
Кафедра ФН-4 «ФИЗИКА»
БИЛЕТ № 3
К РУБЕЖНОМУ КОНТРОЛЮ
по курсу «Физика» для всех специальностей, модуль № 2

1. Одномерное волновое уравнение для продольной упругой волны в твёрдом теле (с выводом).
Общий вид волнового уравнения (без вывода).
2. Второе начало термодинамики в формулировках Клаузиуса и Томсона (Кельвина).
3. Азот массой 56 г расширяется от 1 л до 7,39 л при постоянной температуре, равной 27°C.
Найти работу, совершаемую газом. Атомная масса азота равна 14 а.е.м.

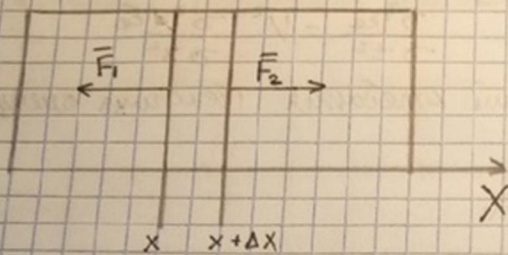
Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры ФН-4

23.04.2020г.
(число, месяц, год)

Заведующий кафедрой ФН-4

А.Н. Морозов

①) Дифференциальное волновое уравнение для продольной упругой волны в твердом теле (с выводом). Общий вид волнового уравнения (без вывода).



$$\Delta x; S; \rho.$$

$$\Delta m = \Delta x S \rho$$

Второй Закон Ньютона:

$$\Delta m a_x = F_2 - F_1 \quad (1)$$

$x_1(x)$ - задает положение точки стержня при деформации, если её равновесное положение задавалось координатой x .

$\epsilon = x_1 - x \Rightarrow$ относительная деформация в данном сечении стержня:
$$\epsilon = \frac{\Delta x_1 - \Delta x}{\Delta x}$$

Если стержень сжимается, то $\Delta x_1 < \Delta x \Rightarrow \epsilon < 0$

При растяжении $\epsilon > 0$.

$$\Delta x_1 - \Delta x = \Delta \epsilon \Rightarrow \epsilon = \frac{\Delta x_1 - \Delta x}{\Delta x} = \frac{\Delta \epsilon}{\Delta x} \Rightarrow \epsilon = \frac{\partial \epsilon}{\partial x}$$

$$F_1 = \delta_x S; F_2 = \delta_{x+\Delta x} S \quad (2)$$

По закону Гука:
$$\delta_x = E \epsilon_x \quad (4) \quad E - \text{модуль Юнга}$$

$$\delta_{x+\Delta x} = E \epsilon_{x+\Delta x}$$

Разложение Тейлора:
$$\epsilon_{x+\Delta x} = \epsilon_x + \frac{\partial \epsilon}{\partial x} \Delta x + \dots$$

$$a_x = \frac{\partial^2 \epsilon}{\partial t^2} \quad (3)$$

$$(1; 2; 3) \Rightarrow \frac{\partial^2 \epsilon}{\partial t^2} S \Delta x \rho = \delta_{x+\Delta x} S - \delta_x S$$

$$(4) \Rightarrow \rho \Delta x \frac{\partial^2 \epsilon}{\partial t^2} = E \epsilon_2 - E \epsilon_1$$

$$\rho \Delta x \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} = E \left(\xi_1 + \frac{\partial \xi}{\partial x} \Delta x \right) - E \xi_2$$

$$\left. \begin{aligned} \rho \Delta x \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} &= E \frac{\partial \xi}{\partial x} \Delta x \\ E &= \frac{\partial \xi}{\partial x} \end{aligned} \right\} \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} = \frac{E}{\rho} \frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2} \text{ или}$$

$$\frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} = V^2 \frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2}$$

ξ - параметр описывающий колебания (величина смещения точек при деформации)

$$V = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \text{ - скорость волны}$$

⊗ Дифференциальное уравнение, описывающее распространение волны (вдоль одной направленной - оси X)

Общий вид волнового уравнения:

$$\frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} = V^2 \frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2}$$

№2 Второе начало термодинамики в формулировках Клаузиуса и Томсона (Кельвина).

Формулировка Клаузиуса: Теплота самопроизвольно, без вмешательства в окружающих тела, не может перейти от менее нагретого тела к более нагретому.

Формулировка Томсона: в природе невозможен круговой процесс, единственным результатом которого была бы механическая работа, совершаемая за счет отвода теплоты от теплового резервуара.

3

Азот массой 56 г расширяется от 1 л до 7,39 л при постоянной температ. равной 27°C. Найти работу, совершаемую газом. Атомная масса азота равна 14 а.е.м

Дано:

$$m = 56 \text{ г} = 56 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$$

$$T = 27^\circ\text{C} = 300 \text{ K}$$

$$T = \text{const}$$

$$P_1 = 1 \cdot 10^5 \text{ Па}, \mu = 28 \cdot 10^{-3}$$

$$P_2 = 7,39 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

Найти:

$$A = ?$$

Решение:

Работа A изотермического расширения газа

$$A = \frac{m}{\mu} \cdot RT \ln \frac{V_2}{V_1}$$

Из закона Бойля-Мариотта для изотермического процесса

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{P_1}{P_2}$$

Тогда

$$A = \frac{m}{\mu} \cdot RT \ln \frac{P_1}{P_2}$$

$$A = \frac{56 \cdot 10^{-3}}{28 \cdot 10^{-3}} \cdot 8,31 \cdot 300 \cdot \ln \frac{1 \cdot 10^5}{7,39 \cdot 10^4} \approx 9972,6 \text{ Дж}$$

Ответ: $A = 9972,6 \text{ Дж}$