

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

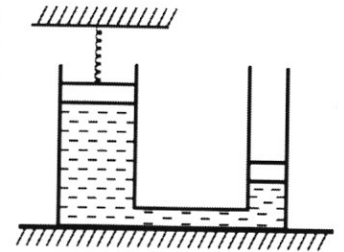
Вариант 09-02

Шифр

(заполняется секретарём)

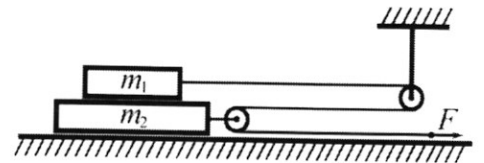
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 10$ м/с.
- 1) Через какое время t после старта скорость камня будет равна по величине $V_0/2$?
 - 2) На какой высоте h , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине $V_0/2$?
- Ускорение свободного падения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

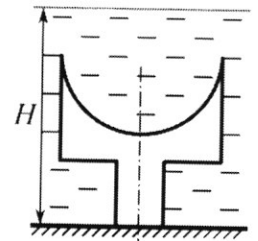


- 1) Найдите разность h уровней жидкости в сосудах.
 - 2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты $h = R$, здесь R – радиус планеты. Плотность планеты ρ . Гравитационная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

Задача №1:

Условие: Введём координатную ось y , направленную вертикально
вверх из точки, откуда вылетел камень. Тогда закон изменения
скорости камня от времени (в момент броска $t_n=0$): ~~$V=V_0$~~

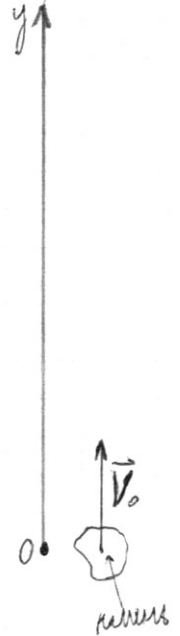
$V(t_n) = V_0 - g t$, где V - скорость камня; Тогда: ~~$V=V_0 - g t$~~

$$t_n(V) = \frac{V_0 - V}{g} \Rightarrow t = \frac{V_0 - V}{g} = \frac{V_0}{2g} = \frac{10 \text{ м/с}}{2 \cdot 10 \text{ м/с}^2} = 0,5 \text{ с}$$

(t_n - время полёта камня до достижения скорости V);

Закон изменения координаты камня от времени при свободном
падении: ~~$y(t_n) = V_0 t_n - \frac{g t_n^2}{2}$~~ ; по условию $y(t) = h = V_0 \cdot t - \frac{g t^2}{2} =$
 $= 10 \text{ м/с} \cdot 0,5 \text{ с} - \frac{10 \text{ м/с}^2 \cdot (0,5 \text{ с})^2}{2} = 3,75 \text{ м}$

Ответ: $t = 0,5 \text{ с}$; $h = 3,75 \text{ м}$



Задача №2:

Решение: Жидкость находится, значит давление в точках А и В одинаково. Давление в точке

В: $P_B = \rho g h_2$, где h_2 - высота жидкости

в правой цилиндрической камере со сферой;

