

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

Вариант 09-03

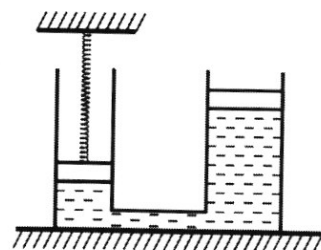
Шифр

(заполняется секретарём)

1. С высокой башни экспериментатор бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 10$ м/с. После достижения максимальной высоты камень пролетает рядом с экспериментатором и падает вниз на землю.

- 1) Через какое время t после броска величина скорости камня будет равна $2V_0$?
- 2) Найдите путь S , пройденный камнем от момента броска до момента достижения камнем скорости $2V_0$. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

2. На горизонтальной поверхности расположены два цилиндрических сообщающихся сосуда (см. рис.), в которые 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 $1,5S$. Трение поршней о стенки сосудов пренебрежимо мало. Ускорение свободного падения g .

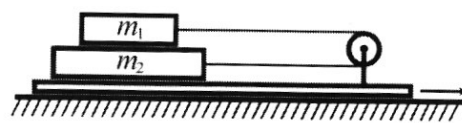


- 1) Найдите деформацию x пружины.
- 2) На правый поршень положили груз массой m . Найдите массу M груза, который следует положить на левый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.

3. У двух планет Альфа-1 и Альфа-2 одинаковые радиусы R , а плотности планет равны, соответственно, $\rho_1 = \rho$ и $\rho_2 = 2\rho$. Гравитационная постоянная G . Объём шара $V = \frac{4}{3}\pi R^3$.

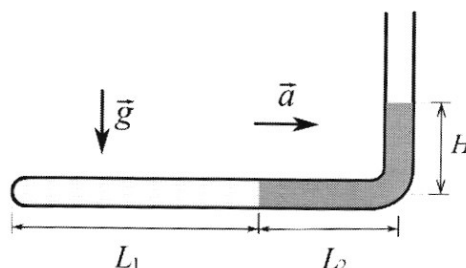
- 1) Найдите ускорение g свободного падения на расстоянии $4R$ от центра планеты Альфа-1.
- 2) Найдите отношение T_2/T_1 периодов обращения спутников, которые движутся по круговым орбитам вокруг данных планет. Высоты орбит спутников равны, соответственно $h_1 = 0,5R$ и $h_2 = 1,5R$.

4. На горизонтальном столе находится доска, на которой укреплен неподвижный блок, а также бруски, соединённые нитью. Массы брусков $m_1 = m$, $m_2 = 2m$. Коэффициент трения скольжения верхнего бруска по нижнему равен μ , трение между доской и нижним бруском отсутствует. Доску приводят в движение с постоянным ускорением, направленным вправо. Массой нити и блока, а также трением в оси блока можно пренебречь.



- 1) Найдите максимальное ускорение a_0 доски, при котором бруски не будут проскальзывать относительно друг друга.
- 2) Найдите силу T натяжения нити, если доска движется с ускорением $a > a_0$.

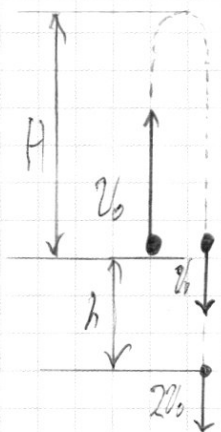
5. Тонкая изогнутая трубка состоит из горизонтального участка, запаянного с одного конца, и вертикального участка, открытого в атмосферу. Трубка заполнена двумя несмешивающимися жидкостями: плотности ρ_1 в горизонтальном участке, и плотности ρ_2 в горизонтальном и вертикальном участках (см. рис.). Трубка движется с ускорением $a = g/8$, направленным горизонтально. Геометрические размеры указаны на рисунке, $H = L$, $L_1 = 3L$, $L_2 = 2L$. Атмосферное давление P_0 .



