



Centrum Studiów Zaawansowanych Politechniki Warszawskiej

Pl. Politechniki 1, 00-661 Warszawa, tel./fax +48 22 234 6003 (6002), www.csz.pw.edu.pl



Uczelniana Oferta Studiów Zaawansowanych CAS University Educational Offer

SYLABUS 2022/2023

Nazwa przedmiotu + skrót (jęz. polski i angielski) Subject + abbreviation (in Polish and English)	Podstawy i interpretacje mechaniki kwantowej (PIMK) Foundations and Interpretations of Quantum Mechanics (PIMK)
Liczba punktów ECTS Number of ECTS points	Proponowana liczba punktów: 3 ECTS Proposed number of points: 3 ECTS

Osoby prowadzące Lecturer	Tytuł naukowy Title	Imię i nazwisko Name and surname	Katedra / Instytut/ Centrum/ Inne Chair / Institute/ Center/ Other
	prof. dr hab.	Marek Kuś	Centrum Fizyki Teoretycznej PAN Center for Theoretical Physics, PAS
Osoba odpowiedzialna za przedmiot Person responsible	prof. dr hab.	Marek Kuś	Centrum Fizyki Teoretycznej PAN Center for Theoretical Physics, PAS

Semestr studiów Semester	Semestr zimowy 2023 Autumn 2022
Typ przedmiotu (możliwości wyboru) obowiązkowy O fakultatywny F Type of the subject (to be chosen) obligatory O facultative F	F
Wymagania wstępne Prerequisites	Podstawy matematyki i fizyki w zakresie studiów na uniwersytetach technicznych.

	<p>Matematyka: algebra liniowa, rachunek różniczkowy i całkowy, równania różniczkowe.</p> <p>Fizyka: mechanika, elektrodynamika, optyka, podstawy fizyki kwantowej</p> <p>Fundamentals of mathematics and physics as studied in technical universities.</p> <p>Mathematics: linear algebra, differential and integral calculus, differential equations.</p> <p>Physics: mechanics, electrodynamics, optics, fundamentals of quantum physics</p>
<p>Poziom przedmiotu Podstawowy P Średniozaawansowany Ś Zaawansowany Z Level Basic P Intermediate Ś Advanced Z</p>	Z
<p>Charakter zajęć, liczba godzin w semestrze, liczba godzin w tygodniu.</p> <p>1) podać rodzaj prowadzonych zajęć dla danego przedmiotu: wykłady (W); ćwiczenia (Ć); laboratorium (L); projekt (P)</p> <p>2) podać liczbę godzin w tygodniu np. W - 2; Ć - 2; L - 3; P - 0</p> <p>3) podać liczbę godzin w semestrze np. W - 30; Ć - 30; L - 45; P - 0</p>	W – 2 godz. w tygodniu, łącznie:26 godzin
Nature of activities	W – 2 hours per week, 26 hours per semester
<p>Sugerowana liczba godzin pracy własnej Suggested number of hours of own work</p>	50 godzin obejmuje : 35 godzin przygotowywanie się słuchacza do wykładów, 15 – przygotowywanie się słuchacza do egzaminu. <i>50 hours : 35 hours to prepare for lectures, 15 hours for students to prepare for an exam (project) .</i>
<p>Całkowita liczba godzin: Toatal numer of hours:</p>	76 godzin/76 hours
<p>Aspekty międzynarodowe (jeśli są) International aspects (if any)</p>	
<p>Język wykładowy Language of instruction</p>	Angielski/ English

