Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

Вариант 09-02

Шифр

(заполняется секретарём)

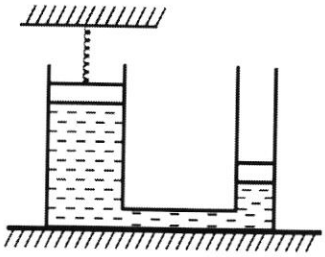
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 10$ м/с.

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.

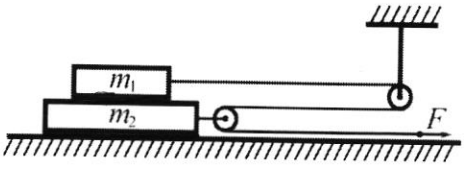
2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.

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.

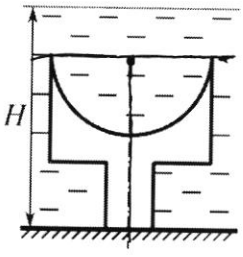
4. На горизонтальном столе находятся бруски, соединённые нитью с системой блоков (см. рис.). Массы брусков $m_1 = 3m$, $m_2 = 5m$. Коэффициент трения скольжения нижнего бруска по столу и верхнего бруска по нижнему равен μ. Массы нити и блоков, а также трение в осях блоков пренебрежимо малы.



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.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

Дано:
$v_0 = 10$ м/с
$g = 10$ м/с^2

t - ?
h - ?

Решение:

1) Т.к. камень будет вначале подниматься, а потом падать он дважды разовьёт скорость $\frac{v_0}{2}$

t_n - время подъёма до наивысшей точки

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

$$t_n = \frac{10}{10} = 1 (c)$$

При подъёме:

$$t_1 = \frac{\left(\frac{v_0}{2}\right)}{g}$$

$$t_1 = \frac{10}{2 \cdot 10} = 0,5 (c)$$

При спуске:

$$t_2 = t_n + \frac{\left(\frac{v_0}{2}\right)}{g}$$

$$t_2 = 1 + \frac{10}{2 \cdot 10} = 1,5 (c)$$

2) Т.к. камень дважды будет иметь скорость $\frac{v_0}{2}$ расчитаем высоту для каждого из случаев.

$$h_1 = (v_0 - gt_1)t_1 + \frac{gt_1^2}{2}$$

$$h_1 = v_0 t_1 - \frac{gt_1^2}{2}$$

$$h_1 = 10 \cdot 0,5 - \frac{10 \cdot 0,5^2}{2} = 3,75 (м)$$

При спуске

$h_2 = (v_0 - gt_2)t_2 + \frac{gt_2^2}{2}$

$h_2 = v_0 t_2 - \frac{gt_2^2}{2}$

$h_2 = 1,5 \cdot 10 - \frac{10 \cdot 1,5^2}{2} = 15 - 11,25 = 3,75$ (м)

$h_1 = h_2 = 3,75$ (м)

$h = h_1 = h_2$

Ответ: 1) скорость камня будет $\frac{v_0}{2}$ в моменты времени 0,5с и 1,5с

2) на высоте 3,75 м

№2

Дано:

k - коэф жёсткости

x - деформац

S - площадь левого

$\frac{S}{3}$ - площадь правого

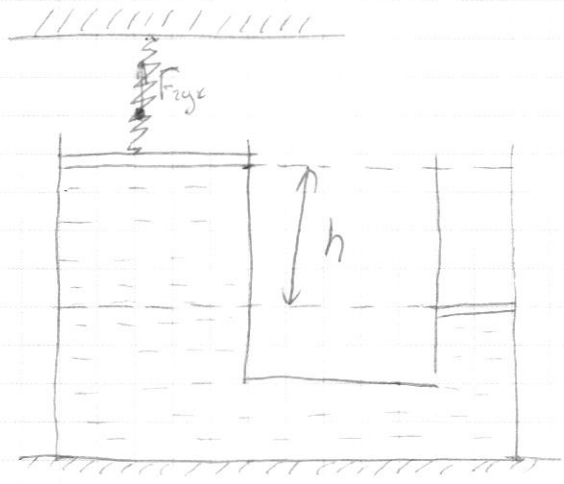
g - ускорение

1) h - ?

2) m - ?

