

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{64\pi R^2}{3 \cdot 4\pi \cdot 2Rg}} = 2\pi \sqrt{\frac{8R}{3g}}; \quad l_{пр} = \frac{8}{3} R$$

4. Центр качания O обладает тем свой-ом, что если ось провести из O , частота колеб-я маят. не изм-т, а центр качания будет в т.ч. O .
 Т.е. O ч O , взаимозаменяемы.

Лабораторная работа Т. II.

Измерение удельной теплоемкости воздуха.

Цель: изучение законов политр-х процессов и измерение молярной теплоемкости воздуха c_v при постоянном объеме и молярной теплоемк-и c_p при постоянном давлении, проверка соотношения Майера и расчет показ-й адиабаты γ воздуха.

Теоретическая часть
Теплоемкость тела - количество энергии пропорционально между сообщенной теплотой и изменением температуры ΔT .

$$C = \frac{Q}{\Delta T} \text{ Дж/К}$$

Если температура = const, то - политропический процесс. $pV^\gamma = \text{const}$ где

$$\gamma = \frac{C_p - C_v}{C_p - C_v}, \text{ где } C_p - \text{с постоянным давлением, } C_v - \text{с постоянным объемом}$$

При адиабатическом процессе $\gamma = \gamma$

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \gamma$$

Измерив C_p и C_v - показатели адиабаты

Для идеального газа $R = C_p - C_v$

$Q = UI \cdot \Delta t$, U - напряжение на нагревателе
 I - сила тока Δt - время работы

Уравнение Менделеева-Клапейрона $pV = \nu RT$
 $\nu = \frac{m}{M}$

При $V = \text{const}$: $\Delta p V = \nu R \Delta T = \nu R \frac{UI \Delta t}{C_v}$
 $\Rightarrow C_v = UI \frac{\Delta t}{\Delta T} \Rightarrow \Delta T = \frac{UI \Delta t}{C_v}$ ищем

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

При изотермическом C_p : $p \Delta V = \nu R \Delta T = \nu R \frac{UI \Delta t}{C_p}$
 $\Rightarrow C_p = \frac{UI \nu R}{p \Delta V}$

Практическая часть.

N	$\Delta t, \text{мс}$	$\Delta p, \text{кПа}$	$I, \text{А}$	$U, \text{В}$
1	2110	1,1	0,46	4,61
2	1830	1,0	0,46	4,61
3	2230	1,1	0,46	4,61
4	2200	1,2	0,46	4,61
5	1999	1,0	0,46	4,61
6	2259	1,1	0,46	4,61
7	2220	1,2	0,46	4,61
8	2134	1,1	0,46	4,61
9	2306	1,1	0,46	4,61
10	2272	1,1	0,46	4,61

$$\Delta \bar{t} = 2170 \text{ мс} \quad \Delta \bar{p} = 1,1 \text{ мбар} \quad C_v = 14,5 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$

$$\Delta \bar{p} = \sum_{i=1}^{10} \frac{P_i}{10} (\text{мбар}) \quad t_{p,t} = 2,25, \text{ где } p = 0,95$$

$$dt = n - 1 \Rightarrow t = 9$$

$$\text{Поправка } \Delta p = \sqrt{\frac{\sum (\Delta p_i - \Delta \bar{p})^2}{n(n-1)}} \cdot t_{p,t}$$

$$\Delta \bar{t} = 2170 \text{ мс}$$

$$\sum_{i=1}^{10} (t_i - \Delta \bar{t})^2 = 232866 (\text{мс})$$

$$\text{Поправка } (\Delta t) = \sqrt{\frac{\sum (t_i - \Delta \bar{t})^2}{n(n-1)}} \cdot t_{p,t} = \sqrt{\frac{232866}{90}} \cdot 2,25 = 15,2 (\text{мс})$$

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

$$C_{v \max} = 7,9,56 \frac{2,17 + 0,1052}{1,1 - 0,045} = 15,1 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$

$$C_{v \min} = 7,9,56 \frac{2,17 - 0,1052}{1,1 - 0,045} = 13,09 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$

$$\Delta Z = f(x_{\max} + 0,5) - f(x_{\min}) = (19,4 + 1,4) - (19,4 - 1,4)$$

N	$\Delta t, \text{ мс}$	$\Delta V, \text{ мбар}$	$I, \text{ мА}$	$U, \text{ В}$	$C_p, \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$	$\Delta V = \Delta t$
1	2368	9,4	0,46	9,61	15,3	3,97
2	1926	9,5	0,80	9,61	16,5	4,9
3	1914	9,2	0,46	9,61	15,2	5,8
4	2003	9,2	0,46	9,61		
5	2005	9,5	0,46	9,61		
6	1971	9,4	0,46	9,61		
7	2073	9,9	0,46	9,61	16,1	4,5
8	1920	9,0	0,46	9,61	15,6	4,7
9	1904	8,7	0,46	9,61	16	4,6
10	1971	8,9	0,46	9,61		

