

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

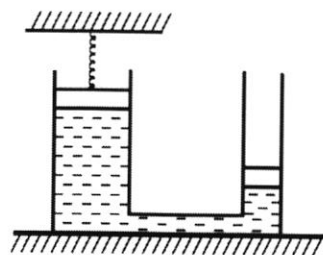
Вариант 09-01

Шифр

(заполняется секретарём)

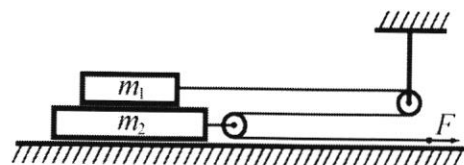
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 12$ м/с.
- 1) Через какое время t после старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
 - 2) На какой высоте h , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
- Ускорение свободного падения $g = 10$ 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. Разность уровней жидкости в сосудах равна h . Площадь сечения левого поршня S , правого $S/2$. Трение поршней о стенки сосудов пренебрежимо мало. Ускорение свободного падения g .



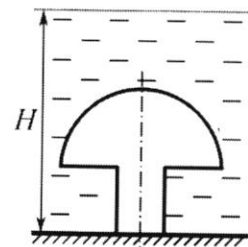
- 1) Найдите деформацию x пружины.
 - 2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты $h = 0,5R$, здесь R – радиус планеты. Плотность планеты ρ . Гравитационная постоянная G . Объём шара $V = \frac{4}{3}\pi R^3$.
- 1) Найдите ускорение g свободного падения на расстоянии $2R$ от центра планеты.
 - 2) Найдите период T обращения спутника.

4. На горизонтальном столе находятся бруски, соединённые нитью с системой блоков (см. рис.). Массы брусков $m_1 = 2m$, $m_2 = 3m$. 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 величину F минимальной силы, при которой нижний брусок скользит по столу, а верхний брусок движется влево относительно нижнего бруска.

5. Ко дну бассейна глубиной $H=2,5$ м приклеена осесимметричная конструкция (см. рис.). Клей затвердел. Верхняя поверхность конструкции – полусфера. Объём конструкции $V = 8$ дм³, площадь соприкосновения конструкции с дном через клей $S = 20$ 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

N1

1) $\frac{2v_0}{3} = v_0 - gt$, где t — время после старта, через которое скорость камня будет равна $\frac{2v_0}{3}$

$$gt = \frac{2v_0}{3}$$

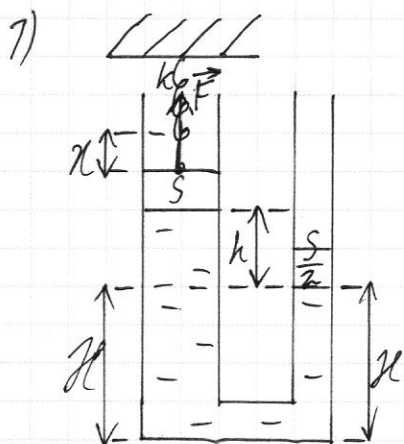
$$t = \frac{2v_0}{3g} = \frac{2 \cdot 12 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{3 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = \frac{4}{5} \text{ с} = 0,8 \text{ с}$$

$$2) h = v_0 t - \frac{gt^2}{2} = 12 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 0,8 \text{ с} - \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 0,8^2 \text{ с}^2}{2} = 9,6 \text{ м} - 3,2 \text{ м} = 6,4 \text{ м}$$

Ответ: 1) $t = 0,8 \text{ с}$;

2) $h = 6,4 \text{ м}$

N2 (начало)



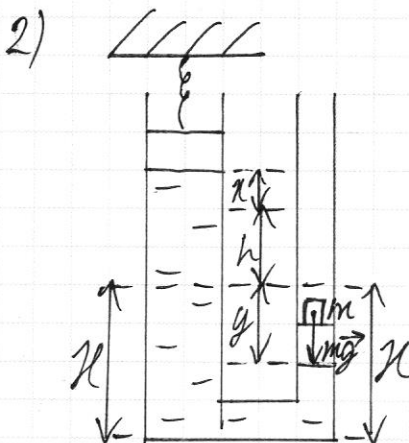
$$F = \kappa \kappa, P_1 = \rho g (x+h) - \frac{F}{S}, P_2 = \rho g h$$

$$\rho g (x+h) - \frac{F}{S} = \rho g h \text{ (для равновесия)}$$

$$\frac{\kappa \kappa}{S} = \rho g h$$

$$x = \frac{\rho g h S}{\kappa}$$

давление в левом
сосуде должно
быть равно давлению
в правом P_2)



