



# Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

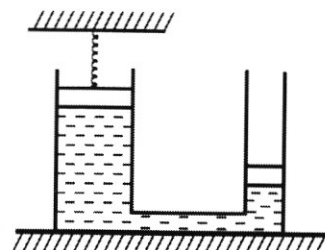
Вариант 09-01

Шифр

(заполняется секретарём)

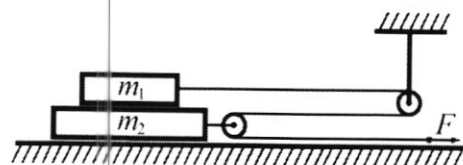
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью  $V_0 = 12$  м/с.
- 1) Через какое время  $t$  после старта скорость камня будет равна по величине  $V_0/3$ ?
  - 2) На какой высоте  $h$ , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине  $V_0/3$ ?
- Ускорение свободного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



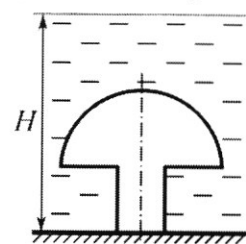
- 1) Найдите деформацию  $x$  пружины.
  - 2) Найдите массу  $m$  груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты  $h = 0,5R$ , здесь  $R$  – радиус планеты. Плотность планеты  $\rho$ . Гравитационная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

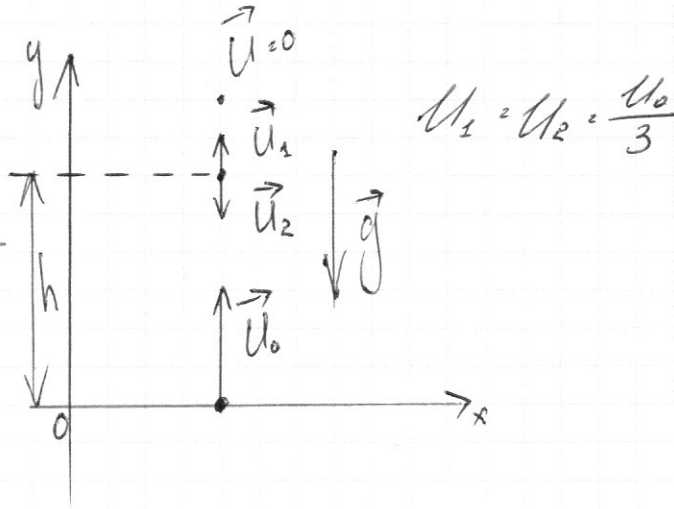
Задача № 1

$$U_0 = 12 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$U_1 = \frac{U_0}{3}$$

2)  $h = ?$

1)  $t_1 = ?$



$U_{1y} = U_{0y} + g_y t_1$ ; где  $t_1$  - время, через которое тело приобретает скор.  $\frac{U_0}{3}$  вдоль  $Oy$ .

$$Oy: U_1 = U_0 - g t_1$$

$$t_1 = \frac{U_0 - U_1}{g} = \frac{U_0 - \frac{U_0}{3}}{g} = \frac{2U_0}{3g} = \frac{2 \cdot 12 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{3 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 0,8 \text{ с}$$

$U_{2y} = U_{0y} + g_y t_2$ ; где  $t_2$  - время, через кот. тело приобр. скорост.  $\frac{U_0}{3}$  против  $Oy$

$$Oy: -U_2 = U_0 - g t_2 \Rightarrow t_2 = \frac{U_2 + U_0}{g} = \frac{U_0 + \frac{U_0}{3}}{g} = \frac{4U_0}{3g} = \frac{4 \cdot 12 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{3 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 1,6 \text{ с}$$

$$h_y = \frac{U_{1y}^2 - U_{0y}^2}{2g_y} \Rightarrow Oy: h = \frac{U_1^2 - U_0^2}{-2g} \Rightarrow h = \frac{U_0^2 - U_1^2}{2g} = \frac{U_0^2 - \frac{U_0^2}{9}}{2g}$$

$$\Rightarrow h = \frac{8 \cdot (12 \frac{\text{м}}{\text{с}})^2}{18 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = \frac{32}{5} \text{ м} = 6,4 \text{ м}$$

