

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?

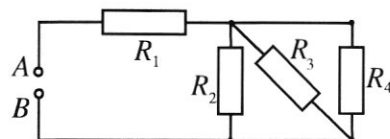
2) На сколько Δt ($^\circ\text{C}$) повысится температура шариков?

Удельная теплоемкость свинца $c = 130$ Дж/(кг $^\circ\text{C}$). Температуры шариков перед слипанием одинаковы.

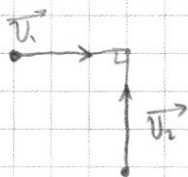
5. Четыре резистора соединены как показано на рисунке. Сопротивления резисторов $R_1 = 3 \cdot r$, $R_2 = R_3 = 2 \cdot r$, $R_4 = 4 \cdot r$. На вход АВ схемы подают напряжение $U = 38$ В.

1) Найдите эквивалентное сопротивление R_{AB} цепи.

2) Какой силы I ток будет течь через резистор R_4 при $r = 10$ Ом?



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



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

$$m^2 v_1^2 + 2m^2 v_1 v_2 \cos 90^\circ + m^2 v_2^2 = 4m^2 v^2$$

$$2v = \sqrt{v_1^2 + v_2^2} = \sqrt{3600 + 6400} = 100 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right) \Rightarrow v = 50 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$c = 130 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$Q = cm\Delta t$$

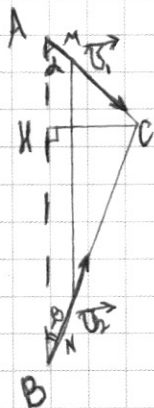
$$\frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} = \frac{2mv^2}{2} + Q$$

$$Q = 2v_m^2 = 5000 \text{ м}$$

$$\Delta t = \frac{Q}{cm} = \frac{5000}{130} = \frac{500}{13} = 38,46$$

$$\begin{array}{r} 500 \overline{) 13} \\ -39 \\ \hline 110 \\ -104 \\ \hline 60 \\ -52 \\ \hline 80 \\ -78 \\ \hline 20 \end{array}$$

Дано:
 $l = 1 \text{ км}$
 $u_1 = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
 $\alpha = 60^\circ$
 $u_2 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
 $s = 110 \text{ м}$
 1) $\sin \beta = ?$
 2) $T = ?$



1) пусть торпеда попадет в катер в точке C (см. рис.)

опустим на AB перпендикуляр CH

по св-ву п/у $\Delta \angle ACH = 90^\circ - \alpha = 30^\circ$

тогда по другой св-ву п/у $\Delta AH = \frac{1}{2} AC = \frac{u_1 t}{2}$

$$CH = AC \cdot \sin \alpha = u_1 t \sin \alpha$$

$$\text{рассмотрим п/у } \Delta BHC: \sin \beta = \frac{CH}{BC} = \frac{u_1 t \sin \alpha}{u_2 t} = \frac{u_1 \sin \alpha}{u_2}$$

$$\sin \beta = \frac{u_1 \sin \alpha}{u_2}$$

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

примечание: здесь t — время до встречи катера с торпедой

2) по т. Пифагора в ΔAHC : $AC^2 = AH^2 + CH^2$

$$u_2^2 t^2 = \frac{u_1^2 t^2 \cdot 3}{4} + \left(l - \frac{u_1 t}{2}\right)^2$$

$$u_2^2 t^2 = \frac{u_1^2 t^2 \cdot 3}{4} + l^2 - \frac{2 l u_1 t}{2} + \frac{u_1^2 t^2}{4}$$

$$\text{подставим значения: } t^2 (400 - 75 - 25) + 10000 t - 1000000 = 0$$

$$3 t^2 + 10^2 t - 10^4 = 0$$

$$D = 10^4 + 12 \cdot 10^4 = 10^4 \cdot 13$$

$$t = \frac{-10^2 + 10^2 \sqrt{13}}{6} = \frac{10^2 (\sqrt{13} - 1)}{6} \approx 43,33 (\text{с})$$

