

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

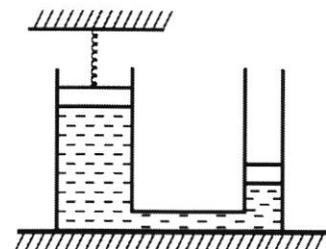
Вариант 09-01

Шифр

(заполняется секретарём)

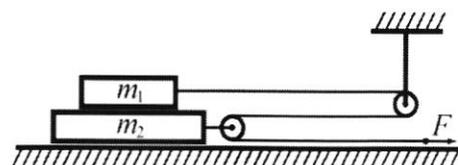
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 12$ м/с.
- 1) Через какое время t после старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
 - 2) На какой высоте h , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
- Ускорение свободного падения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



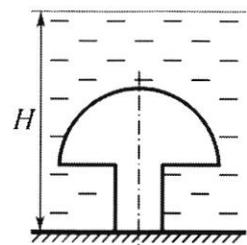
- 1) Найдите деформацию x пружины.
 - 2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты $h = 0,5R$, здесь R – радиус планеты. Плотность планеты ρ . Гравитационная постоянная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

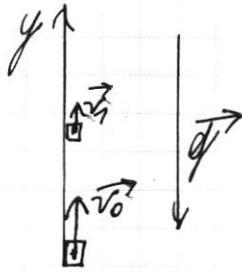
5. Ко дну бассейна глубиной $H=2,5$ м приклеена осесимметричная конструкция (см. рис.). Клей затвердел. Верхняя поверхность конструкции – полусфера. Объём конструкции $V = 8$ дм³, площадь соприкосновения конструкции с дном через клей $S = 20$ см². Плотность воды $\rho = 1$ г/см³, атмосферное давление $P_0 = 100$ 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

№1
Дано:
 $v_0 = 12 \text{ м/с}$
 $v_1 = v_0 / 3$
 $g = 10 \text{ м/с}^2$
h-?
t-?



$v = v_0 - g t$ Решаем:

$v_1 = v_0 - g t$

$g t = v_0 - v_1$

$t = \frac{v_0 - v_1}{g}$

$t = \frac{v_0 - \frac{1}{3}v_0}{g} = \frac{\frac{2}{3}v_0}{g} = \frac{2v_0}{3g}$; $t = \frac{12 \cdot 2}{3 \cdot 10} = \frac{8}{10} \text{ с}$

$\Rightarrow 0.8 \text{ с}$

~~$x = v_0 t - \frac{g t^2}{2}$~~

$h = v_0 t - \frac{g t^2}{2}$; $h = 12 \cdot 0.8 - \frac{10 \cdot 0.8^2}{2} \text{ м}$

$\Rightarrow 9.6 - \frac{10 \cdot 0.64}{2} = 9.6 - 3.2 = 6.4 \text{ м}$

Ответ: $t = 0.8 \text{ с}$; $h = 6.4 \text{ м}$

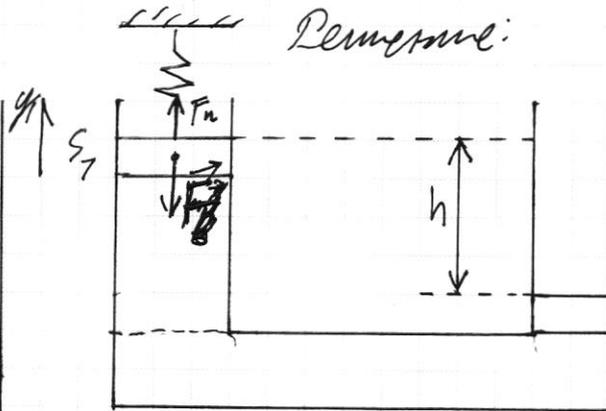
№2

Дано:

ρ, h
 $S_1 = S$
 $S_2 = S/2$
 g, k

x-?

m-?



Решаем:

На первый поршень
действует сила
равная по модулю
 S_2 столба воды вы-
сотой h.

□ закон Архимеда

~~$0 = F_n + mg$~~ $0 = F_n + F_0$
 ~~$0 = F_n - mg$~~ $0 = F_n - F_0$

$kx = \rho S h g$

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

$F_n = kx$; ~~$mg = \rho V g = \rho S h g$~~
 $F_0 = mg = \rho V g = \rho S h g$

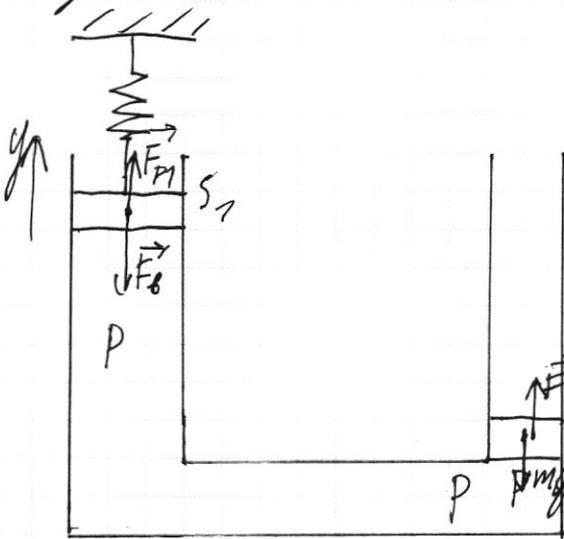


черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Чтобы пружина вернулась в исходное состояние необходимо компенсировать F_b давлением воды.



