

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 09

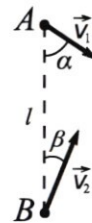
Вариант 09-01

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?

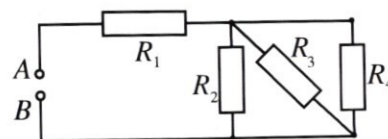
2) На сколько Δt ($^\circ\text{C}$) повысится температура шариков?

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

1. Дано:
 $l = 10^3 \text{ м}$
 $v_1 = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
 $\alpha = 60^\circ$
 $v_2 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
 $S = 770 \text{ м}$
 1) $\sin \beta = ?$
 2) $T = ?$

$$1) x = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}; \quad x_1 = v_1 \cdot \sin \alpha \cdot t; \quad x_2 = v_2 \cdot \sin \beta \cdot t;$$

В момент встречи: $x_1 = x_2 = x$:

$$v_2 \sin \beta \cdot t = v_1 \cdot \sin \alpha \cdot t;$$

$$\sin \beta = \frac{v_1 \cdot \sin \alpha}{v_2};$$

$$\sin \beta = \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \sqrt{3}}{2 \cdot 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}} = \frac{\sqrt{3}}{4} = 0,25\sqrt{3}$$

По основному тригоном. т-бу: $\cos \beta = \sqrt{1 - \sin^2 \beta} = \frac{\sqrt{13}}{4}$

2) Т.к. торпеда и корабль за одинаковое время совершают одинаковые перемещения вдоль Ox , то у них постоянная одинаковая скорость вдоль этой оси. Значит, расстояние между АВ параллельно Oy , тогда:

$$y_1 - y_2 = S$$

$$y = y_0 + v_{0y}t + \frac{a_y t^2}{2};$$

$$y_1 = l - v_1 \cdot \cos \alpha \cdot t$$

$$y_2 = v_2 \cdot \cos \beta \cdot t$$

$$l - v_1 \cdot \cos \alpha \cdot T - v_2 \cdot \cos \beta \cdot T = S$$

$$T = \frac{l - S}{v_1 \cdot \cos \alpha + v_2 \cdot \cos \beta}; \quad T = \frac{230 \text{ м}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 0,5 + 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \frac{\sqrt{13}}{4}} = \frac{230}{5(1 + \sqrt{13})} = \frac{46(1 - \sqrt{13})}{1 - 13} = \frac{46(\sqrt{13} - 1)}{12} = \frac{23(\sqrt{13} - 1)}{6} \text{ с}$$

~~Предположим, что после столкновения корабль и торпеда~~

Ответ: 1) $\sin \beta = \frac{\sqrt{3}}{4}$

2) $T = \frac{23\sqrt{13} - 23}{6} \text{ с}$

2. Дано:
 $\alpha = 30^\circ$
 φ
 $S = 800 \text{ м}$
 $(t_n = t_{\text{max}})$
 1) $\varphi = ?$
 2) $v_0 = ?$

2) $x = x_{\text{max}}$, если $t = t_n$;

1) $t = t_n$, если $y = 0$

$$y = y_0 + v_{0y}t + \frac{a_y t^2}{2};$$

$$0 = v_0 \cdot \sin \varphi \cdot t_n - \frac{g \cdot \cos \alpha \cdot t_n^2}{2} \quad | : t_n$$

$$t_n = \frac{2v_0 \cdot \sin \varphi}{g \cdot \cos \alpha} \quad (1) \Rightarrow t_n = t_{n \text{ max}}, \text{ если } \varphi = 90^\circ$$

$$x = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2};$$

$$S = v_0 \cdot \cos \varphi \cdot t_n + \frac{g \cdot \sin \alpha \cdot t_n^2}{2};$$

$$S = \frac{g \sin \alpha \cdot t_n^2}{2} \quad (2) \rightarrow \text{при известном значении } S \text{ найдем } t_n \text{ и подставим в формулу (1)}$$

$$(1) \rightarrow (2)$$

$$S = \frac{g \sin \alpha \cdot 2 v_0^2 \cdot \sin^2 \varphi}{2 \cdot g^2 \cdot \cos^2 \alpha} = \frac{2 g \cdot \tan \alpha \cdot v_0^2 \cdot \sin^2 \varphi}{g \cdot \cos \alpha};$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{S \cdot g \cdot \cos \alpha}{2 \cdot \tan \alpha \cdot \sin^2 \varphi}};$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{800 \text{ Н} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \sqrt{3} \cdot 3}{2 \cdot 2 \cdot \sqrt{3} \cdot 1}} = \sqrt{\frac{8000 \cdot 3 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{4}} = 10 \sqrt{60} \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 20 \sqrt{15} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: 1) $\varphi = 90^\circ$

