

Karta przedmiotu

Nazwa i kod przedmiotu	Quantum Thermal Machines, PG_00159206						
Kierunek studiów	Quantum Information Technology (O)						
Data rozpoczęcia studiów	październik 2025 r.		Rok akademicki realizacji przedmiotu		2026/2027		
Poziom kształcenia	II stopnia		Grupa zajęć				
Forma studiów	stacjonarne		Sposób realizacji		na uczelni		
Rok studiów	2		Język wykładowy		angielski		
Semestr studiów	3		Liczba punktów ECTS		6.0		
Profil kształcenia	ogólnoakademicki		Forma zaliczenia		egzamin		
Jednostka prowadząca	Rektor -> Wydział Matematyki, Fizyki i Informatyki						
Imię i nazwisko wykładowcy (wykładowców)	Odpowiedzialny za przedmiot		dr Borhan Ahmadi				
	Prowadzący zajęcia z przedmiotu						
Formy zajęć	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		0.0		30.0	90
Cel przedmiotu	The aim of the course is to apply thermodynamics of non-dissipative and dissipative quantum systems in studying efficiency of energy transfer in the microscopic systems.						

Efekty uczenia się przedmiotu	Efekt kierunkowy	Efekt z przedmiotu	Sposób weryfikacji i oceny efektu
	[QITL3_W02] posiada pogłębioną wiedzę w zakresie zaawansowanej matematyki oraz metod matematycznych i komputerowych, konieczną do rozwiązywania problemów fizycznych o średnim poziomie złożoności oraz zaawansowaną w obszarze informacji kwantowej i jej technologicznych aspektów	Student has in-depth knowledge about open system methods.	[SW4] test/egzamin - ustny lub pisemny
	[QITL3_W04] zna zaawansowane metody fizyki teoretycznej i matematycznej niezbędne w tworzeniu modeli mechaniki kwantowej	Student knows advanced analytical techniques to model physical systems for thermodynamic purposes.	[SW4] test/egzamin - ustny lub pisemny
	[QITL3_U01] potrafi zastosować metodę naukową w rozwiązywaniu problemów fizycznych i wnioskowaniu w zakresie teorii informacji kwantowej	Student has the ability to apply the scientific method in studies of energy transfer in quantum physical systems.	[SU4] test/egzamin - ustny lub pisemny
	[QITL3_U05] posiada umiejętność syntezy metod i idei z różnych obszarów fizyki oraz innych nauk ścisłych i przyrodniczych; jest w stanie zauważyć, że odległe zjawiska opisane są podobnymi modelami	Student has the ability to connect analytical methods of open quantum systems and techniques for their numerical simulation with tools used in different areas of physics	[SU4] test/egzamin - ustny lub pisemny
	[QITL3_W03] zna zaawansowane techniki doświadczalne, obserwacyjne i numeryczne pozwalające zaplanować i wykonać złożony eksperyment fizyczny lub symulację komputerową	Student knows how to do numerical calculations and simulations to solve many-body differential equations.	[SW4] test/egzamin - ustny lub pisemny
	[QITL3_W05] zna teoretyczne podstawy metod obliczeniowych oraz technik informatycznych stosowanych do modelowania i symulacji układów fizycznych rozważanych w teorii informacji kwantowej	Student knows the foundations of quantum mechanics and basic numerical methods used to simulate many-body systems	[SW4] test/egzamin - ustny lub pisemny
	[QITL3_K02] ma świadomość rozstrzygającej roli eksperymentu w weryfikacji teorii fizycznych; ma świadomość istnienia metody naukowej w gromadzeniu wiedzy	Student knows the importance of the experimental implementation of quantum thermal systems in verifying theoretical predictions based on approximations	[SK4] test/egzamin - ustny lub pisemny
	[QITL3_W01] ma rozszerzoną wiedzę w zakresie fizyki ogólnej oraz zaawansowaną z obszaru teorii informacji kwantowej; zna historię rozwoju teorii informacji kwantowej i jej znaczenie dla postępu nauk ścisłych i przyrodniczych, poznania świata i rozwoju społecznego	Student has extended knowledge in the field of thermodynamics and advanced knowledge in dissipative systems.	[SW4] test/egzamin - ustny lub pisemny
	[QITL3_W06] posiada wiedzę o aktualnych kierunkach rozwoju fizyki, a w szczególności w obrębie teorii informacji kwantowej	Student is familiar with the present literature in the field of quantum thermal machines.	[SW4] test/egzamin - ustny lub pisemny
[QITL3_U02] posiada umiejętności planowania i przeprowadzenia podstawowych oraz zaawansowanych badań i obliczeń w obszarze teorii informacji kwantowej lub jej zastosowań	Student is capable of assessing regime of validity of approximations used in modelling of quantum open systems.	[SU4] test/egzamin - ustny lub pisemny	
Treści przedmiotu	Quantum thermodynamic variables: Work and heat, Non-dissipative and dissipative quantum systems, Quantum thermal machines, Quantum transistors, Quantum Batteries.		
Wymagania wstępne i dodatkowe			
Sposoby i kryteria oceniania osiąganych efektów uczenia się	Sposób oceniania (składowe)	Próg zaliczeniowy	Składowa oceny końcowej
	tutorial part: test	51.0%	50.0%
	lecture part: exam	51.0%	50.0%

Zalecana lista lektur	Podstawowa lista lektur	Quantum Thermodynamics: Emergence of Thermodynamic Behavior Within Composite Quantum Systems by Jochen Gemmer , M. Michel, Günter Mahler (2012)
	Uzupełniająca lista lektur	None.
	Adresy eZasobów	
Przykładowe zagadnienia/ przykładowe pytania/ realizowane zadania	1. Work and Heat in Quantum Systems • Definitions of work and heat in quantum mechanics. • Internal energy and the quantum first law of thermodynamics. • Two-point measurement (TPM) protocol for work statistics. • Work fluctuations and quantum fluctuation theorems. • Physical examples illustrating the distinction between work and heat. 2. Dynamics of Dissipative and Non-Dissipative Quantum Systems • Closed versus open quantum systems. • Unitary and non-unitary time evolution. • Density matrix formalism and quantum master equations. • Lindblad equation and its physical interpretation. • Thermalization, decoherence, and steady states. 3. Quantum Thermal Machines • Quantum heat engines and refrigerators. • Quantum Otto and Carnot cycles. • Efficiency, power, and performance optimization. • Role of coherence and quantum correlations in thermal machines. • Comparison between classical and quantum thermal machines. 4. Quantum Thermal Transistors • Concept and operating principles of a quantum thermal transistor. • Heat currents and thermal amplification. • Three-terminal quantum thermal devices. • Physical implementations (e.g., quantum dots, superconducting circuits, trapped ions). • Applications in thermal management and quantum technologies. 5. Quantum Batteries • Definition and motivation for quantum batteries. • Charging and discharging dynamics. • Collective versus local charging protocols. • Quantum advantage: the role of entanglement and collective interactions. • Experimental implementations and current challenges.	
Praktyki zawodowe w ramach przedmiotu	Nie dotyczy	

Dokument wygenerowany elektronicznie. Nie wymaga pieczęci ani podpisu.