Для того, чтобы трубка стала недеформированной, нужно, чтобы левый поршень поднялся на $x \Rightarrow$
 \Rightarrow в левый сосуд из правого должно перейти объём воды $x \cdot S = y \cdot \frac{S}{2} \Rightarrow$

$$\Rightarrow y = 2x$$

$$P_1 = \rho g (x+h+H), P_2 = \rho g (H-y) + \frac{mg}{\frac{S}{2}}$$

N2 (продолжение)

$$\rho g(x+h+2l) = \rho g(x-y) + \frac{mg}{\frac{S}{2}}$$

$$\frac{2m}{S} = \rho(x+h+x-2l+y)$$

$$m = \frac{\rho S(3x+h)}{2} = \frac{\rho S\left(\frac{3\rho g h S}{k} + h\right)}{2} = \frac{\rho S(3\rho g h S + hk)}{2k}$$

$$m = \frac{\rho S h(3\rho g S + k)}{2k}$$

Ответ: 1) $x = \frac{\rho g h S}{k}$

2) $m = \frac{\rho S h(3\rho g S + k)}{2k}$

N3

1) $g = G \frac{M}{(2R)^2}$, где M - масса планеты

$$M = V\rho = \frac{4}{3}\pi R^3\rho$$

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

2) $a = \frac{v^2}{R+h} = \frac{v^2}{1,5R}$, где a - нормальное ускорение спутника
 v - скорость спутника

$$v = \frac{2\pi(R+h)}{T}$$

$$a = \frac{\left(\frac{2\pi(R+h)}{T}\right)^2}{1,5R} = \frac{4\pi^2 \cdot 1,5^2 R^2}{1,5R \cdot T^2} = \frac{6\pi^2 R}{T^2}$$

$$a = G \frac{M}{(R+h)^2} = G \frac{\frac{4}{3}\pi R^3\rho}{1,5^2 R^2} = G \frac{4\pi R\rho}{3 \cdot 1,5^2}$$

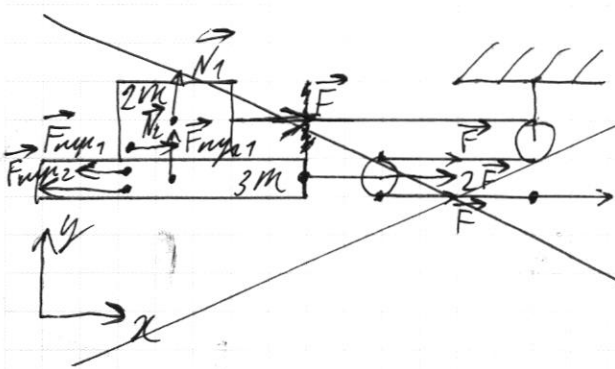
$$\frac{6\pi^2 R}{T^2} = G \frac{4\pi R\rho}{3 \cdot 1,5^2}$$

$$T = \sqrt{\frac{3 \cdot 1,5^2 \cdot 6 \cdot \pi^2 \cdot R}{4G\pi R\rho}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 1,5^2 \cdot 6 \cdot \pi^2}{4G\rho}} = 3 \cdot 1,5 \sqrt{\frac{\pi}{2G\rho}} = 4,5 \sqrt{\frac{\pi}{2G\rho}}$$

Ответ: 1) $g = G \frac{\pi R\rho}{3}$

2) $T = 4,5 \sqrt{\frac{\pi}{2G\rho}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



NY

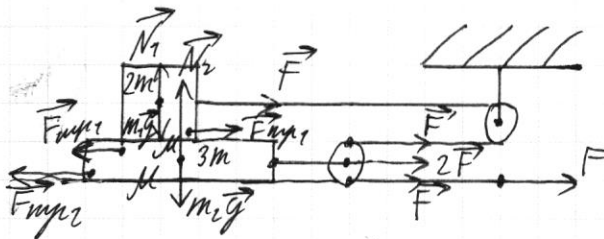
для груза 2m:

$$Oy: N_1 - 2mg = 0$$

$$N_1 = 2mg$$

Ox:

NY (начало)



1) для груза 2m:

$$Ox: F_0 = m_1 a_1 = 2ma_1$$

$$a_1 = \frac{F_0}{2m}$$

П.к. $F_{тр1} = 0$, то $a_1 = a_2$

$$\frac{F_0}{2m} = \frac{2F_0}{3m} - \frac{5}{3}g\mu$$

$$3F_0 - 4F_0 = -10mg\mu$$

$$F_0 = 10mg\mu$$

2) для груза m_1:

$$Oy: N_1 - m_1 g = 0$$

$$N_1 = 2mg$$

$$Ox: F + F_{тр1} = m_1 a_1$$

$$F + N_1 \mu = 2ma_1$$

$$a_1 \geq \frac{F}{2m} + \frac{2mg\mu}{2m} = \frac{F}{2m} - g\mu$$

для груза 3m:

$$Oy: N_2 - m_1 g - m_2 g = 0$$

$$N_2 = 2mg + 3mg = 5mg$$

$$Ox: 2F_0 - F_{тр2} = m_2 a_2$$

$$2F_0 - N_2 \mu = 3ma_2$$

$$a_2 = \frac{2F_0}{3m} - \frac{5mg\mu}{3m} \geq \frac{2F_0}{3m} - \frac{5}{3}g\mu$$

для груза m_2:

$$Oy: N_2 - m_1 g - m_2 g = 0$$

$$N_2 = 5mg$$

$$Ox: 2F - F_{тр1} - F_{тр2} = m_2 a_2$$

$$2F - N_1 \mu - N_2 \mu = 3ma_2$$

$$a_2 \geq \frac{2F}{3m} - \frac{2mg\mu}{3m} - \frac{5mg\mu}{3m}$$

нч (продолжение)

$$a_2 = \frac{2F}{3m} - \frac{7}{3}g \mu$$

П.к. верхний брусок относительно нижней
по движется влево, но $a_2 \geq a_1$

$$\frac{2F}{3m} - \frac{7}{3}g \mu = \frac{F}{2m} + g \mu$$

$$4F - 3F = 6mg \mu + 7mg \mu$$

$$F = 20mg \mu$$

Ответ: 1) $F_0 = 10mg \mu$

2) $F = 20mg \mu$

№5

1) $P_1 = P_0 + P_{\text{гидр}}$, где $P_{\text{гидр}}$ — гидростатическое давление.
 $P_{\text{гидр}} = \rho g H$

$$P_1 = P_0 + \rho g H = 100 \text{ кПа} + 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 2,5 \text{ м}$$

$$P_1 = 100 \text{ кПа} + 25 \text{ кПа} = 125 \text{ кПа}$$

N3

$$1) g = G \frac{M}{4R^2} = G \frac{\frac{4}{3}\pi R^3 \rho}{4R^2} = \frac{G \pi G R \rho}{3}$$

$$2) \frac{v^2}{R} = \frac{(2\pi R)^2}{T^2} = \frac{4\pi^2 R}{T^2}$$

$$\frac{M}{C^2} = \frac{m}{C^2} \quad \frac{M^2}{C^2 \cdot M} = \frac{m}{C^2}$$

$$a = \frac{v^2}{(R+h)} = \frac{v^2}{1.5R} = \frac{4\pi^2 R}{1.5T^2} = \frac{4\pi^2 R}{1.5T^2}$$

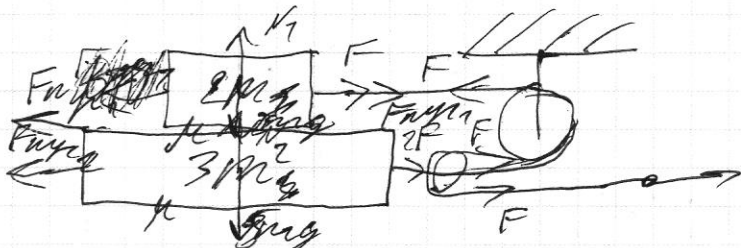
$$a = G \frac{M}{(R+h)^2} = G \frac{\frac{4}{3}\pi R^3 \rho}{1.5^2 R^2} = \frac{4\pi G R \rho}{1.5^2 \cdot 3}$$

$$\frac{4\pi R}{1.5T^2} = \frac{4\pi G R \rho}{1.5^2 \cdot 3}$$

$$\frac{T^2}{T^2} = \frac{G \rho}{4.5}$$

$$T = \frac{\sqrt{4.5 T^2}}{\sqrt{4.5 T^2}} = \frac{\sqrt{4.5 T^2}}{4.5 T^2} \cdot G \rho$$

