

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Вариант 09-03

Класс 09

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

1. Однородное колесо радиуса $R = 0,5$ м катится без проскальзывания по горизонтальной поверхности и за время $T = 1,57$ с совершает один оборот. Точки А и В лежат на ободе колеса, АВ – диаметр колеса.

1) С какой скоростью V_0 движется ось колеса?

2) С какой скоростью V_A движется точка А на ободе колеса, если точка В движется со скоростью $V_B = 2$ м/с?

Все скорости измерены в лабораторной системе отсчета. Ось колеса движется равномерно.

2. Мяч, отбитый теннисистом на высоте $h = 0,5$ м, поднимается на максимальную высоту $H = 3$ м и за оставшееся время полета перемещается по горизонтали на $S = 12$ м.

1) Через какое время T после удара мяч поднимется на максимальную высоту?

2) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Силу сопротивления воздуха считайте пренебрежимо малой.

3. Чтобы спускать брусок равномерно по наклонной плоскости с углом наклона $\alpha = 30^\circ$ к горизонту, следует приложить силу F_1 , направленную вверх вдоль наклонной плоскости, а чтобы равномерно втаскивать брусок вверх, следует приложить такую же по направлению силу F_2 .

1) Найдите коэффициент μ трения скольжения бруска по плоскости, если $F_2 = 2 \cdot F_1$.

2) Какую по величине V_0 скорость, направленную вверх вдоль наклонной плоскости, следует сообщить бруску, чтобы он остановился на расстоянии $S = 1,35$ м от точки старта? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

4. Две шайбы, скорости которых $V_1 = 2$ м/с и $V_3 = 3$ м/с, движутся навстречу друг другу по гладкой горизонтальной плоскости и испытывают абсолютно упругий центральный удар. Массы шайб $m_1 = 0,3$ кг и $m_2 = 0,2$ кг.

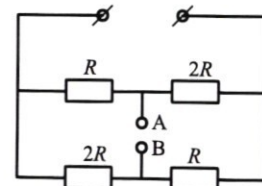
1) Найдите максимальную энергию E деформации шайб в процессе соударения.

2) Через какое время T после соударения расстояние между шайбами будет равно $L = 2$ м?

5. Электрическая цепь состоит из идеального источника постоянного напряжения и четырех резисторов (см. схему на рис.). Если к клеммам А и В подключить идеальный вольтметр, то он покажет напряжение $U = 4$ В. Если вольтметр заменить идеальным амперметром, он покажет силу тока $I = 30$ мА.

1) Найдите напряжение U_0 источника.

2) Какая мощность P будет рассеиваться в цепи при включенном вольтметре?



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:

$$AB = 2R$$

$$R = 0,5 \text{ м}$$

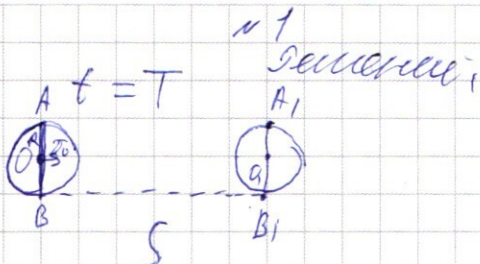
$$T = 1,57 \text{ с}$$

$$\omega = 3,14$$

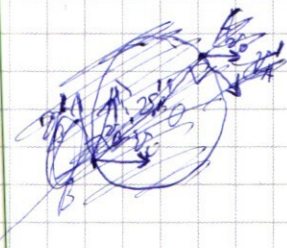
$$v_B = 2 \text{ м/с}$$

$$v_0 = ?$$

$$v_A = ?$$



2.



