



Karta przedmiotu

Nazwa i kod przedmiotu	Introduction to quantum mechanics, PG_00036980						
Kierunek studiów	Nanotechnologia (studia w jęz. angielskim)						
Data rozpoczęcia studiów	październik 2023 r.	Rok akademicki realizacji przedmiotu			2023/2024		
Poziom kształcenia	II stopnia	Grupa zajęć			Grupa zajęć fakultatywnych Grupa zajęć powiązanych z prowadzonymi badaniami naukowymi w dziedzinie nauki związanej z kierunkiem - profil ogólnoakademicki		
Forma studiów	stacjonarne	Sposób realizacji			na uczelni		
Rok studiów	1	Język wykładowy			angielski		
Semestr studiów	1	Liczba punktów ECTS			5.0		
Profil kształcenia	ogólnoakademicki	Forma zaliczenia			egzamin		
Jednostka prowadząca	Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej -> Katedra Fizyki Ciała Stałego						
Imię i nazwisko wykładowcy (wykładowców)	Odpowiedzialny za przedmiot	prof. dr hab. inż. Jarosław Rybicki					
	Prowadzący zajęcia z przedmiotu	prof. dr hab. inż. Jarosław Rybicki					
Formy zajęć i metody nauczania	Forma zajęć	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium	RAZEM
	Liczba godzin zajęć	30.0	30.0	0.0	0.0	0.0	60
	W tym liczba godzin zajęć na odległość: 0.0						
Aktywność studenta i liczba godzin pracy	Aktywność studenta	Udział w zajęciach dydaktycznych, objętych planem studiów	Udział w konsultacjach		Praca własna studenta		RAZEM
	Liczba godzin pracy studenta	60	5.0		60.0		125
Cel przedmiotu	Celem przedmiotu jest zapoznanie studentów z podstawami mechaniki kwantowej, która stanowi podstawę opisu teoretycznego zjawisk zachodzących na poziomie atomowym. Przedmiot ma także na celu przygotowanie studentów do dalszego kształcenia w zakresie opisu teoretycznego i modelowania układów skali nanometra (tj. przedmiotów takich jak Komputerowe modelowanie i projektowanie materiałów, "Symulacje kwantowe z użyciem cząstek", Teoretyczne podstawy nanotechnologii).						

Efekty uczenia się przedmiotu	Efekt kierunkowy	Efekt z przedmiotu	Sposób weryfikacji i oceny efektu
	[K7_W09] Posiada poszerzoną znajomość terminologii angielskiej z zakresu fizyki i matematyki, a także chemii, informatyki, techniki.	Student zna terminologię i nomenklaturę mechaniki kwantowej. Student potrafi w sposób jasny i klarowny przedstawić pisemnie zdobytą wiedzę na końcowym zaliczeniu teoretycznym.	[SW2] Ocena wiedzy zawartej w prezentacji [SW3] Ocena wiedzy zawartej w opracowaniu tekstowym i projektowym [SW1] Ocena wiedzy faktograficznej
	[K7_W02] Ma pogłębioną, podbudowaną teoretycznie, szczegółową wiedzę w zakresie wybranego działu nanotechnologii oraz, w stopniu adekwatnym do potrzeb, w zakresie pokrewnych dziedzin nauki lub techniki.	Student posiada wiedzę z zakresu mechaniki kwantowej, która stanowi dział fizyki współczesnej. Student potrafi przedstawić prawa mechaniki kwantowej. Student potrafi stosować formalizm matematyczny mechaniki kwantowej przy rozwiązaniu przykładowych problemów.	[SW3] Ocena wiedzy zawartej w opracowaniu tekstowym i projektowym [SW1] Ocena wiedzy faktograficznej
	[K7_U07] Potrafi zastosować zdobytą wiedzę specjalistyczną do zagadnień z obszaru innych nauk ścisłych, nauk przyrodniczych lub technicznych.	Student wie, które ze zjawisk i procesów zachodzących w skali atomowej wymagają sięgnięcia po opis kwantowo-mechaniczny.	[SU2] Ocena umiejętności analizy informacji [SU3] Ocena umiejętności wykorzystania wiedzy uzyskanej w ramach przedmiotu
	[K7_U06] Potrafi planować i przeprowadzać obliczenia teoretyczne, numeryczne i symulacje zjawisk i procesów, krytycznie analizować ich wyniki, wyciągać wnioski i formułować umotywowane opinie – w ramach specjalności.	Student potrafi w sposób jasny i klarowny przedstawić własne rozwiązanie zadania rachunkowego w trakcie ćwiczeń oraz konsultacji. Śledząc i analizując przebieg rozwiązania innej osoby potrafi ocenić jego prawidłowość oraz wskazać popełnione błędy.	[SU3] Ocena umiejętności wykorzystania wiedzy uzyskanej w ramach przedmiotu [SU4] Ocena umiejętności korzystania z metod i narzędzi [SU5] Ocena umiejętności zaprezentowania wyników realizacji zadania [SU1] Ocena realizacji zadania
	[K7_W03] Ma ogólną wiedzę o aktualnych kierunkach rozwoju i najnowszych odkryciach w zakresie fizyki, chemii, technologii i zastosowań nanostruktur.	Student potrafi samodzielnie przestudiować wskazaną literaturę. Potrafi odnaleźć treści dotyczące zagadnień omówionych na wykładzie, celem ponownego, dogłębnego przestudiowania ich.	[SW3] Ocena wiedzy zawartej w opracowaniu tekstowym i projektowym [SW1] Ocena wiedzy faktograficznej

