

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

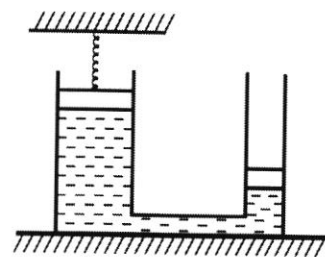
Вариант 09-01

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 .

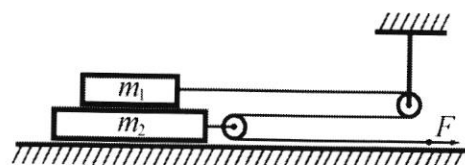


- 1) Найдите деформацию x пружины.
- 2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.

- † 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.

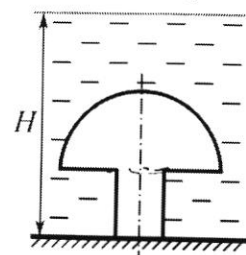
- † 4. На горизонтальном столе находятся бруски, соединённые нитью с системой блоков (см. рис.). Массы брусков $m_1 = 2m$, $m_2 = 3m$. Коэффициент трения скольжения нижнего бруска по столу и верхнего бруска по нижнему равен μ . Массы нити и блоков, а также трение в осях блоков пренебрежимо малы.



- 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:
 $g = 10 \text{ м/с}^2$
 $V_0 = 12 \text{ м/с}$

$t = ?$
 $h = ?$



Решение.

1) из условия сказано, что скорость по величине $= V_0/3$, т.е. по модулю; тогда это происходит в 2 момента времени: 1) проекция V_x - положительна; проекция V_y отриц.

2) Ур-ние проекции скорости $V = V_0 + at$ уточним для t_{n1} .

$$\frac{V_0}{3} = V_0 - gt_{n1} \Rightarrow t_{n1} = \frac{V_0 - \frac{V_0}{3}}{g} = \frac{2V_0}{3g} \quad (1)$$

уточним для t_{n2} .

$$-\frac{V_0}{3} = V_0 - gt_{n2} \Rightarrow t_{n2} = \frac{4V_0}{3g} \quad (2)$$

3) Подставим числовые значения в (1) и (2)

$$t_{n1} = \frac{2 \cdot 12}{3 \cdot 10} = 0,8 \text{ с}$$

$$t_{n2} = \frac{4 \cdot 12}{3 \cdot 10} = \frac{16}{10} = 1,6 \text{ с}$$

4) т.к. траектория полета симметрична, то t_{n1} и t_{n2} камень находится на 1^{ой} высоте.

ур-ние координат

$$y = y_0 + V_{y0}t + \frac{a_y t^2}{2} \quad \text{Уточним для } t_{n1}$$

$$h = V_0 t_{n1} - \frac{g t_{n1}^2}{2} \quad \text{с уч. (1)} \quad h = \frac{2V_0^2}{3g} - \frac{g \cdot 4V_0^2}{2 \cdot 9g^2} = \frac{2V_0^2}{3g} - \frac{2V_0^2}{9g} = \frac{4V_0^2}{9g} \quad (3)$$

5) Подставляя числовые знач. в (3)

$$h = \frac{4 \cdot 12^2}{9 \cdot 10} = \frac{4 \cdot 16}{10} = 6,4 \text{ м}$$

Ответ: $t = 0,8 \text{ с}; 1,6 \text{ с}$. $h = 6,4 \text{ м}$

3. Дано:

$$h = 0,5R$$

R

ρ

G

$g_{2L} = ?$

$T = ?$

Решение

1) Рассмотрим тело, лежащее на поверхности планеты:

$$F_{ггг} = F_{тяж.} \quad (\text{т.к. вблизи пов-ти})$$

$$G \cdot \frac{M_n \cdot m}{R^2} = mg \quad \text{где } m - \text{масса тела; } M_n - \text{масса планеты}$$

$$M_n = \frac{g \cdot R^2}{G} \quad (\text{масса планеты через ускорение})$$

$$g = G \frac{M_n}{R^2} \quad \text{тогда } g_{2L} = \frac{G \cdot M_n}{(2R)^2} = \frac{\rho \cdot V \cdot G}{4R^2} = \frac{\rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3 \cdot G}{4R^2} = \frac{\rho \cdot \pi \cdot R \cdot G}{3}$$

