



Karta przedmiotu

Nazwa i kod przedmiotu	FIZYKA CIAŁA STAŁEGO, PG_00049429						
Kierunek studiów	Koroza						
Data rozpoczęcia studiów	luty 2024 r.		Rok akademicki realizacji przedmiotu		2023/2024		
Poziom kształcenia	II stopnia		Grupa zajęć		Grupa zajęć obowiązkowych z zakresu kierunku studiów		
Forma studiów	stacjonarne		Sposób realizacji		na uczelni		
Rok studiów	1		Język wykładowy		polski		
Semestr studiów	1		Liczba punktów ECTS		5.0		
Profil kształcenia	ogólnoakademicki		Forma zaliczenia		egzamin		
Jednostka prowadząca	Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej -> Katedra Fizyki Ciała Stałego						
Imię i nazwisko wykładowcy (wykładowców)	Odpowiedzialny za przedmiot		prof. dr hab. inż. Jarosław Rybicki				
	Prowadzący zajęcia z przedmiotu		dr hab. inż. Natalia Wójcik prof. dr hab. inż. Jarosław Rybicki				
Formy zajęć i metody nauczania	Forma zajęć	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium	RAZEM
	Liczba godzin zajęć	30.0	0.0	30.0	0.0	0.0	60
	W tym liczba godzin zajęć na odległość: 0.0						
Aktywność studenta i liczba godzin pracy	Aktywność studenta	Udział w zajęciach dydaktycznych, objętych planem studiów	Udział w konsultacjach	Praca własna studenta	RAZEM		
	Liczba godzin pracy studenta	60	15.0	50.0	125		
Cel przedmiotu	Celem przedmiotu jest zapoznanie studentów z podstawami fizyki materiałów, ze szczególnym uwzględnieniem związków pomiędzy strukturą na poziomie atomowym a makroskopowymi właściwościami fizycznymi.						
Efekty uczenia się przedmiotu	Efekt kierunkowy		Efekt z przedmiotu		Sposób weryfikacji i oceny efektu		
	[K7_W01] posiada wiedzę w dziedzinie nauki o materiałach, w zakresie niezbędnym do opisu i rozumienia zależności pomiędzy składem chemicznym a własnościami fizycznymi		Zrozumienie wzajemnych powiązań pomiędzy ziarnistą strukturą materii i jej makroskopowymi właściwościami.		[SW1] Ocena wiedzy faktograficznej		
	[K7_U01] potrafi pozyskiwać informacje z literatury, baz danych oraz innych, właściwie dobranych źródeł, także w języku angielskim; potrafi integrować uzyskane informacje, dokonywać ich interpretacji, a także wyciągać wnioski oraz formułować i uzasadniać opinie		Student wykonuje szereg ćwiczeń laboratoryjnych, samodzielnie opracowuje i analizuje wyniki pomiarów i krytycznie porównuje z opublikowanymi wynikami.		[SU1] Ocena realizacji zadania		
	[K7_K01] rozumie potrzebę uczenia się przez całe życie, potrafi inspirować i organizować proces uczenia się innych osób. ma świadomość własnych ograniczeń i wie, kiedy zwrócić się do ekspertów, potrafi odpowiednio określić priorytety służące realizacji określonego przez siebie lub innych zadań		W zakresie wykładu podkreślone będą nowe kierunki badań w zakresie fizyki materiałów i ich zastosowań. Zapoznanie się z nimi wymaga bieżącego śledzenia literatury, czego student jest świadomy.		[SK5] Ocena umiejętności rozwiązywania problemów występujących w praktyce		

