

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

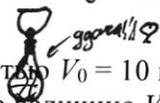
Класс 9

Вариант 09-02 УРА! УУУ

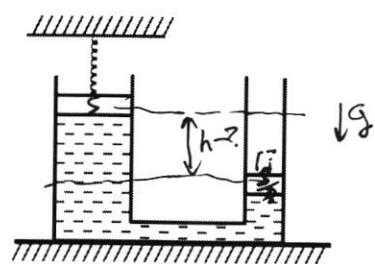
Шифр

(заполняется секретарём)

1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 10$ м/с.
 а) Через какое время t после старта скорость камня будет равна по величине $V_0/2$?
 б) 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.

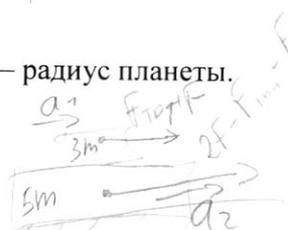


2. На горизонтальной поверхности расположены два цилиндрических сообщающихся сосуда (см. рис.), в которых налита жидкость плотности ρ . На свободных поверхностях жидкости находятся лёгкие поршни. Зазоров между стенками сосудов и поршнями нет. Левый поршень соединён пружиной жёсткости k с верхней опорой. Деформация пружины равна x . Площадь сечения левого поршня S , правого $S/3$. Трение поршней о стенки сосудов пренебрежимо мало. Ускорение свободного падения g .

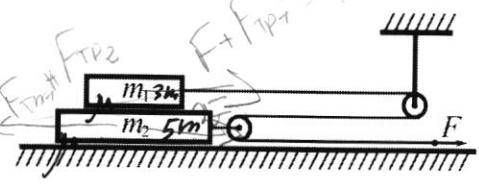


- а) Найдите разность h уровней жидкости в сосудах.
 б) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.

3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты $h = R$, здесь R – радиус планеты. Плотность планеты ρ . Гравитационная постоянная G . Объём шара $V = \frac{4}{3}\pi R^3$.
 а) Найдите ускорение g свободного падения на расстоянии $3R$ от центра планеты.
 б) Найдите период T обращения спутника.



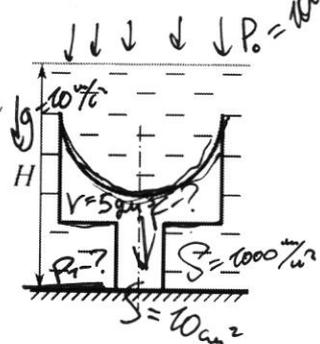
4. На горизонтальном столе находятся бруски, соединённые нитью с системой блоков (см. рис.). Массы брусков $m_1 = 3m$, $m_2 = 5m$. Коэффициент трения скольжения нижнего бруска по столу и верхнего бруска по нижнему равен μ . Массы нити и блоков, а также трение в осях блоков пренебрежимо малы.



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

$g_{eff} = 10 \text{ m/s}^2$
 $g_{eff} = 10 \text{ m/s}^2$

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.



- а) Найдите давление P_1 вблизи дна.
 б) Найдите величину F силы (с указанием направления), с которой вода действует на конструкцию.

Handwritten calculations for problem 4:

$$2F - 3F_{TP2} - 3F_{TP1} - 5F_{TP1} - 5F a_2 = \frac{2F - F_{TP1} - F_{TP2}}{5m}$$

$$F - 8F_{TP1} - 3F_{TP2} = 0$$

$$F = 8F_{TP1} + 3F_{TP2} = 48\mu mg$$

Additional notes: $a_2 - a_1 \geq 0$, $S = 10 \text{ cm}^2$, $P_0 = 100 \text{ kPa}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$V_0/2 = 5 \text{ м/с}$
 $V_0 = 10 \text{ м/с}$
 $g = 10 \text{ м/с}^2$

время t_1 ?
 высота h ?

Главные:
 t - ?
 h - ?

