

Ćwiczenie N.13

Wyznaczenie współczynnika załamania światła w zależności od ciśnienia oraz polaryzowalności cząsteczek powietrza za pomocą interferometru Rayleigha.

I. Spis literatury:

Nowak Marian – *Ćwiczenia Laboratoryjne z Fizyki*.
Chelkowski August – *Fizyka dielektryków*
Kaczmarek Franciszek – *II Pracownia Fizyczna*

II. Zagadnienia na kolokwium:

1. Prędkość światła w różnych ośrodkach. Równanie fali świetlnej. Prawo załamania i odbicia promieni świetlnych.
2. Polaryzacja, polaryzowalność (refrakcja), polaryzowalność mieszanin i gazów, wyznaczanie polaryzowalności gazów.
3. Metoda i aparatura dla pomiaru zależności załamania światła od ciśnienia.
4. Wyznaczanie refrakcji (polaryzowalności) cząsteczek powietrza.

III. Cel doświadczenia:

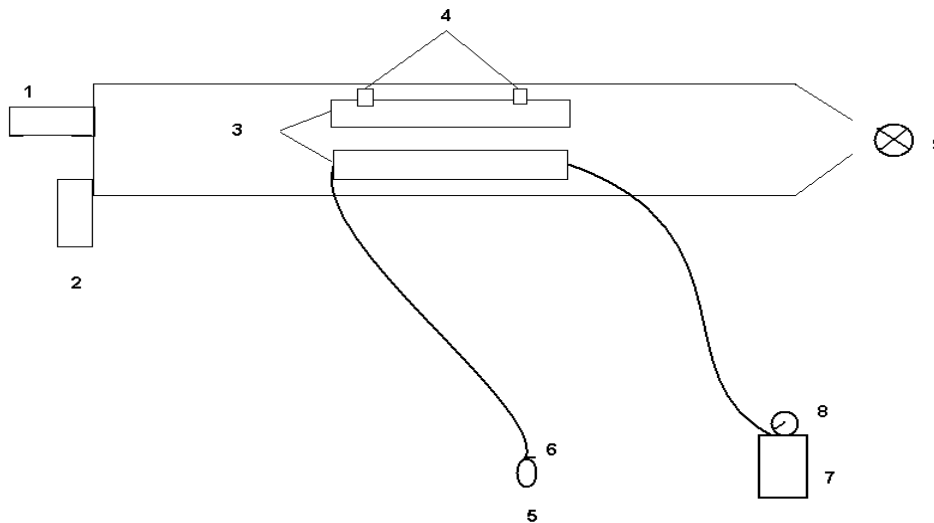
Celem doświadczenia jest wyznaczenie współczynnika załamania światła w zależności od ciśnienia oraz polaryzowalności cząsteczek powietrza za pomocą interferometru Rayleigha.

IV. Opis badanej aparatury:

Interferometr Rayleigha jest przyrządem służącym do wyznaczania załamania światła w zależności od ciśnienia bądź domieszek innych gazów. Wychodząca z żarówki wiązka światła dzieli się na cztery wiązki. Dwie wiązki padając bezpośrednio na lunetę, a potem na soczewkę cylindryczną tworzą dolny układ prążków interferencyjnych. Jedna z dwóch kolejnych wiązek przechodzi przez pustą komorę pomiarową, a następna wiązka przechodzi przez komorę w której jest powietrze pod ciśnieniem. Później obie wiązki padają na ruchomą płytkę kompensacyjną, lunetę i soczewkę cylindryczną dając górny obraz prążków interferencyjnych. Z powodu różnicy współczynników załamania światła górny układ prążków interferencyjnych może być przesunięty względem dolnego. Za pomocą płytki kompensacyjnej należy przesunąć górny układ prążków interferencyjnych poprzez śrubę mikrometryczną tak aby pokrywały się one z dolnymi prążkami.

- 1) Okular
- 2) Śruba mikrometryczna
- 3) Komory
- 4) Zatyczki
- 5) Pompka
- 6) Zaworek do upuszczania powietrza
- 7) Szklane pojemnik

- 8) Manometr
- 9) Żarówka



Współczynnik załamania światła może być przedstawiony w postaci dla interferometru Rayleigha:

$$\Delta n = a \frac{\lambda}{L} x \quad (1)$$

gdzie:

a – jest równe liczbie prążków interferencyjnych dolnego układu prążków w okularze, o które przesunie się górny prążek zerowy przy obrocie bębna śruby

mikrometrycznej o jedną jednostkę. Przyjąć, że $a = \frac{1}{30}$.

λ – długość fali świetlnej ($5,461 \cdot 10^{-4}$ mm).

