

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

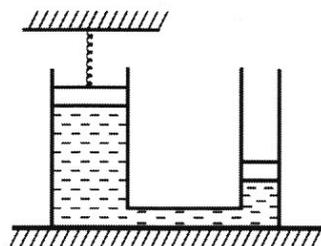
Вариант 09-01

Шифр

(заполняется секретарём)

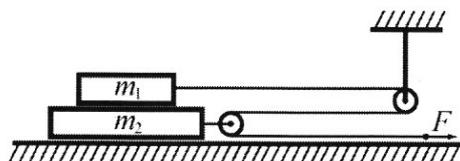
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 12$ м/с.
- 1) Через какое время t после старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
 - 2) На какой высоте h , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
- Ускорение свободного падения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



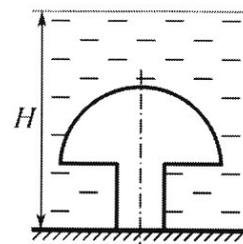
- 1) Найдите деформацию x пружины.
 - 2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты $h = 0,5R$, здесь R – радиус планеты. Плотность планеты ρ . Гравитационная постоянная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

№ 1

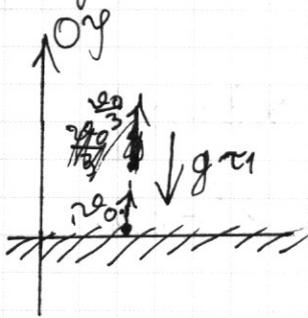
Дано:
 $v_0 = 12 \text{ м/с}$
 $g = 10 \text{ м/с}^2$

$\tau_1 = ?$
 $h = ?$

Решение:

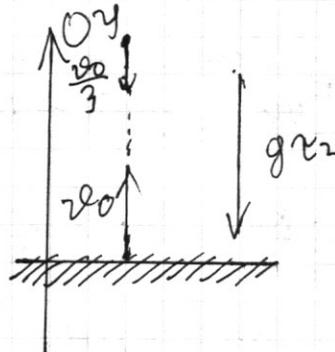
Очевидно, из того, что силы сопротивления воздуха нет, камень будет обладать одной и той же скоростью в два разных пролета ка времени (если он достигает в этот момент максимальной высоты, то время соответствующее этому моменту будет только одно.)

Запишем в проекции на ось Ox в двух случаях:



$$v_0 - g\tau_1 = \frac{v_0}{3}$$

$$\tau_1 = \frac{2v_0}{3g}$$



$$v_0 - g\tau_2 = -\frac{v_0}{3}$$

$$\tau_2 = \frac{4v_0}{3g}$$

Подставим числа:

$$\tau_1 = \frac{2 \cdot 12}{3 \cdot 10} = 0,8 \text{ с}$$

$$\tau_2 = \frac{4 \cdot 12}{3 \cdot 10} = 1,6 \text{ с}$$

Из ЗСЭ скорость камня будет $\frac{v_0}{3}$ в обоих случаях на одинаковой высоте, поэтому:

$$\frac{mv_0^2}{2} + mgh = \frac{mv_0^2}{18} + mgh$$

$$h = \frac{v_0^2}{2} - \frac{v_0^2}{18} = \frac{8v_0^2}{18g} = \frac{4v_0^2}{9g}$$

Подставим число:

$$h = \frac{4 \cdot 12^2}{9 \cdot 10} = \frac{4 \cdot 144}{9 \cdot 10} = 6,4 \text{ м}$$

Ответ: $\tau_1 = 0,8 \text{ с}$; $\tau_2 = 1,6 \text{ с}$; $h = 6,4 \text{ м}$
N2

Дано:

$$h, s, \rho, k, g$$

$$x = ?$$

$$m = ?$$

Решение:



Для нахождения деформации x , при условии, что левый поршень поднят силой, растением жидкости на дно, при этом очевидно, что Фундуканда левая вверх.

