



# **POLITECHNIKA BIAŁOSTOCKA**



Wydział Inżynierii Zarządzania  
Politechniki Białostockiej

## **KATEDRA ZARZĄDZANIA PRODUKCJĄ**

Instrukcja do zajęć laboratoryjnych z przedmiotu:

### ***Towaroznawstwo***

Kod przedmiotu: **LS02282, LN02282**

## **Ćwiczenie 4**

# **POMIARY REFRAKTOMETRYCZNE**

**Autorzy:**

**prof. dr hab. Andrzej Wasiak**

**dr inż. Olga Orynych**

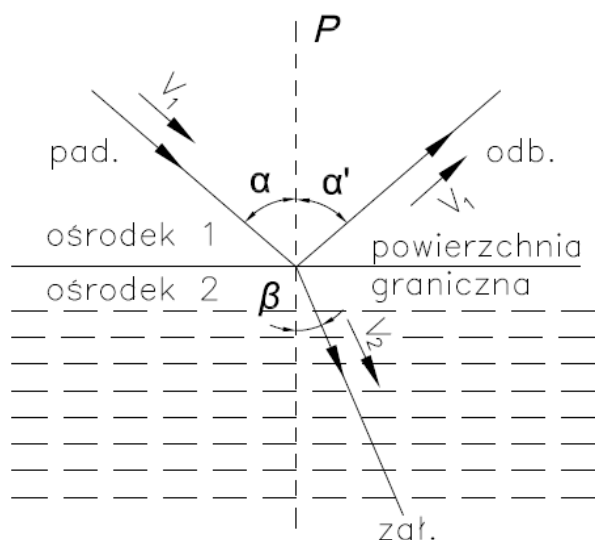
**Białystok 2021**

## Podstawy teoretyczne

Załamanie światła jest obserwowane przy przejściu przez granicę pomiędzy dwoma ośrodkami, w których szybkość rozchodzenia światła różni się. Ilościowo efekt ten charakteryzuje współczynnik załamania światła zdefiniowany jako stosunek szybkości rozchodzenia w obydwu ośrodkach:

$$n = \frac{c_1}{c_2},$$

gdzie  $c_1$  i  $c_2$  są prędkościami światła w ośrodku I i II, przy czym promień przechodzi z ośrodka I o wyższej szybkości rozchodzenia do ośrodka II, w którym szybkość jest niższa.



**Rys. 1.** Załamanie światła na granicy ośrodków materialnych

Współczynnik załamania światła jest również określony jako stosunek sinusów kąta padania i kąta załamania:

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta},$$

gdzie:

kąt  $\alpha$  jest kątem padania (od strony ośrodka o większej szybkości rozchodzenia światła),

kąt  $\beta$  jest kątem załamania obserwowanym w ośrodku o niższej szybkości rozchodzenia<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Obydwa kąty mierzone są pomiędzy promieniem światła a normalną do powierzchni rozdziału ośrodków.

Dla danych ośrodków współczynnik załamania światła zależy od długości fali użytego światła i od temperatury.

Pomiarów współczynnika załamania światła nie wykonuje się poprzez pomiar kątów padania i załamania, a poprzez pomiar tzw. kąta granicznego  $\beta_{gran}$ . Kąt graniczny jest to kąt, pod którym promień padający strony ośrodka o niższej prędkości rozchodzenia światła (optycznie gęstsze) załamuje się wzdłuż granicy oddzielającej te ośrodki. (powyżej tego kąta następuje całkowite wewnętrzne odbicie o ośrodku optycznie gęstszym).

Kąt graniczny związany jest ze współczynnikiem załamania światła następującą zależnością:

$$n = \frac{1}{\sin(\beta_{gran})}$$

Badania współczynnika refrakcji znajdują zastosowanie zarówno w analizie ilościowej (choć zależność  $n = f(C)$  rzadko jest linią prostą), jak również do identyfikacji związków chemicznych. Z zestawień tabelarycznych współczynników refrakcji dla różnych związków widać jednak, że ich zależność od składu substancji nie jest istotna i dlatego ich przydatność do identyfikacji jest raczej niewielka (zwykle stosuje się jako sprawdzian czystości), natomiast przy dokładnych pomiarach wartość współczynnika załamania jest wystarczająca do np. określania stężenia mieszanin związków chemicznych. Inne funkcje współczynnika załamania światła, takie jak dyspersja  $D = (n_2 - n_1)$  i refrakcja molowa lub właściwa różnią się znacznie bardziej między sobą przy przejściu np. od substancji do substancji w szeregu homologicznym. Wg. Równania Lorenza refrakcja molowa,  $R$ , (wyrażona w  $\text{cm}^3$ ) jest dla określonego połączenia chemicznego stała i niezależna od temperatury.

$$R = \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \cdot \frac{M}{\rho}$$

gdzie:

$M$  - ciężar cząsteczkowy substancji,

$\rho$  - gęstość substancji,

$n$  - współczynnik załamania światła.

