

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

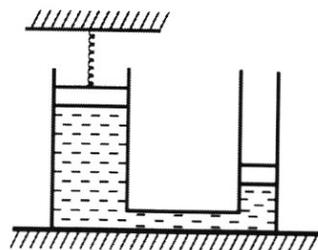
Вариант 09-01

Шифр

(заполняется секретарём)

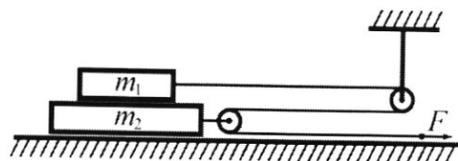
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 12$ м/с.
- 1) Через какое время t после старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
 - 2) На какой высоте h , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
- Ускорение свободного падения $g = 10$ 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 .



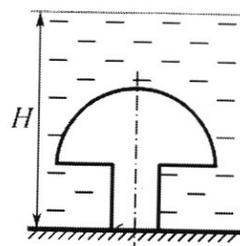
- 1) Найдите деформацию x пружины.
 - 2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты $h = 0,5R$, здесь R – радиус планеты. Плотность планеты ρ . Гравитационная постоянная 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.



- 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

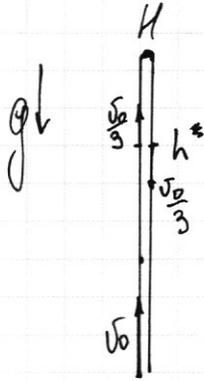
Дано:

$$v_0 = 12 \text{ м/с}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

Найти:

t и h



В силу симметрии траекто-
рии скорость $\frac{v_0}{3}$ дости-
гается 2 раза на
высоте h когда ле-
тит вверх и вниз

t_1 - время через которое
камень достигает ско-
рость $\frac{v_0}{3}$, когда летит вверх

t_2 - аналогично t_1 , только
когда камень летит вниз.

$$\frac{v_0}{3} = v_0 - gt_1 \Rightarrow t_1 = \frac{2v_0}{3g} = 0,8 \text{ с}$$

T - время за которое камень
достигает максимума высоты

$$0 = v_0 - gT \Rightarrow T = \frac{v_0}{g} = 1,2 \text{ с}$$

$$t_2 = (T - t_1) \cdot 2 + t_1 = 0,4 \cdot 2 + 0,8 \text{ с} = 1,6 \text{ с}$$

2. $(T - t_1)$ - время полета от h до
 H и от H до h . по закону
равноускоренного движения

$$h = v_0 \cdot t_1 - \frac{g t_1^2}{2} = 1,2 \text{ м/с} \cdot 0,8 \text{ с} - \frac{10 \text{ м/с}^2 \cdot 0,8 \text{ с}}{2}$$

$$h = 9,6 \text{ м} - 3,2 \text{ м} = 6,4 \text{ м}$$

Ответ: $t \in \{0,8 \text{ с}; 1,8 \text{ с}\}$; $h = 6,4 \text{ м}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

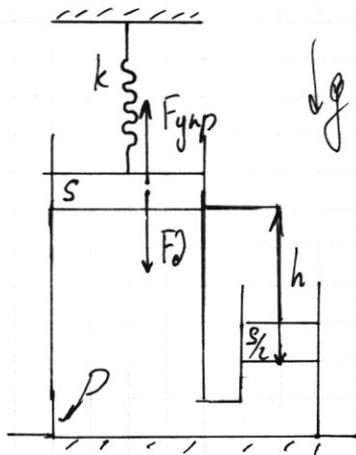
Задача 2

Дано:

S, ρ, g, h, k

Найти:

x ; m .



