



UNIwersytet
IM. ADAMA MICKIEWICZA
W POZNANIU

Fizyka komputerów kwantowych

Sylabus zajęć

Informacje podstawowe

Kierunek studiów Fizyka Specjalność INFORMACJA KWANTOWA I SPINTRONIKA Jednostka organizacyjna Wydział Fizyki i Astronomii Poziom studiów studia drugiego stopnia Forma studiów studia stacjonarne Profil studiów profil ogólnoakademicki		Cykl dydaktyczny 2024/25 Kod zajęć 04FIZIKSS.22S.03361.24 Języki wykładowe polski Obligatoryjność Fakultatywny Blok zajęciowy Przedmioty specjalnościowe
Koordynator zajęć	Karol Bartkiewicz	
Prowadzący zajęcia	Karol Bartkiewicz, Grzegorz Chimczak	
Okres Semestr 2	Forma zajęć / liczba godzin / forma zaliczenia • Wykład: 30, Egzamin • Laboratorium: 30, Zaliczenie z oceną	Liczba punktów ECTS 5

Cele kształcenia dla zajęć

Kod	Cel
C1	Przekazanie wiedzy z zakresu najważniejszych koncepcji fizyki nadprzewodzących komputerów kwantowych.
C2	Uświadomienie studentom wyzwań, przed którymi stają projektanci procesorów kwantowych.
C3	Zapoznanie studentów z podstawami inżynierii obwodów kwantowych, szumu i dekoherencji i korekcji błędów.

Efekty uczenia się dla zajęć

Kod	Efekty uczenia się dla zajęć w zakresie	Efekty uczenia się dla kierunku	Metody weryfikacji osiągnięcia efektów uczenia się dla zajęć
Wiedzy - Student/ka:			
W1	wie w jaki sposób opisywane są kubity nadprzewodzące (np. transmon) oraz ich oddziaływania.	FIZ_K2_W01, FIZ_K2_W02, FIZ_K2_W03, FIZ_K2_W04	Egzamin pisemny
W2	wie jakie są źródła i metody ograniczania zaburzeń kubitów nadprzewodzących.	FIZ_K2_W01, FIZ_K2_W02, FIZ_K2_W03, FIZ_K2_W04	Egzamin pisemny, Projekt
W3	wie jakie są metody kontroli oddziaływań między kubitami i jaki jest ich związek z obliczeniami kwantowymi.	FIZ_K2_W01, FIZ_K2_W02, FIZ_K2_W03, FIZ_K2_W04	Egzamin pisemny, Projekt
W4	wie w jaki sposób mierzony jest stan kubitów nadprzewodzących oraz zna ograniczenia z tym związane.	FIZ_K2_W01, FIZ_K2_W02, FIZ_K2_W03, FIZ_K2_W04	Egzamin pisemny, Projekt
Umiejętności - Student/ka:			
U1	potrafi modelować oddziaływania kubitów nadprzewodzących z użyciem komputera.	FIZ_K2_U01, FIZ_K2_U02	Projekt

Treści programowe dla zajęć

Lp.	Treści programowe dla zajęć	Efekty uczenia się dla zajęć	Formy zajęć
1.	Inżynieria obwodów kwantowych	W1, U1	Wykład, Laboratorium
2.	Szum, dekoherencja, redukcja błędów	W1, W2	Wykład, Laboratorium
3.	Kontrola kubitów - implementacje bramek wielokubitowych	W1, W3, U1	Wykład, Laboratorium
4.	Odczyt kubitów - techniki pomiarowe	W1, W2, W3, W4, U1	Wykład, Laboratorium

Informacje dodatkowe

Forma zajęć	Metody i formy prowadzenia zajęć
Wykład	Wykład z prezentacją multimedialną wybranych zagadnień
Laboratorium	Wykład z prezentacją multimedialną wybranych zagadnień, Rozwiązywanie zadań (np.: obliczeniowych, artystycznych, praktycznych), Metoda laboratoryjna

