

Олимпиада «Физтех» по физике, (

Вариант 09-01

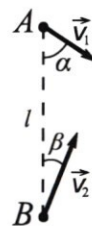
Класс 09

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

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?

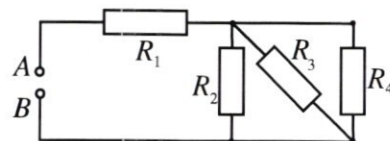
2) На сколько Δt ($^\circ\text{C}$) повысится температура шариков?

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

$\sin \beta = ?$

$T = ?$

Дано:

$$l = 1000 \text{ м}$$

$$S = 770 \text{ м}$$

$$V_1 = 10 \text{ м/с}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$V_2 = 20 \text{ м/с}$$

Так как торпеда пона-
дёт в корабль, то в этот

момент $x_1 = x_2$

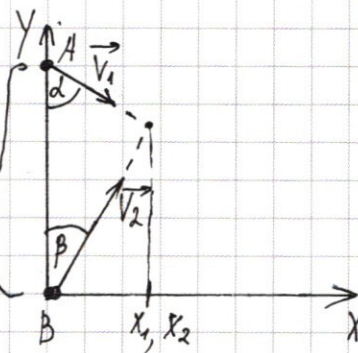
$$V_{1x}t = V_{2x}t \quad t - \text{время хода}$$

$$V_{1x} = V_{2x}$$

$$V_1 \sin \alpha = V_2 \sin \beta$$

$$\sin \beta = \frac{V_1 \sin \alpha}{V_2} = \frac{10 \text{ м/с} \cdot \sin 60^\circ}{20 \text{ м/с}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{\sqrt{3}}{4}$$

$$\cos \beta = \sqrt{1 - \sin^2 \beta} = \sqrt{1 - \frac{3}{16}} = \sqrt{\frac{13}{16}} = \frac{\sqrt{13}}{4}$$



Так как при сближении меняется
только координата y на $l - S$, и они дви-
жутся навстречу друг другу, то

$$T = \frac{l - S}{V_{1y} + V_{2y}} = \frac{l - S}{V_1 \cos \alpha + V_2 \cos \beta}$$

$$T = \frac{1000 \text{ м} - 770 \text{ м}}{10 \text{ м/с} \cdot \cos 60^\circ + 20 \text{ м/с} \cdot \cos \beta} = \frac{230 \text{ м}}{10 \text{ м/с} \cdot \frac{1}{2} + 20 \text{ м/с} \cdot \frac{\sqrt{13}}{4}} =$$

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

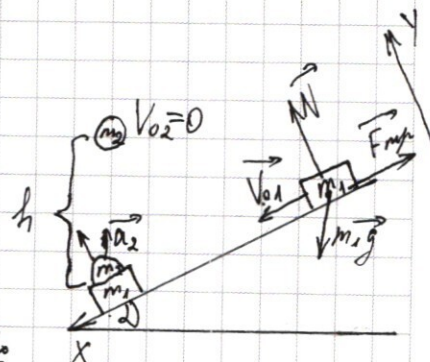
Ответ: $\frac{\sqrt{3}}{4}$; 10 с

№3

ЗСЗ для m_2 Закон Сохранения
Энергии для m_2

$$m_2 gh = \frac{m_2 V_2^2}{2}$$

$$V_2 = \sqrt{2gh} = 4 \text{ м/с} \quad \sqrt{2 \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 9,8 \text{ м}} = 4 \text{ м/с.}$$