$$S = v_0 \cdot t = v_0 \cdot T$$

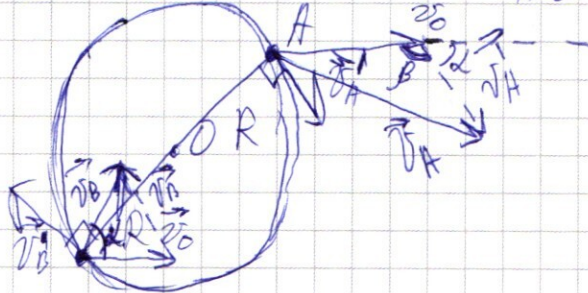
$$S = C, \text{ где } C - \text{длина окружности}$$

$$C = 2\pi R$$

$$2\pi R = v_0 \cdot T$$

$$v_0 = \frac{2\pi R}{T} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,5}{1,57} = 2 \text{ м/с}$$

$|v_B| = 2 \text{ м/с}$, и $|v_A| = 2 \text{ м/с}$ т.к. колесо не проскальзывает
 $v_A \parallel v_B$ т.к. AB - секущая
с углами по 50° к обеим
векторам.
 $v_0 \parallel v_0$ т.к. это один
и тот же вектор.



Угол между v_B' и v_0 = углу между v_A' и v_0
 $= 2\alpha$

$$\angle \beta = 180 - 2\alpha$$

$$v_B' + v_0 = 4v_B$$

$$v_A' + v_0 = v_A$$

$$|v_B' + v_0| = \sqrt{|v_B'|^2 + |v_0|^2 - 2 \cdot |v_B'| \cdot |v_0| \cdot \cos \beta}$$

$$\cos \alpha = \frac{4 + 4 - 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot \cos 2\alpha}{4} = |v_B'| = 4$$

$$8 - 8 \cos 2\alpha = 4 \Rightarrow 8 - 8 \cos 2\alpha = 4$$

$$\cos 2\alpha = \frac{1}{2} \Rightarrow 2\alpha = 60^\circ$$

$$|\vec{V}_A| = \sqrt{|\vec{V}_H|^2 + |\vec{V}_O|^2 - 2 \cdot |\vec{V}_H| \cdot |\vec{V}_O| \cdot \cos \beta}$$

$$\angle \beta = 180 - \angle \alpha = 120^\circ$$

$$|\vec{V}_H| = \sqrt{4 + 4 - 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot \left(-\frac{1}{2}\right)} = \sqrt{8 + 4} = \sqrt{12} = 4\sqrt{3} \approx 6,8 \text{ м/с}$$

Order: 1) 12 м/с (30)
2) 6,8 м/с (V_A)

Дано:

Решение:

$$h = 0,5 \text{ м}$$

$$H = 3 \text{ м}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$s = 12 \text{ м}$$

$$t_{\text{neg}} = ?$$

$$v_0 = ?$$

$$y(t) = y_0 + v_{0y}t + \frac{at^2}{2}$$

$$v_y(t) = v_{0y} + at$$

$$y(t_{\text{neg}}) = y_0 + v_{0y}t_{\text{neg}} - \frac{gt^2}{2} = 3 \text{ м}$$

$$v_y(t_{\text{neg}}) = v_{0y} - gt_{\text{neg}} = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_{0y} = 10 t_{\text{neg}}$$

$$0,5 + 10 t_{\text{neg}}^2 - \frac{10}{2} t_{\text{neg}}^2 = 3$$

$$5 t_{\text{neg}}^2 = 2,5$$

$$t_{\text{neg}}^2 = 0,5$$

$$t_{\text{neg}} = \sqrt{0,5} = \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2} \approx 0,7 \text{ с} = T_{\text{neg}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_{0y} = 7 \text{ м/с}$$

