

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

Вариант 09-02

Шифр

(заполняется секретарём)

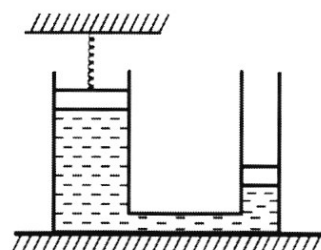
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 10$ м/с.

1) Через какое время t после старта скорость камня будет равна по величине $V_0/2$?

2) На какой высоте h , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине $V_0/2$?

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

2. На горизонтальной поверхности расположены два цилиндрических сообщающихся сосуда (см. рис.), в которых налита жидкость плотности ρ . На свободных поверхностях жидкости находятся лёгкие поршни. Зазоров между стенками сосудов и поршнями нет. Левый поршень соединён пружиной жёсткости k с верхней опорой. Деформация пружины равна x . Площадь сечения левого поршня S , правого $S/3$. Трение поршней о стенки сосудов пренебрежимо мало. Ускорение свободного падения g .



1) Найдите разность h уровней жидкости в сосудах.

2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.

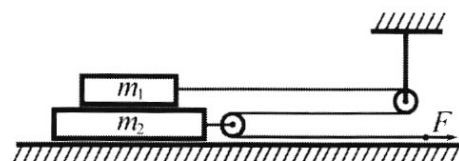
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты $h = R$, здесь R – радиус планеты.

Плотность планеты ρ . Гравитационная постоянная G . Объём шара $V = \frac{4}{3}\pi R^3$.

1) Найдите ускорение g свободного падения на расстоянии $3R$ от центра планеты.

2) Найдите период T обращения спутника.

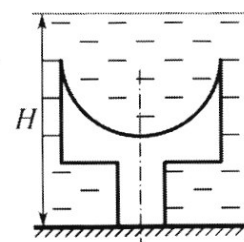
4. На горизонтальном столе находятся бруски, соединённые нитью с системой блоков (см. рис.). Массы брусков $m_1 = 3m$, $m_2 = 5m$. Коэффициент трения скольжения нижнего бруска по столу и верхнего бруска по нижнему равен μ . Массы нити и блоков, а также трение в осях блоков пренебрежимо малы.



1) Найдите величину F_0 горизонтальной силы, которую следует приложить к свободному концу нити, чтобы нижний брусок скользил по столу, а сила трения, действующая на верхний брусок, была равна нулю.

2) Найдите минимальную силу F , при которой нижний брусок скользит по столу, а верхний брусок движется влево относительно нижнего бруска.

5. Ко дну бассейна глубиной $H=3$ м приклеена осесимметричная конструкция (см. рис.). Клей затвердел. Верхняя поверхность конструкции – полусфера. Объём конструкции $V = 5$ дм³, площадь соприкосновения конструкции с дном через клей $S = 10$ см². Плотность воды $\rho = 1$ г/см³, атмосферное давление $P_0 = 100$ кПа. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².



1) Найдите давление P_1 вблизи дна.

2) Найдите величину F силы (с указанием направления), с которой вода действует на конструкцию.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1

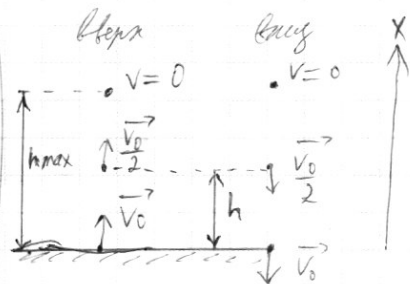
Дано:

$$V_0 = 10 \text{ м/с}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$V_1 = V_0/2$$

$t = ?$ $h = ?$



$$V_{1x} = V_{0x} + g_x \cdot t = 1) \frac{V_0}{2}$$

$$= 2) -\frac{V_0}{2}$$

$$1) \frac{V_0}{2} = V_0 - gt$$

$$gt = \frac{V_0}{2}$$

$$t = \frac{V_0}{2g} = \frac{10 \text{ м/с}}{2 \cdot 10 \text{ м/с}^2} = 0.5 \text{ с}$$

$$2) -\frac{V_0}{2} = V_0 - gt$$

$$gt = 1.5 V_0$$

$$t = \frac{1.5 V_0}{g} = \frac{15 \text{ м/с}}{10 \text{ м/с}^2} = 1.5 \text{ с}$$

нет потерь $\Rightarrow E_{\text{полн}} = E_{\text{кин}} + E_{\text{пот}} = \text{const}$