2) Динамическое уравнение движения:

$$\Sigma F = ma \Rightarrow F_{тяг} = ma_{ц.д.} \quad \text{уточним.}$$

$$G \frac{m \cdot M_n}{(h+R)^2} = m \frac{v^2}{R} \quad \text{где } m - \text{масса ступички.}$$

$$\frac{G M_n}{1,5^2 R^2} = \frac{v^2}{R} \Rightarrow \frac{4 G M_n}{9 R} = v^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{4}{9} \frac{G M_n}{R}} = \sqrt{\frac{4}{9} \cdot \frac{\rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3 \cdot G}{R}} = \sqrt{\frac{16}{27} \rho \cdot \pi \cdot R^2 \cdot G} \quad (1)$$

С другой стороны

$$v = \omega R = \frac{2\pi R}{T} \Rightarrow T = \frac{2\pi R}{v} \quad (2)$$

3) (1) \rightarrow (2)

$$T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi R}{\sqrt{\frac{16}{27} \rho \cdot \pi \cdot R^2 \cdot G}} = \frac{2\pi R}{\frac{4}{3} R \sqrt{\frac{1}{3} \rho \cdot \pi \cdot G}} = \frac{3\pi}{2 \sqrt{\frac{1}{3} \rho \cdot \pi \cdot G}} = \frac{3\pi}{2} \sqrt{\frac{3}{\rho \cdot \pi \cdot G}} = \sqrt{\frac{9\pi}{4 \rho \cdot \pi \cdot G}} = \sqrt{\frac{9G}{4\rho G}}$$

$$= \sqrt{\frac{(2\pi R)^2}{\frac{16}{27} \rho \cdot \pi \cdot R^2 \cdot G}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 27 \cdot \pi}{16 \rho \cdot G}} = \sqrt{\frac{27 \cdot \pi}{4 \rho \cdot G}}$$

Ответ: $g_{2L} = \frac{\rho \cdot \pi \cdot R \cdot G}{3}$; $T = \sqrt{\frac{27 \cdot \pi}{4 \rho \cdot G}}$

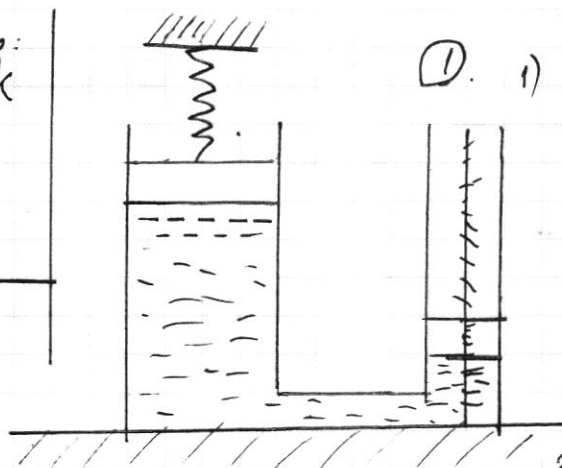
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2

Дано:

g
 S
 h
 S
 S
 Z

$x=?$
 $m=?$



Решение.

①

1) Примем за давление столба атмосферы
знач. p_0 . т.к. сосуды сообщ., то $p_A = p_B$
Распишем давление в правом колене (p_n)

$$p_n = p_0 + g\rho h' \quad \text{где } h' - \text{высота столба}$$

Распишем давление в левом колене (p_n)

$$p_n = p_0 + g\rho(h+h') - \frac{k\Delta x}{S} \quad \text{по з. Гука}$$

2) Приравняем p_n и p_n .

$$p_0 + g\rho h' = p_0 + g\rho h' + g\rho h - \frac{k\Delta x}{S} \Rightarrow \frac{k\Delta x}{S} = g\rho h \Rightarrow \Delta x = \frac{g\rho h S}{k}$$

② Распишем давление в правом колене (p_n)

$$p_n = \frac{2mg}{S} + p_0 + g\rho h' \quad (\text{где } h' \text{ высота столба в правом колене})$$

Распишем давление в левом колене (p_n)

$$p_n = p_0 + g\rho(h'+h) \quad (\text{т.к. } \Delta x = 0)$$

Приравняем $p_n = p_n$.

$$\frac{2mg}{S} + p_0 + g\rho h' = p_0 + g\rho h' + g\rho h \Rightarrow \frac{2mg}{S} = g\rho h \Rightarrow m = \frac{\rho h S}{2}$$

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

5

Решение.

