

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

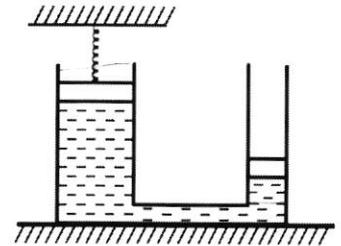
Вариант 09-02

Шифр

(заполняется секретарём)

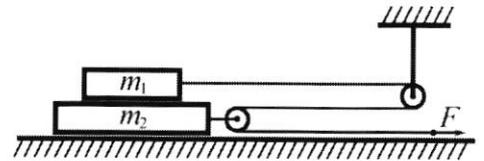
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 10$ м/с.
- 1) Через какое время t после старта скорость камня будет равна по величине $V_0/2$?
 - 2) На какой высоте h , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине $V_0/2$?
- Ускорение свободного падения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



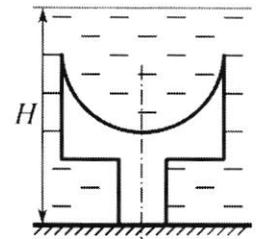
- 1) Найдите разность h уровней жидкости в сосудах.
 - 2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты $h = R$, здесь R – радиус планеты. Плотность планеты ρ . Гравитационная 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

$$\textcircled{1} \quad v_0 = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

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

$$t, h - ?$$

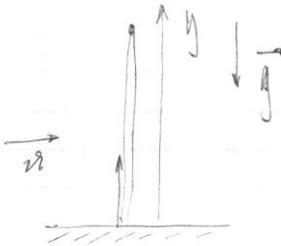


рис. 1

Реш - ии:

Тело движется прямолинейно,
равноускоренно. Ур - ии дб - ии
в этом случае выведет так:

$$\begin{cases} h(t) = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2 \\ v(t) = v_0 - g t \end{cases}$$

1) Величина скорости тела
равна по модулю $\frac{v_0}{2}$, т.е.:

$$\left| \frac{v_0}{2} \right| = v_0 - g t, \text{ что раскроем как}$$

$$\left[\begin{array}{l} \frac{v_0}{2} = v_0 - g t \\ -\frac{v_0}{2} = v_0 - g t \end{array} \right.$$

тело летит до верхней точки
траектории и имеет на-
правление сп - ги

$$\left[\begin{array}{l} t_1 = \frac{v_0}{2g} \\ t_2 = \frac{3v_0}{2g} \end{array} \right. \quad \left[\begin{array}{l} t_1 = \frac{10}{2 \cdot 10} = 0,5 \text{ (с)} \\ t_2 = \frac{3 \cdot 10}{2 \cdot 20} = 1,5 \text{ (с)} \end{array} \right.$$

2) Ввиду симметрии такого процесса в
оба момента t_1 и t_2 тело будет на одной
высоте, что и покажу подставив оба значения

$$\left[\begin{array}{l} h_1 = 10 \cdot 1,5 - \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 1,5^2 = 15 - 11,25 = 3,75 \text{ (м)} \\ h_2 = 10 \cdot 0,5 - \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 0,5^2 = 3,75 \text{ (м)} \end{array} \right.$$

Таким образом получено:

Ответ:

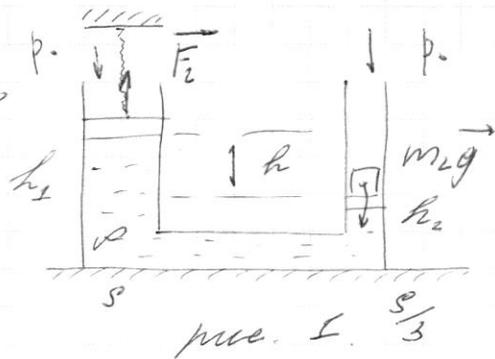
$$\begin{array}{l} t_1 = 0,5 \text{ с} \\ t_2 = 1,5 \text{ с} \\ h = 3,75 \text{ м} \end{array}$$

2

ρ
 $s, \frac{s}{3}$
 k, x, g
 h, m^{-2}

Реш-ие:

Если бы не было пружины в сосуде бы установилось одинаковое давл.



