

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

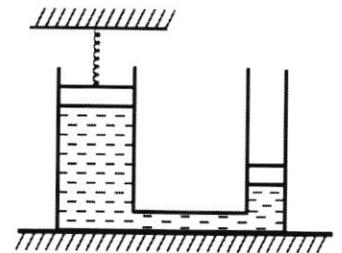
Вариант 09-02

Шифр

(заполняется секретарём)

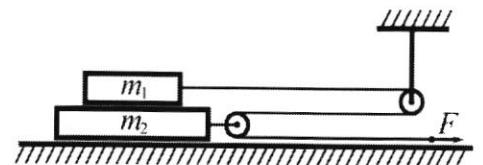
- 1.** Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 10$ м/с.
- 1) Через какое время t после старта скорость камня будет равна по величине $V_0/2$?
 - 2) На какой высоте h , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине $V_0/2$?
- Ускорение свободного падения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



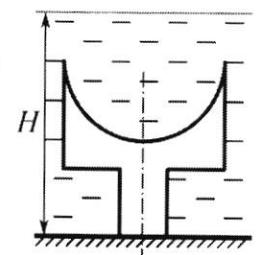
- 1) Найдите разность h уровней жидкости в сосудах.
 - 2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
- 3.** Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты $h = R$, здесь R – радиус планеты. Плотность планеты ρ . Гравитационная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

№1

$$V_0 = 10 \text{ м/с}$$

Запишем формулу для скорости камня, зависящей от времени.

$$V_t = V_0 - g t$$

Так как нам нужно найти скорость, совпадающую по величине, то V_t направление может быть тем же, а может быть и противоположным.

$$1) \frac{1}{2} V_0 = V_0 - g t_1$$

$$2) -\frac{1}{2} V_0 = V_0 - g t_2$$

Для первого случая.

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

И для второго:

$$g t_2 = 1,5 V_0 \Rightarrow t_2 = \frac{1,5 V_0}{g} = \frac{1,5 \cdot 10 \text{ м/с}}{10 \text{ м/с}^2} = 1,5 \text{ с}$$

Теперь запишем формулу для высоты.

$$h_t = V_0 t - \frac{g t^2}{2}$$

$$1) h_1 = V_0 t_1 - \frac{g t_1^2}{2} = 10 \text{ м/с} \cdot 0,5 \text{ с} - \frac{10 \text{ м/с}^2 \cdot (0,5 \text{ с})^2}{2} = 5 \text{ м} - 1,25 \text{ м} = 3,75 \text{ м}$$

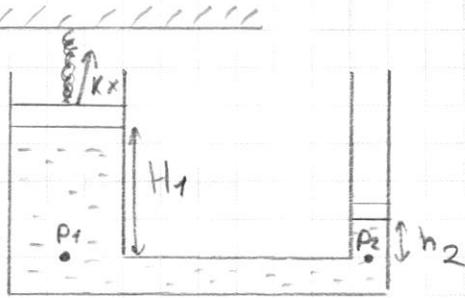
$$2) h_2 = V_0 t_2 - \frac{g t_2^2}{2} = 10 \text{ м/с} \cdot 1,5 \text{ с} - \frac{10 \text{ м/с}^2 \cdot (1,5 \text{ с})^2}{2} = 15 \text{ м} - 11,25 \text{ м} = 3,75 \text{ м}$$

Значит, высота в любом случае будет 3,75 м.

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

№ 2

Если бы пружинка была
сжата, она бы уже пришла
в нормальное состояние, т.к.
ей ничего не мешает.



Значит, пружинка растянута. И тогда она
тащит поршень вверх с силой $F = kx$.

