

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

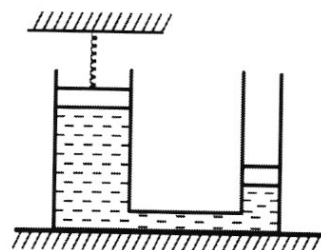
Вариант 09-02

Шифр

(заполняется секретарём)

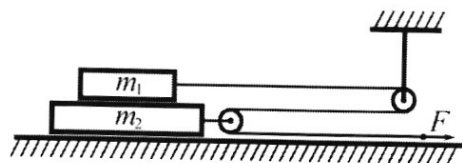
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 10$ м/с.
- 1) Через какое время t после старта скорость камня будет равна по величине $V_0/2$?
 - 2) На какой высоте h , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине $V_0/2$?
- Ускорение свободного падения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



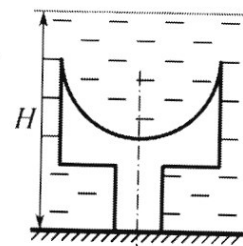
- 1) Найдите разность h уровней жидкости в сосудах.
 - 2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты $h = R$, здесь R – радиус планеты. Плотность планеты ρ . Гравитационная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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

/1

- 1) П.к. тело движется вертикально его скорость в проекции на вера всегда равна:

$$V = V_0 - g t, \text{ где } t - \text{маленькие времена отсчитываемой от } t_0;$$

$$\text{Тогда по условию: } \frac{V_0}{2} = V_0 - g t \Rightarrow t = \frac{V_0}{2g} = 0.5 \text{ с};$$

$$\text{Ответ: } t = 0.5 \text{ с};$$

- 2) Пусть начальная высота тела от м. земли h_0 , а его масса m , тогда запишем закон сохранения

энергии:

$$\frac{m v_0^2}{2} + m g h_0 = \frac{m \left(\frac{v_0}{2}\right)^2}{2} + m g (h + h_0)$$

$$h = \frac{3v_0^2}{8g} = 3.75 \text{ м};$$

$$\text{Ответ: } h = 3.75 \text{ м};$$

✓ 3

1) Из всемирного закона тяготения:

$$g(r) = \frac{GM}{r^2}, \text{ где } g(r) - \text{ уск. свободного падения}$$

на расстоянии r от центра планеты, а M - масса

планеты; Тогда имеем:

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

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

2) Так как спутник движется по своей

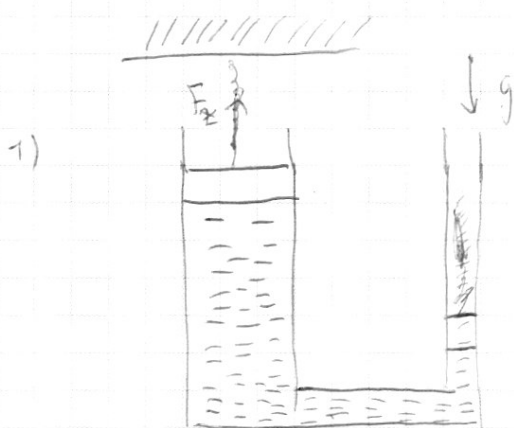
орбите, можем записать:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{2R+h}{g(2R)}} = 2\pi \sqrt{\frac{GM(2R)^3}{GM}};$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{3 \cdot 8R^3}{4\pi G\rho R^3}} = \sqrt{\frac{4\pi^2 \cdot 2 \cdot 3}{\pi G\rho}} = \sqrt{\frac{24\pi}{G\rho}};$$

$$\text{Ответ: } T = \sqrt{\frac{24\pi}{G\rho}};$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Пусть атмосферное давление
это P_0 , тогда условие
равновесия (равенства давлений):

$$\frac{P_0 S + F}{S} + \rho g h = \frac{P_0 \cdot S/3}{P_0 \cdot S/3}$$

$\Rightarrow \rho g h S = F$, где $F = kx$ — сила Гука;

