

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 $V_0/2$?

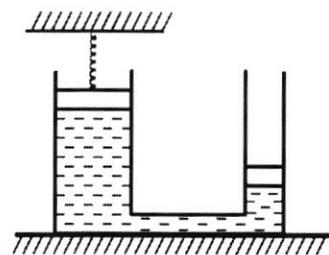
2) На какой высоте h , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине $V_0/2$?

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 $V = \frac{4}{3}\pi R^3$.

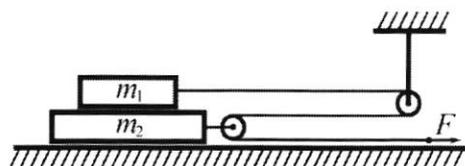
1) Найдите ускорение g свободного падения на расстоянии $3R$ от центра планеты.

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.



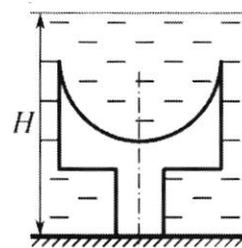
5. Ко дну бассейна глубиной $H=3$ м приклеена осесимметричная конструкция (см. рис.).

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.

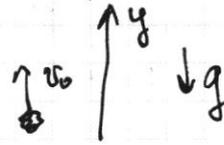
2) Найдите величину F силы (с указанием направления), с которой вода действует на конструкцию.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

~~V/V~~



ОУ: $v_y = v_0 - gt$

$v_y = \frac{v_0}{2}$ или $v_y = -\frac{v_0}{2}$ - так как в условии не сказано о на-

правлении

1) $v_y = \frac{v_0}{2} \Rightarrow \frac{v_0}{2} = v_0 - gt_1 \Rightarrow t_1 = \frac{v_0}{2g} = \frac{10 \text{ м/с}}{10 \text{ м/с}^2 \cdot 2} = 0,5 \text{ с}$

2) $v_y = -\frac{v_0}{2} \Rightarrow -\frac{v_0}{2} = v_0 - gt_2 \Rightarrow t_2 = \frac{3v_0}{2g} = \frac{3 \cdot 10 \text{ м/с}}{10 \text{ м/с}^2 \cdot 2} = 1,5 \text{ с}$

У нас есть 2 момента времени t_1 и t_2 , когда $|\vec{v}| = \frac{v_0}{2}$

Подставим эти значения в ур-е высоты:

ОУ: $h = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$

1) t_1 $h = v_0 t_1 - \frac{gt_1^2}{2} = 10 \text{ м/с} \cdot 0,5 \text{ с} - \frac{10 \text{ м/с}^2 \cdot (0,5 \text{ с})^2}{2} = 3,75 \text{ м}$

2) t_2 $h = v_0 t_2 - \frac{gt_2^2}{2} = 10 \text{ м/с} \cdot 1,5 \text{ с} - \frac{10 \text{ м/с}^2 \cdot (1,5 \text{ с})^2}{2} = 3,75 \text{ м}$

Ответ: $t_1 = 0,5 \text{ с}; t_2 = 1,5 \text{ с}; h = 3,75 \text{ м}$

N3

По закону всемирного тяготения

$$F_{\text{ТГ}} = G \frac{m_1 m_2}{r^2} = m_1 a$$

$$a = \frac{G m_2}{r^2}$$

В данной задаче

a - центростремительное

ускорение

1 пункт) $r = 3R$

$$g = \frac{F_{\text{ТГ}}}{m_2} = \frac{G m_2}{r^2} = \frac{G m_2}{9R^2} = \frac{G \cdot V \cdot \rho}{9R^2} = \frac{G \cdot \frac{4}{3} \pi R^3 \cdot \rho}{9R^2} =$$

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

2 пункт) $r = R + R = 2R$

$$a = \frac{G m_2}{r^2} = \frac{G \cdot \rho \cdot V}{4R^2} = \frac{G \cdot \rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3}{4R^2} = G \cdot \rho \cdot \frac{4}{3} \pi R$$

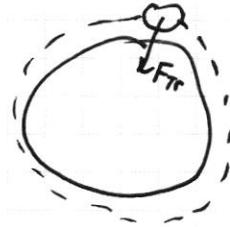
$$a_{\text{цс}} = \frac{v^2}{2R} \Rightarrow v = \sqrt{2a \cdot R} = R \sqrt{\frac{2}{3} G \cdot \rho \cdot \pi}$$

