

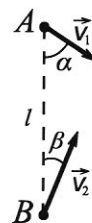
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Вариант 09-01

Класс 09

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

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?

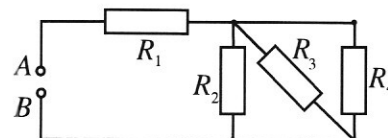
2) На сколько Δt ($^\circ\text{C}$) повысится температура шариков?

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

$l = 1 \text{ км}$
 $v_1 = 10 \text{ м/с}, \alpha = 60^\circ$
 $v_2 = 20 \text{ м/с}$
 $\sin \beta, T$

t — общ. время
 $\frac{l}{v_1 \cos \alpha + v_2 \cos \beta} = t$
 $t \cdot v_1 \sin \alpha = t \cdot v_2 \sin \beta \Rightarrow v_1 \sin \alpha = v_2 \sin \beta$

$$\sin \beta = \frac{v_1}{v_2} \cdot \sin \alpha = \frac{1}{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{\sqrt{3}}{4}$$

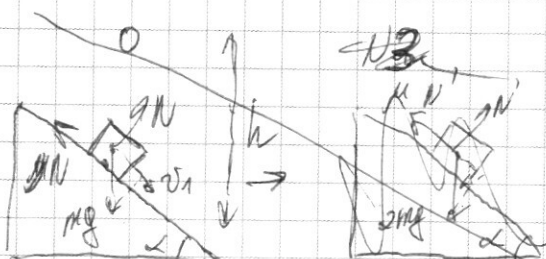
Измерение по Ох одинаковое, так что S выходит из измерения по Ох.

$$S = l - T(v_1 \cos \alpha + v_2 \cos \beta) \Rightarrow T = \frac{l - S}{v_1 \cos \alpha + v_2 \cos \beta}$$

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

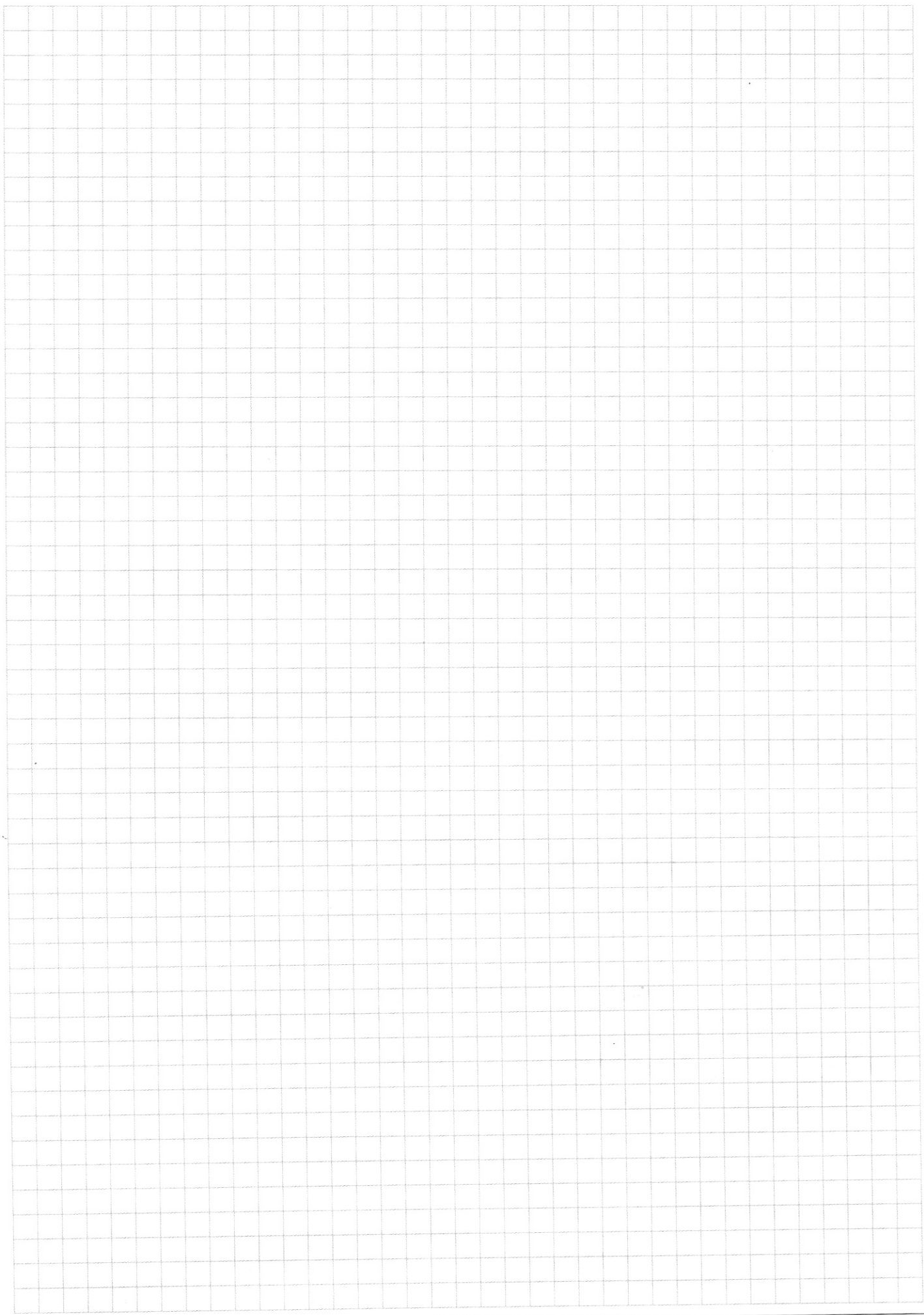
$$T = \frac{1000 \text{ м} - 740 \text{ м}}{(10 \cdot 0,5 + \frac{\sqrt{3}}{4} \cdot 20) \text{ м/с}} = \frac{260}{5 + 5\sqrt{13}} \text{ с} = \frac{46}{1 + \sqrt{13}} \text{ с} \approx \frac{46}{4,6} \text{ с} = 10 \text{ с}$$

