

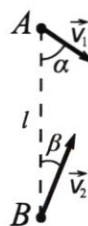
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

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.

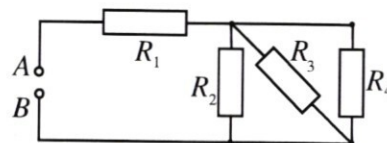
1) С какой скоростью V_2 двигался второй шарик перед слипанием?

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

$U_1 = 8 \text{ м/с}$
 $\alpha = 60^\circ$
 $\beta = 30^\circ$
 $U_2 = ?$
 $S = ?$
 $T = 25 \text{ с}$

$L = 0,8 \text{ км} = 800 \text{ м}$
 $AC = U_1 t_B$
 $BC = U_2 t_B$
 t_B - время, через которое корабль и торпеды встретятся

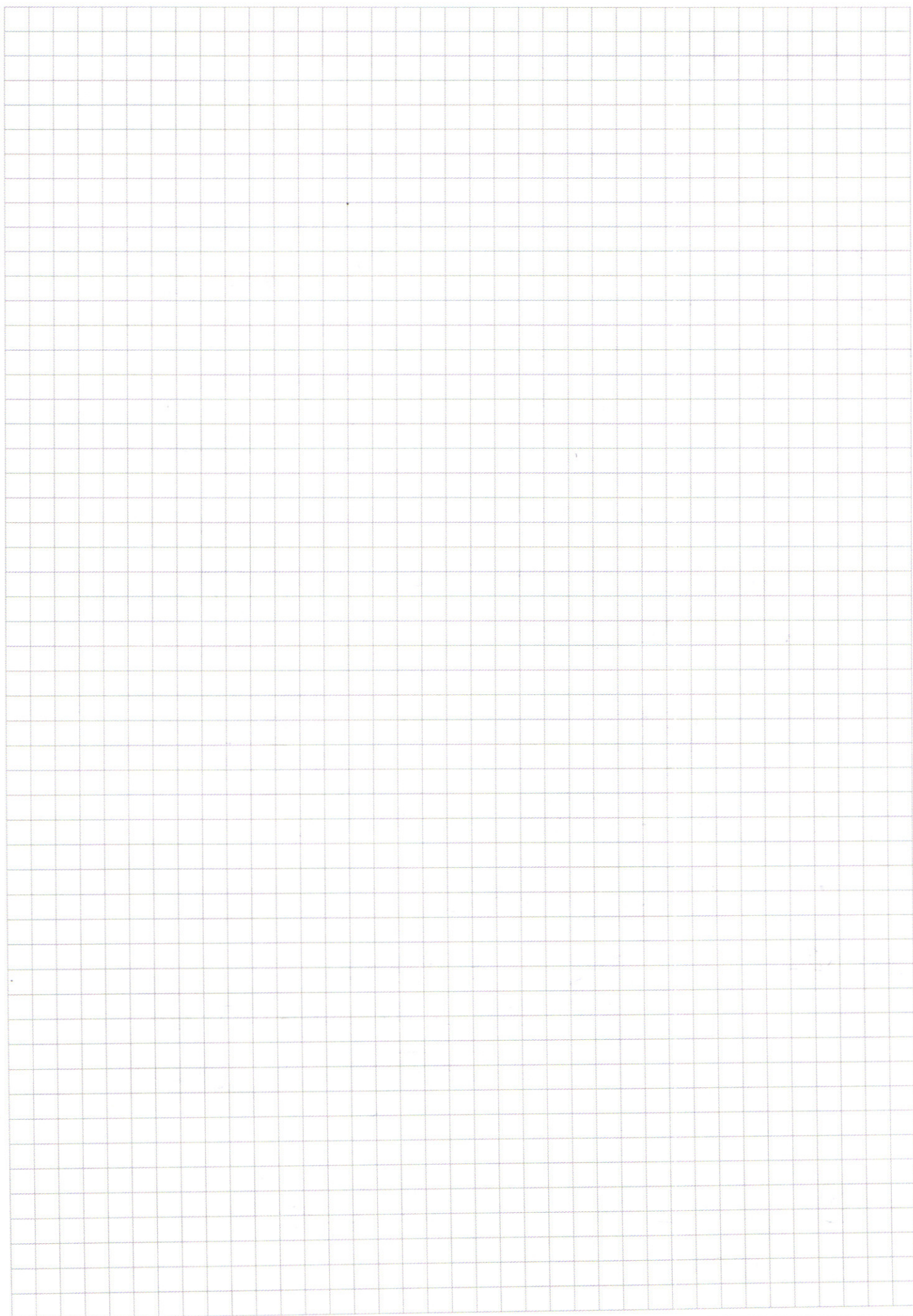
Если торпеда попадает в цель, то это произойдет в точке C.
 Заметим, что $\angle ACB = 90^\circ$
 Тогда $L \cos \alpha = U_1 t_B$
 $t_B = \frac{L \cos \alpha}{U_1}$
 $\cos \alpha = \frac{1}{2}$
 $\sqrt{3} \approx 1,7$
 $\sin \alpha = \frac{\sqrt{3}}{2}$

