

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

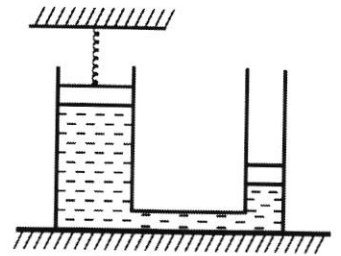
Вариант 09-01

Шифр

(заполняется секретарём)

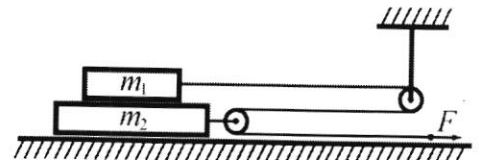
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 12$ м/с.
- 1) Через какое время t после старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
 - 2) На какой высоте h , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
- Ускорение свободного падения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



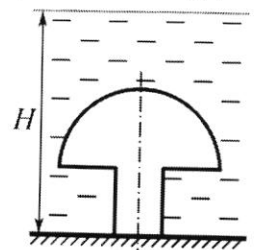
- 1) Найдите деформацию x пружины.
 - 2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты $h = 0,5R$, здесь R – радиус планеты. Плотность планеты ρ . Гравитационная постоянная 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: $V_0 = 12 \frac{м}{с}$
 $g = 10 \frac{м}{с^2}$

1) $t = ?$
2) $h = ?$ (при $\frac{V_0}{3}$)

Решение:

1) При $\frac{V_0}{3}$ \uparrow (сонаправл.) оси y

$$\frac{V_0}{3} = V_0 - gt$$

$$t = \frac{2V_0}{3g} = \frac{2 \cdot 12^4}{3 \cdot 10} = \underline{0,8 с}$$

При $\frac{V_0}{3}$ направл. против оси y :

$$\frac{V_0}{3} = -V_0 + gt$$

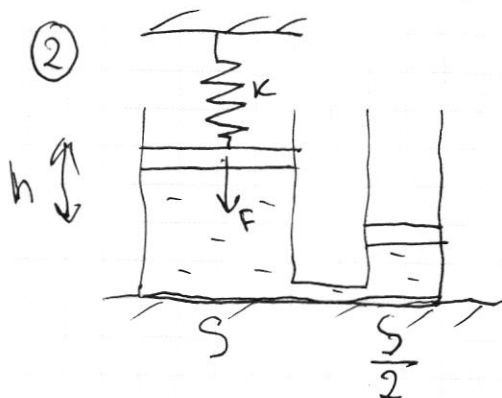
$$t = \frac{4V_0}{3g} = \frac{4 \cdot 12^4}{3 \cdot 10} = \underline{1,6 с}$$

Ответ: $0,8 с, 1,6 с$

2) $h = \frac{V_0 + \frac{V_0}{3}}{2} \cdot t = \frac{12 + 4}{2} \cdot 0,8 = 6,4 м$ ($\frac{V_0}{3} \uparrow$ ОУ)

$h = \frac{V_0 - \frac{V_0}{3}}{2} \cdot t = \frac{12 - 4}{2} \cdot 1,6 = 6,4 м$ ($\frac{V_0}{3} \downarrow$ ОУ)

все совпало \Rightarrow Ответ: $6,4 м$



Дано: F, k, h, S, g

- 1) $x = ?$
2) $m = ?$

Решение:

$$1) x = \frac{F}{k}$$

Давления в левой и правой части сосудов отличаются на $\rho g h \Rightarrow F$ -сила, действующая на левый поршень, равна $F = \rho g h \cdot S$

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

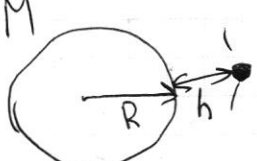
Ответ: $\frac{\rho g h S}{k}$

2) ~~чтобы пружина стала недеформ.~~ чтобы пружина была недеформ. должно выполняться:

$$mg \cdot \frac{S}{2} = S \cdot F$$

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

Ответ: $\frac{2F}{g}$

③  Дано: $h = 0,5R, R, \rho, G$
1) g -? (при $2R$)
2) T -?