- 1) Найдите давление P_1 в жидкости в месте изгиба трубки.
- 2) Найдите давление P_2 в жидкости у запаянного конца трубки.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1



$$v_0 = 10 \text{ м.}$$

t_1 - время полёта

t_2 - время достижения скорости $2v_0$ после начала падения.

h - *

H - высота, на которую поднялся камень

$$H = v_0 \cdot t_1 - \frac{g t_1^2}{2} = 10 t_1 - \frac{10}{2} t_1^2 \quad 5 t_1^2 - 10 t_1 + H = 0$$

$$H = \frac{v^2 - v_0^2}{2g} = \frac{0 - 10^2}{2 \cdot (-10)} = \frac{100}{20} = 5 \text{ м.}$$

$$2v_0 = 0 + g t_2 = 20 = 10 t_2$$

$$t_2 = 2 \text{ с.}$$

$$5 t_1^2 - 10 t_1 + 5 = 0$$

$$t_1^2 - 2 t_1 + 1 = 0$$

$$(t_1 - 1)^2 = 0$$

$$(t_1 - 1)^2 = 0$$

$$t_1 = 1 \text{ с.}$$

$(t_1 + t_2)$ - время, достигая камня скорости $2v_0$ (какое)

$$t_1 + t_2 = 1 + 2 = 3 \text{ с.}$$

S - путь, пройденный камнем до достижения скорости $2v_0$.

$$S = 2H + h \quad H = 5 \text{ м.} \quad h = \frac{(2v_0)^2 - v_0^2}{2g} = \frac{3 \cdot 10^2}{2 \cdot 10} = 15 \text{ м.}$$

$$S = 2 \cdot 5 + 15 = 25 \text{ м.}$$

Ответ: 1) 3 с. 2) 25 м.

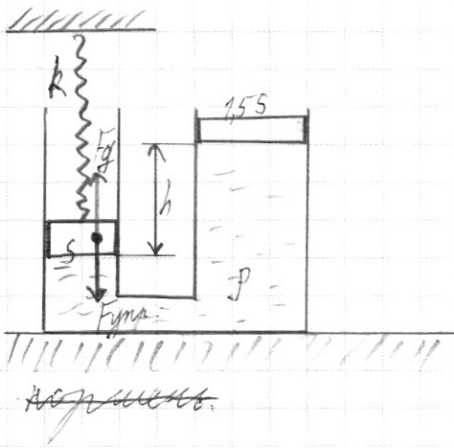
* h - разница между высотой, с которой был брошен камень и высотой, на которой он достиг скорости $2v_0$.



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



№ 2

P_1 - давление ~~воздуха~~ ^{жидкости} на левой поверхности

$$P_1 = \rho \cdot g \cdot h$$

F_g - сила давления ~~воздуха~~ ^{жидкости} на левой поверхности.

$$F_g = P_1 \cdot S$$

$F_{упр.}$ - сила упругости пружины.

$F_{упр.} = k \cdot x$ x - деформация пружины, k - её жесткость.

$$F_{упр.} = F_g$$

$$k \cdot x = P_1 \cdot S$$

$$x = \frac{P_1 \cdot S}{k} = \frac{\rho \cdot g \cdot h \cdot S}{k}$$

На правой поверхности толстая пробка массой m , а на левой - пробка массы M ($M = ?$). Деформация пружины (x) стала равной 0.

$$F_{упр.} = k \cdot x = k \cdot 0 = 0$$

П.к. пружина не деформирована - ~~жидкости~~ ^{жидкости} - ~~воздуха~~ ^{жидкости} ~~на~~ ^{на} ~~левой~~ ^{левой} части поднимется на x .

