

**POLITECHNIKA ŁÓDZKA**

**INSTYTUT FIZYKI**

**LABORATORIUM**

**FIZYKI KRYSTAŁÓW STAŁYCH**

**ĆWICZENIE Nr 1**

**Optyczne badania kryształów**

## Cel ćwiczenia

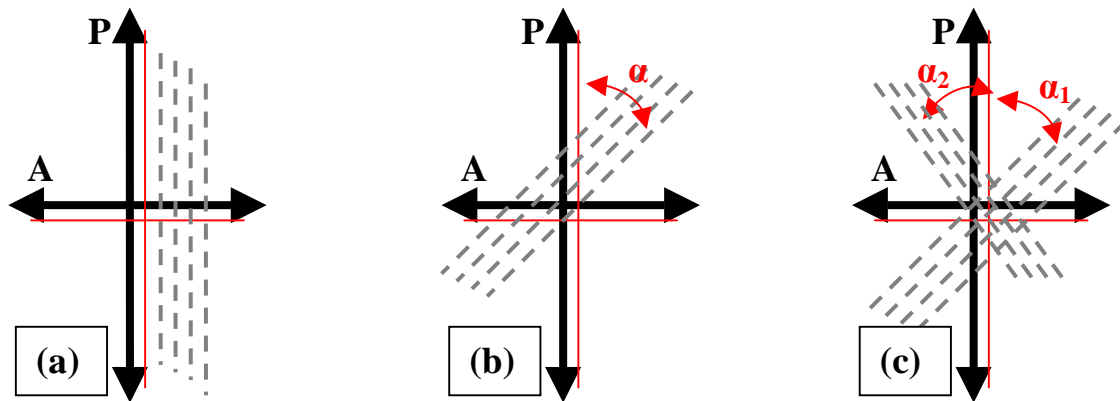
Celem ćwiczenia jest poznanie przyrządów i metod do badań optycznych oraz cech kryształów jako ośrodków anizotropowych.

### A. Badania w świetle równoległym, spolaryzowanym liniowo

#### I Pomiary kątów znikania światła

Przy pomocy mikroskopu polaryzacyjnego określić rodzaj znikania światła (prosty, skośny lub symetryczny) oraz wyznaczyć wartości kątów znikania dla ścian :

- słupa (100) (ściany prostokątne)
  - piramidy (101) (ściany trójkątne)
- kryształów tetragonalnych (KDP).



Rys. 1. Przykłady znikania światła w różnych kryształach – (a) znikanie proste, (b) znikanie skośne, (c) znikanie symetryczne.

P – polaryzator, A – analizator. Linie przerywane symbolizują kierunki łupliwości lub krawędzi kryształu, linie cienkie czerwone są kierunkami głównych osi przekroju eliptycznego w położeniu znikania światła.

Wygaszenie światła w układzie gdy kryształ znajduje się pomiędzy skrzyżowanymi polaroidami uzyskujemy przez obrót kryształu. W położeniu ściemnienia kierunki drgań fal świetlnych przechodzących przez kryształ pokrywają się z kierunkami drgań polaroidu. Kąt znikania jest kątem pomiędzy kierunkiem drgań fal świetlnych w kryształach, a wybranym kierunkiem kryystalograficznym np. kierunkiem krawędzi kryształu.

## II Obserwacje naprężeń wewnętrznych w kryształach



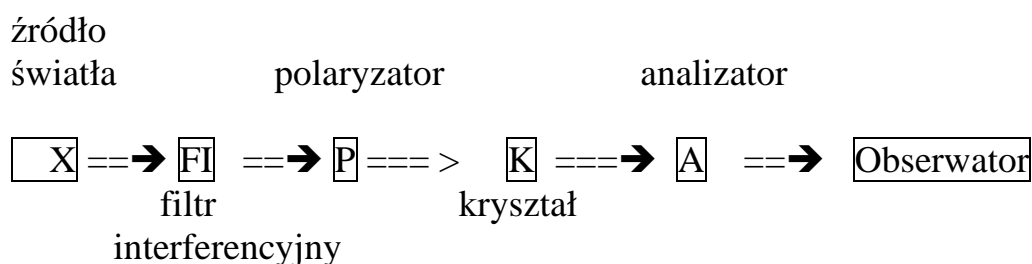
Rys. 2. Naprężenia wewnętrzne na granicach sektorów i pasmach wzrostu w kryształach salmiaku ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) w układzie polaryskopu ze skrzyżowanymi polaroidami (nikolami)

Dokonać obserwacji kryształów z naprężeniami wewnętrznymi stosując mikroskop polaryzacyjny.

