

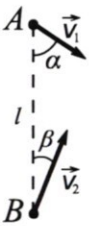
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 09

Вариант 09-01

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

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?

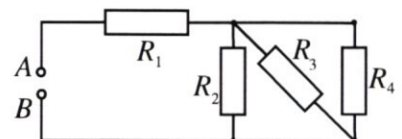
2) На сколько Δt ($^\circ\text{C}$) повысится температура шариков?

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.

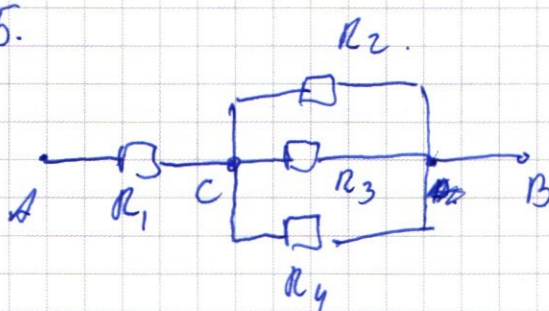
1) Найдите эквивалентное сопротивление R_{AB} цепи.

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



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) экв. схема.



$$\begin{aligned} R_1 &= 3r \\ R_2 &= R_3 = 2r \\ R_4 &= 4r \end{aligned}$$

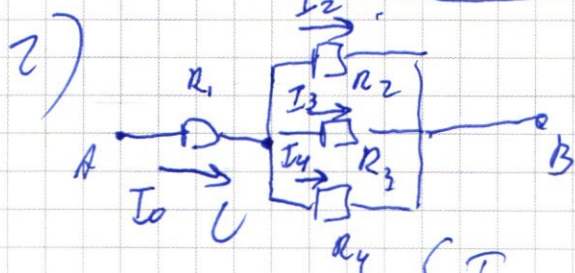
найти сопротивление на выходе R_0 :

$$\frac{1}{R_0} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}, \text{ т.к. } R_2, R_3, R_4 - \text{подключены параллельно.}$$

$$\frac{1}{R_0} = \frac{R_3 R_4 + R_2 R_4 + R_2 R_3}{R_2 R_3 R_4} \Rightarrow R_0 = \frac{R_2 R_3 R_4}{R_3 R_4 + R_2 R_4 + R_2 R_3} = \frac{2r \cdot 2r \cdot 4r}{8r + 8r + 4r} = \frac{16r^3}{20r^2} = \frac{4}{5}r.$$

$$R_{AB} = R_1 + R_0 = 3r + \frac{4}{5}r = 3\frac{4}{5}r = 3,8r.$$

Ответ: $3,8r$



$I_4 = ?$

$$\begin{aligned} r &= 10\Omega \\ U &= 38\text{В} \end{aligned}$$

$$I_0 = \frac{U}{R_{AB}} = \frac{38\text{В}}{38\Omega} = 1\text{А}.$$

$$\begin{cases} I_0 = I_2 + I_3 + I_4 & I_2 = I_0 - I_3 - I_4 \\ R_2 I_2 = R_3 I_3 \\ R_2 I_2 = R_4 I_4 \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_3 = \frac{R_2}{R_3} \cdot I_2 \\ R_2 I_2 = R_4 I_4 \\ I_2 = I_0 - I_3 - I_4 \end{cases}$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow I_2 \left(\frac{R_3 + R_2}{R_3} \right) &= I_0 - I_4 \\ I_2 &= I_0 - I_4 \cdot \frac{R_3}{R_3 + R_2} \end{aligned}$$

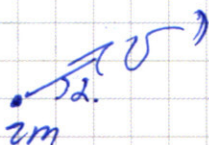
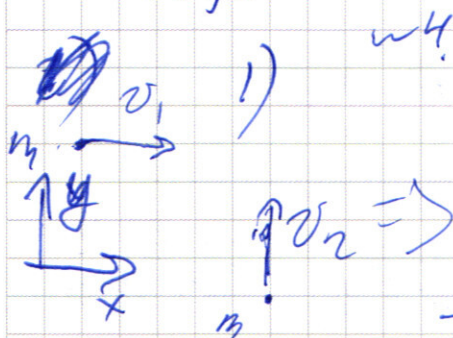
$$I_4 = \frac{R_2}{R_4} \cdot \left(\frac{R_3}{R_3 + R_2} \cdot I_0 - I_4 \right)$$