$V_2 = ?$

$a = ?$

Дано:

$$V_1 = 1 \text{ м/с}$$

$$m_1 = m_2 = m$$

$$h = 0, 2 \mu$$

$$V_{02} = 0 \text{ м/с}$$

II закон Ньютона в импульсной форме. для m_1, m_2

$$Ox: F_{\text{упр}}' t = 0 - (-m_1 V_1 - m_2 V_2 \sin \alpha) = \mu \cdot (m_1 + m_2) a_2 t =$$

$$= \mu \cdot 2m$$

$$m V_1 + m V_2 \sin \alpha = \mu \cdot 2m \frac{V_2 \cos \alpha}{t} \cdot t$$

$$V_1 + V_2 \sin \alpha = 2 \mu V_2 \cos \alpha$$

$$1 \text{ м/с} + 4 \cdot \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} = 2 \mu \cdot 4 \text{ м/с} \cdot \cos \alpha$$

$$2 \mu \cos \alpha = 4 \sin \alpha + 1$$

$$\mu = \frac{4 \sin \alpha + 1}{2 \cos \alpha}$$

II закон Ньютона для m_1

$$m_1 \vec{a} = m_1 \vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{упр}}$$

$$Ox: -m_1 a = F_{\text{упр}} + m g \sin \alpha$$

$$Oy: 0 = N - m g \cos \alpha$$

$$\begin{cases} m_1 a = -\mu m_1 g \cos \alpha + m_1 g \sin \alpha \\ N = m_1 g \cos \alpha \end{cases}$$

$$N = m_1 g \cos \alpha$$

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

$$a = g \sin \alpha - \frac{4 \sin \alpha + 1}{2 \cos \alpha} \cdot g \cos \alpha = \frac{10 \sin \alpha}{\text{м/с}^2} - \frac{5 \sin \alpha + 1,25}{\text{м/с}^2} =$$

$$= 5 \sin \alpha - 1,25$$

$$V_1 + V_2 \sin \alpha = 2 \mu V_2 \cos \alpha$$

$$-V_1 = V_2 \sin \alpha - 2 \mu V_2 \cos \alpha = V_2 (\sin \alpha - 2 \mu \cos \alpha) = V_2 (\sin \alpha - 2(5 \sin \alpha - 1,25))$$

$$V_1 = V_2 (\sin \alpha - 2a) = V_2 (9 \sin \alpha - 10 \sin \alpha + 2,5) = V_2 (2,5 - \sin \alpha)$$

$$2,5 - \sin \alpha = \frac{V_1}{V_2}$$

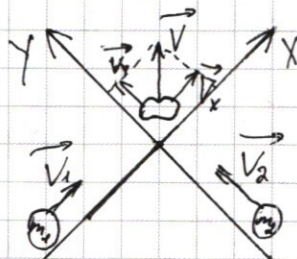
Ответ: 4 м/с

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4

V -?
 Δt -?
Дано:
 $c = 130 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$
 $t_1 = t_2$
 $V_1 = 60 \text{ м/с}$
 $V_2 = 80 \text{ м/с}$
 $\vec{V}_1 \perp \vec{V}_2$
 $m_1 = m_2 = m$

Сколько теплоты они
станут выделять со скоростью
 V , которую можно разло-
жить на V_x и V_y так, что $V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$



Закон сохранения импульса.

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}, \text{ где } \vec{p} = \vec{p}_x + \vec{p}_y$$

$$OX: p_1 = p_x$$

$$OY: p_2 = p_y$$

$$m_1 V_1 = (m_1 + m_2) V_x$$

$$m_2 V_2 = (m_1 + m_2) V_y$$

$$m V_1 = 2m V_x$$

$$m V_2 = 2m V_y$$

$$V_x = \frac{V_1}{2}$$

$$V_y = \frac{V_2}{2}$$

$$V_x = \frac{60 \text{ м/с}}{2} = 30 \text{ м/с}$$

$$V_y = \frac{80 \text{ м/с}}{2} = 40 \text{ м/с}$$

$$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} = \sqrt{30^2 + 40^2} = 50 \text{ м/с}$$

~~Закон сохранения энергии~~

Закон изменения механической энергии.

