

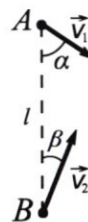
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

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

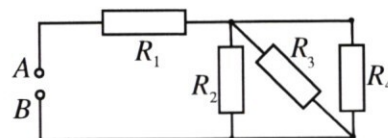
5. Четыре резистора соединены как показано на рисунке. Сопротивления резисторов $R_1 = 2 \cdot r$,

$R_2 = R_3 = 4 \cdot r$, $R_4 = r$. 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

№1

Дано: $T = 25\text{с}$

$$V_1 = 8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

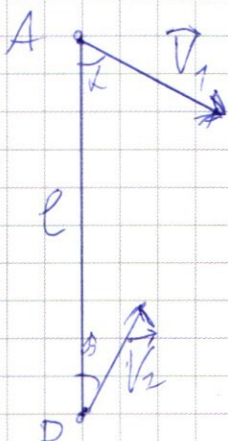
$$\beta = 30^\circ$$

попадание,

$$l = 800 \text{ м}$$

$$V_2 = ?$$

$$S = ?$$



найдем скорость течения
относительно катера.
перейдем в С.О. связан-
ную с катером:



его скорость
равна V_2 , а скорость
течения $V_r = V_1 \sin \alpha$
т.к. направление
есть по условию,

то V_r лежит на АВ, тогда полу-
чаем треугольник скоростей.
по теореме синусов:

$$\frac{V_1}{\sin \beta} = \frac{V_2}{\sin \alpha} \Rightarrow V_2 = \frac{V_1 \sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{8 \cdot \sqrt{3} \cdot 2}{2 \cdot 1} = 8\sqrt{3} \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right)$$

угол между векторами V_2 и V_1

угол $\varphi = 180^\circ - \alpha - \beta = 90^\circ$. Найдем V_r :

$$V_r = \sqrt{V_1^2 + V_2^2} = \sqrt{8^2 + (8\sqrt{3})^2} = 16 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right)$$

$$\text{тогда расстояние } S = l - V_r \cdot T = 800 - 16 \cdot 25 = 400 \text{ (м)}$$

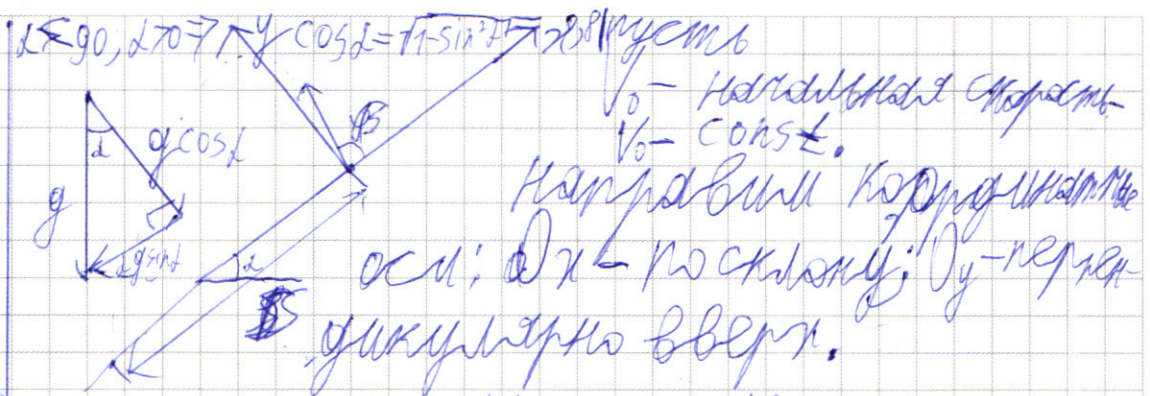
Ответ: 1) $V_2 = 8\sqrt{3} \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right)$; $S = 400 \text{ м}$.

$$V_2 = 8\sqrt{3} \approx 14 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right)$$

Ответ: $V_2 \approx 14 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right)$; $S = 400 \text{ (м)}$

N2

Дано: $\alpha = 30^\circ$
 $S = 7, P_{\text{max}} = 1800 \text{ Вт}$
 $t = \text{max}$
 $B = ?$
 $L = ?$



тогда $V_x = V_0 \cos \alpha$; $V_y = V_0 \sin \alpha$;
 $g_x = -g \sin \alpha$; $g_y = -g \cos \alpha$.

