

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

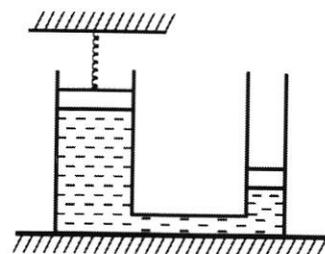
Вариант 09-01

Шифр

(заполняется секретарём)

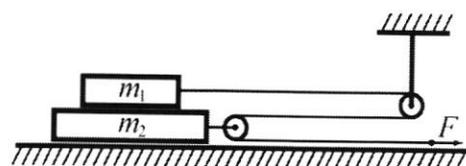
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 12$ м/с.
- 1) Через какое время t после старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
 - 2) На какой высоте h , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
- Ускорение свободного падения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



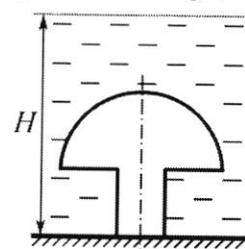
- 1) Найдите деформацию x пружины.
 - 2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты $h = 0,5R$, здесь R – радиус планеты. Плотность планеты ρ . Гравитационная постоянная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

Задача 1.

$$v_0 = 12 \text{ м/с}$$

$t - ?$

$$v = \frac{v_0}{3}$$

$h - ?$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

Решение:

$$\Delta E_k = A_{\text{выс.}} = -mgh \quad ; \quad \Delta E_k = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = -\frac{4}{9}mv_0^2$$

$$-mgh = -\frac{4}{9}mv_0^2$$

$$h = \frac{4v_0^2}{9 \cdot g} = \frac{4 \cdot 12 \cdot 12}{9 \cdot 10} = 6,4 \text{ (м)}$$

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

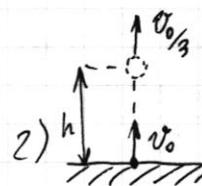
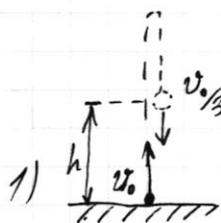
$$5t^2 - 12t + 6,4 = 0$$

$$D = 144 - 128 = 16 = 4^2$$

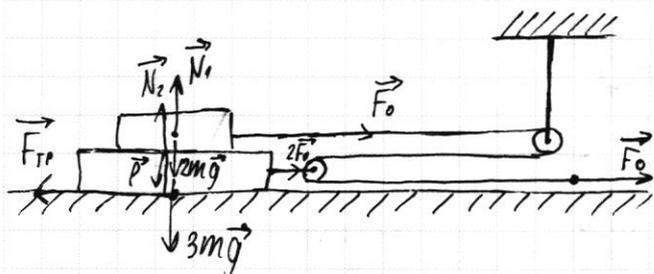
$$t_1 = \frac{12+4}{10} = 1,6 \text{ (с)}$$

$$t_2 = \frac{12-4}{10} = 0,8 \text{ (с)}$$

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



Задача 4.



$$\begin{aligned} \text{для } 3m: \quad 3m\ddot{a} &= 2F_0 + F_{\text{тр}} + 3m\vec{g} + \vec{P} + \vec{N}_2 \\ \text{для } 2m: \quad 2m\ddot{a} &= F_0 + 2m\vec{g} + \vec{N}_1 \end{aligned}$$

$$\text{ОХ: } 2ma = F_0$$

$$3ma = 2F_0 - F_{\text{тр}}$$

$$3ma = 2F_0 - F_{\text{тр}}$$

$a_1 = a_2$, т.к. иначе была бы $F_{\text{тр}}$ покоя, тогда бы была бы реакция Брусселя.

$$F_{\text{тр}} = \mu \cdot N_2 = 5\mu mg$$

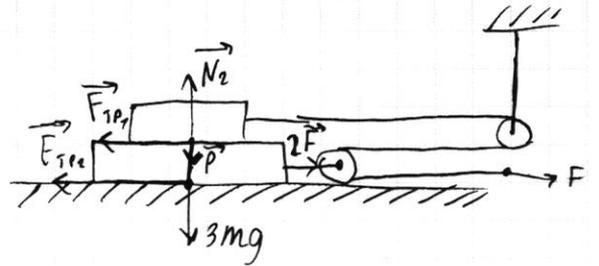
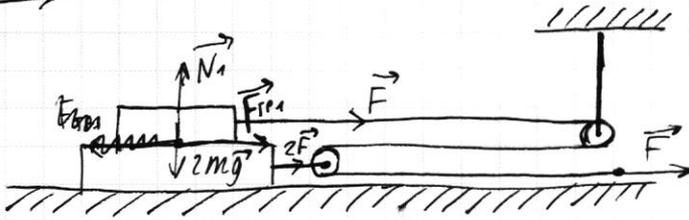
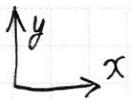
$$\text{ОУ: } 0 = N_1 - 3mg - P$$

