

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

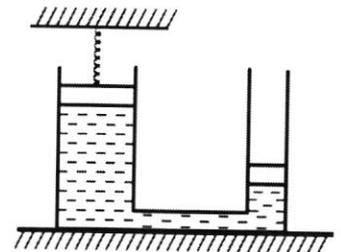
Вариант 09-02

Шифр

(заполняется секретарём)

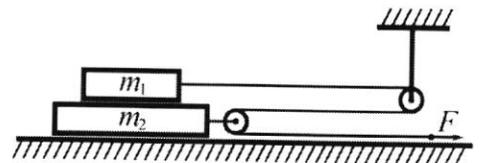
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 10$ м/с.
- 1) Через какое время t после старта скорость камня будет равна по величине $V_0/2$?
 - 2) На какой высоте h , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине $V_0/2$?
- Ускорение свободного падения $g = 10$ 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. Деформация пружины равна x . Площадь сечения левого поршня S , правого $S/3$. Трение поршней о стенки сосудов пренебрежимо мало. Ускорение свободного падения g .



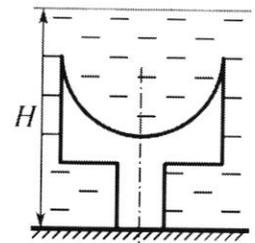
- 1) Найдите разность h уровней жидкости в сосудах.
 - 2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты $h = R$, здесь R – радиус планеты. Плотность планеты ρ . Гравитационная постоянная G . Объём шара $V = \frac{4}{3}\pi R^3$.
- 1) Найдите ускорение g свободного падения на расстоянии $3R$ от центра планеты.
 - 2) Найдите период T обращения спутника.

4. На горизонтальном столе находятся бруски, соединённые нитью с системой блоков (см. рис.). Массы брусков $m_1 = 3m$, $m_2 = 5m$. 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 минимальную силу F , при которой нижний брусок скользит по столу, а верхний брусок движется влево относительно нижнего бруска.

5. Ко дну бассейна глубиной $H=3$ м приклеена осесимметричная конструкция (см. рис.). Клей затвердел. Верхняя поверхность конструкции – полусфера. Объём конструкции $V = 5$ дм³, площадь соприкосновения конструкции с дном через клей $S = 10$ 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.

1.) Скорость камня будет равна $\frac{v_0}{2}$ дважды: когда камень будет лететь вверх и когда камень будет лететь вниз. Происходит это будет на одинаковой высоте. Скорость меняется линейно. Первый раз скорость будет равна $\frac{v_0}{2} = 5 \text{ м/с}$ через t_1 :

$$v_0 - gt_1 = \frac{v_0}{2} \Rightarrow t_1 = \frac{10-5}{10} = 0,5 \text{ с}$$

Второй раз скорость будет равна $\frac{v_0}{2} = 5 \text{ м/с}$ через t_2 :
(после прохождения телом максимальной высоты.)

$$t_0 = \frac{v_0}{g} = 1 \text{ с} - \text{время полёта до наивысшей точки}$$

$$t_2 = t_0 + \frac{v_0}{2g} = 1,5 \text{ с} - \text{искомое время.}$$

2.) Для t_1 и t_2 высота одинаковая.

$$h = v_0 t_1 - \frac{gt_1^2}{2} = 3,75 \text{ м.}$$

Ответ: $t = 0,5 \text{ с}$ - при полёте вверх; $t = 1,5 \text{ с}$ - при полёте вниз; $h = 3,75 \text{ м}$ - искомая высота.

№2.

