

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

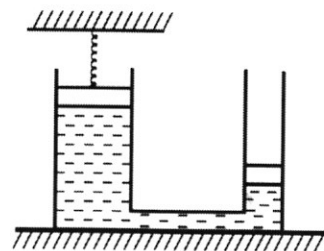
Вариант 09-01

Шифр

(заполняется секретарём)

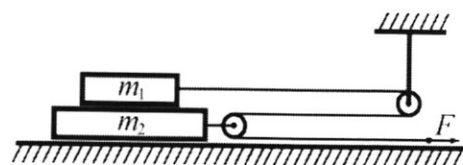
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 12$ м/с.
- 1) Через какое время t после старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
 - 2) На какой высоте h , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
- Ускорение свободного падения $g = 10$ 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 .

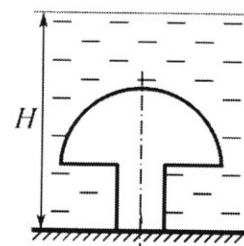


- 1) Найдите деформацию x пружины.
 - 2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты $h = 0,5R$, здесь R – радиус планеты. Плотность планеты ρ . Гравитационная постоянная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

Дано: $v_0 = 12 \text{ м/с}$ $v_x = \frac{v_0}{3} = \frac{12}{3} = 4 \text{ м/с}$

t - время в м. $\frac{v_0}{3} = v_x$

h - высота в м. $\frac{v_0^2}{3} = v_x^2$

$g = 10 \text{ м/с}^2$ $v_1 = 0$

$$v = v_0 + at$$

$$v_0 t + \frac{at^2}{2} = h$$

Решение:

Построим график v от t :

найдем

время в верхней точке,

когда тело остановится

$$t_1 = \frac{v - v_1}{a} = \frac{v_0 - v_1}{g} = \frac{12 - 0}{10} =$$

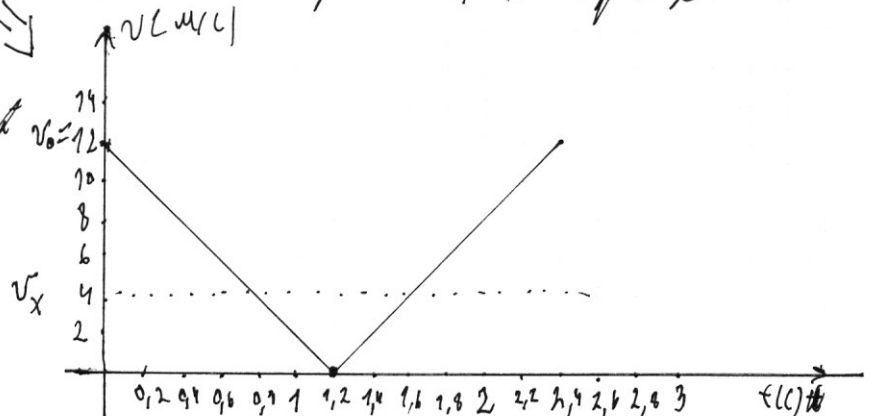
$$= 1,2 \text{ с}$$

Отметим на эту точку.

Оценим ~~на эту точку~~, что время полета тела вверх t_1 равно времени полета тела от верхней точки до земли t_2 или $t_1 = t_2 \Rightarrow$ тело упадет в момент времени $2t_1 = 1,2 \cdot 2 = 2,4 \text{ с}$ отметим эту точку.

Скорость линейно зависит от времени, ~~в графике~~ \Rightarrow ~~линейная~~ ~~линия~~.

~~будет представлять собой~~ ~~линейную зависимость~~



№1

из графика видно, что ^{камень} ~~шар~~ имеет скорость $\frac{v_0}{3} = v_x$
 в 2 точки: $t_2 = 0,8$ и $t_3 = 1,6$

~~из графика видно, что камень будет иметь на высоте h и при~~
~~высоте h~~

из графика легко заметить, что камень будет иметь
 ту же скорость $\frac{v_0}{3}$ на ~~той~~ высоте h и при ~~подъеме~~ и при ~~спуске~~
 спуске. (т.к. площади под графиком равны)

~~высота h~~ высота h равна площади под графиком.

