

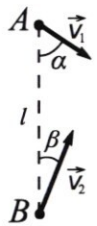
Олимпиада «Физтех» по физике, фс

Класс 09

Вариант 09-02

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

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. Пластилинный 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?

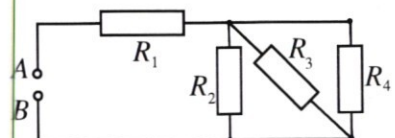
2) Найдите удельную теплоемкость c материала, из которого изготовлены шарики, если известно, что в результате слипания температура шариков повысилась на $\Delta t = 1,35$ °C. Температуры шариков перед слипанием одинаковы.

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

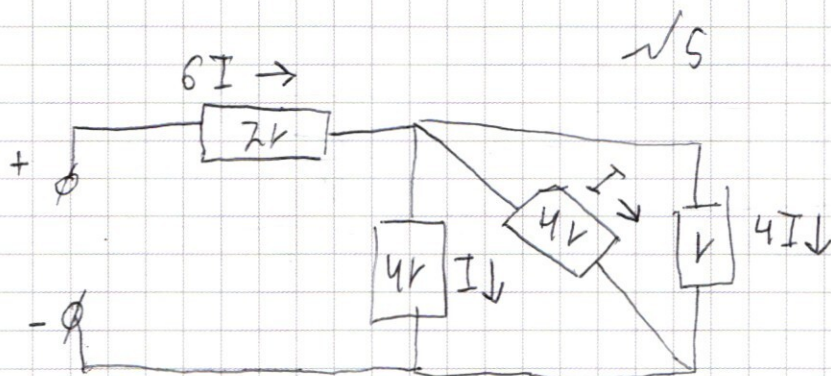
$R_2 = R_3 = 4 \cdot r$, $R_4 = r$. На вход АВ схемы подают напряжение $U = 8$ В.

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



1) Составим ток в цепи с учетом закона Ома и закона сохранения заряда обратно пропорционально сопротивлению параллельных ветвей

общий ток $I_0 = 6I$; общее напряжение $U_0 = 2I + 4I = 6I$;

$$R_{AB} = \frac{U_0}{I_0} = \frac{6I}{6I} = 1 \text{ В}$$

2) $U_0 = 6I \Rightarrow I = \frac{U_0}{6} = \frac{1}{6} \text{ А}$; $P_2 = U_2 I_2 = 4I \cdot I = \frac{1}{6} \text{ Вт}$;

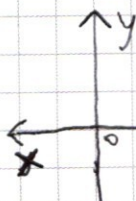
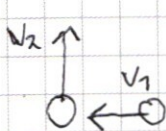
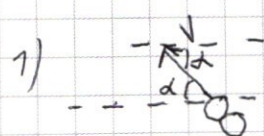
$$\Rightarrow 4I = \frac{1}{4} U_0 = 2 \text{ В}$$

$P_3 = 4I \cdot I = \frac{1}{6} \text{ Вт}$; $P_4 = 4I \cdot 4I = \frac{4}{6} \text{ Вт}$, где P_2, P_3, P_4 -

мощности на резисторах 2, 3 и 4 соответственно

$$P = P_2 + P_3 + P_4 = 1 \text{ Вт}$$

Ответ: 1) $R_{AB} = 1 \text{ В}$; 2) $P = 1 \text{ Вт}$



По 3-му $m\vec{v}_1 + m\vec{v}_2 = 2m\vec{v}$

Проецируем на OX (угол α между OX и $\vec{v}_1$)

v_1 (выражение)

$$Ox: 2mv \cos \alpha = mv_1$$

$$\cos \alpha = \frac{v_1}{2v}$$

Проецируем на Oy : $2mv \sin \alpha = mv_2$

$$\begin{aligned} v_2 &= 2v \cdot \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} = 2v \cdot \sqrt{\frac{4v^2 - v_1^2}{4v^2}} = 2v \cdot \frac{\sqrt{4v^2 - v_1^2}}{2v} = \\ &= \sqrt{4v^2 - v_1^2} = \sqrt{(2v - v_1)(2v + v_1)} = \sqrt{35 \cdot 85} = \sqrt{5 \cdot 7 \cdot 5 \cdot 17} = 5 \cdot \sqrt{119} \approx \\ &\approx 5 \cdot \sqrt{121} \approx 55 \text{ м/с} \end{aligned}$$