2) $v_0 = 20 \sqrt{15} \frac{\text{м}}{\text{с}}$

3. Дано:

$$v_1 = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

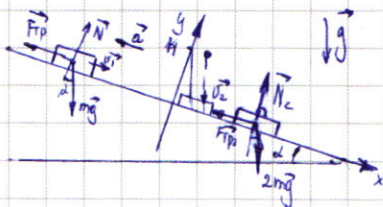
$$h = 0,8 \text{ м}$$

$$v_0 = 0 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$m_1 = m_2 = m$$

1) $v_2 = ?$

2) $|a| = ?$



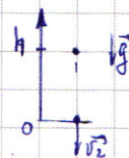
Пусть наклонная плоскость имеет угол наклона α

1) Для падающего шарика:

$$mgh = \frac{mv_2^2}{2}$$

$$v_2 = \sqrt{2gh}$$

$$v_2 = \sqrt{2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 0,8 \text{ м}} = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$



2) По II закону Ньютона:

$$\vec{F}_{тр} + \vec{N} + m\vec{g} = m\vec{a} \quad \text{перед соудар.}$$

$$O_x: -F_{тр} + mg \cdot \sin \alpha = -ma; F_{тр} = m(g \cdot \sin \alpha + a)$$

$$O_y: N = mg \cdot \cos \alpha$$

$$\text{По 3-му к.-А: } F_{тр} = \mu N = \mu mg \cdot \cos \alpha$$

$$\mu = \frac{g \cdot \sin \alpha + a}{\cos \alpha} \quad (1)$$

$$(1) = (2):$$

$$\frac{g \cdot \sin \alpha + a}{\cos \alpha} = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha};$$

$$a = \sin \alpha (1 - g)$$

$$|a| = g \sin \alpha$$

Ответ: 1) $v_2 = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; 2) $|a| = g \sin \alpha$

после соудар.:

$$\vec{F}_{тр2} + \vec{N}_2 + 2m\vec{g} = 2m\vec{a}_2;$$

$$O_x: -F_{тр2} = 2mg \cdot \sin \alpha \quad (\text{по оси } x)$$

$$O_y: N_2 = 2mg \cdot \cos \alpha$$

$$F_{тр2} = 2\mu mg \cdot \cos \alpha$$

$$\mu = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} \quad (2)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4. Дано:

$$v_1 = 60 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

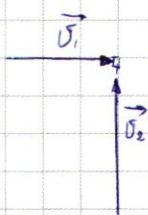
$$v_2 = 80 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$m_1 = m_2 = m$$

1) $v = ?$

2) $\Delta t = ?$

$$c = 130 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$



$$1) \frac{mv_1^2}{2} - \frac{mv_2^2}{2} = \frac{mv^2}{2}$$

$$v = \sqrt{v_1^2 - v_2^2}; \quad v = 10\sqrt{28} = 20\sqrt{7} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$2) A = Q = \frac{m(v_1 - v)^2}{2} + \frac{m(v_2 - v)^2}{2}$$

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

$$4cm\Delta t = m(v_1^2 - 2v_1v + v^2 + v_2^2 - 2v_2v + v^2)$$

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

Ответ:

$$1) v = 20\sqrt{7}$$

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

5. Дано:

$$R_1 = 3r$$

$$R_2 = R_3 = 2r$$

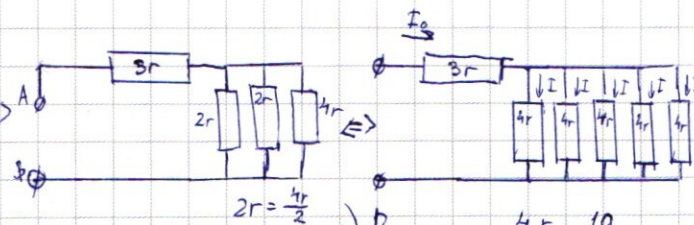
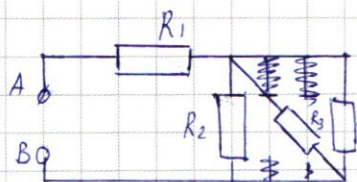
$$R_4 = 4r$$

