

# Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

Вариант 09-02

Шифр

(заполняется секретарём)

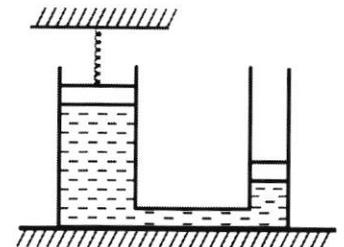
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью  $V_0 = 10$  м/с.

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<sup>2</sup>. Сопротивление воздуха не учитывать.

2. На горизонтальной поверхности расположены два цилиндрических сообщающихся сосуда (см. рис.), в которых налита жидкость плотности  $\rho$ . 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.

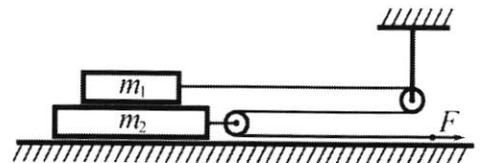
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты  $h = R$ , здесь  $R$  – радиус планеты.

Плотность планеты  $\rho$ . 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.

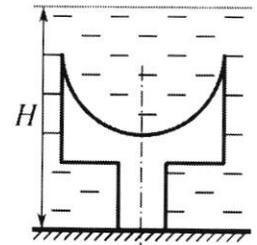
4. На горизонтальном столе находятся бруски, соединённые нитью с системой блоков (см. рис.). Массы брусков  $m_1 = 3m$ ,  $m_2 = 5m$ . Коэффициент трения скольжения нижнего бруска по столу и верхнего бруска по нижнему равен  $\mu$ . Массы нити и блоков, а также трение в осях блоков пренебрежимо малы.



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  $V = 5$  дм<sup>3</sup>, площадь соприкосновения конструкции с дном через клей  $S = 10$  см<sup>2</sup>. Плотность воды  $\rho = 1$  г/см<sup>3</sup>, атмосферное давление  $P_0 = 100$  кПа. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.



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:  
 $v_0 = 10 \frac{м}{с}$   
 $g = 10 \frac{м}{с^2}$

Скорость будет уменьшаться из-за ~~силы~~  $g$ .  
 $v_0 - \frac{v_0}{2} = gt \Rightarrow t = \frac{v_0/2}{g} = \frac{v_0}{2g} = \frac{10 \frac{м}{с}}{2 \cdot 10 \frac{м}{с^2}} = \boxed{\frac{1}{2} с}$ . Зная  $t$

можно легко найти  $h$ :

$$h = v_0 t - \frac{gt^2}{2} = v_0 \cdot \frac{v_0}{2g} - \frac{g}{2} \cdot \frac{v_0^2}{4g^2} = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{v_0^2}{8g} = \frac{3v_0^2}{8g} =$$

$$\approx \frac{3 \cdot 10^2 \frac{м^2}{с^2}}{8 \cdot 10 \frac{м}{с^2}} = \frac{30}{8} м = \frac{15}{4} м = \frac{7,5}{2} м = \boxed{3,75 м}$$