Дано:

$$H = 2,5 \text{ м} \quad g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

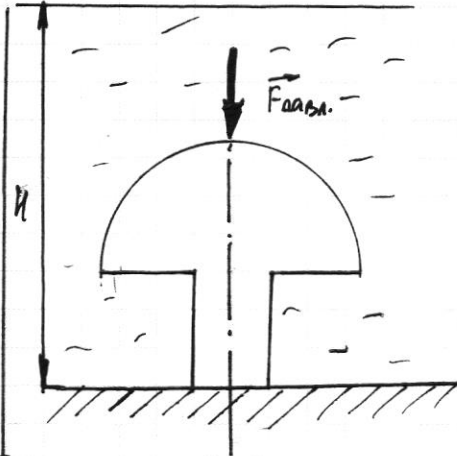
$$V = 8 \text{ м}^3 = 8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$S = 20 \text{ см}^2 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$$

$$\rho = 1 \text{ г} \cdot \text{см}^3$$

$$p_0 = 100 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$P_1 \rightarrow F = ?$$



$$10 \cdot 10^4 + 2,5 \cdot 10^4 = ?$$

$$P_1 = p_0 + g \rho H \Rightarrow P_1 = 10^5 + 10 \cdot 1000 \cdot 2,5 = 125 \cdot 10^4 \text{ Па} = 125 \text{ кПа}$$

1) давление можно найти след. образом:

$$P_1 = p_0 + g \rho H - \frac{\rho \cdot V \cdot g}{S}$$

$$P_1 = p_0 + g \rho H - \frac{\rho \cdot V \cdot g}{S}$$

$$P_1 = 100 \cdot 10^3 + 10 \cdot 1000 \cdot 2,5 - \frac{1000 \cdot 8 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^{-5}} =$$

(т.к. дан

подставил значения

числ.

2) Сила, действующая на конструкцию, указана на рисунке

(поз. Паскаля, давление в любой точке одинаково, в ост. случаях расположении вокруг силы $F_{давл}$ сумма сил = 0)

От вет: $P_1 = 125 \text{ кПа}$
 $F = 25 \text{ кН}$

Решение.

Зн., остается 2^{ой} случай.

Динамическое уравнение движения
Верхний блок:

$$F - 2\mu mg = 2a_1 m \quad \text{где } a_1 - \text{ускорение верхнего блока} \quad (1)$$

Нижний блок:

$$2F - 5\mu mg = 3m a_2 \quad \text{где } a_2 - \text{ускорение нижнего блока} \quad (a_2 > a_1)$$

Вычитая из (2) (1)

$$F - 3\mu mg = m(3a_2 - 2a_1)$$

С другой стороны как только верхнее тело упадет, то ускорение увеличится на $-\frac{\Delta F_{\text{тр}}}{m_2}$

$$\Delta a = \frac{\Delta F_{\text{тр}}}{m_2} = \frac{m(m_1 + m_2)g - m_1 m_2 g}{m_2} = \frac{5\mu mg - 3\mu mg}{3m} = \frac{2}{3}\mu g$$

тогда $2F - 3\mu mg = 3m(a_2 + \Delta a) = 3m\left(a_2 + \frac{2}{3}\mu g\right)$

$$2F - 3\mu mg = 3m a_2 + 2\mu mg \quad \text{с др. стороны}$$

$$\frac{a_2 + \Delta a}{a_2} = \frac{m_1 + m_2}{m_2} = \frac{5}{3} \Rightarrow$$

$$3a_2 + 3\Delta a = 5a_2 \Rightarrow a_2 = 1,5\Delta a = \frac{3}{2} \cdot \frac{2}{3}\mu g = \mu g.$$