$$U = 38 \text{ В}$$

1) $R_{AB} = ?$

2) $I = ?$

$$r = 10 \Omega$$



$$1) R_{AB} = 3r + \frac{4r}{5} = \frac{19}{5} r$$

$$2) I = \frac{U}{R}$$

$$I_0 = \frac{U}{R_{AB}} = \frac{5}{19} \frac{U}{r}$$

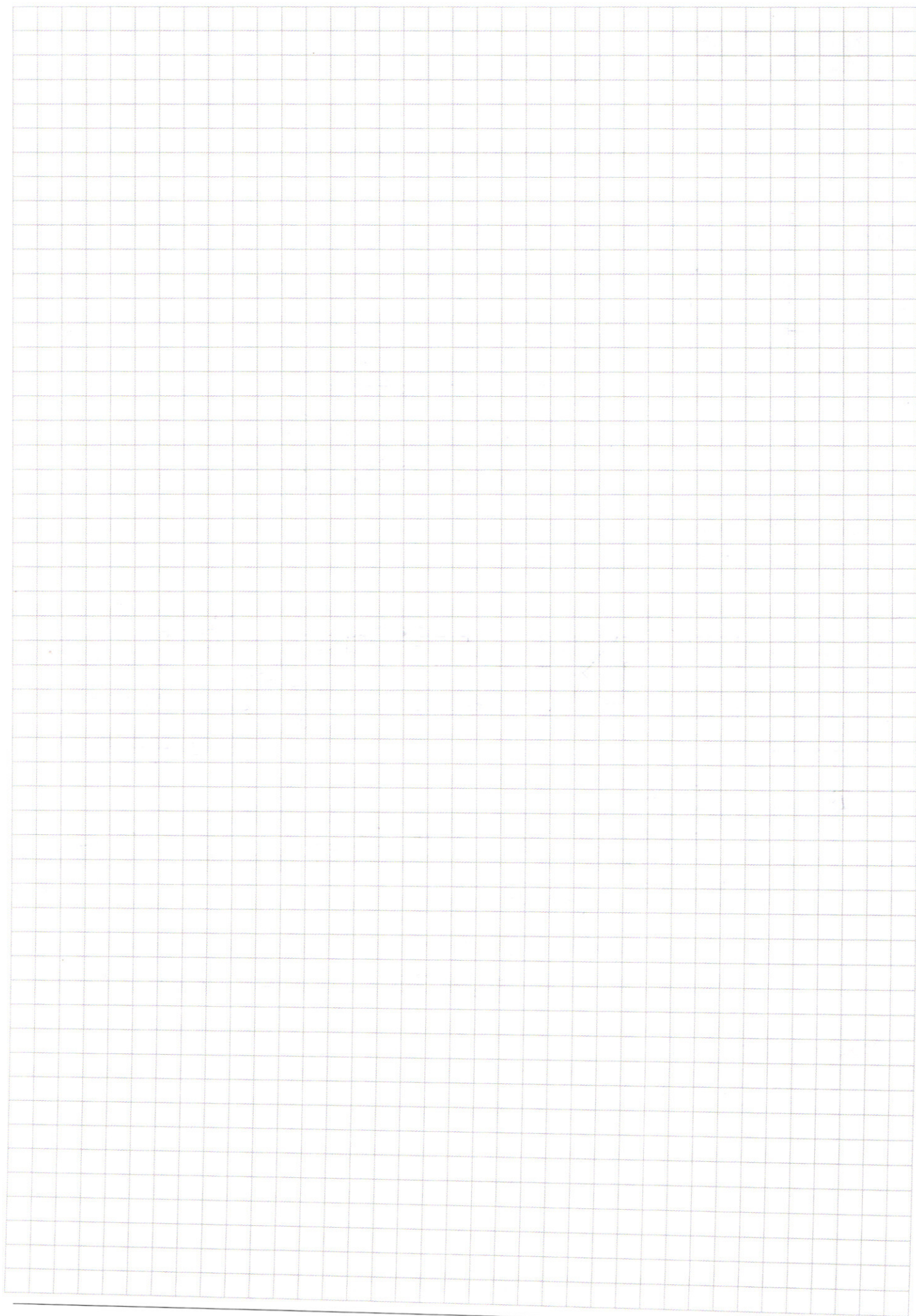
$$U = 3r I_0 + \frac{4}{5} r \cdot I_0$$

$$U_2 = U - 3r \cdot I_0 = I \cdot 4r$$

$$I = \frac{U - 3r \cdot \frac{5U}{19}}{4r} = \frac{U}{19r} \quad I = 0,2 \text{ А}$$

