

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

Вариант 09-02

Шифр

(заполняется секретарём)

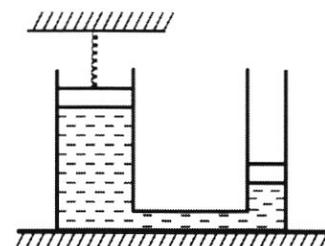
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 10$ м/с.

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/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. 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.

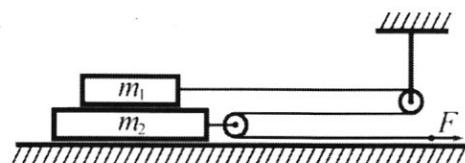
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты $h = R$, здесь R – радиус планеты.

Плотность планеты ρ . 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 μ . Массы нити и блоков, а также трение в осях блоков пренебрежимо малы.



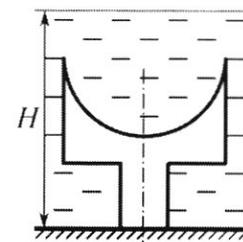
1) Найдите величину F_0 горизонтальной силы, которую следует приложить к свободному концу нити, чтобы нижний брусок скользил по столу, а сила трения, действующая на верхний брусок, была равна нулю.

2) Найдите 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 $V = 5$ дм³, площадь соприкосновения конструкции с дном через клей

$S = 10$ 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:

$$V_0 = 10 \frac{м}{с}$$

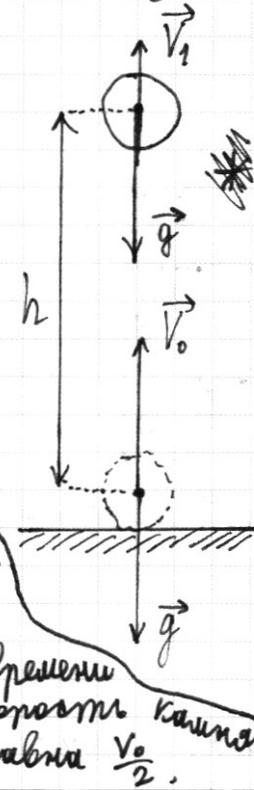
$$V_1 = \frac{V_0}{2}$$

1) $t = ?$

2) $h = ?$

$$g = 10 \frac{м}{с^2}$$

Решение:



Обозначение и величина V_1
 V_1 - конечная скорость камня
 $V_1 = \frac{V_0}{2} = \frac{10 \frac{м}{с}}{2} = 5 \frac{м}{с}$

$$1) V_1 = V_0 - gt \Leftrightarrow t = \frac{V_0 - V_1}{g} = \frac{10 \frac{м}{с} - 5 \frac{м}{с}}{10 \frac{м}{с^2}} = 0,5 с$$

~~Значит 2) $h = V_0 t - \frac{gt^2}{2}$~~

$$2) h = \frac{V_1^2 - V_0^2}{2(-g)} = \frac{V_0^2 - V_1^2}{2g} =$$

$$= \frac{(10 \frac{м}{с})^2 - (5 \frac{м}{с})^2}{20 \frac{м}{с^2}} = \frac{75 \frac{м^2}{с^2}}{20 \frac{м}{с^2}} = 3,75 м$$

По условию, нужен первый момент времени t , когда скорость камня будет равна $\frac{V_0}{2}$.

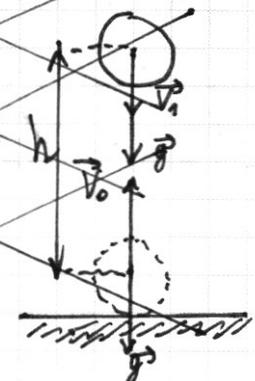
Ответ: 1) через $t = 0,5 с$; 2) на высоте $h = 3,75 м$.
(первый момент времени) и через $t = 1,5 с$

~~В условии не уточнено: нужно найти первый момент времени, когда скорость камня будет равна $\frac{V_0}{2}$, или все такие моменты.~~

~~В I случае: см. выше решение, начиная с *~~

~~В II случае: $V_1 = V_0 - gt \Leftrightarrow t = \frac{V_0 + V_1}{2} =$~~

~~$= \frac{10 \frac{м}{с} + 5 \frac{м}{с}}{10 \frac{м}{с^2}} = 1,5 с$; 2) $h = \frac{(-V_1)^2 - V_0^2}{2(-g)} = 3,75 м$~~



