

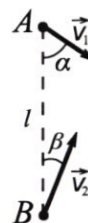
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 09

Вариант 09-02

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

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. Пластиновый 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 пластины 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.

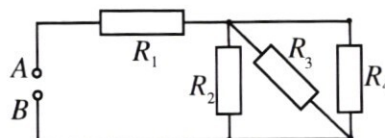
5. Четыре резистора соединены как показано на рисунке. Сопротивления резисторов $R_1 = 2 \cdot r$,

$R_2 = R_3 = 4 \cdot r$, $R_4 = r$. 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 ,

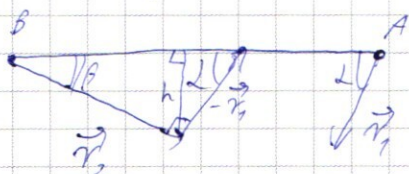
R_3 и R_4 при $r = 6$ Ом?



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N 1.

Для того, чтобы корабль попал в корабль, необходимо, чтобы направление $\vec{v}_2$ и $\vec{v}_1$ было по АВ: $\vec{v}_2 - \vec{v}_1 \parallel AB$



$$h = v_2 \sin \beta = v_1 \sin \alpha \quad \text{где } l = 800 \text{ м}$$

$$v_2 = v_1 \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = 8 \frac{\text{м}}{\text{с}} \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{1}{2}} = 8\sqrt{3} \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 14 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$S = l - |\vec{v}_2 - \vec{v}_1| T$$

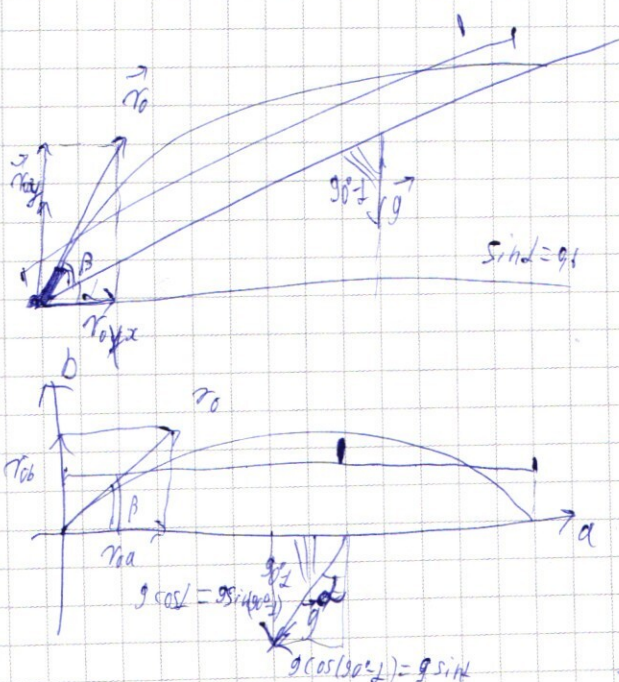
$$120^\circ - 2 \cdot \beta = 180^\circ - 60^\circ - 30^\circ = 90^\circ \Rightarrow |\vec{v}_2 - \vec{v}_1| = \sqrt{v_2^2 + v_1^2} = \sqrt{(8\sqrt{3})^2 + (8)^2} =$$

$$= 76 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$S = 800 \text{ м} - 76 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 25 \text{ с} = 400 \text{ м}$$

Ответ: $v_2 = 8\sqrt{3} \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 14 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; $S = 400 \text{ м}$.

N 2.



T — время полета.

$$l \cos \alpha = v_{0x} T$$

$$v_0 = \sqrt{v_{0x}^2 + v_{0y}^2}$$

$$l \sin \alpha = v_{0y} T - \frac{g T^2}{2}$$

$$v_{0y} = v_0 \sin(\alpha + \beta)$$

$$l = v_{0x} T - g \sin \alpha \frac{T^2}{2}$$

$$0 = v_{0x} T - g \cos \alpha \frac{T^2}{2}$$

$$v_{0x} = g \cos \alpha \frac{T}{2}, \quad T \neq 0$$

$$T = \frac{2 v_{0x}}{g \cos \alpha}; \quad v_{0x} = v_0 \sin \beta; \quad v_{0y} = v_0 \cos \beta$$