$$\frac{Mg - F_{\text{упр}}}{s} = \frac{2mg}{s}$$

$$x \cdot s = \frac{x \cdot s}{2}$$

$$\frac{\rho s (H+h) - kx}{s} = \frac{2 \cdot \frac{s}{2} \cdot \rho \cdot H g}{s}$$

$$x^* = 2x$$

$$\rho s (H+h) - kx = s \rho H g$$

$$\rho s h - kx = 0$$

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

Аналогично найдем m при этом H разности высот будет: $h+x+2x = h+3x$, тогда: $H = h+3x$, т.к. правый поршень поднимется на x , а левый опустится на $2x$, из возможности жидкости

$$\frac{\rho s (h+x) g}{s}$$

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

$$\rho (h+3x) g = 2mg$$

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

черновик чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №1

(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

ответ: $x = \frac{hSPg}{K}$; $m = \frac{\rho S(h+x)}{2} = \frac{\rho S(h + \frac{3hSPg}{K})}{2}$
 $= \frac{\rho S h (1 + \frac{3SPg}{K})}{2}$

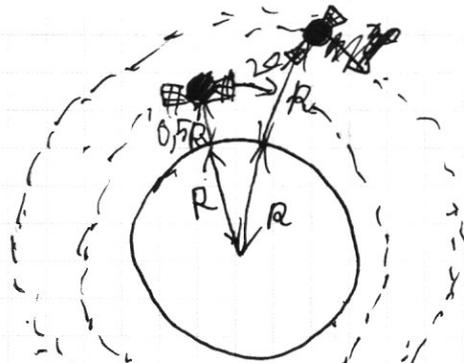
N3

Дано:

$h = 0,5R,$
 R, ρ, G

$T = ? ; g = ?$

Решение:



Найдём массу планеты:

$M = V \cdot \rho = \frac{4}{3} \pi R^3 \rho$, тогда сила притяжения спутника на расстоянии:

или $2R$:

$F_{пр} = G \frac{Mm}{4R^2} = \frac{G \frac{4}{3} \pi R^3 \rho m}{4R^2} = \frac{G \pi R \rho m}{3}$, а т.к.

по 2-у з. Ньютона $F_{пр} = mg$, а $g = \frac{F_{пр}}{m}$, то:

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

А, т.к. g можно считать центростремительным ускорением, то:

$\omega^2 R = g$

~~$\frac{G \pi R \rho}{3} = \frac{4\pi^2 R}{T^2}$~~ $T^2 = \frac{9\pi}{6\rho} = \frac{3\pi}{2\rho}$

~~$T = \sqrt{\frac{12\pi}{6\rho}}$~~ $T = \sqrt{\frac{3\pi}{2\rho}}$ — период g на расстоянии $2R$ от центра

$$g' = \frac{4\pi^2}{T^2} \cdot 1,5R$$

найти g'

$$g' = \frac{F_{грав}}{m} = \frac{GMm}{1,5R^2 m} = \frac{GM}{1,5R^2} = \frac{G \frac{4}{3} \pi R \rho}{1,5R^2}$$

подставим g' :

$$\frac{4\pi^2}{T^2} = \frac{G \frac{4}{3} \pi R \rho}{2,25 \cdot 1,5R}$$

$$T^2 = \frac{4\pi \cdot 2,25 \cdot 1,5}{G \frac{4}{3} \pi R \rho} = \frac{\pi \cdot 2,25 \cdot 3 \cdot 1,5}{G R \rho} = \frac{6,45 \pi \cdot 1,5}{G R \rho}$$

$$= \sqrt{\frac{6,45 \pi \cdot 1,5}{G R \rho}} = \sqrt{\frac{10,125 \pi}{G R \rho}}$$

ответ: $T = \sqrt{\frac{10,125 \pi}{G R \rho}}$; $g = \frac{G R \rho}{3}$; $T = \sqrt{\frac{10,125 \pi}{G R \rho}}$