П.к. объем ~~жидкости~~ ^{жидкости} не меняется:

$$x \cdot S = \Delta h \cdot 1.5S \quad \Delta h = \frac{x}{1.5} = \frac{2 \rho g h S}{3k}$$

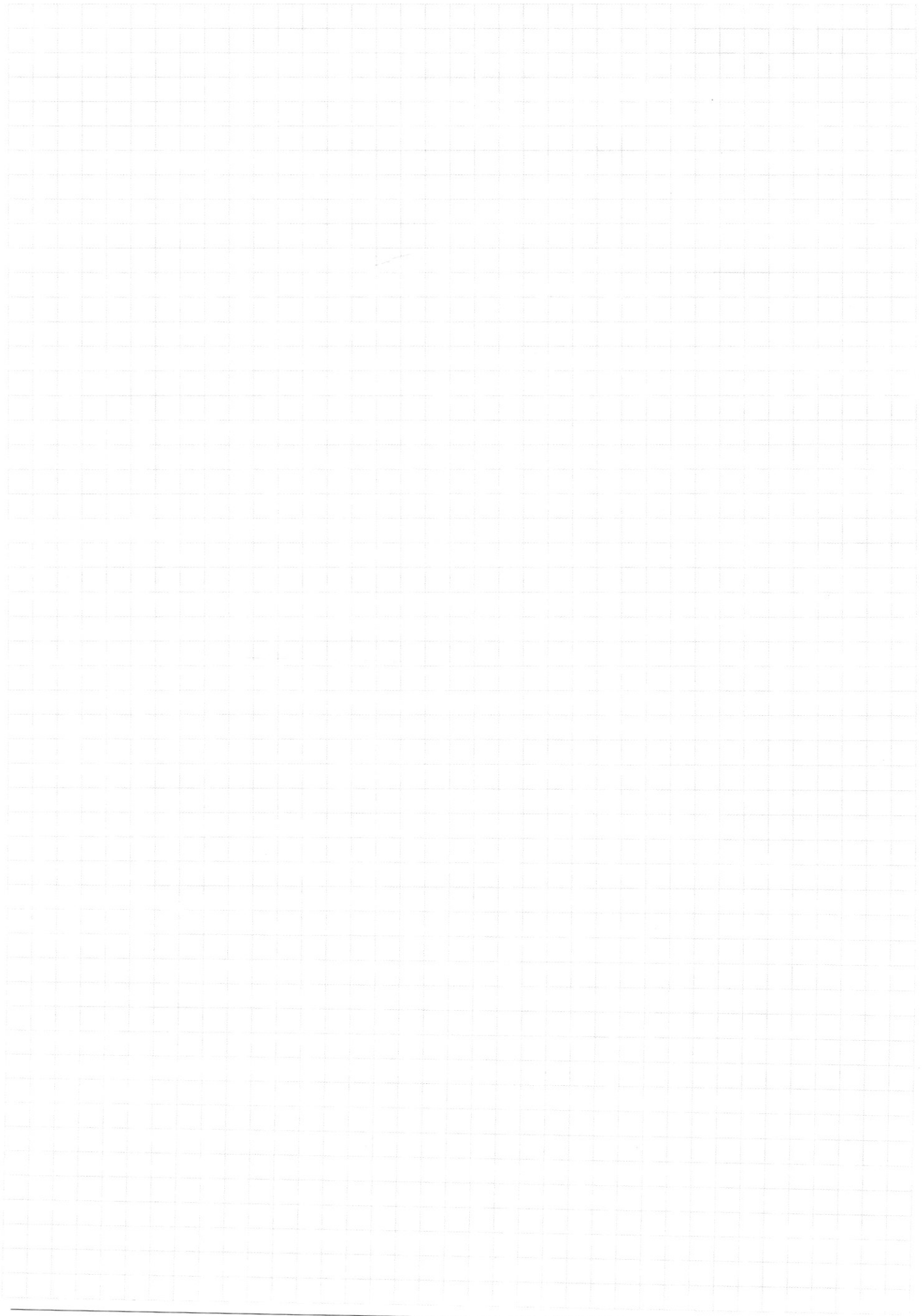
H - новая разность уровней ~~жидкости~~ ^{жидкости}. $H = h - x - \Delta h$

$$\frac{Mg}{S} = \rho \cdot g \cdot H + \frac{mg}{1.5S}$$

$$Mg = \rho g H S + \frac{2}{3} mg = \frac{2}{3} m + \rho \cdot S \cdot \left(h - \frac{\rho g h S}{k} - \frac{2 \rho g h S}{3k} \right)$$