II закон Ньютона:

$$0 = \vec{F}_{p1} + \vec{F}_b$$

$$(y) 0 = F_{p1} - F_b \quad P \cdot S_1 = \rho S_1 h g$$

$$F_{p1} = P \cdot S_1$$

$$P = \frac{\rho S_1 h g}{S_1}$$

II закон Ньютона:

$$0 = \vec{F}_{p2} + m \vec{g}$$

$$(y) 0 = F_{p2} - m g \quad P \cdot S_2 = m g$$

$$F_{p2} = P \cdot S_2$$

$$P = \frac{m g}{S_2}$$

$$\frac{\rho S_1 h g}{S_1} = \frac{2 m g}{S_2}; \quad \rho S_1 h = 2 m; \quad m = \frac{\rho S_1 h}{2}$$

Ответ: $x = \frac{\rho S_1 h}{k}; \quad m = \frac{\rho S_1 h}{2}$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 3

Дано:

R, ρ
 $h = 0,5R$

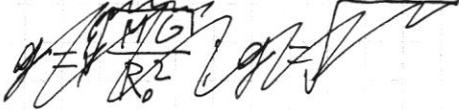
G

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

$q = ?$

$T = ?$

Решение:



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

$$q = \frac{Mg}{R^2}; q = \frac{Mg}{4R^2}; q = \frac{\rho \pi R^3 G \cdot 4}{4 \cdot 3 R^2} = \frac{\rho \pi G R}{3}$$

$$v = \sqrt{\frac{Mg}{Rth}} \quad \leftarrow \text{используем на поверхности} \quad S = 2\pi(R+h)$$

$$T = \frac{S}{v}$$

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

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

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

$$= 1,5 \frac{\sqrt{4,5 \rho \pi G}}{\rho G}$$

Ответ: $q = \frac{\rho \pi G R}{3}; T = 1,5 \frac{\sqrt{4,5 \rho \pi G}}{\rho G}$

№ 5

Дано:

$H = 2,5 \text{ м}$

$V = 8 \text{ м}^3 =$

$= 0,008 \text{ м}^3$

$S = 20 \text{ м}^2 =$

$= 0,002 \text{ м}^2$

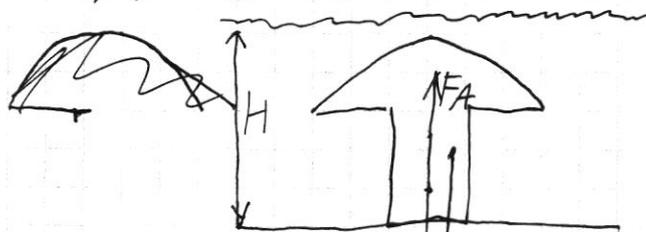
$\rho = 12 \text{ т/м}^3 =$

$= 1000 \text{ кг/м}^3$

$P_0 = 100 \text{ кПа}$

Решение:

$$P_1 = P_0 + \rho g H; P_1 = 100000 + 1000 \cdot 10 \cdot 2,5 = 125 \text{ кПа}$$



$$F = F_p - F_A \quad \leftarrow F = P_1 \cdot S \quad \leftarrow F_A = \rho g V$$

$P_1 = ? \quad F = ?$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$F = P_1 S - \rho g V; F = 725000 \cdot 0,002 - 1000 \cdot 0,008 \cdot 70 = 725 - 80 = 645 \text{ (Н)}$$

F — действующим в сторону рта.

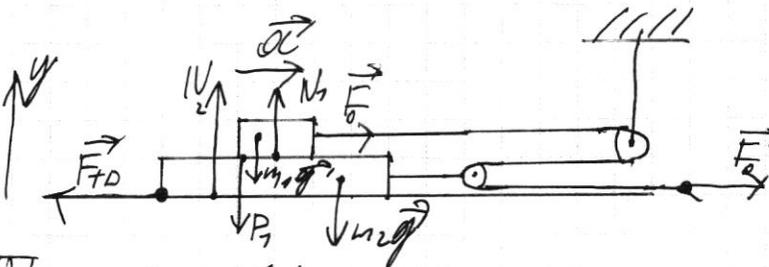
Ответ: $P_1 = 725 \text{ кПа}$; $F = 645 \text{ Н}$ в сторону рта.

