

# Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

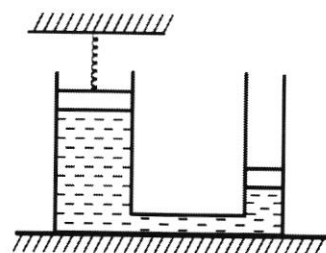
## Вариант 09-02

Шифр

(заполняется секретарём)

1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью  $V_0 = 10$  м/с.
- 1) Через какое время  $t$  после старта скорость камня будет равна по величине  $V_0/2$ ?
  - 2) На какой высоте  $h$ , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине  $V_0/2$ ?
- 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. Деформация пружины равна  $x$ . Площадь сечения левого поршня  $S$ , правого  $S/3$ . Трение поршней о стенки сосудов пренебрежимо мало. Ускорение свободного падения  $g$ .

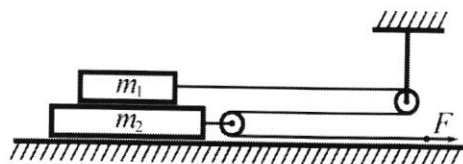


- 1) Найдите разность  $h$  уровней жидкости в сосудах.
- 2) Найдите массу  $m$  груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.

3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты  $h = R$ , здесь  $R$  – радиус планеты. Плотность планеты  $\rho$ . Гравитационная постоянная  $G$ . Объём шара  $V = \frac{4}{3}\pi R^3$ .

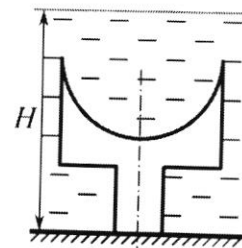
- 1) Найдите ускорение  $g$  свободного падения на расстоянии  $3R$  от центра планеты.
- 2) Найдите период  $T$  обращения спутника.

4. На горизонтальном столе находятся бруски, соединённые нитью с системой блоков (см. рис.). Массы брусков  $m_1 = 3m$ ,  $m_2 = 5m$ . 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 минимальную силу  $F$ , при которой нижний брусок скользит по столу, а верхний брусок движется влево относительно нижнего бруска.

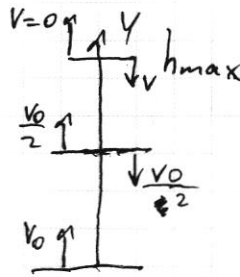
5. Ко дну бассейна глубиной  $H=3$  м приклеена осесимметричная конструкция (см. рис.). Клей затвердел. Верхняя поверхность конструкции – полусфера. Объём конструкции  $V = 5$  дм<sup>3</sup>, площадь соприкосновения конструкции с дном через клей  $S = 10$  см<sup>2</sup>. Плотность воды  $\rho = 1$  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.  
 $v_0 = 10 \frac{м}{с}$   
 $t - ?$  или  $\frac{v_0}{2}$   
 $h - ?$



1) Будет 2 ответа  
т.к. камень  
летит равноускоренно  
вверх, а потом  
равноускоренно вниз

$t \rightarrow t_1 - ?$   
 $\rightarrow t_2 - ?$

$t_1$ : уравнение из средней  
скорости:  $\bar{v} = \bar{v}_0 + \bar{g} t$

ОУ:

$$\frac{v_0}{2} = v_0 - g t_1$$

$$\frac{v_0}{2} = g t_1$$

$$t_1 = \frac{v_0}{2g} = \underline{0,5 \text{ с.}}$$

$t_2$ :

