

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

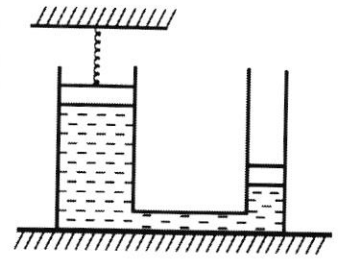
Вариант 09-01

Шифр

(заполняется секретарем)

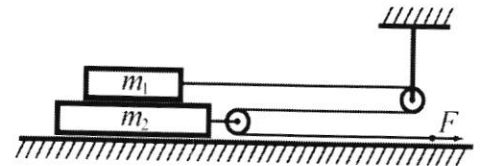
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 12$ м/с.
- 1) Через какое время t после старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
 - 2) На какой высоте h , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
- Ускорение свободного падения $g = 10$ 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 .



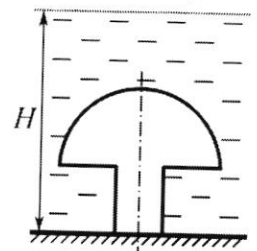
- 1) Найдите деформацию x пружины.
 - 2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты $h = 0,5R$, здесь R – радиус планеты. Плотность планеты ρ . Гравитационная постоянная 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.

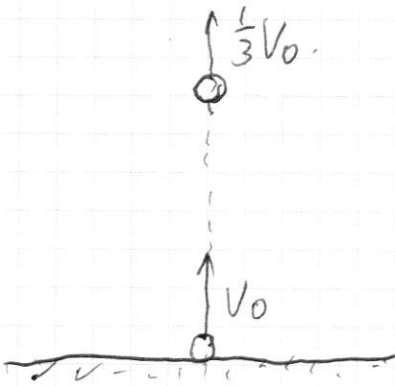
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

И) $\Delta V = g t$
 До того как камень изменил направление.
 I случай: $t_1 = \frac{\Delta V}{g} = \frac{V_0 - \frac{1}{3}V_0}{g} = \frac{2V_0}{3g} = \left(\frac{2 \cdot 12}{30}\right) \text{ c} = \frac{24}{30} \text{ c} = 0,8 \text{ c}.$

II случай: После того как камень изменил направление и стал лететь со скоростью $\frac{V_0}{3}$ в противоположную:

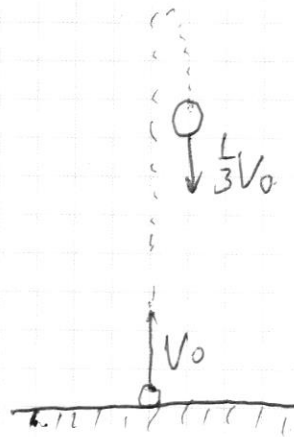
$$t_2 = \frac{\Delta V}{g} = \frac{V_0 - \frac{1}{3}V_0}{g} = \frac{\frac{2}{3}V_0}{g} = 1,6 \text{ c}.$$

I случай:



t_1 - время прошедшее с начала полета мяча до того как мяч стал лететь со скоростью $\frac{V_0}{3}$ но не изменил направления.

II случай:



t_2 - время прошедшее с начала полета мяча до того как мяч стал лететь со скоростью $\frac{V_0}{3}$ и изменил направления.

$$S = V_{cp} \Delta t$$

$$V_{cp} = \frac{V_H + V_K}{2}$$

$$\Delta t = \frac{V_H - V_K}{g}$$

$$S = V_{cp} \Delta t = \frac{V_H^2 - V_K^2}{2g} \neq$$

~~Пусть $h \rightarrow 0$.~~

~~Пусть тело сна~~

Высота максимальная, на которую поднимается тело:

$$H = g \frac{t^2}{2}, \quad t = \frac{V_0}{g} \Rightarrow H = \frac{V_0^2}{2g}$$

