Załącznik Nr 1

do zarządzenia Nr 182/2023

z dnia 21 lipca 2023 r.

**SYLABUS PRZEDMIOTU W SZKOLE DOKTORSKIEJ**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Lp.** | **Elementy składowe sylabusu** | **Opis** |
| **1** | Nazwa przedmiotu w języku polskim oraz angielskim | Matematyczne aspekty algorytmów i obliczeń kwantowych, Mathematical aspects of algorithms and quantum computations. |
| **2** | Dyscyplina/ dyscypliny naukowe (jeżeli dotyczy) | matematyka |
| **3** | Nazwa jednostki organizującej kształcenie | Instytut Matematyczny UWr, Kolegium Doktorskie UWr. |
| **4** | Jednostka prowadząca przedmiot/  moduł | Instytut Matematyczny UWr, Wydział Matematyki i Informatyki |
| **5** | Kod przedmiotu/ modułu | —-- |
| **6** | Rodzaj przedmiotu/ modułu | Fakultatywny |
| **7** | Rok kształcenia | Wszystkie roczniki |
| **8** | Semestr | zimowy |
| **9** | Formy\* , metody\*\* i tryb \*\*\* prowadzenia przedmiotu | Wykład i ćwiczenia |
| **10** | Treści programowe | I. Obliczenia i algorytmy kwantowe  (a) Grupy charakterów grup przemiennych skończonych, w tym grupy Cantora, suma prosta grup Z\_2, modulo 2, grupy cykliczne dowolnego rzędu.  (b) Transformata Fouriera i równość Parsevala-Plancherela o unitarności transformaty Fouriera dla grup skończonych (zwartych).  (c) Ułamki łańcuchowe i ich zastosowania do najlepszych przybliżeń oraz transformaty Stieltjesa-Cauchy 'ego.  II. Kwantowe bramki i obwody logiczne  (a) Bramka Hadamarda jako transformata Fouriera na grupie Z\_2={1,-1}.  (b) Bramka control-NOT.  (c) Paralelizm kwantowy.  (d) Algorytm Deutscha  (e) Algorytm wyszukiwania Grovera.  (e) Idea algorytmu Shora i rola ułamków łańcuchowych.  III. Macierze i stany kwantowe.  (a) Obserwable jako macierze (operatory) samosprzężone.  (b) Stany, stany splątane i macierze gęstości.  (c) Zasada nieoznaczoności Heisenberga, przestrzeni Focka (fermionowe i betonowe)  (d) Operatory (macierze) dodatnie i całkowicie dodatnie.  IV. Protokoły i algorytmy kwantowe, teleportacja kwantowa i związki ze stanami Bella. |
| **11** | Język wykładowy | Polski |
| **12** | Zakładane efekty uczenia się w zakresie:  Wiedza:SD\_W01,SD\_W02  …………………………………………………………..  Umiejętności:SD\_U01,SD\_U02  …………………………………………………………..  Kompetencje społeczne:SD\_K02, SD\_ K04  ………………………………………………………….. | SD\_W01,SD\_W02 |
| **13** | Metody weryfikacji zakładanych efektów uczenia się | Aktywność na ćwiczeniach w postaci: podanie rozwiązania zadania, wygłoszenie referatu , zdanie ustnego lub pisemnego egzaminu końcowego. |
| **14** | Obciążenie pracą doktoranta |  |
|  | Formy aktywności doktoranta | Średnia liczba godzin na zrealizowanie aktywności |
| Godziny zajęć (wg planu kształcenia) z nauczycielem:  - wykład:30  - ćwiczenia: 30  - laboratorium:--  - seminarium:--  - inne:-- |  |
| Praca własna doktoranta, np.:  - czytanie wskazanej literatury;  - przygotowanie zaliczeniowej pracy pisemnej;  - przygotowanie wystąpienia ustnego;  - realizacja projektu grupowego;  - przygotowanie do egzaminu;  - inne | Studiowanie literatury-10  Przygotowanie do zajęć -15  Przygotowanie referatu -15  Przygotowanie do egzaminu -10 |
| Suma godzin |  |
| Liczba punktów ECTS (jeżeli jest wymagana) |  |
| **15** | Warunki zaliczenia przedmiotu: metody potwierdzania uzyskania efektów uczenia się i kryteria oceny | Aktywność na ćwiczeniach,wygłoszenie referatu na cwiczeniach z tematyki wykładu, zdanie ustnego egzaminu końcowego. |
| **16** | Podstawowa literatura przedmiotu | |  | | --- | | 1. M. Sawerwain, J. Wiśniewska, Informatyka kwantowa, Wybrane obwody i algorytmy, PWN 2015.  2. A. Hora, N. Obata, Quantum Probability and Spectral Analysis of Graphs, Springer 2007.  3. M. Hirvensalo, Algorytmy kwantowe, Warszawa 2004.  4. K. Giaro, M. Kamiński, Wprowadzenie do algorytmów kwantowych, Warszawa 2003.  5. Ch. Bernhardt, Obliczenia kwantowe, PWN, 2020.  6. I. Bengtsson and K. Życzkowski, Geometry of Quantum States. Introduction to Quantum Entanglement, Cambridge UP, 2017.  7. G. Auburn, S. J. Szarek, Alice and Bob Meet Banach, The Interface of Asymptotic Geometric Analysis and Quantum Information Theory, AMS2017.  8. T. Banica, J. Bichon and B. Collins, Quantum permutation groups: a survey, Noncommutative Harmonic Analysis with Applications to Probability, Banach Center Publications 78, Warszawa 2007, 13-34.  9. G. Pisier, Introduction to Operator Space Theory, Cambridge 2003.  10. W. Mlak, Wstęp do teorii przestrzeni Hilberta, Warszawa, PWN 1982.  11. Nielsen and Chung, Quantum Computation and Quantum Information, Cambridge 2000.  12. M. Bożejko, Positive and Negative Definite Kernels, Lecture Notes at Heidelberg University,1987.  13. R. Lipton and K. Regan, Introduction to Quantum Algorithms via Linear Algebra, MIT 2021.  14. A.Kitaev, A. Shen, M. Vyalyi, Classical and Quantum Computation, AMS 2002.  15. Demes Petz, Quantum Information Theory and Quantum Statistics, Springer 2008. | |

\* wykład, seminarium, ćwiczenia, warsztaty, lektoraty, laboratoria

\*\* prezentacja, projekt, analiza przypadku, dyskusja, metoda problemowa

\*\*\* stacjonarnie/zdalnie