Treści przedmiotu	<p>Materiały krystaliczne i szkliste (uporządkowanie bliskiego, średniego i dalekiego zasięgu, radialne i kątowe funkcje rozkładu); termodynamika przejść fazowych, przejście szkliste; żele (klasyfikacja i zastosowania), quasi-kryształy, ciekłe kryształy, auksetyki.</p> <p>Podstawowe pojęcia z zakresu krystalografii (sieć Bravaisa, komórka prymitywna i elementarna, sieć prosta i złożona, wskaźniki Mullera, etc), operacje symetrii, grupy krystalograficzne punktowe i przestrzenne; modele ciał amorficznych (CRN, RCP, model splatanego kłębaka); sieć odwrotna i jej właściwości, warunki dyfrakcji Braggów i Lauego.</p> <p>Wiązania krystaliczne (jonowe, kowalენტne, metaliczne, molekularne, kowalენტno-molekularne i wodorowe), energie wiązania (sumy sieciowe, energia Madelunga metody Evjena i Ewalda), oddziaływania fluktuacyjno-dyssypatywne.</p> <p>Defekty strukturalne: punktowe (Schottky"ego, Frenkla, substytucje, wakansy, wtrącenia), liniowe (dyslokacje śrubowe i krawędziowe, sieć Franka, mechanizmy powstawania dyslokacji, związek z wytrzymałością materiałów) i powierzchniowe (granice niskokątowe, błędy ułożenia, zbliźniczenia).</p> <p>Defekty struktury elektronowej (plazmony, ekscytyny, polarony, magnony, centra barwne).</p> <p>Drgania sieci (łańcuch mono- i dwuatomowy, gałęzie optyczną i akustyczną, związki dyspersyjne), drgania normalne, modele sieciowego ciepła właściwego (klasyczny, Einsteina i Debye"ą) oraz najważniejsze efekty anharmoniczne.</p> <p>Założenia modelu Drudego, przewodnictwo elektryczne metali, efekt magnetooporowy i zjawisko Halla.</p> <p>Gaz Fermiego elektronów swobodnych, rozkład Fermiego-Diraca, poziom Fermiego i potencjał chemiczny, gazu zdegenerowany i niezdegenerowany, gęstości stanów, prawo Wiedemanna-Franza.</p> <p>Zjawiska termoemisji i emisji zimnej z metalu do próżni; napięcie kontaktowe.</p> <p>Założenia modelowe teorii pasmowej, twierdzenie Blocha, klasyfikacja ciał stałych w ramach teorii pasmowej; masa efektywna i quasipęd.</p> <p>Zależność przewodnictwa elektrycznego od temperatury w półprzewodnikach i metalach (poprzez zmiany koncentracji nośników i czasu relaksacji). Odstępstwa od prawa Ohma (jonizacja zderzeniowa, efekt Zenera, Poola-Frenkla, połowa zależność czasu relaksacji).</p>		
Wymagania wstępne i dodatkowe	Przedmioty kursowe z fizyki ogólnej i matematyki z dwóch pierwszych lat studiów.		
Sposoby i kryteria oceniania osiągniętych efektów uczenia się	Sposób oceniania (składowe)	Próg zaliczeniowy	Składowa oceny końcowej
	Zaliczenie laboratorium	100.0%	50.0%
	Zaliczenie części teoretycznej	51.0%	50.0%
Zalecana lista lektur	Podstawowa lista lektur	C. Kittel, Wstęp do fizyki ciała stałego, PWN 1970 N W Ashcroft, N D Mermin, Fizyka ciała stałego, PWN 1986	
	Uzupełniająca lista lektur	W A Harrison, Teoria ciała stałego, PWN 1976	
	Adresy eZasobów	Adresy na platformie eNauczanie: FIZYKA CIAŁA STAŁEGO-Korożja - Moodle ID: 5575 https://enauczanie.pg.edu.pl/moodle/course/view.php?id=5575	

Przykładowe zagadnienia/
przykładowe pytania/
realizowane zadania

1. Właściwości ciał stałych można podzielić na strukturalne i niestrukturalne. Wyjaśnij zasadę tego podziału i podaj po dwa przykłady właściwości strukturalnej i niestrukturalnej.
1. Co to jest sieć Bravaisa? Wymień co najmniej 7 sieci Bravaisa i scharakteryzować je przez podanie relacji pomiędzy parametrami a, b, c , α , β , γ .