Решение:

1) Надо заметить, что это прои-
звольные в двух точках: вех мажелье,
и на этой же высоте на спуске:

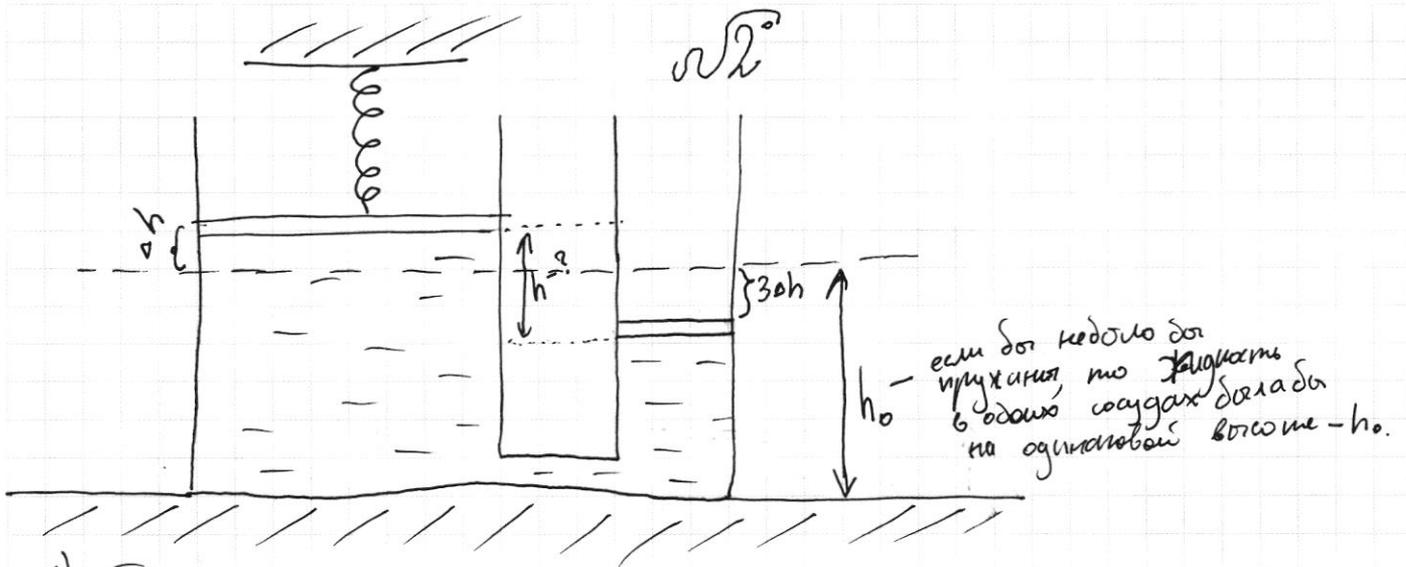
$$① \frac{V_0}{2} = V_0 - gt_1 \quad t_1 = \frac{V_0 - \frac{V_0}{2}}{g} = \frac{V_0}{2g} = \frac{10 \text{ м/с}}{2 \cdot 10 \text{ м/с}^2} = 0,5 \text{ с}$$

$$② -\frac{V_0}{2} = V_0 - gt_2 \quad t_2 = \frac{V_0 + \frac{V_0}{2}}{g} = \frac{3V_0}{2g} = \frac{3 \cdot 10 \text{ м/с}}{2 \cdot 10 \text{ м/с}^2} = \frac{3}{2} = 1,5 \text{ с}$$

$$2) \quad h = V_0 t_1 - \frac{g t_1^2}{2} = 10 \text{ м/с} \cdot 0,5 \text{ с} - \frac{10 \text{ м/с}^2 \cdot 0,5^2 \text{ с}^2}{2} =$$

$$= 5 - \frac{10 \cdot 0,25}{2} = 5 - \frac{2,5}{2} = \frac{7,5}{2} = 3,75 \text{ м}$$

Ответ: $t_1 = 0,5 \text{ с}$, $t_2 = 1,5 \text{ с}$; $h = 3,75 \text{ м}$.



4) Пусть ~~до~~ уровень жидкости в левом сосуде поднимется на oh относительно "первоначального" уровня h . Т.е. площадь правого сосуда в 3 раза меньше, а жидкость несжимаемая, то уровень в правом сосуде опустится на $3oh \Rightarrow h = oh + 3oh = 4oh \Rightarrow oh = \frac{h}{4}$.

