



Podstawy Fizyki Ciepło

Praca zbiorowa

## Ćwiczenie F 27

### ***WYZNACZANIE STOSUNKU $C_P / C_V$ METODĄ CLEMENTA - DESORMESA***

opr. techn. Mirosław Maś

Uniwersytet Przyrodniczo - Humanistyczny  
Siedlce 2019

## 1. Wstęp

W ćwiczeniu poznajemy przemiany gazowe, zależności ciepła właściwego powietrza od zachodzących przemian oraz w praktyczny sposób sprawdzamy metodą Clementa – Desormesa stosunek  $C_p/C_v$  w warunkach panujących w laboratorium w trakcie wykonywania pomiarów.

Pomiary wykonujemy wykorzystując zestaw w składający się z:

1. balonu szklanego o pojemności 50 l
2. pompki rowerowej
3. manometru wodnego

Przed rozpoczęciem ćwiczenia należy sprawdzić czy zestaw laboratoryjny jest kompletny.

Do ćwiczenia należy opanować następujące zagadnienia teoretyczne:

- gaz doskonały
- równanie stanu gazu doskonałego (równanie Clapeyrona)
- kinetyczna teoria gazów
- przemiany gazowe – izotermiczna; adiabatyczna; izochoryczna, izobaryczna
- cykl Carnota
- ciepło molowe; ciepło właściwe

## 2. Wprowadzenie

**Gaz doskonały** – często nazywany także **gazem idealnym** to model gazu stosowany przez fizyków do opisu jego właściwości. Głównym celem wprowadzenia modelu jest uproszczenie opisu zachodzących zjawisk fizycznych i na tej podstawie - zrozumienie mechanizmów związanych właśnie z tymi zjawiskami.

W modelu gazu doskonałego między innymi

- cząsteczki gazu traktowane są jako **punkty materialne**,
- są w ciągłym nieuporządkowanym (chaotycznym) ruchu,
- zderzają się sprężysto (całkowita energia nie ulega zmianie podczas zderzeń),
- pomijane jest oddziaływanie pomiędzy cząsteczkami gazu.

**Kinetyczna teoria gazów** wiąże parametry gazu (ciśnienie, temperatura) z wielkościami opisującymi cząsteczki tworzące gaz (energią kinetyczną, prędkością kwadratową).

Ze względu na prostotę opisu, dogodnym jest wprowadzenie pojęcia modelowego gazu (gazu doskonałego) posiadającego następujące własności:

- gaz składa się z identycznych cząsteczek;
- suma objętości wszystkich cząsteczek jest bardzo mała w porównaniu z objętością zajmowaną przez gaz;
- całkowita liczba cząsteczek jest bardzo duża;
- cząsteczki znajdują się w bezładnym ruchu i podlegają zasadom dynamiki Newtona;
- oddziaływania mają miejsce tylko w momencie zderzenia cząsteczek ze sobą lub ze ściankami naczynia;
- zderzenia są doskonale sprężyste.

**Równanie Clapeyrona**, równanie stanu gazu doskonałego – opisuje związek pomiędzy temperaturą, ciśnieniem i objętością gazu doskonałego. Sformułowane zostało w 1834 r przez Benoîta Clapeyrona. Prawo to można wyrazić wzorem:

$$p v = n R T \quad \text{lub} \quad p V = R T$$

gdzie:

p - ciśnienie

v - objętość

n - liczba moli gazu, miara liczby cząsteczek;  $n = v/V$

V - objętość molowa

T - temperatura bezwzględna,  $T [\text{K}] = t[^\circ\text{C}] + 273,15$

R - uniwersalna stała

gazowa:  $R = 8,314 [\text{J}/(\text{mol}\cdot\text{K})]$

**Przemiany gazowe.** W przemianach stanu gazu temperatura, ciśnienie i objętość mogą ulegać zmianom. Wyróżniamy przemiany, w których jeden z parametrów nie zmienia wielkości. Są to:

**Przemiana izotermiczna** – temperatura jest stała, zmienia się ciśnienie i objętość.

**Przemiana izobaryczna** – ciśnienie jest stałe, zmienia się objętość i temperatura.

**Przemiana izochoryczna** – objętość jest stała, zmienia się ciśnienie i temperatura.

Związki pomiędzy temperaturą, ciśnieniem objętością opisane są dla wyżej wymienionych przemian prawami: Boyle'a-Mariotte'a. ( $T = \text{const}$ ); Gay-Lussaca ( $p = \text{const}$ ); Charlesa ( $V = \text{const}$ )

W wyżej wymienionych przemianach występuje wymiana ciepła pomiędzy gazem, a otoczeniem.

W **przemianie adiabatycznej**, zmieniają się wszystkie wielkości termodynamiczne, ale gaz nie wymienia ciepła z otoczeniem.

**Ciepło molowe** ( $C$ ) - to ilość ciepła niezbędna do zmiany temperatury jednego mola gazu o  $1^\circ\text{K}$ . Między ciepłem molowym  $C$  a ciepłem właściwym  $c_w$  a istnieje związek:

$$C = c_w \mu$$

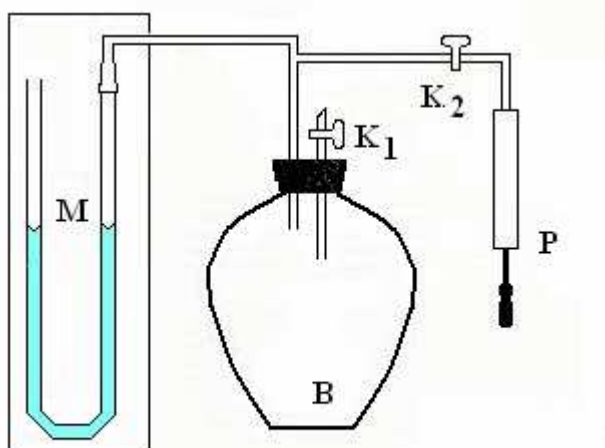
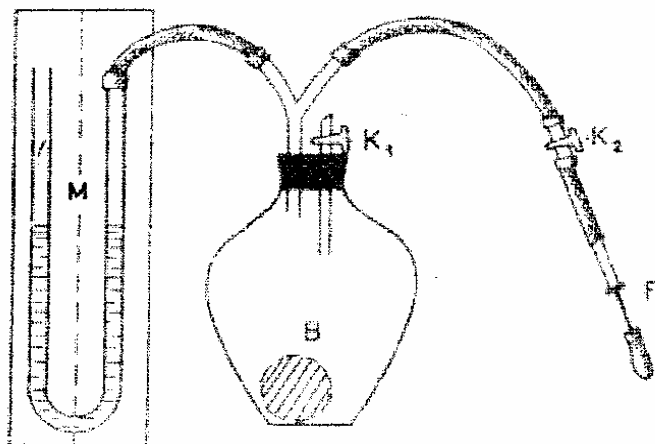
gdzie:  $\mu$  - masa jednego mola gazu.

**Ciepło właściwe** ( $c_w$ )- ilości energii - jaką trzeba dostarczyć (lub odebrać ciału), aby zmienić temperaturę jednostki masy tego ciała o  $1^\circ\text{K}$ .

Jednostką jest dżul podzielony przez kilogram i Kelwin ( $\text{J}/\text{kg}\cdot\text{K}$ ).

### 3. Elementy zestawu pomiarowego

Zestaw wykorzystany w ćwiczeniu składa się z:  
Schemat zestawu przedstawia rysunek poniżej.



- balonu szklanego **B** o pojemności kilkudziesięciu litrów
- manometru wodnego **M**
- zaworu **K<sub>1</sub>** łączącego balon z atmosferą
- zaworu **K<sub>2</sub>** blokującego pompkę **P**

#### 4. Przebieg pomiarów.

1. Pomiary wykonujemy w dwóch fazach:

**Faza pierwsza** - pompką **P** (przy otwartym **K<sub>2</sub>**) zwiększamy ciśnienie w balonie (do około 10 cm różnicy poziomów)- zachodzi sprężanie izotermiczne, po zakończeniu pompowania zamykamy zawór **K<sub>2</sub>** , po ustaleniu się poziomów odczytujemy końcową różnicę poziomów ( $h_1$ ) wody w manometrze **M**.