№2

Дано:

ρ - плотность
жидкости

X - деформация
пружин

S - площадь
сечения
левого поршня

$\frac{S}{3}$ - площадь
сечения
правого поршня

g - ускорение
свободного
падения

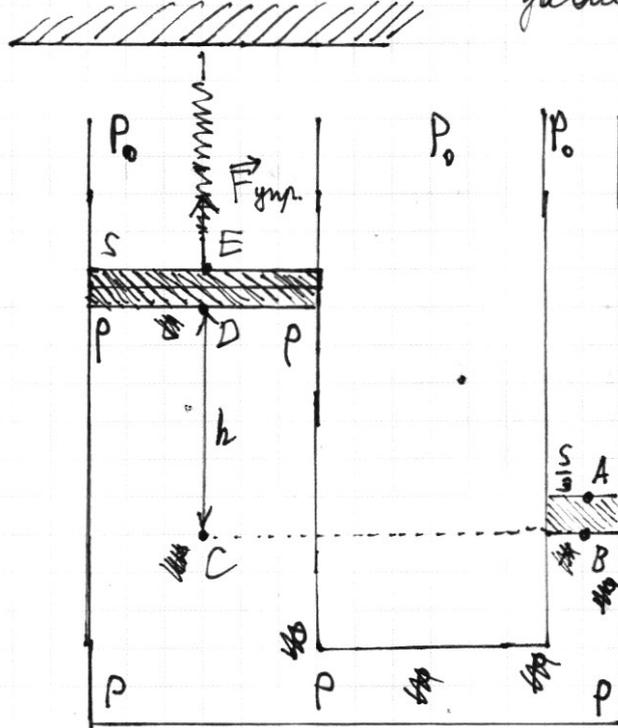
K - коэффициент
жёсткости
пружин

1) $h = ?$

2) $m = ?$

Решение:

P_0 - атмосферное
давление



$P_A = P_0$ (правый поршень лежит)
 $P_C =$

1) $P_A = P_0$ (давление атмосферы) = P_E

$P_B = P_A$ (на правый лежащий поршень действует только атмосфера и жидкость) = P_0 .

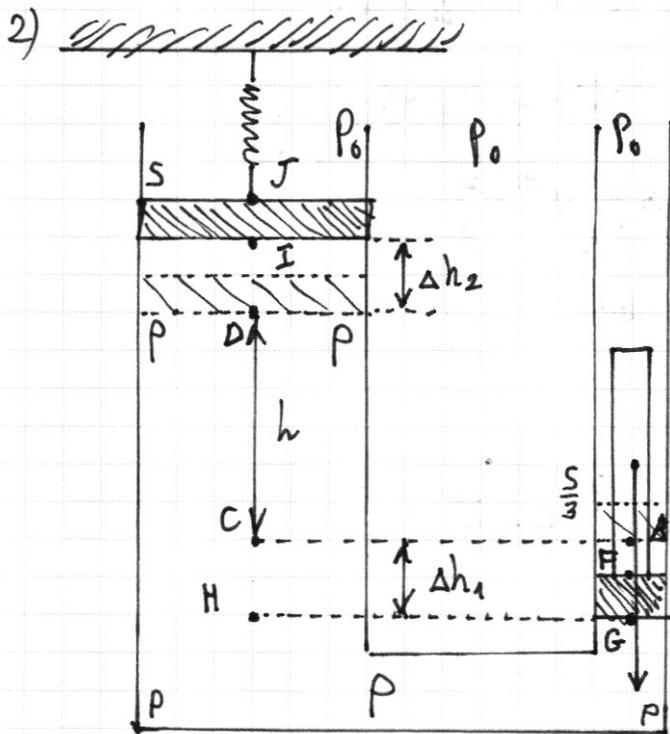
$P_C = P_B$ (равновесие системы; уровни одинаковы) = P_0 .

$P_D = P_C - \rho g h = P_0 - \rho g h$.