L – długość komory pomiarowej (20 cm).

x – odczytane na bębnie śruby mikrometrycznej interferometru.

Wyrażenie wiążące polaryzowalność α i podatność elektryczną χ ma postać:

$$\frac{N\alpha}{3\epsilon_0} = \frac{\chi}{\chi + 3} \quad (2)$$

W przypadku, gdy mamy do czynienia z gazami rozrzedzonymi, dla których podatność elektryczna $\chi \ll 1$ równanie (2) upraszcza się do postaci:

$$\chi = \frac{N\alpha}{\varepsilon_0}. \quad (3)$$

Dla substancji nie magnetycznych podatność elektryczna i współczynnik załamania związane są zależnością Maxwella:

$$\varepsilon = n^2 = \chi + 1. \quad (4)$$

Łącząc ze sobą wyrażenia (3) i (4) otrzymujemy:

$$n^2 = 1 + \frac{N\alpha}{\varepsilon_0}. \quad (5)$$

Stosując przybliżenie otrzymujemy, że współczynnik załamania światła możemy wyrazić wzorem:

$$n = \sqrt{1 + \frac{N\alpha}{\varepsilon_0}} \cong 1 + \frac{N\alpha}{2\varepsilon_0} \quad (6)$$

Wiedząc, że ciśnienie i współczynnik załamania światła można wyrazić w stosunku do jakiejś ustalonej wartości p_0 dla ciśnienia oraz n_0 dla współczynnika załamania wzorami:

$$p = p_0 + \Delta p \quad (7)$$

$$n = n_0 + \Delta n \quad (8)$$

Wykorzystując wyrażenia (6), (7), (8) oraz wzór na koncentrację molekuł $N = \frac{p}{kT}$

$$\Delta n = n - n_0 = 1 + \frac{p\alpha}{2\varepsilon_0 kT} - 1 - \frac{p_0\alpha}{2\varepsilon_0 kT} = \frac{\alpha}{2\varepsilon_0 kT} (p - p_0) = \frac{\alpha}{2\varepsilon_0 kT} \Delta p$$

otrzymujemy, że współczynnik załamania światła może być również przedstawiony wzorem:

$$\Delta n = \frac{\alpha}{2\varepsilon_0 kT} \Delta p \quad (9)$$

gdzie:

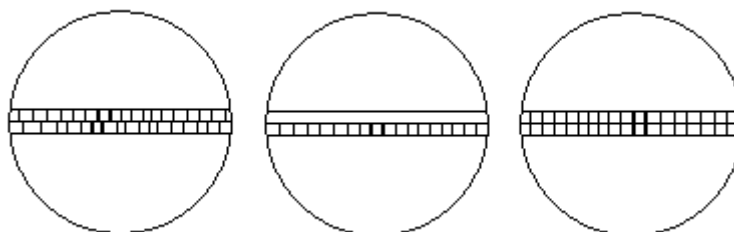
α – polaryzowalność powietrza,

k – stała Boltzmanna,

T – temperatura.

V. Przebieg doświadczenia:

1. Odetkać zatyczki, które znajdują się w górnej części interferometru i odkręcić zaworek (nr 6).
2. Wyzerować za pomocą śruby mikrometrycznej tak aby prążki górne pokrywały się z dolnymi. Tak jak jest to przedstawione na poniższym rysunku.



3. Odczytać pomiar.
4. Za pomocą pompki napompować powietrze do wartości 260 mmHg wskazywanej na manometrze.
5. Po napompowaniu odczekać około 1 – 2 minut.
6. Za pomocą śruby mikrometrycznej ustawić górny obraz prążków interferencyjnych tak aby pokrywał się z dolnymi prążkami. Odczytać pomiar.
7. Po odczytaniu pomiaru upuścić powietrze o 10 jednostek mmHg, wrócić do punktu 5 i wykonywać pomiar aż do momentu wyrównania się ciśnienia w komorze z ciśnieniem atmosferycznym.
8. Pomiary powtórzyć trzy krotnie począwszy od punktu 1 do punktu 7.

VI. Opracowanie wyników:

1. Odczytane wartości z śruby mikrometrycznej wycechować tak aby wartość odczytana na śrubie w ciśnieniu atmosferycznym wynosiła 0.
2. Wyznaczyć współczynnik załamania światła na podstawie wzoru (1).
3. Sporządzić wykres $\Delta n = \Delta n(\Delta p)$.
4. Wyznaczyć polaryzowalność powietrza korzystając z wykresu i wzoru (9).

VII. Sprawozdanie musi zawierać:

1. Krótki teoretyczny opis.
2. Opis metody pomiarowej oraz aparatury.
3. Wykresy i tabele wyników pomiarowych.
4. Wnioski.
5. Spis wykorzystanej literatury.