

Олимпиада «Физтех» по физике, с

Вариант 10-01

Класс 10

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

1. Камень бросают с вышки со скоростью $V_0 = 8$ м/с под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. В полете камень все время приближался к горизонтальной поверхности Земли и упал на нее со скоростью $2,5V_0$.

1) Найти вертикальную компоненту скорости камня при падении на Землю.

2) Найти время полета камня.

3) Найти горизонтальное смещение камня за время полета.

Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

2. Человеку, упирающемуся в ящик ногами, надо передвинуть ящик из состояния покоя по горизонтальному полу на расстояние S к стене (см. рис.). Массы человека и ящика равны соответственно m и $M = 5m$. Натянутые части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами каната, блока и трением в оси блока можно пренебречь. Коэффициент трения между ящиком и полом μ .



1) С какой силой ящик с человеком давят на пол при движении ящика?

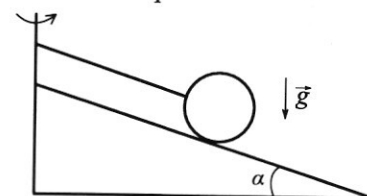
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

3) Какой скорости достигнет ящик, если человек осуществит задуманное, приложив постоянную силу F ($F > F_0$) к канату?

3. Однородный шар массой m и радиусом R находится на гладкой поверхности клина, наклоненной под углом α к горизонту (см. рис.). Шар удерживается нитью длиной L , привязанной к вертикальной оси, проходящей через вершину клина. Нить параллельна поверхности клина.

1) Найти силу натяжения нити, если система покоится.

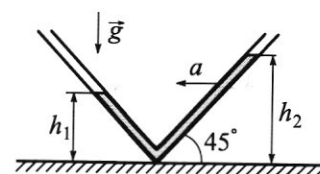
2) Найти силу натяжения нити, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.



4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении уровни масла в коленях трубки устанавливаются на высотах $h_1 = 8$ см и $h_2 = 12$ см.

1) Найдите ускорение a трубки.

2) С какой максимальной скоростью V будет двигаться жидкость относительно трубки после того как трубка внезапно станет двигаться равномерно (ускорение «исчезнет»)?



Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Действие сил трения пренебрежимо мало.

5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 95°C и давлении $P = 8,5 \cdot 10^4$ Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

1) Найти отношение плотности пара к плотности воды в условиях опыта.

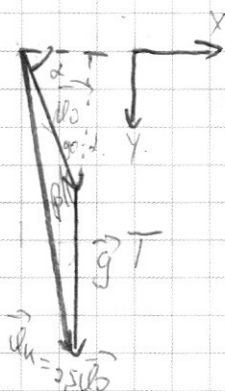
2) Найти отношение объема пара к объему воды к моменту, когда объем пара уменьшится в $\gamma = 4,7$ раза. Плотность и молярная масса воды $\rho = 1$ г/см³, $\mu = 18$ г/моль.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

ул.

$$\begin{aligned} v_0 &= 8 \text{ м/с} \\ \alpha &= 60^\circ \\ v_k &= 2,5 v_0 \\ v_{ky} &= ? \\ T_k &= ? \\ S &= ? \end{aligned}$$

Камень всё время приближается к Земле
по дуге радиуса R вниз.



Треугольник скоростей

$$1) v_y = v_{y0} + gT$$

$$\vec{v}_0 = \vec{v}_{x0} + \vec{v}_{y0} \Rightarrow v_0^2 = v_{x0}^2 + v_{y0}^2$$

$$\vec{v}_k = \vec{v}_{x0} + \vec{v}_{yk} \Rightarrow v_k^2 = v_{x0}^2 + v_{yk}^2$$

