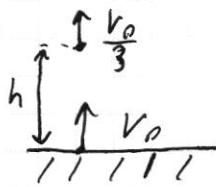


ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача № 1



Найдём время t , когда скорость по величине будет равна $v_0/3$.

1) Скорость направлена вверх:

$$v_0 - g t_1 = \frac{v_0}{3} \quad \frac{v_0 \cdot 2}{3} = g t_1 \quad t_1 = \frac{v_0 \cdot 2}{g \cdot 3} = \frac{12 \cdot 2}{10 \cdot 3} = 0,8 \text{ с}$$

2) Скорость направлена вниз:

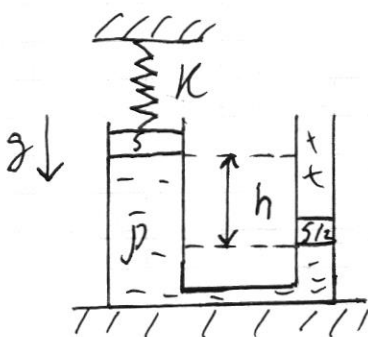
$$v_0 - g t_2 = -\frac{v_0}{3} \quad \frac{v_0 \cdot 4}{3} = g t_2 \quad t_2 = \frac{v_0 \cdot 4}{g \cdot 3} = \frac{12 \cdot 4}{10 \cdot 3} = 1,6 \text{ с}$$

Найдём высоту, на которой находится камень.

$$1) h = v_0 \cdot t_1 - \frac{g t_1^2}{2} = 12 \cdot 0,8 - \frac{10 \cdot 0,8^2}{2} = 0,8(12 - 5 \cdot 0,8) = 0,8 \cdot 8 = 6,4 \text{ м}$$

$$2) h = v_0 \cdot t_2 - \frac{g t_2^2}{2} = 12 \cdot 1,6 - \frac{10 \cdot 1,6^2}{2} = 1,6(12 - 10 \cdot 0,8) = 1,6 \cdot 4 = 6,4 \text{ м}$$

Ответ: Скорость камня будет равна по величине $v_0/3$, через $t_1 = 0,8 \text{ с}$ и $t_2 = 1,6 \text{ с}$ после старта, на высоте $h = 6,4 \text{ м}$.



Задача № 2

Предположим, что пружина растянута на x , если это не так, то x будет отрицательным. ~~Но это не совсем корректно, так как давление не может не существовать, т.к. оно ~~я~~ оказывает воздействие на обе~~

першня. Запишем уравнение равновесия системы: Обозначим за P_0 атмосферное давление:

$$P_0 - F_{\text{упр}} \cdot S + \rho \cdot g h = P_0$$

$$\rho g h = \frac{F_{\text{упр}}}{S} \quad \rho g h = \frac{kx}{S}$$

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

Найдем несобственную массу m . Запишем новое уравнение состояния, учитывая, что сила упругости равна нулю.

$$P_0 + \rho g h = P_0 + \frac{m g}{2}$$

$$\rho g h = \frac{m g}{2} \quad m = \frac{\rho g h \cdot S}{2 g} = \frac{\rho h S}{2}$$

Ответ: $x = \frac{\rho g h S}{k}$ $m = \frac{\rho h \cdot S}{2}$

Задача №3



Известный факт, что массивную сферу (какой является планета) можно считать точкой с той же массой;

от этого в системе ничего не меняется. Найдем массу планеты:

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

Вспомогательная вторым законом Ньютона, определим g :

$$g \cdot m = F_{\text{гравит}}$$

$$g \cdot m = G \frac{m \cdot M}{4 R^2}$$

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Ньютоном уравную скорость спутника:

$$\omega^2(R+h) = a_{цг} \quad a_{цг} = G \frac{M}{(R+h)^2}$$

$$\omega^2 = \frac{G \cdot M}{(R+h)^3} \quad \omega = \sqrt{\frac{G \cdot M}{(R+h)^3}}$$