Ответ: $\sin \beta = \frac{\sqrt{3}}{4}$; $T = 10 \text{ с}$



$Q = \text{работа силы трения}$
 $Q = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + mgh$

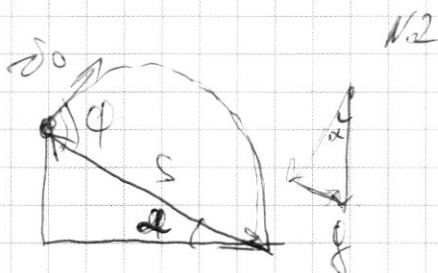
$\mu mg \cos \alpha - mg \sin \alpha = ma$
 $2 \mu mg \cos \alpha - 2 mg \sin \alpha = 0$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$\alpha = 30^\circ$, $S = 0,8 \text{ м}$
 $t - \text{max}$; $\varphi, v_0 - ?$
 $t - \text{время полета}$

$$t \cdot v_0 \cdot \cos \varphi + \frac{gt^2}{2} \cdot \sin \alpha = S$$

$$v_0 t / \sin \varphi - \frac{gt^2}{2} \cos \alpha = 0$$

~~$$v_0 = \frac{S}{t \cos \varphi}$$~~

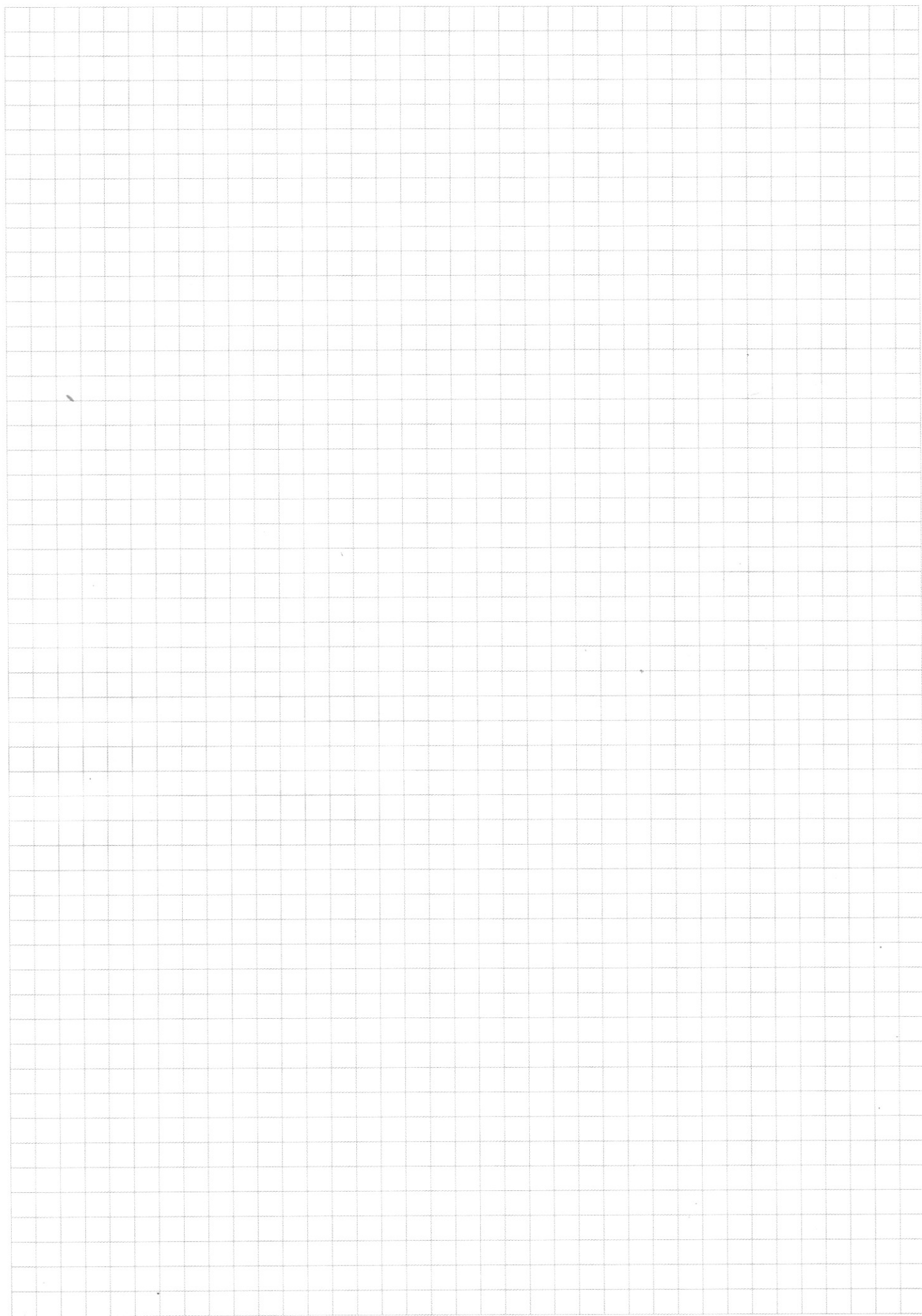
$$t = \frac{2v_0 \sin \varphi}{g \cos \alpha}, \quad \sin \varphi - \text{max} \Rightarrow \varphi = 90^\circ$$

$$t = \frac{2v_0}{g \cos \alpha}, \quad \frac{gt^2}{2} \sin \alpha = S \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2S}{g \sin \alpha}}$$

$$v_0^2 = \left(\frac{g \cos \alpha \cdot t}{2} \right)^2 = \frac{g^2 \cos^2 \alpha \cdot 2S}{4g \sin \alpha} = \frac{\cos^2 \alpha \cdot S \cdot g}{2 \sin \alpha} = \frac{3}{4} \cdot \frac{800 \cdot 10}{1} \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} =$$

$$= 6000 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} \Rightarrow v_0 = 10\sqrt{60} = 10\sqrt{5 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 3} = 20\sqrt{15} \approx 80 \text{ м/с}$$

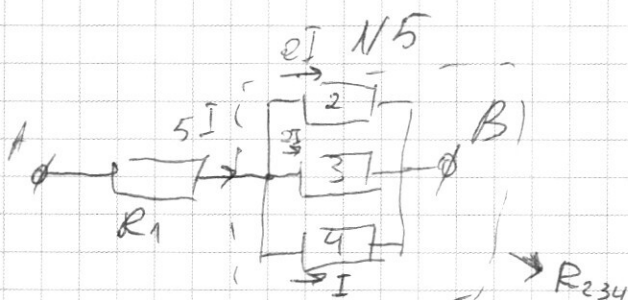
Ответ: $\varphi = 90^\circ$; $v_0 = 80 \text{ м/с}$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$R_1 = 3 \Omega; R_2 = R_3 = 2 \Omega; R_4 = 4 \Omega$$