$$v_{0x} = \frac{s}{t_{\text{neg}}} = \frac{12}{t_{\text{neg}}}$$

$$y(t_{\text{neg}}) = 0 = 3 - \frac{g}{2} t_{\text{neg}}^2$$

$$3 - 5 t_{\text{neg}}^2 = 0$$

$$5 t_{\text{neg}}^2 = 3$$

$$t_{\text{neg}}^2 = \frac{3}{5}$$

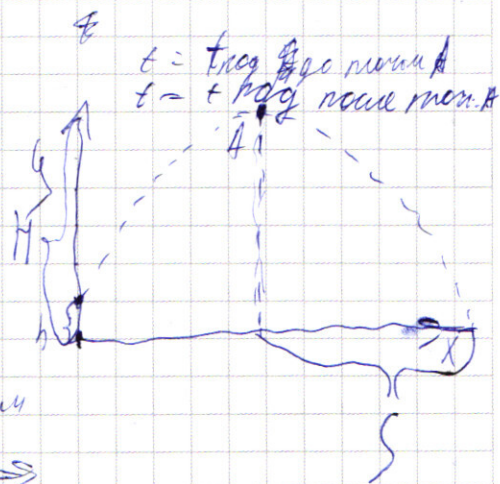
$$t_{\text{neg}} = \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{5}} \approx \frac{1,7}{2,24} \approx 0,76 \text{ с} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_{0x} = \frac{12}{0,76} \approx 15,7 \text{ м/с}$$

$$v_0^2 = v_{0x}^2 + v_{0y}^2 = 49 + 225 = 274$$

$$v_0 = \sqrt{274} \approx 16,6 \text{ м/с}$$

Order: 1) 10,7 с 2) 16,7 м/с



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:

$$\alpha = 30^\circ$$

$$F_2 = 2F_1$$

$$S = 1,35 \text{ м}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$M = ?$$

$$x_0 = ?$$

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

Решение:

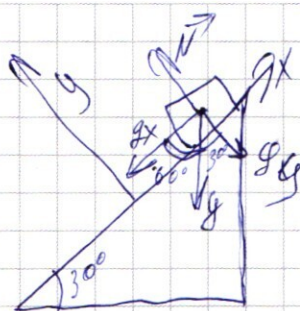
$$\vec{a} = 0 \Rightarrow \vec{F} = 0$$

$$g_x = \sin 30^\circ \cdot g = \frac{1}{2} \cdot 10 = 5$$

$$g_y = \cos 30^\circ \cdot g$$

$$F_{xg} = g_x \cdot m = 5m$$

$$F_{yg} = g_y \cdot m = m \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 10 = 5\sqrt{3}m \approx 8,5m$$



$$F_{Tp} = M = 8,5m$$

$$F_{xg} = F_{Tp} + F_1$$

$$F_1 = F_{xg} - F_{Tp} = 5m - 8,5m$$

$$F_1 = 5m - 8,5m = m(5 - 8,5)$$

$$F_{xg} + F_{Tp} = F_2$$

$$5m + 8,5m = F_2$$

$$F_2 = 2F_1$$

$$m(5 + 8,5) = (10 - 17)m$$

$$5 = 25,5m$$

$$m = \frac{5}{25,5} \approx 0,2$$

$$m = 0,2$$

4

Дано:

$$v_1 = 2 \text{ м/с}$$

$$v_3 = 3 \text{ м/с}$$

$$m_1 = 0,3 \text{ кг}$$

$$L = 2 \text{ м}$$

$$m_2 = 0,2 \text{ кг}$$

$$E = ?$$

$$T = ?$$

Решение:

★ $E = E_{k1} + E_{k2}$ м.к. массы считаются абсолютно упругий центр.

$$E_{k1} = \frac{m_1 v_1^2}{2} = \frac{0,3 \cdot 4}{2} = 0,6 \text{ Дж}$$

$$E_{k2} = \frac{m_2 v_3^2}{2} = \frac{0,2 \cdot 9}{2} = 0,9 \text{ Дж}$$

$$E = 0,6 + 0,9 = 1,5 \text{ Дж}$$

$$T = \frac{L}{v_0} = \frac{L}{v_0}$$

м.к. удар абсолютно упругий по 3.6.4.:

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}_3 + \vec{p}_4$$

$$\vec{p}_1 = \vec{p}_3$$

$$0,3 \cdot 2 = 0,2 \cdot v_2$$

$$v_2 = 3 \text{ м/с}$$

$$\vec{p}_2 = \vec{p}_4$$

$$0,2 \cdot 3 = 0,3 \cdot v_4$$

$$v_4 = 2 \text{ м/с}$$

$v_0 = 3 + 2 = 5 \text{ м/с}$ с этой скоростью отделилась масса

$$T = \frac{L}{v_0} = 0,4 \text{ с}$$

Ответ: 1,5 Дж; 0,4 с.

5

Дано:

$$U = 4 \text{ В}$$

$$I = 30 \text{ мА} = 0,03 \text{ А}$$

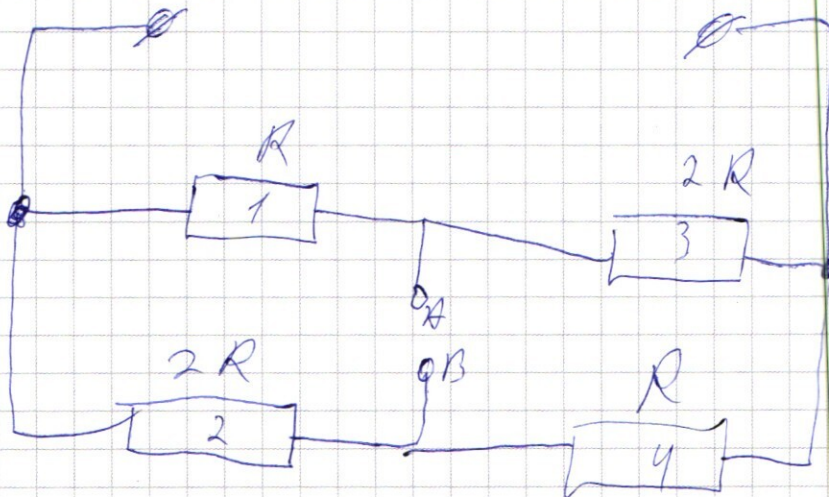
$$U_0 = ?$$

$$R = ?$$

Решение:

Вольтметр в цепи будет измерять разность потенциалов в точке А и точке В $\Rightarrow$ будет измерять разность напряжений U_0 . Пусть сопротивление R

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



U_0 — напряжение после резистора 1

U_2 — напряжение после резистора 2

$U_{пад}$ — падение напряжения на резисторе при $R=R$

$$U_1 = U_0 - U_{пад}$$

$$U_1 - U_2 = U_0 - U_{пад} - U_0 + 2 U_{пад} = U_{пад} = 4 В$$

$$I_2 = \frac{1}{3} I_0 = \frac{1}{2} I_1$$

при падении напряжения ток из верхней ветки переходит в нижнюю ветку. ток идет по пути наименьшего сопротивления $\Rightarrow$ ток с верхней ветки переходит ток с нижней $\Rightarrow I_1 = I_4$, $I_2 = I_3$, $I = \frac{1}{2} I_1$

$$= I_2 \text{ т.к. } R_1 = R \quad R_2 = 2R \quad \frac{R_1}{R_2} = \frac{1}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow I_2 = 0,03 А \Rightarrow I_0 = 0,06 А$$

$$U_1 = U_2 = U_3 = U_0 \Rightarrow \text{равенство сопротивлений ветвей} - 3R$$

$$\Rightarrow \text{общее напряжение} = U_{пад} \cdot 3 = 12 В$$

$$U_0 = 12 \text{ В}$$

$$I_0 = 0,09 \text{ А}$$

$$R_0 = \frac{U}{I} = \frac{12}{0,09} = \frac{1200}{9} \approx 133 \text{ Ом}$$

$$P = \frac{U^2}{R} = \frac{144}{133} \approx 1,1 \text{ Вт}$$

Ответ: 1) 12 В; 2) 1,1 Вт

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

[illegible]

$$g(t) = v_0 + v_0 t + \frac{g t^2}{2}$$

$$g(t_{\text{neg}}) = 3$$

$$3 = 0,5 + v_0 t_{\text{neg}} + \frac{g t_{\text{neg}}^2}{2}$$

Дано:

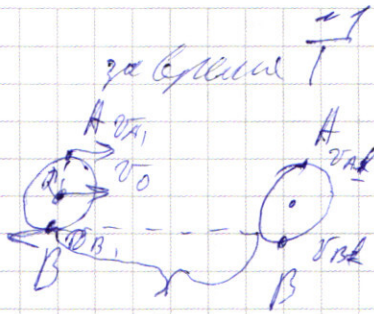
$$R = 0,5$$

$$T = 1,57$$

$$v_B = 2 \text{ м/с}$$

$$v_0 = ?$$

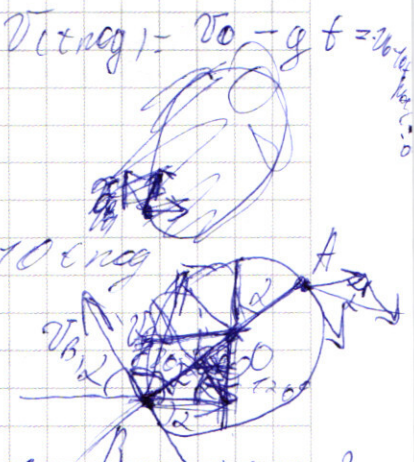
$$v_A = ?$$



$$S = v_0 \cdot t = v_0 \cdot T$$



$$v_0 = 10 \text{ м/с}$$



$$2,5 = 10 t_{\text{neg}}^2 + 5 t_{\text{neg}}^2 - 2,5$$

$$1) S = 2\pi R, \text{ т.к. промеходим 1 оборот}$$

где ℓ - длина окружности всего колеса

$$\ell = 2\pi R$$

$$2\pi R = v_0 \cdot T$$

$$\ell \approx 3,14$$

$$h = 0,5 \text{ м}$$

$$t_1 = 3,14$$

$$S = 12 \text{ м}$$

$$2 \cdot 3,14 \cdot 0,5 = v_0 \cdot 1,57$$

$$v_0 = \frac{3,14}{1,57} = 2 \text{ м/с}$$



$$15 t_{\text{neg}}^2 = 1,5$$

$$g(t_{\text{neg}}) = 0$$

$$g(t_{\text{neg}}) = 2,5$$

$$2,5$$

$$180 - 2$$

$$90 - 2$$

$$3$$

$$g(t_{\text{neg}}) = 0,5$$

2) Если $v_B = 2 \text{ м/с}$, то по теореме косинусов

$$v_B^2 = v_B^2 + v_0^2 - 2 v_B v_0 \cos \alpha$$

$$2^2 = 2^2 + 2^2 - 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot \cos \alpha$$