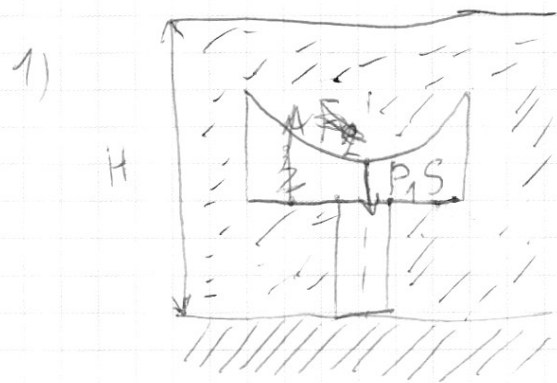
Тогда: $h = \frac{F}{\rho g S} = \frac{kx}{\rho g S}$; Ответ: $h = \frac{kx}{\rho g S}$;

2) Запишем новое условие равновесия; с учётом груза:

$$\frac{P_0 S}{S} + \rho g h = \frac{P_0 \frac{S}{3} + mg}{\frac{S}{3}} = P_0 + \frac{3mg}{S}$$

По есть: $\frac{3mg}{S} = \rho g h \Rightarrow m = \frac{kx}{3}$;

Ответ: $m = \frac{kx}{3}$;



1) Сила тяжести действует на
поверхности и на
дне равна $\rho g H$,
тогда: $P_1 = P_0 + \rho g H =$

$$= 100 \text{ кПа} + 10 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 3 \text{ м} = 100 \text{ кПа} + 30 \text{ кПа} = 130 \text{ кПа};$$

Ответ: $P_1 = 130 \text{ кПа}$;

2) Заметим, что из-за затвердевшего клея вода пытается воспламениться, но есть со стороны полусферы

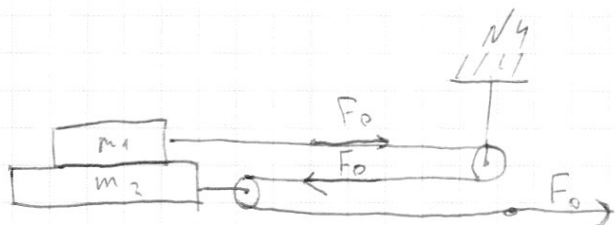
вода действует на конструкцию ^{вниз} с силой $F_1 = P_1 S =$
 $= 130 \cdot 10^3 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} \cdot 10 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 = 130 \text{ Н}$; Также на конструк-
 цию действует сила Архимеда вверх $F_A = \rho g V =$
 $= 10 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 = 50 \text{ Н}$;

Из этого делаем вывод, что вода действует на
конструкцию вниз с силой $F = F_1 - F_A = 130 \text{ Н} - 50 \text{ Н}$
 $= 80 \text{ Н}$;

Ответ: Вниз; $F = 80 \text{ Н}$;

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1)



Заметим, что при F_0 - 2 бруска скользят, т.к. ~~выполняется~~ ~~нет~~ ~~критической~~ ~~связи~~, тогда условие равенства сил трения 1 бруска нулю, выглядит следующим образом: $F_0 - \mu m_1 g = 0 \Rightarrow F_0 = \mu m_1 g = 3\mu mg$

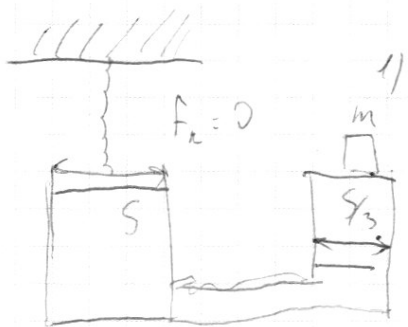
2) Аналогично первому случаю - 2 бруска всегда скользят, заметим условие движения 1 бруска влево:

$$F + \mu m_1 g - \mu m_2 g \geq 0$$

Тогда минимизируем F : $F = \mu(m_2 - m_1)g = 2\mu mg$

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



$$\cancel{pgh =}$$

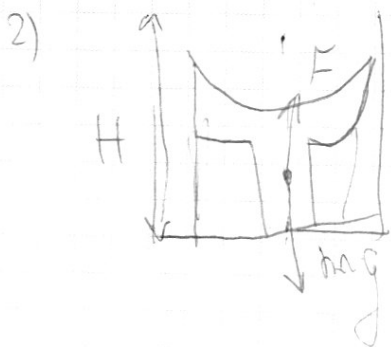
$$\frac{p_0 S - kx}{S} + pgh = \frac{p_0 \frac{S}{3}}{\frac{S}{3}}$$