Давление в точке А: $P_A = P_{oc} + P_n$, где

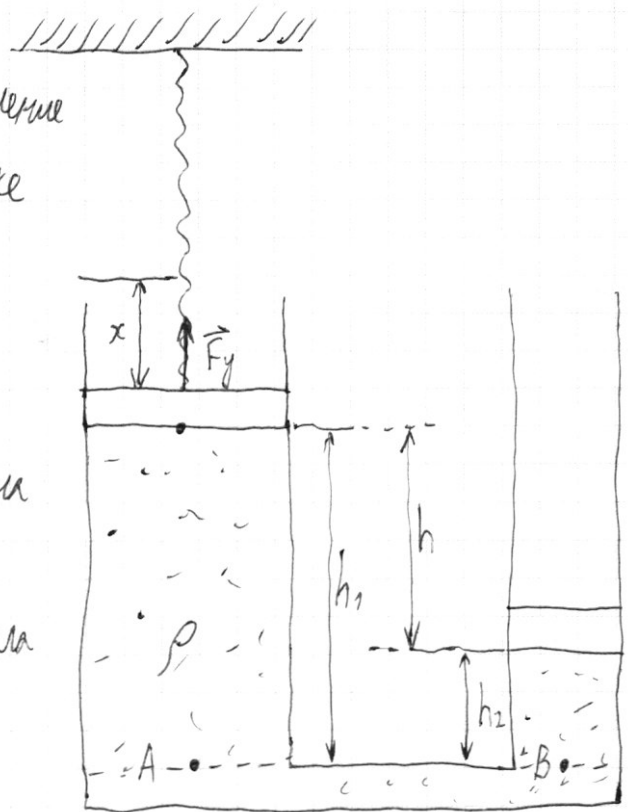
P_{oc} - давление столба жидкости слева камеры высотой h_1 , а P_n - давление, вызываемое пружиной;

$P_{oc} = \rho g h_1$; $P_n = \frac{F_y}{S}$, где F_y - сила упругости пружины;

$F_y = k \cdot x$;

$P_A = P_B$;

$$\rho g h_1 - \frac{kx}{S} = \rho g h_2; \rho g (h_1 - h_2) = \frac{kx}{S}; h = h_1 - h_2 \Rightarrow h = \frac{kx \cdot x}{S \cdot \rho \cdot g};$$



Чтобы пружина стала недеформированной, высота жидкости в левой камере должна равняться $h_1 + x$, тогда, из состояния равновесия жидкости следует:

$S \cdot x = \frac{S}{3} \cdot y$, где y - изменение высоты жидкости в правой камере (высота уменьшилась). Тогда, новая высота жидкости в правой камере: $h'_2 = h_2 - 3x = h_1 - h - 3x$; Новое давление в точке А:

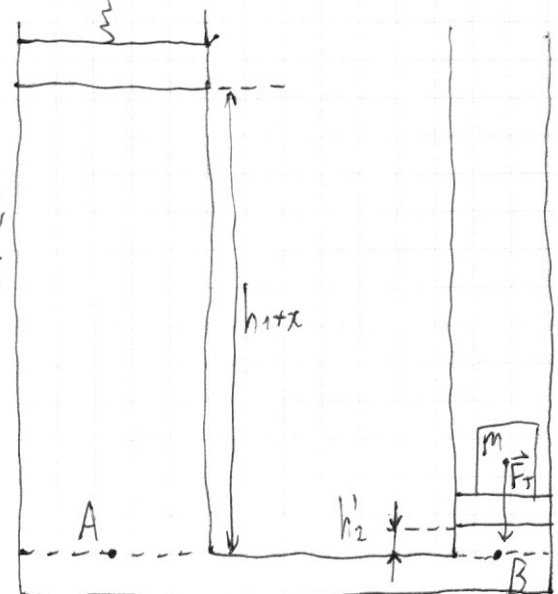
$P'_A = \rho g (h_1 + x)$; Новое давление в точке В:

$P'_B = P'_c + P_r$, где P_r - давление, вызванное грузом, а P'_c - давление столба жидкости в правой камере;

Условие равновесия жидкости: $P'_A = P'_B$;

$P_r = \frac{3F_T}{S}$, где F_T - сила тяжести груза;

$F_T = mg$; $P'_c = \rho g h'_2$;



~~так как оба плеча сообщаются с воздухом~~
в уравнении атмосферное давление сокращается

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\rho g(h_1+x) = \rho g h_2 + \frac{3mg}{S}; \quad h_1 = h + 3x; \quad \rho g h + 4\rho g x \neq \text{можно сократить на } g;$$

$$\cancel{\rho g h_1 + \rho g} \rho h_1 + \rho x = \rho h_2 - \rho h - 3\rho x + \frac{3m}{S}; \quad \frac{3m}{S} = \rho(4x + \frac{kx}{S \cdot g}) \neq;$$