в ΔABC проведем $MN \parallel AB, M \in AC, N \in BC, MN = s$

T' — время от момента, когда $s = 110 \text{ м}$, до встречи

$$\text{из подобия } \Delta ABC \text{ и } \Delta MNC \text{ следует: } \frac{u_1 t}{u_1 T'} = \frac{l}{s} = \frac{100}{110}$$

$$T' = \frac{110 t}{100} \approx 33,36 (\text{с})$$

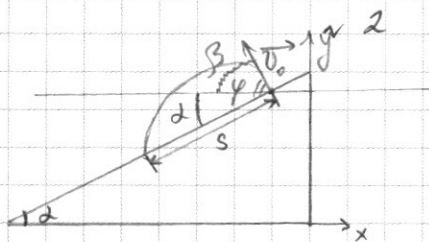
$$T = t - T' = 43,33 - 33,36 \approx 9,97 (\text{с})$$

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

2) $T = 9,97 \text{ с}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:
 $\alpha = 30^\circ$
 $S = 0,8 \text{ км}$
 $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$
1) $\varphi = ?$
2) $U_0 = ?$



1) м.х. время полёта минимальное
(по условию), $\varphi = 90^\circ$

2) Ох: $U_x = U_0 \cos \beta$

$$x = U_0 \cos \beta t \quad (1)$$

Оy: $U_y = U_0 \sin \beta - g t$

$$y = U_0 \sin \beta t - \frac{g t^2}{2}$$

примечание: $\beta = \varphi - \alpha = 60^\circ$

$$y_{\text{кон}} = 0 \Rightarrow U_0 \sin \beta = \frac{g t}{2} \Rightarrow t = \frac{2 U_0 \sin \beta}{g} \quad (2)$$

$$x_{\text{кон}} = S$$

подставим (2) в (1): $S = \frac{2 U_0^2 \sin \beta \cos \beta}{g}$

$$U_0 = \sqrt{\frac{S g}{2 \sin \beta \cos \beta}}$$

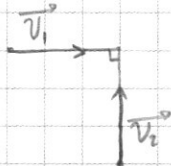
$$U_0 = \sqrt{\frac{800 \text{ м} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{1}{2}}} = \sqrt{\frac{16000 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{\sqrt{3}}} = \frac{40 \sqrt{10}}{\sqrt{3}} \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx \frac{40 \cdot 3,15}{1,3} \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 96,92 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: 1) $\varphi = 90^\circ$

2) $U_0 = 96,92 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

н 4

Дано:
 $m_1 = m_2 = m$
 $V_1 = 60 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
 $V_2 = 80 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
 $\ell = 130 \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$
1) $V = ?$
2) $\Delta t = ?$



1) закон сохранения импульса: $m \vec{V}_1 + m \vec{V}_2 = 2 m \vec{V} \quad \uparrow z$

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

$$2 V = \sqrt{V_1^2 + V_2^2}$$

$$V = \frac{\sqrt{V_1^2 + V_2^2}}{2}$$

$$V = \frac{\sqrt{3600 + 6400}}{2} = \frac{100}{2} = 50 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right)$$

2) закон сохранения энергии: $\frac{m V_1^2}{2} + \frac{m V_2^2}{2} = \frac{2 m V^2}{2} + Q$

$$Q = c m \Delta t$$

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

Но из 1 пункта $v_1^2 + v_2^2 = 4v^2 \Rightarrow c \Delta t = 2v^2$

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

$$\Delta t = \frac{2 \cdot 2500}{130} \approx 38,46^\circ \text{C}$$

Ответ: 1) $50 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

2) $38,46^\circ \text{C}$

Дано:

$$R_1 = 3r$$

$$R_2 = R_3 = 2r$$

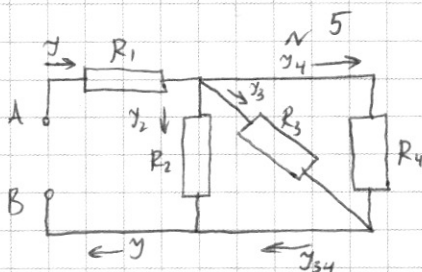
$$R_4 = 4r$$

$$U = 38 \text{ В}$$

$$r = 10 \text{ Ом}$$

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

$$2) I_4 - ?$$



$$1) R_{34} = \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} = \frac{2r \cdot 4r}{2r + 4r} = \frac{8r^2}{6r} = \frac{4r}{3}$$

$$R_{234} = \frac{R_{34} \cdot R_2}{R_{34} + R_2} = \frac{\frac{4r}{3} \cdot 2r}{\frac{4r}{3} + 2r} = \frac{8r^2}{10r} = \frac{4r}{5}$$