$P_E > P_D$, но поршень (левый лежащий) в равновесии \Rightarrow (II з. Н.) $P_D S + F_{\text{пруж.}} = P_E S$ ($F_{\text{пруж.}}$ направлена вверх) $\Leftrightarrow F_{\text{пруж.}} = \rho g h S \Leftrightarrow$ (по з. Г.:

$F_{\text{пруж.}} = KX$) $KX = \rho g h S \Leftrightarrow \boxed{h = \frac{KX}{\rho g S}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Пружина недеформирована (справа лёгкий поршень) $\Rightarrow p_I = p_J = p_0$
 $p_H = p_I + \rho g (h + \Delta h_2 + \Delta h_1) =$
 $= p_0 + \rho g (h + \Delta h_1 + \Delta h_2) =$
 $= p_G$ (равновесное состояние системы, уровни одинаковые).
 Δh_1 - на сколько опустился правый поршень

Δh_2 - на сколько поднялся левый поршень.

$$p_F = p_0 + \frac{mg}{\frac{S}{3}} = p_0 + \frac{3mg}{S}$$

Правый лёгкий поршень в равновесии \Rightarrow

$$\Rightarrow p_G = p_F \Leftrightarrow p_0 + \rho g (h + \Delta h_1 + \Delta h_2) = p_0 + \frac{3mg}{S} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \rho g m = \frac{\rho g S (h + \Delta h_1 + \Delta h_2)}{3} = \frac{\rho S (h + \Delta h_1 + \Delta h_2)}{3}$$

Пружина была ранее растянута на $x \Rightarrow$

$$\Rightarrow \Delta h_2 = x. \text{ Из нестжимаемости воды: } \Delta V_2 =$$

$= \Delta V_1$ (изменения объёмов воды в левом и правом коленах одинаковые по величине) \Leftrightarrow ~~противоположные по знаку~~

$$\Leftrightarrow \xi \cdot \Delta h_2 = \frac{\xi}{3} \cdot \Delta h_1 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \Delta h_1 = 3\Delta h_2 = 3x$$

$$U_{\max}, m = \frac{\rho S (h + 3x + x)}{3} = \frac{\rho S (h + 4x)}{3}$$

Используя, что $h = \frac{kx}{\rho g S}$, получаем:

$$m = \frac{\rho S \left(\frac{kx}{\rho g S} + 4x \right)}{3} = \frac{\rho S (kx + 4\rho g S x)}{3\rho g S} =$$

~~$$= \frac{kx + 4\rho g S x}{\rho S g^2} = \frac{kx}{\rho S g^2} + \frac{4x}{g}$$~~

~~$$= \frac{kx + 4\rho g S x}{3g} = \frac{kx}{3g} + \frac{4}{3}\rho S x$$~~

$$= \boxed{\frac{x(k + 4\rho g S)}{3g}}$$

Ответ: 1) $h = \frac{kx}{\rho g S}$ (в левом колене уровень воды больше, чем в правом); 2) $m = \frac{x(k + 4\rho g S)}{3g}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 3

Дано:

h - высота орбиты

R - радиус планеты

$$h = R$$

ρ - плотность планеты

G - гравитационная постоянная

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

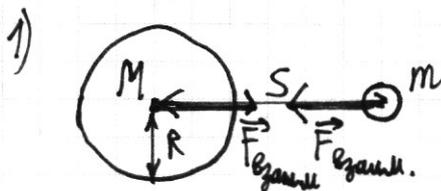
V - объём шара

$$S = 3R$$

1) $g = ?$

2) $T = ?$

Решение:



M - масса планеты

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

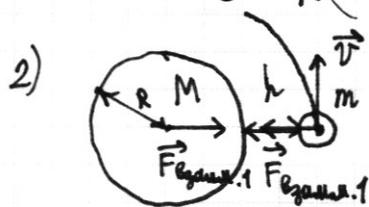
По закону всемирного тяготения:

$$F_{\text{взаим.}} = \frac{GmM}{S^2} \quad (S - \text{расстояние}$$

между центрами взаимодействующих тел: планеты и груза)

$$\Rightarrow g = \frac{F_{\text{взаим.}}}{m} = \frac{G \cdot M}{S^2} = \frac{G \cdot \frac{4\rho\pi R^3}{3}}{(3R)^2} =$$

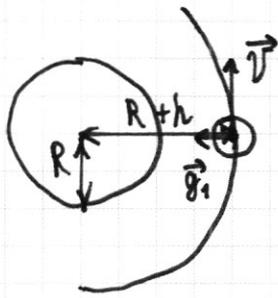
$$= \frac{G \cdot 4\rho\pi R \cdot R^2}{27 \cdot R^2} = \boxed{\frac{4G\rho\pi R}{27}}$$



$$\text{По з. в. т.: } F_{\text{взаим.1}} = \frac{GmM}{(R+h)^2} \Rightarrow g_1 = \frac{G \cdot M}{(R+h)^2} =$$

$$= \frac{G \cdot \frac{4\rho\pi R^3}{3}}{(2R)^2} = \frac{G\rho\pi R}{3} = \frac{v^2}{R+h} \Leftrightarrow (v -$$