Ответ:  $t = 0,8 \text{ с}; \text{ и } 1,6 \text{ с}; h = 6,4 \text{ м}$



черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

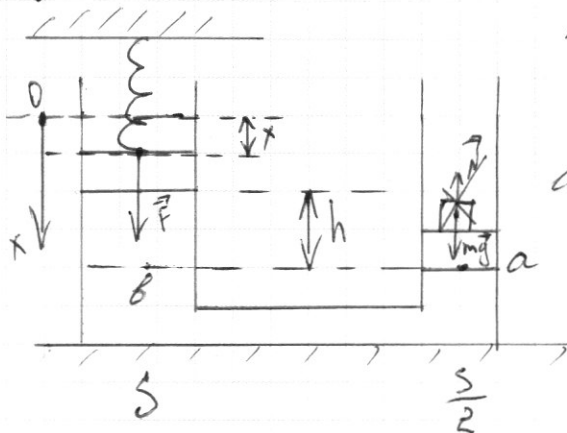
Страница №       
(Нумеровать только чистовики)

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача № 2

$\rho$   
 $k$   
 $S; \frac{S}{2}$   
 $h$

1)  $x$  - ?  
2)  $m$  - ?



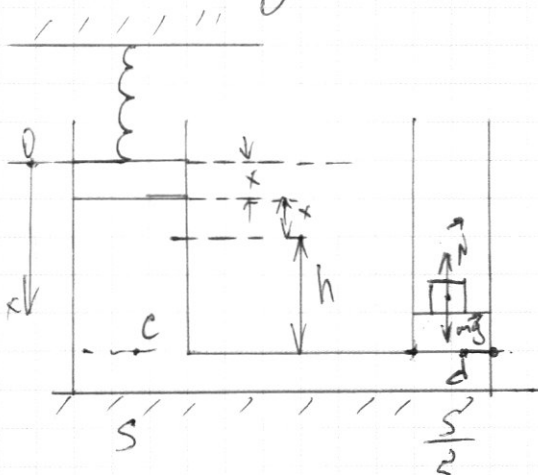
т.к. поршни  
легкие  $\rightarrow$  их  
массой можно  
пренебречь

давление в т. а и в. т. в равно:

$$p_a = p_b \rightarrow \rho g h + \frac{F}{S} = \rho g (h+x) + \frac{F}{\frac{S}{2}}$$

$$\rho g h = \frac{2F}{S} - \frac{F}{S} \rightarrow \rho g h = \frac{F}{S} \rightarrow kx = \rho g S h$$

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



$$p_c = p_d \rightarrow \rho g (h+x) = \frac{mg}{\frac{S}{2}}$$

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

$$\rightarrow S = \frac{2mg}{\rho g (h + \frac{\rho g S h}{k})} \rightarrow$$

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

Ответ: 1)  $x = \frac{\rho g S h}{k}$

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



черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)

### ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

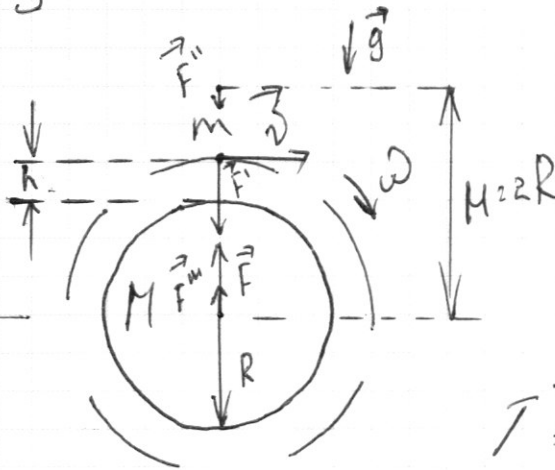
Задача № 3

$$h = \frac{1}{2} R$$

$$\rho = \frac{4}{3} \bar{n} R^3$$

$$M = 2R$$

- 1)  $g = ?$
- 2)  $T = ?$



$$F = F'$$

$$\frac{GM'M}{(R+h)^2} = m \cdot \frac{4\bar{n}^2(R+h)}{T^2}$$

$$T^2 = \frac{4\bar{n}^2(R+h)^3}{GM}$$

$$T^2 = \frac{4\bar{n}^2 \frac{9}{4} R^3 \cdot \frac{3}{2}}{GM}$$

$$T = R\bar{n} \cdot \frac{3}{2} R \sqrt{\frac{3R}{2GM}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T = 3\bar{n}R \cdot \sqrt{\frac{3R}{2G \cdot \frac{4}{3}\bar{n}R^3\rho}} = 3\bar{n}R \cdot \frac{3}{2R} \cdot \sqrt{\frac{1}{2\bar{n}\rho G}}$$

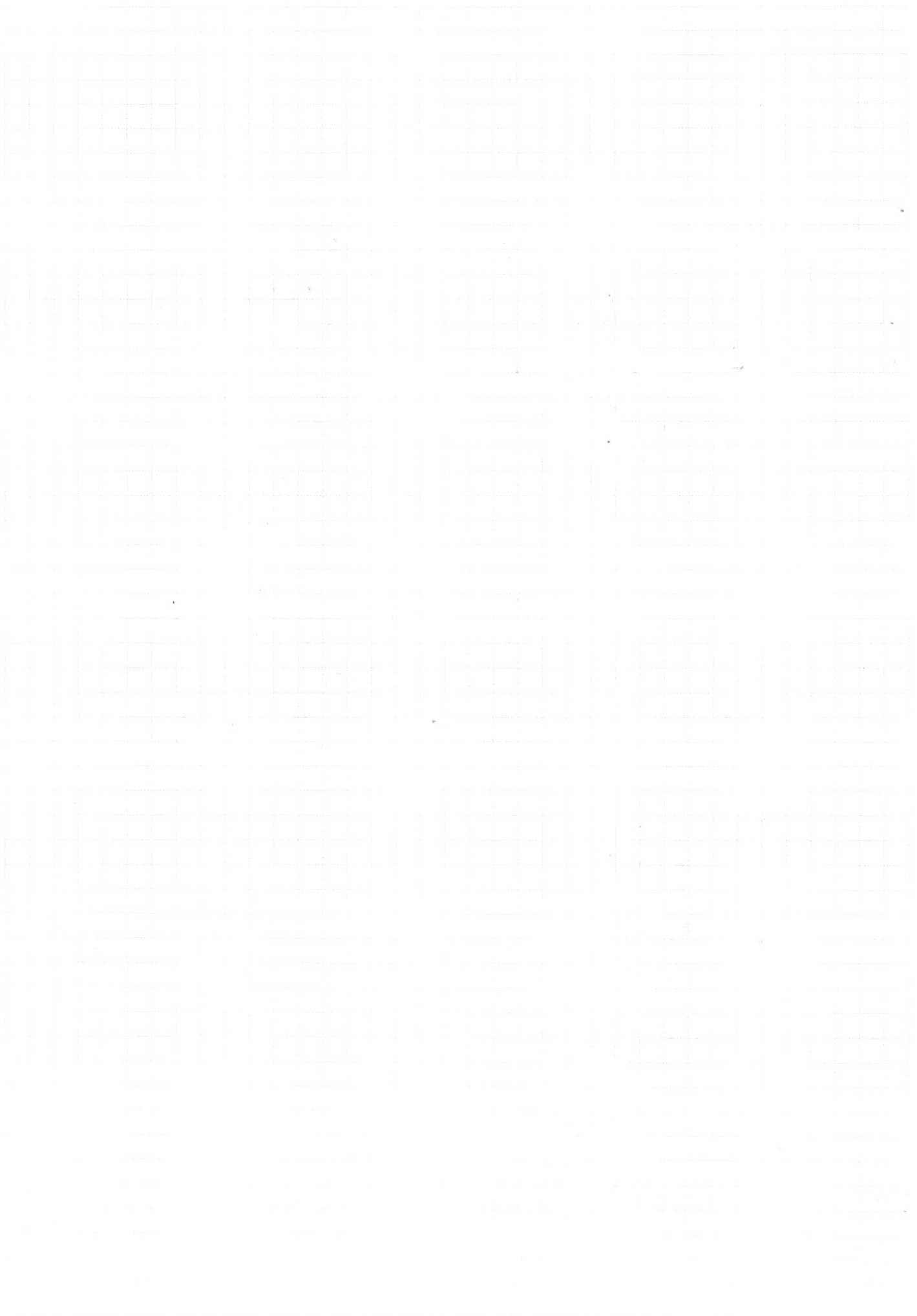
$$\Rightarrow T = \frac{9}{2} \bar{n} \sqrt{\frac{1}{2\bar{n}\rho G}}$$

