

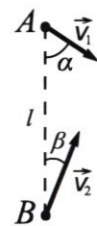
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 09

Вариант 09-02

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

1. Корабль A и торпеда B в некоторый момент времени находятся на расстоянии $l = 0,8$ 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.

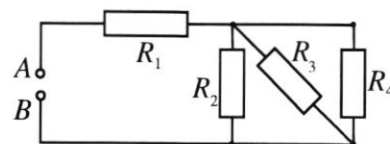
1) С какой скоростью V_2 двигался второй шарик перед слипанием?

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?





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)

$$mV_1^2 + mV_2^2 = 4m\Delta t + 2mV^2 \quad | : m$$

$$V_1^2 + V_2^2 = 4\Delta t + 2V^2$$

$$\frac{V_1^2 + V_2^2 - 2V^2}{4\Delta t} = C$$

$$C = \frac{900 \frac{m^2}{c^2} + 1600 \frac{m^2}{c^2} - 1250 \frac{m^2}{c^2}}{4 \cdot 1,35^\circ C}$$

$$C = \frac{1250}{5,4} \cdot \frac{2m}{Kl \cdot ^\circ C} \approx 231,48 \frac{2m}{Kl \cdot ^\circ C}$$

Ответ: $V_2 = 40 \frac{m}{c}$; $C = 231,48 \frac{2m}{Kl \cdot ^\circ C}$

Дано:

$$R_1 = 2r$$

$$R_2 = R_3 = 4r$$

$$R_4 = r$$

$$U = 8B$$

$$r = 60M$$

Найти:

$$1) R_{AB} = ?$$

$$2) P = ?$$

Решение: ^{N5}

1. 1) Пусть R_{234} — суммарное сопротивление резисторов R_2, R_3 и R_4 .

Тогда: $\frac{1}{R_{234}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}$ — т.к. они параллельны

$$\frac{1}{R_{234}} = \frac{R_3 R_4 + R_2 R_4 + R_2 R_3}{R_2 R_3 R_4}$$

~~$$R_{234} = \frac{R_2 R_3 R_4}{R_3 R_4 + R_2 R_4 + R_2 R_3}$$~~

$$R_{234} = \frac{R_2 R_3 R_4}{R_4 R_3 + R_2 R_3 + R_2 R_4}$$

$$R_{234} = \frac{4r \cdot 4r \cdot r}{4r^2 + 16r^2 + 4r^2} = \frac{16r^3}{24r^2} = \frac{2}{3} r$$

2) R_{AB} складывается из двух послед. ур-ков

$$R_{AB} = R_1 + R_{234}$$

$$R_{AB} = 2r + \frac{2}{3}r = 2\frac{2}{3}r = \frac{8}{3}r$$

$$R_{AB} = \frac{8}{3} \cdot 60M = 160M$$

2. Зная, что формула мощ-ти $P = I^2 R$, можем найти искомого мощ-ти P .

$$P = I^2 R_{234}, \text{ т.к. } I = \frac{U}{R_{AB}} \Rightarrow P = \frac{U^2}{R_{AB}^2} \cdot R_{234}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$L = \frac{9600 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} \cdot 1}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 960 \text{ м} = 0,96 \text{ км}$$

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

Дано:

$$m_1 = m_2 = m$$

массы шариков
 m_1 и m_2 равны,

т.к. шарик
одинаковы
 $\Delta t = 1,35 \text{ с}$

$$V = 75 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$V_1 = 30 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$V_1 \perp V_2$$

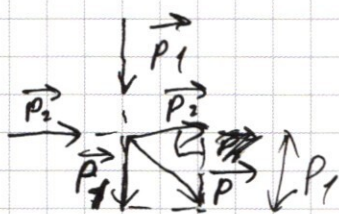
Найти:

$$1) V_2 = ?$$

$$2) \beta = ?$$

Решение:

1. Изобразим импульсы $\vec{P}_1, \vec{P}_2$ и $\vec{P}$ 1-го шарика, 2-го шарика и общий после их столкновения.



По закону сохр. имп-са

$$\sum \vec{P}_k = \sum \vec{P}_k$$

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

Из рисунка видно, что импульсы образуют прямоугольный треугольник $\Rightarrow P_1^2 + P_2^2 = P^2$, где $P_1 = mV_1$
 $P_2 = mV_2$

