

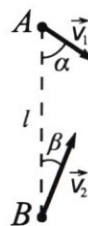
Олимпиада «Физтех» по физике, 9

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. Пластилиновый 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 пластилина 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 $\Delta t = 1,35$ °C. Температуры шариков перед слипанием одинаковы.

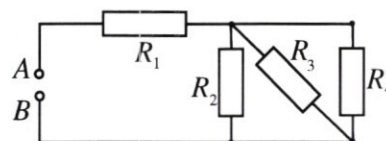
5. Четыре резистора соединены как показано на рисунке. Сопротивления резисторов $R_1 = 2 \cdot r$,

$R_2 = R_3 = 4 \cdot r$, $R_4 = r$. На вход АВ схемы подают напряжение $U = 8$ В.

1) Найдите эквивалентное сопротивление R_{AB} цепи.

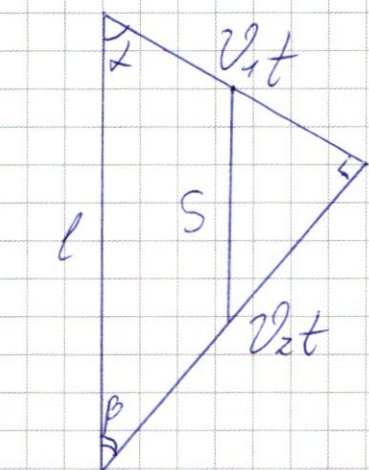
2) Какая суммарная мощность P будет рассеиваться на резисторах R_2 ,

R_3 и R_4 при $r = 6$ Ом?



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N1



t - время, через
которое торпеда
и корабль встретятся

Заметим, что угол
между векторами скоростей
 $\vec{V}_1$ и $\vec{V}_2$ равен 90° ,
так как сумма углов
 α и β равна 90° .

Тогда $\sin \beta = \frac{V_1 t}{l}$

$$t = \frac{l \cdot \sin \beta}{V_1} = \frac{800 \cdot 0,5}{8} = 50 \text{ с}$$

Дано:

$$\alpha = 60^\circ$$

$$\beta = 30^\circ$$

$$V_1 = 8 \text{ м/с}$$

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

$$T = 25 \text{ с}$$

$$V_2 = ?$$

$$S = ?$$

$$\cos \beta = \frac{V_2 t}{l}$$

$$V_2 = \frac{l \cdot \cos \beta}{t} = \frac{800 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{50} = 8\sqrt{3} \text{ м/с}$$

$$V_1 t = 8 \cdot 50 = 400 \text{ м} - \text{прошел корабль до встречи}$$

$$V_2 t = 8\sqrt{3} \cdot 50 = 400\sqrt{3} \text{ м} - \text{прошла торпеда до встречи}$$

$$V_1 T = 8 \cdot 25 = 200 \text{ м} - \text{прошел корабль за время } T$$

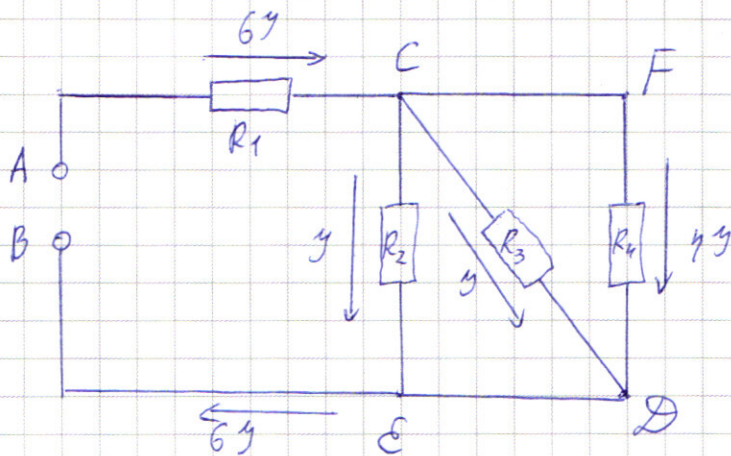
$$V_2 T = 8\sqrt{3} \cdot 25 = 200\sqrt{3} \text{ м} - \text{прошла торпеда за время } T$$

Как мы видим, каждый из участников движения прошел половину пути за время T . Значит отрезок S соединяет середины сторон треугольника, то есть является его средней линией. По теореме о средней линии:

$$S = \frac{l}{2} = 400 \text{ м}$$

Ответ: $8\sqrt{3} \text{ м/с}$; 400 м .