(или из теор-ы косин)

$$v_k \cdot v_0 = v_{yk}^2 - v_{y0}^2$$

$$v_{yk}^2 = v_k^2 + v_{y0}^2 - v_0^2$$

$$v_{y0} = v_0 \sin \alpha$$

$$\Rightarrow v_{yk} = \sqrt{v_k^2 + v_0^2 (\cos^2 \alpha - 1)}$$

$$v_{yk} = \sqrt{6,25 v_0^2 + v_0^2 (\frac{3}{4} - 1)} = v_0 \sqrt{6,25 - \frac{1}{4}} = v_0 \sqrt{6} = 19,2 \text{ м/с}$$

$$v_{yk} = 2,5 v_0 = 20 \text{ м/с}$$

$$v_{yk} = v_0 \sqrt{6,25 + \frac{3}{4} - 1} = v_0 \sqrt{6} = 19,2 \text{ м/с}$$

из треугольника скоростей:

$$2) v_{yk} = v_{y0} + gT \text{ т.к. падает равноускоренно.}$$

$$gT = v_{yk} - v_{y0}$$

$$T = \frac{v_{yk} - v_{y0}}{g}$$

$$v_{yk} = 2,5 v_0 = 20 \text{ м/с}$$

$$v_{y0} = v_0 \sin \alpha = 6,93 \text{ м/с}$$

$$T = \frac{13 \text{ м/с}}{g} = \frac{13 \cdot 8}{10} = 10,4 \text{ с}$$

$$T = \frac{2,4 v_0 - 6,93 v_0}{g} = \frac{15,5 v_0}{g}$$

$$T = \frac{15,5 \cdot 8}{10} = 12,4 \text{ с}$$

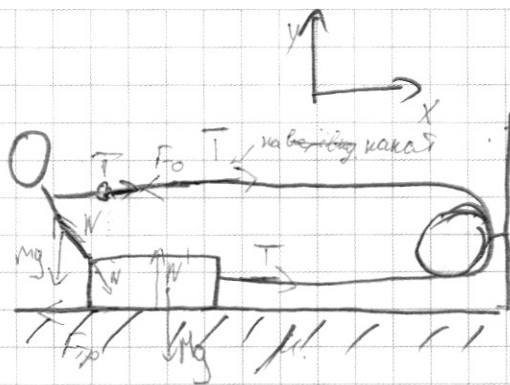
$$3) S = v_{y0} T$$

$$v_{y0} = v_0 \sin \alpha$$

или

$$S = v_0 \sin \alpha T = 6,93 \cdot 12,4 = 86,16 \text{ м}$$

Ответ: $v_{yk} = 19,2 \text{ м/с}$, $T = 12,4 \text{ с}$, $S = 86,16 \text{ м}$.



2.

Рассмотрим систему человек + груз.

Какие g -т внеш. силы $m\vec{g}$, $M\vec{g}$, $\vec{T}$, $\vec{T}$, $\vec{F}_{tr}$, $\vec{N}$

1) Π з/л по y : $Mg + mg + N' = (M+m)a_y = 0$ (т.к. по оси y система не движ. ся)

$$N' = (M+m)g \quad *$$

$\vec{P}_g$ - сила с к-й человек и груз давят на пав.

по Π з/л $\vec{P}_g = -\vec{N}' \Rightarrow |\vec{P}_g| = |\vec{N}'| = (M+m)g = 6mg$

2) Сила F_0 будет мин, если человек и груз будут двигаться равномерно.

Π з/л по Ox : $2T - F_{tr} = (M+m)a_x = 0$ т.к. по оси x система движ. ся равномерно.

