

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

Вариант 09-02

Шифр

(заполняется секретарём)

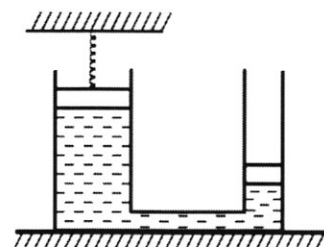
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 10$ м/с.

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.

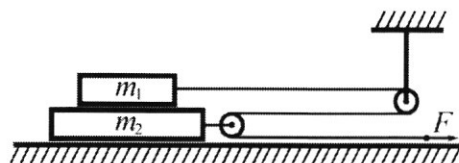
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты $h = R$, здесь R – радиус планеты.

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.

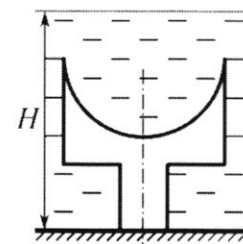
2) Найдите минимальную силу F , при которой нижний брусок скользит по столу, а верхний брусок движется влево относительно нижнего бруска.

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:

$$v_0 = 10 \frac{м}{с}$$

$$v_1 = \frac{v_0}{2}$$

Найти:

t ?

h ?

Решение: пусть v_1 — скорость камня

в тот момент, когда его

скорость равна $\frac{v_0}{2}$.

Обозначим нулевой уровень

на уровне поверхности, m — масса камня,

в проекции на OY : $v_1 = v_0 - g t$ (1)

т.к. $v_1 = \frac{v_0}{2}$, подставляем в (1)

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

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

$t = \frac{v_0}{2g} = 0,5 с$. Если скорость камня равна по

величине $\frac{v_0}{2}$, то она может быть направ-

лена и вниз, когда $v_1 = -\frac{v_0}{2}$. Подставим

это в (1)

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

$$g t = \frac{3v_0}{2}$$

$$t = \frac{3v_0}{2g} = 1,5 с.$$

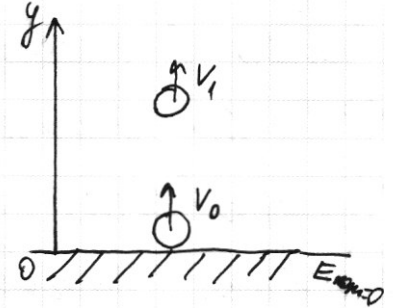
$$h = h_0 + v_0 t - \frac{g t^2}{2} \quad (2)$$

Подставляем найденные значения t в (2), получим

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

$$h = 0 + 10 \cdot 1,5 - \frac{10 \cdot 2,25}{2} = 15 - 11,25 = 3,75 м$$

Ответ: 0,5 с и 1,5 с; 3,75 м.

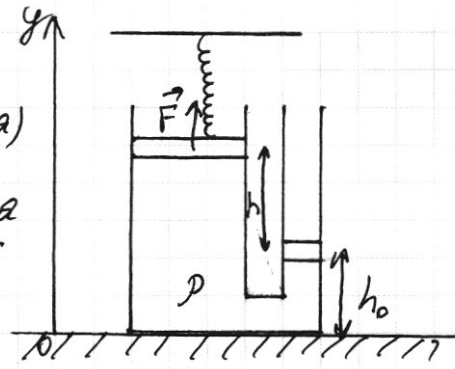


2. Давления между сосудами равны (они в состоянии равновесия)

Пусть левый поршень толкнется пружиной вверх с силой F .

Тогда в проекции на ось

OY он окажется под действием в $\frac{F}{S}$ \uparrow Давления сосудов направлено вниз, поэтому будет знак $-$. Пусть высота правого поршня относительно земли h_0 .



Тогда высота правого поршня будет $h + h_0$.

