

SYLABUS**DOTYCZY CYKLU KSZTAŁCENIA 2021-2025***(skrajne daty)*

Rok akademicki 2023/2024

1. PODSTAWOWE INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

Nazwa przedmiotu	Podstawy fizyki kwantowej i informatyki kwantowej
Kod przedmiotu*	
Nazwa jednostki prowadzącej kierunek	Kolegium Nauk Przyrodniczych
Nazwa jednostki realizującej przedmiot	Kolegium Nauk Przyrodniczych
Kierunek studiów	Inżynieria materiałowa
Poziom studiów	studia pierwszego stopnia
Profil	ogólnoakademicki
Forma studiów	stacjonarne
Rok i semestr/y studiów	III rok, 5 semestr
Rodzaj przedmiotu	specjalnościowy
Język wykładowy	polski
Koordynator	dr inż. Ewa Bobko
Imię i nazwisko osoby prowadzącej / osób prowadzących	dr inż. Ewa Bobko

* -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
5	30	15						15 (projekt)	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

Zajęcia projektowe – zaliczenie z oceną

2. WYMAGANIA WSTĘPNE

Znajomość podstaw fizyki klasycznej, umiejętność obliczeń na liczbach zespolonych, wektorach, macierzach
--

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

3.1 Cele przedmiotu

C1	Zapoznanie studentów z nowoczesnym sformułowaniem praw fizyki kwantowej, na których opierają się działania i zastosowania nano-objektów i struktur niskowymiarowych.
C2	Zapoznanie się studentów z sposobami modelowania komputerowego efektów kwantowych za pomocą metod numerycznych algebry macierzowej i symbolicznej, bez potrzeby wykonywania złożonych obliczeń analitycznych.
C3	Zrozumienie podstaw fizycznych aparatu pojęciowego mechaniki kwantowej oraz zapoznanie się z różnorodnymi efektami, związanymi z koherencją funkcji falowej i kwantyzacją energii, zachodzącymi w nanoskali.
C4	wykształcenie umiejętności rozpoznawania warunków w których, przy wytwarzaniu, obrazowaniu i konstrukcji nowoczesnych nanostuktur, należy uwzględnić zjawiska kwantowe.

3.2 Efekty uczenia się dla przedmiotu

EK (efekt uczenia się)	Treść efektu uczenia się zdefiniowanego dla przedmiotu Student:	Odniesienie do efektów kierunkowych ¹
EK_01	Student/Studentka zna podstawowe prawa fizyki klasycznej oraz rachunek różniczkowy oraz rozumie i opisuje podstawowe zjawiska fizyczne. Posiada podstawowe informacje o nowoczesnym wykorzystaniu zjawisk kwantowych w nanotechnologii, biotechnologii i informatyce.	K_Wo1 K_Wo2 K_Wo7
EK_02	Student/studentka zna podstawowe narzędzia informatyczne do projektowania, modelowania i symulacji komputerowych wybranych zagadnień fizyki kwantowej. Posiada umiejętność wykorzystania poznanych metod rachunku macierzowego i algebry komputerowej do konstruowania prostych modeli numerycznych.	K_Uo4 K_Uo7
EK_03	Student/studentka prawidłowo identyfikuje i formułuje wnioski i opinie dotyczące nowości technologicznych i technicznych. Wiedza o zjawiskach kwantowych, poprzez krytyczne myślenie wpływa na potrzebę samodoskonalenia się oraz racjonalnej analizy zjawisk.	K_Ko1 K_Ko2

3.3 Treści programowe

A. Problematyka wykładu

Treści merytoryczne:
Pojęcia podstawowe: falowe własności materii, interferencja cząstek: elektronów i atomów – dane eksperymentalne, statystyczny (probabilistyczny) charakter zjawisk kwantowych, pojęcie amplitudyprawdopodobieństwa i porównanie z prawdopodobieństwem klasycznym, pojęcie

¹ W przypadku ścieżki kształcenia prowadzącej do uzyskania kwalifikacji nauczycielskich uwzględnić również efekty uczenia się ze standardów kształcenia przygotowującego do wykonywania zawodu nauczyciela.

