

| <b>KARTA OPISU MODUŁU KSZTAŁCENIA</b>  |                              |  |  |
|--|------------------------------|--|--|
| Nazwa modułu/przedmiotu<br><b>Informatyka kwantowa</b>   |                              |  | Kod<br><b>1010401151010420539</b>                      |
| Kierunek studiów<br><b>Edukacja Techniczno-Informatyczna</b>   |                              | Profil kształcenia (ogólnoakademicki, praktyczny)<br><b>ogólnoakademicki</b>   | Rok / Semestr<br><b>3 / 5</b>                          |
| Ścieżka obieralności/specjalność<br><b>-</b>   |                              | Przedmiot oferowany w języku:<br><b>polski</b>   | Kurs (obligatoryjny/obieralny)<br><b>obligatoryjny</b> |
| Stoień studiów:<br><b>I stopień</b>  |                              | Forma studiów (stacjonarna/niestacjonarna)<br><b>stacjonarna</b>   |  |
| Godziny<br>Wykłady: <b>2</b> Ćwiczenia: <b>2</b> Laboratoria: <b>1</b> Projekty/seminaria: <b>-</b>  |                              |  | Liczba punktów<br><b>5</b>                             |
| Status przedmiotu w programie studiów (podstawowy, kierunkowy, inny)<br><b>inny</b>  |                              | (ogólnouczelniany, z innego kierunku)<br><b>ogólnouczelniany</b>   |  |
| Obszar(y) kształcenia i dziedzina(y) nauki i sztuki  |                              |  | Podział ECTS (liczba i %)                              |
| <b>Odpowiedzialny za przedmiot / wykładowca:</b>   |                              |  |  |
| dr Danuta Stefańska<br>email: danuta.stefanska@put.poznan.pl<br>tel. 61 665 3232<br>Wydział Fizyki Technicznej<br>ul. Piotrowo 3, 60-965 Poznań  |                              | doc. dr Gustaw Szawiola<br>email: gustaw.szawiola@put.poznan.pl<br>tel. 61 665 3231<br>Wydział Fizyki Technicznej<br>ul. Piotrowo 3, 60-965 Poznań |  |
| <b>Wymagania wstępne w zakresie wiedzy, umiejętności, kompetencji społecznych:</b>   |                              |  |  |
| 1  | <b>Wiedza:</b>               | podstawowa wiedza z fizyki kwantowej i algebry liniowej  |  |
| 2  | <b>Umiejętności:</b>         | umiejętność wykonywania elementarnych działań w zakresie algebry liniowej, umiejętność pozyskiwania informacji ze wskazanych źródeł                |  |
| 3  | <b>Kompetencje społeczne</b> | zrozumienie konieczności poszerzania swoich kompetencji, gotowość do podjęcia współpracy w ramach zespołu  |  |
| <b>Cel przedmiotu:</b>   |                              |  |  |
| 1. Przekazanie studentom podstawowej wiedzy z informatyki kwantowej, w zakresie określonym przez treści programowe<br>2. Rozwijanie u studentów umiejętności rozwiązywania prostych problemów w oparciu o uzyskaną wiedzę, a także umiejętności planowania i realizacji prostych eksperymentów kwantowych oraz konfigurowania i stosowania prostych modułów funkcjonalnych do realizacji tych eksperymentów<br>3. Kształtowanie u studentów umiejętności samodzielnego kształcenia oraz umiejętności pracy zespołowej  |                              |  |  |
| <b>Efekty kształcenia i odniesienie do kierunkowych efektów kształcenia</b>  |                              |  |  |
| <b>Wiedza:</b>   |                              |  |  |
| 1. student potrafi definiować podstawowe pojęcia z dziedziny mechaniki kwantowej i informatyki kwantowej w zakresie obejmowanym przez treści programowe - [K_W02]<br>2. student potrafi ogólnie wyjaśnić zasadę manipulacji stanami kwantowymi (działanie podstawowych kwantowych operacji logicznych) i ideę podstawowych algorytmów kwantowych, opisać podstawową architekturę komputerów kwantowych - [K_W02]   |                              |  |  |
| <b>Umiejętności:</b>   |                              |  |  |
| 1. student potrafi zastosować metody algebry liniowej do opisu stanów kwantowych, ich manipulacji i pomiaru - [K_U04]<br>2. student potrafi korzystać ze zrozumieniem ze wskazanych źródeł wiedzy (wykaz literatury podstawowej) oraz pozyskiwać wiedzę z innych źródeł (w tym angielskojęzycznych) - [K_U01, K_U02]<br>3. student potrafi zaplanować procedurę tomografii stanu kwantowego izolowanego qubitu lub układu dwóch qubitów (w implementacji fotonicznej polaryzacyjnej), interpretować wyniki pomiaru stanu kwantowego, obsługiwać kwantowy generator liczb losowych - [K_U01, K_U04]<br>4. student potrafi zaprojektować z funkcjonalnych modułów, zgodny ze specyfikacją, prosty układ do przygotowania i koherentnej transformacji stanów kwantowych polaryzacji pojedynczych fotonów, skonfigurować taki układ i zastosować do kwantowej manipulacji stanami fotonów - [K_U01, K_U04]<br>5. student potrafi zaprojektować i zbadać przykładowe układy do separacji i obserwacji izolowanych pojedynczych obiektów kwantowych (elektromagnetyczna pułapka planarna dla pojedynczych cząstek naładowanych, detektor pojedynczych fotonów z wykorzystaniem fotodiody lawinowej) - [K_U01, K_U04] |                              |  |  |