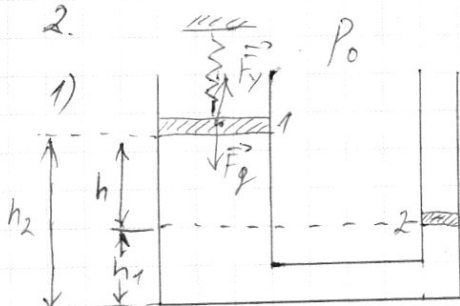
$$E_{\text{кин}0} + E_{\text{пот}0} = E_{\text{кин}1} + E_{\text{пот}1}$$

$$\frac{mV_0^2}{2} + mgh_0 = \frac{mV_1^2}{2} + mgh \quad | : m$$

$$\frac{V_0^2}{2} = \frac{V_1^2}{2} + gh \Rightarrow h = \frac{V_0^2 - V_1^2}{2g} = \frac{3V_0^2}{8g} = \frac{3 \cdot 100 \text{ м}^2/\text{с}^2}{8 \cdot 10 \text{ м/с}^2} = 3.75 \text{ м}$$

ответ: $t = 0.5 \text{ с}$ или 1.5 с $h = 3.75 \text{ м}$

2.



на высоте h_1 давление в жидкости равно P_0

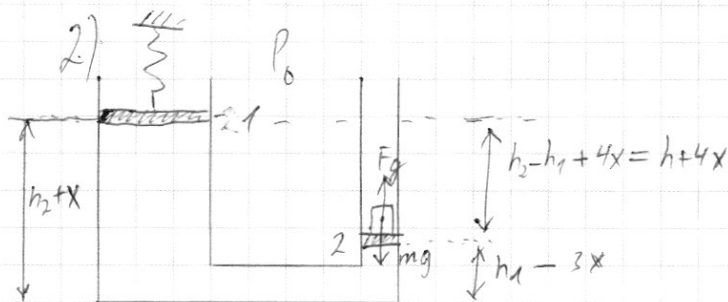
P_0 - атм. давление

на высоте h_2 давление равно $P_0 - \rho g(h_2 - h_1)$

$$h_2 - h_1 = h$$

$$F_y = K \cdot x$$

$$F_g = P_0 \cdot S - (P_0 - \rho g \cdot h) S = \rho g h S \quad \left. \begin{array}{l} F_y = K \cdot x \\ F_g = \rho g h S \end{array} \right\} Kx = \rho g h S \Rightarrow h = \frac{K \cdot x}{\rho \cdot g \cdot S}$$



над первым порывом давление p_0
(пружина не деформирована)
над вторым порывом давление $p_0 + \rho g(h_2 + x)$

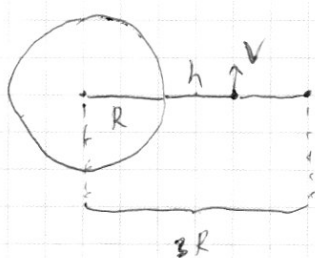
$$\frac{p_0 \cdot s}{3} + mg = F_{sp} = \frac{p_0 \cdot s}{3} + \frac{\rho g(h_2 + x) \cdot s}{3}$$

$$mg = \frac{\rho g(h_2 + x) \cdot s}{3}$$

$$m = \frac{\rho(h_2 + x) \cdot s}{3} = \frac{\rho h_2 s}{3} + \frac{\rho 4x s}{3} = \frac{Kx}{3g} + \frac{4\rho x s}{3}$$

Ответ: $h = \frac{K \cdot x}{\rho g \cdot s}$ $m = \frac{Kx}{3g} + \frac{4\rho x s}{3}$

3



$$g = \frac{G \cdot M}{9R^2} = \frac{G \cdot \rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3}{9R^2} = G \cdot \frac{4\rho \cdot \pi \cdot R}{27}$$

g' = уск. дроб. падения на высоте спутника

$$T = \frac{2\pi \cdot 2R}{v}$$

$$v \cdot \frac{v^2}{2R} = g' = \frac{G \cdot \rho \cdot 4\pi R^3}{3 \cdot 4R^2} = \frac{G \cdot \rho \pi R}{3}$$