$$Q = \left(\frac{m_1 V_1^2}{2} + \frac{m_2 V_2^2}{2} \right) - \frac{(m_1 + m_2) V^2}{2}$$

$$c(m_1 + m_2) \Delta t = \frac{m_1 V_1^2}{2} + \frac{m_2 V_2^2}{2} - \frac{(m_1 + m_2) V^2}{2}$$

$$c \cdot 2m \Delta t = \frac{m V_1^2}{2} + \frac{m V_2^2}{2} - \frac{2m V^2}{2}$$

$$\Delta t = \frac{V_1^2 + V_2^2 - 2V^2}{2c} = \frac{(60 \text{ м/с})^2 + (80 \text{ м/с})^2 - 2 \cdot (50 \text{ м/с})^2}{2 \cdot 130 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}} \approx 9,615^\circ\text{C}$$

Ответ: 50 м/с; 9,615°C

$R_{AB} = ?$

$\gamma_4 = ?$

Дано:

$$R_1 = 3 \text{ } \Omega$$

$$R_2 = R_3 = 2 \text{ } \Omega$$

$$R_4 = 4 \text{ } \Omega$$

$$U = 38 \text{ В}$$

$$I = 10 \text{ А}$$

$$R_2 = R_3 \Rightarrow R_{23} = \frac{R_2}{2} = \frac{2}{2} = 1 \text{ } \Omega$$

$$R_{234} = \frac{R_{23} \cdot R_4}{R_{23} + R_4} = \frac{1 \cdot 4}{1 + 4} = 0,8 \text{ } \Omega$$

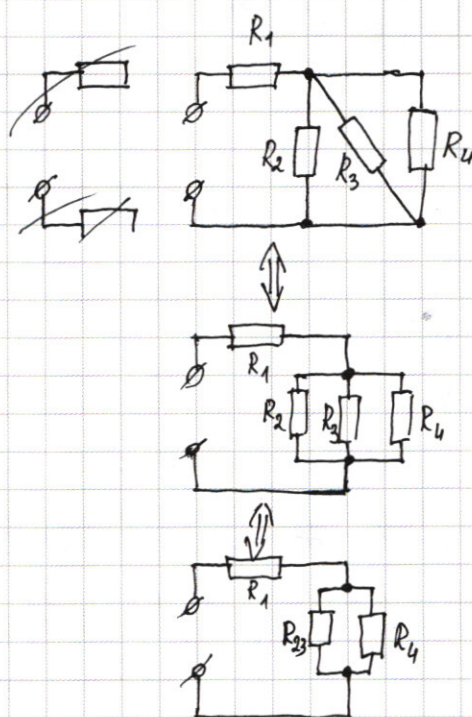
$$R_{AB} = R_1 + R_{234} = 3 + 0,8 = 3,8 \text{ } \Omega$$

$$\gamma = \frac{U}{R_{AB}} = \frac{38}{3,8 \cdot 10} = 1 \text{ А}$$

$$U_{234} = \gamma R_{234} = 1 \text{ А} \cdot 0,8 \cdot 10 = 8 \text{ В}$$

$$\gamma_4 = \frac{U_{234}}{R_4} = \frac{8}{4 \cdot 10} = 0,2 \text{ А}$$

Ответ: $3,8 \text{ } \Omega$; $0,2 \text{ А}$.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3 с. 3 мм

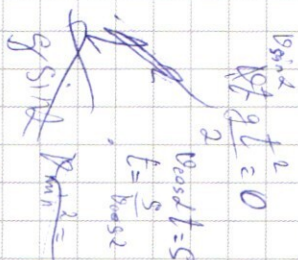
$$\frac{mV_1^2}{2} + \frac{mV_2^2}{2} = \frac{2mV^2}{2} \quad Q = \frac{mV_1^2}{2} + \frac{mV_2^2}{2} - \frac{2mV^2}{2}$$

$$Q_{mat} = \frac{mV_1^2}{2} + \frac{mV_2^2}{2} - mV^2$$

$$2Cst = \frac{mV_1^2}{2} + \frac{mV_2^2}{2} - \frac{2mV^2}{2}$$

$$\Delta t = \frac{V_1^2 + V_2^2 - 2V^2}{4C} = \frac{3500 + 8400 - 2 \cdot 2500}{4 \cdot 130} =$$

