

## KARTA KURSU

Nazwa	Informatyka i kryptografia kwantowa
Nazwa w j. ang.	Quantum information and cryptography

Koordynator	dr hab. Piotr Czerski prof. UP	Zespół dydaktyczny
		dr hab. Piotr Czerski prof. UP dr Tomasz Stopa
Punktacja ECTS*	2	

### Opis kursu (cele kształcenia)

Zapoznanie studentów z elementami teorii informacji kwantowej i kryptografii kwantowej. Pokazanie jak bardzo kwantowe przetwarzanie informacji różni się od, powszechnie stosowanego, klasycznego przetwarzania informacji.  
Pokazanie dlaczego z komputerami kwantowymi wiążemy wielkie nadzieje i dlaczego ich efektywna realizacja jest wielkim wyzwaniem technologicznym.

### Warunki wstępne

Wiedza	Znajomość podstaw algebry liniowej i analizy matematycznej.
Umiejętności	Umiejętność krytycznego myślenia.
Kursy	

### Efekty kształcenia

	Efekt kształcenia dla kursu	Odniesienie do efektów kierunkowych
Wiedza	<p>Po zakończeniu kursu student:</p> <p><b>W01</b> wie jakie są podstawowe różnice między klasycznym i kwantowym przetwarzaniem informacji; zna podstawowe prawa mechaniki kwantowej oraz rozumie niezwykłość opisu zjawisk kwantowych takich jak: liniowość, probabilistyczny charakter, splątanie.</p> <p><b>W02</b> zna podstawowe pojęcia informatyki kwantowej, zna ogólne zasady działania takich algorytmów kwantowych jak: algorytm Deutscha, algorytm Grovera i algorytm Shora, wie na czym polega dekoherencja.</p> <p><b>W03</b> zna elementy teorii komunikacji kwantowej tzn. wie na czym polega: gęste kodowanie, teleportacja kwantowa oraz kryptografia kwantowa (protokół BB84 i protokół Ekerta 91).</p>	<p>K_W01</p> <p>K_W02, K_W01</p> <p>K_W01, K_W02 K_W10</p>

	Efekt kształcenia dla kursu	Odniesienie do efektów kierunkowych
Umiejętności	Po zakończeniu kursu student: <b>U01:</b> analizuje działanie układów bramek kwantowych. <b>U02:</b> potrafi oszacować czas dekoherencji prostych procesów kwantowych	K_U01, K_U02 K_U13, K_U15

	Efekt kształcenia dla kursu	Odniesienie do efektów kierunkowych
Kompetencje społeczne	Po zakończeniu kursu student: <b>K01:</b> Student zna ograniczenia własnej wiedzy i rozumie potrzebę dalszego kształcenia, potrafi samodzielnie wyszukiwać informacje w literaturze, także w językach obcych. <b>K02:</b> Student potrafi precyzyjnie formułować pytania, służące pogłębieniu własnego zrozumienia danego tematu lub odnalezieniu brakujących elementów rozumowania. <b>K03:</b> Rozumie konieczność systematycznej pracy nad wszelkimi projektami, które mają długofalowy charakter. <b>K04:</b> Student rozumie i docenia znaczenie uczciwości intelektualnej w działaniach własnych i innych osób; postępuje etycznie.	K_K01 K_K02 K_K03 K_K06

### Studia stacjonarne

		Organizacja									
Forma zajęć	Wykład (W)	Ćwiczenia w grupach									
		A		K		L		S		P	Z
Liczba godzin	30										

### Studia niestacjonarne

		Organizacja									
Forma zajęć	Wykład (W)	Ćwiczenia w grupach									
		A		K		L		S		P	Z
Liczba godzin	15										

## Opis metod prowadzenia zajęć

Podczas wykładów preferowane są metody aktywizujące i motywujące: metody dyskusji, intuicyjne przedstawianie pojęć abstrakcyjnych oraz historyczne sytuacje problemowe, które doprowadziły do wyłonienia się danej koncepcji lub teorii; motywujące są wzmianki o zastosowaniach fizycznych poszczególnych pojęć.