$$I_4 \left(1 + \frac{R_2 R_3}{R_3 R_4 + R_2 R_4} \right) = I_0 \cdot \frac{R_2 R_3}{R_3 R_4 + R_2 R_4}$$

$$I_4 = I_0 \cdot \frac{R_2 R_3}{R_3 R_4 + R_2 R_4} \cdot \frac{R_3 R_4 + R_2 R_4}{R_2 R_3 + R_3 R_4 + R_2 R_4} = 1 \cdot \frac{4r^2}{8r^2 + 8r^2} \cdot \frac{8r^2 + 8r^2}{8r^2 + 8r^2 + 4r^2} =$$

$$= 1 \cdot \frac{4}{16} \cdot \frac{16}{20} = \frac{1}{4} \cdot \frac{4}{5} = \frac{1}{5} A.$$

Ответ: $\frac{1}{5} A$



$$v_2 = 80 \frac{m}{c}$$

$$v_1 = 60 \frac{m}{c}$$

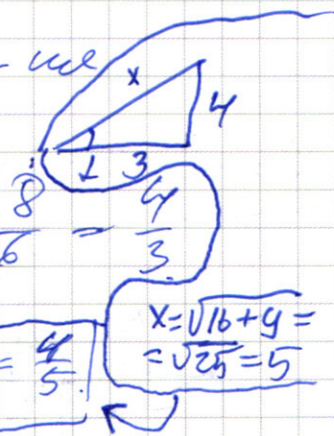
$$m\vec{v}_1 + m\vec{v}_2 = 2m\vec{v}' - \text{З.С.У}$$

(закон сохранения импульса)

$$Ox: m v_1 = 2m \cdot v' \cos \alpha$$

$$Oy: m v_2 = 2m \cdot v' \sin \alpha$$

$$\Rightarrow \tan \alpha = \frac{v_2}{v_1} = \frac{8}{6} = \frac{4}{3}$$



$$\cos \alpha = \frac{3}{5} \quad \sin \alpha = \frac{4}{5}$$

$$x = \sqrt{16 + 9} = \sqrt{25} = 5$$

$$v' = \frac{v_1}{2 \cdot \cos \alpha} = \frac{60 \frac{m}{c}}{2 \cdot \frac{3}{5}} = 50 \frac{m}{c}$$

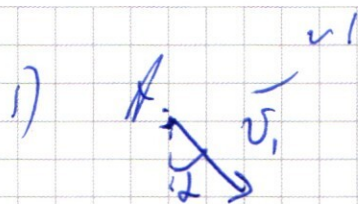
Ответ: $50 \frac{m}{c}$

$$2) \quad \frac{m v_1^2}{2} + \frac{m v_2^2}{2} = \frac{2m v'^2}{2} + Q - \text{З.С.Э}$$

$Q = m \cdot C \cdot \Delta t$, где $C = 130 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$ — по табл. —

$$2 C \Delta t = \frac{v_1^2}{2} + \frac{v_2^2}{2} - v'^2 \Rightarrow \Delta t = \frac{1250}{130} = \frac{125}{13} ^\circ C = 9 \frac{8}{13} ^\circ C$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



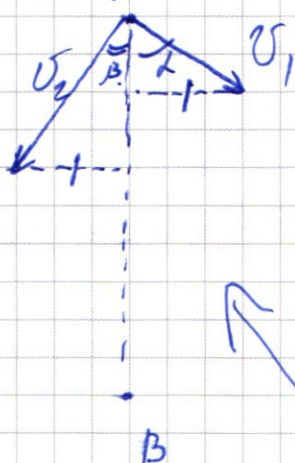
$$\alpha = 60^\circ$$

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

$$l = 1 \text{ км.}$$

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

перпендикуляр в С.О. отн-ко торпеды:



Т.к. указано, что торпеда ~~пойдет~~ попадет в цель, то $\angle \text{К-ГБ.Т.}$ в С.О. отн. Т. В $\Delta \text{ГБТ}$ катет-ка ГБ вдоль прямой ГБ , т.е.