- 1) Wprowadzenie
  - a) rys historyczny (wydarzenia z lat 1900-1930),
  - b) analogie i różnice w opisie klasycznym i kwantowym,
  - c) obszary zastosowań mechaniki kwantowej,
- 2) Przypomnienie podstawowych pojęć z zakresu rachunku prawdopodobieństwa
  - a) zmienne dyskretne, zmienne ciągłe,
  - b) prawdopodobieństwo, funkcja rozkładu gęstości prawdopodobieństwa,
  - c) wartość średnia, odchyłka, wariancja, odchylenie standardowe,
- 3) Podstawy mechaniki kwantowej
  - a) zależne od czasu równanie Schrödingera,
  - b) funkcja falowa,
  - c) interpretacja statystyczna funkcji falowej,
  - d) normalizacja funkcji falowej,
  - e) operatory położenia i pędu,
  - f) twierdzenie Ehrenfesta dla operatorów położenia i pędu,
  - g) zasada korespondencji,
  - h) znaczenie pomiaru,
  - i) kolaps funkcji falowej,
  - j) zasada nieoznaczoności Heisenberga,
- 4) Metoda rozwiązywania zależnego od czasu równania Schrödingera
  - a) separacja zmiennych,
  - b) stany stacjonarne charakterystyka i własności,
  - c) rozwiązanie ogólne jako kombinacja liniowa stanów stacjonarnych,
  - d) sposób uwzględnienia warunku początkowego,
  - e) niezależne od czasu równanie Schrödingera,
- 5) Nieskończona studnia potencjału
  - a) sformułowanie zagadnienia,
  - b) rozwiązanie niezależnego od czasu równania Schrödingera,
  - c) postać rozwiązań oraz ich własności,
- 6) Oscylator harmoniczny
  - a) sformułowanie zagadnienia,
  - b) znaczenie zagadnienia,
  - c) rozwiązanie metodą algebraiczną (operatory drabinkowe, komutator operatorów, relacje komutacyjne),
  - d) postać rozwiązań oraz ich własności,
  - e) rozwiązanie metodą analityczną (zmienne bezwymiarowe, metoda szeregow potęgowych, wielomiany Hermite'a),
- 7) Cząstka swobodna
  - a) sformułowanie zagadnienia,
  - b) fale płaskie,
  - c) paczka falowa,
  - d) prędkość grupowa, prędkość fazowa,
- 8) Potencjał funkcji delta Diraca
  - a) stany związane i stany rozproszeniowe,
  - b) sformułowanie zagadnienia,
  - c) postać rozwiązań oraz ich własności,
  - d) zjawiska przejścia i odbicia,
- 9) Skończona studnia potencjału
  - a) sformułowanie zagadnienia,
  - b) postać rozwiązań oraz ich własności,
  - c) zjawiska przejścia i odbicia,
- 10) Formalizm mechaniki kwantowej
  - a) przestrzeń Hilberta,
  - b) iloczyn skalarny dwóch funkcji,
  - c) nierówność Schwarz'a,
  - d) obserwabla,
  - e) operatory hermitowskie,
  - f) zagadnienie własne, wektory własne, wartości własne,
  - g) zasada nieoznaczoności dla operatorów A i B,
  - h) notacja Diraca,
- 11) Atom wodoru
  - a) sformułowanie zagadnienia,

