



Program studiów

Wydział:	Wydział Informatyki i Telekomunikacji
Kierunek studiów:	informatyka kwantowa
Poziom kształcenia:	studia drugiego stopnia 4 semestry (magister inżynier)
Forma kształcenia:	studia stacjonarne
Cykl kształcenia:	2026/2027

Spis treści

Charakterystyka kierunku studiów	3
Efekty uczenia się	6
Szczegółowe informacje dotyczące punktów ECTS	8
Organizacja studiów	9
Plan studiów	11
Sylabusy	17

Charakterystyka kierunku studiów

Informacje podstawowe

Wydział:	Wydział Informatyki i Telekomunikacji
Kierunek studiów:	informatyka kwantowa
Poziom kształcenia:	studia drugiego stopnia 4 semestry (magister inżynier)
Forma studiów:	studia stacjonarne
Profil studiów:	profil ogólnoakademicki
Język prowadzenia studiów:	polski
Obowiązuje od cyklu kształcenia:	2026/2027
Liczba semestrów:	4
Całkowita liczba godzin zajęć:	1485
Całkowita liczba punktów ECTS konieczna do ukończenia studiów na danym poziomie:	120
Tytuł zawodowy nadawany absolwentom:	magister inżynier

Dziedziny nauki i dyscypliny naukowe

Dziedziny nauki, do których przyporządkowany jest kierunek studiów:

Dziedzina nauk inżynierijno-technicznych

Dyscypliny naukowe, do których przyporządkowany jest kierunek studiów:

Dyscyplina	Udział procentowy
informatyka techniczna i telekomunikacja	100%

Dyscyplina wiodąca: informatyka techniczna i telekomunikacja

Opis kierunku, sylwetka absolwenta i możliwości kontynuacji studiów

Kierunek informatyka kwantowa kształci, na czterosemestralnych studiach II stopnia, magistrów informatyków wyposażonych w zaawansowaną wiedzę i umiejętności informatyczne w obszarze obliczeń kwantowych, uzupełnione o pogłębioną wiedzę matematyczną i elementy fizyki kwantowej. Studia są prowadzone w języku polskim, z możliwością prowadzenia wybranych kursów w języku angielskim.

Program studiów zapewnia zaawansowaną wiedzę oraz praktyczne umiejętności w zakresie projektowania, modelowania i implementacji rozwiązań informatycznych opartych na technologiach kwantowych. Kształcenie przygotowuje do pracy w interdyscyplinarnym środowisku naukowym i przemysłowym, łącząc wiedzę z zakresu fizyki kwantowej, informatyki, matematyki stosowanej oraz sztucznej inteligencji.

W toku studiów zdobywane są kompetencje w zakresie:

- tworzenia i kompilowania obwodów kwantowych z użyciem nowoczesnych narzędzi programistycznych,
- projektowania, testowania i uruchamiania algorytmów kwantowych dla problemów optymalizacyjnych, symulacyjnych i kryptograficznych,
- przekształcania rzeczywistych problemów biznesowych w modele matematyczne możliwe do uruchomienia na komputerach kwantowych (zarówno rzeczywistych, jak i symulowanych),
- wykorzystywania kwantowych metod uczenia maszynowego oraz kwantowej eksploracji danych (Quantum Machine Learning),

- korzystania z lokalnych oraz zdalnych środowisk uruchomieniowych dla obliczeń kwantowych,
- rozumienia i stosowania mechanizmów fizyki kwantowej w kontekście inżynierii informatycznej, w tym kwantowej korekcji błędów, telekomunikacji kwantowej, splątania oraz dekoherencji,
- wykorzystania nowoczesnych architektur obliczeniowych oraz integracji obliczeń kwantowych z systemami klasycznymi.
- umiejętności efektywnej współpracy w zespołach interdyscyplinarnych;
- odpowiedzialnego i etycznego podejścia do realizowanych projektów oraz stosowanie zasad bezpieczeństwa w obliczeniach kwantowych,
- zdolności krytycznej analizy problemów i samodzielnego podejmowania decyzji,
- komunikacji i prezentacji wyników badań i rozwiązań technicznych dla różnych grup odbiorców,
- gotowości do ciągłego doskonalenia zawodowego i uczenia się nowych technologii w dynamicznie rozwijającej się dziedzinie informatyki kwantowej.

Po ukończeniu studiów istnieje możliwość ubiegania się o przyjęcie do szkoły doktorskiej oraz rozwijania wiedzy np. poprzez studia podyplomowe.

Aktualność programu studiów

Koncepcja i cele kształcenia

Koncepcja i cel kształcenia na kierunku informatyka kwantowa, studia II stopnia, wynikają z dynamicznego rozwoju technologii kwantowych i rosnącego zapotrzebowania na wysoko wykwalifikowanych specjalistów posiadających pogłębioną wiedzę teoretyczną, umiejętności badawcze oraz kompetencje niezbędne do samodzielnego rozwiązywania problemów złożonych i interdyscyplinarnych. Kierunek przygotowuje do pracy zarówno w sektorze badawczo-rozwojowym, jak i do współpracy z przemysłem w zakresie projektowania, wdrażania oraz analizowania nowatorskich rozwiązań opartych na technologiach kwantowych.

Program studiów jest zaprojektowany tak, aby umożliwić:

- pogłębienie wiedzy teoretycznej z zakresu informatyki kwantowej, algorytmów kwantowych, teorii informacji oraz metod sztucznej inteligencji i uczenia maszynowego w zastosowaniach kwantowych,
- nabycie kompetencji badawczych i projektowych poprzez udział w zaawansowanych zajęciach laboratoryjnych, projektowych oraz pracach zespołowych powiązanych z aktualnymi projektami naukowymi,
- rozwijanie umiejętności samodzielnego planowania i prowadzenia badań, krytycznej analizy wyników oraz prezentacji osiągnięć naukowych i wdrożeniowych,
- przygotowanie do podejmowania zadań kierowniczych i eksperckich w zespołach interdyscyplinarnych, zarówno akademickich, jak i przemysłowych,
- zdobycie kompetencji umożliwiających kontynuację kształcenia na studiach doktoranckich.

Informacje dotyczące uwzględnienia w programie studiów potrzeb społeczno-gospodarczych oraz zgodności kierunkowych efektów uczenia się z tymi potrzebami

Informatyka kwantowa II stopnia odpowiada na strategiczne potrzeby Polski w zakresie rozwoju technologii kwantowych, które mają istotne znaczenie dla gospodarki i bezpieczeństwa narodowego. Studia te kształcą specjalistów łączących wiedzę z informatyki i fizyki, co pozwala na wdrażanie innowacyjnych rozwiązań w sektorach, takich jak: sztuczna inteligencja, cyberbezpieczeństwo, przemysł kosmiczny czy modelowanie kryzysowe. Ponadto rozwój kadry eksperckiej w tej dziedzinie wspiera suwerenność technologiczną kraju, zwiększa konkurencyjność polskiej gospodarki i umożliwia współpracę z międzynarodowymi liderami technologii kwantowych.

Efekty uczenia się przewidziane na kierunku odpowiadają realnym wymaganiom rynku pracy i potrzebom społecznym:

- Absolwenci zdobywają umiejętności programowania i obsługi komputerów kwantowych, niezbędne do pracy w innowacyjnych sektorach gospodarki.
- Kierunek rozwija kompetencje analityczne, modelowania i rozwiązywania problemów złożonych, istotne w badaniach naukowych i zastosowaniach przemysłowych.
- Proces kształcenia obejmuje integrację wiedzy z zakresu informatyki, matematyki i fizyki, co przygotowuje do wdrażania zaawansowanych technologii kwantowych.
- Program kształcenia wspiera zdolność do współpracy międzynarodowej oraz pracę w interdyscyplinarnych zespołach, co odpowiada rosnącym wymaganiom globalnego rynku technologii kwantowych.

Inne istotne czynniki warunkujące aktualność programu studiów

Związek programu z misją Uczelni i strategią jej rozwoju

Program studiów na kierunku Informatyka kwantowa jest zgodny z misją i strategią uczelni, a także z priorytetowymi obszarami badawczymi określonym w Strategii Politechniki Wrocławskiej na lata 2023-30, takimi jak:

POB 1. Technologie informacyjne, nauka o danych i sztuczna inteligencja;

POB 6. Technologie ekstremalne,

POB 7. Badania podstawowe dla technologii i innowacji.

Efekty uczenia się

Kod	Opis kierunkowego efektu uczenia się	Charakterystyki dla kwalifikacji na poziomie 6 lub 7 PRK	Charakterystyki dla kwalifikacji na poziomie 6 lub 7 PRK, umożliwiające uzyskanie kompetencji inżynierskich
Wiedza			
K2_INK_W01	Posiada pogłębioną wiedzę na temat systemów kwantowych, architektur komputerów kwantowych oraz zastosowania laserów w technologiach kwantowych.	P7S_WG	P7S_WG_INŻ
K2_INK_W02	Analizuje i ocenia granice stosowania metod kwantowych oraz algorytmów w praktyce badawczej.	P7S_WK	
K2_INK_W03	Posiada wiedzę z narzędzi i metod w kontekście aktualnego stanu badań naukowych.	P7S_WK	
K2_INK_W04	Posiada wiedzę na temat metod optymalizacji kwantowej oraz ich możliwości i ograniczeń.	P7S_WG	P7S_WG_INŻ
K2_INK_W05	Posiada wiedzę na temat współczesnych technologii i narzędzi wykorzystywanych w procesie wytwarzania, wdrażania i utrzymania systemów informatycznych	P7S_WG	P7S_WG_INŻ
K2_INK_W06	Opisuje matematyczne i fizyczne podstawy obliczeń kwantowych.	P7S_WG	P7S_WG_INŻ
K2_INK_W07	Zna metody kwantowego oraz klasycznego uczenia maszynowego, w tym podejścia hybrydowe oraz ich zastosowania.	P7S_WG	P7S_WG_INŻ
K2_INK_W08	Posiada pogłębioną wiedzę na temat kompilacji obwodów kwantowych oraz metod korekcji i mitygacji błędów.	P7S_WG	P7S_WG_INŻ
K2_INK_W09	Ma wiedzę dotyczącą ekonomicznych, prawnych i społecznych aspektów działalności inżynierskiej, obejmujących przedsiębiorczość, ochronę własności intelektualnej oraz psychologiczne uwarunkowania pracy zespołowej i projektowania systemów.	P7U_W	P7S_WG_INŻ
Umiejętności			
K2_INK_U01	Samodzielnie projektuje i testuje obwody kwantowe na symulatorach i rzeczywistych urządzeniach.	P7S_UU, P7S_UW	P7S_UW_INŻ
K2_INK_U02	Stosuje metody matematyczne i fizyczne do analizy układów kwantowych oraz rozwiązuje problemy optymalizacyjne.	P7S_UU, P7S_UW	P7S_UW_INŻ
K2_INK_U03	Projektuje i implementuje modele uczenia maszynowego w środowisku kwantowym i klasycznym oraz ocenia ich efektywność.	P7S_UU, P7S_UW	P7S_UW_INŻ
K2_INK_U04	Formuluje problemy optymalizacyjne w postaci QUBO i rozwiązuje je metodami kwantowymi.	P7S_UU, P7S_UW	P7S_UW_INŻ
K2_INK_U05	Wykorzystuje narzędzia automatyzacji i konteneryzacji w systemach informatycznych.	P7S_UU, P7S_UW	P7S_UW_INŻ
K2_INK_U06	Optymalizuje i dostosowuje obwody kwantowe do ograniczeń sprzętowych oraz uwzględnia aspekty bezpieczeństwa ich implementacji.	P7S_UU, P7S_UW	P7S_UW_INŻ
K2_INK_U07	Stosuje metody korekcji i mitygacji błędów oraz potrafi integrować obliczenia kwantowe z systemami superkomputerowymi.	P7S_UU, P7S_UW	P7S_UW_INŻ
K2_INK_U08	Opracowuje raporty, prezentacje i dokumentację projektów badawczych, wykorzystując pogłębioną wiedzę kierunkową.	P7S_UO, P7S_UK	
K2_INK_U09	Planuje i realizuje złożone projekty interdyscyplinarne i badawcze.	P7S_UO, P7S_UK	

Kod	Opis kierunkowego efektu uczenia się	Charakterystyki dla kwalifikacji na poziomie 6 lub 7 PRK	Charakterystyki dla kwalifikacji na poziomie 6 lub 7 PRK, umożliwiające uzyskanie kompetencji inżynierskich
K2_INK_U10	Projektuje i analizuje metody przetwarzania sygnałów i sterowania z wykorzystaniem obliczeń kwantowych.	P7S_UW, P7S_UU	
Kompetencje społeczne			
K2_INK_K01	Współpracuje w interdyscyplinarnych zespołach naukowych, wykazując odpowiedzialność i inicjatywę.	P7S_KO	
K2_INK_K02	Odpowiada za wyniki eksperymentów i projektów w kontekście zaawansowanej wiedzy naukowej i technologicznej.	P7S_KR	
K2_INK_K03	Respektuje zasady etyki, bezpieczeństwa i prawa w technologii kwantowej.	P7S_KO	
K2_INK_K04	Prezentuje wyniki badań oraz uzasadnia decyzje naukowe.	P7S_KK	
Efekty językowe			
SJO_S2_U01	Potrafi posługiwać się językiem obcym na poziomie B2+ ESOKJ oraz specjalistyczną terminologią	P7S_UK	

Szczegółowe informacje dotyczące punktów ECTS

informatyka kwantowa

Nazwa	Wartość
Całkowita liczba punktów ECTS	120
Całkowita liczba godzin zajęć	1485
Liczba punktów ECTS przyporządkowana zajęciom związanym z prowadzoną w uczelni działalnością naukową w dyscyplinie lub dyscyplinach, do których przyporządkowany jest kierunek studiów (DN)	80/120 (66.67%)
Liczba punktów ECTS przyporządkowana zajęciom kształującym umiejętności praktyczne (m.in. laboratorium, projekt) (P)	64
Liczba punktów ECTS, którą student uzyska realizując zajęcia wymagające bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich lub innych osób prowadzących zajęcia i studentów (BU)	60.3
Udział procentowy ECTS zajęć wybieralnych	37/120 (30.83%)
Liczba punktów ECTS, którą student uzyska realizując zajęcia z dziedziny nauk humanistycznych lub nauk społecznych właściwych dla danego kierunku studiów	5
Liczba punktów ECTS, którą student uzyska realizując zajęcia z zakresu nauk podstawowych (matematyka, fizyka/chemia)	20

Organizacja studiów

Realizacja programu studiów

Dopuszczalny deficyt ECTS

Semestr	Dopuszczalny deficyt punktów ECTS po semestrze
Semestr 1	8
Semestr 2	8
Semestr 3	8
Semestr 4	0

Wymagania szczegółowe

Sposoby weryfikacji zakładanych efektów uczenia się

Forma zajęć	Sposoby weryfikacji zakładanych efektów uczenia się
Seminarium	Prezentacje multimedialne prowadzone i przygotowywane indywidualnie lub grupowo; analiza przypadków case study, aktywność na zajęciach, referat
Projekt	Przygotowanie projektu, realizacja projektu, dokumentacja projektowa, analiza przypadków case study, makieta
Laboratorium	Wykonanie sprawozdań laboratoryjnych; wypowiedzi ustne, aktywność w na zajęciach; kartkówka, zadanie wejściowe, ocena zadań cząstkowych
Wykład	Egzamin - ustny, pisemny, zaliczenie, kolokwium - ustne, pisemne
Ćwiczenia	Zaliczenie - ustne, pisemne; kartkówka, zadanie wejściowe, ocena zadań cząstkowych; egzamin praktyczny, makieta, esej, referat

Opis procesu prowadzącego do uzyskania efektów uczenia się

Realizując program nauczania, zajęcia zorganizowane odbywają się zgodnie z postanowieniami regulaminu studiów na Politechnice Wrocławskiej (dostępnego na stronie WWW uczelni). Zajęcia prowadzone są w formach określonych regulaminem studiów, przy czym wykorzystywane są zarówno tradycyjne metody i narzędzia dydaktyczne, jak i możliwości oferowane przez uczelnianą platformę e-learningową. Poza godzinami zajęć prowadzący są dostępni w wyznaczonych i ogłoszonych w systemie informatycznym godzinach konsultacji. Ważnym elementem uczenia się jest praca własna, polegająca na przygotowywaniu się do zajęć (na podstawie materiałów udostępnianych przez prowadzących oraz zalecanej literatury), studiowaniu literatury, opracowywaniu raportów i sprawozdań oraz przygotowywaniu się do kolokwium i egzaminów.

Do każdego efektu uczenia się PRK przyporządkowane są kody przedmiotów lub grup zajęć obecnych w programie studiów. Zaliczenie tych przedmiotów lub grup zajęć oznacza uzyskanie danego efektu. Przedmioty zaliczane są na podstawie form kontroli nabytej wiedzy, umiejętności i kompetencji społecznych, zdefiniowanych w sylabusach. Brak osiągnięcia efektów uczenia się przypisanych do przedmiotów lub grup zajęć skutkuje niezaliczeniem przedmiotu lub grupy zajęć i koniecznością powtórnej realizacji.

Zaliczenie każdego semestru studiów uwarunkowane jest zdobyciem określonej programem liczby punktów ECTS, co jest jednoznaczne z osiągnięciem większości efektów uczenia się przewidzianych w danym semestrze. Przedmioty niezaliczone muszą zostać powtórzone w kolejnych semestrach, umożliwiając osiągnięcie pozostałych efektów uczenia się.

Pozytywne ukończenie studiów możliwe jest po osiągnięciu wszystkich efektów uczenia się określonych programem studiów.

Jakość prowadzonych zajęć i osiąganie efektów uczenia się kontrolowana jest przez Wydziałowy System Zapewnienia Jakości

Kształcenia, obejmujący między innymi procedury tworzenia i modyfikowania programów kształcenia, indywidualizowania programów studiów, realizowania procesu dydaktycznego oraz dyplomowania. Kontrola jakości procesu kształcenia obejmuje ewaluację osiągniętych efektów uczenia się. Kontrola jakości prowadzonych zajęć wspomagana jest przez hospitacje oraz ankietyzacje, przeprowadzane według ściśle zdefiniowanych wydziałowych procedur.

Praktyki

Nie dotyczy.

Egzamin dyplomowy

Egzamin ustny, przed komisją wyznaczoną przez Dziekana. Składowe egzaminu dyplomowego oraz wykaz zagadnień na egzamin dyplomowy są podawane do wiadomości do końca drugiego semestru studiów i udostępniane na stronie Wydziału Informatyki i Telekomunikacji.