Решение:

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

m -масса спутника

1) для тела массы m , находящ. на расст. $2R$ от центра планеты выполняется следующее:



$$mg = G \cdot \frac{M \cdot m}{(2R)^2}$$

$$g = G \cdot \frac{M}{4R^2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Ответ: $G \cdot \frac{M}{4R^2}$

2) Для спутника должно выполняться следующее:

$$m_c \cdot \omega^2 \cdot (R+h) = G \cdot \frac{M \cdot m_c}{(R+h)^2}, \quad \omega = \frac{2\pi}{T}$$

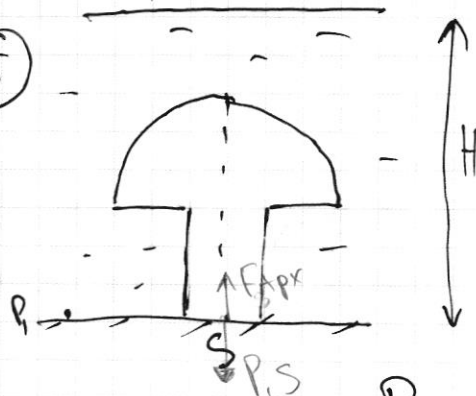
$$\frac{(2\pi)^2}{T^2} = G \cdot \frac{M}{R+h}, \quad R+h = 1,5R$$

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

$$T = \frac{1}{R} \cdot \sqrt{\frac{4,5\pi}{G \cdot \rho}}$$

Ответ: $\frac{1}{R} \cdot \sqrt{\frac{4,5\pi}{G \cdot \rho}}$

5



Дано: $P_0 = 100 \text{ кПа}$, $S = 20 \text{ см}^2$, $\rho = 1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$,
 $V = 8 \text{ дм}^3$, $H = 2,5 \text{ м}$, $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

1) P_1 - ?

2) F - ?

Решение:

1) $P_1 = P_0 + \rho g H = 100 \cdot 10^3 + 10^3 \cdot 10 \cdot 2,5 = 10^3 (100 + 25) = \underline{125 \text{ кПа}}$

Ответ: 125 кПа.

2) F_1 - сила возникающая от ^{шубины} поршня. (из-за давл.)

$$F_1 = P_1 \cdot S = 125 \cdot 10^3 \cdot 20 \cdot 10^{-4} = 250 \text{ Н}$$

$F_{\text{Арх}}$, действующая вверх, равна

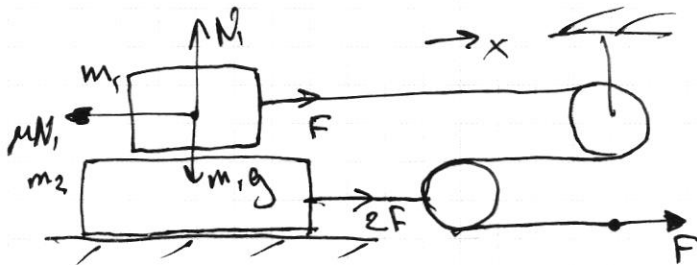
$$F_{\text{Арх}} = \rho g V = 10^3 \cdot 10 \cdot 8 \cdot 10^{-3} = 80 \text{ Н}$$

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_{\text{Арх}}$$

$$F = F_1 - F_{\text{Арх}} = 250 - 80 = 170 \text{ Н, направленная вниз}$$

Ответ: 170 Н, вниз (к дну).

4



Дано: $m_1 = 2 \text{ т}$
 $m_2 = 3 \text{ т, м.}$
 1) $F_0 = ?$
 2) $F = ?$

Решение:

1) Расставим силы действ. на верхний брусок.