Ньютоном через обращение спутника:

~~$$T = \frac{2\pi R}{\omega} = \frac{2\pi R}{\sqrt{\frac{G \cdot M}{(R+h)^3}}} = \frac{2\pi R \cdot (R+h)^{3/2}}{\sqrt{G \cdot M}} = \frac{2\pi (R+h) \cdot \sqrt{R+h}}{\sqrt{G \cdot M}}$$

$$= \frac{2\pi (R + 0,5R) \cdot \sqrt{R + 0,5R}}{\sqrt{G \cdot \rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3}} = \frac{3\pi R \cdot \sqrt{1,5R}}{\sqrt{G \cdot \rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3}} = \frac{3\pi R \cdot \sqrt{1,5R}}{2R \sqrt{\frac{G \cdot \rho \cdot \pi \cdot R}{3}}}$$

$$= \frac{3\pi \sqrt{1,5}}{2 \sqrt{G \cdot \rho \cdot \pi}} = \frac{1,5 \sqrt{1,5} \cdot 3}{\sqrt{G \cdot \rho}} = 1,5 \cdot \sqrt{\frac{\pi \cdot 6,5}{G \cdot \rho}}$$~~

$$T = \frac{2\pi R}{\omega} = \frac{2\pi R}{\sqrt{\frac{G \cdot M}{(R+h)^3}}} = \frac{2\pi R \cdot \sqrt{(R+h)^3}}{\sqrt{G \cdot M}} = \frac{2\pi (R+h) \sqrt{R+h}}{\sqrt{G \cdot M}}$$

$$= \frac{2\pi \cdot 1,5R \cdot \sqrt{1,5R}}{\sqrt{G \cdot M}} = \frac{3\pi R \cdot \sqrt{1,5R}}{\sqrt{G \cdot M}}$$

$$\frac{3\pi R \cdot \sqrt{1,5R}}{\sqrt{G \cdot \rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3}} = \frac{3\pi R \cdot \sqrt{1,5R}}{2 \cdot R \sqrt{\frac{G \cdot \rho \cdot \pi \cdot R}{3}}} = \frac{3\pi \cdot \sqrt{1,5}}{2 \cdot \sqrt{\frac{G \cdot \rho \cdot \pi}{2 \cdot 1,5}}} = \frac{3\pi \cdot 1,5 \cdot \sqrt{2}}{2 \sqrt{G \cdot \rho \cdot \pi}}$$

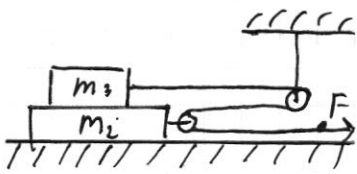
$$= \frac{3,25 \cdot \sqrt{2} \cdot \pi}{\sqrt{G \cdot \rho \cdot \pi}} = \frac{3,25 \sqrt{2\pi}}{\sqrt{G \cdot \rho}} = 3,25 \sqrt{\frac{2\pi}{G \cdot \rho}}$$

Ответ: $g = G \frac{M}{4R^2}$ или же $g = \frac{G \cdot \rho \cdot \pi \cdot R}{3}$, $T = \frac{3\pi R \cdot \sqrt{1,5R}}{\sqrt{G \cdot M}}$

или же $T = 3,25 \sqrt{\frac{270}{G \cdot J}}$

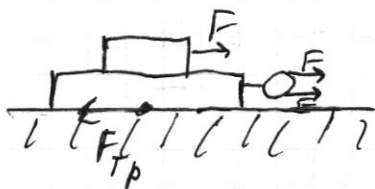
Задача №4

1) Что бы сила трения между верхним и нижним брусками была равна нулю, верхний относительно нижнего не должен



сдвигаться, а это значит в любой момент времени их скорости равны. Что бы в любой момент времени скорости были равны, ускорения брусков тоже должны быть равны.