$$U = 38 \text{ В}, \kappa = 10 \Omega$$

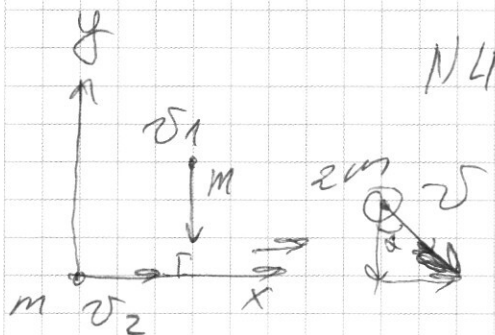
$$R_{AB} = ?, I_{\text{через } R_4} = ?$$

$$R_{234} = \frac{\frac{R_2 \cdot R_4}{\frac{R_2}{2} + R_4}}{\frac{R_2}{2} + R_4} = \frac{4 \cdot 4 \Omega}{4 + 4 \Omega} = 0,8 \Omega$$

$$R_{AB} = R_1 + R_{234} = 3,8 \Omega = 38 \Omega$$

$$5I = \frac{U}{R_{AB}} = \frac{38 \text{ В}}{38 \Omega} \Rightarrow I = 0,2 \text{ А}$$

Ответ: $R_{AB} = 3,8 \Omega$ или 38Ω при $\kappa = 10 \Omega$; $I = 0,2 \text{ А}$