Длина окружности: $S = 4\pi R$

$$T = \frac{S}{v} = \frac{4\pi R}{R \sqrt{\frac{2}{3} G \cdot \rho \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{16\pi^2}{\frac{2}{3} G \cdot \rho \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{24 \cdot \pi}{G \cdot \rho}}$$

Ответ: $g = \frac{4G \cdot \rho \cdot R \cdot \pi}{27}$; $T = \sqrt{\frac{24 \cdot \pi}{G \cdot \rho}}$

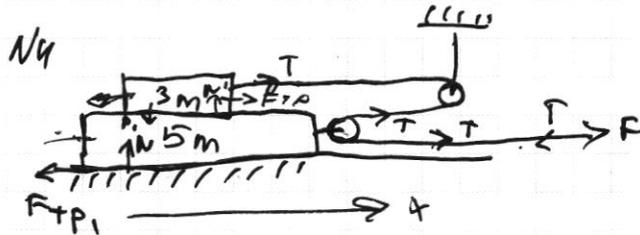
m_1 - масса спутника
 m_2 - масса планеты.



r - расстояние между центрами масс

ρ - масса ρ

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1 пункт) Так как нить невесомая и не растяжимая, а в блоках отсутствует трение, то во всей нити постоянная сила натяжения T

если считать равно 0 , то и нижний брусок скользит, значит $a_1 = a_2$

Запишем Σ второй закон Ньютона для 2 брусков на горизонтальную поверхность

верхний: $T = 3ma_1$

нижний $2T - 8\mu mg = 5ma_2$

$$F = T$$

По вертикали:

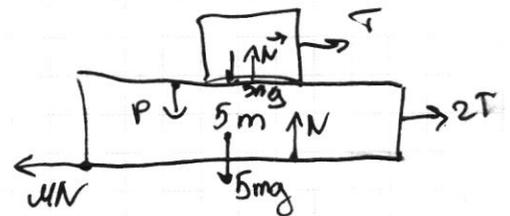
$$1: N' = 3mg$$

$$2: N' + 5mg = N \Rightarrow N = 3mg + 5mg$$

Выразим a_1 и a_2

$$a_1 = \frac{F_0}{3m}, \quad a_2 = \frac{2F_0 - 8\mu mg}{5m}$$

$$a_2 = a_1$$



$$\frac{F_0}{3m} = \frac{2F_0 - 8\mu mg}{5m}$$

$$5F_0 = 6F_0 - 24\mu mg$$

$$F_0 = 24\mu mg$$

2 пункт) если они не покоятся относительно друг друга, значит они движутся $\Rightarrow F + \mu N$

Тогда аналогично запишем законы Ньютона для

2-х тел

$$1: T + \mu N' = 3ma_1$$

$$2: 2T - \mu N' - \mu N = 5ma_2$$

$$3: F = T$$

$$4: 3mg = N'$$

$$5mg + N' = N \Rightarrow N = 8mg$$

Выразим a_1 и a_2

$$a_1 = \frac{F + 3\mu mg}{3m}$$

$$a_2 = \frac{2F - 11\mu mg}{5m}$$

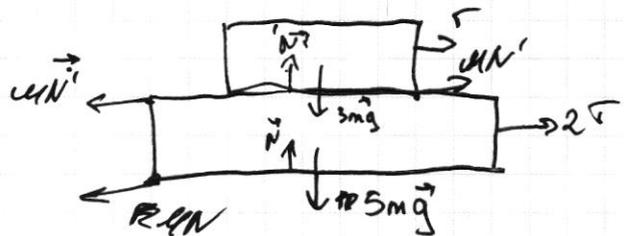
Нужно найти ситуацию при которой $a_2 > a_1$

$$\frac{2F - 11\mu mg}{5m} > \frac{F + 3\mu mg}{3m}$$

$$6F - 33\mu mg > 5F + 15\mu mg$$

$$F > 48\mu mg \quad F_{\min} = 48\mu mg$$

Ответ: ~~$F_0 = 24\mu mg$~~ $F_0 = 24\mu mg$; $F = 48\mu mg$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5

Рассмотрим такую же систему, но если бы конструкция не была бы приклеена ко дну

В таком случае P_0 — это столбик воды (т.к. в жидкости давление равно (на одной высоте))

А сила действующая на конструкцию была бы просто $F_{арх}$

$$F_{арх} = \rho g V$$

Теперь рассмотрим обычную ситуацию: конструкция приклеена, значит вода не действует на нижнюю грань, на которую действо было прежде, значит мы должны вывести вектор силы давления на нижнюю грань

$$F_{давл} = S \cdot P_1$$

Найдем давление P_1 оно складывается

из $\rho g h$ и P_0

$$P_1 = \rho g h + P_0 = 1000 \text{ кг/м}^3 \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 3 \text{ м} + 100000 \text{ Па} = 130000 \text{ Па}$$

