

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

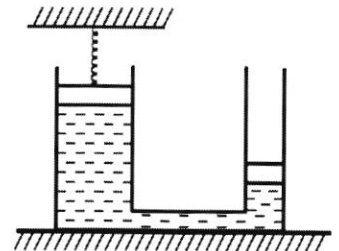
Вариант 09-02

Шифр

(заполняется секретарём)

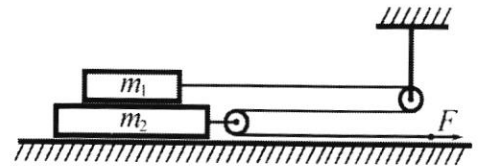
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 10$ м/с.
- 1) Через какое время t после старта скорость камня будет равна по величине $V_0/2$?
 - 2) На какой высоте h , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине $V_0/2$?
- Ускорение свободного падения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



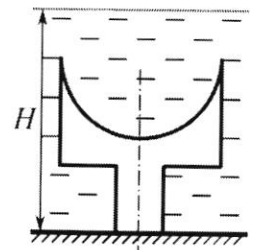
- 1) Найдите разность h уровней жидкости в сосудах.
 - 2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты $h = R$, здесь R – радиус планеты. Плотность планеты ρ . Гравитационная 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 Есть 2 случая - когда мяч взлёте
со скоростью $\frac{v_0}{2}$, и когда мяч спускает $-\frac{v_0}{2}$,

Найдём время максимальной высоты

~~$$t_{\text{м.}} = \frac{v_0}{g} = \frac{10}{10} = 1 \text{ с}$$~~

Найдём теперь время $\frac{v_0}{2}$

$$1) \frac{v_0}{2} = v_0 - g t_1 \quad t_1 = \frac{v_0}{2g} = \frac{10}{20} = 0,5 \text{ с}$$

$$2) \frac{v_0}{2} = 0 + g t_2 \quad t_2 = \frac{v_0}{2g} + t_{\text{м.}} = \frac{10}{20} + 1 = 1,5 \text{ с}$$

Найдём h

~~$$h_1 = v_0 \cdot t_1 - \frac{g t_1^2}{2} = 10 \cdot 0,5 - \frac{10 \cdot 0,5^2}{2} = 3,75 \text{ м}$$~~

$$h_2 = v_0 \cdot t_2 - \frac{g t_2^2}{2} = 10 \cdot 1,5 - \frac{10 \cdot 1,5^2}{2} = 3,75 \text{ м}$$

Ответ: 1) $t_1 = 0,5 \text{ с}$; $t_2 = 1,5 \text{ с}$

2) $h_1 = h_2 = 3,75 \text{ м}$

2



Обозн. забл. волей
 на первом S.
 - p_x , тогда
 на второй конец
 давление $p_x + \rho g h$

Запишем силы в срезе сечения из

корней ?
 (силы в равновесии)

(1) $p_0 S = p_x S + kx$

(2) $p_0 \frac{S}{3} = (p_x + \rho g h) \frac{S}{3}$

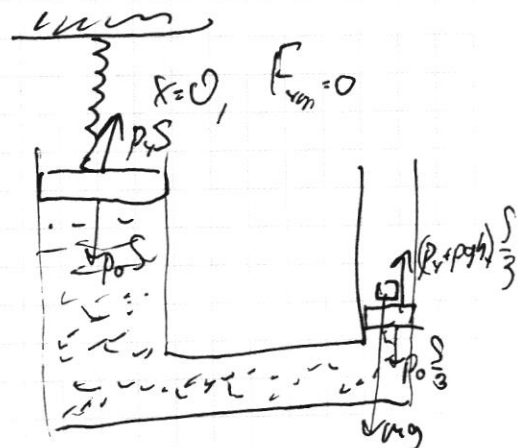
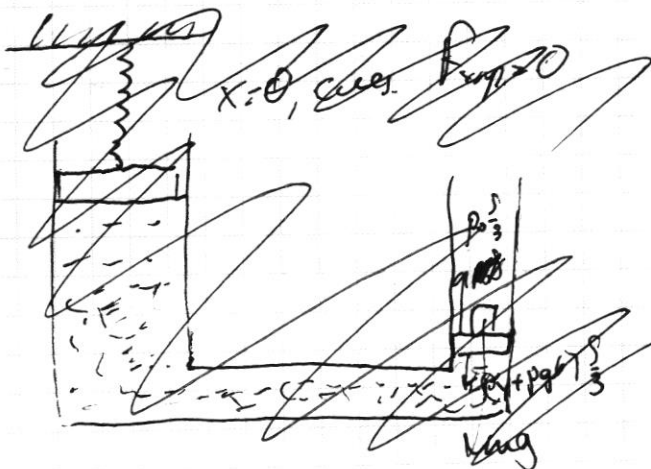
получаем (1) и (2) $(p_0 - p_x) S = kx$ (3)