2) Запишем 3(7): $\frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} = \frac{2mv^2}{2} + Q$, где Q - кол-во выделившегося тепла;
 $\frac{m(v_1^2 + v_2^2 - 2v^2)}{2} = Q = 2mc \Delta t$

$$c = \frac{v_1^2 + v_2^2 - 2v^2}{4 \Delta t} = \frac{25^2 + 55^2 - 2 \cdot 30^2}{4 \cdot 7,35} = \frac{625 + 3025 - 1800}{5,4} = \frac{7850}{5,4} \approx$$

$$\approx 343 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

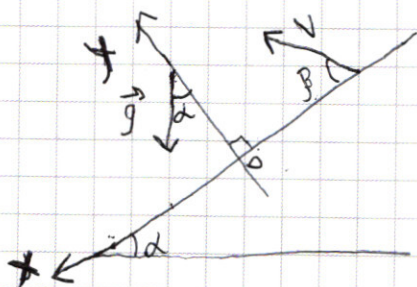
Ответ: $v_2 = 55 \text{ м/с}$; $c = 343 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$

$$v_1 = 30 \text{ м/с}$$

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

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

$\sqrt{2}$



1) Введем оси так, как показано на рисунке, тогда проекция $\vec{g}$ на Oy $g_y = g \cos \alpha$;

проекция $\vec{g}$ на Ox $g_x = g \sin \alpha$

Пусть шарик брошен со скоростью v

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

✓1

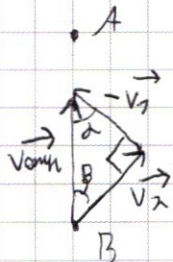
1) Перейдем в с.о. корабля. Тогда по закону Галилея

$$\vec{V}_2 = \vec{V}_{отн} + \vec{V}_1 \quad (\text{где } V_{отн} - \text{относительная скорость торпеды в с.о. корабля})$$

$$\vec{V}_{отн} = \vec{V}_2 - \vec{V}_1$$

Торпеда попадет в цель если $\vec{V}_{отн}$ направлена параллельно

AB



т.к. $\alpha + \beta = 90^\circ$, то $\angle$ между $\vec{V}_2$ и $-\vec{V}_1 = 90^\circ$

$$V_2 = V_1 \cdot \frac{1}{\cos \alpha} + g \alpha = \sqrt{3} V_1 = 8\sqrt{3} \text{ м/с}$$

2) $V_{отн} = \frac{V_2}{\cos \alpha} = 2 V_1 = 16 \text{ м/с}$

за T торпеда пройдет $x = V_{отн} \cdot T = 400 \text{ м} = 0,4 \text{ км}$

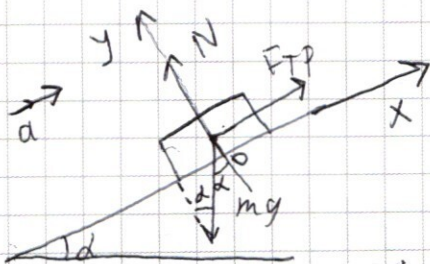
$s = l - x = 0,4 \text{ км}$

Ответ: 1) $V_2 = 8\sqrt{3} \text{ м/с}$; 2) $s = 0,4 \text{ км}$

✓3

1) т.к. начальная скор. шарика = 0, то $V_1 = gT = 2 \text{ м/с}$

2)



Зададим оси так, как показано на рисунке.