скорость вращения спутника вокруг планеты)



Планеты) $v^2 = \frac{G\rho\pi R}{3} \cdot (R+h) =$
 $= \frac{2R^2 G\rho\pi}{3} \Leftrightarrow v = \frac{R \sqrt{2G\rho\pi}}{\sqrt{3}} = \frac{R \sqrt{6G\rho\pi}}{3} \Rightarrow$

$\Rightarrow T = \frac{L_{\text{окр.}}}{v}$ ($L_{\text{окр.}}$ — длина окружности — вокруг планеты орбиты, по которой движется спутник) =
 $= (L_{\text{окр.}} = 2\pi \cdot (R+h) = 4\pi R) \frac{4\pi R}{v} =$
 $= \frac{4\pi R}{\frac{R \sqrt{6} \cdot \sqrt{G} \cdot \sqrt{\rho} \cdot \sqrt{\pi}}{3}} = \frac{4\pi \cdot \sqrt{6} \cdot \sqrt{G} \cdot \sqrt{\rho} \cdot \sqrt{\pi} \cdot \pi}{\sqrt{6} \cdot G\rho\pi} = \boxed{\frac{2\sqrt{6}\pi G\rho}{G\rho}}$

Ответ: 1) $g = \frac{4G\rho\pi R}{27}$; 2) $T = \frac{2\sqrt{6}\pi G\rho}{G\rho}$

Примечание: в пункте 2:

g_1 — ускорение свободного падения на высоте h над ~~поверхностью~~ планетой (на расстоянии $R+h$ от центра планеты)

$F_{\text{взаим.}}^1$ — силы, с которыми взаимодействуют планета и спутник друг с другом

В пункте 1: $F_{\text{взаим.}}$ — силы, с которыми взаимодействуют ~~и~~ планета и другое тело.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 4

Дано:

m_1 - масса
верхнего
бруска

$m_1 = 3m$

m_2 - масса
нижнего
бруска

$m_2 = 5m$

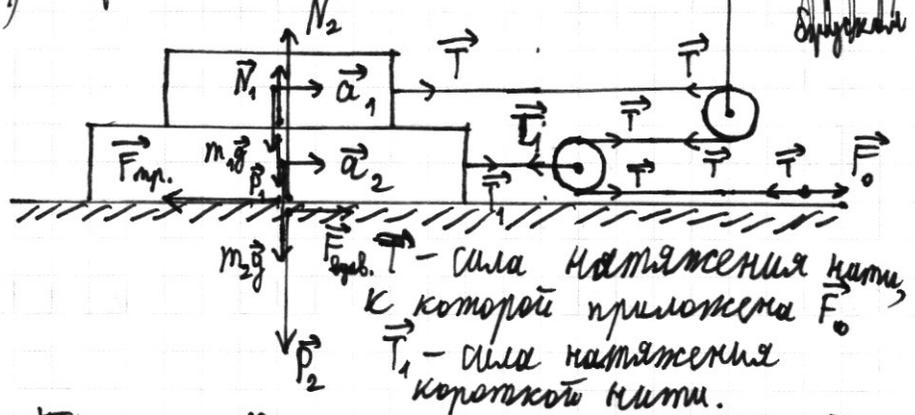
μ - коэффициент
трения
скольжения

1) $F_0 = ?$ 2) $F_{\min} = ?$

Решение: g - ускорение свободного падения

Через F_{\min} мы обозначим "минимальную силу $F \dots$ ".