$(p_0 - p_x) = \rho g h$ (4)

из (3) и (4) $\rho g h S = kx$

1) $h = \frac{kx}{\rho g S}$

Когда добавили груз:



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Оботм. габл. вогн на корнетъ S - p_4 , соотв
субъемие на вогрой - $p_4 + \rho g h_4$

т.ч. крчжика стала недеформированной, ~~и~~

и корнетт перемещены ~~и~~

$$\Delta x_1 \cdot S = \Delta x_2 \cdot \frac{S}{3}$$

$$3 \Delta x_1 = \Delta x_2$$

(Δx_1 - масоовко крчжика I корнетт,
 Δx_2 - масоовко II) $\Delta x_1 = x$, см.

$$3x = \Delta x_2, \text{ см. } h_4 = h + \Delta x_1 + \Delta x_2 = h + 3x + x = h + 4x = \frac{h}{3} + 4x$$

Запишем силы отнов.

корнетт:
(система в равновес.)

$$p_4 S = p_0 S \Rightarrow p_4 = p_0$$

$$(p_4 + \rho g h_4) \frac{S}{3} = p_0 \frac{S}{3} + mg$$

$$mg = (p_4 - p_0 + \rho g h_4) \frac{S}{3} =$$

$$= \frac{\rho g h_4 S}{3}$$

$$m = \frac{\rho g h_4 S}{3g}$$

$$2) m = \frac{\rho g S}{g} \cdot x \left(\frac{k}{\rho g S} + 4 \right) = \rho S \cdot x \cdot \frac{k}{\rho g S} + 4 \rho S x = \frac{xk}{g} + 4 \rho S x$$

Ответ: 1) $h = \frac{kx}{\rho g S}$

2) $m = \frac{xk}{g} + 4 \rho S x$

③ 1) На расст. $3R$ от центра планеты ~~на~~ ~~землю~~ ~~массой~~ ~~и~~ ~~длина~~ ~~приобретать~~ ~~ускорение~~ g_x , под действием силы attraction этой планеты.

ИЗН. $mg_x = F_{пр} = G \frac{m \cdot M}{R_x^2} = G \frac{m \cdot \rho \frac{4}{3} \pi R^3}{9R^2} =$

$$M = \rho V$$

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

$$R_x = 3R$$

$$= G m \rho \frac{4}{27} \pi R$$

$$mg_x = G m \rho \frac{4}{27} \pi R$$

$$g_x = G \rho \frac{4}{27} \pi R$$

2) На орбите h от поверхности планеты, след. на расст. $h+R$, $2R$ от центра.

Он остаётся на орбите за счёт $a_n = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$

пернос. $T = \frac{2\pi}{\omega}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