## III Pomiary aktywności optycznej

1. Dokonać pomiarów zależności dyspersyjnej skręcalności właściwej  $\alpha=f(\lambda)$  tj. zależności kąta skręcenia płaszczyzny polaryzacji w funkcji długości fali światła w kryształach : chloranu sodowego ( $\text{NaClO}_3$ ), bromianu sodowego ( $\text{NaBrO}_3$ ), kwarcu ( $\text{SiO}_2$ ) oraz siarczanu potasowo litowego ( $\text{KLiSO}_4$ ).

Układ doświadczalny stosowany do pomiarów aktywności optycznej przedstawiono schematycznie na Rys.3.



Rys. 3. Układ doświadczalny do badań aktywności optycznej

Wprowadzenie kryształu aktywnego optycznie pomiędzy skrzyżowane polaroidy wywołuje rozjaśnienie pola widzenia w miejscu gdzie umieszczono kryształ. Kąt  $\phi$  skręcenia płaszczyzny polaryzacji fali świetlnej po przejściu przez kryształ jest kątem o jaki należy obrócić analizator aby ponownie

nastąpiło ściemnienie w miejscu kryształu. Określić kąty  $\varphi$  dla różnych  $\lambda$ . Zmianę długości fali  $\lambda$  światła przechodzącego przez kryształ realizujemy poprzez wstawienie w tor wiązki odpowiedniego filtra interferencyjnego.

Skręcalność właściwą  $\alpha$  wyznaczyć ze wzoru:

$$\alpha = \frac{\varphi}{d} \quad (1)$$

gdzie  $d$  – grubość kryształu. Dla kryształu kwarcu przyjąć  $d = 6\text{mm}$ , zaś grubość innych kryształów zmierzyć suwmiarką.

1. Ustalić skrętność kryształu tj. czy jest on lewo- [oznaczenie ( - ) lub **L**] czy prawoskrętny [oznaczenie ( + ) lub **D**].

Posłużyć się następującymi kryteriami:

- i) zmianą (sekwencją) kolejności barw kryształu oświetlonego światłem białym podczas obrotu analizatora w kierunku zgodnym z ruchem wskazówek zegara . Kryształ lewoskrętny podczas obrotu analizatora zmienia barwę od pomarańczowej do niebieskiej, a prawoskrętny od niebieskiej do pomarańczowej.
- ii) Zależnością dyspersyjną skręcalności właściwej ( $\alpha$  powinno maleć ze wzrostem  $\lambda$ )
- iii) Zależnością kąta skręcenia  $\varphi$  od grubości kryształu.

Uwaga! Brak ustalenia kierunku skręcania płaszczyzny polaryzacji prowadzi do nieokreśloności kąta skręcenia tj. czy mierzymy wartość  $\varphi$  czy kąt dopełniający ( $180 - \varphi$ ).

3. Przy ustalonym  $\lambda$  określić wpływ orientacji kryształu na wartość kąta skręcenia.

2. Opracowanie wyników pomiarów aktywności optycznej powinno zawierać:

- i) wykresy zależności dyspersyjnej  $\alpha=f(\lambda)$  w układzie liniowym oraz w funkcji odwrotności kwadratu  $\lambda$  tj zależność  $\alpha=f(1/\lambda^2)$ .
- ii) wyznaczenie różnicy współczynników załamania  $n_l - n_p$  lewo- i prawoskrętnej składowej fali.

Korzystać z zależności:

$$\alpha = \frac{\pi}{\lambda_o} * (n_l - n_p) \quad (2)$$

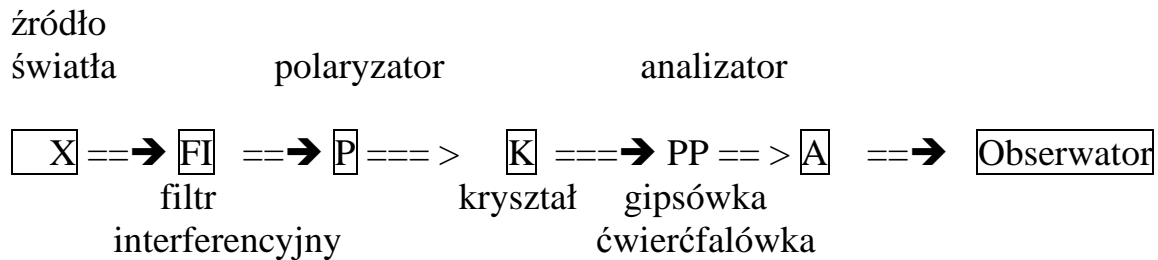
tutaj  $\lambda_o$  jest długością fali w próżni.

iii) odpowiedź czy kryształ jest prawo- czy lewoskrętnym.