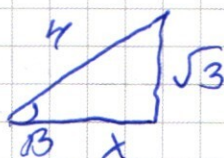
$$v_1 \cdot \sin \alpha = v_2 \cdot \sin \beta.$$

(см. рис-ок)

$$\sin \beta = \sin \alpha \cdot \frac{v_1}{v_2} = \frac{\sin \alpha}{2} =$$

$$= \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{2} = \frac{\sqrt{3}}{4}$$

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



$$x = \sqrt{16 - 3} = \sqrt{13}$$

2) $l = l - s = 230 \text{ м.}$

$$\cos \beta = \frac{\sqrt{13}}{4}$$

$\Delta l = v_{\text{ГБ}} \cdot \Delta t$, где $v_{\text{ГБ}}$ - К-ГБ.Т. в С.О. Т.В.

$$v_{\text{ГБ}} = v_2 \cdot \cos \beta + v_1 \cdot \cos \alpha = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \frac{\sqrt{13}}{4} + 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\Delta l = \frac{\Delta l}{v_{\text{ГБ}} \cdot \cos \beta + v_1 \cdot \cos \alpha}$$

$$\Delta l = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot (\sqrt{13} + 1) \Delta t$$

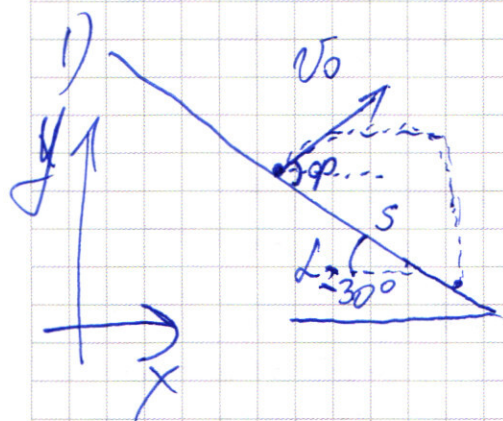
$$230 \text{ м} = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot (\sqrt{13} + 1) \cdot \Delta t$$

~~$\Delta t = \frac{230}{5(\sqrt{13} + 1)}$~~

$$230 \text{ м} = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot (\sqrt{13} + 1) \cdot \Delta t$$

$$\Delta t = \frac{230}{5(\sqrt{13} + 1)} = \frac{115}{\sqrt{13} + 1} = \frac{115 \cdot (\sqrt{13} - 1)}{13 - 1} = \frac{115(\sqrt{13} - 1)}{12} \text{ с}$$

в 2.



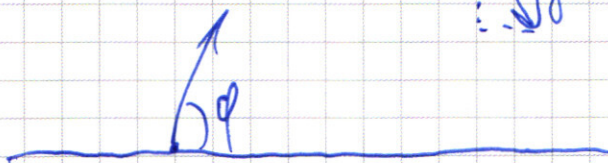
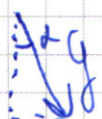
$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \quad \varphi - ?$$

$$S = 0,8 \text{ км}$$

$$Ox: S \cdot \cos \alpha = v_0 \cdot \cos(\varphi - \alpha) \cdot t_{\max}$$

$$Oy: -S \cdot \sin \alpha = v_0 \cdot t_{\max} \cdot \sin(\varphi - \alpha) - \frac{g t_{\max}^2}{2}$$

$$-2S \sin \alpha = 2v_0 t_{\max} \sin(\varphi - \alpha) - g t_{\max}^2$$



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

Ответ: $\varphi = 90^\circ$ будет максимальным при $\sin \varphi = 1$, т.е. $\varphi = 90^\circ$.

$$b) \frac{1}{\cos \alpha}$$

$$c) \frac{S \cos \alpha}{g t_{\max}^2 - 2S \sin \alpha} = \frac{\cos(\varphi - \alpha)}{2 \sin(\varphi - \alpha)}$$

Продолжение на стр. 6.
стр. 6

$$g t_{\max}^2 - 2S \sin \alpha = 2S \cos \alpha \cdot \tan(\varphi - \alpha)$$

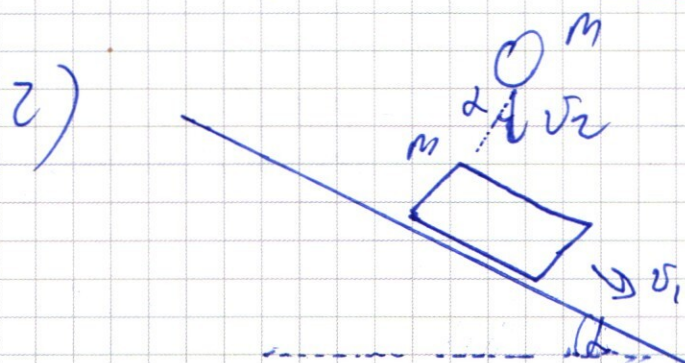
$$t_{\max} = \sqrt{2 \cdot S (\sin \alpha + \cos \alpha \tan(\varphi - \alpha)) / g}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

ω3.