Запишем 2 закон Ньютона для блока:

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

0y: $0 = N - mg \cos \alpha$; $N = mg \cos \alpha$; $F_{тр} = N \mu = mg \cos \alpha \mu$

0x: $m \vec{a} = mg \cos \alpha \mu - mg \sin \alpha = mg (\cos \alpha \mu - \sin \alpha)$;

$\sqrt{2}$ (пропорционально)

Проекция v на OX : $v \cdot \cos \beta$, на OY : $v \cdot \sin \beta$. Заменим закон изменения координаты y : $y(t) = v \sin \beta t - \frac{g \cos \alpha t^2}{2}$

масса падает, когда $y(t) = 0$; $0 = (v \sin \beta - \frac{g \cos \alpha t}{2}) t$

$$v \sin \beta - \frac{g \cos \alpha t}{2} = 0$$

$$t = \frac{2 v \sin \beta}{g \cos \alpha}; \quad t_{\max} \text{ при } \sin \beta_{\max} \Rightarrow \sin \beta = 1$$

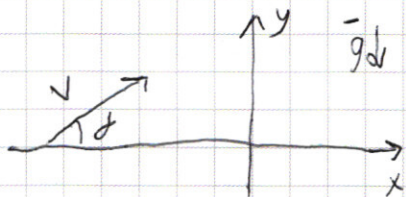
$$\Rightarrow \beta = 90^\circ$$

2) Заменим закон изменения координаты $x(t) = v \cos \beta t + \frac{g \sin \alpha t^2}{2}$

$$x(t) = \frac{g \sin \alpha t^2}{2}; \quad \text{при } t = t_{\max} \quad x = S; \quad \cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \sqrt{1 - 0,36} =$$

$$= \sqrt{0,64} = 0,8; \quad S = \frac{g \sin \alpha}{2} \cdot \frac{4 v^2 \sin^2 \beta}{g^2 \cos^2 \alpha} = \frac{2 v^2 \sin \alpha}{g \cos^2 \alpha};$$

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



Пусть на гор. поверхности мячик
спускает под α , тогда

$$x(t) = v \cos \alpha t$$

$$y(t) = v \sin \alpha t - \frac{g t^2}{2}$$

Когда бросок упадет $y(t) = 0$; $(v \sin \alpha - \frac{g t}{2}) t = 0$.

$$v \sin \alpha - \frac{g t}{2} = 0$$

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

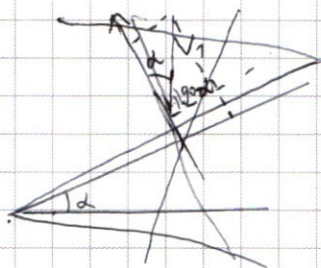
$$x(t) = v \cos \alpha t = \frac{2 v^2 \cos \alpha \sin \alpha}{g} = \frac{v^2 \sin (2\alpha)}{g}; \quad \text{При } L_{\max}$$

$$\sin (2\alpha)_{\max} \Rightarrow \sin (2\alpha) = 1 \Rightarrow L = \frac{v^2}{g} = \frac{S \cdot \cos^2 \alpha}{2 \sin \alpha} = \frac{7,8 \cdot 0,64}{2 \cdot 0,6} = 0,96 \text{ км}$$

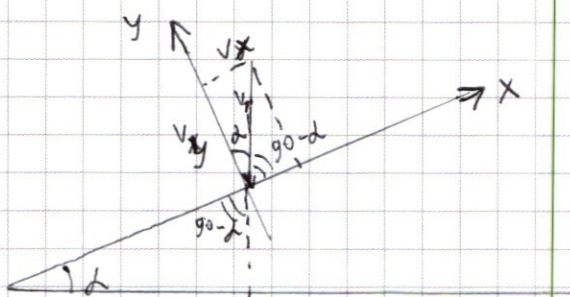
Ответ: 1) $\beta = 90^\circ$; 2) $L = 0,96 \text{ км}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

