

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

Вариант 09-01

Шифр

(заполняется секретарём)

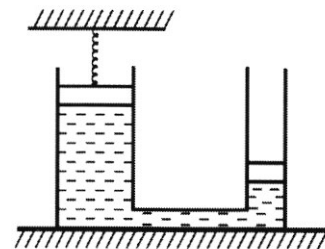
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 12$ м/с.

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.

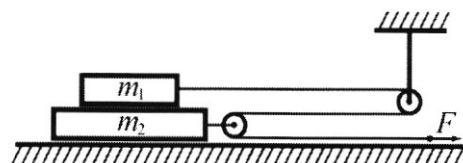
2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.

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.

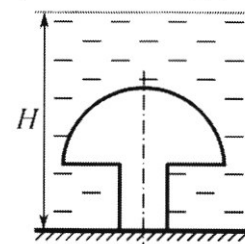
2) Найдите величину F минимальной силы, при которой нижний брусок скользит по столу, а верхний брусок движется влево относительно нижнего бруска.

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

1) Найдем зависимость $v(t)$. Единственная ~~учитываемая~~ ~~сила~~, действующая во время полета на камень, это сила тяжести \Rightarrow ускорение камня по Oy равно $-g$, а по Ox равно нулю.

$v_{0y} = v_0$; $v_{0x} = 0 \Rightarrow v_x(t) = 0$. Значит $v(t) = v_y(t)$ при любом t . $v_y(t) = v_0 - gt \Rightarrow$ нам подходит t_n также, что $|v(t_n)| = v_0/3$. $|v_0 - gt| = v_0/3$

$$\begin{cases} v_0 - gt = v_0/3 & \text{при } v_0 \geq gt \\ gt - v_0 = v_0/3 & \text{при } v_0 \leq gt \end{cases} \begin{cases} \frac{2}{3}v_0 = gt \\ \frac{4}{3}v_0 = gt \end{cases} \begin{cases} t = \frac{2v_0}{3g} \\ t = \frac{4v_0}{3g} \end{cases}$$

$$t_1 = 0,8 \text{ с} \quad t_2 = 1,6 \text{ с}$$

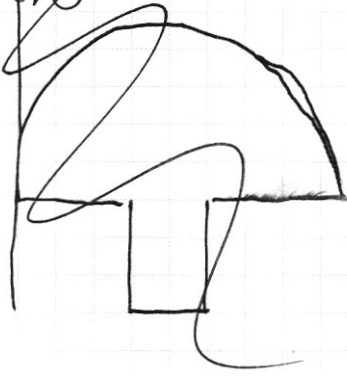
2) Мы знаем, что $v(t) = v_0/3$ при t_1 и t_2 , значит нам нужно найти $h(t_1, t_2)$. $h(t) = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$
 $h(t_1) = v_0 t_1 - \frac{gt_1^2}{2} = 6,4 \text{ м}$ $h(t_2) = v_0 t_2 - \frac{gt_2^2}{2} = 6,4 \text{ м}$



Траектория нарисована так как $v_x \neq 0$ для камня g космич, то есть просто раскатута.

Ответ: через 0,8 с и 1,6 с; на высоте 6,4 м

Задача 5



$$10000 \cdot 10 \cdot 8 - (10000 + 2,5 \cdot 10 \cdot 10000) \cdot 20 = 100000$$

$$80 - (35000 \cdot 2 + 100000 + 25000) \cdot 250$$

$125 \cdot 2$

$$80 - 70$$

$$100000 + 10 \cdot 2,5 \cdot 10000$$

$$100000 + 25000$$

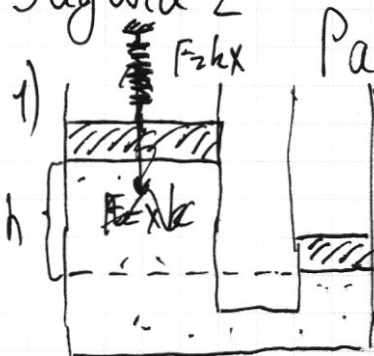
$$(100000 + 1000 \cdot 10 \cdot 2,5) \cdot 20 = 100000$$

