

OPIS PRZEDMIOTU/MODUŁU KSZTAŁCENIA (SYLABUS)

1.	Nazwa przedmiotu/modułu w języku polskim Wstęp do teorii wielu ciał
2.	Nazwa przedmiotu/modułu w języku angielskim Introduction to Many-Body Theory
3.	Jednostka prowadząca przedmiot Instytut Fizyki Teoretycznej
4.	Kod przedmiotu/modułu 24-FZ-S1-Wtwc
5.	Rodzaj przedmiotu/modułu (<i>obowiązkowy lub fakultatywny</i>) fakultatywny
6.	Kierunek studiów fizyka
7.	Poziom studiów (<i>I lub II stopień lub jednolite studia magisterskie</i>) I stopień
8.	Rok studiów (<i>jeśli obowiązuje</i>) 3
9.	Semestr (<i>zimowy lub letni</i>) 6
10.	Forma zajęć i liczba godzin Wykład -- 30 godz., konwersatorium -- 30 godz.
11.	Imię, nazwisko, tytuł/stopień naukowy osoby prowadzącej zajęcia Janusz Jędrzejewski, dr hab.
12.	Wymagania wstępne w zakresie wiedzy, umiejętności i kompetencji społecznych dla przedmiotu/modułu oraz zrealizowanych przedmiotów – Zna podstawy algebry liniowej i analizy matematycznej i rachunku prawdopodobieństwa [K_W01, K_W02, K_W03]. – Zna na poziomie podstawowym mechanikę kwantową i fizykę statystyczną [K_W06]. – Posługuje się rachunkiem różniczkowym i całkowym i elementarnym rachunkiem operatorów [K_U02, K_U03, K_U04] – Zna język angielski w stopniu umożliwiającym bierne korzystanie z tekstów literaturowych [K_U18].
13.	Cele przedmiotu Wprowadzenie do nierelatywistycznej mechaniki kwantowej układów zbudowanych z wielu identycznych cząstek kwantowych, w tym do formalizmu „drugiego kwantowania”. Przygotowanie do studiowania zaawansowanych zagadnień kwantowej

	fizyki statystycznej i kwantowej teorii materii skondensowanej.	
14.	<p>Zakładane efekty kształcenia</p> <p>wie w jaki sposób fizyka statystyczna, fizyka fazy skondensowanej i mechanika kwantowa opisują i wyjaśniają właściwy dla nich obszar zjawisk i prawidłowości fizycznych; zna i rozumie język matematyczny tych teorii oraz podstawowe analityczne i numeryczne metody obliczeniowe w nich stosowane</p> <p>potrafi stosować ogólne prawa i formuły do rozwiązywania wybranych problemów z fizyki statystycznej, fizyki fazy skondensowanej i mechaniki kwantowej; wykorzystuje poznane metody matematyczne i numeryczne do rozwiązywania tych problemów</p> <p>potrafi uczyć się samodzielnie; umie precyzyjnie formułować pytania, służące pogłębieniu własnego zrozumienia danego tematu lub odnalezieniu brakujących elementów rozumowania; sprawnie wyszukuje i wykorzystuje informacje niezbędne do poznania nowego zagadnienia lub rozwiązania problemu</p> <p>potrafi myśleć i działać kreatywnie</p>	<p>Symbole kierunkowych efektów kształcenia, np.: K_W01*, K_U05, K_K03</p> <p>K2_W06</p> <p>K2_U04</p> <p>K_U08</p> <p>K_K05</p>
15.	<p>Treści programowe</p> <p>I. Konstrukcja przestrzeni stanów i obserwabli układów wielocząstkowych o stałej liczbie cząstek</p> <ul style="list-style-type: none"> - przestrzenie stanów jednocząstkowych; okresowe warunki brzegowe i baza fal płaskich - iloczyn tensorowy przestrzeni stanów jednocząstkowych - zagadnienie na stany i wartości własne w iloczynie tensorowym; - konstrukcja stanów układów wielowymiarowych ze stanów układów jednowymiarowych - konstrukcja stanów układów wielocząstkowych ze stanów jednocząstkowych - cząstki identyczne w mechanice klasycznej i w mechanice kwantowej; degeneracja wymienna i niejednoznaczność przewidywań teorii pomiaru - operatory permutacji (własności) - obserwabli układu wielu cząstek, ich prawo transformacji względem permutacji; - symetryczne obserwabli wielocząstkowe; obserwabli jednociąłowe i dwuciąłowe układów o zadanej liczbie cząstek - podprzestrzenie stanów zupełnie symetrycznych i zupełnie antysymetrycznych; postać iloczynu skalarnego wektorów z tych podprzestrzeni, rzutniki ortogonalne na te podprzestrzenie - bazy w podprzestrzeniach stanów zupełnie symetrycznych i zupełnie antysymetrycznych; 	