$$T = \frac{2 v_0 \sin \beta}{g \cos \alpha}$$

$$v_{0x} = g \cos \alpha \frac{T}{2}$$

$$v_{0x} = \frac{l}{T} + g \sin \alpha \frac{T}{2}$$

$$\tan \beta = \frac{v_{0y}}{v_{0x}} = \frac{g \cos \alpha \frac{T}{2}}{\frac{l}{T} + g \sin \alpha \frac{T}{2}}$$

$$\frac{l \sin \beta}{T} + g \sin \alpha \frac{T}{2} = g \cos \alpha \frac{T}{2}$$

$$\frac{gT}{2} (\cos \alpha - \sin \alpha \tan \theta) = \frac{1 \tan \theta}{T} \quad T^2 = \frac{2 \tan \theta}{g (\cos \alpha - \sin \alpha \tan \theta)} \quad T = \sqrt{\frac{2 \tan \theta}{g (\cos \alpha - \sin \alpha \tan \theta)}} =$$

$$= \sqrt{\frac{2}{g}} \sqrt{\frac{\tan \theta}{\cos \alpha - \sin \alpha \tan \theta}} \quad T' = 0 = \sqrt{\frac{2}{g}} \cdot \frac{1}{2 \sqrt{\frac{\tan \theta}{\cos \alpha - \sin \alpha \tan \theta}}} \cdot \frac{\tan \theta' (\cos \alpha - \sin \alpha \tan \theta) -$$

$$- \tan \theta' (-\sin \alpha + \tan \theta')}{(\cos \alpha - \sin \alpha \tan \theta)^2} \quad \tan \theta' = \frac{1}{\cos^2 \theta} \quad \{ \theta \neq 0; \cos \alpha - \sin \alpha \tan \theta \neq 0$$

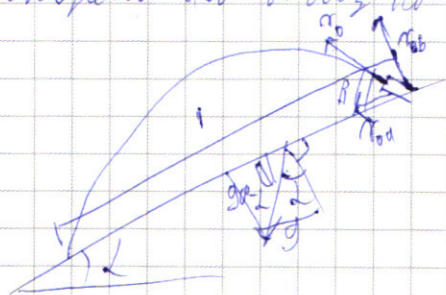
$$\tan \theta \neq \tan \alpha$$

$$\frac{1}{\cos^2 \theta} (\cos \alpha - \sin \alpha \tan \theta) + \tan \theta \sin \alpha - \frac{1}{\cos^2 \theta} = 0$$

$$\cos^2 \theta \neq 0$$

$$\cos \alpha - \sin \alpha \tan \theta + \sin \alpha \tan \theta = 0$$

для увеличения времени полета нужно увеличить угол наклона:



$$0 = v_{0h} T - g \cos \alpha \frac{T^2}{2}$$

$$l = v_{0a} T + g \sin \alpha \frac{T^2}{2}$$

$$v_{0h} = g \cos \alpha \frac{T}{2}$$

$$v_{0a} = \frac{l}{T} - g \sin \alpha \frac{T}{2}$$

$$g \cos \alpha \frac{T}{2} = \frac{1}{4} \tan \theta - g \sin \alpha \frac{T}{2} \tan \theta$$

$$\tan \theta = \frac{v_{0h}}{v_{0a}} = \frac{g \cos \alpha \frac{T}{2}}{\frac{l}{T} - g \sin \alpha \frac{T}{2}}$$

$$\frac{1 \tan \theta}{T} = g \frac{T}{2} (\cos \alpha + \sin \alpha \tan \theta)$$

$$T^2 = \frac{2}{g} \frac{\tan \theta}{\cos \alpha + \sin \alpha \tan \theta} \quad (T^2)' = \frac{\frac{d}{d\theta} \left(\frac{\tan \theta}{\cos \alpha + \sin \alpha \tan \theta} \right)}{\left(\frac{\tan \theta}{\cos \alpha + \sin \alpha \tan \theta} \right)^2} = \frac{1}{\tan \theta} = \frac{2}{g} = 0$$

$$0 = \frac{1}{\cos^2 \theta} \cos \alpha + \frac{\sin \alpha \tan \theta}{\cos^2 \theta} - \sin \alpha \cdot \frac{1}{\cos^2 \theta} \tan \theta = \frac{\cos \alpha}{\cos^2 \theta}$$

$$T^2 = \frac{2}{g} \cdot \frac{\sin \alpha \sin \alpha \tan \theta + (\cos \alpha - \cos \alpha) \frac{1}{\sin \alpha}}{\cos \alpha + \sin \alpha \tan \theta} = \frac{1}{\sin \alpha} - \frac{\tan \alpha}{\cos \alpha + \sin \alpha \tan \theta}$$