Ответ: 1) $R_{AB} = \frac{19}{5} r$

2) $I = 0,2 \text{ А}$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1. Дано:

$$l = 100 \text{ м}$$

$$v_1 = 10 \text{ м/с}$$

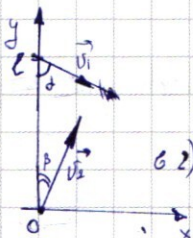
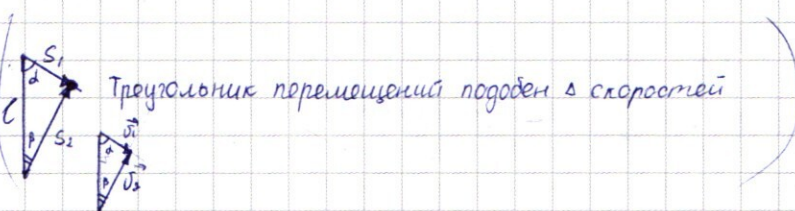
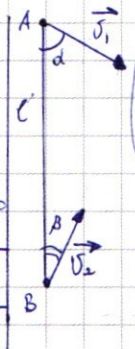
$$\alpha = 60^\circ$$

$$v_2 = 20 \text{ м/с}$$

$$S = 770 \text{ м}$$

$$\sin \beta = ?$$

$$T = ?$$



$$y_1 = y_0 + v_{0y}t + \frac{a_{0y}t^2}{2}$$

$$1) x_1 = v_1 \sin \alpha t$$

$$x_2 = v_2 \sin \beta t$$

$$2) y_1 = y_0 - v_1 \cos \alpha \cdot t$$

$$y_2 = v_2 \cos \beta \cdot t$$

в момент встречи:

$$x_1 = x_2$$

$$v_1 \sin \alpha = v_2 \sin \beta \Rightarrow \sin \beta = \frac{v_1 \sin \alpha}{v_2} = \frac{10 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{20} = 0,5 \frac{\sqrt{3}}{2} = 0,25 \sqrt{3}$$

2) Т.к. торпеда и корабль за одно и то же время совершают одинаковое перемещение вдоль Ox , то у них 'одинаковая' скорость вдоль этой оси. Значит расстояние $S = 770 \text{ м}$ будем рассматривать только относительно оси Oy . Тогда:

$$y_1 = l - v_1 \cos \alpha \cdot t \quad y_2 = v_2 \cos \beta \cdot t$$

$$l - v_1 \cos \alpha \cdot t = v_2 \cos \beta \cdot t$$

$$y_1 - y_2 = S \quad \text{или} \quad y_2 - y_1 = S \quad \left(\text{Предположим, что после столкновения корабль и торпеда будут двигаться параллельно} \right)$$

$$l - v_1 \cos \alpha \cdot T - v_2 \cos \beta \cdot T = S$$

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

$$T = \frac{S + l}{v_1 \cos \alpha + v_2 \cos \beta}$$

$$T_1 = \frac{280 \text{ м}}{10 \cdot 0,5 + 20 \cdot 0,25 \sqrt{3}} = \frac{236,46}{5(1 + \sqrt{3})} = \frac{46}{1 + \sqrt{3}} = \frac{46 \cdot (1 - \sqrt{3})}{1 - 3} = \frac{(\sqrt{3} - 1) \cdot 23}{2} = 23\sqrt{3} - 23$$

$$T_2 = \frac{1770 \text{ м}}{5(1 + \sqrt{3})} = 187\sqrt{3} - 187$$

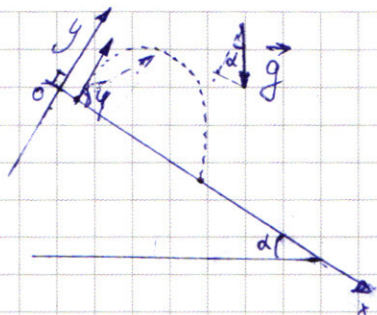
2. Дано:

$$\alpha = 30^\circ$$

$$S = 8,00 \text{ м}$$

$\varphi = ?$

$v_0 = ?$



$$t = t_n, \text{ екау } y = 0$$

$$y = y_0 + v_{0y} t + \frac{a_y t^2}{2}$$

$$0 = v_0 \cdot \sin \varphi \cdot t_n - \frac{g \cdot \cos \alpha \cdot t_n^2}{2} \quad | : t_n$$

$$t_n = \frac{2 v_0 \sin \varphi}{g \cdot \cos \alpha}$$

$$t_n = t_{n \max}, \text{ екау } \varphi = 90^\circ$$

$$x = x_{\max}, \text{ екау } t = t_n$$

$$x = v_0 \cdot \cos \varphi \cdot t_n + \frac{g \cdot \sin \alpha \cdot t_n^2}{2}$$

тобто

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

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

$$v_0 = 10 \sqrt{60} \quad S = 10 \sqrt{60}$$

3. Дано:

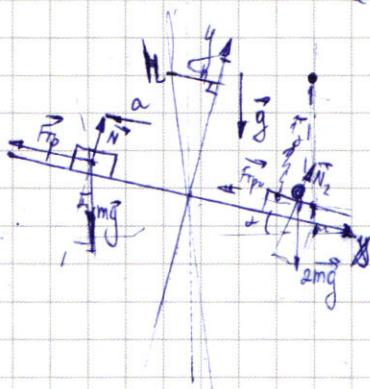
$$v_1 = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$h = 0,8 \text{ м}$$

$$m_1 = m_2 = m$$

$v_2 = ?$

$a = ?$



$$1) mgh = \frac{mv^2}{2}$$

$$h = \frac{v^2}{2a}$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{2gh}{1}} = \sqrt{16} = 4 \text{ м/с}$$

то II з-ну Ньютона

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

1)

$$O_x: -F_{тр} + mg \cdot \sin \alpha = -ma \quad F_{тр} = m(g \sin \alpha + a)$$

$$O_y: N = mg \cdot \cos \alpha$$

$$\text{то з-ну К.А: } F_{тр} = \mu mg \cdot \cos \alpha$$

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

$$2) \vec{F}_{тр2} + \vec{N}_2 + 2m\vec{g} = 2m\vec{a}_2$$

$$O_x: F_{тр2} = 2mg \cdot \sin \alpha \quad (\text{похви})$$

$$O_y: N_2 = 2mg \cdot \cos \alpha$$

$$F_{тр2} = 2mg \cos \alpha +$$

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

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

$$a = -\sin \alpha (1 - g)$$

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

$$|a| = g \sin \alpha$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4. Дано:

$$v_1 = 60 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$v_2 = 80 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$m_1 = m_2 = m$$

$$v = ?$$

$$\Delta t = ?$$



$$\frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} = \frac{mv^2}{2}$$

$$v_2^2 - v_1^2 = v^2$$

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

$$= \sqrt{6400 - 3600} = 10 \cdot 28$$

$$v = \sqrt{v_1^2 + v_2^2} = \sqrt{3600 + 6400} = 100 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$A = Q = \frac{m(v_1 - v)}{2} + \frac{m(v_2 - v)}{2}$$

$$4cm \Delta t = m(v_1 - v + v_2 - v)$$

$$4c \Delta t = v_1 + v_2 - 2v$$

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

$$\Delta t = \frac{140 - 100}{4 \cdot 180}$$

5. Дано:

$$R_1 = 3r$$

$$R_2 = R_3 = 2r$$

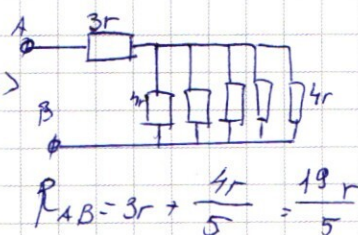
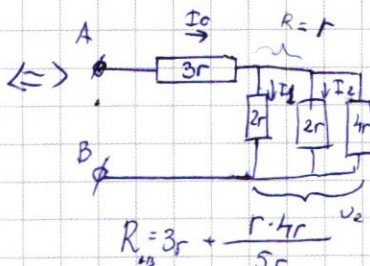
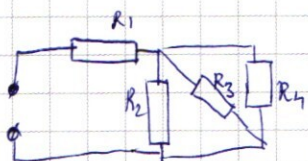
$$R_4 = 4r$$

$$U = 38 \text{ В}$$

$$R_{AB}$$

$$r = 10 \text{ Ом}$$

$$I_{\text{из}} = ?$$



$$I_0 = \frac{U}{R_{AB}} = \frac{38}{7r} = \frac{38}{7 \cdot 10} = \frac{38}{70} = \frac{19}{35} \text{ А}$$