Plan studiów

informatyka kwantowa

Semestr 1

Przedmiot	Liczba godzin	Forma weryfikacji	Punkty ECTS	Obligatoryjność
Metody optymalizacji dyskretnej	Wykład: 30 Ćwiczenia: 15 Laboratorium: 15	Egzamin	5	Obowiązkowy
Wprowadzenie do algorytmów kwantowych	Wykład: 30 Laboratorium: 30	Zaliczenie na ocenę	4	Obowiązkowy
Wprowadzenie do uczenia maszynowego	Wykład: 30 Laboratorium: 15	Zaliczenie na ocenę	4	Obowiązkowy
Metodologia prowadzenia badań naukowych	Wykład: 15 Seminarium: 15	Zaliczenie na ocenę	2	Obowiązkowy
Matematyczne podstawy obliczeń kwantowych	Wykład: 30 Ćwiczenia: 30	Egzamin	5	Obowiązkowy
Seminarium przeglądowe	Seminarium: 30	Zaliczenie na ocenę	2	Obowiązkowy
Przedmiot wybieralny 1A	Wykład: 15	Zaliczenie na ocenę	2	Obowiązkowa grupa
Student/studentka wybiera jeden przedmiot				
Architektury komputerów kwantowych	Wykład: 15	Zaliczenie na ocenę	2	Wybieralny
Architectural Foundations of Quantum Computers	Wykład: 15	Zaliczenie na ocenę	2	Wybieralny
Przedmiot wybieralny 1B	Wykład: 15 Suma godzin kontaktowych praktycznych: 30	Zaliczenie na ocenę	4	Obowiązkowa grupa
Student/studentka wybiera jeden przedmiot				
Zaawansowane techniki programowania	Wykład: 15 Laboratorium: 30	Zaliczenie na ocenę	4	Wybieralny

Przedmiot	Liczba godzin	Forma weryfikacji	Punkty ECTS	Obligatoryjność
Technologie chmurowe	Wykład: 15 Projekt: 30	Zaliczenie na ocenę	4	Wybieralny
Lektorat 2.1	Ćwiczenia: 30	Zaliczenie na ocenę	2	Obowiązkowa grupa
Student/studentka wybiera zajęcia z oferty Studium Języków Obcych				
Język obcy 2.1	Ćwiczenia: 30	Zaliczenie na ocenę	2	Wybieralny
Suma	375		30	

Semestr 2

Przedmiot	Liczba godzin	Forma weryfikacji	Punkty ECTS	Obligatoryjność
Fizyka kwantowa	Wykład: 30 Ćwiczenia: 30	Zaliczenie na ocenę	5	Obowiązkowy
Matematyka kwantowa	Wykład: 30 Ćwiczenia: 30	Egzamin	5	Obowiązkowy
Symulatory komputerów kwantowych	Wykład: 15 Projekt: 15	Zaliczenie na ocenę	3	Obowiązkowy
Projekt badawczy	Projekt: 60	Zaliczenie na ocenę	4	Obowiązkowy
Przedmiot wybieralny 2	Wykład: 30 Laboratorium: 15	Zaliczenie na ocenę	4	Obowiązkowa grupa
Student/studentka wybiera jeden przedmiot				
Kompilacja obwodów kwantowych	Wykład: 30 Laboratorium: 15	Zaliczenie na ocenę	4	Wybieralny
Transpilation	Wykład: 30 Laboratorium: 15	Zaliczenie na ocenę	4	Wybieralny
Przedmiot wybieralny 3	Wykład: 15 Laboratorium: 15	Zaliczenie na ocenę	4	Obowiązkowa grupa
Student/studentka wybiera jeden przedmiot				

Przedmiot	Liczba godzin	Forma weryfikacji	Punkty ECTS	Obligatoryjność
Kwantowe uczenie maszynowe	Wykład: 15 Laboratorium: 15	Zaliczenie na ocenę	4	Wybieralny
Quantum Neural Network	Wykład: 15 Laboratorium: 15	Zaliczenie na ocenę	4	Wybieralny
Przedmiot wybieralny 4	Wykład: 30 Projekt: 30	Zaliczenie na ocenę	5	Obowiązkowa grupa
Student/studentka wybiera jeden przedmiot				
Optymalizacja kwantowa	Wykład: 30 Projekt: 30	Zaliczenie na ocenę	5	Wybieralny
Advanced Optimization Techniques	Wykład: 30 Projekt: 30	Zaliczenie na ocenę	5	Wybieralny
Suma	345		30	

Semestr 3

Przedmiot	Liczba godzin	Forma weryfikacji	Punkty ECTS	Obligatoryjność
Informacja kwantowa	Wykład: 30	Egzamin	2	Obowiązkowy
Wykład monograficzny	Wykład: 15, w tym zajęcia zdalne: • Wykład synchroniczny: 4	Zaliczenie na ocenę	1	Obowiązkowy
Psychologia	Wykład: 15	Zaliczenie na ocenę	2	Obowiązkowy
Telekomunikacja i kryptografia kwantowa	Wykład: 15 Laboratorium: 15	Zaliczenie na ocenę	3	Obowiązkowy
Projekt przejściowy	Projekt: 45	Zaliczenie na ocenę	3	Obowiązkowy
Praca dyplomowa 1	Projekt: 105	Zaliczenie na ocenę	8	Obowiązkowy
Seminarium badawcze	Seminarium: 30	Zaliczenie na ocenę	2	Obowiązkowy
Przedmiot wybieralny 5	Projekt: 30	Zaliczenie na ocenę	2	Obowiązkowa grupa
Student/studentka wybiera jeden przedmiot				

Przedmiot	Liczba godzin	Forma weryfikacji	Punkty ECTS	Obligatoryjność
Kompilacja obwodów kwantowych - Projekt	Projekt: 30	Zaliczenie na ocenę	2	Wybieralny
Advanced Transpilation	Projekt: 30	Zaliczenie na ocenę	2	Wybieralny
Przedmiot wybieralny 6	Wykład: 15 Projekt: 30	Zaliczenie na ocenę	4	Obowiązkowa grupa
Student/studentka wybiera jeden przedmiot				
Zaawansowane kwantowe uczenie maszynowe	Wykład: 15 Projekt: 30	Zaliczenie na ocenę	4	Wybieralny
Hybrid Approach in Machine Learning	Wykład: 15 Projekt: 30	Zaliczenie na ocenę	4	Wybieralny
Lektorat 2.2	Ćwiczenia: 60	Zaliczenie na ocenę	3	Obowiązkowa grupa
Student/studentka wybiera zajęcia z oferty Studium Języków Obcych				
Język obcy 2.2	Ćwiczenia: 60	Zaliczenie na ocenę	3	Wybieralny
Suma	405		30	

Semestr 4

Przedmiot	Liczba godzin	Forma weryfikacji	Punkty ECTS	Obligatoryjność
Kwantowa korekcja błędów	Wykład: 30 Laboratorium: 30	Egzamin	4	Obowiązkowy
Praca dyplomowa 2	Projekt: 90	Zaliczenie na ocenę	10	Obowiązkowy
Seminarium dyplomowe	Seminarium: 30	Zaliczenie na ocenę	2	Obowiązkowy
Przedsiębiorczość	Wykład: 15	Zaliczenie na ocenę	1	Obowiązkowy
Sprzętowe podstawy technologii i komputerów kwantowych	Wykład: 15 Seminarium: 15	Zaliczenie na ocenę	2	Obowiązkowy
Zaawansowane architektury i problemy uczenia głębokiego	Wykład: 15 Projekt: 30	Zaliczenie na ocenę	4	Obowiązkowy

Przedmiot	Liczba godzin	Forma weryfikacji	Punkty ECTS	Obligatoryjność
Przedmiot wybieralny 7	Wykład: 15 Projekt: 15	Zaliczenie na ocenę	3	Obowiązkowa grupa
Student/studentka wybiera jeden przedmiot				
Kwantowe obliczenia superkomputerowe	Wykład: 15 Projekt: 15	Zaliczenie na ocenę	3	Wybieralny
Quantum-Enhanced Supercomputing	Wykład: 15 Projekt: 15	Zaliczenie na ocenę	3	Wybieralny
Przedmiot wybieralny 8	Wykład: 15 Projekt: 45	Zaliczenie na ocenę	4	Obowiązkowa grupa
Student/studentka wybiera jeden przedmiot				
Kwantowe przetwarzanie sygnałów	Wykład: 15 Projekt: 45	Zaliczenie na ocenę	4	Wybieralny
Elementy automatyki w obliczeniach kwantowych	Wykład: 15 Projekt: 45	Zaliczenie na ocenę	4	Wybieralny
Suma	360		30	

Sylabusy



Metody optymalizacji dyskretnej Karta przedmiotu

Informacje podstawowe

Kierunek studiów informatyka kwantowa Specjalność - Jednostka organizacyjna Wydział Informatyki i Telekomunikacji Poziom kształcenia studia drugiego stopnia 4 semestry (magister inżynier) Forma studiów studia stacjonarne Profil studiów profil ogólnoakademicki	Cykl kształcenia 2026/2027 Grupa zajęć Tak Języki wykładowe polski Obligatoryjność Obowiązkowy Blok zajęciowy Przedmioty kształcenia podstawowego - matematyka
--	--

Semestr Semestr 1	Forma zaliczenia Egzamin Forma dydaktyczna i godziny zajęć Wykład: 30 Ćwiczenia: 15 Laboratorium: 15	Liczba punktów ECTS 5.0
-----------------------------	---	-----------------------------------

Przedmiotowe efekty uczenia się

Efekt przedmiotowy	Treść	Efekt kierunkowy
Z zakresu wiedzy		
PEU_W01	Wyjaśnia pojęcia optymalizacji dyskretnej oraz klasy problemów kombinatorycznych.	K2_INK_W06
PEU_W02	Opisuje algorytmy dokładne, przybliżone i metaheurystyczne stosowane w optymalizacji dyskretnej.	K2_INK_W06
PEU_W03	Charakteryzuje modele matematyczne problemów optymalizacyjnych, w tym programowanie całkowitoliczbowe i QUBO.	K2_INK_W06
Z zakresu umiejętności		

PEU_U01	Analizuje złożoność obliczeniową algorytmów optymalizacji dyskretnej.	K2_INK_U02
PEU_U02	Modeluje problemy optymalizacji dyskretnej z wykorzystaniem odpowiednich reprezentacji rozwiązań.	K2_INK_U02
PEU_U03	Stosuje algorytmy optymalizacji dyskretnej do rozwiązywania praktycznych problemów.	K2_INK_U02
PEU_U04	Implementuje i testuje algorytmy optymalizacji dyskretnej w środowisku programistycznym.	K2_INK_U02

Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się

Przedmiot obejmuje metody rozwiązywania problemów optymalizacji dyskretnej, ze szczególnym uwzględnieniem problemów kombinatorycznych oraz algorytmów dokładnych, przybliżonych i metaheurystycznych. Omawiane są zagadnienia związane z modelowaniem problemów, reprezentacją rozwiązań, analizą złożoności obliczeniowej oraz praktycznymi aspektami implementacji algorytmów. Zajęcia obejmują zarówno część teoretyczną, jak i praktyczną realizowaną w formie ćwiczeń oraz laboratoriów komputerowych.

Nakład pracy studenta

Rodzaje zajęć studenta	Średnia liczba godzin przeznaczonych na zrealizowane aktywności
Wykład	30
Ćwiczenia	15
Laboratorium	15
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	25
Przygotowanie do zajęć	20
Przygotowanie do egzaminu/zaliczenia	18
Zaliczenie/Egzamin	2
Całkowity nakład pracy studenta (CNPS)	Liczba godzin 125



Wprowadzenie do algorytmów kwantowych Karta przedmiotu

Informacje podstawowe

Kierunek studiów informatyka kwantowa Specjalność - Jednostka organizacyjna Wydział Informatyki i Telekomunikacji Poziom kształcenia studia drugiego stopnia 4 semestry (magister inżynier) Forma studiów studia stacjonarne Profil studiów profil ogólnoakademicki	Cykl kształcenia 2026/2027 Grupa zajęć Tak Języki wykładowe polski Obligatoryjność Obowiązkowy Blok zajęciowy Przedmioty kierunkowe
--	---

Semestr Semestr 1	Forma zaliczenia Zaliczenie na ocenę Forma dydaktyczna i godziny zajęć Wykład: 30 Laboratorium: 30	Liczba punktów ECTS 4.0
-----------------------------	--	-----------------------------------

Przedmiotowe efekty uczenia się

Efekt przedmiotowy	Treść	Efekt kierunkowy
Z zakresu wiedzy		
PEU_W01	Zna pojęcie hamiltonianu, równania Schrödingera, funkcji falowej oraz objaśnia ich wybrane własności. Rozróżnia pojęcia stanów czystych, obliczeniowych, mieszanych i splątanych. Definiuje macierz gęstości, pojęcie pomiaru i regułę Bohra.	K2_INK_W02
PEU_W02	Zna własności operatorów unitarnych. Potrafi wyprowadzić wnioski z nierówności Bella oraz wskazać formalną definicję teleportacji. Rozpoznaje bramki kwantowe i ich związek z operatorami unitarnymi. Rozumie znaczenie i ograniczenia bramek uniwersalnych.	K2_INK_W02

PEU_W03	Zna wybrane algorytmy kwantowe, potrafi omówić ich własności na tle klasycznych odpowiedników oraz wskazać założenia, przy których funkcjonują.	K2_INK_W02
Z zakresu umiejętności		
PEU_U01	Potrafi opracować i zaimplementować w wybranym języku programowania algorytmy obliczeń kwantowych i - w przypadku algorytmów hybrydowych - zintegrować je z algorytmami wykonywanym na klasycznym komputerze.	K2_INK_U01
PEU_U02	Potrafi korzystać z symulatorów komputerów kwantowych i korzystać z ich możliwości - w szczególności obserwowania stanów kwantowych bez ich mierzenia.	K2_INK_U01

Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się

Zaznajomienie słuchaczy z **wybranymi algorytmami kwantowymi**, ich własnościami, ograniczeniami oraz zastosowaniami wynikającymi z **potencjalnej przewagi nad algorytmami klasycznymi**.

Nabycie umiejętności opracowywania i uruchamiania programów hybrydowych (tj. łączących moduły wykonywane w **klasycznym i kwantowym** środowisku obliczeniowym) - zarówno na **symulatorach** jak i na **komputerze kwantowym**.

Nakład pracy studenta

Rodzaje zajęć studenta	Średnia liczba godzin przeznaczonych na zrealizowane aktywności
Wykład	30
Laboratorium	30
Przygotowanie raportu/sprawozdania/prezentacji/referatu	15
Przygotowanie do egzaminu/zaliczenia	5
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	10
Samodzielne doskonalenie umiejętności praktycznych	10
Całkowity nakład pracy studenta (CNPS)	Liczba godzin 100



Wprowadzenie do uczenia maszynowego Karta przedmiotu

Informacje podstawowe

Kierunek studiów informatyka kwantowa Specjalność - Jednostka organizacyjna Wydział Informatyki i Telekomunikacji Poziom kształcenia studia drugiego stopnia 4 semestry (magister inżynier) Forma studiów studia stacjonarne Profil studiów profil ogólnoakademicki	Cykl kształcenia 2026/2027 Grupa zajęć Tak Języki wykładowe polski, angielski Obligatoryjność Obowiązkowy Blok zajęciowy Przedmioty kierunkowe Przedmiot powiązany z badaniami naukowymi Tak
--	---

Semestr Semestr 1	Forma zaliczenia Zaliczenie na ocenę Forma dydaktyczna i godziny zajęć Wykład: 30 Laboratorium: 15	Liczba punktów ECTS 4.0
-----------------------------	--	-----------------------------------

Przedmiotowe efekty uczenia się

Efekt przedmiotowy	Treść	Efekt kierunkowy
Z zakresu wiedzy		
PEU_W01	Charakteryzuje wybrane zagadnienia rachunku prawdopodobieństwa i teorii estymacji.	K2_INK_W07
PEU_W02	Rozróżnia i charakteryzuje techniki generacji liczb pseudolosowych.	K2_INK_W07
PEU_W03	Rozróżnia i charakteryzuje metody regresji i regularyzacji.	K2_INK_W07
PEU_W04	Rozróżnia i charakteryzuje wybrane techniki obliczeniowe w uczeniu maszynowym.	K2_INK_W07
PEU_W05	Rozróżnia i charakteryzuje wybrane metody redukcji wymiaru.	K2_INK_W07
Z zakresu umiejętności		

PEU_U01	Posługuje się wybranymi pojęciami rachunku prawdopodobieństwa oraz stosuje wybrane techniki estymacji.	K2_INK_U03
PEU_U02	Dostosowuje generatory liczb pseudolosowych do problemów obliczeniowych i symulacyjnych.	K2_INK_U03
PEU_U03	Stosuje i analizuje modele regresji i regularyzacji.	K2_INK_U03
PEU_U04	Stosuje wydajne techniki obliczeniowe w uczeniu maszynowym.	K2_INK_U03
PEU_U05	Charakteryzuje i dobiera metody redukcji wymiaru do zadań uczenia maszynowego.	K2_INK_U03

Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się

Przedmiot koncentruje się na wybranych zagadnieniach z obszaru uczenia maszynowego, w tym elementach teorii prawdopodobieństwa, technikach estymacji i generacji ciągów pseudolosowych m.in. na potrzeby obliczeń Monte Carlo. Treści programowe skupiają się także wokół problematyki regresji i regularyzacji a także wokół wybranych technik obliczeniowych, wykorzystywanych w uczeniu maszynowym. W ramach zajęć omawiane są również wybrane aspekty pracy z danymi wielowymiarowymi, w tym metody redukcji wymiaru.

Nakład pracy studenta

Rodzaje zajęć studenta	Średnia liczba godzin przeznaczonych na zrealizowane aktywności
Wykład	30
Laboratorium	15
Przygotowanie do egzaminu/zaliczenia	20
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	15
Przygotowanie raportu/sprawozdania/prezentacji/referatu	15
Przygotowanie do zajęć	5
Całkowity nakład pracy studenta (CNPS)	Liczba godzin 100



Metodologia prowadzenia badań naukowych Karta przedmiotu

Informacje podstawowe

Kierunek studiów informatyka kwantowa Specjalność - Jednostka organizacyjna Wydział Informatyki i Telekomunikacji Poziom kształcenia studia drugiego stopnia 4 semestry (magister inżynier) Forma studiów studia stacjonarne Profil studiów profil ogólnoakademicki	Cykl kształcenia 2026/2027 Grupa zajęć Tak Języki wykładowe angielski Obligatoryjność Obowiązkowy Blok zajęciowy Przedmioty z dziedziny nauk humanistycznych lub społecznych Przedmiot powiązany z badaniami naukowymi Tak
--	---

Semestr Semestr 1	Forma zaliczenia Zaliczenie na ocenę Forma dydaktyczna i godziny zajęć Wykład: 15 Seminarium: 15	Liczba punktów ECTS 2.0
-----------------------------	--	-----------------------------------

Przedmiotowe efekty uczenia się

Efekt przedmiotowy	Treść	Efekt kierunkowy
Z zakresu wiedzy		
PEU_W01	Przedstawia i wyjaśnia wiedzę z narzędzi i metod w kontekście aktualnego stanu badań naukowych	K2_INK_W03
Z zakresu kompetencji społecznych		
PEU_K01	Jest odpowiedzialny za wyniki eksperymentów i projektów w kontekście zaawansowanej wiedzy naukowej i technologicznej	K2_INK_K02
PEU_K02	Jest wrażliwy na kwestie integralności badań naukowych, świadomość etyczną badań naukowych i merytoryczną odpowiedzialności badacza	K2_INK_K02

Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się

Treści programowe przedmiotu „Metodologia prowadzenia badań naukowych” obejmują zagadnienia związane z wyszukiwaniem, analizą i krytyczną oceną aktualnej wiedzy naukowej, ze szczególnym uwzględnieniem narzędzi i metod badawczych stosowanych we współczesnych badaniach. Zajęcia umożliwiają zapoznanie się z zasadami metodologii oraz planowania badań naukowych, co pozwala na osadzenie prowadzonych prac badawczych w kontekście aktualnego stanu wiedzy. Program kładzie nacisk na przygotowanie i prezentację wyników badań naukowych oraz na poprawne opracowywanie i pisanie prac naukowych zgodnie z obowiązującymi standardami. Istotnym elementem zajęć jest odpowiedzialność za wyniki eksperymentów i projektów badawczych, omawiana w kontekście zaawansowanej wiedzy naukowej i technologicznej. W ramach seminarium prezentowane są zastosowania narzędzi sztucznej inteligencji w badaniach naukowych oraz prowadzona jest analiza aktualnego stanu badań w wybranych obszarach informatyki kwantowej. Zajęcia uwzględniają także zagadnienia współpracy naukowej oraz integralności badań, kształtując świadomość etycznej i merytorycznej odpowiedzialności badacza.

