

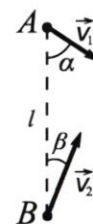
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

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?

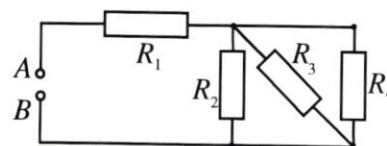
2) На сколько Δt ($^\circ\text{C}$) повысится температура шариков?

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?



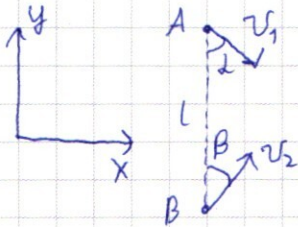
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 1

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

$$1) \sin B = ? \quad 2) S = 770 \text{ м} \quad T = ?$$

Решение:



Чтобы торпеда попала в корабль составляющие скоростей корабля и торпеды по оси x должны быть одинаковы.

$$v_1 \sin \alpha = v_2 \sin B$$

$$\sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\sin B = \frac{10}{20} \sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{4}$$

Далее запишем функцию $S(t)$:

$$v_{\text{сбл. по } y} = v_1 \cos \alpha + v_2 \cos B$$

$$v_{\text{сбл. по } x} = 0 \quad (\text{скорости по } x \text{ одинаковы})$$

$$S(t) = l - v_{\text{сбл. } y} \cdot t$$

$$S(t) = l - v_{\text{сбл. } y} \cdot t$$

$$t = \frac{l - S}{v_1 \cos \alpha + v_2 \cos B} = \frac{230 \text{ м}}{10 \text{ м/с} \cdot 0,5 + 20 \text{ м/с} \cdot \frac{\sqrt{13}}{4}}$$

$$t = \frac{230}{5 + 5\sqrt{13}} \text{ с} = \frac{46}{1 + \sqrt{13}} \text{ сек.}$$

$$\cos 60^\circ = 0,5$$

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

$$\sqrt{13} \approx 3,6$$

$$t = \frac{46}{4,6} \text{ сек} = 10 \text{ сек}$$

Ответ: $\sin B = \frac{\sqrt{3}}{4}$, $T = \frac{46}{1 + \sqrt{13}} \text{ сек.} \approx 10 \text{ сек.}$

Задача 2

$$\alpha = 30^\circ \quad S = 0,8 \text{ км}$$

время полёта максимальное

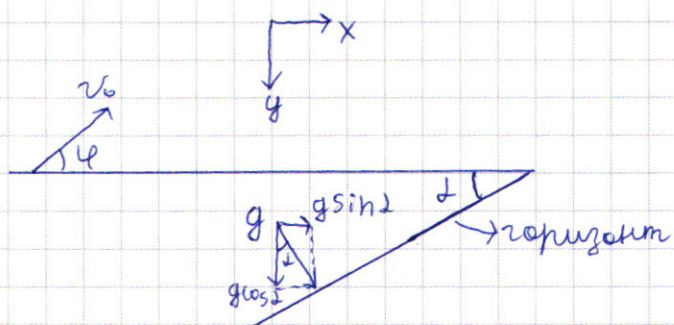
1) $\varphi = ?$

2) $v_0 = ?$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

Решение:

Рассматривать движение можно относительно поверхности склона



$$a_x = g \sin \alpha \quad a_y = g \cos \alpha$$

$$t_{\text{полёта}} = \frac{2v_0 \sin \varphi}{g \cos \alpha} \rightarrow \text{из этого видно, что время полёта максимальное при } \sin \varphi = 1, \text{ или же } \varphi = 90^\circ$$

Получа:

$$t_n = \frac{2v_0 \cdot 1}{g \cos \alpha}$$

$$S = \frac{a_x t_n^2}{2}$$

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

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

$$\cos \alpha = \frac{\sqrt{3}}{2}, \quad \sin \alpha = 0,5$$

$$v_0^2 = \frac{g S \cdot \frac{3}{4}}{2 \cdot 0,5} = \frac{3gS}{4}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{3}{4} \cdot 10 \cdot 800} \text{ м/с} = \sqrt{6000} \text{ м/с} = 10\sqrt{60} \text{ м/с} \\ = 10 \cdot 2\sqrt{15} = 20\sqrt{15} \text{ м/с} \\ \sqrt{15} \approx 3,9$$

