

SYLABUS

DOTYCZY CYKLU KSZTAŁCENIA 2021-2023

(skrajne daty)

Rok akademicki 2021/2022

1. PODSTAWOWE INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

Nazwa przedmiotu	Fizyka ciała stałego
Kod przedmiotu*	
Nazwa jednostki prowadzącej kierunek	Kolegium Nauk Przyrodniczych
Nazwa jednostki realizującej przedmiot	Kolegium Nauk Przyrodniczych
Kierunek studiów	Inżynieria materiałowa
Poziom studiów	studia drugiego stopnia
Profil	ogólnoakademicki
Forma studiów	stacjonarne
Rok i semestr/y studiów	I rok, 1 semestr
Rodzaj przedmiotu	podstawowy
Język wykładowy	polski
Koordynator	dr inż. Małgorzata Trzyna-Sowa
Imię i nazwisko osoby prowadzącej / osób prowadzących	dr inż. Małgorzata Trzyna-Sowa dr hab. Józef Cebulski, prof. UR

* -opcjonalnie, zgodnie z ustaleniami w Jednostce

1.1. Formy zajęć dydaktycznych, wymiar godzin i punktów ECTS

Semestr (nr)	Wykł.	Ćw.	Konw.	Lab.	Sem.	ZP	Prakt.	Inne (jakie?)	Liczba pkt. ECTS
1	30	30							5

1.2. Sposób realizacji zajęć

☒ zajęcia w formie tradycyjnej

☐ zajęcia realizowane z wykorzystaniem metod i technik kształcenia na odległość

1.3 Forma zaliczenia przedmiotu (z toku) (egzamin, zaliczenie z oceną, zaliczenie bez oceny)

Wykład – egzamin

Ćwiczenia – zaliczenie z oceną

2. WYMAGANIA WSTĘPNE

Znajomość podstaw fizyki m.in. fizyki ogólnej oraz elementów fizyki współczesnej. Znajomość podstawowych pojęć z matematyki (np. operacje z użyciem wektorów, znajomość przekształceń i działań na liczbach zespolonych).

3. CELE, EFEKTY UCZENIA SIĘ, TREŚCI PROGRAMOWE I STOSOWANE METODY DYDAKTYCZNE

3.1 Cele przedmiotu

C ₁	Przekazanie podstawowej wiedzy dotyczącej podstaw fizycznych opisu zjawisk stosowanego w fizyce ciała stałego, zaznajomienie słuchaczy z opisem tych zjawisk, a w szczególności z najbardziej typowymi właściwościami strukturalnymi i optycznymi tych ciał, a także ze sposobami opisu występującego w nich transportu elektronowego.
C ₂	Nabycie przez studenta ogólnej wiedzy o sposobach badania podstawowych właściwościach fizycznych ciał stałych, niezbędnych elementów podstawowej aparatury stosowanej do takich badań oraz o zasadach doboru właściwej metody pomiarowej do rozwiązania konkretnego problemu.

3.2 Efekty uczenia się dla przedmiotu

EK (efekt uczenia się)	Treść efektu uczenia się zdefiniowanego dla przedmiotu	Odniesienie do efektów kierunkowych
EK_01	Student ma poszerzoną i pogłębioną ogólną wiedzę w zakresie fizyki ciała stałego dotyczącą właściwości materiałów wynikających z ich budowy, takich jak właściwości strukturalne, struktura pasmowa czy właściwości optyczne czy transport elektronowy w ciałach stałych, zna i potrafi uzasadnić różnice pomiędzy właściwościami materiałów objętościowych (3D) i niskowymiarowych, takich jak układy 2D, 1D i 0D.	K_W01, K_W02
EK_02	Student zna podstawowe metody badania właściwości ciał stałych będących przedmiotem wykładu, umie podać schemat ideowy układów pomiarowych służących do badania wybranych właściwości fizycznych ciał stałych i wymienić istotne elementy budowy takich aparatur. Potrafi wyjaśnić zjawiska zachodzące w trakcie procesu pomiarowego.	K_W01, K_W03,
EK_03	Potrafi dokonać analizy danych literaturowych skorzystać ze źródeł multimedialnych dotyczących podstawowych zagadnień ciała stałego. Jest w stanie	K_U01

