

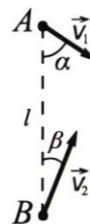
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 09

Вариант 09-02

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

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

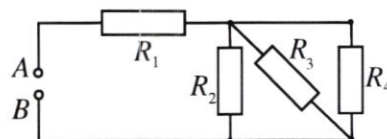
5. Четыре резистора соединены как показано на рисунке. Сопротивления резисторов $R_1 = 2 \cdot r$,

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



1 2 3 4 5
10 10 10 10 10

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

5 5

Дано:

$$L = 0,8 \text{ км}$$

$$V_1 = 8 \text{ м/с}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$T = 25 \text{ с}$$

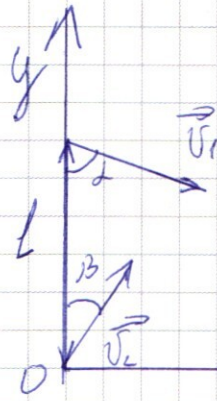
$$\beta = 30^\circ$$

$$V_2 = ?$$

$$S = ?$$

CU:

$$800$$



Введем ~~прямую~~ систему координат с началом в точке начального

положения торпеды, тогда начальные координаты корабля $x_0 = L$, $y_0 = 0$ и начальные координаты торпеды $x_0 = 0$, $y_0 = 0$, т.к. оба тела движутся равномерно, запишем уравнения движения для каждого

$$x_k(t) = \sin \alpha \cdot V_1 \cdot t + x_{0k}$$

$$y_k(t) = -\cos \alpha \cdot V_1 \cdot t + y_{0k}$$

Корабль корабль

$$x_k(t) = \sin \beta \cdot V_2 \cdot t + x_{0k}$$

$$y_k(t) = \cos \beta \cdot V_2 \cdot t + y_{0k}$$

Торпеды

Т.к. тела столкнутся, в момент t_0 их координаты совпадут;

$$\sin \alpha V_1 t_0 + x_{0k} = \sin \beta V_2 t_0 + x_{0k}$$

$$\sin \alpha V_1 t_0 = \sin \beta V_2 t_0$$

$$V_2 = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} V_1, \quad V_2 = \frac{\sin 60}{\sin 30} \cdot 8 = 8\sqrt{3} \text{ м/с}$$

2) Найдем координаты тел в момент времени T

$$x_k(T) = \sin 60 \cdot 8 \cdot 25 = 100\sqrt{3}$$

$$x_k(T) = \sin 30 \cdot 8\sqrt{3} \cdot 25 = 100\sqrt{3}$$

$$y_k(T) = -\cos 60 \cdot 8 \cdot 25 + 800 = 400$$

$$y_k(T) = \cos 30 \cdot 8\sqrt{3} \cdot 25 = 300$$

$$S = \sqrt{(x_k - x_1)^2 + (y_k - y_1)^2}; S = \sqrt{(700 - 300)^2 + 0^2} = 400 \text{ м}$$

Ответ: $S = 400 \text{ м}$; $v_2 = 13,6 \text{ м/с}$

N5

Дано: $R_1 = 2r$; R

$$R_1 = 2r$$

$$R_2 = R_3 = 4r$$

$$r = 6 \text{ Ом}$$

$$R_4 = r$$

$R_{AB} = ?$

$P = ?$

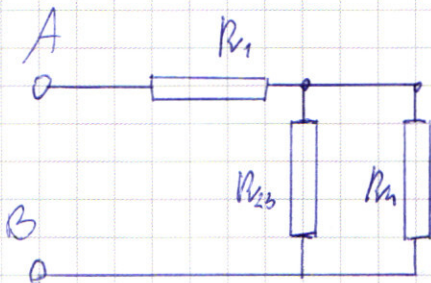
но, тогда

соединения

1) Заметим, что R_2 и R_3 соединены параллельно,

$$\frac{1}{R_{23}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}, \text{ по закону параллельного}$$

