

SYLABUS

DOTYCZY CYKLU KSZTAŁCENIA 2023-2025

(skrajne daty)

Rok akademicki 2024/2025

1. PODSTAWOWE INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

Nazwa przedmiotu	Mechanika kwantowa
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	rok II, semestr 2
Rodzaj przedmiotu	kierunkowy I do wyboru
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
2	15	15							2

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- zaliczenie bez oceny,

Ćwiczenia- zaliczenie na ocenę.

2. WYMAGANIA WSTĘPNE

Znajomość podstaw fizyki klasycznej, analizy matematycznej i algebry liniowej, konieczność zaliczenia przedmiotu Fizyka Ciała Stałego.
--

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

3.1 Cele przedmiotu

C ₁	Zapoznanie studentów z nowoczesnym sformułowaniem praw fizyki kwantowej, na których opierają się działania i zastosowania nano-objektów, struktur niskowymiarowych i komputerów kwantowych.
C ₂	Zapoznanie studentów z sposobami modelowania komputerowego efektów kwantowych za pomocą metod numerycznych algebry macierzowej i symbolicznej, bez potrzeby wykonywania złożonych obliczeń analitycznych.
C ₃	Zrozumienie podstaw fizycznych aparatu pojęciowego mechaniki kwantowej oraz zrozumienie różnorodnych efektów, związanych z koherencją funkcji falowej i kwantyzacją energii, zachodzącymi w nanoskali.
C ₄	Wykształcenie umiejętności rozpoznawania warunków w których, przy wytwarzaniu, obrazowaniu i konstrukcji nowoczesnych nanostruktur w ramach metod inżynierii materiałowej, należy uwzględnić zjawiska kwantowe. W szczególności omówione będą zasadnicze założenia konstrukcji komputera kwantowego oraz praktyczne realizacje podstawowego elementu komputera kwantowego – tzw. „qubitu”.

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/Studentka zna i rozumie w pogłębionym zakresie wybrane zagadnienia metod matematycznych, fizyki kwantowej i fizyki ciała stałego niezbędnych do rozumienia i ilościowego opisu zjawisk i procesów technologicznych oraz posługiwania się aparatem matematycznym w opisie i modelowaniu zjawisk i procesów fizycznych oraz chemicznych związanych z inżynierią materiałową, charakteryzuje główne metody rachunkowe i obliczeniowe	K_Wo1
EK_02	Student/Studentka zna i rozumie rozszerzone i pogłębione zagadnienia z zakresu: budowy materii, metodyki badań struktury i właściwości fizycznych oraz zastosowania w technologii wytwarzania nowoczesnych materiałów. Dodatkowo zna i rozumie tendencje rozwoju technologii materiałowych oraz powiązania innych kierunków studiów z inżynierią materiałową, nowymi materiałami i nanotechnologią	K_Wo2 K_Wo6
EK_03	Student/Studentka potrafi korzystać z przekazu słownego i graficznego treści nauczania; potrafi pozyskiwać informacje, dokonywać ich interpretacji, a także wyciągać wnioski oraz formułować i	K_Uo1

	uzasadniać opinie pozwalające powiązać podstawy teorii z zastosowaniami inżynierskimi	
EK_04	Student/Studentka potrafi dokonać doboru urządzeń, metod, technik i materiałów do zastosowań inżynierskich, z uwzględnieniem nowych technologii, w zależności od struktury, własności i warunków użytkowania. Student/Studentka rozwija krytyczne myślenie dzięki wiedzy o zjawiskach kwantowych, które często wydają się paradoksalne i sprzeczne ze zdrowym rozsądkiem, zachowuje otwartość na nowe rozwiązanie i potrzebę racjonalnej analizy zjawisk na podstawie faktów doświadczalnych i możliwość wykorzystania nowych osiągnięć (technik i technologii) w zakresie inżynierii materiałowej	K_Uo6 K_U12
EK_05	Student/Studentka rozwija kreatywność oraz odwagę formułowania nieszablonowych wniosków i nowatorskich opinii, docenia konieczność pracy zespołowej	K_Ko1 K_Ko3

