

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

Вариант 09-01

Шифр

(заполняется секретарём)

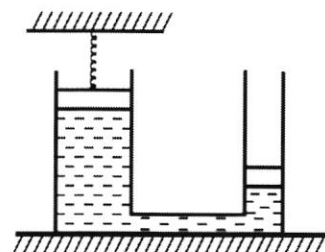
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 12$ м/с.

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.

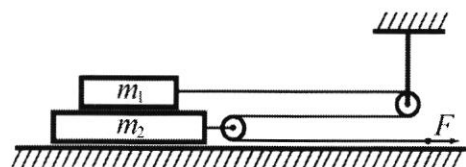
2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.

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.

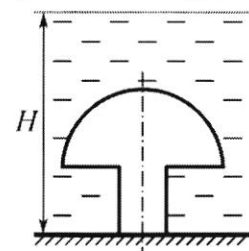
2) Найдите величину F минимальной силы, при которой нижний брусок скользит по столу, а верхний брусок движется влево относительно нижнего бруска.

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

№1.

$$v_0 = 12 \text{ м/с}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

1) t - ?

2) h - ?

Начнем с 2)

$$h = \frac{\left(\frac{v_0}{3}\right)^2 - v_0^2}{-2g}$$

$$h = \frac{8v_0^2}{9}$$

$$h = \frac{4v_0^2}{9g}$$

$$h = \frac{4 \cdot 144}{9 \cdot 10} = 6,4 \text{ м}$$

Теперь к п. 1)

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

$$\frac{gt^2}{2} - v_0 t + h = 0$$

$$5t^2 - 12t + 6,4 = 0$$

$$D = 144 - 4 \cdot 5 \cdot 6,4 = 16$$

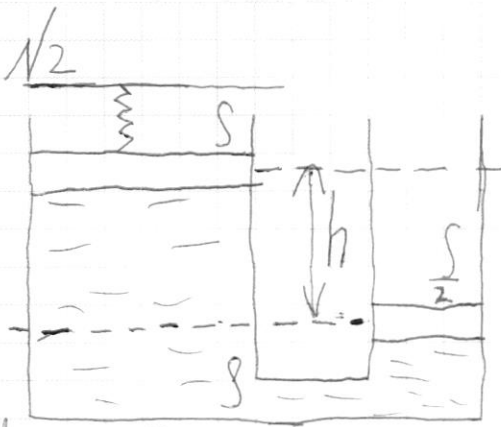
$$t_1 = \frac{12 - 4}{10} = 0,8 \text{ (с)}$$

$$t_2 = \frac{12 + 4}{10} = 1,6 \text{ (с)}$$

Ответ: t_1 при $t = 0,8$ с или при $t = 1,6$ с

2) $h = 6,4$ м.





h, ρ | ~~А) Заметим, что атмосферное ^{силы} давление и давление воды на уровне ниже уровня правого поршня, действуют на оба поршня и являются силами~~
 1) ~~на левый поршень.~~

~~Рассмотрим силы действующие на левый поршень:~~

~~$F_y = F_{\text{ВНХЛ}} + F_{\text{АТМ}} + F_{\text{ВВНЛ}}$ (F_y - сила упругости пружины; $F_{\text{ВНХЛ}}$ - сила с которой~~

~~атмосфера и вода ниже уровня правого поршня одинаково давят на оба поршня, значит на действие сил, порожденных ими можно не учитывать.~~

~~Рассмотрим действие оставшихся сил на левый поршень:~~

~~$F_y = F_B$ (вода стремится "упасть", а пружина ей не дает это сделать) (F_y - сила упругости пружины; F_B - сила с которой вода ^{внутри левого поршня} действует на поршень)~~
 ~~$F_y = kx$~~