Составим уравнение:



$$a_1 = a_2 \quad \frac{F_0}{m_2} = \frac{2F_0 - F_{тр}}{m_2}$$

$$\frac{F_0}{2m} = \frac{2F_0 - (m_1 + m_2) \cdot g \cdot \mu}{m_2} \quad \frac{F_0}{2m} = \frac{2F_0 - 5m g \mu}{3m}$$

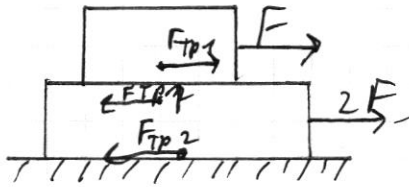
Выразим силу F_0 :

$$\frac{F_0}{2m} = \frac{2F_0 - 5m g \mu}{3m} \quad 3F_0 = 4F_0 - 10m g \mu \quad F_0 = 10m g \mu$$

2) Что бы нижний верхний брусок двигался влево относительно нижнего его скорость должна быть всегда меньше, чем у нижнего, а значит и ускорение верхнего должно быть меньше, чем ускорение нижнего.

Детально рассмотрим силы действующие на бруски:

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Т.к. верхний брусок относительно
нижнего движется влево,
то сила $F_{тр1}$ для него будет
направлена вправо, а для
нижнего влево. Зная это составим нера-
венство:

$$a_1 < a_2 \quad \frac{F + F_{тр1}}{m_1} < \frac{2F - F_{тр1} - F_{тр2}}{m_2}$$

$$\frac{F + m_1 \mu g}{m_1} < \frac{2F - m_1 \mu g - (m_1 + m_2) \mu g}{m_2}$$

$$\frac{F + 2m \mu g}{2m} < \frac{2F - 2m \mu g - 5m \mu g}{3m}$$

$$\frac{F + 2m \mu g}{2m} < \frac{2F - 7m \mu g}{3m}$$

$$3F + 6m \mu g < 4F - 14m \mu g$$

$F > 8m \mu g$ Таким образом минимальная
сила F , которую надо приложить ребра $8m \mu g$

Ответ: $F_0 = 20m \mu g$ $F = 8m \mu g$.

Задача №5

Для момента переведём все величины в систему

СИ: $\rho = 12 / \text{см}^3 = 1000 \text{ кг/м}^3$

$\rho_0 = 100 \text{ кПа} = 10^5 \text{ Па}$ $V = 8 \text{ см}^3 = 8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ $S = 20 \text{ см}^2 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$

1) Найти в P_2 величину газа.

$$P_2 = P_0 + \rho \cdot g \cdot h = 10^5 + 10^3 \cdot 10 \cdot 2,5 = (10 + 2,5) \cdot 10^4 = 12,5 \cdot 10^4 \text{ Па} \\ = 125 \text{ кПа}$$

2) Т.к. конструкция трубки не груз, и пленка затвердела, то вода не возмущает ее конструкцию, а значит не действует на конструкцию со стороны газа. Всплывающая грань, того, что сила архимеда, ни что иное, как сумма сил вытесняемой воды. Следовательно мы можем с легкостью найти силу, которая вода действует на конструкцию, просто вычтем те силы, которые были бы были суммированы, но в данной ситуации их нет (это сила вытесняемая на поверхность сферической или с гранью). Условно сила архимеда направлена вверх, если ^{значит} результирующая сила ~~направлена вниз, но и знак будет~~ отрицательно, то значит результирующая сила направлена вниз.

$$F = F_{\text{арх}} - P_2 \cdot S = V \rho g - P_2 \cdot S = 8 \cdot 10^{-3} \cdot 10^3 \cdot 10 - 125 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \\ = 80 - 250 = -170 \text{ Н}$$

Ответ: $P_2 = 125 \text{ кПа}$; $F = 170 \text{ Н}$ и направлена вниз.