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

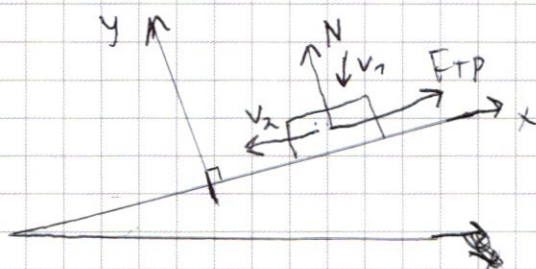


$\sqrt{3}$ (прозрачность)



~~Разложение~~

Спроецируем V_1 на ось: $V_y = V_1 \cos \alpha$
 $V_x = V_1 \sin \alpha$



изменение импульса $\Delta \vec{p} = \vec{N} \Delta t + \vec{F}_{tp} \Delta t$

$$Oy: 0 - (-mv_y) = N \Delta t \quad Ox: 0 - (-mv_x) = -mV_x + F_{tp} \Delta t$$

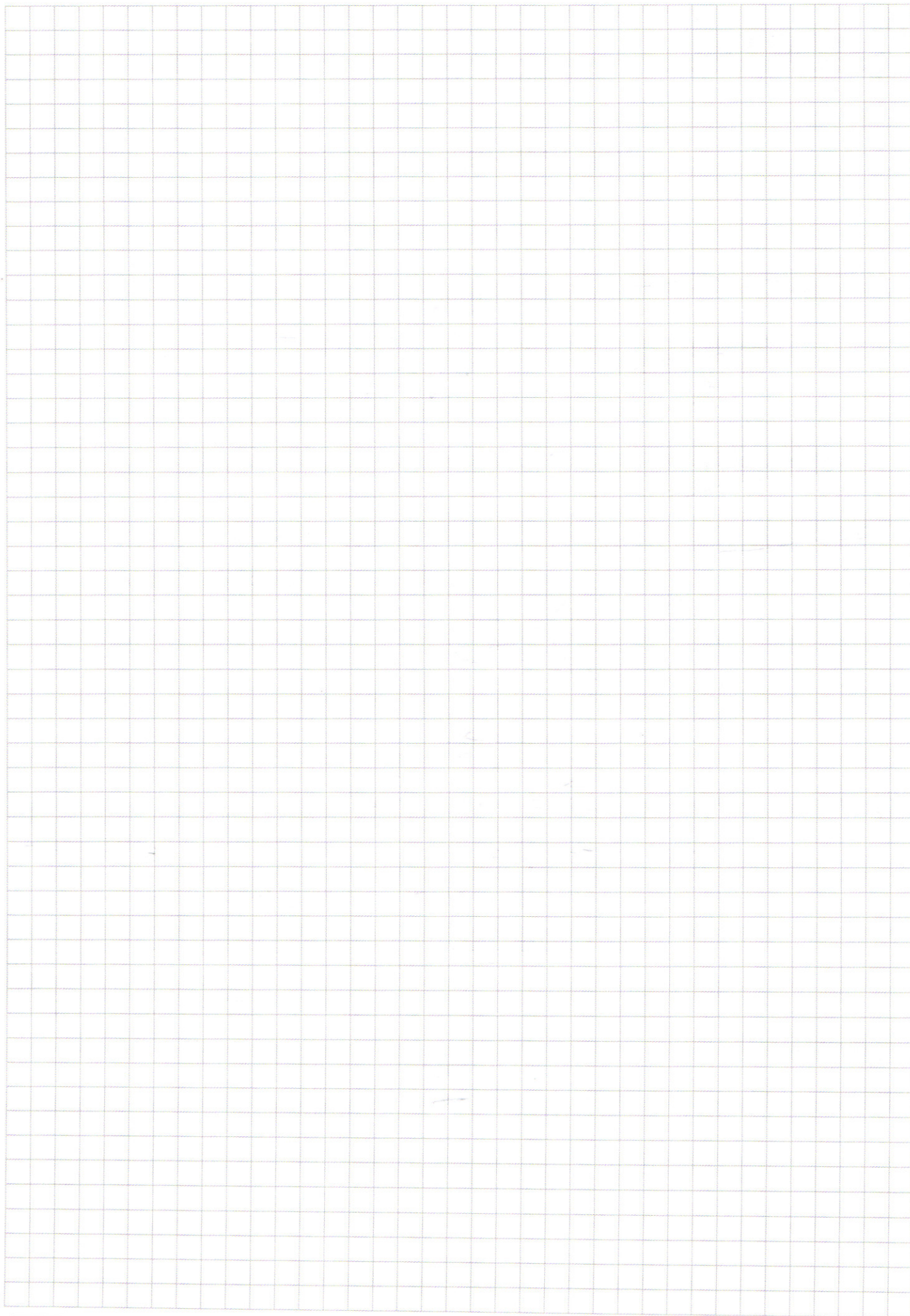
$$mV_1 \cos \alpha = N \Delta t \quad mV_x = mV_1 \cos \alpha \mu - mV_1 \sin \alpha$$