$$1,5F_0 = 2F_0 - F_{\text{тр}}$$

$$F_0 = 2F_{\text{тр}} = 10\mu mg$$

$$N_1 = 5mg$$

$$P = 2mg$$



$$2m\vec{a}_1 = \vec{F} + \vec{F}_{\text{тр}1} + \vec{N}_1 + 2m\vec{g}$$

$$3m\vec{a}_2 = \vec{F}_{\text{тр}2} + \vec{F}_{\text{тр}1} + \vec{P} + 3m\vec{g} + \vec{N}_2 + 2\vec{F}$$

$$OY: 0 = N_1 - 2mg$$

$$N_1 = 2mg$$

$$0 = N_2 - 3mg - P$$

$$N_2 = 5mg$$

$$OX: 2ma_1 = F + F_{\text{тр}1}$$

$$a_1 = \frac{F + 2\mu mg}{2m}$$

$$3ma_2 = 2F - F_{\text{тр}1} - F_{\text{тр}2}$$

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

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

$$3F + 6\mu mg < 4F - 7\mu mg$$

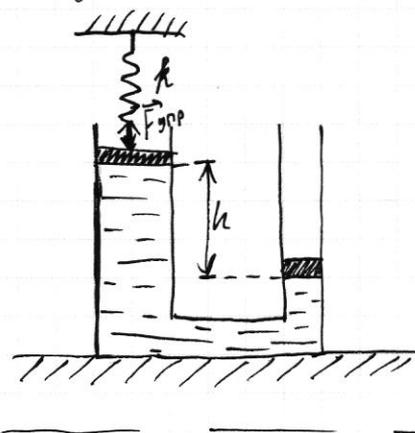
$$F > 20\mu mg$$

и

$$\text{Ответ: } F_0 = 10\mu mg ; F = 20\mu mg.$$

$a_1 < a_2$, т.к.
верхний брусок
едет влево отн.
нижнему

Задача 2.



$$\rho gh = \frac{F_{\text{упр}}}{S}$$

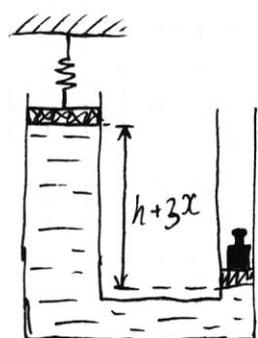
$$F_{\text{упр}} = k \cdot x$$

$$x = \frac{F_{\text{упр}}}{k} = \frac{\rho gh S}{k}$$

$$\rho g(h + 3x) = \frac{mg}{\frac{1}{2}S}$$

$$m = \frac{\rho S(h + 3x)}{2} =$$

$$= \frac{\rho h S (1 + 3 \frac{\rho g S}{k})}{2} = \frac{1}{2} \rho h S (1 + 3 \frac{\rho g S}{k})$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

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

Задача 5.

$$P_1 = P_0 + \rho g H = 100 \cdot 10^3 + 2,5 \cdot 1000 \cdot 10 = 125 \text{ (кПа)}$$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



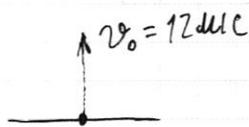
черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{array}{r} 272 \\ 136 \\ 68 \\ 34 \\ 17 \\ 1 \end{array} \begin{array}{l} 2 \\ 2 \\ 2 \\ 2 \\ 17 \\ 1 \end{array}$$

$$(4\sqrt{17})^2$$



$$v = \frac{v_0}{3}$$

$$\Delta E_k = A_{\text{вн.с}} = -mgh$$

$$\Delta E_k = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2}$$

$$\frac{144 - 128}{16}$$

$$t_1 = \frac{-12 + 4\sqrt{17}}{16} = \frac{-6 + 2\sqrt{17}}{8} \approx 0,4 \text{ (с)}$$

