

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-02

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

1. Гайку бросают с вышки со скоростью $V_0 = 10$ м/с под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту. В полете гайка все время приближалась к горизонтальной поверхности Земли и упала на нее со скоростью $2V_0$.

- 1) Найти вертикальную компоненту скорости гайки при падении на Землю.
- 2) Найти время полета гайки.
- 3) С какой высоты была брошена гайка?

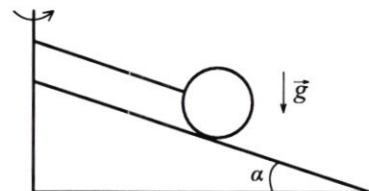
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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 $M = 2m$. 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) За какое время 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.

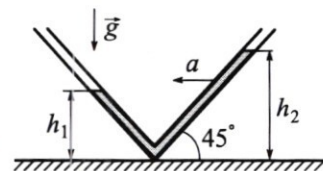


- 1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
- 2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.

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 с ускорением $a = 4$ м/с² уровень масла в одном из колен трубки устанавливается на высоте $h_1 = 10$ см.

- 1) На какой высоте h_2 установится уровень масла в другом колене?
- 2) С какой скоростью V будет двигаться жидкость в трубке относительно трубки после того как трубка внезапно станет двигаться равномерно (ускорение «исчезнет») и когда уровни масла будут находиться на одинаковой высоте?

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



5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 27°C и давлении $P = 3,55 \cdot 10^3$ 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 $\gamma = 5,6$ раза.

Плотность и молярная масса воды $\rho = 1$ г/см³, $\mu = 18$ г/моль.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

Дано:

$$v_0 = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

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

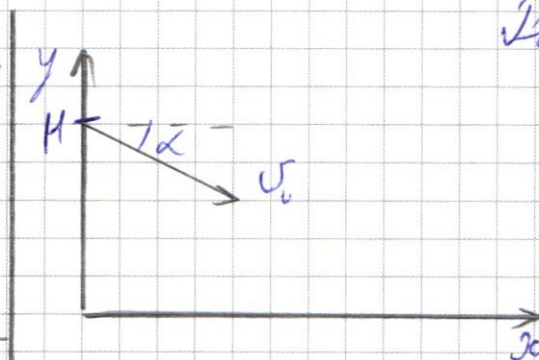
$$\alpha = 30^\circ$$

$$v_k = 2v_0$$

$$v_{ky} = ?$$

$$t = ?$$

$$H = ?$$



Решение

Поскольку камень
в полете только
приблизительно то
начальную скорость

направлена вниз.

Из уравнения движения $v_x = v_{kx} = v_0 \cos \alpha$

$$v_k = \sqrt{v_{ky}^2 + v_{kx}^2}$$

$$v_{ky} = \sqrt{v_k^2 - v_{kx}^2} = \sqrt{4v_0^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha} =$$

$$= 10 \sqrt{4 - \frac{3}{4}} \frac{\text{м}}{\text{с}} = 10 \sqrt{\frac{13}{4}} \frac{\text{м}}{\text{с}} = 5 \sqrt{13} \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 5 \cdot 3,6 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 18 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Тогда время полета.

$$v_{ky} = v_0 \sin \alpha + gt$$

$$t = \frac{v_{ky} - v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{18 \frac{\text{м}}{\text{с}} - 10 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \frac{1}{2}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 1,3 \text{ с}$$

$$H = v_0 \sin \alpha t + \frac{gt^2}{2} = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,3 \text{ с} + \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 1,3^2 \text{ с}^2}{2} =$$

$$= 6,5 \text{ м} + 8,45 \text{ м} \approx 15 \text{ м}$$

Ответ: $v_{ky} = 18 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, $t = 1,3 \text{ с}$, $H = 15 \text{ м}$

N ?

Дано:

S, m

$M = 2m$

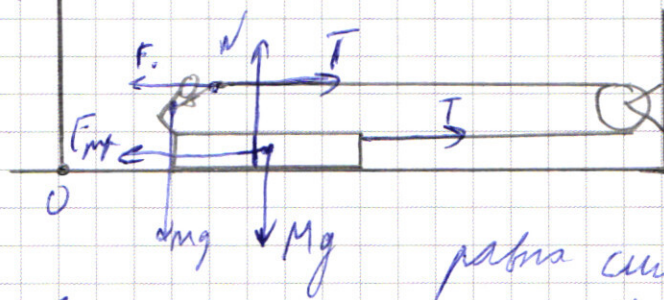
μ, F

N - ?