1. Zdefiniować pojęcia sieci Bravaisa, bazy, sieci prostej, sieci złożonej i osi krystalograficznej.
1. Zdefiniować pojęcia wektorów prymitywnych, komórki prymitywnej i komórki elementarnej.
1. Co to jest symetria kryształu? Wymień przynajmniej 5 operacji symetrii.
1. Co to są grupy symetrii kryształu? Podać klasyfikację i przykłady.
1. Przedstawić przejścia fazowe ciec-z szkło i ciec-kryształ we współrzędnych V-T. Co to jest temperatura zeszklenia? Jak zależy ona od szybkości chłodzenia?
1. Omówić pojęcia uporządkowania bliskiego i średniego zasięgu w szklach.
1. Omówić model CRN struktury szkieł i podać przykłady.
1. Omówić model RCP struktury szkieł i podać przykłady.
1. Omówić model spletanego kłębaka struktury szkieł i podać przykłady.
1. Podać po dwie metody charakteryzacji uporządkowania bliskiego i średniego zasięgu.
1. Omówić pojęcie sieci odwrotnej, podać jej główne właściwości.
1. Sformułować i wyprowadzić warunek Bragga dyfrakcji na kryształach.
1. Sformułować i wyprowadzić warunek Lauego dyfrakcji na kryształach.
1. Omówić termodynamicznie odwracalne punktowe defekty kryształów.
1. Opisać eksperyment świadczący o powstawaniu defektów Schottkyego.
1. Dlaczego w przyrodzie nie może istnieć kryształ o zerowej koncentracji defektów punktowych? Jakie dwa prawa przyrody determinują koncentrację równowagową tych defektów?
1. Omówić termodynamicznie nieodwracalne punktowe defekty kryształów, podać przykłady..
1. Wyprowadzić wyrażenie na współczynnik dyfuzji defektów punktowych.
1. Omówić dwa graniczne typy dyslokacji (struktura, wektory Burgersa, etc). Jak można najprościej oszacować energię rdzenia dyslokacji? Jak się ona ma do energii odkształcenia sprężystego?
1. Omówić ruch zachowawczy i niezachowawczy dyslokacji. Jaki jest związek ruchu dyslokacji z deformacją plastyczną kryształu?
1. Opisać mechanizm Franka-Reada powstawania dyslokacji. Co to jest sieć Franka? Jak ona powstaje? Jak od koncentracji dyslokacji zależy wytrzymałość kryształu?
1. Omówić defekty powierzchniowe w kryształach..
1. Wyjaśnić istotę wiązania van der Waalsa w kryształach gazów szlachetnych.
1. Omówić wiązanie metaliczne. Korzystając z zasady nieoznaczoności wyjaśnić, jak delokalizacja elektronów wpływa na energię całkowitą metalu.