Cel przedmiotu Course objective	<p>Ugruntowanie wiedzy nt. roli mechaniki kwantowej w opisie rzeczywistości i jej zastosowań, w szczególności w przetwarzaniu informacji.</p> <p>Reinforcement of knowledge on the role of quantum mechanics in the description of reality and its applications, in particular in information processing</p>
<p>Treść przedmiotu</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Do czego potrzebna jest nam mechanika kwantowa? 2. Czym różni się mechanika kwantowa od innych teorii fizycznych? 3. „Paradoksy” mechaniki kwantowej 4. Struktura mechaniki kwantowej <ol style="list-style-type: none"> a. Preliminaria matematyczne, przestrzenie Hilberta, operatory, reprezentacje grup Liego b. Stany układów kwantowych. Przestrzenie rzutowe c. Obserwable. Operatory Hermitowskie i samosprężone d. Macierze gęstości, Operatory dodatnie e. Pomiary kwantowe. Operatory rzutowe f. Spin. Mechanika kwantowa w skończeniowym wymiarowej przestrzeni Hilberta g. Układy złożone. Iloczyny tensorowe h. Dynamika układów kwantowych. Operatory unitarne i. Symetrie układów kwantowych. Reprezentacje grup Liego j. Cząstki identyczne. Statystyki kwantowe k. Układy otwarte. Przekształcenia dodatnie i całkowicie dodatnie. Równanie Goriniego–Kossakowskiego–Sudarshana–Lindblada 5. Statystyczna interpretacja funkcji falowej 6. Interpretacje mechaniki kwantowej <ol style="list-style-type: none"> a. Interpretacja „kopenhaska” b. Mechanika kwantowa Bohma c. Inne interpretacje d. Logika kwantowa 7. Problemy <ol style="list-style-type: none"> a. Czym są superpozycja i splątanie stanów b. Twierdzenia Bella i Kochena-Speckera. c. Korelacje klasyczne, kwantowe i super-kwantowe. Nierówności Tsirelsona d. Problemy pomiaru e. Cząstki identyczne (czy to ciągle cząstki?) f. Czym jest „rzeczywistość kwantowa”. Problemy ontologii mechaniki kwantowej g. Granica klasyczna mechaniki kwantowej 8. Jak wykorzystać fundamentalne własności układów kwantowych? <ol style="list-style-type: none"> a. Najprostsze układy kwantowe. b. Informatyka kwantowa: kryptografia kwantowa, algorytmy i komputery kwantowe 9. Mechanika kwantowa a inne dziedziny nauki <ol style="list-style-type: none"> a. Mechanika kwantowa w biologii b. Czy kwantowe modele mogą mieć zastosowanie w naukach o człowieku (psychologia) i społecznych (socjologia) c. Filozoficzne problemy determinizmu (przewidywalność, wolna wola, ...) <p>Course contents</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. What do we need quantum mechanics for? 2. How does quantum mechanics differ from other physical theories? 3. Paradoxes" of quantum mechanics 	

4. the structure of quantum mechanics
 - a. Mathematical preliminaries, Hilbert spaces, operators, representations of Lie groups
 - b. States of quantum systems. Projective spaces
 - c. Observables. Hermitian and self-adjoint operators
 - d. Density matrices. Positive operators
 - e. Quantum measurements. Projective operators
 - f. Spin. Quantum mechanics in finite dimensional Hilbert space
 - g. Complex systems. Tensor products
 - h. Dynamics of quantum systems. Unitary operators
 - i. Symmetries of quantum systems. Representations of Lie groups
 - j. Identical particles. Quantum statistics
 - k. Open systems. Positive and fully positive transformations. Gorini-Kossakowski-Sudarshan-Lindblad equation.
5. Statistical interpretation of the wave function.
6. Interpretations of quantum mechanics
 - a. The "Copenhagen" interpretation
 - b. Bohm's quantum mechanics
 - c. Other interpretations
 - d. Quantum logic
7. Problems
 - a. What are superpositions and entangled states
 - b. Bell's and Kochen-Specker's theorems.
 - c. Classical, quantum, and super-quantum correlations. Tsirelson's inequalities
 - d. Measurement problem
 - e. Identical particles (are they still particles?)
 - f. What is "quantum reality". Problems of ontology of quantum mechanics
 - g. Classical limit of quantum mechanics
8. How to exploit the fundamental properties of quantum systems?
 - a. The simplest quantum systems.
 - b. Quantum computing: quantum cryptography, quantum algorithms and quantum computers
9. Quantum mechanics vs. other fields of science
 - a. Quantum mechanics in biology
 - b. Can quantum models be applied to human (psychology) and social (sociology) sciences
 - c. Philosophical problems of determinism (predictability, free will, ...)