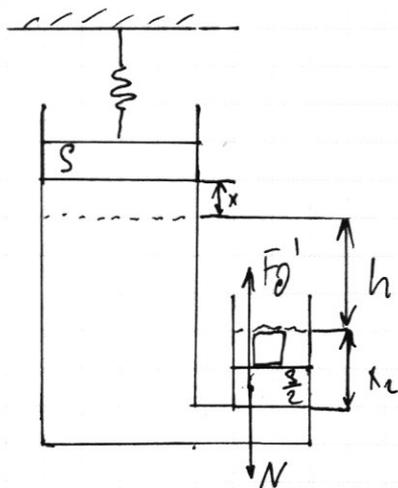
Рассмотрим силы на левый поршень

$$F_{\text{упр}} = kx$$

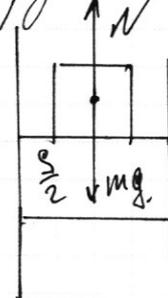
$$F_D = \rho g h \cdot S$$

по условию равновесия

$$F_{\text{упр}} = F_D \Rightarrow kx = \rho g h \cdot S \Rightarrow x = \frac{\rho g h S}{k}$$



отдельно рассмотрим груз



условие равновесия для груза
 $mg = N$; для правого поршня \Rightarrow
 $F_D' = N$

$$\Rightarrow mg = F_{\text{д}}' = \rho g (h + x_1 + x_2) \cdot \frac{S}{2}$$

$$m = \rho \cdot \frac{S}{2} (h + x_1 + x_2)$$

V - объем воды в сосуде

$$V = \text{const} \Rightarrow S \cdot x = \frac{S}{2} \cdot x_2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 2x = x_2$$

$$m = \rho \cdot \frac{S}{2} (h + 3x)$$

$$m = \rho \cdot \frac{S}{2} \left(h + 3 \cdot \frac{\rho g h - S}{k} \right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m = \rho \cdot \frac{S \cdot h}{2} \left(1 + 3 \frac{\rho g S}{k} \right)$$

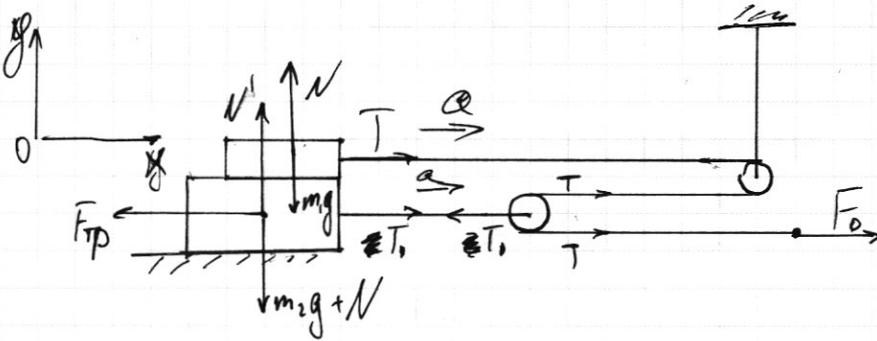
$$\text{Ответ: } x = \frac{\rho g h - S}{k}; \quad m = \rho h S \left(\frac{1}{2} + \frac{3 \rho g S}{2k} \right)$$

Задача 4

$$m_1 = 2m$$

$$m_2 = 3m$$

μ



нить нерастяжима $\Rightarrow F_0 = T$

блок невесомый $\Rightarrow T_1 = T + T = 2T$

~~и~~

условие равновесия для верхнего бруска

$$(0x) \quad T = m_1 a = F_0$$

$$(0y) \quad N = m_1 g$$

условие равновесия для нижнего

$$(0x) \quad F_{тр} - T_1 - F_{тр} = m_2 a$$

$$(0cy) \quad m_2 g + N = N'$$

$$F_{тр} = \mu N' = \mu m_2 g + \mu N = \mu g (m_1 + m_2) = 5\mu g m$$

чтобы не было трения между брусками они должны ехать в одну сторону с одинаковым ускорением \Rightarrow

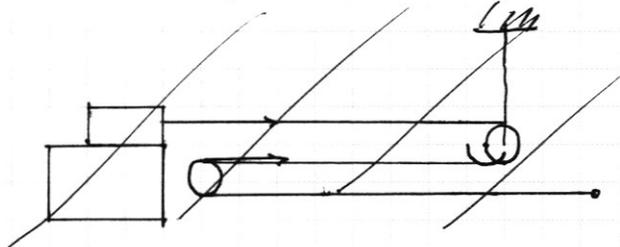
$$\frac{2F_0 - 5\mu m g}{3m} = \frac{F_0}{2m} \Rightarrow 4F_0 - 3F_0 = 2 \cdot 5\mu m g \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F_0 = 10\mu m g$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 4

