

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

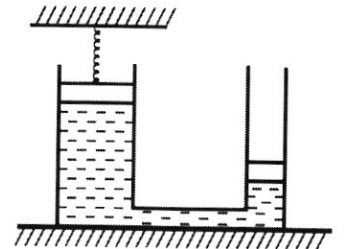
Вариант 09-01

Шифр

(заполняется секретарём)

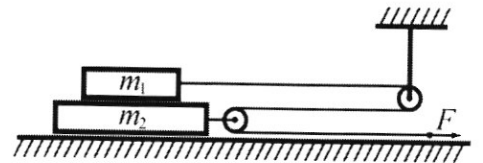
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 12$ м/с.
- 1) Через какое время t после старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
 - 2) На какой высоте h , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
- Ускорение свободного падения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



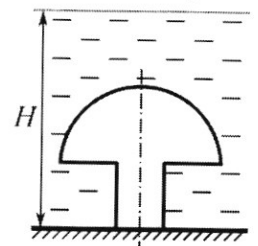
- 1) Найдите деформацию x пружины.
 - 2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты $h = 0,5R$, здесь R – радиус планеты. Плотность планеты ρ . Гравитационная постоянная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

Дано:

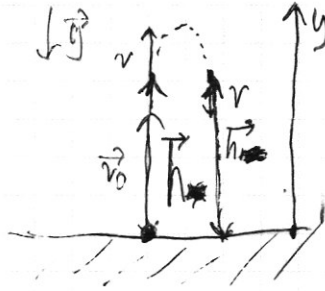
$$v_0 = 12 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$v = \frac{v_0}{3} = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$h = ? \quad t = ?$$

Решение:



Камень будет иметь скорость $v = \frac{v_0}{3}$ в 2-х точках: при ~~подъёме~~ подъёме вверх и при падении. Но обе точки

находятся на одинаковой высоте от места броска.

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{g}t$$

При подъёме: $y: \frac{v_0}{3} = v_0 - gt_{\text{но}}$

$$t_{\text{но}} = \frac{v_0 - \frac{1}{3}v_0}{g} = \frac{2v_0}{3g}$$

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

При падении: $y: -\frac{v_0}{3} = v_0 - gt_{\text{па}}$

$$t_{\text{па}} = \frac{v_0 + \frac{1}{3}v_0}{g} = \frac{4v_0}{3g}$$

$$t_{\text{па}} = \frac{4 \cdot 12 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{3 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 1,6 \text{ с}$$

Значит $\begin{cases} t = 0,8 \text{ с}, \\ t = 1,6 \text{ с}. \end{cases}$

$$2\vec{g}h = v^2 - v_0^2$$

$$-2gh = \frac{v_0^2}{9} - v_0^2$$

$$-2gh = -\frac{8}{9}v_0^2$$

$$gh = \frac{4}{9}v_0^2$$

$$h = \frac{4v_0^2}{9g}$$

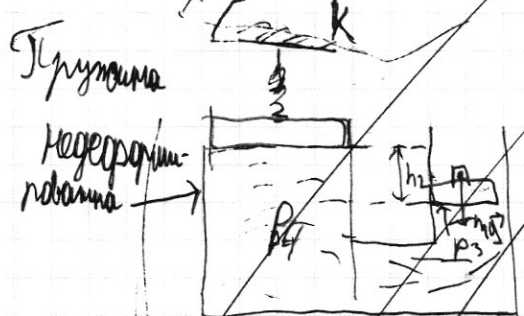
$$h = \frac{4 \cdot (12 \frac{\text{м}}{\text{с}})^2}{9 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = \frac{4 \cdot 16 \cdot 9 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{9 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 6,4 \text{ м}$$