	dokonać analizy danych z zakresu badań materiałów lub obliczeń numerycznych i wyciągać syntetyczne wnioski oraz formułować i wyczerpująco uzasadniać opinie.	
EK_o4	Potrafi zaplanować i przeprowadzić podstawowe badania struktury i własności fizycznych ciał stałych, dokonać doboru technik pomiarowych, zastosować aktualne normy i standardy oraz interpretować uzyskane wyniki znaleźć obszary zastosowania badanych materiałów.	K_Uo5, K_Uo6,
EK_o5	Potrafi samodzielnie ocenić poziom swojej wiedzy. Ma potrzebę rozwoju swoich kompetencji i jest w stanie określić kierunki dalszego uczenia się i realizować proces dalszego rozwoju swojej wiedzy jak również ukierunkowywać innych odbiorców w tym zakresie.	K_U12, K_Ko1
EK_o6	Posiada świadomość na temat dynamiki rozwoju technik wytwarzania oraz możliwości aparatury badawczej do charakterystyki ciał stałych., oraz konieczności wykorzystania wiedzy eksperckiej w realiach rynkowych pod kątem komercjalizacji posiadanej wiedzy w momencie realizacji projektów biznesowych, w tym ich wpływu na środowisko społeczne i inicjowania działań na rzecz interesu publicznego.	K_Ko2

3.3 Treści programowe

A. Problematyka wykładu

Treści merytoryczne
Podstawy technologii otrzymywania kryształów: technologie równowagowe i nierównowagowe, obiekty 3D, 2D, 1D i oD. Technologia MBE. Różnice właściwości materiałów masywnych oraz nonoobiektów.
Krystalografia geometryczna i strukturalna. Wiązania chemiczne w ciałach stałych. Komórka elementarna, baza sieci, sieci Bravais, elementy symetrii w ciałach stałych, układy krystalograficzne.
Płaszczyzny i kierunki sieciowe, wskaźniki Millera. Zastosowanie promieniowania rentgenowskiego do badania właściwości strukturalnych ciał stałych. Lampa rentgenowska, promieniowanie synchrotronowe. Dyfrakcja rentgenowska, reflektometria rentgenowska. Elementy spektroskopii rentgenowskiej. EXAFS i XANES.
Sieć odwrotna. Komórka elementarna dla sieci odwrotnej, komórka Wignera-Seitza, strefa Brillouina.

Opis stanów elektronowych w kryształach. Przybliżenie Hartree-Focka, okresowy potencjał krystaliczny. Jednoelektronowe równanie Schrödingera z potencjałem okresowym. Twierdzenie Blocha, funkcja Blocha.
Ciepło właściwe.
Ujęcie prawie swobodnych elektronów. Powstawanie pasm i przerw energetycznych. Pasma walencyjne i pasmo przewodnictwa, przerwa wzbroniona, masa efektywna elektronu. Podział materiałów krystalicznych na metale, półprzewodniki i izolatory. Przykłady struktury pasmowej realnych materiałów.
Ujęcie ciasnego wiązania. Warunki Borna-Karmana, wektor falowy elektronu, quasi-pęd elektronu. Gęstość stanów, powierzchnia Fermiego.
Dynamika sieci krystalicznej. Liniowy jedno-lub dwuatomowy łańcuch (przypadek jednowymiarowy). Drgania akustyczne i optyczne. Fonony. Metody badania fononów: nieelastyczne rozpraszanie neutronów, rozpraszanie promieniowania rentgenowskiego.
Stany domieszkowe w półprzewodniku. Domieszka wodoropodobna, domieszka głęboka.
Statystyka elektronów i dziur w półprzewodniku. Funkcja rozkładu Fermiego-Diraca dla elektronów i dziur. Poziom Fermiego, koncentracja elektronów samoistnych i domieszkowych.
Zjawiska transportu elektronowego. Równanie Boltzmanna i czas relaksacji. Efekt Halla, magnetoopór. Kwantowanie ruchu elektronu w zewnętrznym polu magnetycznym. Oscylacje Szubnikowa-de Haasa, dwuwymiarowy gaz elektronowy, kwantowy efekt Halla.
Właściwości optyczne ciał stałych. Transmisja, odbicie, absorpcja, rozpraszanie. Funkcja dielektryczna. Mechanizmy pochłaniania światła.