№ 04
Вариант:

Решение:

$\rightarrow x$

$m_1 = 2 \text{ м}$
 $m_2 = 3 \text{ м}$
 M



Имеем третью
между верхним
и вторым
блоками реакция
Н2 и P1. \Rightarrow Откуда
не двигаются
друг относительно
друга \Rightarrow условие
равновесия.
 $P_1 = N_1$ по III закону
Ньютона

$F_0 = ?$
 $F = ?$

II закон Ньютона:

Имеем:

$$m_1 \vec{a} = \vec{F}_0 + m_1 \vec{g} + \vec{N}_1 - \vec{N}_2 - \vec{F}_{10}$$

$$(x) m_1 a = F_0 - N_2 - F_{10}$$

$$a = \frac{F_0}{m_1}$$

$$\sum F_y = N_1 - m_1 g$$

$$N_1 = m_1 g$$

Имеем:

$$m_2 \vec{a} = 2 \vec{F}_0 + \vec{N}_2 + m_2 \vec{g} + \vec{F}_{20} + \vec{P}_1$$

$$(x) m_2 a = 2 F_0 - N_2 - F_{20} - P_1$$

$$m_2 a = 2 F_0 - M(m_2 + m_1)g$$

$$(y) 0 = N_2 - M(m_2 + m_1)g$$

$$N_2 = M(m_2 + m_1)g; N_2 = (m_2 + m_1)g$$

$$a = \frac{2 F_0 - M(m_2 + m_1)g}{m_2}$$

$$\frac{F_0}{m_1} = \frac{2 F_0 - M(m_2 + m_1)g}{m_2} \cdot m_1 m_2 \quad F_0 m_2 = 2 F_0 m_1 - M(m_2 + m_1) m_1 g$$

$$F_0 (2 m_1 - m_2) = M(m_2 + m_1) m_1 g$$

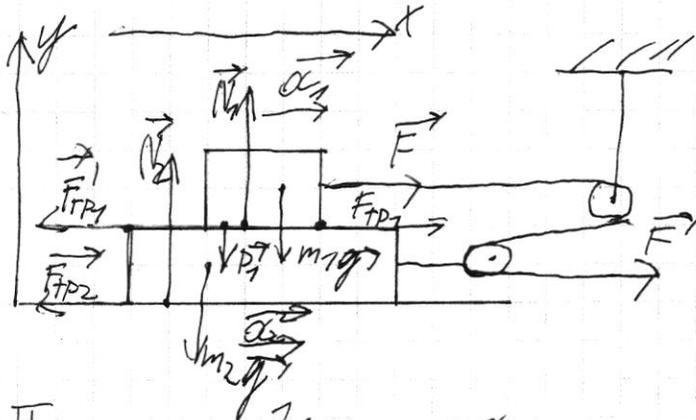
$$F_0 = \frac{M(m_2 + m_1) m_1 g}{2 m_1 - m_2} = \frac{10 \cdot 10 m^2 g}{6 m - 3 m} = 10 M m g$$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Верхний блок движется влево относительно поверхности $\Rightarrow a_1 < a_2$
 $F_{TP} = F_{TP}^I$ по III закону Ньютона
 $P_1 = N_1$ по III закону Ньютона.

II закон Ньютона

I тело:

$$m_1 \vec{a}_1 = \vec{F} + m_2 \vec{a}_2 + \vec{N}_1 + \vec{F}_{TP1}$$

$$(x) m_1 a_1 = F + F_{TP1} \quad m_1 a_1 = F + \mu m_2 a_2$$

$$(y) 0 = N_1 - m_1 g \quad a_1 = \frac{F + \mu m_2 a_2}{m_1}$$

$$N_1 = m_1 g \quad F_{TP1} = \mu m_1 g$$

II тело:

$$m_2 \vec{a}_2 = 2\vec{F} + \vec{F}_{TP2} + \vec{F}_{TP1} + \vec{N}_2 + m_2 \vec{a}_1 + \vec{P}_1$$

$$(x) m_2 a_2 = 2F - F_{TP2} - F_{TP1} \quad m_2 a_2 = 2F - (\mu N_2 + \mu N_1)$$