и одинаковые уровни жидкости:

$$\rho g h_1 = \rho g h_2$$

$$h_1 = h_2$$

Реш-ие давл-ие компенсируется

В нашей же ситуации уровень жидкости в левом сосуде выше, и система бы и находилась в равн-ии, если бы не пружина растянутое на x и удерживающая шариком. Вода / жидкость не может ступиться, т.к. между поверхностью шарика давл-ие, вакуум.

$$1) \begin{cases} \rho g h_1 - \frac{kx}{s} = \rho g h_2 \\ h_1 - h_2 = h \end{cases} \quad \left| \begin{array}{l} \text{По 3-й Гука } F = -kx \\ \text{Давл-ие } \frac{F}{s} = p \end{array} \right.$$

$$h = \frac{kx}{s \rho g} = \frac{kx}{\rho g s}$$

2). Если пружина станет неравновесной, то в левом колесе высота $(h_1 + x)$, в правом $(h_2 - \frac{sx}{s/3})$, из сохр-ие объема:

$$\begin{cases} \rho g (h_1 + x) = \rho g (h_2 - 3x) + \frac{m_2 g}{s/3} \\ (h_1 - h_2) \rho g = \frac{kx}{s} \end{cases}$$

$$m = \frac{\rho g h_1 - \rho g h_2 + \rho g (x + 3x) \frac{s}{3g}}{1} = \left(\frac{kx}{s} + \frac{\rho g 4x}{1} \right) \frac{s}{3g}$$

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

Ответ: $h = \frac{kx}{\rho g s}; m = x \left(\frac{k}{3g} + \frac{4}{3} \rho s \right)$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3) $h = R$

ρ, G

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

$$g_{3R}, T = 2$$

Решение:

Высота орбиты

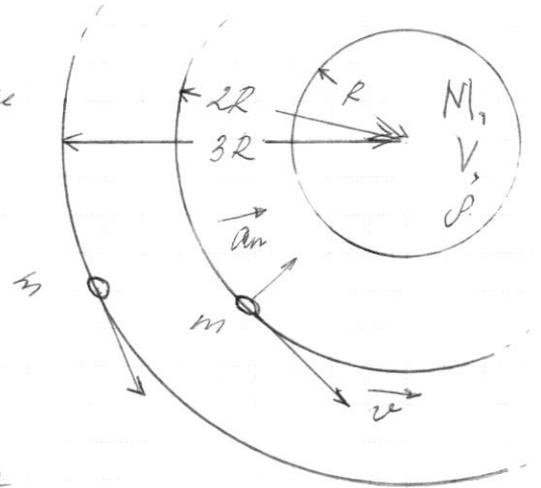
$h = R$, т.е.

расстояние

от центра

до планеты

$R + R = 2R$



1) Рассмотрим тело на орбите $3R$ от зв-си равн-о

$$\text{т.е. } \Sigma \vec{F}_i = 0$$

По 3-й координате телесенше:

$$F_1 = G \frac{M m}{(3R)^2}, \text{ где } M = \frac{4}{3} \pi R^3 \rho \quad (M = V \rho)$$

По II 3-й координате:

$$F_2 = m g_{3R}, \text{ тогда}$$

$$m g_{3R} = \frac{G}{3R^2} m \frac{4}{3} \pi R^3 \rho, \quad g_{3R} = \frac{4}{27} G \pi R \rho$$

2) Для того тела аналогично, шимь.

Высото $g_{3R} = a_n$, а высото $r = 3R$, $r = 2R$

$$a_n = \frac{v^2}{2R} = (\omega \cdot 2R)^2 \frac{1}{2R} = \omega^2 2R = \left(\frac{2\pi T}{T}\right)^2 \cdot 2R$$

где ω - угловая к-ть, v - шимь. Тогда

$$m \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 2R = G \cdot \frac{4}{3} \pi R^3 \rho \cdot m \frac{1}{4R^2}$$

$$\frac{2 \cdot 4 \pi^2 G}{T^2} = \frac{4}{3} \pi R \rho, \quad \frac{8 \pi^2}{T^2} = \frac{\rho}{3G}, \quad T = \sqrt{\frac{24 \pi^2}{\rho G}} = 2 \sqrt{\frac{6 \pi^2}{\rho G}}$$

Ответ: $g_{3R} = \frac{4}{27} G \pi R \rho, \quad T = 2 \sqrt{\frac{6 \pi^2}{\rho G}}$

5) $P_0 = 100 \text{ кПа}$
 $H = 3 \text{ м}$
 $V = 5 \text{ дм}^3$
 $S = 10 \text{ см}^2$
 $\rho = 10 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$