После столкновения шарик образует конструкцию массой $2m \Rightarrow P = 2mV$

$$\text{Тогда: } m^2 V_1^2 + m^2 V_2^2 = 4m^2 V^2 \quad | : m^2$$

$$V_2^2 = 4V^2 - V_1^2$$

$$V_2 = \sqrt{4V^2 - V_1^2} \Rightarrow V_2 = \sqrt{2500 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} - 900 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}$$

$$V_2 = 40 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

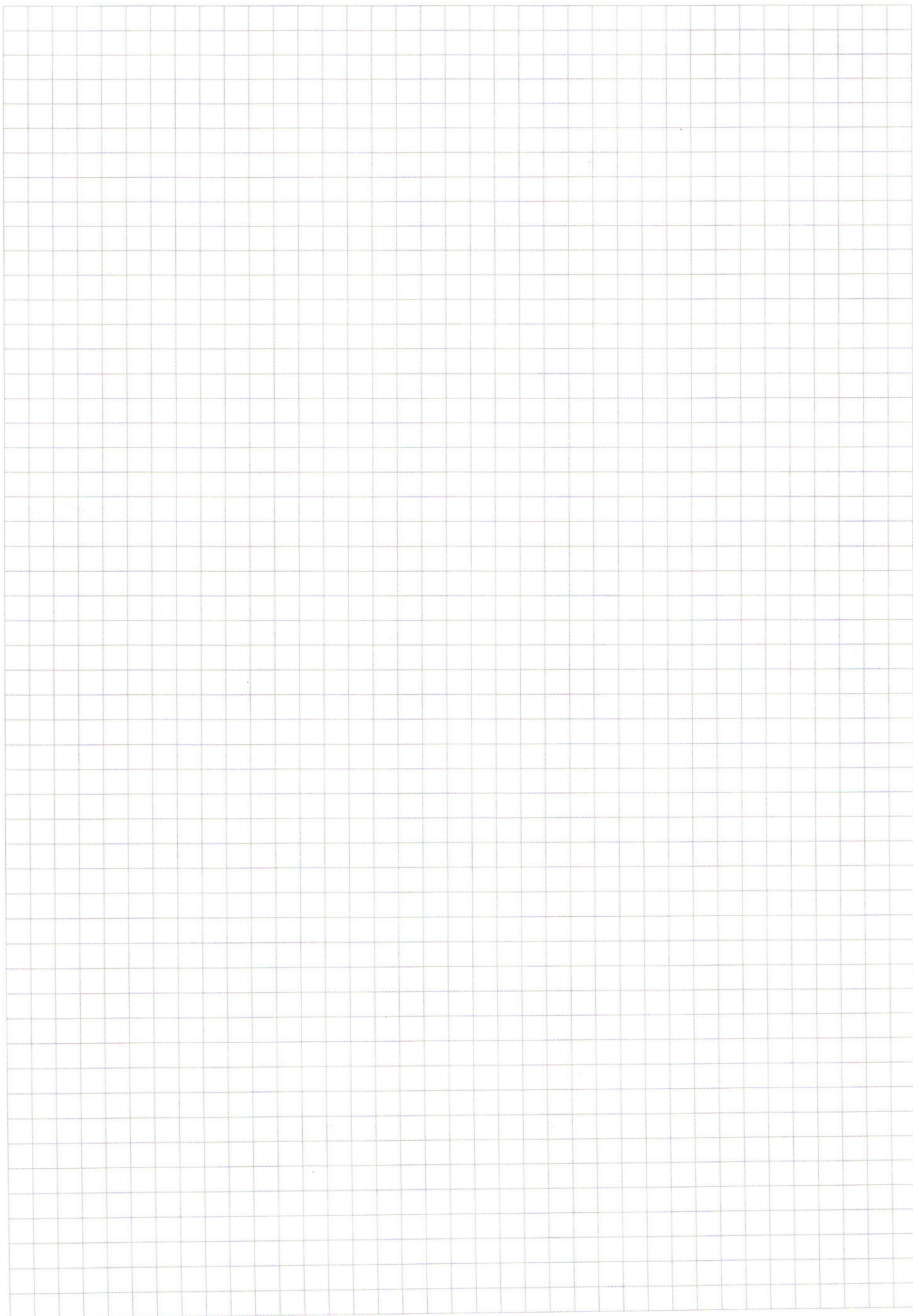
2. По закону сохр-я энергии

$$E_{K1} + E_{K2} = Q + E_K$$

кин. эн. 1-го тела кин. эн. 2-го тела выдел. на нагрев тела эн. конструкции

$$\frac{mV_1^2}{2} + \frac{mV_2^2}{2} = 2m\epsilon_{\Delta t} + \frac{2mV^2}{2} \cdot 2$$

т.к. изотермический процесс



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:

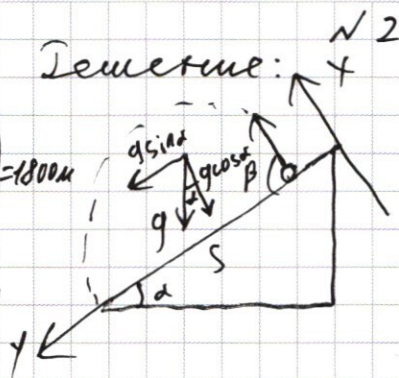
$$\sin \alpha = 0,6$$

$$S = 1,8 \text{ км} = 1800 \text{ м}$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