funkcji falowej jako wektora w przestrzeni stanów, zasada superpozycji, pojęcie operatora jako macierzy, operator ewolucji w czasie, liniowość mechaniki kwantowej, deterministyczny charakter zjawisk kwantowych, wyjaśnienie dlaczego wektor falowy ma składowe zespolone.
Obserwable i operatory: układy kwantowe o dwu stanach, qubity, spin $\frac{1}{2}$, efekt Sterna-Gerlacha, proces pomiaru kwantowego, wektory własne i wartości własne operatora, diagonalizacja macierzy, macierze hermitowskie i unitarne, obserwable komutujące, zasada nieoznaczoności, kwantowe stany czyste i mieszane, macierz gęstości.
Dynamika kwantowa: unitarna ewolucja w czasie, równanie Schroedingera, stany kwantowe cząstki swobodnej, paczki falowe i zasada nieoznaczoności, przechodzenie paczek falowych przez bariery potencjału, rozpraszanie, efekt tunelowy, potencjały zależne od czasu, precesja spinu, rezonanse magnetyczne, oddziaływanie światła z materią, oddziaływanie układu kwantowego z otoczeniem, dekoherencja.
Paradoksy i współczesne zastosowania: układy złożone, oddziaływania i splątanie, paradoks kota Schroedingera, paradoks Einsteina-Podolsky'ego-Rosena, nierówności Bella i nielokalność fizyki kwantowej, komputery kwantowe i kwantowa kryptografia. Procesy adiabaticzne i faza Berry'ego.
Stany związane i metody przybliżone: spektroskopia, degeneracja stanów kwantowych, nieskończone i skończone studnie kwantowe, współczesne zastosowania: heterostruktury i kropki kwantowe, oscylator harmoniczny i drgania cząsteczek, zasada nieoznaczoności dla oscylatora, asymetryczna studnia kwantowa i rachunek zaburzeń, efekt Starka w studniach kwantowych.
Symetrie i cząstki identyczne: symetria stanów związanych: inwersja i parzystość, reguły wyboru dla przejść optycznych, symetria stanów swobodnych, niezmienniczość względem translacji i operator pędu, niezmienniczość względem obrotów i operator momentu pędu. Spinowy moment pędu i macierze Pauliego, cząstki nierozróżnialne i postulat symetryzacji, fermiony i bozony, zakaz Pauliego, symetria względem odwrócenia czasu i degeneracja Kramersa.
Atomy: atom wodoru: stany energetyczne i spektroskopia atomu wodoru, funkcje falowe i liczby kwantowe, efekt Zeemana, oddziaływanie spin-orbita i struktura subtelna, Struktura nadsubtelna i dodawanie momentów pędu, przesunięcie Lamba, atom helu i atomy wieloelektronowe, struktura powłokowa i termy atomowe, problem oddziaływania elektron-elektron, reguły Hunda, model elektronów niezależnych i przybliżenie Hartree-Focka.
Cząsteczki i wiązania chemiczne: Cząsteczka H ₂ , metoda orbitali molekularnych i metoda LCAO, stany wiążące i antywiążące, stany wzbudzone, indukowane momenty dipolowe cząsteczek, potencjał van der Waalsa, cząsteczki wieloatomowe i hybrydyzacja, reakcje chemiczne, dynamika molekuł.
Układy periodyczne i statystyki kwantowe: Metoda ciasnego wiązania, symetria translacyjna i kwazipęd, twierdzenie Blocha, warunki brzegowe, związek spinu ze statystyką, rozkłady Bose'go-Einsteina i Fermiego-Diraca, gęstość stanów, masa efektywna, zastosowania: metale, izolatory i półprzewodniki.