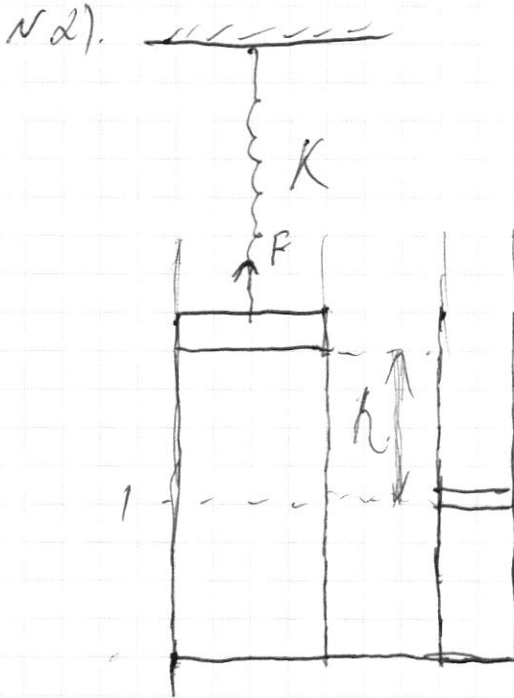
Высота расстояние на которое опускается тело с момента того, когда оно достигнет максимальной высоты, до момента, когда у него будет $\frac{1}{3}$ скорость $\frac{V_0}{3}$ вниз:

$$S = \frac{(\frac{1}{3} V_0)^2}{2g}$$

$$h = H - S = \frac{V_0^2 - (\frac{1}{3} V_0)^2}{2g} = \left(\frac{128}{20} \right) \text{ м} = 6,4 \text{ м}$$

Ответ: $t_1 = 0,8 \text{ с}; t_2 = 1,6 \text{ с}; h = 6,4 \text{ м}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



и той же высоте воды имеют одинаковое давление.

на одной в любой давлении.

$$-\frac{F}{S} + \rho g h = 0.$$

$$\frac{F}{S} = \rho g h.$$

$$\frac{K \Delta x}{S} = \rho g h.$$

$$\Delta x = \frac{\rho g h S}{K}.$$

Во втором случае пружина должна вернуться в изначальное состояние ставим на Δx .
Значит в ~~правом~~ ^{левом} сосуде вода поднимется на Δx , а в левом в силу нестжимаемости пружины вода опустится на $2\Delta x$, а значит

разности уровней воды в 2 сосудах равен 30 см .

т.к. сосуды сообщаются то в любой точке на одной высоте в них будет одинаковое давление:

$$\frac{m_0 g}{\left(\frac{S}{2}\right)} = \rho g (h + 30 \text{ см}).$$

$$\frac{2m_0 g}{S} = \rho g \left(h + 3 \cdot \frac{\rho g h S}{\rho g h S} \right)$$

$$m_0 = \frac{\rho g h \left(1 + 3 \frac{\rho g S}{\rho g h S} \right) S}{2g}$$

Ответ: ~~ρ~~ $x = \frac{\rho g h S}{\rho g h S}$, $m_0 = \frac{\rho g h \left(1 + 3 \frac{\rho g S}{\rho g h S} \right) S}{2g}$.

13). 1) $mg = F_{\text{прит}} - m$, масса произвольного тела
 $F_{\text{прит}}$ - сила притяжения.

$$mg = G \cdot \frac{M \cdot m}{R^2} \Rightarrow g = G \cdot \frac{M}{R^2}$$

Применимо к нашей задаче:

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

2) $mg = m \frac{v^2}{R}$, $g = \frac{v^2}{R}$ - g - ускорение свободного падения.
 R - радиус орбиты спутника.
 v - скорость спутника.

$$v = \sqrt{Rg} = \sqrt{R \cdot G \cdot \frac{M}{R^2}} = \sqrt{\frac{G \cdot M}{R}} \quad M - \text{масса планеты.}$$

Т. время периода обращения:

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

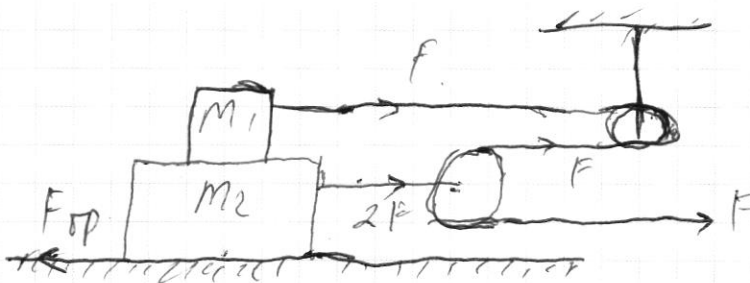
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$T = \frac{2\pi(R+h)}{\sqrt{G \cdot \frac{4}{3}\pi R^3 \rho}} = \frac{2\pi(R+h)^{\frac{3}{2}}}{R^{\frac{3}{2}} \sqrt{G \cdot \frac{4}{3}\pi \rho}} = \frac{2\pi \sqrt{\frac{27}{8}} R^{\frac{3}{2}}}{R^{\frac{3}{2}} \sqrt{G \cdot \frac{4}{3}\pi \rho}} =$$

$$= \frac{9\sqrt{2} \pi}{4\sqrt{G \pi \rho}} = 3,15 \frac{\sqrt{\pi}}{\sqrt{G \rho}}$$