$$v_1 = 60 \text{ м/с}; v_2 = 80 \text{ м/с}$$

p_x — импульс по Ox = импульс шара №2

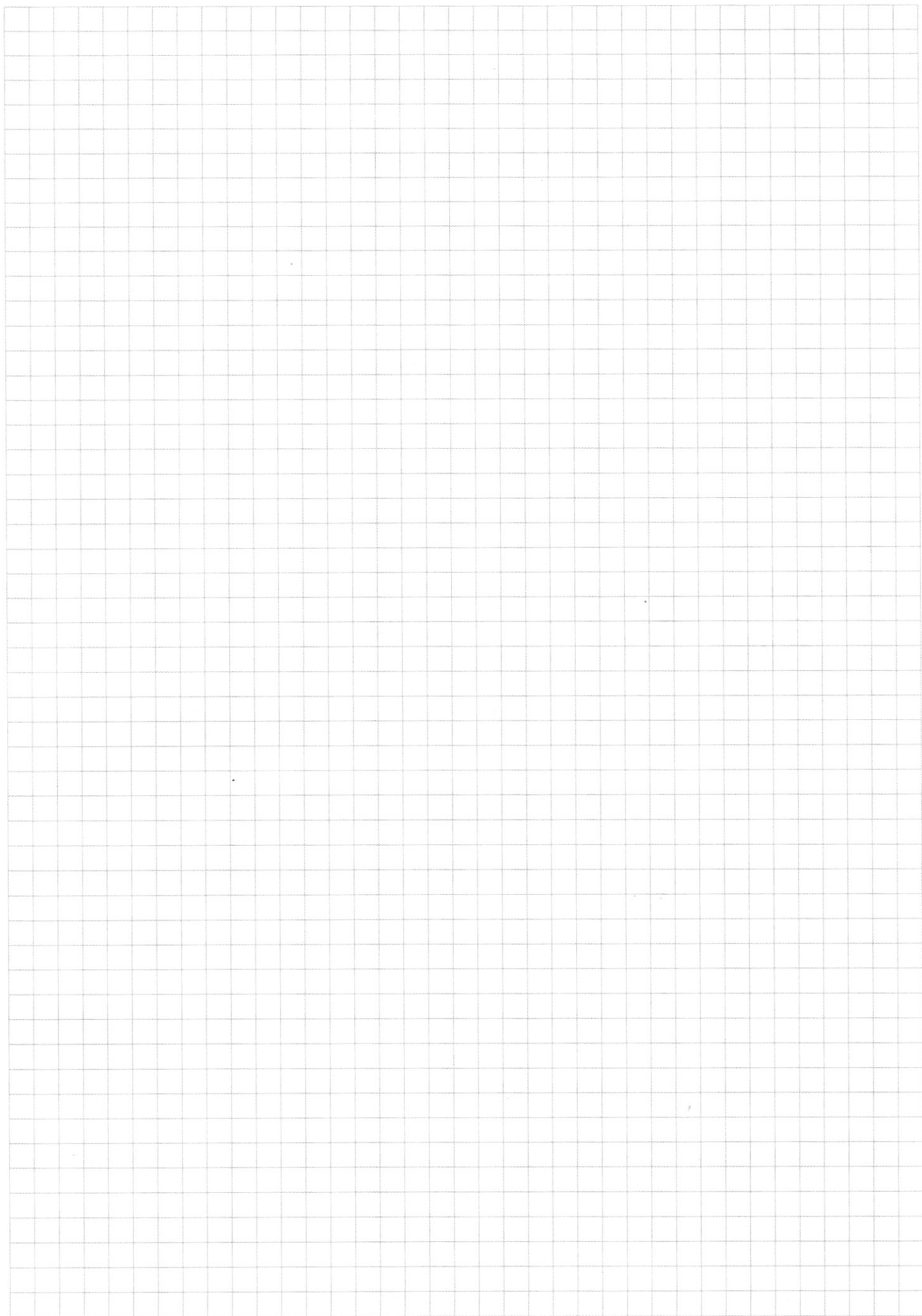
p_y — импульс по Oy = импульс шара №1

$$\begin{cases} m v_2 = 2m v \sin \alpha \\ m v_1 = 2m v \cos \alpha \end{cases}$$

$$\begin{cases} m v_2 = 2m v \sin \alpha \Rightarrow v_x = \frac{v_2}{2} \\ m v_1 = 2m v \cos \alpha \Rightarrow v_y = \frac{v_1}{2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} m v_2 = 2m v \sin \alpha \Rightarrow v_x = \frac{v_2}{2} \\ m v_1 = 2m v \cos \alpha \Rightarrow v_y = \frac{v_1}{2} \end{cases}$$

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{\frac{v_2^2}{4} + \frac{v_1^2}{4}} = \left(\frac{60 \cdot 60 + 80 \cdot 80}{4} \right)^{\frac{1}{2}} \text{ м/с} = \left(\frac{30 \cdot 30 + 40 \cdot 40}{1} \right)^{\frac{1}{2}} = \sqrt{900 + 1600} = \sqrt{25 \cdot 100} = 50 \text{ м/с}$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4 (продолжение)

