

Karta przedmiotu

Nazwa i kod przedmiotu	Fizyka ciała stałego, PG_00182657						
Kierunek studiów	Fizyka (O)						
Data rozpoczęcia studiów	październik 2026 r.	Rok akademicki realizacji przedmiotu			2026/2027		
Poziom kształcenia	II stopnia	Grupa zajęć			Grupa zajęć obowiązkowych z zakresu kierunku studiów Grupa zajęć fakultatywnych Grupa zajęć powiązanych z prowadzonymi badaniami naukowymi w dziedzinie nauki związanej z kierunkiem - profil ogólnoakademicki		
Forma studiów	stacjonarne	Sposób realizacji			na uczelni		
Rok studiów	1	Język wykładowy			polski		
Semestr studiów	1	Liczba punktów ECTS			8.0		
Profil kształcenia	ogólnoakademicki	Forma zaliczenia			egzamin		
Jednostka prowadząca							
Imię i nazwisko wykładowcy (wykładowców)	Odpowiedzialny za przedmiot	dr inż. Tadeusz Leśniewski					
	Prowadzący zajęcia z przedmiotu	dr inż. Tadeusz Leśniewski mgr Mikołaj Kamiński					
Formy zajęć	Forma zajęć	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium	RAZEM
	Liczba godzin zajęć	30.0	30.0	30.0	0.0	0.0	90
	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	90		0.0		110.0	200
Cel przedmiotu	<p>Celem przedmiotu <i>Fizyka ciała stałego</i> jest przekazanie studentom zaawansowanej wiedzy na temat struktury, własności i zjawisk zachodzących w ciałach stałych oraz rozwinięcie umiejętności stosowania modeli teoretycznych i metod eksperymentalnych do ich opisu. Kurs ma na celu:</p> <ul style="list-style-type: none"> • zapoznanie studentów z podstawowymi pojęciami i teoriami fizyki ciała stałego (m.in. struktura krystaliczna, przestrzeń rzeczywista i odwrotna, teoria pasmowa, nadprzewodnictwo), • rozwinięcie umiejętności analizy wyników badań eksperymentalnych i symulacji komputerowych oraz ich krytycznej interpretacji w świetle modeli teoretycznych, • przygotowanie do świadomego korzystania z metod naukowych w badaniach własności materiałów, z uwzględnieniem ograniczeń i przybliżeń modeli, • ukazanie znaczenia fizyki ciała stałego dla rozwoju współczesnych technologii (elektronika półprzewodnikowa, nadprzewodniki, nanostruktury, generacja i detekcja promieniowania). 						

Efekty uczenia się przedmiotu	Efekt kierunkowy	Efekt z przedmiotu	Sposób weryfikacji i oceny efektu
	[FIZMU2_K02] ma świadomość rozstrzygającej roli eksperymentu w weryfikacji teorii fizycznych; ma świadomość istnienia metody naukowej w gromadzeniu wiedzy	Rozumie znaczenie badań eksperymentalnych – strukturalnych, spektroskopowych, dotyczących własności cieplnych, transportowych oraz oddziaływania z promieniowaniem – dla weryfikacji modeli teoretycznych fizyki ciała stałego. Potrafi krytycznie ocenić ograniczenia i przydatność modeli teoretycznych wobec wyników doświadczalnych. Ma świadomość złożoności i przybliżonego charakteru modeli opisujących ciała stałe. Potrafi wskazać przykłady, gdzie eksperyment obala lub modyfikuje przyjęte modele (np. ciepło właściwe dielektryków, nadprzewodnictwo wysokotemperaturowe).	[SK3] opracowanie tekstowe/praca pisemna [SK4] test/egzamin - ustny lub pisemny
	[FIZMU2_W03] zna techniki doświadczalne, obserwacyjne i numeryczne pozwalające zaplanować i wykonać złożony eksperyment fizyczny lub symulację komputerową	Potrafi zaplanować i przeprowadzić eksperyment lub symulację w zakresie dyfrakcji rentgenowskiej, spektroskopii Ramana, transportu ładunków czy przewodnictwa cieplnego, a także interpretować wyniki. Korzysta z narzędzi numerycznych do wizualizacji struktur krystalicznych, symulacji struktur pasmowych, wizualizacji danych. Łączy dane eksperymentalne z wynikami symulacji, aby wyciągnąć spójne wnioski o własnościach materiału.	[SW2] prezentacja/projekt/referat/raport [SW3] opracowanie tekstowe/praca pisemna
	[FIZMU2_U01] potrafi zastosować metodę naukową w rozwiązywaniu problemów fizycznych, realizacji eksperymentów i wnioskowaniu	Zna i stosuje modele teoretyczne opisujące własności ciał stałych oraz rozumie ich znaczenie i ograniczenia. Potrafi interpretować zjawiska fizyczne w ciałach stałych w świetle nowoczesnych teorii i wyników badań eksperymentalnych. Analizuje dane eksperymentalne i symulacyjne, wyciąga wnioski zgodne z metodą naukową i formułuje ich krytyczną ocenę. Zna przykłady zastosowania metody naukowej w rozwoju fizyki ciała stałego i potrafi wskazać ich znaczenie dla nauki i technologii.	[SU3] opracowanie tekstowe/praca pisemna [SU4] test/egzamin - ustny lub pisemny
	[FIZMU2_W01] ma zaawansowaną wiedzę z fizyki ogólnej oraz pogłębioną z różnych obszarów fizyki; zna historię rozwoju fizyki i jej znaczenie dla postępu nauk ścisłych i przyrodniczych, poznania świata i rozwoju społecznego	Wyjaśnia podstawowe pojęcia fizyki ciała stałego, takie jak: sieć Bravais, fonon, pasmo energetyczne, dziura elektronowa, para Coopera. Zna zasady fizyczne określające charakter wiązań i potrafi powiązać je z własnościami materii. Zna podstawowe teorie opisujące ciała stałe (m.in. teorię pasmową, teorię nadprzewodnictwa) oraz ich znaczenie dla rozwoju fizyki i technologii. Rozumie powiązanie między fizyką atomową, fizyką statystyczną, elektromagnetyzmem a fizyką ciała stałego. Rozumie znaczenie rozwoju fizyki ciała stałego dla technologii (półprzewodniki, nadprzewodniki).	[SW4] test/egzamin - ustny lub pisemny [SW3] opracowanie tekstowe/praca pisemna