2) Закон Ньютона для него по оси x :

$$F_0 - m_1 g = m_1 a_1 = 0$$

отн. ниж. бруска

т.к. сила трения равна 0, значит $v_1 = 0$ (v_1 - скорость верхн. бруска)

$$F_0 < m_1 g = 2 \text{ т} g$$

Но при этом система из двух брусков должна быть в движении, т.е.: $-(m_1 + m_2)g \cdot \mu + 2F = (m_1 + m_2) \cdot a$, a - ускор. сист. > 0

$$3F_0 = 5ma + 5m\mu g = 5m(a + \mu g)$$

$$F_0 = \frac{5}{3} m(a + \mu g), \text{ а может быть очень мало}$$

$$\text{для движ. } F_0 > \frac{2}{3} m \mu g$$

$$2m\mu g > \frac{2}{3} F_0 > \frac{10}{3} m \mu g$$

$$\text{Ответ: } \frac{5}{3} m \mu g.$$

~~23-я Ньютонка для нижн. бруска~~

1) Нам нужно ~~чтобы~~

2) Абсолютное ускорение верхнего бруска $a_{\text{абс}}$ складывается из относительного (относит. ^{нижн.} бруска) $a_{\text{отн}}$ и переносного $a_{\text{пер}} = a_2$ (a_2 - ускор. нижн. бруска)

Тогда верхний брусок будет двигаться влево отн. нижн. бруска когда $a_{\text{абс}} = a_{\text{пер}} < 0$, найдем F мин. при которой так будет. $a_1 - a_2 < 0$

23Н для верхн. бруска x : $-2mg + F_{\text{min}} = 2m \cdot a_1$

23Н для нижн. бруска по x : $-5mg + 2F_{\text{min}} = 3m \cdot a_2$

Кинематич. связь по x : ~~$2\Delta x = 2\Delta x$~~

~~двигаются пропорционально~~

двигаются пропорционально по времени: $a_2 = 2a_1$

$$\begin{cases} a_2 = 2a_1 & (1) \\ 2ma_1 = F_{\text{min}} - 2mg & (2) \\ 3ma_2 = 2F_{\text{min}} - 5mg & (3) \end{cases}$$

~~$(3) - (2) = m(3a_2 - 2a_1) = F - 3mg$~~ + (1)

$\begin{cases} ma_2 = F_{\text{min}} - 2mg \end{cases}$ из (1) и (2)

$3ma_2 = 2F_{\text{min}} - 5mg$

$3m \frac{F_{\text{min}} - 2mg}{m} = 2F_{\text{min}} - 5mg$

$F_{\text{min}} = mg$

Ответ: mg

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

① Дано: $V_0 = 12 \frac{м}{с}$
 $g = 10 \frac{м}{с^2}$
Найти: ~~1) h при $\frac{V_0}{3}$~~
2) h при $\frac{V_0}{3}$

Решение: (при $\frac{V_0}{3}$ направленной по оси y)
1) $\frac{V_0}{3} = V_0 - gt$ (когда $\frac{V_0}{3}$ сонаправлено по oy)
 $gt = V_0 - \frac{V_0}{3}$
 $t = \frac{2V_0}{3g} = \frac{2 \cdot 10 \cdot 12^2}{8 \cdot 10} = 0,8 с$

$-\frac{V_0}{3} = V_0 - gt$ (при $\frac{V_0}{3}$ напр. против оси y)
 $gt = \frac{4V_0}{3}$
 $t = \frac{4V_0}{3g} = \frac{4 \cdot 12^2}{8 \cdot 10} = 1,6 с$

Ответ: 0,8 с, 1,6 с

2) $h = \frac{V_0 + \frac{V_0}{3}}{2} t = \frac{12 + 4}{2} \cdot 0,8 = 6,4 м$ (при $\frac{V_0}{3}$ напр по оси y)
 $h = \frac{V_0 - \frac{V_0}{3}}{2} \cdot t = \frac{12 - 4}{2} \cdot 1,6 = 6,4 м$ (при $\frac{V_0}{3}$ напр. против оси y)