Посмотрим на давления p_1 и p_2 , находящиеся
на одном уровне. Т.к. жидкость в покое, то
эти давления равны.

$$p_1 = p_2$$

$$p_1 = p_0 + \rho g H_1 - \frac{kx}{S}$$

$$p_2 = p_0 + \rho g h_2$$

Приравняем,

$$p_0 + \rho g H_1 - \frac{kx}{S} = p_0 + \rho g h_2$$

$$\rho g H_1 - \rho g h_2 = \frac{kx}{S}$$

$$\rho g (H_1 - h_2) = \frac{kx}{S}$$

$$H_1 - h_2 = \frac{kx}{\rho g S}$$

А $(H_1 - h_2)$ и есть разница уровней жидкостей.

Тогда

$$H_1 - h_2 = h$$

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

Теперь представим ситуацию, когда пружинка
стала недеформированной.

→
см. прод.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 2 (прог.)

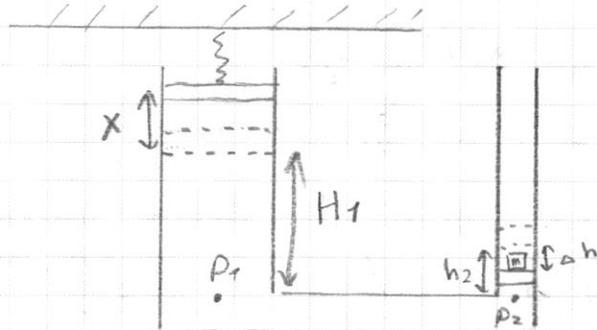
От Опять же, давление

p_1 и p_2 .

$$p_1 = p_2$$

$$p_1 = p_0 + \rho g (h_1 + x)$$

$$p_2 = p_0 + \rho g (h_2 - \Delta h) + \frac{m}{S}$$



Объем, перетекший в левый сосуд

$$V = x S$$

Такой же объем вытек из ~~правой~~ правого сосуда.

$$V = \Delta h \frac{S}{3} = x S \quad \text{Тогда}$$

$$\Delta h = \frac{3xS}{S} = 3x \Rightarrow$$

$$p_2 = p_0 + \rho g (h_2 - 3x) + \frac{3m}{S}$$

Уравновешиваем

$$p_1 = p_2$$

$$p_0 + \rho g (h_1 + x) = p_0 + \rho g (h_2 - 3x) + \frac{3m}{S}$$

$$\frac{3m}{S} = \rho g (h_1 + x) - \rho g (h_2 - 3x) = \rho g h_1 + \rho g x - \rho g h_2 + 3\rho g x$$

$$\frac{3m}{S} = \rho g (h_1 - h_2) + 4\rho g x = \frac{kx}{S} + 4\rho g x$$

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

$$\text{Ответ: } h = \frac{kx}{\rho g S} ; m = \frac{kx + 4\rho g x S}{3}$$

№3

Запишем формулу силы тяготения объектов

$$F_{\text{тяг.}} = M_1 M_2 \frac{G}{R^2} \quad \text{Если мы говорим про планету, то}$$

$$F_{\text{тяг.}} = m M_{\text{пл.}} \frac{G}{R^2}, \quad \text{где } R - \text{расстояние между объектами}$$

$$F_{\text{тяг.}} = mg$$

$$F_{\text{тяг.}} = F_{\text{тяг.}} \Rightarrow$$

$$mg = m M_{\text{пл.}} \frac{G}{R^2}$$

$$g = M_{\text{пл.}} \frac{G}{R^2}$$

$M_{\text{пл.}} = \rho V$. Если нам известно ρ на расстоянии

$$g = \frac{\rho V G}{(3R)^2} = \frac{\rho V G}{9R^2} = \frac{\rho \frac{4}{3} \pi R^3 G}{9R^2} = \frac{4}{27} \rho \pi R G$$

При вращении спутника по окружности, ^{вокруг планеты} возникает

ускорение a , здесь $a = g_{2R}$

$$g_{2R} = \frac{\rho V G}{(2R)^2} = \frac{\rho \frac{4}{3} \pi R^3 G}{4R^2} = \frac{\rho \pi R G}{3} = a$$

Плаксе, $a = \frac{\omega^2}{R}$, где R - радиус окружности,

по которой движется спутник, \Rightarrow

$$a = \frac{\rho \pi R G}{3} = \frac{\omega^2}{2R} \Rightarrow$$

$$\omega = \sqrt{\frac{2}{3} \rho \pi R^2 G}, \quad \text{а } T = \frac{2\pi}{\omega}, \Rightarrow$$

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

$$\text{Ответ: } g_{2R} = \frac{4}{27} \rho \pi R G; \quad T = \sqrt{\frac{4\pi}{\frac{2}{3} \rho R^2 G}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 5

Посмотрим на давление

p_1 .

