

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

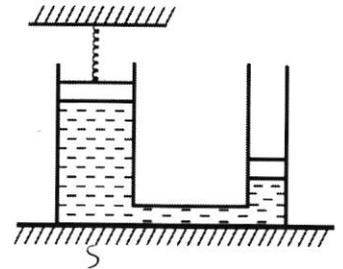
Вариант 09-01

Шифр

(заполняется секретарём)

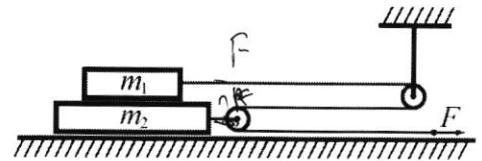
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 12$ м/с.
- 1) Через какое время t после старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
 - 2) На какой высоте h , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
- Ускорение свободного падения $g = 10$ 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. Разность уровней жидкости в сосудах равна h . Площадь сечения левого поршня S , правого $S/2$. Трение поршней о стенки сосудов пренебрежимо мало. Ускорение свободного падения g .



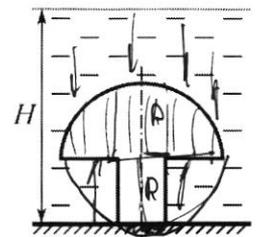
- 1) Найдите деформацию x пружины.
 - 2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты $h = 0,5R$, здесь R – радиус планеты. Плотность планеты ρ . Гравитационная постоянная G . Объём шара $V = \frac{4}{3}\pi R^3$.
- 1) Найдите ускорение g свободного падения на расстоянии $2R$ от центра планеты.
 - 2) Найдите период T обращения спутника.

4. На горизонтальном столе находятся бруски, соединённые нитью с системой блоков (см. рис.). Массы брусков $m_1 = 2m$, $m_2 = 3m$. 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 величину F минимальной силы, при которой нижний брусок скользит по столу, а верхний брусок движется влево относительно нижнего бруска.

5. Ко дну бассейна глубиной $H=2,5$ м приклеена осесимметричная конструкция (см. рис.). Клей затвердел. Верхняя поверхность конструкции – полусфера. Объём конструкции $V = 8$ дм³, площадь соприкосновения конструкции с дном через клей $S = 20$ см². Плотность воды $\rho = 1$ г/см³, атмосферное давление $P_0 = 100$ кПа. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².



$$V = \frac{2}{3}\pi R^3 \Rightarrow$$

$$R = \sqrt[3]{\frac{3}{2} \cdot \frac{V}{\pi}}$$

$$R = \sqrt[3]{\frac{3}{2} \cdot \frac{8}{\pi}}$$

$$F_A = \rho g V$$

$$F_A = \rho g \left(\frac{2}{3}\pi R^3 \right)$$

$$F_A = \rho g \left(\frac{2}{3}\pi \left(\sqrt[3]{\frac{3}{2} \cdot \frac{V}{\pi}} \right)^3 \right)$$

$$F_A = \rho g V$$

$$P_A = P_0 + \rho g H$$

$$P_A = P_0 + \rho g H$$

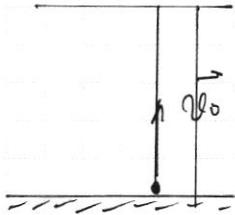
$$P_A = P_0 + \rho g H$$



$$F_A = \rho g V = \rho g \left(\frac{2}{3}\pi R^3 \right) - \rho g (H + 2R)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 1.



Камень брошен вертикально вверх: достигнув значения максимальной высоты, он ск-то обнулится и при падении вниз вновь будет набирать скорость

$\Rightarrow t_1 = \frac{v_0 - \frac{v_0}{3}}{g}$ - до достижения максимальной высоты (ск-то \vec{v} ; противоположно \vec{g})

$$t_1 = \frac{12 \frac{m}{c} - \frac{12 \frac{m}{c}}{3}}{10 \frac{m}{c^2}} = \frac{12 \frac{m}{c} - 4 \frac{m}{c}}{10 \frac{m}{c^2}} = 0,8 c$$