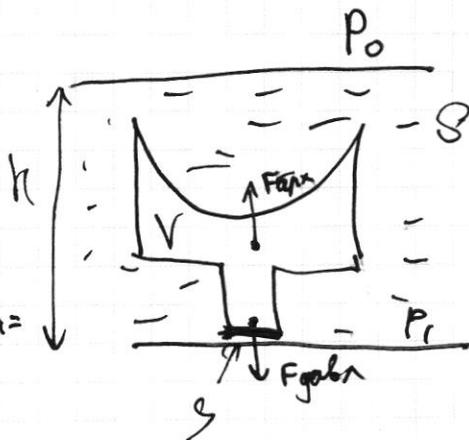
$$\text{Подставим в } F_{давл} = S(\rho g h + P_0)$$

Чтобы узнать в какую сторону действует вода подставим числа $F_{арх}$ и $F_{давл}$

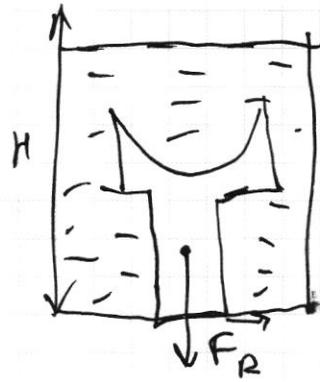
$$F_{арх} = 1000 \text{ кг/м}^3 \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 0,005 \text{ м}^3 = 50 \text{ Н}$$

$$F_{давл} = 0,001 \text{ м}^2 \cdot (1000 \text{ кг/м}^3 \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 3 \text{ м} + 100000 \text{ Па}) = 130 \text{ Н}$$

$F_{давл} > F_{арх}$ следовательно $\vec{F}_R = \vec{F}_{арх} - \vec{F}_{давл}$ направлена вниз



$$|\vec{F}_R| = |F_{\text{арх}} - F_{\text{грав}}| = |50 \text{ кН} - 130 \text{ кН}| = 80 \text{ кН}$$



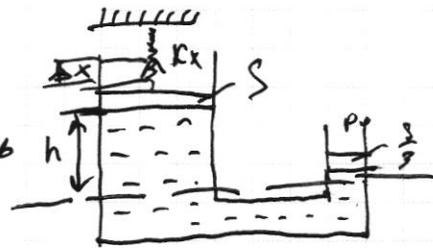
Краткая формула

$$F_R = S(\rho g h + P_0) - \rho g V$$

Ответ: ~~80 кН~~ $P_1 = 130000 \text{ Па}$; $F_R = 80 \text{ кН}$ - направлена вниз.

№2

1) Отметим закреповый уровень
высоты манометра.



Тогда на этом уровне давление должно быть одинаковым

слева \neq

$$P = \frac{P_0 \cdot S - Kx}{S} + \rho g h = P_0 - \frac{Kx}{S} + \rho g h$$

справа:

$$P = \frac{P_0 \cdot \frac{s}{3}}{\frac{s}{3}} = P_0$$

$$P_0 - \frac{Kx}{S} + \rho g h = P_0 \Rightarrow h = \frac{Kx}{\rho g S}$$

2) ~~Задание~~ ~~Возвращение кривой уровня как вращением~~
манометра.

~~Задание~~ ~~уровень~~ ~~показывает~~ ~~до~~
 $h_1 \cdot S = h_2 \cdot S + h_2 \cdot \frac{s}{3}$ $h_1 = h_2 + \frac{h_2 \cdot s}{3S}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

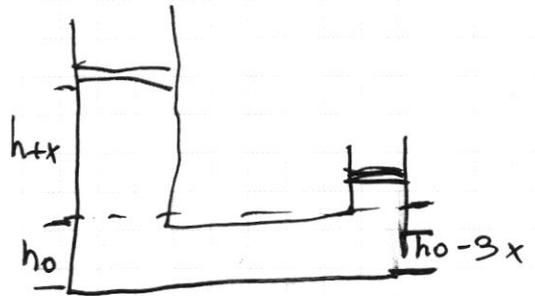
Чтобы ~~была~~ ^{увеличилась} была переставшая уровень воды справа должен
увеличиться в 3 раза, ~~если~~ a из-за того, что $S_2 = \frac{S}{3}$, то
из-за этого масса объема воды $\Delta x_2 = -3x$

