

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

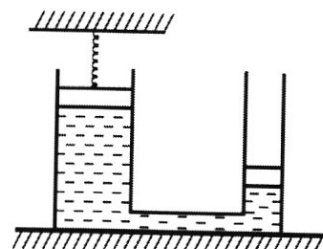
Вариант 09-01

Шифр

(заполняется секретарём)

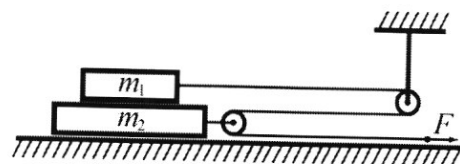
- 1.** Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 12$ м/с.
- 1) Через какое время t после старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
 - 2) На какой высоте h , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
- Ускорение свободного падения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



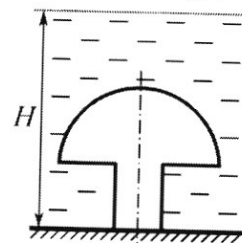
- 1) Найдите деформацию x пружины.
 - 2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
- 3.** Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты $h = 0,5R$, здесь R – радиус планеты. Плотность планеты ρ . Гравитационная постоянная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

$$\begin{array}{r} 2,25 \\ \times 4,5 \\ \hline 11250 \\ 900 \\ \hline 101250 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 5,0625 \\ 2,53125 \end{array}$$

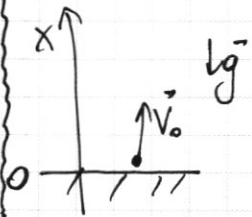
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 1

Дано: $V_0 = 12 \frac{м}{с}$; $g = 10 \frac{м}{с^2}$.

Опред.: $t(\frac{V_0}{3})$, $h(\frac{V_0}{3})$

Решение:



$\vec{g} = const \Rightarrow$ движение равноускоренное, тогда применим 3-е уравнение движения в направлении оси x :

$$\begin{cases} x = V_0 t - \frac{g t^2}{2}; \\ V_x = V_0 - g t; \end{cases}$$

Рассчитаем 2 случая, удобн. случаи:

1) $V_x = \frac{V_0}{3}$:

$$\frac{V_0}{3} = V_0 - g t_1 \Rightarrow t_1 = \frac{2V_0}{3g} = \frac{2 \cdot 12}{3 \cdot 10} \cdot c = 0,8 c = t(\frac{V_0}{3}) = t;$$

$$L = x = h(\frac{V_0}{3}) = V_0 \cdot \frac{2V_0}{3g} - \frac{g \cdot 4V_0^2}{2 \cdot 9 \cdot g^2} = \frac{2V_0^2}{3g} - \frac{2V_0^2}{9g} = \frac{4}{9} \frac{V_0^2}{g} = \frac{4 \cdot 12 \cdot 12}{9 \cdot 10} \text{ м} = 6,4 \text{ м};$$

2) $V_x = -\frac{V_0}{3}$

$$-\frac{V_0}{3} = V_0 - g t_2 \Rightarrow t_2 = \frac{4V_0}{3g} = \frac{4 \cdot 12}{3 \cdot 10} c = 1,6 c = t(\frac{V_0}{3}) = t;$$

$$h = x = h(\frac{V_0}{3}) = V_0 \cdot \frac{4V_0}{3g} - \frac{g \cdot 16V_0^2}{18g} = \frac{4V_0^2}{9g} = \frac{4 \cdot 12 \cdot 12}{3 \cdot 3 \cdot 10} \text{ м} = 6,4 \text{ м};$$

Ответ: $t = 0,8 c$ или $t = 1,6 c$. при $h = 6,4 \text{ м}$.

Задача 3

Дано: $h = \frac{R}{2}$; g ; G ; R ; $V = \frac{4}{3} \pi R^3$.

Опред.: 1) g при $h = 2R$; 2) T .