Nakład pracy studenta

Rodzaje zajęć studenta	Średnia liczba godzin przeznaczonych na zrealizowane aktywności
Wykład	15
Seminarium	15
Przygotowanie raportu/sprawozdania/prezentacji/referatu	6
Przeprowadzenie badań literaturowych	7
Przygotowanie do zajęć	7
Całkowity nakład pracy studenta (CNPS)	Liczba godzin 50



Matematyczne podstawy obliczeń kwantowych Karta przedmiotu

Informacje podstawowe

Kierunek studiów informatyka kwantowa Specjalność - Jednostka organizacyjna Wydział Informatyki i Telekomunikacji Poziom kształcenia studia drugiego stopnia 4 semestry (magister inżynier) Forma studiów studia stacjonarne Profil studiów profil ogólnoakademicki	Cykl kształcenia 2026/2027 Grupa zajęć Tak Języki wykładowe polski Obligatoryjność Obowiązkowy Blok zajęciowy Przedmioty kształcenia podstawowego - matematyka
--	--

Semestr Semestr 1	Forma zaliczenia Egzamin Forma dydaktyczna i godziny zajęć Wykład: 30 Ćwiczenia: 30	Liczba punktów ECTS 5.0
-----------------------------	---	-----------------------------------

Przedmiotowe efekty uczenia się

Efekt przedmiotowy	Treść	Efekt kierunkowy
Z zakresu wiedzy		
PEU_W01	Rozpoznaje i wyjaśnia fundamentalne struktury przestrzeni Hilberta oraz ich zastosowanie do opisu stanów i ewolucji układów kwantowych.	K2_INK_W06
PEU_W02	Wyjaśnia własności operatorów liniowych w przestrzeni Hilberta (unitarnych, hermitowskich, normalnych) oraz rozróżnia ich role jako bramek kwantowych, obserwabli i generatorów ewolucji.	K2_INK_W06
PEU_W03	Definiuje pojęcie iloczynu tensorowego przestrzeni Hilberta oraz wyjaśnia jego znaczenie w opisie układów złożonych i stanów sprzężonych.	K2_INK_W06
Z zakresu umiejętności		

PEU_U01	Przeprowadza obliczenia w przestrzeniach Hilberta, w tym wyznacza normy, iloczyny skalarne, rzuty ortogonalne oraz reprezentuje operatory w wybranych bazach ortonormalnych.	K2_INK_U02
PEU_U02	Diagonalizuje operatory normalne oraz wykonuje kalkulacje funkcjonalne na operatorach hermitowskich i unitarnych, stosując je do analizy ewolucji kwantowych.	K2_INK_U02
PEU_U03	Konstruuje iloczyn tensorowy przestrzeni i operatorów, analizuje własności stanów złożonych oraz identyfikuje czyste i mieszane stany w języku operatorów gęstości.	K2_INK_U02

Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się

Przedmiot koncentruje się na budowaniu solidnego fundamentu matematycznego niezbędnego do formalnego opisu układów kwantowych i operacji na nich. W ramach zajęć zgłębia się teorię przestrzeni Hilberta (skończonych i nieskończonych wymiarów), analizę operatorów liniowych z naciskiem na własności specyficzne dla mechaniki kwantowej (hermitowskość, unitarność, normalność), oraz algebrę tensorową z kluczowym zastosowaniem do opisu układów złożonych i stanów sprzężonych. Omawiane są techniki diagonalizacji operatorów normalnych, kalkulacja funkcjonalna na operatorach oraz wprowadzenie do pojęcia operatora gęstości jako reprezentacji stanów mieszanych. Program obejmuje zarówno aspekty teoretyczne, jak i rachunkowe.

Nakład pracy studenta

Rodzaje zajęć studenta	Średnia liczba godzin przeznaczonych na zrealizowane aktywności
Wykład	30
Ćwiczenia	30
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	50
Przygotowanie do egzaminu/zaliczenia	11
Zaliczenie/Egzamin	4
Całkowity nakład pracy studenta (CNPS)	Liczba godzin 125



Seminarium przeglądowe Karta przedmiotu

Informacje podstawowe

Kierunek studiów informatyka kwantowa Specjalność - Jednostka organizacyjna Wydział Informatyki i Telekomunikacji Poziom kształcenia studia drugiego stopnia 4 semestry (magister inżynier) Forma studiów studia stacjonarne Profil studiów profil ogólnoakademicki	Cykl kształcenia 2026/2027 Języki wykładowe polski, angielski Obligatoryjność Obowiązkowy Blok zajęciowy Przedmioty kierunkowe Przedmiot powiązany z badaniami naukowymi Tak
--	--

Semestr Semestr 1	Forma dydaktyczna, godziny zajęć, liczba punktów ECTS i forma zaliczenia • Seminarium: 30 godz., 2 ECTS, Zaliczenie na ocenę
-----------------------------	--

Przedmiotowe efekty uczenia się

Efekt przedmiotowy	Treść	Efekt kierunkowy
Z zakresu wiedzy		
PEU_W01	Charakteryzuje aktualne kierunki badań w obszarze obliczeń kwantowych oraz stosowane narzędzia i metody badawcze na podstawie krytycznego przeglądu literatury naukowej.	K2_INK_W03
Z zakresu kompetencji społecznych		
PEU_K01	Postępuje zgodnie z zasadami rzetelności naukowej oraz etyki pracy badawczej podczas przeglądu literatury, dobierając źródła o wysokiej jakości z wiarygodnych czasopism i baz cytowań oraz respektując prawa autorskie i zasady poprawnego cytowania.	K2_INK_K03
PEU_K02	Dbą o odpowiedzialną i przejrzystą komunikację treści naukowych w wystąpieniu seminaryjnym, zapewniając logiczną strukturę przekazu oraz zgodność prezentowanych wniosków z przywoływanymi źródłami.	K2_INK_K03

PEU_K03	Jest otwarty na krytyczną dyskusję nad interpretacją wyników opisanych w literaturze, broniąc zebranych wniosków poprzez merytoryczne odpowiadanie na pytania, a jednocześnie respektując zasady debaty akademickiej i wykorzystując uwagi krytyczne do doskonalenia własnego warsztatu.	K2_INK_K03
---------	--	------------

Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się

Przedmiot obejmuje analizę aktualnych zagadnień w obszarze obliczeń kwantowych, ze szczególnym uwzględnieniem krytycznego przeglądu literatury naukowej. Realizacja zakłada samodzielne wyszukiwanie aktualnych źródeł w wiarygodnych czasopiśmiech oraz bazach cytowań, a także selekcję materiałów z uwzględnieniem ich rzetelności i jakości metodologicznej. Głównym elementem jest przygotowanie wystąpienia seminaryjnego umożliwiającego syntetyczne i komunikatywne przedstawienie pozyskanej wiedzy, z zachowaniem poprawności merytorycznej oraz logicznej struktury przekazu. Dodatkowo realizowana jest dyskusja seminaryjna ukierunkowana na rozwój umiejętności argumentacji, formułowania pytań problemowych oraz obrony przyjętych interpretacji i wniosków. Przedmiot wspiera doskonalenie kompetencji w zakresie rzetelnej komunikacji oraz krytycznej oceny rozwiązań przedstawianych w literaturze.

Nakład pracy studenta

Rodzaje zajęć studenta	Średnia liczba godzin przeznaczonych na zrealizowane aktywności
Seminarium	30
Przeprowadzenie badań literaturowych	12
Przygotowanie raportu/sprawozdania/prezentacji/referatu	8
Całkowity nakład pracy studenta (CNPS)	Liczba godzin 50



Architektury komputerów kwantowych Karta przedmiotu

Informacje podstawowe

Kierunek studiów informatyka kwantowa Specjalność - Jednostka organizacyjna Wydział Informatyki i Telekomunikacji Poziom kształcenia studia drugiego stopnia 4 semestry (magister inżynier) Forma studiów studia stacjonarne Profil studiów profil ogólnoakademicki	Cykl kształcenia 2026/2027 Języki wykładowe polski Obligatoryjność Wybieralny Blok zajęciowy Przedmioty kierunkowe
--	---

Semestr Semestr 1	Forma dydaktyczna, godziny zajęć, liczba punktów ECTS i forma zaliczenia • Wykład: 15 godz., 2 ECTS, Zaliczenie na ocenę
-----------------------------	--

Przedmiotowe efekty uczenia się

Efekt przedmiotowy	Treść	Efekt kierunkowy
Z zakresu wiedzy		
PEU_W01	Opisuje cechy, możliwości i ograniczenia współczesnych architektur komputerów kwantowych	K2_INK_W01
PEU_W02	Rozpoznaje różnice pomiędzy komputerami kwantowymi należącymi do tych samych lub różnych architektur	K2_INK_W01
PEU_W03	Dobiera komputer kwantowy w zależności od typu i rozmiaru problemu obliczeniowego do rozwiązania	K2_INK_W01

Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się

Treści programowe obejmują informacje dotyczące cech i ograniczeń współczesnych architektur komputerów kwantowych i ich wpływu na zakres i sposób przeprowadzania obliczeń kwantowych. Obejmuje to takie informacje jak rys historyczny, technologia wykonania, wykorzystywane zjawiska fizyczne, wymagana infrastruktura, dostępne operacje kwantowe (w tym ich czasy, poziom błędów itd.), parametry T1, T2, topologia qubitów. Wykład obejmuje współczesne architektury komputerów

kwantowych m.in. nadprzewodzące (na przykładzie technologii firm IQM i IBM), na pułapki jonowych, fotoniczne, wyżarzacze kwantowe itp.

Nakład pracy studenta

Rodzaje zajęć studenta	Średnia liczba godzin przeznaczonych na zrealizowane aktywności
Wykład	15
Przygotowanie do zajęć	15
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	10
Przygotowanie do egzaminu/zaliczenia	10
Całkowity nakład pracy studenta (CNPS)	Liczba godzin 50



Architectural Foundations of Quantum Computers

Karta przedmiotu

Informacje podstawowe

Kierunek studiów informatyka kwantowa	Cykl kształcenia 2026/2027
Specjalność -	Języki wykładowe angielski
Jednostka organizacyjna Wydział Informatyki i Telekomunikacji	Obligatoryjność Wybieralny
Poziom kształcenia studia drugiego stopnia 4 semestry (magister inżynier)	Blok zajęciowy Przedmioty kierunkowe
Forma studiów studia stacjonarne	
Profil studiów profil ogólnoakademicki	

Semestr Semestr 1	Forma dydaktyczna, godziny zajęć, liczba punktów ECTS i forma zaliczenia • Wykład: 15 godz., 2 ECTS, Zaliczenie na ocenę
-----------------------------	--

Przedmiotowe efekty uczenia się

Efekt przedmiotowy	Treść	Efekt kierunkowy
Z zakresu wiedzy		
PEU_W01	Zna cechy, możliwości i ograniczenia współczesnych architektur komputerów kwantowych.	K2_INK_W01
PEU_W02	Potrafi wskazać różnice pomiędzy komputerami kwantowymi należącymi do tych samych lub różnych architektur.	K2_INK_W01
PEU_W03	Potrafi dobrać komputer kwantowy w zależności od typu i rozmiaru problemu obliczeniowego do rozwiązania.	K2_INK_W01

Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się

Treści programowe obejmują informacje dotyczące cech i ograniczeń współczesnych architektur komputerów kwantowych i ich wpływu na zakres i sposób przeprowadzania obliczeń kwantowych. Obejmuje to takie informacje jak rys historyczny, technologia wykonania, wykorzystywane zjawiska fizyczne, wymagana infrastruktura, dostępne operacje kwantowe (w tym ich czasy, poziom błędów itd.), parametry T1, T2, topologia qubitów. Wykład obejmuje współczesne architektury komputerów

kwantowych m.in. nadprzewodzące (na przykładzie technologii firm IQM i IBM), na pułapki jonowych, fotoniczne, wyżarzacze kwantowe itd.

Nakład pracy studenta

Rodzaje zajęć studenta	Średnia liczba godzin przeznaczonych na zrealizowane aktywności
Wykład	15
Przygotowanie do zajęć	15
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	10
Przygotowanie do egzaminu/zaliczenia	10
Całkowity nakład pracy studenta (CNPS)	Liczba godzin 50



Zaawansowane techniki programowania Karta przedmiotu

Informacje podstawowe

Kierunek studiów informatyka kwantowa Specjalność - Jednostka organizacyjna Wydział Informatyki i Telekomunikacji Poziom kształcenia studia drugiego stopnia 4 semestry (magister inżynier) Forma studiów studia stacjonarne Profil studiów profil ogólnoakademicki	Cykl kształcenia 2026/2027 Grupa zajęć Tak Języki wykładowe polski Obligatoryjność Wybieralny Blok zajęciowy Przedmioty kierunkowe Przedmiot powiązany z badaniami naukowymi Tak
--	---

Semestr Semestr 1	Forma zaliczenia Zaliczenie na ocenę Forma dydaktyczna i godziny zajęć Wykład: 15 Laboratorium: 30	Liczba punktów ECTS 4.0
-----------------------------	--	-----------------------------------

Przedmiotowe efekty uczenia się

Efekt przedmiotowy	Treść	Efekt kierunkowy
Z zakresu wiedzy		
PEU_W01	Rozróżnia współczesne style architektury oprogramowania oraz metody projektowania modularnych systemów informatycznych.	K2_INK_W05
PEU_W02	Opisuje zasady działania technologii konteneryzacji oraz orkiestracji aplikacji.	K2_INK_W05
PEU_W03	Charakteryzuje metody integracji systemów rozproszonych oraz mechanizmy komunikacji między usługami.	K2_INK_W05
Z zakresu umiejętności		
PEU_U01	Analizuje architekturę systemów informatycznych oraz modelować ich strukturę z wykorzystaniem odpowiednich narzędzi projektowych.	K2_INK_U05

PEU_U02	Przygotowuje środowisko uruchomieniowe aplikacji z wykorzystaniem technologii konteneryzacji.	K2_INK_U05
PEU_U03	Projektuje oraz implementuje aplikacje zgodnie z zasadami architektury mikroserwisowej i wzorcami nowoczesnych systemów informatycznych.	K2_INK_U05

Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się

Zapoznanie z nowoczesnymi architektuрами systemów informatycznych oraz współczesnymi technikami projektowania oprogramowania. Przedstawienie narzędzi i metod wykorzystywanych w procesie budowy i utrzymania systemów rozproszonych. Rozwijanie umiejętności projektowania oraz implementacji aplikacji z wykorzystaniem nowoczesnych narzędzi wytwarzania oprogramowania, w tym konteneryzacji i architektur mikroserwisowych.

Nakład pracy studenta

Rodzaje zajęć studenta	Średnia liczba godzin przeznaczonych na zrealizowane aktywności
Wykład	15
Laboratorium	30
Przygotowanie do zajęć	25
Przygotowanie projektu	30
Całkowity nakład pracy studenta (CNPS)	Liczba godzin 100



Technologie chmurowe

Karta przedmiotu

Informacje podstawowe

Kierunek studiów informatyka kwantowa Specjalność - Jednostka organizacyjna Wydział Informatyki i Telekomunikacji Poziom kształcenia studia drugiego stopnia 4 semestry (magister inżynier) Forma studiów studia stacjonarne Profil studiów profil ogólnoakademicki	Cykl kształcenia 2026/2027 Grupa zajęć Tak Języki wykładowe polski Obligatoryjność Wybieralny Blok zajęciowy Przedmioty kierunkowe Przedmiot powiązany z badaniami naukowymi Tak
--	---

Semestr Semestr 1	Forma zaliczenia Zaliczenie na ocenę Forma dydaktyczna i godziny zajęć Wykład: 15 Projekt: 30	Liczba punktów ECTS 4.0
-----------------------------	---	-----------------------------------

Przedmiotowe efekty uczenia się

Efekt przedmiotowy	Treść	Efekt kierunkowy
Z zakresu wiedzy		
PEU_W01	Charakteryzuje podstawowe modele usług chmurowych oraz technologie stosowane w środowiskach chmurowych, w tym maszyny wirtualne, kontenery oraz środowiska serverless.	K2_INK_W05
PEU_W02	Definiuje zasady projektowania skalowalnych i niezawodnych systemów informatycznych działających w chmurze.	K2_INK_W05
PEU_W03	Opisuje mechanizmy zarządzania tożsamością i dostępem, monitorowania infrastruktury oraz rejestrowania zdarzeń w systemach chmurowych.	K2_INK_W05
PEU_W04	Charakteryzuje metody automatyzacji zarządzania infrastrukturą oraz podejście Infrastructure as Code.	K2_INK_W05

Z zakresu umiejętności		
PEU_U01	Analizuje wymagania aplikacji i dobiera odpowiednie zasoby infrastruktury chmurowej.	K2_INK_U05
PEU_U02	Wdraża oraz przygotowuje środowisko aplikacyjne w platformie chmurowej.	K2_INK_U05
PEU_U03	Implementuje skalowalne aplikacje wykorzystujące zarządzane usługi chmurowe.	K2_INK_U05
PEU_U04	Kontroluje działanie aplikacji w środowisku chmurowym oraz analizuje metryki i logi systemowe.	K2_INK_U05

Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się

Omówienie koncepcji i modeli przetwarzania w chmurze obliczeniowej. Przedstawienie architektur i technologii wykorzystywanych do budowy skalowalnych systemów chmurowych. Rozwinięcie praktycznych umiejętności wdrażania i konfiguracji infrastruktury aplikacyjnej w środowisku chmurowym. Program przedmiotu przygotowuje do projektowania i implementacji systemów informatycznych działających w środowisku chmury obliczeniowej.