$$= \frac{5000}{4 \cdot 130} = \frac{125}{13} \approx 9,615^\circ$$



$$V^2 \sin^2 \alpha \cos^2 \alpha = 55$$

$$P_{00} = g \cos \alpha \sin^2 \alpha$$

$$5 \sqrt{3} \cos \alpha \sin^2 \alpha = \frac{200}{12}$$

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

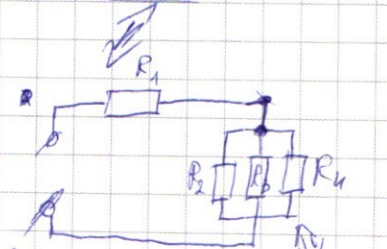
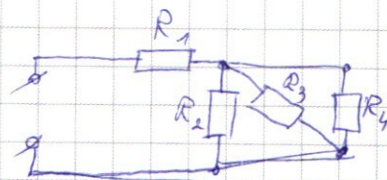
$$V_0 = \frac{g \cos \alpha \sin^2 \alpha}{\sin \alpha}$$

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

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

$$\begin{array}{r} 114 \overline{) 1250} \\ 114 \\ \hline 20 \\ 20 \\ \hline 0 \end{array}$$

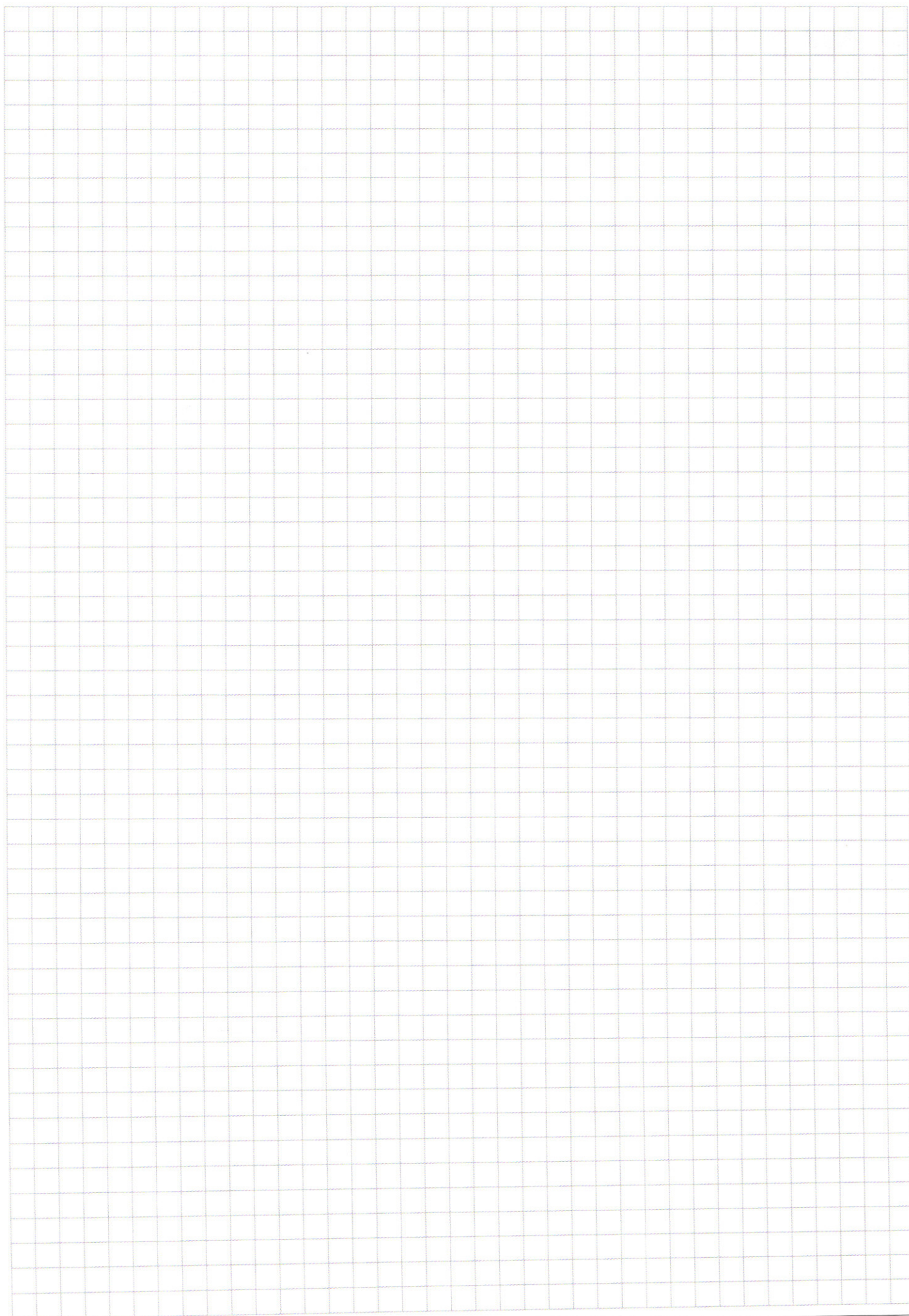
$$\mu \frac{V_1^2}{2} = 2 \frac{V_1^2}{2} \cos^2 \alpha$$