- reprezentacja liczb obsadzeń, działanie obserwabli jednociąlowych na wektory stanu w reprezentacji liczb obsadzeń
- postulat symetryzacji jako rozwiązanie problemu degeneracji wymiennej, nierozróżnialność identycznych cząstek kwantowych; bozony i fermiony,
- fizyczne stany układu kwantowych cząstek identycznych
- zastosowania: własności stanu podstawowego układu bozonów i fermionów o zadanej liczbie cząstek (zjawiska degeneracji obu układów, gęstości energii w obu układach jako funkcje gęstości cząstek, dwuciążowe rozkłady prawdopodobieństwa)

II. Konstrukcja przestrzeni stanów i obserwabli układów wielocząstkowych o zmiennej liczbie cząstek

- przestrzeń Focka (struktura liniowa, iloczyn skalarny, baza)
- obserwabla w przestrzeni Focka; operator liczby cząstek
- operatory kreacji i anihilacji cząstek w stanach jednocząstkowych, reguły komutacji (antykomutacji) tych operatorów
- konstrukcja stanów o zadanej liczbie cząstek w zadanych stanach jednocząstkowych z próżni; działanie operatorów kreacji i anihilacji na stany w reprezentacji liczb obsadzeń
- postać operatora jednociążowego wyrażonego przez operatory kreacji i anihilacji; operatory liczby cząstek, energii kinetycznej, energii potencjalnej w polu zewnętrznym (reprezentacja pędowa), spinu, prądu
- ciągłe symetrie w przestrzeni Focka; translacje w czasie i przestrzeni, obroty, cechowanie (generatory tych przekształceń); działanie na operatory kreacji i anihilacji
- dyskretne symetrie w przestrzeni Focka; inwersja przestrzenna i odwrócenie strzałki czasu; działanie na operatory kreacji i anihilacji
- zachowanie liczby cząstek (test)
- postać operatora dwuciążowego wyrażonego przez operatory kreacji i anihilacji; operator energii potencjalnej pochodzącej od translacyjnie niezmienniczego i niezależnego od spinu potencjału dwucząstkowego, w szczególności oddziaływanie kulombowskie (reprezentacja pędowa)
- operatory gęstości
- zredukowany, jednociążowy operator gęstości; definicja, własności, interpretacja statystyczna, postać gdy operator gęstości jest rzutnikiem na wektor stanu w reprezentacji liczb obsadzeń (w szczególności gdy ten stan jest morzem Fermiego)
- zredukowany, dwuciążowy operator gęstości; definicja, własności, interpretacja statystyczna, postać gdy operator gęstości jest rzutnikiem na wektor stanu w reprezentacji liczb obsadzeń (w szczególności gdy ten stan jest morzem Fermiego)
- statystyka Fermiego-Diraca jako źródło oddziaływania efektywnego między fermionami; korelacje dwuciążowe w swobodnym gazie fermionowym w przestrzeni rzeczywistej, korelacyjna "dziura Fermiego"

16. Zalecana literatura (*podręczniki*)

1. C. Cohen-Tannoudji, B. Diu, F. Laloe, *Quantum Mechanics*, John Wiley and Sons.
2. Ph. A. Martin, F. Rothen, *Many-Body Problems and Quantum Field Theory. An Introduction*, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2002.
3. H. Bruus, K. Flensberg, *Many-Body Quantum Theory in Condensed Matter Physics*, Oxford University Press 2004.
4. R. Shankar, *Principles of Quantum Mechanics*, Kluwer Academic Publishers, 1994, 2004.
Mechanika kwantowa, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2007.
5. R. P. Feynman, *Wykłady z Mechaniki Statystycznej*, PWN, Warszawa 1980.
6. J. Łopuszański, A. Pawlikowski, *Fizyka Statystyczna*, PWN, Warszawa 1987.
7. A. S. Dawydow, *Mechanika Kwantowa*, PWN, Warszawa 1967.
8. K. Zalewski, *Wykłady z nierelatywistycznej mechaniki kwantowej*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1997.

