

POLITECHNIKA



BIAŁOSTOCKA

WYDZIAŁ



**INŻYNIERII
ZARZĄDZANIA**

KATEDRA ZARZĄDZANIA PRODUKCJĄ

Instrukcja do zajęć laboratoryjnych z przedmiotu:

FIZYKA

Kod przedmiotu: LS01137, LN01137, IMS01137, IMN01137

Ćwiczenie Nr 2

Wyznaczanie współczynnika załamania światła za pomocą mikroskopu i pryzmatu

Autorzy:

dr inż. Krzysztof Kamil Żur

dr inż. Wojciech Jarmoc

mgr inż. Patrycja Rogowska

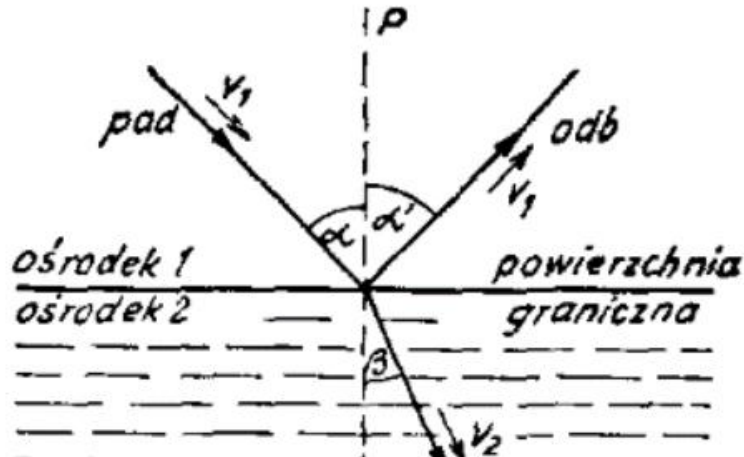
Białystok 2019

Wszystkie prawa zastrzeżone

Wszystkie nazwy handlowe i towarów występujące w niniejszej instrukcji są znakami towarowymi zastrzeżonymi lub nazwami zastrzeżonymi odpowiednich firm odnoszących się do nich.

1. Podstawy teoretyczne

Jednym ze zjawisk zachodzących w przypadku, gdy światło pada na powierzchnię rozdzielającą dwa ośrodki, w których prędkości rozchodzenia się światła są różne, jest zjawisko **załamania (refrakcji) światła** (rys. 1).



Rys. 1. Załamanie światła, gdzie: pad - wiązka padająca, odb - wiązka odbita, zał - wiązka załamana, P - prosta prostopadła do powierzchni granicznej w punkcie padania, α - kąt padania, α' - kąt odbicia, β - kąt załamania

Na powierzchni granicznej następuje rozdzielenie się wiązki na wiązkę odbitą i jedną (zwykle załamanie światła) lub dwie (podwójne załamanie światła) wiązki biegnące w głąb drugiego ośrodka zwane wiązkami załamanymi. Wiązki padająca, odbita i załamana leżą w jednej płaszczyźnie, kąt padania równa się kątowi odbicia $\alpha = \alpha'$. Załamanie światła nie występuje tylko w przypadku **całkowitego wewnętrznego odbicia**.

Zjawiska załamania i odbicia światła można wyjaśnić za pomocą **zasady superpozycji i zasady Huygensa-Fresnela**.

Zwykle załamanie światła podlega **prawu Snelliusa**:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n_{21}, \quad (1.1)$$

gdzie:

β jest kątem załamania

n_{21} - stałą zwaną **współczynnikiem załamania ośrodka 2 względem ośrodka 1** i jest równa:

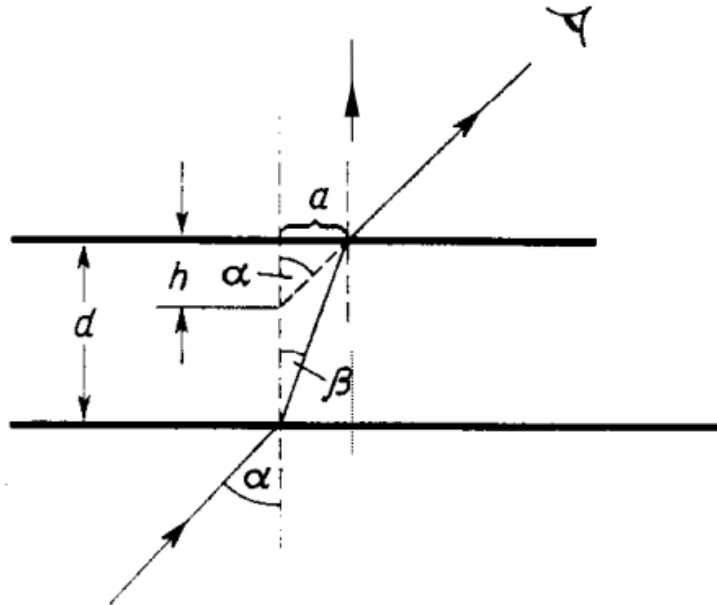
$$n_{21} = \frac{v_1}{v_2}, \quad (1.2)$$

gdzie v_1 i v_2 są odpowiednio prędkościami fazowymi światła w ośrodkach 1 i 2.

2. Cel i zakres ćwiczenia laboratoryjnego

2.1 Pomiar współczynnika załamania światła za pomocą mikroskopu

Korzystając z efektu polegającego na pozornej zmianie grubości (rys. 2) można wyznaczyć współczynnik załamania przezroczystej płytki.



Rys. 2. Pozorne zmniejszenie grubości płytki

Pozorna grubość płytki według obserwatora patrzącego na płytkę pod kątem α wynosi h , podczas gdy rzeczywista grubość płytki wynosi d . Jeżeli kąt obserwacji α jest mały, to zachodzi

$$\sin\alpha = \tan\alpha = \frac{a}{h}, \quad (2.1)$$

oraz

$$\sin\beta = \tan\beta = \frac{a}{d}. \quad (2.2)$$

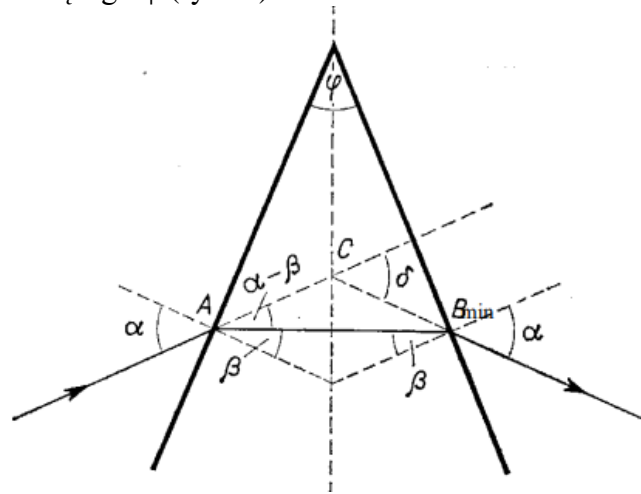
Dzieląc stronami (2.1) przez (2.2) i korzystając z (1.1) otrzymujemy wyrażenie na współczynnik załamania materiału płytki względem powietrza:

$$n_{21} = \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{d}{h}. \quad (2.3)$$

2.2 Pomiar współczynnika załamania pryzmatu

Współczynnik załamania światła wyznaczyć można z kątów padania i załamania światła na granicy środowisk. Najwygodniej w tym celu posługiwać się ciałem o specjalnie dobranym kształcie. Najczęściej stosowany jest pryzmat, który jest bryłą ograniczoną dwoma płaszczyznami tworzącymi ze sobą kąt φ zwany kątem łamiącym.

Promień świetlny padający na pryzmat zostaje odchylony o pewien kąt δ , zależny od kąta padania α i kąta łamiącego φ (rys. 3.)



