

ШИФР 31589

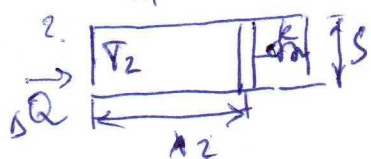
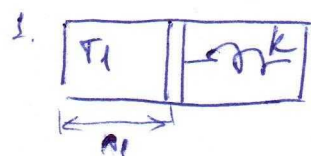
Класс 11 Вариант 1 Дата Олимпиады 03.03.2018

Площадка написания МГТУ им. Баумана

| Задача | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | $\Sigma$ |                      | Подпись |
|--------|----|----|----|----|----|----|----------|----------------------|---------|
|        |    |    |    |    |    |    | Цифрой   | Прописью             |         |
| Оценка | 15 | 55 | 55 | 15 | 55 | 45 | 27       | Двадцать семь баллов | Буга    |

③ Газ в шток поршня цилиндра соотв. сечению  $S$ , которая при изотермическом сжатии совершает работу  $A$  и получает количество теплоты  $Q$ .

(1)  $\Delta Q = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + \frac{k}{2} (x_2^2 - x_1^2)$ ,  $\Delta T$  — изменение температуры.



газ при сжатии к концу штока  $\Delta Q$ .  
из уравнения Менделеева-Клапейрона:

$pV = \nu RT$  (2)

Условие равновесия поршня и газа:

$p = \frac{F_{\text{упр}}}{S}$ ,  $p$  — давление газа,  $S$  —

$p = \frac{kx}{S}$  (3)

$V = xS$  (4)

Подставим (3) и (4) в (2):  $\frac{kx}{S} xS = \nu RT$   
 $kx^2 = \nu RT \Rightarrow$

$kx_2^2 - kx_1^2 = \nu RT_2 - \nu RT_1$

$kx_2^2 - kx_1^2 = \nu R \Delta T$  (5)

Подставим (5) в (1):  $\Delta Q = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + \frac{1}{2} \nu R \Delta T = 2 \nu R \Delta T$

По определению теплоемкости:  $C = \frac{\Delta Q}{\Delta T} = \frac{2 \nu R \Delta T}{\Delta T} = 2 \nu R$

$\nu = \nu_{\text{He}} + \nu_{\text{He}} = 3 + 2 = 5$  моль

$C = 2 \cdot 5 \cdot 8,31 = 83,1 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$

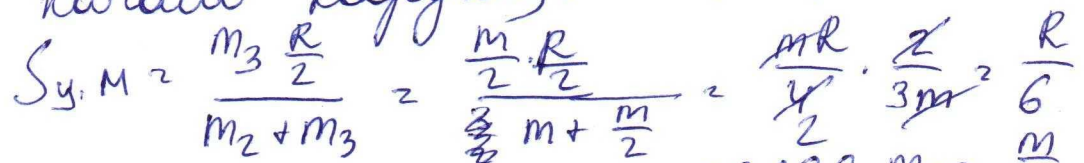
Ответ:  $83,1 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$

$m_1 = \frac{1}{2} \rho \pi R^2 - \frac{1}{2} \rho \pi r^2 - \frac{1}{2} \rho \pi R^2 - \frac{1}{4} \rho \pi R^2 - \frac{3}{4} \rho \pi R^2$  - масса материала  
 после того, как в нем вырезали отверстие.

$m_2 \approx \frac{3}{2} m_1 + \frac{1}{4} \pi R^2 \chi_2$      $\frac{3}{4} \pi R^2 \chi_1 + \frac{1}{4} \pi \pi R^2 \chi_2$      $\frac{3}{4} \pi R^2 \chi_1 + \frac{3}{4} \pi R^2 \chi_2$   
 $\approx \frac{3}{2} \pi R^2 \chi_2$ ,  $m_2$  - масса улитки после того, как  
 в отверстие ялики влезло в  $n=3$  раз  
 больше плотности.

$A_{\text{мтн}} = \frac{3}{2} m r \Delta y_{\text{и.ч.}}$ ,  $\Delta y_{\text{и.ч.}}$  - расстояние, из которого  
нужно переместить центр масс улитки в точку  
~~равновесия~~ бу скашивания

Представим ушину, как 2 тмз Массами  
 $m_3$  и  $m_4$ , а начало координат в ф.О:  
 $m_3 R$   $m R$   $m R$   $m R$   $m R$   $m R$