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$F_B = P_B S$ (P_B - давление воды выше левого поршня)

$$P_B = \rho g h; \text{ т. е.}$$

$$kx = \rho g h S$$

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

2) Пусть левый поршень опустился до ~~состояния~~ одного уровня с другим поршнем, пройдя расстояние l , тогда по закону сохранения вещества масса перетекшей из колена в колесо воды не изменилась

$$m_{до} = m_{после}$$

$$\rho S l = \rho \frac{S}{2} (h - l)$$

$$l = \frac{h}{2} - \frac{l}{2}$$

$$l = \frac{h}{3}$$

~~однако~~ когда поршни сравнялись на правый поршень действовали 2 силы (кроме тех, что компенсировали правый поршень)
 $m \cdot g = F_{уп}$ (~~$F_{уп}$~~ $F_{уп}$ - $F_{упругости}$ после выравнивания поршней)

$$mg = k(x+l)$$

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

Ответ: $x = \frac{3ghS}{k}$; $m = \frac{k(\frac{3ghS}{k} + \frac{h}{3})}{g}$

№3.

1)



Р) Точка по орбите летает тело неко-
 г) торой массы m , тогда по 2 з-му Нью-
 Г) тона

г?) $F_{гг} = mg$ ($F_{гг}$ - сила гравитационного притя-
 жения)

$$\frac{GMm}{(2R)^2} = mg \quad (M - \text{масса планеты})$$

$$g = \frac{GM}{4R^2} \quad (1)$$

$$M = \rho V \quad (V) - \text{объем планеты}$$

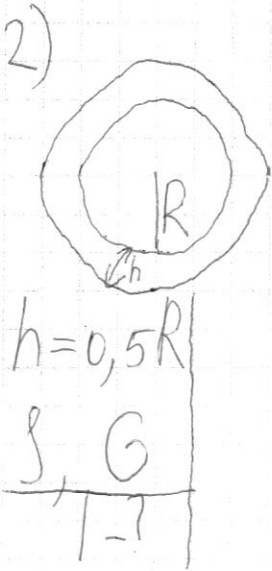
$$V = \frac{4}{3} \pi R^3$$

$$M = \frac{4}{3} \pi \rho R^3 \quad (2)$$

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

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



По 2 3-му закону Ньютона
 $F_r = m a_{цс}$ ($F_r - F_{\text{притяжения}}$) ($a_{цс}$ - центростремительное ускорение)
 $\frac{GMm}{(R+h)^2} = m a_{цс}$
 $a_{цс} = \frac{GM}{(R+h)^2}$ (3)

стремит ускорение

$$a_{цс} = \frac{v^2}{R+h}$$

$$v = \frac{2\pi(R+h)}{T}$$

$$a_{цс} = \frac{4\pi^2(R+h)}{T^2}$$
 (4)

подставим (2) и (4) в (3)

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

$$T^2 = \frac{3\pi \cdot (1,5)^3 R^3}{G \cdot \frac{4}{3}\pi R^3}$$

$$T = \sqrt{4,5 \sqrt{\frac{0,5\pi}{G \cdot \frac{4}{3}}}}$$

Ответ: 1) $g = \frac{G\pi R}{3}$; 2) $T = 4,5 \sqrt{\frac{0,5\pi}{G \cdot \frac{4}{3}}}$

№5.
 $P_0 = 100 \text{ кПа}$
 $H = 2,5 \text{ м}$
 $V = 8 \text{ дм}^3$
 $S = 20 \text{ см}^2$



1) $P_1 = ?$
 2) $F = ?$

1) $P_1 = P_0 + \rho g H$

$P_1 = 100 \cdot 10^3 + 10^3 \cdot 10 \cdot 2,5 = 125 \cdot 10^3 = 125000 \text{ Па}$

Ответ: 125 кПа

2) Как известно давление на одной глубине везде равно, значит все горизонтальные силы давления скомпенсированы; это значит, что сила давления воды на тело направлена вертикально вверх или вертикально вниз.