$$R_{AB} = R_1 + R_{234} = 3r + \frac{4r}{5} = \frac{19r}{5} = 3,8r$$

$$2) I = \frac{U}{R_{AB}} = \frac{38 \text{ В}}{3,8 \cdot 10 \text{ Ом}} = \frac{10 \text{ В}}{10 \text{ Ом}} = 1 \text{ А}$$

$$U_1 = I R_1 = 1 \text{ А} \cdot 30 \text{ Ом} = 30 \text{ В}$$

$$U_2 = U_3 = U_4 = U - U_1 = 8 \text{ В}$$

$$I_4 = \frac{U_4}{R_4} = \frac{8 \text{ В}}{40 \text{ Ом}} = 0,2 \text{ А}$$

Ответ: 1) $3,8r$

2) $0,2 \text{ А}$

Дано:

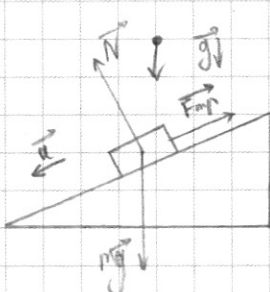
$$v_1 = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$h = 0,8 \text{ м}$$

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

$$1) v_2 - ?$$

$$2) a - ?$$



~ 3

1) рассмотрим движение шарика:

$$y = v_0 t + \frac{g t^2}{2} \quad (\text{считаем, что } g \text{ напр. вниз})$$

$$h = \frac{g t^2}{2}$$

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} \quad \text{— время падения шарика}$$

$$v_2 = v_0 + g t$$

$$v_2 = g \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

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

$$2) a = -\frac{v_1}{t} \quad (\text{д.т.к. равнозамедл.})$$

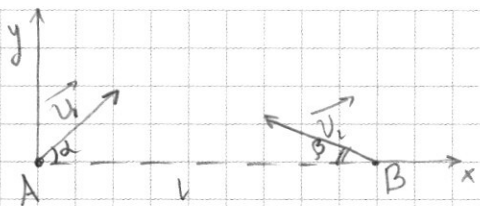
$$a = -\frac{v_1}{\sqrt{\frac{2h}{g}}}$$

$$a = -\frac{1 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{0,4 \text{ с}} = -2,5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

Ответ: 1) $4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

2) $-2,5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$L = 1 \text{ км}$$

$$v_1 = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

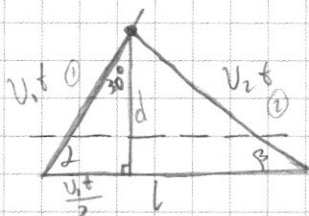
$$\alpha = 60^\circ$$

$$v_2 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$1) \sin \beta = ?$$

$$2) S = 770 \text{ м}$$

$$T = ?$$



$$d = v_1 t \sin \alpha$$

$$v_2 = 2v_1$$

$$v_{\text{рез}} = -v_1 + v_2 = 10$$

$$\frac{v_1 t}{v_1 T} = \frac{L}{S} = \frac{100}{77}$$

$$v_1^2 t^2 = \frac{v_1^2 L^2}{4} + v_1^2 t^2 \cdot \frac{3}{4}$$

$$T' = \frac{77 t}{100} = 7,7 (с)$$

$$v_2^2 t^2 = \frac{v_1^2 t^2 \cdot 3}{4} + (L - \frac{v_1 t}{2})^2$$

$$v_2^2 t^2 = \frac{v_1^2 t^2 \cdot 3}{4} + L^2 - \frac{2 L v_1 t}{2} + \frac{v_1^2 t^2}{4}$$

$$t^2 (400 - 75 - 25) + 10000 t - 1000000 = 0$$

$$3 t^2 + 10^4 t - 10^6 = 0$$

$$D = 10^4 + 12 \cdot 10^4 = 10^4 (10^2 + 12) = 10^4 \cdot 112 = (10^2 \cdot 4 \cdot \sqrt{7})^2$$

$$1000000$$

$$+ 1200000$$

$$1120000$$

$$112 = 2 \cdot 56 = 4 \cdot 28 = 4 \cdot 4 \cdot 7$$

$$t = \frac{-10^4 \pm 4 \cdot 10^2 \sqrt{7}}{6} \approx 10 (с)$$

$$\sin \beta = \frac{d}{v_2 t} = \frac{v_1 t \sin \alpha}{v_2 t} = \frac{10 \cdot \sqrt{3}}{2 \cdot 20} = \frac{\sqrt{3}}{4} = 0,433$$