Spis zalecanych lektur/Books to study

LP.	Autor, Tytuł, Wydawnictwo,
1.	R. I. G. Hughes, <i>The Structure and Interpretation of Quantum Mechanics</i> , Harvard University Press, 1992
2.	W. M. Dickson, <i>Quantum chance and non-locality</i> , Cambridge University Press, 1998
3.	M. Jammer, <i>The Philosophy of Quantum Mechanics</i> , Wiley-Interscience, 1974
4.	A. Dragan, <i>Kwantechizm, czyli klatka na ludzi</i> , Fabuła Frazza, 2019

Metody oceny

(ocena,
egz. pisemny, egz. ustny,

projekt/project

projekt) Evaluation methods	
--------------------------------	--

Uwagi dodatkowe Additional remarks	Zajęcia odbędą się, jeżeli zapisze się co najmniej 20 osób. Przedmiot może być zaliczony finalnie jedynie oceną. Classes will be held if there are at least 20 students enrolled. The course can only be passed with a final grade.
---------------------------------------	--

Tabela 1. Efekty kształcenia -przykład

Numer (symbol)	Efekty kształcenia słuchacza, który zaliczył przedmiot:	Sposób weryfikacji osiągnięcia efektu
	WIEDZA	
PIMK_W1	Ma uporządkowaną wiedzę na temat teoretycznych podstaw mechaniki kwantowej	Projekt
PIMK_W2	Potrafi zidentyfikować cechy kwantowe i ich znaczenie dla układów fizycznych	Projekt
PIMK_W3	Ma uporządkowaną wiedzę na temat zastosowań zjawisk mechaniki kwantowej w nowoczesnych technikach informacyjnych	Projekt
	UMIEJĘTNOŚCI	
PIMK_U1	Potrafi analizować zachowania prostych układów kwantowych	Projekt
PIMK_U2	Potrafi zastosować podstawowe metody mechaniki kwantowej do konstruowania modeli układów fizycznych	Projekt
PIMK_U3	Potrafi krytycznie oceniać zastosowania rozumowania kwantowo-mechanicznego w różnych dziedzinach nauki	Projekt
PIMK_U4	Potrafi wskazać zalety mechaniki kwantowej w przetwarzaniu informacji	Projekt
	KOMPETENCJE	
PIMK_K1	Zrozumieć doniosłość mechaniki kwantowej we współczesnej nauce i technice	Projekt
PIMK_K2	Zrozumieć związki mechaniki kwantowej z innymi obszarami wiedzy	Projekt

Number (symbol)	Learning outcomes of a student who passed the course	Means of verifying the achievement of the result
	KNOWLEDGE	
PIMK_W1	Has a structured knowledge of theoretical basis of quantum mechanics	Project
PIMK_W2	Is able to identify quantum features and their importance for physical systems	Project

Number (symbol)	Learning outcomes of a student who passed the course	Means of verifying the achievement of the result
PIMK_W3	Has a structured knowledge of applications of quantum mechanical phenomena to modern information techniques	Project
SKILLS		
PIMK_U1	Is able to analyze behavior of simple quantum systems	Project
PIMK_U2	Is able to apply basic methods of quantum mechanics to construct models of physical systems	Project
PIMK_U3	Is able to critically asses applications of quantum mechanical reasoning in various areas of science	Project
PIMK_U4	Is able to identify quantum mechanical advantage in information processing	Project
COMPETENCES		
PIMK_K1	Understands the importance of quantum mechanics in science and technology	Interaction during the lectures, project
PIMK_K2	Understands the relationship of quantum mechanics to other areas of knowledge	Interaction during the lectures