Q - энергия, выделившаяся в тепло

$$\frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + Q$$

$$Q = \frac{m}{2} (v_1^2 + v_2^2 - v^2) = (80^2 + 60^2 - 50^2) \frac{m}{2} \cdot \frac{m^2}{c^2} =$$

$$= (6400 + 3600 - 2500) \frac{m}{2} \cdot \frac{m^2}{c^2} = (3200 + 1800 - 1250) m \cdot \frac{m^2}{c^2} =$$

$$= 3750 m \cdot \frac{m^2}{c^2}$$

$$Q = 3750 m \cdot \frac{m^2}{c^2} = 20 m \Delta t \Rightarrow \Delta t = \frac{3750}{20} \text{ } ^\circ\text{C} =$$

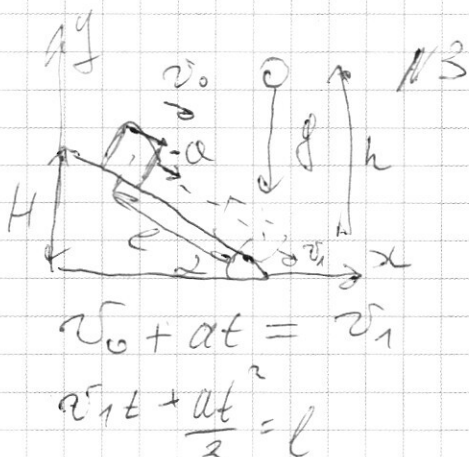
$$= \frac{375}{2} \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\begin{array}{r} 375 \overline{) 26} \\ \underline{26} \\ 115 \\ \underline{104} \\ 110 \\ \underline{104} \\ 60 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 26 \\ \underline{4} \\ 104 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 375 \overline{) 5} \\ \underline{45} \\ 15 \\ \underline{15} \\ 0 \end{array}$$