Вследствие этого пружина растягивается (т.е. сила жидкости в левом сосуде поднимается). Попробуем находить в каком направлении покажем, поэтому можем написать уравнение равновесия сил:

$$F_{упр} = P_1 S, \text{ где } F_{упр} \text{ — сила упругости пружины, а } P_1 \text{ — давление под левым поршнем.}$$

$$kx = \rho g ah S = \frac{\rho g h S}{4} \quad (\text{т.е. } oh = \frac{h}{4}).$$

Отсюда
$$h = \frac{4kx}{\rho g S}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 2^о - продолжение.

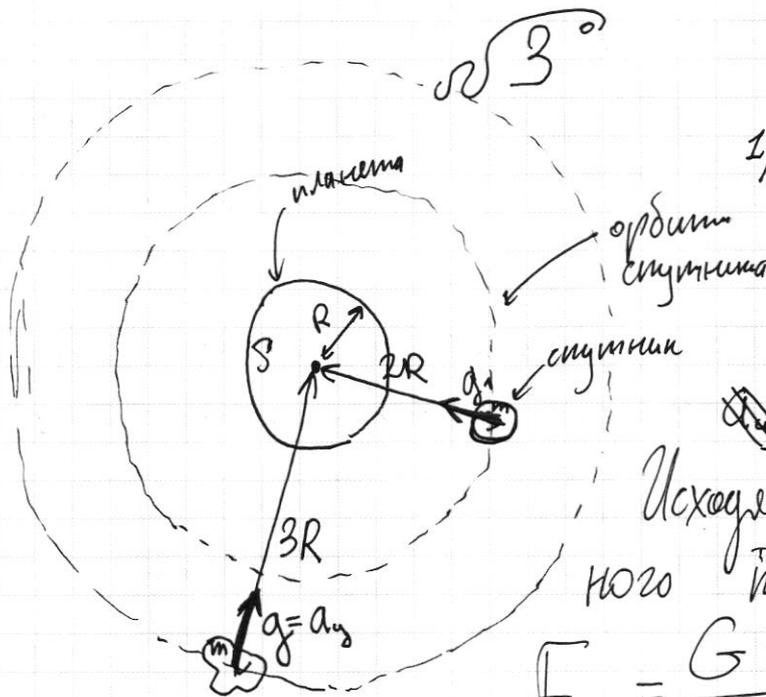
$$2) \quad \Delta h = \frac{h}{4}$$

Нам нужно это сделать тогда мы
положим грузик на правый пор-
шень уровень жидкости в со-
суде вообще поднимется на x
(на столько расстояние грузика) \Rightarrow
 \Rightarrow т.е. мощность от шланга в 3
раза по уровень жидкости в
правом сосуде движется от сус-
тимы на $3x$. Сейчас он ниже
уровня h_0 на $3\Delta h$, а если еще
опустится на $3x$, то станет ниже
уровня h_0 на $3(3\Delta h + x)$. Запишем урав-
нение сил действующих на пор-
шень (правый): $mg = p_2 \cdot \frac{S}{3}$, где
 p_2 - давление
под правым пор-
шнем, тогда мы уже
положим на него груз.

$$mg = \rho g \cdot s(\Delta h + x) \cdot \frac{s}{2}$$

$$m = \rho s (\Delta h + x)$$

$$\text{Ответ: } h = \frac{4kx}{\rho g s} ; m = \rho s (\Delta h + x)$$



1) a_s - центростремительное ускорение на высоте $2R$.
 $a_s = g$.

Исходя из закона всемирного тяготения:

$$F_{\text{пр}} = \frac{G m M_{\text{пл.}}}{H^2}, \text{ где:}$$

$F_{\text{пр}}$ - сила взаимодействия между телом и планетой.

G - гравит. постоянная.

m - масса тела.

$M_{\text{пл}}$ - масса планеты.

H - расстояние между телом и центром масс планеты (просто её центром).

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

По второму закону Ньютона: $\sqrt{3}^\circ$ - продолжение.

$$F_{\text{пр}} = a_y \cdot m = g \cdot m \Rightarrow g \cdot m = \frac{G \cdot M_{\text{пл}}}{R^2} =$$

$$= \frac{G \cdot \rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3}{3 \cdot R^2} = \frac{4}{27} \pi G \rho R.$$

2)

$T = ?$

a_y - центростремительное ускорение (струны на фронте).

m - масса струны.