F_0 - ?

t - ?

Решение.



По 3 закону Ньютона сила давления руки человека на тл

равна силе реакции опоры (по модулю)

Запишем 2 закон Ньютона для системы человек + мушкетер на ось Oy.

$$N - (mg + Mg) = 0$$

$$N = mg + Mg = 3mg$$

По 3 закону Ньютона $|F_0| = |T|$

Запишем 2 закон Ньютона для тл на ось Ox в случае когда система только начинает двигаться.

$$2T - F_{fr} = 0$$

$$2F_0 = \mu N$$

$$F_0 = \frac{3\mu mg}{2}$$

Для отрыва мушкетера:

$$2T_1 - F_{fr} = (M + m)a$$

$$a = \frac{2F - 3\mu mg}{3m}$$

Тогда

$$S = \frac{at^2}{2}$$

$$t = \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{\frac{6ms}{2F - 3\mu mg}}$$

Ответ: $N = 3mg$ $F_0 = \frac{3\mu mg}{2}$
 $t = \sqrt{\frac{6ms}{2F - 3\mu mg}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

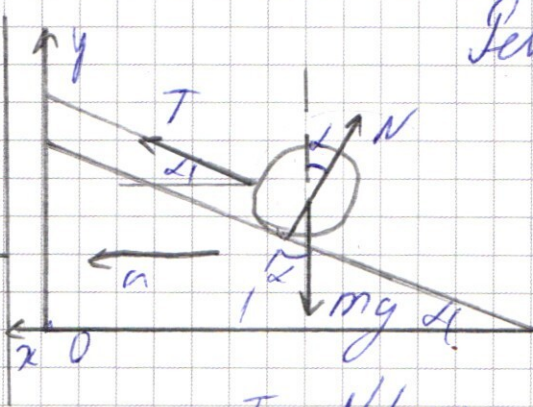
№3

Дано:

m, R, L
 α, ω

N_0 - ?

N_1 - ?



Решение.

Запишем 2 закон
Ньютона на оси Ox и Oy

$$\begin{cases} T \cos \alpha - N_0 \sin \alpha = 0 \\ T \sin \alpha + N_0 \cos \alpha - mg = 0 \end{cases}$$

$$T = N_0 \tan \alpha$$

$$N_0 \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} + N_0 \cos \alpha = mg$$

$$\frac{N_0}{\cos \alpha} = mg$$

$$N_0 = N = mg \cos \alpha$$

Аналогично для 2 сферы.

$$\begin{cases} T_1 \cos \alpha - N_1 \sin \alpha = m \omega^2 (L+R) \cos \alpha \\ mg = N_1 \cos \alpha + T_1 \sin \alpha \end{cases}$$

$$T_1 = N_1 \tan \alpha + m \omega^2 (L+R)$$

$$mg = N_1 \cos \alpha + N_1 \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} + m \omega^2 (L+R) \sin \alpha$$

$$m(g - \omega^2 (L+R) \sin \alpha) = \frac{N_1}{\cos \alpha}$$

$$N_1 = mg \cos \alpha - m \omega^2 (L+R) \sin \alpha \cos \alpha$$

Ответ: $N_0 = mg \cos \alpha$, $N_1 = -m \omega^2 (L+R) \sin \alpha \cos \alpha + mg \cos \alpha$

П.к шар не проскальзывает,
то направление силы
продолжит через центр шара
(т.к. общий момент сил равен 0)
Площадь поверхности от вершины до центра
 $L+R$.