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

$$= 100.000 \text{ Па} + 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 3 \cdot 10^4 \text{ м} \cdot 10 \text{ м/с}^2.$$

$$\bullet \quad 3 \text{ м} = 100.000 \text{ Па} + 30.000 \text{ Па} = 130.000 \text{ Па}$$

Вода действует сверху на конструкцию во многих точках полушарья, но где проставить возмущение про это силу F_1 , ~~действующую~~ действующую сверху. П.к. внизу кесса, то ~~где~~ подтекает и нет, и силы воды на конструкцию снизу нет. Но представим, что она есть. Тогда,

$$F_2 - F_1 = F_{арх}. \Rightarrow$$

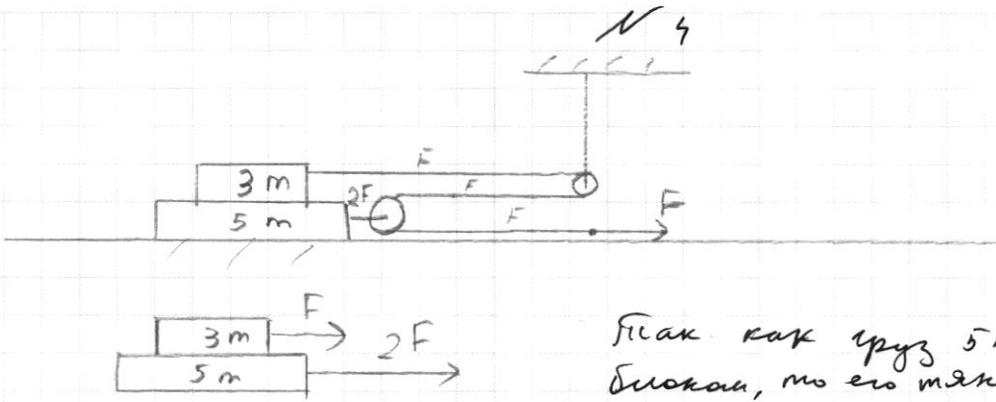
~~$$F_1 = F_2 - F_{арх}.$$~~

$$F_2 = p_1 \cdot S = 13 \cdot 10^4 \text{ Па} \cdot 10 \cdot 10^4 \text{ м}^2 = 130 \text{ кН}$$

$$F_{арх}. = \rho V g = 1 \text{ т/м}^3 \cdot 5000 \text{ м}^3 \cdot 10 \text{ м/с}^2 = 5 \text{ кН} \cdot 10^4 \text{ м/с}^2 = 50 \text{ кН}$$

~~$$F_1 = 130 \text{ кН} - 50 \text{ кН} = 80 \text{ кН}.$$~~

Ответ: $p_1 = 130.000 \text{ Па}$; $F_1 = 80 \text{ кН}$, действует вниз.



Поскольку груз 5 м соединен подвижным блоком, то его тянет сила $2F$.

