Лабораторная работа Т-11
Измерение удельной теплоемкости воздуха.

Цель работы: изучение законов политропических процессов и измерение молярной теплоемкости воздуха C_V при постоянном объёме и молярной теплоемкости C_p при постоянном давлении, проверка соотношения Майера и расчет показателей адиабаты воздуха γ

Теоретическая часть.

Теплоемкостью данного тела называется коэффициент пропорциональн. между сообщенным телу количеством теплоты Q и приращением его температуры ΔT.

$$C = \frac{Q}{\Delta T} = \left[\frac{Дж}{K}\right]$$

Во многих термодинамических процессах эта величина остается постоянной в течении процесса и такие процессы называются политропическими

Уравнение политропического процесса: $\underline{pV^n = const}$,

где $n = \dfrac{C - C_p}{C - C_V}$ — показатель политропы,

C_p — теплоемкость в политропическом процессе $P = const$
C — теплоемкость в заданном процессе
C_V — теплоемкость в политропическом процессе $V = const$

При адиабатическом процессе когда отсутствует теплообмен с окружающей средой $C = 0$ $n = \dfrac{C_p}{C_V} = \gamma => $ зная C_p и C_V - знаем γ

Соотношение Майера:

$$C_p - C_V = R$$

Если процесс протекает быстро $\boxed{Q = UI_{\Delta}t}$, где U напряжение на нагревателе, I - сила тока нагревателе, а t - время работы нагревателя

В данной работе воздух идеальный газ. => Уравнение его состояния — уравнение Менделеева - Клапейрона.

$\boxed{pV = \nu RT}$, $\nu = \dfrac{m}{\mu}$ m - масса газа ; μ - молярная масса

При постоянном объёме: $\Delta pV = \nu R \Delta T = \nu R \dfrac{Q}{C_V} = \nu R \dfrac{UI_{\Delta}t}{C_V} => C_V = UI\dfrac{\Delta t}{\Delta T}$

Тогда: $\boxed{C_V = \dfrac{UI\nu R}{V\dfrac{dP}{dt}}}$ (1)

при измерении C_p: $\boxed{p\Delta V = \nu R\Delta T = \nu R\dfrac{UI_{\Delta}t}{C_p}}$

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

$$\boxed{C_p = \dfrac{UI\nu R}{p\dfrac{dV}{dt}}} \quad 2$$

Контрольные вопросы.

1. Политропический процесс - термодинамический процесс, во время которого теплоёмкость газа остаётся постоянной.

2. Термодинамическая вероятность может быть равна единице только в случае, если температура системы равна абсолютному нулю и в ней отсутствует тепловое движение.

3. Термодинамическое тело - вещество, физические параметры которого зависят от его температуры.

   Термодинамический признак измеряемая физическая величина, обеспечивающая определение температуры - давление газа при некотором фиксированном объёме.
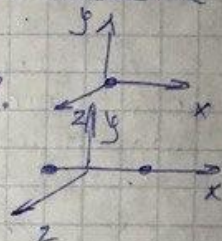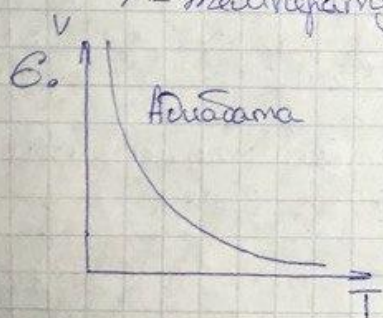
   В данной лабораторной работе термодинамическим телом является воздух в системе, а его термодинамическим признаком давление при измерении C_v и объём при измерении C_p

4. У одноатомной молекулы число степеней свободы $i = 3$.

   У двухатомной молекулы число степеней свободы $i = 5$

5. P - давление
   V - объём
   T - температура
   Эти параметры введены для определения теплоёмкости.

6.

7. При нарушении жёстких связей теплоёмкость увеличивается.

Практическая часть.

ТАБЛ 1

$\langle \Delta t \rangle = 2171 мc =$
$= 2,17 с$

$\langle \Delta p \rangle = 1,1 мбар$
$= 110 Па$

$\langle \frac{\Delta p}{\Delta t} \rangle = 0,00053 =$

$= 51 \frac{Па}{с}$

№ опыта	Δt, мs	Δp, mbar	I, A	U, V	$\frac{\Delta P}{\Delta t} \frac{mbar}{мc}$
1	2110	1,1	0,46	4,61	0,00052
2	1830	1	0,46	4,61	0,00055
3	2290	1,1	0,46	4,61	0,00048
4	2200	1,2	0,46	4,61	0,00055
5	1999	1	0,46	4,61	0,00050
6	2254	1,1	0,46	4,61	0,00049
7	2220	1,1	0,46	4,61	0,00054
8	2137	1,2	0,46	4,61	0,00051
9	2396	1,1	0,46	4,61	0,00046
10	2272	1,1	0,46	4,61	0,00048