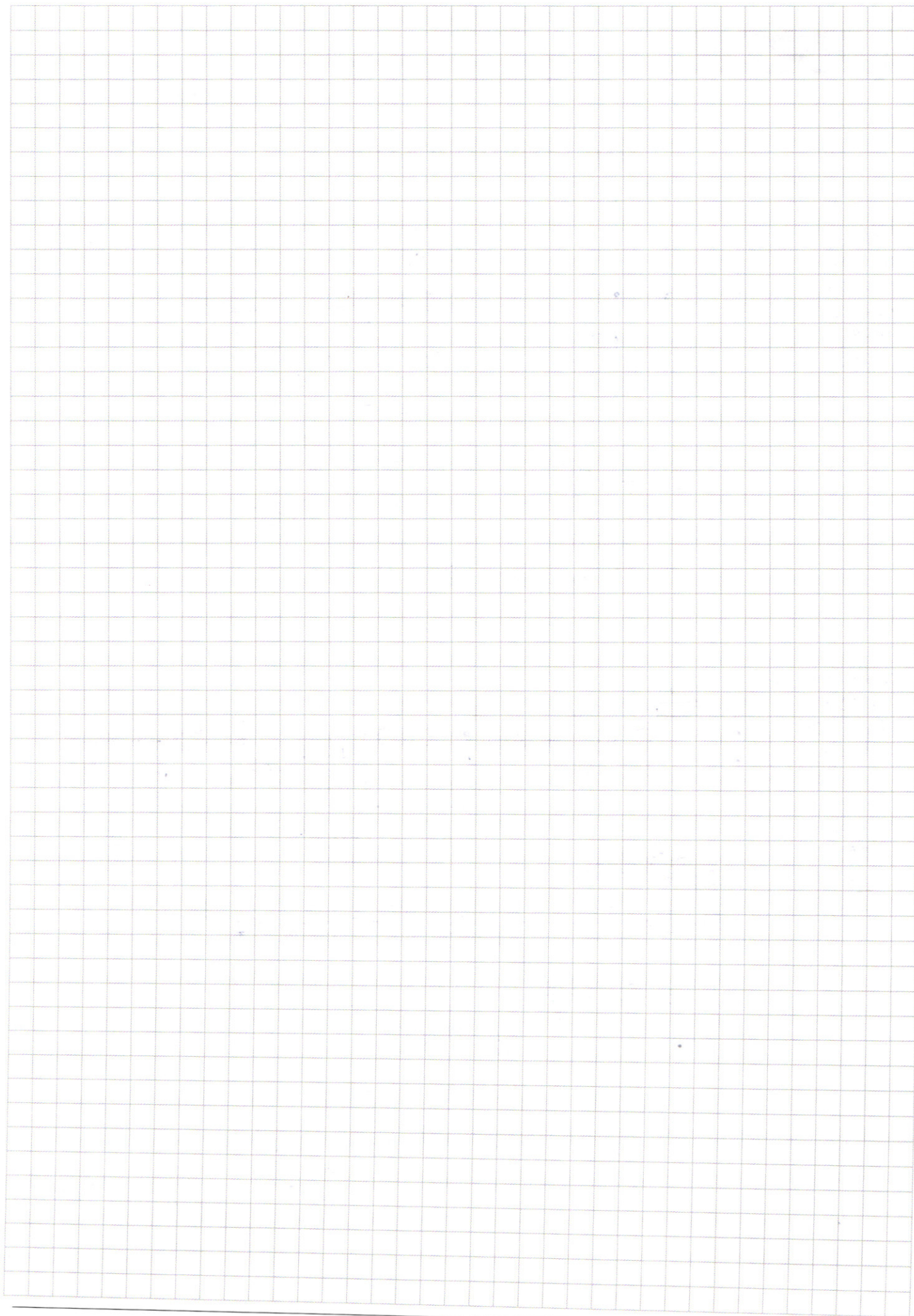
$$U = 3r \cdot I_0 + \frac{4r}{5} \cdot I_0$$

$$U_2 = U - 3r \cdot I_0$$

$$U_2 = 38 - 30 = 8 \text{ В}$$

$$U_2 = U_{2r} = U_{4r} \Rightarrow U_{4r} = I \cdot 4r$$

$$I = \frac{U_2}{4r} = \frac{8}{40} = 0,2 \text{ А}$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