отр: $F_{tr} = \mu N' = \mu g(M+m)$

Π з/л: $|\vec{T}| = |\vec{F}_0|$. Π з/л для каната: $-F_0 + T = 0 \Rightarrow F_0 = T$

$$2T = F_{tr}$$

$$2F_0 = \mu g(M+m)$$

$$F_0 = \frac{\mu g(M+m)}{2} = 3\mu g m.$$

3) Π з/л по Ox : $2T - F_{tr} = (M+m)a_x$

$$\left. \begin{array}{l} \Pi \text{ з/л кан. } T = \\ \Pi \text{ з/л для каната } -F + T = 0 \Rightarrow T = F \end{array} \right\} \Rightarrow \begin{array}{l} 2F - \mu(M+m)g = (M+m)a_x \\ a_x = \frac{2F}{M+m} - \mu g = \frac{F}{3m} - \mu g \end{array}$$

$$F_{tr} = \mu(M+m)g$$

$$\left. \begin{array}{l} S = \frac{v_k^2 - v_{st}^2}{2a_x} \\ v_{st} = 0 \end{array} \right\} \Rightarrow S = \frac{v_k^2}{2a_x} \Rightarrow v_k = \sqrt{2Sa_x} = \sqrt{2S \left(\frac{F}{3m} - \mu g \right)}$$

$$v_k = \sqrt{2Sa_x} = \sqrt{2S \frac{(F - 3\mu mg)}{3m}} = \sqrt{\frac{2S(F - 3\mu mg)}{3m}}$$

Ответ: $\vec{P}_g = 6mg$, $F_0 = 3\mu mg$, $v_k = \sqrt{\frac{2S(F - 3\mu mg)}{3m}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

ВЗ.

1) Система находится в равновесии.

ИЗН на Ox' : $T - mg \sin \alpha = m a_x = 0$

и показав:

$$T = mg \sin \alpha$$

2) Система находится в состоянии вращательного движения.

Шар однородный шар массой m и радиусом R можно представить как мат. точку, приводящую к той же точке $L+R$. Пот. от в. центра масс.

ИЗН на Ox' : $T \cos \alpha - N \sin \alpha = m a_{x.c} = m a_{y.c}$

ИЗН на Oy' : $N \cos \alpha - mg + T \sin \alpha = m a_y = 0$ (т.к. шар не отрывается от клина)

$a_{y.c} = \omega^2 R_{ep}$

$R_{ep} = (L+R) \cos \alpha$

$$\begin{cases} T \cos \alpha - N \sin \alpha = m \omega^2 (L+R) \cos \alpha \\ T \sin \alpha + N \cos \alpha = mg \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} T \cos \alpha - (mg - T \sin \alpha) = m \omega^2 \cos \alpha (L+R) \\ N = \frac{mg - T \sin \alpha}{\cos \alpha} \end{cases}$$

$$\frac{T \cos \alpha + T \sin^2 \alpha}{\cos \alpha} = m \omega^2 \cos \alpha (L+R) + \frac{(mg - T \sin \alpha) \sin \alpha}{\cos \alpha}$$

$$T (\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha) = m \omega^2 \cos^2 \alpha (L+R) + mg \sin \alpha$$

$$T = m (\omega^2 (L+R) \cos^2 \alpha + g \sin \alpha)$$

Ответ: 1) $T = mg \sin \alpha$ 2) $T = m (\omega^2 (L+R) \cos^2 \alpha + g \sin \alpha)$

ст. 15.

1) ~~Упр.~~ Упр. - Мун-Кван: $pV = \nu RT$.

$$pV = \frac{m}{\mu} RT \quad 1. \frac{H}{V}.$$

$$p\mu = \frac{m}{V} RT.$$

$$\rho\mu = \frac{m}{V} RT \Rightarrow \rho\mu = \rho_n RT \Rightarrow \rho_n = \frac{\rho\mu}{RT} \quad (\text{нормальная плотность газа при нормальном давлении})$$

$$\rho_n = \frac{m}{V}$$

$$\frac{\rho_n}{\rho_B} = \frac{\frac{\rho\mu}{RT}}{\rho_B} = \frac{\rho\mu}{RT\rho_B} \quad \frac{\rho_n}{\rho_B} = \frac{85 \cdot 10^{-3} \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 368 \cdot 1000} = \frac{85 \cdot 18}{831 \cdot 368 \cdot 10} = \frac{255}{777184 \cdot 10} \approx 5 \cdot 10^{-4}$$