Допишем равновесие давлений: $\frac{F}{S} - \rho g(h + h_0) = -\rho g h_0$
 $\frac{F}{S} - \rho g h - \rho g h_0 = -\rho g h_0$; $\frac{F}{S} = \rho g h \Rightarrow h = \frac{F}{\rho g S}$
 $F = kx$ (по закону Гука), тогда $h = \frac{kx}{\rho g S}$

Если пружина станет передвинутой, то она не будет воздействовать на поршни, а высота левого поршня будет $h_0 + h + x$. Тем же, помещенная на правый поршень, оказывает давление $\frac{3mg}{S}$.

П.к. правый поршень обладает площадью 3 раза меньше, то его высота уменьшится на $3x$ и будет $h_0 - 3x$.

~~ρg~~ ρ давления на левом поршне равное давлению

$$-\rho g(h + h_0 + x) = -\frac{3mg}{S} - \rho g(h_0 - 3x)$$

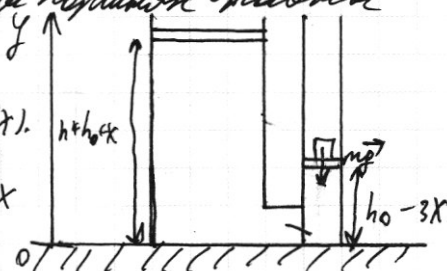
$$\rho g h + \rho g h_0 + \rho g x = \frac{3mg}{S} + \rho g h_0 - 3\rho g x$$

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

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

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

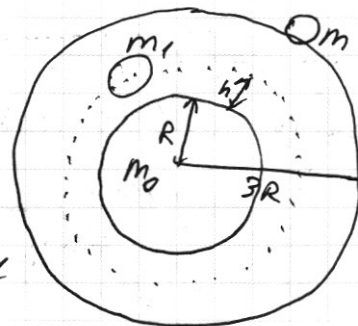
$$m = \frac{\rho S(h + 4x)}{3} = \frac{kx}{3g} + \frac{4\rho S x}{3} = \frac{x(k + 4\rho g S)}{3g}$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3. Найдем массу планеты: $m = V \cdot \rho =$
 $= \frac{4\pi R^3}{3} \cdot \rho = \frac{4\pi R^3 \rho}{3}$

Обозначим её за m_0 . Массу тела на
расстоянии $3R$ от центра обозначим
за m . По закону всемирного тяготения:



$F = G \cdot \frac{m_0 \cdot m}{9R^2}$. По II закону Ньютона: $a = \frac{F}{m} \Rightarrow F = ma$.

приравняем силы:

$$ma = G \cdot \frac{m_0 \cdot m}{9R^2}; \quad a = g; \quad g = \frac{G \cdot m_0}{9R^2} = \frac{G \cdot 4\pi R^3 \cdot \rho}{27R^2}$$

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

Найдем ускорение свободного падения на расстоянии
 $2R$. m_0 та же сила, вычислим орбиту.

$F = \frac{m_0 m_1 \cdot G}{4R^2}$, где m_1 - масса спутника. $a = \frac{F}{m_1} \Rightarrow F = m_1 a$
 $m_1 a = m_1 g = \frac{m_0 m_1 \cdot G}{4R^2} \Rightarrow g = \frac{m_0 G}{4R^2} = \frac{G \cdot 4\pi R^3 \cdot \rho}{3 \cdot 4R^2} = \frac{G\pi R \rho}{3}$

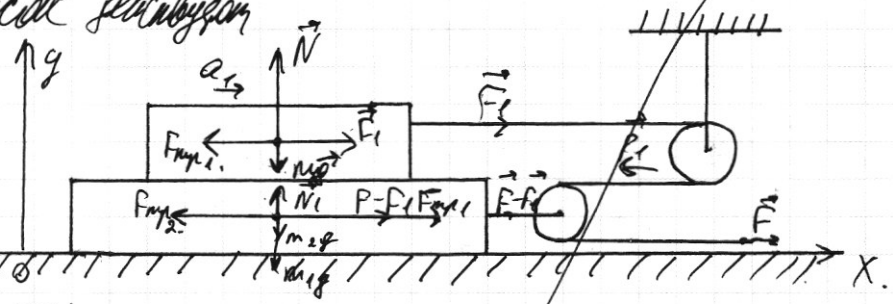
$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ (формула Гюйгенса). $l = 2R$, $g = \frac{G\pi R \rho}{3}$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{2R \cdot 3}{G\pi R \rho}} = 2\pi \sqrt{\frac{6}{G\pi \rho}} = \sqrt{\frac{24\pi}{G\rho}} = 2\sqrt{\frac{6\pi}{G\rho}}$$