1) $h = \frac{g v^2}{2}$ $v = \sqrt{\frac{2h}{g}} = 0,4 \text{ c}$

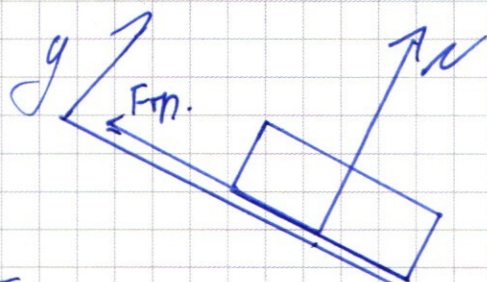
$v_2 = g v$ $v_2 = 10 \frac{\text{м}}{\text{c}^2} \cdot 0,4 \text{ c} = 4 \frac{\text{м}}{\text{c}}$



— центральный импульс $\vec{P}_c$

$$\vec{P}_c = m \vec{v}_2 + m \vec{v}_1 =$$

$$= m(\vec{v}_2 + \vec{v}_1)$$



$F_{\text{тр}} = N \cdot \mu$

(где μ — коэффициент трения)

(преобразованием сил
тяжести, т.е. в уч-м.
физико-математическом
классе, т.е. в уч-м.
физико-математическом
классе)

II з.п.: $\Delta P_c = (F_{\text{тр}} + N) \cdot \Delta s$, где ΔP_c — изменение импульса

ОХ': $\Delta P_{cx} = -F_{\text{тр}} \cdot \Delta s = -\mu \cdot N \cdot \Delta s$ — маленький промежуток времени.

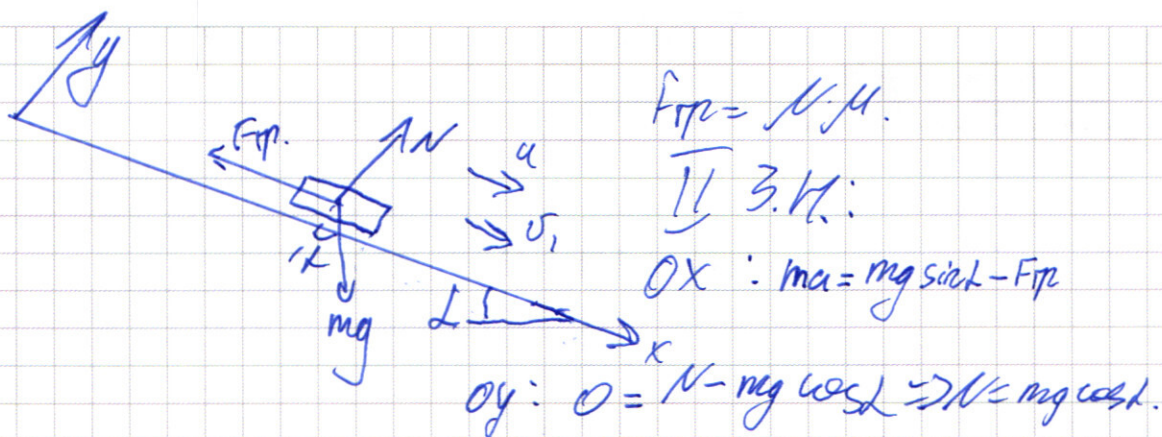
ОУ: $\Delta P_{cy} = +N \cdot \Delta s$

проецируем все ΔP_c и Δs , получим:

$m v_1 + m v_2 \cdot \sin \alpha = -\mu \cdot \sum N \cdot \Delta s$

$m v_2 \cdot \cos \alpha = -\sum N \cdot \Delta s$

$$\Rightarrow \frac{v_1 + v_2 \cdot \sin \alpha}{v_2 \cos \alpha} = \mu$$



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

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

$$a = g \sin \alpha - g \cos \alpha \cdot \frac{v_1 + v_2 \sin \alpha}{v_2 \cos \alpha}$$

$$a = g \sin \alpha - g \frac{v_1}{v_2} - g \sin \alpha = -g \frac{v_1}{v_2} = -\frac{1}{4}g = -2,5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

(торможет, равнозамедл.)

