

# Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

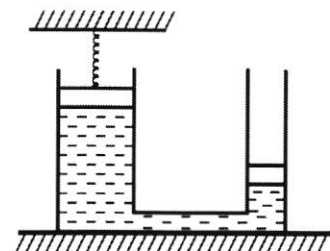
Вариант 09-01

Шифр

(заполняется секретарём)

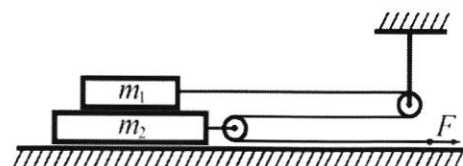
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью  $V_0 = 12$  м/с.
- 1) Через какое время  $t$  после старта скорость камня будет равна по величине  $V_0/3$ ?
  - 2) На какой высоте  $h$ , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине  $V_0/3$ ?
- Ускорение свободного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

2. На горизонтальной поверхности расположены два цилиндрических сообщающихся сосуда (см. рис.), в которых налита жидкость плотности  $\rho$ . 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  $g$ .



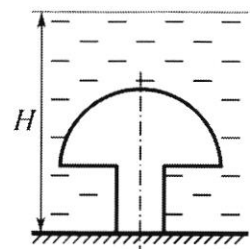
- 1) Найдите деформацию  $x$  пружины.
  - 2) Найдите массу  $m$  груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты  $h = 0,5R$ , здесь  $R$  – радиус планеты. Плотность планеты  $\rho$ . Гравитационная 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  $\mu$ . 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  $V = 8$  дм<sup>3</sup>, площадь соприкосновения конструкции с дном через клей  $S = 20$  см<sup>2</sup>. Плотность воды  $\rho = 1$  г/см<sup>3</sup>, атмосферное давление  $P_0 = 100$  кПа. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.



- 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:

$v_1 = v_0 - g t$

$g t = v_0 - v_1$

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

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

⊖ 0.8 (с)

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

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

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

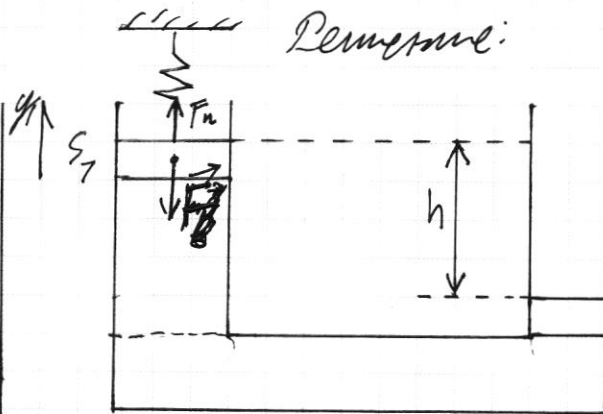
№2

Дано:

$\rho, h$   
 $S_1 = S$   
 $S_2 = S/2$   
 $g, k$

x-?

m-?



Решаем:

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

□ закон Архимеда  
 ~~$0 = F_n + m g$~~   $0 = F_n + F_g$   
 ~~$0 = F_n - m g$~~   $0 = F_n - F_g$   
 $k x = \rho S h g$   
 $x = \frac{\rho S h g}{k}$

$F_n = k x$ ;  $m g = \rho V g = \rho S h g$   
 $F_g = m g = \rho V g = \rho S h g$

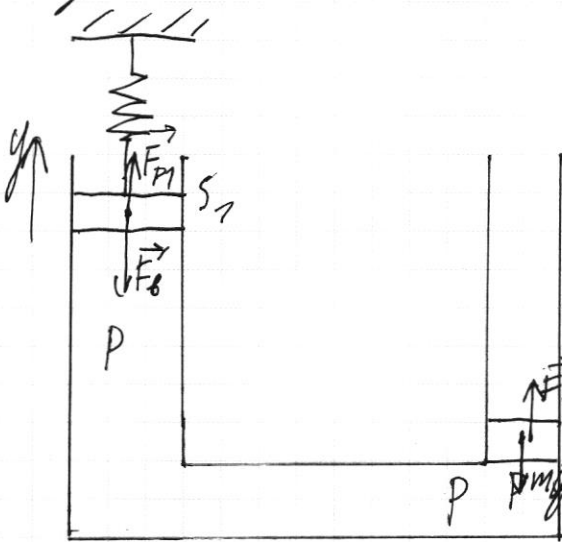


черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

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



~~ИЗ~~  
II закон Ньютона:

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

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

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

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

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



черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 3

Дано:

$R, \rho$   
 $h = 0,5R$

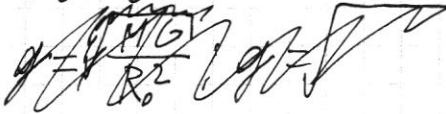
$G$

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

$q = ?$

$T = ?$

Решение:



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

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

$$v = \sqrt{\frac{MG}{R+h}} \quad \leftarrow \text{используем на орбите}$$

$$S = 2\pi(R+h)$$

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

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

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

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

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

№ 5

Дано:

$H = 2,5 \text{ м}$

$V = 8 \text{ м}^3 =$

$= 0,008 \text{ м}^3$

$S = 20 \text{ м}^2 =$

$= 0,002 \text{ м}^2$

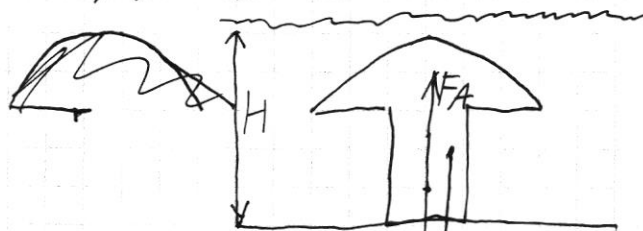
$\rho = 12 \text{ кН/м}^3 =$

$= 1000 \text{ кг/м}^3$

$P_0 = 100 \text{ кПа}$

Решение:

$$P_1 = P_0 + \rho g H; \quad P_1 = 100000 + 1000 \cdot 10 \cdot 2,5 = 725 \text{ кПа}$$



$$F = F_B - F_A; \quad F = P_1 \cdot S; \quad F_A = \rho g V$$

$P_1 = ?; \quad F = ?$

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.

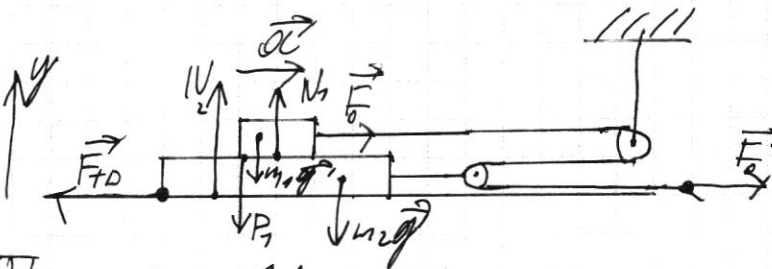
Ответ:  $P_1 = 725 \text{ кПа}$ ;  $F = 645 \text{ Н}$  в сторону рта.

№ 04  
Вариант:

Решение:

$\rightarrow x$

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



Имеем третью  
между веревкой  
и вторым  
бруском реакция  
крупнее.  $\Rightarrow$  от  
не двигаются  
друг относительно  
друга  $\Rightarrow$  умень-  
шения реакции.  
 $P_1 = N_1$  по III закону  
Ньютона

$F_0 = ?$   
 $F = ?$

II закон Ньютона:

Имеем:

$$m_1 \vec{a} = \vec{F}_0 + m_1 \vec{g} + N_1$$

$$m_2 \vec{a} = 2\vec{F}_0 + N_2 + m_2 \vec{g} + F_{T0} + P_2$$

$$(x) m_1 a = F_0$$

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

$$(y) 0 = N_1 - m_1 g$$

$$N_1 = m_1 g$$

Имеем:

$$m_2 \vec{a} = 2\vec{F}_0 + N_2 + m_2 \vec{g} + F_{T0} + P_2$$

$$(x) m_2 a = 2F_0 - M N_2 \quad m_2 a = 2F_0 - M(m_2 + m_1)g$$

$$(y) 0 = N_2 - M(m_2 + m_1)g - P_1$$

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

$$N_2 = m_2 g + P_1; N_2 = (m_2 + m_1)g$$

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

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

$$F_0 = \frac{M(m_2 + m_1)m_1 g}{2m_1 - m_2} = \frac{10 \cdot 10 \cdot 2 \cdot 9,8}{4 \cdot 2 - 3} = 100 \text{ Н}$$

