

Wydział: Fizyki	Dzień: Poniedziałek 14-17 Data: 20.03.2017		Zespół: 8
Imiona i nazwiska: Marta Pogorzelska Paulina Marikin	Ocena z przygotowania:	Ocena ze sprawozdania:	Ocena końcowa:
Prowadzący:		Podpis:	

## Ćwiczenie 43:

### Wyznaczanie $\frac{c_p}{c_v}$ dla powietrza metodą rezonansu akustycznego

## 1 Cel badań

Doświadczenie miało na celu wyznaczenie współczynnika adiabaty dla powietrza.

## 2 Wstęp teoretyczny

$\kappa$  jest współczynnikiem w równaniu adiabaty, zależnym od ilości stopni swobody danego gazu. W modelu gazu doskonałego pomijane są drgania cząsteczek, zaś ich rotacja, dla cząstek jedno i dwu atomowych, nie wpływa znacząco na interakcje z otoczeniem i także jest pomijana. Definiowany jest on równaniami:

$$\kappa = \frac{c_p}{c_v} = 1 + \frac{1}{n} \quad (1)$$

$c_p$  - ciepło właściwe przy stałym ciśnieniu,  $c_v$  - ciepło właściwe przy stałej objętości,  $n$  - liczba stopni swobody.

W tym doświadczeniu jego wartość dla powietrza została wyznaczona metodą Laplace'a, wiążącą równania termodynamiczne z zachowaniem fali akustycznej. Falą taką jest podłużna fala mechaniczna oscylująca w zakresie częstotliwości słyszalnych dla człowieka. Jej ruch to okresowa kompresja i dekompresja ośrodka zachodząca adiabatycznie, można więc do jego opisania stosować równanie adiabaty z którego, w połączeniu z równaniem falowym i równaniem Clapeyrona otrzymujemy:

$$\kappa = \frac{\lambda^2 f^2 M}{kT} \quad (2)$$

Dla prędkości fali zmierzonej pośrednio na podstawie równości  $v = \lambda f$ .

### 3 Opis układu i metody pomiarowej

Użyte przyrządy:

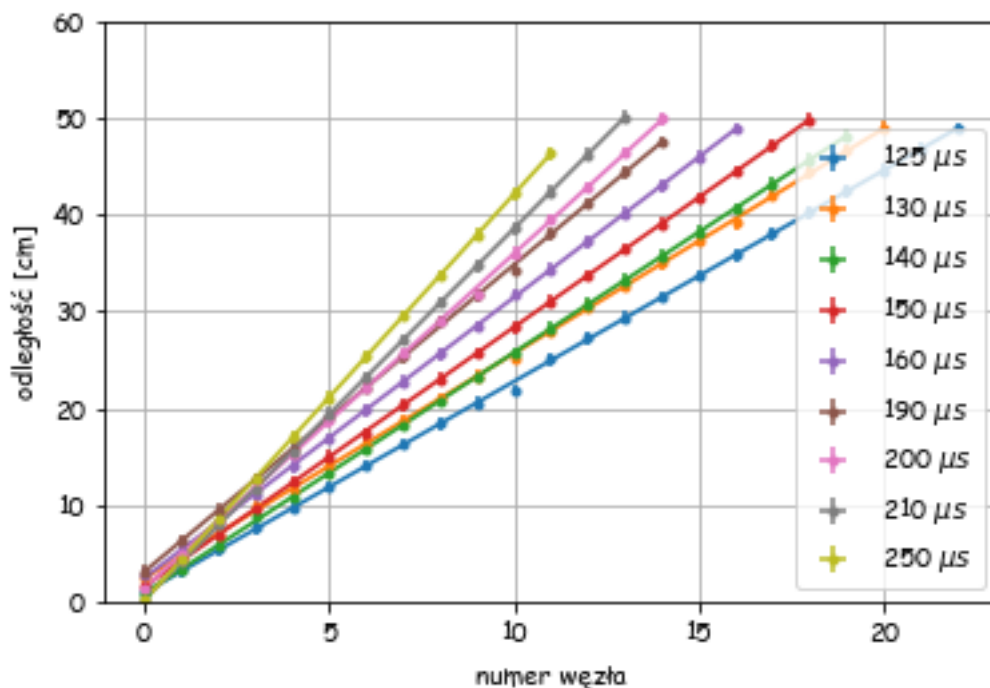
- oscyloskop z podłączonymi sygnałami od generatora i mikrofonu
- miarka z podziałką 1mm
- głośnik
- mikrofon na ruchomym tłoku
- rurka z plexi wypełniona powietrzem
- regulowany generator sygnału
- wzmacniacz sygnału
- termometr z podziałką  $2^{\circ}C$

Oscyloskop został ustawiony na tryb X-Y, w którym pokazywał krzywą eliptyczną w której x to sygnał z generatora, a y z mikrofonu. W celu wyznaczenia kolejnych długości fali mierzone były odległości między kolejnymi węzłami, za które uznano maksymalne zwężenie krzywej eliptycznej do prostej. W celu uzyskania kolejnych węzłów manipulowano tłokiem z doczepionym mikrofonem. Zamiast okresu dla każdej z fal została zmierzona częstotliwość  $\omega = 2\pi T$ , mierzona jako odległość między kolejnymi maksimami fali stojącej na obrazie z oscyloskopu. Temperatura została zmierzona raz, po wykonaniu pozostałych pomiarów.