- 1.) Запишем условие равновесия для правого поршня:
 (P_0 - атмосферное давление; $\rho g h_0$ - давление под поршнем.)

$$P_0 \frac{S}{3} = \rho g h_0 \frac{S}{3} \Rightarrow P_0 = \rho g h_0$$

Запишем условие равновесия для левого поршня:
 (обозначения те же; $\rho g h_0 - \rho g h$ - давление под левым поршнем.)

$$P_0 S = \rho g h_0 S - \rho g h S + kx \quad \text{Подставим значение для } \rho g h_0:$$

$$P_0 S = P_0 S - \rho g h S + kx$$

$$\rho g h S = kx$$

$$h = \frac{kx}{\rho g S} - \text{разность уровней жидкости в сосудах.}$$

- 2.) Сила упругости kx действует на поршень вверх, поэтому пружина растянута.

Т.е., чтобы пружина перестала быть деформированной ~~и~~ уровень жидкости в левом сосуде должен подняться на x . Сечение правого сосуда в 3 ~~раз~~ раза меньше, поэтому в нем ^{уровень} жидкости (из условия несжимаемости и нерастяжимости жидкости) опустится на $3x$.

~~Д~~ Давление под правым поршнем будет равно $\rho g h_0 + \rho g \cdot 3x$.
 Запишем условие равновесия для правого ~~поршня~~ поршня:

$$\rho g h_0 S + \rho g \cdot 3x S = P_0 S + mg$$

$$P_0 S + \rho g \cdot 3x S = P_0 S + mg$$

$$3\rho g x S = mg \Rightarrow m = 3\rho x S - \text{масса груза.}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Ответ: $h = \frac{kx}{\rho g S}$ - разность уровней жидкости;

$m = 3 \rho x S$ - масса груза.

№3.

1) Формула ускорения свободного падения:

$g = \frac{GM}{r^2}$, где M - масса планеты; r - расстояние до центра планеты.

$M = V \rho = \frac{4}{3} \pi \rho R^3$ - масса планеты.

$g = \frac{\frac{4}{3} G \pi \rho R^3}{9 R^2} = \frac{4}{27} G \pi \rho R$ - ускорение свободного падения на расстоянии $3R$ от центра планеты.

2) На круговой орбите скорость постоянна и равна первой космической. (r - радиус орбиты)

$v_1 = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ - формула первой космической скорости.

Период обращения T равен:

$$T = \frac{2\pi r}{v_1} = \frac{2\pi r}{\sqrt{\frac{GM}{r}}} = \sqrt{\frac{4\pi^2 r^2}{\frac{GM}{r}}} = \sqrt{\frac{4\pi^2 r^3}{G \cdot \frac{4}{3} \pi R^3 \rho}} = \sqrt{\frac{3\pi \cdot r^3 \cdot 8}{GR^3 \rho}}$$

$T = \sqrt{\frac{24\pi}{G\rho}}$ - период обращения спутника.

(высота орбиты R и радиус планеты R , т.е. радиус орбиты - это $2R$.)

Ответ: 1.) $g = \frac{4}{27} G \pi \rho R$; 2.) $T = \sqrt{\frac{24\pi}{G\rho}}$ - период обращения.

№5.

1) $P_1 = P_0 + \rho g H = 100000 + 1000 \cdot 10 \cdot 3 = 100000 + 30000 = 130000 \text{ Па} = 130 \text{ кПа}$ - давление вблизи дна.

2.) Если бы крышка не была прикреплена ~~к дну~~ ко дну, то на неё действовала бы только сила Архимеда:

$$F_A = \rho g V = 1 \cdot 10 \cdot 5000 = 50000 \text{ н} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 50 \text{ кн} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 50 \text{ Н}.$$

сила ~~Архимеда~~ Архимеда, действует вверх.

Сила F меньше силы F_A , т.к. у дна вода не давит на площадку, равную $S = 10 \text{ см}^2$: (давление у дна равно P_1).

$$F = F_A - P_1 \cdot S = 50 - 130000 \cdot 10 \cdot \frac{1}{100 \cdot 100}$$

$$F = 50 - \frac{1300000}{10000} = 50 - 13 = 37$$

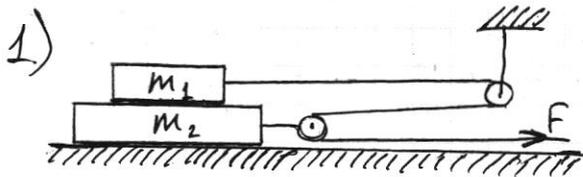
$F = 50 - 130 = -80 \text{ Н}$ Сила получилась отрицательной, потому что мы предположили, что она направлена в верх, но это предположение оказалось неверным.

