

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

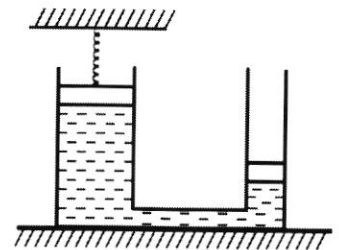
Вариант 09-02

Шифр

(заполняется секретарём)

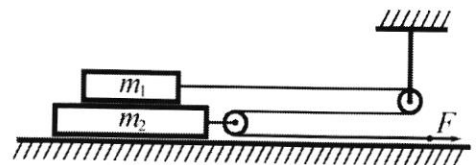
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 10$ м/с.
- 1) Через какое время t после старта скорость камня будет равна по величине $V_0/2$?
 - 2) На какой высоте h , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине $V_0/2$?
- Ускорение свободного падения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



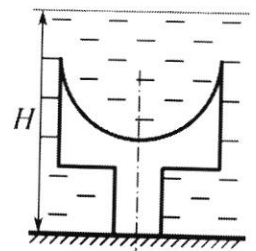
- 1) Найдите разность h уровней жидкости в сосудах.
 - 2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты $h = R$, здесь R – радиус планеты. Плотность планеты ρ . Гравитационная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

№1 $t=?$, $h=?$
 $v_0 = 10 \text{ м/с}$
 $g = 10 \text{ м/с}^2$

1) Т.к. школьник бросает камень вертикально вверх, то на какой-то высоте H он останавливается, а затем начинает падать вниз. Т.о. скорость $\frac{v_0}{2}$ будет достигнута 2 раза.

Когда мальчик кидает вверх камень, то скорость изменяется по такому закону:

$$v(t) = v_0 - gt \Rightarrow \frac{v_0}{2} = v_0 - gt \quad t = \frac{v_0}{2g} = \frac{1}{2} \text{ с.}$$

~~Физическая~~ Координата камня не меняется от броска а до падения,

поэтому $v_0 T - \frac{gT^2}{2} = 0 \Rightarrow T = \frac{2v_0}{g} = 2 \text{ с.}$ - все время от броска

до падения. Тогда высота H камень достиг за $t_1 = \frac{T}{2} = 1 \text{ с.}$

При падении скорость изменяется по закону $v(t) = gt$.

Тогда $\frac{v_0}{2} = gt \quad t = \frac{v_0}{2g} = 0,5 \text{ с.}$ - время от момента, когда

камень достиг H до момента, когда его скорость стала равна $\frac{v_0}{2}$.

В этом случае $t = t_1 + t_2 = 1,5 \text{ с.}$ Получаем 2 ответа: 1,5 с; 0,5 с.

Ответ: 1,5 с.; 0,5 с.

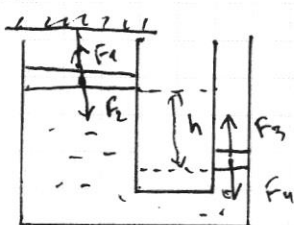
2) $h = \frac{v_0^2 - v_1^2}{2g} = \frac{100 - 25}{20} = 3,75 \text{ м.}$ - высота в I случае.

$h = H - \frac{gt^2}{2} = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{gt^2}{2} = 5 - 5 \cdot 0,25 = 5 \cdot 0,75 = 3,75 \text{ м.}$ - высота во II

случае. Значит высоты в обоих случаях равны.

Ответ: $h = 3,75 \text{ м.}$

№2.



$F_3 = F_4$ - силы, действующие на II поршень.