по условию время полета макс., следовательно $(T^2)' = 0$, т.е. $(T^2)' = \frac{K}{0} \Rightarrow \cos^2 \theta = 0 \Rightarrow$
 $\Rightarrow \cos \theta = 0; \theta = 90^\circ \Rightarrow v_{0h} = v_0; v_{0a} = 0.$

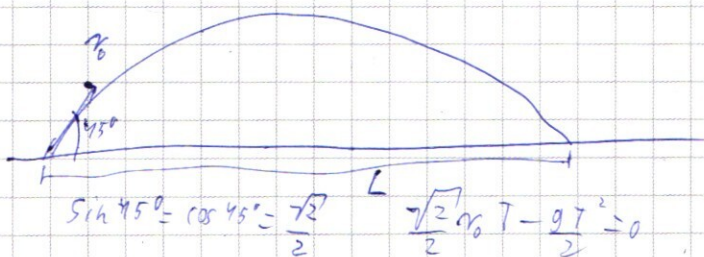
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$T = \frac{2r_0}{g \cos^2 \alpha} \quad l = s = r_0 \cos \alpha = r_0 \frac{2r_0}{g \cos^2 \alpha} + g \sin \alpha \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{4r_0^2}{g^2 \cos^2 \alpha} = r_0^2 \cdot \frac{2 \sin \alpha}{g \cos^2 \alpha} = \frac{r_0^2}{g} \cdot \frac{2 \sin \alpha}{1 - \sin^2 \alpha}$$

$$= \frac{2 \cdot 0,6}{1 - 0,36} \cdot \frac{r_0^2}{g} = \frac{0,6}{0,32} \cdot \frac{r_0^2}{g} = \frac{r_0^2}{g} \cdot \frac{3}{7,6} = \frac{3}{7,6} \cdot \frac{r_0^2}{g} = \frac{30}{76} \cdot \frac{r_0^2}{g} = \frac{75}{89} \cdot \frac{r_0^2}{g}$$

$$r_0 = \sqrt{\frac{8 \cdot 59}{75}} = \sqrt{\frac{8 \cdot 1000 \cdot r_0^2}{75 \cdot 1000}} = \sqrt{\frac{8 \cdot 600 \cdot r_0^2}{5 \cdot 1000}} = \sqrt{\frac{7600 \cdot 300}{5}} = 40 \sqrt{60} \frac{m}{s} = 80 \sqrt{15} \frac{m}{s}$$

$$\approx 372 \frac{m}{s}$$



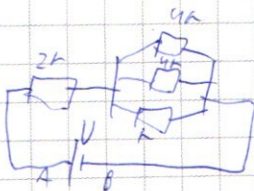
$$\sqrt{2} r_0 = gT \quad T = \frac{r_0}{g} \sqrt{2}$$

$$L = \frac{\sqrt{2}}{2} r_0 T = \frac{\sqrt{2}}{2} r_0 \cdot \frac{r_0}{g} \sqrt{2} = \frac{r_0^2}{g} = \frac{(80 \sqrt{15} \frac{m}{s})^2}{10 \frac{m}{s^2}} = 9600 m$$

Ответ: ~~372 м/с; 9600 м.~~

Ответ: $\alpha = 90^\circ$; $L = 9600 m$.