Сила F направлена вниз и равна 80 Н

Ответ: 1) $P_1 = 130 \text{ кПа}$ - давление вблизи дна.

2) $F = 80 \text{ Н}$, направлена вертикально вниз.

№4.



Литский брусок действует на стол с силой $(m_1 + m_2)g$.

Сила трения скольжения

для литского бруска равна $F_1 = \mu(m_1 + m_2)g = 8 \text{ н} \cdot g$

Сила F равна силе натяжения нити T .

~~Для того чтобы брусок скользил по столу, сила трения скольжения должна быть меньше силы натяжения нити.~~

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Сила трения для верхнего бруска равна 0, если он неподвижен относительно нижнего бруска и его ускорение a такое, что $3at = F_0$.

Бруски неподвижны относительно друг друга, поэтому ускорение нижнего бруска также равно a .

В проекции на горизонтальную ось:

$$2F_0 - F_1 = a \cdot 5m - \text{II закон Ньютона.}$$

$$F_0 = 3at \Rightarrow 6at - F_1 = 5at \quad at = F_1 = 8 \text{ мДж}$$

$$a = 8 \text{ мДж} \Rightarrow F_0 = 3at = 3m \cdot 8 \text{ мДж} = 24 \text{ мДж.} - \text{искомая}$$

горизонтальная сила.

~~Верхний брусок будет скользить влево, если ускорение нижнего бруска больше $a = 8 \text{ мДж}$, т.е. если сила $F > F_0$, т.е. $F > 24 \text{ мДж}$. ($F_{\min} = 24 \text{ мДж}$)~~

~~Ответ: 1.) $F_0 = 24 \text{ мДж}$ - горизонтальная сила F .~~

~~2.) $F > 24 \text{ мДж}$ ($F_{\min} = 24 \text{ мДж}$ - минимальная сила, при которой верхний брусок может начать скользить влево относительно нижнего бруска, т.к. действующие силы на него скомпенсированы).~~

2.) Верхний брусок начинает двигаться влево относительно нижнего, если:



$$3ma_1 = F_{\min} - 3 \cdot 8 \text{ мДж} \Rightarrow F_{\min} = 3ma_1 + 3 \cdot 8 \text{ мДж}$$

Брусок только начинает двигаться, поэтому a_1 - ускорение

для обоих брусьев.

$$\text{Для нижнего бруска: } 2F_{\min} - 8 \mu \text{г} = 5ma_1.$$

$$6ma_1 - 6 \mu \text{г} = 5ma_1 + 8 \mu \text{г}$$

$$ma_1 = 14 \mu \text{г} \Rightarrow a_1 = 14 \mu \text{г} \cdot - \text{ускорение брусков.}$$

$$F_{\min} = 3ma_1 - 3 \mu \text{г} = 3m(a_1 - \mu \text{г}) = 3m \cdot (14 \mu \text{г} - \mu \text{г}) = 3m \cdot 13 \mu \text{г}$$

$$F_{\min} = 39 \mu \text{г} \cdot - \text{минимальная сила } F.$$

Ответ: 1) $F_0 = 24 \mu \text{г} \cdot$ - максимальная сила F .

2) $F_{\min} = 39 \mu \text{г} \cdot$ - минимальная сила F .