*Uwaga:*

*Czekamy na ustalenie się różnic poziomów około 1 minuty.*

**Faza druga** - otwieramy zawór **K<sub>1</sub>** aż po raz pierwszy poziomy wody w manometrze wyrównają się - rozprężanie adiabatyczne, zamykamy zawór **K<sub>1</sub>** - zachodzi przemiana izochoryczna (przy stałej objętości). Ciśnienie gazu w balonie wzrasta do stanu równowagi - odczytujemy różnicę ciśnień ( $h_2$ ).

*Uwaga:*

*W momencie pierwszego zrównania się poziomów wody w manometrze natychmiast zamykamy zawór **K<sub>1</sub>**.*

*Przeoczenie tego momentu doprowadzi do zrównania się z ciśnieniem w balonie z ciśnieniem atmosferycznym.*

Fazę pierwszą i drugą powtarzamy dziesięciokrotnie, wyniki zapisujemy w tabeli.

Lp	$h_1 = a - b$	$h_2 = a_1 - b_1$	$h_1 - h_2$	$\chi$
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

gdzie:

$a$  i  $b$  to poziomy wody w manometrze po napompowaniu

a

$a_1$  i  $b_1$  to poziomy wody w manometrze po rozprężeniu

Błąd (niepewność pomiarowa) odczytu poziomów wody w manometrze ustalamy biorąc za dokładność pomiaru wielkość menisku wklęsłego  $\Delta h_1 = \Delta h_2 = 0,2$  cm

## 2. Obliczenia:

Wartość stosunku  $C_p/C_v$  można zapisać w postaci :

$$\chi = C_p / C_v ,$$

gdzie:

$C_p$  to ciepło molowe przy stałym ciśnieniu (przemiana izobaryczna),

$C_v$  to ciepło molowe wyznaczone podczas izochorycznego ogrzewania gazu.

Wartość  $\chi$  w opisywanym ćwiczeniu możemy również zapisać:

$$\chi = \frac{p_1}{\Delta p} = \frac{p_1}{p_1 - p_2} ,$$

podstawiając za ciśnienie  $p$  różnicę poziomów cieczy w manometrze ostatecznie otrzymamy wzór :

$$\chi = \frac{h_1}{h_1 - h_2}$$

## 3. Obliczenia i dyskusja błędów:

Korzystając z obliczonej wartości średniej  $\chi$  obliczamy średni błąd kwadratowy współczynnika  $\chi$  :

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (\Delta\chi_i)^2}{10(10-1)}}$$

gdzie:

$\Delta\chi_i$  to odchylenie wartości  $\chi$  z kolejnego pomiaru od wartości średniej  $\chi_s$  :

$$\Delta\chi = |\chi_i - \bar{\chi}_s|$$

## Informacja :

Wartość współczynnika  $\chi$  dla powietrza suchego w warunkach normalnych w/g tablic wynosi 1.403,

Za warunki normalne przyjmuje się: ciśnienie 760 mm Hg, i temperaturę 15°C.

Warunki, w których wykonywane jest ćwiczenie z pewnością są inne, dlatego też wynik doświadczenia odbiega od wartości tablicowej.

## 5. Literatura

A. Daniluk - Instrukcje ćwiczeń laboratoryjnych z fizyki

1. D. Halliday, R. Resnick, J. Walker - Podstawy fizyki –T.2
2. S. Przystalski –Fizyka z elementami biofizyki i agrofizyki –Część 3 rozdz.3
3. P.G. Hewitt –Fizyka wokół nas

Instrukcje ćwiczeń laboratoryjnych z fizyki :

<http://www.up.poznan.pl/kfiz/images/attachments/protokoly/c8.pdf>

<http://efizyka.net.pl/>