по Oy перемещение равно 0:

$$0 = V_y t + \frac{g_y t^2}{2} \Rightarrow -\frac{g_y t}{2} = V_y \Rightarrow t = \frac{2V_y}{g_y} = \frac{2V_0 \sin \alpha}{g \cos \alpha} = \frac{2V_0}{g \cos \alpha} \cdot \sin \alpha$$

$\frac{2V_0}{g \cos \alpha} - \text{const}; > 0 \Rightarrow \sin \alpha - \text{max}$
 $t - \text{max} \Rightarrow \sin \alpha = 1 \Rightarrow \alpha = 90^\circ \Rightarrow L = \frac{2V_0}{g \cos \alpha}$

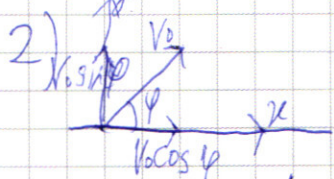
по Ox перемещение равно S:
 $V_x = V_0 \cos \alpha = 0$.

$$S = V_{0x} t - \frac{g_x t^2}{2} = -\frac{g_x t^2}{2} = \frac{g \sin \alpha t^2}{2}$$

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

$$\Rightarrow \frac{S}{\sin \alpha} = \frac{2V_0^2}{g \cos^2 \alpha} \Rightarrow V_0^2 = \frac{S \cdot g \cdot \cos^2 \alpha}{2 \cdot \sin \alpha} = \frac{1800 \cdot 10 \cdot 0,8^2}{2 \cdot 0,6} =$$

$$= (720 \sqrt{\frac{2}{3}})^2 \Rightarrow V_0 = 720 \sqrt{\frac{2}{3}}$$



по Oy перемещение = 0:

$$0 = V_0 \sin \phi t - \frac{g t^2}{2} \Rightarrow t = \frac{2V_0 \sin \phi}{g}$$

по Ox перемещение = L (max):

$$L = V_0 \cos \phi t = \frac{2V_0^2 \sin \phi \cos \phi}{g} = \frac{V_0^2 \sin 2\phi}{g}$$

при $2\phi = 90^\circ$
 $\frac{V_0^2}{g} = \frac{9600}{10} = 960 \text{ (м)}$

Ответ: $\alpha = 90^\circ$; $L = 960 \text{ м}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4
Дано:
 $V_1 \perp V_2$
 $m_1 = m_2 = m$
 $V_1 = 30 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
адиабат.
 $V = 50 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
 $\Delta t = 1,35^\circ\text{C}$
 $t_1 = t_2 = t$
 $V_2 = ?$
 $C = ?$

по 3(У):
 $m_1 \vec{V}_1 + m_2 \vec{V}_2 = (m_1 + m_2) \vec{V}_0 \Rightarrow$
 $m \vec{V}_1 + m \vec{V}_2 = 2m \vec{V}_0 \Rightarrow \vec{V}_1 + \vec{V}_2 = 2\vec{V}_0$
пусть Ox - вдоль напр. $\vec{V}_1$,
 Oy - вдоль напр. $\vec{V}_2$;
разложим 3СУ по осям:
 $Ox: V_1 = 2V_{0x}$; по теореме Пифагора
 $Oy: V_2 = 2V_{0y}$; $V_x^2 + V_y^2 = V^2$;
 $V_x = \frac{V_1}{2}$; $V_y = \frac{V_2}{2} \Rightarrow$
 $\Rightarrow \left(\frac{V_1}{2}\right)^2 + \left(\frac{V_2}{2}\right)^2 = (V_1^2 + V_2^2) \cdot \frac{1}{4} = V^2 \Rightarrow V_1^2 + V_2^2 = 4V^2$
 $\Rightarrow V_2 = \sqrt{4V^2 - V_1^2} = \sqrt{(2V)^2 - V_1^2} = \sqrt{50^2 - 30^2} = 40 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)$
~~по 3(У)~~ Если достижимая температура шариков равна t , то после: $t + \Delta t$; посчитаем количество затраченной энергии:
 $Q = C \cdot 2m(t + \Delta t - t) = 2Cm\Delta t$
по 3СЭ: $E_{\text{нач}} = E_{\text{кон}}: \frac{mV_1^2}{2} + \frac{mV_2^2}{2} = \frac{2mV^2}{2} + Q = 2mV^2 + 2Cm\Delta t$
 $\Rightarrow \frac{V_1^2 + V_2^2}{2} = V^2 + 2C\Delta t$. Из (*) $\Rightarrow \frac{V_1^2 + V_2^2}{2} = \frac{4V^2}{2} = 2V^2 \Rightarrow$
 $\Rightarrow 2V^2 = V^2 + 2C\Delta t \Rightarrow V^2 = 2C\Delta t \Rightarrow C = \frac{V^2}{2\Delta t} = \frac{625}{2 \cdot 1,35} \approx 231,5 \left(\frac{\text{Дж}}{\text{кг}^\circ\text{C}}\right)$

