

Лабораторная работа №4 (Т11)

Измерение удельной теплоемкости воздуха

Цель: изучить законы политропических процессов и измерение молярной теплоемкости C_m при постоянном объеме и молярной теплоемкости C_p при пост. давлении; проверить соотношение Майера и расчет показателей адиабаты γ воздуха.

Теплоемкость - коэф. пропорциональности между сообщенным телу кол-вом теплоты и приращением его температуры $C = \frac{Q}{\Delta T} \left[\frac{\text{Дж}}{\text{К}} \right]$

Политропический процесс - процесс, при котором в термодинам. проу. теплоемкость = const

$$pV^n = \text{const}$$

$$n = \frac{C - C_p}{C - C_v} - \text{показатель политропы}$$

C - теплоемкость в проу

C_p - теплоемкость в политр. проу, при $p = \text{const}$

C_v - " - " - $V = \text{const}$

Вакуум. проц. (н_г = а., в кот. отсут. теплообмен)

$$C \neq 0$$

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} - \text{показатель адиабаты}$$

$$\text{Согл. Майера: } C_p - C_v = R$$

$$Q = U \cdot I \cdot \Delta t$$

U - напр. в нагревателе

I - сила тока в нагр.

Δt - время работы нагр.

$$pV = \nu R T; \quad \nu = \frac{m}{M} - \text{масса газа}$$

M - молярная масса газа

$$\Delta p V = \nu R \Delta T = \nu R \frac{Q}{C_v} = \nu R \frac{U I \Delta t}{C_v} - \nu = \text{const}$$

$$C_v = U I \frac{\Delta t}{\Delta T}$$

$$\Delta T = \frac{\nu}{\nu R} \Delta p$$

$$C_v = U I \frac{\Delta t \nu R}{\Delta p V}$$

$$p \Delta V = \nu R \Delta T = \nu R \frac{U I \Delta t \nu}{C_p}$$

$$\Delta T = \frac{p}{\nu R} \Delta V$$

$$C_p = \frac{U I \nu R}{p \frac{dV}{dt}}$$

N°	$\Delta t, \text{ms}$	p, mbar	I, mA	U, V
1	2110	1,1		
2	1830	1		
3	2290	1,1		
4	2200	1,2		
5	1999	1	0,46	4,61
6	2254	1,1		
7	2220	1,2		
8	2137	1,1		
9	2395	1,1		
10	2272	1,1		

Порешность p : $\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^n p_i}{10} = 1,1 \text{ mbar}$
 $p = 1,1 \pm 0,07 \text{ mbar}$
 $\Delta(\bar{p}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (p_i - \bar{p})^2}{n-1}} = 0,07$

Порешность Δt : $\bar{\Delta t} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta t_i}{10} = 2170,8 \text{ ms}$
 $\Delta t = 2170,8 \pm 161,88 \text{ ms}$
 $\Delta(\bar{\Delta t}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta t_i - \bar{\Delta t})^2}{n-1}} = 161,88$

$$C_v = \frac{UI \sqrt{13}}{\sqrt{\frac{dp}{dt}}} = \frac{4,61 \cdot 0,46 \cdot 8,31}{0,01 \cdot \frac{1,1 \cdot 10^5}{2170,8}} = 3477,66 \frac{\text{g} \cdot \text{K}}{\text{K}}$$

Порешность расчет. изм. $\Delta z = f(x_{\text{изм}} + \Delta x) - f(x_{\text{изм}}) \approx \pm 0,96$

N°	$\Delta t, \text{ms}$	$\Delta V, \text{mV}$	I, A	U, V
1	2367	9,4		
2	1928	8,5		
3	1914	9,2		
4	2003	9,2	0,46	4,61
5	2005	9,5		
6	1971	9,4		
7	2073	9,4		
8	1937	9		
9	1907	8,7		
10	1971	8,9		

Точность ΔV : $\overline{\Delta V} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta V_i}{10} = 9,12$; $s(\overline{\Delta V}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta V_i - \overline{\Delta V})^2}{n-1}} = 0,34$
 $\Delta V = 9,12 \pm 0,34 \text{ мВ}$

Точность Δt : $\overline{\Delta t} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta t_i}{10} = 2006,9$
 $\Delta t = 2006,9 \pm 136,38 \text{ мс}$ $s(\overline{\Delta t}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta t_i - \overline{\Delta t})^2}{n-1}} = 136,38$

$$\epsilon = \frac{U I \Delta t}{P \frac{\Delta V}{\Delta t}} = \frac{0,46 \cdot 4,61 \cdot 8,31}{\frac{9,12}{2006,9}} = 3486,01 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$

Точность расчета $\epsilon = f(x_{изм} + \Delta x) - f(x_{изм}) \approx 2,11$

Показатель адиабаты: $\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{3485,01}{3477,66} \approx 1$

Согл. Майера: $C_p - C_v \approx 8,35$



Ответы на контр. вопросы:

1. Термодинамический процесс - процесс, при котором в термодинамическом процессе температура - величина постоянная
2. Когда температура системы = абсолютному нулю и в ней отсутствует тепловое движение, термодинамическая вероятность равна единице.
3. Термодинамическое тело - тело, макроспараметры которого изменяются при изменении температуры. В данной лаб. работе это - газ. Термодинамический признак - признак изменения температуры. В данной лаб. работе - это изменение объема газа
4. Одноатомная молекула имеет 3 степени свободы, а у молекулы двухатомной - 5 степеней свободы

