

POLITECHNIKA



BIAŁOSTOCKA

WYDZIAŁ



**INŻYNIERII
ZARZĄDZANIA**

KATEDRA ZARZĄDZANIA PRODUKCJĄ

Instrukcja do zajęć laboratoryjnych z przedmiotu:

FIZYKA

Kod przedmiotu: IS01137

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

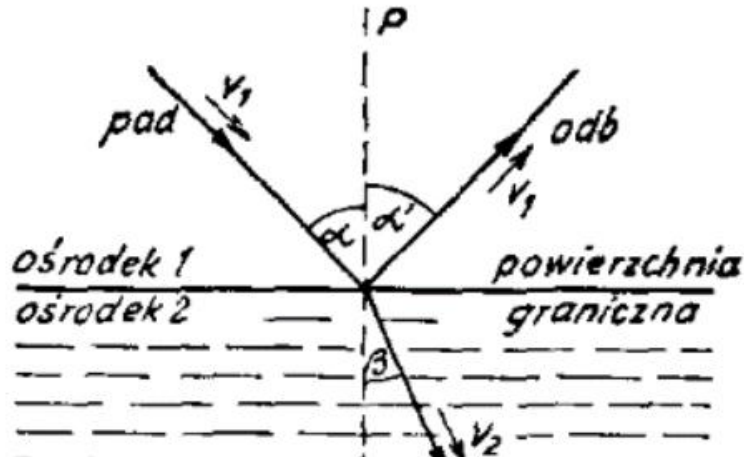
Białystok 2019

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:

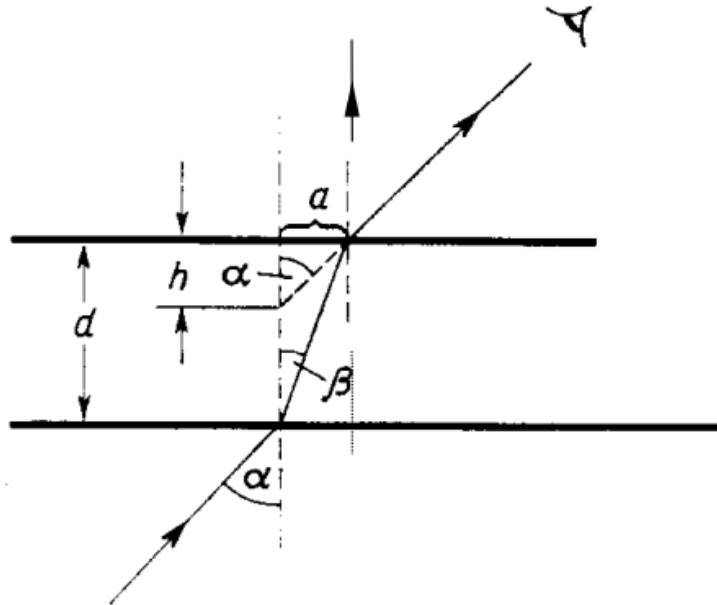
$$n_{21} = \frac{v_1}{v_2}, \quad (1.2)$$

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

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

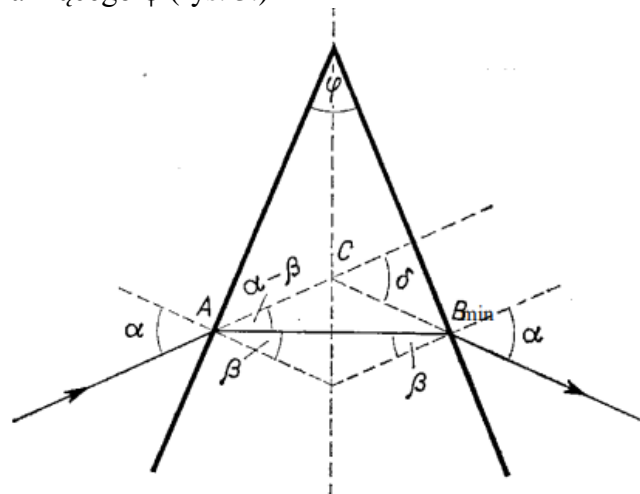
Dzieląc stronami (2.1) przez (2.2) i korzystając z (1.1) otrzymujemy wyrażenie na współczynnik załamania materiału płytki względem powietrza:

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

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 odchyłony 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 lub 2 (w zależności od rodzaju płytki),
- 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 lub 2 (w zależności od rodzaju płytki),
- 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 3,
- 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 (szkło) 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.					
Szkło	1.					
	2.					
	3.					
	4.					
	5.					

Tabela 2. Dane służące do wyznaczania współczynnika załamania przezroczystej płytki (plexi) za pomocą mikroskopu

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

Na podstawie danych w Tabeli 1 i Tabeli 2 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 3. 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 3 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.
2. Halliday D., Resnick R., Walker J. (2011), Podstawy fizyki, Tom 4, Państwowe Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
3. 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.