## Formy sprawdzania efektów kształcenia

	E – learning	Gry dydaktyczne	Ćwiczenia w szkole	Zajęcia terenowe	Praca laboratoryjna	Projekt indywidualny	Projekt grupowy	Udział w dyskusji	Referat	Praca pisemna (esej)	Egzamin ustny	Egzamin pisemny	Inne
W01								X					X
W02								X					X
W10								X					X
U01						X		X					
U02						X							
U13													
U18													
K01													
K02													
K04													
K05													
K07													

### Kryteria oceny

Ocena jest uzależniona od wyniku testu kompetencji. Ocenę dobrą/bardzo dobrą otrzymuje student, który napisał test na min 71% / 85% punktów.

### Uwagi

BRAK

## Treści merytoryczne (wykaz tematów)

1. Ogólne wprowadzenie do informatyki kwantowej
2. Podstawy mechaniki kwantowej, stan układu, notacja Diraca, normalizacja, operatory, wektory
3. Kubit, operacje na Kubicie oraz reprezentacja stanu Kubitów na sferze Blocha. Podstawowe bramki jednokubitowe oraz CNOT
4. Algorytm Deutsch/Deutsch-Jozsa jako demonstracja zysku na złożoności obliczeniowej. Implementacja przy użyciu IBM Quantum Composer.
5. Wprowadzenie do biblioteki Qiskit.
6. Omówienie komputerów kwantowych istniejących obecnie (NISQ) - analiza parametrów w Qiskit-ie, błędy ich wielkość i rodzaje, topologia i jej implikacje, koncepcja transpilacji
7. Algorytm Grovera i jego przykładowe zastosowania oraz implementacja w IBM Quantum Composer oraz Qiskit.
8. Koncepcja algorytmów hybrydowych i przykład użycia VQE. Użycie gotowej implementacji w Qiskit-ie
9. Algorytm QAOA i jego zastosowania do problemów kombinatorycznych. Użycie gotowej

implementacji w Qiskit-ie do przykładowego użycia (MAX-CUT problem).  
10. Plany rozwoju technologii i oprogramowania na następne lata..

#### Wykaz literatury podstawowej

1. Michel Le Bellac „Wstęp do informatyki kwantowej” PWN 2011
2. Riley T. Perry „The Temple of Quantum Computing”  
[http://www.mathcs.emory.edu/~skip/classes/quantum-s05/TOQCv1\\_0.pdf](http://www.mathcs.emory.edu/~skip/classes/quantum-s05/TOQCv1_0.pdf)

#### Wykaz literatury uzupełniającej

1. Stephen M. Barnett „Quantum Information.” Oxford University Press 2009
2. Jonathan A. Jones & Dieter Jaksch „Quantum Information, Computation and Communication. Cambridge University Press 2012.
3. Michael A. Nielsen & Isaac L. Chuang “Quantum Computation and Quantum Information” Cambridge. 2010

#### Bilans godzinowy zgodny z CNPS (Całkowity Nakład Pracy Studenta) - **studia stacjonarne**

Liczba godzin w kontakcie z prowadzącymi	Wykład	30
	Konwersatorium (ćwiczenia, laboratorium itd.)	0
	Pozostałe godziny kontaktu studenta z prowadzącym	5
Liczba godzin pracy studenta bez kontaktu z prowadzącymi	Lektura w ramach przygotowania do zajęć	5
	Przygotowanie krótkiej pracy pisemnej lub referatu po zapoznaniu się z niezbędną literaturą przedmiotu	0
	Przygotowanie projektu lub prezentacji na podany temat (praca w grupie)	0
	Przygotowanie do testu	10
Ogółem bilans czasu pracy		50
Liczba punktów ECTS w zależności od przyjętego przelicznika		2

#### Bilans godzinowy zgodny z CNPS (Całkowity Nakład Pracy Studenta) - **studia niestacjonarne**

Liczba godzin w kontakcie z prowadzącymi	Wykład	15
	Konwersatorium (ćwiczenia, laboratorium itd.)	0
	Pozostałe godziny kontaktu studenta z prowadzącym	5
Liczba godzin pracy studenta bez kontaktu z prowadzącymi	Lektura w ramach przygotowania do zajęć	15
	Przygotowanie krótkiej pracy pisemnej lub referatu po zapoznaniu się z niezbędną literaturą przedmiotu	0
	Przygotowanie projektu lub prezentacji na podany temat (praca w grupie)	0

	Przygotowanie do testu	15
	Ogółem bilans czasu pracy	50
	Liczba punktów ECTS w zależności od przyjętego przelicznika	2