$$125 \cdot 2 \quad 250$$

$$8 \cdot 10 \cdot 1000$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

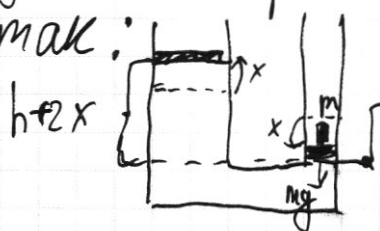
Задача 2



Раз уровень воды в сосуде 1 больше, чем во втором, то нить растянута.
Рассмотрим давление в обеих сосудах на указанном уровне (около правого от-но уровня поверхности).
Тогда $\rho g h - kx/S = 0$ (атмосферное сокращается)

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

2) Если пружина не растянута, то теперь картинка всегда будет так:



Выберем уровень.

Теперь, рассмотрим давление в обеих сосудах на этом уровне.

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

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

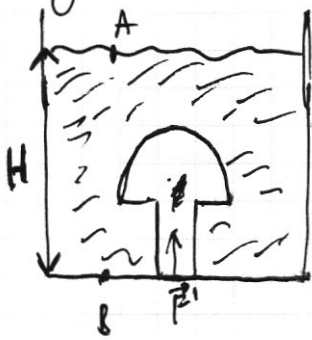
$$m = \frac{\rho g (h + 2x)}{2g} = \frac{\rho (h + 2x)}{2}$$

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

Ответ: $\frac{\rho g h S}{k}$;

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

Задача 5



1) Давление на поверхности в воде, P_1 , равно атмосферному P_0 .

Разность давлений в точках A и B (на поверхности и на дне) $\Delta P = \rho g H$, где

ρ - плотность воды. Тогда $P_1 = P_0 + \Delta P = P_0 + \rho g H$.

$$P_1 = 100000 \text{ Па} + 2,5 \cdot 10^4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 125000 \text{ Па}$$

2) Если бы не было атмосферного и под тем же давлением вода, вода бы действовала на него с силой Архимеда, равной $\rho g V$. Однако, в нашем случае отсутствует давление на нижнюю грань, которое было бы направлено вверх и равно $P_1 S_2 = F'$.

Тогда результирующая сила $\vec{F}_y = \vec{F}_{\text{Арх}} - \vec{F}'$, откуда

т.к. все силы ~~по~~ вертикальные (координаты касаются дна горизонтальной гранью) $\vec{F} = \vec{F}_{\text{Арх}} - \vec{F}'$

$$|F| = (|F_{\text{Арх}}| - |F'|) = |\rho g V - (P_0 + \rho g H) S| = |80 \text{ Н} - 70 \text{ Н}| = 10 \text{ Н}$$

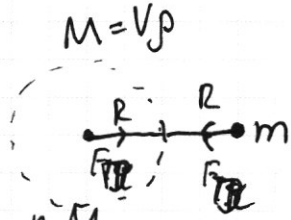
Поскольку $|F_{\text{Арх}}| > |F'|$ она направлена ^{вниз} вверх.

Ответ: вверх, ~~10 Н~~ 125000 Па; 170 Н, вниз

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 3

1)

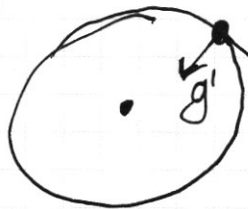


$F_{Тг}$ - сила тяготения ^{между} на орбите и планетой

$$F_{Тг} = G \frac{mM}{(2R)^2} \quad g = \frac{F_{Тг}}{m} = G \frac{M}{4R^2} = G \frac{\frac{4}{3}\pi R^3 \rho}{4R^2} =$$

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

2) На высоте h ускорение свободного падения $g' = G \frac{\frac{4}{3}\pi R^3 \rho}{1,5^2 R^2} = G \frac{16\pi R^3 \rho}{27 R^2} = G \frac{16\pi R \rho}{27}$. Рассмотрим движение спутника по орбите:



g' - центростремительное ускорение. $g' = v\omega = \omega^2 R$

$$\omega = \sqrt{\frac{g'}{R}} = \sqrt{G \frac{16\pi \rho}{27}}, \text{ считая, что } \pi \approx 3,14 \approx 3,$$

