

Wstęp do fizyki kryształów

Wykład – dwie godziny tygodniowo
Ćwiczenia – jedna godzina tygodniowo
Prowadzący – prof. zw., dr hab. Mykoła Serheiev

Treść

Wykład 1. Ciało krystaliczne i amorficzne. Elementy symetrii. Reprezentacje macierzowe elementów symetrii. Grupy punktowe. Twierdzenia dotyczące iloczynów punktowych elementów symetrii. Siedem układów krystalograficznych. Reguły zapisu symbolu grupy punktowych.

Wykład 2. Komórka elementarna. Czternaście rodzajów sieci Bravais'go. Osi śrubowe i płaszczyzny ślizgowe. Reprezentacje macierzowe przestrzennych elementów symetrii. Grupy przestrzenne i reguły zapisu symbolu grupy przestrzennej. Oznaczenie płaszczyzn i kierunków w kryształach (wskaźniki Millera). Krystalograficzny i krystalofizyczny układy współrzędnych. Reguły wyboru osie układu krystalofizycznego.

Wykład 3. Podstawowe pojęcia i zasady fizyki kryształów. Skalary, wektory, tensory. Zasada Curie. Symetria pól fizycznych.

Wykład 4. Przykłady tensorów opisujących właściwości fizyczne kryształów. Symetria własności fizycznych. Zasada Neumanna. Metoda bezpośredniego sprawdzania Fumi'ego i postać tensora drugiego rzędu dla różnych układów krystalograficznych.

Wykład 5. Powierzchnia charakterystyczna tensora drugiego rzędu. Kwadryka i jej właściwości. Układ osi głównych symetrycznego tensora drugiego rzędu.

Wykład 6. Właściwości sprężyste kryształów. Tensor naprężenia. Naprężenia jednorodne i niejednorodne. Naprężenia główne. Postać tensora naprężenia dla naprężenia jednoosiowego i hydrostatycznego. Naprężenie wypadkowe, normalne, styczne i średnie. Fundamentalne równania teorii sprężystości.

Wykład 7. Tensory deformacji i odkształcenia. Deformacje jednorodne i twierdzenia słuszne dla deformacji jednorodnych. Tensory materii i pola. Tensor rozszerzalności cieplnej. Rozszerzalność ciała związana z deformacją. Obliczenia deformacji komórki elementarnej $CsCl$ dla określonej postaci tensora odkształcenia.

Wykład 8. Prawo Hooke'a. Współczynniki sprężystości i sztywności. Zapis macierzowy prawa Hooke'a. Moduł Younga i współczynnik Poissona. Ścisłość objętościowa i liniowa kryształu. Energia odkształcenia kryształu. Postać macierzy współczynników sprężystości kryształu układu regularnego. Kierunki w układzie regularnego, w których moduł Younga ma wartości maksymalne i minimalne.

Wykład 9. Fale sprężyste w kryształach. Tensor akustyczny Christoffela. Prędkość fazowa i grupowa fali. Drugi tensor akustyczny Christoffela. Właściwości fal zwyczajnych. Udowodnienie, że fali podłużne są falami zwyczajnymi. Zjawisko wewnętrznej refrakcji konicznej.

Wykład 10. Zjawisko piezoelektryczne proste i odwrotne. Związki między współczynnikami piezoelektryczności. Macierzowy zapis równań efektu piezoelektrycznego. Czynniki sprężenia elektromechanicznego cienkiej płytki piezoelektrycznej. Równanie powierzchni charakterystycznej podłużnego efektu piezoelektrycznego. Kierunki w kryształach soli Siegnette'a w których podłużny efekt piezoelektryczny nie jest obserwowany.

Wykład 11. Równania Maxwella dla fali płaskiej elektromagnetycznej rozchodzącej się w kryształach. Tensor nieprzenikalności elektrycznej. Zjawisko podwójnego załamania światła. Indykatrysa optyczna. Fali zwyczajne i nadzwyczajne. Indykatrysa optyczna jednoosiowego kryształu. Indykatrysa optyczna dwuosiowego kryształu. Równania Maxwella dla wektora promienia świetlnego. Elipsoida Fresnela.

Wykład 12. Kąt między wektorem falowym i promieniem fali świetlnej rozchodzącej się w kryształach $LiNbO_3$ w kierunku, który tworzy kąt 45° z osią 3-krotną. Natężenie światła przechodzącego przez układ: polaryzator – kryształ - analizator. Zjawisko elastoptyczne. Poprzeczny efekt elastoptyczny w kryształach klasy $m3m$ ściśniętych wzdłuż osi symetrii 4-krotnej albo 3-krotnej.

Wykład 13. Zjawisko elektroptyczne. Efekt Pockelsa i efekt Kerra. Zasady działania modulatorów optycznych w oparciu o efekt Pockelsa i efekt Kerra. Dyspersja przestrzenna wektora polaryzacji elektrycznej a aktywność optyczna. Tensor skręcania płaszczyzny polaryzacji światła.

Wykład 14. Podstawy termodynamiki kryształów. Uogólnione siły i współrzędne termodynamiczne. Energia wewnętrzna i potencjał termodynamiczny Gibbsa. Energia swobodna Helmholtza i entalpia. Układ równań termodynamicznych kryształu.

Wykład 15. Efekty główne i efekty sprzężone w kryształach. Efekty nieliniowe w ramach podejścia termodynamicznego. Różne warunki, przy których wykonują się pomiary: pomiary izotermiczne, adiabatyczne,

pomiary elektryczne swobodnego albo zwartego kryształu, pomiary dla mechanicznie swobodnego albo zwartego kryształu. Związki między współczynnikami mierzonymi w różnych warunkach.

Podstawowa literatura:

1. M.Siergiejew. Wstęp do fizyki kryształów. Wydawnictwo US, Szczecin, 2003.
<http://www.us.szc.pl/~sergeev/Dydaktyka/Dydaktyka.html>
2. J.F.Nye. Własności fizyczne kryształów w ujęciu tensorowym i macierzowym. PWN, Warszawa, 1962.
3. J.Chojnacki. Elementy krystalografii chemicznej i fizycznej. PWN. Warszawa, 1971.
4. Z.Bojarski, M.Gigla, K.Stróż, M.Surowiec. Krystalografia. Podręcznik wspomagany komputerowo. PWN, Warszawa, 1996.