По т. Пифагора: $U_1^2 t_B^2 + U_2^2 t_B^2 = L^2$
 $U_2 = \sqrt{\frac{L^2}{t_B^2} - U_1^2}$
 $U_2 = \sqrt{\frac{L^2 U_1^2}{L^2 \cos^2 \alpha} - U_1^2} = \sqrt{\frac{U_1^2}{\cos^2 \alpha} - U_1^2}$
 $U_2 = U_1 \sqrt{\frac{1}{\cos^2 \alpha} - 1} = U_1 \sqrt{3}$
 $U_2 = 8 \cdot \sqrt{3} \approx 13,6 \text{ м/с}$

$\cos \beta = \frac{\sqrt{3}}{2}$
 $\cos \alpha = \frac{1}{2}$

$S = L - U_1 t - U_2 T \cos \beta$
 $S = L - T (U_1 \cos \alpha + U_2 \cos \beta)$

$S = 0,8 \cdot 10^3 - 25 \cdot \left(8 \cdot \frac{1}{2} + 8 \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \right)$
 $S = 400 \text{ м}$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2

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

$$S = 1,8 \cdot 10^3 \text{ м}$$

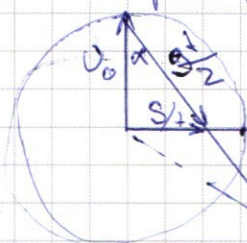
$$\beta = ?$$

$$L = ?$$

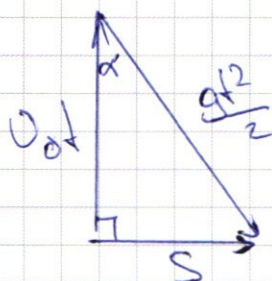
3

Заметим, что наибольшая
продолжительность полёта достигается
при $\beta = 90^\circ$, т.е. $\perp$ нав. броске.

$$\frac{gt^2}{2} - \text{max при } v_0 \perp \text{ нав.}$$



Решим $\vec{v}$ скорости на t :



$$\frac{gt^2}{2} \sin \alpha = S$$

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

$$\beta = 90^\circ$$

$$\frac{gt^2}{2} \cos \alpha = v_0 t$$

$$v_0 = \frac{g}{2} \cos \alpha \cdot \sqrt{\frac{2S}{g \sin \alpha}} = \cos \alpha \sqrt{\frac{Sg}{2 \sin \alpha}}$$