Условие: 1) $V_2 = 40 \left(\frac{\text{мВ}}{^\circ\text{C}} \right)$; 2) $C \approx 231,5 \left(\frac{\text{Дж}}{\text{м}^{\circ}\text{C}} \right)$.

№5
Дано:

$$R_1 = 2r$$

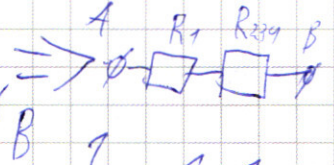
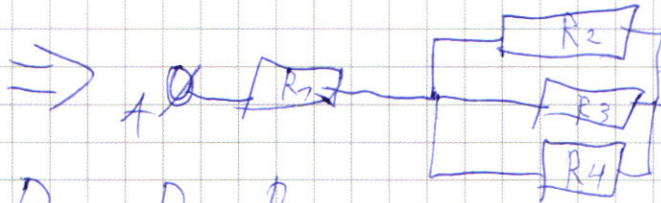
$$R_2 = R_3 = 4r$$

$$R_4 = r$$

$$U = 80$$

$$R_{AB}$$

$$P_2 + P_3 + P_4$$



R_2, R_3, R_4 - параллельно $\Rightarrow R_{234} = \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}}$

$$\Rightarrow \frac{1}{R_{234}} = \frac{1}{4r} + \frac{1}{4r} + \frac{1}{r} = \frac{1}{2r} + \frac{2}{2r} = \frac{3}{2r} \Rightarrow R_{234} = \frac{2r}{3}$$

R_1, R_{234} - последовательно $\Rightarrow$

$$R_{AB} = R_1 + R_{234} = 2r + \frac{2r}{3} = \frac{8r}{3}$$

при $r = 6 \text{ Ом}$ $R_{AB} = \frac{8r}{3} = \frac{8 \cdot 6}{3} = 16 \text{ (Ом)}$

$$I = I_1 = I_{234} \Rightarrow U = R_1 I + R_{234} I = R_{AB} I = \frac{8r I}{3} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow I = \frac{3U}{8r} \Rightarrow U_{234} = R_{234} I = \frac{2r}{3} \cdot \frac{3U}{8r} = \frac{U}{4}$$

R_2, R_3, R_4 - параллельно $\Rightarrow U_2 = U_3 = U_4 = U_{234} = \frac{U}{4}$

$$P_2 + P_3 + P_4 = \frac{U_{234}^2}{R_2} + \frac{U_{234}^2}{R_3} + \frac{U_{234}^2}{R_4} = U_{234}^2 \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \right) =$$

$$= \frac{U_{234}^2}{R_{234}} = \frac{U^2 \cdot 3}{4 \cdot 2r} = \frac{3U^2}{32r} = \frac{3 \cdot 64}{32 \cdot 6} = \frac{3 \cdot 64}{32 \cdot 6} = 1 \text{ Вт}$$