$$f'' = f''' \Rightarrow \frac{GM'M}{4R^2} = m'g \rightarrow g = \frac{G \cdot \frac{4}{3}\bar{n}R^3\rho \cdot G\bar{n}R\rho}{3}$$

$$O_i \text{ bei: } g = \frac{\bar{n}G R \rho}{3}$$

$$T = \frac{9}{2} \bar{n} \sqrt{\frac{1}{2\bar{n}\rho G}}$$





черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №4

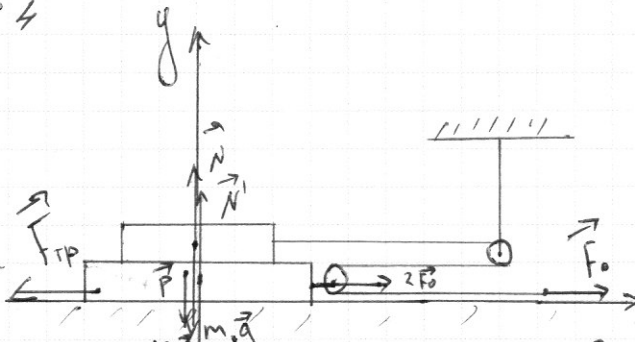
$m_1 = 2m$

$m_2 = 3m$

$\mu$

1)  $F_0 = ?$

2)  $F = ?$



1) ситуация

1-ая ситуация

т.к.  $F_{тр} = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow$  система

движется вправо

2-ая ситуация для  $m_2$ :

$$m_2 \vec{g} + \vec{P} + \vec{N}' + \vec{F}_{тр} + \vec{F} = 0$$

0x:  $2F_0 - F_{тр} = 0 \Rightarrow 2F_0 = F_{тр}$

0y:  $N' - P - m_2 g = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow N' = P + m_2 g; P = N = m_1 g$

$N' = m_1 g + m_2 g = (m_1 + m_2) g$

$= 5mg \Rightarrow 2F_0 = \mu N' = 2\mu 5mg = 10\mu mg$

$F_0 = 5\mu mg$

2-ая ситуация:

система движется влево

т.к.  $F$  - максимальна

23M для  $m_1$ :

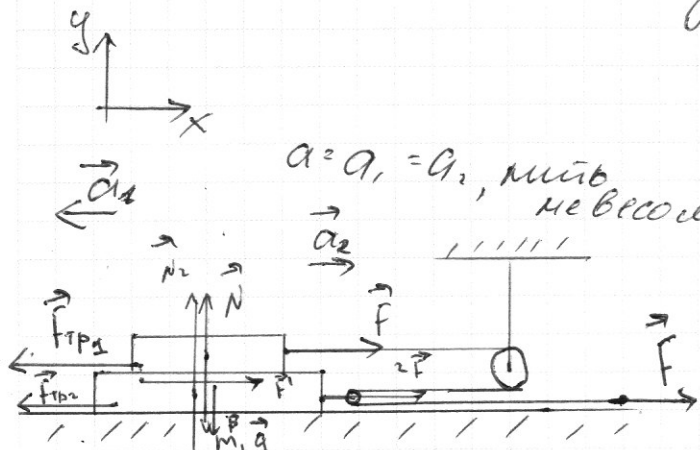
$m_1 \vec{g} + \vec{N}' + \vec{F}_{тр} + \vec{F} = m_1 \vec{a}$