№ 5.



$$R_{\text{общ. для } R_2 \text{ и } R_3} = \frac{4k \cdot 4k}{4k + 4k} = 2k$$

$$R_{\text{общ. для } R_3 \text{ и } R_4} = \frac{1 \cdot 2k}{1 + 2k} = \frac{2}{3} k$$

$$R_{AB} = 2k + \frac{2}{3} k = 2(6/3) k \approx 2,67 k = \frac{8}{3} k = \frac{8}{3} \cdot 62 = 162$$

$$I - \text{ток во всем, } U_2 - \text{напряж. на } R_2, R_3 \text{ и } R_4. \quad I = \frac{U}{R_{AB}} = \frac{8V}{\frac{8}{3} \cdot 62} = 95A$$

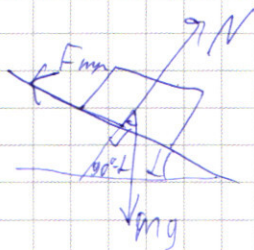
$$U_2 = U - R_1 I = 8V - 95A \cdot 2 \cdot 62 = 2V$$

$$N = \frac{U_2^2}{R_2} \quad P = \frac{U_2^2}{R_2} + \frac{U_2^2}{R_3} + \frac{U_2^2}{R_4} = U_2^2 \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \right) = R_1 I^2 \left(\frac{2}{4 \cdot 62} + \frac{1}{62} \right) = 187$$

Ответ: $R_{AB} = \frac{8}{3} k \approx 2,67 k$; $R_{AB} = 162$; $P = 187$.

N 3.

7) $V_1 = gT = 10 \frac{m}{c^2} \cdot 0,2 c = 2 \frac{m}{c}$



$F_{tr} = \mu N$

~~$N = mg \cos \alpha$~~ $mg = \frac{N}{\cos \alpha}$

~~$F_{tr} = \mu a = \mu N$~~

~~$N = \frac{mg}{\cos \alpha}$~~

~~$\mu = \frac{a}{g \cos \alpha} = \frac{2 \frac{m}{c^2}}{10 \frac{m}{c^2} \cos \alpha} = \frac{0,2}{\cos \alpha}$~~

~~$N_2 = 2mg \cos \alpha$~~
 ~~μN~~

$\mu a = F_{tr} - mg \sin \alpha = \mu N - \frac{N}{\cos \alpha} \sin \alpha = N(\mu - \tan \alpha) =$

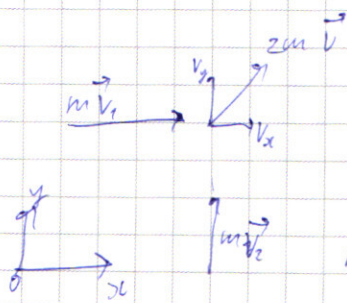
$= \mu g \cos \alpha (\mu - \tan \alpha)$

$\frac{a}{g} = \mu - \tan \alpha \quad \mu = \frac{a}{g} + \tan \alpha$

~~$N_2 = 2mg \cos \alpha$~~
 ~~$F_{tr} = 2\mu mg \sin \alpha \leq \mu N_2 = 2\mu mg \cos \alpha$~~
 ~~$\sin \alpha \leq \mu \cos \alpha \quad \mu \geq \tan \alpha$~~

проголосуйте на сайте N 5.

N 4.



Закон сохранения импульса:

векторы: $m\vec{V}_1 + m\vec{V}_2 = 2m\vec{V}$

по оси x: $mV_1 = 2mV_x$

$V_x = \frac{V_1}{2}$

$V^2 = V_x^2 + V_y^2 = 625 \frac{m^2}{c^2} = \frac{V_1^2}{4} + \frac{V_y^2}{4}$

по оси y: $mV_2 = 2mV_y$

$V_y = \frac{V_2}{2}$

$2500 \frac{m^2}{c^2} = 900 \frac{m^2}{c^2} + V_2^2 \quad V_2 = \sqrt{2500 \frac{m^2}{c^2} - 900 \frac{m^2}{c^2}} = 40 \frac{m}{c}$

Закон сохранения энергии:

$\frac{mV_1^2}{2} + \frac{mV_2^2}{2} = \frac{2mV^2}{2} + Q$

уравнение теплового баланса:
 $Q = C m \Delta t$

$\frac{V_1^2 + V_2^2}{2} - V^2 = C \Delta t \quad C = \frac{0,5 V_1^2 + 0,5 V_2^2 - V^2}{\Delta t} = \frac{0,5 \cdot 900 \frac{m^2}{c^2} + 0,5 \cdot 1600 \frac{m^2}{c^2} - 625 \frac{m^2}{c^2}}{7,35^\circ C}$