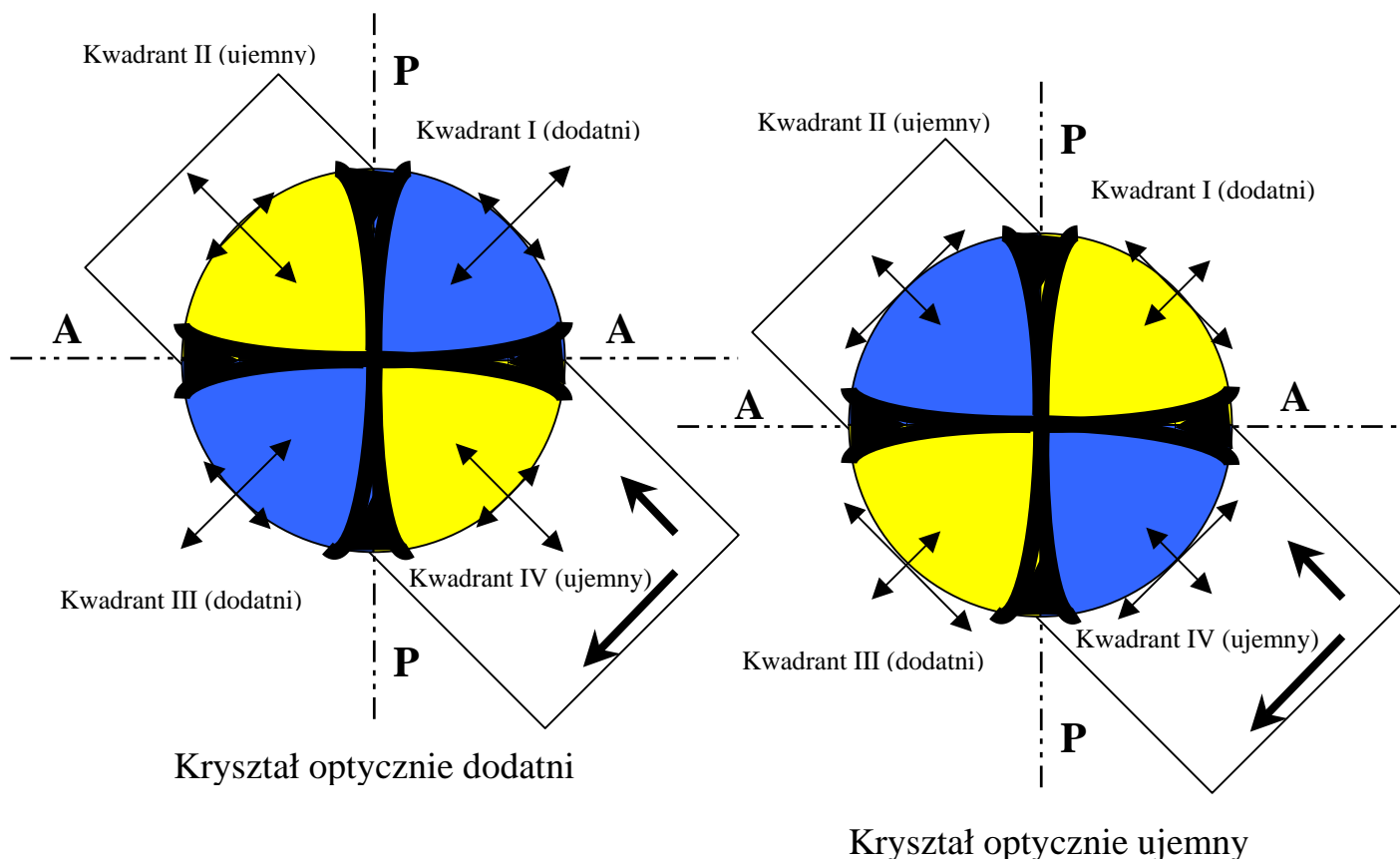
## B. Badania w świetle zbieżnym, spolaryzowanym liniowo

### **IV Określanie grupy optycznej, znaku optycznego oraz orientacji kryształów**

Układ doświadczalny do tych pomiarów jest przedstawiony na **Rys. 3** oraz zmodyfikowany jak na **Rys 4** poprzez wstawienie płytki pomocniczej PP, gipsówki oraz ćwierćfalówki pomiędzy kryształ i analizator. Sposób wsunięcia gipsówki i ćwierćfalówki pokazuje **Rys 5**.