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

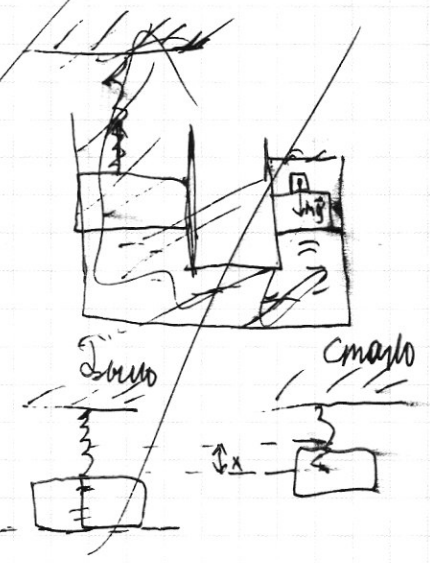
См. см. ~~см.~~

Дано:
 $S_1 = S$
 $S_2 = \frac{S}{2}$
 h, ρ, k, g
 $x = ?$ $m = ?$

Решение:
 $p_1 = p_2$
 $p_2 = 0$
 $F_{упр} = kx$
 $p_1 = \rho g h + \frac{F_{упр}}{S_1} = \rho g h + \frac{F_{упр}}{S}$
 $\rho g h - \frac{kx}{S} = 0$ $\rho g h = \frac{kx}{S}$

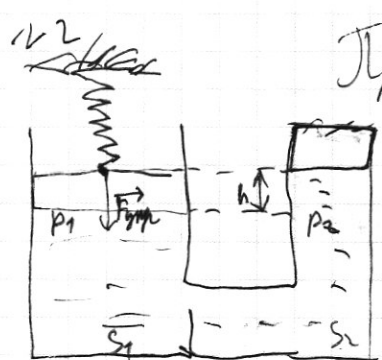


$h_2 =$
 $p_3 = p_4$
 $\rho g h_2 = \frac{mg}{S_2}$
 $\rho g h_2 = \frac{2mg}{S}$



Дано:
 $S_1 = S$
 $S_2 = \frac{S}{2}$
 h, ρ, k, g
 $x = ?$ $m = ?$

Решение:
~~Пружина не может быть растянута, т.к. пошлю дёшки, см., растянута она не может, значит пружина сжата.~~



$p_1 = p_2$
 $\frac{F_{упр}}{S_1} = \rho g h$ $\frac{kx}{S} = \rho g h$ $x = \frac{\rho g h S}{k}$

см. см. ~~см.~~

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

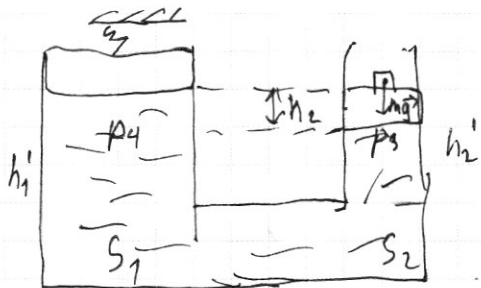
$$v_1 = v_2$$

~~$$v_1^2 = v_2^2$$~~

$$S_1 h_1' = S_2 h_2'$$

$$S h_1' = \frac{S}{2} h_2'$$

$$h_1' = \frac{h_2'}{2} \quad h_2' = 2h_1'$$



$$p_3 = p_4$$
~~$$\frac{mg}{S_2} = \rho_3 g h_2$$~~

Значит, когда уровень в левом сосуде поднимется на x , в правом он опустится на $2x$

$$h_2 = h + x + 2x = h + 3x = h + h \cdot \left(\frac{3\rho_3 S}{k} \right) = h \left(1 + \frac{3\rho_3 S}{k} \right)$$

$$\frac{2mg}{S} = \rho_3 g h \left(1 + \frac{3\rho_3 S}{k} \right)$$

$$m = \frac{\rho_3 h \cdot S \cdot \left(1 + \frac{3\rho_3 S}{k} \right)}{2} = \frac{\rho_3 h S \left(1 + \frac{3\rho_3 S}{k} \right)}{2}$$

Ответ: $x = \frac{\rho_3 h S}{k}$; $m = \frac{\rho_3 h S \left(1 + \frac{3\rho_3 S}{k} \right)}{2}$

Дано:

~~$$h = 0,5R$$~~

~~$$\rho, R, G, V = \frac{4}{3}\pi R^3$$~~

~~$$g_{\text{зад}} = ? \quad T = ?$$~~

Решение:

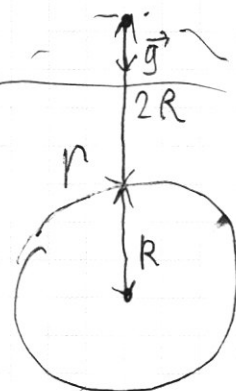
~~$$mg = G \frac{Mm}{r^2}$$~~

~~$$r = 3R$$~~

~~$$\rho = \frac{M}{V}$$~~

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

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

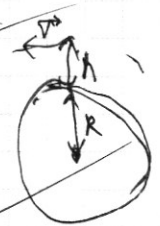


ТЛ.к. орбита круговая

~~$$v = \sqrt{\frac{GM}{h+R}} = \sqrt{\frac{GM}{1,5R}}$$~~

~~$$T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi R \cdot \sqrt{1,5R}}{\sqrt{GM}} = 2\pi \sqrt{\frac{1,5R^3}{GM}} = 2\pi \sqrt{\frac{1,5 \rho R^3}{3\pi \rho R^3}} = 2\pi \sqrt{\frac{1,5}{3\pi}}$$~~

~~$$\text{Ответ: } g = \frac{4\pi \rho R}{27}; T = \sqrt{\frac{45\pi}{4\rho}}$$~~

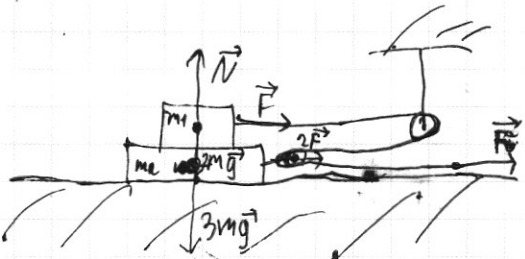


См. стр.

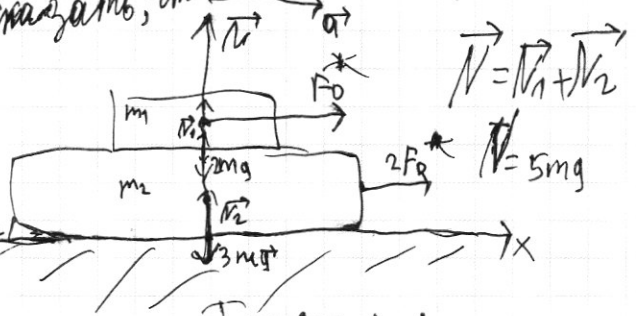
Дано:
 $m_1 = 2m$
 $m_2 = 3m$
 m
 $F_0 = ?$ $f = ?$

Решение:

Если сила трения не действует на брусок m_1 , то он будет скользить относительно бруска m_2 , а.о. брусок m_1 будет двигаться с таким же ускорением как брусок m_2 . Можно сказать, что оба бруска движутся.



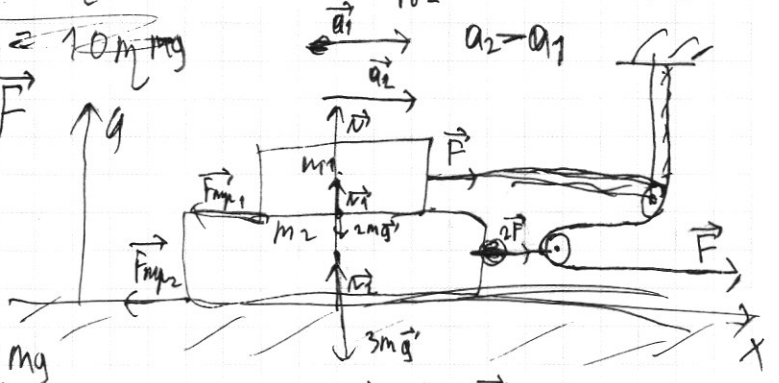
Брусок m_1 : $m_1 \vec{a} = F_0 + m_1 \vec{g} + \vec{N}_1$
 $m a = \frac{F_0}{2}$
 X: $2 m a = F_0$ Y: $N_1 = 2 m g$
 Оба бруска: $(m_1 + m_2) \vec{a} = \vec{N} + F_{тр} + (m_1 + m_2) \vec{g}$
 Y: $0 = N - 5 m g$



~~$N = 5 m g$ $F_{тр} = \mu N = 5 \mu m g$~~
~~X: $5 m a = 3 F_0 - 5 \mu m g$~~
 ~~$2,5 F_0 = 3 F_0 - 5 \mu m g$~~
 ~~$0,5 F_0 = 5 \mu m g$~~
 ~~$F_0 = 10 \mu m g$~~

Брусок m_2 :
 $m_2 \vec{a} = m_2 \vec{g} + \vec{N} + m_1 \vec{g} + 2 F_0 + F_{тр}$
 $F_{тр} = \mu N = 5 \mu m g$
 X: $3 m a = -5 m g + 2 F_0$
 $1,5 F_0 = -5 m g + 2 F_0$
 $F_0 = 10 m g$

