Uniwersytet Gdański

Karta przedmiotu

Nazwa i kod przedmiotu	Programowanie Kwantowe, PG_00179320		
Kierunek studiów	Informatyka (O)		
Data rozpoczęcia studiów	październik 2023 r.	Rok akademicki realizacji przedmiotu	2025/2026
Poziom kształcenia	I stopnia - licencjackie	Grupa zajęć	Grupa zajęć obowiązkowych z zakresu kierunku studiów Grupa zajęć fakultatywnych Grupa zajęć powiązanych z prowadzonymi badaniami naukowymi w dziedzinie nauki związanej z kierunkiem - profil ogólnoakademicki
Forma studiów	stacjonarne	Sposób realizacji	na uczelni
Rok studiów	3	Język wykładowy	polski
Semestr studiów	5	Liczba punktów ECTS	6.0
Profil kształcenia	ogólnoakademicki	Forma zaliczenia	egzamin
Jednostka prowadząca			
Imię i nazwisko wykładowcy (wykładowców)	Odpowiedzialny za przedmiot	dr inż. Stanisław Witkowski	
	Prowadzący zajęcia z przedmiotu	dr inż. Stanisław Witkowski	

Formy zajęć

Forma zajęć	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium	RAZEM
Liczba godzin zajęć	30.0	0.0	30.0	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	0.0	60

Cel przedmiotu

Cel przedmiotu
Przedstawienie koncepcji komputerów kwantowych.
Przedstawienie przykładów obliczeń kwantowych i zastosowania komputerów kwantowych.
Zdobycie przez studenta wiedzy i umiejętności w zakresie podstaw programowania komputerów kwantowych.

Efekty uczenia się przedmiotu

Efekt kierunkowy	Efekt z przedmiotu	Sposób weryfikacji i oceny efektu
[INFL3_U03] potrafi projektować i analizować algorytmy pod kątem ich poprawności i złożoności obliczeniowej wykorzystując odpowiednie techniki algorytmiczne i struktury danych	K_W07	[SU1] wypowiedź ustna/rozmowa/ dyskusja [SU2] prezentacja/projekt/referat/ raport [SU4] test/egzamin - ustny lub pisemny [SU5] realizacja zadania problemowego

Treści przedmiotu

Zakres tematyczny
Wykład
1. Dlaczego potrzebujemy komputerów kwantowych.
2. Jak działają komputery kwantowe.
3. Co to są obliczenia kwantowe.
4. Koncepcje kwantowe, w tym superpozycja, splątanie i niepewność.
5. Nauka programowania w obliczeniach kwantowych.
6. Gdzie są używane komputery kwantowe.
7. Studium przypadku, w jaki sposób kwanty mogą usprawnić aplikacje branżowe.

Laboratorium
1. Sieć IBM Quantum.
2. Wprowadzenie do platformy Qiskit, pakietu SDK (Software Development Kit)
3. Kodowanie pierwszego obwodu kwantowego z wykorzystaniem platformy Qiskit.
4. Tworzenie i uruchamianie obwodów za pomocą IBM Quantum Composer.
5. Prototypowe aplikacje w chmurze.
6. Programy kwantowe w Pythonie.
7. Zaawansowane badania w zakresie obliczeń kwantowych.

Metody kształcenia

Wykład
Wykład problemowy, przedstawienie koncepcji kwantowych i studium przypadku.

Laboratorium
Ćwiczenia laboratoryjne w pracowni komputerowej, pisanie i uruchamianie samodzielnie napisanych programów na zadane przez prowadzącego tematy.

Wymagania wstępne i dodatkowe

Wymagania wstępne
Algebra liniowa, podstawy programowania C/C++, Java lub Phyton.

Sposoby i kryteria oceniania osiąganych efektów uczenia się

Sposób oceniania (składowe)	Próg zaliczeniowy	Składowa oceny końcowej
Egzamin	50.0%	50.0%

Zalecana lista lektur

Podstawowa lista lektur	1. Eric R. Johnston, Nicholas Harrigan, Mercedes Gimeno-Segovia Komputer kwantowy. Programowanie, algorytmy, kod Helion 2019 2. Chris Bernhardt Obliczenia kwantowe dla każdego Wydawnictwo Naukowe PWN 2020 3. N.D. Mermin, Quantum Computer Science, Cambridge University Press 2007
Uzupełniająca lista lektur	[1] Godfrey Onwubolu, Mechatronics Principles and Applications, Elsevier Science, 2005 [2] David Bradley & David W. Russell, Mechatronics in Action: Case Studies in Mechatronics - Applications and Education, Springer 2010 [3] David G. Alciatore, Michael B. Histand, Introduction to Mechatronics and Measurement Systems, Fourth edition, McGrawHill, 2011 [4] A. Milella, D.Di Paola, G. Cicirelli, Mechatronic Systems Applications, InTech2010 [5] MartínezAlfaro H. (ed.) Advances in Mechatronics, InTech 2011 [6] Devdas Shetty, Richard A.Kolk, Mechatronics System Design, SI Version, Cengage Learning 2010 [7] Christoph Schenk, Ulrich Tietze, Układy półprzewodnikowe, Wydawnictwa Naukowo Techniczne WNT, 1997 [8] Sztuka elektroniki, Horowitz Paul, Hill Winfield, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności WKŁ, 2018 [9] Andrzej Dębowski, Automatyka. Napęd elektryczny, WNT Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, 2017
Adresy eZasobów	Podstawowe http://BibliotekaInsttutuInformatyki - pok. 4.19 http://BibliotekaInstytutuInformatyki - pok. 4.19