Запишем давление на одной стороне
слева:

$$P = (h_0 + h + x) \rho g + \frac{P_0 \cdot S}{S}$$

Справа:

$$P = (h_0 - 3x) \rho g + \frac{P_0 \cdot \frac{S}{3} + mg}{\frac{S}{3}}$$



$$(h_0 + h + x) \rho g + P_0 = P_0 + \frac{3mg}{S} + (h_0 - 3x) \rho g$$

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

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

€

Ответ: ~~h~~ $h = \frac{\rho h S}{\rho g S}$; $m = \frac{4x \rho S + \frac{\rho h S}{g}}{3}$

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

$$\frac{\rho_{\varepsilon}}{\rho_{\delta \gamma \lambda + \chi \mu}} = \omega$$

$$\rho_{\omega \varepsilon} = \rho_{\delta \gamma \lambda + \chi \mu}$$

$$\frac{\rho}{\rho_{\omega \varepsilon}} = \rho_{\delta \gamma \lambda} + \frac{\rho}{\chi \mu}$$

$$\frac{\rho_{\delta \gamma \lambda}}{\chi \mu}$$

$$\frac{\rho}{\rho_{\omega \varepsilon}} + \rho_{\delta \gamma \lambda} = \rho_{\delta \gamma \lambda} (\chi + \mu)$$

$$\frac{\rho_{\delta \gamma \lambda}}{\chi \mu} = \eta$$

$$\frac{\rho_{\delta \gamma \lambda}}{\chi \mu} - \frac{\rho}{\rho_{\omega \varepsilon}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$48 \mu\text{m} + 3 \mu\text{m}$$

$$8 \mu\text{m}$$

$$17 \mu\text{m}$$

$$\frac{100 - 25}{20} =$$

$$\begin{aligned} \mathcal{F} &= 3 \text{mA} \\ \boxed{F &= 3 \text{mA}} \end{aligned}$$

$$96 - 11 \mu\text{m}$$

$$85$$

$$\frac{F}{27} - 8 \mu\text{m} = 5 \text{mA}$$

$$5F = 6F - 24 \mu\text{m}$$

$$\frac{G \rho \frac{4}{3} \pi R^3}{9R^2} = \frac{4\pi}{27} G \rho R$$

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

$$0,005 \cdot 1000 \cdot 10$$

$$50 \text{H}$$

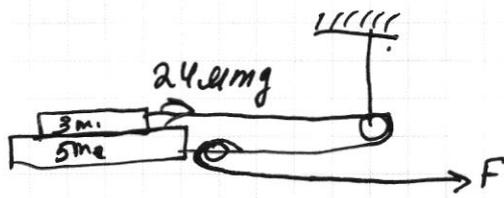
$$130000$$

$$a_y = \omega^2 \cdot 2R$$

$$\sqrt{\frac{6 \cdot 4\pi^2}{63 R}}$$

$$\omega^2 = \frac{63\pi}{6}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{63\pi}{6}}$$

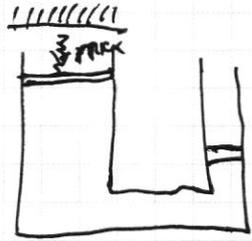


$$8 \mu g$$

$$48 \mu mg - 8 \mu mg$$

$$8 \mu g$$

N5



$$\rho g h$$

$$S = 1 \text{ cm}^2$$

$$V \cdot \rho \cdot g$$

$$S \rho g H + P_0 S - V \rho g$$

$$P_1 = \rho g H + P_0$$

$$(\rho g H + P_0) S$$

~~Rx~~
Rx

$$\rho g (h_0 + x) = \frac{3m}{S} - \rho g x$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$g = \frac{G m_2}{r^2} = \frac{G \rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3}{9R^2} = G \cdot \rho$$

$$a_y = \omega^2 2R$$

$$\omega = \sqrt{\frac{a_y}{2R}} = \sqrt{G \cdot \rho \cdot \frac{4}{3} \pi}$$

$$a_y = \frac{G m_2}{r^2} = \frac{G \rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3}{4R^2} = \frac{G \rho \pi R}{3}$$

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

$$\frac{2\pi}{\omega} = \frac{2R}{v}$$

$$\frac{2\pi}{\omega} = \sqrt{\frac{6 \cdot 4\pi^2}{G \rho \pi}} = \sqrt{\frac{24\pi}{G \rho}}$$

$$\frac{4\pi R}{R \sqrt{\frac{2}{3} G \rho \pi}} = \sqrt{\frac{16\pi^2}{\frac{2}{3} G \rho \pi}}$$