Учитывая что по 3 закону
Нормальная сила реакции равна
силе реакции опоры

№ 4

Дано:

$$\alpha = 45^\circ$$

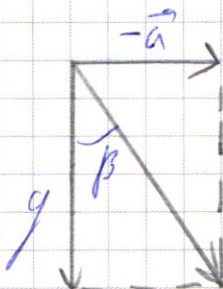
$$a = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$h_1 = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$$

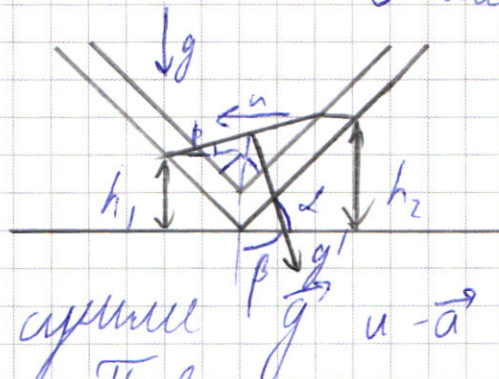
$h_2 = ?$

$\sigma = ?$

~~Сделано~~



Решение:



Эффективное ускорение g' равно векторной сумме g и $-a$

Поверхности наклона будут перпендикулярны эффективному ускорению:

$$\tan \beta = \frac{a}{g} = \frac{h_2 - h_1}{\frac{h_1}{\tan \alpha} + \frac{h_2}{\tan \alpha}}$$

$$\frac{ah_1}{\tan \alpha} + \frac{ah_2}{\tan \alpha} = gh_2 - gh_1$$

$$h_2 \left(g - \frac{a}{\tan \alpha} \right) = \frac{ah_1}{\tan \alpha} + gh_1$$

$$h_2 = h_1 \cdot \frac{\frac{a}{\tan \alpha} + g}{g - \frac{a}{\tan \alpha}} = 0,1 \text{ м} \cdot \frac{4 + 10}{10 - 4} = \frac{0,7}{3} \text{ м} \approx 0,23 \text{ м}$$

Когда уровень масла в обоих коленах будет находиться на одинаковой высоте, их уровни относительно пола будут:

$$\frac{h_2}{\sin \alpha} S + \frac{h_1}{\sin \alpha} S = \frac{2h}{\sin \alpha} S$$

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

Потому из 3C 3B CO трубки при равновесии движения:

$$\frac{\rho g h_2 S}{\sin \alpha} \cdot \frac{h_2}{2} + \frac{\rho g h_1 S}{\sin \alpha} \cdot \frac{h_1}{2} = \frac{\rho g 2h S}{\sin \alpha} \cdot \frac{h}{2} + 2 \frac{\rho g h S}{\sin \alpha} \cdot \frac{h}{2}$$

$$g \frac{h_1^2}{2} + g \frac{h_1^2}{2} = h v^2 + g h^2$$

$$h v^2 = g \left(\frac{h_1^2}{2} + \frac{h_1^2}{2} - h^2 \right)$$

$$v^2 = \frac{g \left(\frac{h_1^2}{2} + \frac{h_1^2}{2} - \frac{h_1^2}{4} - \frac{h_1 h_2}{2} - \frac{h_2^2}{4} \right)}{\frac{h_1 + h_2}{2}} = \frac{2g \left(\frac{h_1^2}{4} - \frac{h_1 h_2}{2} + \frac{h_2^2}{4} \right)}{h_1 + h_2} =$$

$$= \frac{2g \left(\frac{h_1 - h_2}{2} \right)^2}{h_1 + h_2} = \frac{g(h_1 - h_2)^2}{2(h_1 + h_2)}$$

$$v = (h_2 - h_1) \sqrt{\frac{g}{2(h_1 + h_2)}} = (0,23 - 0,1) \sqrt{\frac{10}{2(0,23 + 0,1)}} \frac{\text{м}}{\text{с}} =$$

$$= 0,13 \cdot \sqrt{15} \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 0,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: $h_2 = 0,23 \text{ м}$, $v = 0,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5

Дано: $f = 3,6$

$T = 27^\circ\text{C} = 300\text{K}$

$p = 3,53 \cdot 10^3 \text{ Па}$

$\frac{p_n}{p_s} = ?$

$\frac{V_n}{V_s} = ?$

Решение

Плотность пара равна:

$$\rho V = \frac{m}{\mu} RT$$

$$\rho_n = \frac{p_n \mu}{RT}$$

Погда

$$\frac{p_n}{p_s} = \frac{p_n \mu}{RT p_s} = \frac{3,53 \cdot 10^3 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 300 \cdot 10^3} = 0,025 \cdot 10^{-3} = 2,5 \cdot 10^{-5}$$