$$\begin{array}{r} 43,33 \\ \times 14 \\ \hline 30334 \\ 30334 \\ \hline 30334 \times 265 \\ \hline 333641 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3,55 \\ + 3,55 \\ \hline 14,25 \\ 21,90 \\ \hline 1095125 \\ 1311 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3,6 \\ + 3,6 \\ \hline 21,6 \\ 10,8 \\ \hline 12,96 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2,65 \\ + 2,65 \\ \hline 1375 \\ 1590 \\ \hline 530 \\ 6,9825 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3,9 \\ + 3,9 \\ \hline 259 \\ 111 \\ \hline 260 \\ 0 \end{array} = 43,33$$



11 4 = ?

2) $U_0 = ?$

$$x = v_0 \cos \beta t \Rightarrow t = \frac{x}{v_0 \cos \beta}$$

$$y = v_0 \sin \beta t - \frac{g t^2}{2} = \frac{x \sin \beta}{\cos \beta} - \frac{g x^2}{2 v_0^2 \cos^3 \beta}$$

$$U_0 \sin \beta = g t / 2 \quad t = \frac{2 U_0 \sin \beta}{g}$$

$$U_0 = \frac{g t}{\sin \beta}$$

$$\beta = 4 - 2 = 60^\circ$$

$$y_{\max} = \frac{2U^2 \sin^2 \beta}{g}$$

остаток найдем

$$s = \frac{2v_0^2 \sin \beta \cos \beta}{g}$$

$$U_0 = \sqrt{\frac{8 \cdot 47}{\frac{2 \cdot \sqrt{3}}{4}}} = \sqrt{\frac{8 \cdot 47}{\sqrt{3}}}$$

$$t = \frac{v_0}{g}$$

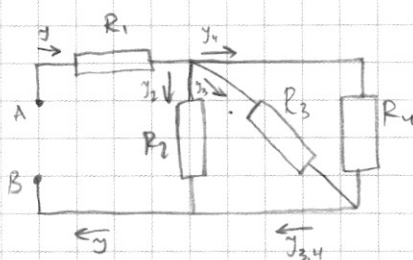
$$H = \frac{v_0^2}{2g}$$

~~$$x = v_0 \cos \beta \cdot 2v_0 \sin \beta$$~~

$$\frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{\sqrt{3}}{4} = \frac{L}{\sin^2 \alpha} \quad \checkmark \quad 31,5 \cdot 4 = 120 + 6 = \frac{1260}{12}$$

$$L = \frac{2U_0 \sin \alpha \cos \alpha}{a}$$

$$= 96,9$$



$$R_1 = 3r, R_2 = R_3 = 2r, R_4 = 4r, U = 38B$$

1) $R_{AB} - ?$

2) γ_4 - ? при $r = 10$ Ом

$$13 \times 9 = 117 \quad R_{34} = \frac{R_u R_3}{R_u + R_3} = \frac{4r \cdot 2r}{4r + 2r} = \frac{8r^2}{6r} = \frac{4r}{3}$$

$$\textcircled{10} \quad R_{234} = \frac{R_{34} \cdot R_2}{R_{34} + R_2} = \frac{\frac{4r}{3} \cdot 2r}{\frac{4r}{3} + 2r} = \frac{8r^2/3}{\cancel{3} \cdot 10r} = \frac{4r}{5}$$

$13 \times 6 = 78$

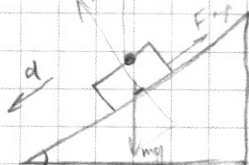
$$R_{AB} = R_1 + R_{234} = 3r + \frac{4r}{5} = \frac{19r}{5}$$

$$Y = \frac{U}{R_{AB}} = \frac{38.5}{19.10} = 2$$

$$u_1 = y R_1 = 30$$

$$u_4 = u - u_1 = 8$$

$$y_4 = \frac{u_4}{R_4} = \frac{8}{40} = \frac{1}{5} \text{ (A)}$$



$$v_1 = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$
$$h = 0,8 \text{ m}$$
$$g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\begin{array}{r} 31 \\ 93 \\ \hline 961 \end{array}$$