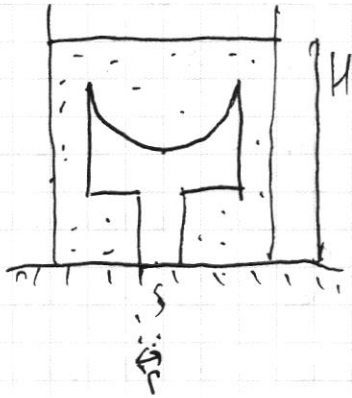
$F_1 = F_2$ - силы, действующие на I порш.

$$\frac{F_3}{F_2} = \frac{F_4}{F_1} = \frac{1}{3}$$

1) $kx = \rho \cdot g \cdot h \cdot \frac{S}{3} \Rightarrow h = \frac{3kx}{\rho g S}$ Ответ: $h = \frac{kx}{\rho g S}$

2) Т.к. пружина станет недеформированной, то в левом сосуде уровень поднимется ~~на~~ x , а в правом опустится. Тогда разность уровней жидкости равна $H = h + x$. Также можно заметить, что на левый поршень не действуют никакие силы.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



~~Handwritten scribble~~ $F = \sqrt{\frac{5}{\pi}}$

$$2F - 8m \cdot mg = 5ma_2$$

$$F - 3m \cdot mg = 3ma_1$$

$$9m \cdot mg = 4ma_1$$

$$10m \cdot mg = 5ma_2$$

$$2m \cdot mg = ma_2$$

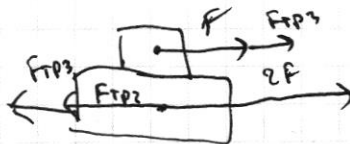
$$3F - 8m \cdot mg = 8ma_1$$

$$a_2 = 0,6 \frac{F}{m} - 1,6 \cdot mg = 3,2 \cdot mg$$

$$a_1 = \frac{1}{3} \left(\frac{F}{m} - 3 \cdot mg \right) = \frac{1}{3} \cdot mg - mg = \frac{1}{3} \cdot mg$$

4,6	$1 \frac{2}{3} \cdot mg$
0,6	1
1,2	$\frac{1}{3}$

~~Handwritten scribble~~ $\frac{F}{m} - 1,6 \cdot mg = \frac{F}{m} - mg$



$$F + 3m \cdot mg = 3ma_1$$

$$2F - 11m \cdot mg = 5ma_2$$

$$F = 4,6 \cdot m \cdot mg$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

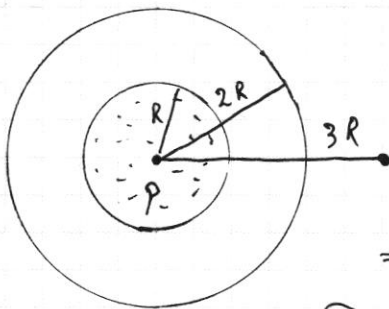
Тогда на \bar{y} поршень:

$$\rho \cdot g \cdot H \cdot \frac{S}{3} = mg \quad H = h_{тек}, \text{ тогда}$$

$$m = \frac{\rho \cdot S}{3} (2x + h) = \frac{\rho \cdot S}{3} \left(2x + \frac{kx}{\rho g S} \right) = \frac{kx}{3g} + \frac{2}{3} \rho S x = \frac{x}{3} \left(\frac{k}{g} + 2\rho S \right)$$

Ответ: $m = \frac{x}{3} \left(\frac{k}{g} + 2\rho S \right)$

№3.



1) $m_{пл} = \rho \cdot V_{ш} = \rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3$ - масса планеты.

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

Ответ: $g = \frac{4 \cdot G \cdot \rho \cdot \pi \cdot R}{27}$

2) $v = \sqrt{2\pi R \cdot \frac{2\pi R}{T}} = \frac{2\pi R \cdot 2}{T}$ - скорость спутника $\Rightarrow T = \frac{2\pi R \cdot 2}{v^2}$