$\rightarrow 0y: N - m_1 g = 0 \Rightarrow N = m_1 g; 0x: F - F_{тр} = -m_1 a \Rightarrow F - \mu m_1 g = -m_1 a \quad (1)$

23M для  $m_2$ :  $F + P + m_2 \vec{g} + \vec{N}_2 + \vec{F}_{тр} + e \vec{F} = m_2 \vec{a}$

$\rightarrow 0y: N_2 - P - m_2 g = 0 \Rightarrow N_2 = g(m_1 + m_2); 0x: 2F + F' - F_{тр} = m_2 a$

$2F + \mu m_1 g - \mu g(m_1 + m_2) = m_2 a \Rightarrow 2F - \mu g m_2 = m_2 a \quad (2)$



2-ая ситуация



черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Продолжение задачи № 4

$$(1) : F - \mu m_1 g = m_1 a \rightarrow a = \frac{\mu m_1 g - F}{m_1}$$
$$(2) : 2F - \mu g m_2 = m_2 a \rightarrow a = \frac{2F - \mu g m_2}{m_2} \rightarrow$$

$$\rightarrow \frac{\mu m_1 g - F}{m_1} = \frac{2F - \mu g m_2}{m_2} \rightarrow m_1 m_2 \mu g - m_2 F = 2 F m_1 - \mu m_1 m_2 g$$
$$2 \mu m_1 m_2 g = F(2m_1 + m_2) \rightarrow F = \frac{2 \mu m_1 m_2 g}{2m_1 + m_2}$$

Ответ: 1)  $F_0 = 2,5 \mu m_1 g$ 

2)  $F = \frac{2 \mu m_1 m_2 g}{2m_1 + m_2}$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №5

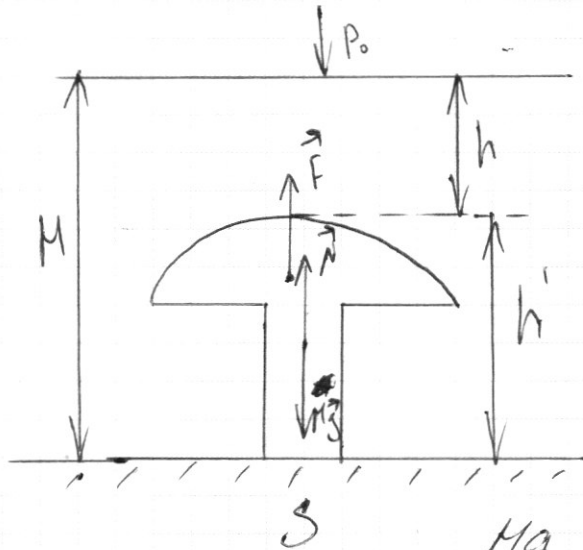
$$M = 2.5 \text{ м}$$

$$V = 8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$S = 20 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

$$\rho = 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$P_0 = 10^5 \text{ Па}$$



$$P_1 = P_0 + \rho g M =$$

$$= (10^5 + 10^3 \cdot 10 \cdot 2.5) \text{ Па} = 125000 \text{ Па}$$

$$P_1 = \frac{Mg}{S} + \rho g h + P_0$$

- 1)  $P_1$  - ?
- 2)  $F$  - ?