все сошлось \Rightarrow Ответ: 6,4 м



$F \cdot \frac{S}{2} = \dots$
 $x = \frac{F}{2}$
 $2x = F$
 $\frac{F}{2S} = \frac{2F}{S}$
 $\frac{F}{2F} = \frac{S}{S} \Rightarrow m = \frac{2F}{g}$
 $2 \cdot \frac{F \cdot S}{2} = \frac{F \cdot S}{2}$
 $mg \cdot \frac{S}{2} = \dots$

$F \cdot S = mg \cdot \frac{S}{2}$
 $\frac{S}{S/2} = \frac{F}{2F}$
 $mg \cdot \frac{S}{2} = F \cdot S$
 $m = \frac{2F}{g}$

$2 = \frac{2}{2}$
 $F \cdot mg \cdot \frac{S}{2} = S \cdot x$
 $x = \frac{mg}{2}$

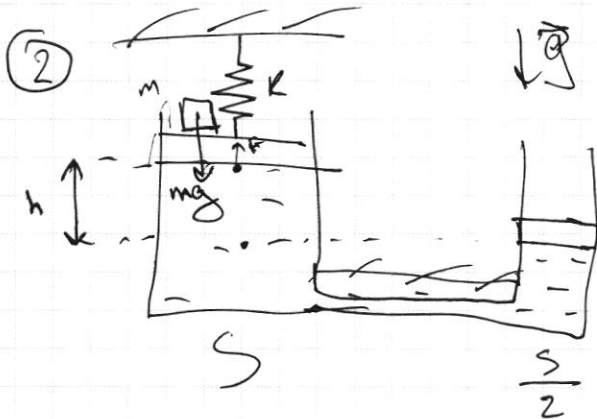
$F = \frac{mg}{2}$

$\frac{S}{S/2} = \frac{F}{F/2}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{16}{2} = 8 \cdot 0,8 = 6,4 \text{ м}^2$$

$$\begin{array}{r} x \cdot 16 \\ \hline 4 \\ \hline 64 \end{array}$$



- ρ, h, k, S
- 1) $x = ?$
 - 2) $m = ?$ ($x = 0$)

Решение:

$$1) \quad x = \frac{F}{k} = \frac{\rho g h S}{k}$$

давление в левом на $\rho g h$ больше, чем в правом значит

$$p = \frac{F}{S}$$

$$F = \rho g h \cdot S$$

2) пружина недеформирована $\Leftrightarrow x = 0$

$$x = \frac{\rho g h \cdot S}{k} = 0 \quad \Rightarrow h = 0$$

$$k \neq 0$$

$$\rho g h \cdot S = 0$$

$$\rho \neq 0$$

$$g \neq 0$$

$$S \neq 0$$

$$h = 0$$

F нужно компенсировать mg

$$\frac{\rho g h \cdot S}{k} = mg$$

$$m = \frac{\rho h \cdot S}{k}$$

3

$$m\omega^2 R = G \cdot \frac{Mm}{r^2}$$

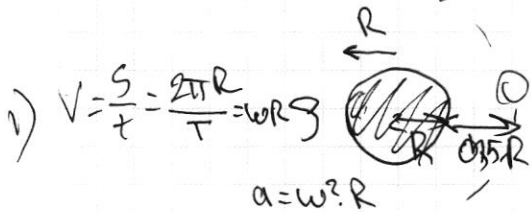
$$h = 0,5R$$

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

1) g - ? (на расст $2R$)

