

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

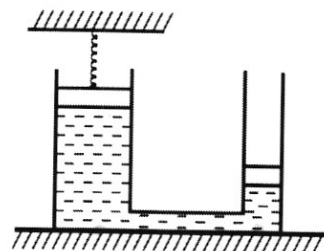
Вариант 09-01

Шифр

(заполняется секретарём)

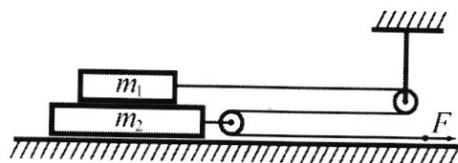
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 12$ м/с.
- 1) Через какое время t после старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
 - 2) На какой высоте h , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
- Ускорение свободного падения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



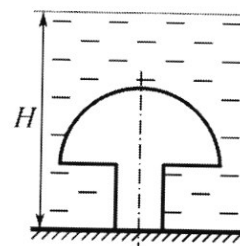
- 1) Найдите деформацию x пружины.
 - 2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты $h = 0,5R$, здесь R – радиус планеты. Плотность планеты ρ . Гравитационная постоянная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

$$v_0 t_1 - \frac{gt_1^2}{2} = S$$

$$S = \frac{gt_1^2}{2}$$

} \Rightarrow

$$v_0 t_1 = 2 \frac{gt_1^2}{2}$$

$$t_1 = \frac{v_0}{g} = 1,2 \text{ (с)}$$

Если бы камень бросили со скоростью $\frac{v_0}{3}$, то время от начала полёта до верхней точки траектории:

$$\frac{v_0}{3} \cdot t_2 - \frac{gt_2^2}{2} = S_2 \quad (\text{при подъёме})$$

$$\frac{gt_2^2}{2} = S_2 \quad (\text{при падении})$$

$$\frac{v_0}{3} \cdot t_2 = gt_2^2$$

$$t_2 = \frac{v_0}{3 \cdot g} = 0,4 \text{ (с)}$$

t_3 - время после старта, когда скорость камня $= \frac{v_0}{3}$ - $t_1 - t_2 = 0,8 \text{ с}$. и такая же скорость

будет после того как камень поднимается и начнёт падать $t_3 = t_1 + t_2 = 1,6 \text{ (с)}$

2) По формуле равноускор. движения:

$$\frac{v_n^2 - v_k^2}{2g} = S \quad (\text{в нашем случае } h).$$

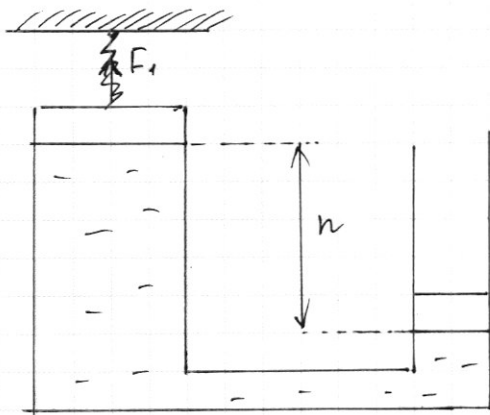
$$h = \frac{v_0^2 - \left(\frac{v_0}{3}\right)^2}{2g} = \frac{4}{9} \frac{v_0^2}{g} = 6,4 \text{ (м)}$$



траектория камня обратная и на каждой высоте скорость камня в момент поворота и падения будет ^{одинакова} равна $\Rightarrow h = 6,4 \text{ (м)}$.

Ответ: 1) 1,6с; 0,8с 2) 6,4(м)

№2.



На одной высоте z от дна сосуда давление воды одинаковое, т.к. система в равновесии.

1) Рассчитаем давление воды в сосудах на высоте правого поперечья.

слева это $\rho g h - \frac{F_1}{S} + p_0$; справа p_0
 p_0 - давление воздуха.

$$\rho g h - \frac{F_1}{S} + p_0 = p_0$$

$$\rho g h S = F_1$$

$$\Delta x \text{ поршня} = \frac{F_1}{k} = \frac{\rho g h S}{k}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2) Пружина перестанет быть деформированной
когда левый поршень поднимется на Δx (м.к.
пружина изначально растянута.)

Объём V_1 воды из ~~левой~~ левого сосуда пере-
лет в правый.