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

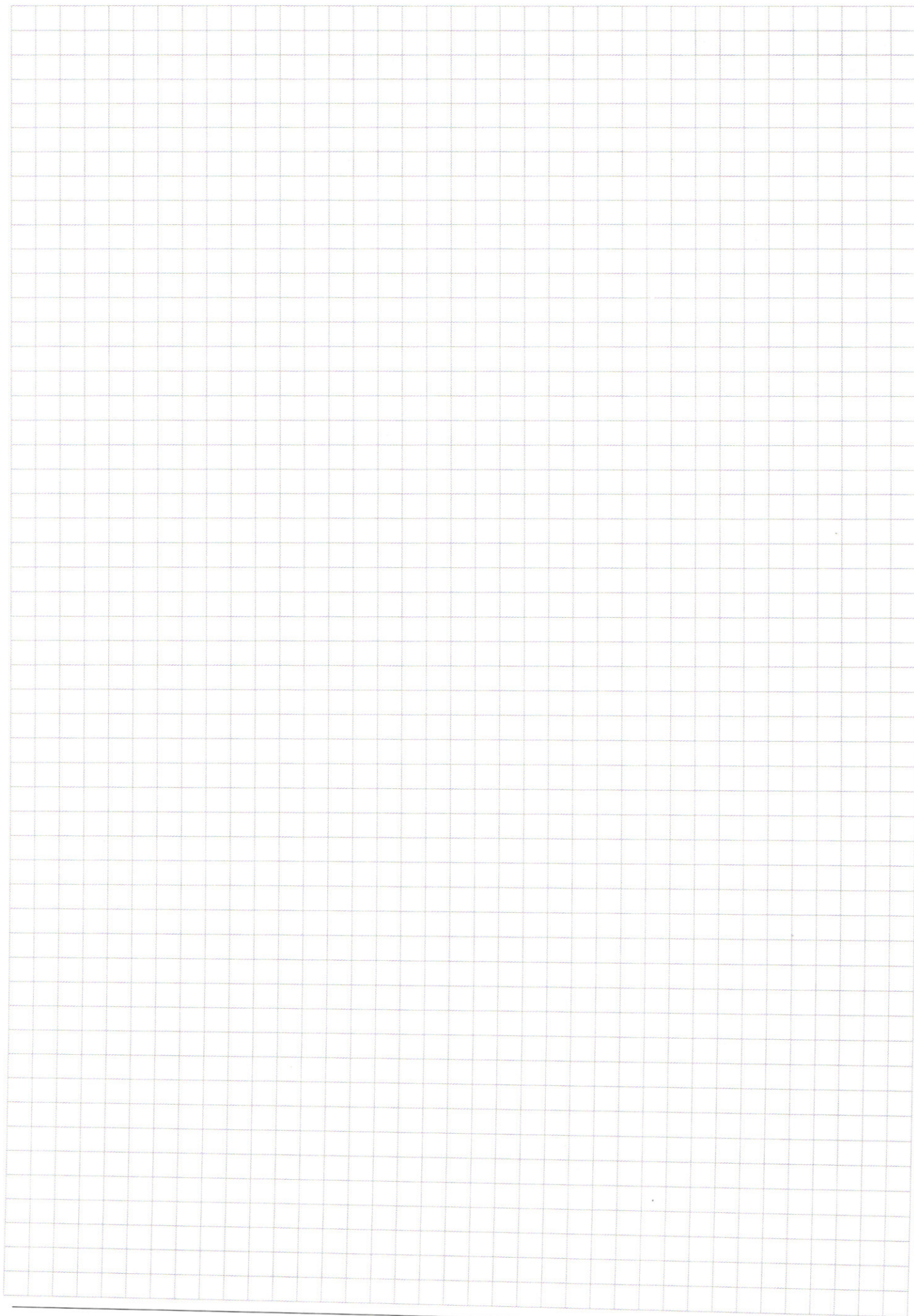


(заполнить)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)