Найти:

$$1) \beta = ?$$

$$2) L = ?$$


1. Пусть t - время полета шара, тогда:
гор. ускорение в гориз. системе
 $t = \frac{2V_0 \sin \beta}{g \cos \alpha} (\alpha = g \cos \alpha)$
 V_0 - нач. скорость шара.
видно, что t тем больше,

чем больше $\sin \beta$, но макс. значение $\sin \beta$ при $\beta = 90^\circ \Rightarrow \beta = 90^\circ$

2. 1) $S = V_r t + \frac{g \sin \alpha t^2}{2}$ (гор. ускорение в гориз. системе $\alpha_r = g \sin \alpha$)

т.к. $\beta = 90^\circ \quad V_r = 0$

$$S = \frac{g \sin \alpha t^2}{2} = \frac{g \sin \alpha \cdot \frac{4V_0^2 \sin^2 \beta}{g \cos^2 \alpha}}{2}$$

$$S = \frac{4V_0^2 \sin^2 \beta \cdot \sin \alpha}{2g \cos^2 \alpha} = \frac{2V_0^2 \sin^2 \beta \cdot \sin \alpha}{g \cos^2 \alpha}$$

Ост. тригонометрия - там же

$$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1 \Rightarrow \cos^2 \alpha = 1 - \sin^2 \alpha$$

$$\cos^2 \alpha = 0,64$$

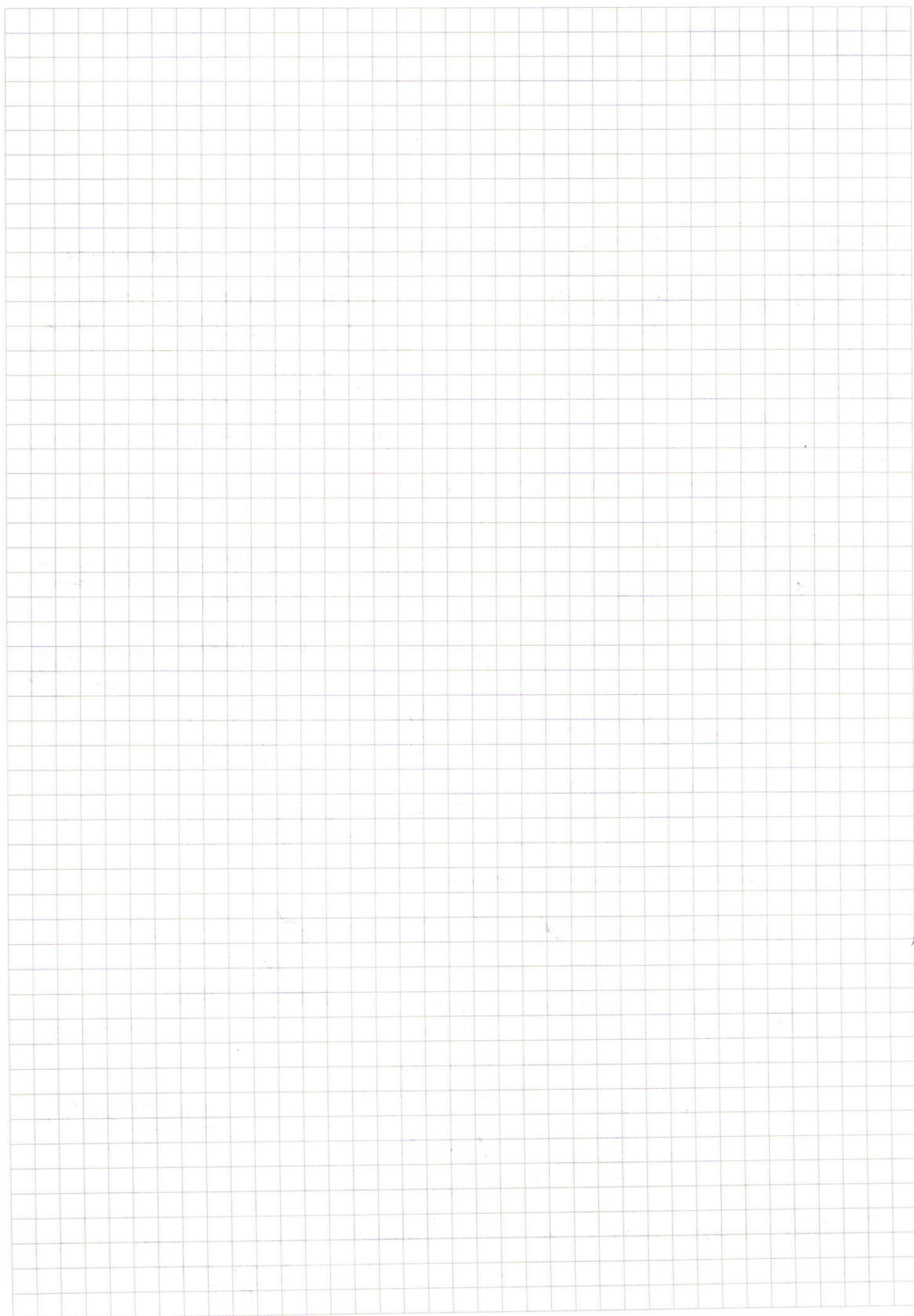
$$V_0^2 = \frac{g \cos^2 \alpha \cdot S}{2 \sin^2 \beta \cdot \sin \alpha}$$