Forma zajęć	Warunki zaliczenia zajęć
Wykład	Warunkiem zaliczenia jest uzyskanie pozytywnej oceny z egzaminu pisemnego. Skala ocen: 1. bardzo dobry (bdb; 5,0) – od 90% punktów, 2. dobry plus (db plus; 4,5) – od 80% punktów, 3. dobry (db; 4,0) – od 70% punktów, 4. dostateczny plus (dst plus; 3,5) – od 60% punktów, 5. dostateczny (dst; 3,0) – od 50% punktów, 6. niedostateczny (ndst; 2,0) – poniżej 50% punktów.
Laboratorium	Warunkiem zaliczenia jest uzyskanie pozytywnej oceny z projektu. Skala ocen: 1. bardzo dobry (bdb; 5,0) – od 90% punktów, 2. dobry plus (db plus; 4,5) – od 80% punktów, 3. dobry (db; 4,0) – od 70% punktów, 4. dostateczny plus (dst plus; 3,5) – od 60% punktów, 5. dostateczny (dst; 3,0) – od 50% punktów, 6. niedostateczny (ndst; 2,0) – poniżej 50% punktów.

Literatura

Obowiązkowa

1. Kurs Qiskit na temat kubitów sterowanych impulsami mikrofalowymi;
<https://qiskit.org/learn/course/quantum-hardware-pulses/>
2. Monografia na temat fizyki kubitów nadprzewodzących: P. Krantz et al. 'A Quantum Engineer's Guide to Superconducting Qubits', Applied Physics Reviews 6, 021318 (2019) [<https://arxiv.org/abs/1904.06560>]

Dodatkowa

1. Dokumentacja środowiska Qiskit Metal do modelowania i symulowania procesorów kantowych:
<https://qiskit.org/documentation/metal/>

Nakład pracy studenta i punkty ECTS

Rodzaje zajęć studenta	Średnia liczba godzin* przeznaczonych na zrealizowane rodzaje zajęć
Wykład	30
Laboratorium	30
Przygotowanie projektu	25
Czytanie wskazanej literatury	25
Przygotowanie do zajęć	15
Przygotowanie do egzaminu	25
Łączny nakład pracy studenta	Liczba godzin 150
Liczba punktów ECTS	ECTS 5

* godzina (lekcyjna) oznacza 45 minut

Efekty uczenia się dla kierunku

Kod	Treść
FIZ_K2_U01	Absolwent/ka potrafi wykorzystać posiadaną wiedzę do formułowania i rozwiązywania złożonych i nietypowych problemów z zakresu nauk fizycznych; dobrać i zastosować odpowiednie metody i narzędzia niezbędne do rozwiązania danego problemu (w tym zaawansowane techniki informatyczne), jak również odpowiednio przystosować metody i narzędzia już istniejące lub opracować zupełnie nowe
FIZ_K2_U02	Absolwent/ka potrafi znajdować niezbędne informacje w literaturze fachowej, bazach danych i innych źródłach, w szczególności w czasopismach naukowych podstawowych dla fizyki, oraz dokonać krytycznej analizy, syntezy i twórczej interpretacji zebranych informacji
FIZ_K2_W01	Absolwent/ka zna i rozumie w pogłębionym stopniu wybrane fakty, zjawiska, koncepcje i teorie właściwe dla fizyki oraz złożone zależności między nimi (stanowiące zaawansowaną wiedzę ogólną z zakresu nauk fizycznych oraz reprezentujące zarówno kluczowe jak i inne wybrane zagadnienia z zakresu zaawansowanej wiedzy szczegółowej w tej dyscyplinie)
FIZ_K2_W02	Absolwent/ka zna i rozumie w pogłębionym stopniu wybrane metody i narzędzia badawcze oraz modele matematyczne stosowane w fizyce
FIZ_K2_W03	Absolwent/ka zna i rozumie w pogłębionym stopniu wybrane metody obliczeniowe oraz techniki informatyczne stosowane do rozwiązywania złożonych problemów z zakresu fizyki
FIZ_K2_W04	Absolwent/ka zna i rozumie główne tendencje rozwojowe w dyscyplinie nauk fizycznych