N4



$$1) 3mg - 2F_0 = 3ma \quad 2F_0 - 5mg\mu = 3ma \quad a = \frac{2F_0 - 5g\mu}{3m}$$

$$F_0 = 2ma \quad a = \frac{F_0}{2m}$$

$$\frac{F_0}{2m} = \frac{2F_0}{3m} - \frac{5}{3}g\mu$$

$$3F_0 - 4F_0 = 10mg\mu$$

$$F_0 = 10mg\mu$$

$$2) F + 2mg\mu = 2ma_1$$

$$2F - 5mg\mu = 2mg\mu = 3ma_2$$

$$a_1 = \frac{F}{2m} + g\mu$$

$$a_2 = \frac{2F}{3m} - \frac{7}{3}g\mu$$

$$g\mu + \frac{F}{2m} = \frac{2F}{3m} - \frac{7}{3}g\mu$$

$$3F - 4F = -14mg\mu + 6mg\mu$$

$$F = 20mg\mu$$

$$\frac{M}{C^2} = G \cdot M \cdot \frac{4\pi R^3}{4R^2}$$

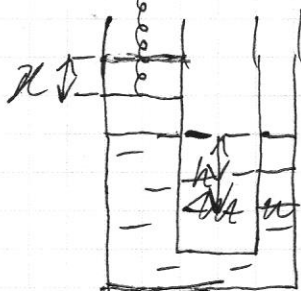
$$G = \frac{M^3}{C^2 \cdot M} \quad h_0$$

N5

$$P_{\text{max}} = \rho g h = 25k\pi$$

$$P_{\text{max}} = P_{\text{max}} + P_{\text{max}} =$$

$$2 \cdot 25k\pi$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) $\frac{v_0}{3} = v_0 - gt$

$t = \frac{\frac{v_0}{3} - v_0}{-g} = \frac{2v_0}{3g} = \frac{2 \cdot 12 \frac{m}{c}}{3 \cdot 10 \frac{m}{c^2}} = \frac{4}{5} c = 0,8 c$

2) $h = v_0 t - \frac{gt^2}{2} = 12 \frac{m}{c} \cdot 0,8 c - \frac{10 \frac{m}{c^2} \cdot 0,8^2 c^2}{2} = 9,6 m - 3,2 m = 6,4 m$

12
x 12

24
12

144

~~12 12~~
~~12 12~~
24
24

0

12 12
x 0,8

9,6

12 12
x 0,64

3,20

12 12
x 0,576

5,76

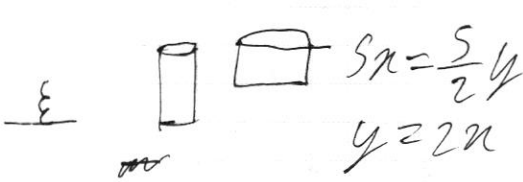
$h = 12 \frac{m}{c} \cdot 0,8 c - \frac{10 \frac{m}{c^2} \cdot 0,8^2 c^2}{2} = 9,6 m - 3,2 m = 6,4 m$

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

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



$\rho g h \cdot S$



$S \pi = \frac{S}{2} y$
 $y = 2r$

$\rho g h + \rho g h - \frac{\Delta \rho k}{S} = \rho g h$

$\rho g h - \frac{\Delta \rho k}{S} = 0$

$\Delta \rho k = \rho g h S$

$\Delta \rho = \frac{\rho g h S}{k}$

$\rho g h = \rho g h$

$\rho g h + \rho g (h - 2r) = \rho g h$

$\rho g (h + h - 2r) = \rho g (h - 2r) + \frac{m \cdot g}{S}$

$\rho (3h - 2r) = \rho (h - 2r) + \frac{m}{S}$

$m = \frac{S \rho (3h - 2r)}{2} = \frac{S^2 \rho^2 g h}{2k} + \frac{S \rho h}{2}$