Ответ: $\varphi = 90^\circ$, $v_0 = \frac{10\sqrt{60}}{20\sqrt{15}} \text{ м/с} \approx 78 \text{ м/с}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 3

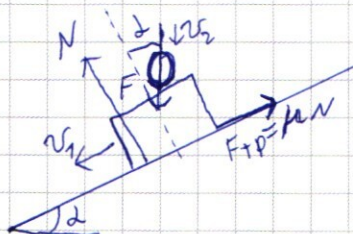
$$v_1 = 1 \text{ м/с} \quad h = 0,8 \text{ м} \quad g = 10 \text{ м/с}^2 \quad m_1 = m_2$$

1) $v_2 = ?$ 2) $a = ?$

Решение: $\mu \neq 0$

$$v_2^2 = 2gh$$

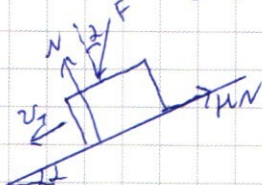
$$v_2 = \sqrt{2gh} = \boxed{4 \text{ м/с}}$$



Уравнения сил и импульсов:

$$(1) \quad m v_2 = F \Delta t$$

силы, действующие на брусок:



$$F_{тр} = \mu N, \text{ т.к.}$$

брусок движется

$$m v_1 = (\mu N - F \sin \alpha) \Delta t$$

$$N = F \cos \alpha$$

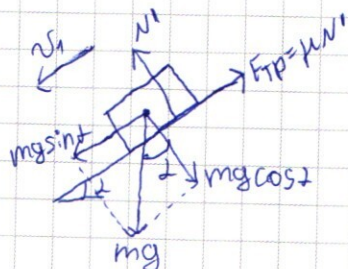
$$(2) \quad m v_1 = F \Delta t (\mu \cos \alpha - \sin \alpha)$$

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

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

$$(3) \quad \boxed{\mu \cos \alpha - \sin \alpha = \frac{v_1}{v_2}}$$

силы, действующие на брусок до удара:



$$ma = \mu N' - mg \sin \alpha$$

$$N' = mg \cos \alpha$$

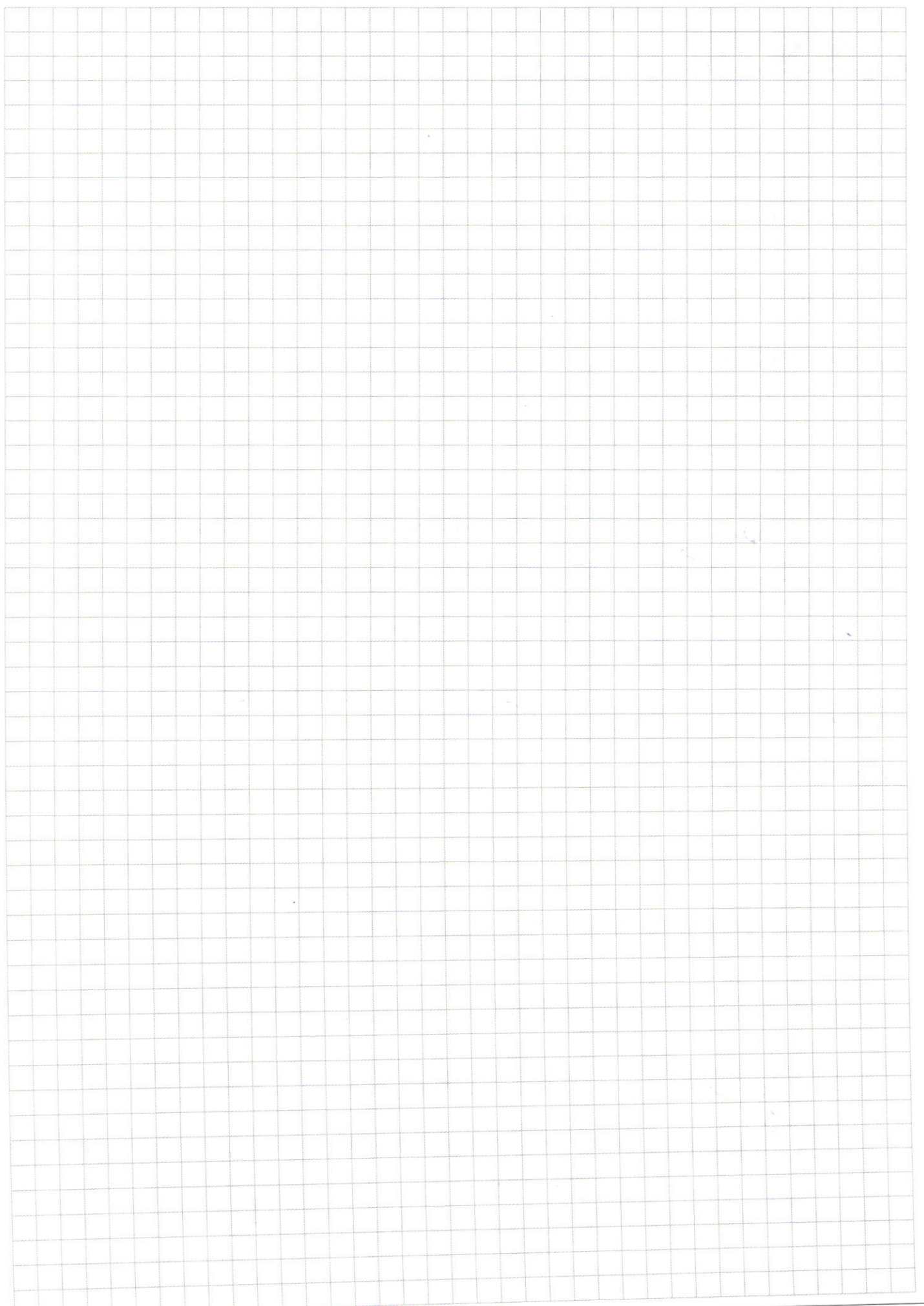
$$(4) \quad a = g(\mu \cos \alpha - \sin \alpha)$$

$$(3) \rightarrow (4):$$

$$a = g \frac{v_1}{v_2} = \boxed{2,5 \text{ м/с}^2}$$

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

$$a = 2,5 \text{ м/с}^2$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 4

$v_1 = 60 \text{ м/с}$ $v_2 = 80 \text{ м/с}$ (взаимно перпендикулярны) $m_1 = m_2$

1) $v = ?$ 2) $\Delta t (^{\circ}\text{C}) = ?$ $C = 130 \text{ Дж/кг}^{\circ}\text{C}$

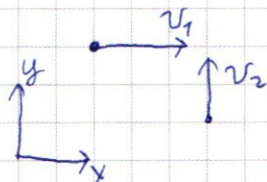
Решение:

1) $p_x = mv_1$

1) $p_x = 2mv_x$

2) $p_y = mv_2$

2) $p_y = 2mv_y$



$mv_1 = 2mv_x$

$mv_2 = 2mv_y$

$v_x = \frac{v_1}{2}$

$v_y = \frac{v_2}{2}$

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

$v = \frac{\sqrt{10000}}{2} \text{ м/с} = \frac{100}{2} \text{ м/с} = \boxed{50 \text{ м/с}}$

u_3 ЗСЭ:

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

$Q = 2mc\Delta t$

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

$(5000 - 2500) \text{ м}^2/\text{с}^2 = 2 \cdot 130 \text{ Дж/кг}^{\circ}\text{C} \cdot \Delta t$