Nakład pracy studenta

Rodzaje zajęć studenta	Średnia liczba godzin przeznaczonych na zrealizowane aktywności
Wykład	15
Projekt	30
Przygotowanie do zajęć	10
Przygotowanie projektu	35
Przygotowanie do egzaminu/zaliczenia	8
Zaliczenie/Egzamin	2
Całkowity nakład pracy studenta (CNPS)	Liczba godzin 100



Język obcy 2.1

Karta przedmiotu

Informacje podstawowe

Kierunek studiów lektoraty	Cykl kształcenia 2026/2027
Specjalność -	Języki wykładowe polski
Jednostka organizacyjna Politechnika Wroclawska	Obligatoryjność Wybieralny
Poziom kształcenia studia drugiego stopnia	Blok zajęciowy Języki obce
Forma studiów studia stacjonarne	
Profil studiów profil ogólnoakademicki	

Semestry Semestr 1, Semestr 2, Semestr 3, Semestr 4	Forma dydaktyczna, godziny zajęć, liczba punktów ECTS i forma zaliczenia • Ćwiczenia: 30 godz., 2 ECTS, Zaliczenie na ocenę
--	---

Przedmiotowe efekty uczenia się

Efekt przedmiotowy	Treść	Efekt kierunkowy
Z zakresu umiejętności		
PEU_U01	Ma wiedzę, umiejętności i kompetencje zgodne z wymaganiami określonymi dla poziomu minimum B2 wg Europejskiego Systemu Opisu Kształcenia Językowego; zna, rozumie i stosuje środki językowe (gramatyczne, leksykalne i stylistyczne) z języka akademickiego, specjalistycznego i technicznego stosowane w dziedzinie studiowanego kierunku oraz w środowisku akademickim i zawodowym; porozumiewa się w środowisku interkulturowym i zawodowym; rozumie i posiada umiejętność analizy obcojęzycznych tekstów specjalistycznych; doskonali swoje umiejętności w obszarze języka specjalistycznego i akademickiego.	SJO_S2_U01

Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się

B2 plus język angielski, francuski, hiszpański, niemiecki

C1 plus język angielski

Ogólne treści kształcenia

Kształcenie oraz pogłębianie kompetencji komunikacyjnych w środowisku akademickim i zawodowym.

Interakcja adekwatna dla właściwego poziomu kompetencji językowych, np. własny profil studenta dla celów akademickich i zawodowych. Pogłębianie kompetencji twórczych, odbiorczych i interaktywnych w zespole.

Język w komunikacji na polu specjalistycznym i zawodowym we współczesnym świecie. Komunikacja werbalna i niewerbalna – swobodne funkcjonowanie w środowisku interkulturowym, prowadzenie dyskursu, polemiki, analiza tekstów specjalistycznych.

Nakład pracy studenta

Rodzaje zajęć studenta	Średnia liczba godzin przeznaczonych na zrealizowane aktywności
Ćwiczenia	30
Przygotowanie do zajęć	30
Całkowity nakład pracy studenta (CNPS)	Liczba godzin 60



Fizyka kwantowa Karta przedmiotu

Informacje podstawowe

Kierunek studiów informatyka kwantowa Specjalność - Jednostka organizacyjna Wydział Informatyki i Telekomunikacji Poziom kształcenia studia drugiego stopnia 4 semestry (magister inżynier) Forma studiów studia stacjonarne Profil studiów profil ogólnoakademicki	Cykl kształcenia 2026/2027 Grupa zajęć Tak Języki wykładowe polski Obligatoryjność Obowiązkowy Blok zajęciowy Przedmioty kształcenia podstawowego - fizyka
--	--

Semestr Semestr 2	Forma zaliczenia Zaliczenie na ocenę Forma dydaktyczna i godziny zajęć Wykład: 30 Ćwiczenia: 30	Liczba punktów ECTS 5.0
-----------------------------	---	-----------------------------------

Przedmiotowe efekty uczenia się

Efekt przedmiotowy	Treść	Efekt kierunkowy
Z zakresu wiedzy		
PEU_W01	Wyjaśnia pojęcia mechaniki kwantowej oraz formalizm opisu stanów kwantowych.	K2_INK_W06
PEU_W02	Opisuje własności operatorów fizycznych, pomiarów kwantowych oraz konsekwencje zasady nieoznaczoności Heisenberga.	K2_INK_W06
PEU_W03	Charakteryzuje zjawiska kwantowe takie jak spin, splątanie, zakaz Pauliego oraz nierówności Bella.	K2_INK_W06
PEU_W04	Wyjaśnia modele układów kwantowych oraz metody ich analizy, w tym rachunek zaburzeń i elementy kwantowej teorii pola.	K2_INK_W06
Z zakresu umiejętności		

PEU_U01	Rozwiązuje równanie Schrödingera dla prostych układów modelowych i interpretuje uzyskane funkcje własne oraz poziomy energii.	K2_INK_U02
PEU_U02	Posługuje się formalizmem operatorowym mechaniki kwantowej, w tym operatorami pędu, energii oraz operatorami kreacji i anihilacji.	K2_INK_U02
PEU_U03	Analizuje układy spinowe oraz oblicza wielkości fizyczne związane ze spinowym momentem pędu i oddziaływaniem z polem magnetycznym.	K2_INK_U02
PEU_U04	Interpretuje zjawiska kwantowe, w tym splątanie, pomiary kwantowe i nierówności Bella, w oparciu o formalizm matematyczny mechaniki kwantowej.	K2_INK_U02

Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się

Przedmiot obejmuje zagadnienia fizyki kwantowej, ze szczególnym uwzględnieniem formalizmu mechaniki kwantowej oraz interpretacji zjawisk mikroskopowych. Omawiane są stany kwantowe, funkcja falowa i jej własności, operatory obserwabli oraz pomiary kwantowe. Przedmiot wprowadza równanie Schrödingera i jego rozwiązania dla klasycznych układów modelowych, takich jak liniowy oscylator harmoniczny i cząstka w polu magnetycznym. Szczególny nacisk położony jest na spin, zasadę Pauliego, splątanie kwantowe oraz konsekwencje nierówności Bella i paradoksu EPR.

Nakład pracy studenta

Rodzaje zajęć studenta	Średnia liczba godzin przeznaczonych na zrealizowane aktywności
Wykład	30
Ćwiczenia	30
Przygotowanie do zajęć	25
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	30
Przygotowanie do egzaminu/zaliczenia	8
Zaliczenie/Egzamin	2
Całkowity nakład pracy studenta (CNPS)	Liczba godzin 125



Matematyka kwantowa

Karta przedmiotu

Informacje podstawowe

Kierunek studiów informatyka kwantowa Specjalność - Jednostka organizacyjna Wydział Informatyki i Telekomunikacji Poziom kształcenia studia drugiego stopnia 4 semestry (magister inżynier) Forma studiów studia stacjonarne Profil studiów profil ogólnoakademicki	Cykl kształcenia 2026/2027 Grupa zajęć Tak Języki wykładowe polski Obligatoryjność Obowiązkowy Blok zajęciowy Przedmioty kształcenia podstawowego - matematyka
--	--

Semestr Semestr 2	Forma zaliczenia Egzamin Forma dydaktyczna i godziny zajęć Wykład: 30 Ćwiczenia: 30	Liczba punktów ECTS 5.0
-----------------------------	---	-----------------------------------

Przedmiotowe efekty uczenia się

Efekt przedmiotowy	Treść	Efekt kierunkowy
Z zakresu wiedzy		
PEU_W01	Wyjaśnia twierdzenia Banacha-Steinhausa i Hahna-Banacha oraz ich zastosowania w analizie operatorów liniowych i mechanice kwantowej, w tym dualność przestrzeni stanów i ograniczoność rodzin kanałów kwantowych.	K2_INK_W06
PEU_W02	Objaśnia aksjomaty algebr C^* , rozpoznaje przykłady kluczowe ($B(H)$, $M_n(C)$) oraz wyjaśnia rolę stanów i funkcjonałów pozytywnych w opisie układów kwantowych.	K2_INK_W06
PEU_W03	Wyjaśnia własności algebr von Neumanna (topologie operatorowe, tw. bicommutant) oraz rozumie znaczenie stanów normalnych i entropii von Neumanna w kontekście korekcji błędów i stabilności obliczeń kwantowych.	K2_INK_W06

Z zakresu umiejętności		
PEU_U01	Wykonuje kalkulację funkcjonalną na operatorach normalnych ($f(N)$), stosuje ją do obliczania ewolucji unitarnych e^{iH} i analizy obserwabli, oraz interpretuje wyniki w kontekście symulacji kwantowych.	K2_INK_U02
PEU_U02	Konstruuje i klasyfikuje CP-mapy przy użyciu macierzy Choi, stosuje twierdzenie Choi-Krausa do dekompozycji kanałów kwantowych oraz analizuje ich normy diamentowe jako miary błędów w obliczeniach.	K2_INK_U02

Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się

Przedmiot koncentruje się na zaawansowanej analizie operatorowej i algebrach operatorowych stanowiących matematyczny fundament kwantowych kanałów informacji i korekcji błędów. W ramach przedmiotu zgłębia się topologie operatorowe w $B(H)$ oraz kluczowe twierdzenia analizy funkcjonalnej w kontekście ograniczoności i dualności kanałów kwantowych.

Nakład pracy studenta

Rodzaje zajęć studenta	Średnia liczba godzin przeznaczonych na zrealizowane aktywności
Wykład	30
Ćwiczenia	30
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	50
Przygotowanie do egzaminu/zaliczenia	11
Zaliczenie/Egzamin	4
Całkowity nakład pracy studenta (CNPS)	Liczba godzin 125



Symulatory komputerów kwantowych Karta przedmiotu

Informacje podstawowe

Kierunek studiów informatyka kwantowa	Cykl kształcenia 2026/2027
Specjalność -	Grupa zajęć Tak
Jednostka organizacyjna Wydział Informatyki i Telekomunikacji	Języki wykładowe polski, angielski
Poziom kształcenia studia drugiego stopnia 4 semestry (magister inżynier)	Obligatoryjność Obowiązkowy
Forma studiów studia stacjonarne	Blok zajęciowy Przedmioty kierunkowe
Profil studiów profil ogólnoakademicki	Przedmiot powiązany z badaniami naukowymi Tak

Semestr Semestr 2	Forma zaliczenia Zaliczenie na ocenę	Liczba punktów ECTS 3.0
	Forma dydaktyczna i godziny zajęć Wykład: 15 Projekt: 15	

Przedmiotowe efekty uczenia się

Efekt przedmiotowy	Treść	Efekt kierunkowy
Z zakresu wiedzy		
PEU_W01	Wyjaśnia i porównuje modele oraz podejścia do symulacji obwodów kwantowych, uwzględniając ich podstawy teoretyczne oraz konsekwencje wynikające z ograniczeń architektur QPU.	K2_INK_W01
PEU_W02	Charakteryzuje metody optymalizacji i przyspieszania symulacji obliczeń kwantowych z wykorzystaniem akceleracji GPU i FPGA oraz wskazuje ich przewagi, ograniczenia i typowe obszary zastosowań w analizie algorytmów kwantowych.	K2_INK_W01
Z zakresu umiejętności		

PEU_U01	Dobiera i dostosowuje metody oraz narzędzia symulacji obwodów kwantowych do docelowej architektury QPU i charakteru zadania, świadomie uwzględniając ograniczenia typowe dla ery NISQ.	K2_INK_U01
PEU_U02	Planuje, przeprowadza i weryfikuje eksperymenty obliczeniowe na symulatorach oraz rzeczywistych QPU, interpretuje uzyskane wyniki i ocenia ich poprawność z wykorzystaniem testów równoważności.	K2_INK_U01

Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się

Przedmiot omawia rolę symulatorów jednostek obliczeń kwantowych (QPU) w procesie projektowania, testowania oraz analizy algorytmów i obwodów kwantowych. Przedstawiane są modele i podejścia wykorzystywane w środowiskach symulacyjnych, w tym metody symulacji ukierunkowane na różne architektury oraz wymagania zastosowań. Istotną część treści stanowią techniki optymalizacji i przyspieszania symulacji z wykorzystaniem akceleracji obliczeń na GPU oraz FPGA, wraz z omówieniem ich ograniczeń i kosztów obliczeniowych. Uzupełnieniem jest wprowadzenie do testów równoważności jako narzędzi weryfikacji poprawności obwodów oraz wyników symulacji. Przedmiot wspiera rozwój kompetencji w doborze narzędzi symulacyjnych oraz krytycznej interpretacji wyników uzyskiwanych w warunkach symulacyjnych.

Nakład pracy studenta

Rodzaje zajęć studenta	Średnia liczba godzin przeznaczonych na zrealizowane aktywności
Wykład	15
Projekt	15
Przygotowanie projektu	19
Przygotowanie raportu/sprawozdania/prezentacji/referatu	8
Przeprowadzenie badań literaturowych	6
Przygotowanie do egzaminu/zaliczenia	6
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	6
Całkowity nakład pracy studenta (CNPS)	Liczba godzin 75



Projekt badawczy Karta przedmiotu

Informacje podstawowe

Kierunek studiów informatyka kwantowa Specjalność - Jednostka organizacyjna Wydział Informatyki i Telekomunikacji Poziom kształcenia studia drugiego stopnia 4 semestry (magister inżynier) Forma studiów studia stacjonarne Profil studiów profil ogólnoakademicki	Cykl kształcenia 2026/2027 Grupa zajęć Tak Języki wykładowe polski Obligatoryjność Obowiązkowy Blok zajęciowy Przedmioty kierunkowe Przedmiot powiązany z badaniami naukowymi Tak
--	--

Semestr Semestr 2	Forma zaliczenia Zaliczenie na ocenę Forma dydaktyczna i godziny zajęć Projekt: 60	Liczba punktów ECTS 4.0
-----------------------------	---	-----------------------------------

Przedmiotowe efekty uczenia się

Efekt przedmiotowy	Treść	Efekt kierunkowy
Z zakresu umiejętności		
PEU_U01	Formułuje problem badawczy oraz dobiera metody jego rozwiązania w oparciu o aktualną literaturę naukową.	K2_INK_U09
PEU_U02	Projektuje i przeprowadza eksperymenty obliczeniowe oraz analizuje uzyskane wyniki.	K2_INK_U09
PEU_U03	Opracowuje raport naukowy dokumentujący przeprowadzone badania wraz z interpretacją wyników.	K2_INK_U09
Z zakresu kompetencji społecznych		
PEU_K01	Jest odpowiedzialny za rzetelność prowadzonych badań oraz wiarygodność uzyskanych wyników.	K2_INK_K01

PEU_K02	Jest gotowy do współpracy w zespole badawczym oraz prezentacji wyników badań w środowisku naukowym.	K2_INK_K01
---------	---	------------

Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się

Przedmiot koncentruje się na samodzielnym prowadzeniu badań naukowych w wybranym obszarze informatyki kwantowej. Pogłębienia jest umiejętność analizy literatury naukowej, formułowania szczegółowych hipotez badawczych oraz planowania eksperymentów obliczeniowych. Istotnym elementem przedmiotu jest implementacja i testowanie wybranych algorytmów, analiza wyników oraz krytyczna interpretacja rezultatów badań. Zajęcia obejmują również przygotowanie raportu naukowego w standardzie publikacji konferencyjnej lub artykułu naukowego oraz prezentację wyników badań.

Nakład pracy studenta

Rodzaje zajęć studenta	Średnia liczba godzin przeznaczonych na zrealizowane aktywności
Projekt	60
Przeprowadzenie badań literaturowych	10
Przygotowanie projektu	10
Przeprowadzenie badań empirycznych	10
Przygotowanie raportu/sprawozdania/prezentacji/referatu	10
Całkowity nakład pracy studenta (CNPS)	Liczba godzin 100



Kompilacja obwodów kwantowych Karta przedmiotu

Informacje podstawowe

Kierunek studiów informatyka kwantowa Specjalność - Jednostka organizacyjna Wydział Informatyki i Telekomunikacji Poziom kształcenia studia drugiego stopnia 4 semestry (magister inżynier) Forma studiów studia stacjonarne Profil studiów profil ogólnoakademicki	Cykl kształcenia 2026/2027 Grupa zajęć Tak Języki wykładowe polski Obligatoryjność Wybieralny Blok zajęciowy Przedmioty kierunkowe Przedmiot powiązany z badaniami naukowymi Tak
--	---

Semestr Semestr 2	Forma zaliczenia Zaliczenie na ocenę Forma dydaktyczna i godziny zajęć Wykład: 30 Laboratorium: 15	Liczba punktów ECTS 4.0
-----------------------------	--	-----------------------------------

Przedmiotowe efekty uczenia się

Efekt przedmiotowy	Treść	Efekt kierunkowy
Z zakresu wiedzy		
PEU_W01	Opisuje i charakteryzuje główne etapy procesu kompilacji obwodów kwantowych oraz algorytmy stosowane na poszczególnych etapach.	K2_INK_W08
PEU_W02	Wyjaśnia i porównuje techniki optymalizacji obwodów kwantowych, zarówno niezależne od architektury, jak i dedykowane konkretnym architekturom komputerów kwantowych.	K2_INK_W08
PEU_W03	Wymienia i objaśnia miary jakości kompilacji obwodów kwantowych oraz identyfikuje główne źródła błędów wynikające z ograniczeń fizycznych i architektonicznych.	K2_INK_W08

PEU_W04	Przedstawia i porównuje popularne biblioteki oraz narzędzia do kompilacji obwodów kwantowych.	K2_INK_W08
Z zakresu umiejętności		
PEU_U01	Analizuje i ocenia jakość skompilowanych obwodów kwantowych przy użyciu miar efektywności oraz identyfikuje źródła błędów wynikające z ograniczeń architektury i fizyki.	K2_INK_U06
PEU_U02	Projektuje i wdraża algorytmy dla wybranych etapów procesu kompilacji obwodów kwantowych, w tym techniki optymalizacji dostosowane do konkretnych algorytmów kwantowych.	K2_INK_U06
PEU_U03	Korzysta z narzędzi kompilacji kwantowej, dokonuje transformacji obwodu kwantowego tak, by spełniał ograniczenia sprzętowe oraz ocenia wpływ tych transformacji na poprawność i efektywność działania na rzeczywistym urządzeniu kwantowym.	K2_INK_U06

Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się

Proces kompilacji obwodów kwantowych i jego główne etapy, algorytmy oraz techniki optymalizacji zarówno niezależne od architektury, jak i dedykowane dla konkretnych architektur komputerów kwantowych, dedykowane metody kompilacji dla wybranych algorytmów kwantowych, miary jakości kompilacji obwodów, źródła błędów wynikające z ograniczeń architektur i fizyki komputerów kwantowych oraz praktyczne narzędzia i biblioteki do kompilacji, ze szczególnym uwzględnieniem Qiskit.