Ответ: $1) x = \frac{\rho g h S}{k}$ $2) M = \frac{2}{3} m + \rho \cdot S \cdot h \cdot \left(1 - \frac{5 \rho g S}{3k} \right)$

* Δh - изменение уровня жидкости в правой части сосуда.



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3

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

$$1) M_1 = V_1 \cdot \rho_1 = \frac{4}{3} \pi R^3 \cdot \rho \quad g = G \cdot \left(\frac{4}{3} \pi R^3 \cdot \rho \right) \cdot \frac{1}{(4R)^2} = \frac{G \cdot 4 \cdot \pi R^3 \cdot \rho}{3 \cdot 4 \cdot R^2 \cdot 4} = \frac{G \cdot \rho \cdot \pi R}{12}$$

$$2) V - \text{скорости спутника.} \quad M_2 = V \cdot \rho_2 = \frac{4}{3} \pi R^3 \cdot 2\rho = \frac{8}{3} \pi R^3 \cdot \rho = 2M_1$$

$$\frac{v^2}{r} = g \quad g_1 = \frac{4G\pi R^3 \cdot \rho}{3(h_1 + R)^2} = \frac{4G\pi R^3 \cdot \rho}{3 \cdot 2,25 R^2} = \frac{v_1^2}{R + h_1} = \frac{v_1^2}{1,5R}$$

$$M_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot \pi \cdot R \cdot 4G\pi R^3 \cdot \rho}{3 \cdot 1,5^2}} = \sqrt{\frac{8G\pi R^3 \rho}{3 \cdot 2,25}} = \frac{2R}{3} \sqrt{2G\pi \rho}$$

$$T_1 = \frac{2\pi \cdot (R + h_1)}{v_1} = \frac{3\pi R \cdot 3}{2R \sqrt{2G\pi \rho}} = \frac{9\pi}{2\sqrt{2G\pi \rho}}$$

$$g_2 = \frac{8G\pi R^3 \rho}{3(h_2 + R)^2} = \frac{8G\pi R^3 \rho}{3 \cdot 2,25 R^2} = \frac{v_2^2}{2,5R}$$