Ответ: $R_{AB} = \frac{8r}{3} = 16 \text{ Ом}$; $P_2 + P_3 + P_4 = \frac{3U^2}{32r} = 1 \text{ Вт}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1/3
Дано:
 $d = 2 \frac{m}{c^2}$
 $g = 10 \frac{m}{c^2}$
 $T = 3 \text{ (C)}$
остатков нет.
 $m_1 = m_2 = m$
 $V_{01} = 0 \frac{m}{c}$
 $t_1 = t_2 = t \rightarrow 0$
 $V_1 = ?$
 $V_2 = ?$

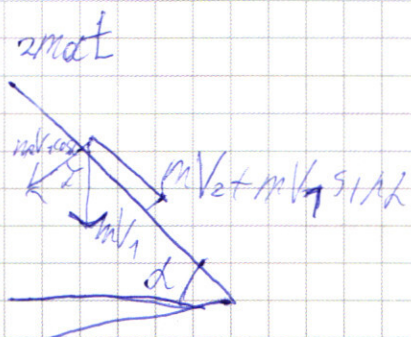
1) шарик был в свободном падении. $V_{01} = 0$
 $\Rightarrow V_1 = V_{01} + gT = gT = 2 \frac{m}{c}$

2) пусть наклонная плоскость расположена под углом α к горизонту; пусть коэффициент трения равен μ ;
редкий шар при малом ударе.
 $N = mg \cos \alpha$
 $F_{тр} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$

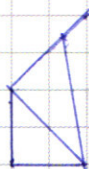
$F_{рез} = F_{тр} - mg \sin \alpha = mg (\mu \cos \alpha - \sin \alpha)$
 $a = \frac{F_{рез}}{m} = g (\mu \cos \alpha - \sin \alpha) \Rightarrow$
 $\Rightarrow \frac{a}{g} = (\mu \cos \alpha - \sin \alpha) \quad (*)$

рассмотрим импульсы системы: (м.к. тело остановилось, но суммарно импульсы равен 0.)
 $m \vec{V}_1 + m \vec{V}_2 + \vec{F}_{тр} \Delta t + \vec{F}_{тр1} \Delta t + \vec{V}_{1 \Delta t} + \vec{V}_{2 \Delta t} = 0$

$F_{тр1}$ — сила трения при ударе: $F_{тр1} = \mu N_1$; N_1 — редкий шар при ударе.
 N не входит в импульс, т.к. сила тяжести не меняется.
по O_y : $m V_{1y} + N_1 \Delta t = 0 \Rightarrow N_1 \Delta t = m V_{1y} = m V_1 \cos \alpha \Rightarrow$
 $\Rightarrow N_1 = \frac{m V_1 \cos \alpha}{\Delta t} \Rightarrow F_{тр1} = \mu N_1 = \frac{\mu m V_1 \cos \alpha}{\Delta t}$



$$1,75 = \frac{7}{4}$$

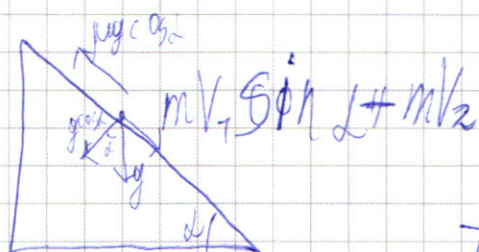


$$\sqrt[7]{3,0000} \approx 1 \quad \left(\frac{7}{4}\right)^2 = \frac{49}{16} = 3 \frac{1}{16}$$

$$f/d = \mu g \cos \alpha$$

$$\frac{7 \cdot 8^2}{4} = 0$$

$$\frac{7}{4} \cdot 8 = 7 \cdot 2 = 14$$



$$F_{\text{mpo}} = 2m \alpha$$

$$m v_1 \cos \alpha = m v_2 = F t \Rightarrow F = \frac{m v_1 \cos \alpha}{t}$$

$$F_{\text{mpo}} = \mu F = \frac{\mu m v_1 \cos \alpha}{t}$$

$$F_{\text{mpo}} = \mu F = \frac{\mu m v_1 \cos \alpha}{t}$$

$$I_1 = \mu m v_1 \cos \alpha$$

$$I_2 = m (v_1 \sin \alpha + v_2)$$

$$\mu v_1 \cos \alpha - v_1 \sin \alpha = v_2 = \frac{a}{g} h$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