$$\sin^2 \alpha = 0,36$$

$$V_0^2 = \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 0,64 \cdot 1800 \text{ м}}{2 \cdot 1 \cdot 0,36} = \frac{18000 \cdot 0,64}{1,2} \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}$$

$$= \frac{180 \cdot 64}{1 \cdot 0,36} \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} = \frac{180 \cdot 320}{1} \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} = 9600 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} \Rightarrow V_0 = 40\sqrt{6} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

2) На гор. пов-ти L будет макс. при $\beta = 45^\circ$, где β - угол броска $\Rightarrow L = \frac{V_0^2 \sin 2\beta}{g}$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано: $l = 0,8 \text{ км}$ $V_1 = 8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ $\alpha = 60^\circ$ $\beta = 30^\circ$ $T = 25 \text{ с}$ Найти: 1) $V_2 = ?$ 2) $S = ?$	Условие: $= 800 \text{ м}$	Решение: 1. Т.к. корабль и торпеда движущаяся прямолинейно, очевидно, что их траектории совпадут (соответствующими направлениями скоростей).
---	---	--

Пусть t - время до встречи, тогда получим тр-к прямоугольный. Т.к. $V_1 \perp V_2$ (из рисунка) $\Rightarrow$ этот тр-к прямоугольный $\Rightarrow$ 1) $\sin \beta = \frac{V_1 t}{l} \Rightarrow t = \frac{l \sin \beta}{V_1}$

$$2) \sin \alpha = \frac{V_2 t}{l}$$

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

$$\Rightarrow V_2 = \frac{800 \text{ м} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{50 \text{ с}} = 8\sqrt{3} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$t = \frac{800 \text{ м} \cdot 0,5}{8 \frac{\text{м}}{\text{с}}}$$