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

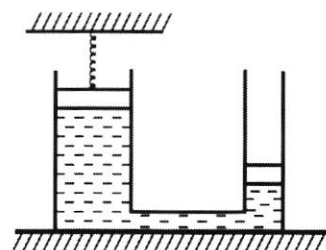
Вариант 09-01

Шифр

(заполняется секретарём)

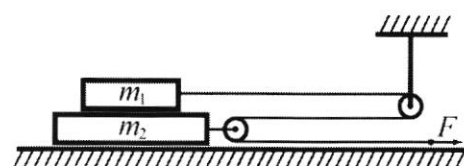
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 12$ м/с.
- 1) Через какое время t после старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
 - 2) На какой высоте h , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
- Ускорение свободного падения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



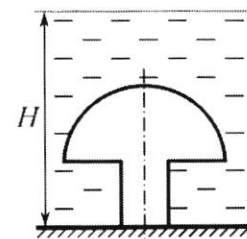
- 1) Найдите деформацию x пружины.
 - 2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты $h = 0,5R$, здесь R – радиус планеты. Плотность планеты ρ . Гравитационная постоянная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

$$\frac{F - 2mg_{\mu}}{2g} > \frac{2F - \cancel{5mg_{\mu}} + 2mg_{\mu}}{3g}$$

$$3F - 6mg_{\mu} > 4F - 6mg_{\mu}$$

$$3F > 4F - \text{н.н.о.}$$

$$V_0 = gt = \frac{V_0 \cdot 2}{3}$$

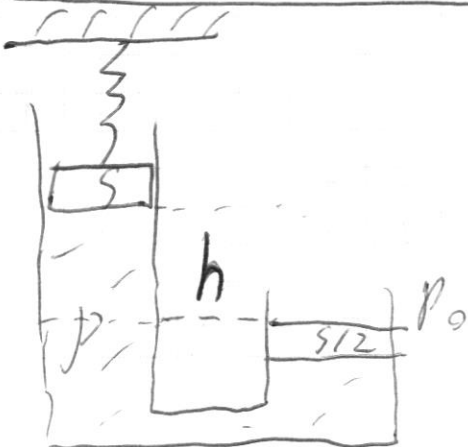
$$gt = \frac{V_0 \cdot 2}{3}$$

$$t = \frac{V_0 \cdot 2}{3g} = \frac{\cancel{12} \cdot 2}{\cancel{3} \cdot 20} = 0,8 \text{ c}$$

$$h = V_0 \cdot t - \frac{gt^2}{2} = 12 \cdot 0,8 - \frac{20 \cdot 0,8^2}{2} =$$

$$= 0,8 (12 - 5 \cdot 0,8) = 0,8 (12 - 4) = 0,8 \cdot 8 = 6,4$$

$$h = 6,4 \text{ c}$$



$$36 \quad 40 - 14 = 26$$

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

$$g = G \frac{M}{4R^2}$$

$$a = G \frac{M}{4.25R^2}$$

$$\omega^2 R = G \frac{M}{1.5^2 \cdot R^2}$$

$$\omega^2 R = G \frac{M}{1.5^2 \cdot R^3}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{G \cdot M}{1.5^2 \cdot R^3}}$$

$$T = 2\pi \cdot R \cdot \frac{1}{\omega} = \frac{2\pi R}{\omega}$$

$$\omega^2 = \frac{1}{1.5 \cdot R} \cdot \sqrt{\frac{GM}{R}}$$

$$\omega^2 R = a$$

$$S = 3\pi R \frac{v^2}{1.5R} = a$$

$$T = \frac{S}{v^2}$$

$$\frac{v^2}{1.5R} = G \frac{M}{4.25R^2}$$

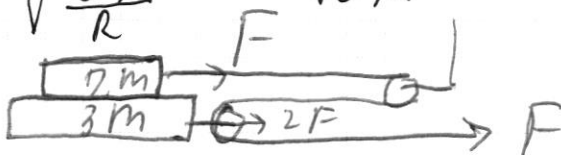
$$T = \frac{3\pi R}{\sqrt{G \frac{M}{1.5R}}} = \frac{3\pi R \cdot \sqrt{1.5R}}{\sqrt{GM}} = G \frac{M}{1.5R}$$