Решение:

1)



2) p_1 - давление в правой части

p_2 - в левой

$p_1 = p_2$ (по закону Паскаля)

$\begin{cases} p_1 = \rho g h - \frac{kx}{S} \\ p_2 = \rho g \cdot 0 = 0 \end{cases}$

$\rho g h - \frac{kx}{S} = 0$

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

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3) Если пружина недеформирована $F_{упр} = 0$

$\cancel{p_1 = p_2 \quad p_1 =}$

Чтобы пружина была недеформирована правый поршень должен поднятся на x

Если правый поднялся на x, то в эту часть переместился объём воды равный $xS \Rightarrow$ такой же объём был вытеснен из левой части

Найдём высоту на которую опустился левый поршень

$$x_1 = \frac{xS}{\left(\frac{S}{3}\right)} = 3x$$

$$x_1 = 3x$$

4) $p_1 = p_2 \quad F_{упр} = 0 \Rightarrow$

$$\begin{cases} p_1 = \rho g (h + x + x_1) \\ p_2 = \frac{mg}{\left(\frac{S}{3}\right)} = \frac{3mg}{S} \end{cases}$$

$$\frac{3mg}{S} = \rho g (h + x + x_1)$$

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

$$\frac{3m}{S} = \frac{kx}{Sg} + 4x\rho$$

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

Ответ: 1) $h = \frac{kx}{S\rho g}$ 2) $m = \frac{kx}{3g} + \frac{4}{3} x S \rho$

№3

Дано:
$h = R$
R - радиус планеты
$V = \frac{4}{3}\pi R^3$
ρ - плотность планеты

1) g - ?
2) T - ?

Решение:

1) $M_п$ - масса планеты
$M_п = \rho V$
$M_п = \frac{4}{3}\rho \pi R^3$

2) $g = G\frac{M_п}{(3R)^2}$

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

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

3) Если высота орбиты аппарата R, то расстояние до центра ~~[illegible]~~ планеты $2R$

g_1 - ускорение свободного падения на высоте $2R$

$g_1 = G \cdot \frac{M_п}{(2R)^2}$

$g_1 = G \cdot \frac{4\rho\pi R^3}{3 \cdot 4R^2}$

$g_1 = G \cdot \frac{\rho\pi R}{3}$

4) m - масса аппарата

Т.к. аппарат находится всегда на одной орбите действие сил на него скомпенсировано $\Rightarrow$

$mg_1 = ma_ц$ ($a_ц$ - центростремительное ускорение)

других сил нет $\Rightarrow$

$g_1 = a_ц$

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

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$G \cdot \frac{\rho \pi R}{3} = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$$

$$\omega^2 = \frac{G\rho\pi \cancel{R^2}}{3}$$

$$\omega = \cancel{R}\sqrt{\frac{G\rho\pi}{3}}$$

5) $T = \frac{2\pi}{\omega}$

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

$$T = \frac{2\cancel{\pi}}{\cancel{R}}\left(\sqrt{\frac{3\pi}{G\rho}}\right)$$

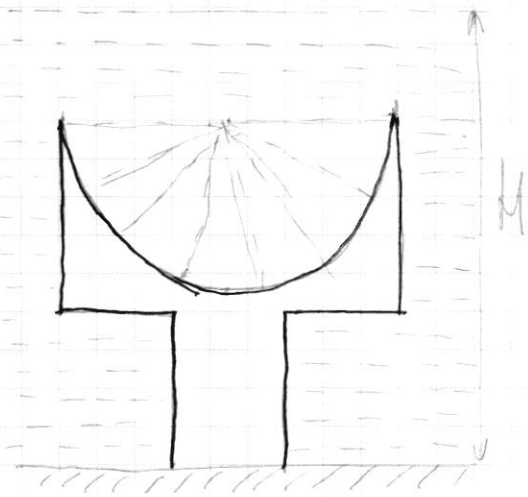
Ответ: 1) $g = \frac{4G\rho\pi R}{27}$ 2) $T = 2\sqrt{\frac{3\pi}{G\rho}}$

№5

Дано:
$H = 3$ м
$V = 5$ дм^3
$S = 10$ см^2
$g = 10$ м/с^2
$P_0 = 100$ кПа
$\rho = 1$ г/см^3

1) P_1 - ?
2) F - ?