Решение:

1) F - сила притяжения действующая на радиус $2R$ от ц.м.

$$F = \frac{GM \cdot m}{h_y^2} \quad (1) \quad \left(\begin{array}{l} M - \text{масса планеты} \\ m - \text{масса тела} \\ \text{на которое действует эта сила со} \\ \text{стороны планеты} \end{array} \right)$$

$$F = mg \quad (2)$$

$$(1) = (2): \quad g = \frac{GM}{h_y^2} = \frac{G \rho \frac{4}{3} \pi R^3}{(2R)^2} = \frac{d G \rho R}{3}$$

2) По III-ему закону Кеплера:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{(L+R)^3}{GM}} = 2\pi \sqrt{\frac{(1,5)^3 R^3}{\frac{4}{3} \pi G R^3 \rho}} = 2\pi \sqrt{\frac{10,125}{4}}$$

$$= 2\pi \sqrt{\frac{10,125}{4 \pi G \rho}} = 2\pi \sqrt{\frac{2,53125}{\pi G \rho}} = 2\pi \sqrt{\frac{2,5}{\pi G \rho}}$$

Ответ: $g = \frac{\pi G \rho R}{3}$; $T = 2\pi \sqrt{\frac{2,5}{\pi G \rho}}$

$$T = \sqrt{\frac{10,125 \pi}{G \rho}}$$

Ответ: $g = \frac{\pi G \rho R}{3}$; $T = \sqrt{\frac{10,125 \pi}{G \rho}}$

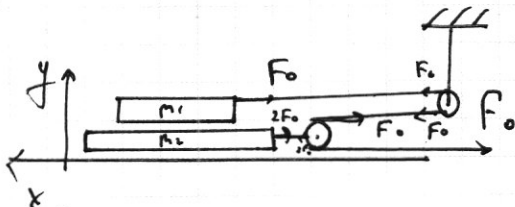
ЗАДАЧА 4.

Дано: $m_1 = 2m$; $m_2 = 3m$; μ

Опред: 1) F_0 ; 2) F .

Решение:

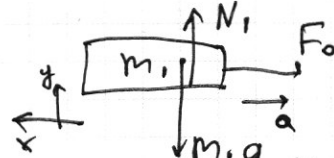
1)



Рас-ши нижний брусок:

Т.к сила трения на верхний брусок не действует, то оба бруска движутся не отрываясь друг от друга т.е. - одинаковым ускорением.

Рас-ши верхний брусок:



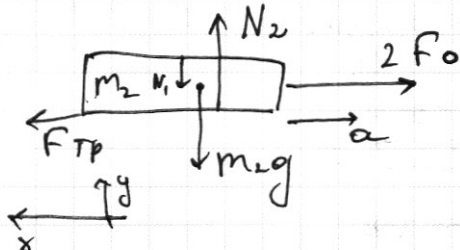
II-ой закон Ньютона в пр. коо. осей x и y :

$$x: -m_1 a = -F_0 \Rightarrow a = \frac{F_0}{m_1} = \frac{F_0}{2m}$$

$$y: N_1 - m_1 g = 0 \Rightarrow N_1 = m_1 g = 2mg$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Рас-читаем силу на нижней брусок и запишем
II-ой закон Ньютона в пр. на оси x и y , а также закон
Ф-ту силу трения скольжения:

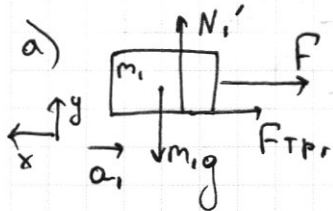


$$\begin{cases} x: m_2 a = 2F_0 - F_{тр.} \\ y: N_2 - m_2 g - N_1 = 0 \\ F_{тр.} = \mu N_2 \end{cases}$$

$$\frac{F_0}{2m} \cdot 3m = 2F_0 - \mu(3m_2g + 2m_2g)$$

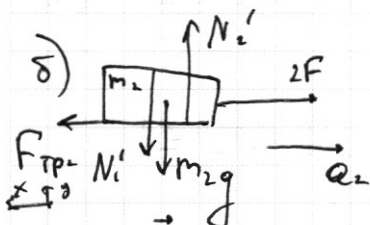
$$F_0 = 2 \cdot 5 \mu m g = 10 \mu m g.$$

