



Wstęp do fizyki kwantowej

Karta opisu przedmiotu

Informacje podstawowe

Kierunek studiów Fizyka Techniczna Specjalność - Jednostka organizacyjna Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej Poziom kształcenia Studia inżynierskie I stopnia Forma studiów Stacjonarne Profil studiów Ogólnoakademicki		Cykl dydaktyczny 2025/2026 Kod przedmiotu JFTCS.li4.06918.25 Języki wykładowe polski Obligatoryjność Obowiązkowy Blok zajęciowy Przedmioty kierunkowe Przedmiot powiązany z badaniami naukowymi Tak
Koordynator przedmiotu	Bartłomiej Wiendlocha	
Prowadzący zajęcia	Bartłomiej Wiendlocha, Radosław Strzałka, Jakub Haberko, Paweł Wójcik	
Okres Semestr 3	Forma zaliczenia Egzamin Forma prowadzenia i godziny zajęć Wykład: 30 Ćwiczenia audytoryjne: 45	Liczba punktów ECTS 6

Cele kształcenia dla przedmiotu

C1	Wykład wprowadza w tematykę fizyki atomowej i kwantowej oraz używanego w nich formalizmu matematycznego.
----	--

Efekty uczenia się dla przedmiotu

Kod	Efekty w zakresie	Kierunkowe efekty uczenia się	Metody weryfikacji
Wiedzy - Student zna i rozumie:			
W1	Student posiada wiedzę o fundamentalnych eksperymentach, które legły u podstaw mechaniki kwantowej.	FTC1A_W01, FTC1A_W04	Aktywność na zajęciach, Udział w dyskusji, Wykonanie ćwiczeń, Kolokwium, Egzamin
W2	Student zna i rozumie podstawowe zasady mechaniki kwantowej, w tym równanie Schrödingera, sens i interpretację funkcji falowej.	FTC1A_W01, FTC1A_W02, FTC1A_W04	Aktywność na zajęciach, Udział w dyskusji, Wykonanie ćwiczeń, Kolokwium, Egzamin
Umiejętności - Student potrafi:			
U1	Student potrafi uzasadnić nieklasyczny charakter zjawisk kwantowych i je wyjaśnić, a także opisać w sposób ilościowy.	FTC1A_U01, FTC1A_U02, FTC1A_U04	Aktywność na zajęciach, Udział w dyskusji, Wykonanie ćwiczeń, Kolokwium, Egzamin
U2	Student potrafi zapisać i rozwiązać równie Schrödingera dla prostych układów modelowych oraz zinterpretować uzyskane wyniki obliczeń.	FTC1A_U04	Aktywność na zajęciach, Udział w dyskusji, Wykonanie ćwiczeń, Kolokwium, Egzamin
U3	Student potrafi zastosować opis kwantowy do układów atomowych wieloelektronowych.	FTC1A_U01, FTC1A_U03	Aktywność na zajęciach, Udział w dyskusji, Wykonanie ćwiczeń, Kolokwium, Egzamin
Kompetencji społecznych - Student jest gotów do:			
K1	Student potrafi konstruktywnie współpracować w zespole rozwiązującym problemy rachunkowe.	FTC1A_K01, FTC1A_K02	Aktywność na zajęciach, Udział w dyskusji, Wykonanie ćwiczeń
K2	Student angażuje się w dyskusję w grupie, jak również z prowadzącym, i potrafi dobrze sformułować swoje argumenty.	FTC1A_W04, FTC1A_W06	Aktywność na zajęciach, Udział w dyskusji, Wykonanie ćwiczeń, Egzamin

Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się dla modułu zajęć

Student poznaje fundamentalne eksperymenty leżące u podstaw mechaniki kwantowej oraz narzędzia teoretyczne do ich opisu, w tym przede wszystkim równanie Schrödingera. Pozwala mu to zrozumieć zjawiska fizyki atomowej i statystyki kwantowej.

Nakład pracy studenta

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

Egzamin lub kolokwium zaliczeniowe	2
Dodatkowe godziny kontaktowe	5
Łączny nakład pracy studenta	Liczba godzin 172
Liczba godzin kontaktowych	Liczba godzin 75