тогда

$$2F - 5\mu mg = 3m\mu g.$$

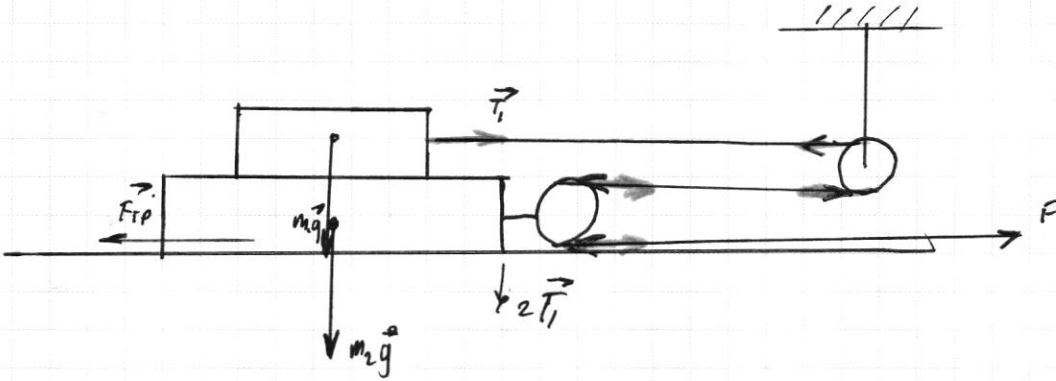
$$F = 4\mu mg$$

Ответ: $F_0 = 10\mu mg$; $F = 4\mu mg$

$$\mu = 100 \text{ см.}$$

$$100 \cdot 100 = 100.$$

$$10^6.$$



$$T_1 = m_1 a$$

$$2T_1 - F_{fp} = m_2 a.$$

$$T_1 = m_1 a \Rightarrow a = \frac{T_1}{m_1}$$

$$a = \frac{2T_1 - \mu(m_1 + m_2)g}{m_2}$$

$$\frac{T_1}{m_1} = \frac{2T_1 - \mu(m_1 + m_2)g}{m_2}$$

$$T_1 m_2 = 2T_1 m_1 - \mu m_1 (m_1 + m_2) g$$

$$3T_1 m_1 = 4T_1 m_1 - \mu \cdot 2m_1 \cdot 5m_1 \cdot g$$

$$T_1 m_1 = 10 \mu m_1^2 g$$

$$T_1 = 10 \mu m_1 g$$

$$T_1 = \mu m_1 g$$

$$T < \mu m_1 g$$

$$2T > \mu(m_1 + m_2)g$$

$$\begin{cases} F < \mu 2mg \\ F > \frac{\mu 5mg}{2} \end{cases}$$

$$T_1 > 2 \mu m_1 g$$

$$2T_1 > 4 \mu m_1 g$$

$$F = 2m_1 a + 2 \mu m_1 g$$

$$F = m a$$

$$F - \mu m_1 g = m_1 a_1 \Rightarrow F - 2 \mu m_1 g = m_1 a_1$$

$$2F - \mu(m_1 + m_2)g = m_2 a_2 \Rightarrow 2F - 5 \mu m_1 g = 3m_1 a_2$$

$$\frac{F - 2 \mu m_1 g}{2F - 5 \mu m_1 g} = \frac{2}{3}$$

$$4F - 10 \mu m_1 g = 3F - 6 \mu m_1 g$$

$$F = 4 \mu m_1 g$$

$$2F - 5 \mu m_1 g = 3F - 6 \mu m_1 g$$

$$F = \mu m_1 g$$

$$\frac{2}{3} \frac{a_1}{a_2} = \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{a_1}{a_2} = \frac{3}{4}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$G \frac{m_1 m_2}{R^2}$$

$$\frac{g \cdot R_3}{G}$$

$$G \cdot \frac{m_1 m_2}{R^2} = \frac{kg^2}{m^2}$$

$$G \frac{M_n \cdot M_n}{R_3^2} = g M_n$$

$$M_n = \frac{g R_3^2}{G}$$

$$\frac{H \cdot M^2}{kg^2}$$

$$g = \frac{M_n G}{4 R_n^2} = \frac{g \cdot \frac{4}{3} \pi R_3^3 G}{4 \cdot R_n^2} = \frac{4 \pi R_3^3 G}{4 \cdot 3} = \frac{\pi}{3} \cdot g \cdot R \cdot G$$

