

SYLABUS

DOTYCZY CYKLU KSZTAŁCENIA 2021-2023

(skrajne daty)

Rok akademicki 2022/2023

1. PODSTAWOWE INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

Nazwa przedmiotu	Przedmiot kursowy I do wyboru: Komputery kwantowe
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	II rok, 2 semestr
Rodzaj przedmiotu	kierunkowy do wyboru
Język wykładowy	polski
Koordynator	dr inż. Ewa Bobko
Imię i nazwisko osoby prowadzącej / osób prowadzących	dr inż. Ewa Bobko Prof. Janusz Sadowski

* -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)

Wykład: zaliczenie bez oceny

Ćwiczenia: zaliczenie z oceną

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. „qubit”.

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 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 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 potrafi korzystać z przekazu słownego i graficznego treści nauczania; potrafi pozyskiwać informacje, dokonywać ich interpretacji, a także wyciągać wnioski oraz formułować i uzasadniać	K_Uo1

	opinie pozwalające powiązać podstawy teorii z zastosowaniami inżynierskimi	
EK_04	Student 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 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

1. Cząstki i fale: Fale elektromagnetyczne i fotony, falowe własności materii, doświadczenia interferencyjne Young’a, Eksperyment pierwszy – jedna szczelina otwarta, Eksperyment drugi – obie szczeliny otwarte, kwantowanie energii, efekt fotoelektryczny, Dualizm korpuskularno–falowy, zasada nieoznaczoności Heisenberga
2. Charakter zjawisk kwantowych: pojęcie amplitudy prawdopodobieństwa, 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.
3. 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, zasada nieoznaczoności
4. Dynamika kwantowa: unitarna ewolucja w czasie, równanie Schrodingera, stany kwantowe cząstki swobodnej, paczki falowe i zasada nieoznaczoności, przechodzenie paczek falowych przez bariery potencjału, rozpraszanie, efekt tunelowy, oddziaływanie światła z materią, oddziaływanie układu kwantowego z otoczeniem, dekoherencja.
5. Paradoksy i współczesne zastosowania: układy złożone, oddziaływania i splątanie, paradoks kota Schrodingera, paradoks Einsteina-Podolsky’ego-Rosena, nierówności Bella i nielokalność fizyki kwantowej, komputery kwantowe i kwantowa kryptografia.

6. Komputery kwantowe: Kubity i bramki kwantowe. Twierdzenie o niemożliwości klonowania stanu kwantowego, kwantowa teleportacja, proste algorytmy kwantowe budowy komputera kwantowego.
7. Fizyczne realizacje komputerów kwantowych: Wykorzystanie jądrowego rezonansu magnetycznego (NMR), nadprzewodnictwo jako makroskopowe zjawisko kwantowe, wykorzystanie złącza Josephsona jako kubitu
8. Współczesne komputery kwantowe: Obecny stan wiedzy, zastosowanie komputerów kwantowych np. w sztucznej inteligencji, firmy zajmujące się komputerami kwantowymi.

B. Problematyka ćwiczeń audytoryjnych

Fizyczne realizacje komputerów kwantowych: Wykorzystanie jądrowego rezonansu magnetycznego (NMR), nadprzewodnictwo jako makroskopowe zjawisko kwantowe, wykorzystanie złącza Josephsona jako kubitu, nanostruktury półprzewodnikowe, obliczenia kwantowe z kropkami kwantowymi, zjawisko blokady kulombowskiej, kubit ładunkowy, kubit spinowy
Komputery kwantowe: Kubity i bramki kwantowe. Twierdzenie o niemożliwości klonowania stanu kwantowego, kwantowa teleportacja, proste algorytmy kwantowe, budowa komputerów kwantowych, operowanie na komputerach kwantowych
Współczesne komputery kwantowe: Obecny stan wiedzy na temat komputerów kwantowych, realizacje komputerów kwantowych, problemy z komputerami kwantowymi, firmy zajmujące się komputerami kwantowymi.

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

bieżący w trakcie realizacji zajęć. Ocena uzyskana z zaliczenia przedmiotu pozwoli ocenić stopień osiągniętych efektów.

Wykład – zaliczenie na podstawie obecności i aktywności na wykładzie.

Ćwiczenia – zaliczenie na podstawie oceny z wykonywanego w trakcie zajęć projektu oraz prezentacji wykonanego projektu. 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.

Zaliczenie przedmiotu następuje po zaliczeniu wykładów i ćwiczeń.

Student otrzymuje ocenę niedostateczny, gdy co najmniej jeden z efektów uczenia się nie został osiągnięty; Student otrzymuje ocenę dostateczny 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 kontaktowe wynikające 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, <i>Atomy i kwanty</i>, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2002. 2. B. Schumacher, M. Westmoreland, <i>Quantum processes, systems, & information</i>, Cambridge University Press, New York 2010 – udostępnia prowadzący 3. P. Krzyżanowski, <i>Obliczenia inżynierskie i naukowe</i>, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2011.
Literatura uzupełniająca: 1. W. Demtroeder, <i>Atoms, Molecules and Photons</i>, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2006– udostępnia prowadzący 2. M. Nakahara, T. Ohmi, <i>Quantum computing</i>, CRC Press, Taylor & Francis Press, 2008– udostępnia prowadzący

Akceptacja Kierownika Jednostki lub osoby upoważnionej