1) $F_{\text{ср.в.}}$ - сила деформирования



По II з.Н. для конца нити: $T = F_0$

По II з.Н. для нижнего блока: $T_1 = 2T$

По II з.Н. для нижнего блока бруска: $F_1 = F_{\text{тр.}}$

$$\begin{cases} N_2 = P_1 + m_2 g \\ T_1 - F_{\text{тр.}} = m_2 a_2 \end{cases}$$

По з.Зул. - Ам.: $F_{\text{тр.}} = \mu N_2$ ($F_{\text{тр.}}$ - сила трения нижнего бруска о стол)

По III з.Н. для системы "верхний брусок - нижний брусок": $P_1 = N_1$

По II з.Н. для верхнего бруска:

$$\begin{cases} N_1 = m_1 g \\ T = m_1 a_1 \end{cases}$$

П.к. между досками (в пункте 1) трения нет,
то $a_1 = a_2 = a$

Запишем систему уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} T = F_0 \quad (1). \\ T_1 = 2T \quad (2). \\ N_2 = m_2 g + P_1 \quad (3). \\ T_1 - F_{\text{тр}} = m_2 a \quad (4). \\ F_{\text{тр}} = \mu N_2 \quad (5). \\ P_1 = N_1 \quad (6). \\ N_1 = m_1 g \quad (7). \\ T = m_1 a \quad (8). \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \text{Подставим (7) в (6): } P_1 = m_1 g \quad (9). \\ \text{Подставим (9) в (3): } N_2 = m_2 g + m_1 g \quad (10). \\ \text{Подставим (10) в (5): } F_{\text{тр}} = \mu g (m_1 + m_2) \quad (11). \\ \text{Подставим (1) в (2): } T_1 = 2F_0 \quad (12). \\ \text{Подставим (1) в (8): } F_0 = m_1 a \quad (13). \\ \text{Подставим (12) в (4): } 2F_0 - F_{\text{тр}} = m_2 a \quad (14). \\ \text{Подставим (11) в (14): } 2F_0 - \mu g (m_1 + m_2) = m_2 a \quad (15). \end{array}$$

Запишем новую систему уравнений:

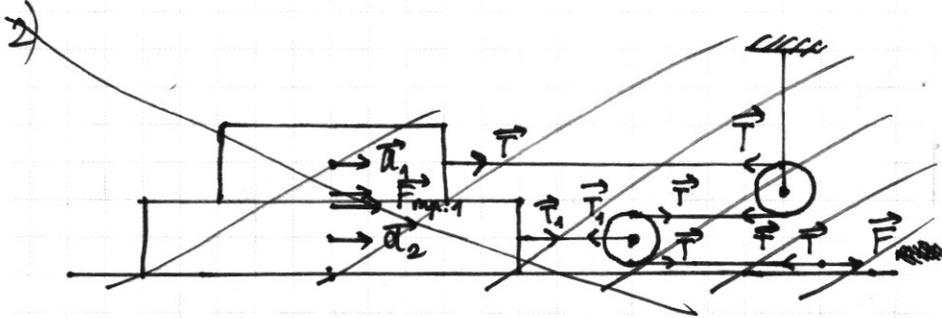
$$\left\{ \begin{array}{l} 2F_0 - \mu g (m_1 + m_2) = m_2 a \quad (15) \\ F_0 = m_1 a \quad (13) \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} a = \frac{2F_0 - \mu g (m_1 + m_2)}{m_2} \\ a = \frac{F_0}{m_1} \end{array} \right.$$

$$\begin{aligned} \text{Значит } \frac{F_0}{m_1} &= \frac{2F_0 - \mu g (m_1 + m_2)}{m_2} \Leftrightarrow F_0 m_2 = 2F_0 m_1 - \\ &- \mu g m_1 (m_1 + m_2) \Leftrightarrow F_0 (m_2 - 2m_1) = -\mu g m_1 (m_1 + m_2) \\ &= \mu g m_1 (m_1 + m_2) \Leftrightarrow F_0 = \mu g m_1 \frac{m_1 + m_2}{2m_1 - m_2} \end{aligned}$$

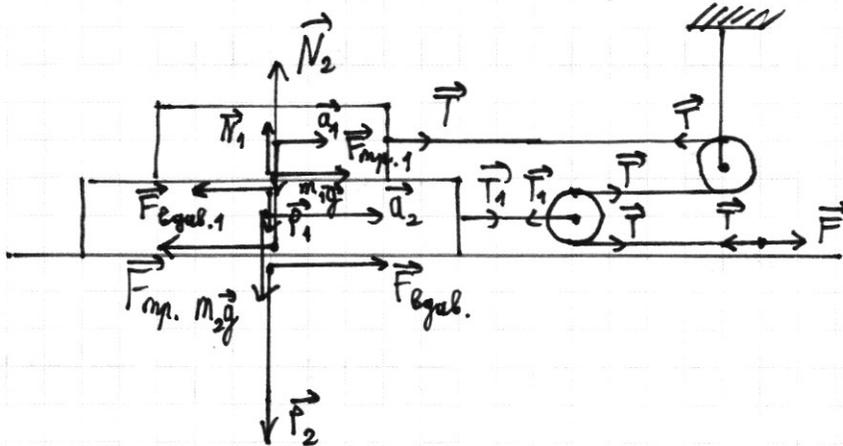
$$\begin{aligned} \text{П.к. } m_1 = 3m; m_2 = 5m; \text{ то } F_0 &= \mu g \cdot 3m \cdot \frac{3m + 5m}{2 \cdot 3m - 5m} = \\ &= \frac{3\mu g m \cdot 8m}{m_1} = \boxed{24\mu g m} \end{aligned}$$