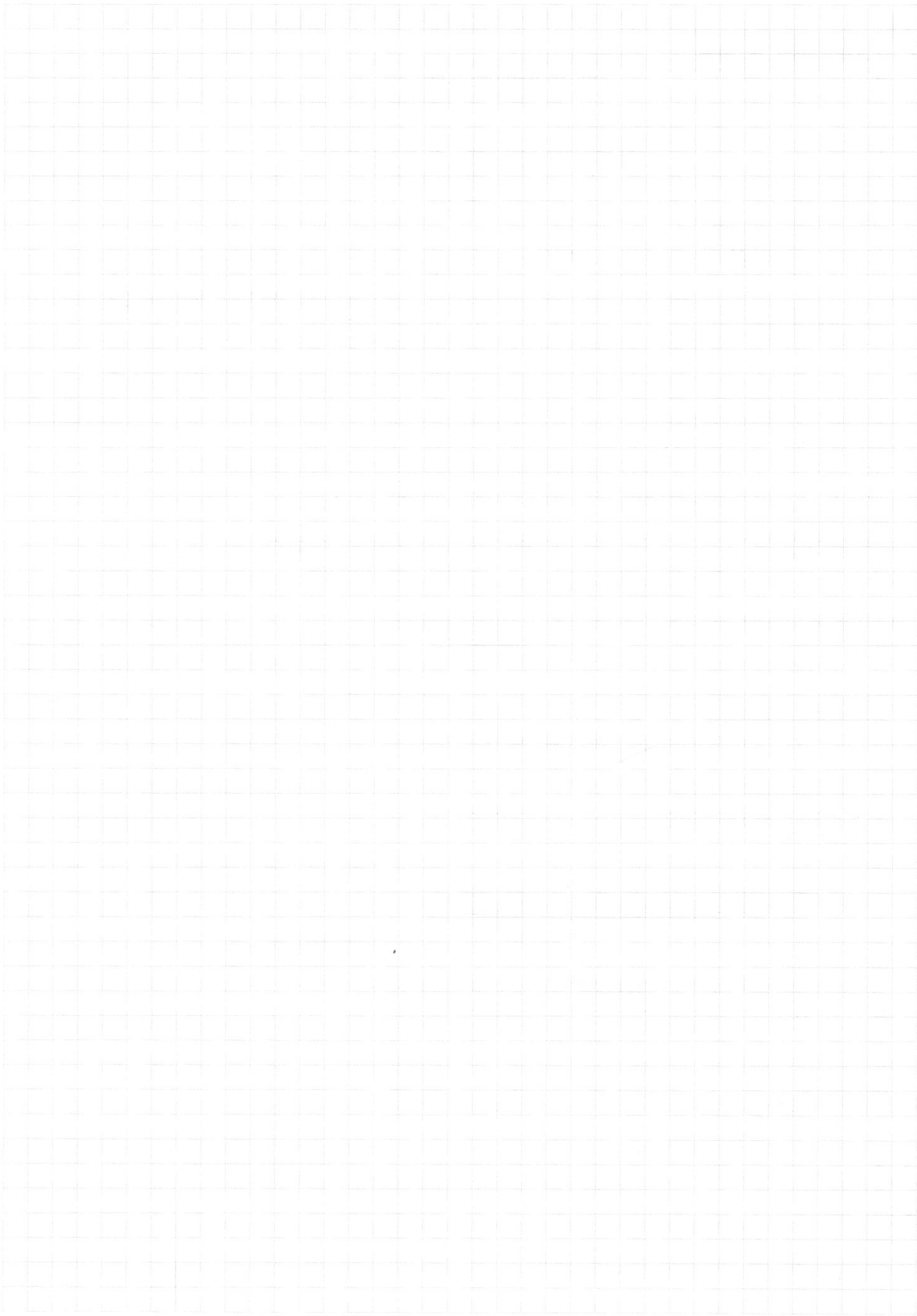
$$v_2^2 = \sqrt{\frac{2,5R \cdot 8G\pi R^3 \rho}{3 \cdot 2,25^2}} = 4R \sqrt{\frac{G\pi \rho}{15}}$$

$$T_2 = \frac{2\pi \cdot 2,5R}{v_2} = \frac{5\pi R}{4R \sqrt{\frac{G\pi \rho}{15}}} = \frac{5\pi \sqrt{15}}{4\sqrt{G\pi \rho}}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{5\pi \sqrt{15} \cdot 2\sqrt{2} \cdot \sqrt{G\pi \rho}}{4\sqrt{G\pi \rho} \cdot 9\pi} = \frac{10\sqrt{30}}{36} = \frac{5\sqrt{30}}{18}$$

$$\text{Ответ: } 1) g = \frac{G\rho\pi R}{12}; \quad 2) \frac{T_2}{T_1} = \frac{5\sqrt{30}}{18}$$

- * r - обозначение радиуса для общих формул.
- * v_1 и v_2 - скорости спутников вокруг планет Альфа-1 и Альфа-2 соответственно.