$m_3$  - дополнительная масса,  $m_3 = \frac{m}{2}$   
 $m_2 = m$

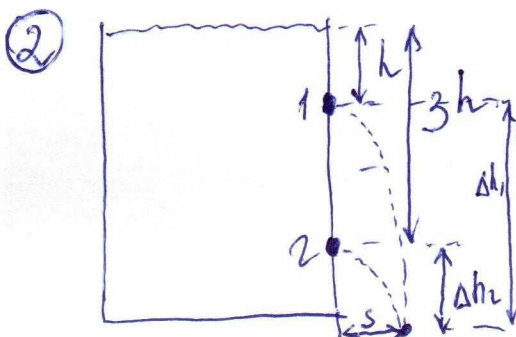
~~Amn =~~ Tage  $\Delta S_{ym} = 2 S_{ym} = \frac{2}{3}$

$$A_{min} = \frac{3}{2} m g \cdot \frac{R}{3} = \frac{mgR}{2}$$

Ans:  $\frac{mgh}{2}$  (2)

т.к. диаметр баку много больше диаметра отверстий, то по уравнению Бернулли ( $\frac{\rho v_0^2}{2} + \rho g h_0 + p = \text{const}$ ):

$V_0 \sqrt{2\rho h_0}$ , где  $V_0$  — скорость, с которой





ШИФР 31589

волн вливается у отверстия,  $h_0$  - расстояние  
от поверхности волн до отверстия.  
Далее решаем математически:

$$S_2 = V_0 \cos \alpha T$$

$$S_1 = \frac{2gh^2 T_1(1)}{2}, S_2 = \frac{16gh^2 T_2(2)}{2} \Rightarrow T_2 = \frac{2S_2}{16gh}, T_1 = \frac{2S_1}{16gh}$$

$$\Delta h = \frac{\rho \delta^2}{2}$$

$$\Delta h_2 = \frac{\rho \delta_2^2}{2} = \frac{\rho}{2} \left( \frac{2S_2}{16gh} \right)^2 (4); \Delta h_1 = \frac{\rho \delta_1^2}{2} = \frac{\rho}{2} \left( \frac{2S_1}{16gh} \right)^2 (3)$$

$\Delta h_1 = 2h + \Delta h_2$ ;  $S_2 = S_1$  - момент, когда струи волн  
пересекутся

$$(3): S_1^2 = \frac{2\Delta h_1 2gh}{\rho \cdot 4} = \Delta h_1 \cdot h, \text{ т.к. } S_1^2 = S_2^2, \text{ то:}$$

$$(4): \Delta h_2 = \frac{\rho}{2} \left( \frac{4S_2^2}{6gh} \right) = \frac{\rho}{2} \left( \frac{4 \cdot \Delta h_1 \cdot h}{6gh} \right) = \frac{\Delta h_1}{3} = \frac{2h + \Delta h_2}{3}$$

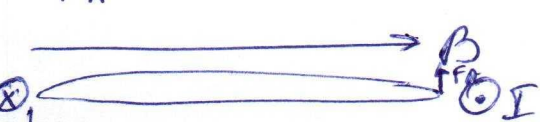
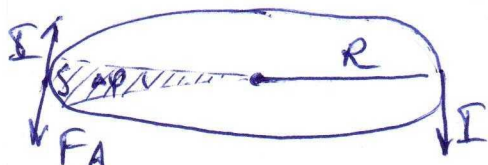
$$3\Delta h_2 = 2h + \Delta h_2$$

$$2h = 2\Delta h_2$$

$h = \Delta h_2$ , т.е. струи пересекутся на расстоянии  
 $h$  от  $2^{\text{го}}$  отверстия, а от поверхности  
волн на расстоянии  $H = h + 3h = 4h$

Ответ:  $4h$ .  $\oplus$

④  $\rightarrow B$



по правилу левой руки  
Зарядит направление  
силы тока, как показано  
на рисунке, тогда по правилу  
левой руки сила Ампера  
в левой части кольца  
будет направлена вниз, а  
в правой - вверх, то в совокупности с силой  
тяжести и составляет равнодействующую.



ШИФР 31589

$$(ab)c = a(bc)$$

$$E = mc^2$$



Разобьем кольцо на малые участки  $\Delta\varphi$ .  
На каждый такой участок действуют 2 сил:  
тяжести и Ампера. Кольцо кольцо прикре-  
плено к ~~супер~~ моменту эти 2 сил  
равны:  $M_{\text{тяж}} = M_{\text{А}}$

$M_{\text{тяж}} = m g \Delta\varphi$ , т.к. рассматриваем малый  
участок  $\Delta\varphi$  и сил, действующие на него.  
 $M_{\text{А}} = I B S$ , где  $S$  - площадь которую ~~зай~~  
занимает этот участок

$$m g \Delta\varphi = I B S$$

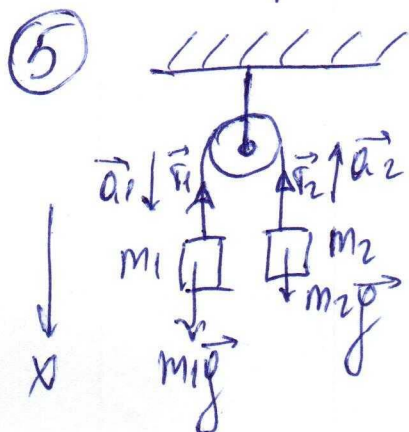
$m g \Delta\varphi = I B \cdot \frac{1}{2} R^2 \sin \Delta\varphi$ , т.к. участок мал,  
то можно предположить его как треугольник  
и  $I$  замерается перед:  $\sin \Delta\varphi \approx \Delta\varphi$