ω - угловая скорость струны.

$$a_y = 2\omega^2 R$$

m - на высоте равной $2R$ от центра масс планеты.

$$a_y = g_1 = 2\omega^2 R$$

$$\omega = \sqrt{\frac{g_1}{2R}} \text{ с другой стороны } \omega = \frac{2\pi}{T}, \text{ где}$$

T - период обращения струны.

$$\frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{g_1}{2R}} \Rightarrow T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{g_1}{2R}}} \text{ найдём } g_1!$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 4 - продолжение.

Шарик на верхний брусок по усло-
вию не даётся сила трения,
поэтому действует по горизонтали
на шарик действует сила натя-
жения нити, равная F_0 . (т.к. нить
не растянута и нет трения в
блоках, сила натяжения нити по
всей длине одинакова).

Пусть ускорение по горизонтали
верхнего (и нижнего) бруска равно
 a . Напишем второй закон Ньютона
для этого бруска:

$$F_0 = a \cdot 3m \quad a = \frac{F_0}{3m} \quad \leftarrow \begin{array}{l} \text{подставим во} \\ \text{второе.} \end{array}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 2F_0 - F_{тр2} = 5ma_0 \\ F_{тр2} = \mu N_2 = 8m_0g = 8mg \end{array} \right. \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 2F_0 - 8mg = 5ma_0.$$

$$2F_0 - 8mg = 5m \cdot \frac{F_0}{3m}$$

$$F_0 = \frac{8mg}{2 - \frac{5}{3}} = \frac{8mg}{\frac{1}{3}} = \boxed{24mg}$$

2) Нам нужно, это бы ускорение нижнего груза было бы больше ускорения верхнего груза, тогда относительно ~~нижнего~~ верхнего груза, верхний пойдет вниз.

Сумма сил действующих на нижний грузик: $2F - F_{TP1} - F_{TP2}$.

Сумма сил действующих на верхний грузик: $F_{TP1} + F$. Применим для них 2-ой закон Ньютона:

$$a_2 = \frac{2F - F_{TP1} - F_{TP2}}{5m} \quad \text{— ускорение нижнего груза}$$

$$a_1 = \frac{F_{TP1} + F}{3m} \quad \text{— ускорение верхнего груза.}$$

Нужно: $a_2 - a_1 > 0$. Рассмотрим уравнение $a_2 - a_1 = 0$:

$$\frac{2F - F_{TP1} - F_{TP2}}{5m} - \frac{F_{TP1} + F}{3m} = \frac{F - 8F_{TP1} - 3F_{TP2}}{15m} = 0$$

Тогда: $F = 8F_{TP1} + 3F_{TP2} = 48 \text{ мкг}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

об 4° - продолжение

$$\text{Извест: } F_0 = 24 \mu \text{тг} ; F_{(\text{min})} = 48 \mu \text{тг}$$

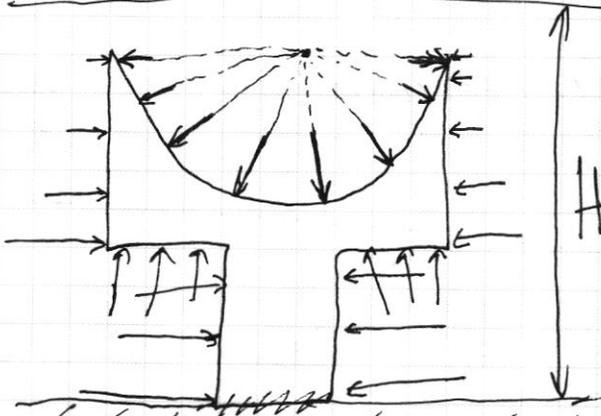
об 5°

1) p_1 - давление у дна!

$$p = \rho g H + p_0 = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 3 \text{м} + 100 \text{кПа} =$$

$$= 30000 \text{Па} + 100000 \text{Па} = \boxed{130 \text{кПа}}$$

2)



← - направление результирующе давление воды.

Это такое сила Архимеда?