Решение:



1) Т.к. давление во все точки передается одинаково ⇒ давление около дна во всех точках одинаково и конструкция на это не влияет ⇒

$P_1 = \rho g H + P_0$

$P_1 = 1000 \cdot 10 \cdot 3 + 100 \cdot 10^3 = 130 \cdot 10^3$ (Па)

$P_1 = 130$ кПа

2) Вода давит на стенки перпендикулярно им ⇒ в каждую точку на полусфере вода давит перпендикулярно касательной в этой точке

Т.к. конструкция симметрична действие сил внутри полусферы скомпенсировано (силы перпенд. ⇒ они действуют как радиусы ⇒ всегда есть радиус симметричный данному) ⇒ форма сферы не имеет значения ⇒

$F = P_1 S - F_A$ $\quad F_A$ - сила архимеда

$F = (\rho g H + P_0) \cdot S - V \rho g$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$F = \cancel{1000}\ 130.000 \cdot 10 \cdot 10^{-4} - 5 \cdot 10^{-3} \cdot 1000 \cdot 10 =$

$= \cancel{130000} = 130 - 50 = 80$ (Н) (сила ~~[illegible]~~ сонаправлена силе тяжести)

Ответ: 1) $P_1 = 130$ кПа 2) $F = 80$ Н (сонаправлена с силой тяжести)

☐ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

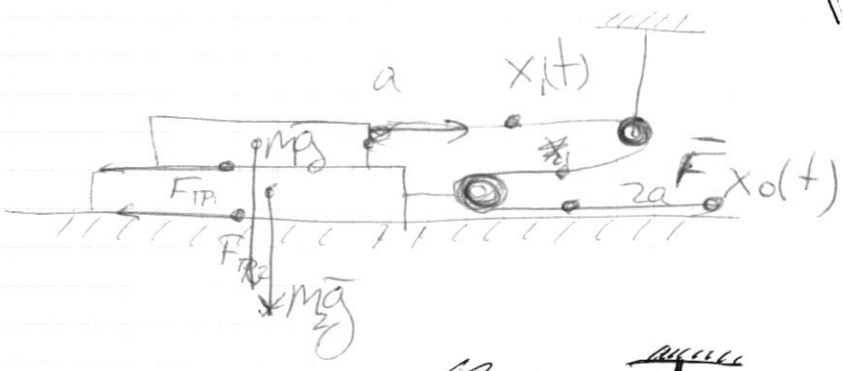
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

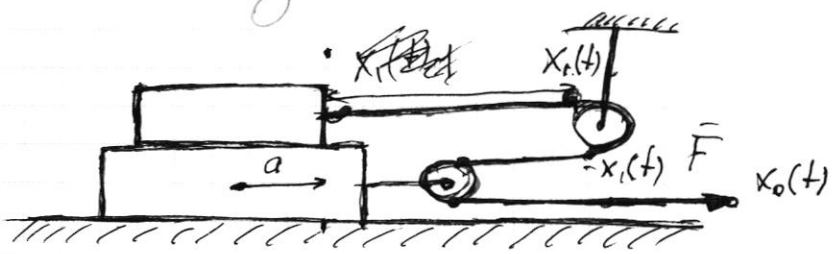
(заполняется секретарём)

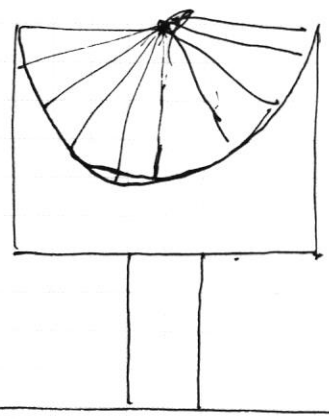
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

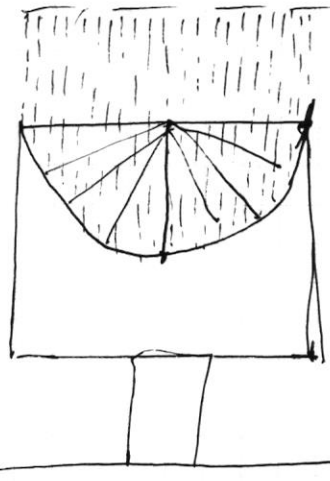
Солдат упал
солдат остыл
горячий камешек
(нагретый
кольчек



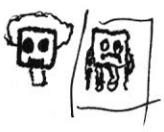
Мы пойдём иным путём







$\rho V g$ $\frac{кг}{м \cdot с^2}$ Па $\frac{кг \cdot м}{с^2}$ Н



■ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

☐ черновик ☐ чистовик Страница №__

(Поставьте галочку в нужном поле) (Нумеровать только чистовики)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\frac{\left(\frac{v_0}{2}\right)}{g} = t$