найдем время подъема  $t_n$ :

$$0 = v_0 - g t_n \Rightarrow t_n = \frac{v_0}{g} = 1 \text{ с.}$$

затем камень разогнётся до  $\frac{v_0}{2}$ :

$$-\frac{v_0}{2} = 0 - g t' \Rightarrow t' = \frac{v_0}{2g} = 0,5 \text{ с.}$$

$$t_2 = t_n + t' = 1,5 \text{ с.}$$

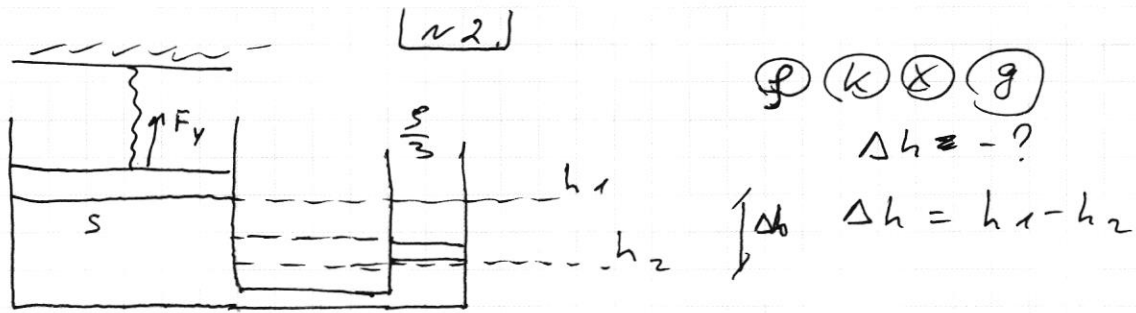
2) Уравнение движения:  $\bar{v} \bar{y} = h_0 + \bar{v}_0 t + \frac{\bar{g} t^2}{2}$

$$h = v_0 t_1 + \frac{g}{2} t_1^2 = 10 \cdot 0,5 + \frac{10}{2} \cdot (0,5)^2 =$$

$$= 5 - 1,25 = 3,75 \text{ м}$$

Ответ: 1) 0,5 с. ~~и~~ 1,5 с.

2) 3,75 м



1) Условия равновесия:

$$F_{упр} = \rho g \Delta h \cdot S$$

$$kx = \rho g \Delta h \cdot S$$

$$\Delta h = \frac{kx}{\rho g S} \quad \text{и}$$

2) Когда мы поставим груз массы  $m$ , левый поршень подвинется на  $x_1$   
 $\Rightarrow$  и правый сместится на  $x_1$

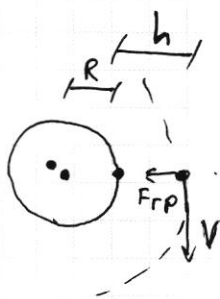
Тогда новые условия равновесия, учитывая, что  $x'_1 = 0 \Rightarrow F_{упр} = 0$   
 (деформация пружины)

$$mg = \rho g \cdot (\Delta h + 2x_1) \cdot S, \quad \text{при } x_1 = x$$

$$m = \rho \cdot S (\Delta h + 2x)$$

Ответ: 1)  $\Delta h = \frac{kx}{\rho g S}$       2)  $m = \rho \cdot S \cdot (\Delta h + 2x)$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



№ 3.

R   
  G   
  ~~h~~   
  P   
 h=R

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

1) по закону Ньютона оми-но  
силы?

$$m a_{g.c.} = G \cdot \frac{M \cdot m}{(R+h)^2} \quad | : m \quad (R+h) \text{ по условию равно } 2R$$

$$a_{g.c.} = \frac{GM}{(2R)^2}$$

$$a_{g.c.} = g = \frac{GM}{(2R)^2}, \text{ или } M = \rho \cdot V = \rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3$$

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

2)  $a_{g.c.} = \frac{V^2}{R}$ , где R по условию = R+h=2R

$$V = \frac{2\pi R}{T} \Rightarrow a_{g.c.} = \frac{V^2}{R} = \frac{(2\pi R)^2}{T^2 R}$$

~~$$\frac{2\pi R}{T^2 R} = \frac{GM}{(2R)^2}$$~~

$$\frac{(2\pi R)^2}{T^2 R} = \frac{GM}{(2R)^2}$$

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

$$4\pi^2 R = T^2 \cdot \frac{G \rho \pi R}{3} \quad | : \pi : R$$

$$T^2 = \frac{12\pi}{G\rho}$$

$$T = 2 \sqrt{\frac{3\pi}{G\rho}}$$

ответ на № 3:

1)  $\frac{4}{27} \cdot G \cdot \rho \cdot \pi \cdot R$

2)  $2 \sqrt{\frac{3\pi}{G\rho}}$

15.

$$H = 3 \text{ м} = 300 \text{ см}$$

$$V = 5 \text{ м}^3 = \frac{5000 \text{ см}^3}{1000}$$

$$S = 10 \text{ см}^2$$

$$\rho = 1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$$

$$P_0 = 100 \text{ кПа}$$

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

$$P_1 = ?$$

$$F = ?$$

$$H: P_1 = P_0 + \rho g H = 100 \text{ кПа} + \\ + 1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 300 \text{ см} =$$

$$\approx 100000 \text{ Па} + 3000 \text{ Па} = 103 \text{ кПа}$$

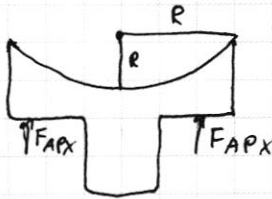
$$= 100'000 \text{ Па} + \frac{10000 \cdot 300 \cdot \text{г}}{\text{см} \cdot \text{с}^2} =$$

$$= 100 \text{ кПа} + 300 \text{ кПа} = 400 \text{ кПа}$$

① очевидно, что, т.к. бассейн открыт, то давление

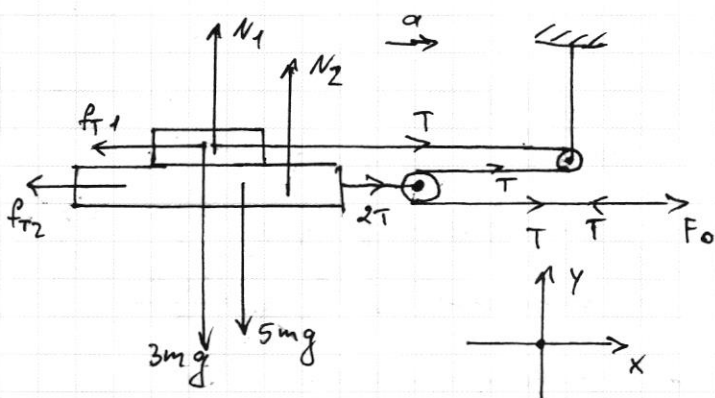
$P_1$  складывается из суммы атмосферного давления и давления столба жидкости высоты

②



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

[24.]



$$\textcircled{1} F_0 = T - ?$$

$$f_{T1} = 0$$

эм-ко верхнего:

$$\overline{N_1} + \overline{f_{T1}} + \overline{T} + 3m\overline{g} = 0 \\ = 3m\overline{a}$$

ок

$$3ma = T - f_{T1}$$

$$ma = \frac{T}{3} \quad (1)$$

эм-ко всей системы грузов:

$$\overline{8ma} = 3T - f_{T1} - f_{T2}$$

~~ок~~

$$f_{T2} = \mu N_2$$

$$\overline{04} \quad N_2 = 8mg$$

$$8ma = 3T - 8\mu mg \quad (2)$$

$$(1) \cdot 8 = \overline{1.1} \quad (1.1)$$

$$8ma = \frac{8}{3} T \quad (1.1)$$

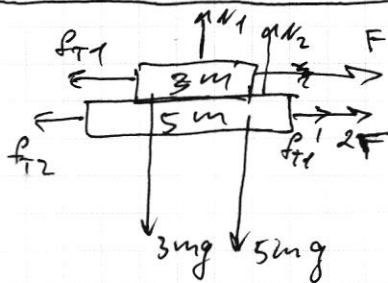
$$(1.1) = (2)$$

$$\frac{8}{3} T = 3T - 8\mu mg$$

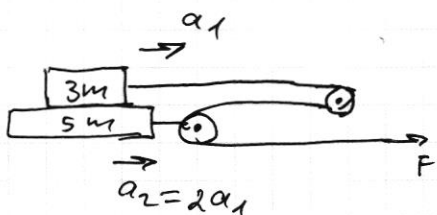
$$\frac{1}{3} T = 8\mu mg$$

$$\underline{T = 24\mu mg = F_0}$$

24 (выпуск 2)