2) T - ?
 M - масса планеты

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



$$v = \frac{s}{t} = \frac{2\pi R}{T} = \omega R$$

$$a = \omega^2 R$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$m\omega^2 2R = mg$$

$$g = \frac{4\pi^2}{T^2} \cdot 2R =$$

$$m\omega^2 2R = G \cdot \frac{M \cdot m}{(2R)^2}$$

$$mg = G \cdot \frac{Mm}{(2R)^2}$$

$$g = G \cdot \frac{M}{4R^2}$$



сила гравитации m на расст $2R$ от центра

R

$$2) m\omega^2 1,5R = G \frac{M \cdot m}{(1,5R)^2}, \quad \omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$\frac{(2\pi)^2}{T^2} = G \cdot \frac{M}{1,5R}$$

$$T^2 = \frac{4\pi^2 \cdot 1,5R}{GM}$$

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4. $m_1 = 2m$
 $m_2 = 3m$

1) $F_0 = ?$ $m_1, v = 0$

2) $F_{min} = ?$ $v_1 < v_2$

2 3H для m_2 расставим силы действующие на эту массу m_2

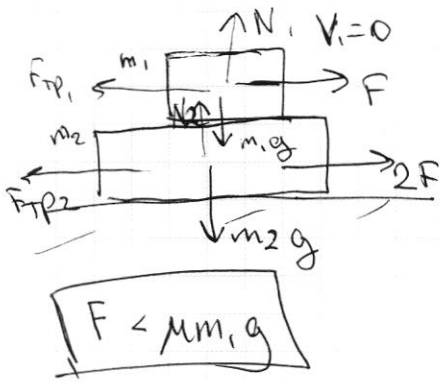
F_0 - точка самая что и мин F чтоб сдвинуть

по y: $N = (2m + 3m)g$

по x: $3F = \mu \cdot 5mg$ $3F - \mu \cdot 5mg = 5ma$

проверим $F = \frac{5}{3} \mu mg$

1,6



F_0 сдвинуть m_2 , но не сдвин. m_1
 $\rightarrow x \quad \uparrow y$
 для m_1 : $-\mu m_1 g + F = 0 \quad (-ax) \quad F = \mu m_1 g$
 для m_2 : $N_1 + N_2 = m_1 g + m_2 g$
 $2F - \mu(m_1 + m_2)g \neq m_2 \cdot a > 0$