$t_2 = t_{\max} + \frac{v_0}{g}$ - после смены направления вектора скорости, где $t_{\max} = \frac{v_0}{g}$

$$\Rightarrow t_2 = \frac{v_0}{g} + \frac{v_0}{3g} = v_0 \left(1 + \frac{1}{3}\right); t_2 = \frac{12 \frac{m}{c}}{10 \frac{m}{c^2}} \left(\frac{4}{3}\right) = 1,6 c$$

Определим высоту:

$$h_1 = h_2 = \frac{v_0^2 - (v_0/3)^2}{2g}; h = \frac{v_0^2 - \frac{v_0^2}{9}}{2g};$$

$$h = \frac{v_0^2 \left(1 - \frac{1}{9}\right)}{2g} = \frac{v_0^2 \left(\frac{8}{9}\right)}{2g}; h = \frac{(12 \frac{m}{c})^2}{10 \frac{m}{c^2}} \cdot \left(\frac{8}{18}\right) = 6,4 m$$

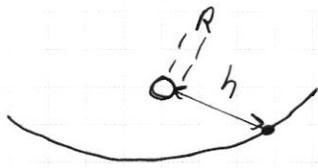
Ответ: $t_1 = 0,8 c$; $t_2 = 1,6 c$; $h = 6,4 m$

$$h_2 = h_{\max} - h_{\min} = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{v_0^2}{18g} = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{v_0^2}{6g} = \frac{v_0^2}{3} \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{6}\right) =$$

$$= \frac{v_0^2}{3} \cdot \frac{1}{3} = \frac{144 \frac{m^2}{c^2}}{10 \frac{m}{c^2}} \cdot \frac{1}{3} = 4,8 m \quad h_1 = h_2 = 6,4 m$$

Ответ: $t_1 = 0,8 c$; $t_2 = 1,6 c$; $h = 6,4 m$

~ 3



По 2-ому 3-му Ньютону:

$$F = mg$$

По 3-му всемирному тяготению:

$$F = \frac{GMm}{r^2} \Rightarrow \begin{cases} F = mg \\ F = \frac{GMm}{r^2} \end{cases} \Rightarrow g = \frac{GM}{r^2}$$

$$g = \frac{GM_{\text{п}}}{(2R)^2} \text{ - в нашем случае}$$

$$M_{\text{п}} = \rho V_{\text{п}}; M_{\text{п}} = \rho \frac{4}{3} \pi R^3$$

$$\Rightarrow g = \frac{4G \rho \pi R^3}{3 \cdot 4 \cdot R^2} = \frac{G \rho \pi R}{3} = \rho \frac{\pi R G}{3}$$

$T = \frac{2\pi(R+h)}{v_I}$; где $R+h$ - радиус орбиты, ведь поу ей высотой полетало р-ние от поверхности, а не от центра; v_I - 1-ая космическая скорость спутника

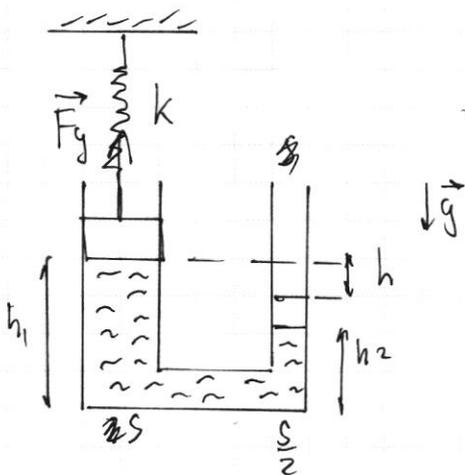
$$v_I = \sqrt{\frac{GM_{\text{п}}}{R+h}} \rightarrow T = \frac{2\pi(R+h)}{\sqrt{\frac{GM_{\text{п}}}{R+h}}} = \frac{2\pi \cdot 1,5R}{\sqrt{\frac{4G\rho\pi R^3}{3 \cdot 1,5R}}} =$$

$$= \frac{2\pi R}{\sqrt{\frac{4}{4,5} G \rho \pi R^2}} = \frac{3\pi R}{T \sqrt{\frac{6\rho\pi}{3 \cdot 3}}} = \frac{3\pi R}{T \cdot \sqrt{G \rho \pi 2}} = \frac{3\pi R}{3 \sqrt{G \rho \pi 2}} =$$

$$= \frac{2\pi}{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{2\rho\pi G}} = \frac{2 \sqrt{2\rho\pi G}}{2\rho G} = \frac{2}{\rho} \cdot \frac{\sqrt{2\rho\pi G}}{2\rho G}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 2