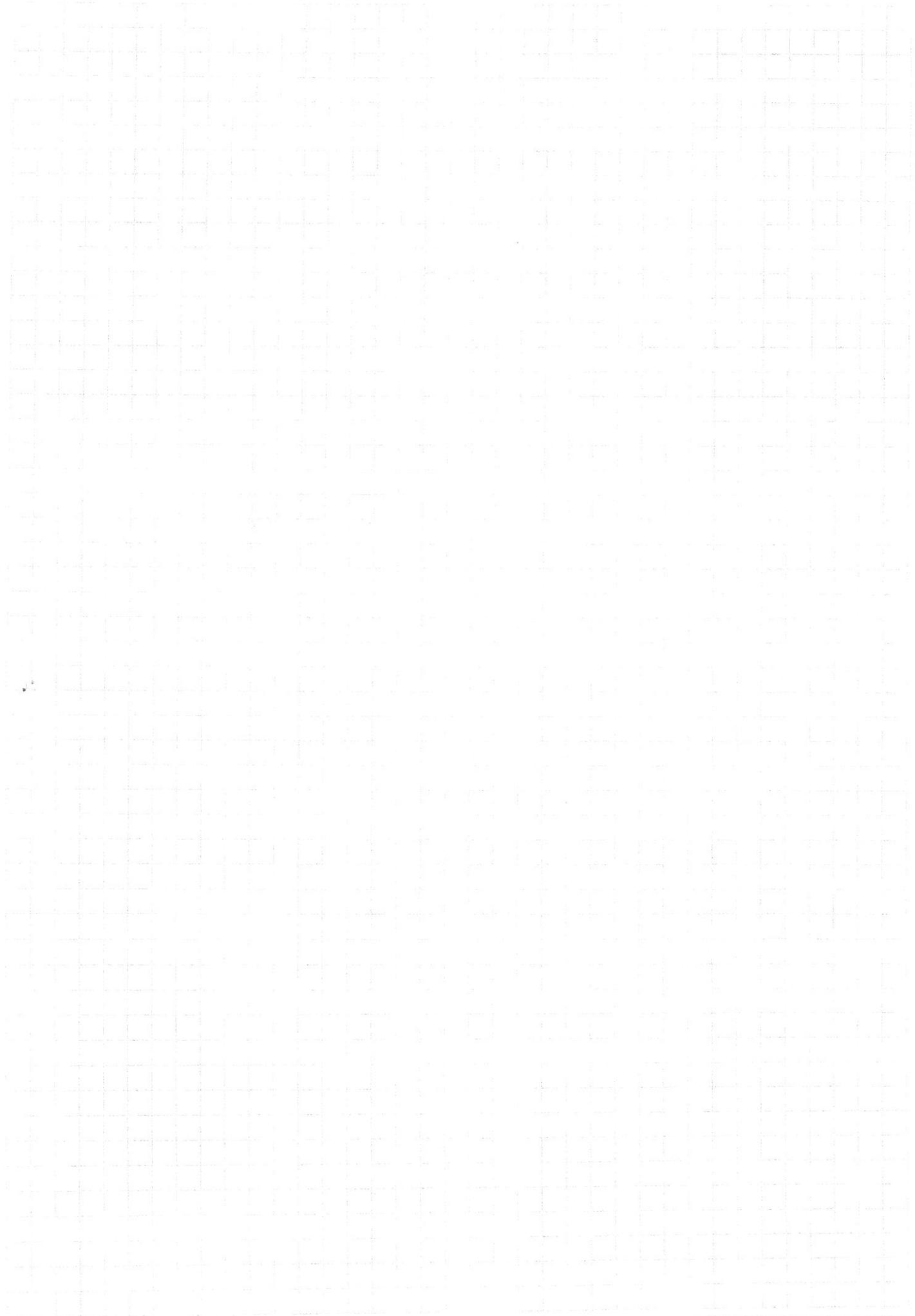
$$(y) 0 = N_2 - P_1 - m_2 g \quad m_2 a_2 = 2F - \mu g (2m_1 + m_2)$$

$$N_2 = P_1 + m_2 g \quad N_2 = (m_1 + m_2) g \quad a_2 = \frac{2F - \mu g (2m_1 + m_2)}{m_2}$$

$$\frac{F + \mu m_1 g}{m_1} < \frac{2F - \mu g (2m_1 + m_2)}{m_2} \quad | \cdot m_1 m_2$$

$$F m_2 + \mu m_1 m_2 g < 2F m_1 - \mu m_1 (2m_1 + m_2) g$$

$$\mu m_1 m_2 (2m_1 + m_2 + m_2) < F (2m_1 - m_2)$$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~~$$m \text{ д } 2 \text{ м } (5 \text{ м}) < F (7 \text{ м})$$~~