Wartość refrakcji molowej bardzo wyraźnie zależy od budowy cząsteczki związku chemicznego, a więc od rodzaju atomów i sposobu ich powiązania w cząsteczce. W szczególności obecność w cząsteczce wiązań podwójnych, potrójnych lub układu sprzężonych wiązań podwójnych powoduje znaczne i swoiste dla każdego wymienionych typów wiązań odchylenia od wartości obliczonej na podstawie wzoru sumarycznego. Znając,

zatem wzór sumaryczny połączenia, a nie znając jego wzoru strukturalnego, można za pomocą pomiaru refrakcji molowej uzyskać informację o obecności wiązań wielokrotnych w cząsteczce. Innym zastosowaniem pomiarów refrakcji jest określenie składu mieszaniny.

Dla roztworów refrakcja molowa może być obliczona jako suma udziałów refrakcji molowych poszczególnych składników, jeżeli oddziaływań i między nimi są nieznaczne. Dla roztworu dwuskładnikowego słuszne są następujące równania:

$$R_{1,2} = x_1 R_1 + x_2 R_2$$

$$x_1 + x_2 = 1$$

gdzie:

$$x_1 = \frac{m_1}{m_1 + m_2}$$

$$x_2 = \frac{m_2}{m_1 + m_2}$$

$m_1$  i  $m_2$  są liczbami moli, a  $x_1$  i  $x_2$  są ułamekami molowymi składników roztworu.

Ostatecznie:

$$R_{1,2} = \frac{n_{1,2}^2 - 1}{n_{1,2}^2 + 2} \cdot \frac{x_1 \cdot M_1 + x_2 \cdot M_2}{\rho_{1,2}} = x_1 \frac{n_1^2 - 1}{n_1^2 + 2} \cdot \frac{M_1}{\rho_1} + x_2 \frac{n_2^2 - 1}{n_2^2 + 2} \cdot \frac{M_2}{\rho_2}$$

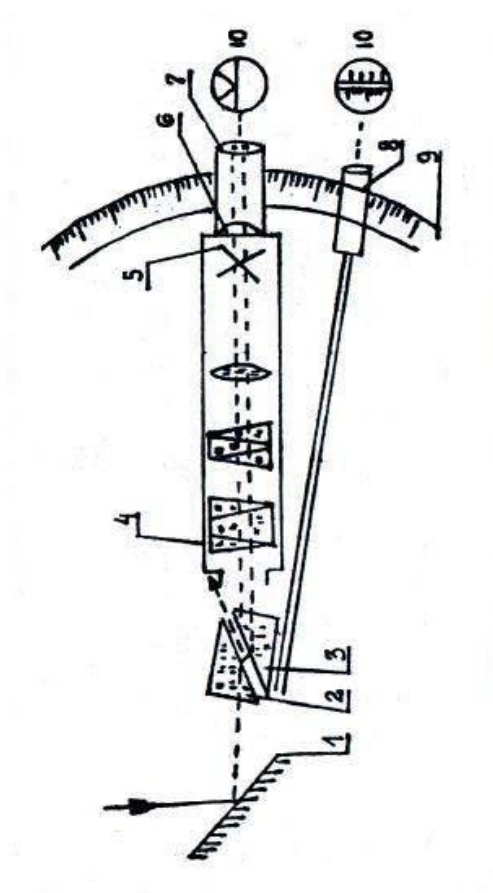
### Opis aparatury i metoda pomiaru

Pomiary współczynnika załamania światła wykonuje się na dostępnym w pracowni refraktometrze Abbego.