$$a = \frac{v_1}{f} = \frac{1}{0,4} = \frac{10}{4} = 2,5$$

$$y = \frac{gt^2}{2} = 0,8 \Leftrightarrow gt^2 = 1,6 \Leftrightarrow t^2 = 0,16 \Leftrightarrow t = 0,4 \text{ s}$$

$$v_1 = v_0 - at$$

$$v_2 = g t = 4 \left(\frac{m}{s} \right)$$

$$F_{\text{mg}} = (m + m') \sin \alpha = 2m \cos \alpha \quad 3,15$$

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

$$O_x: ma - F_{\text{mp}} + mg \sin \alpha = 0$$

ma = myung word - mysing

$$d = g(y \cos \alpha - s, r \alpha)$$

$$\begin{array}{r} 315 \\ 945 \\ \hline 99225 \\ 1 \end{array}$$



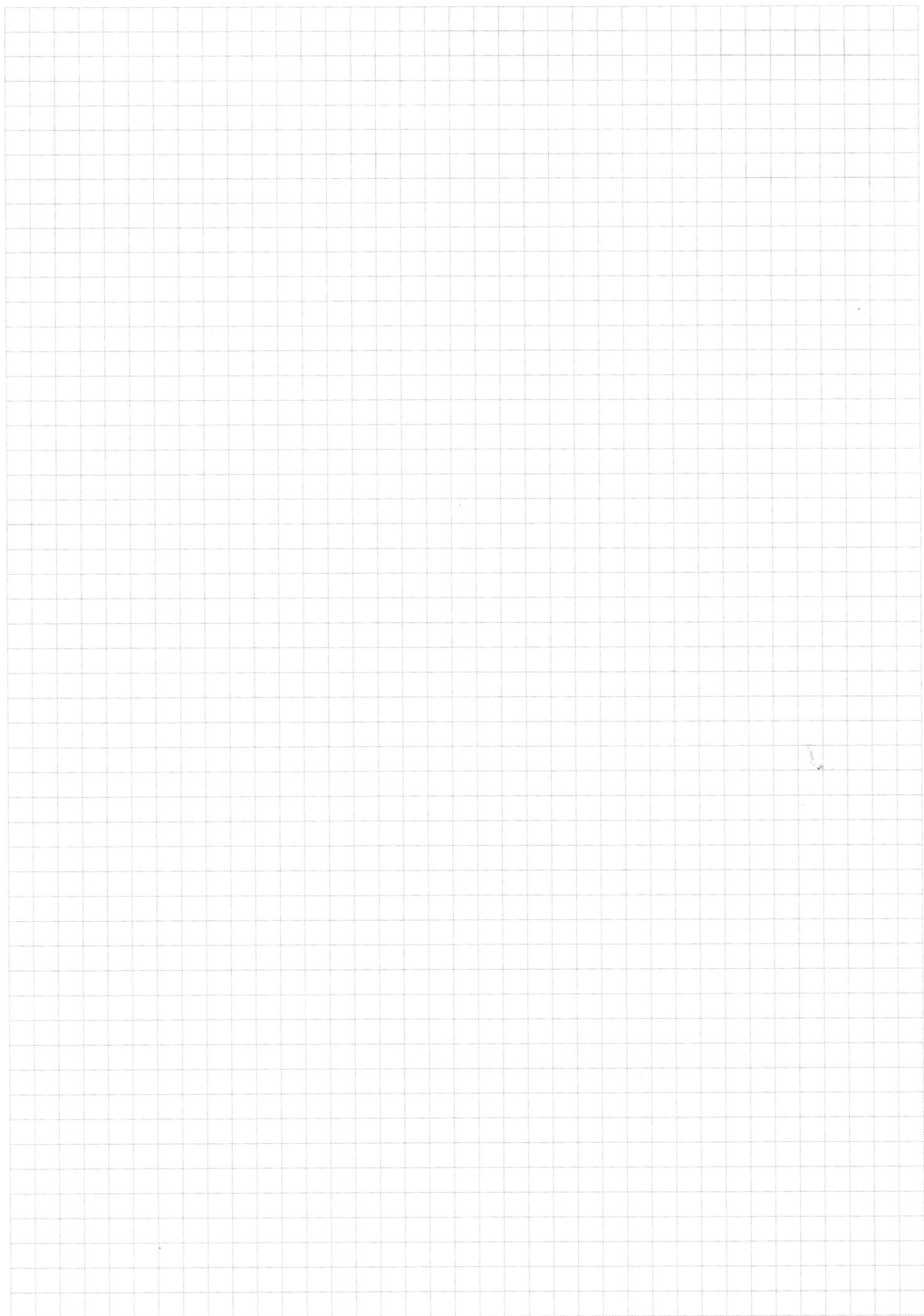
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)