Установим кинематическую связь между <sup>или</sup> верхней ~~и~~ ~~нижней~~ и нижней ~~и~~



За время  $t$  верхней <sup>пройдёт</sup>  $S_1 = \frac{a_1 t^2}{2}$   
а нижней:  $S_2 = \frac{a_2 t^2}{2}$

Заметим, что  $S_1$  это расстояние на которое <sup>укоротилась</sup> верхняя <sup>укороченные</sup> нитка, а  $S_2$  это 2 такие <sup>и</sup> нитки

$$\Rightarrow S_2 = 2S_1$$

$$\textcircled{1} \quad \begin{aligned} 2S_1 &= \frac{a_1 t^2}{2} \\ 2S_1 &= \frac{a_2 t^2}{2} \end{aligned} \Rightarrow \frac{1}{2} = \frac{a_1}{a_2} \Rightarrow 2a_1 = a_2$$

Верхний блок:  $3m a_1 = F - \mu \cdot 3mg$  (1)

Нижний:  $5m \cdot 2a_1 = 2F + \mu \cdot 3mg - \mu \cdot 8mg$  (2)

Поделим (1):(2)=(3)

$$(3) \quad \frac{3}{10} = \frac{F - 3\mu mg}{2F - 5\mu mg}$$

$$6F - 15\mu mg = 10F - 30\mu mg$$

$$4F = 15\mu mg$$

$$F = \frac{15}{4} \mu mg = \underline{3,75 \mu mg}$$

Ответ: 1)  $24 \mu mg$

2)  $3,75 \mu mg$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$V_0 = 10 \frac{м}{с}$   
 $t - ?$  при  $\frac{V_0}{2}$   
 $h - ?$

1) 1 секунда  
 1) Уравнение скорости:

$$\bar{V} = \bar{V}_0 + \bar{g} t$$

оу

$$\frac{V_0}{2} = V_0 - g t$$

$$g t = \frac{V_0}{2}$$

$$t_1 = \frac{V_0}{2g} \quad \text{и} \quad \frac{10}{2 \cdot 10} = 0,5 \text{ с.}$$

Второй секунда:

~~через t~~  $t_n$ :

$$0 = V_0 - g t_n$$

$$t_n = \frac{V_0}{g} = 1 \text{ с.}$$

$$-\frac{V_0}{2} = 0 - g t$$

$$\frac{V_0}{2} = g t$$

$$t_2 = \frac{V_0}{2g}$$

$$t = t_n + t_2 = 1,5 \text{ с.}$$

2) уравнение движения:

$$\bar{y} = \bar{h}_0 + \bar{V}_0 t + \frac{\bar{g} t^2}{2}$$

$$y = V_0 t - \frac{g t^2}{2}$$

ищем  $t = t_1$

$$h = V_0 \cdot t_1 - \frac{g}{2} t_1^2 =$$

$$= V_0 \cdot \frac{V_0}{2g} - \frac{g}{2} \cdot \frac{V_0^2}{4g^2} =$$

$$= \frac{V_0^2}{2g} - \frac{V_0^2}{8g} =$$

$$= \frac{4V_0^2 - V_0^2}{8g} = \frac{3 \cdot V_0^2}{8 \cdot g}$$

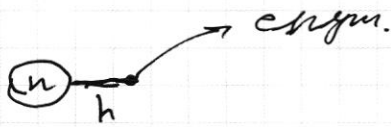
$$= \frac{3 \cdot 100}{8 \cdot 10} = \frac{30}{8} = \frac{15}{4} = 3 + \frac{3}{4} = 3,75 \text{ м}$$

$$10 \cdot 0,5 - \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 0,25 = 5 - 1,25 = 3,75.$$

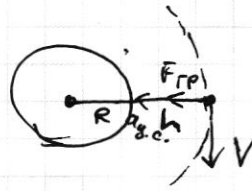


n 3.