$$R_{23} = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} = \frac{2r \cdot 2r}{2r + 2r} = r$$

$$R_{234} = \frac{R_{23} \cdot R_4}{R_{23} + R_4} = \frac{r \cdot 4r}{r + 4r} = \frac{4r^2}{5r} = 0,8r$$

$$r = 10 \Omega \Rightarrow I = \frac{U}{R_{AB}} = \frac{30}{30} = 1A$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:

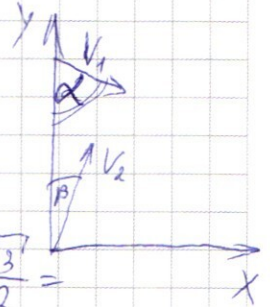
$\sin \beta$

См. к. отн столкновения, то

$$V_{1x} = V_{2x}$$

$$V_1 \sin \alpha = V_2 \sin \beta$$

$$\sin \beta = \frac{V_1 \sin \alpha}{V_2} = \frac{10 \text{ м/с} \cdot \sin 60}{20 \text{ м/с}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{\sqrt{3}}{4}$$



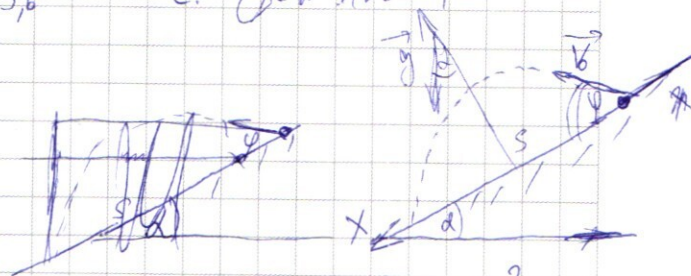
$$\text{См} \Rightarrow l - S = V_{1y} T + V_{2y} T$$

$$T = \frac{l - S}{V_{1y} + V_{2y}} = \frac{l - S}{V_1 \cos \alpha + V_2 \cos \beta} = \frac{l - S}{V_1 \cos \alpha + V_2 \sqrt{1 - \sin^2 \beta}}$$

$$= \frac{1000 \text{ м} - 230 \text{ м}}{10 \text{ м/с} \cdot \cos 60 + 20 \text{ м/с} \sqrt{1 - \frac{3}{16}}} = \frac{1000 - 230}{5 \text{ м/с} + 20 \frac{\sqrt{13}}{4}}$$

$$\sqrt{13} \approx 3,6$$

$$= \frac{770}{5(1 + \sqrt{13})} = \frac{770}{5(1 + 3,6)} = \frac{770}{23} \approx 33,5 \text{ с}$$



$$V_{0x} = S \cos \alpha$$

$$V_0 \cos \alpha (p - 2) = \frac{p - 4}{2}$$

$$\begin{cases} S = V_{0x} t + \frac{g_x t^2}{2} \\ 0 = V_{0y} t + \frac{g_y t^2}{2} \end{cases}$$