1. Omówić wiązania jonowe. Co to są sumy sieciowe? Co to jest energia Madelunga?
1. Omówić metody Ewjeny i Ewalda obliczania energii oddziaływania elektrostatycznego w kryształach jonowych.
1. Omówić wiązania kowalენტne i wodorowe. W jakich materiałach one występują?
1. Wyliczyć i przedyskutować związek dyspersyjny dla monoatomowego łańcucha atomów.
1. Wyliczyć i przedyskutować związek dyspersyjny dla dwuatomowego łańcucha atomów.
1. Co to są drgania normalne kryształu? Jaki jest ich związek z drganiami poszczególnych atomów sieci?
1. Dlaczego kryształ harmoniczny (gdyby istniał) miałby zerowy współczynnik rozszerzalności cieplnej?
1. Wyrazić energię całkowitą kryształu jako sumę niezależnych oscylatorów normalnych.
1. Omówić sieciowe ciepło właściwe materiałów i wyliczyć jego wartość w ramach modelu klasycznego.
1. Omówić model Einsteina sieciowego ciepła właściwego kryształów.
1. Omówić model Debye'a gęstości stanów. Co to jest temperatura Debye'a i jaki jest jej sens fizyczny?
1. Omówić model Debye'a sieciowego ciepła właściwego kryształów.
1. Wyprowadzić wyrażenie na sieciowe przewodnictwo cieplne.
1. Sformułować założenia modelu Drudego i w jego ramach wyliczyć wyrażenie na przewodnictwo elektryczne metali.
1. Wyliczyć w ramach modelu Drudego współczynnik elektronowego przewodnictwa cieplnego metali.
1. Sformułować i wyprowadzić (z dokładnością do stałej multiplikatywnej) prawo Wiedemanna-Franza.
1. Co to są plazmony? Wyliczyć zależność ich częstości od koncentracji nośników.
1. Omówić co najmniej dwa zjawiska powodujące zależność przewodnictwa elektrycznego od pola elektrycznego poprzez jego wpływ na koncentrację nośników.
1. Omówić zależność przewodnictwa elektrycznego od pola elektrycznego poprzez jego wpływ na czas relaksacji.
1. Omówić zależność przewodnictwa elektrycznego od temperatury poprzez jej wpływ na koncentrację nośników.
1. Omówić zależność przewodnictwa elektrycznego od temperatury poprzez jej wpływ na czas relaksacji.
1. Wyliczyć gęstość stanów dla gazu elektronów swobodnych o koncentracji n .
1. Co to jest poziom Fermiego? Co to jest potencjał chemiczny? Jaki związek zachodzi pomiędzy tymi wielkościami?
1. Co to jest rozkład Fermiego-Diraca? Naskicuj wykres rozkładu Fermiego-Diraca w dwóch temperaturach, T_1 i T_2 , $T_1 < T_2$. Jaki jest jego związek z rozkładem Boltzmannowskim?
1. Omówić zjawisko termoemisji elektronów z metalu do próżni (zjawisko Richardsona).
1. Omówić zjawisko Schottkyego obniżenia bariery potencjału przy termoemisji elektronów z metalu do próżni.
1. Omówić zjawisko Fowlera-Nordheima (emisja zimna).
1. Sformułować twierdzenie Blocha (założenia, teza, objaśnienie indeksów). Naskicować typowy stan blochowski. Na czym polega doniosłość twierdzenia Blocha w fizyce ciał krystalicznych?
1. Podaj klasyfikację ciał stałych w ramach teorii pasmowej. Czy w ciałach szklistych występuje przerwa energetyczna? Podaj przynajmniej jedno świadectwo eksperymentalne uzasadniające Twoją odpowiedź.
1. Co to jest struktura elektronowa ciał stałych? Jak zależy ona od zewnętrznego pola elektrycznego? Odpowiedź uzasadnić.
1. Omówić pojęcie quasipędu. Dlaczego quasipęd nie może być utożsamiony z pędem elektronu?
1. Omówić pojęcie masy efektywnej nośników w półprzewodnikach. W jakim obszarze widma energetycznego jest ona ujemna? Jak można fizycznie interpretować ujemność masy efektywnej?
1. Omówić temperaturową zależność poziomu Fermiego i koncentracji nośników w półprzewodnikach domieszkowanych (typu n).
1. Wyprowadzić jednocząstkowe samouzgodnione równanie Schrödingera dla gazu elektronowego w kryształach.
1. Co to są polarony? W jakich materiałach występują? Czy biorą udział w przewodnictwie elektrycznym?
1. Co to są małe i duże ekscytyny? W jakich materiałach występują? Co można powiedzieć o ich energii wiązania? Czy biorą udział w przewodzeniu prądu elektrycznego?

	<ol style="list-style-type: none">1. Wylicz zespoloną stałą propagacji fali elektromagnetycznej w materiale ciągłym scharakteryzowanym przez izotropowe stałe materiałowe. Jak od częstości zależą współczynnik załamania i stała osłabienia?1. Opisz rezonansowe pochłanianie fali elektromagnetycznej na elektronach związanych.1. Omów pojęcia absorpcji normalnej i anomalnej na elektronach związanych.
Praktyki zawodowe w ramach przedmiotu	Nie dotyczy