

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

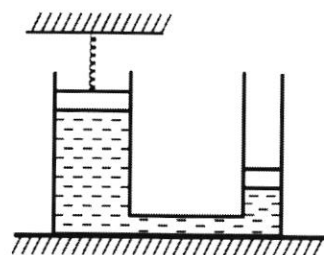
Вариант 09-02

Шифр

(заполняется секретарем)

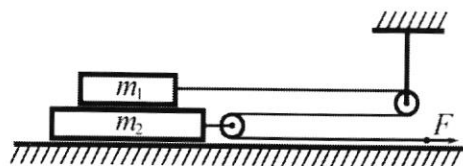
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 10$ м/с.
- 1) Через какое время t после старта скорость камня будет равна по величине $V_0/2$?
 - 2) На какой высоте h , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине $V_0/2$?
- Ускорение свободного падения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



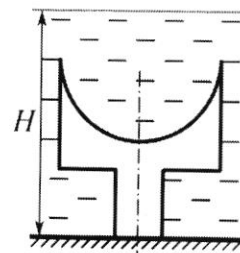
- 1) Найдите разность h уровней жидкости в сосудах.
 - 2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты $h = R$, здесь R – радиус планеты. Плотность планеты ρ . Гравитационная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

Дано: $v_0 = 10 \text{ м/с}$
 $g = 10 \text{ м/с}^2$
 $t - ?$
 $h - ?$

Решение

1) За все время полета камня будет 2 момента времени, когда его скорость будет равна $v_0/2$. Первый раз это произойдет ^{пока} камень летит вверх (t_1), второй произойдет ^{пока} камень летит вниз (пока достигнет максимальной высоты) (t_2)

$$t_1 = \frac{\frac{v_0}{2} - v_0}{-g} = \frac{-\frac{v_0}{2}}{-g} = \frac{v_0}{2g} = 0,5 \text{ с} \quad (-g \text{ т.к. ускорение направлено против движения})$$

$$t_2 = \frac{v_0}{g} + \frac{v_0}{2g} = \frac{3v_0}{2g} = 1,5 \text{ с}$$

2) $h_1 = v_0 t_1 - \frac{g t_1^2}{2} = 5 \text{ м} - 1,25 \text{ м} = 3,75 \text{ м}$
 $h_2 = v_0 t_2 - \frac{g t_2^2}{2} = 15 \text{ м} - 11,25 \text{ м} = 3,75 \text{ м}$

Ответ: 1) Таких моментов будет два: $t_1 = 0,5 \text{ с}$, $t_2 = 1,5 \text{ с}$
 2) Оба этих момента произойдут на высоте $h = 3,75 \text{ м}$

№3

Дано: $h = R$
 ρ
 G
 $V = \frac{4}{3}\pi R^3$
 $\frac{g}{g_1} - ?$
 $T - ?$

Решение

M - масса планеты

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

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

g_1 - ускорение свободного падения, действующее на спутник

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

$$\sqrt{\frac{g}{g_1}} = \sqrt{2} \pi R$$

$$T = \frac{S}{2g} = \frac{2\pi \cdot 2R}{\sqrt{2g_1 R}} = \frac{4\pi R}{\sqrt{2G \frac{2\pi R}{3} \cdot R}} = \frac{4\pi}{\sqrt{2G \frac{2\pi}{3}}} = \frac{4\sqrt{3}\pi}{\sqrt{2Gg}}$$

Ответ: 1) $g = G \frac{4\pi R}{2\pi}$
 2) $T = \frac{4\sqrt{3}\pi}{\sqrt{2Gg}}$

1) Т.Р. система из левого поршня и пружины в равновесии

$$\rho g k S = kx \Rightarrow$$

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

$$2) \frac{3mg}{S} = \rho g (h + 4x) \Rightarrow$$

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

$h + 4x$ т.р. чтобы уровень ^{жидкости} в левом сосуде поднялся на x , в правом сосуде он должен опуститься на $3x$, а значит разность

Ответ: 1) $h = \frac{kx}{\rho g S}$

$$2) m = \frac{\rho (h + 4x) S}{3} = \frac{x(k + 4\rho g S)}{3g}$$

№5

$$1) P_1 = P_0 + \rho g h = 100000 \text{ Па} + 1000 \text{ кг/м}^3 \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 3 \text{ м} = 130000 \text{ Па} = 130 \text{ кПа}$$

2) Эта сила будет силой Архимеда, она будет направлена вверх, т.р.