Черновик



Черновик

$$p_1 = p_0 + \rho g h = 100000 + 1000 \cdot 10 \cdot 2,5 = 125000 \text{ Pa}$$

$$F = F_{\text{арх}} - \rho g V$$

$$0,0020 \cdot \frac{1}{10000} = 0,0002$$

$$g_1 = G \cdot \frac{m}{(2R)^2} = G \cdot \frac{4\pi R^3 \cdot \rho}{3 \cdot 4R^2} = G \cdot \frac{\pi}{3} R \cdot \rho$$

$$g_2 = G \cdot \frac{m}{((1+0,5)R)^2} = \frac{V}{2,25 R^2} = G \cdot \frac{\pi}{2,25} R \cdot \rho$$

$$1,5 \cdot 1,5$$

$$1,5 + 0,75 = 2,25$$

σ
→

$$\sigma^2 = 1,5 R \cdot G \cdot \frac{\pi}{4,5 \cdot 1,5}$$

$$\sigma^2 = R^2 \cdot \sqrt{G \rho \cdot \frac{\pi}{15}}$$

$$l = L \pi R^2 \quad \tau = \frac{l}{\sigma} = \frac{2\sqrt{\pi}}{\sqrt{G \rho \cdot \frac{\pi}{15}}}$$

$$\frac{F + 2\mu mg}{2m} < \frac{2F - 7\mu mg}{3m}$$

$$3F + 6\mu mg < 4F - 14\mu mg.$$

$$F > 20\mu mg.$$

T - сила натяжения нити

F_1 - сила трения между полом и бруском m_2 во 2 случае

F'_1 - сила трения между грузами

a_1, a_2, a - ускорения брусков.

$F_{тр}$ - сила трения между полом и бруском в 1 случае

N, N' - силы нормальной реакции опор.

Ответ: $F_0 = 10\mu mg$; $F > 20\mu mg$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 5

Дано:

$$H = 2,5 \text{ м}$$

$$V = 8 \text{ дм}^3 = 0,008 \text{ м}^3$$

$$S = 20 \text{ см}^2 = 0,002 \text{ м}^2$$

$$\rho = 1 \text{ г/см}^3 = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$P_0 = 100 \text{ кПа}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

Найти:

$$P_1; F$$

$$P_1 = P_0 + P_6 \quad P_6 - \text{давление}$$

столба жидкости

$$P_6 = \rho g H \Rightarrow P_1 = 100 \text{ кПа} + 2,5 \text{ м} \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 1000 \text{ кг/м}^3 = 125 \text{ кПа}$$

$$F_{\text{Арх}} = \rho g V; F_{\text{Арх}} - \text{сила Архимеда}$$

сила Архимеда = это сумма
всех сил давления \Rightarrow

$$\Rightarrow F = F_{\text{Арх}} - F', \text{ где } F' - \text{это}$$

сила с которой вода
действует на дно

на всех крышках, которые
прикреплены $F' = P_1 \cdot S$

если $F > 0$, то сила F направлена
вверх, т.к. $F_{\text{Арх}} \uparrow$,

$F' \uparrow$, если $F < 0$, то сила
 F направлена вниз.

$$F_{\text{Арх}} = 1000 \cdot 0,008 \cdot 10 = 80 \text{ Н}$$

$$F' = 125000 \text{ Па} \cdot 0,002 \text{ м}^2 = 250 \text{ Н}$$

$$F = -70 \text{ Н} \Rightarrow F = 70 \text{ Н} \text{ и действует вниз}$$

Ответ: $P_1 = 125 \text{ кПа}$; $F = 70 \text{ Н}$ вниз.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 3.

Дано:

$$h = 0,5R$$

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

Найти:

$$g(2R)$$

T.