$$m g \Delta\varphi = I B \cdot \frac{1}{2} R^2 \Delta\varphi$$

$$m g = \frac{1}{2} I B R^2$$

$$B = \frac{2 m g}{I R^2}$$

Ответ:  $B = \frac{2 m g}{I R^2}$  —



т.к. система единая, а нить  
невесомая и нерастяжимая, то  
 $\vec{T}_1 = \vec{T}_2 = \vec{T}$  и  $\vec{a}_1 = \vec{a}_2 = \vec{a}$   
по II закону Ньютона:

$$x: \begin{cases} -T + m_1 g = m_1 a_x & (1) \\ -T + m_2 g = -m_2 a_x & (2) \end{cases}$$

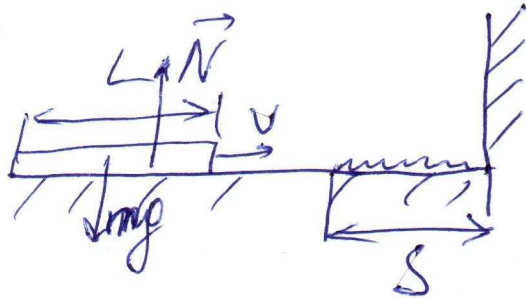
Вотем из (1) и (2):  $m_1 g - m_2 g = m_1 a_x + m_2 a_x$

$$a_x = g \frac{(m_1 - m_2)}{m_1 + m_2}$$

для ускорения масс:  $a_{у.м.} = \frac{m_1 a_1 + m_2 a_2}{m_1 + m_2} =$   
 $= \frac{m_1 a_x + m_2 a_x}{m_1 + m_2} = \frac{m_1 a_x - m_2 a_x}{m_1 + m_2} =$   
 $= a_x \left( \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} \right) = g \left( \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} \right)^2$  65

Ответ:  $a_{у.м.} = g \left( \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} \right)^2$  +

6.



по закону сохранения энергии:  $E_{кон} = E_{кон0} + A$

$$E_{кон} = \frac{mv^2}{2}, \text{ где } m - \text{масса бруса}$$

$$E_{кон0} = \frac{mU^2}{2} + \mu mgS, \text{ где } U - \text{скорость бруса перед столкновением с вертикальной стеной.}$$

$U$  - скорость бруса перед столкновением с вертикальной стеной.

$$A = F_{тр} S$$

по II закону Ньютона:  $\begin{cases} \mu mg - N = 0 \\ F_{тр} = \mu N \end{cases} \Rightarrow F_{тр} = \mu mg$

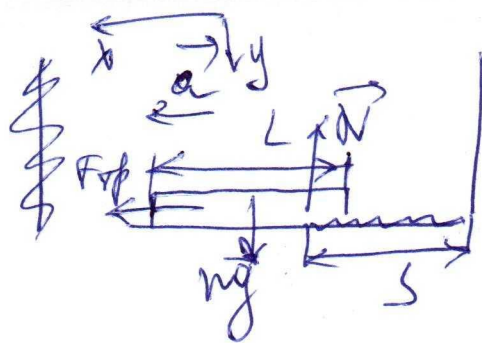
$$\frac{mv^2}{2} = \frac{mU^2}{2} + \mu mgS + \mu mgS$$

$$\frac{v^2}{2} = \frac{U^2}{2} + \mu gS + \mu gS$$

$$v^2 = U^2 + 2\mu gS + 2\mu gS \Rightarrow U = \sqrt{v^2 - 2\mu gS - 2\mu gS} \quad (1)$$

по II закону Ньютона для времени движения по горизонтальному отрезку пути  $S$ :

ШИФР 31589



$$m\vec{a} = \vec{N} + m\vec{g} + \vec{F}_{\text{тр}}$$

$$x: m\vec{a} = \vec{F}_{\text{тр}}$$

$$y: m\vec{g} - N = 0$$

$$\Rightarrow m\vec{a} = \mu N = \mu m\vec{g}$$

$$a = \mu g$$

$$t = \frac{u - v}{a} \Rightarrow t = \frac{u - v}{\mu g}$$

подставим (1) в (2):  $t = \frac{\sqrt{v^2 - 2gs(1+\mu)} - v}{\mu g}$

$$= \frac{\sqrt{1 - 2 \cdot 10 \cdot 0,5(1+0,15)} - 1}{0,15 \cdot 10} = \sqrt{1 - 2 \cdot 10 \cdot 0,5(1+0,15)} - 1$$

Ответ:  $t = \frac{\sqrt{v^2 - 2gs(1+\mu)} - v}{\mu g}$  (—)

45