$t_0 = 0$ до $t_2 = 0,8$

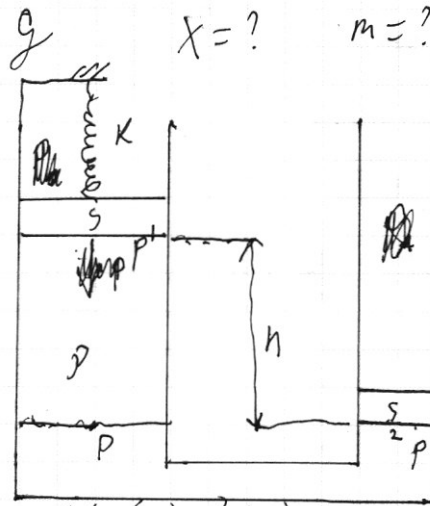
$$h = \frac{v_0 + \frac{v_0}{3}}{2} \cdot (t_2 - t_0) = \frac{12 + 4}{2} \cdot (0,8 - 0) = 8 \cdot 0,8 = 6,4 \text{ м}$$

Ответ: $h = 6,4 \text{ м}$ $t_2 = 0,8 \text{ с}$ $t_3 = 1,6 \text{ с}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N2

Дано: ρ k h S $\frac{S}{2}$



~~Решение~~
~~давление~~

1)

Пусть на уровне
маленького поршня
сила давления
широкоты $= p$

тогда на большой

поршень действует ~~та~~ сила $= F$

пусть давление на уровне

~~тогда на большой поршень действует сила $F = p \cdot S$~~

$$F = p' \cdot S = \rho g h \cdot S$$

$$F = k \cdot x$$

$$k \cdot x = \rho g h \cdot S$$

$$x = \frac{\rho g h S}{k}$$

2) Если пружина недеформирована, то ~~на~~ большой поршень
поднимет на x

пусть ~~на~~ на уровне маленького поршня давление p_1

следует, ~~что~~ ~~давление~~ ~~на~~ ~~большом~~ ~~поршне~~ ~~равно~~ ~~давлению~~ ~~на~~ ~~маленьком~~ ~~поршне~~, т.е. ~~не~~ ~~изменяется~~
Несжимаемая, то

меркантиль ^{N2} нести малята



Очевидно, что, если баллон погрузить на
глубину x , то на столько же выдвинется на $x \cdot \frac{\rho}{\rho_0} = 2x$



полная погруженная высота $H = h + 2x$



$$P_1 = \rho g H$$

$$P_1 = \frac{mg}{S}$$

$$\rho g H = \frac{mg}{S}$$

$$\rho H = \frac{m}{S}$$

$$m = \rho S H = \rho S \cdot (h + 2x) = \rho S \cdot \left(h + \frac{\rho g h S}{K} \right) =$$

$$= \rho S h + \frac{\rho^2 g h S^2}{K} = \rho S h \left(1 + \frac{\rho g S}{K} \right)$$

Ответ: $x = \frac{\rho g h S}{K}$ $m = \rho S h \left(1 + \frac{\rho g S}{K} \right) = \rho S h + \frac{\rho^2 g h S^2}{K} =$
 $= \rho S \left(h + \frac{\rho g h S}{K} \right)$

№3

Дано: $h = 0,5R$ ρ G

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

$F = \frac{G m_1 m_2}{r^2}$

$g_{\text{вн}} = ?$

$T = ?$

m' - масса спутника.

ω - угловая скорость спутника.

1) найдем массу планеты M

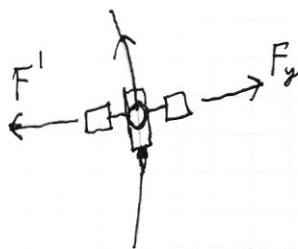
$M = V \cdot \rho = \frac{4}{3} \pi R^3 \cdot \rho$

~~$g_{\text{вн}}$~~ $mg_{\text{вн}} = \frac{G \cdot m \cdot M}{(2R)^2}$

$g_{\text{вн}} = \frac{G M \cdot m}{4R^2 \cdot m} = \frac{G \cdot M}{4R^2} = \frac{G \cdot \frac{4}{3} \pi R^3 \cdot \rho}{4R^2} = \frac{1}{3} G \pi \cdot R \cdot \rho$

$g_{\text{вн}} = \frac{G \pi R \cdot \rho}{3}$

2)



на спутник действует: гравитация F' и ~~центробежная~~ F_y а - центростремительное ускорение.