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

4. Обозначим силы, с которыми нить тянет брусок 1 за F_1 .
 Считаем, что тела - материальные точки, все силы направлены
 к центру. Над бруском действует

силы: $m_1 \vec{g}$; \vec{N} ; \vec{F}_1 ; $\vec{F}_{тр1}$.
 $F_{тр1}$ - сила трения
 первого бруска об второй.



по II закону Ньютона:

$$\vec{a}_1 = \frac{\vec{F}}{m_1} \Rightarrow m_1 \vec{a}_1 = \vec{F} = \vec{N} + \vec{F}_1 + m_1 \vec{g} + \vec{F}_{тр1} \quad a_1 \text{ ускорение (бруска)}$$

Проекция на OY: $0 = N - m_1 g \Rightarrow N = m_1 g$.

Ox: $F_1 m_1 a_1 = F_1 - F_{тр1} = F_1 - \mu N = F_1 - \mu m_1 g; a_1 = \frac{F_1 - \mu m_1 g}{m_1}$
 На второй брусок действуют: \vec{N}_1 , $m_2 \vec{g}$, $m_1 \vec{g}$ (брусок давит на),
 $\vec{F} - \vec{F}_1$, $\vec{F}_{тр2}$, $\vec{F}_{тр1}$ (по III закону Ньютона).

Аналогично: $m_2 \vec{a}_2 = \vec{N}_1 + m_2 \vec{g} + m_1 \vec{g} + (\vec{F} - \vec{F}_1) + \vec{F}_{тр2} + \vec{F}_{тр1}$
 OY: $0 = N_1 - m_1 g - m_2 g \Rightarrow N = (m_1 + m_2) g$

Ox: $m_2 a_2 = F_{тр1} + F - F_1 - F_{тр2} = F - F_1 + \mu m_1 g - \mu (m_1 + m_2) g$
 $m_2 a_2 = F - F_1 - \mu m_2 g; a_2 = \frac{F - F_1 - \mu m_2 g}{m_2}$

если сила трения, действующая на верхний брусок,
 равна нулю, то бруски 1 и 2 движутся с одинаковым
 ускорением:

$$a_1 = a_2; \quad \frac{F_1 - \mu m_1 g}{m_1} = \frac{F - F_1 - \mu m_2 g}{m_2}$$

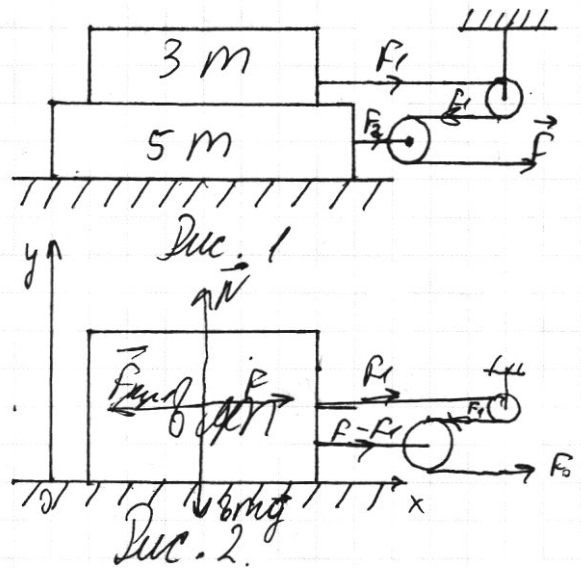
$$\frac{F_1}{m_1} - \mu g = \frac{F - F_1}{m_2} - \mu g; \quad F_1 \cdot m_2 = m_1 (F - F_1)$$