сила тр будет равна 0 если брусок отн. движ.
 спуска или $V=0$

$$2F - \mu \cdot 5mg = 3m \cdot a, \quad a > 0$$

$$2F = 3ma + \mu 5mg$$

$$F < \mu \cdot 2mg$$

$$F = \frac{m}{2} (3a + 5\mu g)$$

$$\frac{m}{2} (3a + 5\mu g) < F < 2\mu g m$$

$$2F > 5\mu mg$$

$$F > 2,5\mu mg$$

$$\frac{m(3a + 5\mu g)}{2} < F < 2\mu g m$$

$$2,5\mu mg < F < 2\mu mg$$

$$\frac{m \cdot 5mg}{2 \cdot 2,5}$$

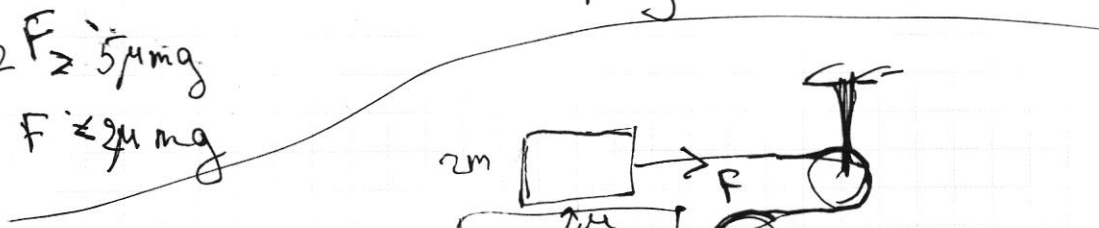
$$2m > F > 2,5m$$

$$F < 2m$$

$$F > 2,5m$$

$$2F \geq 5\mu mg$$

$$F \geq 2,5\mu mg$$



$$F \rightarrow 2m$$

$$2F \rightarrow 5m$$

$$\rightarrow x$$

$$F \rightarrow 2,5m$$

$$2,5\mu mg > F > 2,5\mu mg$$

для $2m$: $F - 2\mu mg = ma$

$$F < 2\mu mg$$

для $3m$: $5mg = N_3$ $\mu \cdot 5mg \cdot 2F$ на шнур. $\text{оп.} \rightarrow (m_1 + m_2)g\mu + 2F = m_2 a$

для сист. $5mg = N$

$$\mu \cdot 5mg = 3F \geq 0$$

$$2F = 3ma + 5mg\mu$$

$$3F \leq \frac{5}{3}\mu mg$$

$$F = m \left(\frac{3}{2}a + \frac{5}{2}\mu g \right)$$

$$2\mu mg \geq F < \frac{5}{3}\mu mg$$

$$2,5\mu mg$$

$$1,66 < F < 2 \quad 2,7 F < 1,66 \quad 2a_1 = a_2$$

2) F_{min} $m_2 \rightarrow v_2$
 $m_1 \rightarrow v_1$ $v_1 < v_2$
 $a_1 < a_2$

2 ЗН $B \in O$ $3m(m_2)$

$a_2 = 0$
 $a_1 = a_1 - a_2$ $a_1 < a_2$

2 ЗН $m_2: -(3m+2m)g \cdot \mu + 2F = a_2 \cdot 3m$

$2F_{min} - 5mg\mu = a_2 \cdot 3m$

2 ЗН $m_1: -2mg\mu + F_{min} = a_1 \cdot 2m$

$$\begin{cases} F_{min} = 3a_2m + 5mg\mu \\ F_{min} = 2a_1m + 2mg\mu \end{cases}$$

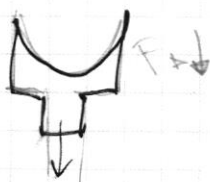
$3a_2m + 5mg\mu = 2a_1m + 2mg\mu$

$3a_2 - 2a_1 = + 2g\mu - 5g\mu$

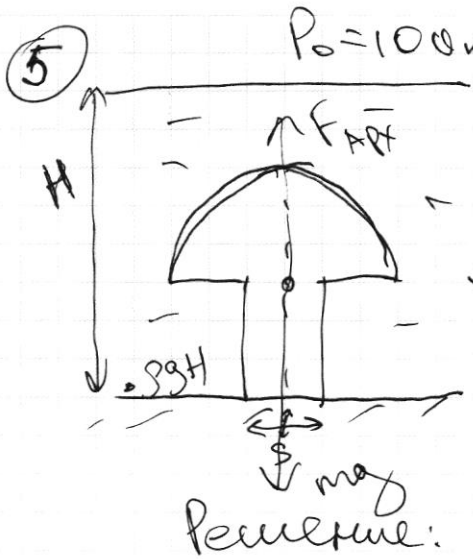
$3a_2 - 2a_1 = - 3g\mu$



Если не шей $F_n = 30N = 80H$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$P_0 = 100 \text{ кПа}$
 $H = 2,5 \text{ м}$
 $V = 8 \text{ м}^3$
 $S = 20 \text{ см}^2$
 $\rho = 1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$
 $P_0 = 100 \text{ кПа}$ $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$
 1) $P_1 = ?$
 2) $F = ?$

$$1) P_1 = P_0 + \rho g H = 100 \cdot 10^3 \text{ Па} + 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 2,5 \text{ м} = 10^4 (10 + 2,5) = 10^4 \cdot 12,5 = 125 \text{ кПа}$$

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

$$2) F_{арх} = \rho \cdot g \cdot V$$

$$\frac{\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^{-2}}{\text{с}^2 \cdot \text{м}^3} = \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \text{м}^3$$