~~$$m \text{ д } 10 \text{ м}^2 < F \text{ м}$$~~

~~$$F > 10 \text{ м д } \text{ д}$$~~

~~$$m \text{ д } 2 \text{ м } (4 \text{ м}) < F (6 \text{ м})$$~~

~~$$m \text{ д } 8 \text{ м}^2 < F \text{ м}$$~~

~~$$F > 8 \text{ м д } \text{ д}$$~~

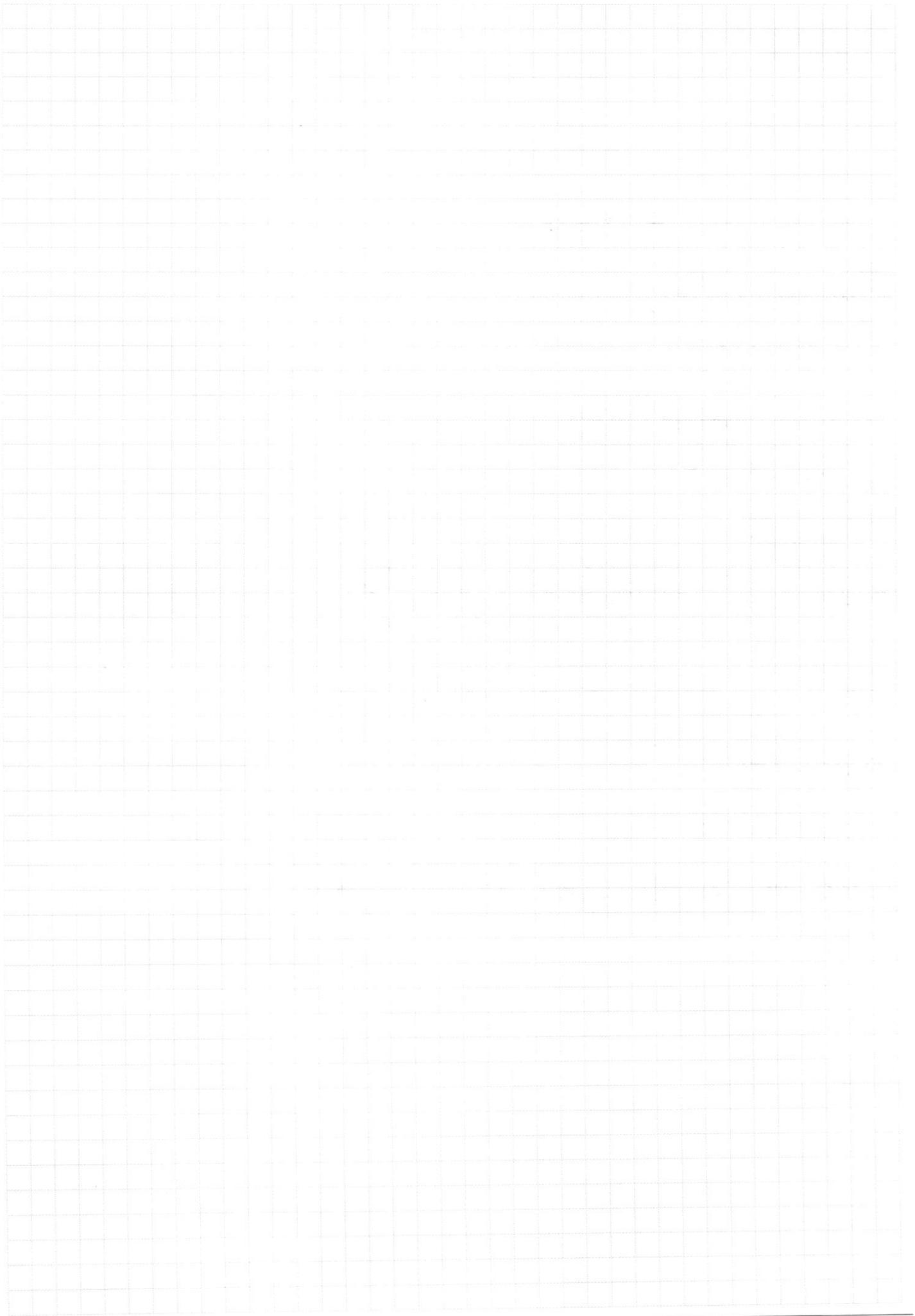
~~Ответ: $F_0 = 10 \text{ м д } \text{ д}$; $F_1 > 8 \text{ м д } \text{ д}$~~

$$m \text{ д } 2 \text{ м } (4 \text{ м} + 6 \text{ м}) < F (7 \text{ м})$$

$$m \text{ д } 20 \text{ м}^2 < F \text{ м}$$

$$F > 20 \text{ м д } \text{ м}$$

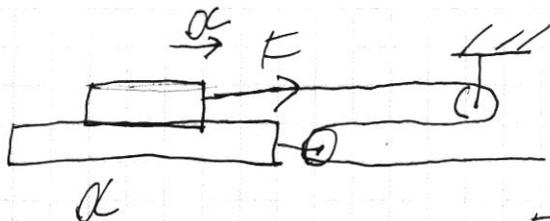
Ответ: $F_0 = 10 \text{ м д } \text{ д}$; $F_1 > 20 \text{ м д } \text{ м}$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



α

$$m_1 \alpha = F$$

$$\alpha = \frac{F}{m_1}$$

$$\frac{F}{m_1} = \frac{2F - m m_2 \alpha}{m_2}$$

$$m_2 m_2 \alpha = 2F - m m_1 \alpha$$

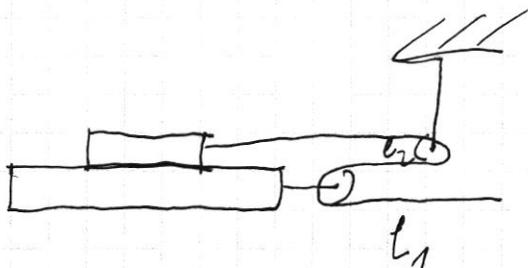
$$F m_2 = 2F m_1 - m m_1 m_2 \alpha$$

$$\alpha = \frac{2F - m m_1 \alpha}{m_2}$$

$$F(m_2 - 2m_1) = -m m_1 m_2 \alpha$$

$$F(2m_2 - m_1) = m m_1 m_2 \alpha$$

$$F = \frac{m m_1 m_2 \alpha}{2m_1 - m_2} = \frac{m m_1 m_2 \alpha}{4 - 3m}$$

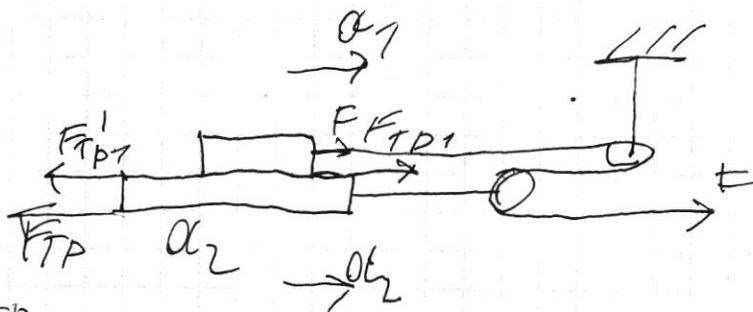
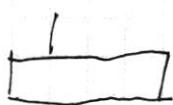