2) Рас-читаем оба бруска по отдельности и запишем для
каждого II-ой закон Ньютона в пр. на оси x и y и Ф-ту
силу трения при скольжении:



$$\begin{cases} x: -m_1 a_1 = (F_{тр1} + F) \\ y: N_1' - m_1 g = 0 \\ F_{тр1} = \mu N_1' \end{cases}$$

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



$$\begin{cases} x: F_{тр2} - 2F = -m_2 a_2 \\ y: N_2' - N_1' - m_2 g = 0 \\ F_{тр2} = \mu N_2' \end{cases}$$

$$a_2 = \frac{2F}{3m} - \frac{5}{3} \mu g.$$

$$a_2 > a_1$$

$$\frac{2F}{3m} - \frac{5}{3} \mu g > \frac{F}{2m} + \mu g;$$

$$\frac{4F - 3F}{6m} > \frac{8}{3} \mu g \Rightarrow F > 16 \mu m g$$

$\vec{a}_2 \parallel 2\vec{F}$, т.к. $a_{2x} < 0$ и
 m_1 движ. по оси x отк. $m_2 \Rightarrow$
 $a_{2x} < 0$ и $a_{1x} < a_{2x}$
чм $|a_{2x}| > |a_{1x}|$.

Ответ: $F_0 = 10 \text{ нмг}$; F чуть больше чем 16 нмг .

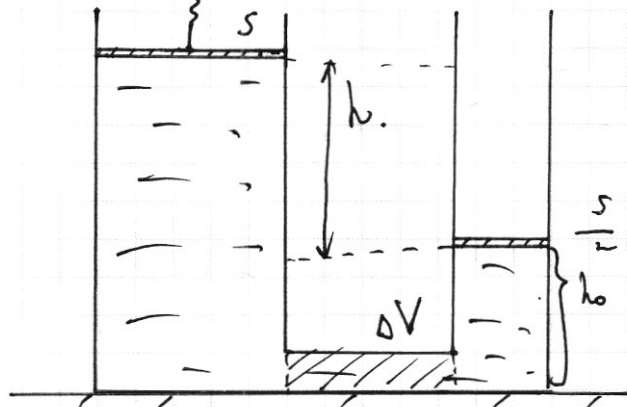
ЗАДАЧА.2

Дано: $\rho; k; h; S_n = S; S_{up} = \frac{S}{2}; g$.

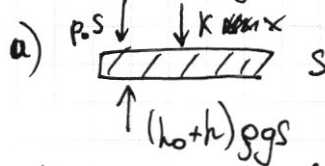
Опред: 1) x ; 2) m .

Решение:

1) V - сум. объём воды.
 $V = \Delta V + S \cdot (h + \Delta h) + \frac{S}{2} \cdot h_0$

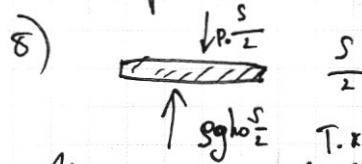


P_{ac} - сум. сила действующая на поршень.
 P_0 - атм. давл.



Из усл. равновесия: Т.к поршень лёгкий сумма всех сил действующих на него равна нулю

$$0 = P_0 S + kx - (h_0 + h) \rho g S \quad (1)$$



Из усл. равновесия: Т.к сумма всех сил действующих на лёгкий поршень равна нулю:

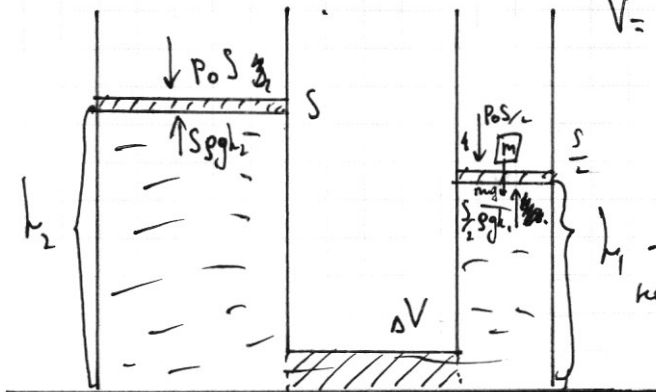
$$0 = P_0 \frac{S}{2} - \rho g h_0 \frac{S}{2} \quad (2)$$