N5



Дано:

$$R_1 = 2r$$

$$R_2 = R_3 = 4r$$

$$R_4 = r$$

$$U = 8V$$

$$r = 6 \text{ Ом}$$

$$R_{AB} = ?$$

$$P = ?$$

Расставим токи в цепи, используя правила Кирхгофа.

Ток через R_2 назовём ток I_2 , через R_3 назовём ток I_3 . Второе правило Кирхгофа для контура CEDC:

$$I_2 R_2 - I_3 R_3 = 0$$

$$I_2 R_2 = I_3 R_3$$

$$4r \cdot I_2 = 4r \cdot I_3$$

$$I_2 = I_3 \quad - \text{Через резистор } R_3 \text{ тоже назовём ток } I_3$$

Второе правило Кирхгофа для контура CDFC:

(Ток через резистор R_4 назовём ток I_4)

$$I_3 R_3 - I_4 R_4 = 0$$

$$I_3 R_3 = I_4 R_4$$

$$4r \cdot I_3 = r \cdot I_4$$

$$I_4 = 4I_3$$

Ток назовём ток I_1 через резистор R_1 . По первому правилу Кирхгофа:

$$I_1 = I_2 + I_3 + I_4 = 6I_3$$

Входной ток в цепь $I_0 = 6I_3$.

$$U = 6I_3 R_1 + I_3 R_2 = 6I_3 \cdot 2r + I_3 \cdot 4r = 16I_3 r$$

$$R_0 = R_{AB} = \frac{U}{I_0} = \frac{16I_3 r}{6I_3} = \frac{8}{3} r$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$P_2 = I^2 R_2 = I^2 \cdot 4r \quad - \text{мощность на } R_2$$

$$P_3 = I^2 R_3 = I^2 \cdot 4r \quad - \text{мощность на } R_3$$

$$P_4 = (4I)^2 R_4 = 16 I^2 \cdot r \quad - \text{мощность на } R_4$$

$$P = P_2 + P_3 + P_4 = 24 I^2 r$$

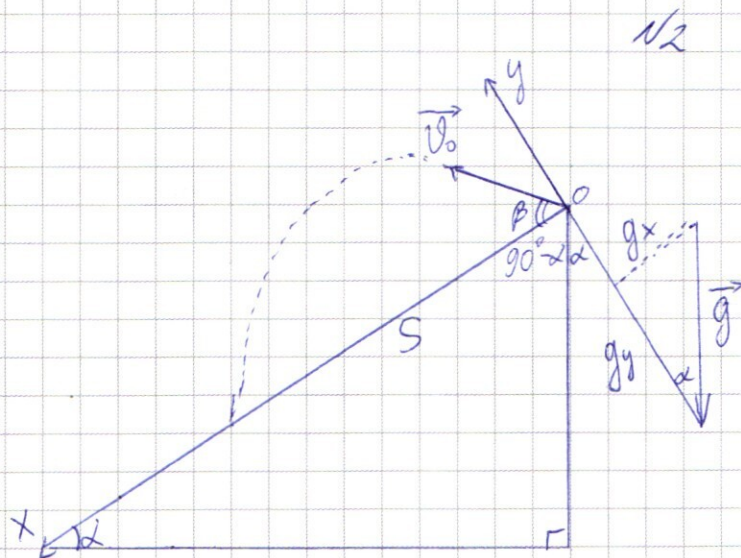
Если $r = 6 \text{ Ом}$, то

$$R_{AB} = \frac{8}{3} r = 16 \text{ Ом}$$

$$I_0 = 6 \text{ А} = \frac{U}{R_{AB}} = \frac{8}{16} = \frac{1}{2} \text{ А}$$

$$I = \frac{1}{12} \text{ А} \quad \Rightarrow \quad P = 24 I^2 r = 24 \cdot \frac{1}{144} \cdot 6 = 1 \text{ Вт}$$

Ответ: $\frac{8}{3} r$; 1 Вт.