Ответ: $2,5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

ПРОДОЛЖЕНИЕ задачи №3.

$$\tilde{v}_{\text{max}} = 9,9 \sqrt{2} \text{ м/с}$$

$$S = 0,8 \text{ км} = 800 \text{ м}$$

$$t_{\text{max}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 800 \text{ м}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}} \cdot (\sin 30^\circ + \cos 30^\circ \cdot \lg 60^\circ) = 4 \cdot \sqrt{10} = 8\sqrt{5} \text{ с}$$

$$t_{\text{max}} = \frac{v_{\text{max}} \cdot \sin \alpha}{g \cos \alpha}$$

$$v_0 = \frac{t_{\text{max}}}{2} \cdot \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} \cdot g = 4 \cdot \sqrt{5} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 2 \cdot \sqrt{15} \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 10 = 20 \cdot \sqrt{15} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

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

Ответ: $20 \cdot \sqrt{15} \frac{\text{м}}{\text{с}}$



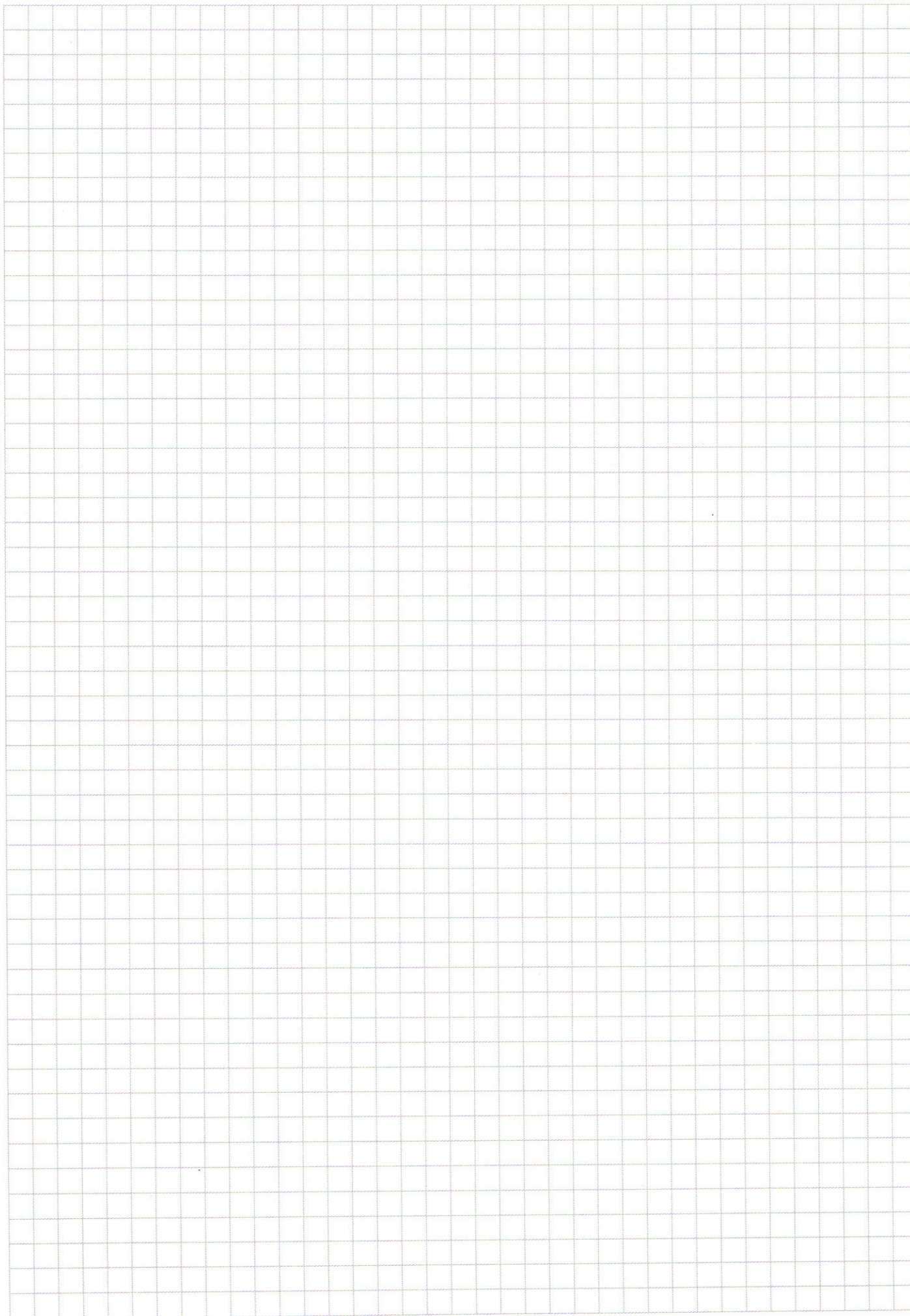
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)





