

# Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

Вариант 09-02

Шифр

(заполняется секретарем)

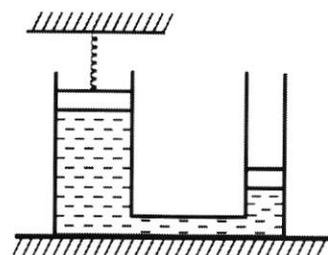
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью  $V_0 = 10$  м/с.

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.

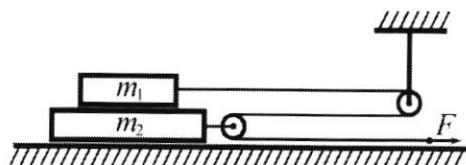
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты  $h = R$ , здесь  $R$  – радиус планеты.

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.



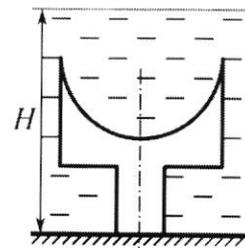
1) Найдите величину  $F_0$  горизонтальной силы, которую следует приложить к свободному концу нити, чтобы нижний брусок скользил по столу, а сила трения, действующая на верхний брусок, была равна нулю.

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

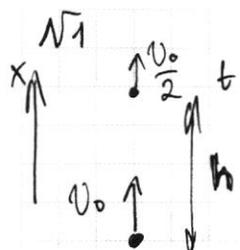
$S = 10$  см<sup>2</sup>. Плотность воды  $\rho = 1$  г/см<sup>3</sup>, атмосферное давление  $P_0 = 100$  кПа. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.



1) Найдите давление  $P_1$  вблизи дна.

2) Найдите величину  $F$  силы (с указанием направления), с которой вода действует на конструкцию.

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



①  $t_1, t_2$  - время в первом и втором случаях  
Если смотреть на момент, который  
произошел до того, как камень поднялся  
на максимальную высоту

$$1) \frac{v_0}{2} = v_0 - gt_1 \quad t_1 = \frac{v_0}{2g} = \frac{10 \text{ м/с}}{2 \cdot 10 \text{ м/с}^2} = 0,5 \text{ с}$$

$$2) h = v_0 t_1 - \frac{gt_1^2}{2} = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{v_0^2}{8g} = \frac{3v_0^2}{8g} = \frac{3 \cdot 10^2 \text{ м}^2/\text{с}^2}{8 \cdot 10 \text{ м/с}^2} = 3,75 \text{ м}$$

② Если рассматривать момент ~~до~~ <sup>после</sup> того, как камень  
поднялся на максимальную высоту.

$$1) -\frac{v_0}{2} = v_0 - gt_2 \quad t_2 = \frac{3v_0}{2g} = 1,5 \text{ с}$$

$$2) h = v_0 t_2 - \frac{gt_2^2}{2} = \frac{3v_0^2}{2g} - \frac{9 \cdot 3v_0^2}{8g} = \frac{3v_0^2}{8g} = \frac{3 \cdot 10^2 \text{ м}^2/\text{с}^2}{8 \cdot 10 \text{ м/с}^2} = 3,75 \text{ м}$$

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

№2

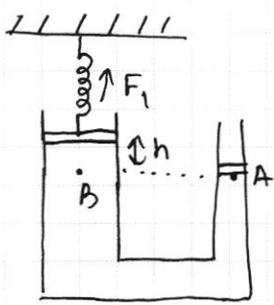


рис. 1

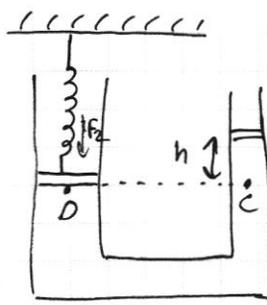


рис. 2

$F_1, F_2$  — силы, с которыми пружина действует на поршень в  $\uparrow$  и  $\downarrow$  случаях

$p_0$  — атмосферное давление

1) ① Рассмотрим случай, когда пружина растянута (рис. 1)

посчитаем давление в точках А и В (они равны т.к. расположены на одной высоте).