$$\frac{Mg}{S} + \rho g h + P_0 = \rho g M + P_0$$

$$\frac{Mg}{S} = \rho g h' \rightarrow$$

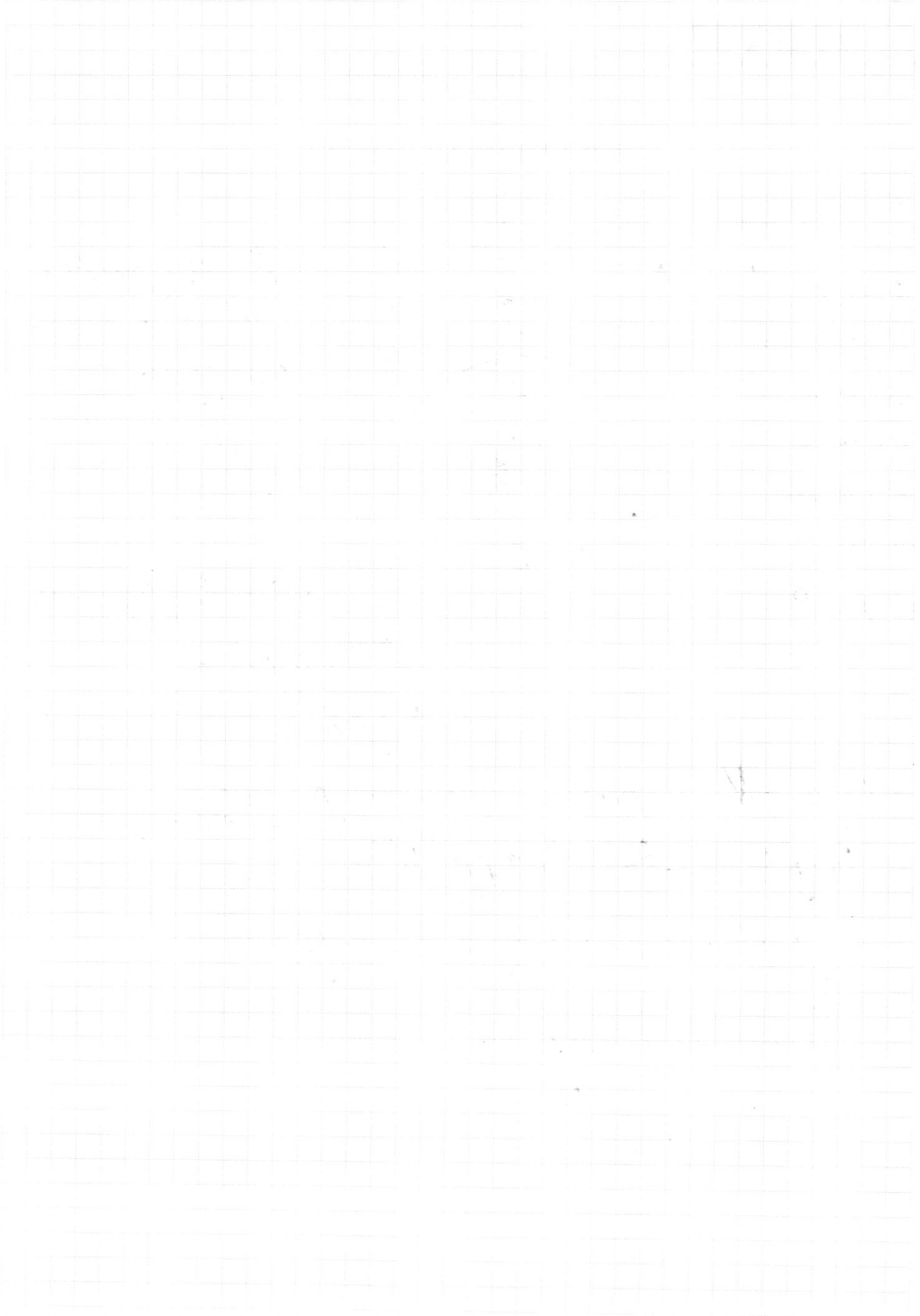
$$\rightarrow M = \rho h' S$$

$F = \rho g V$ ,  $R$  - радиус шарика;  $\rho'$  - плотн. конструкции

$$M = \rho' V; V = \frac{2}{3} \pi R^3 + S(R - h')$$

$$F = \rho g V = 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 = 80 \text{ Н}$$

Ответ: 1)  $P_1 = 125 \text{ кПа}$   
2)  $F = 80 \text{ Н}$



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)