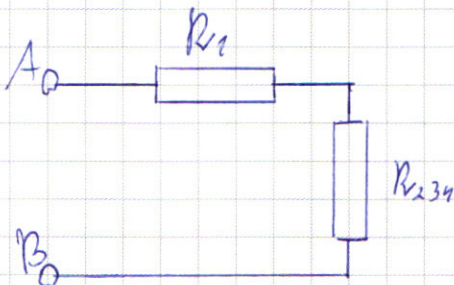
$$\frac{1}{R_{23}} = \frac{1}{4r} + \frac{1}{4r}; \frac{1}{R_{23}} = \frac{2}{4r}; R_{23} = 2r$$



R_4 и R_{23} соединены параллельно

$$\frac{1}{R_{234}} = \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_{23}}; \frac{1}{R_{234}} = \frac{1}{r} + \frac{1}{2r};$$

$$R_{234} = \left(\frac{2r + r}{2r^2} \right)^{-1}; R_{234} = \frac{2}{3}r$$



R_1 и R_{234} соединены последовательно

$$R_{AB} = R_1 + R_{234}; R_{AB} = \left(2 + \frac{2}{3} \right) r = \frac{8}{3}r$$

2) Найдем силу тока в цепи $I = \frac{U}{R_{AB}}$, по закону Ома

$$I = \frac{8}{8/3r} = \frac{3r}{r} = 3 \text{ А}, \text{ т.е. } R_1 \text{ и } R_{234} \text{ соединены}$$

последовательно, то через R_{234} ток I течет ток I .

по закону Джоуля-Ленца: $P = I^2 \cdot R_{234}; P = \left(\frac{1}{2} \right)^2 \cdot \frac{2}{3} \cdot 6 = \frac{1}{4} \cdot 4 = 1 \text{ Вт}$

Ответ: $R_{AB} = \frac{8}{3}r$; $P = 1 \text{ Вт}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Ответ: $v_1 = 2 \text{ м/с}$; $v_2 = 0,4 \text{ м/с}$

[5][5]

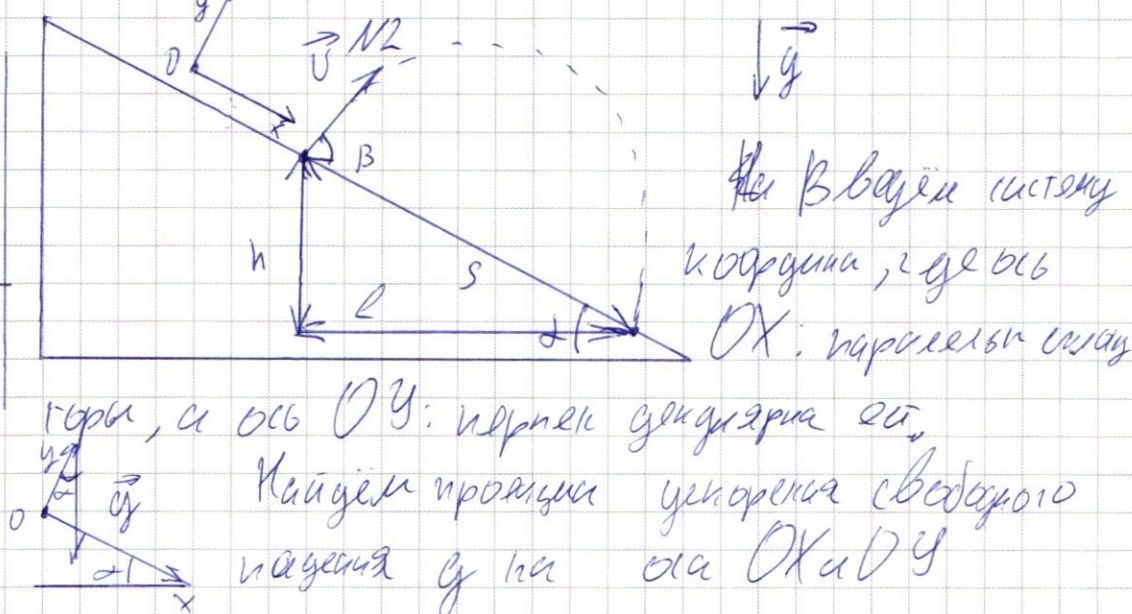
Дано.

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

$$S = 18 \text{ км}$$

L - ?

