^2}{2}; \quad E_{k2} = \frac{mv_2^2}{2};$$

$$E_k = \frac{2mv^2}{2}$$

$$E_{k1} + E_{k2} = E_k + Q$$

$$Q = E_{k1} + E_{k2} - E_k = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} - \frac{2mv^2}{2} = \frac{m(v_1^2 + v_2^2 - 2v^2)}{2}$$

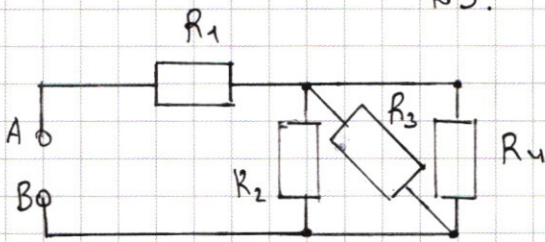
$$Q = 2mc\Delta t$$

$$4c\Delta t = v_1^2 + v_2^2 - 2v^2$$

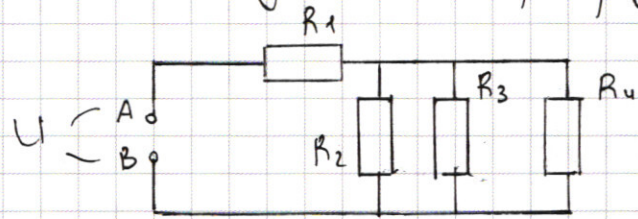
$$\Delta t = \frac{v_1^2 + v_2^2 - 2v^2}{4c} = \frac{3600 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} + 6400 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} - 5000 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{4 \cdot 130 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}} = \frac{5000}{4 \cdot 130} ^\circ\text{C} = \frac{125}{13} ^\circ\text{C} \approx 9,62 ^\circ\text{C}$$

Отвѣт: $\Delta t \approx 9,62^\circ\text{C}$.

55.



Схему можно преобразовать.



Дано:

$$R_1 = 3r$$

$$R_2 = R_3 = 2r$$

$$R_4 = 4r$$

$$r = 10 \text{ Ом}$$

$R_{AB} = ?$

$I = ?$

$$\begin{aligned} 1) \quad R_{234} &= \frac{\frac{R_2 \cdot R_4}{2} + R_3}{\frac{R_2}{2} + R_4} = \frac{\frac{r \cdot 4r}{2} + 2r}{r + 4r} = \\ &= \frac{4}{5} r \end{aligned}$$

$$R_{1234} = R_{AB} = \frac{4}{5} r + 3r = 3,8r$$

2) По св-вам соединения

$$\frac{U_1}{U_{234}} = \frac{I_1 R_1}{I_1 R_{234}} = \frac{R_1}{R_{234}}$$

$$U_1 + U_{234} = U_{234} + \frac{R_1}{R_{234}} U_{234} = U$$

$$U_{234} = \frac{U R_{234}}{R_1 + R_{234}} = \frac{U \cdot \frac{4}{5} r}{3,8r} =$$

$$= \frac{4}{19} U$$

$$I = \frac{U_{234}}{R_4} = \frac{\frac{4}{19} U}{4r} = \frac{4 \cdot 38 \text{ В}}{19 \cdot 4 \cdot 100 \text{ м}} =$$

$$= \frac{1}{5} \text{ А}$$

Отвѣт: $R_{AB} = 3,8r$; $I = \frac{1}{5} \text{ А}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

53.

Дано:

$$v_1 = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$h = 0,8 \text{ м}$$

$$v_2 = ?$$

$$a = ?$$

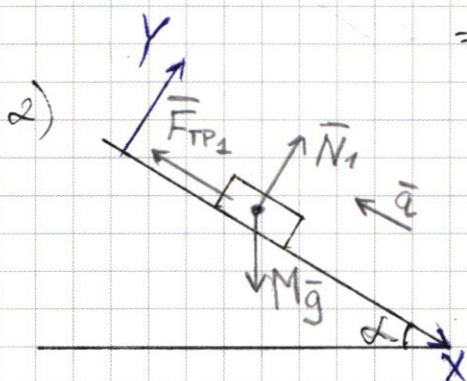
Решение:

1) 1/2 Шарик движется
равноускоренно без начальной
скорости.

$$h = \frac{v_2^2}{2g}$$

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

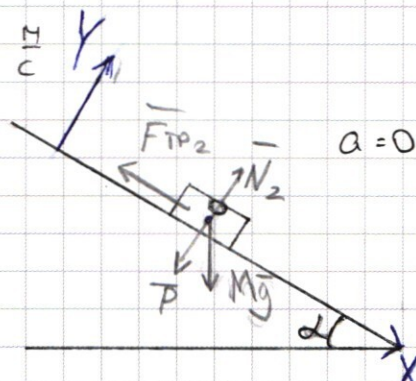
$$= 4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$