$$\text{Итак, } \boxed{F_0 = 24\mu m g}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



2) Верхний брусок движется влево относительно нижнего $\Rightarrow a_1 < a_2$ и $\vec{F}_{\text{тр.1}}$ направлена вправо ($\vec{F}_{\text{тр.1}}$ - сила трения между брусками; $\vec{F}_{\text{тр}}$ - сила трения нижнего бруска о стол)



$F_{\text{деформ.1}}$ - сила деформирования нити бруска верхним

$F_{\text{деформ}}$ - сила деформирования стола верхним бруском.

По III з.Н. для конца нити: $T = F_{\text{деформ}}$

По II з.Н. для нижнего блока: $T_1 = 2T$. Значит $T_1 = 2F_{\text{деформ}}$

По II з.Н. для верхнего бруска:

$$\begin{cases} m_1 g = N_1 \\ T + F_{\text{тр.1}} = m_1 a_1 \end{cases}$$

По з.Зук.-Ам.: $F_{\text{тр.1}} = \mu N_1 = \mu m_1 g$.

Значит $F + \mu m_1 g = m_1 a_1 \Leftrightarrow a_1 = \frac{F + \mu m_1 g}{m_1}$

По III з.д. для системы „верхний брусок — нижний брусок“:
 $P_1 = N_1$ и $F_{\text{взв.1}} = F_{\text{тр.1}}$, т.е. $P_1 = m_1 g$ и $F_{\text{взв.1}} = \mu m_1 g$
 По II з.д. для нижнего бруска:

$$\begin{cases} N_2 = m_2 g + P_1 \\ T_1 - F_{\text{тр.}} - F_{\text{взв.1}} = m_2 a_2 \end{cases}$$

По з.д. Кул.-Ам.: $F_{\text{тр.}} = \mu N_2 = \mu (m_2 g + P_1) = \mu g (m_1 + m_2)$.

Значит $2F - \mu g (m_1 + m_2) - F_{\text{тр.1}} = m_2 a_2 \Leftrightarrow$

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

Итак, т.к. $a_1 \leq a_2$ ($=$, если верхний брусок движется равномерно влево ~~и~~ относительно нижнего бруска), то

$$\frac{F + \mu m_1 g}{m_1} \leq \frac{2F - \mu g (2m_1 + m_2)}{m_2} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow F m_2 + \mu m_1 m_2 g \leq 2F m_1 - 2\mu m_1^2 g - \mu m_1 m_2 g \Leftrightarrow$$

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

$$\Leftrightarrow F \geq \frac{2\mu m_1 g (m_1 + m_2)}{2m_1 - m_2} = \frac{2\mu \cdot 3m \cdot g \cdot (3m + 5m)}{2 \cdot 3m - 5m} =$$

$$= \frac{6\mu m g \cdot 8m}{m} = \boxed{48\mu m g}, \text{ т.е. } \boxed{F_{\min} = 48\mu m g}$$

Ответ: 1) $F_0 = \frac{24\mu m g}{m}$; 2) $F_{\min} = 48\mu m g$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5

Дано:

$$H = 3 \text{ м}$$

$$V = 5 \text{ м}^3$$

$$S = 10 \text{ м}^2$$

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

$$P_0 = 100 \text{ кПа}$$

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

Решение:

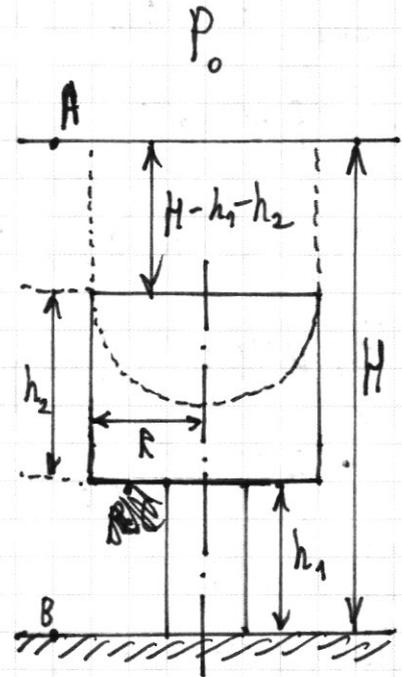
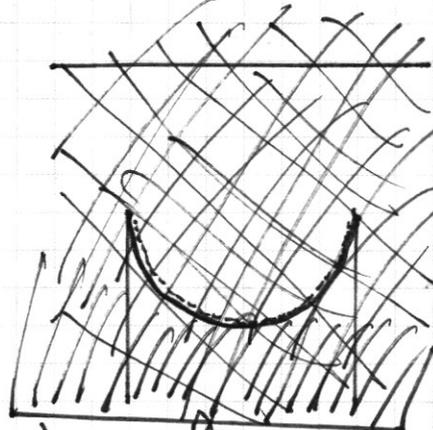
СИ:

$$0,005 \text{ м}^3$$

$$0,001 \text{ м}^2$$

$$1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$100.000 \text{ Па}$$



$$1) p_A = P_0$$

$$p_B = p_A + \rho g H =$$

$$= P_0 + \rho g H =$$

$$= 100.000 \text{ Па} + 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 3 \text{ м} =$$

$$= 100.000 \text{ Па} + 30000 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2 \cdot \text{м}^2} = 130.000 \text{ Па} = \boxed{130 \text{ кПа}}$$

~~$$2) V = S h_1 + \left(\pi R^2 \cdot h_2 - \frac{2}{3} \pi R^3 \right) = S h_1 + \pi R^2 h_2 - \frac{2}{3} \pi R^3$$~~

~~$$F_{\text{верх}} = \rho \left(\pi R^2 (H - h_1 - h_2) + \frac{2}{3} \pi R^3 \right) g =$$~~

~~$$= \rho g \cdot \pi R^2 \cdot \left((H - h_1 - h_2) + \frac{2}{3} R \right)$$~~

~~$$F_{\text{низ}} = P_0 \cdot (\pi R^2 - S) = (P_0 + \rho g (H - h_1)) \cdot (\pi R^2 - S) =$$~~

~~$$F_{\text{верх}} - F_{\text{низ}} = (P_0 + \rho g H - \rho g h_1) (\pi R^2 - S)$$~~

~~$$F_{\text{верх}} - F_{\text{низ}} =$$~~

$$F_{\text{сверху}} = p_A \cdot \pi R^2 + \rho (\pi R^2 (H - h_1 - h_2)) g + \rho \left(\frac{2}{3} \pi R^3 \right) g =$$

$$= p_0 \pi R^2 + \rho \pi R^2 g H - \rho \pi R^2 g h_1 - \rho \pi R^2 g h_2 +$$

$$+ \frac{2}{3} \rho \pi R^3 g$$

$$F_{\text{снизу}} = p_c (\pi R^2 - s) = (p_A + \rho g (H - h_1)) (\pi R^2 - s) =$$

$$\Rightarrow (p_0 + \rho g H - \rho g h_1) (\pi R^2 - s) = p_0 \pi R^2 + \rho \pi R^2 g H -$$

$$- \rho \pi R^2 g h_1 - p_0 s - \rho g H s + \rho g h_1 s$$

Значит $F_{\text{сверху}} - F_{\text{снизу}} = p_0 s + \rho g H s - \rho g h_1 s -$

$$- \rho \pi R^2 g h_2 + \frac{2}{3} \rho \pi R^3 g$$

Итак:

$$\left\{ \begin{array}{l} 0,001 \text{ м}^2 \cdot h_1 + \pi R^2 \cdot h_2 - \frac{2\pi R^3}{3} = 0,005 \text{ м}^3 \\ F_{\text{сверху}} - F_{\text{снизу}} = \end{array} \right.$$

2) Если бы вода потекла по дну, то

$$F_{\text{арх.}} = \rho g V = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 0,005 \text{ м}^3 = 50 \text{ Н (вверх)}$$

Но вода не потекла \Rightarrow снизу ^{вверх} действует сила $F_{\text{дна}} = p_0 S = p_1 S = 130.000 \text{ Па} \cdot 0,001 \text{ м}^2 = 130 \text{ Н}$