На считанье действует σ_n и $F_{\text{пр}}$, следовательно

$$m a_n = G \frac{m \rho \frac{4}{3} \pi R^3}{4 \pi R^2}$$

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

$$M = \rho V$$

$$2 m \omega^2 R = G \frac{m}{3} \rho \pi R$$

$$\omega^2 = \frac{G \rho \pi}{2 \cdot 3}$$

$$\omega = \sqrt{G \rho \frac{\pi}{3 \cdot 2}}$$

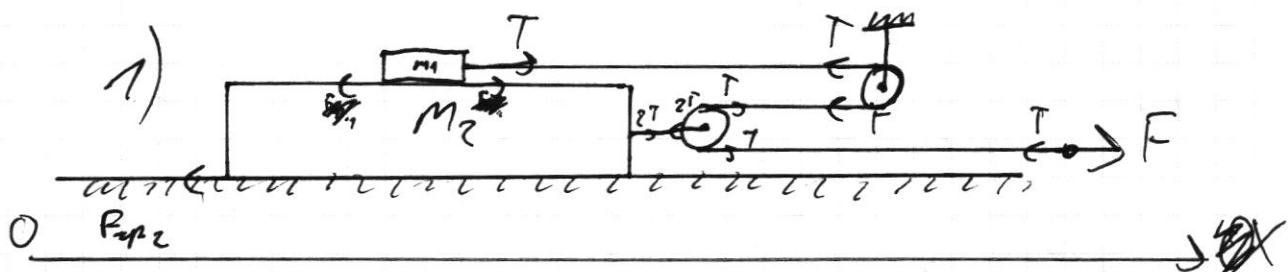
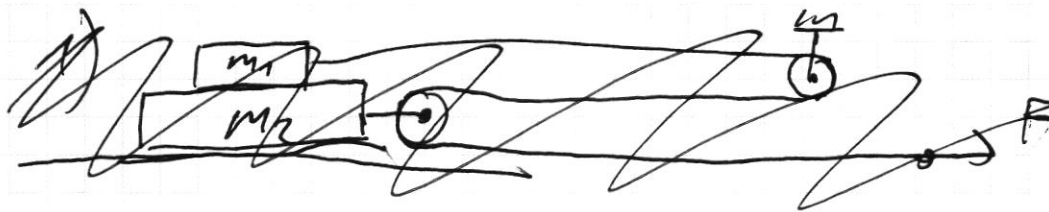
$$T = \frac{2 \pi}{\sqrt{G \rho \frac{\pi}{6}}} = \frac{2 \sqrt{6} \pi}{\sqrt{G \rho \pi}}$$

$$= \frac{2 \sqrt{6} \pi}{\sqrt{6 \rho}} = \frac{2 \sqrt{6} \pi}{\sqrt{6 \rho}} = \sqrt{\frac{24 \pi}{\rho}}$$

Ответ: 1) $g_v = G \rho \frac{4}{27} \pi R$

2) $T = \sqrt{\frac{24 \pi}{\rho}}$

4



1) ~~$F_0 = T$~~ , очевидно, что $F_0 = T$, т.к. от одного
и конца, но и теперь рассчитаю силы
(горизонтальные)

Т.к. на ~~м~~ брусок m_1 сила ~~не~~ ~~горизонтальная~~
горизонтальная, след. он не движется, а
след. имеет такое же ускорение
как и брусок m_2 . - а

Запишем II з.м. для m_1 и m_2 $m_1 = 3\text{ кг}$
 $m_2 = 6\text{ кг}$

У: (1) $T = 3a$

У: $N_1 = 3mg$ (2) $2T - 8mg = 5a$

$N_2 = (3+6)mg = 6mg$

из (1) и (2):

$F_{cp2} = 8mg = \mu N_2$

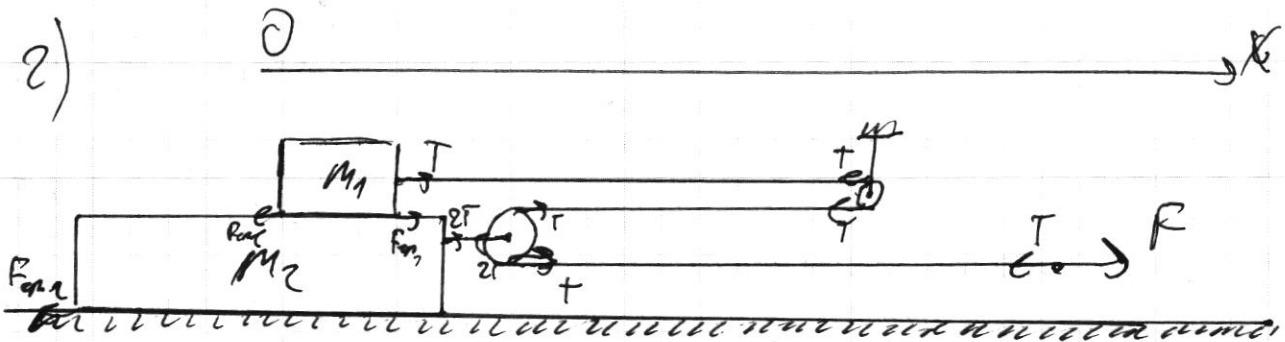
$$2T - 8mg = \frac{5T}{3}$$

$$6T - 24mg = 5T$$

$$T = 24mg$$

$$F_0 = 24mg$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



2) Очевидно, что $F = T$, т.е. она приложена

а миске и рассчитываем горизонтальную силу.

По ЦЗМ. $F_{тр1}$ действует на оба предмета.