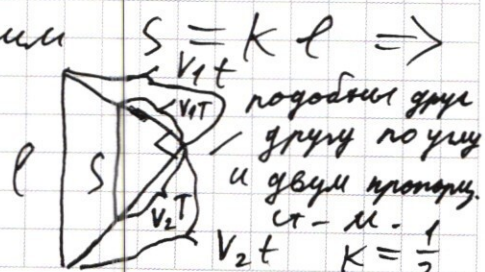
$$t = 50 \text{ с}$$

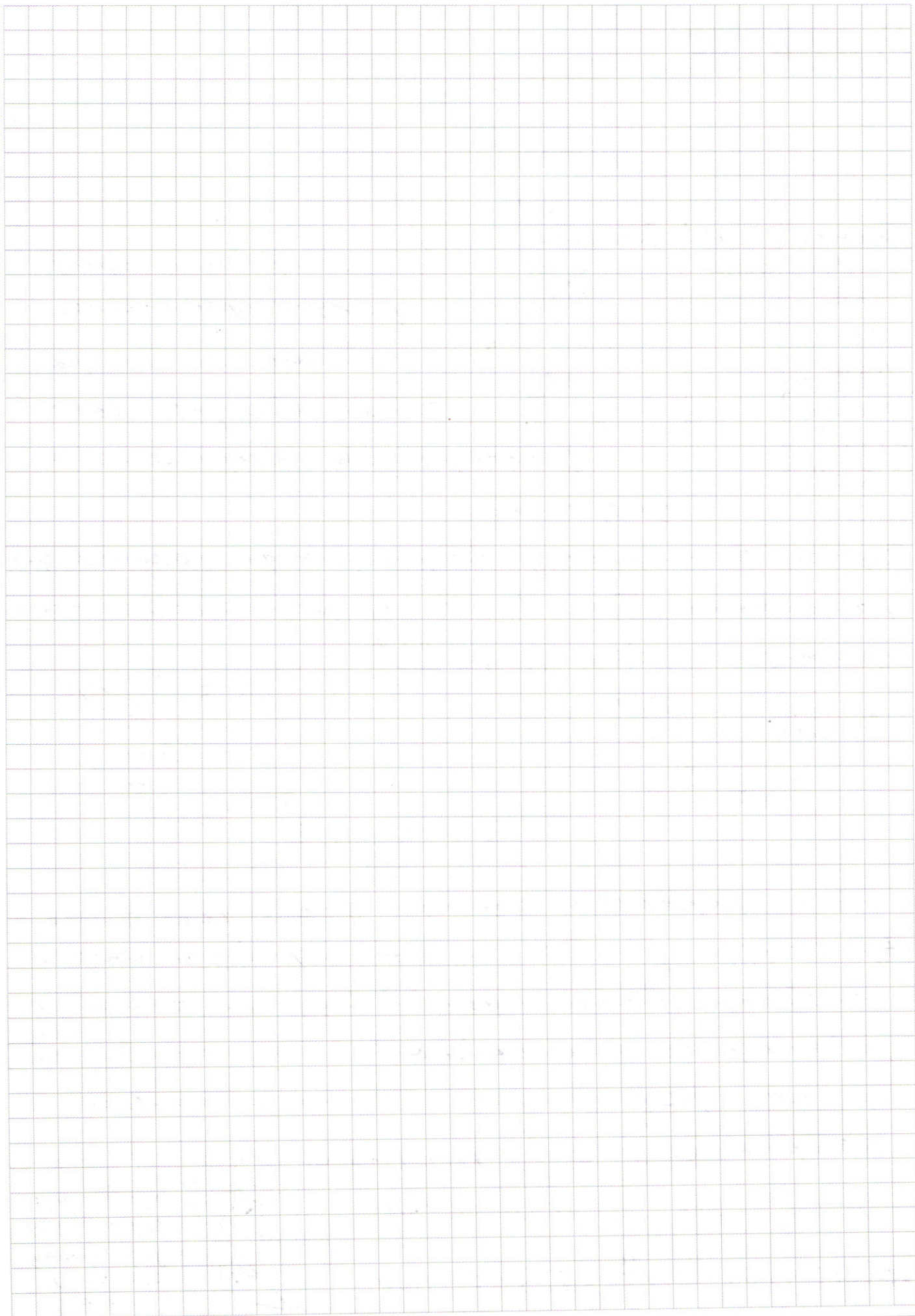
2. Т.к. корабль и торпеда встретятся через $t = 50 \text{ с}$, то за $T = 25 \text{ с}$ они пройдут только половину своего пути (в виду того, что дв-е равномерное прямолинейное) $\Rightarrow$ из подобия ~~этого~~ ^{нового тр-ка} ~~траект-ий~~ ^{траект-ий}

Тр-ка предыдущему Тр-ку прямоугольный (коэф-м $k = \frac{T}{t} = \frac{1}{2}$ находим $S = k l \Rightarrow$

$$S = \frac{1}{2} \cdot 800 \text{ м} = 400 \text{ м} = 0,4 \text{ км}$$

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





☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N 4

$$m_1 = m_2$$

12

$$\frac{1250}{5,4} = \frac{6250}{54}$$

$$c = ?$$

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

Р 250

$$\begin{array}{r} 6250 : 27 \\ 54 \overline{) 231,48} \\ \underline{85} \\ 81 \\ \underline{40} \\ 27 \\ \underline{130} \\ 108 \end{array}$$

$$R_{23} = 2r$$

$$R_2 = R_3 = 4r$$

$$R_4 = r$$

$$U = 8 \text{ В}$$

$$1) R_{AB} = ?$$

$$2) P_2 = ?$$

$$P_3 = ?$$

$$P_4 = ?$$

$$P = P_2 + P_3 + P_4 = ?$$

$$r = 60 \text{ м}$$

$$mV_2 + mV_1 = 2mV$$

$$V_2 = 2V - V_1$$

$$V_2 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$(mV_1)^2 + (mV_2)^2 = (2mV)^2$$

$$m^2 V_1^2 + m^2 V_2^2 = 4m^2 V^2$$

$$V_2 = \sqrt{4V^2 - V_1^2}$$

$$V_2 = \sqrt{3100 - 900}$$

$$V_2 = 40 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$mV_1^2 + mV_2^2 = 2mV^2$$