Nakład pracy studenta

Rodzaje zajęć studenta	Średnia liczba godzin przeznaczonych na zrealizowane aktywności
Wykład	30
Laboratorium	15
Przygotowanie do zajęć	25
Przygotowanie do egzaminu/zaliczenia	10
Przeprowadzenie badań empirycznych	15
Samodzielne doskonalenie umiejętności praktycznych	5
Całkowity nakład pracy studenta (CNPS)	Liczba godzin 100



Transpilation Karta przedmiotu

Informacje podstawowe

Kierunek studiów informatyka kwantowa Specjalność - Jednostka organizacyjna Wydział Informatyki i Telekomunikacji Poziom kształcenia studia drugiego stopnia 4 semestry (magister inżynier) Forma studiów studia stacjonarne Profil studiów profil ogólnoakademicki	Cykl kształcenia 2026/2027 Grupa zajęć Tak Języki wykładowe angielski Obligatoryjność Wybieralny Blok zajęciowy Przedmioty kierunkowe Przedmiot powiązany z badaniami naukowymi Tak
--	--

Semestr Semestr 2	Forma zaliczenia Zaliczenie na ocenę Forma dydaktyczna i godziny zajęć Wykład: 30 Laboratorium: 15	Liczba punktów ECTS 4.0
-----------------------------	--	-----------------------------------

Przedmiotowe efekty uczenia się

Efekt przedmiotowy	Treść	Efekt kierunkowy
Z zakresu wiedzy		
PEU_W01	Opisuje i charakteryzuje główne etapy procesu kompilacji obwodów kwantowych oraz algorytmy stosowane na poszczególnych etapach.	K2_INK_W08
PEU_W02	Wyjaśnia i porównuje techniki optymalizacji obwodów kwantowych, zarówno niezależne od architektury, jak i dedykowane konkretnym architekturom komputerów kwantowych.	K2_INK_W08
PEU_W03	Wymienia i objaśnia miary jakości kompilacji obwodów kwantowych oraz identyfikuje główne źródła błędów wynikające z ograniczeń fizycznych i architektonicznych.	K2_INK_W08

PEU_W04	Przedstawia i porównuje popularne biblioteki oraz narzędzia do kompilacji obwodów kwantowych.	K2_INK_W08
Z zakresu umiejętności		
PEU_U01	Analizuje i ocenia jakość skompilowanych obwodów kwantowych przy użyciu miar efektywności oraz identyfikuje źródła błędów wynikające z ograniczeń architektury i fizyki.	K2_INK_U06
PEU_U02	Projektuje i wdraża algorytmy dla wybranych etapów procesu kompilacji obwodów kwantowych, w tym techniki optymalizacji dostosowane do konkretnych algorytmów kwantowych.	K2_INK_U06
PEU_U03	Korzysta z narzędzi kompilacji kwantowej, dokonuje transformacji obwodu kwantowego tak, by spełniał ograniczenia sprzętowe oraz ocenia wpływ tych transformacji na poprawność i efektywność działania na rzeczywistym urządzeniu kwantowym.	K2_INK_U06

Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się

Proces kompilacji obwodów kwantowych i jego główne etapy, algorytmy oraz techniki optymalizacji zarówno niezależne od architektury, jak i dedykowane dla konkretnych architektur komputerów kwantowych, dedykowane metody kompilacji dla wybranych algorytmów kwantowych, miary jakości kompilacji obwodów, źródła błędów wynikające z ograniczeń architektur i fizyki komputerów kwantowych oraz praktyczne narzędzia i biblioteki do kompilacji, ze szczególnym uwzględnieniem Qiskit.

Nakład pracy studenta

Rodzaje zajęć studenta	Średnia liczba godzin przeznaczonych na zrealizowane aktywności
Wykład	30
Laboratorium	15
Przygotowanie do zajęć	25
Przygotowanie do egzaminu/zaliczenia	10
Przeprowadzenie badań empirycznych	15
Samodzielne doskonalenie umiejętności praktycznych	5
Całkowity nakład pracy studenta (CNPS)	Liczba godzin 100



Kwantowe uczenie maszynowe Karta przedmiotu

Informacje podstawowe

Kierunek studiów informatyka kwantowa Specjalność - Jednostka organizacyjna Wydział Informatyki i Telekomunikacji Poziom kształcenia studia drugiego stopnia 4 semestry (magister inżynier) Forma studiów studia stacjonarne Profil studiów profil ogólnoakademicki	Cykl kształcenia 2026/2027 Grupa zajęć Tak Języki wykładowe polski Obligatoryjność Wybieralny Blok zajęciowy Przedmioty kierunkowe Przedmiot powiązany z badaniami naukowymi Tak
--	---

Semestr Semestr 2	Forma zaliczenia Zaliczenie na ocenę Forma dydaktyczna i godziny zajęć Wykład: 15 Laboratorium: 15	Liczba punktów ECTS 4.0
-----------------------------	--	-----------------------------------

Przedmiotowe efekty uczenia się

Efekt przedmiotowy	Treść	Efekt kierunkowy
Z zakresu wiedzy		
PEU_W01	Rozpoznaje techniki kwantowego uczenia maszynowego, ze szczególnym uwzględnieniem algorytmów przeznaczonych do klasyfikacji.	K2_INK_W07
PEU_W02	Wyjaśnia zasady działania wariacyjnych obwodów kwantowych stosowanych w uczeniu maszynowym oraz rozróżnia mechanizmy kwantowego kodowania danych i przygotowywania stanów.	K2_INK_W07
PEU_W03	Wyjaśnia ograniczenia i przewagi metod kwantowych w aktualnej erze NISQ oraz potrafi wskazać potencjalne obszary ich zastosowań w porównaniu z klasycznymi technikami uczenia.	K2_INK_W07
Z zakresu umiejętności		

PEU_U01	Przygotowuje dane do przetwarzania kwantowego, w tym stosuje metody kodowania danych oraz dostosowuje je do ograniczeń obwodów kwantowych.	K2_INK_U03
PEU_U02	Projektuje oraz opracowuje modele kwantowego uczenia maszynowego oparte na wariacyjnych obwodach kwantowych	K2_INK_U03
PEU_U03	Planuje, organizuje i weryfikuje eksperymenty na symulatorach i rzeczywistych procesorach kwantowych, analizuje wyniki oraz interpretuje skutki szumów, błędów pomiarowych i ograniczonej głębokości obwodów.	K2_INK_U03

Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się

Przedmiot koncentruje się na zastosowaniu obliczeń kwantowych w uczeniu maszynowym, ze szczególnym uwzględnieniem zadań klasyfikacji. Omawiane są architektury kwantowych sieci neuronowych, metody kodowania danych klasycznych w przestrzeni kwantowej, a także techniki analizy wyników i trenowania modeli. Prezentowane podejścia bazują na optymalizacji wariacyjnych obwodów kwantowych wykorzystywanych w zadaniach uczenia maszynowego. W ramach zajęć przewidziana jest praca z literaturą oraz implementacja własnych modeli, co umożliwi zdobycie praktycznych umiejętności oraz rozwinięcie krytycznego podejścia do nowoczesnych metod kwantowego uczenia maszynowego.

Nakład pracy studenta

Rodzaje zajęć studenta	Średnia liczba godzin przeznaczonych na zrealizowane aktywności
Wykład	15
Laboratorium	15
Przygotowanie do egzaminu/zaliczenia	8
Zaliczenie/Egzamin	2
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	25
Przygotowanie do zajęć	35
Całkowity nakład pracy studenta (CNPS)	Liczba godzin 100



Informacje podstawowe

Kierunek studiów informatyka kwantowa	Cykl kształcenia 2026/2027
Specjalność -	Grupa zajęć Tak
Jednostka organizacyjna Wydział Informatyki i Telekomunikacji	Języki wykładowe angielski
Poziom kształcenia studia drugiego stopnia 4 semestry (magister inżynier)	Obligatoryjność Wybieralny
Forma studiów studia stacjonarne	Blok zajęciowy Przedmioty kierunkowe
Profil studiów profil ogólnoakademicki	Przedmiot powiązany z badaniami naukowymi Tak

Semestr Semestr 2	Forma zaliczenia Zaliczenie na ocenę	Liczba punktów ECTS 4.0
	Forma dydaktyczna i godziny zajęć Wykład: 15 Laboratorium: 15	

Przedmiotowe efekty uczenia się

Efekt przedmiotowy	Treść	Efekt kierunkowy
Z zakresu wiedzy		
PEU_W01	Opisuje architektury kwantowych sieci neuronowych oraz ich rolę w modelowaniu nieliniowych zależności w zadaniach klasyfikacyjnych.	K2_INK_W07
PEU_W02	Wyjaśnia zależność pomiędzy strukturą wariacyjnego obwodu kwantowego a procesem uczenia kwantowej sieci neuronowej, w tym wpływ doboru ansatzu i parametrów obwodu.	K2_INK_W07
PEU_W03	Charakteryzuje ograniczenia trenowania kwantowych sieci neuronowych w erze NISQ oraz omawia konsekwencje szumu i problemu zanikania gradientów dla jakości uczenia.	K2_INK_W07
Z zakresu umiejętności		

PEU_U01	Dobiera i implementuje metody kodowania danych odpowiednie dla kwantowych sieci neuronowych, uwzględniając ograniczenia architektury sprzętu kwantowego.	K2_INK_U03
PEU_U02	Projektuje i implementuje kwantowe sieci neuronowe oparte na wariacyjnych obwodach kwantowych oraz dostosowuje proces trenowania do warunków obliczeń hybrydowych.	K2_INK_U03
PEU_U03	Analizuje stabilność i skuteczność trenowania kwantowych sieci neuronowych na symulatorach i rzeczywistych procesorach kwantowych, interpretując wpływ szumu, głębokości obwodów i doboru ansatzu.	K2_INK_U03

Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się

Przedmiot poświęcony jest wykorzystaniu obliczeń kwantowych w projektowaniu i analizie kwantowych sieci neuronowych (Quantum Neural Networks), ze szczególnym uwzględnieniem ich zastosowania w zadaniach klasyfikacyjnych. Omawiane są struktury wariacyjnych obwodów kwantowych pełniących rolę modeli neuronowych, metody reprezentacji i kodowania danych klasycznych w przestrzeni stanów kwantowych. Istotnym elementem zajęć jest analiza procesu trenowania modeli QNN, interpretacja uzyskanych wyników oraz identyfikacja ograniczeń wynikających z obecnych technologii kwantowych.

Nakład pracy studenta

Rodzaje zajęć studenta	Średnia liczba godzin przeznaczonych na zrealizowane aktywności
Wykład	15
Laboratorium	15
Przygotowanie do zajęć	35
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	25
Przygotowanie do egzaminu/zaliczenia	8
Zaliczenie/Egzamin	2
Całkowity nakład pracy studenta (CNPS)	Liczba godzin 100



Optymalizacja kwantowa Karta przedmiotu

Informacje podstawowe

Kierunek studiów informatyka kwantowa Specjalność - Jednostka organizacyjna Wydział Informatyki i Telekomunikacji Poziom kształcenia studia drugiego stopnia 4 semestry (magister inżynier) Forma studiów studia stacjonarne Profil studiów profil ogólnoakademicki	Cykl kształcenia 2026/2027 Grupa zajęć Tak Języki wykładowe polski Obligatoryjność Wybieralny Blok zajęciowy Przedmioty kierunkowe Przedmiot powiązany z badaniami naukowymi Tak
--	---

Semestr Semestr 2	Forma zaliczenia Zaliczenie na ocenę Forma dydaktyczna i godziny zajęć Wykład: 30 Projekt: 30	Liczba punktów ECTS 5.0
-----------------------------	---	-----------------------------------

Przedmiotowe efekty uczenia się

Efekt przedmiotowy	Treść	Efekt kierunkowy
Z zakresu wiedzy		
PEU_W01	Posiada ugruntowaną oraz poszerzoną wiedzę w obszarze konstrukcji modeli matematycznych problemów optymalizacji dyskretnej na potrzeby obliczeń kwantowych.	K2_INK_W04
PEU_W02	Posiada ugruntowaną oraz poszerzoną wiedzę o algorytmach optymalizacji kwantowej.	K2_INK_W04
Z zakresu umiejętności		
PEU_U01	Potrafi zapisać modele matematyczne problemów optymalizacji dyskretnej w formie gotowej do użycia w środowiskach obliczeń kwantowych.	K2_INK_U04

PEU_U02	Potrafi zastosować algorytmy optymalizacji kwantowej do rozwiązywania problemów harmonogramowania, trasowania i przydziału zasobów.	K2_INK_U04
PEU_U03	Potrafi wykorzystać środowiska obliczeń kwantowych oraz symulatory obliczeń kwantowych w obszarze optymalizacji dyskretnej.	K2_INK_U04

Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się

QUBO - reprezentacja problemów optymalizacji dyskretnej na potrzeby obliczeń kwantowych. Techniki konwersji reprezentacji modeli z ograniczeniami. Narzędzia i środowiska do prowadzenia obliczeń kwantowych. Algorytmy optymalizacji kwantowej - wyzarzanie kwantowe, QAOA, VQE. Optymalizacja kwantowa w problemach przydziału, pakowania, harmonogramowania, trasowania pojazdów.

Nakład pracy studenta

Rodzaje zajęć studenta	Średnia liczba godzin przeznaczonych na zrealizowane aktywności
Wykład	30
Projekt	30
Przygotowanie projektu	30
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	25
Przygotowanie do egzaminu/zaliczenia	10
Całkowity nakład pracy studenta (CNPS)	Liczba godzin 125



Advanced Optimization Techniques Karta przedmiotu

Informacje podstawowe

Kierunek studiów informatyka kwantowa Specjalność - Jednostka organizacyjna Wydział Informatyki i Telekomunikacji Poziom kształcenia studia drugiego stopnia 4 semestry (magister inżynier) Forma studiów studia stacjonarne Profil studiów profil ogólnoakademicki	Cykl kształcenia 2026/2027 Grupa zajęć Tak Języki wykładowe angielski Obligatoryjność Wybieralny Blok zajęciowy Przedmioty kierunkowe Przedmiot powiązany z badaniami naukowymi Tak
--	--

Semestr Semestr 2	Forma zaliczenia Zaliczenie na ocenę Forma dydaktyczna i godziny zajęć Wykład: 30 Projekt: 30	Liczba punktów ECTS 5.0
-----------------------------	---	-----------------------------------

Przedmiotowe efekty uczenia się

Efekt przedmiotowy	Treść	Efekt kierunkowy
Z zakresu wiedzy		
PEU_W01	Wyjaśnia modele optymalizacji dyskretnej stosowane w optymalizacji kwantowej, w szczególności formalizm QUBO.	K2_INK_W04
PEU_W02	Opisuje zasady działania algorytmów kwantowych do rozwiązywania problemów optymalizacyjnych, w tym QAOA i algorytmów wariacyjnych.	K2_INK_W04
PEU_W03	Charakteryzuje podejścia hybrydowe łączące klasyczne i kwantowe techniki optymalizacji oraz ich ograniczenia praktyczne.	K2_INK_W04
Z zakresu umiejętności		
PEU_U01	Formułuje problemy optymalizacyjne w postaci QUBO oraz dobiera odpowiednie metody ich rozwiązania.	K2_INK_U04

PEU_U02	Implementuje algorytmy optymalizacji kwantowej i hybrydowej w dostępnych środowiskach obliczeniowych.	K2_INK_U04
PEU_U03	Planuje i przeprowadza eksperymenty porównawcze w celu oceny skuteczności metod klasycznych, kwantowych i hybrydowych.	K2_INK_U04
PEU_U04	Opracowuje raporty projektowe dokumentujące przyjęte modele, metody oraz uzyskane wyniki.	K2_INK_U04

Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się

Przedmiot poświęcony jest zaawansowanym technikom optymalizacji ze szczególnym uwzględnieniem optymalizacji kwantowej oraz podejść hybrydowych łączących klasyczne i kwantowe metody obliczeniowe.

Nakład pracy studenta

Rodzaje zajęć studenta	Średnia liczba godzin przeznaczonych na zrealizowane aktywności
Wykład	30
Projekt	30
Przygotowanie do zajęć	5
Przeprowadzenie badań literaturowych	5
Przygotowanie projektu	25
Przeprowadzenie badań empirycznych	20
Przygotowanie raportu/sprawozdania/prezentacji/referatu	10
Całkowity nakład pracy studenta (CNPS)	Liczba godzin 125



Informacja kwantowa Karta przedmiotu

Informacje podstawowe

Kierunek studiów informatyka kwantowa Specjalność - Jednostka organizacyjna Wydział Informatyki i Telekomunikacji Poziom kształcenia studia drugiego stopnia 4 semestry (magister inżynier) Forma studiów studia stacjonarne Profil studiów profil ogólnoakademicki	Cykl kształcenia 2026/2027 Języki wykładowe polski, angielski Obligatoryjność Obowiązkowy Blok zajęciowy Przedmioty kierunkowe
--	---

Semestr Semestr 3	Forma dydaktyczna, godziny zajęć, liczba punktów ECTS i forma zaliczenia • Wykład: 30 godz., 2 ECTS, Egzamin
-----------------------------	--

Przedmiotowe efekty uczenia się

Efekt przedmiotowy	Treść	Efekt kierunkowy
Z zakresu wiedzy		
PEU_W01	Wyjaśnia pojęcia teorii informacji klasycznej i kwantowej, w tym miary informacji i entropii.	K2_INK_W02
PEU_W02	Opisuje własności kanałów kwantowych w warunkach bezszumowych i szumowych oraz ich znaczenie w przesyłaniu informacji.	K2_INK_W02
PEU_W03	Charakteryzuje fundamentalne twierdzenia teorii informacji kwantowej, w tym kwantowe twierdzenie Shannona oraz związane z nim ograniczenia.	K2_INK_W02
PEU_W04	Wyjaśnia zasady działania protokołów komunikacji kwantowej, w tym protokołów jednostkowych i koherentnych.	K2_INK_W02
PEU_W05	Opisuje metody kompresji informacji kwantowej, koncentracji splątania oraz pojemności kanałów kwantowych.	K2_INK_W02

Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się

Przedmiot poświęcony jest teorii informacji kwantowej, obejmującej formalne podstawy opisu, przesyłania i przetwarzania informacji w układach kwantowych. Omawiane są miary informacji klasycznej i kwantowej, własności entropii oraz charakterystyka kanałów informacyjnych w warunkach bezszumowych i szumowych. Przedmiot wprowadza fundamentalne twierdzenia teorii informacji kwantowej, w tym kwantowe twierdzenie Shannona, oraz analizuje protokoły komunikacji kwantowej i ich ograniczenia. Zakres obejmuje zagadnienia kompresji informacji, koncentracji splątania oraz pojemności kanałów kwantowych. Szczególny nacisk położony jest na formalne narzędzia matematyczne i ich interpretację w kontekście komunikacji i przetwarzania informacji kwantowej.

Nakład pracy studenta

Rodzaje zajęć studenta	Średnia liczba godzin przeznaczonych na zrealizowane aktywności
Wykład	30
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	10
Przygotowanie do egzaminu/zaliczenia	8
Zaliczenie/Egzamin	2
Całkowity nakład pracy studenta (CNPS)	Liczba godzin 50



Wykład monograficzny Karta przedmiotu

Informacje podstawowe

Kierunek studiów informatyka kwantowa Specjalność - Jednostka organizacyjna Wydział Informatyki i Telekomunikacji Poziom kształcenia studia drugiego stopnia 4 semestry (magister inżynier) Forma studiów studia stacjonarne Profil studiów profil ogólnoakademicki	Cykl kształcenia 2026/2027 Grupa zajęć Tak Języki wykładowe polski, angielski Obligatoryjność Obowiązkowy Blok zajęciowy Przedmioty kierunkowe Przedmiot powiązany z badaniami naukowymi Tak
--	---

Semestr Semestr 3	Forma zaliczenia Zaliczenie na ocenę Forma dydaktyczna i godziny zajęć Wykład: 15, w tym zajęcia zdalne: • Wykład synchroniczny: 4	Liczba punktów ECTS 1.0
-----------------------------	--	-----------------------------------

Przedmiotowe efekty uczenia się

Efekt przedmiotowy	Treść	Efekt kierunkowy
Z zakresu wiedzy		
PEU_W01	Wyjaśnia zaawansowane zagadnienia informatyki kwantowej w oparciu o aktualny stan wiedzy naukowej.	K2_INK_W02
PEU_W02	Opisuje współczesne kierunki badań i rozwoju technologii w obszarze obliczeń i informacji kwantowej.	K2_INK_W02

Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się

Wykład monograficzny poświęcony jest pogłębionej analizie wybranych, aktualnych zagadnień z zakresu informatyki kwantowej, obejmujących obliczenia kwantowe, algorytmy kwantowe oraz teorię informacji kwantowej. Przedmiot umożliwia zapoznanie się z aktualnym stanem badań, nowymi kierunkami rozwoju oraz praktycznymi aspektami zastosowań

technologii kwantowych.