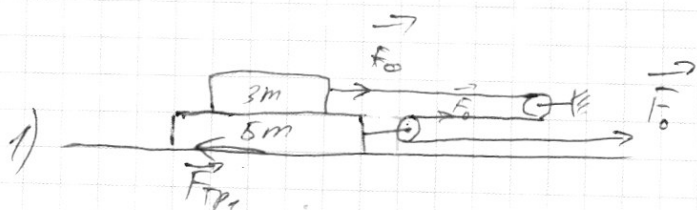
$$T = \frac{4\pi \cdot R}{\frac{2\sqrt{6\pi G \cdot \rho}}{3}} = \frac{2\sqrt{6\pi G \cdot \rho}}{6\rho}$$

$$v = \sqrt{\frac{G \cdot \rho \pi R \cdot 2R}{3}}$$

Ответ: $g = G \cdot \frac{4\rho \pi R}{27}$

$$T = \frac{4\sqrt{6\pi}}{3 \cdot 6\rho}$$

4.



$$F_{тр2} = 8mg \mu$$

сумма сил, действующих на верхний блок не равна 0 \Rightarrow он движется

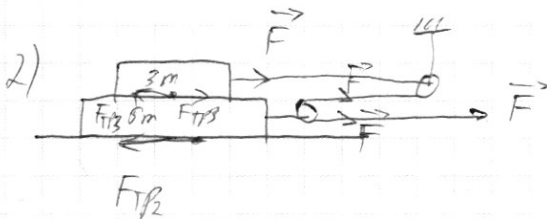
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

с ускорением a , $a = \frac{F_0}{3m}$ нет сил трения между брусками \Rightarrow они движутся одинаково и с одинаковым ускорением $a = \frac{2F_0 - 8mg\mu}{5m}$

бруски можно рассматривать как одно целое, тогда $a = \frac{3F_0 - 8mg\mu}{8m}$

$$\frac{2F_0 - 8mg\mu}{5m} = \frac{3F_0 - 8mg\mu}{8m} \Rightarrow 16F_0 - 64mg\mu = 15F_0 - 40mg\mu$$

$$F_0 = 24mg\mu$$



$$F_{тр2} = 8mg\mu \quad \text{Верхний движется влево от нижнего}$$

$$F_{тр3} = 3mg\mu \quad \Rightarrow a_b < a_n$$

$$a_b = \frac{F + F_{тр3}}{3m} \quad a_n = \frac{2F - F_{тр3} - F_{тр2}}{5m}$$

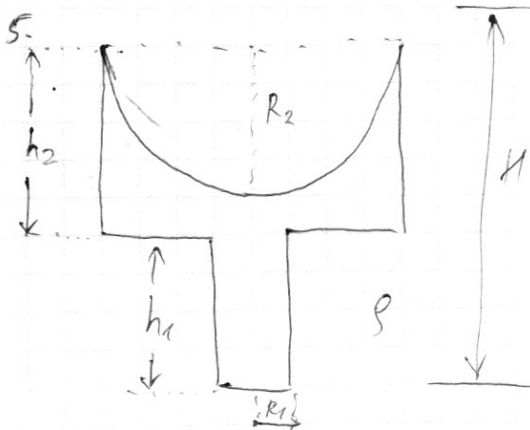
$$a_b < a_n \Rightarrow \frac{F + F_{тр3}}{3m} < \frac{2F - F_{тр3} - F_{тр2}}{5m}$$

$$5F + 5F_{тр3} < 6F - 3F_{тр3} - 3F_{тр2}$$

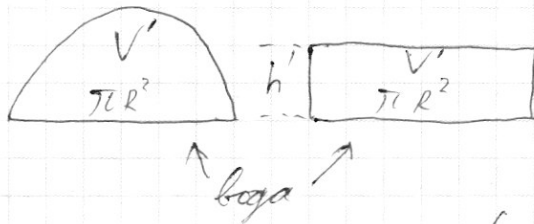
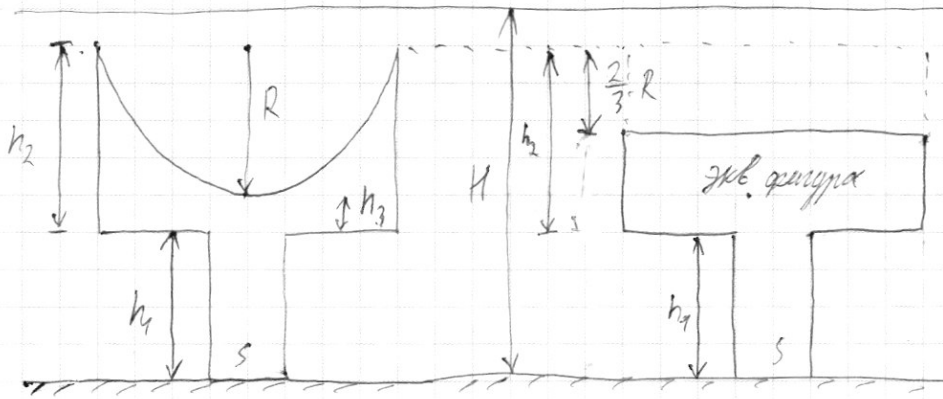
$$F > 8F_{тр3} + 3F_{тр2}$$

