

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

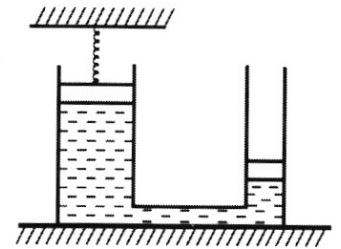
Вариант 09-01

Шифр

(заполняется секретарём)

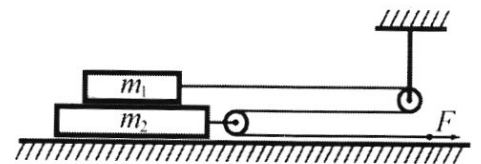
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 12$ м/с.
- 1) Через какое время t после старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
 - 2) На какой высоте h , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
- Ускорение свободного падения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



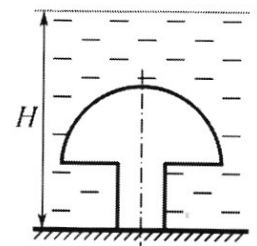
- 1) Найдите деформацию x пружины.
 - 2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты $h = 0,5R$, здесь R – радиус планеты. Плотность планеты ρ . Гравитационная постоянная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

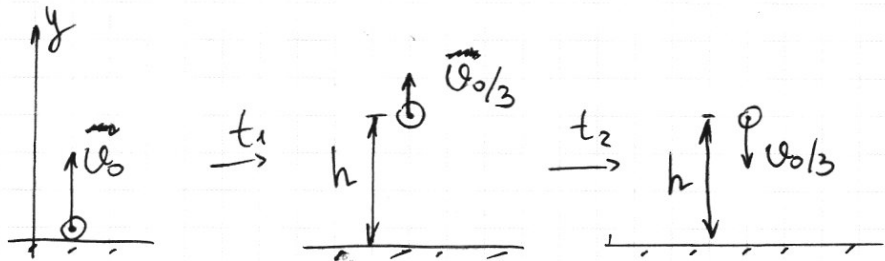
№ 1.

$$v_0 = 12 \text{ м/с}$$

$$v_1 = \frac{v_0}{3}$$

$t - ?$

$h - ?$



если скорость по величине равна

$$\frac{v_0}{3}, \text{ значит } |v_1| = \frac{v_0}{3}$$

$$\text{ду: } v = v_0 - gt$$

$$|v_1| = v_0 - gt$$

$$\frac{v_0}{3} = v_0 - gt \quad \text{или} \quad -\frac{v_0}{3} = v_0 - gt$$

$$t = \frac{2}{3} \frac{v_0}{g} =$$

$$= \frac{2}{3} \cdot \frac{12}{10} = \underline{0,8 \text{ (с)}}$$

$$t = \frac{4}{3} \frac{v_0}{g} =$$

$$= \frac{4}{3} \cdot \frac{12}{10} = \underline{1,6 \text{ (с)}}$$

По закону сохранения энергии

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + mgh$$

Значит скорость $v_0/3$ камень приобретёт на одной высоте в обоих случаях

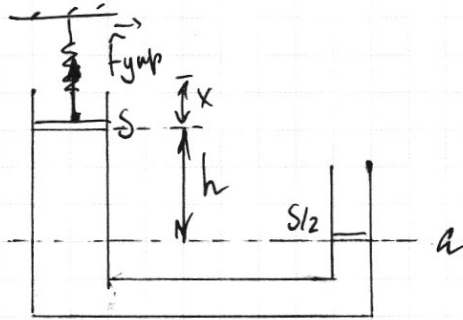
$$\frac{g}{9} v_0^2 = 2gh$$

$$h = \frac{g}{3} \cdot \frac{4}{9} \frac{v_0^2}{g} = \frac{4}{9} \cdot \frac{12^2}{10} = \underline{6,4 \text{ (м)}}$$

Ответ: приобретёт скорость $\frac{v_0}{3}$ через 0,8 с и через 1,6 с на высоте 6,4 м для обоих случаев

№2

S
 k
 h
 $S, \frac{S}{2}$



Пружина растягивается, потому что сила упругости компенсирует силу давления столба воды под ней.