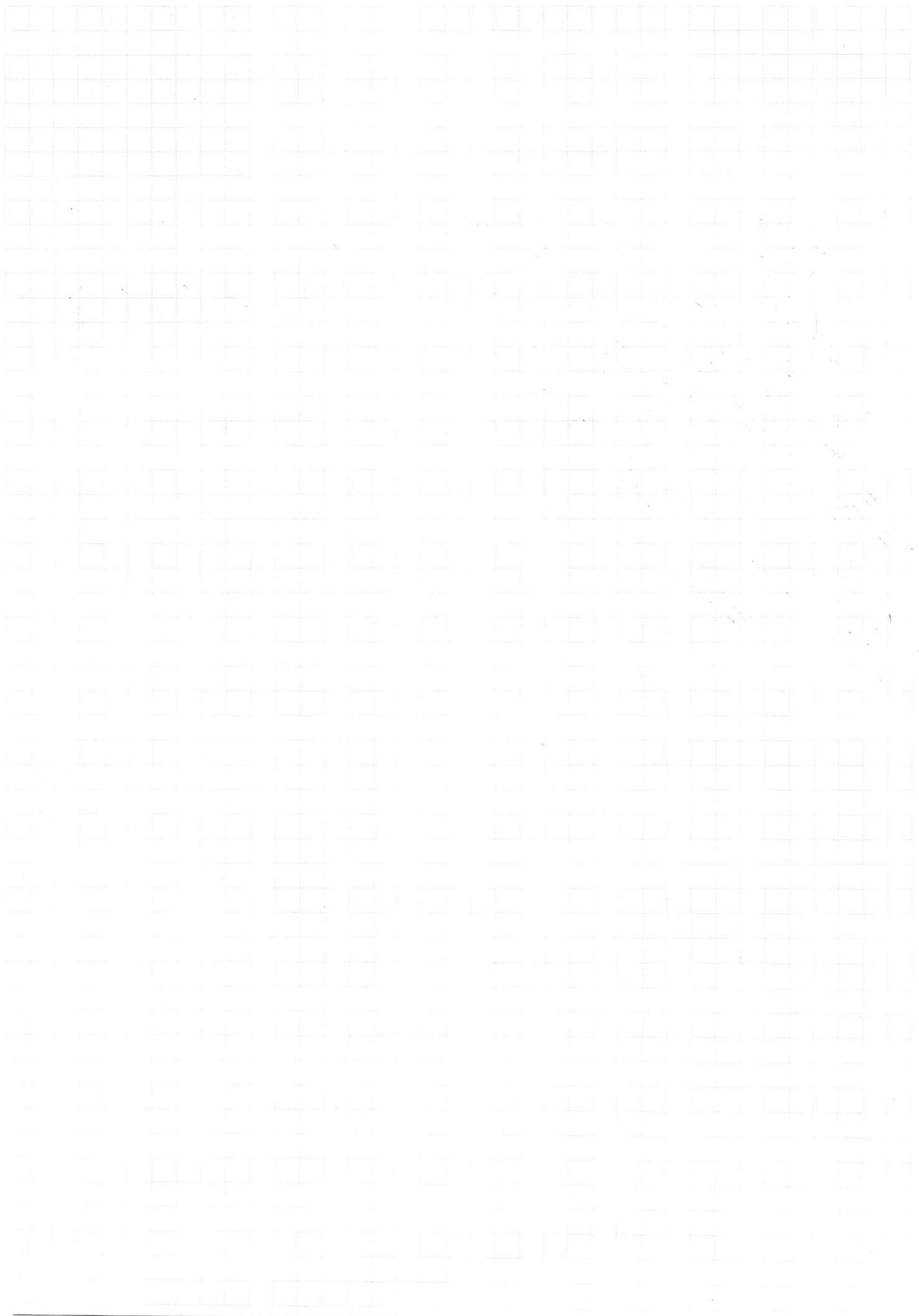
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$2F_{\min} = F_1 \Rightarrow F_{\min} = 0,5 F_1 = 4 \text{ мНд.}$$

Сила трения скольжения верёвки бруска по горизонтальной
поверхности равна $F_2 = 3 \text{ мНд.}$

П.к. $F_{\min} > F_2$, то ~~возникнет~~ ситуация, когда нижний брусок
скользит, а сила трения, действующая на
верхний равна 0 невозможна. (при F больше 3 мНд
верхний брусок будет двигаться и его сила трения
будет равна 3 мНд.)