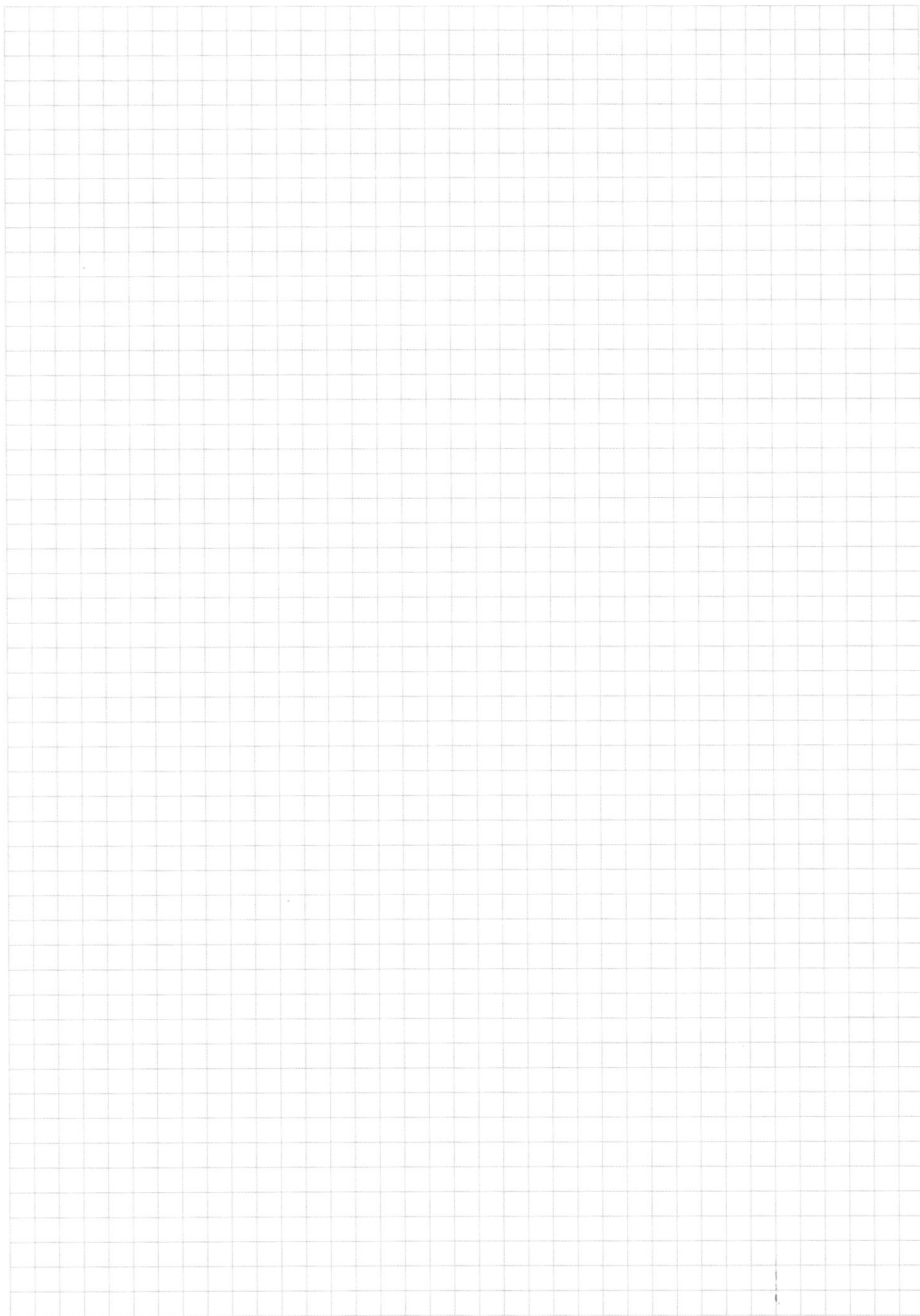
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)