2) $\frac{V_{on}}{V_{on}} = \gamma \Rightarrow V_{on} = \gamma V_{on}$.

$$\Delta V_{on} = V_{on} - V_{on} = V_{on}(\gamma - 1)$$

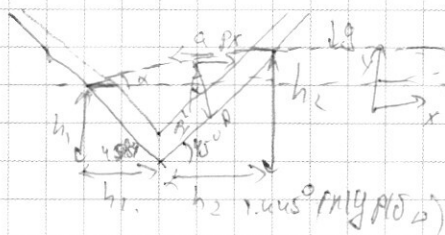
и V_B при изотермическом процессе $U_{on} = U_B \Rightarrow V_B = \frac{m}{\rho_B} = \frac{\Delta V_{on} \rho_n}{\rho_B}$

$$\frac{V_{on}}{V_B} = \frac{V_{on} \rho_B}{\Delta V_{on} \rho_n} = \frac{V_{on} \rho_B}{V_{on}(\gamma - 1) \rho_n} = \frac{\rho_B}{\rho_n(\gamma - 1)}$$

$$\frac{V_{on}}{V_B} = \frac{1}{5 \cdot 10^{-4} \cdot 37} = \frac{100 \cdot 10^2}{18,5} \approx 500.$$

Ответ: $\frac{\rho_n}{\rho_B} \approx 5 \cdot 10^{-4}$, $\frac{V_{on}}{V_B} \approx 5 \cdot 10^2$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Рассмотрим ~~это~~ давление жидкости на ~~стену~~

$$p_y = \rho g \frac{(h_2 - h_1)}{2}$$

$$P_r = \rho g a \frac{(h_2 + h_1)}{2}$$

МТ. 11
Жизнь в трубе ведётся так, как
жизнь в целлюлозном резервуаре.

Давление в жидкости всегда направлено $\perp$ её пов-ти.
Оно не-ся из 2 взаимноперпендикул-х сост-х. Равну.

$$\frac{P_x}{F_y} = \tan \alpha$$

$$fg_2 = \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1} = \frac{4}{20} = \frac{1}{5}$$

$$\frac{p_x}{p_y} = \frac{\frac{\partial a(h_1 + h_2)}{\partial q(h_1 + h_2)}}{\frac{\partial a(h_1 - h_2)}{\partial q(h_1 - h_2)}} = \frac{1}{5}$$

$$\frac{a}{g} = \frac{1}{5} \frac{(h_2 - h_1)}{(h_2 + h_1)} = \frac{p}{25} \Rightarrow \boxed{a = 0.4g = 0.4 \text{ m/s}^2}$$

2). Если увеличить "покрытие", то кинематическое колебание вверх-вниз примет горизонтальное положение. При этом амплитуда каждого колебания будет меньше амплитуды предыдущего.

Рассмотрим функцию полезности: $U = \alpha \ln x_1 + \beta \ln x_2$ и α, β — константы, $\alpha, \beta > 0$. Тогда функция полезности является логарифмической.

Т.к. при гидравлическом нап-и уровень жидкости будет равен $h_0 = \frac{h_1 + h_2}{2} = 10 \text{ см}$,
вотом откинем.

~~Корпус не сс Е: $E_{\text{к}} + E_0 + \frac{m v^2}{2} = \frac{m v_0^2}{2} + E_0 + \frac{m v_0^2}{2}$~~
~~Скорость центра масс~~
~~по формуле центра масс~~

~~End kugelformiges, in sandwerk~~

Президент в США: встал в момент, вызвавший восхищение жителей планеты.