в т. А:  $p_0 + \rho g h - F_1/S = p_0 + \rho g h - \frac{kx}{S}$

в т. В:  $p_0$

$$p_0 = p_0 + \rho g h - \frac{kx}{S} \quad h = \frac{kx}{S\rho g}$$

② Если пружина сжата (рис. 2).

Давление в т. С и т. D одинаковое т.к. на одной высоте.

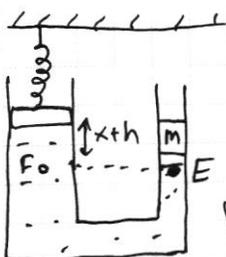
в т. С:  $p_0 + \rho g h$

в т. D:  $p_0 + F_2/S = p_0 + \frac{kx}{S}$

$$p_0 + \rho g h = p_0 + \frac{kx}{S} \quad h = \frac{kx}{S\rho g}$$

2) Если пружина до груза была сжата, то какой бы груз мы не клали пружина не сможет стать не деформированной

Если была растянута:



Давление в т. Е и т. F равно в т. Е:  $\frac{3mg}{S} + p_0$

в т. F:  $\rho g(x+h) + p_0$

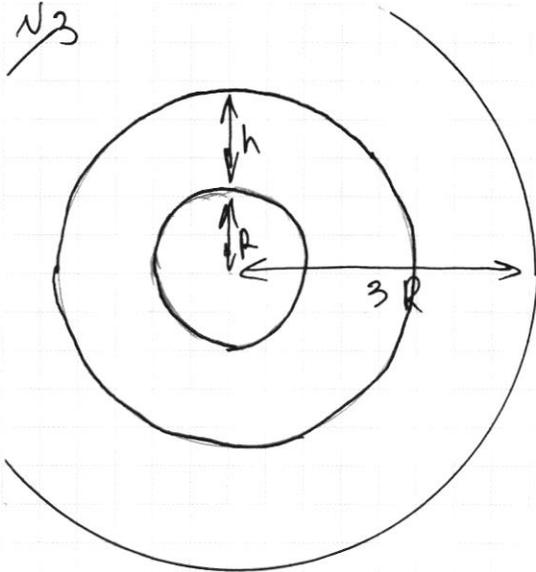
$$p_0 + \rho g(x+h) = \frac{3mg}{S} + p_0$$

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

Ответ:  $h = \frac{kx}{S\rho g}$ ,  $m = \frac{\rho(x+h)S}{3}$ , такое не возможно, если изнач. пружина сжата

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3



1)  $g = \frac{GM}{(3R)^2} =$   $M$  - масса планеты

$$= \frac{G\rho \cdot \frac{4}{3}\pi R^3}{9R^2} = \frac{4G\rho\pi R}{27}$$

2)  $t$  - время, за которое спутник делает один оборот.  
 $v$  - скорость спутника

$$2\pi(R+h) \cdot \frac{1}{t} = vt$$

$$g' = \frac{v^2}{(h+R)} \quad v = \sqrt{g'(h+R)}$$

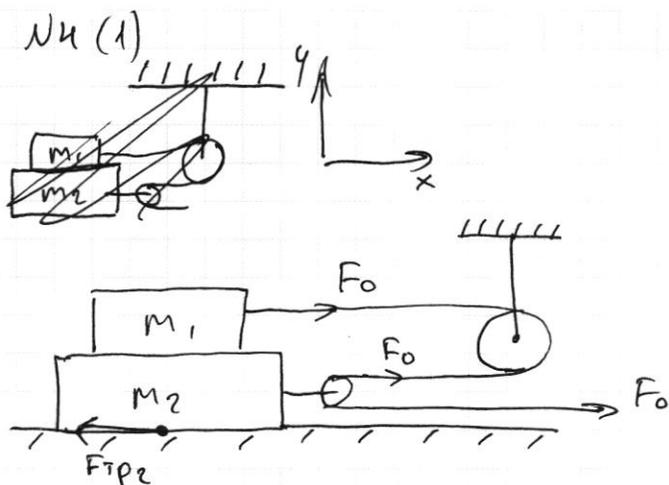
$g'$  - ускорение свободного падения на орбите.