β - ?



$$g_x = \sin \alpha \cdot g, \quad g_y = \cos \alpha \cdot g$$

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}, \quad \cos \alpha = \sqrt{1 - 0,6^2} = \sqrt{0,64} = 0,8$$

$$g_x = 0,6 \cdot 10 = 6 \text{ м/с}^2; \quad g_y = 0,8 \cdot 10 = 8 \text{ м/с}^2$$

Найдем проекции начальной скорости снаряда на координатные оси, $v_y = \sin \beta \cdot v$, $v_x = \cos \beta \cdot v$.

Полное время полета можно рассчитать по формуле

$$t = \frac{2v_y}{g_y}, \text{ по аналогии с обычным брожением по углом к горизонту}$$

$$t = \frac{2 \sin \beta \cdot v}{g_y}; \quad t \text{ будет максимальна тогда, когда } \sin \beta$$

максимален, т.к. v и g_y постоянные значения.

$$\sin \beta \text{ максимален при } \beta = 90^\circ \Rightarrow t = \frac{2 \sin 90^\circ \cdot v}{g_y} = \frac{2v}{g_y}$$

Запишем уравнение движения по оси OX:

$$x(t) = \cos \beta \cdot v \cdot t + \frac{g \cdot t^2}{2}; \quad x(t) = \cos \beta \cdot v \cdot t + \frac{\sin 2\alpha \cdot g \cdot t^2}{2}$$

$$x(t) = \frac{\sin 2\alpha \cdot g \cdot t^2}{2}; \quad x(t) = \frac{\sin 2\alpha \cdot g \cdot \left(\frac{2v}{g}\right)^2}{2}$$

Пусть шарик летел время t_0 , тогда

$$S = \frac{\sin 2\alpha \cdot g \cdot t_0^2}{2}; \quad t_0 = \frac{2v}{g}$$

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

$$v = \sqrt{\frac{S \cdot \cos 2\alpha \cdot g}{2g}}; \quad v = \sqrt{\frac{1800 \cdot 0,8 \cdot 10}{2 \cdot 0,6}} = \sqrt{\frac{1800 \cdot 2 \cdot 4}{3/2}} =$$

$$= 2\sqrt{\frac{3600 \cdot 2}{3}} = 120\sqrt{\frac{2}{3}} \text{ м/с}$$

При оптимальном броске угол α и горизонтальной поверхности $L = \frac{\sin 2\alpha \cdot v^2}{g}$, L максимальна

при $\sin 2\alpha = 1$, т.к. остальные значения меньше

$$\sin 2\alpha = 1 \quad \text{при } \alpha = 45^\circ$$

$$L_{\max} = \frac{\sin(2 \cdot 45) \cdot \left(120\sqrt{\frac{2}{3}}\right)^2}{10} = \frac{14400 \cdot 2}{30} =$$

$$= 480 \cdot 2 = 960 \text{ м}$$

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

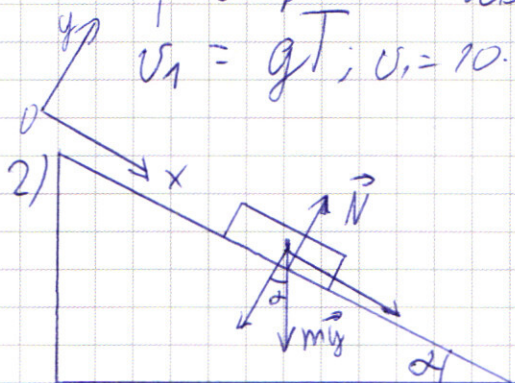
Дано:

$T = 0,2 \text{ c}$

$a = 2 \text{ м/с}^2$

В Т.к. начальная скорость шарика равна 0, то за это время достигнет некоторой скорости шарика в момент удара.

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



По 2-му закону Ньютона.

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

$$N = \cos \alpha \cdot mg; F_{тр} = \mu N = \mu \cdot \cos \alpha \cdot mg$$

Т.к. по оси OY тело не имеет ускорения, то $|a| = a$

$$Ox: mg \cdot \sin \alpha - mg \cdot \cos \alpha \cdot \mu = -ma$$

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

$$a = g \cdot (\cos \alpha \cdot \mu - \sin \alpha); a = 2 \text{ м/с}^2 \Rightarrow \cos \alpha \cdot \mu - \sin \alpha = \frac{2}{g} = 0,2$$

После столкновения суммарный импульс системы стал равен нулю.