Ответ: $\Delta t \approx 14,42 \text{ } ^\circ\text{C}$, $v = 50 \text{ м/с}$



t - время падения шарика

$$h = \frac{gt^2}{2}, v_2 = gt = \sqrt{2gh} = 4 \text{ м/с}$$

v_0 - и. скорость шарика (по условию)

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = 0,4 \text{ с}$$

$$v_0 + at = v_1$$

$$l = v_1 t + \frac{at^2}{2}$$

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

$$v_0^2 m + 2gh = v_1^2 m + 2\mu mg \cos \alpha \cdot l$$

$$v_0 + at = v_1$$

$$l = v_1 t + \frac{at^2}{2}$$

$$v_0^2 + 2gl \sin \alpha = v_1^2 + 2(a + g \sin \alpha) \cdot l$$

$$v_0^2 + 2gl \sin \alpha = v_1^2 + 2al + 2gl \sin \alpha$$

$$l = \frac{v_0^2 - v_1^2}{2a}$$

$$a = \frac{2a(v_1 t + \frac{at^2}{2}) + v_1^2}{2(v_1 t + \frac{at^2}{2}) + v_1^2} = at + v_1$$

$$gt = v_2; (\mu g \cos \alpha - g \sin \alpha)t = v_0 - v_1 - v_0$$

$$(\mu \cos \alpha - \sin \alpha)v_2 = v_1 - v_0$$

$$\frac{a}{g} v_2 = v_1 - at$$

$$a = \frac{v_1}{\frac{v_2}{g} + t} = \frac{1 \text{ м/с}}{\frac{4 \text{ м/с}}{10 \text{ м/с}^2} + 0,4 \text{ с}} = 0,8 \text{ м/с}^2 = 1,25 \text{ м/с}^2$$

$$\text{ответ: } v_2 = 4 \text{ м/с}; a = 1,25 \text{ м/с}^2$$

$$\frac{a}{g} v_2 = at$$

$$\text{ответ: } v_2 = 4 \text{ м/с}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\sigma_1 \cos \alpha + \frac{at^2}{2} \cdot \cos \alpha =$$

№3 (продолжение)

$$\sigma_1 + \frac{at^2}{2} = l$$

$$\mu N - mg = ma$$

$$\begin{cases} \mu N - mg \sin \alpha = ma \\ \mu N' - m \sin \alpha (a + g) = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} m \dot{v}_0^2 + mgH = m \dot{v}_1^2 + 2a^2 \\ m \dot{v}_0^2 + 2mgH = m \dot{v}_1^2 + 2\mu mg \end{cases}$$

N' - сила р. опоры в момент соударения

$$\begin{cases} \mu N - mg \sin \alpha = ma \\ \mu N' - 2m \sin \alpha g = 0 \end{cases}$$

$$\mu N + ma = \frac{\mu N'}{2}$$

$$t = \frac{v_{\text{н}} - v_{\text{к}}}{2a}$$

$$N = mg \cos \alpha, N' = m \cos \alpha (g + a)$$

$$\begin{cases} \mu mg \cos \alpha - mg \sin \alpha = ma \\ \mu mg \cos \alpha (g + a) - 2m \sin \alpha g = 0 \end{cases}$$

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

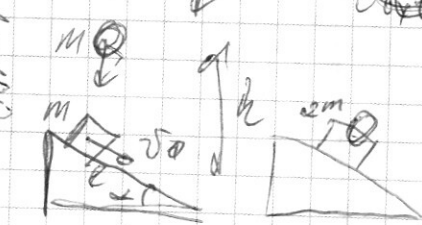
$$\mu \cos \alpha = \sin \alpha$$

$$\begin{aligned} L &= h + \frac{v^2}{2} \\ L &= 1.5 + \frac{v^2}{2} \\ L &= 4 - 2.5 = 1.5 \end{aligned}$$

$$mgH = Q_1$$

$$L = 1 - 1.5 = -0.5$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N$$



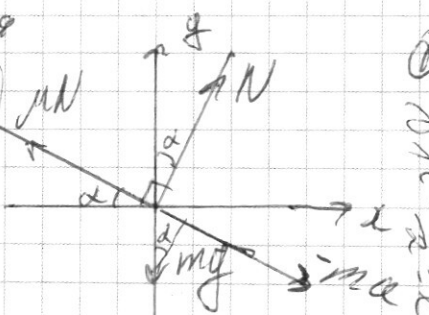
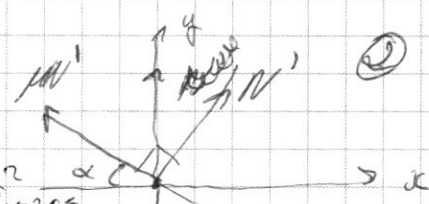
$$a = 1.5g$$

