

Шифр 125227
(заполняется ответственным
секретарем приемной комиссии)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА
на олимпиаде «Шаг в будущее»

соревнования по образовательному предмету физика
(наименование дисциплины)

Фамилия И.О. участника Коларов Улья Максимович

Город, № школы (образовательного учреждения) г. Красногорск
школа сош № 16

Регистрационный номер ШМ0050

Вариант задания 18

Дата проведения « 25 » февраля 201 8 г.

Подпись участника Колар

95 (девятисто пять) №

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
12	12	16	20	20	15					95

125227

Шифр

(заполняется ответственным секретарем приемной комиссии)

Вариант № 18

Задача №1.

1,0

Дано:

$$a = 40 \text{ м}$$

$$b = 10 \text{ м}$$

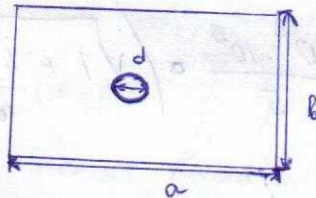
$$c = 3 \text{ м}$$

$$d = 0,1 \text{ м}$$

$$h = 2 \text{ м}$$

$$\Delta t = ?$$

Решение:



Условия плавания баржи: $\rho_0 = \rho_{\text{ж}} g (c - h)$

Пусть баржа погружалась так, что высота ее бортов над поверхностью воды стала h , а толщина слоя воды внутри баржи стала l \Rightarrow

$$\Rightarrow \rho_0 + \rho_{\text{ж}} g l = \rho_{\text{ж}} g (c - h)$$

Получим: $c - h_1 - l = c - h$

Согласно уравнению Бернулли:

$$\rho_0 - \rho_{\text{ж}} g (c - h_1 - l) = \rho_0$$

$$\rho_0 - \rho_{\text{ж}} g (c - h_1 - l) + \frac{\rho v^2}{2} = \rho_0 \Rightarrow v = \sqrt{2g(c - h_1 - l)} = \sqrt{2g(c - h)}$$

Внутри баржи будет содержаться объем: $V = ab \cdot h = S \cdot v \cdot \Delta t$, где $S =$

$$\Rightarrow \Delta t = \frac{4 \cdot a \cdot b \cdot h}{\pi d^2 \sqrt{2g(c - h)}} = \frac{4 \cdot 40 \cdot 10 \cdot 2}{\pi \cdot 0,1^2 \sqrt{2 \cdot 9,8(3 - 2)}} \approx \frac{22496 \text{ с}}{3600} \approx 6,39 \text{ з}$$

Ответ: $\Delta t = 6,39 \text{ з} (\approx 22496 \text{ с})$ (f)

Задача №2.

(f) 1,0

Дано:

$$F = k \cdot v^2$$

$$k = 5 \text{ Н} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^2$$

$$u = 20 \text{ м/с}$$

$$S = 1 \text{ м}^2$$

$$g = 10^3 \text{ мж/м}^3$$

$$v = ?$$

Решение:



масса воды, вытесняемая и вытесняемая катером за время t :
 $m = \rho \cdot S \cdot u \Rightarrow$ на катер действует реактивная сила:

$$F_1 = -m \cdot v = -\rho \cdot S \cdot u \cdot v \cdot t - \text{тормозящая катер.}$$

Вода выбрасывается со скоростью $u \Rightarrow$ на катер именно в этот

маленький реактивная сила $F_2 = \mu u$

Результирующая сила: $\vec{F} = F_1 + \vec{F}_2 = \rho S u (u - v)$

$$F_{\text{сопр}} = F = \rho S u (u - v) = \kappa v^2 = v^2 + \frac{\rho S u}{\kappa} v - \frac{\rho S u^2}{\kappa} = 0$$

✱

$$v^2 + \frac{\rho S u}{\kappa} v - \frac{\rho S u^2}{\kappa} = 0;$$

$$D = \left(\frac{\rho S u}{\kappa}\right)^2 - 4 \left(-\frac{\rho S u^2}{\kappa}\right) = \left(\frac{\rho S u}{\kappa}\right)^2 + 4 \left(\frac{\rho S u^2}{\kappa}\right);$$

$$D = \left(\frac{\rho S u}{\kappa}\right)^2 + 4 \left(\frac{\rho S u^2}{\kappa}\right)$$

$$v = \frac{-\frac{\rho S u}{\kappa} \pm \sqrt{\left(\frac{\rho S u}{\kappa}\right)^2 + 4 \left(\frac{\rho S u^2}{\kappa}\right)}}{2} =$$

$$v = \frac{\rho S u}{\kappa} \left(\sqrt{1 + \frac{4 \kappa}{\rho S}} - 1 \right) = \frac{10^3 \cdot 10^8}{5} \cdot \left(\sqrt{1 + \frac{4 \cdot 5}{10^3 \cdot 10^3}} - 1 \right) \approx 13,3 \text{ м/с}$$