$$g' = \frac{GM}{(R+h)^2} = \frac{G\rho \cdot \frac{4}{3}\pi R^3}{4R^2} = \frac{G\rho\pi R}{3}$$

$$v = \sqrt{\frac{G\rho\pi R(h+R)}{3}}$$

$$T = \frac{1}{t} = \frac{v}{2\pi(R+h)} = \frac{\sqrt{\frac{G\rho\pi R(R+h)}{4\pi^2(R+h)^2 \cdot 3}}}{2\pi(R+h)} = \sqrt{\frac{G\rho R}{3 \cdot 4\pi(R+h)^3}} = \sqrt{\frac{G\rho R}{24\pi R}} = \sqrt{\frac{G\rho}{24\pi}}$$

Ответ:  $g = \frac{4G\rho\pi R}{27}$ ,  $T = \sqrt{\frac{G\rho}{24\pi}}$



$a_1$  - ускорение  $2m_0$  бруска  
 $F_{тр2}$  - сила трения между  
 нижним блоком и полом  
 $a_2$  - ускор.  $2m_0$  бруска

Если сила трения, действующая на верхний  
 брусок равна 0, то силы, действующие по оси x  
 равны  $F_0 \Rightarrow a_1 = \frac{F_0}{m_1}$

$$a_2 = \frac{2F_0 - F_{тр2}}{m_2} = \frac{2F_0 - \mu(m_2 + m_1)g}{m_2}$$

Если сила тр. не действует на верхний блок, то

$$g a_1 = a_2$$

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

$$F_0 m_2 = 2F_0 m_1 - \mu(m_2 + m_1)m_1 g$$

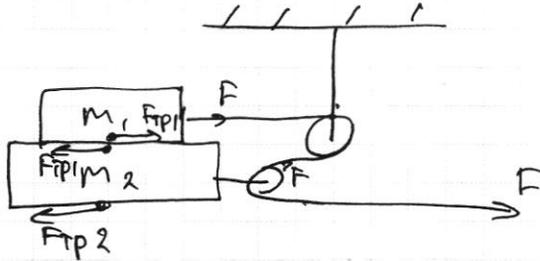
$$F_0 (2m_1 - m_2) = \mu(m_2 + m_1)m_1 g$$

$$F_0 = \frac{\mu(m_2 + m_1)m_1 g}{(2m_1 - m_2)} = \frac{\mu(5m + 3m) \cdot 3mg}{6m - 5m} =$$

$$\approx 24 \mu m g$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4(2)



$F_{тр1}$  - сила трения  
и между блоками

$F_{тр2}$  - сила трения между  
2ым блоком и столом

$a_1, a_2$  - ускорения верхнего и  
нижнего блоков соответственно.

$$a_1 = \frac{F + F_{тр}}{m_1} = \frac{F + \mu m_1 g}{m_1}$$

$$a_2 = \frac{2F - F_{тр1} - F_{тр2}}{m_2} = \frac{2F - \mu m_1 g - \mu(m_1 + m_2)g}{m_2}$$

Что бы верхний брусок двигался влево относ. нижнего  
бруска  $a_1 < a_2$

$$\frac{F + \mu m_1 g}{m_1} < \frac{2F - 2\mu m_1 g - \mu m_2 g}{m_2}$$

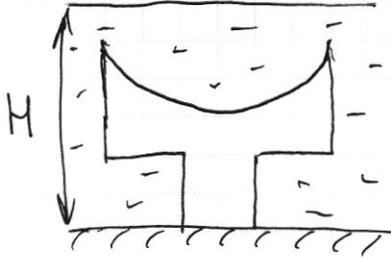
$$F m_2 + \mu m_1 m_2 g < 2F m_1 - 2\mu m_1^2 g - \mu m_1 m_2 g$$

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

$$= \frac{2\mu g \cdot 8m \cdot 3m}{m} = 48\mu m g$$

Ответ:  $24\mu m g$ ,  $48\mu m g$

№5



$$1) P_1 = P_0 + \rho g H = 100 \text{ кПа} + 1000 \text{ кг/м}^3 \cdot 10 \text{ Н/кг} \cdot 3 \text{ м} = 130 \text{ кПа}$$

2) Сила Архимеда ~~это~~ равна сумме ст. давлений во всех точках на границе тело/вода