Rys. 3. Załamanie promienia w pryzmacie

Kąt δ jest najmniejszy, gdy wewnątrz pryzmatu promień biegnie prostopadle do dwusiecznej kąta łamiącego φ , w tym przypadku kąt δ_{min} jest równy sumie kątów nie przyległych w trójkącie ABC (Rys. 3.), czyli

$$\delta_{min} = 2(\alpha - \beta) \quad (2.4)$$

gdzie

$$\beta = \frac{\varphi}{2} \quad (2.5)$$

ponieważ kąty β i $\frac{\varphi}{2}$ mają ramiona zgodnie prostopadłe. Z równań (2.4) i (2.5) otrzymujemy

$$\alpha = \frac{1}{2}(\delta_{min} + \varphi) \quad (2.6)$$

Z (2.5), (2.6) i (1.1) otrzymujemy wzór na współczynnik załamania materiału z którego wykonano pryzmat względem powietrza:

$$n_{21} = \frac{\sin \frac{1}{2}(\delta_{min} + \varphi)}{\sin \frac{1}{2}\varphi} \quad (2.7)$$

3. Metodyka badań

3.1 Opis stanowiska badawczego

Przyrządy:

- płytki szklane, płytki ze szkła organicznego,
- mikroskop z czujnikiem odległości, śruba mikrometryczna,
- pryzmat, szpilki.

Pomiar współczynnika załamania światła za pomocą mikroskopu

Do pomiaru rzeczywistej grubości badanych płytek służy śruba mikrometryczna. Grubość pozorną mierzymy za pomocą mikroskopu wyposażonego w czujnik odległości. W celu pomiaru grubości pozornej umieszczamy płytkę na stoliku mikroskopu i mierzymy różnicę wskazań czujnika przy ostrości nastawionej raz na górną, a raz dolną powierzchnię płytki.

Pomiar współczynnika załamania pryzmatu

Do symulowania toru promienia świetlnego wewnątrz i na zewnątrz pryzmatu służą szpilki, które należy umieścić w taki sposób, aby patrząc przez boczną ściankę widzieć wszystkie szpilki na jednej linii. Mierząc kąt między odpowiednimi odcinkami, których końcami są punkty wbicia szpilek można określić kąt o jaki został odchylony promień świetlny wewnątrz pryzmatu.

3.2 Przebieg realizacji eksperymentu

Pomiar współczynnika załamania światła za pomocą mikroskopu

- po obu stronach płytki zaznaczyć, np. atramentem, dwie kreski wzajemnie prostopadłe,
- zmierzyć grubość płytki d za pomocą śruby mikrometrycznej; wynik pomiaru zanotować w Tabeli 1,
- umieścić płytkę na stoliku mikroskopu i ustawić mikroskop tak, aby widzieć ostro kreskę na górnej powierzchni płytki,
- zanotować wskazanie czujnika mikroskopu S_1 ,
- ustawić mikroskop na ostre widzenie dolnej kreski,
- zanotować wskazanie czujnika S_2 ,
- obliczyć różnicę $h = S_1 - S_2$ (grubość pozorna płytki); wynik pomiaru h zanotować w Tabeli 1,
- pomiary d i h wykonać pięciokrotnie,
- powtórzyć wszystkie czynności dla drugiej płytki,
- określić współczynnik załamania wg. wzoru: $n_{21} = \frac{d \cdot s_r}{h \cdot s_r}$ (porównaj wzór (2.3)).
- zwrócić uwagę na to jaki błąd można popełnić przy nastawianiu na ostry obraz (w jakim zakresie wskazań czujnika widzimy ostry obraz zaznaczonych kresek).