№2

Дано:  
 $\sigma, \kappa, \rho, S$   
 $h, m - ?$

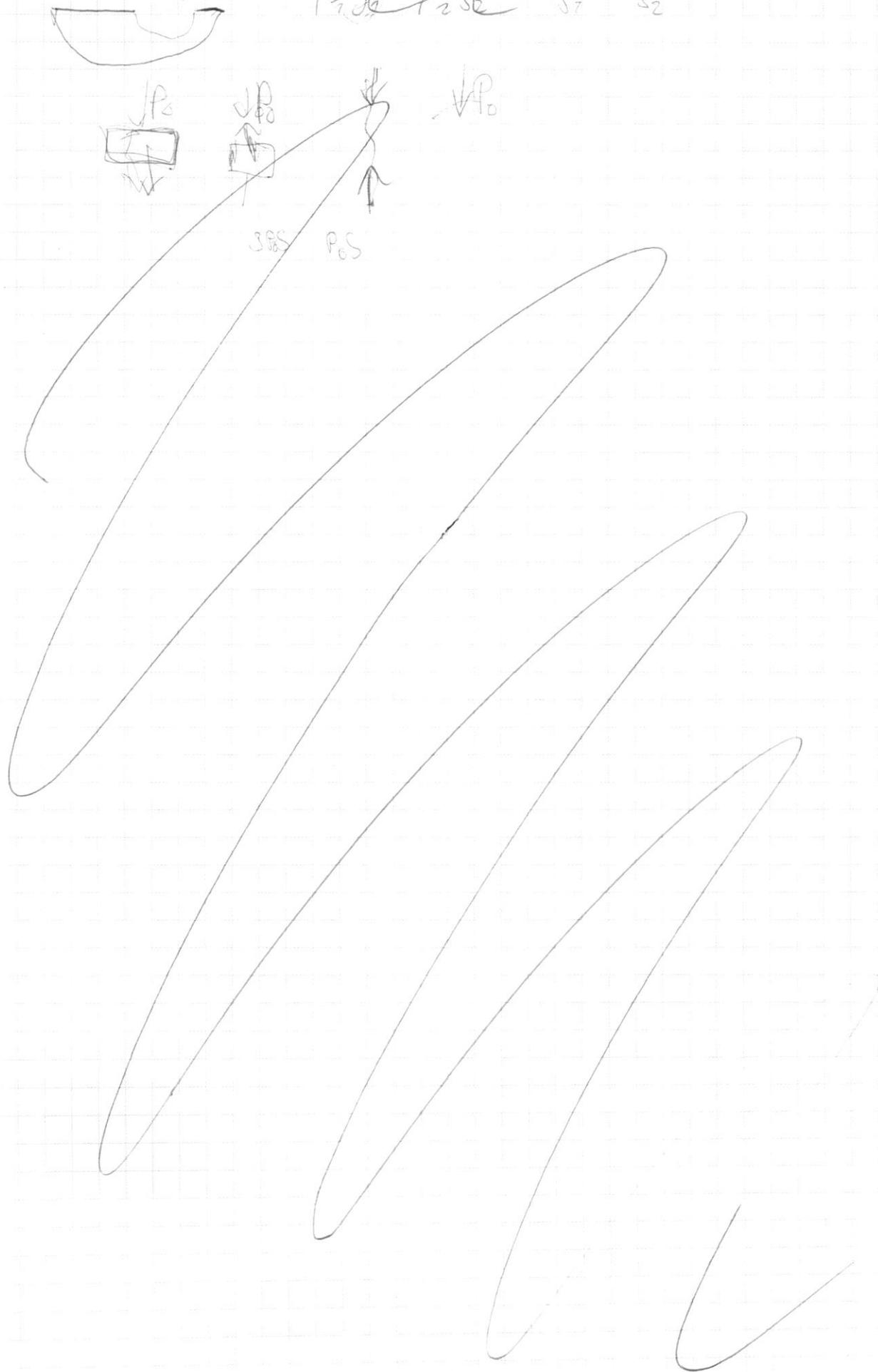


У нас идеальная модель без нагревания.  
Узнаваемо пружина растянута. Когда же  
попытается пройтись вниз, так как если бы она  
это сделала, то образовалось бы вакуум пространство.  
То есть пружина будет поршнем вверх, и он  
как бы создаст область пониженного давления,  
и компенсирует то, что слева столб воды  
выше. Равенство давлений: пусть  $F = \kappa x$ . Тогда

$$\frac{F}{S} = \rho g h \Rightarrow h = \frac{F}{\rho g S} = \boxed{\frac{\kappa x}{\rho g S}}$$

Пусть мы положили  
пружину массы  $m$ . Тогда, очевидно, правый поршень опущен  
вниз на  $\Delta h_1$ , а левый вверх на  $\Delta h_2$  (не наоборот, так как вода  
не растяжима).  $\Delta h_1 \cdot \frac{S}{3} = \Delta h_2 \cdot S$  - ~~это~~ ~~исходный~~ ~~объем~~ ~~воды~~,  
причем, так как пружина стала не идеальной, ее стало на  $x$ , то есть  
 $\Delta h_2 = x \Rightarrow \Delta h_1 \cdot \frac{S}{3} = x \cdot S \Rightarrow \Delta h_1 = 3x$ . И рассмотрим ситуацию в  
самом конце - левый поршень висит не висит, а склеив