Efekt kierunkowy	Efekt z przedmiotu	Sposób weryfikacji i oceny efektu
[FIZMU2_K01] zna ograniczenia własnej wiedzy i umiejętności; potrafi precyzyjnie formułować pytania; rozumie potrzebę dalszego kształcenia się i innych osób	<p>Identyfikuje własne braki w wiedzy, formułuje pytania badawcze i dąży do samokształcenia w zakresie fizyki ciała stałego.</p> <p>Umie przygotować raport lub prezentację, krytycznie odnosząc się do wyników i wskazując obszary wymagające dalszych badań.</p>	[SK2] prezentacja/projekt/referat/raport [SK3] opracowanie tekstowe/praca pisemna
[FIZMU2_U03] potrafi dokonać krytycznej analizy wyników pomiarów, obserwacji lub obliczeń teoretycznych wraz z oceną dokładności wyników	<p>Potrafi analizować i interpretować wyniki badań eksperymentalnych oraz obliczeń teoretycznych dotyczących ciał stałych, uwzględniając niepewności i ograniczenia pomiarowe.</p> <p>Umie porównywać wyniki doświadczalne i symulacyjne z przewidywaniami modeli teoretycznych oraz oceniać ich spójność.</p> <p>Krytycznie ocenia adekwatność i granice stosowalności modeli używanych do opisu zjawisk w fizyce ciała stałego.</p> <p>Potrafi syntetyzować dane z różnych źródeł (eksperymenty, symulacje, literatura) w celu sformułowania uzasadnionych wniosków.</p>	[SU2] prezentacja/projekt/referat/raport [SU3] opracowanie tekstowe/praca pisemna
[FIZMU2_U09] potrafi pracować samodzielnie lub w zespole	Potrafi zaplanować i zrealizować projekt eksperymentalny lub symulacyjny dot. własności ciał stałych, także w ramach pracy zespołowej. Potrafi przedstawić wyniki pracy w formie samodzielnego lub wspólnego raportu lub prezentacji, jasno komunikując swoje wnioski.	[SU2] prezentacja/projekt/referat/raport [SU3] opracowanie tekstowe/praca pisemna

Budowa i symetria ciała stałego

- typy wiązań krystalicznych,
- struktury krystaliczne i sieci Bravais,
- dyfrakcja promieni rentgenowskich na kryształach,
- sieć odwrotna,
- defekty sieci krystalicznej (punktowe, liniowe, powierzchniowe, objętościowe).

Otrzymywanie kryształów i struktur krystalicznych

- nukleacja i mechanizmy wzrostu kryształów
- metody wzrostu kryształów
- wytwarzanie warstw krystalicznych i struktur niskowymiarowych.

Drgania sieci krystalicznej i własności termiczne

- drgania sieci krystalicznej, fonony,
- efekt Ramana,
- ciepło właściwe ciała stałego (modele Einsteina i Debye'a),
- przewodnictwo cieplne kryształów.