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

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

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

$$h = \frac{gt^2}{2}$$

$$t = 0,16$$

$$t = 0,4e$$

$$V_2 = 4 \text{ m/s}$$



$$m a_1 = m a_2$$

$$\mu m g \cos \alpha = m a_2 \sin \alpha$$

$$\frac{V_1}{t} = \frac{V_2}{t} \sin \alpha$$

$$\frac{V_1}{t} = 2 \mu \frac{V_2}{t} \cos \alpha$$

$$-m V_1$$

$$0 - (-m V_1 - m V_2 \cos \alpha) = F_{fr} t = 2 \mu \frac{V_1}{t} \cdot t$$

$$V_1 + V_2 \sin \alpha = 2 V_1$$

$$V_2 \sin \alpha = \frac{V_1}{2} = \frac{1}{4}$$

$$0 - (-m V_1 + m V_2 \sin \alpha) = 2 m V_2 \cos \alpha \quad t = 2 \mu m a_2 t = 2 \mu m \frac{V_2 \cos \alpha}{t}$$

$$V_1 + V_2 \sin \alpha = 2 \mu V_2 \cos \alpha$$

$$V_1 + V_2 \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} = 2 \frac{a}{g} V_2 = 0,8 a$$

$$4 \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} = 0,8 a - 1$$

$$16 - 16 \cos^2 \alpha = 0,64 a^2 - 1,6 a + 1$$

$$16 = 16 \frac{a^2}{g^2} = 0,64 a^2$$

$$4 \sin^2 \alpha$$

$$1 = 2 \mu \cos \alpha - 4 \sqrt{1 - \cos^2 \alpha}$$

$$2 \mu \cos \alpha - 1 = 4 \sqrt{1 - \cos^2 \alpha}$$

$$2 \mu^2 \cos^2 \alpha - 16 \mu \cos \alpha + 1 = 16 - 16 \cos^2 \alpha$$

$$16 (3 \mu^2 + 1) \cos^2 \alpha - 16 \mu \cos \alpha - 15 = 0$$

$$\mu = \frac{4 \sin^2 \alpha + 1}{8 \cos \alpha} = \frac{1}{2} \frac{1}{g^2} \frac{1}{8 \cos \alpha}$$

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

$$a = \frac{4 \sin^2 \alpha + 1}{8 \cos \alpha} \cdot 10 \cos \alpha = 5 \sin^2 \alpha + 1,25$$

$$a = 2,5 \text{ m/s}^2$$

1/4.

3C 9L:

$$OY: m V_2 = 2 m V_y$$

$$OX: m V_1 = 2 m V_x$$

$$V_2 = 2 V_y$$

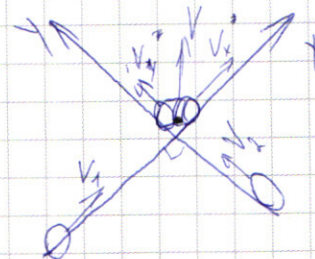
$$V_1 = 2 V_x$$

$$V_y = \frac{V_2}{2}$$

$$V_x = \frac{V_1}{2}$$

$$V_y = 40 \text{ m/s}$$

$$V_x = 30 \text{ m/s}$$



$$V = \sqrt{V_y^2 + V_x^2} = 50 \text{ m/s}$$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ»
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)»

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № ____
(Нумеровать только чистовики)