получаем $\omega = \sqrt{G \frac{16\rho}{9}} = \frac{4}{3} \sqrt{G\rho}$

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

Ответ: $G \frac{\pi \rho R}{3}; \quad \frac{3\pi}{2\sqrt{G\rho}}$

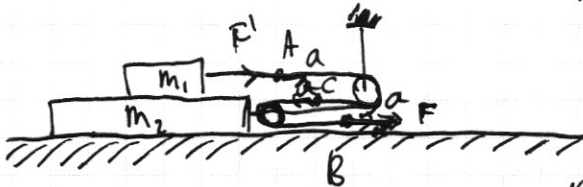


черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

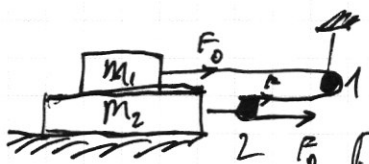
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 4



1) По сути система из двух ^{брусков} движется вперед с ускорением $a \Rightarrow$ ускорение точек B тоже равно a , как

и точки A, а также соединенной с ней через неподвижный блок точки C. Тогда получаем:



Трение между ^{брусками} ~~брусками~~ нет.

Рассмотрим силы, действующие на систему "бруска m_2 + блок 2", и систему "бруска m_1 ":

$$a = (\mu(m_1 + m_2)g + 2F_0) / m_2 = F_0 / m_1 \quad 2F_0 m_1 - F_0 m_2 = m_1 \mu(m_1 + m_2)g$$

$$F_0 = \frac{m_1 \mu(m_1 + m_2)g}{2m_1 - m_2} \quad \text{возьмем только при } 2m_1 > m_2$$

2) Рассмотрим крайний случай: верхний

брусок только начинает двигаться от-но нижнего, т.е. $a_1 = a_2 = a$
 $F_{тр}'$ максимальна

$$\text{Тогда} \quad \frac{F + \mu m_1 g}{m_1} \approx \frac{2F - \mu m_1 g - \mu(m_1 + m_2)g}{m_2}$$

См. продолжение

Задача и (продолжение)

Как мы выяснили, $m_2 F + \mu m_1 m_2 g = 2m_1 F - \mu m_1^2 g - \mu m_1(m_1 + m_2)g$

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

$$F = \frac{2\mu g m_1 (m_2 + m_1)}{2m_1 - m_2} = \frac{2\mu g \cdot 2m_1 (5m)}{m} = 20\mu g m$$

Ответ: ~~$\frac{m\mu(m_1 + m_2)g}{2m_1 - m_2}$~~ ; ~~$\frac{2\mu g m_1 (m_2 + m_1)}{2m_1 - m_2}$~~

10 $\mu g m$; 20 $\mu g m$

При $2m_1 \leq m_2$ это невозможно ни в одном из вариантов.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$m \quad 12 \cdot 0,8 + 0,8$$

$$0,8(12 + \frac{0,8 \cdot 10}{2})$$

$$0,8(12 + \frac{8}{2})$$

$$0,8 \quad 16$$

$$\begin{array}{r} 4 \\ \times 16 \\ \hline 128 \end{array}$$

$$128$$

$$64$$



$$1,6(12 - \frac{1,6 \cdot 10}{2})$$

$$12 \quad 16$$

$$\vec{F}_{TP} + m_2 a - \vec{F}$$



$$1,6(12 - 8)$$

$$8$$

$$\vec{F}_{TP} + m_2 a$$



$$1,6$$

$$4$$



$$0,8$$

$$12 \cdot 0,8$$

$$F \quad 12 - 0,8 \cdot 10$$

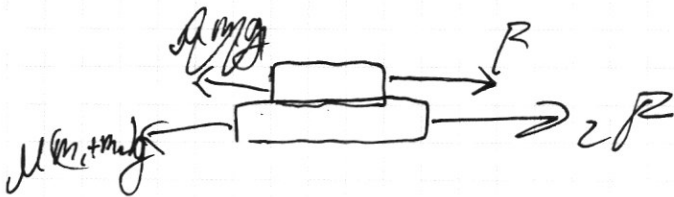
$$12 \cdot 0,8 - \frac{0,8 \cdot 0,8 \cdot 10}{2}$$