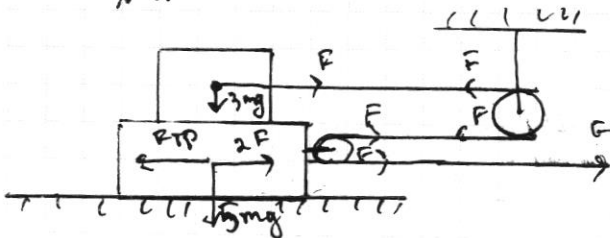
$g = a = \frac{v^2}{2R}$ - ускорение центростремительное

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

$$T = 2 \cdot \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi R \cdot 2}{R \sqrt{\frac{2}{3} G \cdot \rho \cdot \pi \cdot 2}} = 2 \sqrt{\frac{2\pi R^2 \cdot 3}{2 \cdot G \cdot \rho \cdot \pi \cdot 2}} = \sqrt{\frac{6\pi}{G \cdot \rho}} \cdot 2$$

Ответ: $T = 2 \cdot \sqrt{\frac{6\pi}{G \cdot \rho}}$

№4.



1) Т.к. сила трения отсутствует, то ускорения блоков равны.

$$1: F_0 = 3m \cdot a \Rightarrow m \cdot a = \frac{F_0}{3}$$

$$2: 2F_0 - 8 \cdot \mu \cdot m \cdot g = 5 \cdot m \cdot a$$

$$\frac{6}{3}F - \frac{5}{3}F = 8 \text{ мНг}$$

$$\underline{F_0 = 24 \text{ мНг}}$$

2) Т.к. верх. брусок движется влево отн-но нижнего то на нижний действует по горизонтали 3 силы: $2F$ (от киты), $F_{Тр1}$ от земли и $F_{Тр2}$ от верх. бруска, которая направлена влево (сонаправлена с $F_{Тр1}$).

Тогда на верх. брусок действует такая же сила, только направо. Сила F будет минимальной, когда a_1 (ускорение верх. бруска) будет чуть выше a_2 (ускорение ниж. бруска). Тогда получим, что $a_1 \approx a_2$

$$1: F + 3 \text{ мНг} = 3ma \quad \Rightarrow \quad ma = \frac{F}{3} + \text{мНг}$$

$$2: 2F - 11 \text{ мНг} = 5ma \quad 2F - \frac{5}{3}F = 16 \text{ мНг}$$

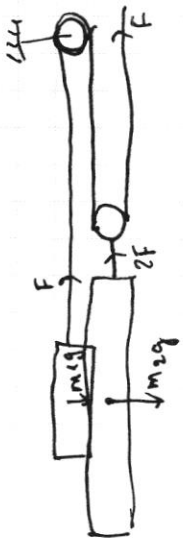
$$\underline{F = 48 \text{ мНг}}$$

Ответ: $F = 48 \text{ мНг}$.

нб.

$$1) P_1 = P_0 + \rho \cdot g \cdot H = 10^5 + 10^4 \cdot 3 = 13 \cdot 10^4 = 130 \text{ кПа} \quad \text{Ответ: } 130 \text{ кПа}$$

$$2) F_A = \rho \cdot g \cdot V = 10^4 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 50 \text{ Н} \quad \text{Ответ: } 50 \text{ Н, вверх.}$$



$$2F - 5mg = 5ma_1$$

$$5F - 4mg = 4ma_2$$

$$g = \frac{v^2}{2R} = G \cdot \frac{m_{11}}{4R^2}$$

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

$$= 10^4 \cdot 10^3 + 10^4 \cdot 3 =$$

$$= 10^4 \cdot 10^3 + 3 \cdot 10^7 = 4 \cdot 10^7 \text{ Pa}$$



$$F - 5mg = 5ma_1$$

$$2F - 6mg = 5ma_2$$

$$2F - 8mg = 5ma$$

$$F = 3ma$$

to

$$2F - 1 \frac{2}{3} F = 6mg$$

$$F = 24mg$$



$$2F - 11 \cdot 8mg = 5ma$$

$$F - 3mg = 3ma$$

F=3ma

$$F - 5mg = 2ma$$

$$F = m(a + 5g)$$

$$v = \frac{4\sqrt{2}R}{T}$$

$$v = \frac{4\sqrt{2}R}{T} = \sqrt{6 \cdot 9 \cdot \frac{2}{3} \cdot 10^2} = R \sqrt{G \cdot 9 \cdot \frac{2}{3} \cdot 10^2}$$