Дано:

$$m_1 = 2m, \\ m_2 = 3m, \\ \mu_1, \mu_2$$

$$F_0 = ?$$

$$F_{min} = ?$$

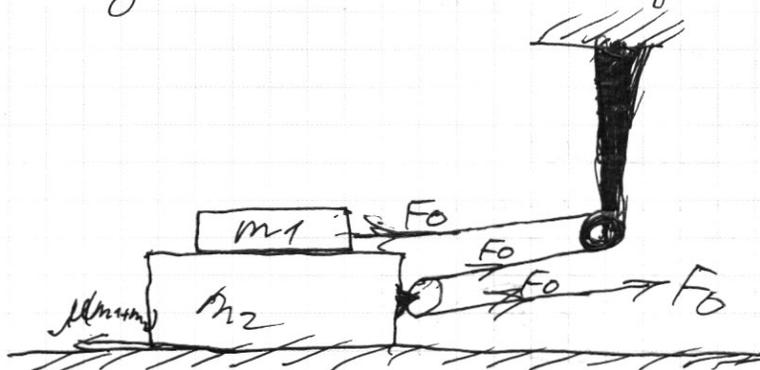
Решение:

Сначала ответим на первый вопрос; если сила трения на верхний брусок = 0, то это возможно при 3-х случаях:

- 1) конструкция не движется (не может быть, т.к. оговорено в условии, рассматриваем этот вариант)
- 2) бруски движутся с одинаковой скоростью и без ускорения (нет, т.к. им сначала нужно сообщить скорость)
- 3) ускорение брусков равно (подходит, для задачи)
мы будем рассматривать вариант 3;

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

так как остальные не нагружены, применим
2-й закон Ньютона для брусков:



$$\frac{2F_0 - (m_1 + m_2)\mu}{m_2} = \frac{F_0}{m_1}$$

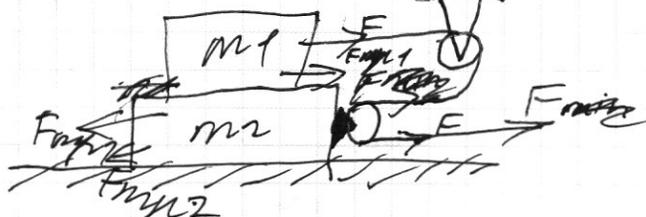
$$\frac{2F_0 - 5m\mu}{3m} = \frac{F_0}{2m}$$

$$0,5 F_0 = 5m\mu$$

$$F_0 = 10m\mu$$

Ковалевская формула:

$$F_0 = \frac{\mu(m_1 + m_2)m_2 m_1}{m_2(2m_1 - m_2)}$$



Ответим на 2-ой вопрос:

Это условие будет выполняться, если ускоре-
ние верхнего бруска < ускорению нижнего

($a_1 < a_2$), тогда (также нужно отметить

$$\frac{F_0 + \mu m_1}{m_1} < \frac{2F_0 - \mu(m_1 + m_2)}{m_2}$$

$$\frac{F_0 + \mu m_1}{m_1} < \frac{2F_0 - \mu(m_1 + m_2) - \mu m_1}{m_2}$$

$$\frac{2F_0 + F_0 + \mu m_1}{m_2} < \frac{\mu(m_1 + m_2)}{m_2}$$

$$F \left(\frac{2m_1 + m_2}{m_2} \right) < \frac{\mu(2m_1 + m_2)}{m_2} - \mu m_1$$

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

то, что сила трения
верхнего бруска $F_{тр}$
действует в
право, т.к. брусок 2 его
вытесняет, и в той же
силе он будет действовать
на брусок 1

$$F \rightarrow \frac{2\mu \left(\frac{m_1 + m_2}{m_2} \right) m_2 m_1}{2m_1 - m_2}$$

Подставим

m_1 и m_2 , и

тогда: $F_{\min} = 10 \mu\text{m}$

Ответ: $F_0 = 10 \mu\text{m}$, $F_{\min} = 20 \mu\text{m}$

Дано:

$H = 2,5 \text{ м}$

$v = 10 \text{ м/с}$

$\rho = 800 \text{ кг/м}^3 = 8 \cdot 10^2 \text{ кг/м}^3$

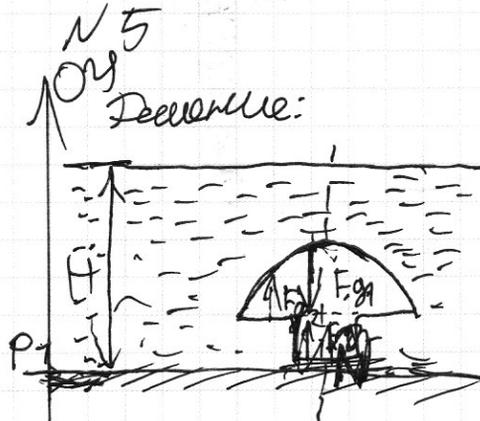
$S = 20 \text{ см}^2 = 20 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$