* godzina (lekcyjna) oznacza 45 minut

Treści programowe

Lp.	Treści programowe	Efekty uczenia się dla przedmiotu	Formy prowadzenia zajęć
1.	1. Doświadczalne podwaliny mechaniki kwantowej (promieniowanie ciała doskonale czarnego, efekt fotoelektryczny, efekt Comptona, dualizm korpuskularno-falowy, dyfrakcja cząstek materialnych, kreacja i anihilacja par, doświadczenie Francka-Hertza, modele atomu, model Bohra) 2. Postulaty mechaniki kwantowej, operatory, Równanie Schrödingera, funkcja falowa, interpretacja probabilistyczna, interferencja elektronów, zasada nieoznaczoności Heisenberga, równanie Heisenberga. 3. Przykłady rozwiązań równania Schrödingera (stany związane w studni potencjału, stany rozproszeniowe, bariera potencjału, tunelowanie, pakiet falowy, oscylator harmoniczny) 4. Moment pędu, ruch w polu sił centralnych 5. Atom wodoru w teorii Schrödingera, orbitalny i spinowy moment magnetyczny, oddziaływanie spin-orbita 6. Układy wielu cząstek - nierozróżnialność cząstek, bozony i fermiony, zakaz Pauliego, oddziaływanie wymienne 7. Atomy wieloelektronowe - zniesienie degeneracji względem momentu pędu, ekranowanie powłok na przykładzie atomu Li, układ okresowy pierwiastków, efekty Zeemana i Starka 8. Metody przybliżone - rachunek wariacyjny, rachunek zaburzeń 9. Ewolucja czasowa stanów kwantowych, operator ewolucji w czasie 10. Cząsteczki dwuatomowe i wiązania chemiczne	W1, W2, U1, U2, U3, K2	Wykład
2.	Ćwiczenia audytoryjne Na ćwiczeniach osoby studiujące rozwiązują zadania dotyczące zagadnień omawianych na wykładzie.	W1, W2, U1, U2, U3, K1, K2	Ćwiczenia audytoryjne

Informacje rozszerzone

Metody i techniki kształcenia :

Dyskusja, Praca grupowa, Praca z materiałem źródłowym, Metoda ćwiczebna (np. wykonywanie zadań przy tablicy), Wykład

Rodzaj zajęć	Metody zaliczenia	Warunki zaliczenia przedmiotu
Wykład	Egzamin	uzyskanie pozytywnej oceny z egzaminu
Ćwiczenia audytoryjne	Aktywność na zajęciach, Udział w dyskusji, Wykonanie ćwiczeń, Kolokwium	uzyskanie ponad 50% punktów możliwych do zdobycia w trakcie semestru na podstawie kolokwium i aktywności

Dodatkowy opis

Warunkiem przystąpienia do egzaminu jest zaliczenie ćwiczeń audytoryjnych.

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

Ćwiczenia audytoryjne: w trakcie semestru przeprowadzone będą cykliczne kolokwia lub kartkówki, oceniane na punkty. Za aktywność w trakcie zajęć będzie można uzyskać dodatnie lub ujemne punkty.

Ocena z zaliczenia będzie wystawiana na podstawie sumy punktów zdobytych w trakcie semestru, zgodnie z progami procentowymi regulaminu studiów AGH.

Dla osób, które nie uzyskały zaliczenia na podstawie punktów zdobytych w trakcie semestru, przeprowadzone zostaną dwa kolokwia poprawkowe z materiału całego semestru.

Sposób obliczania oceny końcowej

Ocena końcowa jest średnią ważoną ocen z ćwiczeń audytoryjnych (waga 1/3) oraz egzaminu (waga 2/3).

Sposób i tryb wyrównywania zaległości powstałych wskutek nieobecności studenta na zajęciach

Sposób i tryb wyrównywania zaległości powstałych wskutek nieobecności studenta na zajęciach będzie ustalany w razie konieczności indywidualnie ze studentami.

Wymagania wstępne i dodatkowe

Uczestnictwo w kursach fizyki ogólnej (mechanika, elektromagnetyzm, optyka).

Znajomość podstaw algebry liniowej, rachunku różniczkowego i całkowego.

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

Wykład: obecność nie jest obowiązkowa.

Ćwiczenia audytoryjne: obecność jest obowiązkowa. Uzyskanie 2 lub więcej nieobecności nieusprawiedliwionych skutkuje otrzymaniem oceny niedostatecznej.

Literatura

Obowiązkowa

1. L. I. Schiff, Mechanika kwantowa, PWN 1977
2. R. Eisberg, R. Resnick, Fizyka kwantowa atomów, cząsteczek, ciał stałych, jąder i cząstek elementarnych, PWN 1983
3. A. S. Dawydow, Mechanika Kwantowa. PWN 1967
4. Dae Mann Kim, Introductory Quantum Mechanics for Applied Nanotechnology, Wiley 2015. Dostępna on-line poprzez BG AGH.
5. P.A.Tipler, R.A.Llewellyn, Fizyka Współczesna, PWN 2011.
6. L. D. Landau, E. M. Lifszyc, Mechanika kwantowa, PWN 2011