$x = ?$

$m = ?$

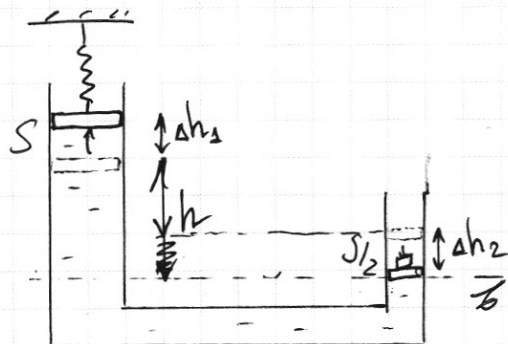
1) Давление на уровне а равно:

$$\rho g h - \frac{F_{упр}}{S} = 0$$

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

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

2) Пружина станет недеформированной, если сила давления столба жидкости под ней будет скомпенсирована силой давления груза в правом сосуде.



При этом часть жидкости перельётся в левый сосуд:

$$V_1 = V_2$$

$$S \cdot \Delta h_1 = \Delta h_2 \cdot \frac{S}{2}; \quad 2\Delta h_1 = \Delta h_2$$

Тогда на уровне б давление будет равно:

$$\rho g (\Delta h_1 + h + \Delta h_2) = \frac{mg}{S/2}$$

$\Delta h_1 = x$, потому что пружина стала недеформированной

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$f g (x + h + 2x) = \frac{2mg}{S}$$

$$\frac{1}{2} S f g (h + 3x) = mg$$

$$m = \frac{1}{2} S f g \left(h + 3 \frac{f g h S}{k} \right)$$

* ~~эта~~ атмосферное
давление присутствует,
но во всех уравнениях
оно сокращается

Ответ: $x_k = \frac{f g h S}{k}$;

$$m = \frac{1}{2} S f g \left(h + 3 \frac{f g h S}{k} \right)$$

№3

$$h = 0,5R$$

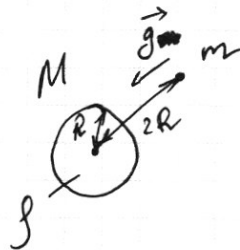
R

f

G

$g_{\text{эф}}?$

$\vec{T} - ?$



M - масса планеты
m - масса тела

$$1) F_{\text{тяж}} = G \frac{mM}{4R^2}$$

$$mg_{\text{эф}} = G \frac{mM}{4R^2}$$

$$g_{\text{эф}} = G \frac{V f}{4R^2} = G \frac{\frac{4}{3} \pi R^3 f}{4R^2} =$$

$$= \left(\frac{\pi}{3} f G R \right)$$

2)



$$T = \frac{2\pi}{\omega}; \quad \omega = \frac{2\pi}{T}$$

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

$F_{грав} = m_c a$ - 2-ой закон Ньютона
 m_c - масса спутника

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

$$G \cdot \frac{\cancel{h} \cdot \frac{4}{3}\pi R^3 \rho}{1,5^2 R^2} = \frac{4\pi^2}{T^2} \cdot 1,5 R$$

$$G \cdot \rho \cdot \frac{\cancel{h}}{3} = \frac{\pi^2}{T^2} \cdot 1,5^3$$

$$G \cdot \rho \cdot \frac{1}{3} = \frac{\pi}{T^2} \cdot \frac{27}{8}$$

$$T^2 = \frac{81\pi}{8G\rho} \cdot \frac{1}{G\rho}$$

$$T = \sqrt{\frac{81\pi}{8G\rho}} = 9 \sqrt{\frac{\pi}{8G\rho}}$$

Ответ: $g = \frac{\pi}{3} \rho G R$

$$T = 9 \sqrt{\frac{\pi}{8G\rho}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$N_1 = P \text{ (по 3-ему закону Ньютона)}$$

$$N_2 = m_1 g + P = g(m_1 + m_2) = 5mg$$

$$F_{\text{тр}2} = \mu N_2 = 5\mu mg$$

Ох, ~~т.к.~~ т.к. на нить действует сила F_0 , то
на подвижный блок действует сила $2F_0$,
а на верхний брусок F_0 (для всей системы)