$P_0 = 100000 \text{ Па}$

$P_0 = 100 \text{ кПа}$

$P_1 = ?$

$F = ?$



$$P = P_0 + P_{\text{inc}} = P_0 + \rho g H$$

Подставим числа:

$$P = 10^5 + 2,5 \cdot 10 \cdot 1000 = 125000 \text{ Па}$$

Если конструкция приклеена, и вода под "ножкой" не подтекает, то сила с которой вода действует на конструкцию будет векторной суммой силы действующей на верхнюю и на нижнюю часть сферы, силу действующую на её верхнюю часть сферы равна массе воды над ней, но т.к. сила Архимеда это разность сил давлений, то можно найти силу Архимеда, если бы конструкция не была бы приклеена, и вычислить разность давлений, которое давило бы на ножку (если не было бы приклеено), тогда в поперечном сечении

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$F_x = F_{\text{Аркс}} - F_g$$

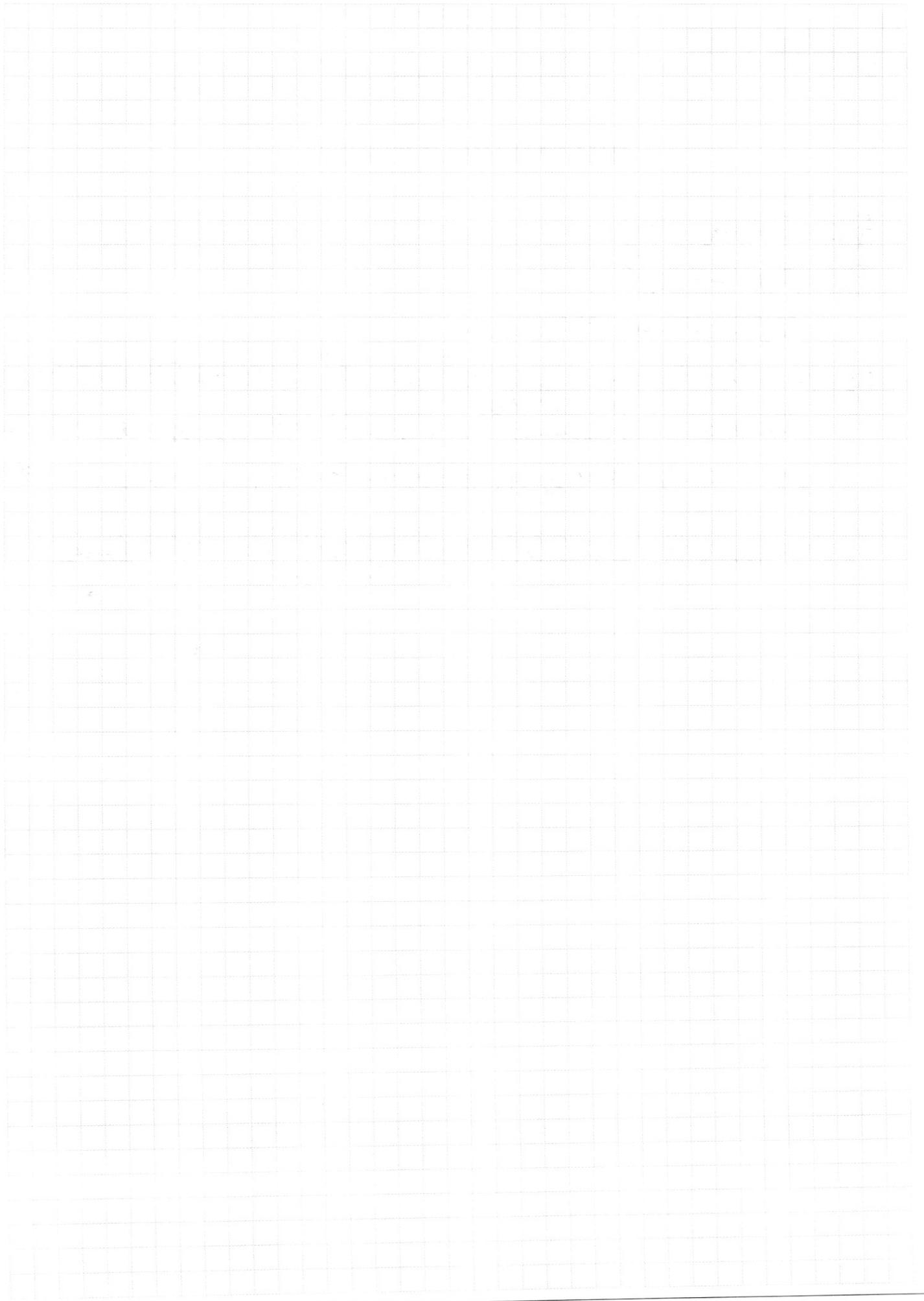
$$F_x = \rho g V - \rho_1 S$$

подставим числа:

$$F_x = 8 \cdot 10^3 \cdot 10 - 125 \cdot 10^3 \cdot 20 \cdot 10^{-4} = 80 - 2500 - 1700$$

ответ ~~больше~~ меньше 0, значит сила Аркс
да направлена ~~вверх~~ вниз, и тогда $F = 1700$

ответ: $\rho = 125000 \text{ Па}$, $F = 2500 \text{ Н}$, $F = 1700 \text{ (вниз)}$.



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № 5
(Нумеровать только чистовики)

$$\begin{array}{r} 6,75 \cdot 10^5 \\ + 313,45 \\ \hline 70,125 \end{array}$$

$$\frac{F_0}{m_1} - \frac{2F_0}{m_2} =$$

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

$$-\mu(m_2 + 2m_1)$$

$$\frac{4\mu(2m_2 + 2m_1)}{m_2} = \frac{2F - \mu(m_1 + m_2)}{m_1}$$

