



**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, 10 класс.**

1. Когда стержень совершает колебания в воздухе, то второй закон Ньютона дает:

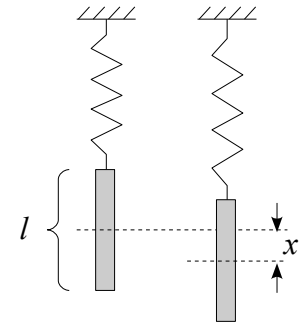
$$m a = -k x \Rightarrow \omega_1 = \sqrt{\frac{k}{m}},$$

где  $m$  – масса стержня,  $k$  – коэффициент жесткости пружины. При колебаниях в воде нужно учесть силу Архимеда; в этом случае

$$m a = -k x + \rho g S \left( \frac{l}{2} - x \right) \Rightarrow \omega_2 = \sqrt{\frac{k + \rho g S}{m}},$$

где  $l$  – длина стержня, а смещение  $x$  отсчитывается от середины стержня, когда он находится в положении равновесия (см. рис.). Тогда

$$\left( \frac{\omega_2}{\omega_1} \right)^2 = 1 + \frac{\rho g S}{k} = 4 \Rightarrow k = \frac{1}{3} \rho g S = 0.33 \text{ Н/м.}$$



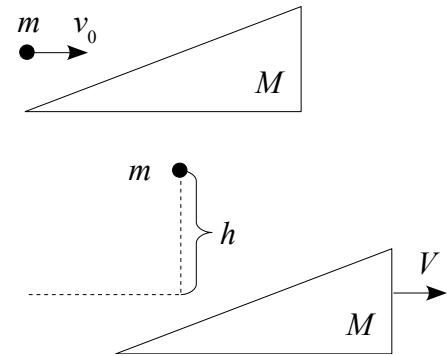
2. Пусть  $v_0$  – скорость шарика до соударения. Закон сохранения энергии и закон сохранения импульса применительно к данной задаче дают:

$$m v_0 = M V;$$

$$\frac{m}{2} v_0^2 = m g h + \frac{M}{2} V^2.$$

Отсюда для скорости клина после соударения получаем:

$$V = \sqrt{\frac{2 m^2 g h}{M(M-m)}} = \sqrt{0.1 g h} = 0.99 \text{ м/с.}$$



3. Пусть  $a$  и  $b$  – начальное и минимальное расстояние между частицами, соответственно. Минимальное расстояние между заряженными частицами будет соответствовать нулевой относительной скорости частиц. Тогда законы сохранения энергии и импульса дают:

$$\frac{m}{2} v^2 + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{a} = \frac{m}{2} u^2 + \frac{M}{2} u^2 + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{b};$$

$$m v = m u + M u;$$

$$M = 3 m; \quad b = a/3.$$

Решая систему, получим:

$$a = \frac{16}{3} \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{m v^2} = 48 \text{ см.}$$

4. Процесс нагревания газа изобарический. Тогда (см. рис.) для трех состояний газа под поршнем получаем:

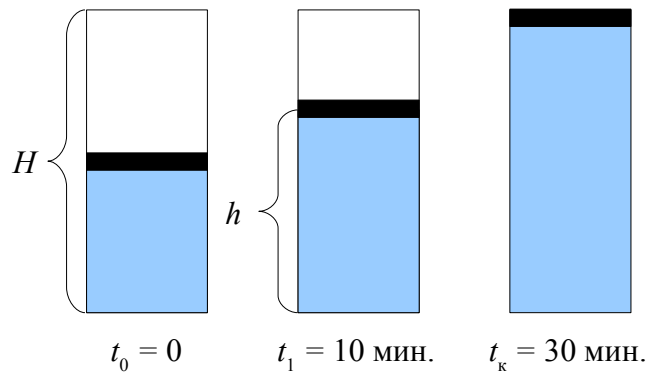
$$\frac{V_0}{T_0} = \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_\kappa}{T_\kappa} \Rightarrow \frac{H}{2T_0} = \frac{h}{T_1} = \frac{H}{T_\kappa}$$

По условию, температура меняется линейно. Значит,

$$T = T_0 + \frac{T_\kappa - T_0}{t_\kappa} t.$$

Тогда

$$h = \frac{H}{2} \frac{T_1}{T_0} = \frac{H}{2} \left[ 1 + \left( \frac{T_\kappa}{T_0} - 1 \right) \frac{t}{t_\kappa} \right] = \frac{2}{3} H = 20 \text{ см.}$$



5. Процесс изображен на рисунке. Коэффициент полезного действия равен отношению полезной работы, равной площади заштрихованного треугольника 123 к количеству тепла, полученному газом на участке 12. Площадь треугольника равна

$$A = \frac{1}{2} (P_2 - P_1)(V_2 - V_1) = \frac{1}{2} k (V_2 - V_1)^2 = \frac{1}{2} k (n-1)^2 V_1^2$$

Количество тепла складывается из изменения внутренней энергии и работы на участке 12:

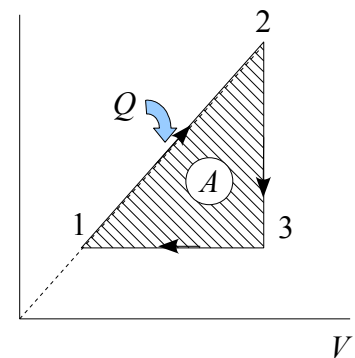
$$\begin{aligned} Q &= \Delta U + A_{12} = C_V (T_2 - T_1) + \frac{1}{2} (P_1 + P_2)(V_2 - V_1) = \\ &= \frac{C_V}{R} (P_2 V_2 - P_1 V_1) + \frac{1}{2} k (V_2^2 - V_1^2) = k \left( \frac{C_V}{R} + \frac{1}{2} \right) (V_2^2 - V_1^2) = k \left( \frac{C_V}{R} + \frac{1}{2} \right) (n^2 - 1) V_1^2. \end{aligned}$$

Тогда коэффициент полезного действия равен

$$\eta = \frac{(n-1)^2}{(n^2-1) \left( \frac{2C_V}{R} + 1 \right)}.$$

Если сделать дополнительное предположение, что газ одноатомный, то  $C_V = 3R/2$ , и тогда

$$\eta = \frac{(n-1)^2}{4(n^2-1)} \Rightarrow n=3.$$





# 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