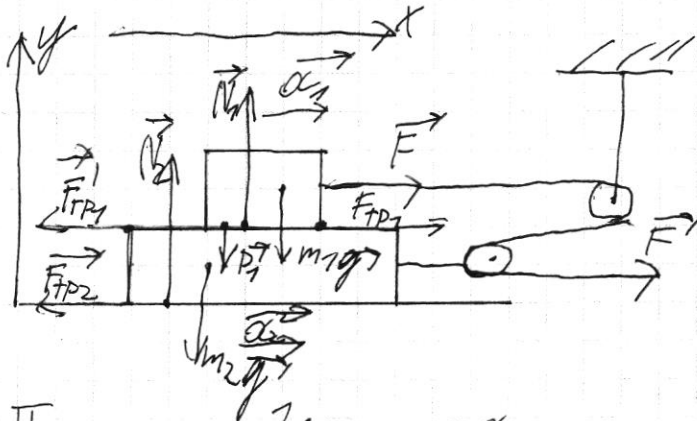




черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Верхний брусок движется влево относительно нижнего  $\Rightarrow a_1 < a_2$   
 $F_{TP} = F_{TP}^I$  По III закону взаимодействия  
 $P_1 = N_1$  по III закону взаимодействия.

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:

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

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

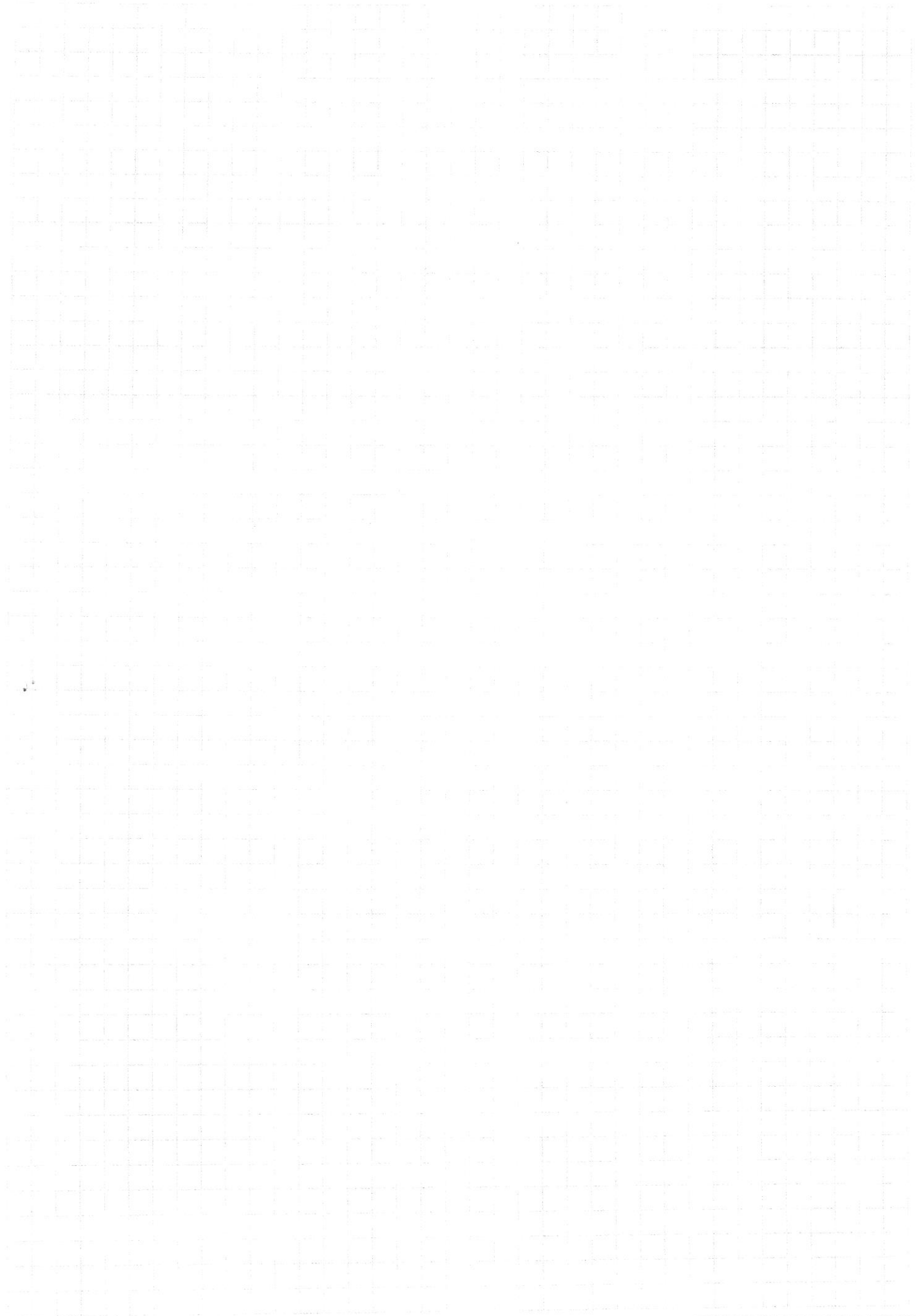
$$(y) 0 = N_2 - P_1 - m_2 g \quad m_2 a_2 = 2F - \mu g (2m_1 + m_2)$$