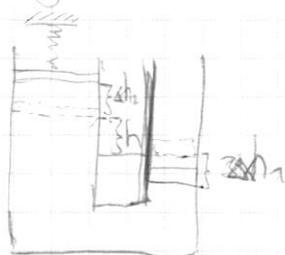
$$F_1 S_1 = F_2 S_2 \quad \frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2 (продолжение)

вода мешала узнать только прямой параметр;



Из рисунка видно, что новая уровень воды  
разность уровней -  $h + 3x + x$ . Запишем  
равенство давлений:

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

$$= \rho S h + 4\rho S x = \frac{kx}{8g} \cdot \rho S + 4\rho S x = x \left( \frac{k}{g} + 4\rho S \right) \Rightarrow$$

$\Rightarrow m = \frac{x}{3} \left( \frac{k}{g} + 4\rho S \right)$ . Примечание: вместо "вода" следует  
читать "жидкость".

№5

Дано!

$$H = 3 \text{ м}$$

$$V = 5 \text{ гм}^3 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$S = 70 \text{ см}^2 = 70 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 = 7 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

$$\rho = 2000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$P_0 = 100 \text{ кПа} = 10^5 \text{ Па}$$

$$g = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$P_1, F - ?$$

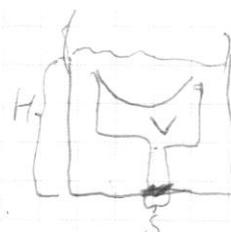
Очевидно, что

$$P_1 = P_0 + P_{\text{вод}} =$$

$$= P_0 + \rho g H = 10^5 \text{ Па} + 20 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 20 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 3 \text{ м} = 10^5 \text{ Па} + 3 \cdot 10^4 \text{ Па} =$$

$$= 130000 \text{ Па} = 130 \text{ кПа}. \text{ Авторы очень точно}$$

напомнили нам, что по окружности  
подвергается вода, так как там есть,  
если бы вода не была и вода извернулась,  
то со стороны воды действовала бы сила Архимеда.



$F_A = \rho g V$ , вверх. Но в данной ситуации вверх действует  
меньшая сила на  $P_1 S$ , Тогда  $F = F_A - P_1 S = \rho g V - P_1 S =$   
 $= 20 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 20 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 - 130 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot 7 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 = 50 \text{ Н} - 910 \text{ Н} = -860 \text{ Н}$ . Изначально



черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5 (продолжение)

а сила  $F_A$  со знаком плюс (вверх), а  $F_B$  со знаком минус (вниз), и  
рез знак минус, то  $F$  направлена вниз,  $|F| = 80\text{Н}$

№4

Дано:

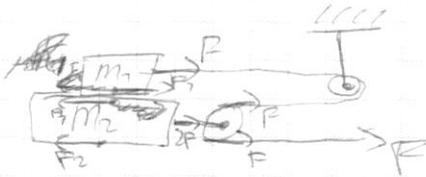
$$m_1 = 3\text{м}$$

$$m_2 = 5\text{м}$$

$\mu$

$F, F_0$  - ?

2.



Пусть нижний брусок движется с ускорением  
 $a_2$  вправо, верхний - с ускорением  $a_1$ .  $F_1$  - сила

трения между брусками,  $F_2$  - сила трения между вторым  
бруском. Так как верхний брусок относительно второго движется  
влево, то сила трения направлена вправо, и по 3 закону Ньютона такая  
сила  $F_1$ , но уже на нижний брусок, действует влево. Пусть  
ускорение обоих брусков направлено вправо,  $F_1 = m_1 a_1$ ,  $F_2 = m_2 a_2$

$$m_2 a_2 = 2F - F_1 - F_2 = 2F - \mu m_1 g - \mu (m_1 + m_2) g$$

$$m_1 a_1 = F + F_1 = F + \mu m_1 g. \text{ Условие того, что } \overset{\text{первый}}{\text{движется}}$$

