



Nanostruktury nadprzewodzące w nauce i technice

Karta opisu przedmiotu

Informacje podstawowe

Kierunek studiów Przedmioty innowacyjne		Cykl dydaktyczny 2025/2026
Specjalność Wszystkie		Kod przedmiotu UBPOPIS.A100000.12908.25
Jednostka organizacyjna Uczelniana Baza Przedmiotów Obieralnych		Języki wykładowe polski
Poziom kształcenia Uczelniana baza przedmiotów obieralnych		Obligatoryjność Do wyboru
Forma studiów Stacjonarne		Blok zajęciowy Przedmioty ogólne
Profil studiów Ogólnoakademicki		Przedmiot powiązany z badaniami naukowymi Tak
Koordynator przedmiotu	Michał Nowak	
Prowadzący zajęcia	Michał Nowak, Michał Zegrodnik	
Okres Semestr zimowy	Forma zaliczenia Zaliczenie Forma prowadzenia i godziny zajęć Zajęcia warsztatowe: 30	Liczba punktów ECTS 3

Cele kształcenia dla przedmiotu

C1	Podstawowym celem modułu jest teoretyczne zapoznanie studentów z fizyką nanoukładów nadprzewodzących. Celem jest przekazanie wiedzy z zakresu funkcjonowania nanourządzeń, metod ich wytwarzania, zastosowań w innowacyjnej technologii (komputery kwantowe, nowoczesne układy pomiarowe) i badaniach podstawowych (fazy topologiczne, egzotyczne kwazicząstki).
C2	Celem przedmiotu jest wprowadzenie studentów do numerycznych symulacji nanourządzeń nadprzewodzących [przykład: http://mpnowak.org/files/Andreev_reflection.html], które będą pozwalały na intuicyjne zrozumienie zasad funkcjonowania i fizyki leżącej u podstaw działania nanostruktur.

Efekty uczenia się dla przedmiotu

Kod	Efekty w zakresie	Kierunkowe efekty uczenia się	Metody weryfikacji
Wiedzy - Student zna i rozumie:			
W1	podstawy zjawiska nadprzewodnictwa i kwantowo-mechaniczny opis funkcjonowania nanostruktur		Egzamin
W2	metody wytwarzania i metody eksperymentalnej charakteryzacji nanostruktur		Egzamin
W3	zastosowania nanostruktur nadprzewodzących w technice i badaniach naukowych		Egzamin
W4	podstawy prowadzenia symulacji numerycznych w języku Python		Egzamin
Umiejętności - Student potrafi:			
U1	wyjaśnić zjawiska obserwowane w nanostrukturach nadprzewodzących		Egzamin
U2	przewidzieć własności nanostruktur za pomocą samodzielnie przygotowanych symulacji numerycznych		Egzamin
Kompetencji społecznych - Student jest gotów do:			
K1	kompetentnego wyjaśnienia roli nadprzewodnictwa w obecnej technologii oraz wyzwań stojących przed rozwojem tej dziedziny		Egzamin

Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się dla modułu zajęć

Zajęcia będą obejmowały niezbędny formalizm teoretyczny oraz komputerowe ćwiczenia laboratoryjne. Nacisk zostanie położony na omówienie głównych efektów eksperymentalnych z zakresu fizyki nanostruktur, a następnie przeprowadzenie obliczeń numerycznych, które zobrazują dyskutowane zjawiska. Wybrane problemy mają być rozwiązywane jako ćwiczenia obliczeniowe z wykorzystaniem pakietu Kwant (<https://kwant-project.org/>).

Nakład pracy studenta

Rodzaje zajęć studenta	Średnia liczba godzin* przeznaczonych na zrealizowane aktywności
Zajęcia warsztatowe	30
Przygotowanie do zajęć	25
Dodatkowe godziny kontaktowe	5
Przygotowanie projektu, prezentacji, pracy pisemnej, sprawozdania	28
Egzamin lub kolokwium zaliczeniowe	2
Łączny nakład pracy studenta	Liczba godzin 90

Liczba godzin kontaktowych	Liczba godzin 30
-----------------------------------	----------------------------

* godzina (lekcyjna) oznacza 45 minut

Treści programowe

Lp.	Treści programowe	Efekty uczenia się dla przedmiotu	Formy prowadzenia zajęć
1.	Wstęp do fundamentalnych zjawisk związanych z fizyką ciała stałego. Wstęp do transportu elektronowego i podstaw nadprzewodnictwa. Podstawy symulacji numerycznych w języku Python z wykorzystaniem pakietu Kwant. Realizacja prostych przykładów dotyczących struktury pasmowej, transportu elektronów oraz symulacji nadprzewodnictwa.	W1, W4	Zajęcia warsztatowe
2.	Opis metod eksperymentalnych, metod wytwarzania nanostruktur nadprzewodzących oraz ich zastosowań w nauce i technice. Wyjaśnienie funkcjonowania fundamentalnych układów takich jak: złącze półprzewodnik-nadprzewodnik, w którym elektrony konwertowane są na pary Coopera, złącza Josephsona, które służą za najczulsze układy do mierzenia pola magnetycznego, układy nadprzewodzące służące do poszukiwań egzotycznych kwazicząstek Majorany, kubity nadprzewodzące. Realizacja symulacji numerycznych pozwalających intuicyjnie zrozumieć dyskutowane na wykładzie zjawiska. Zapoznanie się z aparaturą pomiarową dostępną w ACMiN służącą do wytwarzania i pomiarów nanostruktur.	W2, W3, W4, U1, U2, K1	Zajęcia warsztatowe