$$N = \frac{mV_1 \cos \alpha}{\Delta t} \quad = mV_1 (\cos \alpha \mu - \sin \alpha) =$$

$$= mV_1 \cdot \frac{a}{g} \Rightarrow V_x = V_1 \cdot \frac{a}{g} =$$

$$= 0,4 \text{ м/с}$$

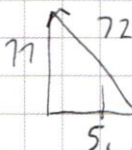
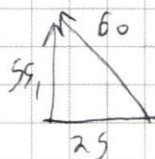
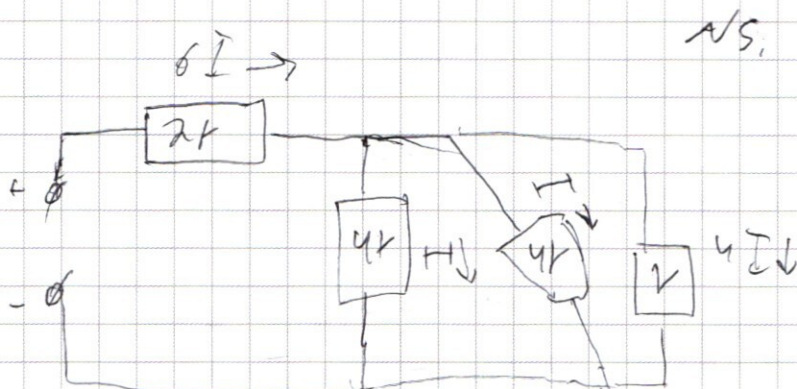
Ответ: 1) $V_1 = 2 \text{ м/с}$; 2) $V_x = 0,4 \text{ м/с}$



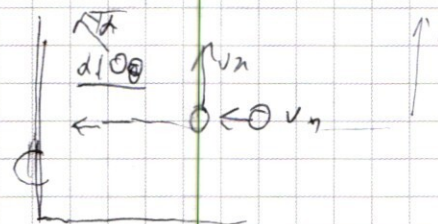
☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



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



$$m v \cos \alpha = m v_1$$

$$m v \sin \alpha = m v_2$$

$$30^2 - 25^2 + 55^2 - 60^2 = (55-60)(55+60)$$

$$-5 \cdot 115 = -565$$

$$\begin{array}{r} 3650 \\ - 2800 \\ \hline 850 \\ - 762 \\ \hline 88 \\ 230 \\ - 216 \\ \hline 140 \\ - 108 \\ \hline 320 \end{array}$$

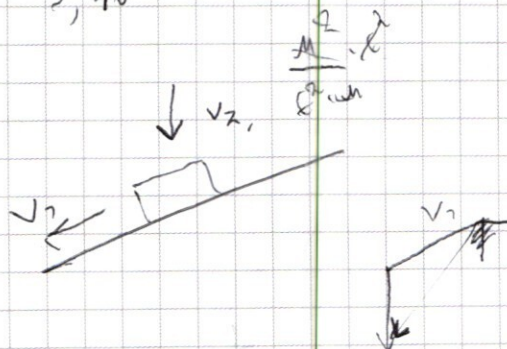
$$\begin{array}{r} 1850 \\ - 162 \\ \hline 230 \\ - 276 \\ \hline 54 \end{array}$$