$$a_1 = \frac{F_1}{m_1} - \mu g = \frac{F_1}{3m} - \mu g \quad 3m a_1 + 5m a_2 = F - 8 \mu m g$$

$$a_2 = \frac{F - F_1}{m_2} - \mu g = \frac{F - F_1}{5m} - \mu g \quad a_1 = a_2 \Rightarrow 6m a = F - 8 \mu m g$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4. Если силы трения между брусками нет, то они движутся с одинаковым ускорением и их можно рассматривать как одно тело массой 8 м. Поверхность принимает вид как на рисунке 2.



Пусть сила, приложенная в верхней точке, равна F_1

Поверх и нижней точке тела приложена сила $F_0 - F_1$. В сумме к телу приложена сила F_0 , а сила трения равна $F_{тр}$. Направим её из II закона Ньютона: $0 \frac{F_0}{8m} \Rightarrow 8ma = F_0 - N + F_0 + 8m\mu F_{тр}$

$$Oy: 0 = N - 8mg \Rightarrow N = 8mg.$$

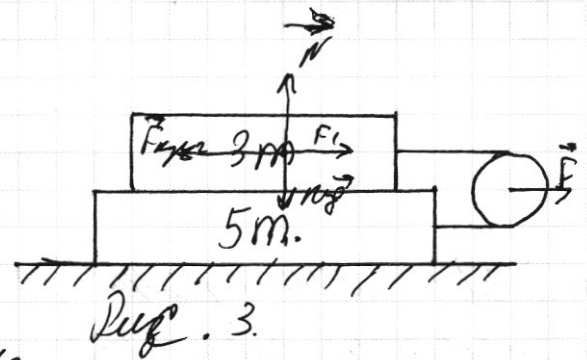
$$Ox: 8ma = F_0 - F_{тр} = F_0 - \mu N = F_0 - 8\mu mg.$$

$a = 0$ (тело движется равномерно).

$$F_0 - 8\mu mg = 0 \Rightarrow F_0 = 8\mu mg.$$

Обозначим за F_1 силу, действующую от точки на верхней бруске, а F_2 - на нижней. Тогда из конструкции блоков $F_1 + F_2 = F$. Тогда можно заметить конструктивно блок, учитывая его положение относительно бруска.

Известная схема приведена на рисунке 3. Когда для того, чтобы нижний брусок соскользнул по стержню, необходимо приложить F_0 , тогда брусок будет двигаться относительно



бруска 2, а для сдвига необходимо к F_0 прибавить силу F_1 , которая компенсирует $F_{тр2}$. Итого $F_{пр} = F_1$.

Из II закона Ньютона $\vec{a} = \frac{F}{3m} \Rightarrow 3m\vec{a} = F$

$$3m\vec{a} = \vec{N} + \vec{F}_1 + \vec{F}_{тр2} + m\vec{g};$$

$$OY: 0 = N - mg \Rightarrow N = mg$$

$$OX: ma = F_1 - F_{тр2} = F_1 - \mu N = F_1 - 3\mu mg.$$

$a = 0$ (тело движется равномерно).

$$F_1 = 3\mu mg$$

П.к. сила первичная, то к F необходимо прибавить $2F_1$.

$$\text{тогда } F = F_0 + 2F_1 = 8\mu mg + 6\mu mg = 14\mu mg.$$

Ответ: $8\mu mg$; $14\mu mg$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

5. Рассмотрим силы, которые действуют на крыльчатку коло и сколько действовали бы на коло, не будь оно крыльчатко. Если бы коло было крыльчатко, то на коло действовали бы только сила Архимеда

($\rho g V$), но из-за крыльчатко сила от этой силы отнимает силу давления со дна ($P_1 \cdot S$). Найдем P_1 .