Informacje rozszerzone

Metody i techniki kształcenia :

Metoda warsztatowa (ang. workshop), Mini wykład, Dyskusja, Studium przypadku (ang. case study), Praca grupowa, Metoda projektowa (ang. Project Based Learning)

Rodzaj zajęć	Metody zaliczenia	Warunki zaliczenia przedmiotu
Zajęcia warsztatowe	Egzamin	Z wagą 40% do finalnej oceny

Dodatkowy opis

Zajęcia prowadzone będą w laboratorium komputerowym ACMiN. Studenci uczestniczyć będą w wykładzie, a następnie w ramach ćwiczeń, przygotowywać będą symulacje komputerowe dotyczące dyskutowanych zjawisk. Po zakończonych zajęciach student będzie przygotowywał sprawozdanie opisujące wykonane obliczenia.

Warunki i sposób zaliczenia poszczególnych form zajęć, w tym zasady zaliczeń poprawkowych, a także warunki dopuszczenia do egzaminu

Studenci zaliczać będą poszczególne zajęcia przygotowując sprawozdania. Warunkiem dopuszczenia do egzaminu jest pozytywna ocena 80% sprawozdań.

Sposób obliczania oceny końcowej

Przedmiot zakończony będzie egzaminem ustnym, na którym zweryfikowana zostanie znajomość zagadnień poruszanych na zajęciach. Ocena z egzaminu będzie wchodzić do oceny końcowej z wagą 40%. Pozostałe 60% będą to oceny cząstkowe z wykonywanych na ćwiczeniach i opracowywanych symulacji komputerowych.

Sposób i tryb wyrównywania zaległości powstałych wskutek nieobecności studenta na zajęciach

Student nieobecny na zajęciach zapozna się z dyskutowanymi na wykładzie i ćwiczeniach materiałami na platformie UPEL oraz będzie miał możliwość przedyskutowania zagadnienia będącego przedmiotem zajęć na konsultacjach.

Wymagania wstępne i dodatkowe

Znajomość podstaw fizyki kwantowej
Podstawowa umiejętność programowania

Zasady udziału w poszczególnych zajęciach, ze wskazaniem, czy obecność studenta na zajęciach jest obowiązkowa

Obecność na zajęciach jest obowiązkowa.

Literatura

Obowiązkowa

1. Yuli V. Nazarov, Yaroslav M. Blanter, "Quantum transport Introduction to Nanoscience", Cambridge University Press 2009

Dodatkowa

1. J. Spalek, "Wstęp do fizyki materii skondensowanej", Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Naukowe 2015
2. C. Kittel, "Wstęp do fizyki ciała stałego", Warszawa : Państwowe Wydawnictwo Naukowe, 1976
3. S. Datta, "Quantum Transport: Atom to Transistor", Cambridge University Press, 2005
4. M. Tinkham, "Introduction to Superconductivity", Dover Publications, 2004

Badania i publikacje

Badania

1. Transport elektronowy w nanostrukturach nadprzewodzących. Analiza eksperymentalnych pomiarów przewodnictwa w układach półprzewodnik-nadprzewodnik. Teoria formowania się stanów związanych Majorany w układach hybrydowych. Własności złącz Josephsona realizowanych w układach nadprzewodnik-półprzewodnik-nadprzewodnik.
2. Nadprzewodnictwo niekonwencjonalne i wysokotemperaturowe. Niekonwencjonalne stany materii (nadprzewodnictwo, fale gęstości ładunku, fale gęstości par Coopera, faza nematyczna itp.) w układach silnie skorelowanych elektronów takich jak nadprzewodniki wysokotemperaturowe, dwuwarstwy grafenowe skręcone o kąt magiczny.

Publikacje

1. "Ballistic superconductivity in semiconductor nanowires", H. Zhang, Ö. Gül, S. Conesa-Boj, M. P. Nowak, M. Wimmer, K. Zuo, V. Mourik, F. K. de Vries, J. van Veen, M. W. A. de Moor, J. D. S. Bommer, D. J. van Woerkom, D. Car, S. R. Plissard, E.P.A.M. Bakkers, M. Quintero-Pérez, M. C. Cassidy, S. Koelling, S. Goswami, K. Watanabe, T. Taniguchi, L. P. Kouwenhoven, Nat. Commun. 8, 16025 (2017).
2. "Single-shot fabrication of semiconducting-superconducting nanowire devices", F. Borsoi, G. P. Mazur, N. van Loo, M. P. Nowak, L. Bourdet, K. Li, S. Korneychuk, A. Fursina, J.-Y. Wang, V. Levajac, E. Memisevic, G. Badawy, S. Gazibegovic, K. van Hoogdalem, E. P. A. M. Bakkers, L. P. Kouwenhoven, S. Heedt, M. Quintero-Pérez, Adv. Funct. Mater. 2102388 (2021).
3. Superconducting dome with extended s-wave pairing symmetry in the heavily hole-overdoped copper-oxide planes, M. Zegrodnik, P. Wójcik, and J. Spalek, Phys. Rev. B 103, 144511 (2021)