$$v = \sqrt{\frac{G \cdot 9 \cdot \frac{2}{3} \cdot 10^2}{2R}}$$

$$T = \frac{4\sqrt{2}R}{v} = \frac{4\sqrt{2}R}{R \sqrt{G \cdot 9 \cdot \frac{2}{3} \cdot 10^2}} = \sqrt{\frac{24\sqrt{2}}{6P}}$$

$$5F - 15mg = 6F - 24mg$$

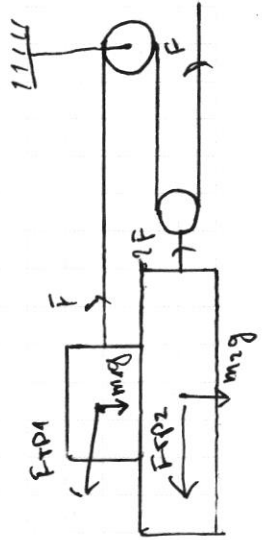
$$F = 9mg$$

$$2F - 8mg = 5ma_2$$

$$F - 3mg = 3ma_1$$

$$a_2 = 0.14 F - 1.6mg = 0.14(F - 16mg)$$

$$a_1 = \frac{1}{3} F - mg = \frac{1}{3}(F - 3mg)$$



$$G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

$$m_{11} = \rho \cdot \frac{4}{3} \sqrt{R^3}$$

$$\frac{v^2}{2R} = G \cdot \frac{m_{11}}{4R^2}$$

$$g = G \cdot \frac{m_{11}}{9R^2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{100 - 2g}{20} = 5$$

$$t = 3,75$$

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

$$F = \frac{225}{g} = 2 \text{ с.}$$

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

$$t = 1 \text{ с.}$$

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

$$\frac{5}{10} = t = 0,5$$

2)

$$\frac{gt^2}{2} = h$$

$$k = 5$$

$$h = 5 - 1,25t^2 \quad (3,75)$$

$$\frac{25}{2g} = t$$

$$0,5 = t$$

$$t_1 = 1,5 \text{ с.}$$

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

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

$$t = \frac{5}{10} = 0,5 \text{ с.}$$

$$15 - 1,25t^2 = 3,75$$



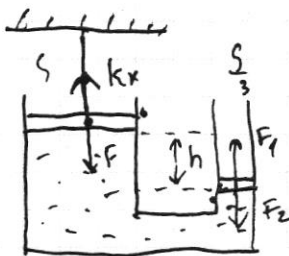
$$\frac{F_1}{g} = \frac{F_2}{3g}$$

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{3}{1}$$

$$kx = \rho g h S$$

$$F_1 = F_2 = \rho g h \frac{S}{3}$$

№ 1.



$$\rho g h \frac{S}{3} = F_1 = F_2$$

$$F = kx$$

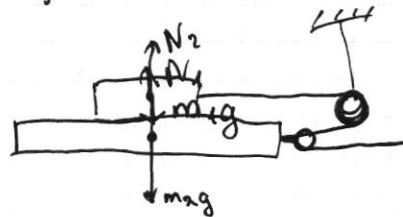
$$g = G$$

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



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

$$\frac{\rho S}{3} \cdot (2R + h) = m$$



$$N_1 = mg$$

$$N_2 = 3mg$$

$$N_2 = 3mg$$

$$m = \frac{2}{3} \rho S R + \frac{kx}{3g} = \frac{1}{3} \rho (2R S + \frac{k}{g})$$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Grid area for writing the answer.

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)



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)