$$V_1^2 + V_2^2 = 2V^2 + 4c\Delta t$$

N 5

$$R_{AB} = R_1 + \frac{R_2 R_3 R_4}{R_2 R_3 + R_3 R_4 + R_2 R_4}$$

$$R_{AB} = 2r + \frac{4r \cdot 4r \cdot r}{16r^2 + 4r^2 + 4r^2}$$

$$R_{AB} = 2r + \frac{16r^3}{24r^2}$$

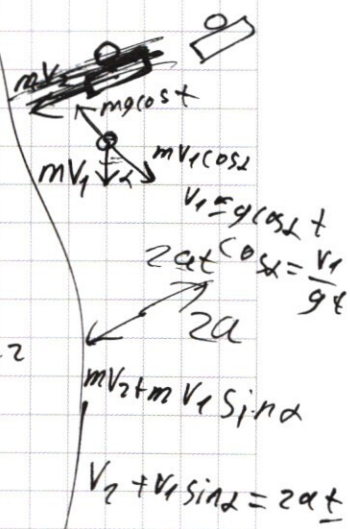
$$R_{AB} = 2r + \frac{2}{3}r$$

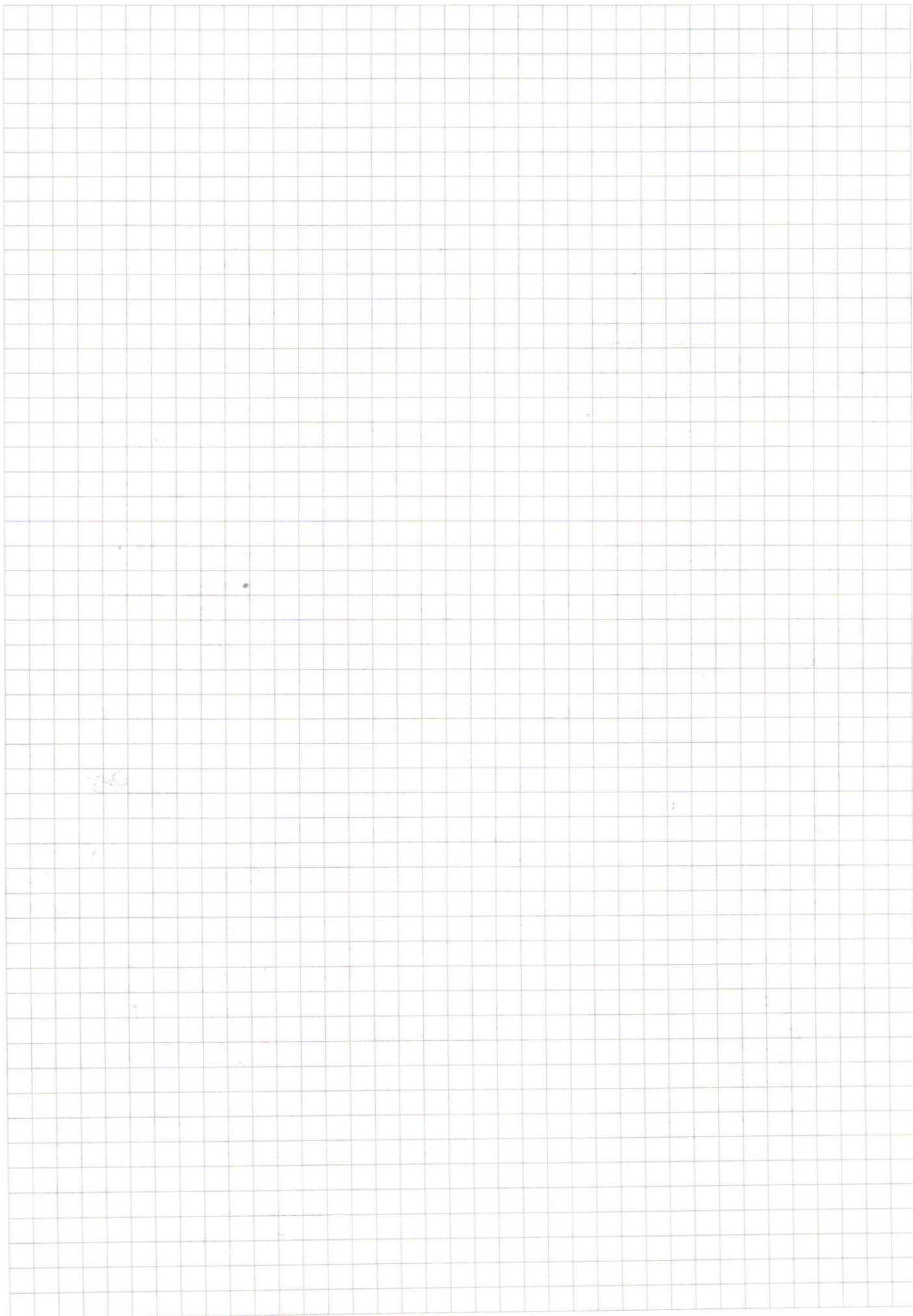
$$R_{AB} = \frac{8}{3}r = \frac{8}{3} \cdot 60 \text{ м} = 160 \text{ м}$$

$$\frac{U}{R_{AB}} = I$$

$$I^2 R_{234}$$

N 3





☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Handwritten student work on grid paper, including physics diagrams, equations, and calculations.