Это сумма всех этих вертикальных проекций

давление (еще умножить на площадь). И.и.
у нас фигура выталкивается по тем по-
том вода под нее, а это значит
это на эту площадь не действует

давление воды на здании. Наме-
 тся для того, что бы кабели
 имели силу, нам нужно из
 силы архимеда вычитать возмож-
 ную силу действия воды на них
 тогда получим:

$$F_0 - F_{\text{Арх}} - \rho_g H S = \rho V g - \rho_g H S = \rho_g (V - H S) =$$

$$= 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} (0,005 \text{ м}^3 - 0,003 \text{ м}^3) =$$

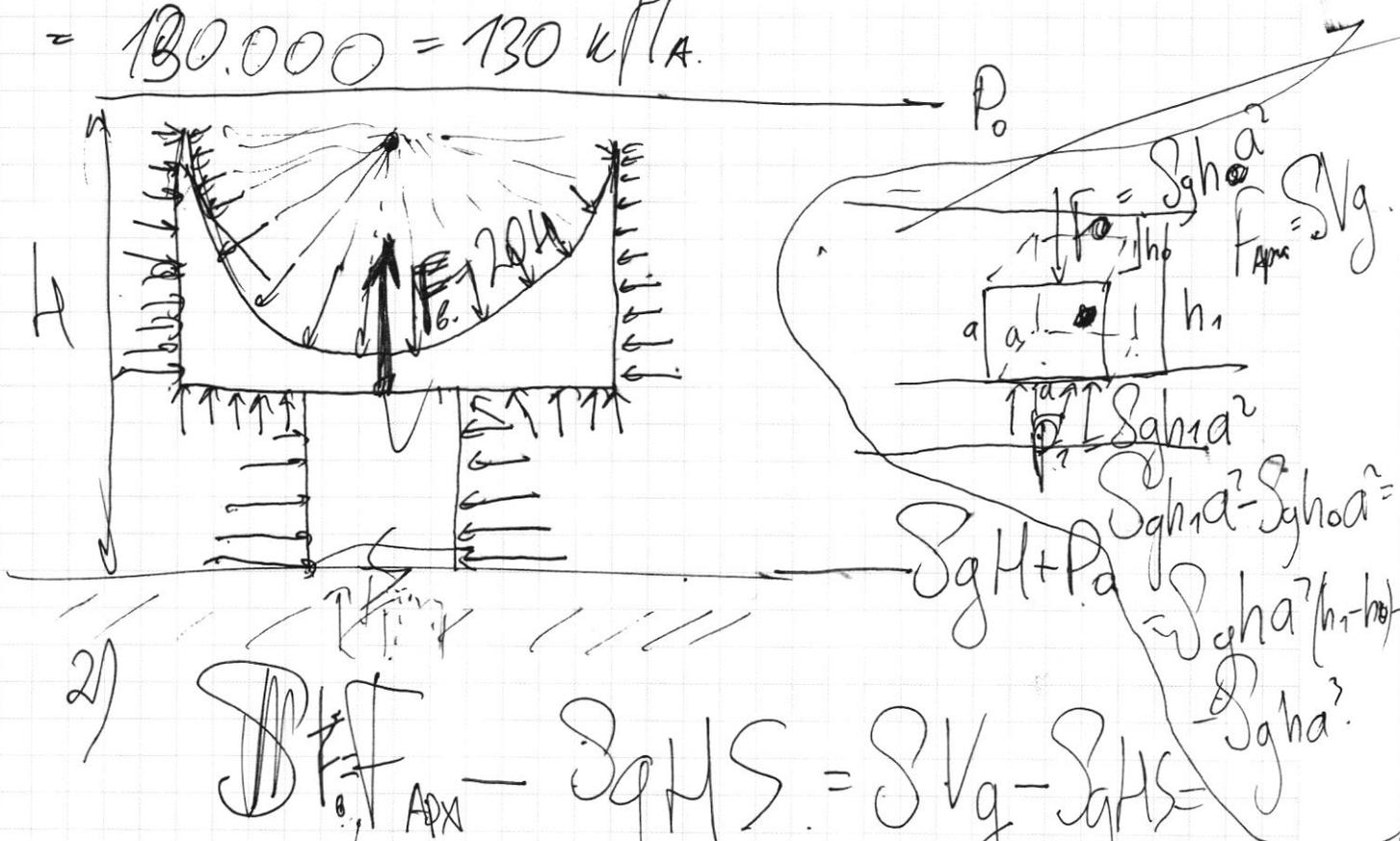
$$= 10000 \cdot 0,002 = 20 \text{ Н}.$$

Ответ: 130 кПа ; 20 Н, приложено к
 центру масс в направлении вер-
 тикально вверх.