Объем пара в паре и его масса:

$$\rho V_0 = \frac{m_0}{\mu} RT$$

$$V_0 = \frac{m_0 RT}{p \mu} \Rightarrow m_0 = \frac{p V_0 \mu}{RT}$$

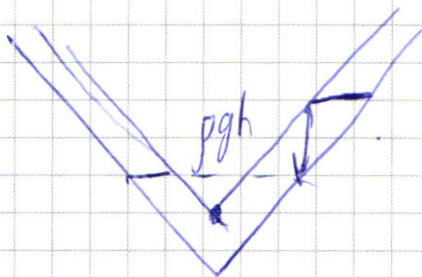
Объем конденсированной жидкости можно
пренебречь по сравнению с объемом пара. Погда
конечные объем пара и его масса равны:

$$V_n = \frac{V_0}{f}$$

$$m_1 = \frac{p V_n \mu}{RT} = \frac{p V_0 \mu}{RT f} = \frac{m_0}{f}$$

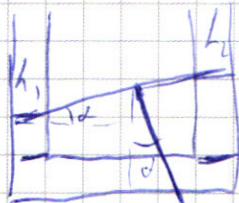
$$\frac{V_n}{V_0} = \frac{\frac{V_0}{f}}{\frac{m_0 - m_1}{p_s}} = \frac{p_s}{p_n} \cdot \frac{m_0}{f(m_0 - m_1)} = \frac{p_s}{p_n} \cdot \frac{m_0}{f m_0 - m_1} = \frac{p_s}{p_n} \cdot \frac{1}{f - 1} = 8700$$

Ответ: $\frac{p_n}{p_s} = 2,5 \cdot 10^{-5}$, $\frac{V_n}{V_0} = 8700$



$$\frac{h_2 - h_1}{h_1 + h_2} = \frac{a}{g}$$

$$\rho g h S = \rho g l S$$



$$\rho g h_2 S - \rho g h_1 S = \rho g L S$$

$$h_2 = L + h_1$$

$$\rho g (h_2 - h_1) = \rho a (h_1 + h_2) \sqrt{g}$$

$$\sqrt{151} = 3,8$$

$$\begin{array}{r} 68 \\ 8 \\ \hline 524 \\ 76 \\ \hline 760 \end{array}$$

$$(h_2 - h_1) \sqrt{g} = L a$$
~~$$h_2 - h_1 = \frac{L a}{\sqrt{g}}$$~~

$$h_2 = \frac{L a}{g} + h_1$$

$$h_2 - h_1 = \frac{L a}{g}$$

$$\frac{h_2 - h_1}{L} = \sqrt{g} = \frac{a}{g}$$



$$\begin{array}{r} 38 \\ 913 \\ 38 \\ \hline 104 \\ 39 \\ \hline 949 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 770 \overline{) 300} \\ 1540 \\ \hline 1460 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 555 \\ 18 \\ \hline 2840 \\ 335 \\ \hline 6390 \\ 5817 \\ \hline 5730 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 100000 \overline{) 115} \\ 220 \\ \hline 800 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\sqrt{1300} = 3,6$
 $\frac{9}{400}$

$h_2 - h_1 = \frac{2}{3}$
 $(h_1 + h_2) \cdot \text{tg} \alpha$

$\frac{h_1}{d_1} = \text{tg} \alpha$
 $d_1 = \frac{h_1}{\text{tg} \alpha}$

$\rho \cdot l \cdot \sin \alpha = \rho g h_2 \cdot l$
 $h_2 = \frac{l \cdot \alpha \cdot \cos \alpha}{g} = \frac{h_1 \alpha \cos \alpha}{g \sin \alpha} = \frac{h_1 \alpha \text{tg} \alpha}{g}$

$\frac{1}{4,6} \cdot \frac{1}{2,5 \cdot 10^{-5}}$
 $\frac{10^5}{4,6 \cdot 2,5} = \frac{100000}{11,5}$

$\frac{U_p}{U_0} = \frac{f}{f_0} = \frac{m_0}{m_0 - m_1} = \frac{p_0}{p_0 - p_1} = \frac{m_0}{f(m_0 - m_1)}$