Ответ: 1) $\frac{1}{3} G \pi R \rho$ 2) $3,15 \frac{\sqrt{\pi}}{\sqrt{G \rho}}$

нч)



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

$a = \frac{F}{m}$ - следствие из 2 законов Ньютона.

$a = \frac{F}{m_1}$ - ускорение первого груза.

$$a = \frac{2F - F_{\text{тр}}}{m_2} = \frac{2F - (m_1 + m_2) \mu g}{m_2}$$

$$\frac{F}{m_1} = \frac{2F - (m_1 + m_2) \mu g}{m_2} \quad \text{т.к. тела движутся}$$

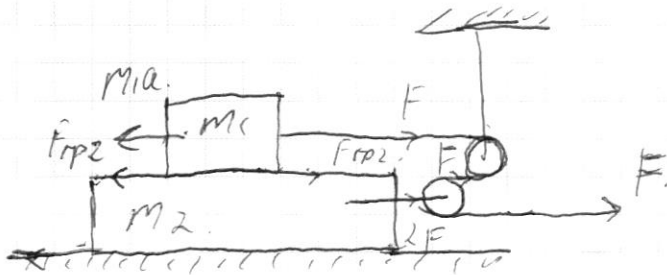
неподвижны относительно друг друга.

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

~~$$\frac{F}{6m} = \frac{2}{3} \mu \cdot 3F = 2F - 10m \mu g$$~~

$$F = 10m \mu g$$

2)


 F_{fp}

Для 1 тела $2F - F_{fp2} - F_{fp} = m_2 a$ - по 2 закону Ньютона.

$F + F_{fp2} - m_1 a < 0$ - для второго тела.

$$\begin{cases} 2F - F_{fp2} - F_{fp} = m_2 a \\ F + F_{fp2} - m_1 a < 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 2F - 2\mu mg - 3\mu mg = m_2 a \\ F + 2\mu mg - m_1 a < 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 2F - 5\mu mg = 3ma \\ F + 2\mu mg - 2ma < 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 2F - 5\mu mg - 3ma = 0 \quad (1) \quad | \cdot 2 \\ F + 2\mu mg - 2ma < 0 \quad (2) \quad | \cdot 3 \end{cases}$$

~~$$(1) - (2) \quad F - 7\mu mg - ma > 0$$~~

$$\begin{cases} 4F - 10\mu mg = 6ma \\ 3F + 6\mu mg < 6ma \end{cases}$$

~~$$3F - 12\mu mg > 0$$~~

~~$$F > 4\mu mg$$~~

$$F - 16\mu mg > 0$$

$$F > 16\mu mg$$

Ответ: 1) $F = 10\mu mg$ 2) $F > 16\mu mg$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5) 1) $P_1 = P_0 + \rho g H = 125 \text{ кПа}$.

