

OPIS PRZEDMIOTU/MODUŁU KSZTAŁCENIA (SYLABUS)

1.	Nazwa przedmiotu/modułu w języku polskim Nowoczesna mechanika kwantowa z elementami optyki kwantowej	
2.	Nazwa przedmiotu/modułu w języku angielskim Modern quantum mechanics with elements of quantum optics	
3.	Jednostka prowadząca przedmiot Wydział Fizyki i Astronomii	
4.	Kod przedmiotu/modułu 24-FZ-S2-E1-Mqmwego	
5.	Rodzaj przedmiotu/modułu (<i>obowiązkowy lub fakultatywny</i>) obowiązkowy	
6.	Kierunek studiów Fizyka	
7.	Poziom studiów (<i>I lub II stopień lub jednolite studia magisterskie</i>) II stopień	
8.	Rok studiów (<i>jeśli obowiązuje</i>) 1	
9.	Semestr (<i>zimowy lub letni</i>) zimowy	
10.	Forma zajęć i liczba godzin Wykład – 30 godzin, konwersatorium – 30 godzin	
11.	Imię, nazwisko, tytuł/stopień naukowy osoby prowadzącej zajęcia dr hab., prof. UWr Lech Jakóbczyk	
12.	Wymagania wstępne w zakresie wiedzy, umiejętności i kompetencji społecznych dla przedmiotu/modułu oraz zrealizowanych przedmiotów Podstawowa wiedza z zakresu mechaniki kwantowej, algebry liniowej i analizy operatorów liniowych	
13.	Cele przedmiotu Dostarczenie wiedzy w zakresie współczesnej mechaniki kwantowej: jej aspektów statystycznych, związku z teorią informacji. W szczególności dostarczenie podstawowej wiedzy z zakresu optyki kwantowej i optycznych testów teorii kwantowej.	
14.	Zakładane efekty kształcenia Student rozumie statystyczne aspekty teorii kwantowych. Student rozumie takie „nieklasyczne” własności układów kwantowych jak: splątanie, „kontekstualność” czy teleportacja stanów.	Symbole kierunkowych efektów kształcenia K2_W04, K2_W12

	<p>Student rozumie pojęcie kwantowego pola elektromagnetycznego jako pola fotonowego.</p> <p>Student potrafi opisać prosty model oddziaływania atomu z polem fotonowym.</p> <p>Student zna różne stany pola fotonowego i wie jakie są ich własności spójności.</p> <p>Student wie w jaki sposób testować podstawy mechaniki kwantowej przy pomocy metod optyki kwantowej.</p>	
15.	<p>Treści programowe</p> <ul style="list-style-type: none"> • Struktura teorii kwantowej: obserwable, stany czyste, stany mieszane. • Układy złożone, stany splątane. • „Nieklasyczne” aspekty mechaniki kwantowej: łamanie nierówności Bella, „kontekstualność”, teleportacja stanów. • Kwantowe pole elektromagnetyczne, fotony. • Stany pola fotonowego: stan termiczny, stany spójne, stany ściśnięte. • Dwumodowe stany ściśnięte: realizacja stanów EPR. • Teleportacja stanów w przypadku ciągłym. Realizacja optyczna. • Oddziaływanie atomów z fotonami: model Rabiego, model Jaynesa – Cummingsa. • Eksperymentalne potwierdzenie przewidywań modelu Jaynesa – Cummingsa. • Wytwarzanie stanów splątanych atomów. • Układy otwarte: wpływ otoczenia na układy atomowe. • Pomiary uogólnione. Miara o wartościach w operatorach dodatnich. • Ewolucja czasowa układów otwartych. Równanie Lindblada. • Równanie Lindblada dla atomów dwupoziomowych. 	
16.	<p>Zalecana literatura (<i>podręczniki</i>)</p> <p>A. Holevo: <i>Statistical structure of quantum theory</i></p> <p>C.C. Gerry, P.L. Knight: <i>Introductory quantum optics</i></p> <p>M. Le Bellac: <i>Quantum Physics</i></p>	
17.	<p>Forma zaliczenia poszczególnych komponentów przedmiotu/modułu, sposób sprawdzenia osiągnięcia zamierzonych efektów kształcenia:</p> <p>wykład: pisemny egzamin</p> <p>seminarium:</p> <p>laboratorium:</p> <p>konwersatorium: uczestnictwo i rozwiązywanie problemów</p> <p>inne:</p>	
18.	<p>Język wykładowy</p> <p>angielski</p>	
19.	<p>Obciążenie pracą studenta</p>	
	<p>Forma aktywności studenta</p>	<p>Średnia liczba godzin na zrealizowanie aktywności</p>