Ответ на пункт 2) дан с уче-
 том того, что сила, с которой вода
 действует на "конструкцию" не
 вытекает в себе силу действия
 от масс воды (P.). ~~сила действия, попу-
 ляция~~

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1)
$$p_1 = \rho g H + p_0 = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 3 \text{ м} + 100000 \frac{\text{Па}}{\text{м}^2} = 30000 \frac{\text{Па}}{\text{м}^2} + 100000 \frac{\text{Па}}{\text{м}^2} = 130000 = 130 \text{ кПа}$$



2)
$$F_{\text{пр}} - \rho g H S = \rho V g - \rho g H S = \rho g (V - HS)$$

$$= \rho g (V - HS) = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} (0,005 \text{ м}^3 - 0,003 \text{ м}^3) = 10000 \cdot 0,002 = 20 \text{ Н}$$

$1 \text{ м} = 100 \text{ см}$
 $1 \text{ м}^2 = 10000 \text{ см}^2$
 $1 \text{ см}^2 = 0,0001 \text{ м}^2$
 $1 \text{ дм} = 0,1 \text{ м}$
 $1 \text{ дм}^3 = 0,001 \text{ м}^3$

$S = 10 \text{ см}^2 = 0,001 \text{ м}^2$
 $H = 3 \text{ м}$
 $V = 5 \text{ дм}^3 = 0,005 \text{ м}^3$

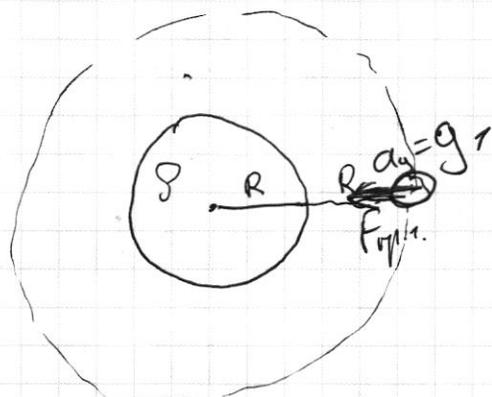


черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2)



$$G$$

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

$$T = ?$$

$$a_g = \omega^2 R$$

$$a_g = g_1$$

$$\omega = \sqrt{\frac{g_1}{R}}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{g_1}{R}}}$$

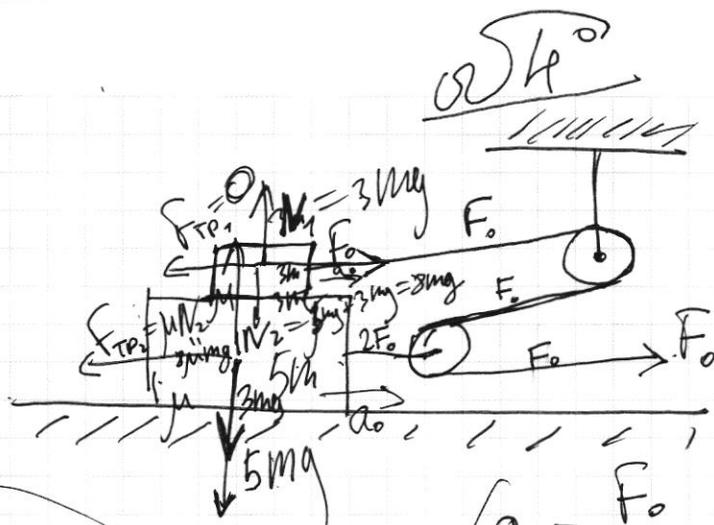
$$g_1 \equiv \text{каждое } m:$$

$$F_{\text{пр } 1} = \frac{G m_1 M_{\text{пл}}}{4R^2}$$

$$m g_1 = \frac{G M_{\text{пл}}}{4R^2} = \frac{G \rho \frac{4}{3}\pi R^3}{4R^2} =$$

$$= \frac{1}{3}\pi G \rho R \Rightarrow T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{1}{3}\pi G \rho R}}$$