Diagram 1 (Top Left): A right-angled triangle with angles 60° and 30° . The hypotenuse is labeled $V_1 = 8 \frac{m}{c}$. The side opposite 30° is labeled $V_2 = ?$. The side adjacent to 30° is labeled $t = 0,8 \mu s$.

Diagram 2 (Middle Left): A diamond shape with forces $mg \cos \alpha$ and $mg \sin \alpha$ acting on it. The velocity V_1 is shown.

Diagram 3 (Bottom Left): A right-angled triangle with angles 30° and 60° . The hypotenuse is labeled $S = 1800 m$. The side opposite 30° is labeled $g \sin \alpha$. The side adjacent to 30° is labeled $g \cos \alpha$.

Equations and Calculations:

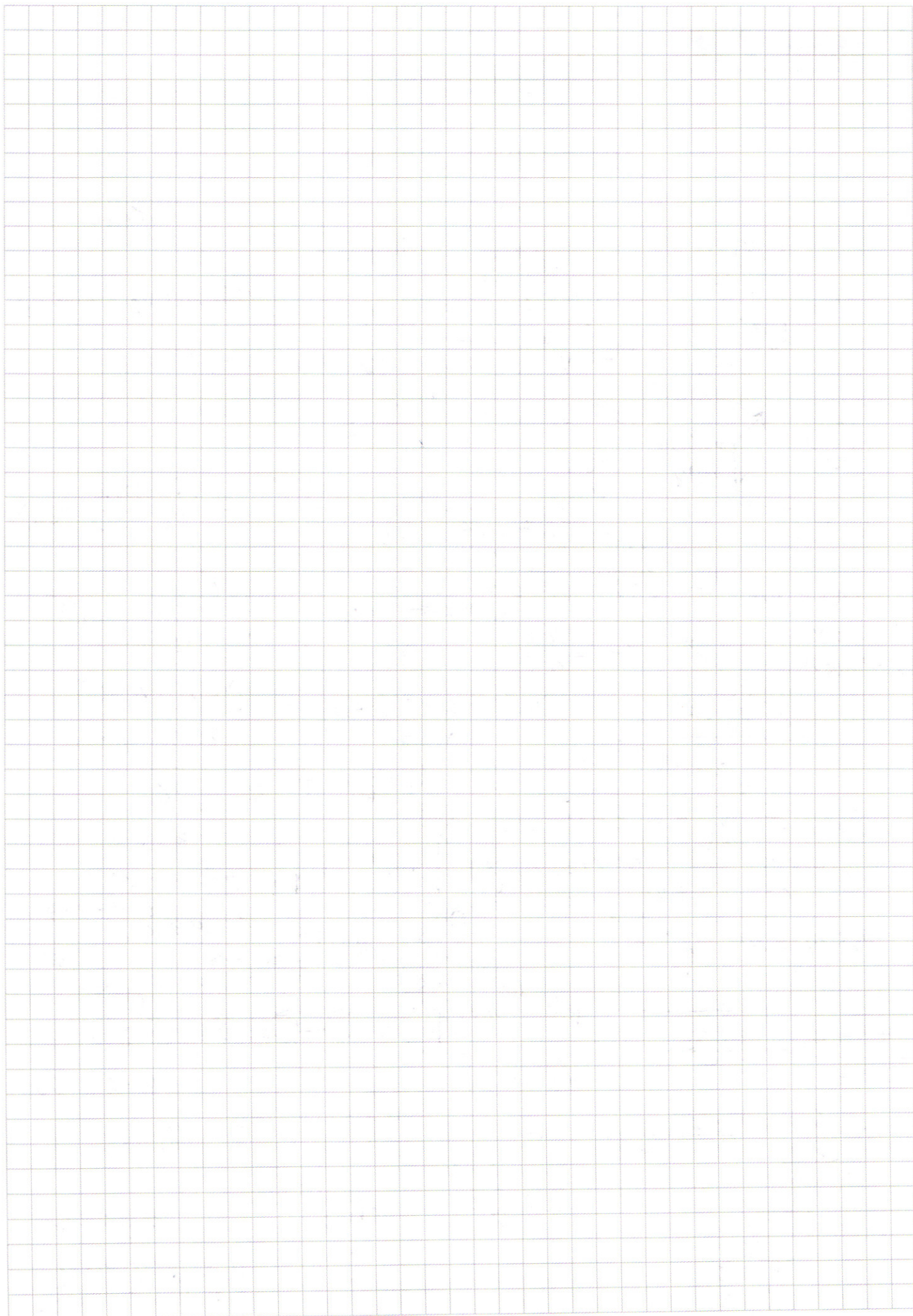
- $V_1 t = \frac{\ell}{2}$
- $\ell = 2 V_1 t$
- $800 \mu = 2 \cdot 8 \frac{m}{c} \cdot t(c)$
- $t = 50 c$
- $V_2 = \frac{\sqrt{3} \ell}{2 t} = \frac{\sqrt{3} \cdot 800 m}{2 \cdot 50 c} = 8 \sqrt{3} \frac{m}{c}$
- $V_r = \sqrt{V_1^2 - V_2^2 \cos^2 \alpha}$
- $\sin \alpha = 0,6$
- $V_r = \sqrt{V_1^2 - V_2^2 \cos^2 \alpha}$
- $\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$
- $\cos \alpha = 0,8$
- $V_2 + V_1 \sin \alpha = 2 a T$
- $V_1 = g t$
- $g \cos \alpha t = V_1 \cos \alpha$
- $t = \frac{2 V_0 \sin \alpha}{a}$
- $g \cos \alpha a =$
- $L = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g}$
- $S = V_0 \cos \beta + \sqrt{96}$
- $32 \cdot 3$
- $8 \cdot 4 \cdot 3$
- $4 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 3$
- $a = \mu g \cos \alpha$
- $V_1 + V_2 = 0$
- $\sin \alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha}$
- $16 \cdot 6 \cdot 100$
- $1600 \cdot 6$
- 0
- $mg \cos \alpha$
- $a = \mu g \cos \alpha$
- $a = \mu g \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}$