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

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

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

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



черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

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

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

$$F > 10 \text{ м д } \text{д}$$

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

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

$$F > 8 \text{ м д } \text{д}$$

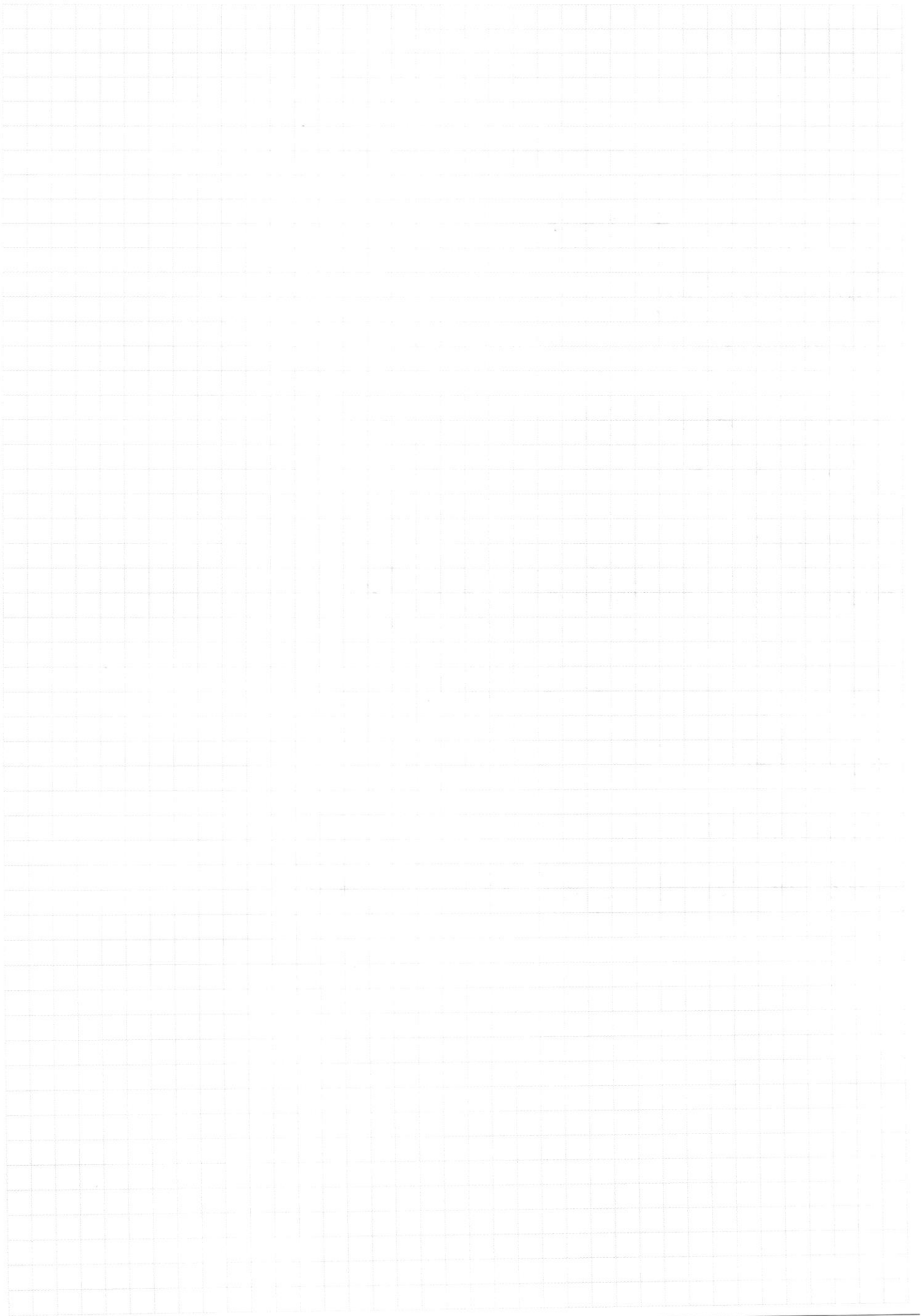
Ответ:  $F_0 = 10 \text{ м д } \text{д}$ ;  $F_1 > 8 \text{ м д } \text{д}$