Выделим проекции импульса шара на оси OX и OY

Ox: $p_x = m \cdot v_1 \cdot \sin \alpha$; Oy: $p_y = m \cdot v_1 \cdot \cos \alpha$, Т.к. часть p_y импульса шара направлена по нормали к плоскости, она вызовет импульс силы трения $p_{тр} = \mu \cdot p_y = \mu m v_1 \cos \alpha$, причем $\vec{p}_{тр}$ направлен вдоль Oси OX;

но противостоит ей по направлению, импульс бруска в момент столкновения: $\vec{p}_b = \vec{v}_2 \cdot m$. Т.к. система остановилась, сумма проекций импульсов на OX равна нулю

$$v_2 m + v_1 m \cdot \sin \alpha - v_1 m \cdot \cos \alpha \cdot \mu = 0$$

$$v_2 = v_1 (\cos \alpha \cdot \mu - \sin \alpha); v_2 = v_1 \cdot 0,2 = v_1 \cdot 0,2 = 0,4 \text{ м/с}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

МЧ

Дано:

$$v = 25 \text{ м/с}$$

$$v_1 = 30 \text{ м/с}$$

$$\Delta E = 1,55^\circ \text{ C}$$

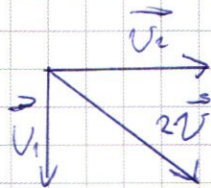
$$v_2 = ?$$

$$c = ?$$

1) По закону сохранения импульса

$$\vec{v}_1 \cdot m + \vec{v}_2 \cdot m = 2\vec{v} \cdot m$$

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



По теореме Пифагора $v_1^2 + v_2^2 = 4v^2$
 $v_2 = \sqrt{4v^2 - v_1^2}$; $v_2 = \sqrt{4 \cdot 25^2 - 30^2} =$

$$= \sqrt{1600} = 40 \text{ м/с}$$

2) Найдем как изменилась общая кинетическая энергия

системы $\Delta E = E_1 - E_2$; E_1 - энергия до столкновения

E_2 - энергия после столкновения; $E_2 = \frac{2mv^2}{2} = mv^2$

$$E_1 = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} = \frac{m(v_1^2 + v_2^2)}{2}$$

$$\Delta E = \frac{m(v_1^2 + v_2^2)}{2} - mv^2; \Delta E = m \left(\frac{30^2 + 40^2}{2} - 25^2 \right) =$$

$$= m \left(\frac{2500}{2} - 625 \right) = 625 m$$

3) Будем считать, что все ΔE ушло на нагрев

$$\text{шаров. } \Delta E = 2cm\Delta E; 625 m = 2cm\Delta E$$

$$625 = 2c\Delta E$$

$$c = \frac{625}{2 \cdot 1,55} = \frac{625}{2,4} \approx 231,5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \quad c = \frac{625}{2\Delta E}$$

$$\text{Ответ: } v_2 = 40 \text{ м/с}; c = 231,5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$