$$p_0 - \frac{kx}{S} + pgh = p_0 \Rightarrow pgh = \frac{kx}{S} \Rightarrow h = \frac{kx}{\rho g S}$$

$$2) \quad \frac{p_0 S}{S} + pgh = \frac{p_0 \frac{S}{3} + mg}{\frac{S}{3}} = p_0 + \frac{3mg}{S}$$

$$pgh = \frac{3mg}{S} \Rightarrow m = \frac{\rho h S}{3g} = \frac{\frac{kx}{S}}{3} = \frac{kx}{3g}$$

$$1) \quad P_1 = P_0 + \rho g H = 100 \text{ кПа} + 10^4 \text{ Па} = 110 \text{ кПа}$$



$$F = mg +$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

√1

$$1) v = v_0 - gt = \frac{v_0}{2} \rightarrow t = \frac{v_0}{2g}$$

$$2) \frac{mv_0^2}{2} + mgh_0 = \frac{m\left(\frac{v_0}{2}\right)^2}{2} + mg(h+h_0) - 3CЭ, h_0 - \text{высота нач. урвн.}$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_0^2}{8} + mgh \rightarrow h = \frac{\frac{v_0^2}{2} - \frac{v_0^2}{8}}{g} = \frac{3v_0^2}{8g};$$

Ответ: 1) $t = \frac{v_0}{2g}$; 2) $h = \frac{3v_0^2}{8g}$;

$$t = 0.5 \text{ c}; \quad h = \frac{300 \frac{\text{m}^2}{\text{c}^2}}{20 \frac{\text{m}}{\text{c}^2}} = 3.75 \text{ m};$$

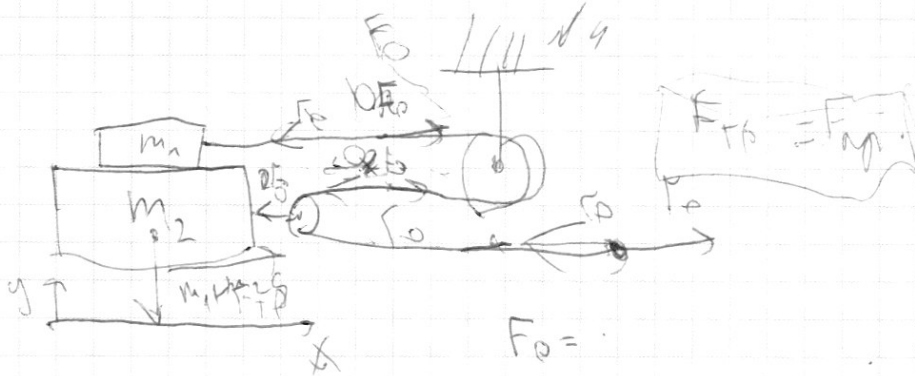
√3

$$g = \frac{F_G}{m} = \frac{GM}{(3R)^2} = \frac{G \frac{4}{3} \pi R^3 \rho}{9R^2} = \frac{4}{27} G \pi \rho R$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{g \cdot 2R}{g(2R)}} = 2\pi \sqrt{\frac{G(2R)^3}{GM}} = 2\pi \sqrt{\frac{8^2 R^3}{G \frac{4}{3} \pi \rho R^3}}$$

$$= 2\pi \sqrt{\frac{6}{\pi G \rho}} = \sqrt{\frac{24\pi}{G \rho}};$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$F_0 = \mu m_2 g = \mu 5mg = 5\mu mg;$$