$$F > 48mg\mu \quad F_{min} \rightarrow 48mg\mu, \text{ но } F_{min} > 48mg\mu$$

Ответ: $F_0 = 24mg\mu \quad F > 48mg\mu, F_{min} \rightarrow 48mg\mu$



$$P_1 = P_0 + \rho g H = 100 \cdot 10^3 + 1000 \cdot 10 \cdot 3 = 130 \cdot 10^3 \text{ Па}$$



$$\frac{4\pi R^3}{3 \cdot 2} = \pi R^2 \cdot h' \quad h' = \frac{2\pi R^3}{3\pi R^2} = \frac{2}{3}R$$

$$V = 0,005 \text{ м}^3 = h_1 s + \left(h_2 - \frac{2}{3}R\right) \cdot \pi R^2$$

$$\left(h_2 - \frac{2}{3}R\right) = R + h_3 - \frac{2}{3}R = \frac{1}{3}R + h_3$$

$$V = h_1 s + \frac{1}{3}\pi R^2 + \pi R^2 h_3$$

$$F = \left(\pi R^2 s\right) \left(p_0 + \rho g (H - h_4)\right) - \pi R^2 \left(p_0 + \rho g \left(H - h_4 - h_3 - \frac{1}{3}R\right)\right)$$

$$F = \pi R^2 p_0 s - s p_0 + \pi R^2 \rho g H - \pi R^2 \rho g h_4 - \rho g s H + \rho g s h_4 - \pi R^2 p_0 - \pi R^2 \rho g \left(\frac{1}{3}R\right)$$

$$\rho g H + \pi R^2 \rho g h_4 + \pi R^2 \rho g h_3 + \frac{\pi R^3 \rho g}{3} = \rho g s h_4 + \pi R^2 \rho g h_3 + \frac{\pi R^3 \rho g}{3}$$

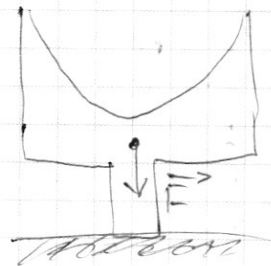
$$- \rho g s H - s p_0 = s \left(\rho g s (h_4 - H) - p_0\right) + \pi R^2 \rho g \left(h_3 + \frac{R}{3}\right)$$

$$F = |F_A - p_1 s| = |V \rho g - p_1 s| = |0,005 \cdot 1000 \cdot 10 - 130 \cdot 10^3 \cdot 10^{-3}| = |50 - 130| = 80 \text{ Н}$$

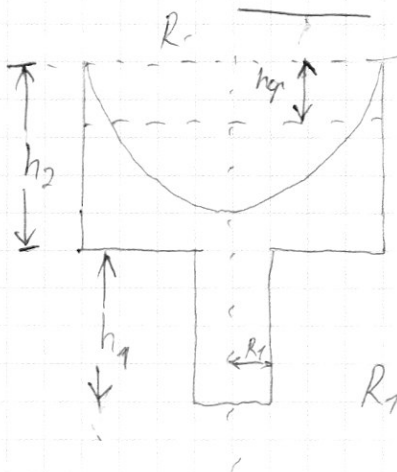
направлена вниз

Иском: $p_1 = 130 \cdot 10^3 \text{ Па}$

$F = 80 \text{ Н}$ направлена вниз.

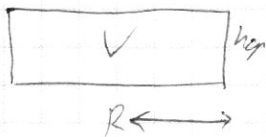
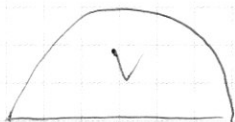


ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$R_1 = \sqrt{\frac{S}{\pi}}$$

$h_{\text{гн}} =$



$$10 \cdot \frac{1}{10^4} = 10^{-3}$$

$$V = h_1 \cdot \pi R_1^2 + h_2 \cdot \pi R_1^2 - \frac{2}{3} \pi R_1^3$$

$$\frac{V}{\pi} = h_1 R_1^2 + h_2 R_1^2 - \frac{2}{3} R_1^3 =$$

$$= h_1 \frac{S}{\pi} + h_2 \frac{S}{\pi} - \frac{2}{3} R_1^3$$

$$F_A = (R^2 \pi - S) \cdot (p_0 + \rho g (H -$$

$$- h_1)) - (R^2 \pi \cdot (h_{\text{гн}} + (H - (h_2 + h_1))))$$

$$V = \frac{2}{3} \pi R^3 = h_{\text{гн}} \cdot \pi R^2$$

$$h_{\text{гн}} = \frac{2}{3} \pi R^3 / \pi R^2 = \frac{2}{3} R$$



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)»