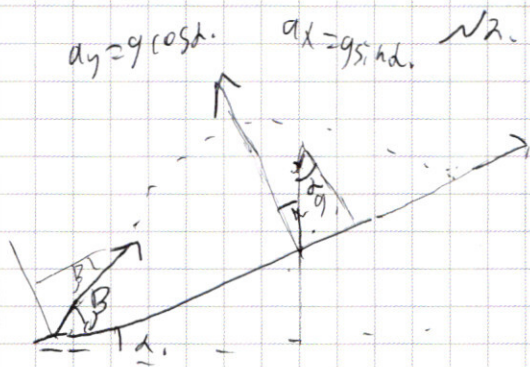
$$\begin{array}{r} 3,35 \\ \times 4 \\ \hline 13,40 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 25 \\ 25 \\ + 725 \\ 50 \\ \hline 625 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 55 \\ \times 55 \\ \hline 275 \\ + 275 \\ \hline 3025 \end{array}$$

$$900$$





$$y = v \sin \beta t - \frac{g \cos \alpha t^2}{2}$$

$$+ (v \sin \beta - \frac{g \cos \alpha}{2} t) = 0$$

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

$$90^\circ$$

$$1 - 0,36 = 0,64$$

$$\frac{0,32}{0,64 - 0,83}$$

$$2 \cdot 0,6$$

$$\vec{v}_1 = \vec{v}_{0 \text{ нн}} + \vec{v}_{c.0}$$

$$\vec{v}_{0 \text{ нн}} = \vec{v}_1 - \vec{v}_{c.0}$$

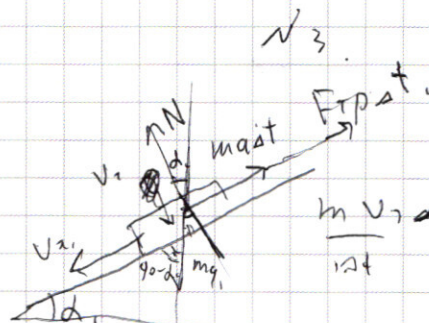
$$v_1 = gT$$

$$N \cos \alpha t = m v_1$$

$$N = \frac{m v_1}{\cos \alpha t}$$

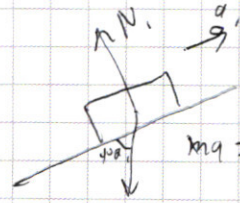
$$F_{\text{пр}} = N \sin \alpha t = \frac{m v_1}{\cos \alpha} \sin \alpha t = v_1 \tan \alpha$$

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



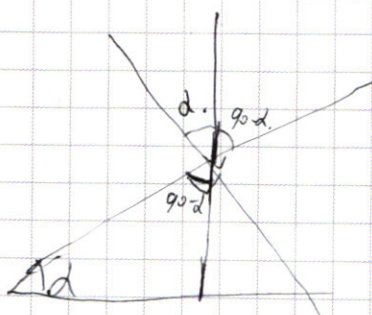
$$\frac{m v_1}{\cos \alpha} = N \sin \alpha$$

$$= m v_2$$

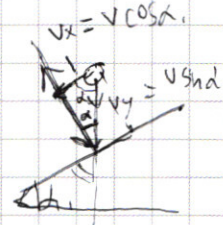


$$m g = -m g \cos \alpha + F_{\text{пр}} = m g \cos \alpha - m g \cos \alpha \mu$$