2) Если бы конструкция не была прикреплена ко дну бассейна,

$$F_a = \rho V g.$$

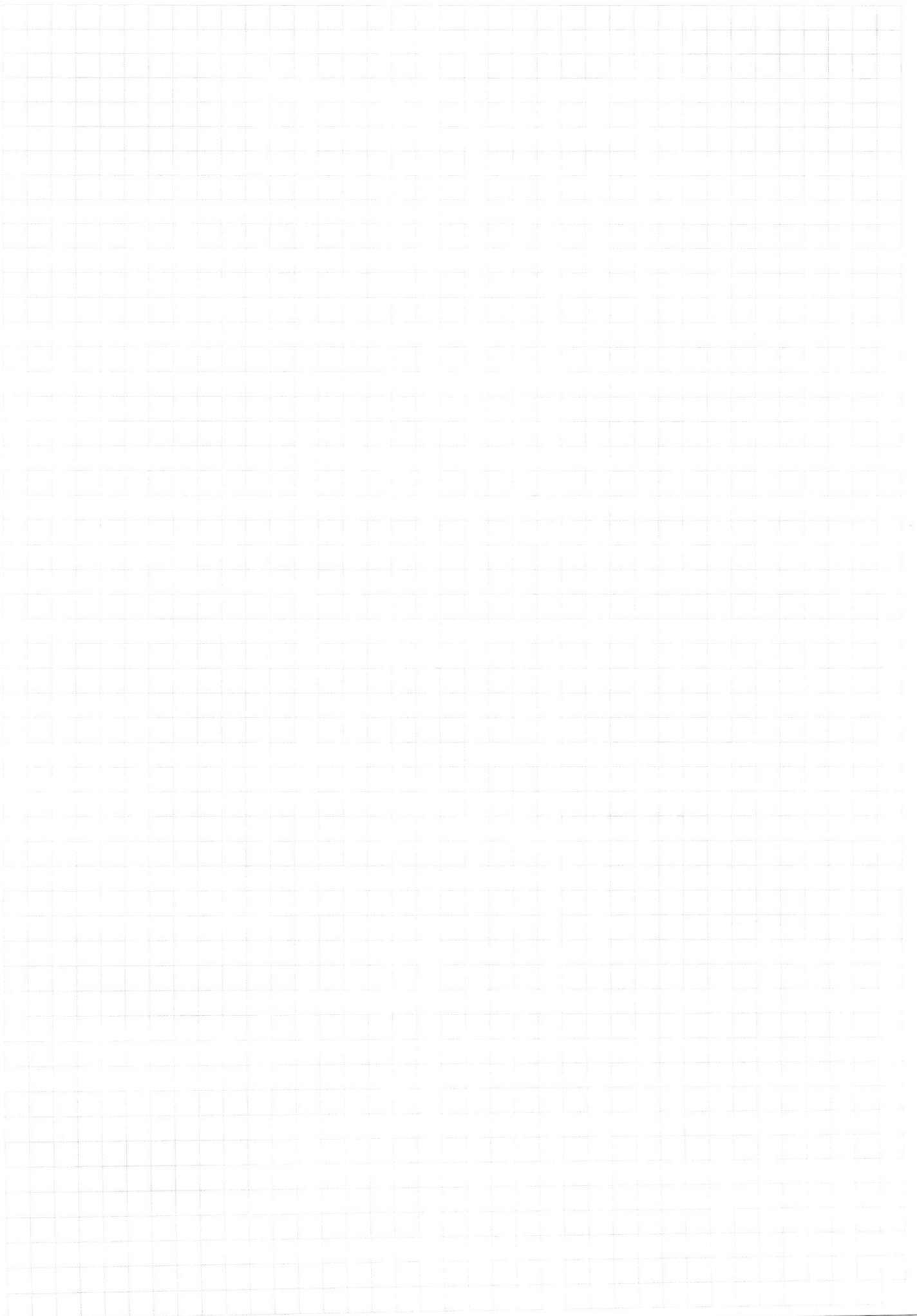
Но т.к. конструкция прикреплена ко дну бассейна, под ней с площадью прилипания $S = 20 \text{ м}^2$, то под эту часть не подтекает вода и сила с которой вода бы выталкивала тело уменьшилась на $\rho_1 \cdot S$.

$$\vec{F} = \rho V \vec{g} - \vec{P}_1 S = \rho V \vec{g} - (P_0 + \rho g H) \cdot S =$$

$$= F - 170 \text{ Н},$$

Исходя из предположения, что сила будет ~~давать~~ действовать на груз вниз, значит тело действует на груз вверх.

Ответ: 1) 125 кПа 2) +170 Н, — сила для вверх.



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3). $\eta mg = G \cdot \frac{M \cdot m}{(2R)^2}$ - II закон Ньютона.

$$g = G \cdot \frac{M}{(2R)^2}$$

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

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

$$= \frac{1}{3} \pi R \rho G.$$

2). $T = \frac{2\pi(R+h)}{v}$ - где v - скорость спутника.

$$g = \frac{v^2}{(R+h)}$$
 - где g - это ускорение ~~свободного~~ ^{центростремительное}

~~где падения~~ ~~равное ускорению свободного~~ ~~где из падения.~~
это ускорение свободного падения.

