Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

Вариант 09-02

Шифр

(заполняется секретарём)

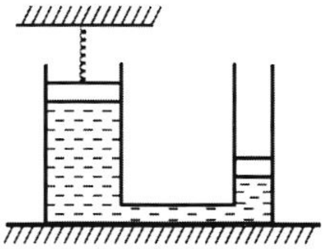
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 10$ м/с.

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/с^2. 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.

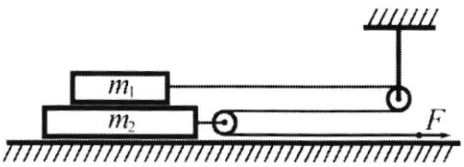
2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.

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.

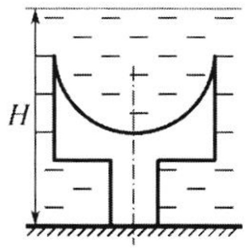
4. На горизонтальном столе находятся бруски, соединённые нитью с системой блоков (см. рис.). Массы брусков $m_1 = 3m$, $m_2 = 5m$. Коэффициент трения скольжения нижнего бруска по столу и верхнего бруска по нижнему равен μ. Массы нити и блоков, а также трение в осях блоков пренебрежимо малы.



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. Объем конструкции V = 5 дм^3, площадь соприкосновения конструкции с дном через клей S = 10 см^2. Плотность воды ρ = 1 г/см^3, атмосферное давление P_0 = 100 кПа. Ускорение свободного падения g =10 м/с^2.



1) Найдите давление P_1 вблизи дна.

2) Найдите величину F силы (с указанием направления), с которой вода действует на конструкцию.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

Дано:
$v_0 = 10$ м/с
$g = 10$ м/с^2

$t = ?$
$h = ?$

Введем ось OX направленную вертикально вверх.

$v_x = v_{0x} + a_x t$ (1)

$S_x = v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}$ (2)

Из (1):

$\frac{v_0}{2} = v_0 - g t_1 \Rightarrow t_1 = \frac{v_0}{2g}$

$t_1 = 0{,}5$ c

Также $0 = v_0 - g t_2 \Rightarrow t_2 = \frac{v_0}{g}$

$t_2 = 1$ c – время полета от старта до наивысшей точки.

Из обратимости движения:

$t_3 = 2t_2 - t_1$, $t_3 = 1{,}5$ c.

t_1 и t_3 – времена ~~от~~ полета от старта до ~~момент~~ момента, когда скорость камня станет $\frac{v_0}{2}$.

Из (2) $h = v_0 t_1 - \frac{g t_1^2}{2}$, $h = 3{,}75$ м

Ответ: 0,5 с; 1,5 с; 3,75 м.

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №1
(Нумеровать только чистовики)

N 3

Дано:	
R, ρ	
G	
$g = ?$	
$T = ?$	

$V = \frac{4}{3}\pi R^3$, $\rho = \frac{m}{V}$, $F_{тяж} = G\frac{M_п \cdot m_т}{R^2}$

$M_п = \rho V_п$

$V_п = \frac{4}{3}\pi R^3$ так как мы считаем планету шаром.

$M_п = \frac{4}{3}\pi \rho R^3$

$g = G\frac{M_п}{R^2}$

$g = G\frac{\frac{4}{3}\pi\rho R^3}{(3R)^2} = G\frac{4\pi\rho R}{27}$

$\cancel{g = G}$ $\cancel{g = \frac{4}{27}G\pi\rho P}$

$\underline{g = \frac{4}{27}G\pi\rho R}$

$a_ц = \frac{v^2}{R} \Rightarrow v = \sqrt{a_ц R}$

$a_ц = g$

$v = \sqrt{gR}$

$T = \frac{C}{v}$, где C – длина орбиты.

$C = 2\pi R$, так как мы считаем планету шаром.

$T = \frac{2\pi R}{\sqrt{gR}} = 2\pi\sqrt{\frac{R}{g}} = 3\pi\sqrt{\frac{3}{G\pi\rho}} = 3\sqrt{\frac{3\pi}{G\rho}}$

Ответ: $g = \frac{4}{27}G\pi\rho R$; $T = 3\sqrt{\frac{3\pi}{G\rho}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N5

Дано:	СИ:
$H = 3$ м	
$V = 5$ дм^3	$5 \cdot 10^{-3}$ м^3
$S = 10$ см^2	10^{-3} м^3
$\rho = 1 \frac{г}{см^3}$	$1000 \frac{кг}{м^3}$
$p_0 = 100$ кПа	
$g = 10$ м/с^2	
$p_1 = ?$	
$F = ?$	

$p = \rho g h$, $F_a = \rho g V_п$

$p_1 = p_0 + p_в$

$p_в = \rho g H$

$p_1 = p_0 + \rho g H$

$p_1 = 130$ кПа

~~Если~~ Если бы конструкция не была бы приклеена ко дну, то сила с которой на неё действовали воды была бы равна силе Архимеда, но раз она приклеена, то на приклеенную часть не действует ни вода, ни атмосферное давление.

Итого: $F = F_a - F_1$

$F_a = \rho g V$, так как конструкция полностью под водой.

$F_1 = p_1 S$

$F = \rho g V - p_1 S$, $F = -80$ Н.

Раз сила Архимеда действует вверх, то тогда F действует вниз по модулю 80 Н.

Ответ: 130 кПа; вниз с силой 80 Н.