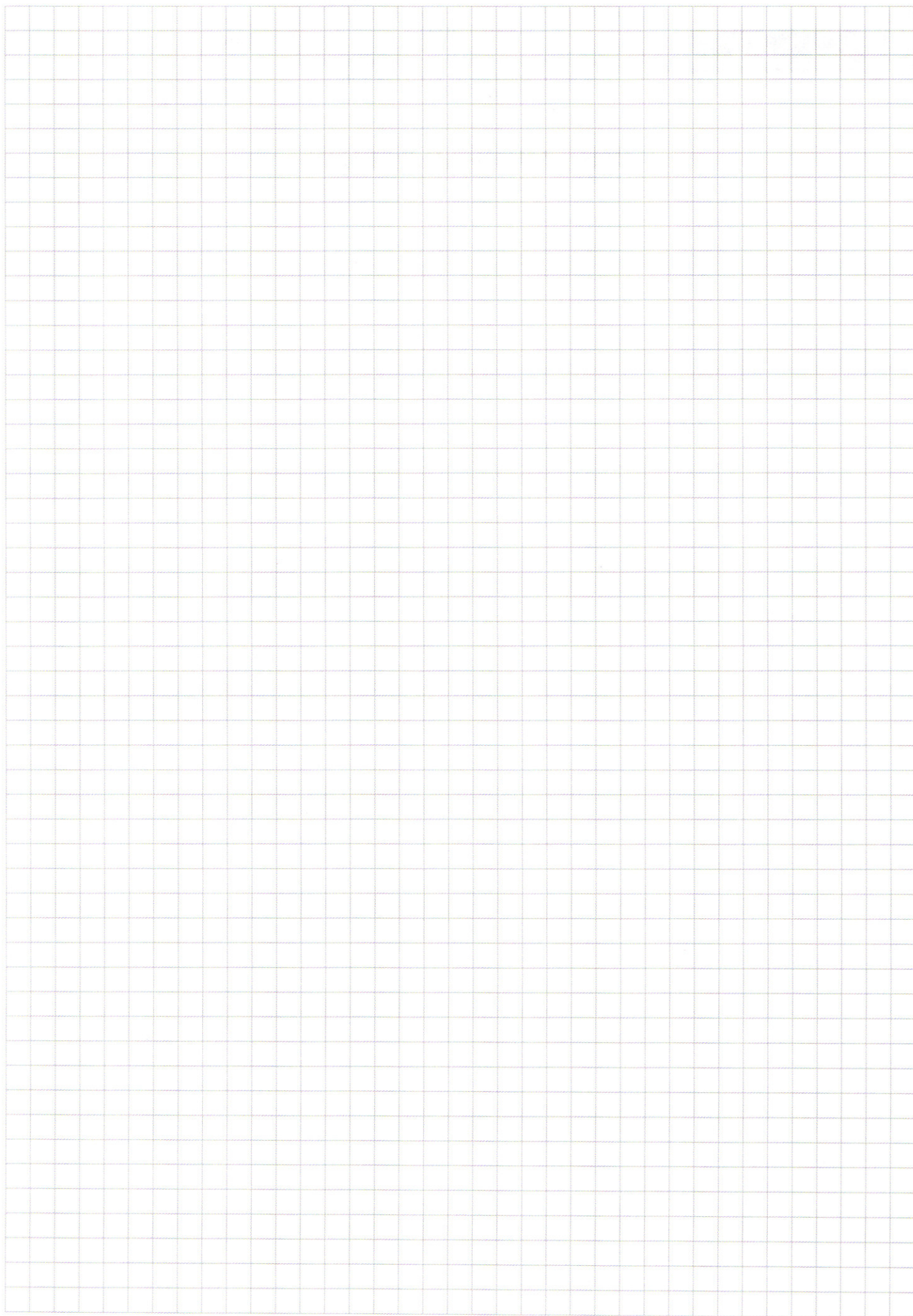
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\vec{v}_1 \cdot m + \vec{v}_2 \cdot m = \vec{v}_x \cdot 2m$$

$$\vec{v}_1 + \vec{v}_2 = 2\vec{v}_x$$

$$(50 \text{ км})^2 = 2500 \text{ км}^2$$

$$3600 - 625 = 2975$$

$$900 - 625 = 275$$

$$\begin{array}{r} 2975 \div 5 = 595 \\ 595 \div 5 = 119 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1080 \div 5 = 216 \end{array}$$