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

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

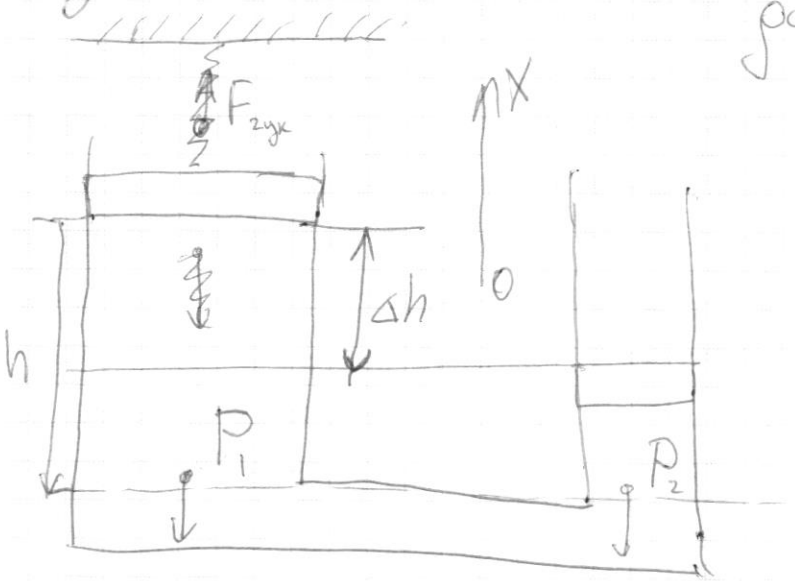
$v_0 t - \frac{gt^2}{2} = h$

$h = \frac{10 \cdot 5}{10} - \frac{10 \cdot 0}{8} = 5 - 1{,}25 = 3{,}75$

$v_0 \quad 5 -$

$15 - \frac{10 \cdot 1{,}5^2}{2} \qquad \frac{22{,}5}{2}$

$g = G \cdot \frac{M_n}{}$



$\rho g h = \frac{кг}{м^3} \cdot \frac{м}{с^2} \cdot м =$

$\begin{cases} \rho g h S - kx = \rho g (h - \Delta h) \frac{S}{3} \\ \rho g \Delta h - \frac{kx}{S} = 0 \end{cases}$

$\begin{cases} 2\rho g h S - 3kx = -\rho g \Delta h S \\ \rho g \Delta h S - kx = 0 \end{cases}$

$2\rho g h S = 2kx$

$\rho g h S = kx$

$P_1 - F_{гук} = P_2$

$P_2 \quad P_1$

$\rho g h S \qquad \rho g \Delta h - \frac{F_{гук}}{S} = 0$

$\rho g h \Delta S$

$\rho g h S - F_{гук} = P_2$

$P_1 - F_{гук} = P_2$

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

$3\rho g h S - 3kx = \rho g h S - \rho g \Delta h S$

$2\rho g h S - 3kx =$

$3kx - 2\rho g h S = \rho g \Delta h S$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

$P_1 - kx = P_2$

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

$\frac{2}{3}\rho g h S = kx - \rho g \Delta h \frac{S}{3}$

$3kx -$ $\boxed{\rho g h S}$ ρ

$\frac{P_1}{P_2} = \frac{S}{\frac{S}{3}} = 3$

$-\frac{kx}{S} + \rho g \Delta h = 0$

$\frac{kг}{м^3} \cdot 1$

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

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

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

$ML^{-3} \cdot M^0 L^0 T^0 \cdot L$

$\frac{кг^2}{м^2} \cdot MLT^{-2} = \frac{м}{c^2}$

$\frac{м \cdot кг}{c^2} = \frac{кг^2}{м^2}$

$\frac{м^3}{кг^2 \cdot c^2} \cdot \frac{кг}{м^3} \cdot м$

$\frac{м^3}{кг \cdot c^2} \cdot \frac{кг}{м^3}$

$\frac{м^3}{кг \cdot c^2} = \frac{м^3}{кг^2 \cdot c^2}$

$4\pi^2$

$\frac{4\pi^2 \cdot 3}{кг \rho \pi}$

$\frac{м^3}{кг \cdot c^2} \cdot \frac{кг}{м^3}$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

(Поставьте галочку в нужном поле) (Нумеровать только чистовики)