Черновик



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

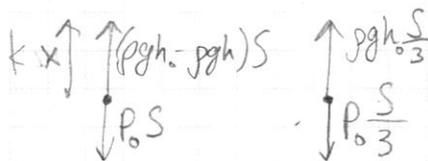
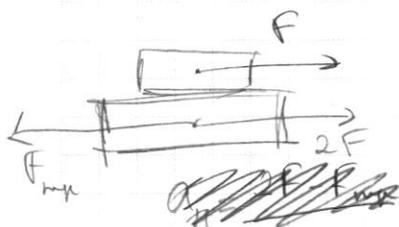
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Черновик.

$$5 \text{ ат} = 6 \text{ ат} - 8 \text{ мкг}$$

$$F = am \cdot 3$$

$$a = \frac{2 \cdot 3 \text{ ат} - 8 \text{ мкг}}{5 \text{ м}}$$



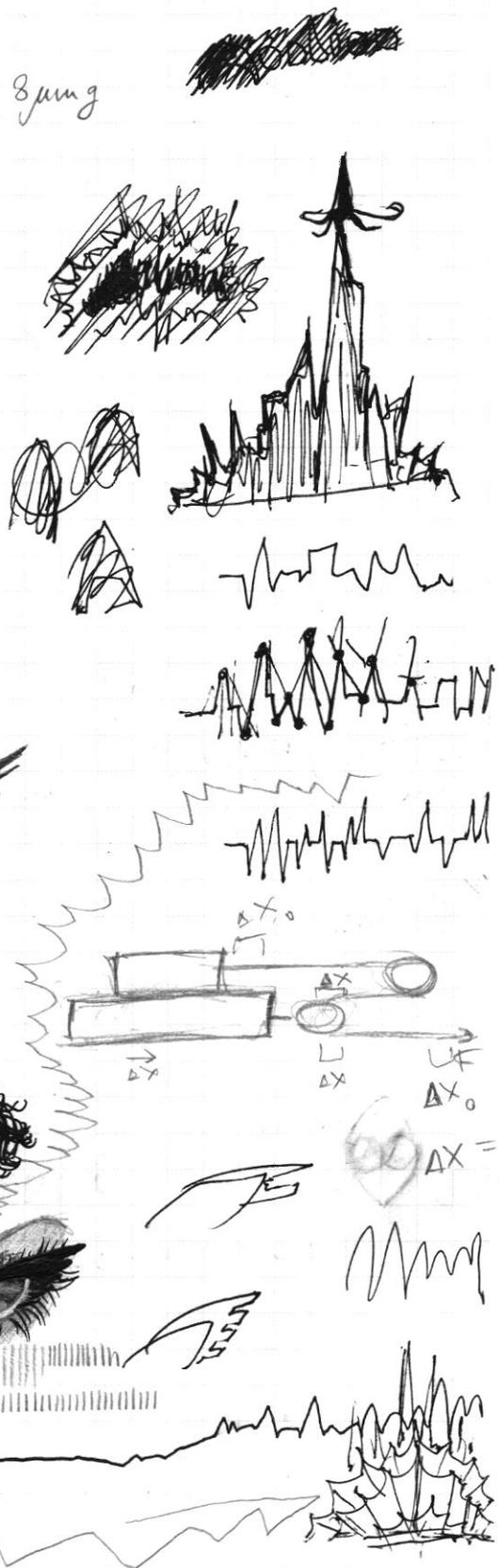
$$pgh \cdot \frac{S}{3} = P_0 \cdot \frac{S}{3}$$