Godziny zajęć (wg planu studiów) z nauczycielem: - wykład: - ćwiczenia: - laboratorium: - inne:	30 30
Praca własna studenta np.: - przygotowanie do zajęć: - opracowanie wyników: - czytanie wskazanej literatury: - napisanie raportu z zajęć: - przygotowanie do egzaminu:	40 50
Suma godzin	150
Liczba punktów ECTS	6

*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 Modern quantum mechanics with elements of quantum optics	
2.	University department Department of Physics and Astronomy	
3.	Course/module code 24-FZ-S2-E1-Mqmweqo	
4.	Course/module type – mandatory (compulsory) or elective (optional) Mandatory	
5.	University subject (programme/major) Physics	
6.	Degree: (<i>master, bachelor</i>) master	
7.	Year 1	
8.	Semester (<i>autumn, spring</i>) autumn	
9.	Form of tuition and number of hours Lecture 30, class 30	
10.	Name, Surname, academic title dr hab. Lech Jakóbczyk, prof. UWr	
11.	Initial requirements (knowledge, skills, social competences) regarding the course/module and its completion Basic knowledge of quantum mechanics, linear algebra and linear operators.	
12.	Objectives To provide a knowledge on modern quantum mechanics, its statistical aspects and connections with information theory. In particular, to provide a basic knowledge on quantum optics and optical tests of quantum theory.	
13.	Learning outcomes Student understands statistical aspects of quantum theory. Student understands such “non – classical” properties of quantum systems as entanglement, “contextuality”, teleportation of states. Student understands quantum electromagnetic field as a photon field. Student knows how to describe a simple model of atom – photon interaction. Student knows several states of photon field. Student knows optical test of quantum theory.	K2-W04, K2_W12
14.	Content <ul style="list-style-type: none">Structure of quantum theory: observables, pure states, mixed states.	

	<ul style="list-style-type: none"> • Compound systems, entangled states. • “Non – classical” aspects of quantum mechanics: violation of Bell inequalities, “contextuality”, teleportation of states. • Quantum electromagnetic field: photons. • States of the photon field: thermal state, coherent states, squeezed states. • Two – mode squeezed states: realization of EPR states. • Teleportation of quantum states. Optical realization. • Atom – photon interaction: the Rabi model, the Jaynes – Cummings model. • Experimental realization of the Jaynes – Cummings model. • Creating entangled states of atoms. • Open systems: interaction of atoms with environment. • Generalized measurements: positive operator valued measures. • Time evolution of open systems. Lindblad equation. • Lindblad equation for two – level atoms. 	
15.	Recommended literature A. Holevo: <i>Statistical structure of quantum theory</i> C.C. Gerry, P.L. Knight: <i>Introductory quantum optics</i> M. Le Bellac: <i>Quantum Physics</i>	
16.	Ways of earning credits for the completion of a course /particular component, methods of assessing academic progress: lecture: exam class: attendance and solution of problems laboratory: seminar: other:	
17.	Language of instruction English	
18.	Student’s workload	
	Activity	Average number of hours for the activity
	Hours of instruction (as stipulated in study programme) : - lecture: - classes: - laboratory: - other:	30 30
	student’s own work, e.g.: - preparation before class (lecture, etc.) - research outcomes: - reading set literature: - writing course report: - preparing for exam:	40 50
	Hours	150
	Number of ECTS	6

* 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