Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

Вариант 09-02

Шифр

(заполняется секретарём)

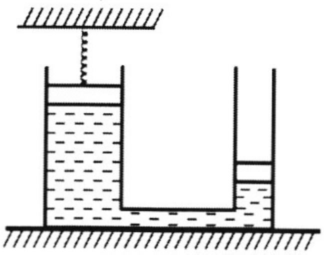
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 10$ м/с.

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^2. 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.

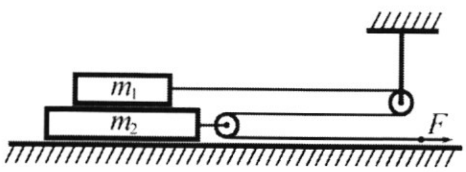
2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.

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.

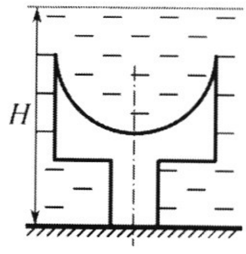
4. На горизонтальном столе находятся бруски, соединённые нитью с системой блоков (см. рис.). Массы брусков $m_1 = 3m$, $m_2 = 5m$. Коэффициент трения скольжения нижнего бруска по столу и верхнего бруска по нижнему равен μ. Массы нити и блоков, а также трение в осях блоков пренебрежимо малы.



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. Объем конструкции V = 5 дм^3, площадь соприкосновения конструкции с дном через клей S = 10 см^2. Плотность воды ρ = 1 г/см^3, атмосферное давление P_0 = 100 кПа. Ускорение свободного падения g =10 м/с^2.



1) Найдите давление P_1 вблизи дна.

2) Найдите величину F силы (с указанием направления), с которой вода действует на конструкцию.

ШИФР
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

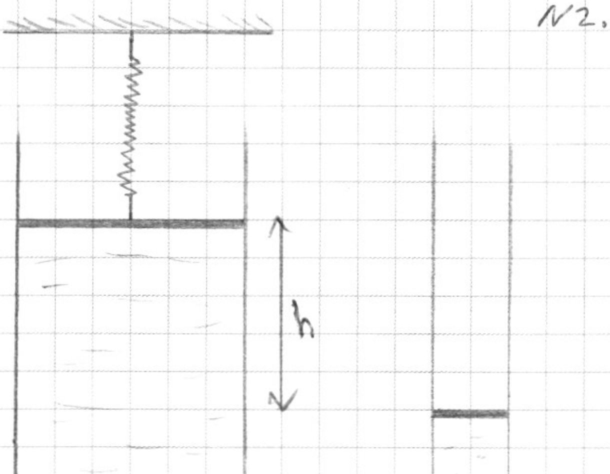
№1.

1) Через время t_1 скорость камня будет равна $0{,}5v_0$ и направлена вверх, а через время t_2 скорость камня будет равна $0{,}5v_0$ и направлена вниз. Тогда $t_1 = \frac{v_0 - 0{,}5v_0}{g} = \frac{0{,}5v_0}{g} = \frac{0{,}5 \cdot 10}{10} =$
$= 0{,}5$ (с), $t_2 = \frac{v_0 + 0{,}5v_0}{g} = \frac{1{,}5v_0}{g} = \frac{1{,}5 \cdot 10}{10} = 1{,}5$ (с).

2) Через время t_1 и t_2 камень будет находиться на одной и той же высоте $h = v_0 t_1 - \frac{g t_1^2}{2} = 10 \cdot 0{,}5 - \frac{10 \cdot 0{,}5^2}{2} =$
$= 5 - 1{,}25 = 3{,}75$ (м).

Ответ: 1) $t = t_1 = 0{,}5$ с и $t = t_2 = 1{,}5$ с; 2) $h = 3{,}75$ м.

№2.