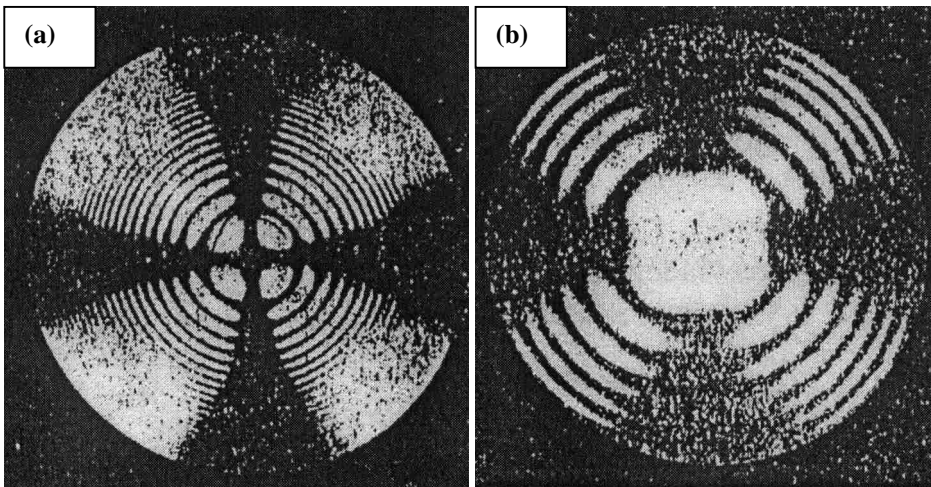
Rys 4. Układ doświadczalny do badań figur konoskopowych i znaku optycznego kryształów.



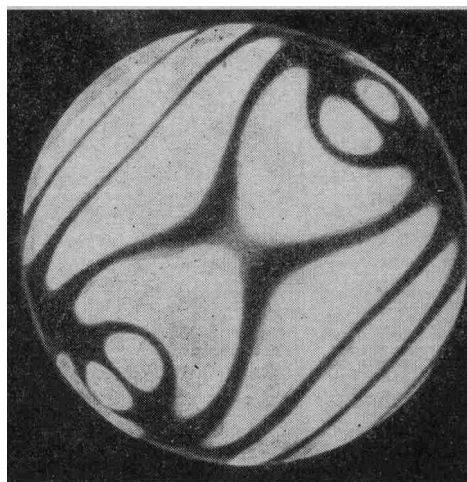
Rys 5. Sposób wsuwania płytek pomocniczych gipsówki i ćwierćfalówki w bieg wiązki światła w celu określenia znaku optycznego kryształów. Płytki powinny być wsuwane w ujemne kwadranty krzyża figur konoskopowych.

1. Kryształ KDP umieścić na stoliku obrotowym pomiędzy skrzyżowanymi polaroidami.
2. Doprowadzić do uzyskania obrazu konoskopowego.
3. Przerysować obrazy uzyskane w świetle białym, a także jednobarwnym.
4. Umieścić w biegu wiązki światła płytkę pomocniczą
  - i) gipsówkę - stosować światło białe
  - ii) ćwierćfalówkę - stosować światło monochromatyczne
  - iii) klin kwarcowy - obserwować obrazy podczas ruchu klina - wsuwania i jego wysuwania
5. Przerysować i zinterpretować uzyskane obrazy.
6. Czynności 1-5 powtórzyć dla innego kryształu (np. kwarcu).
7. Określić:
  - i) Orientację kryształu,

- ii) Grupę optyczną i przynależność do kryształów jednoosiowych lub dwuosiowych
- iii) Znak optyczny (dodatni lub ujemny) kryształu.



Rys. 6. Figury konoskopowe w kryształach jednoosiowych w kierunku osi optycznej (światło monochromatyczne):  
 (a) – kryształ **KDP**  
 (b) – kryształ kwarcu



Rys. 7. Figury konoskopowe w kryształach dwuosiowych, prostopadle do pierwszej dwusiecznej kąta pomiędzy osiami

Zakres obowiązującego materiału

1. Budowa, działanie i zastosowanie mikroskopu polaryzacyjnego.
2. Zastosowanie światła spolaryzowanego do badań kryształów.