Arithmetic:

$$\begin{array}{r} 6250 \\ - 54 \\ \hline 85 \\ - 81 \\ \hline 40 \\ - 24 \\ \hline 130 \\ - 108 \\ \hline 22 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 6250 \mid 27 \\ 54 \mid 231,48 \\ - 85 \\ \hline 81 \\ - 40 \\ \hline 24 \\ - 130 \\ \hline 108 \\ \hline 22 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 220 \mid 27 \\ 216 \mid 8 \\ \hline 4 \end{array}$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$P = \frac{u^2}{\frac{64}{9}r^2} \cdot \frac{2}{3}r = \frac{u^2 \cdot \cancel{2} \cdot \cancel{3} \cdot \cancel{r}}{\cancel{64}r^2 \cdot \cancel{3}} = \frac{3u^2}{32r}$$

$$P = \frac{3 \cdot 64 \cdot 10^{-2}}{32 \cdot 60 \cdot 10^{-2}} = 1 \text{ Вт}$$

Ответ: $R_{\text{ав}} = 16 \text{ Ом}$; $P = 1 \text{ Вт}$.

Дано:

$$a = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$T = 0,7 \text{ с}$$

$$V_{10} = 0$$

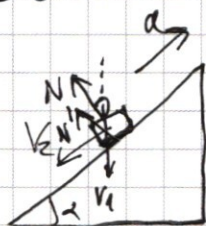
мат. ск-ти шарика

$$m_1 = m_2 = m$$

массы шарика
и бруска
соотв-но

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

Решение:



1. 1) Т.к. дв-е шарика
до соудар-я - свобод. пад-е,
то з-н изм-я ск-ти

Запишемся зак: $V_1 = V_{10} + gT$,

что $V_{10} = 0 \Rightarrow V_1 = gT$

$$V_1 = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 0,7 \text{ с}$$

$$V_1 = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

1) $V_1 = ?$

2) $V_2 = ?$

P_1 - м-л-с шарика

P_2 - м-л-с бруска

2. 1) у шарика по 3 сч

~~$$mg \cos \alpha = N \sin \alpha$$~~

время дв-я сил.

$$N = mg \cos \alpha$$

сила р-и
опоры
со ст-ны бруска

~~$$mg \cos \alpha = N \sin \alpha$$~~

$$mV_1 \cdot \cos \alpha = mg \cos \alpha t$$

N' - сила р-и опоры

2) Т.к. $N' = 2mg \cos \alpha \Rightarrow N'$ теперь в 2

раза больше изхв-т. силы р-и опоры. $\Rightarrow$

$F_{\text{тр}} = N \mu$ стало в два раза больше $\Rightarrow$ бруска
теперь дв-ся с ускор. равным $2a$, тогда для
бруска по 3 сч: $V_2 = 2aT \Rightarrow V_2 = 2 \cdot 0,2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 0,7 \text{ с}$

Ответ: $V_1 = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; $V_2 = 0,8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$$V_2 = 0,8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