Брусок m_1 :
 $m_1 \vec{a}_1 = \vec{N}_1 + m_1 \vec{g} + F_{тр1} + F$
 Y: $0 = N_1 - 2 m g$
 $N_1 = 2 m g$
 $F_{тр1} = \mu N_1 = 2 \mu m g$
 X: $2 m a_1 = F - 2 \mu m g$
 $a_1 = \frac{F - 2 \mu m g}{2 m}$



Брусок m_2 :
 $m_2 \vec{a}_2 = \vec{N} + m_2 \vec{g} + F_{тр2} + F + m_1 \vec{g}$
 Y: $0 = \dots$ $F_{тр2} = \mu N = 5 \mu m g$
 X: $3 m a_2 = 2 F - 5 \mu m g$
 $a_2 = \frac{2 F - 5 \mu m g}{3 m}$

$\vec{N} = \vec{N}_1 + \vec{N}_2 = (m_1 + m_2) \vec{g}$
 $N = (m_1 + m_2) g = 5 m g$

см. ул. ~~орбит~~

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{a_2 \geq a_1}{2F - 5mg} > \frac{F - 2mg}{2m} \quad | \cdot 6$$

$$4F - 10mg > 3F - 6mg$$

$$F > 4mg$$

$$F_{\min} \approx 4mg$$

$$F \approx 4mg$$

Ответ: $F_0 = 10mg$; $F \approx 4mg$

Дано:

$$H = 2,5 \text{ м}$$

$$V = 8 \text{ м}^3$$

$$S = 20 \text{ см}^2$$

$$\rho = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$p_0 = 100 \text{ кПа}$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$p_1 = ? \quad F = ?$$

Решение:

$$p_1 = p_0 + \rho gh$$

$$\rho gh = \rho g H$$

$$p_1 = 100 \text{ кПа} + 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 2,5 \text{ м} =$$

$$= 100 \text{ кПа} + 25 \text{ кПа} = 125 \text{ кПа}$$

Вода действует на конструкцию со всех направлений давлением. Результирующая сила $F = F_{\text{арх}}$ действует вверх. $F_{\text{арх}} = \rho V g$

П.к. конструкция находится

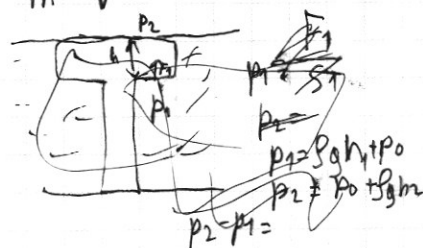
$$p_2 = p_0 + \rho gh$$

$$p = p_0 + \rho gh$$

$$p_2 - p = \rho gh - \rho gh$$

$$p_1 - p_2 = 0$$

$V_n \neq V$



см. см. см.

Верно

$$p_2 = p_0 + \rho g(H-h)$$

$$p = p_0 + \rho g \cdot 2h$$

$$p_2 - p = \rho g(H-3h)$$

$$\frac{F_2}{S_2 - S} = \frac{F}{S_2 - S} = \rho g(H-3h)$$

$$F_A = F_2 - F = (\pi h^2 - S) \rho g(H-3h)$$

$$F_A = F = (3 \cdot 0,16^2 - 0,02 \text{ м}^2) \cdot 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot (2,5 \text{ м} - 3 \cdot 0,16 \text{ м}) = 1400 \text{ Н}$$

Ответ: $p_1 = 125 \text{ кПа}$; $F = 1400 \text{ Н}$ - вверх

$$V = S \cdot h + \frac{4}{3} \pi h^3 \cdot \frac{1}{2} = S h + \frac{2 \pi h^3}{3}$$

$$S_2 = \pi h^2 \quad h \approx 15,5 \text{ см}$$

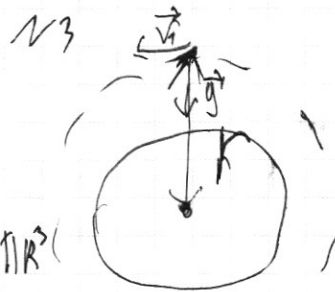
Дано: $r = 2R$
 $h = 0,5R$
 $R; \rho; G$
 $V = \frac{4}{3} \pi R^3$
 $g = ? \quad T = ?$