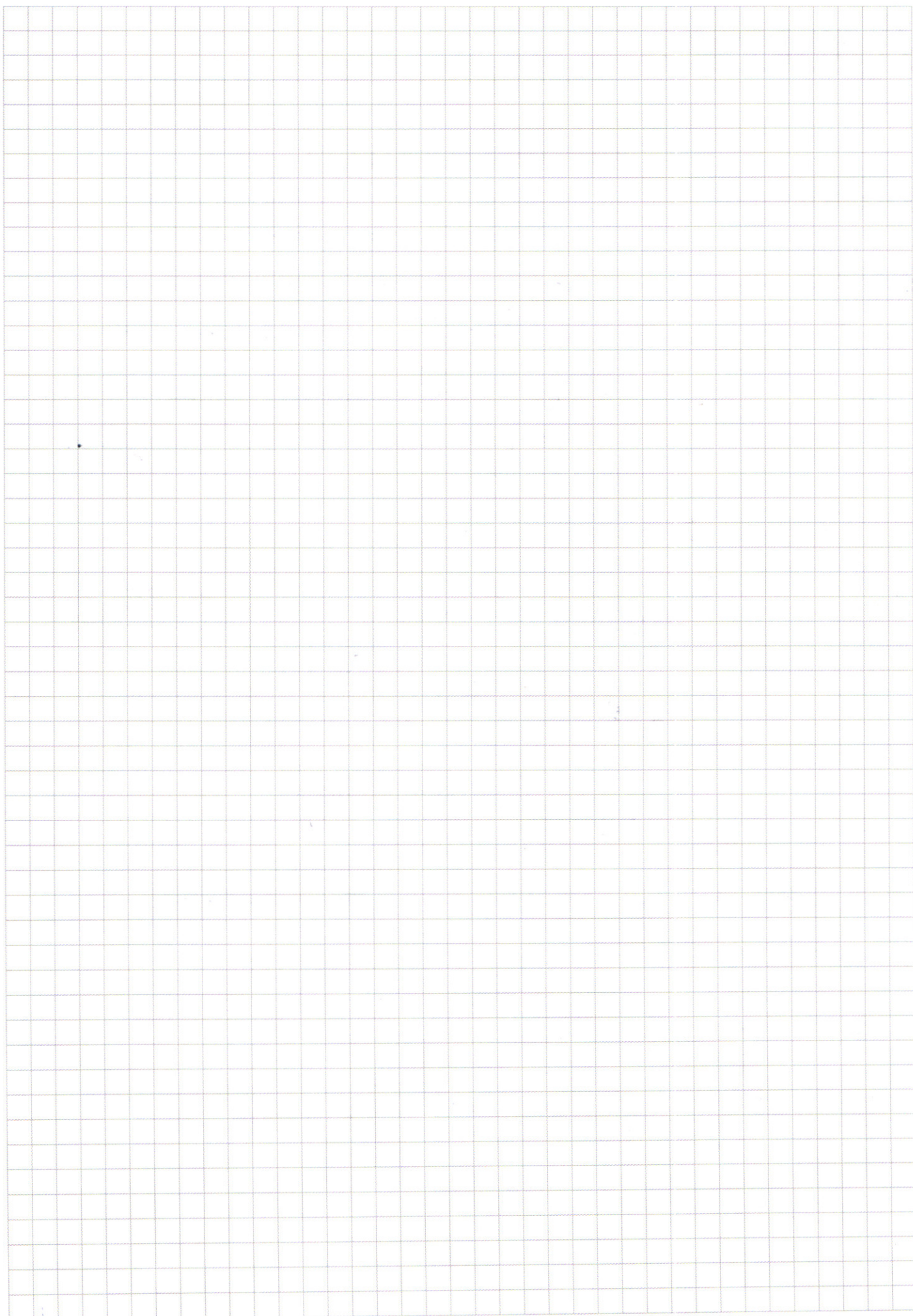
Если стрелка на горизонт. нав, то максимальная

дальность

$$L = \frac{v_0^2}{g} = \frac{\cos^2 \alpha S g}{2 \sin \alpha g} = \frac{\cos^2 \alpha S}{2 \sin \alpha}$$

$$L = \frac{0,8^2 \cdot 1,8 \cdot 10^3}{2 \cdot 0,6} = \frac{3 \cdot 0,64}{2} \cdot 10^3 = 0,96 \cdot 1000 =$$

$$L = 960 \text{ м}$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\sqrt{3}$$

$$a = 2 \text{ м/с}$$

$$T = 0,2 \text{ с}$$

$$1) U_1 = gT = 10 \cdot 0,2 = \underline{2 \text{ м/с}}$$

2)

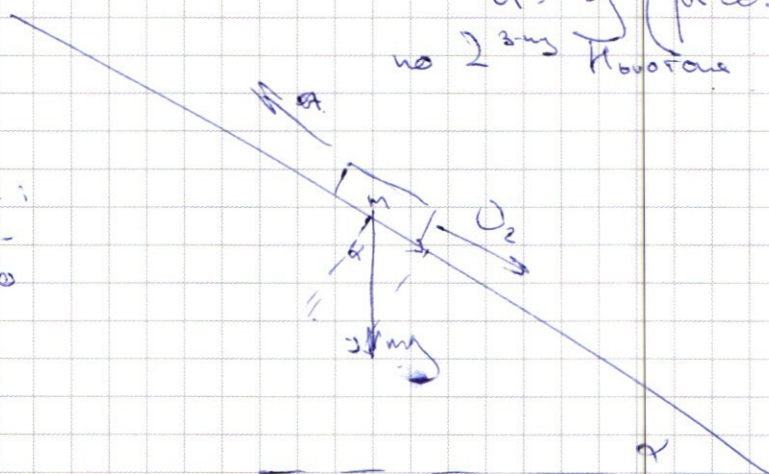
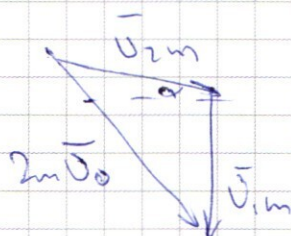
$$a = g(\mu \cos \alpha - \sin \alpha)$$