~~Поскольку груз 5 м соединен подвижным блоком, то на него действует сила $2F$, а на груз 3 м сила F .~~

~~Пока сила $F \leq 3mg$, то $F_{\text{тр. верхнего груза}} = F$. И если нам надо, чтобы $F_{\text{тр.}} = 0$, то и $F_0 = 0$.~~

~~И т.к. т.к. на верхний груз действует сила F вправо, и из-за трения он не проскальзывает по нижнему грузу, то верхний груз не может ~~двигаться~~ двигаться влево относительно нижнего груза. Если не надо найти момент, при котором нижний скользит по ~~столу~~ столу.~~

Если учитывать, что ~~всё~~ вся сила ~~идёт~~ пойдёт на то, чтобы преодолеть силу трения нижнего ~~бруса~~ груза, и не дойдёт до верхнего, то тогда нижний груз будет скользить, а верхний груз ничего не будет тянуть и ~~следов~~ \Rightarrow $F_{\text{тр. верхнего бруса}} = 0$. Тогда, $2F_0 = F_{\text{тр. макс.}}$ \rightarrow сил. прог.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 4 (прод.)

$$2 F_0 = F_{\text{тр. нижс. max}}$$

$$F_{\text{тр. нижс. max}} = \mu (m_1 + m_2) g = \mu (5m + 3m) g = 8 \mu m g$$

$$F = \frac{8 \mu m g}{2} = 4 \mu m g$$

Это F и будет F_0 , необходимая для
первого условия.

$$F_0 = F = 4 \mu m g$$

П.к. на то, чтобы двигать нижний
брусок ~~не~~ нужна сила $F = 4 \mu m g$, то ещё
и на то, чтобы двигать верхний брусок,
относительно нижнего куска ещё и сила

$$F_2 = F_{\text{тр. верх. max}}$$

$$F_{\text{тр. верх. max}} = \mu (m_1) g = 3 \mu m g$$

Поэтому нужна сила F , необходимая, чтобы
двигать нижний брусок, и верхний отно-
сительно нижнего, будет

$$F = 4 \mu m g + 3 \mu m g = 7 \mu m g$$

Ответ: $F_0 = 4 \mu m g$; $F = 7 \mu m g$.

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$F = \frac{MmG}{R^2} \Rightarrow g = \frac{MG}{R^2} \quad \text{где } R - \text{расстояние между объектами.}$$

$$g = \frac{MG}{R^2} = \frac{\rho V G}{(R)^2} = \frac{\rho \frac{4}{3} \pi R^3 G}{9 R^2} = \frac{4}{27} \rho R G$$

⊙ $a = g$ $a = \frac{\omega^2 R}{R} = g \Rightarrow \omega = \sqrt{gR}$

$$a = \frac{\omega^2 L}{L} \Rightarrow \omega = \sqrt{gL} = \sqrt{g2R} \Rightarrow T = \frac{1}{\sqrt{g2R}}$$

$$v = \omega \cdot l$$

$$T = \frac{l}{v} = \frac{l}{\omega l} = \frac{1}{\omega}$$

$$p_1' = p_0 + \rho g(H+x)$$

$$p_2' = p_0 + \rho g(h - \frac{4x}{3}) + \frac{3m}{S}$$

$$p_1' = p_2'$$

$$\rho gH + \rho g x = \rho g(h - 3x) + \frac{3m}{S}$$

$$\frac{3m}{S} = \rho g h + \rho g x - \rho g(h - 3x) = \rho g(h-h) + \rho g x + \rho g 3x = \frac{4\rho g x}{S} \Rightarrow m = \frac{4\rho g x S}{3}$$

$$p_1 - p_2 = \rho g h - \frac{4\rho g x}{S} = \rho g h \Rightarrow$$

$$\rho g h - \frac{4\rho g x}{S} = \rho g h \Rightarrow \Delta h = \frac{4x}{S}$$