Dodatkowa

1. Iwo Białynicki-Birula, Marek Cieplak, Jerzy Kamiński, Teoria kwantów Mechanika falowa, PWN

Badania i publikacje

Badania

1. Badania struktury elektronowej, własności nadprzewodzących i magnetycznych materii skondensowanej.

Publikacje

1. Sylwia Gutowska, Alicja Kawala, Bartłomiej Wiendlocha, "Superconductivity near the Mott-Ioffe-Regel limit in the high-entropy alloy superconductor $(\text{ScZrNb})_{1-x}(\text{RhPd})_x$ with a CsCl-type lattice", Physical Review B 108, 064507 (2023).
2. Gabriel Kuderowicz, Paweł Wójcik, and Bartłomiej Wiendlocha, "Pressure effects on the electronic structure, phonons, and superconductivity of noncentrosymmetric ThCoC_2 ", Physical Review B 105, 214528 (2022).
3. Sylwia Gutowska and Bartłomiej Wiendlocha, "Electronic structure of CeIr_3 superconductor: DMFT studies", Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 547, 168917 (2022).
4. Gabriel Kuderowicz and Bartłomiej Wiendlocha, "The effect of Ni doping on the electronic structure and superconductivity in the noncentrosymmetric ThCoC_2 ", Journal of Magnetism and Magnetic Materials 546, 168688 (2022).
5. Gabriel Kuderowicz, Paweł Wójcik, and Bartłomiej Wiendlocha, "Electronic structure, electron-phonon coupling, and superconductivity in noncentrosymmetric ThCoC_2 from ab initio calculations", Physical Review B 104, 094502 (2021).
6. Sylwia Gutowska, Karolina Górnicka, Paweł Wójcik, Tomasz Klimczuk, and Bartłomiej Wiendlocha, "Strong-coupling superconductivity of SrIr_2 and SrRh_2 : Phonon engineering of metallic Ir and Rh" Physical Review B 104, 054505 (2021).
7. Karolina Górnicka, Xin Gui, Bartłomiej Wiendlocha, Loi T. Nguyen, Weiwei Xie, Robert J. Cava, Tomasz Klimczuk, "NbIr₂B₂ and TaIr₂B₂ - New Low Symmetry Noncentrosymmetric Superconductors with Strong Spin-Orbit Coupling" Advanced Functional Materials 31, 2007960 (2021)
8. Sylwia Gołąb and Bartłomiej Wiendlocha, "Electron-phonon superconductivity in CaBi_2 and the role of spin-orbit interaction", Phys. Rev. B 99, 104520 (2019)
9. Bartłomiej Wiendlocha, SunPhil Kim, Yeseul Lee, Bin He, Gloria Lehr, Mercouri G. Kanatzidis, Donald T. Morelli and Joseph P. Heremans, "Eu²⁺ - Eu³⁺ valence transition in double, Eu-, and Na-doped PbSe from transport, magnetic, and electronic structure studies", Physical Chemistry Chemical Physics 19, 9606 (2017).
10. B. Wiendlocha, J. Tobała, S. Kaprzyk, R. Zach, E. K. Hlil and D. Fruchart "Magnetocaloric properties of $\text{Fe}_{2-x}\text{TxP}$ (T = Ru and Rh) from electronic structure calculations and magnetisation measurements", Journal of Physics D: Applied Physics, 41, 205007 (2008).

Kierunkowe efekty uczenia się

Kod	Treść
FTC1A_K01	pojmuje istotę i zasady pracy w grupie, ma świadomość odpowiedzialności za zespołowo realizowane zadania oraz potrafi zaplanować pracę wieloetapową i oszacować czas jej wykonania
FTC1A_K02	respektuje etyczne zasady wykonywanego zawodu, publikuje efekty swoich prac w sposób rzetelny i uczciwy, ma świadomość odpowiedzialności za swoje wypowiedzi oraz rozumie potrzebę stałego samokształcenia i samorozwoju zawodowego
FTC1A_U01	ma umiejętność samodzielnego uczenia się oraz zdobywania i integrowania wiedzy z różnych baz danych w języku polskim i angielskim
FTC1A_U02	potrafi posługiwać się językiem specjalistycznym z zakresu nauk fizycznych i technicznych zarówno w dyskusji, jak i w piśmie, także w języku obcym na poziomie B2
FTC1A_U03	potrafi wyodrębnić elementarne procesy składowe badanego zjawiska, dokonać algorytmizacji problemu oraz opracować odpowiednie oprogramowanie w wybranym języku
FTC1A_U04	potrafi zaplanować, przeprowadzić oraz przeanalizować proste zadania inżynierskie odpowiednio dobierając metody i narzędzia stosowane w fizyce i statystyce
FTC1A_W01	zna i rozumie podstawowe zagadnienia z zakresu fizyki oraz podstawowe mechanizmy fizyczne procesów zachodzących w przyrodzie
FTC1A_W02	zna i rozumie podstawowe zagadnienia z zakresu matematyki, chemii, informatyki, elektroniki potrzebne do zrozumienia podstawowych procesów technologicznych
FTC1A_W04	zna i rozumie metodologię rozwiązywania prostych problemów inżynierskich oraz metody fizyczne i matematyczne analizy otrzymywanych wyników
FTC1A_W06	zna i rozumie ogólne zasady tworzenia i rozwoju form indywidualnej przedsiębiorczości