ОУ: $N_1 = 3mg$

$N_2 = (5/3)mg$

$F_{тр1} = \mu N_1 = 3\mu mg$

$F_{тр2} = \mu N_2 = 5\mu mg$

(1) $T - 3\mu mg \leq 0$ (влево по оси OX)
 $a_1 \leq 0$
 (2) $2T - 5\mu mg + 3\mu mg \geq 0$ (вправо по оси OX)
 $a_2 \geq 0$

из (1) и (2) $T \leq 3\mu mg$

$2T \geq 5\mu mg$

$2T \mu mg \leq T \leq 3\mu mg$

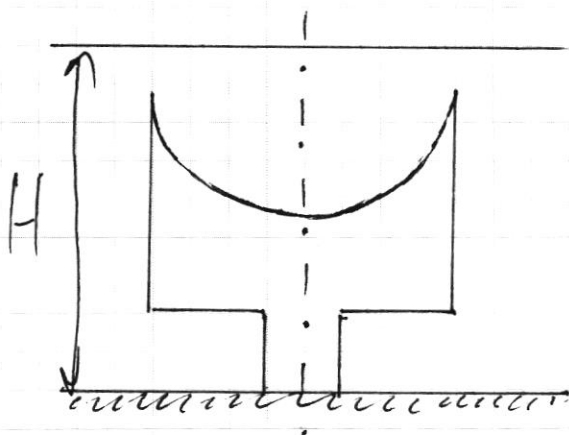
след. мин. $F = 2T_{min}$

$= 2 \cdot 5\mu mg$

Ответ: 1) $F_0 = 24\mu mg$

2) $F = 25\mu mg$

5



1) Форма конусообразной
миски не влияет
на ρ давление
 \therefore глубина P_1 , а не

$$P_1 = P_0 + \rho g H =$$

$$= 100000 + 1000 \cdot 10 \cdot 3 =$$

$$= 1,3 \cdot 10^5 \text{ Па} =$$

$$= 1,30 \text{ кПа}$$

2) Т.к. единственная
часть конусообразной миски
которая действует силой
Архимеда - это архимедова

часть, то мы можем подсчитать

силу Архимеда, которая действует
на это же самое тело если бы

было погружено, а потом вычитать

ту силу давления воды (давление ρ самого
глубина мы знаем)

$$F_{A_1} = \rho V g = 1000 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 10 = 50 \text{ Н}$$

$$F_{g_1} = P_1 S = (P_0 + \rho g H) S = (100000 + 1000 \cdot 10 \cdot 3) \cdot 10^{-5} = 1,3 \text{ Н}$$

$$F_{\text{в.}} = F_{A_1} - F_{g_1} = \rho V g - (P_0 + \rho g H) S = \rho V g - P_0 S - \rho g H S =$$

$$= 1000 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 10 - (100000 + 1000 \cdot 10 \cdot 3) \cdot 10^{-5} = 50 - 1,3 =$$

$$= 48,7 \text{ Н}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Отчет: ~~1) $P_1 = 130 \text{ кПа}$~~
1) $P_1 = 130 \text{ кПа}$
2) $F_b = 48,7 \text{ Н}$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № 10
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

① ~~$\frac{mv_0^2}{2} = mg \frac{v_0^2}{g}$~~

$\frac{v_0}{2} = v_0 - gt$

$gt = \frac{v_0}{2}$

$t = \frac{v_0}{2g} = 0,1 \text{ c}$

~~$v_0 = 0 + gt$~~

$t = \frac{v_0}{2g} = 0,1 \text{ c}$

$h = v_0 t - \frac{gt^2}{2} = 10 \cdot 0,1 - \frac{10 \cdot 0,1^2}{2} = 5 - \frac{0,1}{2} = 4,95 = \frac{9,9}{2} = 3,75 \text{ m}$

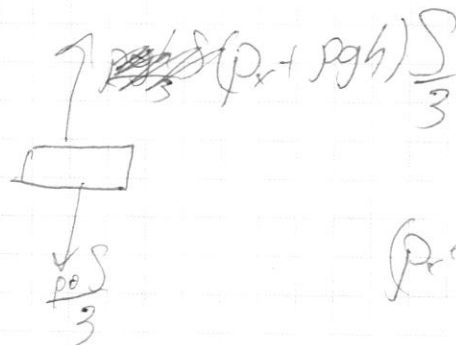
~~$h = \frac{v_0^2}{2g}$~~

$0 \cdot t + \frac{g \cdot (t - t_0)^2}{2} = \frac{10 \cdot 0,1^2}{2} = \frac{0,1}{2} = 0,05 \text{ m}$