5 · 10 · 10 · 10



⟷



$$h = (R), (p), (G) \quad V = \frac{4}{3} \pi R^3$$

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

$$m a_{y.c.} = \frac{M \cdot m}{(R+h)^2}$$

$$G \cdot \frac{M \cdot m}{(R+h)^2} \leftarrow F_{FP}$$

$$a_{y.c.} = \frac{V^2}{R} = \omega^2 R = \dots$$

$$F = mg = \frac{m \cdot \omega^2 \cdot R}{c^2}$$

$$a_{y.c.} = \frac{G M}{(R+h)^2} \quad \frac{V^2}{R} = \frac{G M}{(R+h)^2}$$

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

$$= \frac{m \cdot \omega^2 \cdot R}{c^2 \cdot h^2} = \frac{m \omega^2}{c^2 \cdot h}$$

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

$$V = \frac{R}{\frac{4}{3}} \cdot \sqrt{\frac{G \cdot \frac{4}{3} \pi \cdot \rho}{3}}$$

$$\frac{V^2}{R} = \frac{(2\sqrt{R})^2}{T^2 R}$$

$$V = \frac{2\sqrt{R}}{T}$$

$$\frac{R}{\frac{4}{3}} \sqrt{\frac{G \cdot \frac{4}{3} \pi \cdot \rho}{3}} = \dots$$

$$= \frac{2\sqrt{R}}{T}$$

$$T = \frac{\frac{4}{3} \pi R}{\sqrt{\frac{G \cdot \frac{4}{3} \pi \cdot \rho}{3}}} = \sqrt{\frac{16 \pi R \cdot 3}{G \cdot \frac{4}{3} \pi \cdot \rho}} = \sqrt{\frac{3\pi R}{G \cdot \rho}}$$

$$\frac{1}{\text{сн.с}^2} = \frac{1000 \cdot \frac{1}{10}}{0,001 \text{ м}} = \dots$$

$$\approx 3'000'000 \frac{1}{\text{сн.с}^2}$$

$$\frac{3'000'000 \cdot \frac{1}{\text{сн.с}^2}}{10} = 300'000 \text{ Па}$$

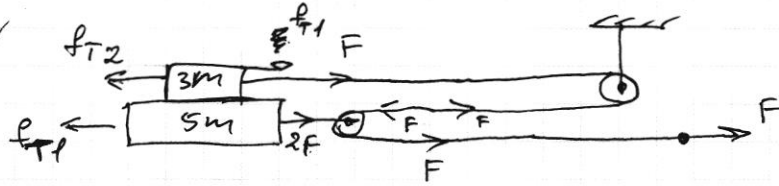
### ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 4.

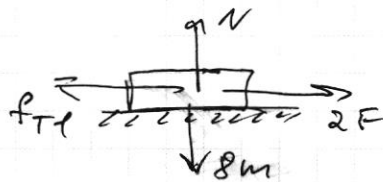
$$m_1 = 3 \text{ кг}$$

$$m_2 = 5 \text{ кг}$$

Ⓜ



1)  $f_{T2} = f_{T1}$



$\sum X$

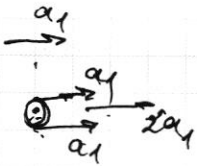
$$2F = \mu N$$

$\sum Y$

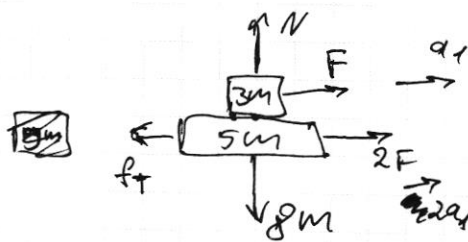
$$N = 8m$$

$$2F = 8 \mu m$$

$$F = 4 \mu m$$



1)



