



Mechanika kwantowa

Sylabus modułu zajęć

Informacje podstawowe

Kierunek studiów Fizyka Techniczna	Cykl dydaktyczny 2021/2022
Specjalność Wszystkie	Kod przedmiotu FiISFTCS.IIiIK.6d8c4844eae14a4bb65c3e4bd43b47ae.2 1
Jednostka organizacyjna Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej	Języki wykładowe Polski
Poziom kształcenia studia magisterskie inżynierskie II stopnia	Obligatoryjność Obowiązkowy
Forma studiów Stacjonarne	Blok zajęciowy przedmioty kierunkowe
Profil studiów Ogólnoakademicki	Przedmiot powiązany z badaniami naukowymi Tak
Koordynator przedmiotu	Bartłomiej Spisak
Prowadzący zajęcia	Bartłomiej Spisak

Okres Semestr 1	Forma weryfikacji uzyskanych efektów uczenia się Egzamin	Liczba punktów ECTS 8.0
	Forma prowadzenia i godziny zajęć Wykład: 45, Ćwiczenia audytoryjne: 30, Zajęcia seminaryjne: 15	

Cele kształcenia dla przedmiotu

C1	Zapoznanie studentów z podstawami nierelatywistycznej teorii kwantów w ujęciu przestrzeni Hilberta.
----	---

Efekty uczenia się dla przedmiotu

Kod	Efekty w zakresie	Kierunkowe efekty uczenia się	Metody weryfikacji
Wiedzy - Student zna i rozumie:			
W1	Potrafi znaleźć operatory odpowiadające wielkościom fizycznym, znaleźć ich wartości własne i funkcje własne oraz zinterpretować uzyskane wyniki.	FTC2A_W01, FTC2A_W02, FTC2A_W03, FTC2A_W04	Aktywność na zajęciach, Kolokwium, Egzamin, Odpowiedź ustna
W2	Poznaje podstawowe zjawiska kwantowe i różnice w opisie mikroświata i świata makroskopowego oraz podstawowe narzędzia matematyczne stosowane w mechanice kwantowej..	FTC2A_W01, FTC2A_W02, FTC2A_W03, FTC2A_W04	Aktywność na zajęciach, Kolokwium, Egzamin, Odpowiedź ustna
W3	Potrafi postawić problem kwantowy, wybrać reprezentację najkorzystniejszą do jego rozwiązania, rozwiązać, zinterpretować i zaprezentować uzyskane wyniki.	FTC2A_W01, FTC2A_W02, FTC2A_W03, FTC2A_W04	Aktywność na zajęciach, Wykonanie ćwiczeń, Kolokwium, Egzamin, Odpowiedź ustna
W4	Student poznaje podstawy mechaniki kwantowej, teorii służącej do opisu świata mikroskopowego.	FTC2A_W01, FTC2A_W02, FTC2A_W03, FTC2A_W04	Aktywność na zajęciach, Egzamin
Umiejętności - Student potrafi:			
U1	Potrafi posługiwać się wybranymi metodami przybliżonymi, sprawdzić warunki stosowalności tych metod i ocenić wiarygodność uzyskanych wyników.	FTC2A_U01, FTC2A_U02, FTC2A_U03, FTC2A_U04	Aktywność na zajęciach, Kolokwium, Egzamin, Odpowiedź ustna
U2	Potrafi posługiwać się podstawowymi pojęciami z zakresu teorii operatorów liniowych i przestrzeni Hilberta w zastosowaniu do zagadnień kwantowo-mechanicznych, a w szczególności potrafi badać własności spektralne tych operatorów i wyciągać wnioski o charakterze fizycznym.	FTC2A_U01, FTC2A_U02, FTC2A_U03, FTC2A_U04	Aktywność na zajęciach, Wykonanie ćwiczeń, Kolokwium, Egzamin, Odpowiedź ustna
Kompetencji społecznych - Student jest gotów do:			
K1	Pracy zespołowej w grupie, krytycznego myślenia oraz jest gotów do przeprowadzenia merytorycznej dyskusji i przedstawienia argumentacji swojej wypowiedzi.	FTC2A_K01, FTC2A_K02	Aktywność na zajęciach, Wykonanie ćwiczeń, Odpowiedź ustna

Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się dla modułu zajęć

Moduł jest systematycznym wprowadzeniem do nierelatywistycznej teorii kwantów w ujęciu przestrzeni Hilberta z elementami układów dwucząstkowych.