B. Problematyka ćwiczeń audytoryjnych

Treści merytoryczne:
Podstawy rachunku macierzowego w środowisku obliczeniowym MATLAB/Octave. Zmienne i funkcje numeryczne. Definiowanie wektorów kolumnowych i wierszowych, definiowanie

macierzy. Podstawowe operacje (mnożenie, transpozycja). Macierze hermitowskie i unitarne. Diagonalizacja macierzy i zagadnienie własne. Wektory bazy i reprezentacje. Podstawy obliczeń symbolicznych w środowisku wxMAXIMA. Całkowanie i różniczkowanie, symboliczne operacje na macierzach
Dynamika kwantowa: Dualizm korpuskularno falowy, fotony w interferometrze. Analiza efektu Sterna-Gerlacha, symulacja pomiaru kwantowego. Rozwiązywanie problemów zależnych od czasu, symulacja dynamiki paczki falowej przy pomocy macierzy ewolucji czasowej, badanie zasady nieoznaczoności. Przechodzenie paczki falowej przez barierę potencjału, efekt tunelowy. Rezonanse transmisji, efekt Ramsauera. Obroty spinowego momentu pędu, sfera Blocha. Oddziaływania rezonansowe w układzie o dwu stanach, oscylacje Rabiego. Rachunek zaburzeń zależny od czasu, przejścia dipolowe w studniach kwantowych.
Stany związane: Metody rozwiązywania niezależnego od czasu równania Schroedingera. Energie własne i wektory stanów kwantowych dla studni prostokątnej i dla oscylatora harmonicznego. Porównanie wyników numerycznych z wartościami ścisłymi. Potencjał trójkątny, wnikanie funkcji falowej w barierę. Półprzewodnikowe kropki kwantowe
Stany związane: Metody rozwiązywania niezależnego od czasu równania Schroedingera. Energie własne i wektory stanów kwantowych dla studni prostokątnej i dla oscylatora harmonicznego. Porównanie wyników numerycznych z wartościami ścisłymi. Potencjał trójkątny, wnikanie funkcji falowej w barierę. Półprzewodnikowe kropki kwantowe.

C. Problematyka zajęć projektowych

Treści merytoryczne:
Realizacja projektów z zakresu fizyki kwantowej i informatyki kwantowej

3.4 Metody dydaktyczne

Wykład: prezentacja multimedialna

Ćwiczenia: ćwiczenia rachunkowe, zajęcia w grupach

Zajęcia projektowe: realizacja projektów.

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	Obserwacja w trakcie zajęć/kolokwium/projekt, egzamin	W, Ćw., Zaj. proj.
EK_02	Obserwacja w trakcie zajęć/kolokwium/projekt, egzamin,	W, Ćw., Zaj. proj.
EK_03	Obserwacja w trakcie zajęć/kolokwium/projekt, egzamin	W, Ćw., Zaj. proj.

4.2 Warunki zaliczenia przedmiotu (kryteria oceniania)

Wykład – zaliczenie na podstawie obecności i aktywności na wykładzie.

Egzamin – egzamin pisemny lub ustny

Stosowana skala oceniania:

dst. (51-60)% pkt.

+dst (61-70)% pkt.

db (71-80)% pkt.

+db (81-90)% pkt.

bdb (91-100)% pkt.

Ćwiczenia – zaliczenie na podstawie oceny z dwóch kolokwium.

Projekt- zaliczenie na podstawie wykonanego projektu w trakcie zajęć. Ocena projektu będzie polegać na ocenie pracy w grupach studentów, treści merytorycznych projektu oraz konstruktywnie sformułowanych wniosków. Zaliczenie projektu następuje na podstawie zaliczenia wszystkich efektów uczenia się w trakcie pracy nad projektem.

Stosowana skala oceniania:

dst. (51-60)% pkt.

+dst (61-70)% pkt.

db (71-80)% pkt.

+db (81-90)% pkt.

bdb (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.)	65
SUMA GODZIN	130
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. Haken, H. Ch. Wolf, *Atomy i kwanty*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2002.
2. L. Pielą, *Idee chemii kwantowej*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2003.

Literatura uzupełniająca:

1. P. Krzyżanowski, *Obliczenia inżynierskie i naukowe*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2011

Akceptacja Kierownika Jednostki lub osoby upoważnionej