Pomiar współczynnika załamania pryzmatu

- umieścić pryzmat na kartce sprawozdania i wpiąć pionowo dwie szpilki tuż przy bocznych ścianach pryzmatu w jednakowych odległościach od jego wierzchołka (punkty A i B na rys. 3.),
- wpiąć pozostałe dwie szpilki po obu stronach pryzmatu tak aby patrząc przez boczną ściankę widzieć wszystkie szpilki na jednej linii,
- odrysować kontur pryzmatu i na podstawie śladów szpilek narysować bieg promienia w pryzmacie,
- zmierzyć kąt łamiący pryzmatu φ i kąt jego najmniejszego odchylenia δ_{\min} ; wyniki pomiarów zanotować w Tabeli 2,
- wyznaczyć współczynnik załamania korzystając z zależności (2.7).

3.3 Prezentacja i analiza wyników obliczeń

Tabela 1. Dane służące do wyznaczania współczynnika załamania przezroczystej płytki za pomocą mikroskopu

Płytką	Pomiar	Grubość płytki d_i	Grubość pozorna h_i	d_{sr}	h_{sr}	n_{21}
Szkło	1.					
	2.					
	3.					
	4.					
	5.					
Plexi	1.					
	2.					
	3.					
	4.					
	5.					

Na podstawie danych w Tabeli 1 wyznaczyć współczynniki załamania światła dla szkła i plexi względem powietrza. Skorzystać w tym celu z zależności $n_{21} = \frac{d_{sr}}{h_{sr}}$ (porównaj wzór (2.3)). Błąd otrzymanych wartości współczynników wyznaczyć metodą różniczki zupełnej lub pochodnej logarytmicznej. **Uwaga! Błąd wielkości h oszacować na podstawie dokładności ustawiania na ostrość.**

Tabela 2. Dane służące do wyznaczania współczynnika załamania pryzmatu

Kąt łamiący φ	Kąt odchylenia promienia δ_{\min}	$\frac{1}{2}(\delta_{\min} + \varphi)$	$\frac{1}{2}\varphi$	Współczynnik załamania n_{21}
[°]	[°]	[°]	[°]	

Na podstawie danych w Tabeli 2 wyznaczyć współczynniki załamania światła dla szkła względem powietrza. Skorzystać w tym celu z zależności (2.7). Błąd otrzymanych wartości współczynników wyznaczyć metodą różniczki zupełnej. **Uwaga! Błędy kątów wyrazić w mierze łukowej.**

4. Sprawozdanie

Sprawozdanie studenckie powinno zawierać:

1. Cel i zakres ćwiczenia laboratoryjnego.
2. Część teoretyczną ważną z punktu widzenia wykonania ćwiczenia.
3. Opis stanowiska badawczego.
4. Przebieg realizacji eksperymentu.
5. Zestawienie i analiza wyników badań, tj.:
 - wartości współczynników załamania światła dla szkła i plexi zmierzone za pomocą mikroskopu,
 - wartość współczynnika załamania światła dla szkła zmierzona za pomocą pryzmatu,
 - przeanalizowanie przyczyny powstawania błędów w układzie pomiarowym,
 - liczbowa ocena wartości popełnionych błędów przy pomiarze współczynników załamania każdą z metod.
6. Wypełnione tabele pomiarowe podpisane przez prowadzącego
7. Wnioski wynikające z przeprowadzonych pomiarów.

Pytania kontrolne

1. Opisz zjawisko załamania światła. Przetwórz zjawisko na rysunku. Podaj przykład.
2. Wyjaśnij czym jest pryzmat. Opisz zjawisko załamania promienia w pryzmacie. Przedstaw zjawisko na rysunku.
3. Wyjaśnij czym jest pozorna zmiana grubości. Przedstaw zjawisko na rysunku.
4. Podaj treść prawa Snelliusa. Przedstaw wzór wraz z wyjaśnieniem oznaczeń.
5. Opisz zasadę działania mikroskopu optycznego.

Literatura

1. Feynman R. (2012), Wykłady z fizyki, Tom 1.2, Państwowe Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.

- Halliday D., Resnick R., Walker J. (2011), Podstawy fizyki, Tom 4, Państwowe Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Szczeniowski S. (1983), Fizyka doświadczalna, Tom IV, Optyka, Państwowe Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.

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.