Bilans punktów ECTS

Rodzaje zajęć studenta	Średnia liczba godzin* przeznaczonych na zrealizowane aktywności
Wykład	45
Ćwiczenia audytoryjne	30
Zajęcia seminaryjne	15
Przygotowanie do zajęć	53
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	60

Egzamin lub kolokwium zaliczeniowe	2
Dodatkowe godziny kontaktowe	5
Łączny nakład pracy studenta	Liczba godzin 210
Liczba godzin kontaktowych	Liczba godzin 90

* godzina (lekcyjna) oznacza 45 minut

Treści programowe

Lp.	Treści programowe	Efekty uczenia się dla przedmiotu	Formy prowadzenia zajęć
1.	<p>Zajęcia seminaryjne będą prowadzone na zasadzie wybranych zagadnień, a ich treść będzie zależała od bieżących preferencji prowadzącego w danym roku akademickim. Seminarium może obejmować następujące zagadnienia</p> <p>[1] Równanie Laplace'a we współrzędnych sferycznych i jego rozwiązanie.</p> <p>[2] Harmoniki sferyczne i ich wybrane własności.</p> <p>[3] Orbitalny moment pędu w mechanice falowej.</p> <p>[4] Zagadnienie własne hamiltonianu o symetrii sferycznej.</p> <p>[5] Cząstka swobodna w przestrzeni 3D.</p> <p>[6] Szttywny rotator.</p> <p>[7] Oscylator harmoniczny.</p> <p>[8] Atom wodoropodobny.</p> <p>[10] Atom w polu elektrycznym.</p> <p>[11] Atom w polu magnetycznym.</p> <p>[12] Budowa układu okresowego pierwiastków.</p> <p>Literatura [1.] H. Haken, H. Ch. Wolf: "Atomy i kwanty. Wprowadzenie do współczesnej spektroskopii atomowej" - Wydawnictwo naukowe PWN, Warszawa 1997 [2.] L. Piela: "Idée chemii kwantowej" - Wydawnictwo naukowe PWN Warszawa 2005 [3.] W. Kołos "Chemia kwantowa" - Wydawnictwo naukowe PWN Warszawa 1975</p>	W1, W2, W3, U1, U2, K1	Zajęcia seminaryjne

2.	<p>Ćwiczenia będą miały charakter rachunkowo-dyskusyjny. W trakcie ich trwania będą dyskutowane problemy i rozwiązywane zadania ilustrujące zagadnienia przedstawione na wykładzie.</p> <p>Szczególny nacisk będzie położony na:</p> <p>a) umiejętność analizowania abstrakcyjnych pojęć i wnioskowania,</p> <p>b) praktyczne umiejętności zastosowań aparatu mechaniki falowej do rozwiązywania problemów.</p>	W1, W2, W3, W4, U1, U2, K1	Ćwiczenia audytoryjne
3.	<p>Materiał prezentowany podczas wykładu będzie obejmował następujące zagadnienia:</p> <p>[1] Podstawy matematyczne teorii kwantów.</p> <p>[2] Dynamika układu kwantowego.</p> <p>[3] Probabilistyczna interpretacja mechaniki falowej.</p> <p>[4] Równanie własne w mechanice falowej.</p> <p>[5] Stany związane i rozproszeniowe w mechanice falowej.</p> <p>[6] Cząstka w polu elektromagnetycznym</p> <p>[7] Nierelatywistyczna granica równania Diraca. Spin.</p> <p>[8] Metody przybliżone mechaniki falowej.</p> <p>[9] Kwantowe układy dwucząstkowe.</p>	W1, W2, W3, W4, U1, U2, K1	Wykład

Informacje rozszerzone

Metody i techniki kształcenia:

Zdalne kształcenie, Wykład tablicowy, Prace kontrolne i przejściowe, Prezentacja multimedialna, Wykonanie ćwiczeń tablicowych, Dyskusja, Metoda pracy w grupie

Rodzaj zajęć	Sposób weryfikacji i oceny efektów uczenia się	Warunki zaliczenia przedmiotu
Wykład	Aktywność na zajęciach, Wykonanie ćwiczeń, Kolokwium, Egzamin, Odpowiedź ustna	Zaliczenie wykładu odbywa się poprzez zdanie egzaminu.
Ćwiczenia audytoryjne	Aktywność na zajęciach, Wykonanie ćwiczeń, Kolokwium, Egzamin, Odpowiedź ustna	Zaliczenie ćwiczeń audytoryjnych odbywa się poprzez kolokwia i odpowiedź ustną.
Zajęcia seminaryjne	Aktywność na zajęciach, Wykonanie ćwiczeń, Kolokwium, Egzamin, Odpowiedź ustna	Zaliczenie seminarium odbywa się poprzez wygłoszenie referatu na zadany temat i przygotowanie sprawozdania.