1) Пусть атмосферное давление равно p_0, давление под правым поршнем равно p, давление под левым поршнем равно p_1.
Тогда на правый поршень будет действовать сила атмосферного давления $\frac{p_0 S}{3}$, направленная вниз, и сила давления со стороны жидкости $\frac{pS}{3}$, направленная вверх. Т.к. поршень находится в равновесии, $\frac{pS}{3} = \frac{p_0 S}{3} \Rightarrow p = p_0$.
На правый поршень будет действовать сила атмосферного давления $p_0 S$, направленная вниз, сила давления со

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

стороны жидкости $p_1 S$, направленная вверх, и сила упругости со стороны пружины kx. ~~Т.к. поршень находится в равновесии~~

$p_1 = p - \rho g h = p_0 - \rho g h \Rightarrow p_1 S < p_0 S \Rightarrow$ сила упругости пружины также направлена вверх (т.е. пружина растянута). Т.к. поршень находится в равновесии,

$p_1 S + kx = p_0 S \Rightarrow (p_0 - \rho g h) S + kx = p_0 S \Rightarrow \rho g h S = kx \Rightarrow$
$\Rightarrow h = \dfrac{kx}{\rho g S}$.

2) Чтобы пружина стала недеформированной, левый поршень должен подняться на x. Т.к. жидкость несжимаема, правый поршень должен опуститься на $\dfrac{xS}{\frac{1}{3}S} = 3x$. Тогда разница уровней жидкости станет равна $\Delta h = h + x + 3x = h + 4x$. Тогда давление под уровнем поршней станет равно $p_0 + \rho g \Delta h$. Т.к. поршень будет находиться в равновесии, $\frac{1}{3}(p_0 + \rho g \Delta h) S = \frac{1}{3} p_0 S + mg \Rightarrow \frac{1}{3}\rho g \Delta h S = mg \Rightarrow$

$\Rightarrow m = \frac{1}{3}\rho \Delta h S = \frac{1}{3}\rho S (h + 4x) = \frac{1}{3}\rho S \left(\frac{kx}{\rho g S} + 4x\right) =$
$= \frac{1}{3}\rho S \cdot \dfrac{kx + 4\rho g S x}{\rho g S} = \dfrac{kx + 4\rho g S x}{3g} = \dfrac{x(k + 4\rho g S)}{3g}$

Ответ: 1) $h = \dfrac{kx}{\rho g S}$; 2) $m = \dfrac{x(k + 4\rho g S)}{3g}$.

№ 3.

1) Найдем ускорение свободного падения g_0 на поверхности планеты (M – масса планеты, V – объем планеты):

$$g_0 = \frac{MG}{R^2} = \frac{\rho V G}{R^2} = \frac{\rho G \cdot \frac{4}{3}\pi R^3}{R^2} = \frac{4}{3}\pi \rho G R$$

Тогда ускорение свободного падения g на расстоянии $3R$ от центра планеты будет равно $g = g_0 \cdot \left(\frac{R}{3R}\right)^2 = \frac{g_0}{9} =$

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

$= \frac{1}{9}\cdot\frac{4}{3}\pi\rho G R = \frac{4}{27}\pi\rho G R.$

~~2) Найдем ускорение свободного падения g_2 на расстоянии 2R от центра планеты:~~

$g_2 = g_0\cdot\left(\frac{R}{2R}\right)^2 = \frac{g_0}{4} = \frac{1}{4}\cdot\frac{4}{3}\pi\rho g R = \frac{1}{3}\pi\rho g R.$

~~Пусть спутник движется со скоростью v. Тогда его центростремительное ускорение равно g_2, т.е.~~

$\frac{v^2}{2R} = g_2 \Rightarrow v = \sqrt{2Rg_2} = \sqrt{2R\cdot\frac{1}{3}\pi\rho g R} = R\sqrt{\frac{2}{3}\pi\rho g}$

~~Длина окружности, по которой движется спутник, равна~~

$l = 2\pi\cdot 2R = 4\pi R$. ~~Тогда~~ $T = \frac{l}{v} = \frac{4\pi R}{R\sqrt{\frac{2}{3}\pi\rho g}} = \frac{4\pi}{\sqrt{\frac{2}{3}\pi\rho g}} =$