B. Problematyka ćwiczeń

Gęstość upakowania atomów w sieciach krystalicznych różnego rodzaju.
Płaszczyzny sieciowe i wskaźniki Millera dla różnych płaszczyzn.
Sieć odwrotna. Budowa strefy Brillouina.
Model Kroniga-Penneya.
Właściwości pasm energetycznych. Prędkość grupowa elektronów. Gęstość stanów.
Statystyka elektronów i dziur. Obliczanie koncentracji samoistnej oraz poziomu Fermiego.
Przewodnictwo elektryczne półprzewodników i metali. Obliczenie temperaturowej zależności przewodnictwa elektrycznego dla wybranych ciał stałych.
Efekt Halla. Obliczanie koncentracji i ruchliwości elektronów.
Obliczanie współczynnika transmisji i współczynnika absorpcji.

3.4 Metody dydaktyczne

Wykład - prezentacja multimedialna, dyskusja dotycząca wybranych zagadnień, dyskusja.

Ćwiczenia - rozwiązywanie zadań.

4. METODY I KRYTERIA OCENY

4.1 Sposoby weryfikacji efektów uczenia się

Symbol efektu	Metody oceny efektów uczenia się (np.: kolokwium, egzamin ustny, egzamin pisemny, projekt, sprawozdanie, obserwacja w trakcie zajęć)	Forma zajęć dydaktycznych (w, ćw, ...)
EK_01	Egzamin, kolokwium, obserwacja w trakcie zajęć	W, Ćw.
EK_02	Egzamin, kolokwium, obserwacja w trakcie zajęć	W, Ćw.
EK_03	Egzamin, kolokwium, obserwacja w trakcie zajęć	W, Ćw.
EK_04	Egzamin, kolokwium, obserwacja w trakcie zajęć	W, Ćw.
EK_05	Egzamin, kolokwium, obserwacja w trakcie zajęć	W, Ćw.
EK_06	Obserwacja w trakcie zajęć	Ćw.

4.2 Warunki zaliczenia przedmiotu (kryteria oceniania)

Weryfikacja osiągniętych efektów uczenia się kontrolowana jest na bieżąco w trakcie realizacji zajęć. Polega to na obserwacji w trakcie zajęć, aktywności na zajęciach, uczestnictwa w konsultacjach. Obserwacja aktywności w trakcie zajęć, prawidłowości proponowanych rozwiązań problemów, aktywności na zajęciach, Dodatkowo sprawdzianem samodzielnej pracy studenta w domu są zadania domowe regularnie rozwiązywane i oceniane.

Zaliczenie wykładu: zaliczenie egzaminu
Zaliczenie ćwiczeń: zaliczenie kolokwium

Skala ocen: ndst, dst, +dst, db, +db, bdb.
dost. (51 - 60)% pkt,
+dost. (61 - 70)% pkt,
dobry (71 - 80)% pkt,
+dobry (81 - 90)% pkt,
bardzo dobry (91 - 100)% pkt

5. CAŁKOWITY NAKŁAD PRACY STUDENTA POTRZEBNY DO OSIĄGNIĘCIA ZAŁOŻONYCH EFEKTÓW W GODZINACH ORAZ PUNKTACH ECTS

Forma aktywności	Średnia liczba godzin na zrealizowanie aktywności
Godziny kontaktowe wynikające z harmonogramu studiów	60
Inne z udziałem nauczyciela akademickiego (udział w konsultacjach, egzaminie)	5
Godziny niekontaktowe – praca własna studenta (przygotowanie do zajęć, egzaminu, napisanie referatu itp.)	60
SUMA GODZIN	125
SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS	5

* Należy uwzględnić, że 1 pkt ECTS odpowiada 25-30 godzin całkowitego nakładu pracy studenta.

6. PRAKTYKI ZAWODOWE W RAMACH PRZEDMIOTU

wymiar godzinowy	Nie dotyczy
zasady i formy odbywania praktyk	Nie dotyczy

7. LITERATURA

Literatura podstawowa: 1. Kittel C., Wstęp do fizyki ciała stałego, PWN, wydanie III i IV, Warszawa 1998 i 2000. 2. A. Sukiennicki „Fizyka Ciała Stałego”, Warszawa 1984 3. Stankowski J., Graja A., Wstęp do elektroniki kwantowej, WKŁ, 1972. 4. Ibach H., Lutz H., Fizyka ciała stałego, PWN, Warszawa 1996. 5. Oleś A. Metody doświadczalne fizyki ciała stałego, WNT, Warszawa 1998.
Literatura uzupełniająca: 1. Hennel A., Szuszkiewicz W., Zadania z fizyki atomu, cząsteczki i stałego, PWN, Warszawa 1985. 2. Dowolny podręcznik akademicki z fizyki ciała stałego czy struktur półprzewodnikowych.

Akceptacja Kierownika Jednostki lub osoby upoważnionej