по Ох: $V_{1x} = V_1 \sin \alpha$

$$-F_{\text{тр}1} \Delta t - F_{\text{тр}2} \Delta t + mV_2 + mV_1 \sin \alpha = 0$$

$$-F_{\text{тр}} \Delta t = -\mu N \Delta t; \Delta t \rightarrow 0 \Rightarrow -F_{\text{тр}} \Delta t \rightarrow 0$$

превращается в 0

$$\Rightarrow -F_{\text{тр}1} \Delta t + mV_2 + mV_1 \sin \alpha = 0$$

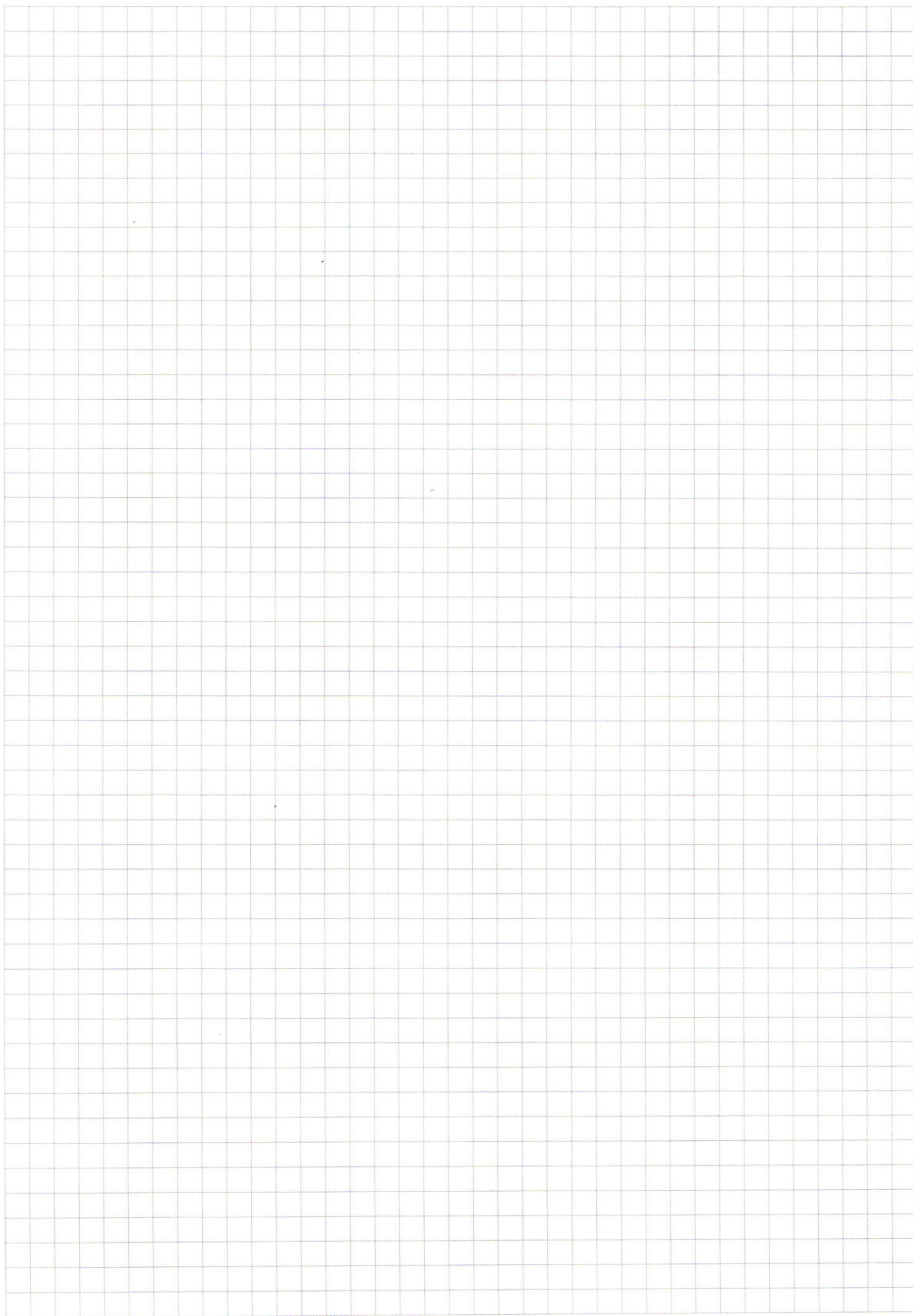
$$F_{\text{тр}1} = \frac{\mu m V_1 \cos \alpha}{\Delta t} \Rightarrow -F_{\text{тр}} \Delta t = -\mu m V_1 \cos \alpha \Rightarrow$$