Работа ~~E_{гравитации}~~ гравитации на уровне y_1, y_2 : $E_0 - E_{nc} = \frac{mg(y_1 + y_2)}{2} = \frac{m \cdot h}{2} = 79 \text{ мДж}$.

$$F_{cx} = F_{L_{cx}} + F_{C_{cx}} = \frac{mg(h_1 + h_2)}{2} + \frac{m\omega^2 R^2}{2} \frac{h_1 + h_2}{2} - \frac{1}{2} g m.$$

$$ЗСЭ: E_0 = E_k.$$

работает, т.е. трубка работает без усиления.

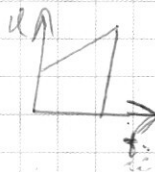
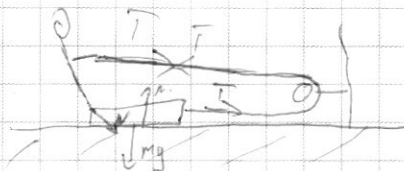
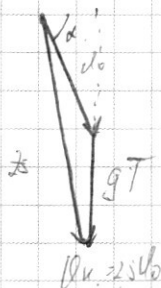
$$\frac{\mu g(h_1 + h_2)}{\rho} = \frac{\mu g(h_1 + h_0)}{\rho} + \frac{\rho v^2}{\rho}$$

$$g(h_1 + h_2 - h_1 - h_0) = v^2$$

$$v = \sqrt{g(h_2 - h_0)} = \sqrt{10 \cdot 0,02} = \sqrt{0,2} = 0,14 \text{ м/с.}$$

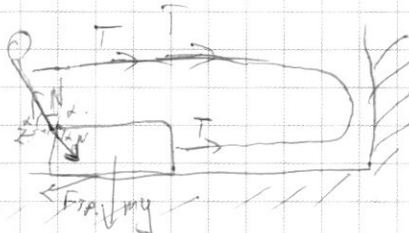
Ответ: $a = 0,2 \text{ м/с}^2$, $v = 0,14 \text{ м/с}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\begin{array}{r} 12 \\ 25 \\ - 24 \\ \hline 125 \\ + 125 \\ \hline 250 \\ 0 < 5 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1,24 \\ - 4 \\ \hline 4,96 \\ 1, \end{array}$$



$$\begin{array}{r} 2,2 \\ - 2,2 \\ \hline 44 \\ + 44 \\ \hline 88 \\ 18,4 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2,2 \\ - 2,2 \\ \hline 44 \\ + 44 \\ \hline 88 \\ 4,04 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2,3 \\ - 2,3 \\ \hline 69 \\ + 69 \\ \hline 138 \\ 5,29 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2,4 \\ - 2,4 \\ \hline 14 \\ + 14 \\ \hline 28 \\ 5,76 \end{array}$$

$$2,5$$

$$\begin{array}{r} 6,25 \\ - 3,4 \\ \hline 2,85 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1,2 \\ - 0,25 \\ \hline 0,95 \\ 44 \\ 155 \\ 108 \\ \hline 3240 \end{array}$$

$$2,4 \cdot 0,95 = 2,4 - 0,6 \cdot 0,05 = 1,6 = 1,6$$

$$T - N \cos \alpha = m a$$

$$N \sin \alpha - m g = 0$$

$$T + N \cos \alpha = M a$$

$$T + N \cos \alpha - F_{tr} = M a$$

$$M g + N \sin \alpha - N' = 0$$

$$F_{tr} = \mu N'$$

$$\begin{cases} T - N' \cos \alpha = m a \\ T + N \cos \alpha - \mu N' = M a \\ N \sin \alpha - m g = 0 \\ N' = M g + N \sin \alpha = (M + m) g \end{cases}$$

$$T = F_0$$



$$\begin{aligned} \tan \alpha &= \frac{h}{L} \\ L &= \frac{h}{\tan \alpha} \end{aligned}$$