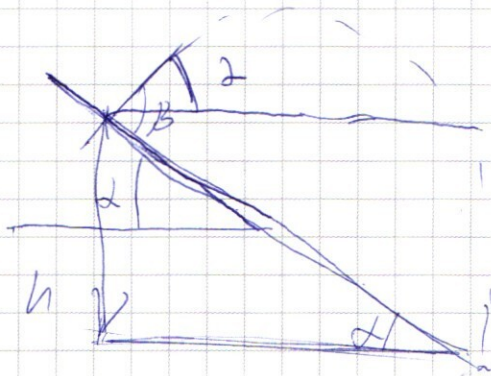
$$\frac{2375 \text{ м}}{2} + \frac{625 \text{ м}}{2} - \frac{3600 \text{ м}}{2} = 1800 \text{ м}$$

$$F_1 = \dots$$

$$1800 \text{ м} = 0 \text{ м} \cdot 1,35$$

$$C = \frac{1800}{1,35}$$

$$\begin{array}{r} 180000 \div 135 = 1333,33 \\ 135 \\ \underline{450} \\ 405 \\ \underline{450} \\ 405 \\ \underline{405} \\ 0 \end{array}$$



$$1,8 \cdot 0,6$$

$$\frac{1,8 \cdot 3}{5} = \frac{5,4}{5} = 1,08 \text{ км}$$

$$\frac{1,8 \cdot 4}{5} = \frac{7,2}{5} = 1,44$$

$$U = \frac{1440}{\cos \alpha \cdot t}$$

$$\cos \alpha \cdot U \cdot t = 1440$$

$$-\sin \alpha \cdot U \cdot t + 5t^2 = 1080$$

$$\frac{-\sin \alpha \cdot 1440}{\cos \alpha} + 5t^2 = 1080$$

$$t^2 = 216 + t \cdot g \alpha \cdot 288$$

$$-v \sin \alpha + g \frac{t^2}{2} = h$$

$$h = S \sin \alpha$$

$$v \cos \alpha \cdot t = L$$

$$L = S \cos \alpha$$

$$\frac{g \frac{t^2}{2} - v \sin \alpha t}{v \cos \alpha \cdot t} = \frac{3}{4}$$

$$g_y = \cos \alpha \cdot g = 8 \text{ м/с}^2$$

$$y_x = 0.6 \text{ м/с}^2$$

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

$$2g \cos \alpha - 4v \sin \alpha = 3v \cos \alpha$$

$$8 \cdot 3.4 =$$

$$t = \frac{v (3 \cos \alpha - 4 \sin \alpha)}{2g}$$

$$8 + 0.9 \cdot 8 = 13.6 \text{ м/с}$$

$$t^p = \frac{v}{2g} (3 \sin \alpha - 4 \cos \alpha)$$

$$3 \sin \alpha + 4 \cos \alpha = 0$$

$$3 \sin \alpha = -4 \cos \alpha$$

$$\tan \alpha = -\frac{4}{3}$$



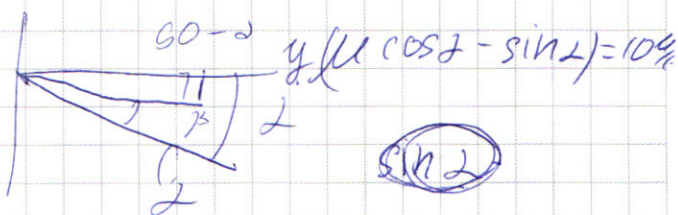
$$a = g \cdot \sin \alpha$$

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

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

$$\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = -\frac{4}{3}$$

$$\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{4}{3}$$



$$\sin \alpha$$

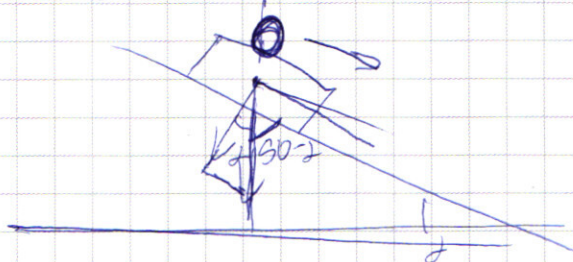
$$\frac{625 \cdot 2}{2}$$

$$625$$

$$\begin{array}{r} 625 \text{ Кг} \\ 54 \\ \hline 85 \\ 81 \\ \hline 40 \\ 49 \\ \hline 130 \end{array}$$

$$v_1 = 0.4$$

$$\alpha - 90^\circ - \alpha = \alpha - 90^\circ$$



$$v_{1x} + v_{2x} =$$

$$v_1 \cos \alpha + v_2 \sin \alpha =$$

$$v_1 \cos \alpha + v_2 \sin \alpha =$$

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