$$0,8(12 - 4)$$

$$\frac{F + \mu m_1 g}{m_1}$$

$$8 \quad 0,8$$

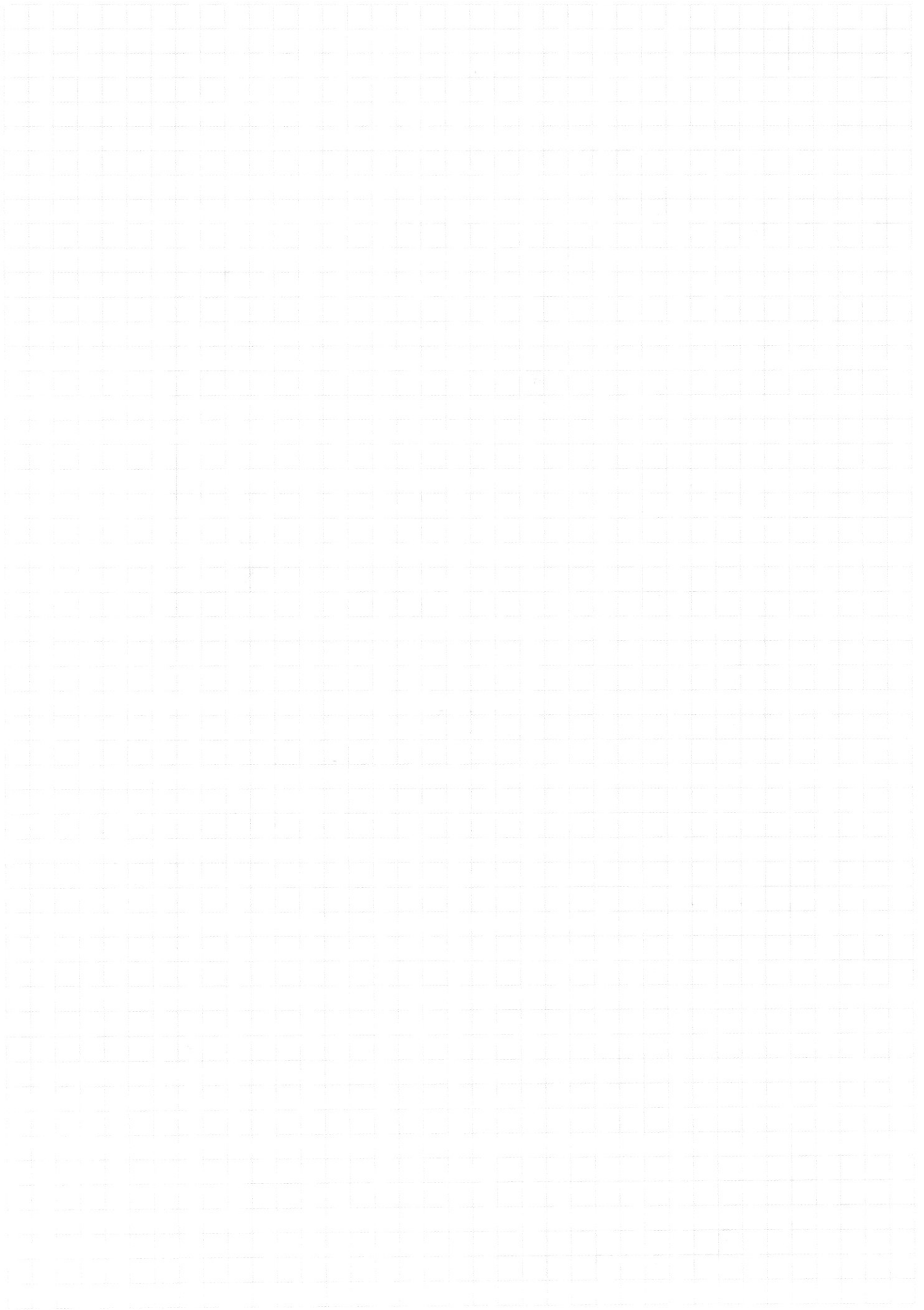
$$6,4$$



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

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

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



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)