2)



$$F = \frac{m \cdot a}{m}$$

$$2F_0 - 8\mu mg = 5m \cdot \frac{F_0}{3m}$$

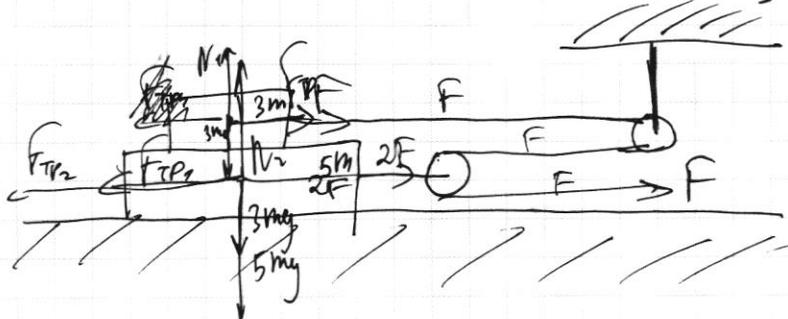
$$a_0 = \frac{F_0}{3m}$$

$$2F_0 - F_{TP2} = 5ma_0$$

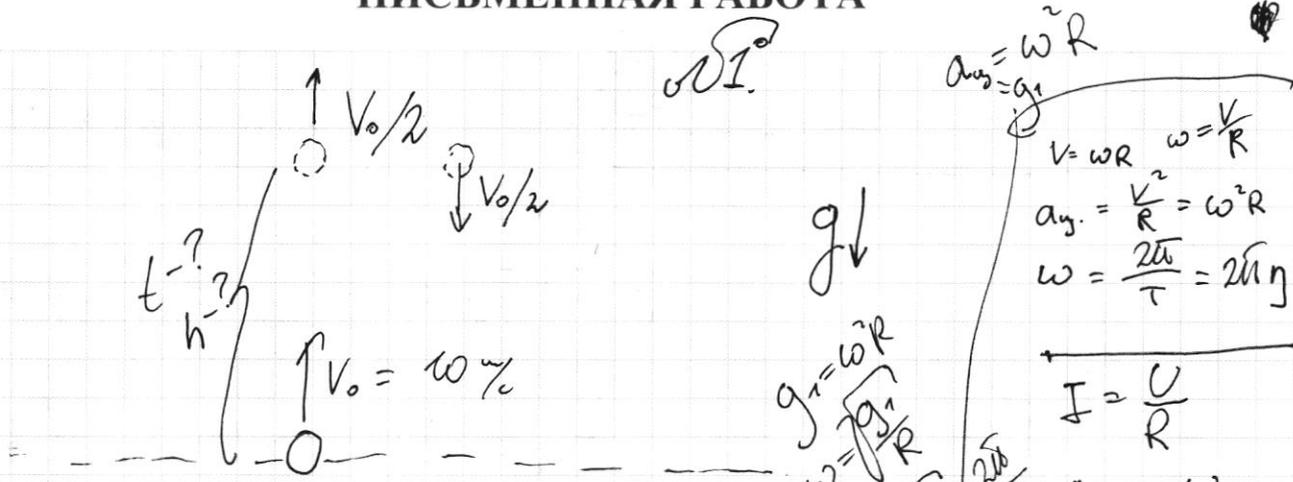
$$2F_0 - 8\mu mg = 5ma_0$$

~~$$F_0 = \frac{5F_0 + 8\mu mg}{3}$$~~

$$F_0 = \frac{8\mu mg}{2 - \frac{5}{3}} = \frac{8\mu mg}{\frac{1}{3}} = \boxed{24\mu mg}$$