Разность давлений в левой и правой
коленах:

Δp

$$\Delta p = \rho g h_1 - \rho g h_2 = \rho g h$$

Разность сил давлений:

$$\Delta F_p = \rho g h_1 S - \rho g h_2 \frac{S}{2} = \rho g S (h_1 - \frac{h_2}{2})$$

По 3-му закону Ньютона: $F_y = kx \Rightarrow x = \frac{F_y}{k}$; где F_y — сила упругости

$$F_y = \rho g h x S$$

$$\Rightarrow x = \frac{\rho g h S}{k}$$

Недеформируемая пружина
означает, что её удлинение равно нулю.

$x_2 = 0 \Rightarrow$ разность давлений в коленах

равна нулю, а то давление в правой
колене равно давлению в левой

$$\rho g h_1 = \rho g h_2 + \frac{mg}{S} \Rightarrow \rho g h_1 = \rho g h_2 + \frac{2mg}{S}$$

$$\Rightarrow \rho g h = \frac{2mg}{S} \Rightarrow m = \frac{\rho g h S}{2g} = \frac{\rho h S}{2}$$

~ 4

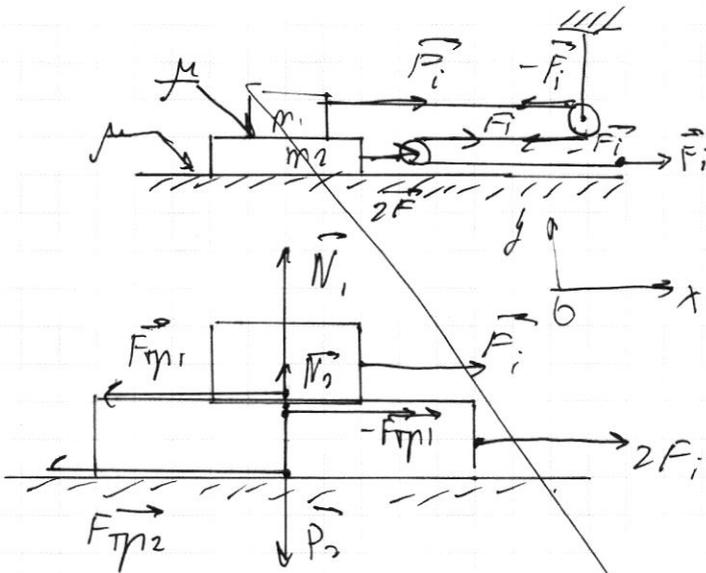
$$F_{T1} = m_1 g = 2mg$$

$$F_{T2} = m_2 g = 3mg$$

Пункт 1)

Пусть ускорение
имеем: \vec{A} , а

берем \vec{a}
Если маленький брусок



скользит по столу, то $A \neq 0$, ~~то~~

по 2-ому 3-му законам:

$$3m\vec{A} = 3m\vec{g} + \vec{N}_2 + 2\vec{F}_0 + \vec{F}_{тр2} + \vec{F}_{тр1} + \vec{P}_2$$

$$OX: 3mA = 2F_0 - F_{тр2} + F_{тр1} ; F_{тр1} = 0 \text{ - по условию}$$

пункт 1)

$$3mA = 2F_0 - F_{тр2}$$

$$0 = \vec{N}_2 + \vec{P}_2 + 3m\vec{g}$$

$$OX: 0 = N_2 - P_2 - 3mg$$

$$\Rightarrow N_2 = P_2 + 3mg$$

$$N_2 = 5mg$$

$$\Rightarrow 3mA = 2F_0 - 5mg$$

$$A \neq 0$$

$$\Rightarrow F_0 \geq 2,5 mg$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