$H = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{100}{20} = 5 \text{ m}$

$H - h = 5 - 1,25 = 3,75 \text{ m}$

②



$(p_0 + \rho gh) \frac{S}{3} = p_0 \frac{S}{3}$

~~$kx = p_0 S + \rho gh S$~~
 ~~$kx = p_0 S + \rho gh S$~~
 ~~$kx = (p_0 + \rho gh) S$~~
 $kx = \rho gh S$
 $h = \frac{kx}{\rho g S}$

$$2) \quad p_0 S = p_1 S$$

$$(p_1 + \rho g h) \frac{S}{3} = p_0 \frac{S}{3} + m g$$

$$m g = (p_1 + \rho g h) \frac{S}{3} - \frac{p_0 S}{3} =$$

$$= \cancel{\frac{\rho g h S}{3}} - \cancel{\frac{p_0 S}{3}}$$

$$= \frac{p_1 S}{3} - \frac{p_0 S}{3} + \frac{\rho g h S}{3}$$

$$m = \frac{\rho g h S}{3 g}$$

$$3) \quad 1) \quad m g_x = G \frac{m \cdot \rho \frac{4}{3} \pi R^3}{4 R^2}$$

$$\frac{M}{c^2} = \gamma \frac{M_0}{\sqrt{1 - \beta^2}}$$

$$\frac{M}{c^2} = \frac{M_0}{\sqrt{1 - \beta^2}} \cdot \frac{M_0^3}{M_0^3} = X$$

$$g_x = G \rho \frac{4}{3} \pi R$$

$$2) \quad m a_n = F_{\text{стр}}$$

$$m a = G \frac{m \cdot \rho \frac{4}{3} \pi R^3}{4 R^2}$$

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

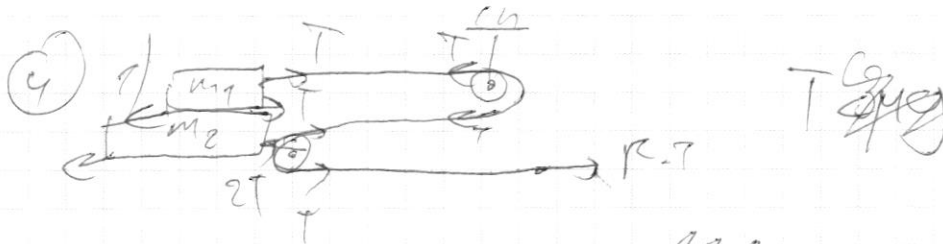
$$T = \frac{2\pi R \sin(\alpha + h)}{v}$$

$$T = \frac{4\pi R}{\sqrt{G \frac{2\rho}{3} \pi R^2}} = \frac{4\pi}{\sqrt{G \frac{2\rho}{3} \pi}} = \frac{4\sqrt{\pi}}{\sqrt{G \frac{2\rho}{3}}} = \frac{4\pi v^2}{2R} = G \frac{\rho}{3} \pi R$$

$$v^2 = G \frac{2\rho}{3} \pi R^2$$

=

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$T = 3 \text{ мН}$
 $2T - 3 \text{ мН} = 5 \text{ мН}$
 $\frac{T}{3} = 1 \text{ мН}$
 $2T - 3 \text{ мН} = \frac{5T}{3}$
 $6T - 9 \text{ мН} = 5T$
 $T = 9 \text{ мН}$

~~3T - 3 мН = 5 мН~~
~~3T - 3 мН = 5 мН~~
~~3T - 3 мН = 5 мН~~

$\mu g = 5 \cdot 10^{-3} \cdot 10$
 $\cdot 10^{-3} \cdot 1000 =$
 $= 5 \text{ Н}$
 $P_2 =$
 $= 1,3 \cdot 10^5 \cdot 10^{-5}$
 $= 1,3 \text{ Н}$

$T - 3 \text{ мН} = - 3 \text{ мН}$
 $2T - 3 \text{ мН} + 3 \text{ мН} = 5 \text{ мН}$