**Rys. 2.** Refraktometr Abbego (widok z dwóch stron)

Źródło: Opracowanie własne



**Rys. 3.** Schemat refraktometru

### Sposób wykonania pomiaru

Na oczyszczoną powierzchnię pryzmatu nanieść kilka kropli badanej cieczy i zamknąć pokrywę pryzmatu. Przez obrót pokrętkiem doprowadzić do pokrycia się granicy cienia obserwowanej w lunetce z krzyżem „nici pajęczych”. W drugiej lunetce odczytać na skali wartość współczynnika załamania. Dokonać kilku odczytów i zapisać wyniki w tabelce.

Policzyć wartości średnie i odchylenie standardowe.

Pomiary należy wykonać na tym samym zestawie cieczy, który był sporządzony do pomiarów gęstości w Ćwiczeniu 1. Z zestawienia gęstości i współczynnika załamania wyliczyć dla każdego stężenia wartość refrakcji molowej. Wykonać wykres zależności refrakcji molowej od stężenia roztworu. (Uwaga! Konieczna jest znajomość masy cząsteczkowej składników mieszaniny).

### **Sprawozdanie powinno zawierać:**

1. Cel i zakres ćwiczenia.
2. Opis stanowiska badawczego.
3. Metodyka badań i przebieg realizacji eksperymentu.
4. Analiza otrzymanych wyników i przyczyny powstawania błędów.
5. Wnioski.

### **Literatura:**

1. Gajda F. (2007), *Wyznaczanie współczynnika załamania światła refraktometrem Abbego (ćwiczenia laboratoryjne z fizyki)*, Opole, Oficyna wydawnicza Politechniki Opolskiej.
2. Marcinów T. (1999), *Wyznaczanie współczynnika załamania za pomocą refraktometru (ćwiczenia laboratoryjne z fizyki)*, Wrocław, Oficyna wydawnicza Politechniki Wrocławskiej.
3. Łapsa K. (2008), *Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki*, Poznań, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej.
4. Sielanko J. (1994), *Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki*, Lublin.
5. Bielski A., Ciuryło R. (2001), *Podstawy metod opracowania pomiarów wyd. II*, Toruń, Wydawnictwo Naukowe UMK.

### **WYMAGANIA BHP**

Warunkiem przystąpienia do praktycznej realizacji ćwiczenia jest zapoznanie się z instrukcją BHP i instrukcją przeciwpożarową oraz przestrzeganie zasad w nich zawartych. Wybrane urządzenia dostępne na stanowisku laboratoryjnym mogą posiadać instrukcje stanowiskowe.

Przed rozpoczęciem pracy należy zapoznać się z instrukcjami stanowiskowymi wskazanymi przez prowadzącego.

W trakcie zajęć laboratoryjnych należy przestrzegać następujących zasad.

- ♦ Sprawdzić, czy urządzenia dostępne na stanowisku laboratoryjnym są w stanie kompletnym, nie wskazującym na fizyczne uszkodzenie.
- ♦ Sprawdzić prawidłowość połączeń urządzeń.
- ♦ Załączenie napięcia do układu pomiarowego może się odbywać po wyrażeniu zgody przez prowadzącego.
- ♦ Przyrządy pomiarowe należy ustawić w sposób zapewniający stałą obserwację, bez konieczności nachylania się nad innymi elementami układu znajdującymi się pod napięciem.
- ♦ Zabronione jest dokonywanie jakichkolwiek przełączeń oraz wymiana elementów

składowych stanowiska pod napięciem.

- ♦ Zmiana konfiguracji stanowiska i połączeń w badanym układzie może się odbywać wyłącznie w porozumieniu z prowadzącym zajęcia.
- ♦ W przypadku zaniku napięcia zasilającego należy niezwłocznie wyłączyć wszystkie urządzenia.
- ♦ Stwierdzone wszelkie braki w wyposażeniu stanowiska oraz nieprawidłowości w funkcjonowaniu sprzętu należy przekazywać prowadzącemu zajęcia.
- ♦ Zabrania się samodzielnego włączania, manipulowania i korzystania z urządzeń nie należących do danego ćwiczenia.
- ♦ W przypadku wystąpienia porażenia prądem elektrycznym należy niezwłocznie wyłączyć zasilanie stanowisk laboratoryjnych za pomocą wyłącznika bezpieczeństwa, dostępnego na każdej tablicy rozdzielczej w laboratorium. Przed odłączeniem napięcia nie dotykać porażonego.