н 4 (номер 2)

$$3m_A = 2F - F_{тр2} + F_{тр1} \quad (A \neq 0)$$

$$2ma = F - F_{тр1} \quad , \text{т.к. движение влево от нуля:}$$

$$F_{тр1} \geq F \quad F_{тр1} = \mu N_1$$

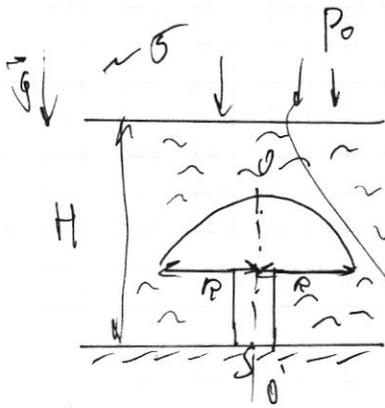
$$F_{тр1} = 2\mu mg$$

$$\begin{cases} F \leq 2\mu mg \\ 2F + F_{тр1} > F_{тр2} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} F \leq 2\mu mg \\ 2F > 5\mu mg - 2\mu mg \end{cases} \begin{cases} F \leq 2\mu mg \\ F > 1,5\mu mg \end{cases}$$

$$\begin{array}{c} \xrightarrow{F} \\ \text{1,5}\mu mg \quad 2\mu mg \end{array} ; F = (1,5\mu mg; 2\mu mg]$$

$$1,5\mu mg < F \leq 2\mu mg$$

$$\Rightarrow F_{min} = 1,5\mu mg$$



$O'O'$ - ось продольной, осевой симметрии

$$p_1 = p_0 + \rho g H$$

$$p_1 = 100 \text{ кПа} + 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \times 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \times 2,5 \text{ м} =$$

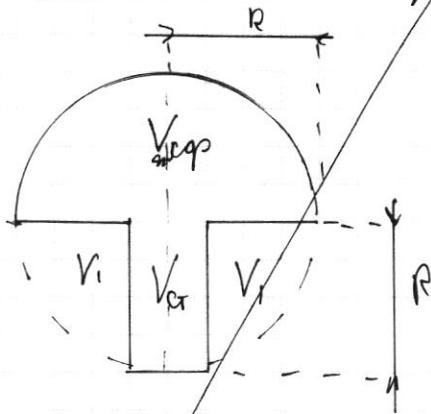
$$= 100 \text{ кПа} + 75 \text{ кПа} = 175 \text{ кПа}$$

$$S_{\text{сфер}} = 4\pi R^2 \text{ - площадь сферы}$$

$$\Rightarrow \frac{S_1}{2} = 2\pi R^2 \quad \frac{V_{\text{сфер}}}{2} = \frac{2}{3}\pi R^3 \Rightarrow V = \frac{2}{3}\pi R^3 + V_{\text{ст}}, \text{ где } V_{\text{ст}} -$$

объем стержня площадью S

Из осевой симметрии следует:



$$V = V_{\text{сфер}} + V_{\text{ст}}$$

$$V = \frac{2}{3}\pi R^3 + RS$$

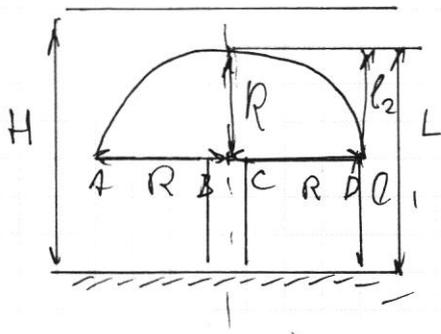
На верхнюю часть
оказываются давление:

$$p_B = p_0 + \rho g (H - 2R)$$

$$F_B = (p_0 + \rho g (H - 2R)) \cdot 2\pi R^2$$

~ 5

$$S_{\text{сф}} = 4\pi R^2; \quad \frac{S_{\text{сф}}}{2} = 2\pi R^2$$



$$p_1 = \rho g M + p_0$$

$$p_1 = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 2,5 \text{ м} + 100 \text{ кПа} = 125 \text{ кПа}$$

$$F = \int p_B \cdot dF - \int p_H \cdot dF \quad \text{где } p_B \text{ всего } L\text{-высоту всей}$$