по формуле ускорения
свободного падения

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

g_1 - уск. свободного пад.
на высоте $1,5R$ от центра

v - скорость спутника

l - длина орбиты

$$T = \frac{l}{v} = \frac{3\pi R}{v}$$

$$g_1 = \frac{v^2}{1,5R} \quad (\text{движение по окр})$$

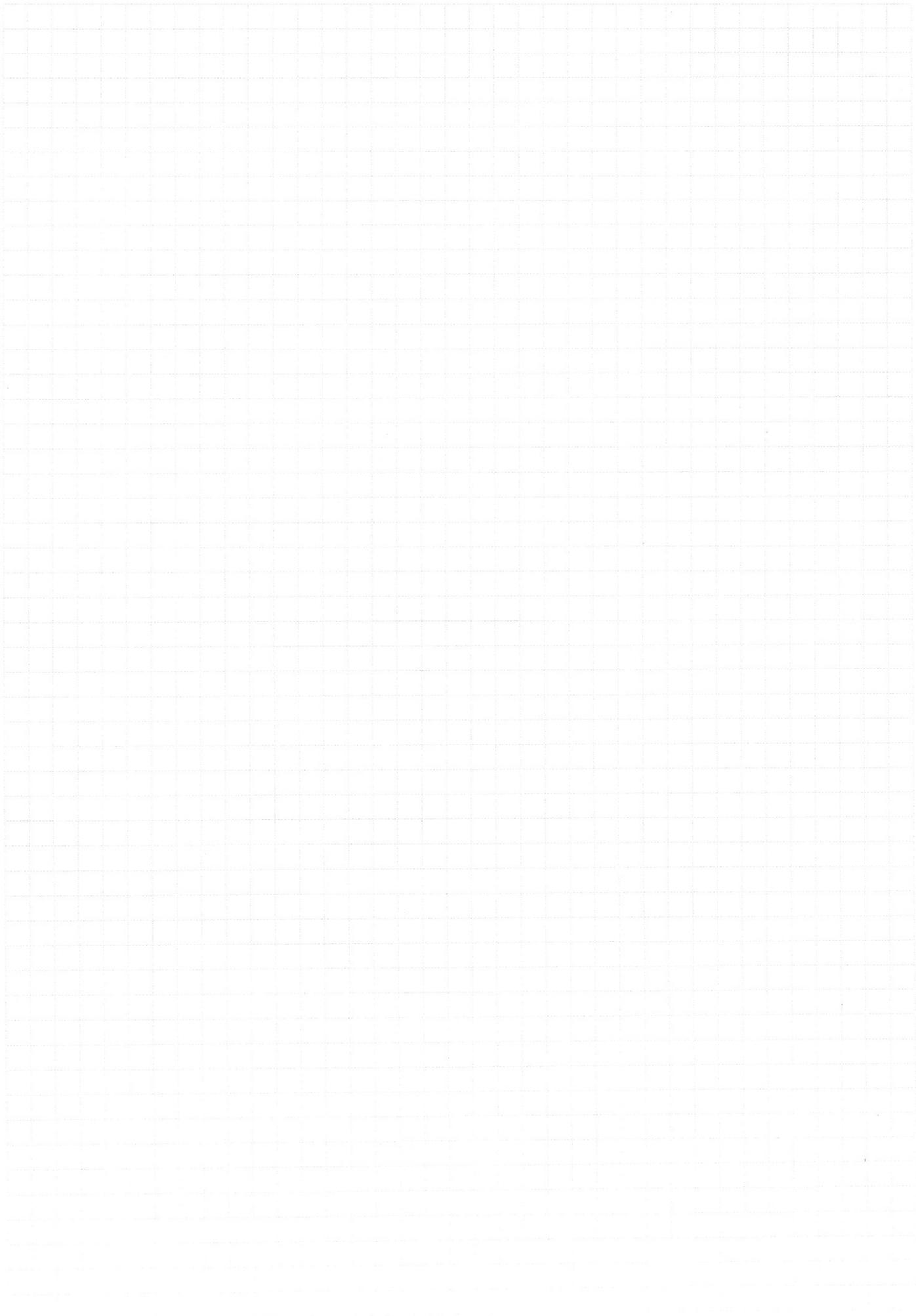
$$g_1 = G \cdot \frac{\rho \cdot V}{(1,5)^2 R^2} \Rightarrow g_1 = G \rho R \cdot \frac{\pi}{(1,5)^2}$$

$$g_1 = G \rho R \cdot \frac{\pi \cdot 4}{9 \cdot 1,5 \cdot 1,5}$$

$$v = R \cdot \sqrt{G \rho \frac{\pi \cdot 4}{9 \cdot 1,5}}$$

$$T = \frac{3\pi R}{\sqrt{G \rho \frac{\pi \cdot 4}{4,5}}} = \frac{3\pi R}{\sqrt{G \rho \cdot 4}} = 1,5 \sqrt{\frac{\pi \cdot 4,5}{G \rho}}$$

$$\text{Ответ: } g = G \rho R \cdot \frac{\pi}{3}; T = 1,5 \sqrt{\frac{\pi \cdot 4,5}{G \rho}}$$