$5h_2 - 5h_1 = 2h_1 + 2h_2$
 $3h_2 = 7h_1$
 $h_2 = \frac{7h_1}{3}$

$100000 \cdot 1,15$
 $\frac{920}{800}$
 $\frac{690}{1100}$
 $\frac{1035}{850}$

$\frac{h_1}{e} = 800 \cdot 1,15$

$\frac{63,5}{300} = \frac{21,3}{100} = 0,213$

$0,213 \cdot 1851$
 $398,25$

$1000000 \cdot 1,15$
 $\frac{920}{800}$
 $\frac{690}{1100}$
 $\frac{1035}{850}$



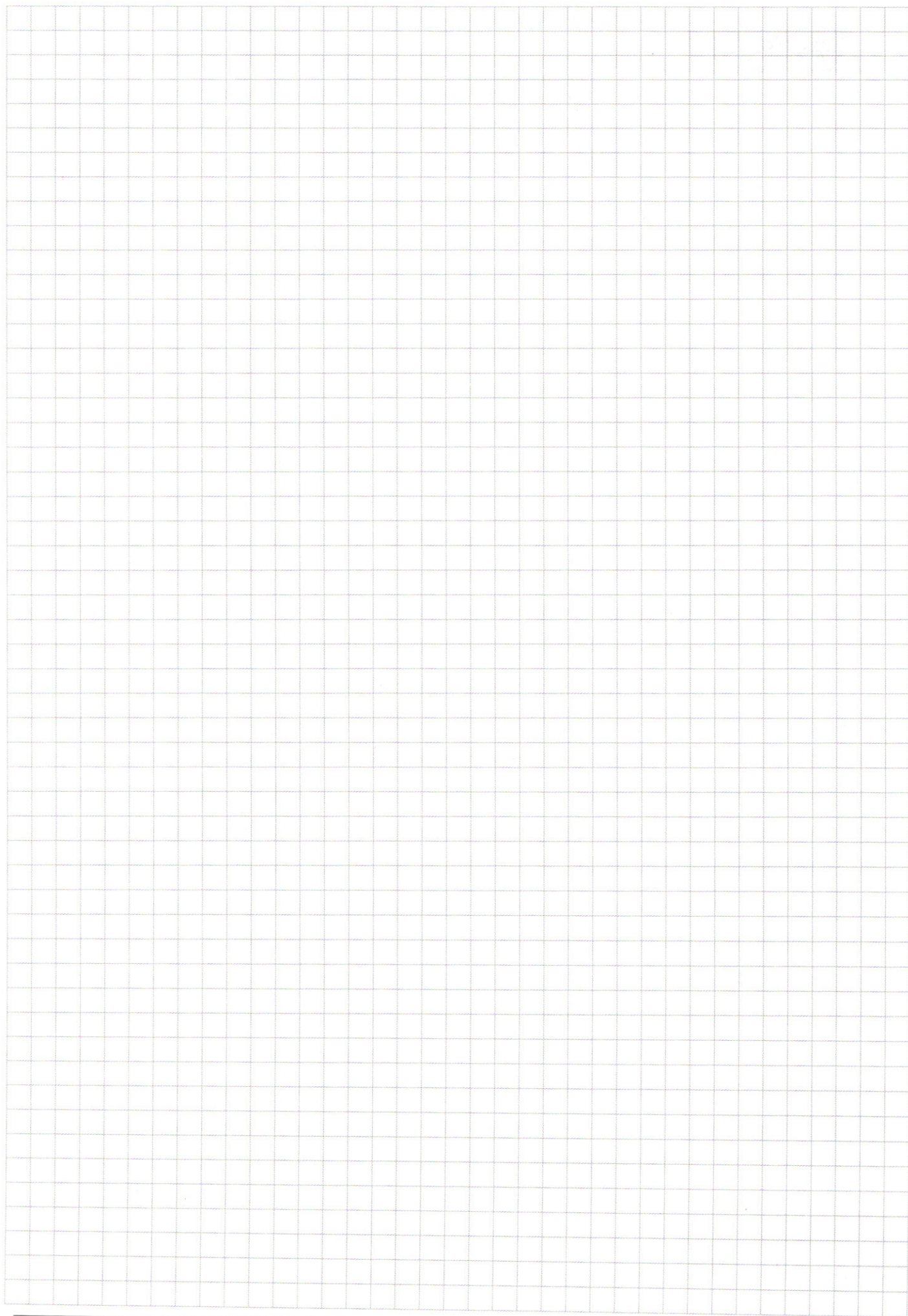
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)