Ох: для верхнего бруска

$$a = \frac{F_0}{2m}; \quad a = \frac{2F_0 - 5\mu mg}{3m}; \quad a = \frac{3F_0 - 5\mu mg}{5m}$$

$$\frac{F_0}{2m} = \frac{2F_0 - 5\mu mg}{3m} = \frac{3F_0 - 5\mu mg}{5m}$$

$$3F_0 = 4F_0 - 10\mu mg \quad 5F_0 = 6F_0 - 10\mu mg$$

$$(F_0 = 10\mu mg)$$

2) Для минимальной силы: пусть на рис. 1
верхний брусок движется с ускорением a_1
вправо, а нижний с ускорением a_2 вправо.
Чтобы верхний брусок двигался вправо относительно
нижнего, нужно, чтобы $a_1 < a_2$, т.е.

$$\text{Ох: } a_1 = \frac{F_0}{2m} < a_2 = \frac{2F_0 - 5\mu mg}{3m}$$

$$F > 10\mu mg$$

значит минимальная сила $F = 10 \text{ мН}$

~~Ответ: $F_0 = 10 \text{ мН}$
 $F = 10 \text{ мН}$~~

Ответ: $F_0 = 10 \text{ мН}$
 $F = 10 \text{ мН}$

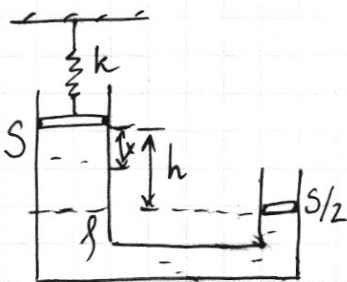
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\vec{v}_0 = 12 \text{ м/с}$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_0^2}{18} + mgh$$

$$h = \frac{v^2}{2g}$$

$$\frac{64}{100} = t^2$$



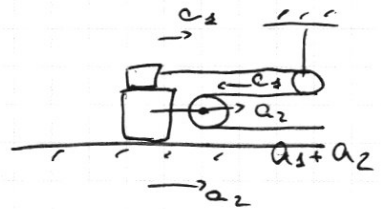
$$v = v_0 - gt$$

$$\frac{v_0}{3} = v_0 - gt$$

$$gt = \frac{2}{3} v_0$$

$$\frac{v^2}{2} = \frac{12^2}{10}$$

$$\frac{64}{10} =$$



$$fgh = f_{buoy}$$

$$fgh + f_{buoy} = 0$$

$$-\frac{f_{buoy}}{S} = fgh$$

$$f_{buoy} = -fghS$$

$$\frac{dF_0}{dm} = \frac{3F_0 - 5\mu mg}{5m} \cdot k \cdot x = -fghS$$

$$x = -\frac{fghS}{k}$$

$$\frac{3F_0 - 5\mu mg}{5m} = a$$

$$fgh(h-x) = \frac{mg}{S/2}$$

$$fgh \left(h + \frac{fghS}{k} \right) = \frac{2mg}{S}$$

$$m = \frac{1}{2} fghS \left(h + \frac{fghS}{k} \right)$$

$$5F_0 = 6F_0 - 10\mu mg$$

$$10\mu mg = F_0$$

$$mg = G \frac{mM}{4R^2}$$

$$G = G \frac{M}{4R^2} = G \frac{\frac{1}{3} \sqrt{3} R^3}{4R^2} = \left(\frac{\sqrt{3}}{3} G \right) R$$

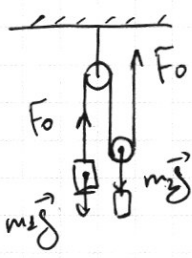
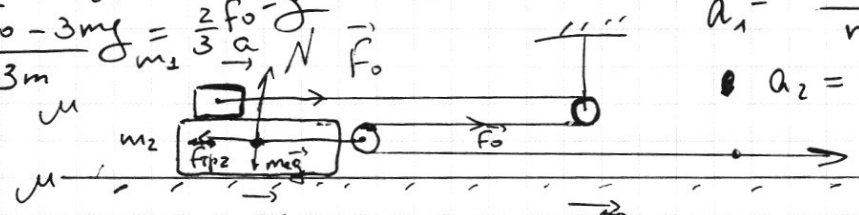
$$a_2 = \frac{F_0 - 2mg}{2m} = \frac{1}{2} \frac{F_0}{m} - g$$