~~$$mg = G \cdot \frac{M \cdot m}{R^2}$$~~

~~$$g = G \cdot \frac{M}{R^2}$$~~

Т.к. $v = \sqrt{Rg} = \sqrt{R \cdot G}$
 M - масса планеты m , - масса спутника.

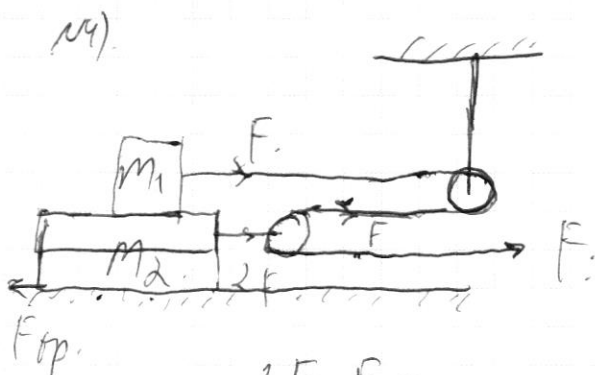
~~$$mg = G \cdot \frac{Mm}{(R+h)^2} \Rightarrow g = \frac{G \cdot M}{(R+h)^2}$$~~

~~$$v = \sqrt{(R+h)g} = \sqrt{R \cdot \frac{G \cdot M}{(R+h)}}$$~~

~~$$v = \sqrt{(R+h)g} = \sqrt{(R+h) \cdot \frac{G \cdot M}{(R+h)^2}} = \sqrt{\frac{G \cdot M}{(R+h)}}$$~~

$$T = \frac{2\pi(R+h)}{v} = \frac{2\pi(R+h)}{\left(\sqrt{\frac{G \cdot M}{R+h}}\right)} = \frac{2\pi(R+h)}{\sqrt{\frac{G \cdot \frac{4}{3}\pi R^3 \rho}{R+h}}} = \frac{2\pi(R+h)^{3/2}}{\sqrt{G \cdot \frac{4}{3}\pi R^3 \rho}}$$

$$= \frac{2\pi(1,5R)^{3/2}}{R^{3/2} \sqrt{G \cdot \frac{4}{3}\pi \rho}} =$$



$$a = \frac{2F - F_{sp}}{3M}$$

$$a = \frac{F}{2M}$$

$$\frac{2F - F_{sp}}{3M} = \frac{F}{2M}$$

~~$$\frac{2N - F_{sp}}{3} = \frac{F}{2}$$~~

~~$$\frac{2F - N}{3} = \frac{F}{2}$$~~

$$\frac{2F - N - 3mg}{3} = \frac{F}{2}$$

$$\frac{2}{3}F - \frac{F}{2} = Nmg$$

$$\times F = 6mg$$

$$\rho g h + p_0 = 0$$

$$p_0 = -\rho g h$$

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

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

~~$$k \Delta x + p_0 =$$~~

~~$$m_0 = \frac{F}{S}$$~~

~~$$\Delta x, \quad \Delta \Delta x$$~~

~~$$k \Delta x (h + \Delta x) \rho g$$~~

~~$$\rho g (h + 3\Delta x) = \frac{m_0 \rho \cdot 2m_0 g}{S}$$~~

~~$$\rho g (h + 3\Delta x) = \frac{2m_0 g}{S}$$~~

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Применяю к нашей задаче:

$$\Gamma = \frac{2\pi R}{\sqrt{\frac{G \cdot M}{R}}} = ?$$

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

$$= \frac{2\pi \cdot (1,5)^{\frac{3}{2}}}{\sqrt{G \cdot \frac{4}{3}\pi R^3 \rho}} = \frac{2\pi \cdot \frac{\sqrt{27}}{\sqrt{8}}}{\frac{\sqrt{4}}{\sqrt{3}} \sqrt{G R^3 \rho}} = \frac{2\pi \cdot 9}{4\sqrt{2} \sqrt{G R^3 \rho}}$$

$$= \frac{2\pi \sqrt{\frac{27}{8}} R^{\frac{3}{2}}}{\frac{\sqrt{4}}{\sqrt{3}} \sqrt{G \cdot \pi \rho} R^{\frac{3}{2}}} = \frac{2\pi \sqrt{\frac{27}{8}}}{\sqrt{\frac{4}{3}} \sqrt{G \pi \rho}} = \frac{2\pi \cdot 9}{\sqrt{2} \cdot 4 \sqrt{G \pi \rho}} = \frac{\sqrt{2} \pi \cdot 9}{4 \sqrt{G \pi \rho}}$$

$$= \frac{9\sqrt{2}\pi}{4\sqrt{G\pi\rho}} = \frac{9\sqrt{2}\pi}{4\sqrt{G\pi\rho}} \approx 3,15 \frac{\pi}{\sqrt{G\pi\rho}}$$