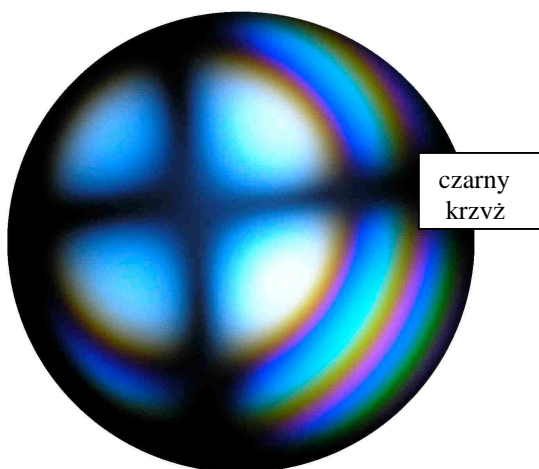
3. Aktywność optyczna kryształów
4. Metody określania orientacji kryształów.
5. Figury konoskopowe.
6. Określanie znaku optycznego kryształów.

#### Literatura

3. T. Penkala : Optyka kryształów, Warszawa 1971
  2. T. Penkala : Zarys krystalografii, Warszawa 1976
  3. J. Nye: Własności fizyczne kryształów (str 270)
  4. N.M. Melancholin: Metody issledovanija opticzeskich svoistv kristallov, Moskwa 1970
  5. S. Szczeniowski: Fizyka doświadczalna, cz. 4 Optyka
  6. D. Mc Kie: Crystalline Solids, Nelson 1974 (str 395, 399,410, 428, 434,455, 458)
- W.A. Wooster: Doświadczalna fizyka kryształów, Warszawa 1961, str 46

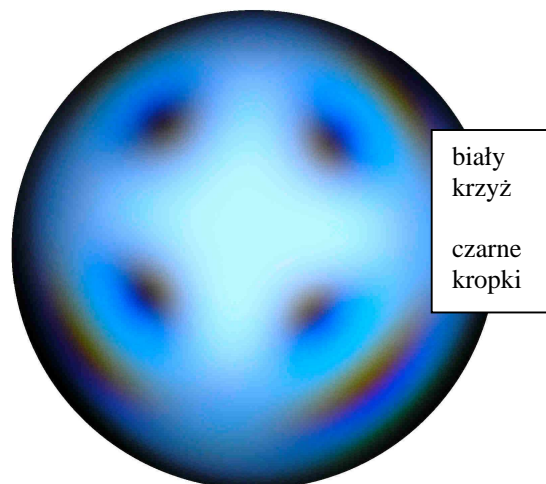


Polaryzatory skrzyżowane

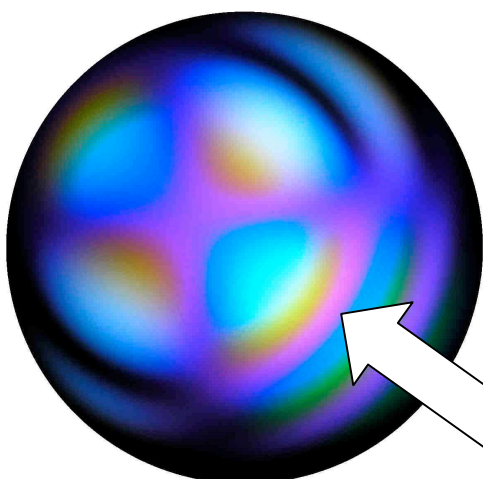


czarny  
krzyż

Polaryzatory równoległe

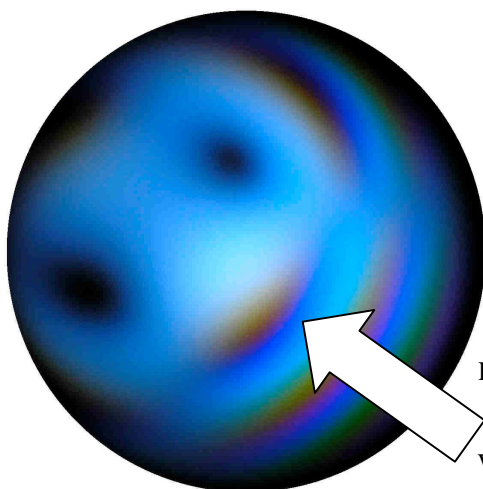


biały  
krzyż  
czarne  
kropki



Kierunek wsuwani gipsówki

poszczególne kwadranty ulegają  
podbarwieni na żółto lub niebiesko



Kierunek wsuwani ćwierćfalówki

W przeciwległych kwadrantach  
pojawiają się kropki