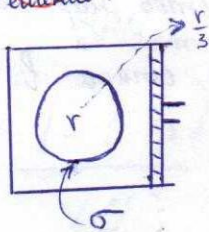
Ответ: $v = 13,3 \text{ м/с}$ (F)

Задача №3. (F) (10)

Дано:
 $r; \frac{r}{3}; P_0$
 σ

$P_2 = ?$

Решение:



Начальное давление в сосуде равно P_0 , при этом давление внутри пузыря за счет сил поверхностного натяжения больше на: $\Delta P_1 = \frac{4\sigma}{r}$
то есть давление $\Delta P_1 = P_0 + \frac{4\sigma}{r}$

Когда поршень вдавится внутрь сосуда:

$$\Delta P_2 = \frac{4\sigma}{\frac{r}{3}} = \frac{12\sigma}{r}$$

Конечное давление в сосуде увеличивается в 27 раз, т.к. объем пузыря пропорционален $r^3 \Rightarrow 3^3 = 27$.

$$\Rightarrow P_2 = 27 P_1 = 27 \left(P_0 + \frac{4\sigma}{r} \right) = 27 P_0 + \frac{27 \cdot 4\sigma}{r};$$

Тогда: конечное давление в сосуде $P = P_2 - \Delta P_2 = 27 P_0 + \frac{27 \cdot 4\sigma}{r} - \frac{12\sigma}{r}$

$$= 27 P_0 + \frac{96\sigma}{r}$$

Ответ: $P_2 = 27 P_0 + \frac{96\sigma}{r}$ (F)

Задача №4. (4)

Дано:

$$T_1 > T$$

$$T_2(\text{холод}) = 250 \text{ K}$$

$$T_1(\text{гор}) = 640 \text{ K}$$

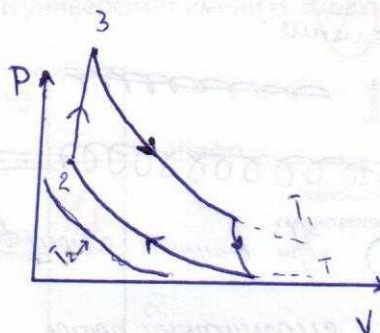
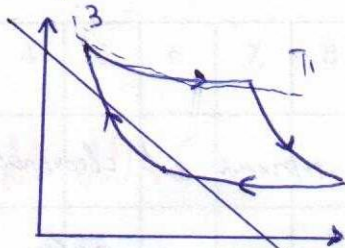
$$Q = a(T - T_2)$$

$$a = 1 \text{ кВт/К}$$

$$N = ?$$

1,0

Решение:



1) За время t количество теплоты:

$$Q_x = a(T - T_2)t$$

$$\text{КПД цикла Карно: } \eta = \frac{Q_H - Q_x}{Q_H} = \frac{T_1 - T}{T_1}$$

$$\text{Аналогично: } A = Q_H - Q_x = Q_H \left(1 - \frac{T}{T_1}\right)$$

Выразим через Q_x , получим:

$$A = Q_x \left(1 - \frac{T}{T_1}\right) \cdot \frac{T_1}{T} \Rightarrow A = a(T - T_2) \cdot t \left(\frac{T_1}{T} - 1\right)$$

Пусть полное время цикла, за которое совершается эта работа, будет равно: $a \cdot t \Rightarrow$ мощность

$$N = \frac{A}{2t} = \frac{a t (T - T_2) \left(\frac{T_1}{T} - 1\right)}{2t} = \frac{a}{2} \left(T_1 - \frac{T_2 T_1}{T} - T + T_2\right)$$

$$N = N_{\text{max}} \text{ при } \frac{\Delta N}{\Delta T} = 0 \text{ и } \frac{\Delta^2 N}{\Delta T^2} < 0;$$

$$\text{Тогда: } \frac{\Delta N}{\Delta T} = \frac{T_2 T_1}{T^2} - 1 = 0$$

$$\Rightarrow T = \sqrt{T_2 T_1} = \sqrt{250 \cdot 640} = 400 \text{ K}$$

$$N_{\text{max}} = \frac{a}{2} \left(T_1 - 2\sqrt{T_1 T_2} + T_2\right) = \frac{1000}{2} (640 - 2 \cdot 400 + 250) = 100 \text{ кВт}$$

Задача 25.