Решая систему из (1) и (2):

$$\begin{cases} kx = S(h_0 + h) \rho g - P_0 S \\ P_0 = \rho g h_0 \quad (6) \end{cases}$$

$$kx = S \rho g h \Rightarrow x = \frac{S \rho g h}{k}$$

2) Если пружина не деформирована, то она не создаёт никакой силы \Rightarrow в усл. данной задаче её можно просто "убрать".



$$V = \Delta V + S h_2 + \frac{S}{2} h_1 = \Delta V + S(h_2 + h_1) + \frac{S}{2} h_0$$

$$h_2 + \frac{h_1}{2} = \frac{3}{2} h_0 + h$$

$$h_2 = \frac{3}{2} h_0 + h - \frac{h_1}{2} \quad (7)$$

Затем усл. равн. для обоих поршней. Т.к сумма всех сил действующих на лёгкий поршень равна нулю:

$$\begin{cases} P_0 S = S \rho g h_2 \quad (8) \\ P_0 \frac{S}{2} + mg = \frac{S}{2} \rho g h_1 \quad (9) \end{cases}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Решая систему (6), (7), (8), (9) получим:

$$\begin{cases} \rho g h_0 = \rho g \left(\frac{3}{2} h_0 + h - \frac{h_1}{2} \right) \\ \frac{\rho g h_0^2}{2} + mg = \frac{5}{2} \rho g h_1 \end{cases}$$

$$h_1 = h_0 + 2h$$

$$m = \frac{5}{2} \rho (h_0 + 2h - h_0) = \rho S h$$

Ответ: $x = \frac{\rho g h}{k}$; $m = \rho S h$.

ЗАДАЧА 5.

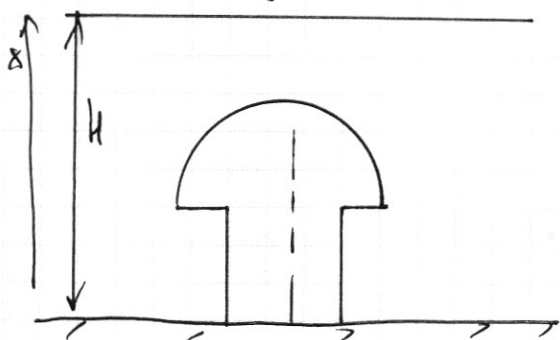
ДАНО: $H = 2,5 \text{ м}$; $V = 8 \text{ м}^3$; $S = 20 \text{ см}^2$; $\rho = 1 \frac{\text{т}}{\text{м}^3}$; $P_0 = 100 \text{ кПа}$;

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

Опред: 1) P ; 2) F .

Решение:

2) Вода под конструкцией не подтекает.



Сила Архимеда действующая на конструкцию равна суммарной силе давления которая на неё действует:

$$F_A = \rho g \cdot V = 80 \text{ Н}$$

Эта сила ~~будет~~ ^{если бы подтекала} ~~сила~~ $F = F_A = 80 \text{ Н}$ все сор. сост. сил давл взаимно унич.

Т.к конструкция сим. тожатае и сила F_A будет направлена по вертикали вверх.

Но в нашем случае подтекание нет и $F_x = F_A - (P_0 + \rho g h) S =$

$$= 80 \text{ Н} - (10^5 + 2,5 \cdot 10^4) \cdot 20 \cdot 10^{-4} \text{ Н} =$$

$$= 80 \text{ Н} - 150 \text{ Н} = -70 \text{ Н}, \text{ т.е. сила } F \text{ направл вниз и равна } 70 \text{ Н}.$$

1) Т.к фигура или отв. верт. ~~ка~~оме, то давл. миним.
растет с высотой т.е. $P_1 = P_0 + \rho g H = 10^5 \text{ Па} + 10^3 \cdot 10 \cdot 2,5 \text{ Па} =$
 $= 125 \text{ кПа}$