по 2-му Ньютона

Запишем ЗСН

для бруса и шарики:

$$m\vec{U}_1 + m\vec{U}_2 = 2m\vec{U}_0$$

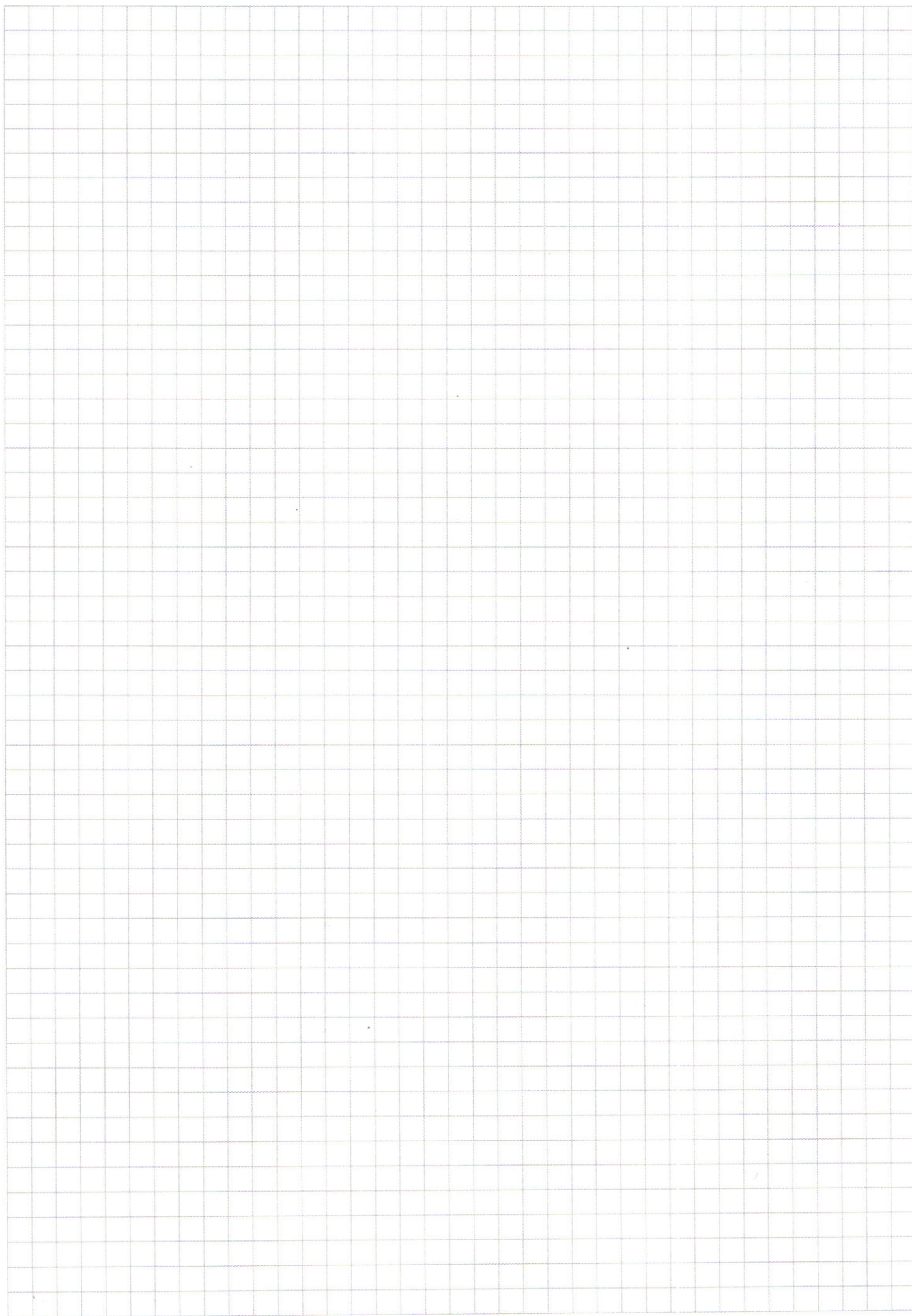


Как видим, ускорение системы не зависит от массы $\Rightarrow$ не меняется

$a = \text{const}$;

скорость бруса только увеличивается при падении шарика

Значит, $\underline{U_2 = 0}$ т.е. брусик уже остановился.



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4

Согласно ЗСИ, импульс системы из 2-х шариков не изменился.

Запишем ЗСИ в векторном виде:

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}$$

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = 2m \vec{v}$$

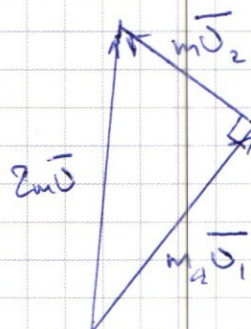
По т. Пифагора:

$$m^2 v_1^2 + m^2 v_2^2 = 4m^2 v^2$$

$$v_1^2 + v_2^2 = 4v^2$$

$$v_2 = \sqrt{4v^2 - v_1^2}$$

$$v_2 = \sqrt{4 \cdot 25^2 - 30^2} = \sqrt{2500 - 900} = \sqrt{1600} = 40 \text{ м/с}$$



$$v = 25 \text{ м/с}$$

$$v_1 = 30 \text{ м/с}$$

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

Найдём изменение кинетической энергии системы.
и запишем уравнение теплобалакса.