### 4 Pomiary

okres[ $\mu s$ ]	250	210	200	180	160	150	140	130	125
n	odległość[cm]								
0	0.02	0.03	1.50	3.10	2.85	1.60	0.85	2.35	1.00
1	4.45	4.10	4.90	6.30	5.30	4.35	3.30	4.65	3.20
2	8.50	7.90	8.40	9.50	8.20	7.00	5.80	7.00	5.40
3	12.70	11.65	11.80	12.60	11.10	9.70	8.80	9.35	7.60
4	17.00	15.55	15.30	15.80	14.00	12.30	10.75	11.70	9.70
5	21.10	19.40	18.65	19.00	16.85	15.00	13.30	14.00	11.90
6	25.30	23.20	22.10	22.10	19.75	17.30	15.80	16.30	14.10
7	29.50	27.00	25.70	25.30	22.70	20.30	18.25	18.70	16.25
8	33.70	30.90	29.00	28.95	25.60	23.00	20.70	21.00	18.40
9	37.90	34.70	31.75	31.60	28.45	25.70	23.20	23.30	20.50
10	42.10	38.50	36.00	34.30	31.75	28.30	25.70	25.15	21.80
11	46.25	42.35	39.50	37.95	34.30	31.00	28.20	27.90	25.00
12		46.20	42.75	41.10	37.20	33.70	30.70	30.40	27.20
13		50.00	46.40	44.35	40.10	36.40	33.20	32.65	29.35
14			49.90	47.50	42.95	39.00	35.65	34.95	31.50
15					45.90	41.70	38.15	37.35	33.70
16					48.80	44.45	40.60	39.10	35.80
17						47.10	43.10	41.90	38.00
18						49.80	45.60	44.30	40.20
19							48.10	46.55	42.40
20								48.90	44.55
21									46.70
22									48.80

## 5 Analiza pomiarów



Rysunek 1: wykres pozwalający wyliczyć długość fali

	k	M	T	$\Delta T$	f	$\Delta f$	$\lambda$	$\Delta \lambda$	$\kappa$	$\Delta \kappa$	
	$\frac{J}{K} 10^{-23}$	Kg $10^{-26}$	K	K	Hz	Hz	m	m			
0	1.3806	4.81	299.0	1.3	8000.0000	0.0004	0.04352	0.00014	1.4120	0.0076	
1	1.3806	4.81	299.0	1.3	7692.3076	0.0003	0.04638	0.00015	1.4824	0.0081	
2	1.3806	4.81	299.0	1.3	7142.8571	0.0003	0.0496	0.00009	1.4644	0.0069	
3	1.3806	4.81	299.0	1.3	6666.66667	0.00028	0.0535	0.00008	1.4819	0.0068	Osta-
4	1.3806	4.81	299.0	1.3	6250.00000	0.00025	0.05785	0.00014	1.5226	0.0076	
5	1.3806	4.81	299.0	1.3	5263.15789	0.00017	0.06328	0.00025	1.2922	0.0076	
6	1.3806	4.81	299.0	1.3	5000.00000	0.00016	0.06896	0.00028	1.3849	0.0083	
7	1.3806	4.81	299.0	1.3	4761.90476	0.00014	0.0765	0.00004	1.5470	0.0067	
8	1.3806	4.81	299.0	1.3	4000.00000	0.00010	0.08376	0.00008	1.3076	0.0057	

teczny wynik został wyliczony przy użyciu średniej ważonej gdzie wagą była odwrotność niepewności:

$$\kappa = \sum_{i=1}^9 \frac{\frac{\kappa_i}{\Delta \kappa_i}}{\frac{1}{\Delta \kappa_i}} \quad (3)$$

## 6 Analiza niepewności

Niepewności temperatury i okresu wyliczono z niepewności aparaturowych i eksperymentatora:

$$\Delta(x) = \sqrt{\frac{x_a^2}{3} + \frac{x_e^2}{3}} \quad (4)$$

gdzie  $x_a$  - niepewność aparatury, zaś  $x_e$  - niepewność eksperymentatora równa połowie niepewności aparatury.

Za niepewność długości fali przyjęto pierwiastek z kowariancji dopasowanej prostej zwróconej przez funkcję *polyfit* biblioteki *numpy* w Pythonie. Niepewności częstotliwości i współczynnika adiabaty zostały wyznaczone przy użyciu metody propagacji niepewności.

Częstotliwość:

$$\Delta f = \frac{\Delta T}{T^2} \quad (5)$$

$\kappa$ :

$$\Delta \kappa = \sqrt{(\Delta T \frac{\lambda^2 f^2 M}{k T^2})^2 + (\Delta f \frac{2 \lambda^2 f M}{k T})^2 + (\Delta \lambda \frac{2 \lambda f^2 M}{k T})^2} \quad (6)$$

## 7 Wnioski

Wszystkie wartości  $\kappa$  są zbliżone do przewidywanego wyniku 1.4. Potwierdza to teoretyczne przewidywania dla modelu gazu doskonałego.

Zjawisko rezonansu akustycznego pozwala na dokładne i łatwo wykonane wyznaczanie współczynnika adiabaty. Chociaż finalna niepewność jest relatywnie mała (poniżej 1% wyniku) głównym czynnikiem ją generującym jest temperatura, której dokładność można łatwo poprawić używając lepszego termometru. Także, nieuwzględniane w opracowaniu zmiany temperatury w trakcie doświadczenia mogły prowadzić do odchyłań wyniku. Otrzymana na końcu  $\kappa$  dla powietrza wynosi:

$$\kappa = 1.4311$$