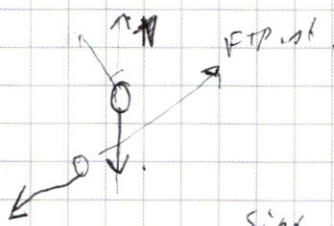
$$\sin \alpha - \cos \alpha \mu = 0,2$$



$$N \sin \alpha = m g \sin \alpha$$



$$F_{\text{пр}} = N \sin \alpha t = v_1 \mu \sin \alpha$$





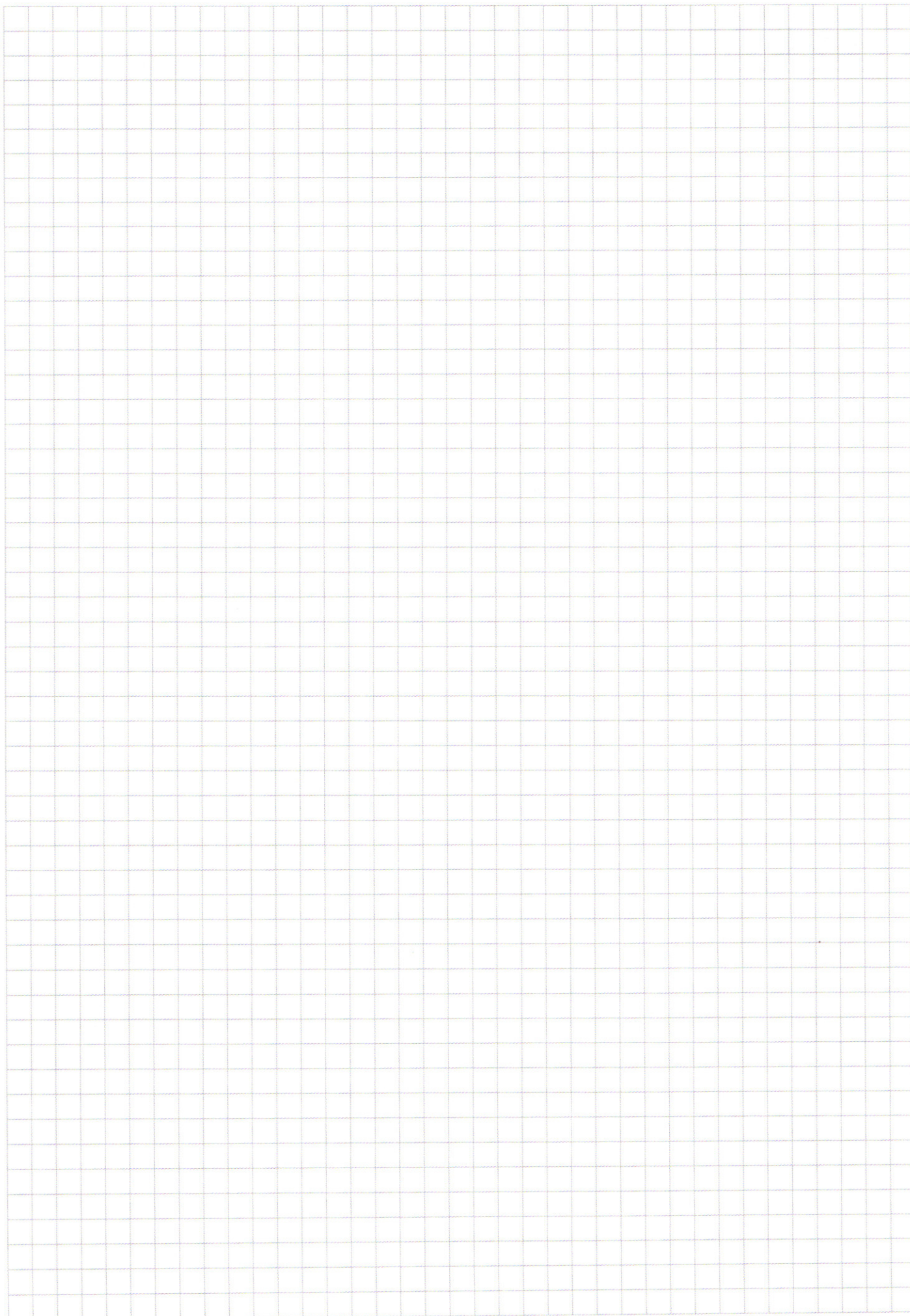
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)