



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Projekt współfinansowany przez
Unię Europejską w ramach
Europejskiego Funduszu
Społecznego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Nazwa przedmiotu		Kod ECTS	
Informacja kwantowa - wykład		13.2.0630	
Nazwa jednostki prowadzącej przedmiot			
Instytut Fizyki Teoretycznej i Astrofizyki			
Studia			
wydział	kierunek	poziom	drugiego stopnia
Wydział Matematyki, Fizyki i Informatyki	Fizyka	forma	stacjonarne
		moduł	fizyka
		specjalnościowy	
		specjalizacja	Podstawowa
Nazwisko osoby prowadzącej (osób prowadzących)			
dr Michał Studziński; prof. UG, dr hab. Marcin Pawłowski; prof. dr hab. Michał Horodecki; dr Paweł Mazurek			
Formy zajęć, sposób ich realizacji i przypisana im liczba godzin		Liczba punktów ECTS	
Formy zajęć		3 udział w zajęciach (45 godzin wykładu) - 2 ECTS praca własna studenta - 1 ECTS	
Wykład			
Sposób realizacji zajęć			
zajęcia on-line, zajęcia w sali dydaktycznej			
Liczba godzin			
Wykład: 45 godz.			
Termin realizacji przedmiotu			
2023/2024 letni			
Status przedmiotu		Język wykładowy	
obowiązkowy		polski	
Metody dydaktyczne		Forma i sposób zaliczenia oraz podstawowe kryteria oceny lub wymagania egzaminacyjne	
<ul style="list-style-type: none"> - Wykład problemowy - Wykład problemowy praca własna - analiza wykładu i przygotowanie się do egzaminu, czytanie/studiowanie literatury dotyczącej przedmiotu, sprawdzanie swojej znajomości przedmiotu. - Wykład z prezentacją multimedialną 		Sposób zaliczenia	
		Egzamin	
		Formy zaliczenia	
		<ul style="list-style-type: none"> - egzamin ustny - egzamin pisemny z pytaniami (zadaniami) otwartymi - egzamin pisemny (dłuższa wypowiedź pisemna / rozwiązanie problemu) 	
		Podstawowe kryteria oceny	
Opanowanie zagadnień omawianych na wykładzie. Skala ocen zgodna z regulaminem studiów Uniwersytetu Gdańskiego.			
		składowe oceny	próg zaliczeniowy
		egzamin	51%
		składowa ocena końcowej	
		100%	
Sposób weryfikacji założonych efektów uczenia się			

zakładany efekt kształcenia	egzamin
	Wiedza
K_W01	+
K_W02	+
K_W03	+
K_W04	+
K_W05	+
K_W06	+
	Umiejętności
K_U01	+
Ku_U09	+
	Kompetencje
K_K01	+
K_K02	+

Określenie przedmiotów wprowadzających wraz z wymogami wstępnymi

A. Wymagania formalne

-

B. Wymagania wstępne

Znajomość podstaw mechaniki kwantowej wraz z podstawami algebry oraz analizy matematycznej. Znajomość podstaw teorii informacji klasycznej.

Cele kształcenia

Zapoznanie studentów z wykorzystaniem własności układów kwantowych do przesyłania, obróbki informacji oraz obliczeń.

Treści programowe

WIADOMOŚCI PODSTAWOWE:

Postulaty mechaniki kwantowej. Notacja Diraca. Macierz gęstości. Pomiar kwantowy. Kanał kwantowy, rozkład Krausa. Pojęcie kubitu i sfery Blocha. Stan separowalny i splątany.

PRZYKŁADY KWANTOWYCH PROTOKOŁÓW:

Protokół BB84, protokół E91, protokół gęstego kodowania oraz teleportacji (wraz z eksperymentalną realizacją).

OBWODY KWANTOWE:

Koncepcja bramki kwantowej i obwodu kwantowego wraz z podstawowymi przykładami. Uniwersalność zbioru bramek kwantowych wraz z przykładami. Elementy teorii złożoności kwantowej. Przykłady protokołów realizujących obliczenia kwantowe (Deutsch-Jozsa, Shor + implikacje kryptograficzne).

ELEMENTY OBLICZEŃ KWANTOWYCH + KOREKCJA BŁĘDÓW:

Rodzaje błędów. Kwantowa korekcja błędów, threshold theorem, kody Kitaeva. Problem kwantowej supermacji (boson sampling). Klasyczna symulowalność obliczeń kwantowych. Przykłady kwantowo-klasycznych metod obliczeniowych (VQE, QAOA). Omówienie klasycznych symulacji dyskredytujących kwantowość komputera DWave.