$= \sqrt{\frac{16\pi^2}{\frac{2}{3}\pi\rho g}} = \frac{24\pi}{\rho g}$

$\frac{v^2}{2R} = g_2 \Rightarrow v = \sqrt{2Rg_2} = 2R\cdot\frac{1}{3}\pi)$

2) Найдем ускорение свободного падения g_2 на расстоянии 2R от центра планеты:

$g_2 = g_0\left(\frac{R}{2R}\right)^2 = \frac{g_0}{4} = \frac{1}{4}\cdot\frac{4}{3}\pi\rho G R = \frac{1}{3}\pi\rho G R$

Пусть спутник движется со скоростью v. Тогда его центростремительное ускорение равно g_2, т.е.

$\cancel{\frac{v^2}{R}}\quad \frac{v^2}{2R} = g_2 \Rightarrow v = \sqrt{2Rg_2} = \sqrt{2R\cdot\frac{1}{3}\pi\rho G R} = R\sqrt{\frac{2}{3}\pi\rho G}.$

Длина окружности, по которой движется спутник, равна

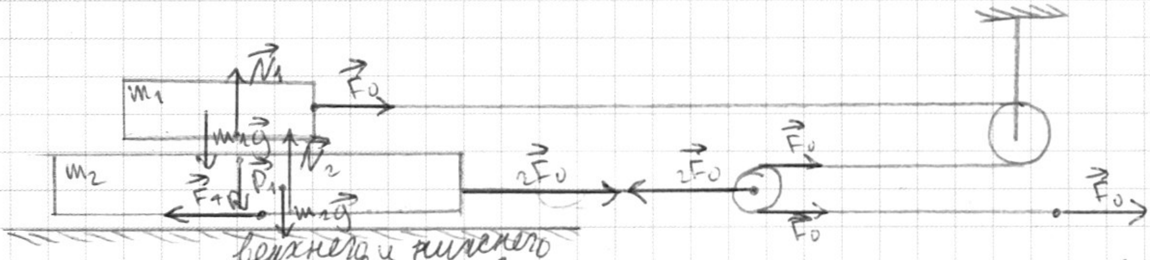
$l = 2\pi\cdot 2R = 4\pi R$. Тогда $T = \frac{l}{v} = \frac{4\pi R}{R\sqrt{\frac{2}{3}\pi\rho G}} = \frac{4\pi}{\sqrt{\frac{2}{3}\pi\rho G}} =$

$= \sqrt{\dfrac{16\pi^2}{\frac{2}{3}\pi \rho G}} = \sqrt{\dfrac{24\pi}{\rho G}} = 2\sqrt{\dfrac{6\pi}{\rho G}}$.

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

№4.

1)



Пусть ускорения верхнего и нижнего брусков относительно земли равны a_1 и a_2 соответственно. Т.к. сила трения, действующая на верхний брусок, равна нулю, бруски не проскальзывают друг по другу, т.е. $a_1 = a_2$.

Расставим силы, действующие на бруски и подвижный блок. На верхний брусок будет действовать сила натяжения нити $\vec{F_0}$, сила тяжести $m\vec{g}$ и сила реакции со стороны нижнего бруска $\vec{N_1}$. По второму закону Ньютона $\vec{N_1} + \vec{F_0} + m_1\vec{g} = m\vec{a_1}$. В проекции на горизонтальную ось получаем, что $F_0 = m_1 a_1 \Rightarrow a_1 = \frac{F_0}{m_1}$, в проекции на вертикальную ось получаем, что $N_1 = m_1 g$.