Дано:

$$\sin \alpha = 0,6$$

$$S = 1800 \text{ м}$$

$$t - \text{max}$$

$$\beta - ?$$

$$L - ?$$

Введём систему координат, как на рисунке (ось y перпендикулярна наклонной плоскости).

Посчитав углы, убедимся, что угол между $\vec{g}$ и осью y равен α .

Тогда $g_y = -g \cos \alpha$
 $g_x = g \sin \alpha$

$V_{0x} = V_0 \cos \beta$
 $V_{0y} = V_0 \sin \beta$

$y = V_{0y} t + \frac{g_y t^2}{2} = V_0 \sin \beta t - \frac{g t^2 \cos \alpha}{2}$ t - время, прошедшее с момента старта снаряда.

Шарик упадет на наклонную плоскость, когда $y=0$, при этом $t \neq 0$.

$$V_0 \sin \beta \cdot t - \frac{g t^2 \cos \alpha}{2} = 0$$

$$V_0 \sin \beta = \frac{g t \cos \alpha}{2}$$

$$t = \frac{2 V_0 \sin \beta}{g \cos \alpha} = \frac{2 V_0}{g \cos \alpha} \cdot \sin \beta$$

$\frac{2 V_0}{g \cos \alpha}$ - фиксированная величина. Чтобы t было максимум, нужно чтобы $\sin \beta$ было максимум.

$$\sin \beta \leq 1 \Rightarrow (\sin \beta)_{\max} = 1$$

$$\text{Значит } \sin \beta = 1 \Rightarrow \beta = 90^\circ$$

$$t = \frac{2 V_0}{g \cos \alpha}$$

$$x = V_{0x} t + \frac{g_x t^2}{2} = V_0 t \cos \beta + \frac{g t^2 \sin \alpha}{2}$$

В момент падения $x = S$, а $t = \frac{2 V_0}{g \cos \alpha}$.

$$S = \frac{2 V_0^2 \cos \beta}{g \cos \alpha} + g \cdot \frac{4 V_0^2}{g^2 \cos^2 \alpha} \cdot \sin \alpha$$

$$\cos \beta = 0$$

$$S = \frac{4 V_0^2 \sin \alpha}{2 g \cos^2 \alpha} = \frac{2 V_0^2 \sin \alpha}{g \cdot \cos^2 \alpha}$$

$$\sin \alpha = 0,6 \Rightarrow \cos \alpha = 0,8$$

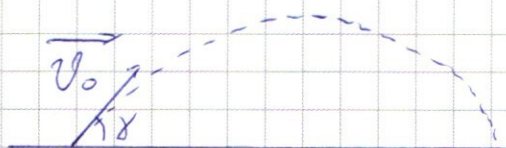
$$1800 = \frac{1,2 V_0^2}{6,4}$$

$$1,2 V_0^2 = 11520$$

$$V_0^2 = 9600$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$V_0 = 40\sqrt{6} \text{ м/с}$$



