

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

Вариант 09-01

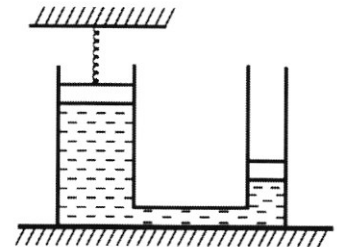
Шифр

(заполняется секретарём)

1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 12$ м/с.

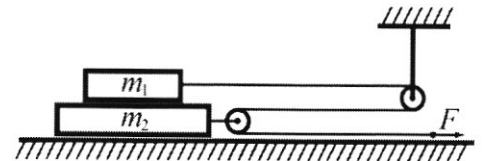
- 1) Через какое время t после старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
 - 2) На какой высоте h , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
- Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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 .



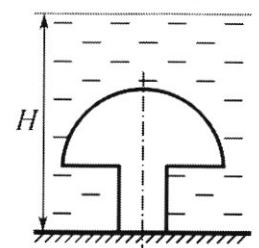
- 1) Найдите деформацию x пружины.
 - 2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты $h = 0,5R$, здесь R – радиус планеты. Плотность планеты ρ . Гравитационная постоянная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



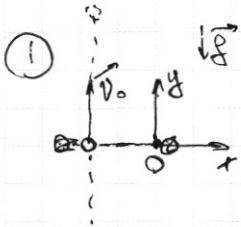
- 1) Найдите величину F_0 горизонтальной силы, которую следует приложить к свободному концу нити, чтобы нижний брусок скользил по столу, а сила трения, действующая на верхний брусок, была равна нулю.
- 2) Найдите величину F минимальной силы, при которой нижний брусок скользит по столу, а верхний брусок 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) Пусть ось oy направлена вдоль \vec{g} , а ox — перпендикулярно

$$\begin{cases} x = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2} \\ y = y_0 + v_{0y}t + \frac{a_y t^2}{2} \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} x = x_0 \\ y = v_0 t - \frac{g t^2}{2} \end{cases} \text{ т.к. } \vec{v}_0 \text{ и } \vec{g} \text{ направлены вдоль оси } oy$$

Тогда $y = v_0 t - \frac{g t^2}{2}$, но также $\vec{v}_{oy} = \vec{v}_{oy} + \vec{a}_y t + \dots \Rightarrow$

$$\Rightarrow v_0 = |v_0 - g t|, \text{ тогда } \frac{v_0}{3} = |v_0 - g t| \Rightarrow \begin{cases} \frac{v_0}{3} = v_0 - g t \\ \frac{2}{3} v_0 = g t - v_0 \end{cases} \Leftrightarrow$$

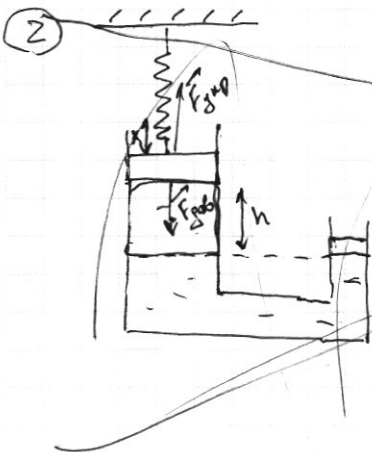
$$\Leftrightarrow \begin{cases} g t = \frac{2}{3} v_0 \\ g t = \frac{4}{3} v_0 \end{cases} \Rightarrow t = \begin{bmatrix} \frac{2}{3} \frac{v_0}{g} \\ \frac{4}{3} \frac{v_0}{g} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,8 \text{ с} \\ 1,6 \text{ с} \end{bmatrix}$$