На нижний брусок будет действовать сила натяжения нити $2\vec{F_0}$, сила трения скольжения $\vec{F}_{тр}$, сила тяжести $m_2\vec{g}$, сила реакции со стороны стола $\vec{N_2}$ и вес верхнего бруска $\vec{P_1}$. По второму закону Ньютона $\vec{N_2} + m_2\vec{g} + \vec{P_1} + \vec{F}_{тр} + 2\vec{F_0} = m_2\vec{a_2}$, при этом $\vec{P_1} = -\vec{N_1} = m_1\vec{g}$, $F_{тр} = \mu N_2$. В проекции на вертикальную ось получаем, что $N_2 = (m_1 + m_2)g$, в проекции на горизонтальную ось получаем, МФТИ МИСиС МИРЭА СПбГЭТУ «ЛЭТИ» 1886

ШИФР
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

что $2F_0 - \mu(m_1+m_2)g = m_2 a_2 \Rightarrow a_2 = \frac{2F_0 - \mu g(m_1+m_2)}{m_2}$.

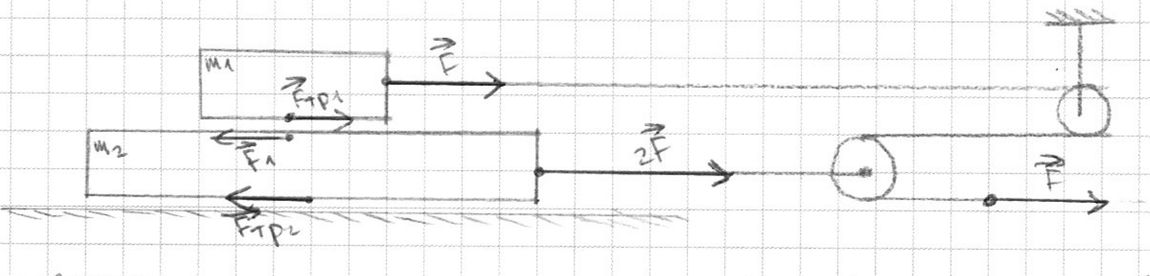
Т.к. $a_1 = a_2$, $\frac{F_0}{m_1} = \frac{2F_0 - \mu g(m_1+m_2)}{m_2} \Rightarrow$

$\Rightarrow F_0\left(-\frac{1}{m_1} + \frac{2}{m_2}\right) = \frac{\mu g(m_1+m_2)}{m_2} \Rightarrow F_0 \cdot \frac{2m_1 - m_2}{m_1 m_2} = \frac{\mu g(m_1+m_2)}{m_2} \Rightarrow$

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

$= \frac{\mu g(3m+5m)\cdot 3m}{2\cdot 3m - 5m} = \frac{\mu g \cdot 24m^2}{m} = 24\mu m g$.

2)



Расставим горизонтальные силы, действующие на бруски. На верхний брусок будет действовать сила натяжения нити $\vec{F}$ и сила трения скольжения $\vec{F}_{тр1}$ (при этом $F_{тр1} = \mu m_1 g$ и $\vec{F}_{тр1} \uparrow\uparrow \vec{F}$, т.к. верхний брусок движется влево относительно нижнего бруска). Пусть ускорения верхнего и нижнего брусков равны a_1 и a_2 соответственно. Тогда по второму закону Ньютона в проекции на горизонтальную ось $ma_1 = F + F_{тр1} \Rightarrow$

$\Rightarrow ma_1 = F + \mu m_1 g \Rightarrow a_1 = \frac{F + \mu m_1 g}{m_1}$.