3.3 Treści programowe

A. Problematyka wykładu

Treści merytoryczne
1. Pojęcia podstawowe: falowe własności materii, interferencja cząstek: elektronów i atomów – dane eksperymentalne, statystyczny (probabilistyczny) charakter zjawisk kwantowych, pojęcie amplitudyprawdo-podobieństwa i porównanie z prawdopodobieństwem klasycznym, pojęcie 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.
2. Obserwable i operatory: układy kwantowe o dwu stanach, qubity, spin $1/2$, 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.
3. 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.
4. 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 adiabatyczne i faza Berry'ego.
5. 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.

B. Problematyka ćwiczeń

Treści merytoryczne
1. 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.
2. 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.
3. Komputery kwantowe i jego realizacje: Kubity i bramki kwantowe, kwantowa teleportacja, proste algorytmy kwantowe, Wykorzystanie jądrowego rezonansu magnetycznego (NMR), wykorzystanie złącza Josephsona jako kubitu, nanostruktury półprzewodnikowe.

3.4 Metody dydaktyczne

Wykład: wykład z prezentacją multimedialną,

Ćwiczenia: ćwiczenia rachunkowe, zajęcia projektowe w grupach.

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	Kolokwium	W, Ćw.
EK_02	Kolokwium, Praca w grupach	W, Ćw.
EK_03	Kolokwium, Obserwacja studenta w trakcie zajęć	W, Ćw.
EK_04	Kolokwium, Obserwacja studenta w trakcie zajęć	W, Ćw.

EK_05	Obserwacja studenta w trakcie zajęć	Ćw.
-------	-------------------------------------	-----

4.2 Warunki zaliczenia przedmiotu (kryteria oceniania)

Zaliczenie przedmiotu potwierdzi stopień osiągnięcia przez studenta zakładanych efektów uczenia się. Weryfikacja osiąganych efektów uczenia się kontrolowana jest na bieżąco w trakcie realizacji zajęć. Ocena uzyskana z zaliczenia przedmiotu pozwoli ocenić stopień osiągniętych efektów.

Wykład – zaliczenie na podstawie obecności i kolokwium końcowego.

Ćwiczenia– zaliczenie na podstawie oceny z kolokwium oraz pracy w grupach nad realizowanym zagadnieniem projektu. Ocena końcowa będzie średnią arytmetyczną z dwóch kolokwium oraz oceny z projektu.

Zaliczenie przedmiotu następuje po zaliczeniu wykładów i ćwiczeń.

Student otrzymuje ocenę niedostateczną gdy co najmniej jeden z efektów uczenia się nie został osiągnięty; Student otrzymuje ocenę dostateczną gdy podczas pracy w grupach zrealizował i przedstawił projekt, a każdy z weryfikowanych efektów został osiągnięty na poziomie co najmniej 3.0.

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 z harmonogramu studiów	30
Inne z udziałem nauczyciela akademickiego (udział w konsultacjach, egzaminie)	3
Godziny niekontaktowe – praca własna studenta (przygotowanie do zajęć, egzaminu, napisanie referatu itp.)	23
SUMA GODZIN	56
SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS	2

** 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. H. Haken, H. Ch. Wolf, Atomy i kwanty, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2002. 2. Schumacher, M. Westmoreland, Quantum processes, systems, & information, Cambridge University Press, New York 2010 – udostępnia prowadzący 3. P. Krzyżanowski, Obliczenia inżynierskie i naukowe, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2011.
Literatura uzupełniająca: 1. W. Demtroeder, Atoms, Molecules and Photons, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2006– udostępnia prowadzący 2. M. Nakahara, T. Ohmi, Quantum computing, CRC Press, Taylor & Francis Press, 2008– udostępnia prowadzący

Akceptacja Kierownika Jednostki lub osoby upoważnionej