2) из полученного $y = v_0 t - \frac{g t^2}{2}$ найдем такие t и y на которых $v = \frac{v_0}{3}$, подставляя в формулу такие t при которых $v = \frac{v_0}{3}$:

$$\begin{cases} y = v_0 \cdot 0,8 - \frac{g \cdot (0,8)^2}{2} \\ y = v_0 \cdot 1,6 - \frac{g \cdot (1,6)^2}{2} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} y = 12 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 0,8 - \frac{10 \cdot 0,64 \text{ м}}{2} \\ y = 12 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 1,6 - \frac{10 \cdot 2,56 \text{ м}}{2} \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} y = (12 \cdot 0,8 - 3,2) \text{ м} \\ y = (12 \cdot 1,6 - 12,8) \text{ м} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} y = (9,6 - 3,2) \text{ м} \\ y = (19,2 - 12,8) \text{ м} \end{cases} \Leftrightarrow y = 6,4 \text{ м} \Rightarrow h = y - y_0 = 6,4 \text{ м} - 0 = 6,4 \text{ м}$$

Ответ: 0,8 с и 1,6 с; 6,4 м.



1) запишем II з-н. Ньютона для поршня: $m \vec{a} = \vec{F}_{\text{гидр}} + \vec{F}_{\text{грав}}$, но т.к. он покоится, то: $\vec{F}_{\text{гидр}} + \vec{F}_{\text{грав}} = 0 \Rightarrow F_{\text{гидр}} = F_{\text{грав}}$.

2) Из закона Паска $F_{\text{гидр}} = k \Delta k$

3) Из формулы рабл. широкости: $p = \frac{F_{\text{гидр}}}{S}$

4) Из формулы рабл. $p = \frac{F_{\text{грав}}}{S} \Rightarrow F_{\text{грав}} = p S$

4) ~~Углы α, β, γ чисел $k, k = S \cdot \rho \cdot h \Rightarrow k = \rho S h S$~~

5) ~~Углы α, β, γ чисел $k, k = S \cdot \rho \cdot h \Rightarrow k = \rho S h S$~~
~~и - разность уровней, тогда вот как h_1 как h_2 как h_3 $h_1 = h_2 + k$ $h_2 = h_3 + k$ $h_3 = h_1 + k$ $h_1 = h_2 + k$ $h_2 = h_3 + k$ $h_3 = h_1 + k$~~
~~и $h_1 = h_2 + k$ $h_2 = h_3 + k$ $h_3 = h_1 + k$~~
~~и $h_1 = h_2 + k$ $h_2 = h_3 + k$ $h_3 = h_1 + k$~~

3) ~~По 3 -м Ньютона: $\vec{F}_{ш \rightarrow \alpha} = \vec{F}_{\alpha \rightarrow ш} + \vec{F}_{\alpha \rightarrow \rho}$, но в.к. $\vec{a} = 0$, $\vec{F}_{\alpha \rightarrow ш} + \vec{F}_{\alpha \rightarrow \rho} = 0$~~

5) Если ирригация не растянута, то:

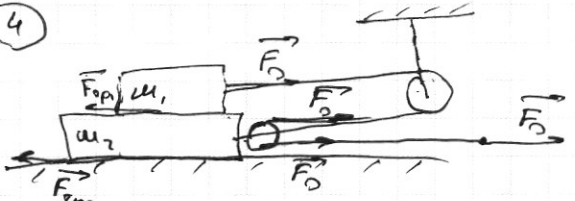
1) ~~$h_1 = h_2 + k$ $h_2 = h_3 + k$ $h_3 = h_1 + k$~~ 1) $h_1 = h_2 + k + \frac{kS}{2} = h_2 + 3k$, в.к. из правого колеса выталкивается вода, чтобы заполнить объем kS

2) ~~По 3 -м Ньютона: $\vec{F}_{ш \rightarrow \alpha} = \vec{F}_{\alpha \rightarrow ш} + \vec{F}_{\alpha \rightarrow \rho}$, но в.к. $\vec{a} = 0$, $\vec{F}_{\alpha \rightarrow ш} + \vec{F}_{\alpha \rightarrow \rho} = 0$~~
 ~~$\vec{F}_{\alpha \rightarrow ш} = \vec{F}_{\alpha \rightarrow \rho}$~~