Przykładowe zagadnienia/ przykładowe pytania/ realizowane zadania	**Wyklad:** **W1**. **Wstęp** : narodziny informatyki kwantowej, problem Jotzsy-Deutscha ,algorytm kwantowy Shora (info) , zagrożenie dla kryptografii RSA, odwracalność obliczeń kwantowych ,projekt komputera kwantowego. **Teoria kwantowa sprzed mechaniki kwantowej**: hipoteza Plancka; Dualny falowo-korpuskularny charakter promieniowania elektromagnetycznego. **W2**. **Teoria kwantowa sprzed mechaniki kwantowej**: Fotony czyli cząsteczki światła, polaryzacja. Eksperymenty interferometryczne. Fale materii; interferencja wiązek materii .Eksperymenty szczelinowe. Spin i eksperymenty typu Sterna-Gerlacha. **W3**.**Wstep do nowoczesnej Teorii Kwantowej:** Elementarz teorii przestrzeni Hilberta: przestrzenie liniowe, bazy, iloczyn skalarny, bazy ON. Operacje liniowe i ich reprezentacje macierzowe. Sprzężanie hermitowskie, operacje hermitowskie , operacje unitarne. Elementy analizy spektralnej: wartości i wektory własne, rozkłady spektralne. W4. **Wstęp do nowoczesnej Teorii Kwantowej:** Ogólne postulaty mechaniki kwantowej: stany czyste, ewolucja stanów czyli równanie Schrodingera. Hamiltonian i jego analiza spektralna w reprezentacji położeniowej, przykłady: oscylator harmoniczny, atom wodoru. Modele spinowe: macierze Pauliego, opis stanów polaryzacji. Zasada superpozycji stanów. W5. **Wstęp do nowoczesnej Teorii Kwantowej:** Pomiary kwantowo-mechaniczne: obserwable, średnie, możliwe wartości pomiaru, zasada redukcji stanu (dekoherencja). Relacje nieoznaczoności Heisenberga. Stany mieszane: macierze gęstości, pomiary warunkowe. W6. **Wstęp do nowoczesnej Teorii Kwantowej:** Złożone układy kwantowo-mechaniczne: iloczyny tensorowe przestrzeni i operacji liniowych .Stany splątane, miary splątania, rozkład Schmidta. Splątanie stanów mieszanych. Eksperyment myślowy EPR .Problem ukrytych zmiennych. Model Bella nierówności Bella. Eksperyment Aspecta i jego konsekwencje: nielokalność realnego świata ? Teleportacja .No cloning i No deleting twierdzenia. W7. **Obliczenia na Komputerach Klasycznych:**

Maszyna Turinga (klasyczna), obliczalność, uniwersalna maszyna Turinga.

Maszyna von Neumanna, klasyczna równoległość. Sieci klasyczne.

W8. **Obliczenia na Komputerach Klasycznych:**

Klasyczne bramki logiczne i obwody liczące. Uniwersalne układy bramek. Algorytmy klasyczne, złożoność obliczeniowa, klasyfikacja , przykłady.

W9. **Podstawy Obliczeń Kwantowych:**

Kwantowa jednostka informacji :qubit, audit.. Kwantowa maszyna Turinga.

Bramki kwantowe; jedno-, dwu-kubitowe, przykłady. Bramka Toffoli.

W10. **Podstawy Obliczeń Kwantowych:**

Uniwersalne układy bramek kwantowych :jedno kubitowe i CNOT bramka.

Redukcja bramki Toffoli. Zadania optymalizacji i syntezy bramek unitarnych.

Dyskretyzacja. Obwody kwantowe. Obwód do kwantowej transformaty FFT.

W11. **Podstawy Obliczeń Kwantowych:**

Symulacje układów kwantowych. Kwantowe algorytmy symulacji.

Przykłady. Kwantowe rozwiązanie problemu Jotzsy-Deutcha.

W12. **Podstawy Obliczen Kwantowych:**

Kwantowe algorytmy przeszukiwania: algorytm Grovera (analiza systematyczna).

W13. **Podstawy Obliczen Kwantowych:**

Kryptografia RSA. Faktoryzacja na czynniki pierwsze, algorytmy klasyczne i ich

Infra-exponencjalna złożoność. Algorytm kwantowy Shora:

Analiza systematyczna.
W14.Zagadnienia kryptografii kwantowej:protokół BB84,protokół E91. Kwantowe kody korekcji błędów.

Głównym celem tego wykładu jest przedstawienie nowych technologii obliczeniowych wykonywalnych na maszynach działających w oparciu o prawa fizyki kwantowej tzw. Komputerach Kwantowych .Po wysłuchaniu tego wykładu słuchacz będzie miał podstawowe rozumienie tego co się nazywa obliczeniami kwantowymi oraz miał wiedzę na temat najbardziej spektakularnych osiągnięć informatyki kwantowej w postaci :kwantowego łamania RSA tzw. algorytmu Shora, szybkiego przeszukiwania baz danych tzw. algorytmu Grovera, wdrożonych protokołów kryptografii i kwantowej oraz wielu innych osiągnięć.

Głównym celem laboratorium jest prezentacja narzędzia stworzonego na potrzeby tego wykładu symulatora obliczeń kwantowych i przeprowadzenie w oparciu o niego symulacji rożnych modeli obliczeń kwantowych i

	podstawowych algorytmów kwantowych.
Praktyki zawodowe w ramach przedmiotu	Nie dotyczy

Dokument wygenerowany elektronicznie. Nie wymaga pieczęci ani podpisu.