$$F = m m_1 m_2 \alpha - m m_1$$

$$F m_2 - m m_1 m_2 \alpha = 2F m_1 + m m_1 (2m_1 - m_2)$$

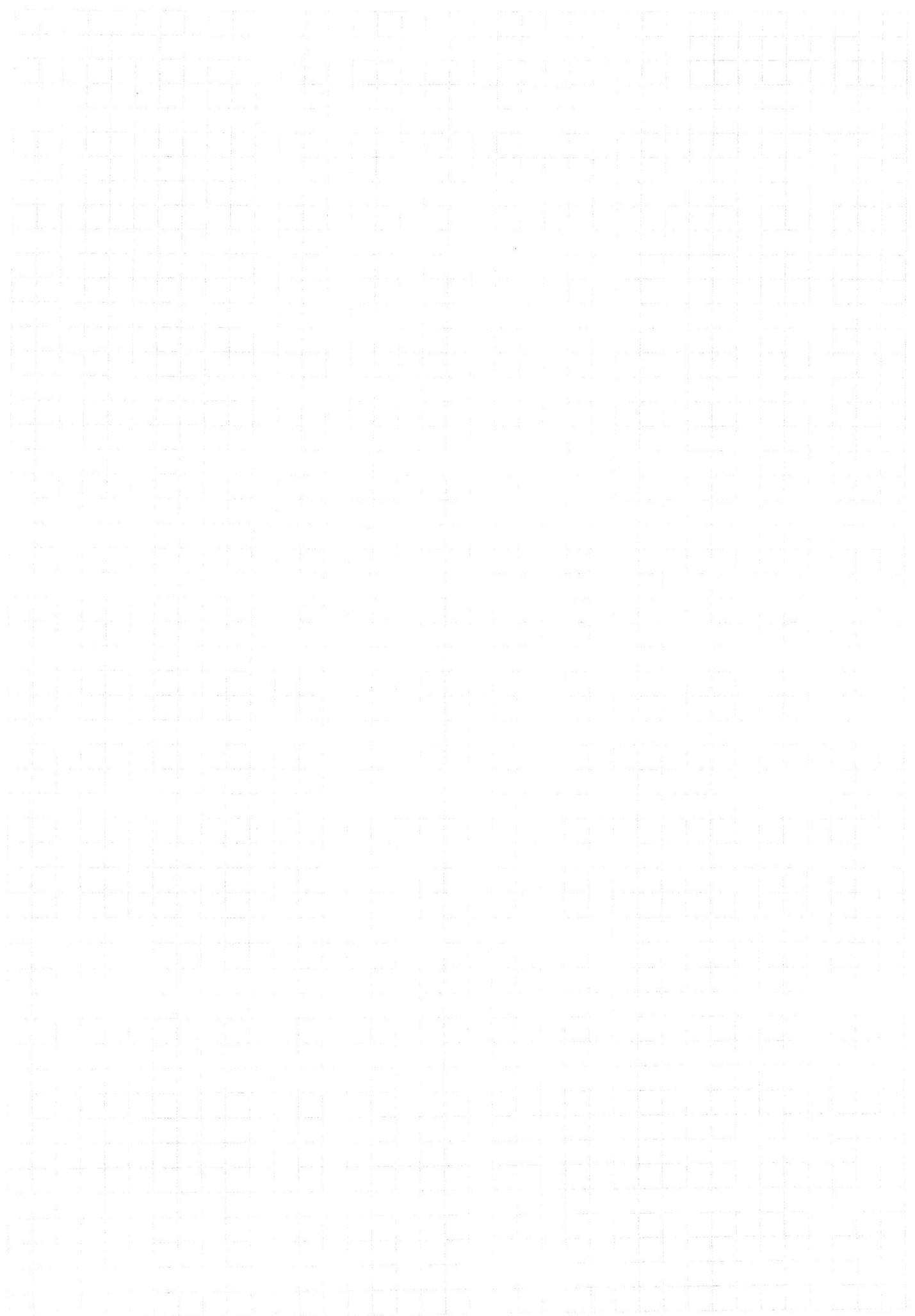
$$l_1 + \alpha l_1 + l_2 - \alpha l_1 + s l_1 + \alpha l_1 = l_2$$

$$\alpha_1 < \alpha_2$$



$$\alpha_1 m_1 = F + F_{TP1}$$

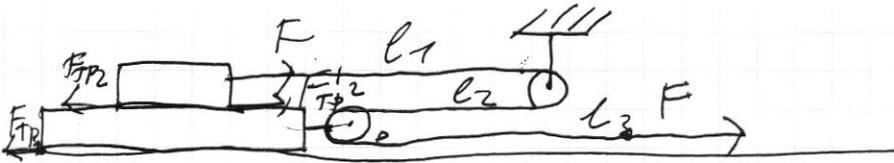
$$\alpha_2 m_2 = 2F - F_{TP} + F_{TP1}$$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$l_1 = l_2 \quad l(t) = \text{const}$$

$$l = l_3 + l_2 + l_1 = l_3 + \Delta l_1 + l_2 - \Delta l_1 + \Delta l_2 + l_1 - \Delta l_2$$