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

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

Задача 3:

Данные: Закон всемирного тяготения: $F = G \cdot m_1 \cdot m_2 / R_1^2$, где m_1 и m_2 массы притягиваемых тел, а R_1 - расстояние между ними. F - сила их притяжения к друг-другу;

Масса планеты: $m_p = V \cdot \rho = \frac{4}{3} \pi R^3 \rho$;

Пусть m - масса тела на расстоянии $3R$ от центра планеты, тогда сила действующая на него: $F_1 = mg = \frac{G \cdot m \cdot m_p}{(3R)^2} \Rightarrow g = \frac{G \cdot m_p}{9R^2} = \frac{G \cdot \frac{4}{3} \pi R^3 \rho}{3 \cdot 9R^2} =$
 $= \frac{4\pi R G \rho}{27}$;

Пусть m_c - масса спутника. Расстояние от ~~центра~~ орбиты спутника до центра планеты: $R_c = R + h = 2R$; сила притяжения, действующая на спутник: $F_c = m_c \cdot a_y = \frac{G \cdot m_c \cdot m_p}{R_c^2}$, где a_y - ускорение, которое придает ему сила притяжения; $a_y = \frac{G \cdot m_p}{(2R)^2} = \frac{G \cdot \frac{4}{3} \pi R^3 \rho}{3 \cdot 4R^2} = \frac{\pi R G \rho}{3}$;

Поскольку спутник движется по круговой орбите (по окружности), то для него ускорение a_y , создаваемое силой притяжения планеты и центростремительным. \star Центростремительное ускорение: $a_y = \frac{v_c^2}{R_c}$, где v_c - ~~скорость~~ линейная скорость спутника.

$v_c = \sqrt{a_y \cdot 2R}$; Связь угловой скорости и частоты: $\omega = 2\pi \nu$; Связь частоты и периода: $T = \frac{1}{\nu} \Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega}$;

Угловая скорость спутника: $\omega = \frac{v_c}{R_c} = \sqrt{\frac{a_y \cdot 2R}{4R^2 \cdot 2}} = \sqrt{\frac{\pi R G \rho}{6R}} = \sqrt{\frac{\pi G \rho}{6}}$;

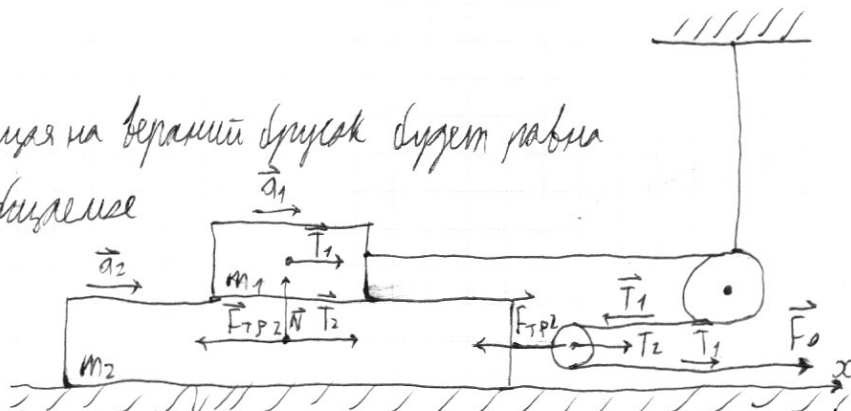
$$T = \frac{2\pi \sqrt{4\pi^2} \cdot \sqrt{6}}{\sqrt{\pi G \rho}} = \sqrt{\frac{4\pi^2 \cdot 6}{\pi G \rho}} = \sqrt{\frac{24\pi}{G \rho}}$$

Ответ: $g = \frac{4\pi R G \rho}{27}$; $T = \sqrt{\frac{24\pi}{G \rho}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №4:

Решение: Сила трения, действующая на верхний брусок будет равна нулю тогда, когда ускорение, сообщаемое верхнему бруску нитью будет равно ускорению нижнего бруска. a_1 - ускорение верхнего бруска в проекции на ось x , a_2 - ускорение нити и бруска на ось x ; $a_1 = a_2 = a$; T_1 и T_2 - силы натяжения нити, действующие на ~~верхний~~ верхний и нижний бруски в соответствующих местах. Сила натяжения нити одинакова во всех её частях $\Rightarrow T_2 = 2T_1$; $F_0 = T_1 \Rightarrow T_2 = 2F_0$;

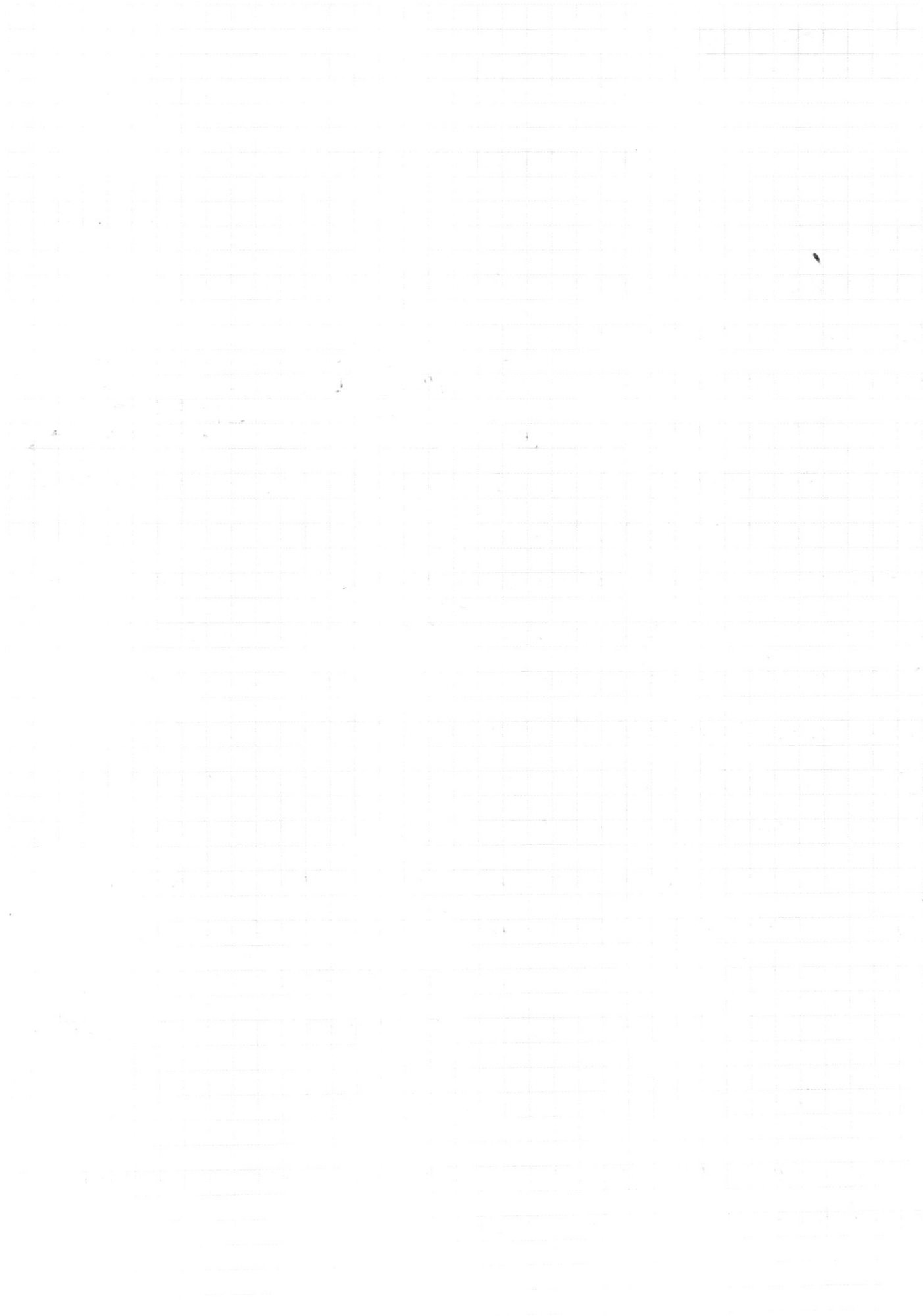


2й закон Ньютона в проекциях на ось x : для нижнего бруска: $T_2 = m_2 a_2 \Rightarrow 2F_0 = 5ma$; для верхнего: $T_1 = m_1 a_1 \Rightarrow F_0 = 3ma$
 $\Rightarrow T_2 - F_{тр2} = 2T_1$; $T_1 = F_0$; где $F_{тр2}$ - сила трения, действующая на нижний брусок со стороны пола; $F_{тр2} = \mu N$ (по закону Амонта-Кулона), где N - сила реакции опоры (пола); по 3 му закону Ньютона:

$N = (m_1 + m_2) \cdot g = 8mg$; 2й закон Ньютона в проекции на ось x : для верхнего бруска: $T_1 = m_1 a_1 \Rightarrow F_0 = 3ma$; для нижнего: $T_2 - F_{тр2} = m_2 a_2 \Rightarrow$
 $\Rightarrow 2F_0 - 8\mu mg = 5ma$; из ①: $a = \frac{F_0}{3m}$; подставим в ②: $2F_0 - 8\mu mg = \frac{5F_0}{3}$

$$F_0 = 8\mu mg + \frac{5}{3}F_0 \quad \frac{1}{3}F_0 = 8\mu mg \Rightarrow F_0 = 24\mu mg;$$

При движении верхнего бруска влево отрицательным нитями, сила трения, действующая на него, направлена вправо