конструкции и l_1 -высоту стопа над сферой $l_2 = R$
 толщ (р_в и р_н - ищем, а не умножаем):

$$F = (\rho g (M - L)) \cdot 2\pi R^2 - (\rho g (M - l_1)) \cdot (\pi R^2 - S); \quad \text{т.к.}$$

клей затвердеет, а вода не подтекает над
 конструкцией и, следовательно, сила

вниз, поэтому ей нет в вертикали
 равнодействующей сил: она представляет
 собой реакцию сил тяжести на поверхность и
 на линии "уши" АВ и СД. Пусть $l_1 = l_2 = R$

$$V = \frac{2}{3}\pi R^3 + RS \Rightarrow R \approx \frac{2,5 \text{ м}}{2,1 \text{ м}} \approx 0,71 \text{ м}$$

$$\frac{S_{\text{сф}}}{2} = 2\pi R^2 \approx 3 \text{ м}^2; \quad \pi R^2 - S \approx \pi R^2 \approx 0,16 \text{ м}^2$$

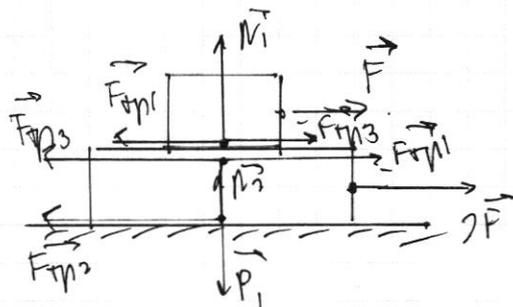
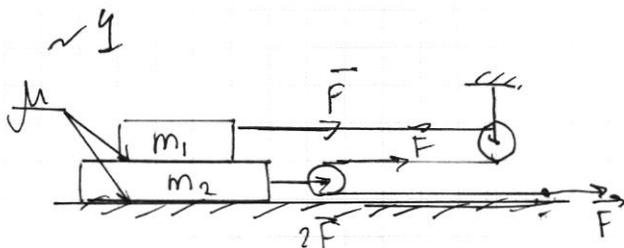
$\Rightarrow R \approx 0,71 \text{ м}$ $R \in \mathbb{N} \Rightarrow$ разница значений округлим
 только поцелувно действо:

$$\Rightarrow F = p_1 \cdot 2\pi R^2 - p_1 \cdot \pi R^2 = p_1 (2\pi R^2 - \pi R^2) = p_1 \pi R^2$$

$$F = 125 \text{ кПа} \cdot 10^3 \cdot 3 \cdot 0,24 \text{ м}^2 \approx 9 \text{ М} - \text{всего вниз}$$

$$F = 1653,75 \text{ Н} - \text{вниз}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1) Пусть ускорение мшиной A ; вернее a , если мшиной скользит, значит $A \neq 0$. По 2-му закону Ньютона:

$$3m A = 2F_0 + F_{\text{тр}1} - F_{\text{тр}3} - F_{\text{тр}2}$$

Условие нулевого трения для первого мшиной:

$$F_{\text{тр}1} = F_{\text{тр}3}; \quad F_{\text{тр}2} = \mu N_2 = \mu(3mg + 2mg)$$

$$\Rightarrow 3mA = 2F_0 - F_{\text{тр}2} \Rightarrow F_0 \geq 2,5 \mu mg$$

$$2) \quad 3m A = 2F + F_{\text{тр}1} - F_{\text{тр}3} - F_{\text{тр}2} \quad (A \neq 0)$$

$2ma = F - (F_{\text{тр}1} - F_{\text{тр}3})$; темо вернее ускорение влево от мшиной, $a < 0$

$$\begin{cases} F + F_{\text{тр}3} \leq F_{\text{тр}1} \\ 2F + F_{\text{тр}1} > F_{\text{тр}3} + F_{\text{тр}2} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} F + \mu P_1 \leq \mu N_1 \\ 2F + 3\mu mg \leq 2\mu mg \end{cases}$$

$$\begin{cases} F \leq F_{\text{тр}1} \\ 2F + F_{\text{тр}1} > F_{\text{тр}2} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} F \leq 2\mu mg \\ 2F > 3\mu mg \end{cases} \Rightarrow F_{\text{min}} = 1,5 \mu mg$$