влево, относительно второго -  $a_2 > a_1$ ,

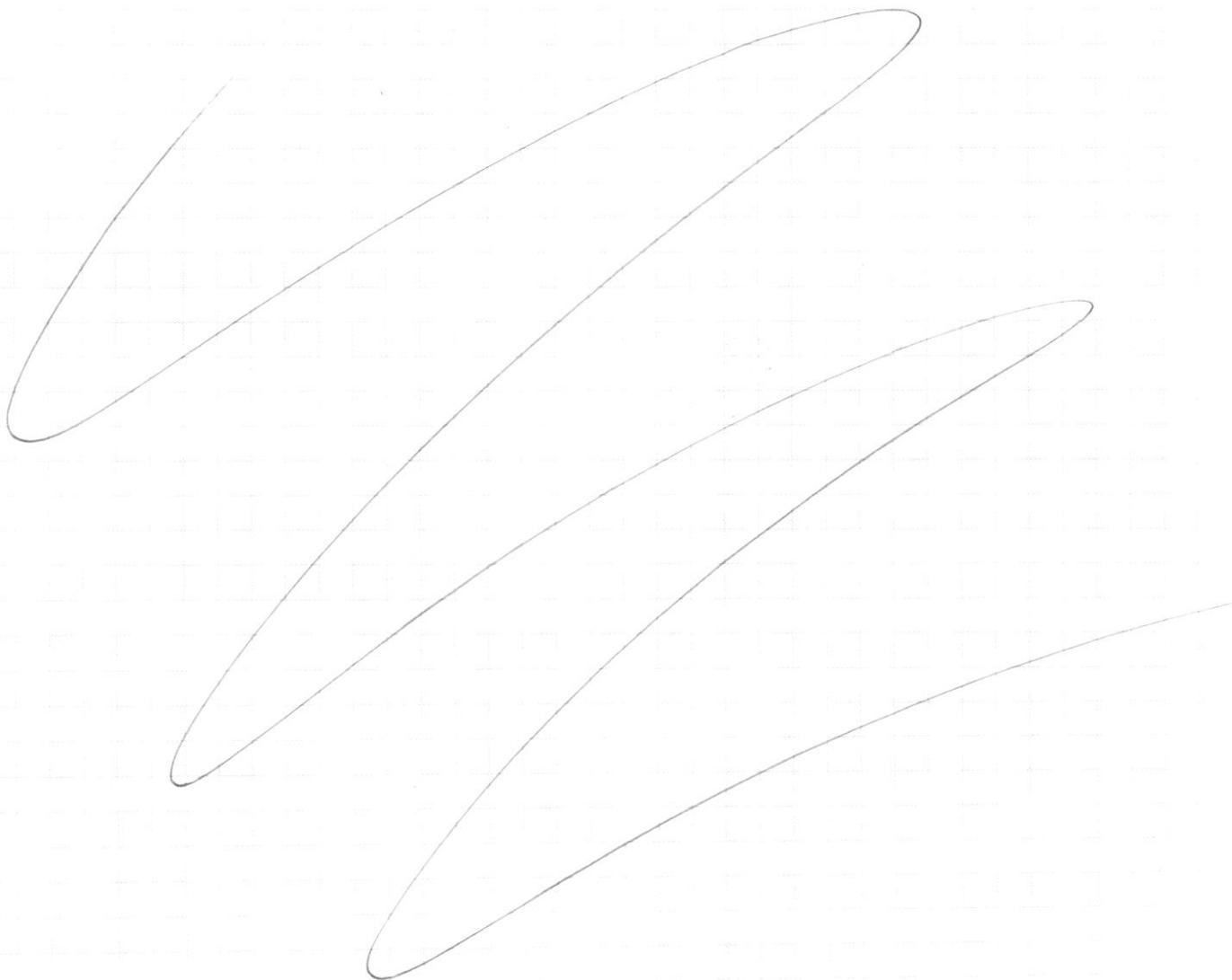
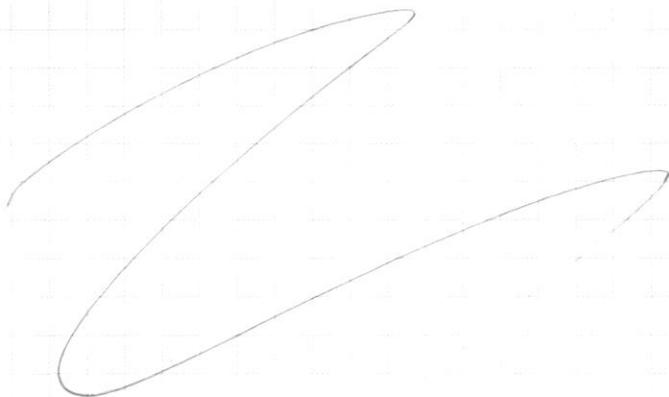
$$\frac{2F - \mu m_1 g - \mu (m_1 + m_2) g}{m_2} > \frac{F + \mu m_1 g}{m_1} \Rightarrow 2F m_1 - 2\mu m_1^2 g - \mu m_1 m_2 g >$$