Ответ: $P_1 = 125 \text{ кПа}$; $F = 70 \text{ Н}$ (вниз)



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

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

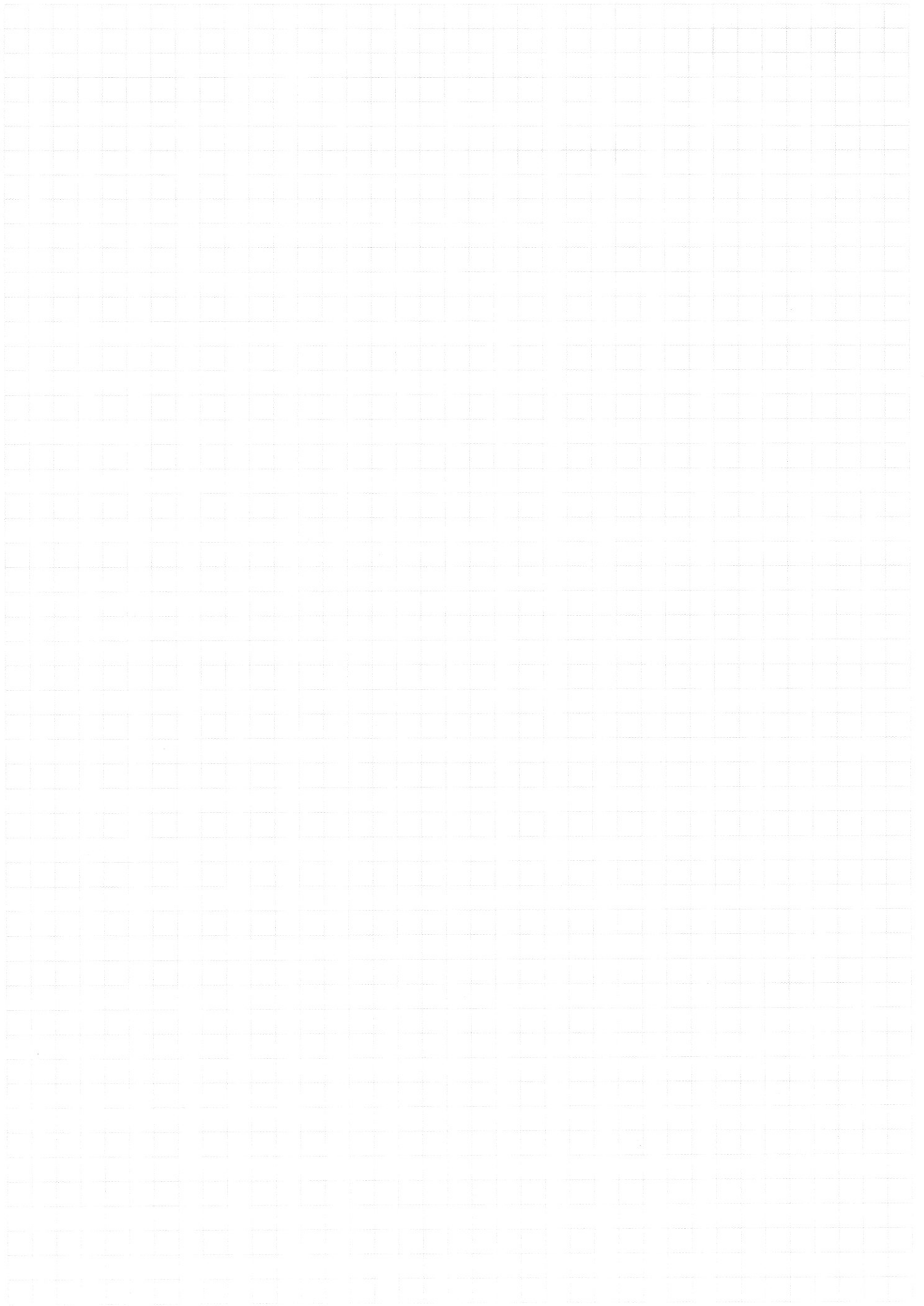
ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