При α стрельбе с горизонтальной
поверхности $l = V_0 \cdot \cos \alpha \cdot t_{\text{полета}}$

$$V_{0y} = V_0 \sin \alpha$$

$$V_y = V_{0y} - g t$$

В вершине параболы

$$V_y = 0, \quad t = \frac{t_{\text{полета}}}{2}$$

$$V_{0y} = \frac{g t_{\text{полета}}}{2}$$

$$t_{\text{полета}} = \frac{2 V_{0y}}{g} = \frac{2 V_0 \sin \alpha}{g}$$

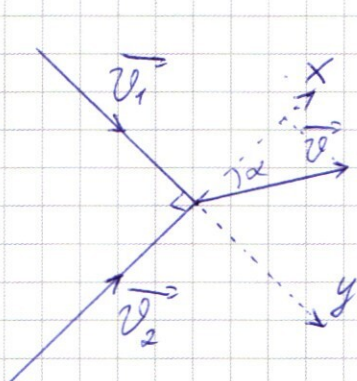
Подставим это в формулу для l :

$$l = V_0 \cos \alpha \cdot \frac{2 V_0 \sin \alpha}{g} = \frac{V_0^2 \cdot \sin 2\alpha}{g}$$

$$\sin 2\alpha \leq 1 \Rightarrow l_{\text{max}} = L = \frac{V_0^2}{g} = \frac{9600}{10} = 960 \text{ м}$$

при $\alpha = 45^\circ$

Ответ: 90° ; 960 м



Закон сохр. импульса:

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

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

Дано:

$$V_1 = 30 \text{ м/с}$$

$$V_2 = 25 \text{ м/с}$$

$$m_1 = m_2 = m$$

$$t = 1,35^\circ \text{C}$$

$$c = ? \quad V_2 = ?$$

В проекции на ось x :

$$V_2 = 2V \cos \alpha$$

В проекции на ось y :

$$V_1 = 2V \sin \alpha$$

$$30 = 50 \sin \alpha$$

$$\sin \alpha = 0,6 \Rightarrow \cos \alpha = 0,8$$

$$V_2 = 50 \cdot 0,8 = 40 \text{ м/с}$$

Закон сохранения энергии:

$$\frac{m V_1^2}{2} + \frac{m V_2^2}{2} = \frac{2m V^2}{2} + Q, \text{ где } Q - \text{ количество выделив-}$$

шее тепло

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

$$\frac{m V_1^2}{2} + \frac{m V_2^2}{2} = \frac{2m V^2}{2} + 2cm \Delta t$$

$$V_1^2 + V_2^2 = 2V^2 + 4c \Delta t$$

$$900 + 1600 = 1250 + 5,4c$$

$$1250 = 5,4c$$

$$c \approx 231,5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}^\circ\text{C}}$$

$$\text{Ответ: } 40 \text{ м/с}; \quad 231,5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}^\circ\text{C}}$$

№3



$V_0 = 0$ - начальная
скорость шара

$$V_{\text{ш}} = V_0 + gt$$

$$V_1 = V_0 + gT = 2 \text{ м/с}$$

Дано:

$$a = 2 \text{ м/с}^2$$

$$T = 0,2 \text{ с}$$

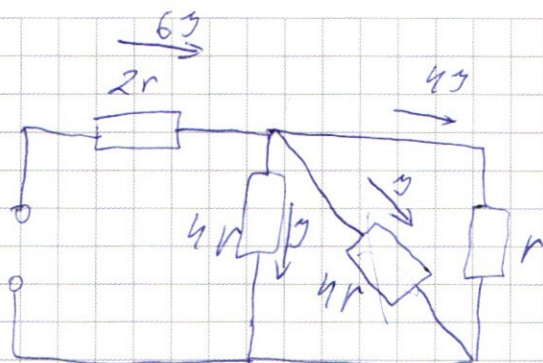
$$V_1 - ?$$

$$V_2 - ?$$

Я считаю, что для решения 2 пункта
с заданной не хватает данных

$$\text{Ответ: } 2 \text{ м/с}.$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$U = 12 \gamma r + 4 \gamma r = 16 \gamma r$$

$$R_0 = \frac{16 \gamma r}{12 \gamma} = \frac{4}{3} r$$

$$16 \gamma r = 8$$

$$mV_1 - mV_2 \sin \alpha = 0$$

$$V_1 = V_2 \sin \alpha$$

$$96 \gamma = 8$$

$$\gamma = \frac{8}{96} = \frac{1}{12} \text{ A}$$

$$P_2 = \gamma^2 \cdot 4r = \frac{1}{144} \cdot 24 = \frac{1}{6}$$

$$P_3 = P_2 = \frac{1}{6}$$

$$P_4 = 16 \gamma^2 \cdot r = 96 \cdot \frac{1}{144} = \frac{96}{144} = \frac{8}{12} = \frac{2}{3}$$