Nakład pracy studenta

Rodzaje zajęć studenta	Średnia liczba godzin przeznaczonych na zrealizowane aktywności
Wykład	15
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	5
Przeprowadzenie badań literaturowych	5
Całkowity nakład pracy studenta (CNPS)	Liczba godzin 25



Psychologia Karta przedmiotu

Informacje podstawowe

Kierunek studiów informatyka kwantowa Specjalność - Jednostka organizacyjna Wydział Informatyki i Telekomunikacji Poziom kształcenia studia drugiego stopnia 4 semestry (magister inżynier) Forma studiów studia stacjonarne Profil studiów profil ogólnoakademicki	Cykl kształcenia 2026/2027 Języki wykładowe polski Obligatoryjność Obowiązkowy Blok zajęciowy Przedmioty z dziedziny nauk humanistycznych lub społecznych
--	--

Semestr Semestr 3	Forma dydaktyczna, godziny zajęć, liczba punktów ECTS i forma zaliczenia • Wykład: 15 godz., 2 ECTS, Zaliczenie na ocenę
-----------------------------	--

Przedmiotowe efekty uczenia się

Efekt przedmiotowy	Treść	Efekt kierunkowy
Z zakresu wiedzy		
PEU_W01	Charakteryzuje i porównuje wybrane koncepcje psychologii poznawczej i społecznej, istotne dla rozumienia zachowania człowieka w pracy zespołowej oraz w środowisku projektowym.	K2_INK_W09
PEU_W02	Identyfikuje i wyjaśnia psychologiczne uwarunkowania komunikacji, motywacji, stresu oraz współpracy w zespole, wskazując ich znaczenie dla projektowania systemów informatycznych.	K2_INK_W09
PEU_W03	Rozpoznaje i rozróżnia wiedzę psychologiczną opartą na dowodach empirycznych od ujęć potocznych, objaśniając konsekwencje tych różnic dla interpretacji zachowań i podejmowania decyzji w kontekście inżynierskim.	K2_INK_W09

Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się

Przedmiot obejmuje wprowadzenie do głównych perspektyw psychologicznych oraz pojęć pozwalających opisywać

zachowanie człowieka w środowisku zawodowym i projektowym. Omawiane są różnice indywidualne, w tym temperament, cechy osobowości oraz wybrane aspekty funkcjonowania poznawczego istotne dla uczenia się, uwagi i wnioskowania. Szczególny nacisk położono na mechanizmy motywacji, samoregulacji oraz radzenia sobie ze stresem w warunkach zadań złożonych i pracy zespołowej. Przedmiot uwzględnia także zagadnienia psychologii społecznej i komunikacji, w tym wpływ społeczny oraz czynniki sprzyjające nieporozumieniom i konfliktom. Uzupełnieniem treści jest omówienie wybranych zagadnień zdrowia psychicznego oraz ich znaczenia dla dobrostanu i efektywności w środowisku pracy, a także psychologicznych uwarunkowań podejmowania decyzji.

Nakład pracy studenta

Rodzaje zajęć studenta	Średnia liczba godzin przeznaczonych na zrealizowane aktywności
Wykład	15
Przygotowanie do egzaminu/zaliczenia	10
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	25
Całkowity nakład pracy studenta (CNPS)	Liczba godzin 50



Telekomunikacja i kryptografia kwantowa Karta przedmiotu

Informacje podstawowe

Kierunek studiów informatyka kwantowa Specjalność - Jednostka organizacyjna Wydział Informatyki i Telekomunikacji Poziom kształcenia studia drugiego stopnia 4 semestry (magister inżynier) Forma studiów studia stacjonarne Profil studiów profil ogólnoakademicki	Cykl kształcenia 2026/2027 Grupa zajęć Tak Języki wykładowe polski, angielski Obligatoryjność Obowiązkowy Blok zajęciowy Przedmioty kierunkowe Przedmiot powiązany z badaniami naukowymi Tak
--	---

Semestr Semestr 3	Forma zaliczenia Zaliczenie na ocenę Forma dydaktyczna i godziny zajęć Wykład: 15 Laboratorium: 15	Liczba punktów ECTS 3.0
-----------------------------	--	-----------------------------------

Przedmiotowe efekty uczenia się

Efekt przedmiotowy	Treść	Efekt kierunkowy
Z zakresu wiedzy		
PEU_W01	Rozpoznaje sposoby dystrybucji kluczy kwantowych, ze szczególnym uwzględnieniem protokołów BB84 i E91.	K2_INK_W03
PEU_W02	Wyjaśnia zasady działania protokołów dystrybucji klucza kwantowego BB84 i E91.	K2_INK_W03
PEU_W03	Wyjaśnia ograniczenia i przewagi kwantowych metod dystrybucji kluczy oraz potrafi wskazać potencjalne obszary ich zastosowań w porównaniu z klasycznymi technikami dystrybucji klucza kryptograficznego.	K2_INK_W03
Z zakresu umiejętności		

PEU_U01	Obsługuje i bada elementy urządzeń kwantowych, takie jak jednofotonowe źródła światła oraz detektory pojedynczych fotonów.	K2_INK_U06
PEU_U02	Projektuje układy kwantowej dystrybucji klucza z wykorzystaniem protokołów BB84 i E91.	K2_INK_U06
PEU_U03	Projektuje architekturę sieci optycznych z kwantową dystrybucją klucza kryptograficznego.	K2_INK_U06

Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się

W ramach przedmiotu omawiane są zagadnienia związane ze współczesną komunikacją kwantową, ze szczególnym uwzględnieniem metod bezpiecznej transmisji informacji. Przedstawione zostaną fundamenty fizyczne komunikacji kwantowej oraz techniczne aspekty implementacji systemów dystrybucji kwantowego klucza kryptograficznego, w tym charakterystyka stosowanych protokołów, elementów sprzętowych oraz ograniczeń praktycznych.

Nakład pracy studenta

Rodzaje zajęć studenta	Średnia liczba godzin przeznaczonych na zrealizowane aktywności
Wykład	15
Laboratorium	15
Przygotowanie do zajęć	8
Zaliczenie/Egzamin	2
Przygotowanie do egzaminu/zaliczenia	10
Przygotowanie raportu/sprawozdania/prezentacji/referatu	10
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	15
Całkowity nakład pracy studenta (CNPS)	Liczba godzin 75



Projekt przejściowy Karta przedmiotu

Informacje podstawowe

Kierunek studiów informatyka kwantowa Specjalność - Jednostka organizacyjna Wydział Informatyki i Telekomunikacji Poziom kształcenia studia drugiego stopnia 4 semestry (magister inżynier) Forma studiów studia stacjonarne Profil studiów profil ogólnoakademicki	Cykl kształcenia 2026/2027 Języki wykładowe polski Obligatoryjność Obowiązkowy Blok zajęciowy Przedmioty kierunkowe Przedmiot powiązany z badaniami naukowymi Tak
--	---

Semestr Semestr 3	Forma dydaktyczna, godziny zajęć, liczba punktów ECTS i forma zaliczenia • Projekt: 45 godz., 3 ECTS, Zaliczenie na ocenę
-----------------------------	---

Przedmiotowe efekty uczenia się

Efekt przedmiotowy	Treść	Efekt kierunkowy
Z zakresu umiejętności		
PEU_U01	Opracowuje w zespole projekt naukowo-badawczy na wybrany temat.	K2_INK_U09
PEU_U02	Sporządza profesjonalny raport z użyciem edytora składu tekstu LaTeX.	K2_INK_U09
Z zakresu kompetencji społecznych		
PEU_K01	Wykazuje inicjatywę oraz jest zdolny do współpracy w interdyscyplinarnym zespole przy rozwiązywaniu złożonych problemów inżynierskich lub badawczych.	K2_INK_K01
PEU_K02	Identyfikuje problemy wynikające z realizacji wspólnych zadań oraz wspiera innych członków zespołu w osiągnięciu wspólnego celu.	K2_INK_K01

Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się

Przedmiot umożliwia realizację projektu naukowo-technicznego. Kolejno poprzez analizę literatury, sformułowanie problemu badawczego oraz wybór odpowiednich metod jego rozwiązania. Zapewnia zdobycie umiejętności implementacji algorytmów, przeprowadzania eksperymentów komputerowych i analizy wyników. Istotnym elementem jest redakcja profesjonalnych raportów w LaTeX, obejmująca formatowanie tekstu, indeksowanie wzorów i rysunków oraz opracowanie przejrzystych wykresów i tabel. Zajęcia kończą się podsumowaniem wyników oraz ich prezentacją.

Nakład pracy studenta

Rodzaje zajęć studenta	Średnia liczba godzin przeznaczonych na zrealizowane aktywności
Projekt	45
Przeprowadzenie badań literaturowych	5
Przygotowanie projektu	10
Przeprowadzenie badań empirycznych	10
Przygotowanie raportu/sprawozdania/prezentacji/referatu	5
Całkowity nakład pracy studenta (CNPS)	Liczba godzin 75



Praca dyplomowa 1 Karta przedmiotu

Informacje podstawowe

Kierunek studiów informatyka kwantowa Specjalność - Jednostka organizacyjna Wydział Informatyki i Telekomunikacji Poziom kształcenia studia drugiego stopnia 4 semestry (magister inżynier) Forma studiów studia stacjonarne Profil studiów profil ogólnoakademicki	Cykl kształcenia 2026/2027 Języki wykładowe polski, angielski Obligatoryjność Obowiązkowy Blok zajęciowy Praca dyplomowa Przedmiot powiązany z badaniami naukowymi Tak
--	--

Semestr Semestr 3	Forma dydaktyczna, godziny zajęć, liczba punktów ECTS i forma zaliczenia • Projekt: 105 godz., 8 ECTS, Zaliczenie na ocenę
-----------------------------	--

Przedmiotowe efekty uczenia się

Efekt przedmiotowy	Treść	Efekt kierunkowy
Z zakresu umiejętności		
PEU_U01	Analizuje i krytykuje literaturę naukową z zakresu informatyki kwantowej.	K2_INK_U08
PEU_U02	Opracowuje dokumentację koncepcji badawczej i prototypu rozwiązania.	K2_INK_U08
PEU_U03	Projektuje i tworzy prototyp algorytmu lub modelu obliczeń kwantowych.	K2_INK_U08
Z zakresu kompetencji społecznych		
PEU_K01	Jest odpowiedzialny za poprawność koncepcji badawczej i założeń projektowych.	K2_INK_K02

Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się

Przedmiot obejmuje systematyczny przegląd literatury naukowej z zakresu informatyki kwantowej, w tym analizę aktualnych algorytmów, modeli obliczeń oraz platform programistycznych. Treści programowe obejmują analizę stanu wiedzy (state of the art), identyfikację i sformułowanie problemu badawczego, określenie celów i zakresu pracy magisterskiej oraz dobór właściwej metodologii badawczej. Realizowane jest projektowanie koncepcji rozwiązania oraz implementacja prototypu algorytmu, modelu lub środowiska symulacyjnego w wybranym frameworku obliczeń kwantowych lub hybrydowych klasyczno-kwantowych. Szczególny nacisk położony jest na poprawność metodologiczną, krytyczną analizę źródeł oraz dokumentowanie procesu badawczego.

Nakład pracy studenta

Rodzaje zajęć studenta	Średnia liczba godzin przeznaczonych na zrealizowane aktywności
Projekt	105
Przeprowadzenie badań literaturowych	20
Przeprowadzenie badań empirycznych	50
Przygotowanie pracy dyplomowej	25
Całkowity nakład pracy studenta (CNPS)	Liczba godzin 200



Seminarium badawcze Karta przedmiotu

Informacje podstawowe

Kierunek studiów informatyka kwantowa Specjalność - Jednostka organizacyjna Wydział Informatyki i Telekomunikacji Poziom kształcenia studia drugiego stopnia 4 semestry (magister inżynier) Forma studiów studia stacjonarne Profil studiów profil ogólnoakademicki	Cykl kształcenia 2026/2027 Grupa zajęć Tak Języki wykładowe polski Obligatoryjność Obowiązkowy Blok zajęciowy Przedmioty kierunkowe Przedmiot powiązany z badaniami naukowymi Tak
--	--

Semestr Semestr 3	Forma zaliczenia Zaliczenie na ocenę Forma dydaktyczna i godziny zajęć Seminarium: 30	Liczba punktów ECTS 2.0
-----------------------------	--	-----------------------------------

Przedmiotowe efekty uczenia się

Efekt przedmiotowy	Treść	Efekt kierunkowy
Z zakresu kompetencji społecznych		
PEU_K01	Prezentuje wyniki badań zrealizowanych w ramach projektów badawczych w sposób uporządkowany, syntetyczny i zrozumiały.	K2_INK_K04
PEU_K02	Formułuje krytyczne uwagi dotyczące metod badawczych, wyników eksperymentów oraz przyjętych założeń naukowych.	K2_INK_K04
PEU_K03	Uczestniczy w merytorycznej dyskusji naukowej oraz proponuje kierunki dalszego rozwoju badań lub ulepszenia zaproponowanych rozwiązań.	K2_INK_K04

Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się

Przedmiot stanowi platformę wymiany wiedzy pomiędzy osobami realizującymi projekty badawcze w obszarze informatyki

kwantowej. W trakcie zajęć prezentowane są wyniki badań przeprowadzonych projektów badawczych, omawiane są zastosowane metody oraz interpretowane uzyskane rezultaty. Istotnym elementem seminarium jest krytyczna analiza prezentowanych rozwiązań, identyfikacja ograniczeń badawczych oraz dyskusja nad możliwościami dalszego rozwoju projektów. Zajęcia kształtują umiejętności argumentowania decyzji naukowych, prowadzenia merytorycznej dyskusji oraz formułowania konstruktywnych uwag dotyczących metod badawczych i uzyskanych wyników.

Nakład pracy studenta

Rodzaje zajęć studenta	Średnia liczba godzin przeznaczonych na zrealizowane aktywności
Seminarium	30
Przygotowanie raportu/sprawozdania/prezentacji/referatu	15
Przeprowadzenie badań literaturowych	5
Całkowity nakład pracy studenta (CNPS)	Liczba godzin 50



Kompilacja obwodów kwantowych - Projekt Karta przedmiotu

Informacje podstawowe

Kierunek studiów informatyka kwantowa Specjalność - Jednostka organizacyjna Wydział Informatyki i Telekomunikacji Poziom kształcenia studia drugiego stopnia 4 semestry (magister inżynier) Forma studiów studia stacjonarne Profil studiów profil ogólnoakademicki	Cykl kształcenia 2026/2027 Języki wykładowe polski Obligatoryjność Wybieralny Blok zajęciowy Przedmioty kierunkowe Przedmiot powiązany z badaniami naukowymi Tak
--	--

Semestr Semestr 3	Forma dydaktyczna, godziny zajęć, liczba punktów ECTS i forma zaliczenia • Projekt: 30 godz., 2 ECTS, Zaliczenie na ocenę
-----------------------------	---

Przedmiotowe efekty uczenia się

Efekt przedmiotowy	Treść	Efekt kierunkowy
Z zakresu umiejętności		
PEU_U01	Umie korzystać z narzędzi do kompilacji/optymalizacji obwodów kwantowych.	K2_INK_U06
PEU_U02	Umie zaprojektować i zaimplementować algorytmy transpilacji/optymalizacji obwodów kwantowych z uwzględnieniem ograniczeń sprzętowych.	K2_INK_U06
PEU_U03	Umie zweryfikować poprawność oraz ocenić jakość algorytmów z wykorzystaniem rzeczywistego komputera kwantowego lub jego symulatora.	K2_INK_U06

Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się

Postawienie i sformułowanie problemu optymalizacji dla procesów kompilacji/transpilacji obwodów kwantowych dla konkretnych architektur komputerów kwantowych. Przegląd literatury przedmiotu. Projekt i implementacja algorytmów optymalizacji. Obliczenia numeryczne z wykorzystaniem rzeczywistych komputerów kwantowych lub ich symulatorów.

Analiza uzyskanych wyników.

Nakład pracy studenta

Rodzaje zajęć studenta	Średnia liczba godzin przeznaczonych na zrealizowane aktywności
Projekt	30
Przeprowadzenie badań literaturowych	5
Przygotowanie projektu	5
Przeprowadzenie badań empirycznych	5
Przygotowanie raportu/sprawozdania/prezentacji/referatu	5
Całkowity nakład pracy studenta (CNPS)	Liczba godzin 50



Advanced Transpilation

Karta przedmiotu

Informacje podstawowe

Kierunek studiów informatyka kwantowa	Cykl kształcenia 2026/2027
Specjalność -	Języki wykładowe angielski
Jednostka organizacyjna Wydział Informatyki i Telekomunikacji	Obligatoryjność Wybieralny
Poziom kształcenia studia drugiego stopnia 4 semestry (magister inżynier)	Blok zajęciowy Przedmioty kierunkowe
Forma studiów studia stacjonarne	Przedmiot powiązany z badaniami naukowymi Tak
Profil studiów profil ogólnoakademicki	

Semestr Semestr 3	Forma dydaktyczna, godziny zajęć, liczba punktów ECTS i forma zaliczenia • Projekt: 30 godz., 2 ECTS, Zaliczenie na ocenę
-----------------------------	---

Przedmiotowe efekty uczenia się

Efekt przedmiotowy	Treść	Efekt kierunkowy
Z zakresu umiejętności		
PEU_U01	Umie korzystać z narzędzi do kompilacji/optymalizacji obwodów kwantowych.	K2_INK_U06
PEU_U02	Umie zaprojektować i zaimplementować algorytmy transpilacji/optymalizacji obwodów kwantowych z uwzględnieniem ograniczeń sprzętowych.	K2_INK_U06
PEU_U03	Umie zweryfikować poprawność oraz ocenić jakość algorytmów z wykorzystaniem rzeczywistego komputera kwantowego lub jego symulatora.	K2_INK_U06

Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się

Postawienie i sformułowanie problemu optymalizacji dla procesów kompilacji/transpilacji obwodów kwantowych dla konkretnych architektur komputerów kwantowych. Przegląd literatury przedmiotu. Projekt i implementacja algorytmów optymalizacji. Eksperymenty numeryczne z wykorzystaniem rzeczywistych komputerów kwantowych lub ich symulatorów.

Analiza uzyskanych wyników.