3) из 3 -м векторного вычисления: $F_{\rho} = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \Rightarrow \text{в.к. } \vec{F}_{\rho} = m \vec{g} \Rightarrow$
 $\Rightarrow F_{\rho} = m g \Rightarrow m g = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \Rightarrow g = G \frac{m_1 m_2}{4R^2} = G \frac{S}{4R^2} \cdot \frac{4}{3} \pi R^3 = \frac{16}{3} G \pi g R \Rightarrow$
 $\Rightarrow g_{op} = G \frac{S}{2,25R^2} \cdot \frac{4}{3} \pi R^3 = G g \pi R \cdot \frac{16}{27}$

в.к. $T = \frac{2\pi R g_{op}}{g_{op}}$, а $g_{op} = \frac{g_{op}^2}{R_{op}} \Rightarrow v_{op} = \sqrt{R_{op} g_{op}} = \sqrt{g_{op} \cdot 1,5R} \Rightarrow T = \frac{2\pi \cdot 1,5R}{\sqrt{g_{op} \cdot 1,5R}} =$
 $= \frac{3\pi R}{\sqrt{G g \pi R \cdot \frac{16}{27} \cdot \frac{3}{2} R}} = \frac{3\pi R}{\sqrt{G g \pi R^2 \cdot \frac{8}{9}}} = \frac{3\pi R}{\sqrt{G g}} \cdot \sqrt{\frac{9}{8}} = \frac{4,5\pi R}{\sqrt{G g}} = 4,5 \sqrt{\frac{\pi}{2Gg}}$

Ответ: ~~$\frac{1}{3} G \pi g R$~~ ; $4,5 \sqrt{\frac{\pi}{2Gg}}$

4)  1) По 3 -м Ньютона:

$$\begin{cases} m_1 \vec{a}_1 = \vec{F}_0 + \vec{F}_{0p1} \\ m_2 \vec{a}_2 = 2\vec{F}_0 - \vec{F}_{0p1} + \vec{F}_{0p2} \end{cases} \Rightarrow$$

 в.к. $F_{0p1} = 0$, $\vec{a}_1 = \vec{a}_2 = \vec{a}$ и в.к. $F_{0p1} = 0$, $\vec{a}_1 = \vec{a}_2 = \vec{a}$

тело не рывнется относительно второго, значит $\vec{a}_1 = \vec{a}_2 \Rightarrow$

$$\begin{cases} m_1 \vec{a}_1 = \vec{F}_0 \\ m_2 \vec{a}_2 = 2\vec{F}_0 + \vec{F}_{0p2} \\ \vec{a}_1 = \vec{a}_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} m_1 a = F_0 \\ m_2 a = 2F_0 - m_1 a \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 3m_1 a = F_0 \\ 3m_2 a = 2F_0 - m_1 a \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 4,5 F_0 = 2F_0 - m_1 a \Rightarrow F_0 = 10 m_1 a$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2) ~~И закон Ньютона:~~

$$m_2 \vec{a}_2 = 2\vec{F} - \vec{F}_{fp2} \Rightarrow 2F - \mu_2 mg = m_2 a_2 \Rightarrow a_2 = \frac{2F - 5\mu_2 mg}{3m}$$

 Переедем в центр связанную со вторым бруском, тогда:
~~$$m_1 \vec{a}_1 = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 - \vec{F}_{fp1} - \vec{F}_{fp2}$$~~ а также $a_1 m_1 = F_1$

2) ~~И закон Ньютона:~~

$$m_2 \vec{a}_2 = 2\vec{F} + \vec{F}_{fp2} - \vec{F}_{fp1} \Rightarrow m_2 a_2 = 2F - F_{fp2} - F_{fp1} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 3m a_2 = 2F - 5\mu_2 mg - 2\mu_2 mg \Rightarrow a_2 = \frac{2F - 7\mu_2 mg}{3m}$$

Переедем в центр связанную со вторым бруском, тогда:

~~$$m_1 \vec{a}_1 = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 - \vec{F}_{fp1} - \vec{F}_{fp2}$$~~ а также

$$m_1 \vec{a}_1 = \vec{F} + \vec{F}_{fp1} \Rightarrow m_1 a_1 = F + 2\mu_2 mg$$
, тогда чтобы условие было
 выполнено $a_2 \geq 0$ и $a_1 \leq a_2$, т.к. $a_1 = a_2 - a_2 \geq 0$, тогда:

$$\begin{cases} \frac{2F - 7\mu_2 mg}{3m} \geq 0 \\ \frac{2F - 7\mu_2 mg}{3m} \geq \frac{F + 2\mu_2 mg}{2m} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} F \geq 3,5\mu_2 mg \\ 2F - 7\mu_2 mg \geq 1,5F + 3\mu_2 mg \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} F \geq 3,5\mu_2 mg \\ 0,5F \geq 10\mu_2 mg \end{cases}$$

$\Rightarrow F \geq 20\mu_2 mg \Rightarrow F = 20\mu_2 mg$

ответ: $10\mu_2 mg$ и $20\mu_2 mg$

5) 1) по формула ~~$p = \frac{F}{S}$~~ $p_1 = p_0 + p_6 =$

$= p_0 + \rho g H = 100\text{кПа} + 10 \frac{\text{Н}}{\text{м}^3} \cdot 2,5\text{м} \cdot 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 125\text{кПа}$

2) ~~по~~ ~~формуле~~ ~~давления~~ ~~на~~ ~~поверхности~~ ~~и~~ ~~линии~~ ~~в~~ ~~брусок~~

(тело не вращается и не касается дна, т.е. это не башка), тогда

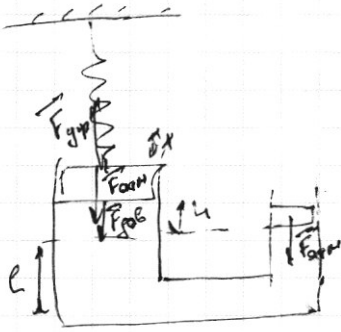
$F_{арх} = V \rho g = F_{g1} + F_{g2} - F_{g3} + F_{g4}$ (у нашей конструкции $F_{g4} = 0$) \Leftrightarrow

$\Rightarrow F_{арх1} = F_{g1} + F_{g2} - F_{g3} = V \rho g - F_{g3} = V \rho g - S_H \rho h = V \rho g - S_H \rho_1 = 8 \cdot 10^{-3} \text{м}^3 \cdot 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot$

$10 \frac{\text{Н}}{\text{м}^3} - 20 \cdot 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 125\text{кПа} = 80\text{Н} - 25\text{Н} = 55\text{Н}$

ответ: 125кПа и 55Н

2)



~~где~~ $kx = F_{уп} - \Delta h \rho_{ж} g$; $p = \frac{F_{пар}}{S}$ - атм. дав.; $p = \rho_{ж} h - \rho_{атм} g$ - пар. дав.; $F_{уп} = kx$.

1) Рассмотрим равновесие нагретого сосуда:

$$F_{атм} + m_{ж} g = F_{атм} + m_{ж} g + S (F_{уп} F_{рав} - F_{уп}) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F_{рав} = F_{уп} \text{ (если бы сила упругости была}$$

направлена вниз, то уравнение не имело бы решений) $\Rightarrow \rho_{ж} h = kx \Rightarrow x = \frac{\rho_{ж} h}{k}$

2) Допустим пружина не растянута, тогда также рассмотрим

равновесие нагретого сосуда: $F_{атм} + m_{ж} g - \frac{m_{ж} g}{2} - \frac{x S}{2} \rho_{ж} g = m_{ж} g + x \rho_{ж} g + F_{атм}$

$$\Rightarrow \frac{m_{ж} g}{2} - \frac{x S}{2} \rho_{ж} g = x \rho_{ж} g + \frac{x S}{2} \rho_{ж} g \Rightarrow \frac{m_{ж} g}{2} = x \rho_{ж} g + \frac{3}{2} x S \rho_{ж} g$$

$$\Rightarrow x = \frac{S \rho_{ж} h}{2} + 1,5 \frac{m_{ж} g}{S \rho_{ж} g}$$

Ответ: $\frac{S \rho_{ж} h}{2}$ и $\frac{S \rho_{ж} h}{2} + 1,5 \frac{m_{ж} g}{S \rho_{ж} g}$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Blank 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)



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)



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)