\sqrt{S}

$$P = \frac{F}{S}$$

$$F = \rho \cdot g \cdot H \cdot S \cdot p$$

$$P = H \cdot \rho \cdot g = 2,5 \cdot 10 \cdot 1000 =$$

8000

1000

S =

$$= 25000 \text{ H} = 25 \text{ kPa}$$

kPa

$$F_A = \rho \cdot g \cdot V$$

$$F_A = 9008 \cdot 1000 \cdot 10 = 80 \text{ (H)}$$

$$F_g = S \cdot P =$$

$$P = \frac{F}{S}$$

$$F = F_A - F_g$$

$$= 25000 \cdot 0,002 =$$

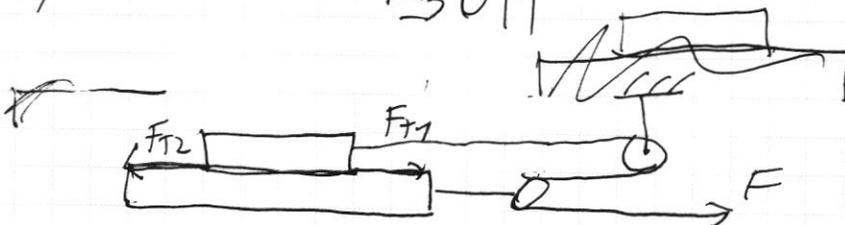
P.S

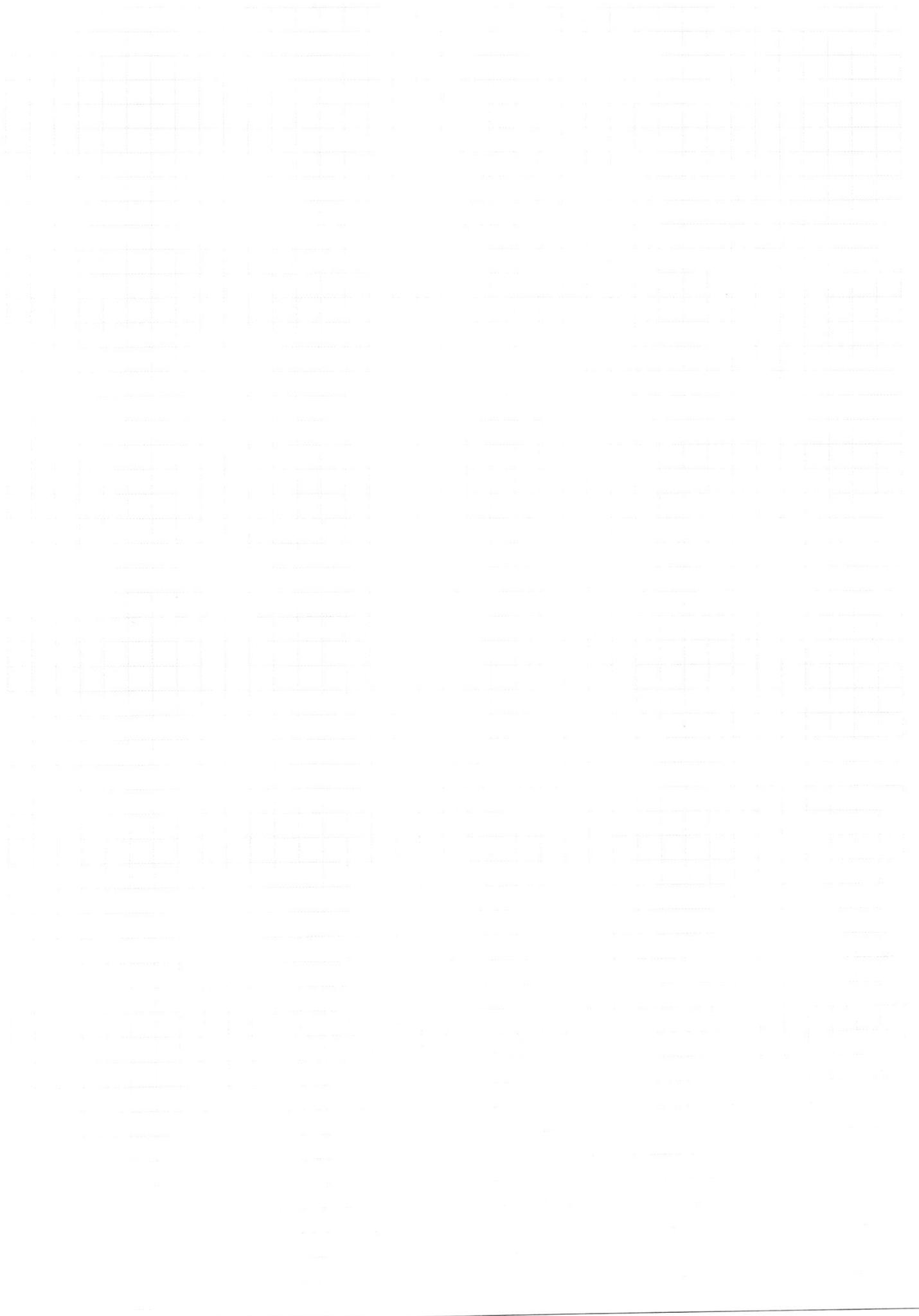
$$\begin{array}{r} 72 \\ - 78 \\ \hline 96 \end{array}$$

$$= 50 \text{ H}$$

$$F = 30 \text{ H}$$

$$\begin{array}{r} 201 \\ 2 \quad 2 \\ 0,2 \quad 3 \\ 0,02 \quad 3 \\ 0,02 \quad 1 \end{array}$$