Решение:

$$mg = \frac{Mg}{r^2}$$

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

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



Пл. н. орбита круговая,

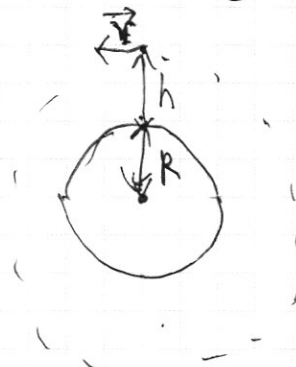
$$v = v_I = \sqrt{\frac{GM}{R+h}}$$

$$v = \frac{2\pi(R+h)}{T}$$

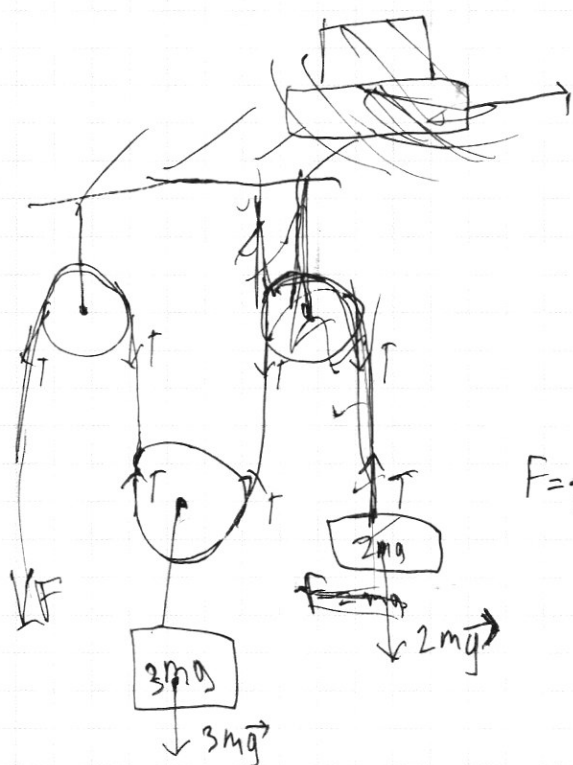
$$T = \frac{2\pi(R+h)}{v} = \frac{2\pi(R+h)}{\sqrt{\frac{GM}{R+h}}}$$

$$= \frac{2\pi \sqrt{(R+h)^3}}{\sqrt{GM}} = \frac{2\pi \sqrt{(1,5R)^3}}{\sqrt{G \cdot \frac{4}{3} \pi R^3 \rho}} = \sqrt{\frac{4\pi \cdot 1,5^3 R^3}{\frac{4}{3} \pi G \rho R^3}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 2\pi}{8G\rho}}$$

$$= \sqrt{\frac{81\pi}{8G\rho}}$$



Ответ: $g = \frac{\pi G \rho R}{3}$; $T = \sqrt{\frac{81\pi}{8G\rho}}$



$$F = 1,5mg + 2mg = 3,5mg$$

$F_0 =$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$8000 \text{ см}^3 = 20 \text{ см}^3 \cdot h + \frac{20^2 h^3}{3} \text{ см}^3$$

$$8000 = 20h + 2h^3$$

$$4000 = 10h + h^3 \quad h =$$

$$\begin{array}{r} \times 140 \\ \hline 140 \\ + 5600 \\ \hline 19600 \end{array}$$