Если бы было подтекание то  $F'$  - сила, с которой вода действует на конструкцию

$$F' = \rho g U \text{ (вверх)} \Rightarrow F = F' - S \cdot \rho g H$$

↑ сила давления воды на поверхность с клеем (если бы было подтекание)

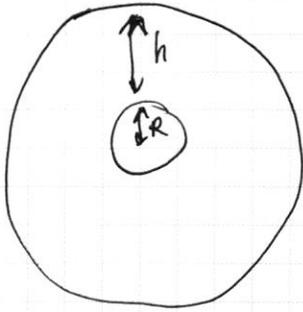
$$F = F' - S \rho g H = \rho g (U - SH) = 1000 \text{ кг/м}^3 \cdot 10 \text{ Н/кг} (0,005 \text{ м}^3 - 3 \cdot 0,001 \text{ м}^3) = 20 \text{ Н}$$

и направлена вверх

Ответ:  $F = 20 \text{ Н}$ , направлена вверх

N3

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



$$= \frac{4G\rho\pi R}{3g}$$

~~★~~ ~~★~~

$$a = \frac{gR^2}{h+R}$$

$$v = \sqrt{a(h+R)}$$

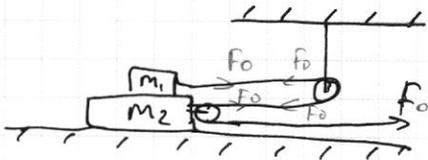
$$2\pi(h+R) = vt$$

$$T = \frac{1}{t} = \frac{v}{2\pi(h+R)} = \frac{\sqrt{a(h+R)}}{2\pi(h+R)} =$$

$$a = \frac{GM}{(h+R)^2} = \frac{G\rho \cdot \frac{4}{3}\pi R^3}{(h+R)^2} = \frac{G\rho \cdot 4\pi R^3}{3 \cdot 4R^2} = \frac{G\rho R\pi}{3}$$

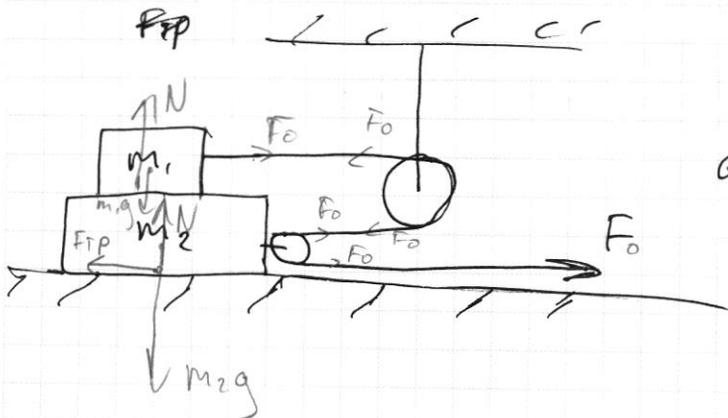
$$T = \sqrt{\frac{a}{(h+R)}} / 2\pi = \sqrt{\frac{G\rho R\pi}{3 \cdot 2R}} / 2\pi = \sqrt{\frac{G\rho}{24\pi}}$$

N4



$$m_1 = 3m$$

$$m_2 = 5m$$



Если 1ый брусок будет двигаться с ускорением  $a = \frac{F_0}{m_1}$ , то сила трения на него не действует  $\Rightarrow$  2ой б. тоже с ускор.  $a$

$$a = \frac{F_0}{m_1}, \quad 2F_0 - F_{тр} = 2F_0 - \mu(m_1 + m_2)g = m_2 a = \frac{m_2}{m_1} F_0$$

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

$$F_0 = \frac{\mu(m_1 + m_2)g}{2 - \frac{m_2}{m_1}} = \frac{8\mu mg}{2 - \frac{5m}{3m}} = \frac{8\mu mg}{\frac{1}{3}} = 24\mu mg$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N1

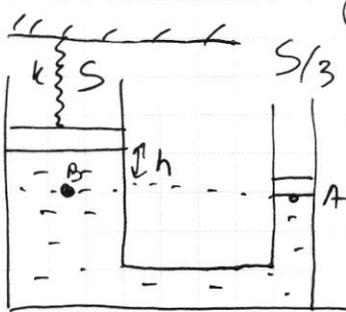
$$\frac{v_0}{2} = v_0 - gt$$



$$t = \frac{v_0}{2g}$$

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

N2



① 2в.