$= \frac{625 \frac{m^2}{c^2}}{7,35^\circ C} \approx 73,8 \frac{m^2}{c^2 \cdot ^\circ C}$

$gmc = \frac{m^2}{c^2} \cdot k$

$(\approx 73,8 \frac{m^2}{c^2} \cdot k) \cdot \frac{1}{c} \approx 73,8 \frac{g}{m \cdot c}$

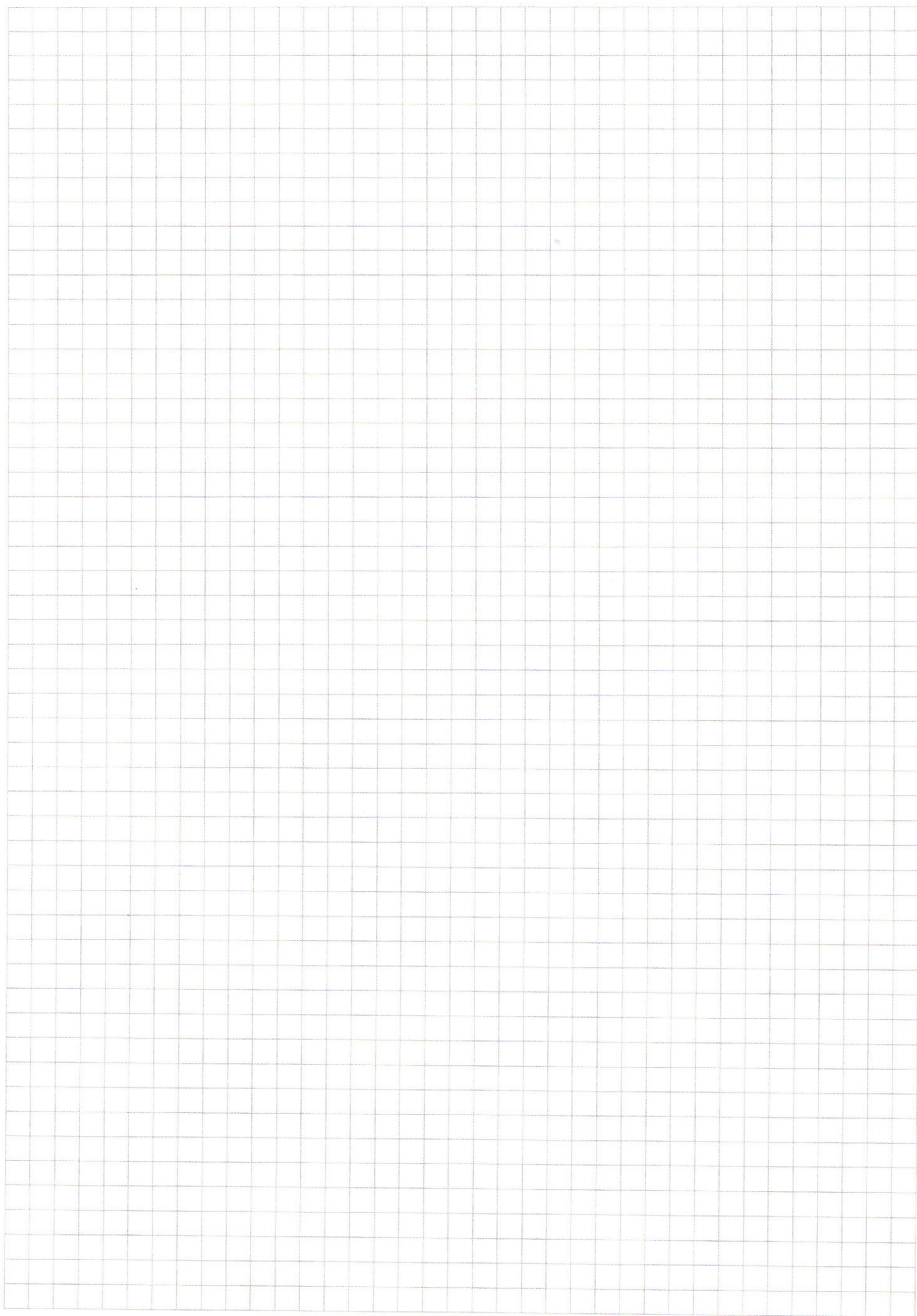


ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Ответ: $v_2 = 40 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; $C \approx 13,8 \frac{\text{ггн}}{\text{кг} \cdot \text{с}}$

№3.