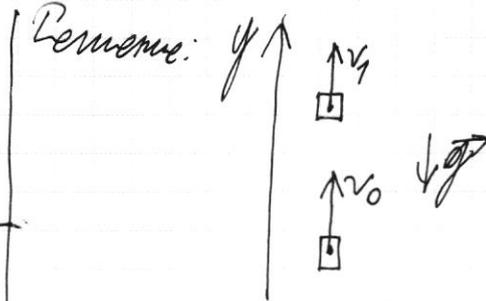
черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 01
Дано:
 $v_0 = 12 \text{ м/с}$
 $v_1 = v_0/3$

 $t = ?$
 $h = ?$



$$v_1 = v_0 - g t$$

$$t = \frac{v_0 - v_1}{g}$$

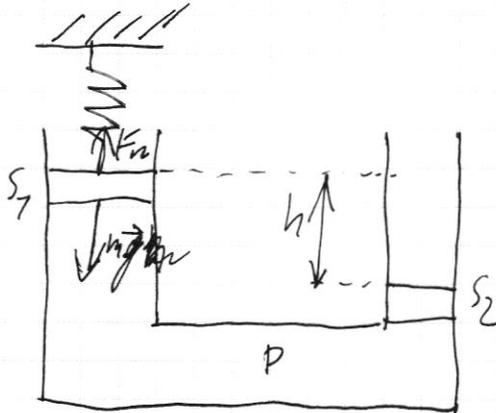
$$t = \frac{12 - 4}{10} = \frac{8}{10} = 0.8 \text{ (с)}$$

$$h = v_0 \cdot t - \frac{g t^2}{2}; \quad h = 12 \cdot 0.8 - \frac{10 \cdot 0.8^2}{2} = 9.6 - 3.2 = 6.4 \text{ (м)}$$

Ответ: $t = 0.8 \text{ с}; h = 6.4 \text{ м}$

№ 02
Дано:
 ρ, h, k
 $S_1 = S$
 $S_2 = S/2$

 $x = ?$
 $m = ?$



$$mg = S_1 h \cdot \rho g \quad F_{\text{н}} = kx$$

II закон Ньютона:

$$0 = F_{\text{н}} - mg$$

$$kx = S_1 h \cdot \rho g$$

$$x = \frac{S_1 h \cdot \rho g}{k}$$

$$\rho = \frac{mg}{S_2} \quad \rho = \frac{F}{S_1}$$

$$\frac{2mg}{S} = \frac{F}{S}$$

$$2mg \cdot x = F \cdot x$$

$$F = kx \quad F = S_2 h \cdot \rho g$$

$$2mg \cdot x = S_2 h \cdot \rho g \cdot x$$

$$m = \frac{S_2 h \cdot \rho}{2} \quad m \frac{v^2}{R} = \frac{M G m}{R^2}$$

$$2m = S_2 h \cdot \rho$$

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\frac{0.8}{\times 0.8} = \frac{6.4}{3.2} = \frac{7.2}{9.6} = \frac{1}{3} = \frac{1}{2} - 1 = -\frac{1}{2}$
 $\sqrt[3]{0.8} = \sqrt[3]{\frac{8}{1000}} = \frac{2}{10} = 0.2$
 $h = 0.5R$
 ρ, G
 $V = \frac{4}{3}\pi R^3$
 $q = \frac{GM}{4R^2}$
 $M = \rho V$
 $M = \rho \frac{4}{3}\pi R^3$
 $F_A = \rho g V = 1000 \cdot 9.8 \cdot 80$
 $T = \frac{S}{v}$
 $S = 2\pi(R + 0.5R)$
 $v = \sqrt{\frac{GM}{R+h}}$
 $T = \frac{2\pi(R + 0.5R)}{\sqrt{\frac{GM}{R+h}}}$
 $T = \frac{2\pi \cdot 3\pi R \cdot \sqrt{R+h}}{\sqrt{\frac{GM}{R+h}}} = \frac{3\pi R \cdot \sqrt{R+h}}{\sqrt{\frac{GM}{R+h}}} = \frac{3\pi R \cdot \sqrt{R+h} \cdot \sqrt{R+h}}{\sqrt{GM}} = \frac{3\pi R \cdot (R+h)}{\sqrt{GM}}$
 $= \frac{3\pi R \cdot \sqrt{3(R+h)}}{2\sqrt{\rho \pi G R^3}} = \frac{3\pi R \cdot \sqrt{3(R+h)}}{2\sqrt{\rho \pi G R^3}} = \frac{2\pi \sqrt{3} \pi (R+h)}{2 \rho G R} = \frac{\sqrt{3} \pi (R+h)}{\rho G R}$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)