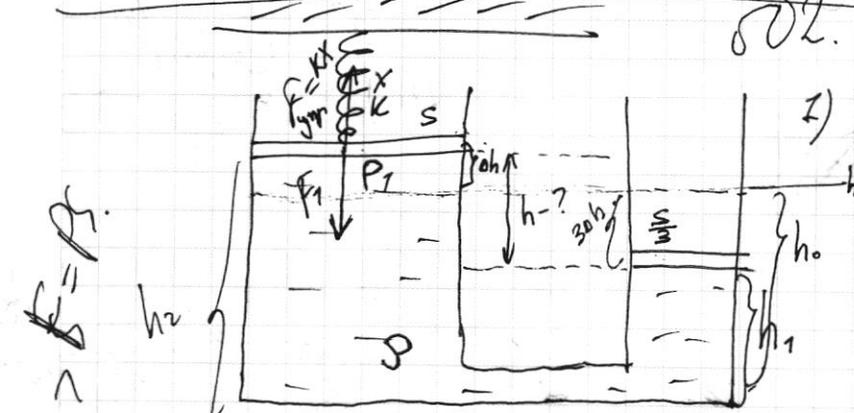


ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$1) \frac{v_0}{2} = v_0 - gt \quad t = \frac{v_0 - \frac{v_0}{2}}{g} = \frac{\frac{v_0}{2}}{g} = \frac{10\%}{2 \cdot 10\%} = 0.5 \text{ c.}$$

$$2) h = v_0 t - \frac{gt^2}{2} = 10\% \cdot 0.5 \text{ c.} - \frac{10\% \cdot 0.5^2}{2} = 5 - \frac{2.5}{2} = \frac{10 - 2.5}{2} = \frac{7.5}{2} = 3.75 \text{ m.}$$



$$4ah = h \Rightarrow ah = \frac{h}{4}$$

$$h_0 = h_1 + 3ah$$

$$h_2 = h_1 + h.$$

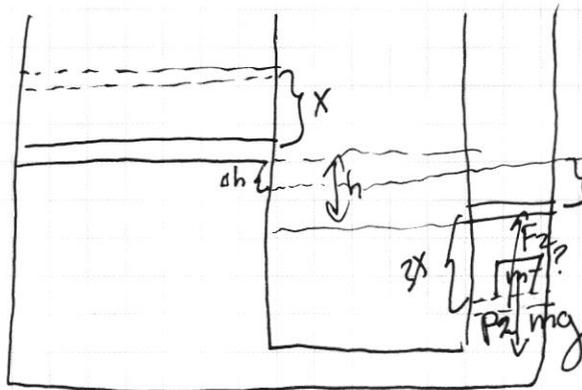
$$P_1 = \rho g \cdot \Delta h = \frac{\rho g h}{4}$$

$$F_1 = P_1 \cdot S = \frac{\rho g h S}{4}$$

$$F_{\text{упр}} = F_2$$

$$kx = \frac{\rho g h S}{4}$$

$$h = \frac{4kx}{\rho g S}$$



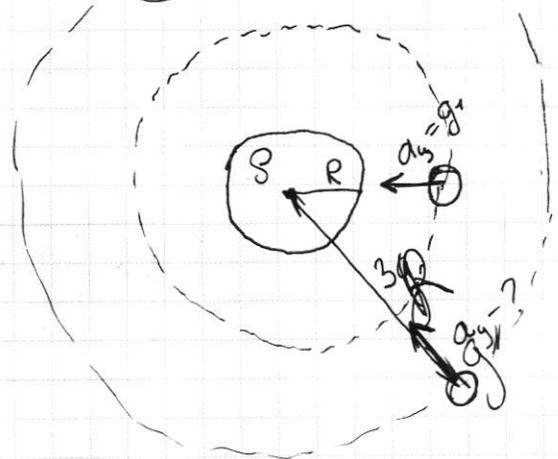
2) $oh = \frac{h}{4}$

$$p_2 = \rho g (3oh + x) = \rho g (oh + x) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F_2 = \rho g S (oh + x) = \rho g S (oh + x)$$

$$F_2 = mg \Rightarrow m = \frac{F_2}{g} =$$

$$= \frac{\rho g S (oh + x)}{g} = \boxed{\rho S (oh + x)}$$



2) $V = \frac{4}{3} \pi R^3$ $F_g = \frac{G m_1 m_2}{R^2}$

$$mg = \frac{G M m}{R^2} \ominus$$

$$\ominus \frac{G M m}{g R^2} = \frac{G \frac{4}{3} \pi R^3}{g R^2} =$$

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