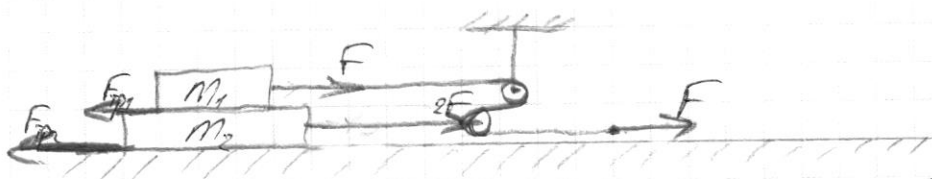
Конструкция осесимметричная.

$$F = \rho V g = 1000 \text{ кг/м}^3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \cdot 10 \text{ м/с}^2 = 10 \text{ Н}$$

Ответ: 1) $P_1 = 130 \text{ кПа}$

2) $F = 10 \text{ Н}$, направлена вверх

№4



$F_{тр1}$ - сила трения действующая на верхний брусок, $F_{тр1} = 3mg$

$F_{тр2}$ - сила трения действующая на нижний брусок $F_{тр2} = 8mg$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) По второму закону Ньютона:

$$F - F_{\text{тр1}} = m_1 a_1$$

$$2F - F_{\text{тр2}} - F_{\text{тр1}} = m_2 a_2 \quad m_1 + m_2 a \quad m_2 a$$

Для того чтобы $F_{\text{тр1}} = 0$, нужно чтобы $a_1 = a_2 = a$, то есть

$$F - F_{\text{тр1}} = 3ma$$

$$\begin{cases} F_0 = 3ma \end{cases}$$

$$\begin{cases} 2F_0 - F_{\text{тр2}} = 5ma \end{cases}$$

$$\begin{cases} a = \frac{F_0}{3m} \end{cases}$$

$$\begin{cases} 2F_0 - 8mg\mu = \frac{5}{3}F_0 \end{cases}$$

$$\frac{1}{3}F_0 = 8mg\mu$$

$$F_0 = 8mg\mu \quad 24mg\mu$$

2) Для того чтобы верхний брусок двигался влево относительно нижнего, его ускорение должно быть меньше ускорения нижнего бруска ($a_1 < a_2$)

$$a_1 = \frac{F - F_{\text{тр1}}}{m_1} = \frac{F - F_{\text{тр1}}}{3m} = \frac{F - 3mg\mu}{3m}$$

$$a_2 = \frac{2F - F_{\text{тр2}} - F_{\text{тр1}}}{m_2} = \frac{2F - 11mg\mu}{5m}$$

$$a_1 < a_2$$

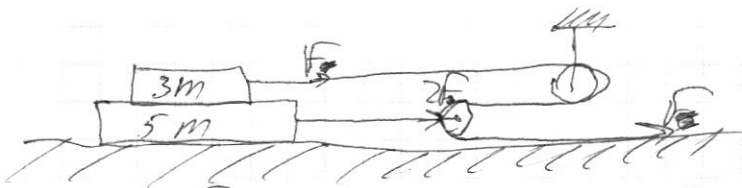
$$\frac{F - 3mg\mu}{3m} < \frac{2F - 11mg\mu}{5m}$$

$$5F - 15mg\mu < 6F - 33mg\mu$$

$$F > 18mg\mu$$

Ответ: Для того чтобы сдвинуть эту систему брусков нужна $F > 18mg\mu$, ~~так как~~ обе крайние силы удовлетворяют этому условию