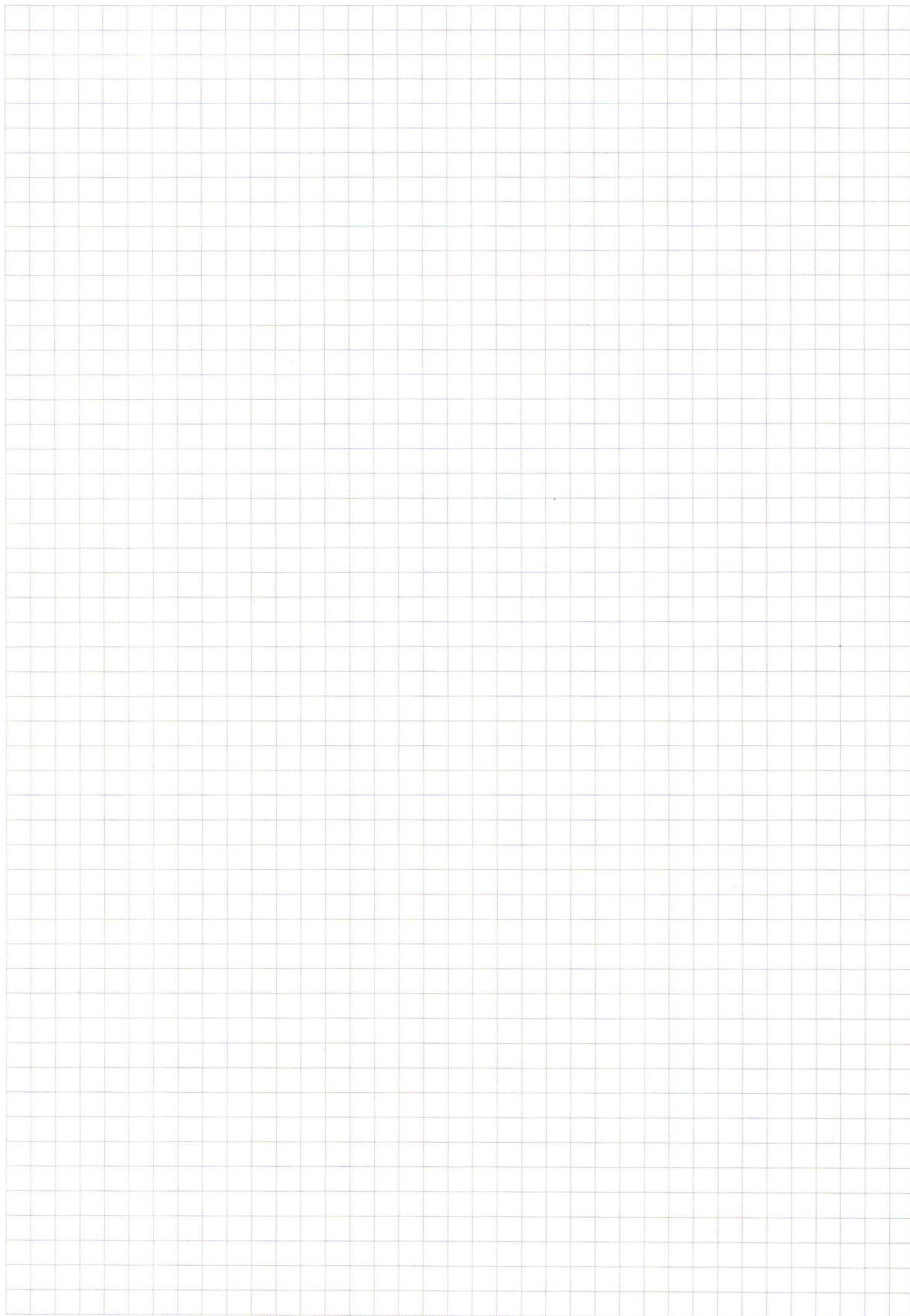
$$V_0 \sin \alpha = g t$$

$$t_{\text{max}} = \frac{2 V_0 \sin \alpha}{g}$$

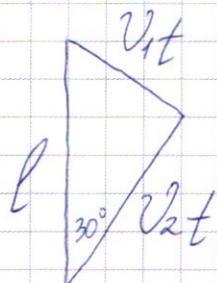
~~t_{\text{max}}~~

$$l = V_0 \cos \alpha \cdot \frac{2 V_0 \sin \alpha}{g} =$$

$$= \frac{V_0^2 \cdot \sin 2\alpha}{g} = \frac{9600 \cdot 1}{10} = 960$$



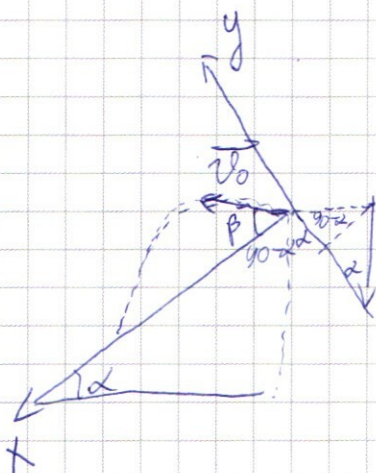
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$V_{2t} = 400\sqrt{3}$$

$$-40000 = 15000 \cdot 0.3 +$$

$$x = V_0 \cos \beta t + \frac{g \sin \alpha t^2}{2}$$



$$g \cos \alpha t = 2 V_0 \sin \beta$$

$$t = \frac{2 V_0 \sin \beta}{g \cos \alpha}$$

$$V_0 \sin \beta = \frac{g \cos \alpha t}{2} - \frac{g \cos \alpha \cdot t^2}{2} = 0$$

$$\frac{V_{1t}}{l} = \frac{1}{2}$$

$$2 V_{1t} = l$$

$$t = \frac{l}{2 V_1} = \frac{800}{16} = 50 \text{ c}$$

$$\frac{V_{2t}}{l} = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\sqrt{3} \cdot l = 2 V_{2t}$$

$$\sqrt{3} \cdot 800 = 100 V_2$$

$$V_2 = 8\sqrt{3} \text{ м/с}$$

$$g_y = -g \cos \alpha$$

$$g_x = g \sin \alpha$$

$$V_x = V_0 \cos \beta + g \sin \alpha t$$

$$V_y = V_0 \sin \beta - g \cos \alpha t$$

$$y = V_{0y} t + \frac{g_y t^2}{2} = V_0 \sin \beta \cdot t -$$

N1

$$\frac{V_{1t}}{l} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{115200}{108} = \frac{12}{19600}$$