$$\Rightarrow mV_2 = \mu m V_1 \cos \alpha - mV_1 \sin \alpha \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_2 = V_1 (\mu \cos \alpha - \sin \alpha); \text{ из } \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_2 = V_1 \frac{a}{g} = \frac{gT \cdot d}{g} = T \cdot d = 0,2 \cdot 2 = 0,4 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right)$$

Ответ: $V_1 = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}; V_2 = 0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Handwritten solution on grid paper for a physics problem involving a block on an inclined plane and a horizontal surface.

Diagram 1: A block on an inclined plane with angle α . Forces shown: gravity mg , normal force N , friction force $\mu mg \cos \alpha$, and component of gravity $mg \sin \alpha$. The equation $V = gT$ is written above.

Diagram 2: A block on an inclined plane with angle α . Forces shown: gravity mg , normal force N , friction force $\mu mg \cos \alpha$, and component of gravity $mg \sin \alpha$. The equation $70 \cdot g \cdot 2$ is written above.

Equations:

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

$$\frac{a}{g} = \mu \cos \alpha - \sin \alpha = \frac{a}{g}$$

Diagram 3: A block on a horizontal surface. Forces shown: gravity mg , normal force N , friction force μmg , and velocity V_1 . The equation $2\mu g \cos \alpha \cdot L = V_2$ is written below.

Diagram 4: A block on an inclined plane with angle α . Forces shown: gravity mg , normal force N , friction force $\mu mg \cos \alpha$, and component of gravity $mg \sin \alpha$. The equation $40 \cdot 3 \sqrt{\frac{2}{3}}$ is written below.

Equations:

$$L = \frac{V_2}{2\mu g}$$

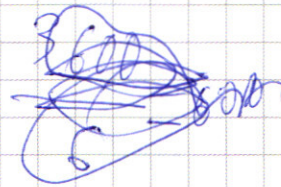
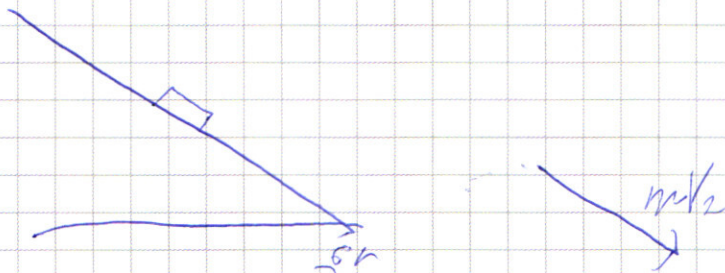
$$\frac{1800 \cdot 5 \cdot 0,8^2}{0,6} = \frac{2 \cdot 900 \cdot 5^2 \cdot 0,8^2}{0,6}$$