Ответ: 1) $F_0 = 24 \text{ мдн}$
2) $F > 18 \text{ мдн}$ (то есть минимальная нужная сила будет
очень близка к значению 18 мдн , но всё равно чуть-чуть больше)



На брусок с массой m_2 будет действовать три силы:

$2F$ (с.к. подвижной опор)

$F_{тр1}$ (с бруска сверху)

$F_{тр2}$ (с опор.)

$$2F - F_{тр1} - F_{тр2} = m_2 a_2$$

$$F - F_{тр1} = m_1 a_1$$

Чтобы $F_{тр1} = 0$ $a_1 = a_2 = a$, $F_{тр2} = 8mg_{\mu}$, то есть

$$2F - 8mg_{\mu} = 5ma$$

$$2F - F_{тр2} = F$$

$$F = 8mg_{\mu}$$

$$F = F_{тр2} = 8mg_{\mu}$$

$$6ma - 8mg_{\mu} = 5ma$$

$$a = 8g_{\mu}$$

$$F = 3ma$$

$$ma = \frac{2(F - 4mg_{\mu})}{5}$$

$$F = \frac{6(F - 4mg_{\mu})}{5}$$

$$5F = 6F - 24mg_{\mu}$$

$$1) \quad F = 24mg_{\mu}$$

$$a_2 > a_1$$

$$\frac{2F - F_{тр1} - F_{тр2}}{5m} > \frac{F - F_{тр1}}{3m}$$

$$6F - 3F_{тр1} - 3F_{тр2} > 5F - 5F_{тр1}$$

$$F > 3F_{тр2} - 2F_{тр1}$$

$$F > 24mg_{\mu} - 6mg_{\mu}$$

$$F > 18mg_{\mu}$$

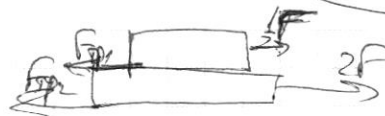
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2

1) Т.к. все пов. мор. в равн.
 $\rho g h S = \rho x S \Rightarrow h = \frac{\rho x}{\rho g S}$

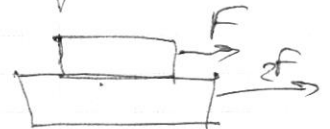
$2F - F_{p2} = F$
 $F = F_{p2} = 3mg\mu$

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



$F > \frac{8}{3}mg\mu$

$2F > F_{p1} + F_{p2} = 4mg\mu$
 $F > 2mg\mu$



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

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

~~$3ma_1 = \frac{1}{2}F - 3mg\mu$
 $a_1 = \frac{\frac{1}{2}F - 3m(g\mu + 1)}{3m}$~~

~~$5ma_2 = 2F - 8mg\mu$
 $a_2 = \frac{2F - m(8g\mu + 5)}{5m}$~~

~~$a_1 < a_2$
 $\frac{\frac{1}{2}F - 3m(g\mu + 1)}{3m} < \frac{2F - m(8g\mu + 5)}{5m}$
 $2F - 8mg\mu - 12m < 2F - 8mg\mu - 5m$
 $-4mg\mu - 4m < 0$~~

$a_1 = \frac{\frac{1}{2}F - 3mg\mu}{3m}$
 $a_2 = \frac{2F - 8mg\mu}{5m}$

$F > 4mg\mu$

$a_2 > a_1$
 $6F - 24mg\mu > 2,5F - 15mg\mu$
 $3,5F > 9mg\mu$
 $F > \frac{18}{7}mg\mu$