$$v = \sqrt{G \frac{M}{1.5R}}$$

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

$$\omega R = v$$

$$T = \frac{2\pi \cdot 1.5 \cdot R}{\sqrt{G \frac{M}{R}}} = \frac{3\pi R \cdot \sqrt{R}}{\sqrt{GM}}$$



$$\frac{F}{2} = \frac{2F - 5 \text{ m} \cdot g \mu}{3}$$

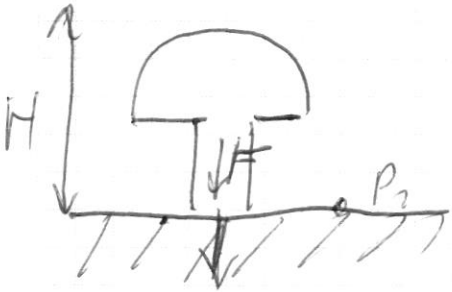
$$\frac{F}{2} = \frac{2F - 5 \text{ m} \cdot g \mu}{3}$$

$$3F = 4F - 10 \text{ m} \cdot g \mu$$

$$\begin{aligned} & \frac{F - 2 \text{ m} \cdot g \mu}{2} < \frac{2F - 5 \text{ m} \cdot g \mu - 2 \text{ m} \cdot g \mu}{3} \\ & \frac{F - 2 \text{ m} \cdot g \mu}{2} < \frac{2F - 7 \text{ m} \cdot g \mu}{3} \\ & 3F - 6 \text{ m} \cdot g \mu < 4F - 14 \text{ m} \cdot g \mu \\ & 10 \text{ m} \cdot g \mu < F \end{aligned}$$

$$F = 10 \text{ m} \cdot g \mu$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

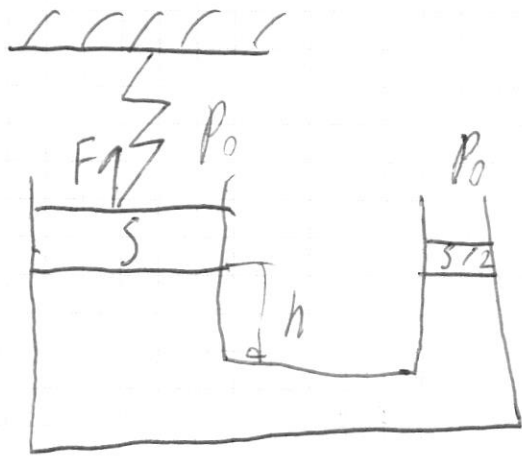


$$P_1 = P_0 + \rho \cdot g \cdot H$$

$$F = \rho \cdot V \cdot g - P_1 \cdot S = \rho \cdot V \cdot g - (P_0 + \rho \cdot g \cdot H) \cdot S =$$

$$= \rho \cdot g (V - H \cdot S) - P_0 S = 1 \cdot 10^4 (8 \cdot 10^{-3} -$$

$$\cdot 8 \text{ м}^3 = 8 \cdot 10^3 \cdot \text{см}$$



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

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

$$\frac{4 \cdot 4}{10} = \frac{8}{5}$$

$$P_0 + \rho \cdot g \cdot h = P_0$$

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

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

$$\rho \cdot g \cdot h = \frac{4}{5} \cdot \frac{m \cdot g \cdot 2}{5}$$

$$\frac{\rho \cdot g \cdot h \cdot S}{g \cdot 2} = m \quad \left(\frac{\rho \cdot h \cdot S}{2} = m \right)$$