до соударения

$$- \mu Mg \cos \alpha + Mg \sin \alpha = Ma$$

$$- \mu g \cos \alpha + g \sin \alpha = a$$

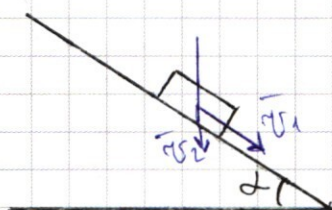


после соударения

$$\mu(M+m)g \cos \alpha =$$

$$= Mg \sin \alpha$$

$$2\mu \cos \alpha = \sin \alpha$$



$$Mv_1 \sin \alpha = mv_2 \sin \alpha \quad (\text{по закону сохр. импульса})$$

$$\text{и } v_1 = v_2 \sin \alpha$$

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

Тогда

$$-a = -\frac{g \sin \alpha}{2} + g \sin \alpha = +\frac{g \sin \alpha}{2} = +\frac{g}{4}$$

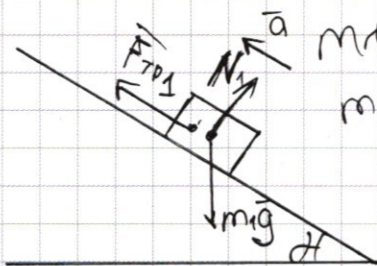
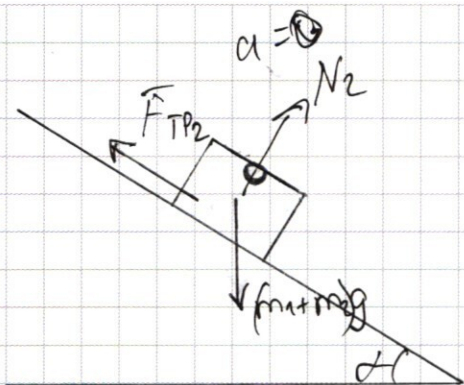
$$-a = 2,5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}; a = 2,5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}, \text{ тело движется}$$

равнозначенно.

Отвѣт: $\tau_2 = 4 \frac{м}{с}$; $a = 2,5 \frac{м}{с^2}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

З3.