в ^{левой} ~~правой~~ ~~сосуде~~:

$$V_1 = \Delta x \cdot S$$

$$V_1 = V_2$$

$$\Delta x = \frac{\Delta x_2}{2}$$

$$\Delta x_2 = 2\Delta x$$

в ^{правой} ~~левой~~ ~~сосуде~~:

$$V_2 = \Delta x_2 \cdot \frac{S}{2}$$

h_2 между уровнями воды станет $= \Delta x + \Delta x_2 + h =$
 $= 3\Delta x + h$

снова рассмотрим давление воды на уровне
поршня правого сосуда:

левый:

$$(3\Delta x + h) \cdot \rho g + p_0$$

правый:

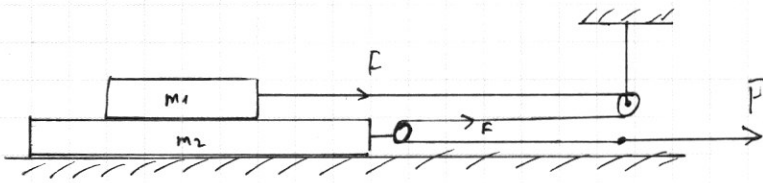
$$p_0 + \frac{mg}{0,5S}$$

$$\left(\frac{3\rho g h S}{k} + h \right) \cdot \rho g = \frac{mg}{0,5S}$$

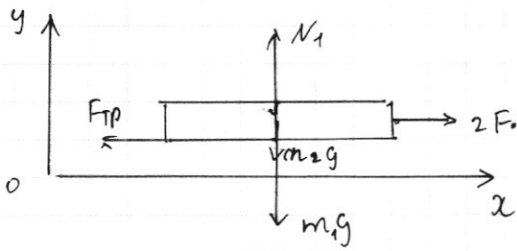
Ответ: 1) $\frac{\rho g h S}{k}$ 2)

$$m = \frac{\rho S h}{2} + 1,5 \frac{S^2 \rho^2 g h}{k} = \frac{1}{2} \rho S h \left(1 + 3 \frac{\rho S g}{k} \right)$$

№ 4



1) $F_{тр}$ между брусками = 0
силы на нижний брусок



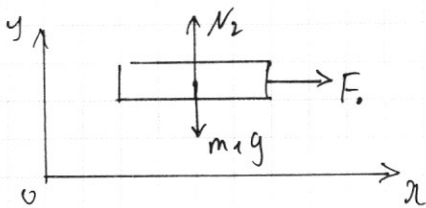
по Oх: ~~$2F_0 - m_2 g$~~ $2F_0 - \mu N_1 = m_2 \cdot a$

$$N_1 = m_1 g + m_2 g$$

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

Силы на верхний брусок:

П.к. силы трения между ними и нижним брусками нет его ускорение тоже a .



по Oх: $F_0 = m_1 a$

$$a = \frac{F_0}{m_1}$$

Приравняем a из первого и второго уравнений

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

$$F_0 \left(\frac{2}{m_2} - \frac{1}{m_1} \right) = \frac{\mu g(m_1 + m_2)}{m_2}$$

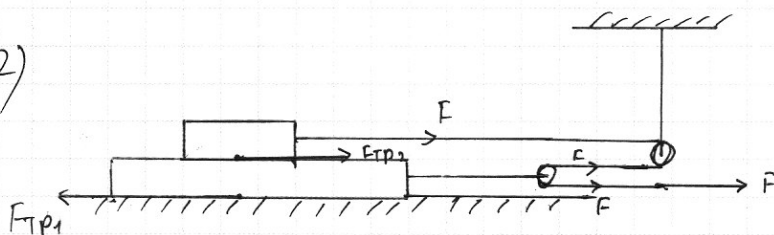
$$F_0 \left(\frac{2}{3m} - \frac{1}{2m} \right) = \frac{\mu g(5m)}{3m}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$F_0 \left(\frac{4-3}{6m} \right) = \frac{5}{3} \mu g$$

$$F_0 = 10 \text{ мкг}$$

2)



левый блок движется влево

правый блок движется влево относительно
нижнего \Rightarrow $F_{тр2}$ направлена вправо

п.к. ~~верх~~ верхний движется влево его $a_1 \leq$
 a_2 ускорение нижнего. $v_1 < v_2$