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

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

$$F > 20 \text{ м д } \text{д}$$

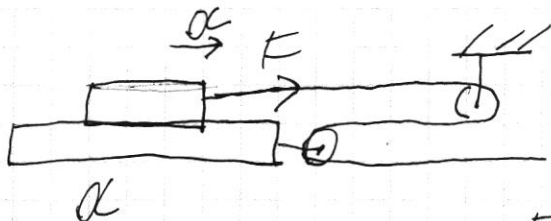
Ответ:  $F_0 = 10 \text{ м д } \text{д}$ ;  $F_1 > 20 \text{ м д } \text{д}$



черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)

### ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$m_1 a = F \quad a = \frac{F}{m_1}$$

$$\frac{F}{m_1} = \frac{2F - m_1 m_2 a}{m_2}$$

$$m_2 m_2 a = 2F - m_1 m_2 a$$

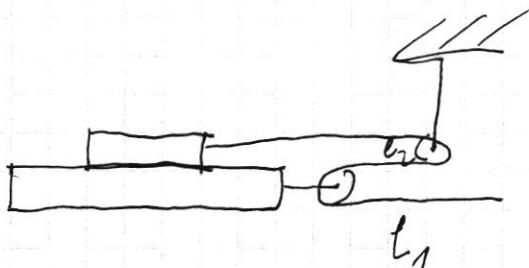
$$F m_2 = 2F m_1 - m_1 m_1 m_2 a$$

$$a = \frac{2F - m_1 m_2 a}{m_2}$$

$$F(m_2 - 2m_1) = -m_1 m_1 m_2 a$$

$$F(2m_2 - m_1) = m_1 m_1 m_2 a$$

$$F = \frac{m_1 m_1 m_2 a}{2m_2 - m_1} = \frac{m_1^2 m_2 a}{4 - 3m_1}$$

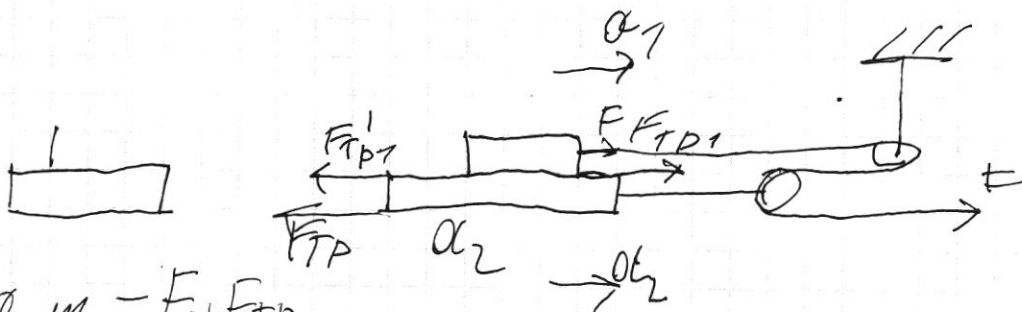


$$F = m_1^2 m_2 a - m_1 m_1$$

$$F m_2 - m_1 m_1 m_2 a = 2F m_1 + m_1 m_1 (2m_2 - m_1)$$

$$l_1 + a l_1 + l_2 - a l_1 + s l_1 + a l_1 = l_2 l_2$$

$$a_1 < a_2$$



$$a_1 m_1 = F + F_{TP2}$$

$$a_2 m_2 = 2F - F_{TP2} + F_{TP1}$$

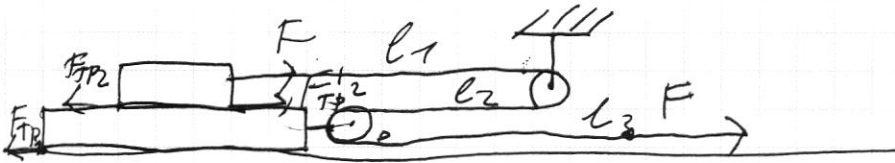


черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)



### ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



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

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

$\sqrt{S}$

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

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

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

8000

1000

S =

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

kPa

$$F_A = \rho g V$$

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

$$F_g = S \cdot P =$$

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

$$F = F_A - F_g$$

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

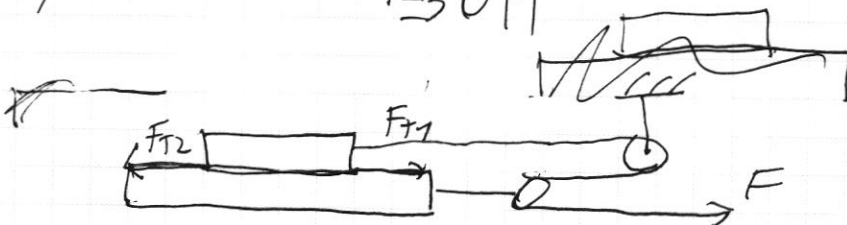
P.S

$$\begin{array}{r} 72 \\ - 8 \\ \hline 96 \end{array}$$

$$= 50 \text{ H}$$

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

$$\begin{array}{r} 201 \\ 2 \quad 2 \\ 0,2 \quad 3 \\ 0,02 \quad 3 \\ 0,92 \quad 1 \end{array}$$



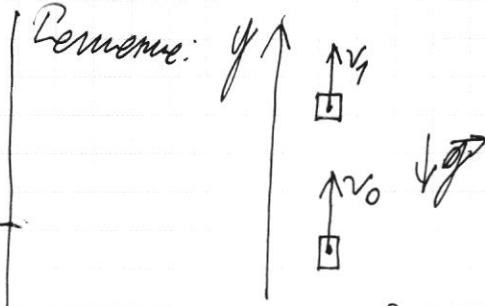


черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

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



$$v_1 = v_0 - g t$$

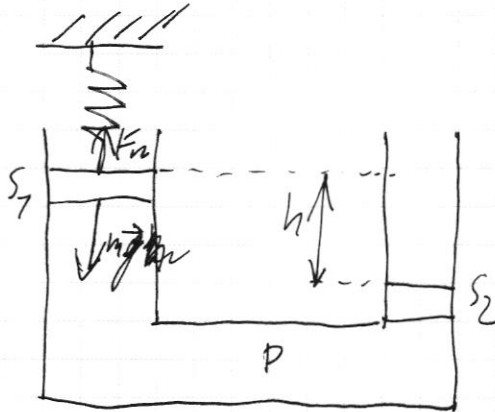
$$t = \frac{v_0 - v_1}{g}$$

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

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

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

№ 02  
Дано:  
 $\rho, h, k$   
 $S_1 = S$   
 $S_2 = S/2$   
-----  
 $x = ?$   
 $m = ?$



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

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

$$\frac{0.8}{\times 0.8} \quad 6.4 \quad 3.2 \quad \frac{7}{\times 0.8} \quad 3 \quad \frac{1}{2} - 1 \quad -\frac{1}{2}$$

$$\frac{7}{9.6} \quad \frac{7 \times 1.5}{13.5} \quad \frac{\sqrt{4}}{1} \quad \frac{2}{1} = \frac{1}{2}$$

$$\sqrt{0.8}$$

$$h = 0.5R$$

$$\rho, G$$

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

$$\frac{GM}{R^2} = g$$

$$\frac{GM}{R^2} = g$$

$$M = \rho V$$

$$FA = \rho g V$$

$$g = \frac{GM}{4R^2}$$

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

$$FA = \rho g V = 1000 \cdot 9.008 \cdot 80$$

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

$$T = \frac{s}{\pi v}$$

$$s = 2\pi(R + 0.5R)$$

$$T = \frac{2\pi(R + 0.5R)}{\sqrt{GM}}$$

$$v = \sqrt{\frac{GM}{R+h}}$$

$$= \frac{2\pi \cdot 3\pi R \cdot \sqrt{R+h}}{\sqrt{GM}} = \frac{3\pi R \cdot \sqrt{R+h}}{\sqrt{\rho \frac{4}{3}\pi R^3 G}} = \frac{3\pi R \cdot \sqrt{R+h} \cdot \sqrt{3}}{\sqrt{4\rho\pi R^3 G}} =$$

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



черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)