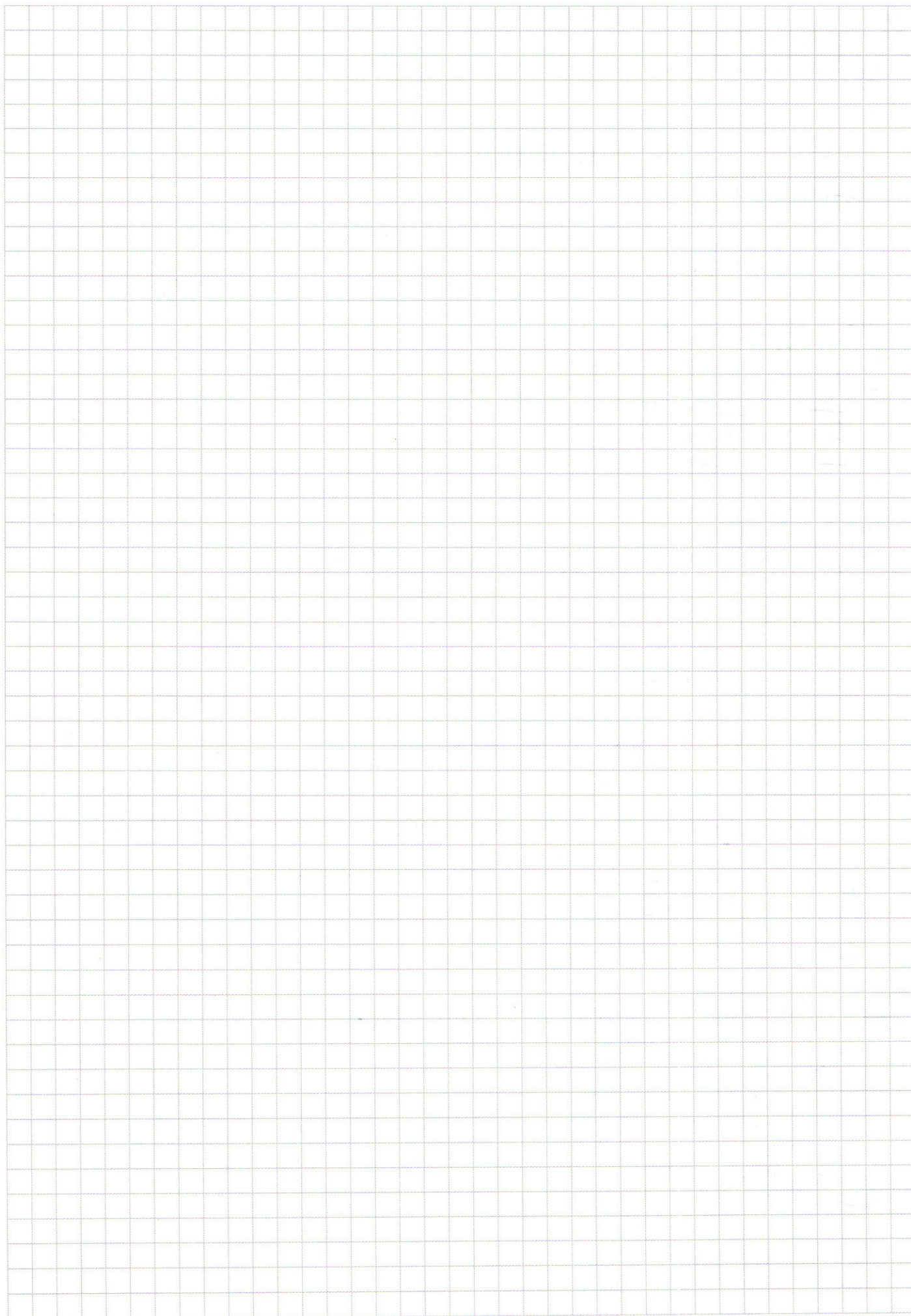
$$\Delta E_k = 2cm\Delta t$$

$$\frac{m}{2} \left((v_1^2 - v^2) + (v_2^2 - v^2) \right) = 2cm\Delta t$$

$$c = \frac{v_1^2 + v_2^2 - 2v^2}{4\Delta t}$$

$$c = \frac{30^2 + 40^2 - 2 \cdot 25^2}{4 \cdot 1,35} = \frac{900 + 1600 - 1250}{5,4} =$$