	<p>b) równanie Schrödingera w zmiennych sferycznych,  c) separacja zmiennych, równanie kątowe i radialne,  d) rozwiązania równania kąтового, stowarzyszone wielomiany Legendre'a, harmoniki sferyczne,  e) rozwiązanie równania radialnego, stowarzyszone wielomiany Laguerre'a,  f) liczby kwantowe, powłoki, podpowłoki, orbitale,</p> <p>12) Moment pędu  a) operator momentu pędu,  b) relacje komutacyjne,  c) operatory drabinkowe dla momentu pędu,  d) kwantyzacja momentu pędu,</p>		
Wymagania wstępne i dodatkowe	Znajomość matematyki i fizyki na poziomie dwóch pierwszych lat studiów, w szczególności zaś dobra znajomość następujących działów matematyki i fizyki: rachunek różniczkowy, rachunek całkowy, rachunek prawdopodobieństwa, mechanika klasyczna, elektrostatyka i magnetyzm, fizyka współczesna (podstawy).		
Sposoby i kryteria oceniania osiągniętych efektów uczenia się	Sposób oceniania (składowe)	Próg zaliczeniowy	Składowa oceny końcowej
	egzamin pisemny z teorii	50.0%	50.0%
	dwa sprawdziany pisemne z zadań rachunkowych	50.0%	50.0%
Zalecana lista lektur	Podstawowa lista lektur	David J. Griffiths, Introduction to quantum mechanics, wydanie 2, Pearson Prentice Hall, 2005.	
	Uzupełniająca lista lektur	Ramamurti Shankar, Mechanika kwantowa, tłum. M. Łukaszewski, Wydawnictwo Naukowe PWN, 2007.	
	Adresy eZasobów	Adresy na platformie eNauczanie: Introduction to quantum mechanics - Moodle ID: 34544 <a href="https://enauczanie.pg.edu.pl/moodle/course/view.php?id=34544">https://enauczanie.pg.edu.pl/moodle/course/view.php?id=34544</a>	
Przykładowe zagadnienia/ przykładowe pytania/ realizowane zadania	<ol style="list-style-type: none"> <li>Omów analogie i różnice w opisie klasycznym i kwantowym.</li> <li>Czym jest funkcja rozkładu gęstości prawdopodobieństwa? Jakie własności ona posiada?</li> <li>Przedstawić zależne od czasu równanie Schrödingera.</li> <li>Omówić statystyczną interpretację funkcji falowej.</li> <li>Sformułować zasadę nieoznaczoności Heisenberga dla operatorów położenia i pędu i omów jej następstwa.</li> <li>Omówić procedurę stosowaną do rozwiązania zależnego od czasu równania Schrödingera.</li> <li>Przedstawić niezależne od czasu równanie Schrödingera.</li> <li>Wyjaśnij dlaczego stany stacjonarne są tak bardzo istotne w mechanice kwantowej.</li> <li>Rozwiąż niezależne od czasu równanie Schrödingera dla nieskończonej studni potencjału, rozciągającej się pomiędzy punktami 0 oraz <math>a</math>.</li> <li>Za pomocą operatorów drabinkowych wyraż hamiltonian kwantowego oscylatora harmonicznego.</li> <li>Wyjaśnij, czym jest paczka falowa? Z czego wynika wyjątkowe znaczenie tego pojęcia w mechanice kwantowej?</li> <li>Wyjaśnij na czym polega zjawisko tunelowania. Jakie są konsekwencje tego zjawiska?</li> <li>Jaki jest sens fizyczny współczynników transmisji <math>T</math> i odbicia <math>R</math>. Jak są one zdefiniowane? Jak są one ze sobą związane?</li> <li>Omów własności operatorów stosowanych w mechanice kwantowej.</li> <li>Omów notację Diraca.</li> <li>Wyjaśnij czym jest równanie własne, wektory własne i wartości własne. Podać przykłady równań własnych z mechaniki kwantowej.</li> <li>Wychodząc z nierówności Schwarza wyprowadzić uogólnioną zasadę nieoznaczoności.</li> <li>Czym są orbitale? Czym są powłoki? Czym są podpowłoki? W jaki sposób pojęcia te wiążą się z liczbami kwantowymi <math>n</math>, <math>l</math> i <math>m</math>?</li> <li>Omówić kwantyzację momentu pędu.</li> <li>Dla podanej funkcji falowej obliczyć wartości oczekiwane. Sprawdzić, czy spełniona jest zasada nieoznaczoności Heisenberga.</li> </ol>		
Praktyki zawodowe w ramach przedmiotu	Nie dotyczy		