$P_1, F - ?$

Реш - ие:

1) Давление
 вблизи дна
 есть сумма
 атмосферного
 давл - ие и
 гидростатического
 на глубине H :

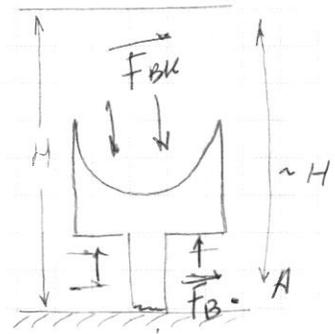


рис 1

$$P_1 = P_0 + \rho g H ; P_1 = 100 \text{ кПа} + 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{М}}{\text{с}^2} \cdot 3 \text{ м} =$$

$$= 100 \text{ кПа} + 30000 \text{ Па} = 130 \text{ кПа} \quad (P_1 = P_A)$$

2) Дие тела полностью погруженого
 в жидкость и под которое подтекает вода,
 все сила, действующая на него - есть
 сила Архимеда. $F = \rho g V$

Она возникает из-за разности давлений
 действующих сверху и снизу. На большой
 глубине давл - ие больше, поэтому сила
 выталкивает. Давление по бокам компен-
 сируется, для симметричной фигуры.

В нашем же случае, вода под толкает на
 дно и подтекает. Т.е. давление снизу
 стало меньше на $P_1 S$.

Таким образом получе, выталкиваю-
 щая сила $P_1 S$

$$F = P_A - \rho g V ; F = 5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 \cdot 10 \frac{\text{М}}{\text{с}^2} \cdot 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} - 130 \text{ кПа} \cdot 10 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 =$$

$$= 0,005 \cdot 10 \cdot 1000 - 130000 \cdot 0,001 = 50 - 130 = -80 \text{ Н}$$

" - " что сила направлена по дну.

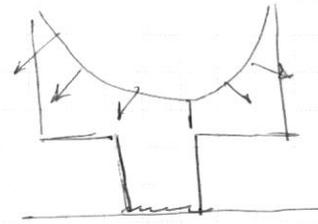
Таким образом:

ответ: $P_1 = 130 \text{ кПа}, F = 80 \text{ Н}, \text{ по дну}$

$$\frac{v^2}{2R} = G \cdot \frac{4}{3} \pi R^2 \cdot \frac{1}{4R^2}$$

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

$$T = \frac{4\pi R}{\sqrt{\frac{4}{3} G \pi R^2}} = 2\sqrt{\frac{6\pi}{G\rho}}$$



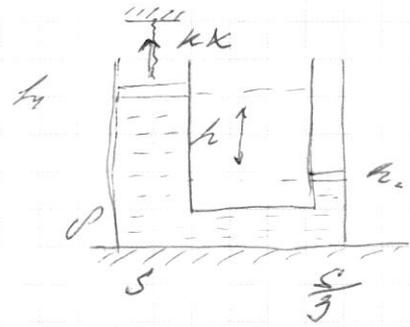
$$F_n - R_{1S} = 1000.0005$$

2

Решение:

ρ
 $S, \frac{S}{3}$
 g, h, m

$$\begin{aligned} 1. \quad \frac{kx}{S} + \rho g h_1 &= \rho g h_2 \\ \rho g h_1 - \frac{kx}{S} &= \rho g h_2 \\ \rho g (h_1 - h_2) &= \frac{kx}{S} \\ h_1 - h_2 = h &= \frac{kx}{\rho g S} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} 2. \quad \rho g (h_1 + x) &= \rho g (h_2 - \frac{xS}{S/3}) + \frac{mg}{S/3} \\ \rho g (h_1 + x) &= \rho g (h_2 - 3x) + \frac{3mg}{S} \\ \rho g h_1 + \rho g x &= \rho g h_2 - 3\rho g x + \frac{3mg}{S} \\ \frac{3mg}{S} &= \rho g (h_1 - h_2) + 4\rho g x = \frac{kx}{S} + 4\rho g x \end{aligned}$$

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

$$h = x \cdot M, \quad x = \frac{h}{M}$$

4) $m_1 = 3m$
 $m_2 = 5m$
 μ

Решение:

$F_0, F - 2$

$$1. \quad \vec{F}_{T1} + \vec{N}_1 + m_1 \vec{g} + \vec{F} = m_1 \vec{a}$$

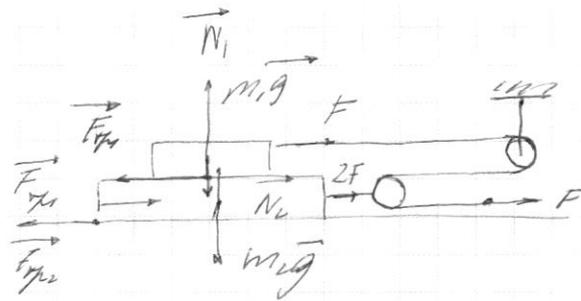
$$\begin{cases} F_{T1} = F \\ m_1 g = N_1 \end{cases} \quad F = \mu m_1 g, \quad a = \mu \frac{F}{m_1} - \mu g$$

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

$$\frac{2F_0}{5m} + \frac{3}{5}\mu g - \frac{8}{5}\mu g = \frac{F_0}{3m} - \mu g$$

$$F_0 \left(\frac{2}{5m} - \frac{1}{3m} \right) = 0$$

$$\frac{171^2}{172} = 60^3$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

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

$a, T - ?$

$F_{гг} = m a_n$

$F_g = G \frac{MM}{4R^2}, a_n = \omega^2 R - ?$

$\omega = \frac{2\pi}{T}$

$G \frac{MM}{4R^2} = \frac{4\pi^2}{T^2} 2RM, \text{ где } M = \frac{4}{3}\pi R^3 \rho$

$\frac{GM}{4R^2} \cdot \frac{4}{3}\pi R^3 \rho = \frac{4\pi^2}{T^2} 2RM \quad \frac{8\pi M}{T^2} = \frac{GM}{3}$

$\frac{8\pi}{T^2} = \frac{G\rho}{3}, \quad T = \sqrt{\frac{24\pi}{G\rho}} = 2\sqrt{\frac{6\pi}{G\rho}}$

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

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

1) $v_0 = 10 \frac{м}{с}$

$g = 10 \frac{м}{с^2}$

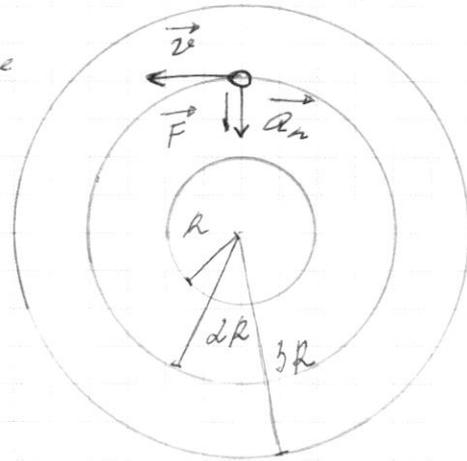
$v = v_0 - gt \quad -\frac{v_0}{2} = v_0 - gt$

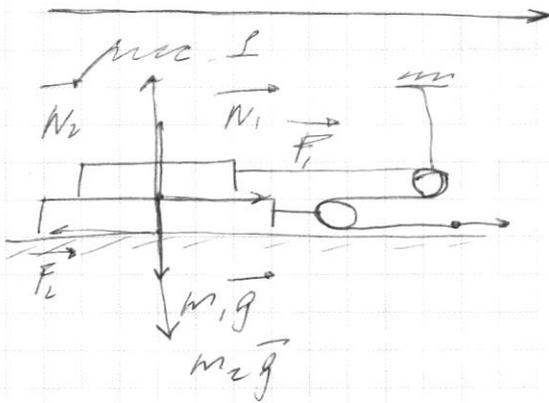
$\frac{v_0}{2} = v_0 - gt, \quad t = \frac{3v_0}{2g} = 1,5 (с)$

$h(t) = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2 \quad \frac{v_0}{2} = gt, \quad t = \frac{v_0}{2g} = 0,5 (с)$

$h(t) = 10 \cdot 1,5 - \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 2,25 = 15 - 5 \cdot 2,25 = 15 - 11,25 =$
 $\begin{array}{r} \times 2,25 \\ 15,00 \\ \hline 11,25 \\ \hline 3,75 \end{array} = 3,75 (м)$