$$\left( \begin{array}{l} 2F_0 = \mu \cdot 8m \\ F_0 = 4 \mu m \end{array} \right)$$

$$3m a_1 = F$$

$$8m a_1 = 2F - \mu \cdot 8m$$

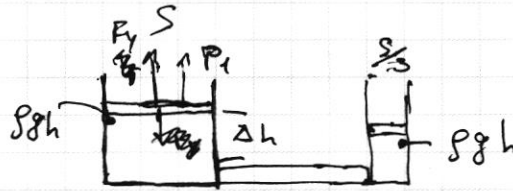
$$\frac{3}{8} = \frac{F}{2(F - \mu \cdot 4m)}$$

$$8F = 3F - 12 \mu m$$

$$\begin{array}{l} 5F = -12 \mu m \\ F = -\frac{12}{5} \mu m \end{array}$$

Ⓟ Ⓚ Ⓧ Ⓞ

$\Delta h = ?$



$$1) F_y = \rho g h_1 S = kx$$

$$h_1 = \frac{kx}{\rho g S}$$

$\Delta h =$

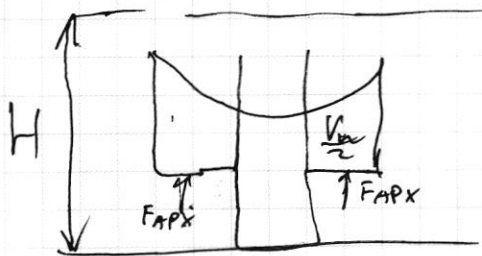
$$h_1 - \frac{\rho g h_2 \frac{S}{3}}{\rho g S}$$

~~h<sub>2</sub>~~

$$2) F_y = 0 \Rightarrow x = 0$$

$$mg = \rho g (h + 2x_1) S$$

~ S.



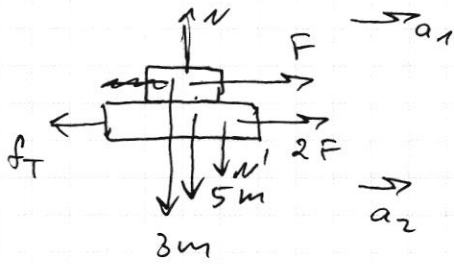
$$1) P_1 = P_0 + \rho g H$$

$$\text{Ⓜ} \text{Ⓥ} \quad S = 10 \text{ cm}^2$$

$$F_{APX} = \rho g V_2 g$$

~~h<sub>2</sub>~~





$$a_2 = 2a_1$$

$$3ma_1 = F$$

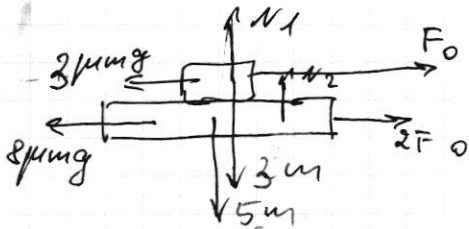
$$8m \cdot a \cdot 2 = 2F - \mu \cdot 8m$$

$$\frac{3}{16} = \frac{F}{2(4F - 4\mu m)}$$

$$6F - 12\mu m = 16F$$

$$\Rightarrow 10F = -12\mu m$$

$$F = -1,2\mu m$$



$$F_{TP1} = 0$$

$$8ma = 3T - F_{TP1} - F_{TP2}$$

$$8ma = 3T - 8\mu mg$$

$$8ma = \frac{8}{3}T$$

$$3T - 8\mu mg = \frac{8}{3}T$$

$$F_0 = T = \dots$$

$$3ma = T - F_{TP1}$$

$$ma = \frac{T}{3}$$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Grid area for writing the answer.

черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № 12  
(Нумеровать только чистовики)