$\Delta t = \left(\frac{2500}{260} \right) ^{\circ}\text{C} \approx 9,6^{\circ}\text{C}$

Ответ: $v = \underline{50 \text{ м/с}}$, $\Delta t = \underline{9,6^{\circ}\text{C}}$

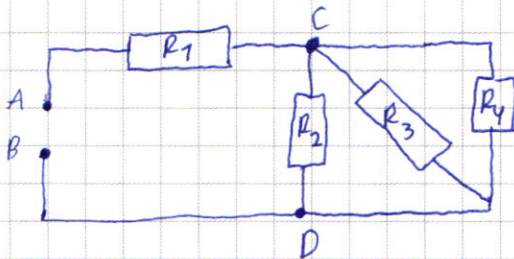
Задача 5

$$R_1 = 3r \quad R_2 = R_3 = 2r \quad R_4 = 4r \quad U = 38 \text{ В}$$

$$1) R_{AB} = ? \quad 2) I = ? \quad r = 10 \text{ Ом}$$

Решение:

R_2, R_3 и R_4 подключены параллельно, R_1 - последовательно им.



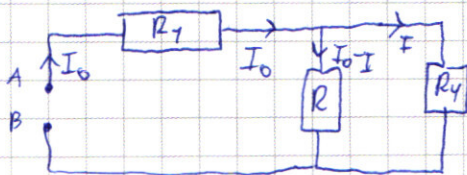
$$R_{CD} = \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}} = \frac{1}{\frac{1}{2r} + \frac{1}{2r} + \frac{1}{4r}} = \frac{1}{\frac{2+2+1}{4r}} = \frac{4}{5} r$$

$$R_{AB} = R_1 + R_{CD} = 3r + \frac{4}{5} r = \frac{19}{5} r = \cancel{98 \text{ Ом}} \quad \boxed{38 \text{ Ом}}$$

Параллельно соединенные R_2 и R_3 можно заменить эквивалентным R

$$R = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = \frac{r}{1} r = 10 \text{ Ом}$$

Сокращательно имеем:



Используем правила Кирхгофа:

$$I R_4 = (I_0 - I) R$$

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

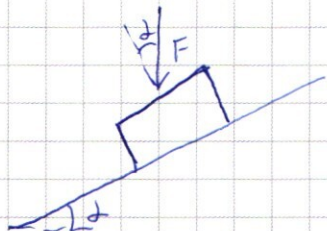
$$I \cdot 4r = \frac{5U}{19r} \cdot r - I \cdot r$$

$$I \cdot 5r = \frac{5}{19} U$$

$$I = \frac{U}{19r} = \frac{38}{190} \text{ А} = \boxed{0,2 \text{ А}}$$

Ответ: $R_{AB} = \underline{38 \text{ Ом}}, I = \underline{0,2 \text{ А}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$mv_1 = (F_{\text{тр}} - F \sin \alpha) \Delta t$$

$$F_{\text{тр}} = \mu F \cos \alpha$$

$$mv_1 = F \Delta t (\mu \cos \alpha - \sin \alpha)$$

$$F \Delta t = mv_2$$

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

$$\begin{array}{r} 1 \\ 26 \\ \times 93 \\ \hline 78 \\ 234 \\ \hline 2418 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ 26 \\ \times 94 \\ \hline 104 \\ 234 \\ \hline 2444 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ 3 \\ 26 \\ \times 95 \\ \hline 130 \\ 234 \\ \hline 2470 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ 3 \\ 26 \\ \times 95 \\ \hline 150 \\ 234 \\ \hline 2490 \end{array}$$