Ответ: $v_1 = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



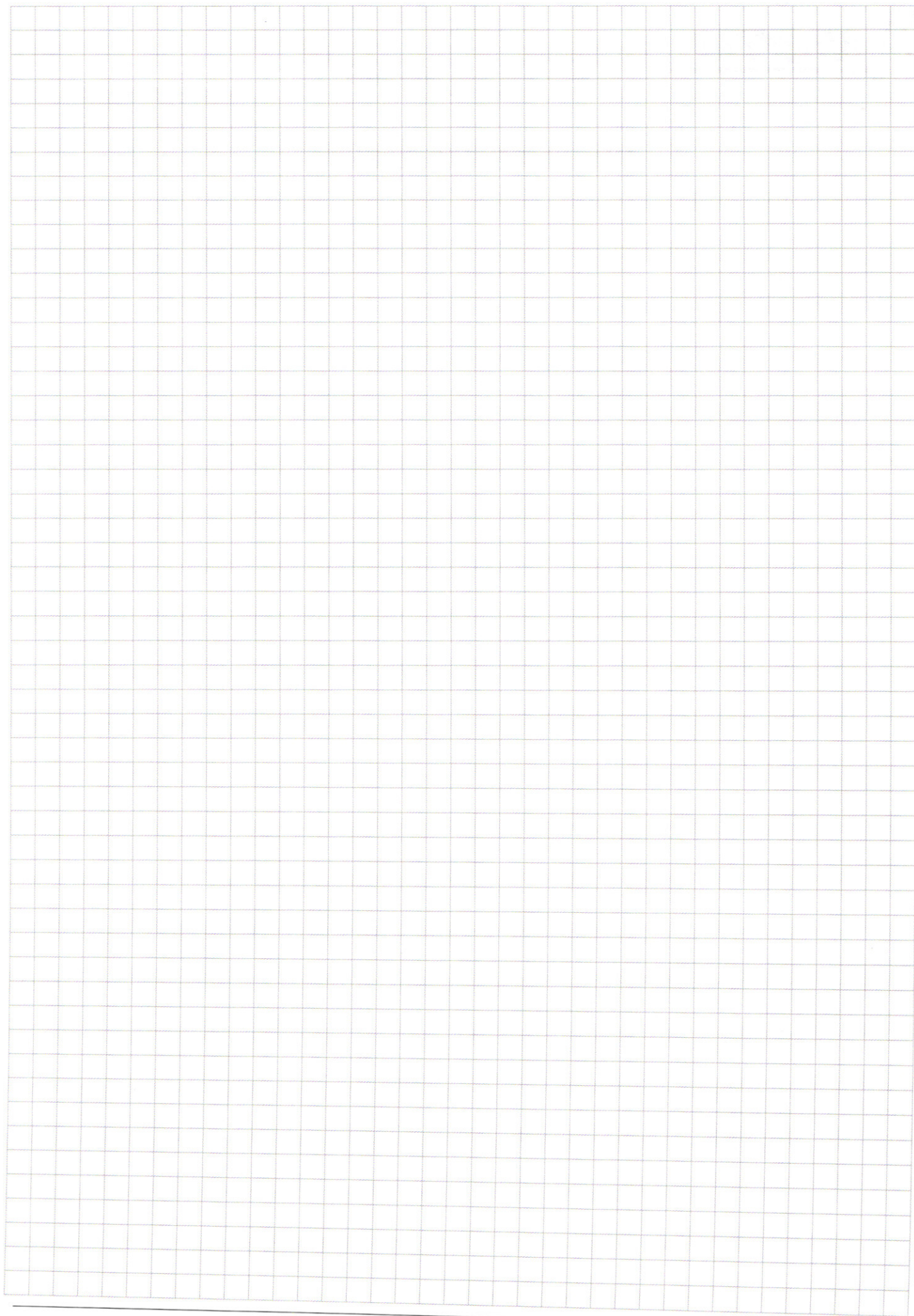
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)