$F = F_{\text{НШ}} - F_{\text{ВШ}}$ ($F_{\text{НШ}}$ — сила давления воды на нижнюю часть полусферы; $F_{\text{ВШ}}$ — соответственно сила давления воды на верхнюю часть полусферы)

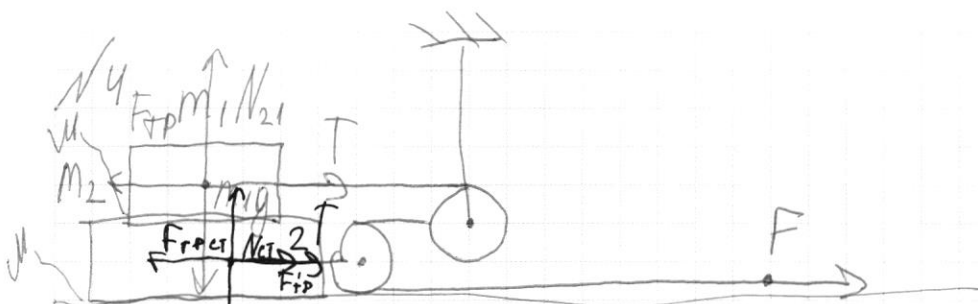
Из ~~полусферы~~ ^{погружен} ~~полусферы~~ ^{полусферы} давиме тело в воду, но не будем приклеивать. На него начнет действовать сила Архимеда.

То определим силу Архимеда (F_A):

$F_A = F_H + F_{\text{НШ}} - F_{\text{ВШ}}$ (F_H — сила давления на ~~основную~~ ^{основную} ~~лишнюю~~ ^{лишнюю} часть после ее "отклеивания")

$F_H = P_1 S$
 $F_A = \rho g V$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1) $\sum \vec{M}_O$ 2) 3-й закон Ньютона

№5.

$$H = 2,5 \text{ м}$$

$$V = 8 \text{ м}^3$$

$$S = 20 \text{ см}^2$$

$$\rho = 12 / \text{см}^3$$

$$P_0 = 100 \text{ кПа}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$P_1 = ?$$

$$F = ?$$

$$1) P_1 = P_0 + P_B$$

$$P_B = \rho g H$$

$$P_1 = P_0 + \rho g H$$

$$P_1 = 100 \cdot 10^3 + 12 \cdot 10 \cdot 2,5 = 100000 + 300$$



пор. давление компенсируется

Представим, что такую же конструкцию полностью погру. в воду. Но под нее вода подтекает, тогда на н. действ. сил $F_{\text{арх}} = \rho g V$, однако

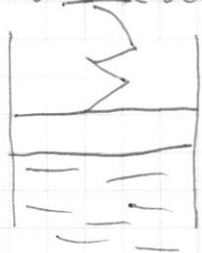
$$F_{\text{арх}} = F_S + F_{\text{пл}} - F_{\text{кр}}$$

$$F_S = P_1 \cdot S$$

$$\rho g V - P_1 S = F_{\text{пл}} - F_{\text{кр}}$$

№2 (продолж.)

Рассм. левый поршень



$$F_g - F_B - F_{AM} = 0$$

$$kx - \rho g h S = 0$$

$$kx = \rho g h S$$

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

$$2) mg = k \left(x + \frac{h}{2} \right)$$

$$m = \frac{k \left(x + \frac{h}{2} \right)}{g}$$

№4.

2)

$$A a_2 \geq a_1$$

$$\frac{2F + F_{\text{тр}} - F_{\text{тр}}}{m_2} \geq \frac{F - F_{\text{тр}}}{m_1}$$

$$\frac{2F + \mu m_1 g - \mu (m_1 + \mu m_2) g}{m_2} \geq \frac{F - \mu m_1 g}{m_1}$$

$$2F m_1 - \mu m_2 m_1 g \geq F m_2 - \mu m_1 m_2 g$$

$$F(2m_1 - m_2) \geq 0$$

$$F \geq 0$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\rho g V = P_1 S + F_{\text{мыш}} - F_{\text{вш}}$$

$$\rho g V - P_1 S = F$$

$$F = 1000 \cdot 10 \cdot 20 \cdot 0,008 - 125 \cdot 10^3 \cdot 0,02 = 80 - 250 = -170 \text{ (Н)}$$

Получилось отрицательное значение, однако это лишь говорит о том, что $\vec{F} \uparrow \vec{F}_A$, т. е. \vec{F} направлена вниз.