$F' = F_y$

~~F'~~ $F' = \frac{G M \cdot m'}{(0,5R + R)^2} = \frac{G M \cdot m'}{2,25 R^2} = \frac{G \cdot m' \cdot \frac{4}{3} \pi R^3 \rho}{2,25 R^2} = \frac{G m' \cdot 4 \cdot \pi \cdot R \rho}{3 \cdot 2,25} =$

$= \frac{4 G m' \pi R \rho}{6,75}$

$F_y = \omega^2 R \cdot m' = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \cdot R m' = \frac{4\pi^2 \cdot R m'}{T^2}$

$\frac{4 G m' \pi R \rho}{6,75} = \frac{4\pi^2 \cdot R m'}{T^2}$

$27 \pi^2 R \rho = 4 G \cdot \pi \cdot R \cdot T^2 \rho$

$T^2 = \frac{27 \pi}{4 G \rho} \sqrt{\frac{3 \pi}{6 \cdot \rho}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 3

$$T = \sqrt{\frac{27\pi}{\rho \cdot 6 \cdot 4}} = 1,5 \sqrt{\frac{3\pi}{\rho \cdot 6}}$$

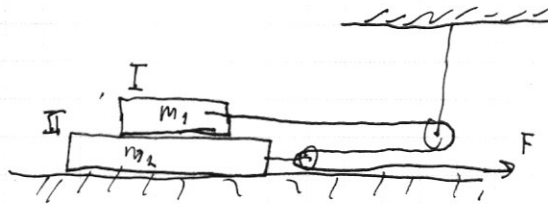
Ответ: $g = \frac{6 \cdot \pi \cdot R \cdot \rho}{3}$

$$T = \sqrt{\frac{27\pi}{\rho \cdot 6 \cdot 4}} = 1,5 \sqrt{\frac{3\pi}{\rho \cdot 6}}$$

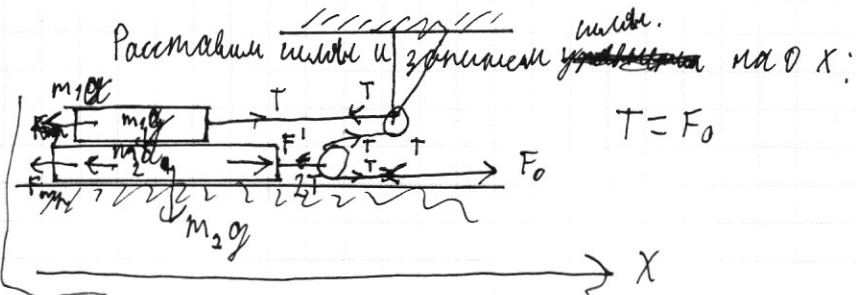
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

14

Дано: $m_1 = 2 \text{ кг}$ $m_2 = 3 \text{ кг}$ μ ; $F_0 = ?$; $F = ?$



1) Если сила трения, ~~то~~ ~~гравитационная~~ ~~на верхний брусок~~ равна 0, ~~то~~ ~~значит~~, что ~~лишь~~ ~~компланетная~~ ~~линия~~ ~~и~~ ~~T~~ ~~продолжителем~~ ~~имеет~~ ~~только~~ ~~та~~ и бруски ~~неподвижны~~ относительно друг-друга.



на Ox для I тела: ~~$T - m_1 a = 0$~~ $T - m_1 a = 0$

$T = m_1 a = 2 m a$

на Ox для II тела: ~~$2T - m_2 a - \mu F_{тр} = 0$~~ $2T - m_2 a - \mu F_{тр} = 0$

$2T - m_2 a - \mu \cdot (m_1 + m_2) g = 0$

$2T = m_2 a + \mu \cdot 5 m g =$

$= 3 m a + 5 \mu m g$

$2 \cdot 2 m a = 3 m a + 5 \mu m g$

$m a = 5 \mu m g$

$a = 5 \mu g$

\Downarrow

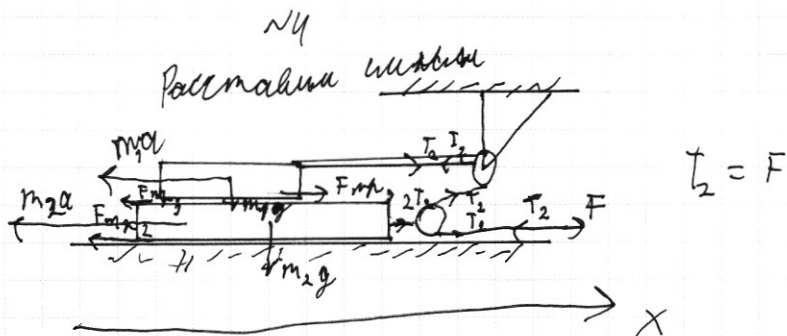
$T = 2 m a = 10 \mu m g$

$T = F_0$

\Downarrow

$F_0 = 10 \mu m g$

2)