$$> m_2 F + \mu m_1 m_2 g \Rightarrow 2F m_1 - F m_2 > 2\mu m_1 m_2 g + 2\mu m_1^2 g \Rightarrow F >$$

$$> 2\mu g \frac{m_1 m_2 + m_1^2}{2m_1 - m_2} = 2\mu g \frac{3\text{м} \cdot 5\text{м} + 3\text{м}^2}{2 \cdot 3\text{м} - 5\text{м}} = 2\mu g \frac{24\text{м}^2}{\text{м}} = \boxed{48\mu g}. \text{ Можно}$$

считать, что критическое значение  $F = 48\mu g$   
очень сильно и.

Теперь сделаем 1 пункт.



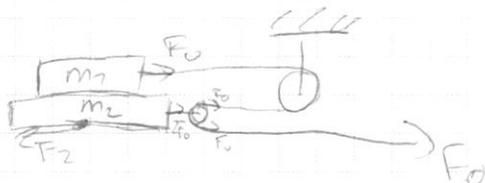
## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4 (второго семестра)

Аналогично введем  $a_1, a_2$ , считаем, что они направлены вправо.

Так как  $F_1 \geq 0$ , просто ее не

найдем, тогда:



$$F_0 = m_1 a_1 \quad \text{— отдельно верхний груз}$$

$$2F_0 - F_2 = m_2 a_2 = 2F_0 - (m_1 + m_2) \mu g \quad \text{— отдельно нижний груз.}$$

Также первый груз не движется относительно второго, иначе возникла бы между ними сила трения.  $a_1 = a_2 \Rightarrow$

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

$$\Rightarrow F_0 = \frac{\mu m_2 g (m_1 + m_2)}{2m_1 - m_2} = \mu g \frac{3m(3m+5m)}{3m-5m} = \mu g \frac{24m^2}{-2m} = \boxed{12\mu m g}$$

№3

Дано:

$\rho, G, R, h, R$

В состоянии равновесия (в воздухе)  $g = a_y$ . Также

мы знаем формулу  $F = G \frac{m_1 m_2}{R^2}$ , считаем, что  $R$  — расстояние между центрами шаров.

Считаем, что  $g$  — коэффициент пропорциональности между

силой тяжести и массой. Пусть масса шара  $M = \frac{4}{3} \pi \rho R^3$ . Тогда

$$F_{\text{тяж}} = G \frac{Mm}{(3R)^2} = mg \Rightarrow g = G \frac{M}{(3R)^2} = G \frac{\frac{4}{3} \pi \rho R^3}{9R^2} = \boxed{\frac{4}{27} \pi \rho R}$$

Расстояние от центра до центра —  $3R$

2. Аналогично найдем  $g_0$ , но уже на ~~высоте~~ <sup>расстоянии</sup>  $R+h$  до центра шара земли.

$$F_{\text{тяж}} = G \frac{Mm}{(R+h)^2} = mg_0 \Rightarrow g_0 = G \frac{M}{(R+h)^2} = G \frac{\frac{4}{3} \pi \rho R^3}{(R+R)^2} = G \frac{\frac{4}{3} \pi \rho R^3}{4R^2} = \frac{G \pi \rho R}{3}$$

$$\text{Как и у нас всегда, } a_y = g_0 = \frac{G \pi \rho R}{3} = \omega^2 (R+h) = \omega^2 \cdot 2R \Rightarrow \omega^2 = \frac{G \pi \rho}{6} = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \Rightarrow \frac{1}{T^2} = \frac{3}{6 \pi \rho R^2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T = \sqrt{\frac{24 \pi \rho R^2}{3G}}$$



черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