Dodatkowy opis

W szczególnych przypadkach (wyjazd w ramach programów o wymianie międzynarodowej studentów) osoba odpowiedzialna za kurs może ustanowić nadzwyczajny tryb zaliczenia ćwiczeń audytoryjnych w trwającym semestrze.

W wyjątkowych sytuacjach wykłady lub seminaria mogą mieć formę on-line .

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

* Egzamin Egzamin ma formę hybrydową: ustny ("przy tablicy")+pisemny i oceniany jest zgodnie z obowiązującym Regulaminem Studiów AGH. W przypadku nie uzyskania pozytywnej oceny z egzaminu w pierwszym terminie przysługuje uczestnikowi kursu przystąpienie do innych terminów na zasadach określonych w obowiązującym Regulaminem Studiów AGH. * Ćwiczenia audytoryjne Zasady zaliczenia ćwiczeń audytoryjnych są określone na pierwszych zajęciach przez osoby je prowadzące. W przypadku uzyskania oceny niedostatecznej z ćwiczeń audytoryjnych w podstawowym terminie, uczestnik kursu ma prawo przystąpić do dodatkowych terminów zaliczeń w porozumieniu z osobą prowadzącą te ćwiczenia na warunkach wskazanych w obowiązującym Regulaminie Studiów. Warunkiem przystąpienia do egzaminu jest wcześniejsze uzyskanie zaliczenia z ćwiczeń audytoryjnych oraz seminarium. * Seminarium Zasady zaliczenia seminarium są oparte o następujące kryteria: a) wygłoszenie treści będącej przedmiotem seminarium (temat z podanej listy) w formie prezentacji multimedialnej. b) Oddania szczegółowo opracowanego sprawozdania. c) aktywności podczas wystąpień seminaryjnych. W szczególnych przypadkach (wyjazd w ramach programów o wymianie międzynarodowej studentów) osoba odpowiedzialna za kurs może ustanowić nadzwyczajny tryb zaliczenia ćwiczeń audytoryjnych i seminarium w trwającym semestrze w porozumieniu z prowadzącym ćwiczenia i seminarium.

Sposób obliczania oceny końcowej

Ocena końcowa (OK) obliczana jest jako średnia ważona ocen z egzaminu (E), z ćwiczeń rachunkowych (C) oraz seminarium (S) zgodnie ze wzorem: $OK = 0,5 < E > + 0,3 < C > + 0,2 < S >$, gdzie $< E >$ jest średnią arytmetyczną ocen uzyskanych na egzaminie w kolejnych terminach, $< C >$ jest średnią arytmetyczną ocen uzyskanych z ćwiczeń w kolejnych terminach, jest oceną wystawianą na podstawie wygłoszonego seminarium i oddanego sprawozdania.

Sposób i tryb wyrównywania zaległości powstałych wskutek nieobecności studenta na zajęciach

- Nieobecność na zajęciach musi zostać usprawiedliwiona w przeciągu dwóch tygodni od ich opuszczenia. - Opuszczenie 20% zajęć bez usprawiedliwienia skutkuje brakiem zaliczenia ćwiczeń audytoryjnych. - Osoby nieobecne na zajęciach są zobowiązane do uzupełnienia omawianego materiału we własnym zakresie. Zaliczenie tego materiału odbędzie się w trybie i terminie ustalonym przez prowadzącego.

Wymagania wstępne i dodatkowe

- Znajomość algebry liniowej oraz rachunku różniczkowego i całkowego w zakresie studiów inżynierskich.
- Znajomość podstaw mechaniki teoretycznej i fizyki kwantowej.
- Umiejętność abstrakcyjnego myślenia.

Wskazane jest również uczestnictwo w kursie matematycznych metod fizyki III, gdzie omawianych jest wiele aspektów matematycznych i technik rachunkowych wykorzystywanych w kursie mechaniki kwantowej.

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

Wykład: Studenci uczestniczą w zajęciach poznając kolejne treści nauczania zgodnie z sylabusem przedmiotu. Studenci winni na bieżąco zadawać pytania i wyjaśniać wątpliwości. Rejestracja audiowizualna wykładu jest zabroniona.

Ćwiczenia audytoryjne: Studenci przystępując do ćwiczeń są zobowiązani do przygotowania się w zakresie wskazanym każdorazowo przez prowadzącego (np. w formie zestawów zadań). Ocena pracy studenta może bazować na wypowiedziach ustnych lub pisemnych w formie kolokwium, co zgodnie z regulaminem studiów AGH przekłada się na ocenę końcową z tej formy zajęć.