$$\frac{72}{32}$$

$$V_{1t} = 8 \cdot 50 = 400 \text{ м}$$

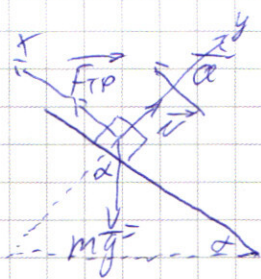
$$V_0^2 = 9600$$

$$1800 = \frac{1,2 V_0^2}{6,4}$$

$$V_0^2 = 1600 \cdot 6$$

$$V_0 = 400\sqrt{6}$$

$$\frac{\mu}{\epsilon^2}$$



$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}}$$

$$Ox: ma = F_{\text{тр}} - mg \sin \alpha$$

$$Oy: N = mg \cos \alpha$$

$$F_{\text{тр}} = \mu mg \cos \alpha$$

$$mV_1 = 2mV \sin \alpha$$

$$V_1 = 2V \sin \alpha$$

$$ma = \mu mg \cos \alpha - mg \sin \alpha$$

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

$$2 = 10(\mu \cos \alpha - \sin \alpha)$$

$$0,2 = \mu \cos \alpha - \sin \alpha$$

$$V = \frac{V_1}{2 \sin \alpha}$$

$$mV_1 = mV_2 \sin \alpha$$

$$V_1 = V_2 \sin \alpha$$

$$mV_1 + mV_2 = 0$$

$$mV_1$$

$$\begin{array}{r} 54 \\ + 3 \\ \hline 162 \end{array}$$

$$Oy: mV_2 = 2m \cdot V \cos \alpha$$

$$Ox: mV_1 = 2m \cdot V \sin \alpha$$

$$2$$

$$V_1 = 2V \sin \alpha$$

$$30 = 50 \sin \alpha \quad \frac{Dm}{m}$$

$$\sin \alpha = 0,6$$

$$\cos \alpha = 0,8$$

$$V_1^2 + V_2^2 = 2V^2 + 4c \alpha t \quad V_2 = 50 \cdot 0,8 = 50 \cdot \frac{4}{5} = 40 \text{ м}$$

$$mV_1 + mV_2 \sin \alpha = 0$$

$$\frac{135}{100} = \frac{27}{20}$$

$$900 + 1600 = 1250 + 5,4c = 0 \quad 5,40$$

$$2500 = 1250 + 5,4c$$

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

$$1250 = 5,4c$$

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

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

$$\frac{27}{5} \cdot 4 = \frac{27}{5}$$

$$= 5,4$$

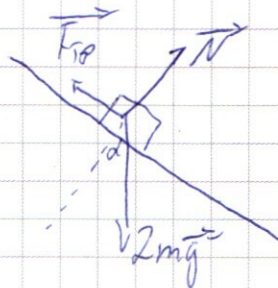
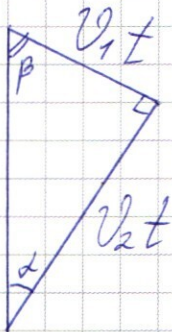


ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N1

$$0 = 2 \mu mg \cos \alpha - mg \sin \alpha \quad \text{Дано:}$$

$$\alpha = 3$$



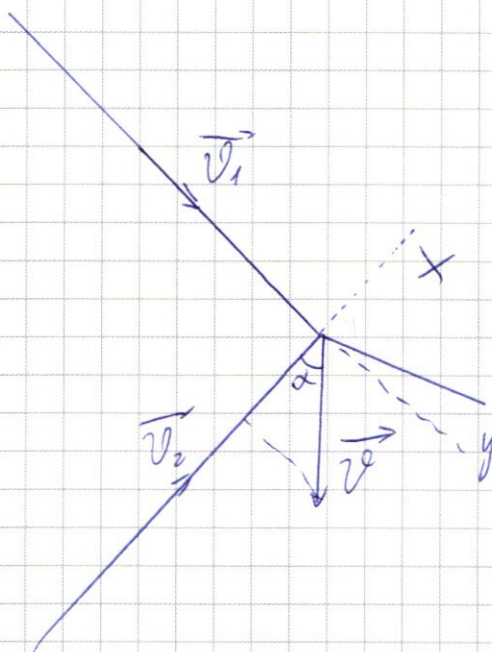
$$N = 2mg \cos \alpha$$

$$F_{\text{тр}} = 2 \mu mg \cos \alpha$$

$$2ma_1 = 2 \mu mg \cos \alpha - 2mg \sin \alpha$$

$$\frac{1250}{5} = 250$$

$$a_1 = \mu \cos \alpha - \sin \alpha$$



$$m v_2 =$$

$$2 \sin \alpha t$$