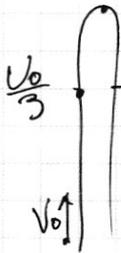


черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1.



Черновик

$$\frac{v_0}{3} = v_0 - gt$$

$$gt = \frac{2}{3}v_0$$

$$gt = 8 \text{ мс}$$

$$t_1 = 0,8 \text{ с}$$

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\dots}$$

~~черновик~~

~~$$v_0 = gt$$~~

~~$$t = 1,2 \text{ с}$$~~

~~$$t_2 = (1,2 - 0,8) \cdot 2 + 0,8 = 1,6 \text{ с}$$~~

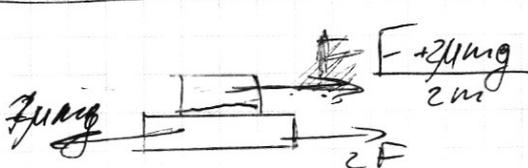
~~$$h = v_0 t_1 - \frac{gt_1^2}{2} = 12 \cdot 0,8 -$$~~

~~$$\frac{10 \cdot 0,8^2}{2}$$~~

~~$$= 8 + 1,6 - 3,2 =$$~~

~~черновик~~

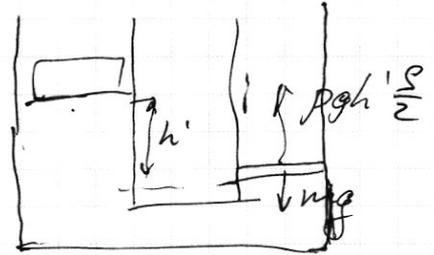
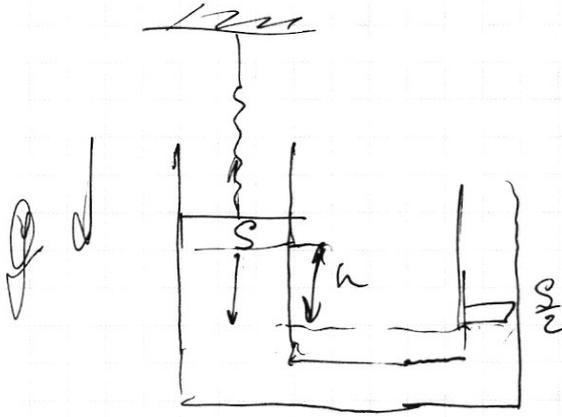
~~$$= 9,6 - 3,2 = 6,4 \text{ м}$$~~



$$\frac{2F - 4mg}{3m} > \frac{F + 2mg}{2m}$$

$$4F - 14mg > 3F + 6mg$$

$$F > 20mg$$



$$S\rho gh = kx$$

$$\frac{S\rho gh}{k} = x$$

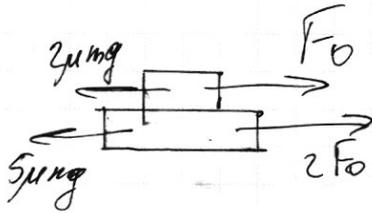
~~$$h' = x + h$$

$$mg = \rho gh' \cdot \frac{S}{2}$$

$$m = \rho h \cdot \frac{S}{2} + \rho \frac{S}{2} \cdot \frac{S\rho gh}{k}$$

$$m = \rho \frac{S}{2} (kx + hS)$$

$$m = \rho \cdot \frac{S \cdot h}{2} \left(1 + \frac{\rho g S}{k} \right)$$~~



~~$$\frac{F_0}{2m} = \frac{2F_0}{5mg}$$~~

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

$$4mF_0 - 10mg = 3mF_0$$

$$4F_0 - 3F_0 = 10mg$$

$$F_0 = 10mg$$