ELEMENTY KRYPTOGRAFII KWANTOWEJ:

Podstawy klasycznej kryptografii (symetryczne i asymetryczne protokoły, typowe ataki kryptograficzne). Kwantowa dystrybucja klucza (BB84, E91, BBM92 z dowodem bezpieczeństwa - szkic). Kwantowa generacja liczb losowych. Kryptografia kwantowa niezależna od urządzenia.

Elementy kwantowego hakerstwa. Omówienie podstawowych realizacji eksperymentalnych.

FIZYCZNE REALIZACJE (WYBRANE):

Złącze Josephsona.

Efektywny Hamiltonian qubitu nadprzewodzącego.

Główne źródła szumu.

Bramki jedno qubitowe, dwuqubitowe, pomiary.

Wykaz literatury

Nielsen and Chuang, Quantum Computation and Quantum information, Cambridge University Press;

Michel Le Bellac, Wstęp do informatyki kwantowej, Państwowe Wydawnictwo Naukowe;

John Watrous, Lecture notes, <https://cs.uwaterloo.ca/~watrous/QC-notes/>;

Wybrane artykuły naukowe dostarczone przez wykładowcę/wykładowców

Kierunkowe efekty uczenia się

K_W01 ma rozszerzoną wiedzę z fizyki ogólnej oraz zaawansowaną z wybranego obszaru fizyki; zna historię

Wiedza

Student:

1. Zna i rozumie podstawowy formalizm używany w teorii informacji kwantowej.

<p>rozwoju fizyki i jej znaczenie dla postępu nauk ścisłych i przyrodniczych, poznania świata i rozwoju społecznego</p> <p>K_W02 posiada pogłębioną wiedzę w zakresie zaawansowanej matematyki oraz metod matematycznych i komputerowych, konieczną do rozwiązywania problemów fizycznych o średnim poziomie złożoności oraz zawansowaną w wybranym obszarze fizyki</p> <p>K_W03 zna zaawansowane techniki doświadczalne, obserwacyjne i numeryczne pozwalające zaplanować i wykonać złożony eksperyment fizyczny lub symulację komputerową</p> <p>K_W04 zna zasadę działania układów pomiarowych i aparatury badawczej specyficznych dla obszaru fizyki związanego z wybraną specjalizacją lub zna zaawansowane metody fizyki teoretycznej i matematycznej</p> <p>K_W05 informatycznych stosowanych do modelowania i symulacji układów fizycznych</p> <p>K_W06 posiada wiedzę o aktualnych kierunkach rozwoju fizyki, a w szczególności w obrębie obranej specjalizacji</p> <p>K_U01 potrafi zastosować metodę naukową w rozwiązywaniu problemów fizycznych, realizacji eksperymentów i wnioskowaniu</p> <p>K_U09 potrafi pracować samodzielnie i w zespole</p> <p>K_K01 zna ograniczenia własnej wiedzy i umiejętności; potrafi precyzyjnie formułować pytania; rozumie potrzebę dalszego kształcenia się i innych osób</p> <p>K_K02 ma świadomość rozstrzygającej roli eksperymentu w weryfikacji teorii fizycznych; ma świadomość istnienia metody naukowej w gromadzeniu wiedzy</p>	<ol style="list-style-type: none"> 2. Zna i rozumie podstawowe protokoły kwantowe wykorzystywane do przesyłania informacji, kryptografii i obliczeń. 3. Zna i rozumie koncepcje obliczeń kwantowych wraz z różnicami w stosunku do obliczeń klasycznych. 4. Zna i rozumie podstawy kwantowej kryptografii wraz z przedstawionymi na wykładzie przykładami. 5. Zna podstawowe realizacje eksperymentalne wykorzystywane do tworzenia obwodów kwantowych. Rozumie ograniczenia omawianych metod.
<p>Kontakt</p> <p>studzinski.m.g@gmail.com</p>	<p>Umiejętności</p> <p>Student:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Umie stosować podstawowy aparat matematyczny wykorzystywany w informacji kwantowej. 2. Potrafi formułować i dowodzić tezy przedstawiane w trakcie wykładu (pkt. 1-6 z Wiedza). 3. Potrafi wskazać różnicę i podobieństwa pomiędzy informacją kwantową a klasyczną. 4. Potrafi wskazać potrzebę dalszych badań nad szeroko rozumianą informacją kwantową. <p>Kompetencje społeczne (postawy)</p> <p>Student zdaje sobie sprawę z odbywającej się rewolucji kwantowej. Student rozumie implikacje poznawcze, gospodarcze, a także społeczne rozwoju technologii kwantowych.</p>