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

Задача 15:

Решение: Так как вода в баке не течет, давление у дна равно давлению вблизи дна:

$P_1 = P_0 + P_r$, где P_r - гидростатическое давление столба жидкости в баке.

$$P_r = \rho g H; P_1 = P_0 + \rho g H = 10^5 \text{ Па} + \rho g H = 10^5 \text{ Па} + 1000 \text{ кг/м}^3 \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 3 \text{ м} = 130000 \text{ Па};$$

($1 \text{ т/м}^3 = 1000 \text{ кг/м}^3$; $1 \text{ кПа} = 1000 \text{ Па}$);

Сила, с которой вода действует на конструкцию - это сила Архимеда, а также сила давления (она уравновешивает силу веса за исключением участка стриженого конуса конструкции с дном. Из-за того, что на тем участке давление действовать не может, появляется избыток давления сверху, равный силе Архимеда).

Сила Архимеда: $F_A = \rho \cdot V \cdot g$, где $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$, $V = 5 \text{ дм}^3 = 5 \cdot 1000 \text{ см}^3 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$; $S = 0,001 \text{ м}^2$

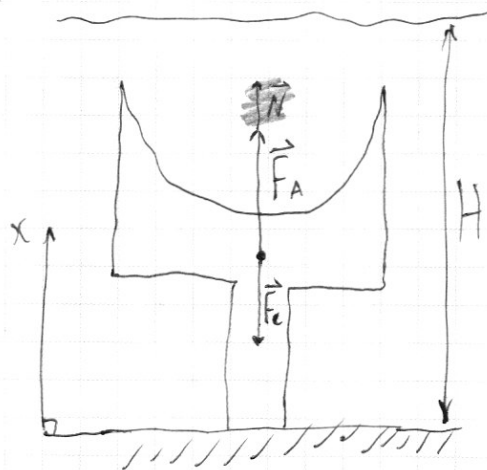
Сила давления: $F_c = P_1 \cdot S$, где P_1 - давление у дна; $F_c = P_1 \cdot S$, где P_1 - давление у дна; $F_A = \rho \cdot V \cdot g$, где $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$, $V = 5 \text{ дм}^3 = 5 \cdot 1000 \text{ см}^3 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$; $S = 0,001 \text{ м}^2$