17.	<p>Forma zaliczenia poszczególnych komponentów przedmiotu/modułu, sposób sprawdzenia osiągnięcia zamierzonych efektów kształcenia:</p> <p>wykład: pisemny egzamin seminarium: laboratorium: konwersatorium: pisemne sprawdziany i odpowiedzi przy tablicy</p> <p>inne:</p>										
18.	<p>Język wykładowy</p> <p>polski</p>										
19.	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Forma aktywności studenta</th> <th>Średnia liczba godzin na zrealizowanie aktywności</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> <p>Godziny zajęć (wg planu studiów) z nauczycielem:</p> <ul style="list-style-type: none"> - wykład: 30 - ćwiczenia: 30 - laboratorium: - inne: </td> <td></td> </tr> <tr> <td> <p>Praca własna studenta np.:</p> <ul style="list-style-type: none"> - przygotowanie do zajęć: 30 - opracowanie wyników: - - czytanie wskazanej literatury: 15 - napisanie raportu z zajęć: - - przygotowanie do egzaminu: 30 </td> <td></td> </tr> <tr> <td>Suma godzin</td> <td>135</td> </tr> <tr> <td>Liczba punktów ECTS</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table>	Forma aktywności studenta	Średnia liczba godzin na zrealizowanie aktywności	<p>Godziny zajęć (wg planu studiów) z nauczycielem:</p> <ul style="list-style-type: none"> - wykład: 30 - ćwiczenia: 30 - laboratorium: - inne: 		<p>Praca własna studenta np.:</p> <ul style="list-style-type: none"> - przygotowanie do zajęć: 30 - opracowanie wyników: - - czytanie wskazanej literatury: 15 - napisanie raportu z zajęć: - - przygotowanie do egzaminu: 30 		Suma godzin	135	Liczba punktów ECTS	5
Forma aktywności studenta	Średnia liczba godzin na zrealizowanie aktywności										
<p>Godziny zajęć (wg planu studiów) z nauczycielem:</p> <ul style="list-style-type: none"> - wykład: 30 - ćwiczenia: 30 - laboratorium: - inne: 											
<p>Praca własna studenta np.:</p> <ul style="list-style-type: none"> - przygotowanie do zajęć: 30 - opracowanie wyników: - - czytanie wskazanej literatury: 15 - napisanie raportu z zajęć: - - przygotowanie do egzaminu: 30 											
Suma godzin	135										
Liczba punktów ECTS	5										

*objaśnienie symboli:

K (przed podkreśleniem) - kierunkowe efekty kształcenia

W - kategoria wiedzy

U - kategoria umiejętności

K (po podkreśleniu) - kategoria kompetencji społecznych

01, 02, 03 i kolejne - numer efektu kształcenia

COURSE/MODULE DESCRIPTION (SYLLABUS)

1.	Course/module	
2.	University department	
3.	Course/module code	
4.	Course/module type – mandatory (compulsory) or elective (optional)	
5.	University subject (programme/major)	
6.	Degree: (<i>master, bachelor</i>)	
7.	Year	
8.	Semester (<i>autumn, spring</i>)	
9.	Form of tuition and number of hours	
10.	Name, Surname, academic title	
11.	Initial requirements (knowledge, skills, social competences) regarding the course/module and its completion	
12.	Objectives	
13.	Learning outcomes	Outcome symbols, e.g.: <i>K_W01*, K_U05, K_K03</i>
14.	Content	
15.	Recommended literature	
16.	Ways of earning credits for the completion of a course /particular component, methods of assessing academic progress: lecture: class: laboratory: seminar: other:	
17.	Language of instruction	

18.	Student's workload	
	Activity	Average number of hours for the activity
	Hours of instruction (as stipulated in study programme) : - lecture: - classes: - laboratory: - other:	
	student's own work, e.g.: - preparation before class (lecture, etc.) - research outcomes: - reading set literature: - writing course report: - preparing for exam:	
	Hours	
	Number of ECTS	

* Key to symbols:

K (before underscore) - learning outcomes for the programme

W - knowledge

U - skills

K (after underscore) - social competences

01, 02, 03 and subsequent - consecutive number of learning outcome