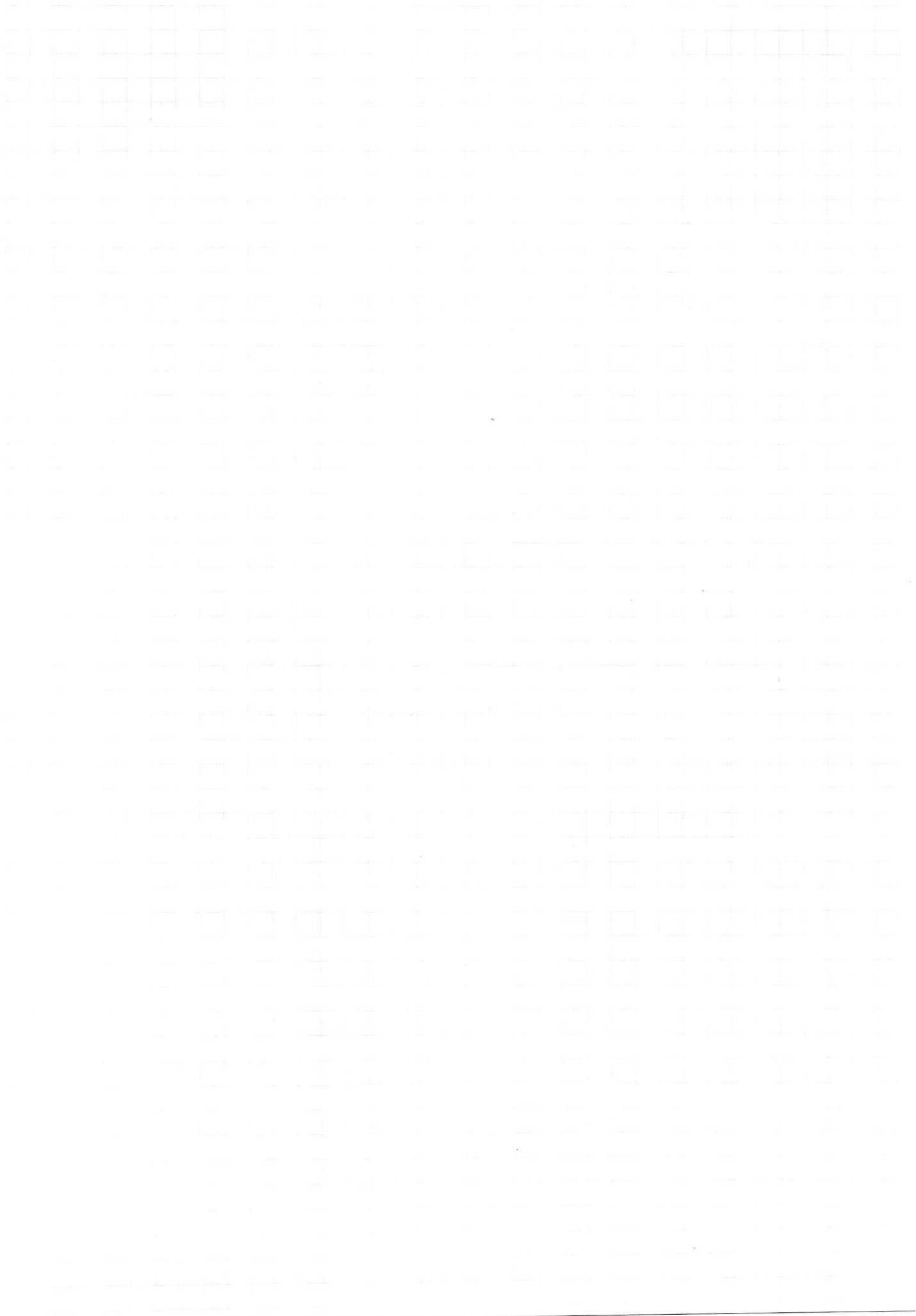
Ответ: ~~3,15~~ $\pi \frac{1}{3} G \pi R \rho$ 2) $3,15 \frac{\pi}{\sqrt{G \pi \rho}}$