Результирующая сила в сечении на ось x:

$$F = F_A - F_c = \rho V g - S \cdot P_1 =$$

$$= 1000 \text{ кг/м}^3 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \cdot 10 \text{ м/с}^2 - 0,001 \text{ м}^2 \cdot 130000 \text{ Па} = -80 \text{ Н} \Rightarrow \text{сила } F = 80 \text{ Н} \text{ и направлена вертикально вниз.}$$

$-130 \cdot 10^3 \text{ Па} = -80 \text{ Н} \Rightarrow$ сила $F = 80 \text{ Н}$ и направлена вертикально вниз.



Ответ: $P_1 = 130000 \text{ Па}$; $F = 80 \text{ Н}$ и направлено вертикально вниз.

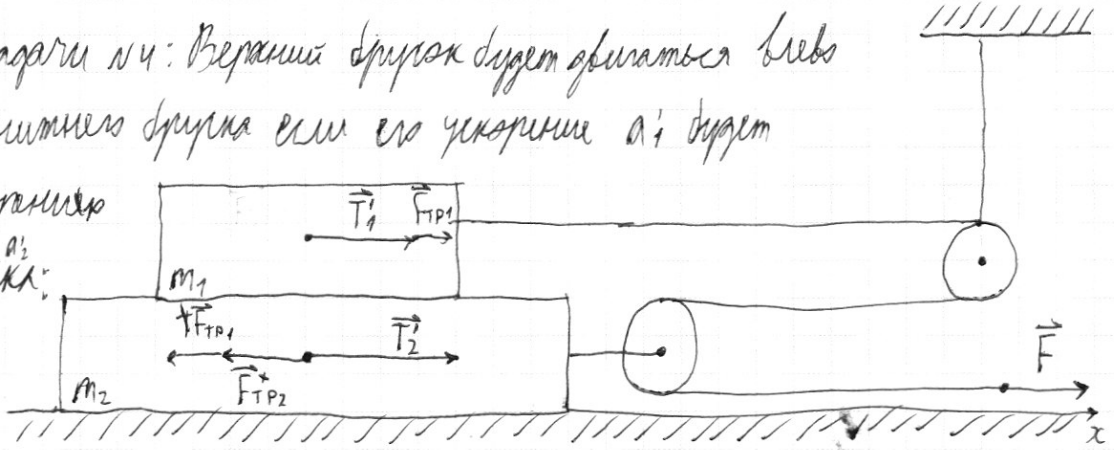
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Предположение задачи неч: Верный фрусок будет двигаться влево относительно китного фруска если его ускорение a_1 будет

или равно
меньше ускорению
китного фруска:

$$a_1 \leq a_2 \Rightarrow$$

\Rightarrow или



Функциональна при $a_1 = a_2 = a'$ (но теперь на $1^{\text{й}}$ фрусок действует сила трения). Как мы уже выяснили: $2T_1 = T_2$; $F = T_1$, где T_1, T_2 — силы натяжения нитей между $1^{\text{й}}$ и $2^{\text{й}}$ верный и китный фруски соответственно;

$2^{\text{й}}$ Закон Ньютона в проекции на ось x : для верн. фруска: $T_1 + F_{ТР1} = m_1 a_1 \Rightarrow$
 \Rightarrow $F + 3M mg = 3m a'$; для кит. фруска: $T_2 - 8M mg - 3M mg - T_2 - F_{ТР1} - F_{ТР2} = m_2 a_2$;

$2^{\text{й}}$ $2F - 11M mg = 5m a'$; ~~выразим~~ умножим $3^{\text{й}}$ на $\frac{5}{3}$: $3^{\text{й}}$ $\frac{5}{3}F + 5M mg = 5m a_1$; теперь

$3^{\text{й}} = 4^{\text{й}}$: $\frac{5}{3}F + 5M mg = 2F - 11M mg$; $\frac{1}{3}F = 16M mg \Rightarrow F = 48M mg$

Ответ: $F_0 = 24M mg$; $F = 48M mg$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)