$$a_2 = \frac{2F_0 - 3mg}{3m} = \frac{2}{3} \frac{F_0}{m} - g$$

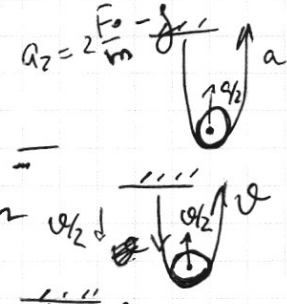
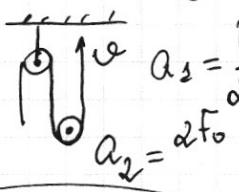
$$a_1 = \frac{F_0}{m_1} = \frac{F_0 - m_2 g}{m_2}$$

$$a_2 = \frac{2F_0 - m_2 g}{m_2}$$

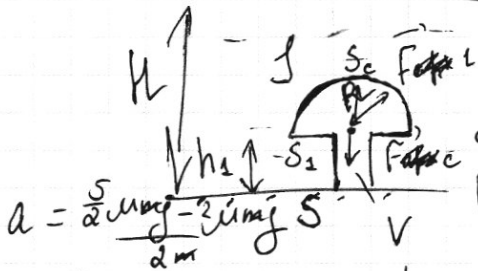
$$a_3 = \frac{F_0}{m} - g$$



$$a_2 = \frac{2F_0 - 5\mu mg}{5m}$$

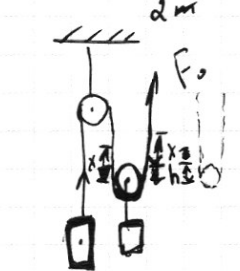
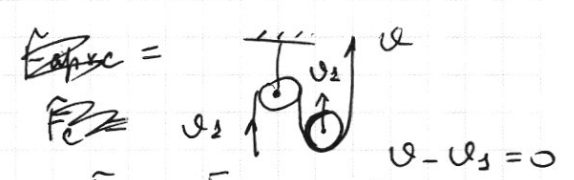


$$P_3 = P_0 + \rho g H$$



$$2F_0 = 5\mu mg$$

$$F_0 = \frac{5}{2} \mu mg$$



$$x = x_1 - h$$

$$h =$$

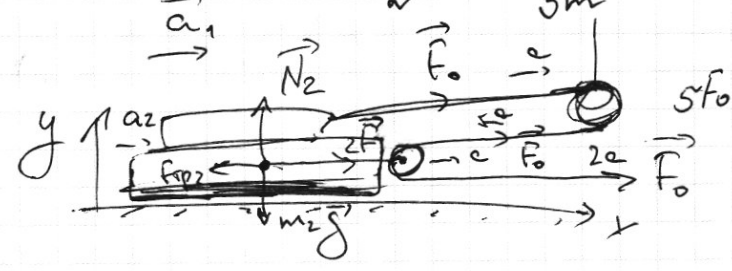
$$S_c = 2\pi R h^2$$

$$S_s = \pi R^2 - S$$

$$F = (V - h_1 S) \rho g - \rho g (H - h_1) S =$$

$$a_1 = \frac{F_0}{2m}$$

$$a_2 = \frac{2F_0 - 5\mu mg}{5m} = V \rho g - h_1 S \rho g - \rho g (H - h_1) S =$$



$$= V \rho g - \rho g H S = \rho g (V - H S) =$$

$$= 1000 \cdot 10 \cdot (0,008 - 2,5 \cdot \frac{20}{10.000}) =$$

$$F_{fr2} = 5\mu mg \quad 2F_0 = 5\mu mg \quad F_0 = 2,5\mu mg = 10 \mu mg$$

$$a = \frac{2F_0 - 5\mu mg}{3m}$$

$$= 80 - 50 = 30 \text{ (H)}$$

$$\frac{F_0}{2m} = \frac{2F_0 - 5\mu mg}{5m}$$

$$3F_0 = 4F_0 - 10\mu mg$$

$$F_0 = -10\mu mg$$

$$a = \frac{F_0}{2m}$$

$$\frac{F_0}{2m} = \frac{2F_0 - 5\mu mg}{5m}$$

$$5F_0 = 4F_0 - 10\mu mg \quad (F_0 = 10\mu mg) \quad F_0 = -10\mu mg$$