$$\frac{3}{2} \frac{g}{f}$$

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

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

$$G \cdot \frac{M_n \cdot M_n}{R^2} = m \cdot \frac{v^2}{R}$$

$$\frac{kg}{m^3} \cdot \frac{M^2}{R^2} = \frac{H \cdot M^2}{kg^2} = \frac{H \cdot M}{kg}$$

$$\frac{M^2}{c^2} \cdot M = \frac{M}{c^2}$$

$$\frac{G M_n}{R} = g^2 \Rightarrow$$

$$\frac{H \cdot M^2}{kg^2} \cdot \frac{kg}{M} = \frac{H \cdot M}{kg} = M$$

$$\frac{M \cdot M^3 \cdot kg^2}{c^2 \cdot kg \cdot H \cdot M^2} = \frac{M^2 \cdot kg}{c^2 \cdot H} = \frac{M^2 \cdot c^2}{c^2 \cdot M^2} = 1$$

$$\frac{M^4 \cdot kg^2}{c^2 \cdot kg \cdot H \cdot M^2} = \frac{M^2}{c^2} \cdot \frac{kg}{H}$$

$$\frac{kg}{m^3} \cdot \frac{M^2}{kg^2} = \frac{H \cdot M^2}{kg^2} = M \cdot \frac{M}{c^2} = \frac{M^2}{c^2}$$

$$\frac{H \cdot M^2}{kg^2} \cdot \frac{kg}{M^3} = \frac{H}{kg \cdot M} = \frac{M}{c^2 \cdot M}$$

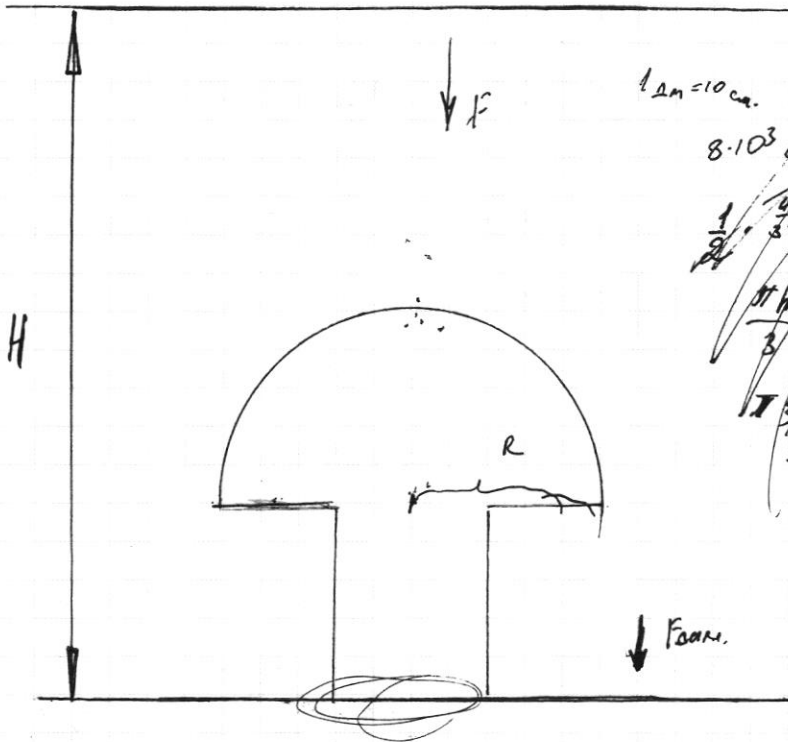
$$\frac{1}{\sqrt{\frac{kg}{m^3} \cdot \frac{H \cdot M^2}{kg^2}}} = \frac{1}{M \cdot kg} =$$

$$\frac{M}{M \cdot c^2} = c$$

$$F = 2,5 \text{ mg}$$

ρ_0

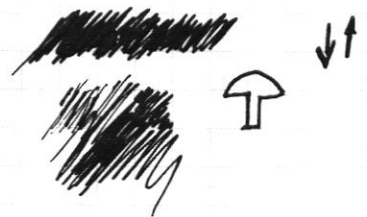
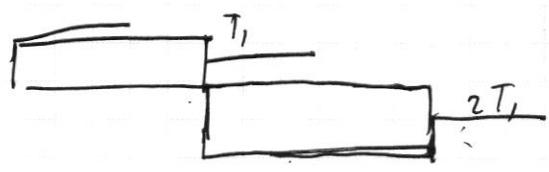
scribbles