Силы на верхний по оси Ox :

$$F + F_{тр2} = m_1 a_1$$

$$F_{тр2} = N \cdot \mu = m_1 \cdot \mu g$$

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

Силы на нижний:

$$2F - F_{тр1} - F_{тр2} = m_2 \cdot a_2$$

$$F_{тр1} = N_2 \cdot \mu = (m_1 + m_2) \mu g$$

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

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

$$2Fm_1 - \mu g m_1(2m_1 + m_2) \geq Fm_2 + m_1 \cdot m_2 \cdot \mu g$$

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

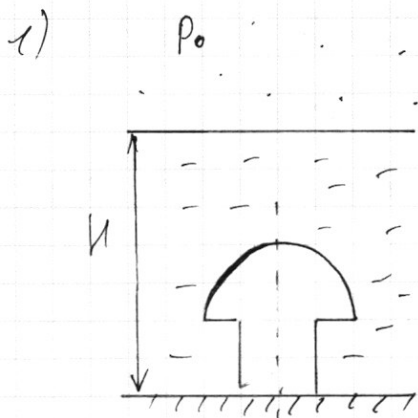
$$F \geq \frac{6m^2 \mu g + \mu g \cdot 14m^2}{m}$$

$$F \geq 20 \text{ тмг}$$

$$F_{\min} = 20 \text{ тмг}$$

Ответ: 1) 10 тмг ; 2) 20 тмг

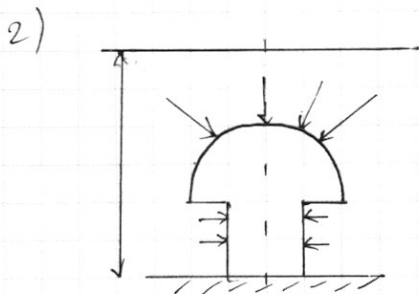
№ 5



Давление вблизи дна =

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

$$= 125000 \text{ Па}$$



На одной высоте во всей плоскости давление воды одинаковое. П.к фигура симметрична относительно

вертикальной оси \Rightarrow если просуммировать все вектора сил давления на одной ~~и той~~ высоте, то результирующий вектор будет направлен по

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

вертикали. \Rightarrow Общий вектор силы давления воды будет вертикальным.

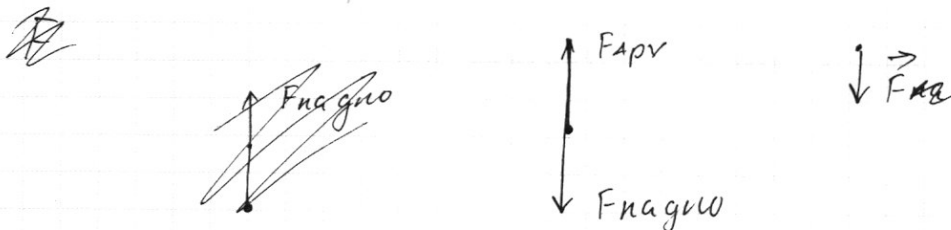
Чтобы найти силу давления воды на фигуру, найдем $F_{Арх}$ на фигуру (если бы она не была прикреплена ко дну) и вычтем силу давления воды на ее дно в этом случае.

$$F_{Арх} = \rho g V = 80(N)$$

$$V = 8000 \text{ см}^3$$

$$F_{надно} = \rho g H \cdot S = 300(N)$$

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



$$\vec{F}_{Арх} - \vec{F}_{надно} = \vec{F}$$

$$F = 220(N) \downarrow$$

Ответ: 1) 125000 Па ; 2) 220 Н. \downarrow

нч.

g зависит от массы планеты и ~~раств~~ расстояния от объекта до её центра.

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

сила тяжести пропорциональна квадрату расстояния $\Rightarrow g = \frac{G \cdot M}{r^2}$

1) r - расстояние от центра ^{планеты} до объекта.

На расстоянии $r = 2R$

$$g = \frac{4R^2 \cdot \pi \cdot R^3 \cdot \rho \cdot \frac{4}{3} \cdot G}{(2R)^2} = \frac{16}{3} R^5 \rho \pi \cdot G$$

2) спутник не ~~идет~~ сходит с орбиты \Rightarrow он вращается по окружности $\Rightarrow g = a_n$.

$$g = \frac{(r+R)^2 \cdot R^3 \cdot \pi \cdot \rho \cdot \frac{4}{3} \cdot G}{(r+R)^2} = 3R^5 \cdot \pi \rho G$$

Длина окружности (траектории) = $2\pi \cdot 1,5R =$

$$= 3\pi R$$

$$a_n = \frac{v^2}{R} = g$$

$$v = \sqrt{gR}$$

$$T = \frac{3\pi R}{\sqrt{gR}}$$

v - постоянная.

если подставить g , то $T = \frac{3\pi}{\sqrt{\frac{16}{3} \pi \rho G \cdot 3} \cdot R^2}$

Ответ: 1) $\frac{16}{3} R^5 \rho \pi G$ 2) $\frac{3\pi R}{\sqrt{gR}}$



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)



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)