ШИФР

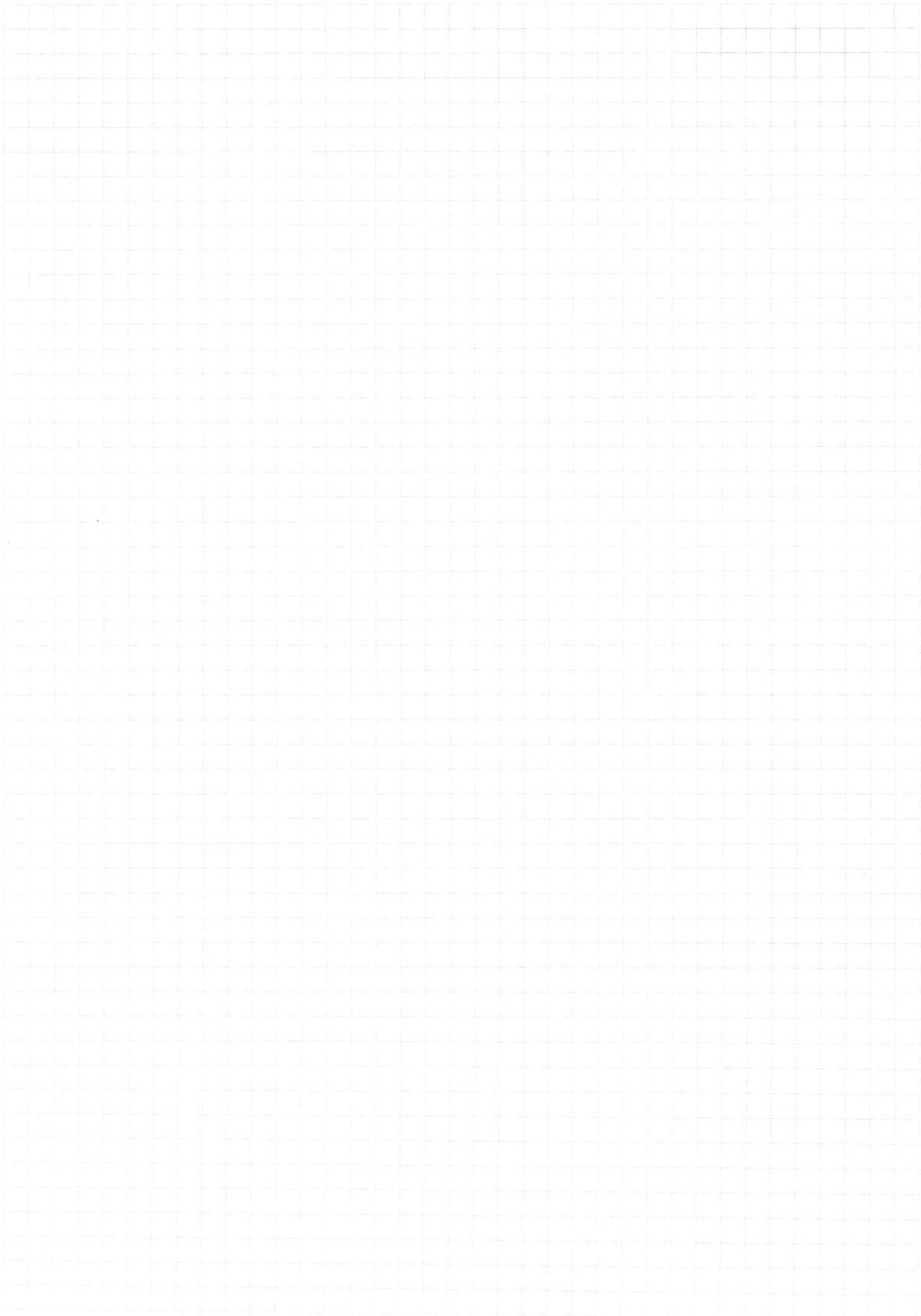
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Blank grid area for writing the answer.

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)»

ШИФР (заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

<div style="border: 1px dashed gray; padding: 5px;">[Blank grid area for writing]</div>	<div style="border: 1px dashed gray; padding: 5px;">[Blank grid area for writing]</div>
---	---

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)