Давление в т. А и т. В

1) ~~состояние~~ растянуто

$$\rho g h - \frac{kx}{S} = 0$$

$$S \rho g h = kx$$

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

2) сжато

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

② Если ~~добавить~~ не пр. поршень

1) не возможно если пружина была сжата

2) если пружина растянута

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

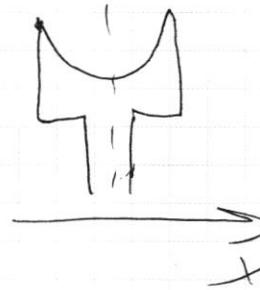
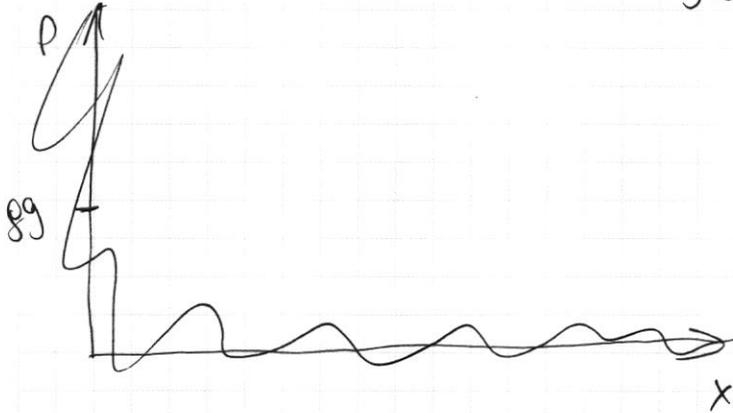
N5

$$P_0 + \rho g H$$

Если бы не было мее  $F' = \rho g V$  (вверх)

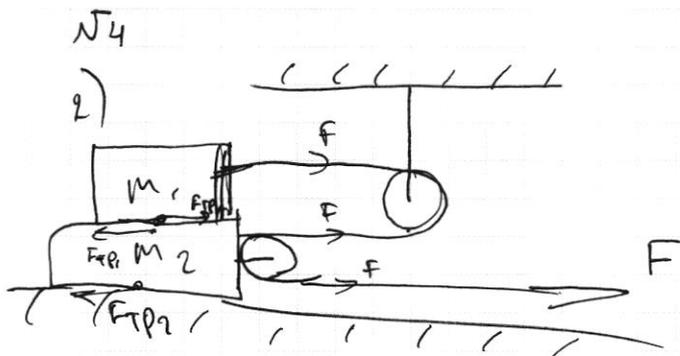
Если есть клей, то нет подтекания  $\Rightarrow$

$$F = F' - \rho g H \cdot S = \rho g V - \rho g H S = \rho g (V - HS)$$



$$= 1000 \cdot 10 \cdot (0,005 - 3 \cdot 0,001) = 10000 \cdot 0,002 = 2 \text{ Н}$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



~~Нужно решить задачу~~

$$-F_{тр2} + 2F - F_{тр1} = m_2 a_2$$

$$F + F_{тр1} = m_1 a_1$$

чтобы верхний бр. двигался влево относ. нижнего

$$a_1 < a_2$$

$$\frac{F + F_{тр1}}{m_1} < \frac{2F - F_{тр1} - F_{тр2}}{m_2}$$

$$m_2 (F + \mu m_1 g) < (2F - \mu m_1 g - \mu (m_1 + m_2) g) m_1$$

$$F m_2 + \mu m_1 m_2 g < 2F m_1 - 2\mu m_1^2 g - \mu m_1 m_2 g$$

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

$$F > \frac{2\mu m_1 g (m_1 + m_2)}{2m_1 - m_2} = \frac{2\mu \cdot 3m g (3+5)m}{2 \cdot 3m - 5m} =$$

$$= \underline{48 \mu m g} \Rightarrow \text{крайний случай } 48 \mu m g$$