$$F_A = \rho V \sqrt{v^2 + 0^2}$$

$$p_y = \frac{\rho a k}{2} = \frac{\rho g h}{2 \tan \alpha}$$

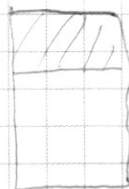
$$p_x = \frac{\rho g h}{2}$$

$$\frac{p_y}{p_x} = \frac{p_x}{p_y} = \tan \alpha$$

$$\frac{\rho g h}{2 \tan \alpha} = \frac{\rho g h}{2 \tan \alpha} \quad a = \sqrt{g \sin \alpha}$$

$$T = 95^{\circ}\text{C}$$

$$p = 35 \cdot 10^3 \text{ Па}$$



$$\Delta V$$

$$pV = \nu RT$$

$$p(V - \Delta V) = (\nu - \Delta \nu)RT$$

$$p \Delta V = \Delta \nu RT$$

$$p \Delta V = \frac{m}{\mu} RT$$

$$p \mu = 3RT$$

$$\frac{10}{368} = \frac{9}{184}$$

$$\frac{0.14}{0.14} = \frac{1.56}{1.56}$$

$$373 - 5 = 368$$

$$\frac{810}{22} = \frac{90 \cdot 2 \cdot 270}{22}$$

$$\frac{231}{23} = \frac{25 \cdot 3}{25 \cdot 3}$$

$$\frac{10 \cdot 2 \cdot 10^3}{1000} = \frac{10 \cdot 2 \cdot 10^3}{1000}$$

$$\frac{0.9}{184} = \frac{8.5 \cdot 10 \cdot 18}{8.31 \cdot 368}$$

$$\frac{0.9}{180} = \frac{3 \cdot 10}{180} = \frac{25000 \cdot 18}{8.31 \cdot 368}$$

$$\frac{1}{10} = \frac{5}{100} = 0.05 = 5\%$$

$$\frac{V_n}{V_b} = \frac{V_k \cdot 36}{\Delta V \cdot 87} = \frac{V_k \cdot 36}{V_k (y-1) \cdot 87} = \frac{36}{87(y-1)} = \frac{1}{5 \cdot 10 \cdot 3} = \frac{1}{150} = \frac{10^4}{1.5 \cdot 10^3} = \frac{10}{15} = \frac{2}{3}$$

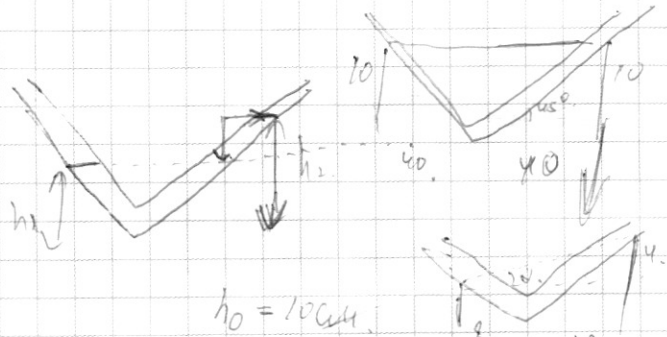
$$V_b = \frac{\Delta V \cdot 87}{36}$$

$$100000/185$$

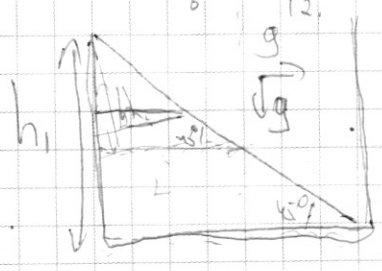
$$\frac{100}{18} = 5$$

$$\frac{p_y}{p_x} = \frac{\rho_y h_y}{\rho_x h_x} = \frac{1}{1} = \frac{h_y}{h_x} = \frac{1}{1}$$