\Rightarrow ~~1300~~ Поскольку ($F_{\text{арх.}} < F_{\text{дна}}$) \vec{F} направлена вниз и $F = F_{\text{дна}} - F_{\text{арх.}} = 130 \text{ Н} - 50 \text{ Н} = 80 \text{ Н}$

Ответ: 1) $p_1 = 130 \text{ кПа}$; 2) $F = 80 \text{ Н}$ (\vec{F} направлена вниз)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3

$$\frac{GMm}{9R^2} = \frac{GM}{9R^2} = \frac{G \cdot \frac{4}{3}\pi R^3 \rho}{9R^2} =$$

$$= \frac{4G\rho\pi R}{27}$$

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

$$g_{\text{ср.}} = \frac{GM}{4R^2} = \frac{\frac{4}{3}\pi R^3 \rho \cdot G}{4R^2} = \frac{G\rho\pi R}{3} = \frac{v^2}{2R}$$

$$v = \sqrt{\frac{2G\rho\pi R^2}{3}} = \frac{R\sqrt{6G\rho\pi}}{3}$$

$$T = \frac{\pi \cdot 4R}{v} = \frac{\pi \cdot 4R \cdot 3}{R \cdot \sqrt{6G\rho\pi}} =$$

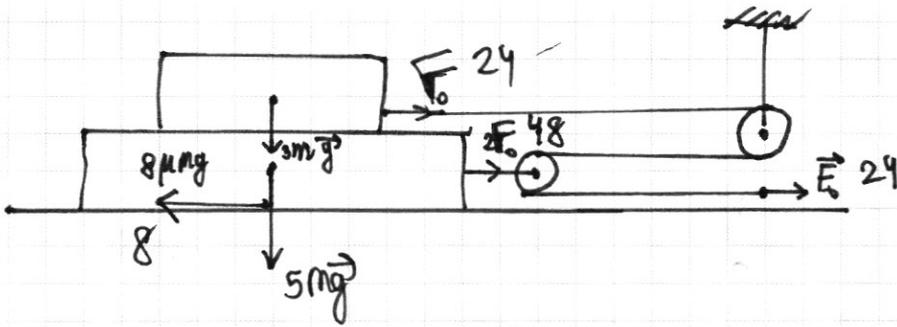
$$= \frac{\sqrt{\pi} \cdot 4 \cdot 3}{\sqrt{6} \cdot \sqrt{G\rho}} = \frac{2\sqrt{6}\pi}{G\rho}$$

$$Sh_1 + \pi R^2 h_2 - \frac{2}{3}\pi R^3 = V$$

№8

№2

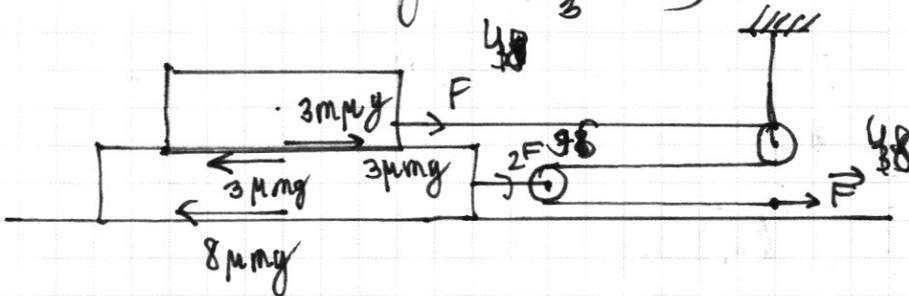
3. р. 1000 130 кПа $\frac{\pi}{\mu^3} \cdot \mu^2$ $\left(\frac{\pi}{\mu^3} \cdot \mu^2 + 4\mu \right)$



$$\frac{2F_0 - 8 \mu mg}{5m} = \frac{F_0}{3m} \quad \begin{matrix} 51 \\ 85 \end{matrix}$$

$$6F_0 - 24 \mu mg = 5F_0$$

$$F_0 = 24 \mu mg \quad \frac{42}{3} = \frac{70}{5}$$



$$\frac{F + 3 \mu mg}{3m} \leq \frac{2F - 1 \mu mg}{5m}$$

$$5F + 15 \mu mg \leq 6F - 3 \mu mg$$

$$F \geq 18 \mu mg$$