$$5t^2 - 12t + 6,4 = 0$$

$$D = 144 - 128 = 16 = 4^2$$

$$t_1 = \frac{12 + 4}{10} = 1,6 \text{ (с)}$$

$$t_2 = \frac{12 - 4}{10} = 0,8 \text{ (с)}$$

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

$$6,4 = 10t$$

$$6,4 = 12t + 5t^2$$

$$\frac{mv_0^2}{18} - \frac{9mv_0^2}{18} = -mgh$$

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

$$h = \frac{4v_0^2}{9g} = \frac{4 \cdot 12 \cdot 12}{9 \cdot 10} = \frac{4 \cdot 4 \cdot 4}{10} =$$

$$5t^2 + 12t - 6,4 = 0$$

$$= 6,4 \text{ (м)}$$

$$D = 144 + 128 = 272$$

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

$$\begin{array}{r} 52 \\ 26 \\ 13 \\ 1 \end{array} \begin{array}{l} 2 \\ 2 \\ 13 \\ 1 \end{array}$$

$$\frac{16}{64} = \frac{1}{4}$$

$$gt^2 + 2v_0 t - h = 0$$

$$\times \frac{6,4}{20}$$

$$10t^2 + 24t - 6,4 = 0$$

$$\times \frac{64}{2}$$

$$144 + 34 = 176$$

$$25t^2 + 60t - 16 = 0$$

$$\frac{128}{8}$$

$$\times \frac{3,2}{20}$$

$$\frac{1}{128} = \frac{1}{2^7}$$

$$D = 3600 + 1600 = 5200$$

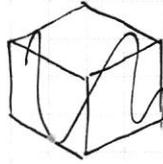
$$t_1 = -$$

$$x^2 = x + 0 = 0$$

$$D = 1$$

$$x_1 = 0$$

$$x_2 = \frac{2}{2} = 1$$



$$3m\vec{a} = 3m\vec{g} + \vec{N}_1 + 5$$

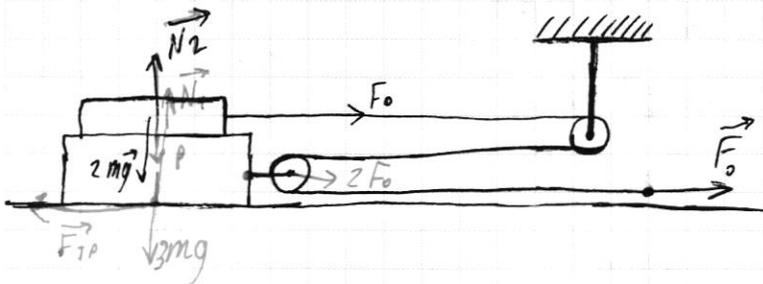
$$3m\vec{a} = 5m\vec{g} + \vec{N}_1 + 2\vec{F}_0 + \vec{F}_{TP}$$

$$2m\vec{a} = \vec{F}_0 + \vec{N}_2 + 2m\vec{g}$$

$$Ox: 2ma = F_0$$

$$1,5F_0 = 2F_0 - 5\mu mg$$

$$F_0 = 10\mu mg$$



$$3m\vec{a} = 3m\vec{g} + 2\vec{F}_{TP} + \vec{P} + 2\vec{F}_0 + \vec{N}_1$$

$$2m\vec{a} = \vec{F}_0 + \vec{N}_2 + 2m\vec{g}$$

$$F_0 = 2ma$$

$$3m\vec{a}_1 = 3m\vec{g} + 2\vec{F}_{TP1} + \vec{P} + 2\vec{F} + \vec{N}_1 + \vec{F}_{TP2}$$

$$2m\vec{a}_2 = 2m\vec{g} + \vec{F}_{TP2} + \vec{N}_2 + \vec{F}$$

$$a_1 > a_2$$

$$3ma = 4ma - \mu \cdot 5mg$$

$$a = 10\mu g$$

$$F_0 = 20\mu mg$$

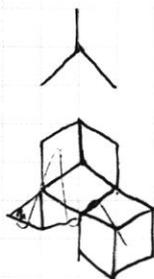
$$Ox: 2ma_2 = 2mg$$

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

$$a_2 = \frac{F - 2\mu mg}{2m}$$

$$Ox: 3ma_1 = 2F - \mu \cdot 5mg - 2\mu mg$$

$$a_1 = \frac{2F - 7\mu mg}{3m}$$



$$\frac{2F - 7\mu mg}{3m} > \frac{F - 2\mu mg}{2m}$$

$$4F - 14\mu mg > 3F - 6\mu mg$$

$$F > 8\mu mg$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\frac{1}{2} \rho g h + \frac{2 \rho g h S}{k} \cdot \rho \cdot \frac{1}{2} S = m$$