$$\frac{h_1 - h_2}{2} = \frac{2h_1 - h_1 + h_2}{2} = \frac{h_1 + h_2}{2}$$



$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{1}{1} = \frac{1}{1}$$





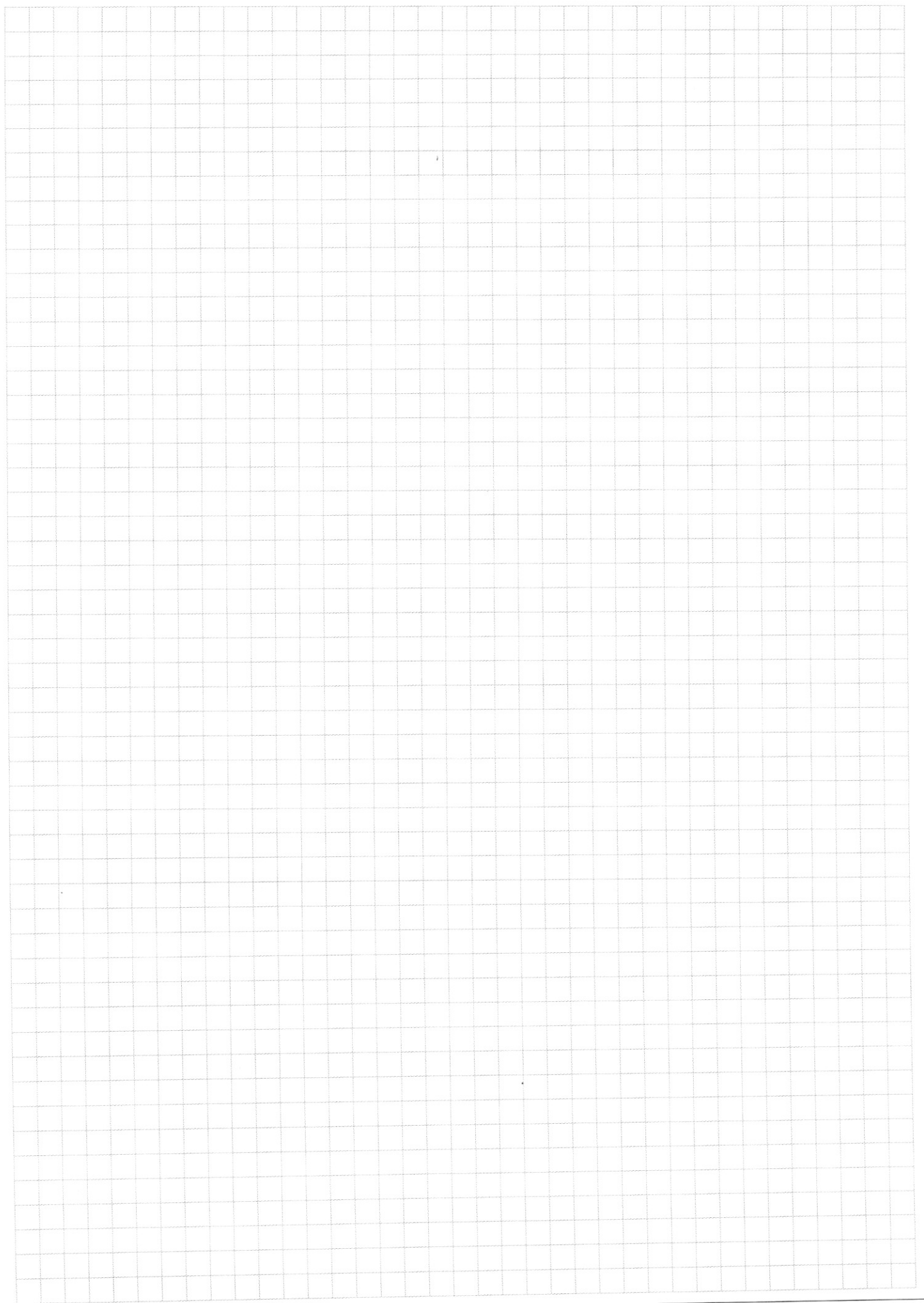
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)