$$= \frac{2}{3} \cdot 30^2 \cdot 4^2 = (120 \sqrt{\frac{2}{3}})^2$$

$$\frac{1800}{3} = 600 = 6 \cdot 10^2 = (10 \sqrt{6})^2$$

$$10 \sqrt{6} \cdot g \cos \alpha = 40 \sqrt{6}$$

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



$$\frac{120^2 \cdot 2}{3} \quad \frac{3 \cdot 2V + 2V}{3} = \frac{Pr}{3}$$

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

$$\cancel{120} 90 \cdot \cancel{120} 22 40$$

$$\begin{array}{r} \times 240 \\ 40 \\ \hline 9600 \end{array}$$

$$(2V)^2 - V_1^2 = 50^2 - 30^2$$

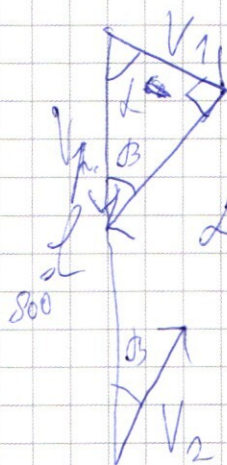
$$Q + cm\Delta t + cm\Delta t = 2cm(\Delta t)$$

$$Q = 2cm\Delta t$$

$$\begin{array}{r} \overline{) 250 \overline{) 27}} \\ - 50 \\ \hline 85 \overline{) 231,44(1)} \\ - 85 \\ \hline 40 \\ - 40 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$\frac{3V}{Pr}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

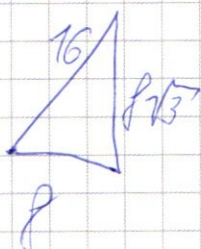
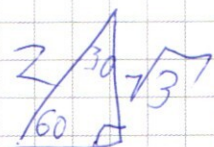


$$\frac{V_1}{\sin B} = \frac{V_2}{\sin \alpha} \Rightarrow V_2 = V_1 \frac{\sin \alpha}{\sin B}$$

$$\frac{V_1}{V_p} = \cos \alpha$$

$$V_p = \frac{V_1}{\cos \alpha}$$

$$S = V_p \cdot T = \frac{V_1 \cdot T}{\cos \beta}$$



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

$$96 \cdot 25$$

$$4^2 \cdot 5^2 = 20^2 = 400$$

$$y_2 = y \sin \downarrow$$

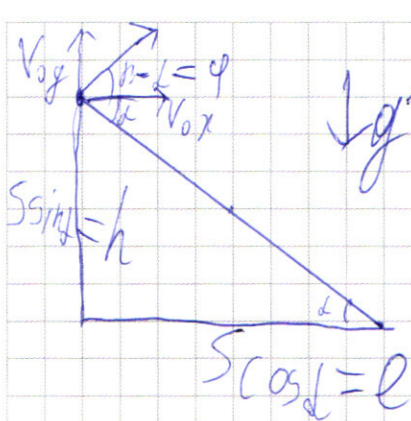
~~$g \cos \alpha = g$~~

~~$$0 = 2 \log - g_i z$$~~

~~$$l = v_{0x} t - \frac{g_2 t^2}{2}$$~~

~~2/10/2020~~

$$= \frac{2V_x V_y}{g \cos \alpha}$$



$$l = \frac{S \cos \alpha}{V_{0x}} \quad t = \frac{S \cos \alpha}{V_{0x}}$$

$$V_{0y} t - \frac{g t^2}{2} = S \sin \alpha$$

$$\frac{V_{0y}}{V_{0x}} \cos \alpha - \frac{g S \cos^2 \alpha}{2 V_{0x}^2} = \sin \alpha$$

$$\left(\frac{g t^2}{2} - V_{0y} t + S \sin \alpha \right) = 0$$

$$D = V_{0y}^2 - 2 S \sin \alpha g$$

$$t = \frac{V_{0y} + \sqrt{V_{0y}^2 - 2 S \sin \alpha g}}{g}$$

$$\frac{l}{h} = \cot \alpha = \frac{V_{0y} t - \frac{g t^2}{2}}{V_{0x} t} = \frac{V_{0y} - \frac{g t}{2}}{V_{0x}}$$

$$V_{0x} \cot \alpha = V_{0y} - \frac{g t}{2}$$

$$\frac{g t}{2} = V_{0y} - V_{0x} \cot \alpha = V_0 (\sin \alpha - \cos \alpha \cot \alpha)$$

$$2 V_{0y} = \frac{g t}{\sin \alpha}$$