Ответ: $F_0 = 2,5 \mu mg$; $F = 1,5 \mu mg$

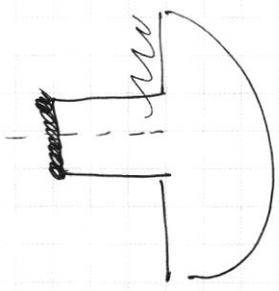
$$40 \frac{10^6}{3} + 16x$$

$$\frac{20^3}{3} + 10 \cdot 20$$

$$\frac{30^3}{3} = \frac{9000}{3} + 3000$$

$$\frac{40^3}{3} + 40 \cdot 10 = \frac{64000}{3} + 400$$

$$\frac{20000}{3} + 2000$$



$$S_1 = \pi R^2$$

$$S_2 = 20 \cdot R^2$$



$$\frac{63000}{3} = 21000$$

$$\frac{21000}{353} = 59.5$$

$$\frac{105}{2} = 52.5$$

$$\frac{36}{5} = 7.2$$

$$\frac{6175}{3675} = 1.68$$

$$\frac{42845}{22845} = 1.88$$

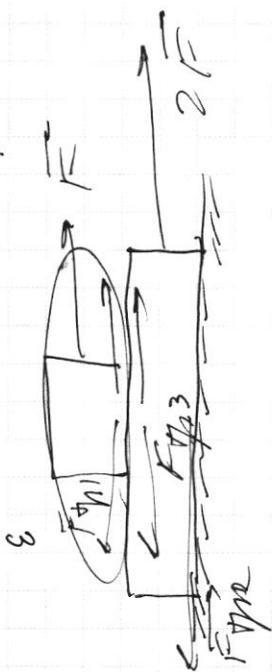
$$\frac{20 \cdot 10^6}{3} = 666666.67$$

$$\frac{10^6 - 9}{10} = 0.1$$

$$\frac{10^6 - 9}{5} = 0.2$$

$$\frac{10^6 - 9}{10} = 0.1$$

$$\frac{10^6 - 9}{10} = 0.1$$



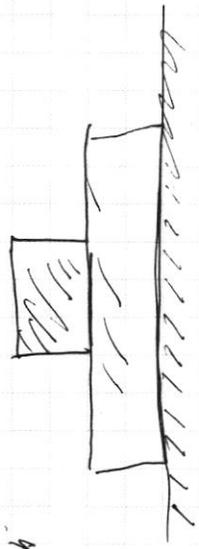
$$3 \cdot 3 \cdot 3 = 27$$

$$2 \cdot 2 \cdot 2 = 8$$

$$100000 = \frac{X^3}{3} + 10X$$

$$X = 45$$

...



$$115 \times 3 \cdot 21 \cdot 0.21$$

$$345 \cdot 21 \cdot 71$$

$$\frac{21}{21} = 1$$

$$\frac{42}{42} = 1$$

$$\frac{42}{42} = 1$$

$$\frac{335}{441} = 0.76$$

$$\approx 0.21 \text{ m}$$

$$\frac{21}{21} = 1$$

$$\frac{42}{42} = 1$$

$$\frac{42}{42} = 1$$

$$\frac{882}{9261} = 0.095$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$h = 12 \times 0,8 - g \frac{0,8^2}{2} =$$