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)»

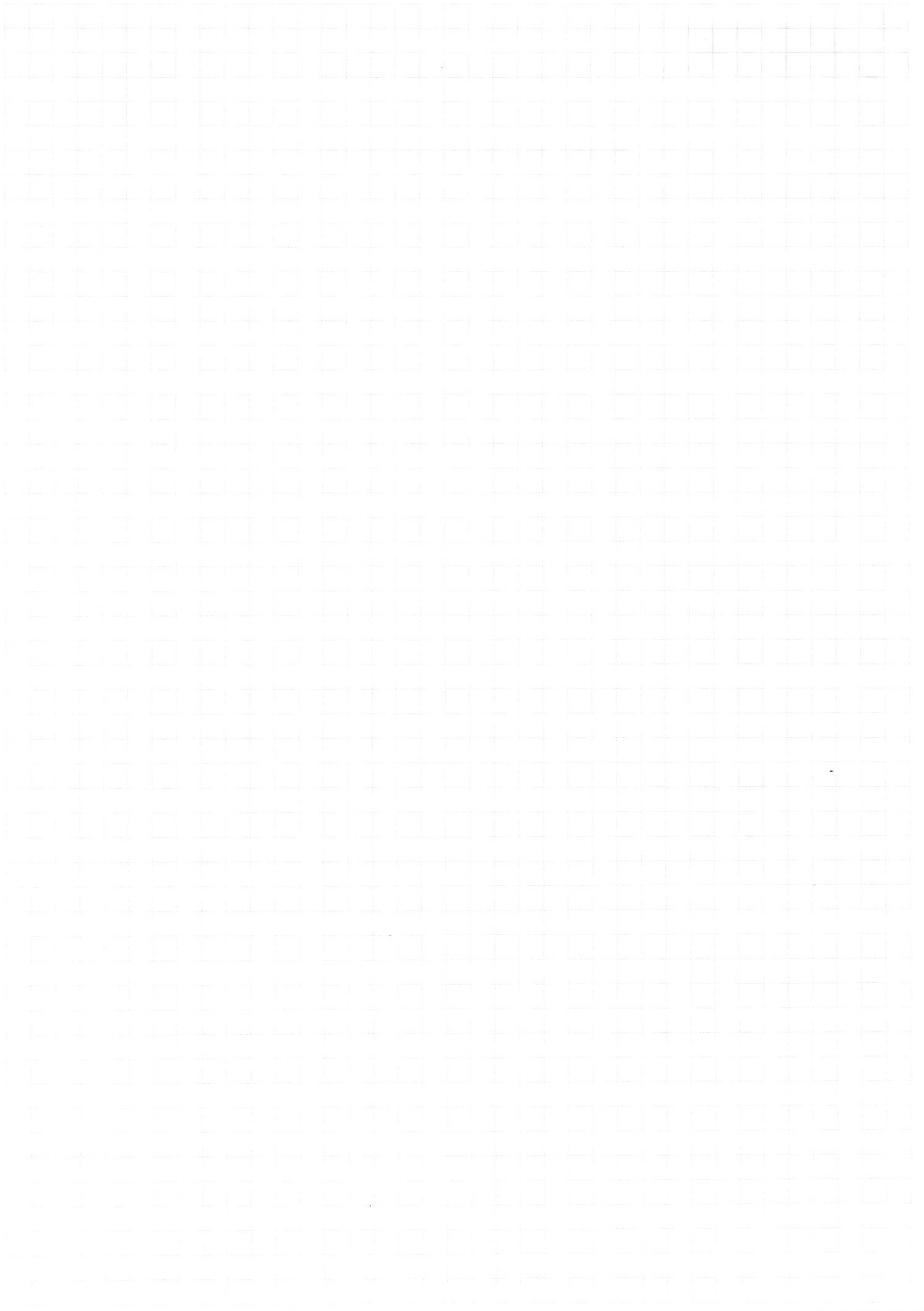
ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)