$$9,6^\circ$$

$$39$$

$$78$$

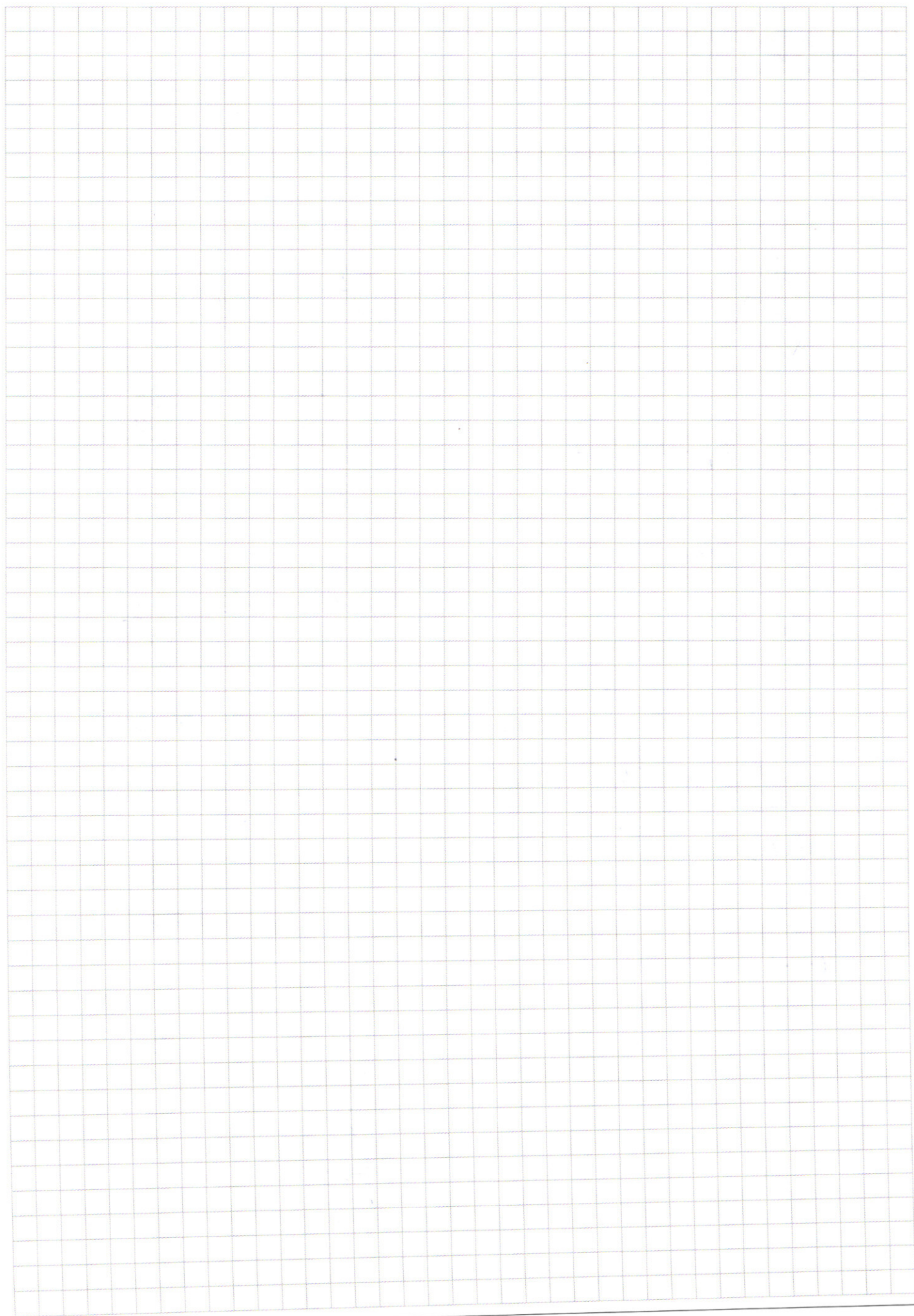
$$(1-x) \cdot 10 = 40x$$

$$10 = 50x$$

$$x = \frac{1}{5} = \frac{2}{10} = 0,2$$

$$\begin{array}{r} 152 \cdot 8 \\ 3 \\ 26 \\ \times 10 \\ \hline 96 \\ 1520 \\ \hline 2048 \end{array}$$