ответ: $h = 3,75 м$
 $t = 1,5 с$
 $t = 0,5 с$





$$\vec{F}_2 + \vec{F}_{T2}$$

$$\frac{F + F_{T1}}{3m} < \frac{2F - F_{T1} - F_2}{5m}$$

$$5\mu F + 5\mu\mu mg = 6F - 3F_{T1} - 6\mu\mu mg$$

$$5F + 15\mu\mu mg = 6F - 9\mu\mu mg - 15\mu\mu mg$$

$$5F + 15\mu\mu mg = 6F - 24\mu\mu mg$$

$$F = 39\mu\mu mg$$

$$F_0 = 24\mu\mu mg$$

$$F = 48\mu\mu mg$$

1

$$\frac{F - 3\mu\mu mg}{3} = \frac{2F + 3\mu\mu mg - 6\mu\mu mg}{5}$$

$$5F - 15\mu\mu mg = 6F + 9\mu\mu mg - 18\mu\mu mg$$

$$F = -15\mu\mu mg + 18 - 9 = 18 - 9 - 15$$

$$\frac{F}{3} - \mu\mu mg = \frac{2}{5}F - \mu\mu mg$$

$$3ma = 3\mu\mu mg F$$

$$5ma = 2F - 8\mu\mu mg$$

$$\frac{5}{3} = \frac{2F - 8\mu\mu mg}{F}$$

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

$$\frac{F}{30\mu} = \frac{2F - 8\mu\mu mg}{5\mu}$$

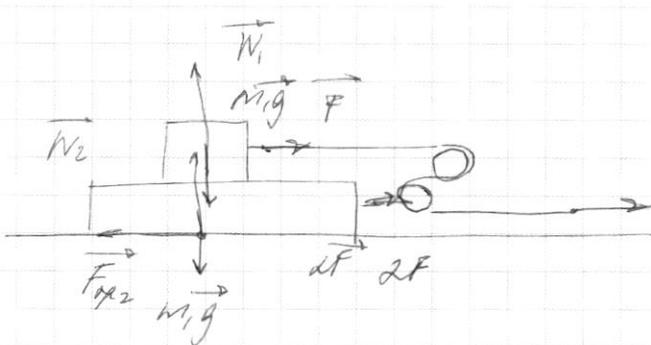
$$; \quad 5F = 6F - 24\mu\mu mg$$

3ma

$$5F + 15\mu\mu mg = 6F - 11$$

$$\frac{F + 3\mu\mu mg}{3} = \frac{2F - 11\mu\mu mg}{5}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\frac{40^2}{7^2} \cdot 2F = \frac{G}{4R^2} \cdot \frac{4}{3} \cdot R^3$$

$$\frac{240}{7^2} = \frac{G}{3}$$

$$F = \sqrt{8 \cdot 3(GR)^{-1}} = \frac{2\sqrt{G}}{GR}$$

$$\begin{cases} ma = 2F - \mu mg \cdot 2m \\ 2ma = F \end{cases}$$

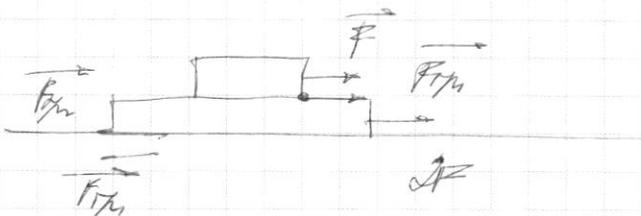
$$2(2F - 2\mu mg) = F$$

$$2F = 16\mu mg$$

$$F_0 = \frac{16}{3} \mu mg$$

$$2(F + 3\mu mg) < 2F + 3\mu mg - 3\mu mg$$

$$2F + 6\mu mg < 2F + 5\mu mg$$



$$k \cdot \frac{M^2}{M^2} = k$$

$$\frac{k}{k} \cdot M^2$$

$$2F + 6\mu mg < 2F - 11\mu mg$$

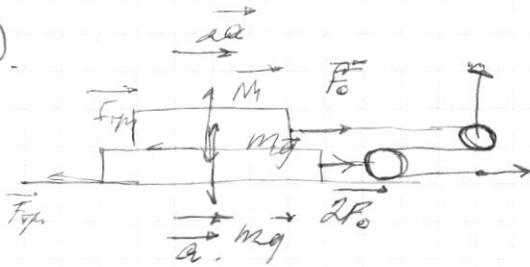
$$2F - 6\mu mg < 2F - 5\mu mg$$

$$\frac{1}{\frac{k}{M^2} \cdot \frac{M^2}{M^2}} = \sqrt{\frac{M \cdot k}{k}}$$

$$\sqrt{\frac{k \cdot M^2}{M^2 \cdot k}} = \sqrt{\frac{k \cdot M}{k}}$$

$$= \sqrt{\frac{M \cdot C^2 \cdot A}{M}} = c$$

4.