$$1) v_2 = \sqrt{2gh} = 4 \frac{м}{с}$$

$$2) -m_2 g \sin \alpha + F_{тр} = m_2 a$$

$$(m_1 + m_2) \sin \alpha g = F_{тр.2}$$

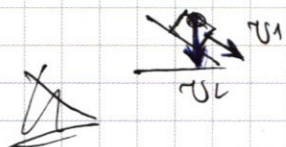
$$F_{тр.1} = \mu m_1 g \cos \alpha$$

$$F_{тр.2} = \mu (m_1 + m_2) g \cos \alpha$$

$$\mu g \cos \alpha - g \sin \alpha = a$$

$$\mu g \cos \alpha = \sin \alpha$$

$$\mu g \cos \alpha - g \sin \alpha = a$$



+

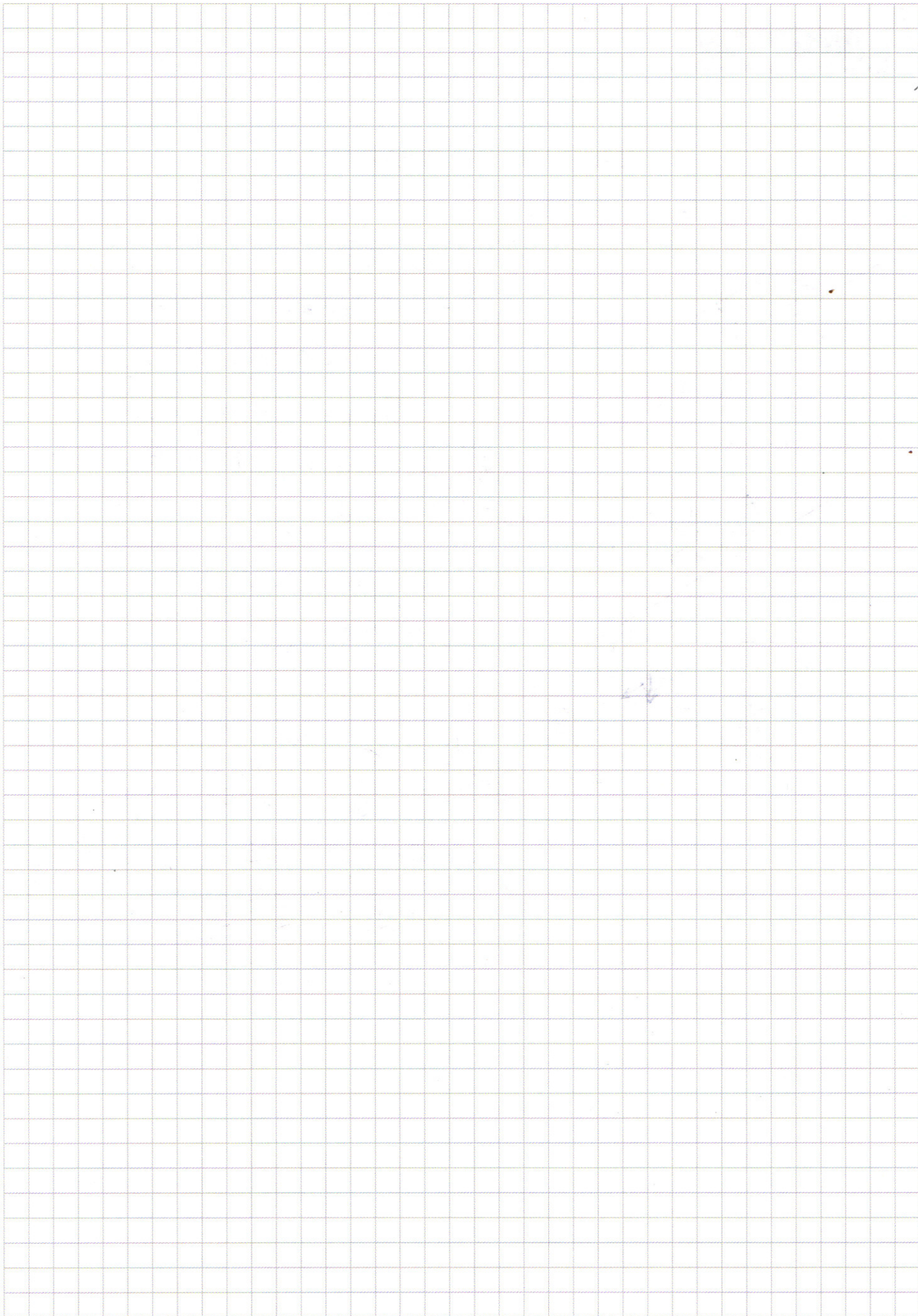
$$\frac{\sqrt{3}}{2} S = \frac{\sqrt{3}}{2} S$$

$$\frac{3}{2} S - \frac{S}{2} = \frac{3}{2} g \frac{S^2}{v_0^2}$$

$$\cos 60^\circ = \frac{1}{2}$$

$$\sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\frac{g \cdot 3 S^2}{2 v_0^2}$$



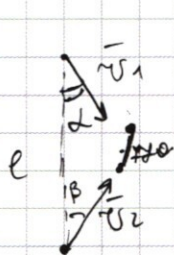
☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

51.

Решение:



$$1) \begin{cases} v_1 \sin \alpha t + v_2 \cos \beta t = l \\ v_1 \sin \alpha t = v_2 \sin \beta t \end{cases}$$

$$5\sqrt{3}t + 3\sqrt{3}t = l$$

$$10\sqrt{3}t = l$$

$$t = \frac{l}{10\sqrt{3}}$$

$$\sin \alpha = \frac{v_2 \sin \beta}{v_1} \Rightarrow \sin \beta = \frac{v_1 \sin \alpha}{v_2} = \frac{10}{20} \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{\sqrt{3}}{4}$$

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

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

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

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

$$T = \frac{S}{\sqrt{(v_1 \sin \alpha - v_2 \sin \beta)^2 + (v_1 \cos \alpha - v_2 \cos \beta)^2}}$$