$\frac{m \cdot m}{m^2} = m \left(\frac{m}{m^2} \cdot \frac{m}{c^2} + \frac{m}{m^2} \right)$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

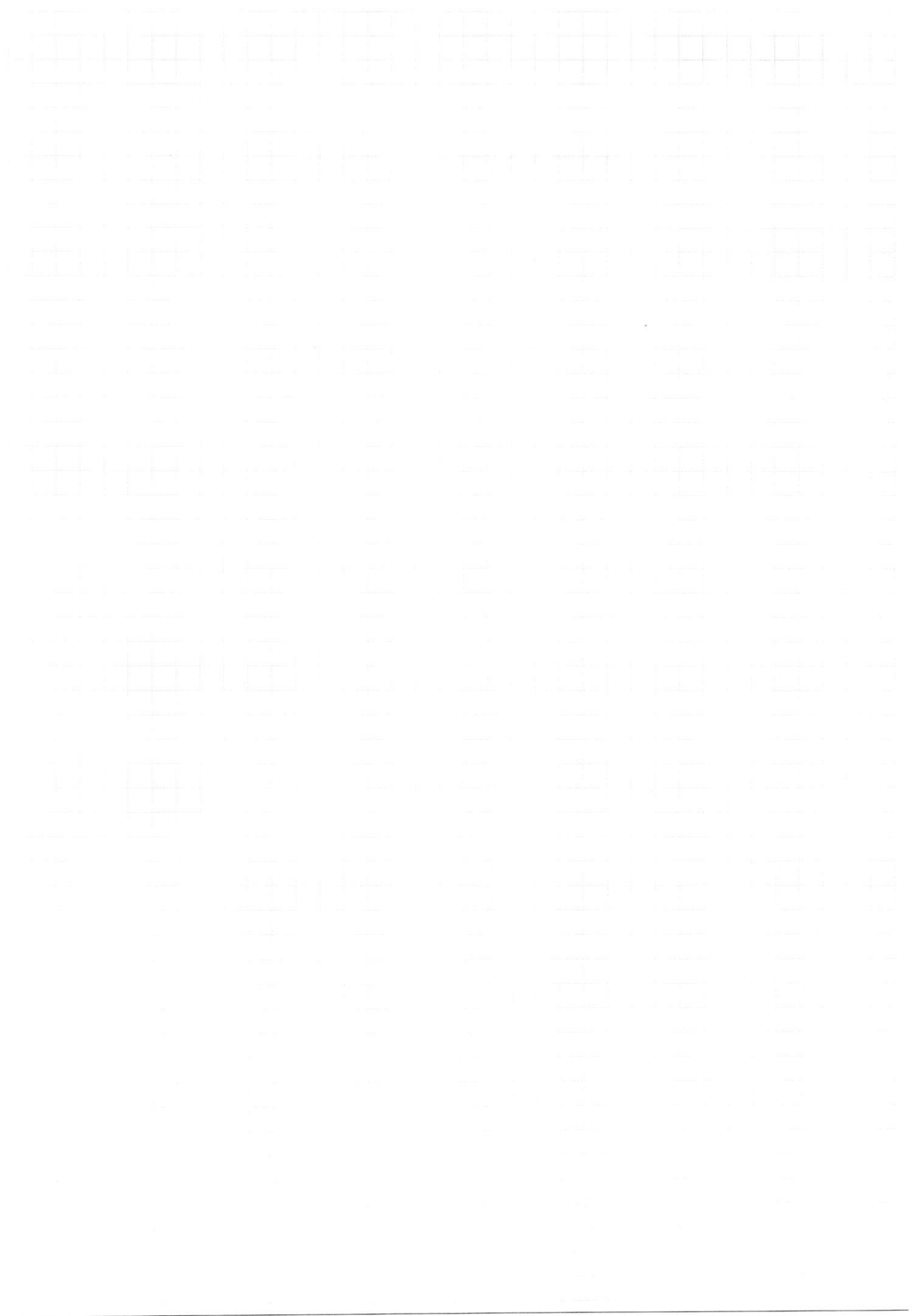
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

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

Blank grid area for writing the answer.

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