1)

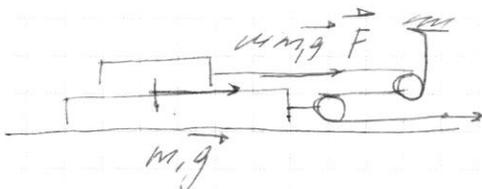
$$1. \quad 2ma = F_0 - \mu m_1 g$$

$$ma = \Delta F_0 + \mu m_1 g - \mu (m_1 + m_2) g$$

$$2 = \frac{F_0 - 3\mu mg}{2F_0 + 3\mu mg - 2\mu mg} = \frac{F_0 - 3\mu mg}{2F_0 - 5\mu mg}$$

$$4F_0 - 10\mu mg = F_0 - 3\mu mg$$

$$3F_0 = 7\mu mg, \quad F_0 = \frac{7}{3}\mu mg$$



2)

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

$$\frac{F}{3m} - \mu g < \frac{2F}{5m} -$$

$$\begin{cases} 2ma = F_0 \\ ma = 2F_0 - \mu (m_1 + m_2) g \end{cases} \quad 2 = \frac{F_0}{2F_0 - 8\mu mg}$$

$$4F_0 - 16\mu mg = F_0, \quad F_0 = \frac{16}{3}\mu mg$$

$$\frac{F + 3\mu mg}{3} = \frac{2F - 11\mu mg}{5}$$

$$5F - 15\mu mg = 6F - 15\mu mg$$

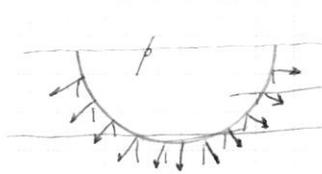
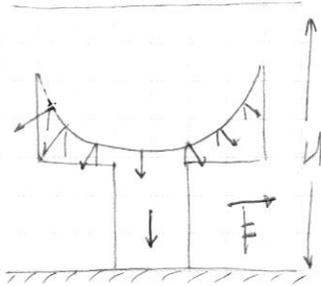
$$5F + 15\mu mg = 6F - 33\mu mg$$

$$\frac{2F}{2} = (15 + 33)\mu mg = 48\mu mg$$

$$\frac{F - 3\mu mg}{3} = \frac{2F - 5\mu mg}{5}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3



$$0 \text{ grad } \frac{\sigma}{L}$$

$$F_{\text{вн}} = 2 \int_0^{\frac{\pi}{2}} F \cos \varphi d\varphi =$$

$$= 2F \sin \varphi \Big|_0^{\frac{\pi}{2}} = 2F$$

$$S = 2\pi r^2$$

$$F_{\text{вн}} = 2F \cdot 2\pi r^2 = 4\pi r^2 F$$

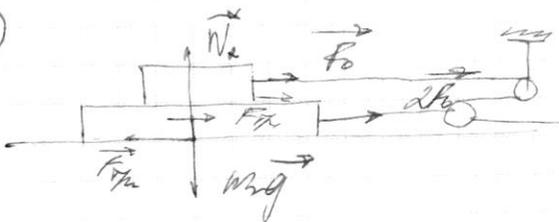
$$P_1 = \rho g h + p_0 = 1000 \cdot 10 \cdot 3 + 100 \text{ кПа} = 130 \text{ кПа}$$

$$F = \rho g V - P_1 S = 1000 \cdot 10 \cdot 0,005 - \frac{130 \cdot 10}{10000} =$$

$$= \frac{10000 \cdot 5}{1000} = 50 - 130 = -80 \text{ Н}$$

3) $g = G \cdot \frac{4}{3} \pi R^3 \cdot \frac{1}{R^2} = \frac{4}{3} g \pi R k$

4



$$\frac{40}{2} - \frac{10}{8} = \frac{40 - 10}{8} = \frac{30}{8} =$$

$$2a - 3 \text{ м/с}^2 = a + 3 \text{ м/с}^2 - 3 \text{ м/с}^2$$

$$2a = a - 3 \text{ м/с}^2 + 3 \text{ м/с}^2$$

$$a = -2 \text{ м/с}^2$$

$$T = 2 \sqrt{\frac{6\pi}{G\rho}}$$