Zajęcia seminaryjne: Studenci prezentują na forum grupy temat wskazany przez prowadzącego oraz uczestniczą w dyskusji nad tym tematem. Ocenie podlega zarówno wartość merytoryczna prezentacji, opracowania jak i tzw. kompetencje miękkie.

Literatura

Obowiązkowa

1. R. Liboff „Wstęp do mechaniki kwantowej" Wyd. PWN 1987.
2. R. Shankar „Mechanika kwantowa" Wyd. Naukowe PWN 2006.
3. E. Merzbacher „Quantum Mechanics" Wyd. John Wiley & Sons, Inc. 1998.
4. I. Białynicki-Birula, M. Cieplak, J. Kamiński „Teoria kwantów. Mechanika falowa" Wyd. Naukowe PWN 2001.

Dodatkowa

1. L. Pielą „Idee chemii kwantowej" Wyd. Naukowe PWN 2005.
2. A. S. Dawydow „Mechanika kwantowa" Wyd. PWN 1967.
3. L.D. Landau, J. M. Lifszyc „Mechanika kwantowa. Teoria nierelatywistyczna" Wyd. Naukowe PWN 2011.
4. L. T. Schiff „Mechanika kwantowa" Wyd. PWN 1977.

Badania i publikacje

Publikacje

1. [1.] M. Wołoszyn, B. J. Spisak „Stark resonances induced by the exchange-correlation potential in piezoelectric nanowires" *phys. stat. sol. Rapid Research Letters* 11 (2017) 1700248,
2. [2.] M. Wołoszyn, B. J. Spisak, P. Wójcik, J. Adamowski „Transition from positive to negative agnetoresistance induced by a constriction in semiconductor nanowire" *Physica E* 83 (2016) 127
3. [3.] M. Wołoszyn, B. J. Spisak, P. Wójcik, J. Adamowski „Magnetoresistance anomalies resulting fom Stark resonances in semiconductor nanowires with a constriction" *J. Phys. Cond. Matter* 26 (2014) 325301.
4. [4.] M. Wołoszyn, B. J. Spisak „Multifractal analysis of the electronic states in the Fibonacci superlattice under weak electric fields" *Eur. Phys. J. B* 85 (2012) 10-1 .
5. [5.] B. J. Spisak, A. Paja, G.J. Morgan „Influence of spin-orbit interaction on the electrical conductivity of three-dimensional disordered systems" *phys. stat. sol b* 242 (2005) 1460.

Kierunkowe efekty uczenia się

Kod	Treść
FTC2A_K01	potrafi myśleć i działać w sposób kreatywny, doceniając rolę ciągłego doksztalcania oraz właściwie określać priorytety stosując zasady etyki zawodowej
FTC2A_K02	potrafi współdziałać w środowisku interdyscyplinarnym oraz rozumie pozatechniczne skutki stosowania metod fizyki technicznej (w tym jej wpływu na środowisko) i związanej z tym odpowiedzialności za podejmowane decyzje
FTC2A_U01	potrafi zastosować metody i techniki z zakresu fizyki do rozwiązywania złożonych, interdyscyplinarnych problemów technicznych i naukowych, w sposób nieszablonowy, ze świadomością uwarunkowań ekonomicznych, prawnych i środowiskowych
FTC2A_U02	ma umiejętność samodzielnego przygotowania się do seminariów, konferencji i wystąpień publicznych, w tym prezentować wyniki swojej pracy z wykorzystaniem nowoczesnych środków komunikacji społecznej
FTC2A_U03	ma umiejętności językowe zgodne z wymaganiami dla poziomu B2+ Europejskiego Systemu Opisu Kształcenia Językowego oraz potrafi w języku obcym przygotować opracowanie zagadnień wchodzących w zakres fizyki technicznej
FTC2A_U04	potrafi formułować i testować hipotezy związane z rozwiązywaniem złożonych zadań inżynierskich i prowadzeniem prac badawczych, w tym zastosować zaawansowane metody analizy statystycznej
FTC2A_W01	ma pogłębioną i rozszerzoną wiedzę z zakresu matematyki i fizyki niezbędną do zrozumienia podstawowych procesów zachodzących w przyrodzie
FTC2A_W02	dysponuje pogłębioną wiedzą z zakresu wybranych działów nauk ścisłych i technicznych niezbędną do zrozumienia i opisu podstawowych procesów technologicznych
FTC2A_W03	ma pogłębioną wiedzę o trendach rozwojowych w wybranych działach fizyki oraz jej zastosowaniach we współczesnych technologiach
FTC2A_W04	dysponuje pogłębioną znajomością metod matematycznych i numerycznych niezbędnych do analizy procesów fizycznych i technologicznych