$F - 3 \text{ мН} = 0$
 $2F - 3 \text{ мН} + 3 \text{ мН} = 0$

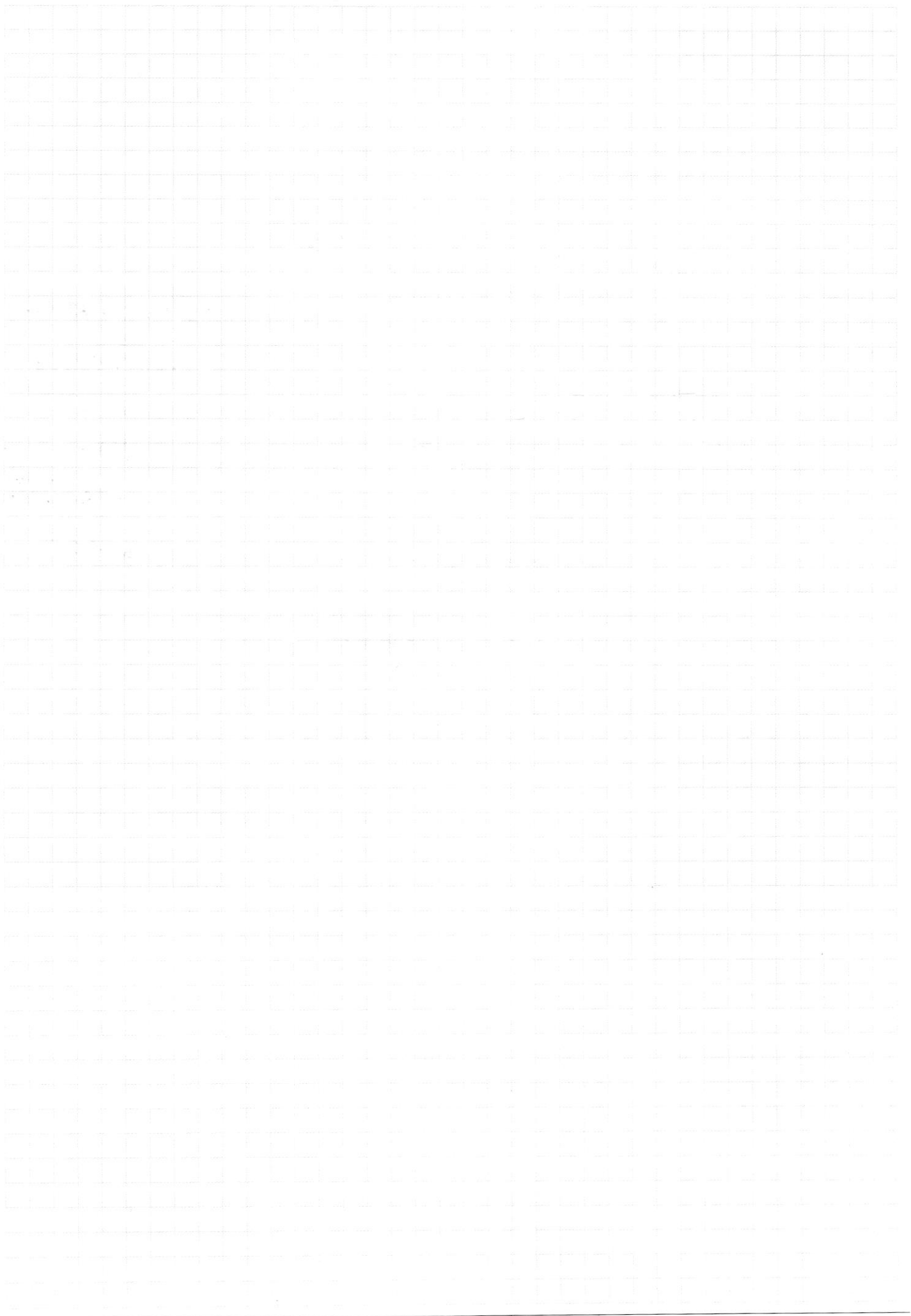
$\textcircled{P} \quad pMg + P_0 = P_1$

~~$\mu R^2 = S_1$~~

$R = \sqrt{\frac{S_1}{\mu}}$

$\frac{4}{3} \mu \sqrt{\frac{S_1}{\mu}} = \frac{4}{3} S_1 \sqrt{\frac{S_1}{\mu}}$

$F < 3 \text{ мН}$
 $2F - 3 \text{ мН} > 0$
 $2F > 3 \text{ мН}$
 $F > 1,5 \text{ мН}$
 $2,5 \text{ мН} < F < 3 \text{ мН}$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)