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

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

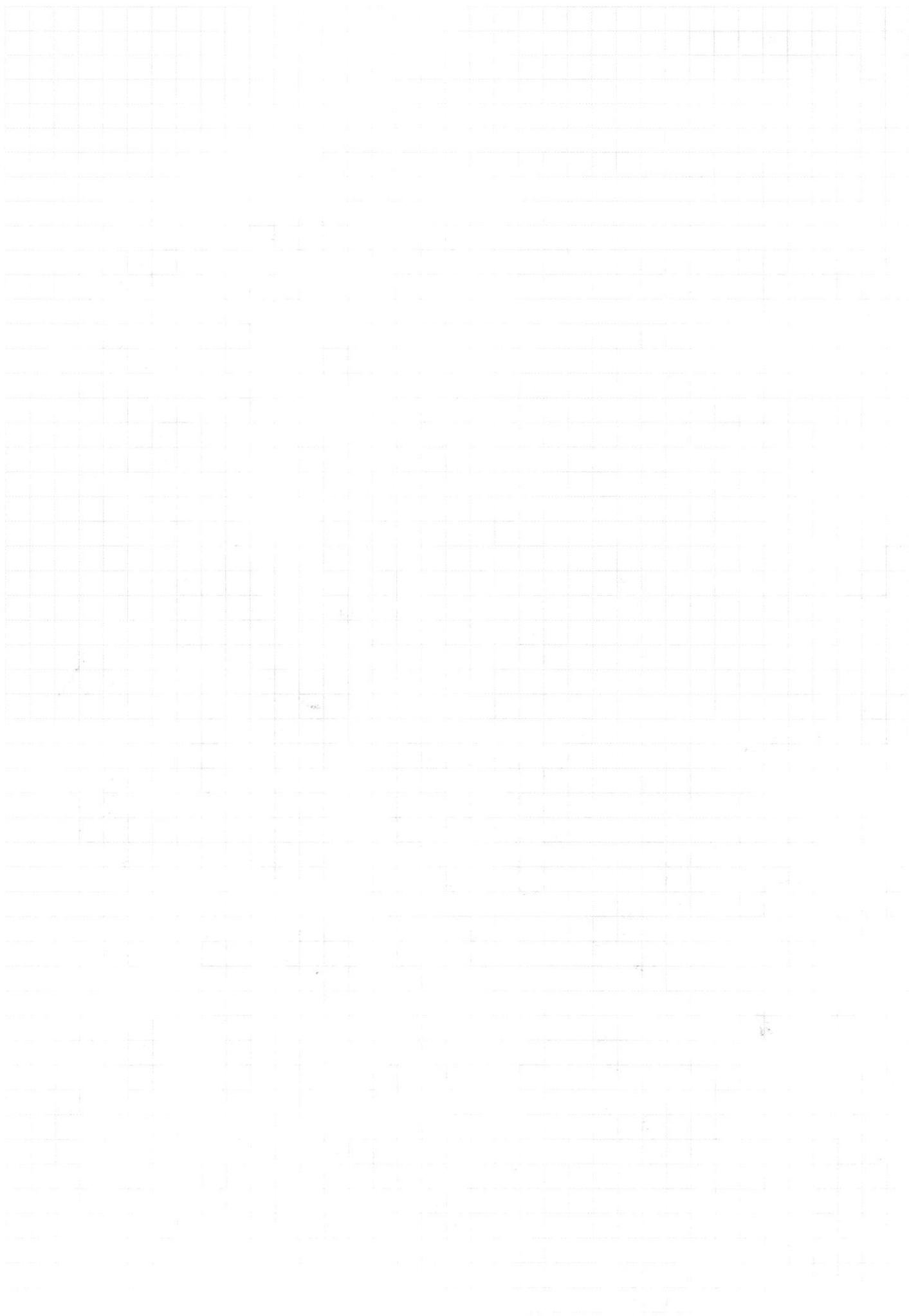
$$F_{\text{упр}} = \rho g h S$$

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

$$\rho g (h + 2x) = \frac{m g}{\frac{1}{2} S}$$

$$\frac{1}{2} S \cdot \rho \cdot g (h + 2x) = m$$

The page contains numerous hand-drawn sketches of various objects, including faces, figures, and abstract shapes, interspersed with the mathematical derivations.



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)