На ~~во~~ нижний брусок будет действовать сила натяжения нити $2\vec{F}$, сила трения скольжения $\vec{F}_{тр2}$ и сила со стороны верхнего бруска $\vec{F}_1$ ($\vec{F}_1 = -\vec{F}_{тр1}$). Тогда по второму закону Ньютона в проекции на горизонтальную ось

$$m_2 a_2 = 2F - F_1 - F_{тр2} = 2F - \mu m_1 g - \mu(m_1 + m_2)g =$$
$$= 2F - \mu g(2m_1 + m_2) \Rightarrow a_2 = \frac{2F - \mu g(2m_1 + m_2)}{m_2}.$$

Т.к. верхний брусок движется влево относительно нижнего бруска, $a_2 > a_1$:

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

$$F\left(\frac{2}{m_2} - \frac{1}{m_1}\right) > \mu g\left(\frac{2m_1 + m_2}{m_2} + \frac{m_1}{m_1}\right)$$

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

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

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

$$F > \frac{2\mu g(3m + 5m)3m}{2 \cdot 3m - 5m}$$

$$F > \frac{48\mu g m^2}{m}$$

$$F > 48\mu m g$$

Ответ: 1) $F_0 = 24\mu m g$; 2) $F > 48\mu m g$.

№5.

1) Давление вблизи дна будет равно

$$p_1 = p_0 + \rho g H = 100000 + 1000 \cdot 10 \cdot 3 = 100000 + 30000 = 130\ (кПа).$$

2) Т.к. конструкция симметрична, сила давления воды на нее не будет иметь горизонтальной составляющей.

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

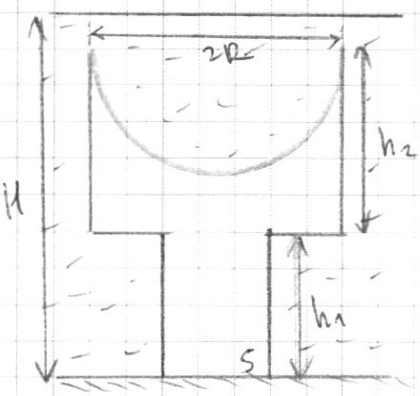


рис. 1

Вода будет давить на нижнюю поверхность конструкции с силой $\vec{F_1}$, направленной вверх.

$F_1 = \rho g(H-h_1)(\pi R^2 - S)$.

Вода будет давить на полусферу с силой $\vec{F_2}$, направленной вниз. При этом давление в некоторой точке A будет равно $p_A = \rho g((H-h_1-h_2) + R\sin\alpha)$, т.е. график $p(\alpha)$ будет иметь вид с рис. 3, где $p_1 = \rho g \cdot (H-h_1-h_2)$, $p_2 = \rho g(H-h_1-h_2+R)$.

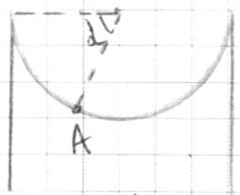
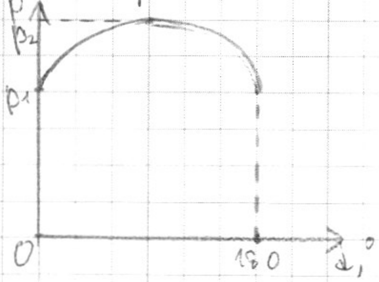


рис. 2



Тогда среднее давление на полусферу будет равно $p_{ср} = \cancel{(p_2-p_1)\cdot\pi\cdot 90°}$

$$= \frac{\frac{(p_2-p_1)\pi\cdot 90°}{2} + p_1\cdot 180°}{180°} =$$

$$= \frac{(p_2-p_1)\pi}{4} + p_1 =$$

$$= \frac{\rho g R\pi}{4} + \rho g(H-h_1-h_2) = \rho g(0{,}25\pi R + H - h_1 - h_2).$$

Площадь полусферы равна $2\pi R^2$, т.е. $F_2 = p_{ср}\cdot 2\pi R^2 = 2\pi R^2 \rho g(0{,}25\pi R + H-h_1-h_2)$. Тогда $F = F_2 - F_1 = 2\pi R^2\rho g(0{,}25\pi R+H-h_1-h_2) - \rho g(H-h_1)(\pi R^2 - S) = \rho g(2\pi R^2(0{,}25\pi R + H-h_1-h_2) - (H-h_1)(\pi R^2-S))$.