Погрешность для Δp Для $P = 0,95$ $t_{p,f} = 2,26$, $n = 10$

$\Delta p = t_{p,f} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(p_i - \bar{p})^2}{n(n-1)}} \Rightarrow \Delta p = \sqrt{\frac{(1-1,1)^2 + (1,2-1,1)^2 + (1-1,1)^2 + (1,2-1,1)^2}{90}} = 0,048 мбар$

Погрешность для Δt $P = 0,95$ $t_{p,f} = 2,26$ $n = 10$

$\Delta t = t_{p,f} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n=10}(t_i - \bar{t})^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{(2110-2173)^2 + (1830-2173)^2 + (2290-2173)^2 + (2200-2173)^2 + (1999-2173)^2}{90}}$

$+ \frac{(2254-2173)^2 + (2220-2173)^2 + (2137-2173)^2 + (2396-2173)^2 + (2272-2173)^2}{90} = 115,7 мc$

$C_v = UI = \frac{\delta R}{V \frac{dP}{dt}} = \frac{4,61 \cdot 0,46 \cdot 10 \cdot 231}{22,4 \cdot 901 \cdot 508} = 15,49 \frac{Дж}{K}$:) $C_v^{max} = 16,46 \frac{Дж}{K}$

$C_v^{min} = 14,52 \frac{Дж}{K}$

$\nu = \frac{V}{V_m} = \frac{10}{22,4} \Rightarrow$

$\Delta z = f(x_{изм} + \Delta x) - f(x_{изм}) = (15,49 - 0,97) - 15,49 = 0,97.$

ТАБЛИЦА 2

$\langle \Delta t \rangle = 2007 мc =$
$= 2,007 с$

$\langle V \rangle = 9,12 мл =$
$= 91 \cdot 10^{-7} м^3$

$\langle \frac{\Delta V}{\Delta t} \rangle = 0,0046 \frac{мл}{мc} =$

$= 4,6 \cdot 10^{-6} \frac{м^3}{с}$

№ опыта	Δt, мc	ΔV мл	I, A	U, V	$\frac{\Delta V}{\Delta t} \frac{мл}{мc}$
1	2367	9,4	0,46	4,61	0,0040
2	1928	8,5	0,46	4,61	0,0044
3	1914	9,2	0,46	4,61	0,0048
4	2003	9,2	0,46	4,61	0,0046
5	2006	9,5	0,46	4,61	0,0047
6	1971	9,4	0,46	4,61	0,0048
7	2073	9,4	0,46	4,61	0,0045
8	1930	9,0	0,46	4,61	0,0047
9	1907	8,7	0,46	4,61	0,0046
10	1871	8,9	0,46	4,61	0,0045

Погрешность для Δt $P = 0,95$ $t_{p,f} = 2,26$ $n = 10$

$$\Delta t = t_{p,f}\sqrt{\frac{\sum_{1}^{n}(t_i - \overline{\Delta t})^2}{n(n-1)}} = 2,26\sqrt{\frac{(2367-2007)^2 + (1923-2007)^2 + (1914-2007)^2 + (2003-2007)^2 +}{90}}$$

$$+\frac{(2005-2007)^2 + 2(1971-2007)^2 + (2073-2007)^2 + (1930-2007)^2 + (1907-2007)^2}{90} = 97,46 \text{ мс}$$

Погрешность для ΔU $P = 0,95$ $t_{p,f} = 2,26$ $n = 10$

$$\Delta U = 2,26 \, t_{p,f}\sqrt{\frac{\sum_{1}^{n}(v_i - \overline{U})^2}{n(n-1)}} = 2,26\sqrt{\frac{3(9,4-9,12) + (8,5-9,12)^2 + 2(9,2-9,12)^2 + (9,5-9,12)^2 +}{90}}$$

$$+\frac{(9-9,12)^2 + (8,7-9,12)^2 + (8,9-9,12)^2}{90} = 0,24 \text{ мл}$$

$$C_p = UI\frac{\partial R \, \partial t_p}{\rho \, \partial V} = 4,61 \cdot 0,46 \frac{10 \cdot 8,31 \cdot 1007}{22,4 \cdot 105 \cdot 0,0091} = 17,35 \frac{Дж}{K}$$

$$C_p^{max} = 18,33 \frac{Дж}{K}   C_p^{min} = 16,37 \frac{Дж}{K}$$

$$\Delta Z = f(x_{изм} + \Delta x) - f(x_{изм}) = (17,35 + 0,98) - 17,35 = 0,98$$

Уравнение Майера   Показатель Адиабаты

$$C_p - C_v = R \qquad\qquad f = \frac{C_p}{C_v} = \frac{17,35}{15,49} = 1,12$$
$$17,35 - 15,49 = 1,86$$

График $p(t)$