Ответ: вниз, 170 Н.



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

$v_0 = 12 \text{ м/с}$		1) $\frac{v_0}{3} = v_0 - gt$
$t = ?$		$gt = \frac{2}{3} v_0$
$h = ?$		$t = \frac{2 v_0}{3g}$

$$t = \frac{2 \cdot 12^4}{3 \cdot 10} = \frac{8}{10} = 0,8 \text{ с.}$$

2) $h = \frac{(\frac{v_0}{3})^2 - v_0^2}{-2g}$

$$2gh = \frac{8}{9} v_0^2$$

$$h = \frac{84 v_0}{9 \cdot 2g}$$

$$h = \frac{4 \cdot 12^2}{3 \cdot 10 \cdot 5} = \frac{8}{15} \text{ м}$$

№3

R | 1)

g | ~~$\vec{F}_0 = 2 \vec{z} = m \vec{y}$ Ньютона~~

G | $mg = m \vec{a}_m$

g^2 | $g = \frac{GM}{(2R)^2}$

$M = gV$ ~~$\times \frac{gV}{2}$~~

$$0,1^3 \cdot 5^3 \cdot 3^4$$

$$9 \cdot 0,1 \cdot 5$$

$$\begin{array}{r} 1 \quad 2 \\ \times 2,25 \\ \hline 11 \quad 05 \\ 2,251 \\ \hline \times 3,375 \\ \hline 10,125 \end{array}$$

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

$$g = \frac{G \cdot 4 \pi \cdot \frac{8}{3} R^3}{3 \cdot 4 R^2} = \frac{8 G \pi R}{3}$$

2) По 23H:

$$F_{\text{гг}} = m a_{\text{гг}}$$

~~$$G \frac{Mm}{r^2}$$~~

~~$$mg = m a_{\text{гг}}$$~~

~~$$g = a_{\text{гг}}$$~~

G

$$\frac{G M m}{(R+h)^2} = m \frac{v^2}{(R+h)}$$

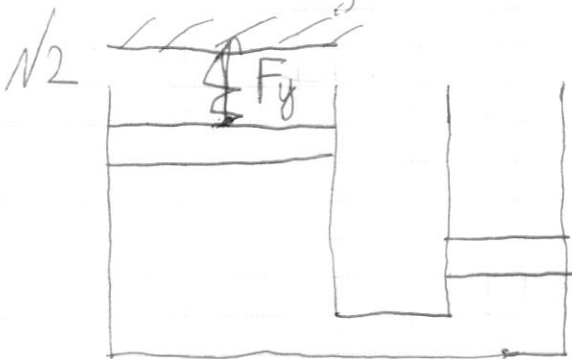
$$\frac{G M}{R+h} = \frac{v^2}{R+h}$$

$$v = 2 \pi (R+h) / T$$

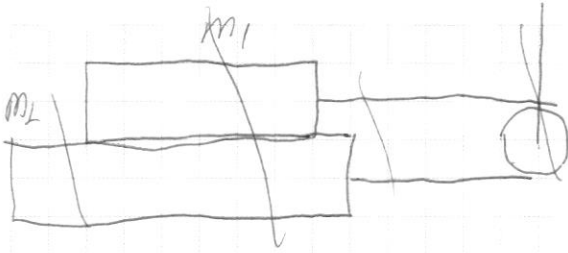
$$\frac{G \cdot \frac{4}{3} \pi R^3 g}{R+h} = \frac{4 \pi^2 (R+h)^2}{T^2}$$

$$T^2 = \frac{3 \pi (R+h)^3}{G g R^3}$$

$$T = \sqrt{\frac{3 \pi (R+h)^3}{G g R^3}}$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\begin{array}{r} 288 \overline{) 576} \\ \underline{25} \\ 38 \\ \underline{-35} \\ 30 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 64 \\ 2 \\ \hline 128 \\ 144 \\ \hline 128 \\ \hline 16 \end{array}$$