ШИФР
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1 $t_1 = \frac{v_0 - 0{,}5v_0}{g} = \frac{v_0}{2g} = \frac{10}{2\cdot 10} = 0{,}5(с)$

$t_2 = \frac{v_0 + 0{,}5v_0}{g} = \frac{1{,}5v_0}{g} = \frac{10\cdot 1{,}5}{10} = 1{,}5(с)$

$\cancel{h_1 = h_2 = \frac{(0{,}5v_0)^2}{2g} = \frac{v_0^2}{8g} = 1{,}25(м)}$

$h_2 = h_1 = v_0 t_1 - \frac{g t_1^2}{2} = 10\cdot 0{,}5 - \frac{10\cdot 0{,}5^2}{2} = 5 - 1{,}25 = 3{,}75(м)$

№2

~~$(p_0 - \rho g h)S$ пружина сжата~~

а) kx $(p_0 - \rho g h)S$ $p_0 S$ пружина растянута

$\rho g h S = kx$

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

б) x $3x$

$\Delta h = h + 4x$

$\frac{mg}{\frac{1}{3}S} = \rho g(h + 4x)$

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

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

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

$\frac{m\cdot M\cdot R^2}{R^2 \cdot m \cdot M}$

$\frac{M\left(\frac{m\cdot M\cdot R^2}{M^3\cdot R^2} + \frac{m\cdot M}{R^2\cdot M}\right)R^2}{M} = \frac{m}{M}M = m$

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

№3 Найдем g на поверхности:

$$mg = \frac{mMG}{R^2} \Rightarrow g = \frac{MG}{R^2} = \frac{\rho V G}{R^2} =$$

$$= \frac{\rho \cdot \frac{4}{3}\pi R^3 G}{R^2} = \frac{4}{3}\rho\pi R G \left[\frac{\cancel{кг}\cdot м\cdot \cancel{м^3}}{\cancel{м^3}\cdot \cancel{кг}\cdot c^2}\right]$$

На расстоянии 3R $g_{3R} = \frac{g}{9} = \frac{4}{27}\rho\pi R G$

На расстоянии 2R $g_{2R} = \frac{g}{4} = \frac{1}{3}\rho\pi R G$

$$\frac{v^2}{2R} = g_{2R} \Rightarrow \frac{v^2}{2R} = \frac{1}{3}\rho\pi R G \Rightarrow v^2 = \frac{2}{3}\rho\pi R^2 G \Rightarrow$$

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

$$T = \frac{l}{v} = \frac{2\pi\cdot 2R}{v} = \frac{4\pi R}{v} = \frac{4\pi \cancel{R}}{\cancel{R}\sqrt{\frac{2}{3}\rho\pi G}} =$$

$$= \sqrt{\frac{8\cdot 2\pi^{\cancel{2}}\cdot 3}{2\rho\pi G}} = \sqrt{\frac{24\pi}{\rho G}} = 2\sqrt{\frac{6\pi}{\rho G}}$$

$$\cancel{\left[\sqrt{\frac{1\cdot м^3\cdot кг}{кг\cdot м^3\cdot c^2}}\right] = \left[\frac{1}{c}\right]^2}$$

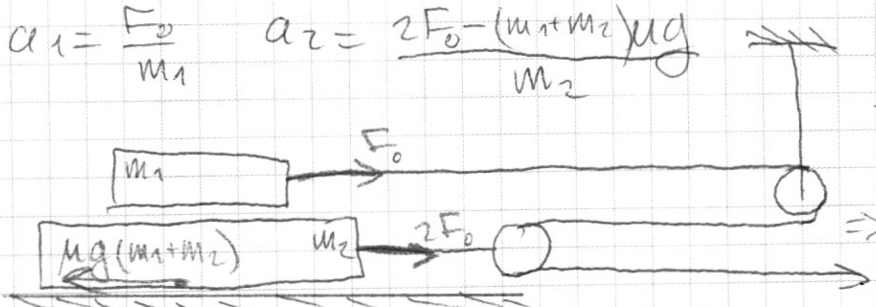
$$[G] \quad \frac{кг^2\cdot G}{м^2} = \frac{кг\cdot м}{c^2} \quad [G] = \frac{м^3}{кг\cdot c^2}$$

$$\left[\sqrt{\frac{\cancel{м^3}\cdot кг\cdot c^2}{кг\cdot \cancel{м^3}}}\right] = \left[\sqrt{c^2}\right] = [c]!$$