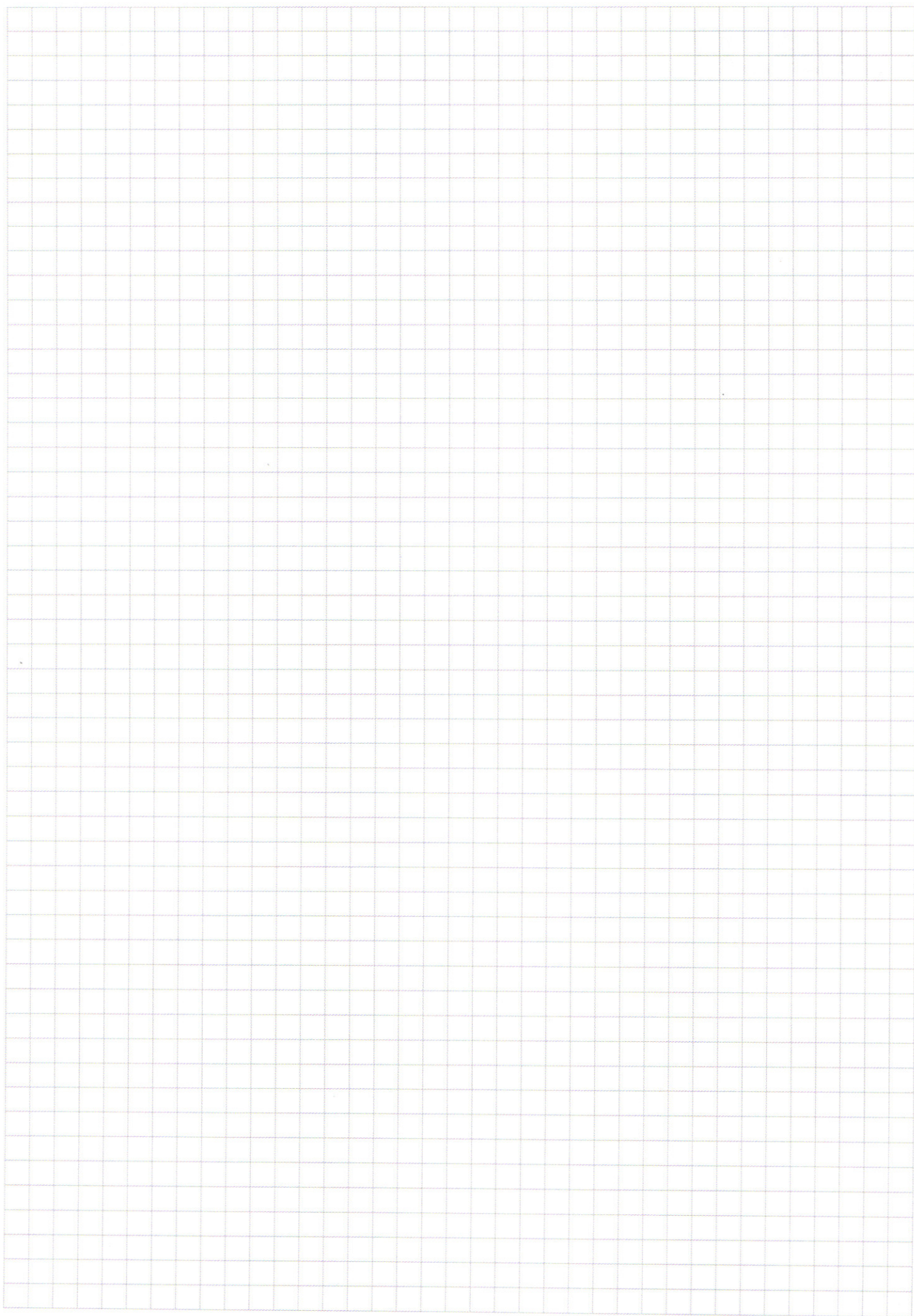
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)