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

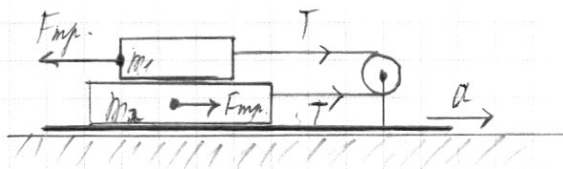
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N 4

a - ускорение доски

T - сила натяжения нити

$F_{\text{тр}}$ - сила трения между брусками



$$m_1 = m \quad m_2 = 2m$$

$$F_{\text{тр}} = \mu \cdot m \cdot g$$

1) $a = a_0$ ($a_0 = ?$)

$$\begin{cases} m a_0 = T - \mu m g & (1) \\ 2m a_0 = T + \mu m g & (2) \end{cases}$$

$$(1) - (2) = 0$$

$$m a_0 = 2 \mu m g$$

$$a_0 = 2 \mu g$$

2) $a > a_0 \Rightarrow a > 2\mu g$

a_1 - уск. верхнего бруска отн. доски

a_2 - уск. нижнего бруска отн. доски

$$\begin{cases} m a_1 = T - \mu m g \\ 2m a_2 = T + \mu m g \end{cases} \quad \begin{aligned} m(a_1 + 2a_2) &= 2T \\ T &= \frac{m(a_1 + 2a_2)}{2} \end{aligned}$$

Поскольку бруски соединены нитью через блок, ~~то~~ перемещение одного

бруска численно равно и противоположно направлению перемещению другого бруска, а поэтому ускорения направлены противоположно, делаем вывод, что: $a_1 = -a_2$

$$\begin{cases} m a_1 = T - \mu m g \\ 2m a_2 = T + \mu m g \end{cases} \quad \begin{cases} m(a + a_1) = T - \mu m g = m(a - a_2) \\ 2m(a + a_2) = T + \mu m g \end{cases}$$

$$m a - m a_2 + 2m a + 2m a_2 = 2T \quad T = m \frac{3a + a_2}{2}$$

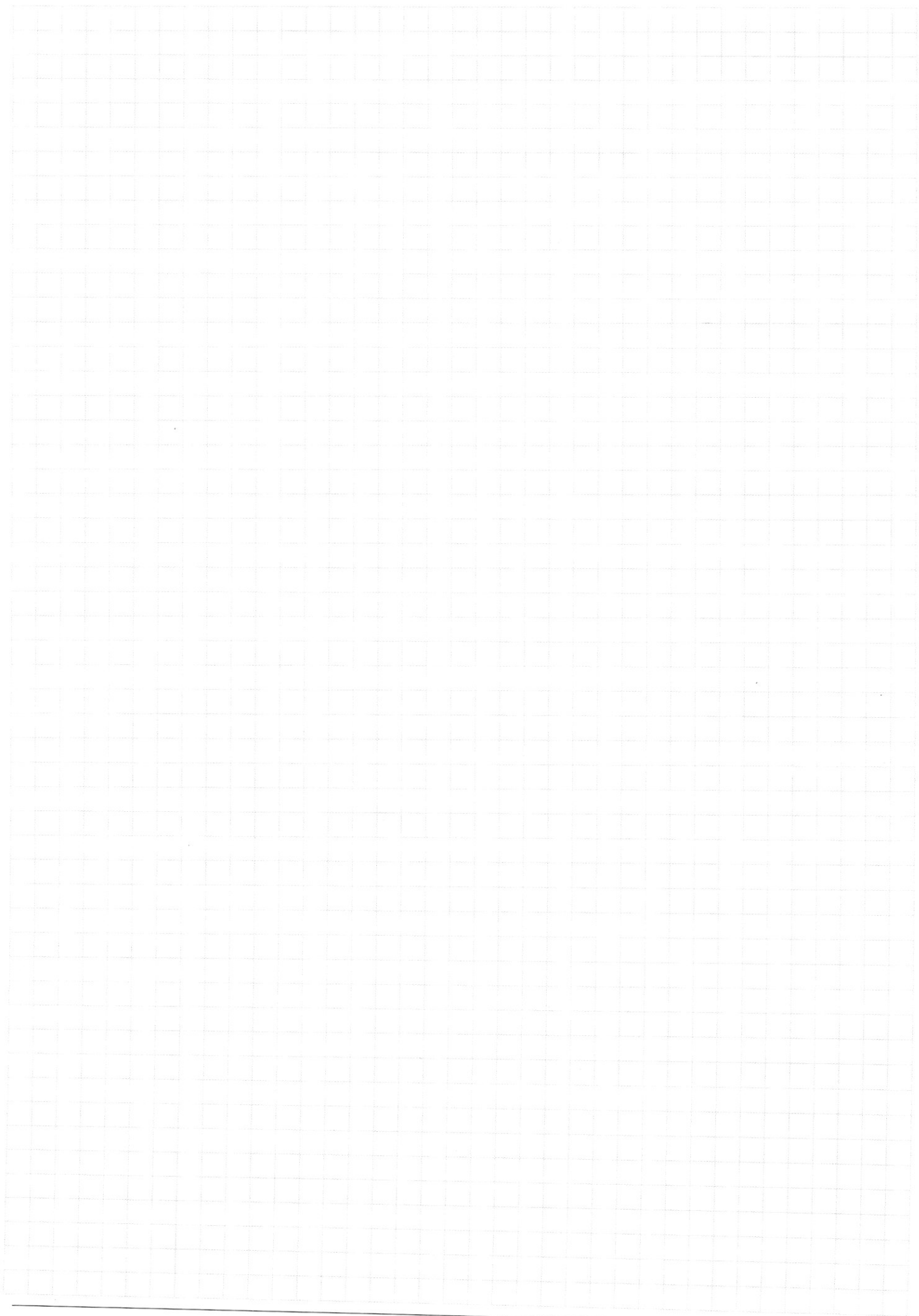
$$2m a + 2m a_2 - m a + m a_2 = 2 \mu m g$$