Własności elektryczne ciał stałych

- struktura energetyczna (ujęcie fenomenologiczne i kwantowe),
- gaz elektronów Fermiego,
- modele przewodnictwa: Drudego i kwantowe,
- funkcje Blocha i pasma energetyczne w przestrzeni odwrotnej.
- własności dielektryczne i magnetyczne,

Półprzewodniki i izolatory

- dynamika nośników prądu (elektrony i dziury), masa efektywna,
- półprzewodniki samoistne równowaga termodynamiczna, gęstości stanów, prawo działania mas,
- półprzewodniki domieszkowane stany donorowe i akceptorowe,
- efekt Halla w półprzewodnikach,
- złącza półprzewodnikowe

	<ul style="list-style-type: none"> • struktury zaawansowane: warstwy półprzewodnikowe, nanostruktury. <p>Stany zlokalizowane i oddziaływania z promieniowaniem</p> <ul style="list-style-type: none"> • proste i skośne przerwy energetyczne, wew. efekt fotoelektryczny • defekty i domieszki: stany zlokalizowane, pułapki elektronowe i dziurowe, • oddziaływanie promieniowania elektromagnetycznego z ciałem stałym: absorpcja, luminescencja <p>Nadprzewodnictwo</p> <ul style="list-style-type: none"> • podstawowe pojęcia i równania Londonów, • pary Coopera i elementy teorii BCS, • temperatura krytyczna i nadprzewodniki wysokotemperaturowe. 														
Wymagania wstępne i dodatkowe	<p>Wymagania wstępne</p> <ul style="list-style-type: none"> • znajomość podstaw fizyki ogólnej (mechanika, termodynamika, elektrodynamika, fizyka kwantowa), • znajomość podstaw matematyki wyższej (analiza matematyczna, algebra liniowa, równania różniczkowe), • podstawowa wiedza z zakresu chemii ogólnej i fizycznej (struktura atomu, wiązania chemiczne). <p>Wymagania dodatkowe (zalecane)</p> <ul style="list-style-type: none"> • umiejętność posługiwania się narzędziami numerycznymi i pakietami obliczeniowymi • znajomość podstawowych metod doświadczalnych w fizyce ciała stałego • znajomość metod badań spektroskopowych 														
Sposoby i kryteria oceniania osiągniętych efektów uczenia się	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Sposób oceniania (składowe)</th> <th>Próg zaliczeniowy</th> <th>Składowa oceny końcowej</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>zaliczenie pisemne</td> <td>51.0%</td> <td>30.0%</td> </tr> <tr> <td>egzamin ustny/pisemny</td> <td>51.0%</td> <td>50.0%</td> </tr> <tr> <td>sprawozdania z doświadczeń</td> <td>51.0%</td> <td>20.0%</td> </tr> </tbody> </table>			Sposób oceniania (składowe)	Próg zaliczeniowy	Składowa oceny końcowej	zaliczenie pisemne	51.0%	30.0%	egzamin ustny/pisemny	51.0%	50.0%	sprawozdania z doświadczeń	51.0%	20.0%
Sposób oceniania (składowe)	Próg zaliczeniowy	Składowa oceny końcowej													
zaliczenie pisemne	51.0%	30.0%													
egzamin ustny/pisemny	51.0%	50.0%													
sprawozdania z doświadczeń	51.0%	20.0%													
Zalecana lista lektur	<p>Podstawowa lista lektur</p> <p>Uzupełniająca lista lektur</p> <p>Adresy eZasobów</p>	<p>C. Kittel <i>Wstęp do fizyki ciała stałego</i>, Wydawnictwo Naukowe PWN.</p> <p>N.W. Ashcroft, N.D. Mermin <i>Fizyka ciała stałego</i>, Wydawnictwo Naukowe PWN.</p> <p>F.A. Cotton <i>Teoria grup. Zastosowania w chemii</i>, Wydawnictwo Naukowe PWN.</p>													

Przykładowe zagadnienia/ przykładowe pytania/ realizowane zadania	<p>Zagadnienia egzaminacyjne Fizyka ciała stałego</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Wiązania chemiczne w ciałach stałych 2. Struktury krystaliczne (układy, sieci Bravaisa, wskaźniki Millera) 3. Sieć odwrotna i dyfrakcja rentgenowska (warunki Bragga i Lauego) 4. Metody dyfrakcyjne badania struktury krystalicznej 5. Gaz elektronów Fermiego i gęstość stanów 6. Statystyka FermiegoDiraca 7. Teoria pasmowa i model prawie swobodnych elektronów 8. Półprzewodniki samoistne i domieszkowe, masa efektywna, dziury 9. Złącze pn i jego zastosowania 10. Efekt Halla 11. Drgania sieci i fonony 12. Ciepło właściwe ciał stałych (modele Einsteina i Debye'a) 13. Nadprzewodnictwo (zjawisko, równania Londonów, pary Coopera, teoria BCS, nadprzewodniki wysokotemperaturowe)
Praktyki zawodowe w ramach przedmiotu	Nie dotyczy

Dokument wygenerowany elektronicznie. Nie wymaga pieczęci ani podpisu.