$$= 9,6 - \frac{10 \times 0,64}{2} = 12 \cdot$$

$$= 9,6 - 3,2 = 6,4$$

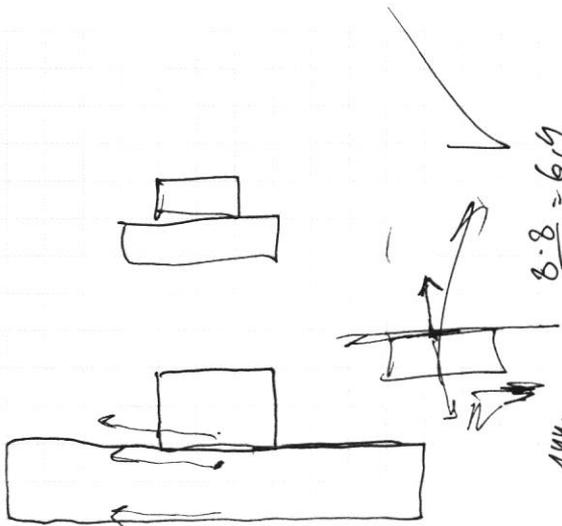
$$h = 12 \times 1,6 - \frac{10 \times 1,6^2}{2} =$$

$$19,2 - \frac{25,6}{2} =$$

$$= 19,2 - 12,8 = \frac{256}{2} \Big| 12,8$$

$$= 7,2 - 0,8 =$$

$$= 6,4$$



$$\frac{6 \cdot 8}{10} mgR = m \frac{v^2}{2}$$

$$v = \sqrt{2gR}$$

$$v^2 = \sqrt{2gR} = \sqrt{2 \cdot \frac{GM}{R^2} \cdot R}$$

$$\frac{20^2}{24} = \frac{144}{20} = 2 \cdot 10 = 20 = 36$$

$$2F - F_{\text{тр}} + F_{\text{тр}} = 3mA$$

$$2ma = F + F_{\text{тр}}$$

$$F = 2ma$$

$$\frac{200^2}{2 \cdot 10} = \frac{200^2}{20} = 2000$$

$$v^2 = \frac{200^2}{20}$$

$$20$$

$$100 = 0,2$$

$$V = \frac{2}{3} \pi R^3 + \frac{4}{3} \pi R^3$$

$$R \cdot \frac{2}{3} \cdot 3 \cdot 2 +$$

$$\frac{2}{3} \cdot 3 \cdot 2 + 0,2 \cdot 2$$

$$g = \left(\frac{GM}{R^2}\right)^2 - \frac{GM}{R^2} = \frac{GM}{R^2} \left(\frac{GM}{R^2} - 1\right)$$

$$4 + 0,2 = 6 + 0,5$$

$$\frac{4500}{450} = 10$$

$$T = \frac{2\pi - 1,5R}{2\pi} = \frac{3\pi R}{2\pi} = \frac{3\pi R}{\sqrt{GM}} = \frac{3\pi R}{\sqrt{6 \cdot \frac{GM}{R^2} \cdot R}} = \frac{3\pi R}{\sqrt{6 \cdot \frac{GM}{R}}} = \frac{3\pi R}{\sqrt{6 \cdot \frac{GM}{R}}}$$

$$5 + 0,8 = 3,5$$

$$\frac{3\pi R}{2 \sqrt{\frac{2}{3} \pi R^2 g}} = \frac{3\pi R}{3 \sqrt{2G\pi R^2 g}} = \frac{3\pi R}{3 \sqrt{2G\pi R^2 g}}$$

$$\sqrt{\frac{GM}{R^2}} = \frac{v}{R} = c^2$$

$$\sqrt{\frac{GM}{R}} = \frac{v^2}{R}$$

$$\frac{1500}{1450} = 1,034$$

$$\frac{g\pi R}{2R \sqrt{2G\pi R}} = \frac{g \cdot \sqrt{2G\pi R}}{2R \sqrt{2G\pi R}}$$

$$6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 4 \cdot 10^{-11} \cdot 26 \cdot 10^{24} = 69000000000$$

$$= \frac{42 \cdot 10^{-11} \cdot 10^{24}}{65 \cdot 10^5}$$

$$24,026$$

$$4 + 3,5 \times 0,2$$

$$\frac{8}{64} = \frac{1}{8} = \frac{125}{1000}$$

$$\frac{165}{165} = 1$$

$$R \approx 3,5 \text{ m}$$

$$= \frac{42}{66} = \frac{42}{66} \cdot \frac{6,7}{6,7} \cdot 10^8$$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)