$$F = \mu m_1 g = 3\mu mg$$

$\sqrt{5}$

$$2\rho g V = \rho g V \quad \rho g V_{\text{погр.}} = \rho_+ g V$$

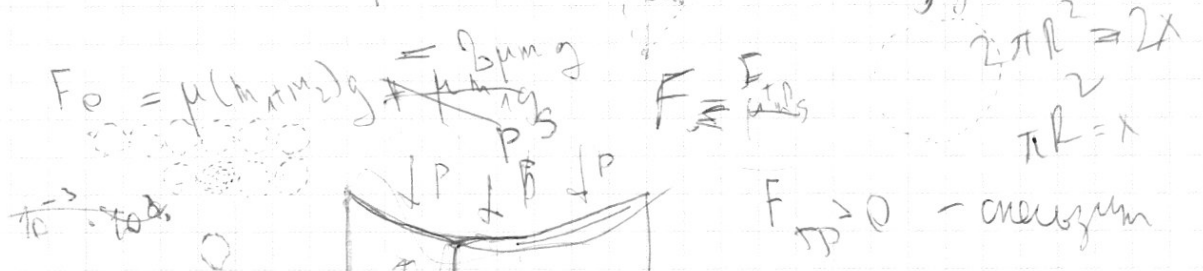
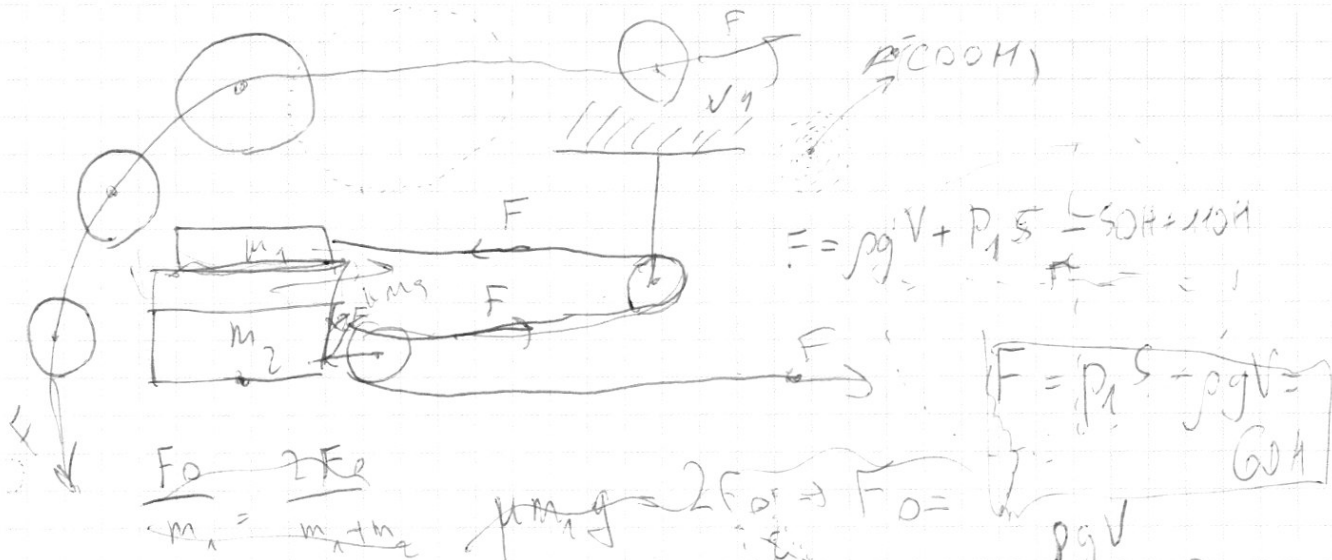
$$\rho g (V - S h) = \rho_+ g V \quad F = \rho g V + (\rho_+ + \rho g H) S$$

$$= 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 + 110 \cdot 10^3 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} \cdot 10 \cdot 10^{-8} \text{ м}^2$$

$$= 50 \text{ Н}$$



$$F = \sum_i F_i = F_{A \text{ погр.}}$$



$F = F_A + P_1 S$
 $= 50H + 110 \cdot 0.3 \cdot 10 \cdot 10^3 \cdot 4$
 $= 160H$

$N \cdot h = v_0 \cdot \frac{v_0^2}{2g} - \frac{1}{2} \cdot \frac{v_0^2}{4g^2} \cdot \frac{v_0^2}{2g} - \frac{v_0^2}{8g} = \frac{3v_0^2}{8g}$
 $h = R$