Nakład pracy studenta

Rodzaje zajęć studenta	Średnia liczba godzin przeznaczonych na zrealizowane aktywności
Projekt	30
Przeprowadzenie badań literaturowych	5
Przygotowanie projektu	5
Przeprowadzenie badań empirycznych	5
Przygotowanie raportu/sprawozdania/prezentacji/referatu	5
Całkowity nakład pracy studenta (CNPS)	Liczba godzin 50



Zaawansowane kwantowe uczenie maszynowe Karta przedmiotu

Informacje podstawowe

Kierunek studiów informatyka kwantowa Specjalność - Jednostka organizacyjna Wydział Informatyki i Telekomunikacji Poziom kształcenia studia drugiego stopnia 4 semestry (magister inżynier) Forma studiów studia stacjonarne Profil studiów profil ogólnoakademicki	Cykl kształcenia 2026/2027 Grupa zajęć Tak Języki wykładowe polski Obligatoryjność Wybieralny Blok zajęciowy Przedmioty kierunkowe
--	--

Semestr Semestr 3	Forma zaliczenia Zaliczenie na ocenę Forma dydaktyczna i godziny zajęć Wykład: 15 Projekt: 30	Liczba punktów ECTS 4.0
-----------------------------	---	-----------------------------------

Przedmiotowe efekty uczenia się

Efekt przedmiotowy	Treść	Efekt kierunkowy
Z zakresu wiedzy		
PEU_W01	Wyjaśnia architektury hybrydowych modeli uczenia maszynowego łączących klasyczne sieci neuronowe i wariacyjne obwody kwantowe.	K2_INK_W07
PEU_W02	Wyjaśnia zasady integracji klasycznych warstw przetwarzania danych z kwantowymi sieciami neuronowymi oraz ich wpływ na jakość klasyfikacji.	K2_INK_W07
PEU_W03	Charakteryzuje metody analizy odpowiedzi układów kwantowych oraz strategie ograniczania wpływu szumu w hybrydowych modelach uczenia.	K2_INK_W07

PEU_W04	Opisuje zastosowania klasycznych i kwantowych autoenkoderów w redukcji wymiarowości i ekstrakcji cech dla modeli hybrydowych.	K2_INK_W07
Z zakresu umiejętności		
PEU_U01	Projektuje hybrydowe architektury uczenia maszynowego łączące klasyczne i kwantowe komponenty obliczeniowe.	K2_INK_U03
PEU_U02	Implementuje hybrydowe modele uczenia maszynowego w środowiskach łączących klasyczne zasoby obliczeniowe z komputerami kwantowymi.	K2_INK_U03
PEU_U03	Planuje i przeprowadza eksperymenty obliczeniowe w celu oceny jakości i stabilności hybrydowych modeli kwantowych.	K2_INK_U03
PEU_U04	Opracowuje raporty projektowe dokumentujące architekturę, przebieg badań, uzyskane wyniki oraz interpretuje ograniczenia wynikające z ery NISQ.	K2_INK_U03

Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się

Przedmiot koncentruje się na zaawansowanych metodach kwantowego uczenia maszynowego z naciskiem na architektury hybrydowe łączące klasyczne i kwantowe przetwarzanie informacji. Omawiane są modele, w których wybrane warstwy sieci neuronowych, w tym warstwy konwolucyjne i ekstrakcji cech, realizowane są na klasycznych zasobach obliczeniowych, natomiast dalsze etapy przetwarzania i klasyfikacji realizowane są z wykorzystaniem wariacyjnych obwodów kwantowych. Przedstawiane są również hybrydowe architektury kwantowych sieci neuronowych integrowane z warstwami klasycznymi w celu poprawy stabilności uczenia, jakości klasyfikacji oraz interpretacji odpowiedzi układu kwantowego. Omawiane są metody analizy wyjść obwodów kwantowych, strategie łączenia klasycznych i kwantowych reprezentacji danych oraz techniki redukcji wpływu szumu.

Nakład pracy studenta

Rodzaje zajęć studenta	Średnia liczba godzin przeznaczonych na zrealizowane aktywności
Wykład	15
Projekt	30
Przygotowanie do zajęć	10
Przeprowadzenie badań literaturowych	10
Przygotowanie projektu	10
Przeprowadzenie badań empirycznych	15
Przygotowanie raportu/sprawozdania/prezentacji/referatu	10
Całkowity nakład pracy studenta (CNPS)	Liczba godzin 100



Hybrid Approach in Machine Learning

Karta przedmiotu

Informacje podstawowe

Kierunek studiów informatyka kwantowa Specjalność - Jednostka organizacyjna Wydział Informatyki i Telekomunikacji Poziom kształcenia studia drugiego stopnia 4 semestry (magister inżynier) Forma studiów studia stacjonarne Profil studiów profil ogólnoakademicki	Cykl kształcenia 2026/2027 Grupa zajęć Tak Języki wykładowe angielski Obligatoryjność Wybieralny Blok zajęciowy Przedmioty kierunkowe
--	---

Semestr Semestr 3	Forma zaliczenia Zaliczenie na ocenę Forma dydaktyczna i godziny zajęć Wykład: 15 Projekt: 30	Liczba punktów ECTS 4.0
-----------------------------	---	-----------------------------------

Przedmiotowe efekty uczenia się

Efekt przedmiotowy	Treść	Efekt kierunkowy
Z zakresu wiedzy		
PEU_W01	Wyjaśnia koncepcje hybrydowych modeli uczenia maszynowego łączących klasyczne i kwantowe metody przetwarzania informacji.	K2_INK_W07
PEU_W02	Opisuje role i funkcje poszczególnych komponentów klasycznych i kwantowych w architekturach hybrydowych.	K2_INK_W07
PEU_W03	Charakteryzuje metody analizy wyników generowanych przez układy kwantowe oraz ich wykorzystanie w procesie uczenia hybrydowego.	K2_INK_W07
PEU_W04	Wyjaśnia znaczenie modeli pośrednich, w tym autoenkoderów i warstw ekstrakcji cech, w hybrydowych pipeline'ach uczenia maszynowego.	K2_INK_W07

Z zakresu umiejętności		
PEU_U01	Projektuje hybrydowe rozwiązania uczenia maszynowego integrujące klasyczne algorytmy z komponentami kwantowymi.	K2_INK_U03
PEU_U02	Implementuje hybrydowe modele uczenia maszynowego w środowiskach łączących klasyczne zasoby obliczeniowe z QPU lub symulatorami.	K2_INK_U03
PEU_U03	Planuje i prowadzi eksperymenty obliczeniowe służące ocenie skuteczności i stabilności modeli hybrydowych.	K2_INK_U03
PEU_U04	Opracowuje dokumentację i raporty prezentujące architekturę, przebieg badań oraz uzyskane wyniki hybrydowych rozwiązań.	K2_INK_U03

Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się

Przedmiot poświęcony jest hybrydowym podejściom w uczeniu maszynowym, koncentrującym się na integracji klasycznych i kwantowych metod przetwarzania informacji w ramach jednego modelu obliczeniowego. Omawiane są architektury, w których klasyczne komponenty, takie jak warstwy konwolucyjne, ekstrakcja cech lub wstępna redukcja wymiarowości, współpracują z modelami kwantowymi odpowiedzialnymi za dalsze przetwarzanie, reprezentację danych lub decyzję klasyfikacyjną. Przedstawiane są różne strategie łączenia klasycznych sieci neuronowych z kwantowymi modelami wariacyjnymi, w tym sposoby analizy i interpretacji odpowiedzi układów kwantowych oraz ich wykorzystania w procesie uczenia. Zakres treści obejmuje również wykorzystanie autoenkoderów oraz innych modeli pośrednich jako elementów przygotowania danych dla części kwantowej. Omawiane są zagadnienia związane z optymalizacją, stabilnością uczenia oraz wpływem ograniczeń sprzętowych i szumu na skuteczność rozwiązań hybrydowych. Przedmiot umożliwia ocenę zalet i ograniczeń podejść hybrydowych w porównaniu z rozwiązaniami czysto klasycznymi i czysto kwantowymi.

Nakład pracy studenta

Rodzaje zajęć studenta	Średnia liczba godzin przeznaczonych na zrealizowane aktywności
Wykład	15
Projekt	30
Przygotowanie do zajęć	10
Przeprowadzenie badań literaturowych	10
Przygotowanie projektu	10
Przeprowadzenie badań empirycznych	15
Przygotowanie raportu/sprawozdania/prezentacji/referatu	10
Całkowity nakład pracy studenta (CNPS)	Liczba godzin 100



Język obcy 2.2

Karta przedmiotu

Informacje podstawowe

Kierunek studiów lektoraty	Cykl kształcenia 2026/2027
Specjalność -	Języki wykładowe polski
Jednostka organizacyjna Politechnika Wroclawska	Obligatoryjność Wybieralny
Poziom kształcenia studia drugiego stopnia	Blok zajęciowy Języki obce
Forma studiów studia stacjonarne	
Profil studiów profil ogólnoakademicki	

Semestry Semestr 1, Semestr 2, Semestr 3, Semestr 4	Forma dydaktyczna, godziny zajęć, liczba punktów ECTS i forma zaliczenia • Ćwiczenia: 60 godz., 3 ECTS, Zaliczenie na ocenę
--	---

Przedmiotowe efekty uczenia się

Efekt przedmiotowy	Treść	Efekt kierunkowy
Z zakresu umiejętności		
PEU_U01	Ma wiedzę, umiejętności i kompetencje zgodne z wymaganiami określonymi dla właściwego poziomu językowego; zna, rozumie i stosuje określone poziomem środki językowe (gramatyczne, leksykalne i stylistyczne) z życia codziennego z wybranymi elementami języka akademickiego, specjalistycznego i technicznego stosowane w dziedzinie studiowanego kierunku oraz w środowisku akademickim i zawodowym; porozumiewa się w środowisku rodzinnym, towarzyskim i interkulturowym ćwicząc umiejętność komunikacji; docenia potrzebę doskonalenia swoich umiejętności w zakresie efektywnej komunikacji, rozwija kompetencje w obszarze języka komunikacji, podstaw języka specjalistycznego i akademickiego.	SJO_S2_U01

Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się

A1; A2; B1 język francuski, hiszpański, japoński, niemiecki, polski jako obcy, rosyjski

Ogólne treści kształcenia

Kształcenie oraz pogłębianie kompetencji komunikacyjnych w środowisku rodzinnym, towarzyskim oraz interkulturowym oraz dla określonego poziomu dla potrzeb akademickich i zawodowych.

Interakcja adekwatna dla właściwego poziomu kompetencji językowych, np. własny profil studenta oraz zainteresowań; prezentowanie siebie, swoich zainteresowań i pomysłów w kontekstach środowiskowych, akademickich i zawodowych.

Rozwijanie kompetencji twórczych, odbiorczych i interaktywnych w grupie.

Język w komunikacji we współczesnym świecie. Komunikacja werbalna i niewerbalna - wrażliwość na różnice kulturowe, nawiązywanie rozmowy, włączanie się do dyskusji, przechodzenie do kolejnych punktów, podsumowywanie wypowiedzi, stosowanie charakterystycznych zwrotów i wyrażeń dla określonego poziomu językowego; branie udziału w różnych formach interakcji.

Nakład pracy studenta

Rodzaje zajęć studenta	Średnia liczba godzin przeznaczonych na zrealizowane aktywności
Ćwiczenia	60
Przygotowanie do zajęć	30
Całkowity nakład pracy studenta (CNPS)	Liczba godzin 90



Kwantowa korekcja błędów Karta przedmiotu

Informacje podstawowe

Kierunek studiów informatyka kwantowa Specjalność - Jednostka organizacyjna Wydział Informatyki i Telekomunikacji Poziom kształcenia studia drugiego stopnia 4 semestry (magister inżynier) Forma studiów studia stacjonarne Profil studiów profil ogólnoakademicki	Cykl kształcenia 2026/2027 Grupa zajęć Tak Języki wykładowe polski Obligatoryjność Obowiązkowy Blok zajęciowy Przedmioty kierunkowe Przedmiot powiązany z badaniami naukowymi Tak
--	--

Semestr Semestr 4	Forma zaliczenia Egzamin Forma dydaktyczna i godziny zajęć Wykład: 30 Laboratorium: 30	Liczba punktów ECTS 4.0
-----------------------------	--	-----------------------------------

Przedmiotowe efekty uczenia się

Efekt przedmiotowy	Treść	Efekt kierunkowy
Z zakresu wiedzy		
PEU_W01	Wyjaśnia wiedzę teoretyczną z zakresu kwantowej korekcji błędów, w tym modeli błędów i kodów stabilizatorowych.	K2_INK_W08
PEU_W02	Wyjaśnia konstrukcje zaawansowanych kodów korekcyjnych (surface code i inne) oraz implikacje ich stosowania w obliczeniach kwantowych.	K2_INK_W08
PEU_W03	Opisuje praktyczne ograniczenia i narzędzia symulacyjne wykorzystywane do analizy i testowania schematów kwantowej korekcji błędów.	K2_INK_W08
Z zakresu umiejętności		

PEU_U01	Analizuje skuteczność kodów korekcji błędów i technik łagodzenia błędów na podstawie modeli teoretycznych oraz symulacji numerycznych.	K2_INK_U07
PEU_U02	Projektuje i realizuje w środowisku symulacyjnym proste schematy kwantowej korekcji błędów oraz eksperymenty z technikami mitygacji błędów.	K2_INK_U07

Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się

- Teoretyczne podstawy kwantowej korekcji błędów.
- Klasyczne vs kwantowe kody korekcyjne.
- Zaawansowane modele błędów.
- Kody stabilizatorowe.
- Obliczenia kwantowe odporne na błędy vs. NISQ.
- Techniki mitygacji błędów (error mitigation).
- Najnowsze osiągnięcia eksperymentalne i teoretyczne dziedziny.
- Praktyczne aspekty i wyzwania – symulacje, ograniczenia sprzętowe bieżącej generacji, perspektywy skalowalnego fault-tolerant quantum computing.

Nakład pracy studenta

Rodzaje zajęć studenta	Średnia liczba godzin przeznaczonych na zrealizowane aktywności
Wykład	30
Laboratorium	30
Zaliczenie/Egzamin	2
Przygotowanie do zajęć	10
Przygotowanie do egzaminu/zaliczenia	10
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	8
Przygotowanie projektu	10
Całkowity nakład pracy studenta (CNPS)	Liczba godzin 100



Praca dyplomowa 2 Karta przedmiotu

Informacje podstawowe

Kierunek studiów informatyka kwantowa Specjalność - Jednostka organizacyjna Wydział Informatyki i Telekomunikacji Poziom kształcenia studia drugiego stopnia 4 semestry (magister inżynier) Forma studiów studia stacjonarne Profil studiów profil ogólnoakademicki	Cykl kształcenia 2026/2027 Języki wykładowe polski, angielski Obligatoryjność Obowiązkowy Blok zajęciowy Praca dyplomowa Przedmiot powiązany z badaniami naukowymi Tak
--	--

Semestr Semestr 4	Forma dydaktyczna, godziny zajęć, liczba punktów ECTS i forma zaliczenia • Projekt: 90 godz., 10 ECTS, Zaliczenie na ocenę
-----------------------------	--

Przedmiotowe efekty uczenia się

Efekt przedmiotowy	Treść	Efekt kierunkowy
Z zakresu umiejętności		
PEU_U01	Planuje i prowadzi eksperymenty obliczeniowe w środowiskach kwantowych.	K2_INK_U08
PEU_U02	Analizuje i interpretuje wyniki badań eksperymentalnych.	K2_INK_U08
PEU_U03	Opracowuje raporty i dokumentację badań eksperymentalnych.	K2_INK_U08
Z zakresu kompetencji społecznych		
PEU_K01	Jest odpowiedzialny za wyniki eksperymentów i ich rzetelną interpretację.	K2_INK_K02

Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się

Przedmiot obejmuje realizację badań eksperymentalnych w obszarze informatyki kwantowej z wykorzystaniem symulatorów oraz rzeczywistych procesorów kwantowych. Treści programowe obejmują projektowanie i przeprowadzanie eksperymentów

obliczeniowych, analizę wpływu ograniczeń sprzętowych oraz szumu charakterystycznego dla systemów NISQ, a także porównanie podejść klasycznych i kwantowych. Realizowana jest analiza i interpretacja wyników badań z wykorzystaniem metod statystycznych i porównawczych oraz formułowanie wniosków badawczych. Integralną częścią przedmiotu jest redakcja kompletnej pracy magisterskiej, obejmującej opis metod, eksperymentów, wyników oraz dyskusję uzyskanych rezultatów zgodnie z zasadami rzetelności naukowej.

Nakład pracy studenta

Rodzaje zajęć studenta	Średnia liczba godzin przeznaczonych na zrealizowane aktywności
Projekt	90
Przygotowanie pracy dyplomowej	130
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	30
Całkowity nakład pracy studenta (CNPS)	Liczba godzin 250



Seminarium dyplomowe Karta przedmiotu

Informacje podstawowe

Kierunek studiów informatyka kwantowa	Cykl kształcenia 2026/2027
Specjalność -	Języki wykładowe polski
Jednostka organizacyjna Wydział Informatyki i Telekomunikacji	Obligatoryjność Obowiązkowy
Poziom kształcenia studia drugiego stopnia 4 semestry (magister inżynier)	Blok zajęciowy Przedmioty kierunkowe
Forma studiów studia stacjonarne	Przedmiot powiązany z badaniami naukowymi Tak
Profil studiów profil ogólnoakademicki	

Semestr Semestr 4	Forma dydaktyczna, godziny zajęć, liczba punktów ECTS i forma zaliczenia • Seminarium: 30 godz., 2 ECTS, Zaliczenie na ocenę
-----------------------------	--

Przedmiotowe efekty uczenia się

Efekt przedmiotowy	Treść	Efekt kierunkowy
Z zakresu kompetencji społecznych		
PEU_K01	Prezentuje wyniki badań związanych z realizowaną pracą dyplomową w sposób uporządkowany i zrozumiały.	K2_INK_K04
PEU_K02	Argumentuje i broni przyjętych decyzji naukowych w oparciu o pogłębioną wiedzę i analizę literatury.	K2_INK_K04
PEU_K03	Uczestniczy w merytorycznej dyskusji naukowej, formułując krytyczne i uzasadnione oceny prezentowanych rozwiązań.	K2_INK_K04

Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się

Przedmiot seminarium dyplomowe służy przygotowaniu do opracowania, prezentowania oraz obrony wyników pracy dyplomowej. Obejmuje zagadnienia związane z analizą literatury, formułowaniem problemu badawczego, uzasadnianiem przyjętych założeń oraz prezentowaniem wyników badań. W trakcie zajęć doskonalone są umiejętności argumentowania decyzji naukowych, prowadzenia merytorycznej dyskusji oraz krytycznej oceny prezentowanych rozwiązań w kontekście

pogłębionej wiedzy kierunkowej.