$$L = 1.5g$$

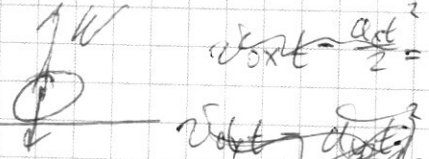
$$2 \mu mg \cos \alpha = 2mg \sin \alpha$$

$$h = \frac{gt^2}{2} = x = \sqrt{\frac{2h}{g}} = 0.4$$

$$v = gt = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0.8} = 4 \text{ м/с}$$



$$\mu mg \cos \alpha = m \sin \alpha$$



$$a = 1.5g$$

$$L = 1.5g$$

$$L = 1.5g$$

$$L = 1.5g$$

$$\begin{aligned} \mu (v_0^2 + 2gH) &= \mu v_1^2 + 2\mu mg \cos \alpha l \\ v_0^2 + 2gH \sin \alpha &= v_1^2 + 2(a + g \sin \alpha) l \end{aligned}$$

$$v_k - v_m = \frac{v_k - v_m}{2t} \Rightarrow t = \frac{v_k - v_m}{a}$$

$$L = v_m t + \frac{a t^2}{2} = \frac{v_m (v_k - v_m)}{a} + \frac{a (v_k - v_m)^2}{2a^2} =$$

$$= \frac{2 v_m (v_k - v_m) + (v_k - v_m)^2}{2a} = \frac{(2 v_m + v_k - v_m) (v_k - v_m)}{2a} =$$

$$= \frac{v_k^2 - v_m^2}{2a}$$

$$v_0^2 \cdot m + 2gh + v_2^2 m = 2 \mu m g \cos \alpha \cdot l + Q_2 = v_0^2 m + 2 \mu m g \cos \alpha \cdot l + \frac{v_2^2}{2g} m$$

$$v_1^2 m + 2 \mu m g \cos \alpha \cdot l + v_2^2 m = \dots + Q_2$$

$$E_{K0} + 2gh +$$

$$\mu g \cos \alpha$$

$$\begin{cases} E_{K0} + A + E_{K2} = A_{TP} + Q_2 \\ E_{K0} + A = E_{K1} + A_{TP} \end{cases}$$

$$E_{K2} = Q_2 - E_{K1}$$

$$Q_2 = E_{K2} + E_{K1}$$

$$\mu g \cos \alpha - 2a = a$$

$$\mu g \cos \alpha = 3a$$

$$\mu g \cos \alpha = 1,5 g \sin \alpha$$

$$A_{TP} = E_{K0} + \Pi - E_{K1}$$

$$\mu \cos \alpha = 1,5 \sin \alpha$$

$$\mu m g \cos \alpha \cdot l = \frac{m v_0^2}{2} + m g h - \frac{m v_1^2}{2}$$

$$\mu m g \cos \alpha \cdot l = \frac{v_0^2}{2} + g l \sin \alpha - \frac{v_1^2}{2}$$

$$(a + g \sin \alpha) \cdot l = \frac{v_0^2 - v_1^2}{2} + 2 g l \sin \alpha$$

$$(a + g \sin \alpha) \frac{v_1^2 - v_0^2}{2a} = \frac{v_0^2 - v_1^2}{2} + 2 g l \sin \alpha$$

$$(a + g \sin \alpha) \frac{v_1^2 - v_0^2}{2a} = \frac{v_0^2 - v_1^2}{2} + (2 g \sin \alpha) \frac{v_1^2 - v_0^2}{2a} \quad \left(: \frac{v_1^2 - v_0^2}{2} \right)$$

$$\frac{(a + g \sin \alpha)}{a} = 1 + \frac{2 g \sin \alpha}{a}$$

$$g \sin \alpha = 2a$$

$$1 + \frac{g}{a} \sin \alpha = 1 + \frac{g}{a} \cdot 2 \sin \alpha$$

$$2 = \frac{g}{a} \cdot \sin \alpha$$