$\Delta m = 10 \text{ ca.}$
 $8 \cdot 10^3 \text{ cm}^3$
 $\frac{1}{3} \cdot \frac{4}{3} \pi R^3 + h \cdot S = 8 \cdot 10^3$
 $\frac{\pi R^3}{3} + h \cdot S = 8 \cdot 10^3$
 $\frac{\pi \cdot 4 \cdot h^3}{3} + 20h = 18000$

$$F - 2 \mu \text{mg} = 2m a_1$$

$$2F - 5 \mu \text{mg} = 3 m a_2$$



$$F = 2 \mu \text{mg}$$

$$2F - 3 \mu \text{mg} =$$

$$F - 3 \mu \text{mg} = m(3a_2 - 2a_1)$$

$$3 \mu \text{mg} = m(3a_2 - 2a_1)$$

$$a_1 = \frac{3a_2 - 3 \mu g}{2}$$

$$F - 2 \mu \text{mg} = m(3a_2 - 3 \mu g)$$

$$2F - 5 \mu \text{mg} = 3 m a_2$$

$$F - 3 \mu \text{mg} = 3 \mu \text{mg}$$

$$2F - 3 \mu \text{mg} = 3 m a_2 - m(3a_2 - 3 \mu g)$$

$$F = 6 \mu \text{mg}$$

$$a = 1 + \frac{2}{3} = \frac{5}{3}$$

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2. $\frac{F_1}{F_2} = \frac{S_2}{S_1}$ $\frac{F_2}{S_2} = \frac{F_1}{S_1}$ $\rho_0 + ggh' = \rho_0 + ggh'(h) = k\Delta t \cdot S$

$F_2 \cdot S_2 = p = F_1 \cdot S_1$

$\frac{F_1 \cdot S_1}{F_2 \cdot S_2} = 1$

$\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_1}{S_2}$

$k\Delta x = ggh$

$\Delta x = \frac{ggh}{kS}$

$\rho_0 + \frac{mg \cdot S}{2} + ggh' = \rho_0 + ggh' + ggh$

$\frac{mg \cdot S}{2} = ggh$

$\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_1}{S_2} = \frac{S}{S} = 2$

$m = \frac{2gh}{S}$

$\frac{kg \cdot m}{m^2} = \frac{kg}{m}$

$\downarrow F \quad \downarrow F_2$

F_{ATM}

$\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_1}{S_2}$

$\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1} \Rightarrow$

$\frac{F_2}{F_1} = 2$

$\frac{kg \cdot m \cdot m^2}{m^3}$

$\frac{N \cdot m \cdot m^2}{m^3}$

$\frac{N \cdot m \cdot kg \cdot m^2}{kg \cdot m^3}$

$\frac{F - 2mg}{2F - 5mg} = \frac{2a_1}{3a_2}$

$F = 2,5mg$

$F = ma$

$2F - 5mg = 3ma_2$

$F = 2mg = 2ma_1$

$2F - 5mg$

$6mg = 3ma_2$

$a_2 = 2mg$

$mg = 2a_1$

$a_1 = \frac{mg}{2}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

С др. стороны:

$$\begin{cases} F - 2\mu mg = 2a_1, m \\ 2F - 5\mu mg = 3ma_2 \\ 2F - 3\mu mg = 5ma_2 \end{cases}$$

