



**Межрегиональная олимпиада школьников
«Высшая проба»**

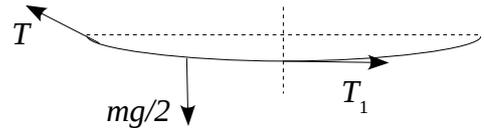
2015-2016 учебный год

**МАТЕРИАЛЫ ЗАДАНИЙ ОТБОРОЧНОГО И
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО ЭТАПОВ ОЛИМПИАДЫ,
ОТВЕТЫ НА ЗАДАНИЯ ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО ЭТАПА**

**ОТВЕТЫ К ЗАДАНИЯМ
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО ЭТАПА
ФИЗИКА**

Решения олимпиадных задач, 11 класс

1. Записывая условие равновесия половинки цепочки (см. рис.) в проекциях на вертикальную и горизонтальную оси, получаем



$$\begin{aligned} T_1 - T \cos \alpha &= 0; \\ T \sin \alpha - mg/2 &= 0. \end{aligned}$$

Отсюда

$$\begin{aligned} T_1 &= \frac{mg}{2 \operatorname{tg} \alpha} = 4.2 \text{ Н}; \\ T &= \frac{mg}{2 \sin \alpha} = 5 \text{ Н}. \end{aligned}$$

2. Пусть x – смещение корабля в вертикальном направлении от положения равновесия. Тогда второй закон Ньютона дает для периода колебаний:

$$m \ddot{x} = -\rho g S x \Rightarrow \omega^2 = \frac{\rho g S}{m} \Rightarrow T^2 = 4\pi^2 \frac{m}{\rho g S}.$$

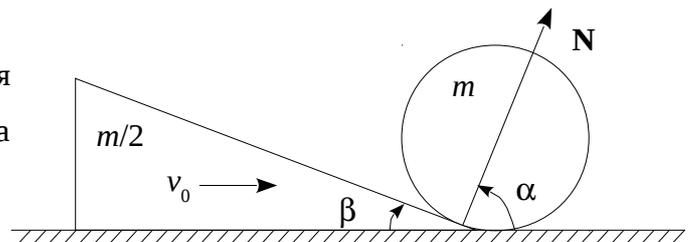
Записывая последнее выражение для квадрата периода для двух случаев – пустого и груженого корабля, получаем для массы груза

$$M = \frac{\rho g S}{4\pi^2} (T_2^2 - T_1^2) = 900 \text{ т}.$$

3. При столкновении клина с шаром возникает сила реакции со стороны клина \mathbf{N} , направленная под углом $\alpha = \pi/2 - \beta$ к горизонту. Значит, после столкновения скорость шара будет направлена под углом α к горизонту.

При столкновении сохраняются кинетическая энергия и проекция импульса на горизонтальное направление:

$$\begin{aligned} \frac{m}{4} v_0^2 &= \frac{m}{4} v_k^2 + \frac{m}{2} v_w^2; \\ \frac{m}{2} v_0 &= \frac{m}{2} v_k + m v_w \cos \alpha. \end{aligned}$$



Решая эту систему уравнений, получаем для скоростей шара и клина после столкновения:

$$v_w = v_0 \frac{2 \cos \alpha}{1 + 2 \cos^2 \alpha}; \quad v_k = v_0 \frac{1 - 2 \cos \alpha}{1 + 2 \cos^2 \alpha},$$

Для данного в задаче угла $\alpha = \pi/3$ получаем, что скорость клина и горизонтальная составляющая скорости шара равны:

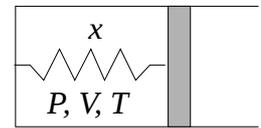
$$v_k = v_w = v_{w, \text{гор}} = \frac{1}{3} v_0.$$

Это значит, что при приземлении шар ударится одновременно о клин и о горизонтальную поверхность. Следовательно, время полета шара равно

$$t = 2 \frac{v_{ш, \text{верт}}}{g} = 2 \frac{v_0 \sin 2\beta}{g \sqrt{1 + 2 \sin^2 \beta}} = 0.6 \text{ с.}$$

4. Поскольку количество газа остается неизменным, то можно написать

$$\frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{P V}{T}$$



Процесс нагревания предполагается квазистатическим, значит, сила упругости уравновешивается силой давления газа. Если S – площадь поперечного сечения поршня, то можно написать

$$P S = k x = k \frac{V}{S} \Rightarrow P = k \frac{V}{S^2} \Rightarrow \frac{P_0}{V_0} = \frac{P}{V}.$$

Количество теплоты, подведенное к газу идет на увеличение его внутренней энергии и на совершение работы против силы упругости:

$$Q = \nu C_V \Delta T + \frac{k}{2} x^2 = \nu C_V \Delta T + \frac{P_0}{2 V_0} V^2 = \nu C_V \Delta T + \frac{P_0}{2 V_0} V \frac{V_0}{P_0} P = \nu C_V \Delta T + \frac{P_0 V_0}{2 T_0} \Delta T,$$

откуда теплоемкость системы

$$C = \frac{Q}{\Delta T} = \frac{P_0 V_0}{T_0} \left(\frac{3}{2} + \frac{1}{2} \right) = 2 \frac{P_0 V_0}{T_0},$$

где использовано $C_V = 3R/2 = 3P_0 V_0 / T_0$.

5. При замыкании ключа в цепи возникнут гармонические колебания тока с частотой, равной резонансной частоте контура:

$$I(t) = I_0 \sin(\omega t), \quad \omega = 1/\sqrt{LC}.$$

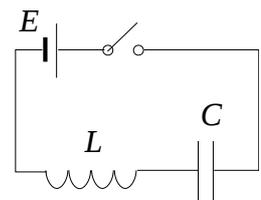
Когда ток достигнет максимального значения, заряд на конденсаторе обратится в нуль, а ЭДС индукции катушки будет равна ЭДС батареи:

$$|E_{\text{инд}}| = I_0 L \omega = E,$$

откуда получаем для амплитуды тока

$$I_0 = \frac{E}{\omega L} = E \sqrt{\frac{C}{L}}.$$

Это и есть максимальный ток в цепи.





Межрегиональная олимпиада школьников «Высшая проба»

2015-2016 учебный год

КРИТЕРИИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОБЕДИТЕЛЕЙ И ПРИЗЕРОВ ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО ЭТАПА по ФИЗИКЕ

| Класс | ПОБЕДИТЕЛИ | ПРИЗЕРЫ | |
|-------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | Дипломанты 1 степени | Дипломанты 2 степени | Дипломанты 3 степени |
| | Критерии определения | Критерии определения | Критерии определения |
| 9 | от 90 и выше | от 80 до 89 | от 60 до 79 |
| 10 | от 80 и выше | от 70 до 79 | от 60 до 69 |
| 11 | от 83 и выше | от 70 до 82 | от 60 до 69 |