проверить

3

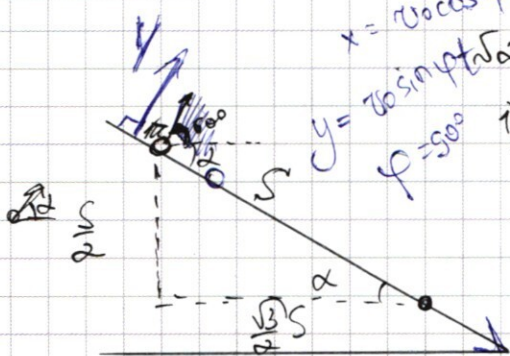
4

$$154$$

13

$$T = \frac{770 \text{ м}}{\sqrt{\left(\frac{10\sqrt{3}}{2} - \frac{20\sqrt{3}}{4}\right)^2 + \left(\frac{10}{2} - \frac{20\sqrt{13}}{4}\right)^2}} =$$

$$= \frac{770 \text{ м}}{|5 - 5\sqrt{13}|} = 0 \quad \frac{154}{-1 + \sqrt{13}} = 5 - 5\sqrt{13} = \frac{77(1 + \sqrt{13})}{2 \cdot 10 \cdot 26} \text{ с}$$

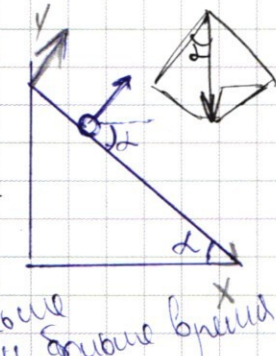


$$\begin{aligned} x &= v_0 \cos \alpha t \\ y &= v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} \end{aligned}$$

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

$$3) \frac{S}{2} = v_0 \cos(\varphi - \alpha) t$$

$v_y = v_0 \sin \varphi$, не совсем проекция, не совсем время полета



53.

$$1) v_2 = \sqrt{2gh}$$

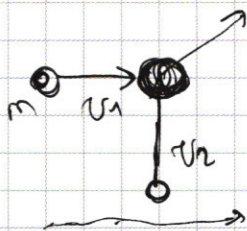
$$v_2 = gt \Rightarrow t = \frac{v_2}{g}$$

$$2) v_1 = v - at$$

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

$$= \sqrt{\frac{2 \cdot 2 \cdot 0.800}{10}} t = \sqrt{\frac{2S}{g \sin \alpha}} = \frac{g \sin \alpha t^2}{2}$$

54.



Решение:

$$1) 2mv_x = mv_1$$

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

$$2mv_y = mv_2$$

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

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{\frac{v_1^2 + v_2^2}{4}}$$

$$2) \frac{100}{2} = 50 \frac{m}{c}$$

$$E_k = \frac{2mv^2}{2}$$

$$E_{k1} = \frac{mv_1^2}{2}$$

$$E_{k2} = \frac{mv_2^2}{2}$$

$$E_{k1} + E_{k2} - E_k = Q = 2mc\Delta t$$

$$\frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} - \frac{2mv^2}{2} = 2mc\Delta t$$

$$\frac{v_1^2 + v_2^2}{4c} - \frac{2v^2}{2} = \Delta t$$

$$\frac{125}{13}$$

$$\frac{500}{4 \cdot 13}$$

$$3600 + 1400 = 5000$$

$$3600 + 6400 - 5000$$

$$\begin{array}{r} 125 \overline{) 113} \\ 114 \overline{) 96} \\ 80 \overline{) 153} \\ -80 \\ -48 \\ -20 \\ -13 \\ -40 \\ -30 \end{array}$$

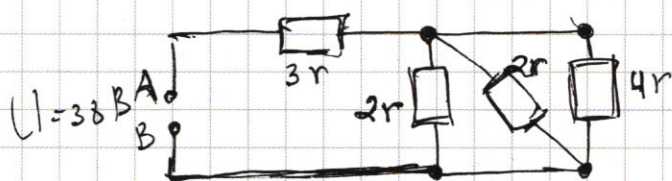
$$\frac{125}{13}$$

$$9 \frac{8}{13}$$

$$\frac{5000}{4 \cdot 13} = \Delta t$$

$$\frac{125}{13} = \Delta t$$

55.



$$1) \frac{2r}{2} = r$$

$$2) \frac{r \cdot 4r}{5r} = \frac{4}{5}r$$

$$3) \frac{4}{5}r + 3r = 3,8r$$

$$R_{AB} = 3,8r$$

$$U = IR$$

2)

$$I = \frac{U}{R_{AB}} = \frac{38B}{3,8 \cdot 10 \text{ Ом}} = 1 \text{ A}$$

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{3r}{\frac{4}{5}r} = \frac{15}{4}$$

$$U_1 + U_2 = U$$

$$\frac{19}{4} = 3,8$$

$$U_2 = 4 \cdot \frac{3,8}{19} = 8 \text{ B}$$

$$I = \frac{U_2}{4r} = \frac{8B}{4 \cdot 3,8 \cdot 10 \text{ Ом}} = \frac{2}{38} = \frac{1}{19} \text{ A}$$