нч)

$$1000 \cdot 0,008 \cdot 10 = 800$$

$$125000 \cdot \frac{20}{1000} = 2500$$

$$1000000 \sim 1000 \cdot 10$$



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

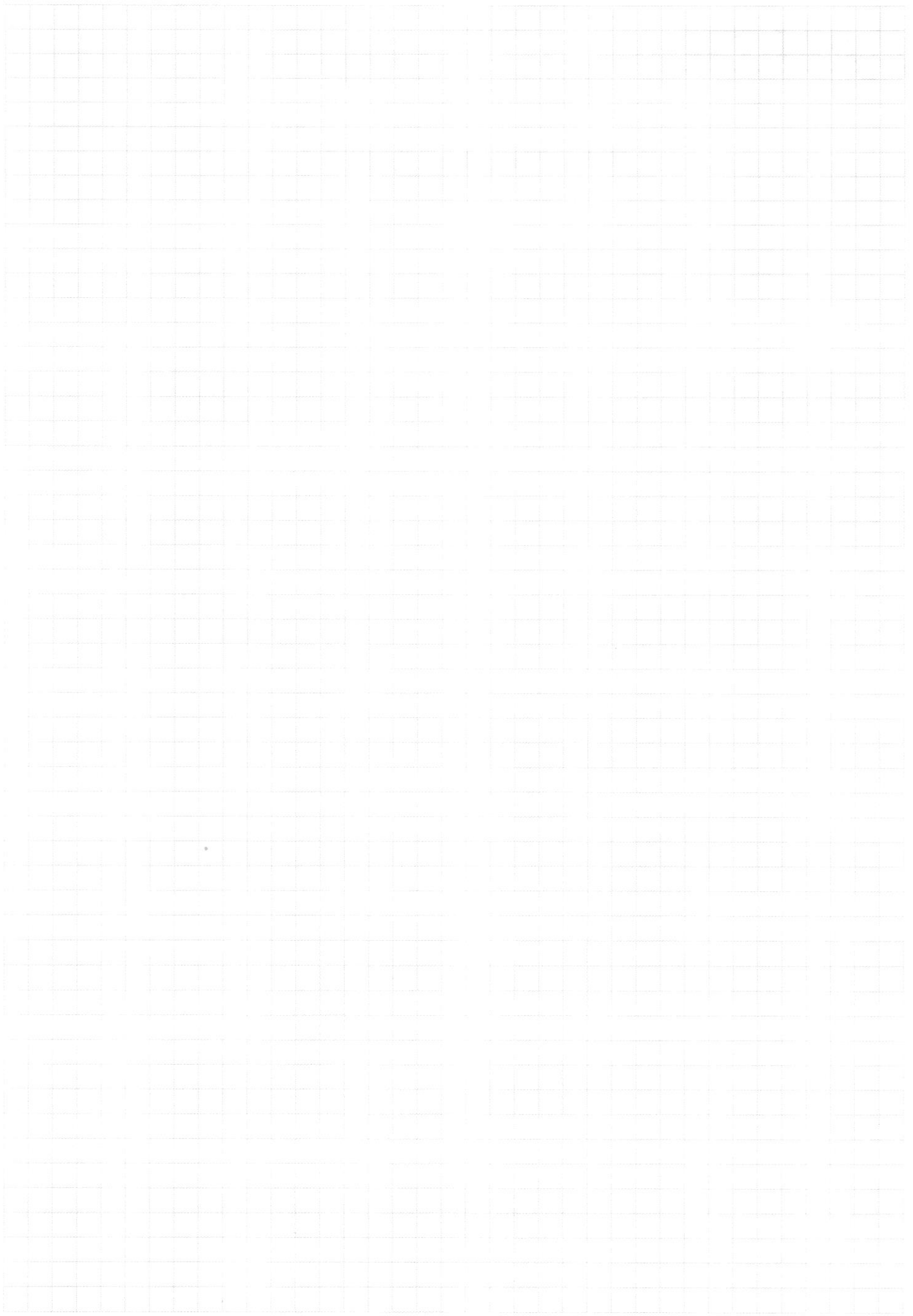
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

[Grid area for writing]

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)