Поправка для ΔV :

$$\Delta \bar{V} = 9,12 \text{ мбар}$$

$$\sum_{i=1}^{10} (\Delta V_i - \Delta \bar{V})^2 = 1,016 \text{ мбар}$$

$$\text{Поправка } (\Delta V) = t_{p,t} \sqrt{\frac{\sum (\Delta V_i - \Delta \bar{V})^2}{n(n-1)}}$$

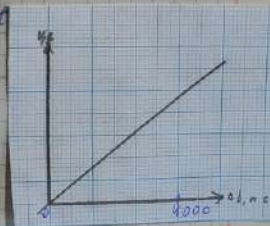
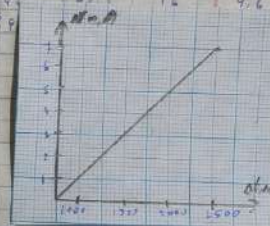
$$t_{p,t} = 2,25, \text{ где } p = 0,95$$

$$\Delta V = 2,25 \sqrt{\frac{1,016}{10 \cdot 9}} = 0,239 (\text{мбар})$$

Поправка для Δt

$$\Delta \bar{t} = 2007 \text{ мс}$$

$$\sum_{i=1}^{10} (t_i - \Delta \bar{t})^2 = 167387 \text{ мс}$$



Погрешность $t(\bar{t})$: $\sqrt{\frac{\sum (t_i - \bar{t})^2}{n(n-1)}} \cdot t_{p,t} =$
 $= 2,25 \sqrt{\frac{16 \pm 31 \text{ К}^2}{90}} = 2,25 \sqrt{1,59} \approx 3 \text{ К}$

$$C_p = \frac{U I D R \Delta t}{p \Delta v} \text{ Дж/К}$$

$$C_{min} = \frac{U I D R (\Delta \bar{t} - \Delta t')}{p(\Delta v + \Delta v')} = 14,9 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$

$$C_{max} = \frac{U I D R (\Delta \bar{t} + \Delta t')}{p(\Delta v - \Delta v')} = 17,2 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$

$$\Delta z = f(x_{izm} + \Delta x) - f(x_{izm}) = 16 + 1,1 - 16 = 1,1 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$

Ур-ие Майера: $C_p - C_v = R$

$$16 - 14,4 = 1,6$$

Показатель адиабаты: $\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{16}{14,4} = 1,11$

Контрольные вопросы.

1. Во многих термод-х процессах $c = \text{const}$ в течение процесса и такие процессы наз-я политропическими. $p v^n = \text{const}$.

2. Термодинамическая вероятность Ω равна единице, если данное макросостояние статистической системы может быть реализовано единственным образом.

3. Термодинамическое тело - тело, имеющее свою харак-у в зависимости от температуры.

Термометрический признак - изменение термодинамического свойства тела, описываемого функцией состояния. В данной работе термометрическим телом явл-я воздух в системе, а его термометрическим признаком - давление при измерении C_v и объем при измерении C_p .

4. Одноатомная молекула имеет три поступ-е степени свободы, жесткая двухатомная молекула имеет 5 степеней свободы - 3 поступательные и 2 вращательные.

5. Если использованы такие параметры, как плотность в полупроводниковом процессе с постоянным объемом, давлением, температура, объем, теплоемкость при постоянном давлении.

Давление, температура и объем нужны для вычисления теплоты воздуха, что является целью набор-ой работы. Вместе с этим харак-т состояние терм-н системы.

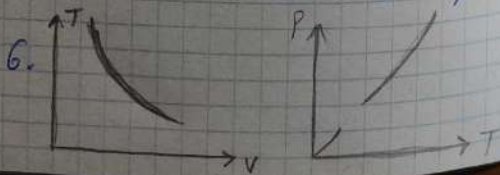
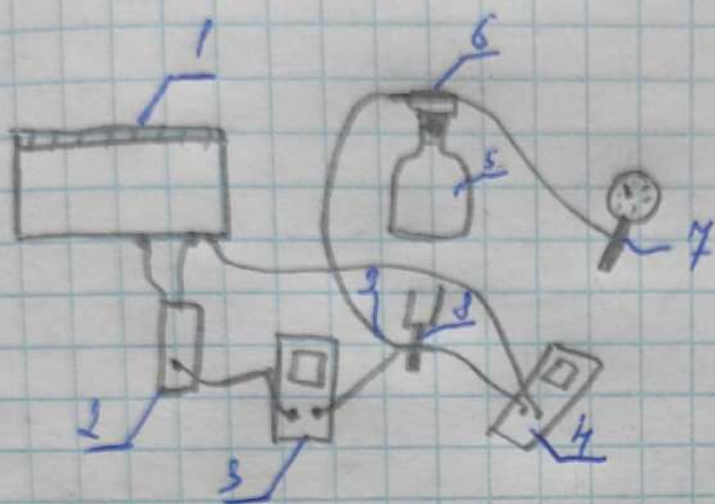


Схема установки.



1. - секундомер

2. - ключ для включения

3. - универ-л мультиметр
(измерение тока)

4. - мультиметр (измерение U)

5. - сосуд -10л с воздухом

6. - стеклянный вентиль

7. - манометр

8. - нагрев-й элемент

9. - емкость от шприца -20мл