$$m a + 3m a_2 = 2 \mu m g$$

$$a_2 = \frac{2 \mu m g - m a}{3m} = 1,5(mg - a)$$

$$T = m \frac{3a + 1,5(mg - a)}{2} = \frac{1,5a + 1,5 \mu m g}{2}$$

Ответ: 1) $a_0 = 2\mu g$; 2) $T = 0,75m(a + \mu g)$

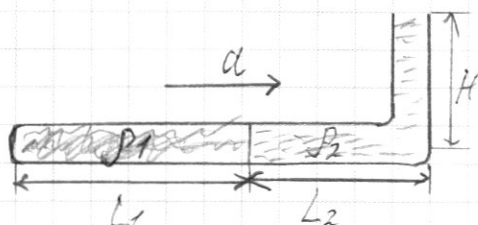


черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5



$$H=L \quad L_1=3L \quad L_2=2L \quad a=\frac{g}{8}$$

$$1) P_1 = \rho_2 g L + P_0 = \rho_2 g L + P_0$$

2) В системе отсёкла трубки, жидкость имеет ускорение a , которое компенсируется давлением P_2'
 m - масса обеих жидкостей в горизонтальной части трубки.
 S - площадь сечения трубки

$$m = \rho_1 \cdot 3L \cdot S + \rho_2 \cdot 2L \cdot S \quad m a = P_2' \cdot S$$

$$P_2' = \frac{m a}{S} = a (3L \cdot \rho_1 + 2L \cdot \rho_2) = a L (3\rho_1 + 2\rho_2)$$

~~Ответ: 1) $P_1 = \rho_2 g L$; 2) $P_2 = a L (3\rho_1 + 2\rho_2)$~~

P_2' - та часть давления P_2 , которая компенсирует ускорение.

$$P_2 = P_1 + P_2' = \rho_2 g L + P_0 + a L (3\rho_1 + 2\rho_2)$$

Ответ: 1) $P_1 = \rho_2 g L + P_0$; 2) $P_2 = \rho_2 g L + P_0 + a L (3\rho_1 + 2\rho_2)$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)