№4

а) если $F_{тр1} = 0$, $a_1 = a_2$

$$a_1 = \frac{F_0}{m_1} \quad a_2 = \frac{2F_0 - (m_1+m_2)\mu g}{m_2}$$



$a_1 = a_2 \Rightarrow$

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

$$\Rightarrow F_0 m_2 = m_1(2F_0 - (m_1+m_2)\mu g) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F_0(2m_1 - m_2) = m_1(m_1+m_2)\mu g \Rightarrow$$

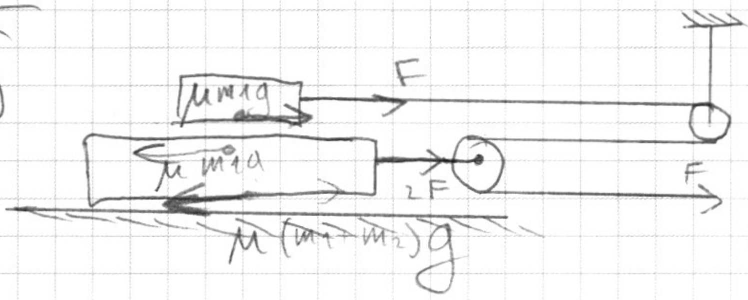
$$\Rightarrow F_0 = \frac{m_1(m_1+m_2)\mu g}{2m_1 - m_2} = \frac{3m\cdot 8m\cdot \mu g}{6m - 5m} = 24m\mu g$$

ОДЗ: $2m_1 - m_2$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4

б)



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

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

$a_2 > a_1$:

$$\frac{2F}{m_2} + \cancel{\mu g} > \frac{F}{m_1} + \cancel{\mu g} \Rightarrow F\left(\frac{2}{m_2} - \frac{1}{m_1}\right) > 0$$

$$\frac{F(2m_1 - m_2)}{m_1 m_2} > 0$$

~~при новом F?~~

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

ОДЗ: $2F > \mu g(2m_1+m_2) \Rightarrow F > \frac{\mu g(2m_1+m_2)}{2} \Rightarrow$ $\boxed{\Rightarrow F > 5{,}5\mu m g}$

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

$a_2>a_1$: $\frac{2F-\mu(2m_1+m_2)g}{m_2} > \frac{F+\mu m_1 g}{m_1} \Rightarrow$

$$\cancel{\Rightarrow F\left(\frac{1}{m_1} - \frac{2}{m_2}\right) < \frac{\mu(2m_1+m_2)g}{m_2} \Rightarrow F\frac{m_2-2m_1}{m_1m_2} <}$$