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

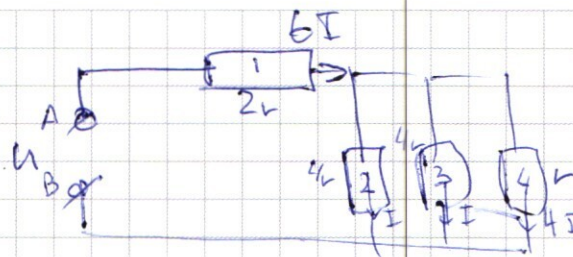


☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$R_{AB} = ?$$



Расставим токи в цепи в соответствии с Законом Ома
и правилами Кирхгофа.

$$R_{AB} = \frac{U_0}{I_0}$$

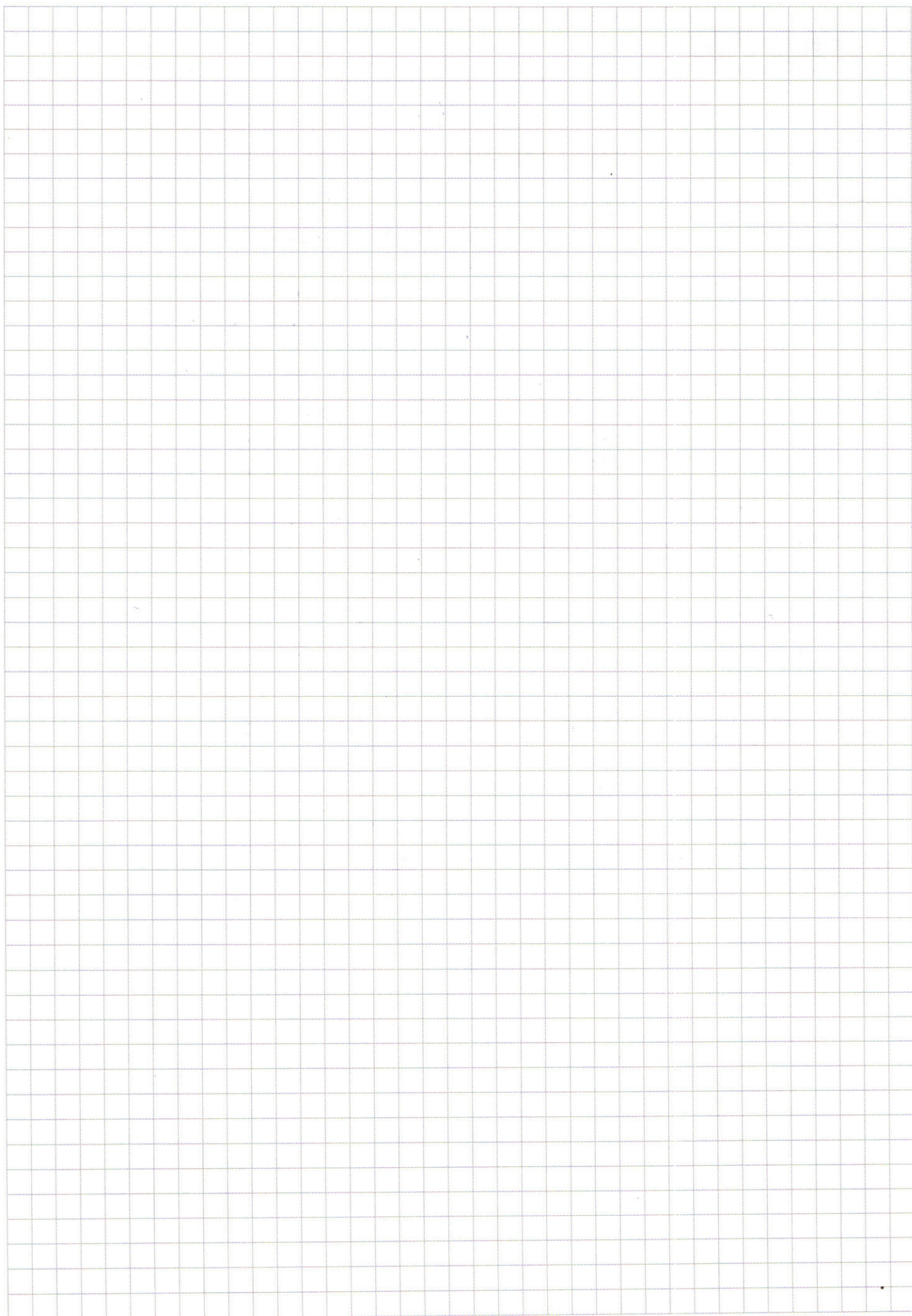
$$1) R_{AB} = \frac{6I \cdot 2r + 4I \cdot r}{6I} = \frac{16Ir}{6I} = \frac{8}{3}r$$