$$\frac{1}{2} v_0$$

$$0,03 \cdot 3 = 0,09$$

$$0,04 \cdot 1000 \cdot 10 \cdot 2 = 4 \cdot 100 \cdot 2 = 7400$$

$$\begin{array}{r} \times 25 \\ \hline 25 \\ + 500 \\ \hline 525 \end{array}$$

$$\vec{v}_0 = \vec{v} + \vec{g}t$$

$$0,16 \cdot 3 = 0,48$$

$$\begin{array}{r} \times 15 \\ \hline 15 \\ + 225 \\ \hline 240 \end{array}$$

$$y_1: -\frac{1}{2} v_0 = v_0 - gt \quad 2ma = F_0$$

$$t = \frac{1,5v_0}{g} \quad 3ma = -5mg + 2F_0$$

$$y_2: \frac{1}{2} v_0 = v_0 - gt$$

$$t = \frac{v_0}{2g}$$

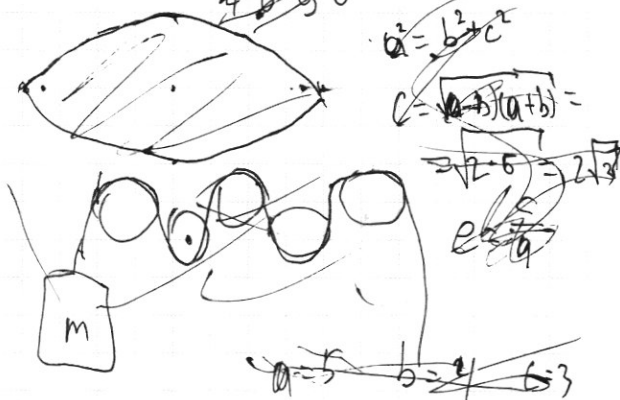
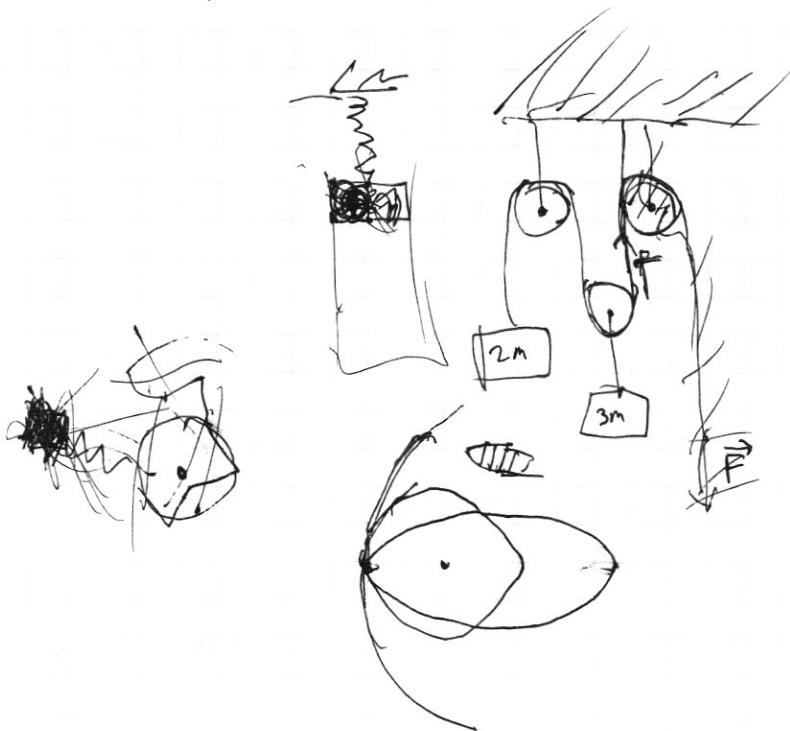
$$1,5F_0 = -5mg + F_0$$

$$F_0 =$$

$$\begin{array}{r} \times 225 \\ \hline 225 \\ + 4500 \\ \hline 4725 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 016 \\ \times 016 \\ \hline 0256 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 256 \\ \hline 256 \\ + 5120 \\ \hline 5376 \end{array}$$



$$a^2 = b^2 + c^2$$

$$c = \sqrt{a^2 - b^2} = \sqrt{2^2 - 1^2} = \sqrt{3}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано: $m_1 = 2m$
 $m_2 = 3m$
 μ, m
 $F_0 = ?; F = ?$

Решение:
 Если сила трения
 между брусками = 0,
 то брусок 1
 неподвижен относительно бруска 2, значит
 они движутся с одинаковыми ускорениями.

$F = T_1 + T_2$

$$1: m_1 \vec{a} = m_1 \vec{g} + \vec{N}_1 + \vec{T}_1$$

$$x: 2ma = T_1$$

$$2: m_2 \vec{a} = m_2 \vec{g} + \vec{N}_1 + \vec{N}_2 + \vec{F}_{\text{тр}2} + 2\vec{T}_2$$

$$x: 3ma = 2T_2 - 5mg$$

$$\frac{T_1}{2m} = \frac{2T_2 - 5mg}{3m}$$

$$3T_1 = 4T_2 - 10mg$$

$$-3T_1 + 4T_2 = 10mg$$

$$T_1 + T_2 = F$$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)