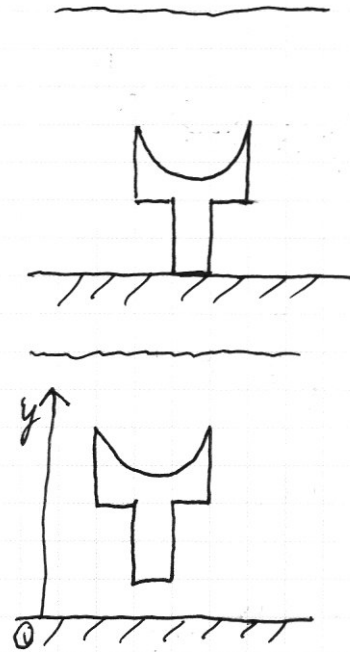
$$P_1 = \rho g H + P_0 = 1 \cdot 10^3 \cdot 3 + 10^5 = 103000 \text{ Па} = 103 \text{ кПа}$$

$$F_a = \rho g V = 1 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 50 \text{ Н.}$$

$$F = F_a - P_1 \cdot S = 50 - 103000 \cdot 10 \cdot 10^{-4} = 50 - 103 = -53 \text{ Н.}$$

Знак - означает, что сила направлена вниз (вниз на OY).

Ответ: 103 кПа; 53 Н вниз.





черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$a_1 = \frac{F_1}{3m} - \mu g = \frac{5F_1}{15m} - \mu g$$

$$a_2 = \frac{F_2 - F_1}{5m} \mu g = \frac{F}{5m} - \mu g - \frac{F_1}{5m}$$

$$a_1 - a_2 < 0$$

$$\frac{F_1}{3m} - \frac{F - F_1}{5m} < 0$$

$$5F_1 - 3(F - F_1) < 0$$

$$5F_1 - 3F + 3F_1 < 0$$

$$8F_1 < 3F$$

$$F_1 < \frac{3}{8}F$$

$$F_1 = \frac{3}{8}F$$

$$a_1 = a_2 = \frac{3F}{8 \cdot 3} - \mu g = \frac{F}{8} - \mu g$$

$$a_2 = \frac{F}{5m} - \mu g - \frac{3F_1}{15m} = \frac{F}{5m} - \mu g - \frac{3}{5}a_1 - \frac{3}{5}\mu g$$

$$a_2 + \frac{3}{5}a_1 = \frac{F}{5m} - \frac{2}{5}\mu g$$

$$8a_1 + 5a_2 = \frac{F}{m} - 6\mu g$$

$$3F > 8F_1$$

$$F > \frac{8}{3}F_1$$

$$F_1 < \frac{3}{8}F$$

$$\frac{[G] \cdot [L] \cdot [K]}{C \cdot C} = \frac{[G] \cdot [L] \cdot [K]}{M \cdot M}$$