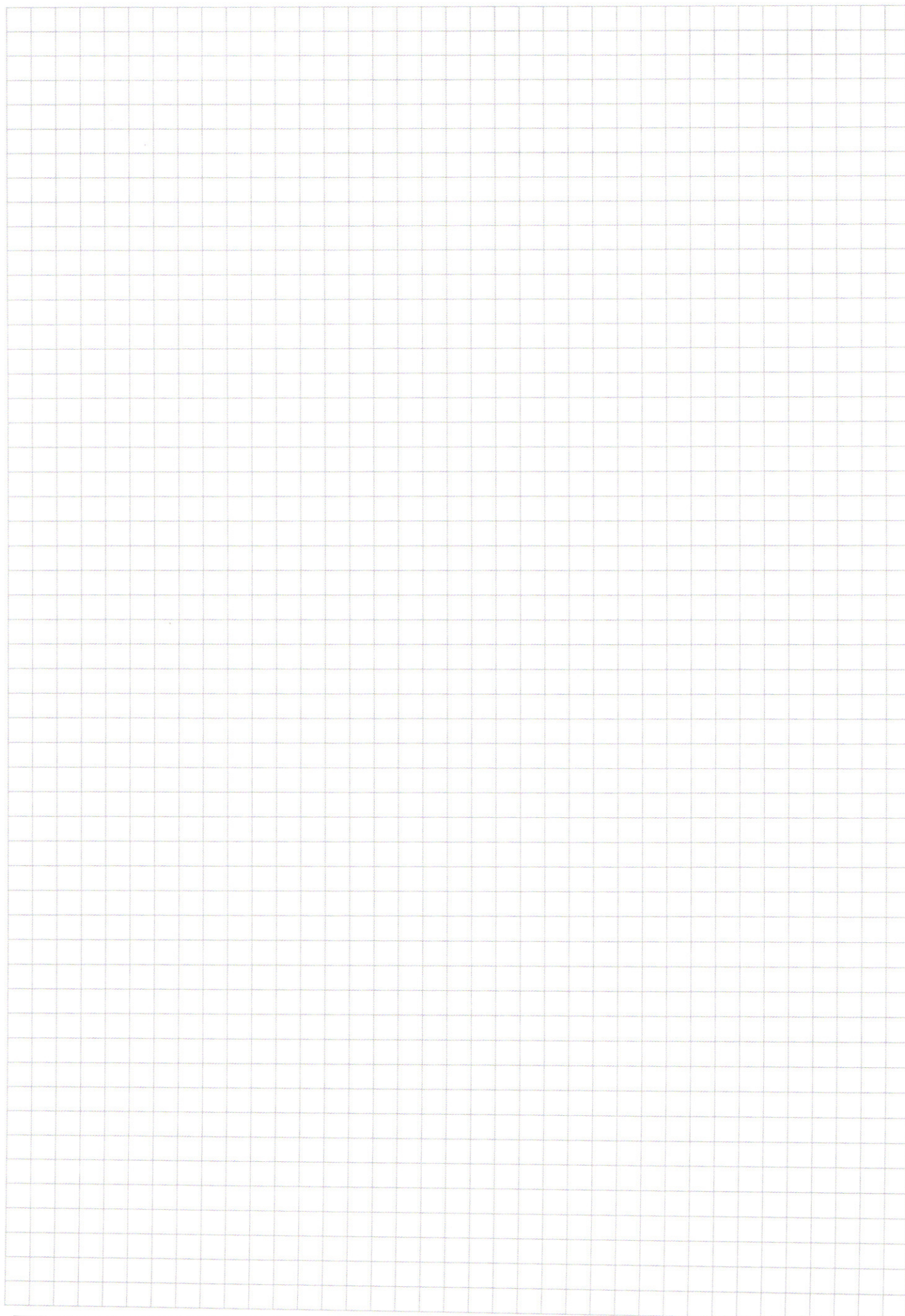
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)