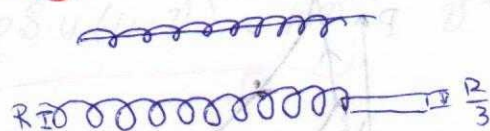
Дано:

$L; R$

$\frac{R}{3}$ - сопротивление

$A = ?$

Решение:



1) При внесении сверхпроводящего сердечника в сверхпроводящую катушку магнитный поток не изменяется, он равен:

$$\Phi = L \cdot I$$

\Rightarrow работу найдем как разность энергий магнитного поля, возникающих в катушке до и после внесения сердечника:

$$A = \frac{\Phi^2}{2} \left(\frac{1}{L'} - \frac{1}{L} \right), \text{ где } L' - \text{индуктивность катушки}$$

с внесенным в нее сердечником.

Найдем L' , сравним катушку с внесенным сердечником, и воздушную катушку. То есть тогда ток I_0 .

Магнитное поле Магнитный поток будет отличаться в

$$\left(\frac{1 - \left(\frac{1}{3^2} \right)}{L I^2} \right) \text{ раз} \Rightarrow L' = L \left(1 - \frac{1}{3^2} \right) = L \left(1 - \frac{1}{9} \right) = \frac{8}{9} L$$

$$\Rightarrow A = \frac{L I^2}{2(3^2 - 1)} = \frac{L I^2}{16}$$

Ответ: $A = \frac{L I^2}{16}$ Две

Задача 26.

Решение:

0,75



по ЗСИ для абсолютно упругого удара

$$m v_0 = m v_1 + 2m v_2$$

$$\text{по ЗЭ: } \frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_1^2}{2} + \frac{2m v_2^2}{2}$$

$$m v_0 = m v_1 + 2m v_2$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_1^2}{2} + \frac{2m v_2^2}{2}$$

$$(v_0)^2 = (v_1 + 2v_2)^2 \quad (1)$$

$$v_0^2 = v_1^2 + 2v_2^2 \quad (2)$$

→ сле

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

125227

Шифр

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 18

$$v_0 = -\frac{v_2}{2} + 2v_2 = \frac{3}{2}v_2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_2 = \frac{2}{3}v_0$$

по 3CU.

$$2mv_2 = 3mv + 2mv$$

$$v = \frac{2v_2}{3} = \frac{4}{15}v_0$$

по 3C2:

$$\frac{2mv_2^2}{2} = \frac{5}{2}mv^2 + \frac{k \cdot \Delta x^2}{2}$$

$$2mv_2^2 = 5mv^2 + k \cdot \Delta x^2$$

$$2m \cdot \frac{4}{9}v_0^2 = 5m \cdot \frac{16}{225}v_0^2 + k \cdot \Delta x^2$$

$$\frac{8}{9}mv_0^2 - \frac{16}{45}mv_0^2 = k \cdot \Delta x^2$$

$$\frac{24}{45}mv_0^2 = k \cdot \Delta x^2$$

$$\Rightarrow \Delta x = \sqrt{\frac{8}{5} \cdot \frac{m}{k}} - \text{после статика.}$$

1/3 (1) и (2):

$$v_0^2 = v_1^2 + 4v_1v_2 + 4v_2^2$$

$$v_0^2 = v_1^2 + 2v_2^2$$

$$v_1^2 + 2v_2^2 = v_1^2 + 4v_1v_2 + 4v_2^2$$

$$2v_2^2 = 4v_1v_2 + 4v_2^2$$

$$v_2 - 2v_2 = 2v_1$$

$$-v_2 = 2v_1$$

$$v_2 = -2v_1$$

$$\Rightarrow v_1 = -\frac{v_2}{2}$$

По II закону Ньютона:

$$\begin{cases} (3m - m_0) \cdot a = k \cdot \Delta x - F_{\text{тр}} & F_{\text{тр}} = \mu m_0 g \\ m_0 a = \mu m_0 g \end{cases}$$

$$a_{3m} = A_{3m} \omega_z^2$$

$$a = \mu g$$

$$\Rightarrow (3m - m_0) a = k \Delta x - \mu m_0 g$$

$$(3m - m_0) \mu g = k \cdot \Delta x - \mu m_0 g$$

$$3m \mu g = k \Delta x$$

$$\mu = \frac{k \cdot \Delta x}{3m g} = \frac{k \cdot v_0}{3m g} \cdot \sqrt{\frac{8}{15} \frac{m}{k}} = \frac{v_0}{3g} \sqrt{\frac{8}{15} \cdot \frac{k}{m}}$$

$$\text{Откуда: } \mu = \frac{v_0}{3g} \sqrt{\frac{8}{15} \cdot \frac{k}{m}}$$