$$10^2 \cdot 5$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



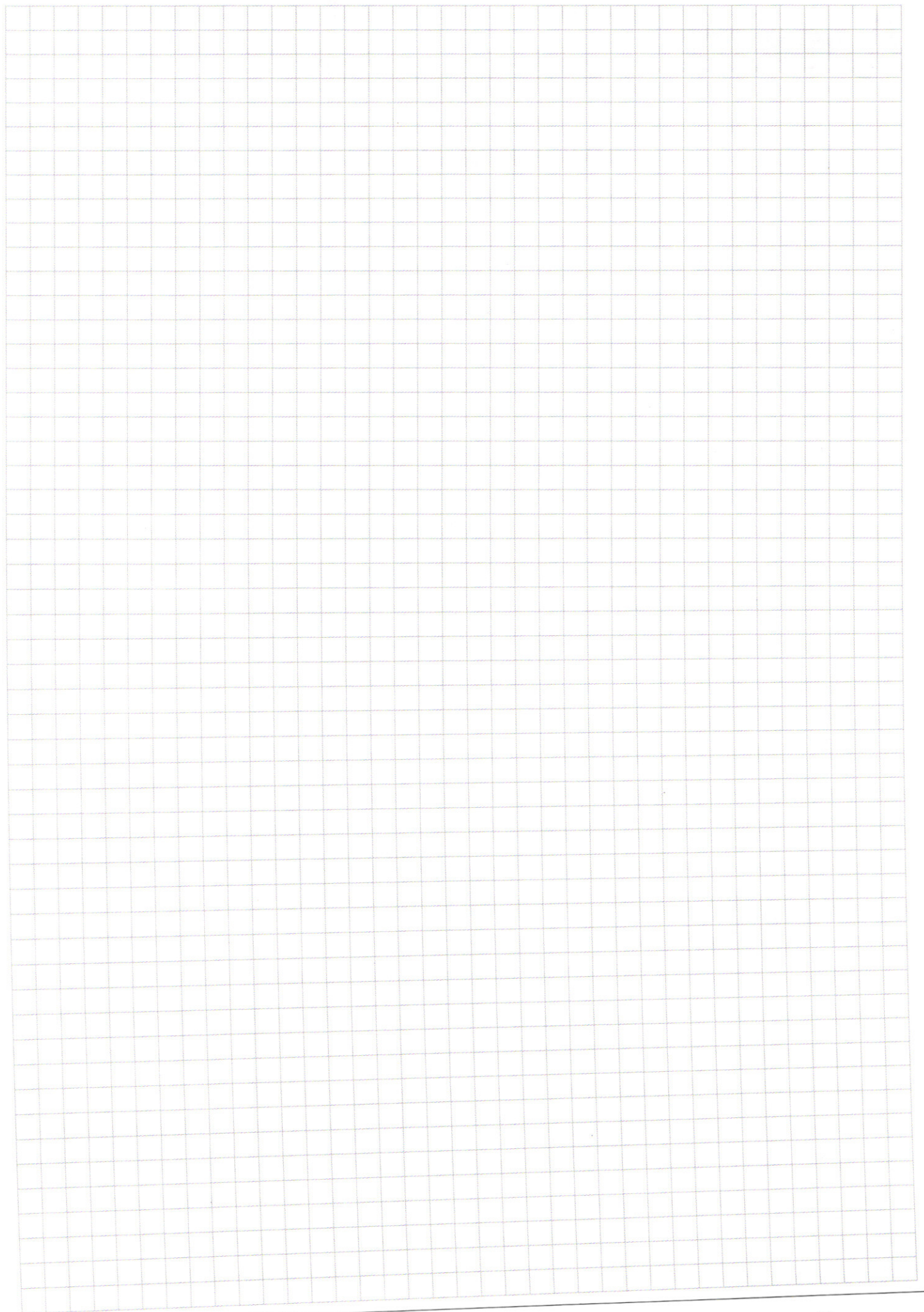
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № ____
(Нумеровать только чистовики)



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)