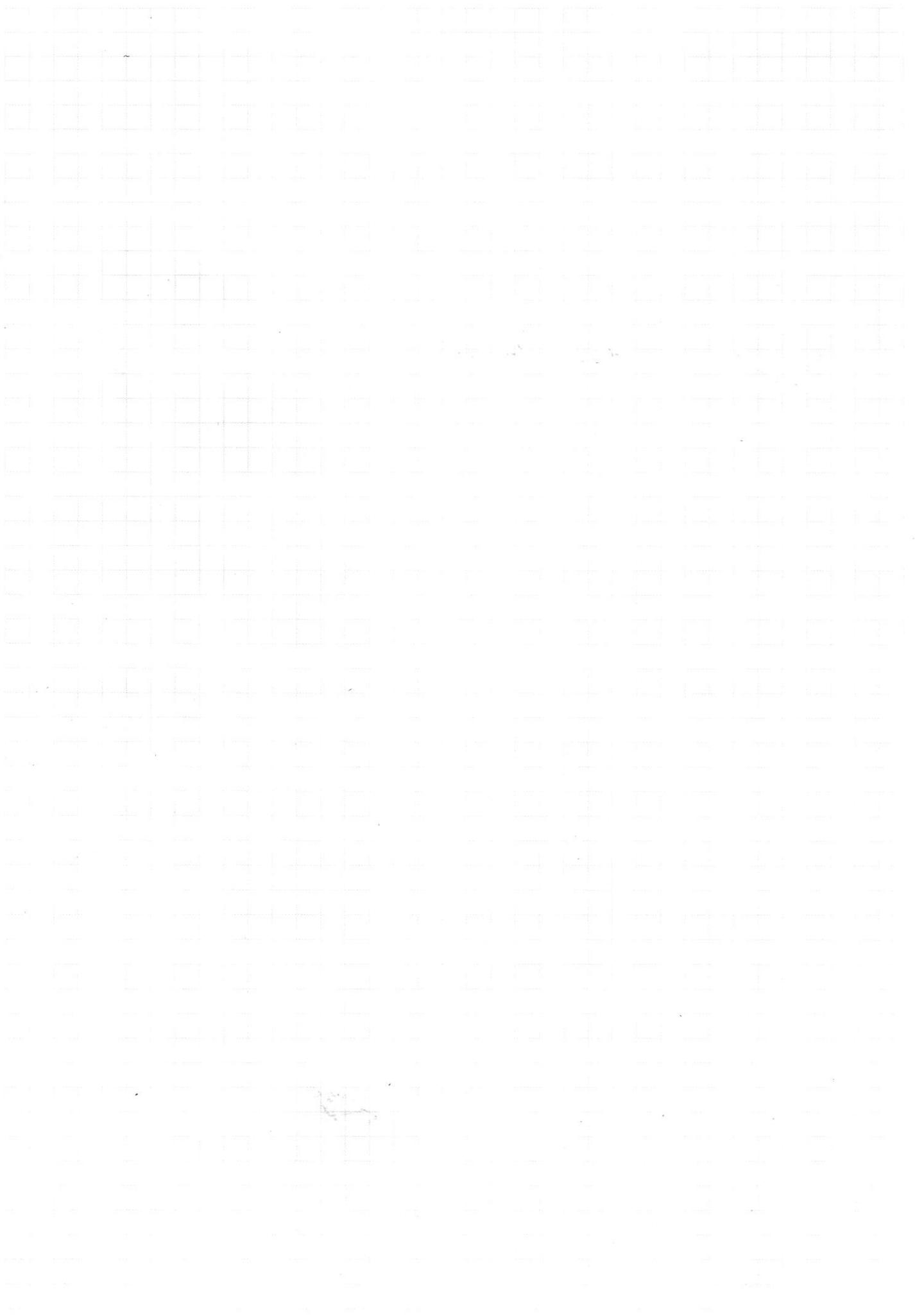
$$pgh = P_0$$

$$P_0 S = (P_0 - pgh) S + kx$$

$$5 - \frac{5}{4} = \frac{15}{4} = 3 \frac{3}{4}$$

$$kx = pgh \cdot S$$





черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)