№2

Дано:

ρ

k, x

S, $\frac{S}{3}$

g

$h = ?$

$m = ?$

$F_{упр} = k\Delta l$, $p = \rho g h$, $F = pS$

1) Раз система находится в равновесии, то давление воды на дно в обоих сосудах одинаково.

Сила упругости со стороны пружины на поршень направлена вверх (иначе вода перелилась бы в правый сосуд, так как в левом её больше), а сила давления столба жидкости высотой h в левом сосуде направлена вниз и равна по модулю силе упругости из 1).

Тогда: $F_{упр} = F_1$

$$kx = \rho g h S$$

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

Когда мы кладём груз на правый поршень, такой, что пружина становится не деформированной, то уровень воды в левом сосуде поднимается на x, а в правом опускается на $3x$ из того, что сосуды цилиндрической формы и площадь сечения левого в 3 раза больше площади сечения правого.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~~Ну и опять из 1):~~

$\cancel{F_2 = F_3}$

$\cancel{\rho g(h+4x) =}$

№2

Дано:
ρ
k, x
$S, \frac{1}{3}S$
g

$h = ?$
$m = ?$

$F_{упр} = k\Delta l$, $p = \rho g h$, $p = \frac{F}{S}$

1) Раз система находится в равновесии, то давление воды на дно в обоих сосудах одинаково. Так как воды в левом сосуде больше, то сила упругости со стороны пружины на поршень направлена вверх – из 1).

Тогда: $\frac{kx}{S} = \rho g h \Rightarrow h = \frac{kx}{\rho g S}$

Когда мы поместили груз и пружина перестала быть деформированной, то вода в левом сосуде поднимется на x, а в правом опустится на $3x$ из того что сосуды цилиндрической формы и площадь сечения правого в 3 раза меньше. Тогда разность уровней воды теперь $h + 4x$.

Из выводи 1), получаем:

$$\rho g (h + 4x) = \frac{mg}{\frac{1}{3}S}$$

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

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

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

Ответ: $\frac{kx}{\rho g S}$; $\frac{x(k + 4\rho g S)}{3g}$

$1000 \cdot 10 \cdot 3$

$P = \rho g h, \quad F_a = \rho g V$

$P_1 = P_0 + P_b = P_0 + \rho g \cdot H = 100\,кПа + 30\,кПа = 130\,кПа$

$F_a = \rho g V - F_1$

$\boxed{P_1 = P_0 + \rho g H}$

$F_1 = P_1 S$

$\boxed{F_a = \rho g V - P_1 S}$

математика - великая наука

$$\sqrt{\frac{27R}{4G\pi\rho R}} = \frac{3}{2}\sqrt{\frac{3}{G\pi\rho}}$$

$1000 \cdot 10 \cdot 5 \cdot 10^{-3} - 130 \cdot 10^3 \cdot 10^{-3}$

$5 \cdot 10 - 130$

2π

$50 - 130 = -80\,H$

$F = kx$

$F =$

$kx = \rho g h S$

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

$$\frac{mg}{\frac{S}{3}} = \frac{3mg}{S} = \rho g h_1$$

$\uparrow x \Rightarrow \downarrow 3x$

$\Downarrow$

$h_1 = h + 4x \qquad \frac{3mg}{S} = \rho g(h + 4x)$

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

$$m = \frac{\rho\left(\frac{kx}{\rho g S} + 4x\right)S}{3} = \frac{\rho S x \cdot \frac{k + 4\rho g S}{\rho g S}}{3} = \frac{x(k + 4\rho g S)}{3g}$$

☑ 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

$v_x = v_{0x} + a_x t$

$f(2) = f(4 \cdot 0{,}5) = f(4) + f(0{,}5) = 4 + f(0{,}5)$

$S_x = v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}$

$v = v_0 - gt$

$\frac{v_0}{2} = v_0 - g t_1$

$f(\pi)$

$\boxed{t_1 = \frac{v_0}{2g}}$ $f(0{,}5) = -2$ $\boxed{h = v_0 t_1 - \frac{g t_1^2}{2}}$

$0 = v_0 - g t_2$

$t_2 = \frac{v_0}{g}$

$\boxed{t_3 = 2t_2 - t_1}$ №1

$M_n = \rho V$

$F_{тяж} = G\frac{M_n \cdot m_m}{R^2}$

$12 + 6 + 12 + 20 + 20 = 70$

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

$5 - 1{,}25$

$\rho = \frac{m}{V}$, $V = \frac{4}{3}\pi R^3$, $F_{тяж} = G\frac{M_n m_m}{R^2}$ $\boxed{e^{i\pi} = -1}$

$\Downarrow$ $\Downarrow$

$m = \rho V$ $g = G\frac{M_n}{R^2}$ $\boxed{g = G\frac{4\pi\rho R}{27}}$

$\boxed{M_n = \frac{4}{3}\pi\rho R^3}$ $\frac{2\pi R}{v} = T$ $\frac{2\pi R}{\sqrt{gR}} = T$ $\boxed{T = 2\pi\sqrt{\frac{R}{g}}}$

$g = G\frac{\frac{4}{3}\pi\rho R^3}{(3R)^2} = G\frac{\frac{4}{3}\pi\rho R^3}{9R^2} = G\frac{4\pi\rho R}{27}$ №3

$\vec{v}_0$ $\vec{a}$

m $a = \frac{v^2}{R}$ $v^2 = aR = gR$ $v = \sqrt{gR}$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☐ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)