$$V_0 = 10 \text{ м/с}$$

$$V_{\text{от}} = V_0 - g t \Rightarrow$$

$$\frac{1}{2} V_0 = V_0 - g t \Rightarrow$$

$$g t = \frac{1}{2} V_0$$

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

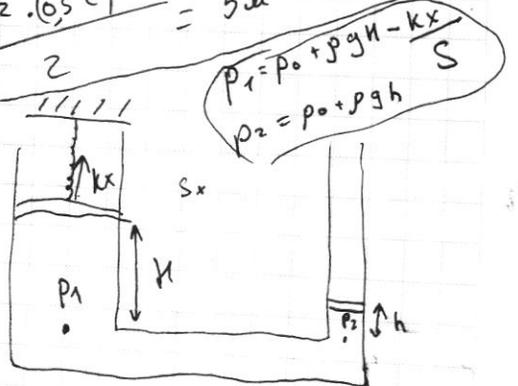
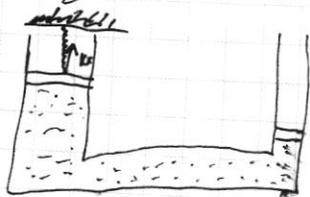
$$\frac{10 \cdot 2,25}{2} = 11,25$$

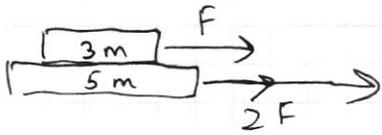
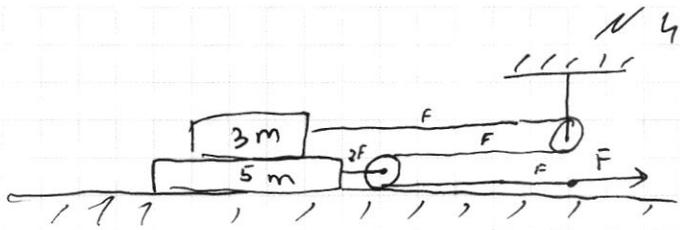
$$\frac{5 \text{ м/с}}{10 \text{ м/с}^2} = 0,5 \text{ с}$$

$$\frac{10 \text{ м/с} \cdot 2 \cdot (0,5 \text{ с})^2}{2} = 5 \text{ м} - 1,25 \text{ м} = 3,75 \text{ м}$$

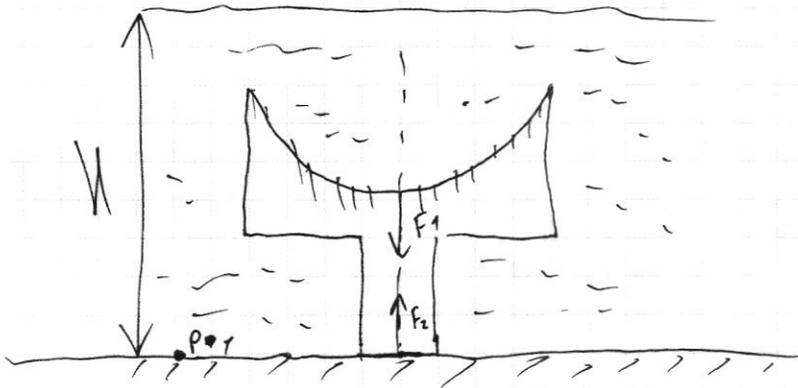
Итак, если мы повернем трубку, то $\frac{1}{2} V_0 = V_0 - g t \Rightarrow g t = \frac{1}{2} V_0$
 $t = \frac{10}{20} = 0,5 \text{ с}$
 $h = 5 \text{ м} - 1,25 \text{ м} = 3,75 \text{ м}$

$$S t = V_0 t + \frac{g t^2}{2} = 10 \text{ м/с} \cdot 0,5 \text{ с} + \frac{10 \text{ м/с}^2 \cdot (0,5 \text{ с})^2}{2}$$





№ 5



$$p_1 = p_0 + \rho g H = 100000 \text{ Па} + 1000 \cdot 10 \cdot 3 \text{ м} = 130000 \text{ Па}$$

$$F_2 - F_1 = F_{APX}$$

$$F_1 = F_2 - F_{APX}$$

$$F_2 = p_1 \cdot S$$

$$F_{APX} = \rho V g$$

$$F_1 = p_1 S - \rho V g$$

$$F_1 = p_0 S + \rho g H S - \rho V g$$

$$F_1 = 130000 \text{ Па} \cdot 10 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 - \rho V g$$

$$= 130 \text{ Н} - 50 \text{ Н} = 80 \text{ Н}$$