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

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

$$2\mu = 0,5 \frac{F}{m}$$

$$F_0 > 4\mu \mu = 2F - 5\mu$$

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

$$2\mu \left(\frac{m_2 + m_1}{m_2} \right) < \frac{2F m_1 - F m_2}{m_2 m_1}$$

$$\frac{F_0}{m_1} + \mu < \frac{2F_0}{3m} - \frac{4\mu}{3}$$

$$\frac{F_0}{m_1} = \frac{10\mu}{3}$$

$$20\mu$$

$$\frac{F}{m_1} + \mu < \frac{2F}{m_2} - \frac{5m_1}{4m_2}$$

$$\frac{2}{3} R^3 + 5R = 8 \mu$$

$$2F_0 - \mu(m_1 + m_2)$$

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

$$\frac{F_0}{m_1} + \mu < \frac{2F_0}{3m}$$

$$F_0 > 4\mu \mu = 2F - 5\mu$$

$$6,75 \cdot 10^5$$

$$6,75 + 3,375$$

$$2F_0$$

$$4F_0$$

$$= \frac{10\mu}{3}$$

$$6,75 \cdot 10^5$$

$$6,75 + 3,375$$

$$2F_0$$

$$4F_0$$

$$= \frac{10\mu}{3}$$

вс

~~Черновик~~

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Handwritten notes and calculations:

$\frac{F}{2m} + \mu = \frac{2F}{3m} - \frac{5\mu}{3} - \frac{\mu g}{3} \cdot 0,32 = \dots$

$2F = 5\mu mg$

$\frac{F}{2m} = \dots$

$12\omega - 10\omega = 4$

$10\omega = +8$

$\omega = 0,8\text{с}$

$\omega^2 R = \dots$

$(x+l) = 2m \frac{4\pi^2}{T^2} R = \dots$

$\frac{F_0 + 2\mu}{2} = \frac{2F_0 - \dots}{3}$

$1,5 F_0 + \dots = 2F_0$

$F_0 = \frac{\mu(m + \dots)}{m_2}$

$\frac{2F_0}{m_2} - \frac{F_0}{m_1} = \frac{\mu(m + m_2)}{m_2}$

$\frac{F_0}{2m} = \frac{2F_0 - \dots}{3m}$

16μ