$$\begin{aligned} 2\mu mg &= 3ma_2 \\ a_2 &= \mu g \end{aligned}$$

$$2F - 5\mu mg = 3m\mu g$$

$$2F = 8\mu mg$$

$$F = 4\mu mg$$

$$2\mu mg = 2a_1, m$$

$$\mu mg = 2a_1, m$$

$$a_1 = \frac{\mu g}{2}$$

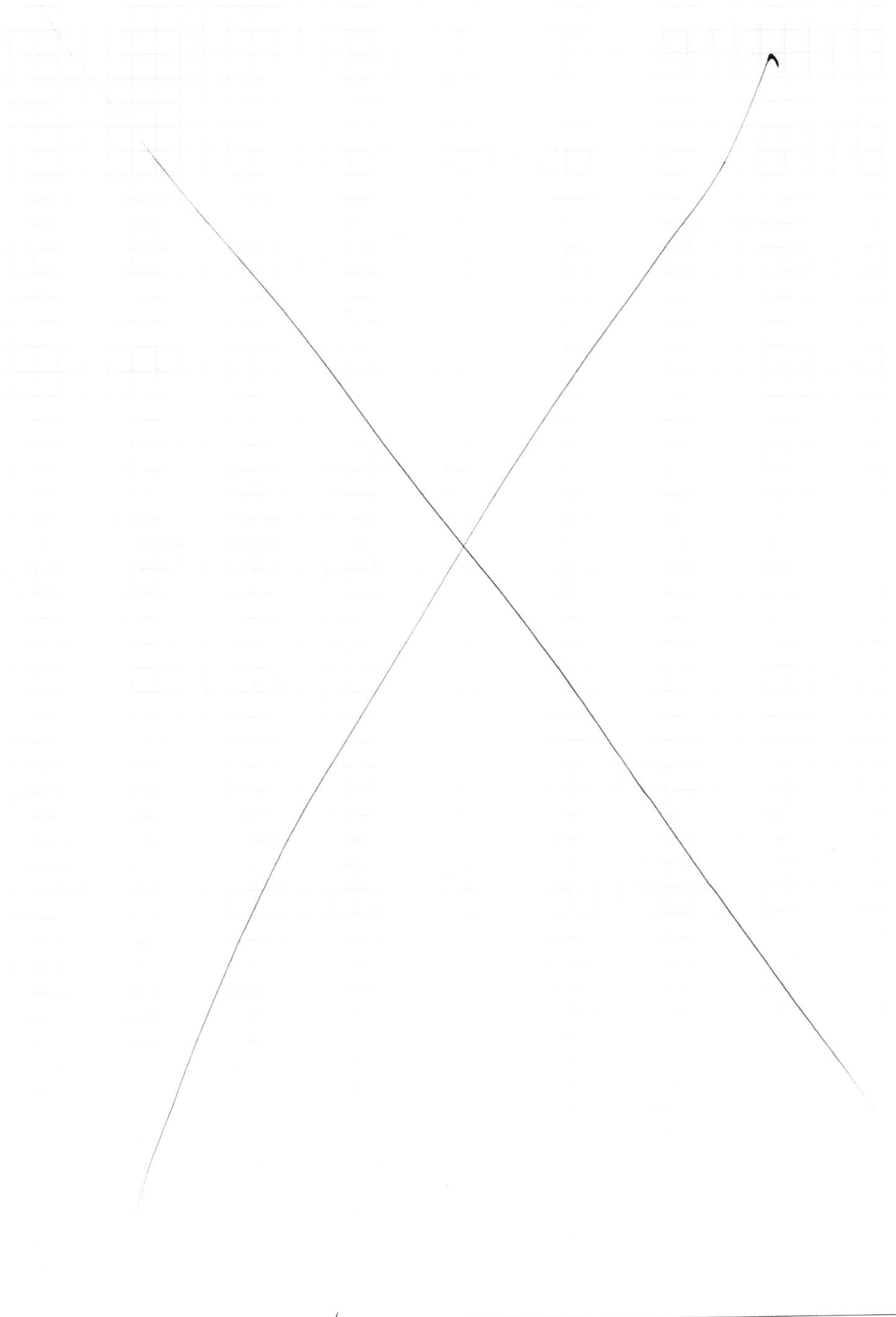
$$a_2 = a_1$$

$$2F - 5\mu mg = 3ma_2$$

$$\begin{aligned} 2\mu mg &= 3ma_2 \\ a_2 &= \frac{\mu mg}{3} \end{aligned}$$

$$\frac{m^3 \cdot \text{кг}^2}{\text{кг} \cdot \text{н} \cdot \text{м}^2} = \frac{\text{н} \cdot \text{с}^2}{\text{м}}$$





черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)