Nakład pracy studenta

Rodzaje zajęć studenta	Średnia liczba godzin przeznaczonych na zrealizowane aktywności
Seminarium	30
Przeprowadzenie badań literaturowych	5
Przeprowadzenie badań empirycznych	5
Przygotowanie raportu/sprawozdania/prezentacji/referatu	10
Całkowity nakład pracy studenta (CNPS)	Liczba godzin 50



Przedsiębiorczość Karta przedmiotu

Informacje podstawowe

Kierunek studiów informatyka kwantowa Specjalność - Jednostka organizacyjna Wydział Informatyki i Telekomunikacji Poziom kształcenia studia drugiego stopnia 4 semestry (magister inżynier) Forma studiów studia stacjonarne Profil studiów profil ogólnoakademicki	Cykl kształcenia 2026/2027 Języki wykładowe polski Obligatoryjność Obowiązkowy Blok zajęciowy Przedmioty z dziedziny nauk humanistycznych lub społecznych
--	--

Semestr Semestr 4	Forma dydaktyczna, godziny zajęć, liczba punktów ECTS i forma zaliczenia • Wykład: 15 godz., 1 ECTS, Zaliczenie na ocenę
-----------------------------	--

Przedmiotowe efekty uczenia się

Efekt przedmiotowy	Treść	Efekt kierunkowy
Z zakresu wiedzy		
PEU_W01	Charakteryzuje sposób funkcjonowania rynku	K2_INK_W09
PEU_W02	Wybiera rodzaj i formę działalności	K2_INK_W09
PEU_W03	Przedstawia ekonomiczne zasady działalności	K2_INK_W09
Z zakresu kompetencji społecznych		
PEU_K01	Respektuje zasady etyki, bezpieczeństwa oraz uwarunkowania prawne w działalności gospodarczej, w szczególności w obszarze technologii kwantowych	K2_INK_K03

Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się

Przedmiot ma na celu zapoznanie z zagadnieniami związanymi z zakładaniem i prowadzeniem firmy. Przedstawiane są generalne zasady ekonomiczne działalności gospodarczej. Omawiane są różne modele biznesowe. Przedstawiane są zasady

tworzenia biznes planu oraz aspekty prawne i finansowe działalności.

Nakład pracy studenta

Rodzaje zajęć studenta	Średnia liczba godzin przeznaczonych na zrealizowane aktywności
Wykład	15
Przeprowadzenie badań literaturowych	3
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	5
Zaliczenie/Egzamin	2
Całkowity nakład pracy studenta (CNPS)	Liczba godzin 25



Sprzętowe podstawy technologii i komputerów kwantowych Karta przedmiotu

Informacje podstawowe

Kierunek studiów informatyka kwantowa Specjalność - Jednostka organizacyjna Wydział Informatyki i Telekomunikacji Poziom kształcenia studia drugiego stopnia 4 semestry (magister inżynier) Forma studiów studia stacjonarne Profil studiów profil ogólnoakademicki	Cykl kształcenia 2026/2027 Grupa zajęć Tak Języki wykładowe polski Obligatoryjność Obowiązkowy Blok zajęciowy Przedmioty kierunkowe Przedmiot powiązany z badaniami naukowymi Tak
--	--

Semestr Semestr 4	Forma zaliczenia Zaliczenie na ocenę Forma dydaktyczna i godziny zajęć Wykład: 15 Seminarium: 15	Liczba punktów ECTS 2.0
-----------------------------	--	-----------------------------------

Przedmiotowe efekty uczenia się

Efekt przedmiotowy	Treść	Efekt kierunkowy
Z zakresu wiedzy		
PEU_W01	Wyjaśnia kwantowe podstawy działania laserów oraz opisuje zastosowania laserów w technologiach kwantowych.	K2_INK_W01
PEU_W02	Opisuje zastosowania laserów w technologiach kwantowych, w tym w obliczeniach kwantowych, komunikacji kwantowej oraz metrologii kwantowej.	K2_INK_W01
Z zakresu kompetencji społecznych		
PEU_K01	Uczestniczy w dyskusji naukowej, formułując uzasadnione opinie dotyczące zastosowań laserów w technologiach kwantowych oraz prezentuje wybrane zagadnienia naukowe w sposób uporządkowany i zrozumiały.	K2_INK_K04

Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się

Przedmiot obejmuje wprowadzenie do sprzętowych podstaw technologii i komputerów kwantowych. Omawiane są fizyczne implementacje qubitów, parametry opisujące ich jakość i stabilność, główne platformy sprzętowe (nadprzewodzące, jonowe, atomowe, fotoniczne i spinowe), a także optyczne techniki sterowania i odczytu, w tym chłodzenie i pułapkowanie, stabilizacja laserów, odniesienie częstotliwości, grzebienie optyczne oraz ich zastosowanie w precyzyjnej kontroli układów kwantowych. Przedstawione zostają również wybrane zagadnienia materiałowe i technologiczne, podstawowe problemy skalowania architektur wielokubitowych, sprzętowe aspekty korekcji błędów oraz ograniczenia i perspektywy rozwoju współczesnych technologii kwantowych.

Nakład pracy studenta

Rodzaje zajęć studenta	Średnia liczba godzin przeznaczonych na zrealizowane aktywności
Wykład	15
Seminarium	15
Przygotowanie do zajęć	5
Przeprowadzenie badań literaturowych	10
Przygotowanie raportu/sprawozdania/prezentacji/referatu	5
Całkowity nakład pracy studenta (CNPS)	Liczba godzin 50



Zaawansowane architektury i problemy uczenia głębokiego Karta przedmiotu

Informacje podstawowe

Kierunek studiów informatyka kwantowa Specjalność - Jednostka organizacyjna Wydział Informatyki i Telekomunikacji Poziom kształcenia studia drugiego stopnia 4 semestry (magister inżynier) Forma studiów studia stacjonarne Profil studiów profil ogólnoakademicki	Cykl kształcenia 2026/2027 Grupa zajęć Tak Języki wykładowe polski Obligatoryjność Obowiązkowy Blok zajęciowy Przedmioty kierunkowe Przedmiot powiązany z badaniami naukowymi Tak
--	--

Semestr Semestr 4	Forma zaliczenia Zaliczenie na ocenę Forma dydaktyczna i godziny zajęć Wykład: 15 Projekt: 30	Liczba punktów ECTS 4.0
-----------------------------	---	-----------------------------------

Przedmiotowe efekty uczenia się

Efekt przedmiotowy	Treść	Efekt kierunkowy
Z zakresu wiedzy		
PEU_W01	Rozróżnia i opisuje kluczowe architektury sieci neuronowych oraz ich komponenty	K2_INK_W07
PEU_W02	Identyfikuje i nazywa zjawiska pojawiające się w trakcie uczenia modeli głębokich	K2_INK_W07
PEU_W03	Uzasadnia stosowanie wybranych technik uczenia sieci neuronowych	K2_INK_W07
Z zakresu umiejętności		
PEU_U01	Projektuje proces uczenia sieci głębokich z uwzględnieniem wybranych technik optymalizacji i augmentacji danych	K2_INK_U03

PEU_U02	Wykorzystuje modele fundamentalne oraz zaawansowane architektury sieci głębokich do rozwiązania wybranych problemów	K2_INK_U03
---------	---	------------

Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się

Wybrane zagadnienia związane z uczeniem głębokich sieci neuronowych, ze szczególnym uwzględnieniem nowoczesnych architektur, a także zjawisk towarzyszących uczeniu tego typu modeli. Szczegółowo omówione zostaną modele fundamentalne (foundation models), w tym ich zastosowania w segmentacji obrazu oraz w specyficznych problemach diagnostyki medycznej. Omówione zostaną techniki ich dostosowania do rozwiązania konkretnych zadań. Zostaną przedstawione nowoczesne architektury sieci neuronowych, w tym modele oparte na przestrzeni stanów. Przedstawione zostaną najważniejsze problemy związane z trenowaniem modeli, w tym zjawiskami katastroficznego zapomnienia, utykaniem w punktach siodłowych czy niepożądanym zapamiętywaniem danych. Zostaną omówione zadania uczenia na podstawie danych z rozkładów niebalansowanych oraz ciągłego uczenia.

Nakład pracy studenta

Rodzaje zajęć studenta	Średnia liczba godzin przeznaczonych na zrealizowane aktywności
Wykład	15
Projekt	30
Przygotowanie do egzaminu/zaliczenia	15
Przeprowadzenie badań literaturowych	10
Przygotowanie projektu	30
Całkowity nakład pracy studenta (CNPS)	Liczba godzin 100



Kwantowe obliczenia superkomputerowe Karta przedmiotu

Informacje podstawowe

Kierunek studiów informatyka kwantowa Specjalność - Jednostka organizacyjna Wydział Informatyki i Telekomunikacji Poziom kształcenia studia drugiego stopnia 4 semestry (magister inżynier) Forma studiów studia stacjonarne Profil studiów profil ogólnoakademicki	Cykl kształcenia 2026/2027 Grupa zajęć Tak Języki wykładowe polski Obligatoryjność Wybieralny Blok zajęciowy Przedmioty kierunkowe Przedmiot powiązany z badaniami naukowymi Tak
--	---

Semestr Semestr 4	Forma zaliczenia Zaliczenie na ocenę Forma dydaktyczna i godziny zajęć Wykład: 15 Projekt: 15	Liczba punktów ECTS 3.0
-----------------------------	---	-----------------------------------

Przedmiotowe efekty uczenia się

Efekt przedmiotowy	Treść	Efekt kierunkowy
Z zakresu wiedzy		
PEU_W01	Charakteryzuje i porównuje kluczowe elementy hybrydowych systemów HPC, w tym strategie kompilacji obwodów kwantowych.	K2_INK_W01
PEU_W02	Objaśnia współbieżność dla zadań kwantowych i hybrydowych oraz jej wpływ na zarządzanie zasobami w HPC.	K2_INK_W01
PEU_W03	Charakteryzuje i porównuje metody testowania komputerów kwantowych oraz algorytmów zarządzania zasobami.	K2_INK_W01
PEU_W04	Charakteryzuje i porównuje narzędzia stosowane w hybrydowych systemach HPC.	K2_INK_W01
Z zakresu umiejętności		

PEU_U01	Projektuje, implementuje i testuje algorytmy zarządzania zasobami dla hybrydowych środowisk HPC.	K2_INK_U07
---------	--	------------

Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się

- Projektowanie, implementacja i ewaluacja algorytmów zarządzania zasobami dla hybrydowych systemów wysokiej wydajności (HPC).
- Strategie kompilacji obwodów kwantowych dla HPC.
- Współbieżność dla zadań kwantowych i hybrydowych.
- Testowanie komputerów kwantowych.
- Narzędzia w hybrydowych systemów HPC.

Nakład pracy studenta

Rodzaje zajęć studenta	Średnia liczba godzin przeznaczonych na zrealizowane aktywności
Wykład	15
Projekt	15
Przygotowanie projektu	25
Przygotowanie do egzaminu/zaliczenia	10
Przygotowanie do zajęć	10
Całkowity nakład pracy studenta (CNPS)	Liczba godzin 75



Quantum-Enhanced Supercomputing Karta przedmiotu

Informacje podstawowe

Kierunek studiów informatyka kwantowa Specjalność - Jednostka organizacyjna Wydział Informatyki i Telekomunikacji Poziom kształcenia studia drugiego stopnia 4 semestry (magister inżynier) Forma studiów studia stacjonarne Profil studiów profil ogólnoakademicki	Cykl kształcenia 2026/2027 Grupa zajęć Tak Języki wykładowe angielski Obligatoryjność Wybieralny Blok zajęciowy Przedmioty kierunkowe Przedmiot powiązany z badaniami naukowymi Tak
--	--

Semestr Semestr 4	Forma zaliczenia Zaliczenie na ocenę Forma dydaktyczna i godziny zajęć Wykład: 15 Projekt: 15	Liczba punktów ECTS 3.0
-----------------------------	---	-----------------------------------

Przedmiotowe efekty uczenia się

Efekt przedmiotowy	Treść	Efekt kierunkowy
Z zakresu wiedzy		
PEU_W01	Charakteryzuje i porównuje kluczowe elementy hybrydowych systemów HPC, w tym strategie kompilacji obwodów kwantowych.	K2_INK_W01
PEU_W02	Objaśnia współbieżność dla zadań kwantowych i hybrydowych oraz jej wpływ na zarządzanie zasobami w HPC.	K2_INK_W01
PEU_W03	Charakteryzuje i porównuje metody testowania komputerów kwantowych oraz algorytmów zarządzania zasobami.	K2_INK_W01
PEU_W04	Charakteryzuje i porównuje narzędzia stosowane w hybrydowych systemach HPC.	K2_INK_W01
Z zakresu umiejętności		

PEU_U01	Projektuje, implementuje i testuje algorytmy zarządzania zasobami dla hybrydowych środowisk HPC.	K2_INK_U07
---------	--	------------

Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się

- Projektowanie, implementacja i ewaluacja algorytmów zarządzania zasobami dla hybrydowych systemów wysokiej wydajności (HPC).
- Strategie kompilacji obwodów kwantowych dla HPC.
- Współbieżność dla zadań kwantowych i hybrydowych.
- Testowanie komputerów kwantowych.
- Narzędzia w hybrydowych systemów HPC.

Nakład pracy studenta

Rodzaje zajęć studenta	Średnia liczba godzin przeznaczonych na zrealizowane aktywności
Wykład	15
Projekt	15
Przygotowanie do zajęć	10
Przygotowanie do egzaminu/zaliczenia	10
Przygotowanie projektu	25
Całkowity nakład pracy studenta (CNPS)	Liczba godzin 75



Kwantowe przetwarzanie sygnałów Karta przedmiotu

Informacje podstawowe

Kierunek studiów informatyka kwantowa Specjalność - Jednostka organizacyjna Wydział Informatyki i Telekomunikacji Poziom kształcenia studia drugiego stopnia 4 semestry (magister inżynier) Forma studiów studia stacjonarne Profil studiów profil ogólnoakademicki	Cykl kształcenia 2026/2027 Grupa zajęć Tak Języki wykładowe polski Obligatoryjność Wybieralny Blok zajęciowy Przedmioty kierunkowe Przedmiot powiązany z badaniami naukowymi Tak
--	---

Semestr Semestr 4	Forma zaliczenia Zaliczenie na ocenę Forma dydaktyczna i godziny zajęć Projekt: 45 Wykład: 15	Liczba punktów ECTS 4.0
-----------------------------	---	-----------------------------------

Przedmiotowe efekty uczenia się

Efekt przedmiotowy	Treść	Efekt kierunkowy
Z zakresu wiedzy		
PEU_W01	Opisuje metody reprezentacji sygnałów w obliczeniach kwantowych oraz rozumie różnice między klasycznym a kwantowym przetwarzaniem sygnałów.	K2_INK_W02
PEU_W02	Wyjaśnia zasady działania kwantowych algorytmów przetwarzania sygnałów, w szczególności kwantowej transformacji Fouriera oraz metod ekstrakcji informacji z pomiarów.	K2_INK_W02
PEU_W03	Rozumie ograniczenia współczesnych urządzeń NISQ oraz ich wpływ na implementację algorytmów przetwarzania sygnałów.	K2_INK_W02
Z zakresu umiejętności		

PEU_U01	Przygotowuje sygnały klasyczne do przetwarzania kwantowego poprzez odpowiednie metody kodowania danych.	K2_INK_U10
PEU_U02	Projektuje i implementuje kwantowe algorytmy analizy sygnałów na symulatorach i testuje ich wykonanie na komputerach kwantowych.	K2_INK_U10
PEU_U03	Analizuje wyniki eksperymentów kwantowych oraz porównuje ich efektywność z klasycznymi metodami przetwarzania sygnałów.	K2_INK_U10

Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się

Przedmiot koncentruje się na zastosowaniu obliczeń kwantowych w przetwarzaniu sygnałów. Omawiane są metody reprezentacji i kodowania sygnałów klasycznych w przestrzeni stanów kwantowych, a także podstawowe algorytmy wykorzystywane w analizie sygnałów, w szczególności kwantowa transformacja Fouriera oraz algorytmy estymacji fazy i rozwiązywania układów równań liniowych. Przedstawiane są możliwości i ograniczenia implementacji tych metod na współczesnych urządzeniach kwantowych oraz ich porównanie z klasycznymi technikami przetwarzania sygnałów. W ramach zajęć przewidziana jest realizacja projektu obejmującego implementację wybranych algorytmów na symulatorach komputerów kwantowych, analizę wyników oraz ich interpretację w kontekście praktycznych zastosowań.

Nakład pracy studenta

Rodzaje zajęć studenta	Średnia liczba godzin przeznaczonych na zrealizowane aktywności
Projekt	45
Wykład	15
Przygotowanie projektu	10
Przygotowanie raportu/sprawozdania/prezentacji/referatu	5
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	5
Przeprowadzenie badań empirycznych	10
Przygotowanie do egzaminu/zaliczenia	10
Całkowity nakład pracy studenta (CNPS)	Liczba godzin 100



Elementy automatyki w obliczeniach kwantowych

Karta przedmiotu

Informacje podstawowe

Kierunek studiów informatyka kwantowa	Cykl kształcenia 2026/2027
Specjalność -	Grupa zajęć Tak
Jednostka organizacyjna Wydział Informatyki i Telekomunikacji	Języki wykładowe polski
Poziom kształcenia studia drugiego stopnia 4 semestry (magister inżynier)	Obligatoryjność Wybieralny
Forma studiów studia stacjonarne	Blok zajęciowy Przedmioty kierunkowe
Profil studiów profil ogólnoakademicki	Przedmiot powiązany z badaniami naukowymi Tak

Semestr Semestr 4	Forma zaliczenia Zaliczenie na ocenę	Liczba punktów ECTS 4.0
	Forma dydaktyczna i godziny zajęć Wykład: 15 Projekt: 45	

Przedmiotowe efekty uczenia się

Efekt przedmiotowy	Treść	Efekt kierunkowy
Z zakresu wiedzy		
PEU_W01	Wyjaśnia i prezentuje idee klasycznych i kwantowych filtrów. Rozumie ideę sterowania i pomiarów kwantowych.	K2_INK_W03
PEU_W02	Opisuje i charakteryzuje liniowe kwantowe systemy dynamiczne.	K2_INK_W03
PEU_W03	Kategoryzuje i rozpoznaje układy sterowania kwantowych systemów.	K2_INK_W03
Z zakresu umiejętności		
PEU_U01	Przygotowuje i dobiera metody i algorytmy do implementacji liniowych kwantowych systemów dynamicznych.	K2_INK_U10

PEU_U02	Projektuje architekturę kwantowych układów regulacji, wdraża akwizycję danych procesowych poprzez pomiary kwantowe i filtrację stanów.	K2_INK_U10
PEU_U03	Realizuje kwantowy układ regulacji.	K2_INK_U10

Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się

Program dokonuje przeglądu istotnych koncepcji z zakresu teorii otwartych układów kwantowych, teorii pomiarów kwantowych oraz teorii sterowania z wykorzystaniem komputerów kwantowych. Zakres obejmuje metody sterowania liniowych kwantowych układów dynamicznych. Zakres przedmiotu obejmuje podejście multidyscyplinarne, integrując kluczowe zagadnienia teorii systemów i sterowania z implementacją algorytmów kwantowych w nowoczesnych układach automatyki.

Nakład pracy studenta

Rodzaje zajęć studenta	Średnia liczba godzin przeznaczonych na zrealizowane aktywności
Wykład	15
Projekt	45
Przygotowanie projektu	30
Przygotowanie raportu/sprawozdania/prezentacji/referatu	5
Przygotowanie do egzaminu/zaliczenia	5
Całkowity nakład pracy studenta (CNPS)	Liczba godzin 100