



Karta przedmiotu

Nazwa i kod przedmiotu	Mechanika kwantowa, PG_00052081						
Kierunek studiów	Nanotechnologia						
Data rozpoczęcia studiów	październik 2020 r.	Rok akademicki realizacji przedmiotu			2022/2023		
Poziom kształcenia	I stopnia - inżynierskie	Grupa zajęć			Grupa zajęć obowiązkowych z zakresu kierunku studiów Grupa zajęć powiązanych z prowadzonymi badaniami naukowymi w dziedzinie nauki związanej z kierunkiem - profil ogólnoakademicki		
Forma studiów	stacjonarne	Sposób realizacji			na uczelni		
Rok studiów	3	Język wykładowy			polski		
Semestr studiów	5	Liczba punktów ECTS			6.0		
Profil kształcenia	ogólnoakademicki	Forma zaliczenia			zaliczenie		
Jednostka prowadząca	Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej -> Katedra Fizyki Ciała Stałego						
Imię i nazwisko wykładowcy (wykładowców)	Odpowiedzialny za przedmiot	dr inż. Szymon Winczewski					
	Prowadzący zajęcia z przedmiotu	dr inż. Szymon Winczewski					
Formy zajęć i metody nauczania	Forma zajęć	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium	RAZEM
	Liczba godzin zajęć	30.0	45.0	0.0	0.0	0.0	75
	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	75		7.0		68.0	150
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 (realizowanych na wyższych latach/stopniach studiów) kształcenia w zakresie opisu teoretycznego i modelowania układów skali nanometra (tj. przedmiotów takich jak Komputerowe modelowanie materiałów, Fizyczne podstawy nanotechnologii, Teoretyczne podstawy nanotechnologii, Nanotechnologia obliczeniowa).						

Efekty uczenia się przedmiotu	Efekt kierunkowy	Efekt z przedmiotu	Sposób weryfikacji i oceny efektu
	[K6_U11] Posiada umiejętność przygotowywania prac i opracowań pisemnych oraz wystąpień ustnych, w językach polskim i angielskim, dotyczących zagadnień szczegółowych z zakresu fizyki oraz pokrewnych dziedzin i dyscyplin nauki.	Student potrafi w sposób jasny i klarowny przedstawić pisemnie zdobytą wiedzę na końcowym zaliczeniu teoretycznym.	[SU1] Ocena realizacji zadania [SU3] Ocena umiejętności wykorzystania wiedzy uzyskanej w ramach przedmiotu [SU5] Ocena umiejętności zaprezentowania wyników realizacji zadania
	[K6_U01] Potrafi uczyć się samodzielnie, pozyskiwać informacje z literatury, baz danych oraz innych właściwie dobranych źródeł.	Student potrafi samodzielnie przestudiować wskazaną literaturę. W szczególności, potrafi odnaleźć treści dotyczące zagadnień omówionych na wykładzie, celem ponownego, dogłębnego przestudiowania ich.	[SU2] Ocena umiejętności analizy informacji [SU3] Ocena umiejętności wykorzystania wiedzy uzyskanej w ramach przedmiotu
	[K6_W03] Ma systematyczną wiedzę w zakresie wszystkich działów fizyki ogólnej (mechanika i nauka o cieple, elektryczność i magnetyzm, fale, optyka, elementy fizyki współczesnej).	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.	[SW1] Ocena wiedzy faktograficznej [SW3] Ocena wiedzy zawartej w opracowaniu tekstowym i projektowym
	[K6_K05] Potrafi zaprezentować efekty swojej pracy, przekazać informacje w sposób powszechnie zrozumiały, komunikować się, dokonywać samooceny oraz konstruktywnej oceny efektów pracy innych osób.	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.	[SK4] Ocena umiejętności komunikacji, w tym poprawności językowej [SK2] Ocena postępów pracy

## Treści przedmiotu

- 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 rozwiązania 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 szeregów potęgowych, wielomiany Hermite'a),
  
- 7) Częstka 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) obserwable,
  - e) operatory hermitowskie,
  - f) zagadnienie własne, wektory własne, wartości własne,
  - g) zasada nieoznaczoności dla operatorów A i B,
  - h) notacja Diraca,
  
- 11) Atom wodoru

	<p>a) sformułowanie zagadnienia,  b) równanie Schrödingera w zmiennych sferycznych,  c) separacja zmiennych, równanie kątowe i radialne,  d) rozwiązanie 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%	40.0%
	dwa sprawdziany pisemne z zadań rachunkowych	50.0%	60.0%
Zalecana lista lektur	Podstawowa lista lektur	David J. Griffiths, Introduction to quantum mechanics, wydanie 2, Pearson Prentice Hall, 2005.	
	Uzupełniająca lista lektur	Ramamurti Shankhar, Mechanika kwantowa, tłum. M. Łukaszewski, Wydawnictwo Naukowe PWN, 2007.	
	Adresy eZasobów	Podstawowe <a href="https://enauczanie.pg.edu.pl/moodle/course/view.php?id=23672">https://enauczanie.pg.edu.pl/moodle/course/view.php?id=23672</a> - Mechanika kwantowa - kurs online na platformie eNauczanie Uzupełniające Adresy na platformie eNauczanie: Mechanika kwantowa 2022/2023 - Moodle ID: 23672 <a href="https://enauczanie.pg.edu.pl/moodle/course/view.php?id=23672">https://enauczanie.pg.edu.pl/moodle/course/view.php?id=23672</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>Wyjaśnić 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		