$$2) U = 16Ir; \quad I = \frac{U}{16r}, \quad I = \frac{8}{16 \cdot 6} = \frac{1}{12} A \quad U = 8V, \quad r = 60 \Omega$$

$$P_2 = P_3 = I^2 \cdot 4r; \quad P_2 = P_3 = \frac{4 \cdot 6}{12^2} = \frac{1}{6} B_T$$

$$P_4 = 4^2 I^2 \cdot r = 4P_2 = \frac{2}{3} B_T$$

$$\text{Ответ: } P_2 = P_3 = \frac{1}{6} B_T; \quad P_4 = \frac{2}{3} B_T.$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Handwritten calculations and diagrams on grid paper:

Top Left: A 3x3 magic square with numbers 1, 4, 9, 1, 4, 9, 1, 4, 9.

Top Center: $8\sqrt{3}$, $8^2 \cdot 3 \cdot 50^2 + 8^2 \cdot 50^2 = (0,8 \cdot 10^3)^2$, $(8^2 \cdot 4) \cdot 50^2 = 0,8 \cdot 10^3$, $8^2 \cdot 4$.

Top Right: $4 \cdot 25^2 = \frac{2500}{2} = 1250$, $2 \cdot 50 = 100$, $1250 - 100 = 1150$.

Middle Left: $Q_1 \sin \alpha = Q_2 \sin \beta$, $\sin \alpha = \frac{Q_2}{Q_1 \cdot 2} = \frac{8\sqrt{3}}{8 \cdot 2} = \frac{\sqrt{3}}{2}$.

Middle Center: $25 \cdot (4 + 4 \cdot 3) = 25 \cdot 16 = 400$, $2500 - 400 = 2100$.

Middle Right: $2 \cdot 3 \cdot 2 = 12$, $1,35$, $12500 \cdot 1,35 = 16875$, $16875 - 12500 = 4375$.

Bottom Left: $0,64$, $1,2$, $0,64$.

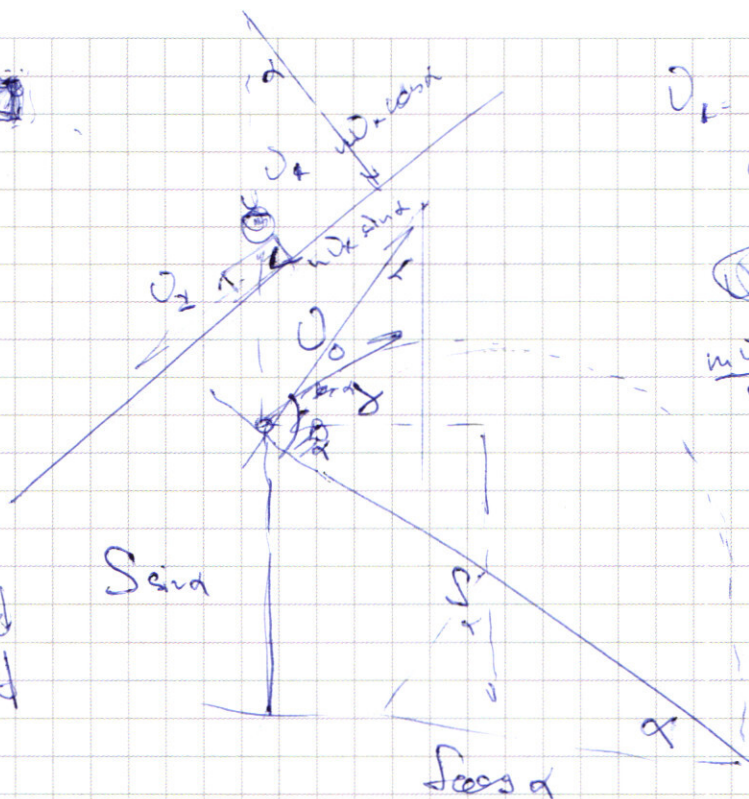
Bottom Center: A vector diagram showing a triangle with sides labeled $2m_0$, m_0 , and m_0 .

