

«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

Кафедра ФН-4 «ФИЗИКА»

БИЛЕТ № 17

К РУБЕЖНОМУ КОНТРОЛЮ

по курсу «Физика» для всех специальностей, модуль № 2

1. Теплоёмкость идеального газа в изохорическом и изобарическом процессах (вывод с использованием формулы для внутренней энергии идеального газа). Уравнение Майера.

2. Интервал между событиями в СТО. Инвариантность интервала (доказательство на основе преобразований Лоренца).

3. Идеальный двухатомный газ расширяется, подчиняясь уравнению $p = \beta \sqrt{V}$, где β – известная постоянная. Начальное давление равно p_0 .

Найдите работу, совершаемую газом при увеличении его объёма в 4 раза.

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры ФН-4

23.04.2020г.

(число, месяц, год)

Заведующий кафедрой ФН-4

А.Н. Морозов

«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

№2 Теплоёмкость идеального газа в изохорическом и изобарическом процессах (вывод с использованием формулы для внутренней энергии идеального газа). Уравнение Майера.

Изохорический процесс.

$$V = \text{const} \Rightarrow A = 0 \Rightarrow Q = \Delta U$$

$$\Delta U = U_k - U_n = \nu \frac{i}{2} R (T_k - T_n) = \nu \frac{i}{2} R \Delta T \quad \left. \begin{array}{l} \nu \frac{i}{2} R \Delta T \\ \nu \frac{i}{2} R \Delta T = \nu C_v \Delta T \end{array} \right\}$$

$$Q = \nu C_v \Delta T \quad \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} C_v = \frac{i}{2} R$$

Изохорная молекулярная теплоёмкость: $C_v = \frac{i}{2} R$

Изобарический процесс.

$$p = \text{const} \Rightarrow A = p(V_k - V_n) \Rightarrow Q = \Delta U + A = \nu C_v \Delta T + p(V_k - V_n)$$

$$\left. \begin{array}{l} A = p(V_k - V_n) \\ pV = \frac{m}{M} RT \end{array} \right\} A = \frac{m}{M} R (T_k - T_n) = \nu R \Delta T$$

$$\left. \begin{array}{l} Q = \Delta U + A = \nu C_v \Delta T + \nu R \Delta T = \nu (C_v + R) \Delta T \\ Q_{p=\text{const}} = \nu C_p \Delta T \end{array} \right\} C_p = C_v + R$$

Молярная изобарная теплоёмкость: $C_p = C_v + R$
 $C_p - C_v = R$ — уравнение Майера.

VI) Интервал между событиями в СТО. Инвариантность интервала (доказательство на основе преобразования Лоренца).

Интервалом между двумя событиями в СТО называется величина, квадрат которой определяется соотношением.

$$S^2 = c^2 (t_2 - t_1)^2 - \left((x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2 \right)$$

Инвариантность интервала:

Найдем квадрат интервала между двумя событиями в системе K' :

$$(S')^2 = c^2 (t'_2 - t'_1)^2 - \left((x'_2 - x'_1)^2 + (y'_2 - y'_1)^2 + (z'_2 - z'_1)^2 \right)$$

$$(S')^2 = c^2 \left(\frac{t_2 - t_1 - \frac{v}{c^2} (x_2 - x_1)}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \right)^2 - \left(\frac{x_2 - x_1 - v(t_2 - t_1)}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \right)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2$$

$$(S')^2 = \frac{(c+v)(t_2 - t_1) - \left(1 + \frac{v}{c}\right)(x_2 - x_1)}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \cdot \frac{(c-v)(t_2 - t_1) + \left(1 - \frac{v}{c}\right)(x_2 - x_1)}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - (y_2 - y_1)^2 - (z_2 - z_1)^2$$

$$(S')^2 = c^2 (t_2 - t_1)^2 - \left((x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2 \right) = S^2$$

Величина интервала не зависит от системы отсчета.

Интервал является инвариантной величиной $(S')^2 = \text{inv}$

Задача №77

Дано:

$$p = \beta \sqrt{V}$$

$$i = 5$$

$$p_0$$

$$V_k = 4V_0$$

$$A = ?$$

Решение:

Работа газа расширяющегося по формуле:

$$1) A = \int_{V_0}^{4V_0} p dV = \int_{V_0}^{4V_0} \beta \sqrt{V} dV = \frac{2}{3} \beta V^{\frac{3}{2}} \Big|_{V_0}^{4V_0} =$$

$$= \frac{2}{3} \beta \left[(4V_0)^{\frac{3}{2}} - V_0^{\frac{3}{2}} \right] = \frac{2}{3} \beta V_0^{\frac{3}{2}} (8 - 1) =$$

$$= \frac{14}{3} \beta V_0^{\frac{3}{2}} \quad (1)$$

2) Из уравнения расширения газа:

$$p_0 = \beta \sqrt{V_0} \Rightarrow V_0 = \left(\frac{p_0}{\beta} \right)^2 \quad (2)$$

3) Подставим (2) в (1):

$$A = \frac{14}{3} \beta \left(\left(\frac{p_0}{\beta} \right)^2 \right)^{\frac{3}{2}} = \frac{14}{3} \beta \cdot \frac{p_0^3}{\beta^3} = \frac{14 p_0^3}{3 \beta^2}$$

Ответ: $A = \frac{14 p_0^3}{3 \beta^2}$