№3

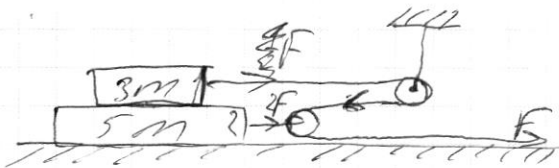
$$g = G \frac{M}{R^2}$$

$$g = G \frac{\frac{4}{3}\pi\rho R^3}{9R^2} = G \frac{4\pi\rho R}{24}$$

$$g_1 = \frac{v^2}{R} \Rightarrow v = \sqrt{g_1 R} \quad g_1 = G \frac{\frac{4}{3}\pi\rho R^3}{4R^2} = G \frac{\pi\rho R}{3}$$

$$T = \frac{4\pi R}{v} = \frac{4\pi R}{\sqrt{G \frac{\pi\rho R}{3}}} = \frac{4\pi\sqrt{3}}{\sqrt{G\rho}} = \frac{4\sqrt{3}}{\sqrt{G\rho}} = \sqrt{\frac{16\pi}{G\rho}} = \frac{4\sqrt{3\pi}}{\sqrt{G\rho}}$$

№4



$$F_{p2} = 8mg \mu \quad F_{p1} = 3mg \mu$$

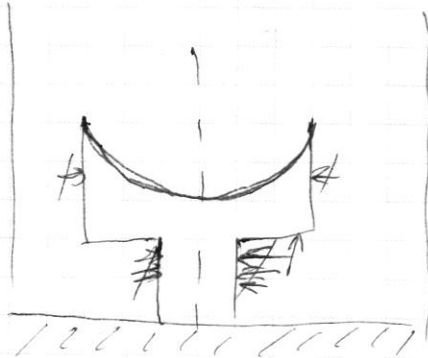
$$F > 4mg \mu \quad F > 6mg \mu$$

№5

$$P_1 = P_0 + \rho g h = 100000 \text{ Pa} + 1000 \cdot 10 \cdot 3$$

$$P_1 = 130000 \text{ Pa}$$

$$F_A = \rho g V = 1000 \cdot 10 \cdot 200 \cdot 10^{-3} = 2000 \text{ N}$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

Дано: $v_0 = 10 \text{ м/с}$
 $g = 10 \text{ м/с}^2$
 $t = ?$, $h = ?$

Решение

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

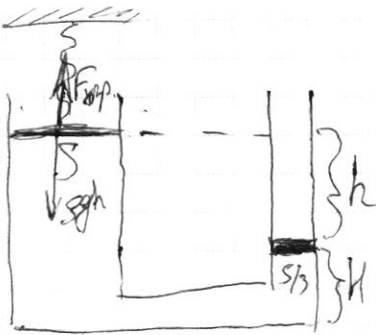
$$t_1 = \frac{\frac{v_0}{2} - v_0}{-g} = \frac{-\frac{v_0}{2}}{-10 \text{ м/с}^2} = 0,5 \text{ с}$$

$$t_2 = \frac{v_0}{g} + \frac{\frac{v_0}{2}}{g} = \frac{1,5 v_0}{g} = 1,5 \text{ с}$$

$$h = \frac{\frac{v_0^2}{4} - v_0^2}{-2g} = \frac{25 - 100}{-20} = \frac{75}{20} = 3,75 \text{ м}$$

$$h_1 = v_0 t_1 - \frac{gt_1^2}{2} = 5 - 1,25 = 3,75 \text{ м}$$

$$h_2 = v_0 t_2 - \frac{gt_2^2}{2} = 15 - 5 \cdot 2,25 = 15 - 11,25 = 3,75 \text{ м}$$



$$p_0 + \rho g h S = p_0 + \rho g (h+h) S - kx$$

$$\rho g h S = kx$$

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

$$\rho g h S = kx$$

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

$$\frac{\rho g h S}{3} = \rho g (h+h) S - kx$$

$$\frac{\rho g h S}{3} = \rho g h S + \rho g h S - kx$$

$$\Rightarrow h = \frac{2 \rho g h S + kx}{\rho g S}$$

$$\frac{3mg}{S} = \rho g h$$

$$m = \frac{ghS}{3} = \frac{\rho kx S}{3 \rho g S} = \frac{kx}{3g}$$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