Bottom Right: A diagram showing a block on an inclined plane with angle α . Equations: $N = mg \cos \alpha$, $F_{\text{тр}} = \mu mg \cos \alpha$, $ma = \mu mg \cos \alpha - mg \sin \alpha$, $a = \mu g (\cos \alpha - \sin \alpha)$.

$$mD_x$$

$$mD_1 \sin \alpha + mD_2$$

$$mD_x$$



$$v = gT$$

$$\cos \alpha = gT$$

$$v = gT$$

$$\frac{mv^2}{2} = mgh$$

$$\frac{mg^2 T^2}{2} = mg \cdot \frac{g^2 T^2}{2}$$

$$2m = 2$$

$$p = m \cdot v$$

$$p = m \cdot gT$$

$$h = v \cos \alpha (T - \alpha)$$

$$h = v \sin \alpha$$

$$h \cos \alpha = \frac{S \cos \alpha}{S \cos \alpha} \cdot \frac{v \cos \alpha}{v \cos \alpha}$$

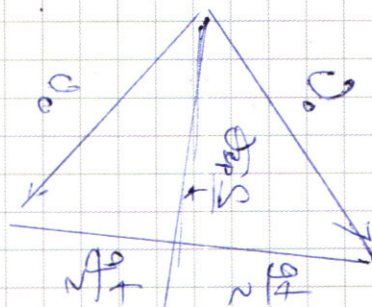
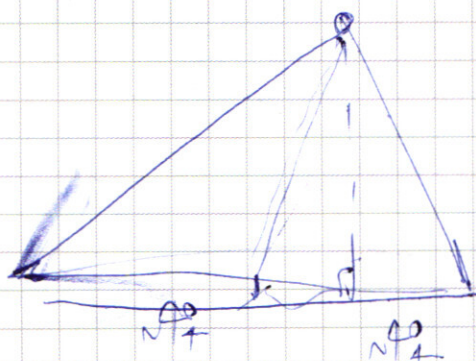
$$S \sin \alpha = \frac{gT^2}{2} - v \sin \alpha T$$

$$h = \frac{v \sin \alpha + \sqrt{v^2 \sin^2 \alpha + 2gS \sin \alpha}}{g}$$

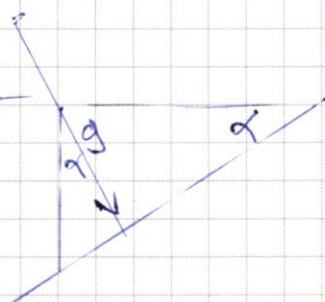
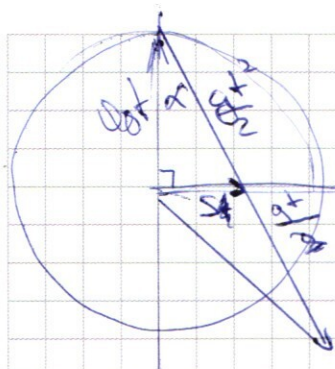
$$v \cos \alpha T = S \cos \alpha$$

$$v^2 \cos^2 \alpha \sin \alpha + \sqrt{v^2 \sin^2 \alpha + 2gS \sin \alpha} \cdot v \cos \alpha = S \cos \alpha$$

$$v \cos \alpha \sqrt{v^2 \sin^2 \alpha + 2gS \sin \alpha} = S \cos \alpha g - v^2 \cos^2 \alpha \sin \alpha$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$v_0 t = \frac{gt^2}{2} \sin \alpha = S$$

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

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

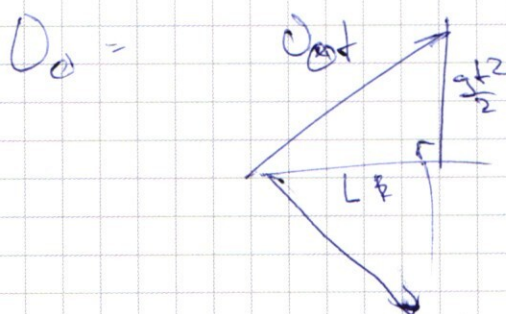
$$v_0 t = \frac{gt^2}{2} \cdot \cos \alpha$$

$$v_0 = \frac{g}{2} \cos \alpha \cdot \sqrt{\frac{2S}{g \sin \alpha}}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{Sg}{2 \sin \alpha}} \cos \alpha$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{1,8 \cdot 10^4}{1,2}} \cos \alpha$$

$$v_0 = \sqrt{1,5} \cdot \cos \alpha \cdot 10^2$$



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

$$\frac{v_0 t}{\sqrt{2}} = \frac{gt^2}{2} = L$$

$$L = \frac{v_0^2}{\sqrt{2}} \cdot \frac{L \cos \alpha}{g}$$

$$\frac{1,8}{1,2} \cdot \frac{1,2}{60}$$

$$v_0 \cos \alpha = \frac{gt}{2}$$

$$2v_0 \cos \alpha = gt$$

$$t = \frac{2v_0 \cos \alpha}{g}$$

$$v_0 \cos \alpha t = \frac{2v_0^2 \cos^2 \alpha}{g}$$

$$L = \frac{v_0^2}{2g}$$

$$v_0 \frac{\sqrt{2}}{2} = gt$$