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

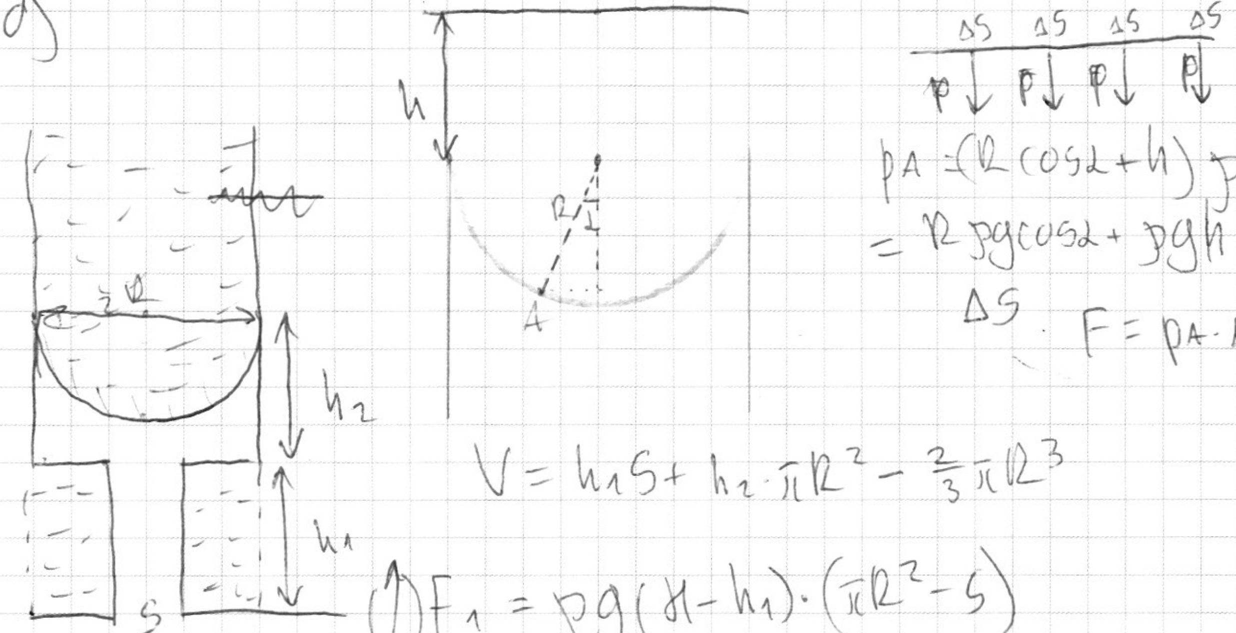
$$\cancel{\Rightarrow F < \frac{\mu(2m_1+m_2)m_1 g}{m_2-2m_1} \Rightarrow F < -\mu m_1 g}$$

N 5

$p_1 = p_0 + \rho g H = 100000 + 3 \cdot 10 \cdot 1000 = 130$ (кПа)

б)

$p\Delta S + p\Delta S + p\Delta S + p\Delta S = \cancel{\Delta S} = 4p\Delta S$



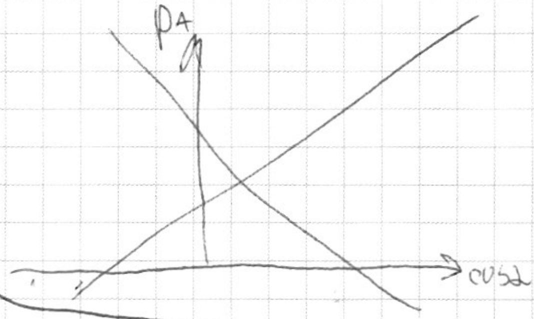
$p_A = (R\cos\alpha + h)\rho g = R\rho g\cos\alpha + \rho g h$

ΔS $F = p_A \cdot \Delta S$

$V = h_1 S + h_2 \cdot \pi R^2 - \frac{2}{3}\pi R^3$

$(\uparrow) F_1 = \rho g (H - h_1) \cdot (\pi R^2 - S)$

$(\downarrow) F_2 - ?$



$F\left(\frac{2}{m_2} - \frac{1}{m_1}\right) > \mu g \left(\frac{2m_1 + m_2}{m_2} + \frac{m_1}{m_1}\right)$

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

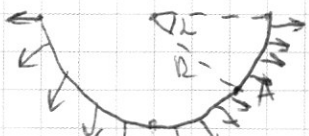
$\frac{F(2m_1 - m_2)}{m_1} > 2\mu g (m_1 + m_2)$

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

$F > \frac{2\mu g \cdot 3m \cdot 8m}{6m - 5m}$

$F > 2\mu g \cdot 24m$

$F > 48\mu mg$



$p_A = (R\sin\alpha + h)\rho g$