$$[G] = \frac{M^3 \cdot K}{L \cdot C^2}$$

$$\frac{M \cdot [K] \cdot [K]}{C^2} \cdot \frac{[K]}{L^3}$$

$$\frac{M^3 \cdot [K] \cdot [K]}{[L] \cdot C^2} \cdot \frac{[K]}{M^3}$$

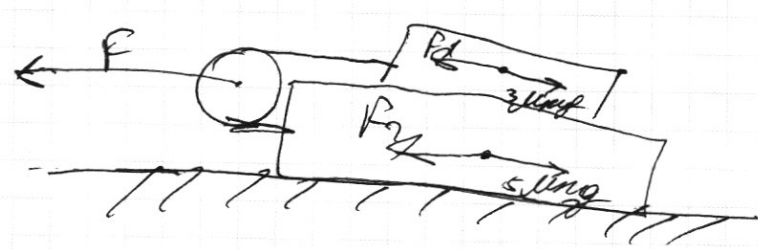
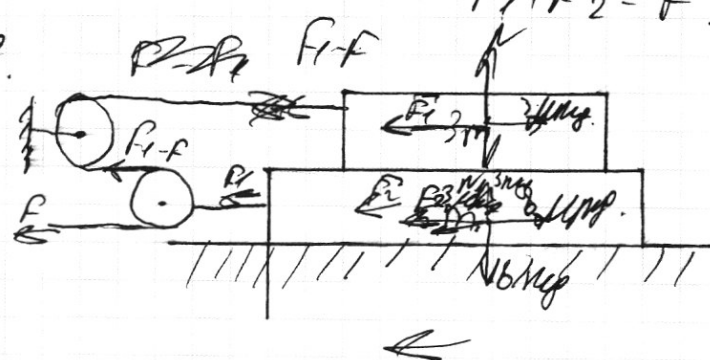
$$\frac{M^3 \cdot [K]}{[L] \cdot C^2 \cdot M^3}$$

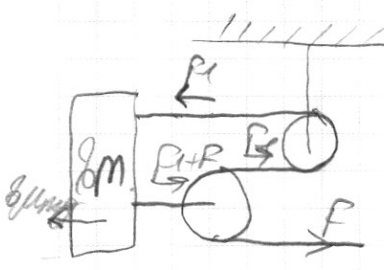
$$[K] \cdot [L] = H$$

$$H = \frac{[K] \cdot [L]}{C^2}$$

$$H = \frac{[K] \cdot [L]}{C^2} \cdot \frac{g}{M}$$

$$\frac{[K] \cdot [L]}{[L]}$$





$F = \rho g V_{\text{sub}}.$

$\frac{n^2 + \sqrt{n^2}^2}{2} > n\sqrt{n}$

~~$a+b > c$~~

$(a-b)^2 > 0$

$a^2 + b^2 > 2ab$

$\frac{a^2 + b^2}{2} > ab$

$\frac{F_1}{2} > \frac{F_1}{2}$

$5F = 3F - 3F_1$

$F_1 = -\frac{5}{3}F$

$F_a = \rho g h \cdot S$

$F = 1 \cdot 10 (5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 - 3 \cdot 10 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3) = 10 (5 \cdot 10^{-3} - 3 \cdot 10^{-3})$

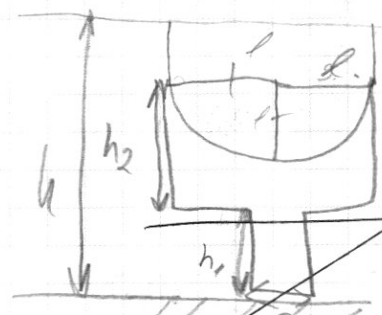
$\rho g V - \rho g h S = \rho g (V - h S)$

$a_1 < a_2 \quad a_1 - a_2 < 0 \quad = 10 - 20 = -10$

$= 2 \cdot 10^{-2} = 0,02 \text{ H.}$

$F_1 < \frac{F_1}{m_1} < \frac{F_1}{m_2} < F_1 m_2 < F_1 m_1$

$v = h_1 (\pi R^2 - S_1) + h_2 \pi R^2 - \frac{2}{3} \pi R^2$



$V = h_1 S + h_2 (S + S_1) - \frac{2}{3} \pi R^2$

$= \frac{2}{3} (S + S_1) R$

$F = (h - h_1 - h_2) (S + S_1) \rho g + \frac{2}{3} (S + S_1) \cdot R \rho g$

$= \rho g (S + S_1) (h - h_1 - h_2) + \frac{2}{3} (S + S_1) R \rho g$

$S + S_1 = \pi R^2$

$S = \pi R^2 - S_1$

$\rho g (S + S_1) (h - h_1 - (h_2 - \frac{2}{3} R)) + S_1 (h - h_1) \rho g$