$$\text{на } OX \text{ для I бруска: } T_2 - m_1 a - F_{\text{тр}3} = 0$$

$$T_2 = m_1 a + F_{\text{тр}3}$$

$$T_2 = 2m a + \mu \cdot 2m g$$

$$T_2 = 2m a + 2\mu m g$$

$$\text{на } OX \text{ для II бруска: } 2T_2 - F_{\text{тр}2} - F_{\text{тр}3} - m_2 a = 0$$

$$2T_2 = F_{\text{тр}2} + F_{\text{тр}3} + m_2 a$$

$$2T_2 = \mu(m_1 + m_2)g + \mu m_1 g + m_2 a$$

$$2T_2 = 5\mu m g + 2\mu m g + 3m a$$

$$2T_2 = 7\mu m g + 3m a$$

$$2 \cdot 2m a + 2 \cdot 2\mu m g = 7\mu m g + 3m a$$

$$4m a + 4\mu m g = 7\mu m g + 3m a$$

$$m a = 3\mu m g$$

$$a = 3\mu g$$

$$T_2 = 2m a + 2\mu m g = 6\mu m g + 2\mu m g = 8\mu m g$$

$$T_2 = F_0$$

$$F = 8\mu m g$$

Ответ: 1) $F_0 = 10\mu m g$ 2) $F = 8\mu m g$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 5

Дано: $H = 2,5 \text{ м}$

$V = 8 \text{ дм}^3 = 8000 \text{ см}^3 = 8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$

$S = 20 \text{ см}^2 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$ $\rho = 12 / \text{см}^3 = 1000 \text{ кг/м}^3$

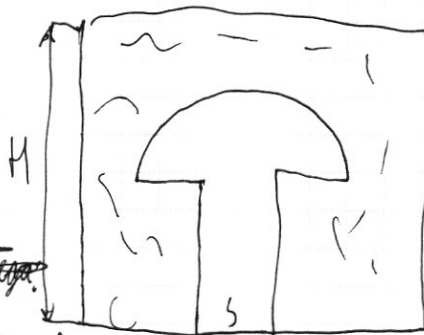
$P_0 = 100 \text{ кПа} = 10^5 \text{ Па}$

$g = 10 \text{ м/с}^2$ $P_1 = ?$ $F = ?$

1) ~~Найти~~ найти P_p

$$P_p = P_0 + P_1 = P_0 + \rho g H = 10^5 + 1000 \cdot 10 \cdot 2,5 = 10^5 + 2,5 \cdot 10^4 = 125000 = 1,25 \cdot 10^5 \text{ Па} = 125 \text{ кПа.}$$

2) для того, чтобы ~~найти~~ найти силу действия воды нужно ~~рассчитать~~ ^{посчитать} ~~как рассчитывали сила Архимеда~~ ~~определить~~ ~~какая параметр~~ ~~чего~~ зависит сила Архимеда: $F_A = \rho \cdot g \cdot V_n$.



если внимательно посмотреть на формулу силы Архимеда, то можно заметить, что в ней не говорится с какой стороны, значит это не имеет значения.

Сила Архимеда складывается из сил давления жидкости на каждый участок поверхности тела.

Из этого не трудно понять, что если тело полностью погрузить, то сила действия воды $F =$ сила Архимеда ~~иначе~~ ~~то~~ ~~сила~~ F , которая должна была действовать на ~~тело~~ ~~тело~~.

^{N5}
~~прилипания~~ ко дну поверхности. но из-за того, что вода не
поднимает эту часть или Архимедова не действует на
тело.



$$F = F_a - F' = \rho g V - \rho g H \cdot S = \rho g (V - H \cdot S) = 1000 \cdot 10 (8 \cdot 10^{-3} - 2,5 \cdot 2 \cdot 10^{-3}) - 2,5 \cdot 2 \cdot 10^{-3}) = 10^4 \cdot (8 \cdot 10^{-3} - 5 \cdot 10^{-3}) = 10^4 \cdot 10^{-3} \cdot (8 - 5) = 10 \cdot (8 - 5) = 10 \cdot 3 = 30 \text{ Н.}$$

в данной среде сила Архимеда ^{F_{ар}} больше чем F', значит,
сила F действует вверх.

Если бы ответ был отрицательным, то это
означало, ~~то~~ что F' > F_{ар} и сила F действовала
бы вниз.

Ответ: 125 кПа = 1,25 · 10⁵ Па ; F = 30 Н и действует он вверх.