$$\cos \alpha = \frac{2 \cdot 2}{2 \cdot 2 \cdot 2} = \frac{1}{2}$$

$$1,2 \cdot 1,2 = 1,44$$

$$1,22 \cdot 1,22$$

$$t_{\text{neg}}^2 = \frac{1}{6}$$

$$t_{\text{neg}} = \frac{1}{\sqrt{6}}$$

$$\frac{1}{\sqrt{6}} \cdot \cos 60^\circ = \frac{1}{2}$$

$$\frac{1}{\sqrt{6}} \cdot \cos 300^\circ = \frac{1}{2}$$

$\alpha < 300^\circ$, то $\alpha = 60^\circ \Rightarrow \alpha' = 90^\circ$

$$v_0 = 10 \text{ м/с} = 4 \text{ м/с}$$



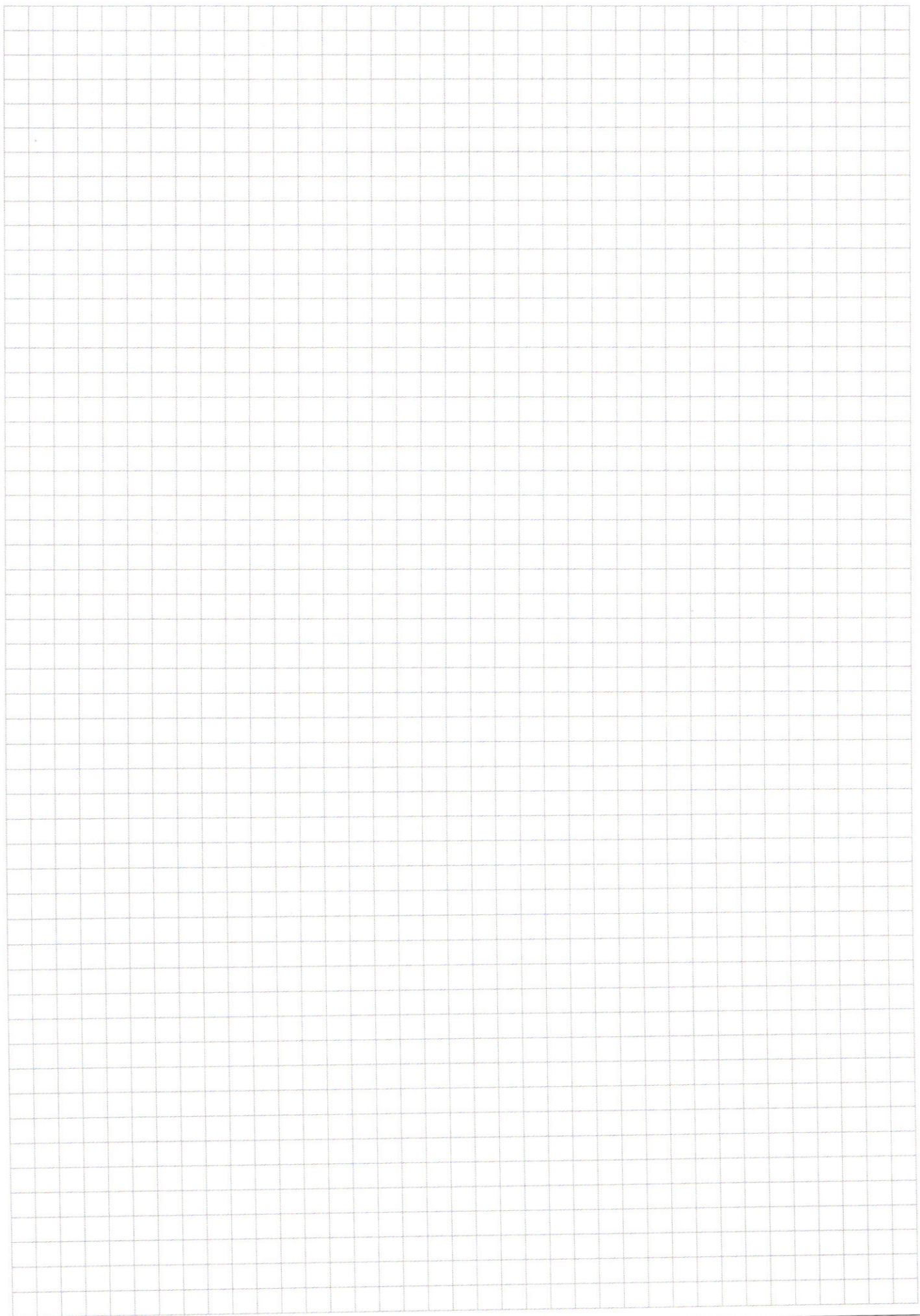
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)