**Kompetencje społeczne:**

1. student potrafi aktywnie angażować się w rozwiązywanie postawionych problemów, samodzielnie rozwijać i poszerzać swoje kompetencje - [K\_K01]
2. student potrafi współpracować w ramach zespołu, wywiązywać się z obowiązków powierzonych w ramach podziału pracy w zespole, wykazać odpowiedzialność za pracę własną i współodpowiedzialność za efekty pracy zespołu - [K\_K01]

**Sposoby sprawdzenia efektów kształcenia**

W01,W02,U02: test pisemny

U01: kolokwium

3.0: 50.1%-60.0%

3.5: 60.1%-70.0%

4.0: 70.1%-80.0%

4.5: 80.1%-90.0%

5.0: od 90.1%

U03,U04,U05: bieżąca ocena przygotowania do ćwiczeń laboratoryjnych, sprawozdanie z ćwiczeń laboratoryjnych

3.0: student potrafi zrealizować ćwiczenie zgodnie ze szczegółowymi zaleceniami

4.0: student potrafi samodzielnie skonfigurować układ pomiarowy wg gotowego schematu i zrealizować ćwiczenie zgodnie z zaleceniami

5.0: student potrafi samodzielnie zaprojektować i skonfigurować układ pomiarowy, zrealizować ćwiczenie zgodnie z zaleceniami, dokonać ilościowej analizy wyników

K01: ocena aktywności na ćwiczeniach rachunkowych

3.0: student wykazuje umiarkowane zaangażowanie

4.0: student wykazuje zaangażowanie i samodzielność

5.0: student wykazuje zaangażowanie i samodzielność, poszukuje rozwiązań niestandardowych

K02: ocena realizacji ćwiczenia laboratoryjnego

**Treści programowe**

|   |                            |
|---|----------------------------|
| <p>Wykład i ćwiczenia rachunkowe:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Elementy mechaniki kwantowej <ul style="list-style-type: none"> <li>- stany kwantowe w przestrzeni Hilberta</li> <li>- baza ortonormalna</li> <li>- superpozycja stanów</li> <li>- podstawowe własności operatorów</li> <li>- pomiar kwantowy</li> </ul> </li> <li>2. Pojęcia wstępne <ul style="list-style-type: none"> <li>- qubity - stany kwantowe, ewolucja stanu kwantowego, manipulacja stanami kwantowymi</li> <li>- korelacje kwantowe, splątanie</li> <li>- dekoherencja</li> </ul> </li> <li>3. Software kwantowy <ul style="list-style-type: none"> <li>- bramki kwantowe</li> <li>- podstawowe algorytmy kwantowe (Deutsch, Grovera, Shora)</li> <li>- kody kwantowej korekcji błędów</li> </ul> </li> <li>4. Hardware kwantowy <ul style="list-style-type: none"> <li>- podstawy implementacji komputera kwantowego</li> <li>- wybrane implementacje</li> </ul> </li> <li>5. Komunikacja kwantowa <ul style="list-style-type: none"> <li>- teleportacja kwantowa, kodowanie supergęste</li> <li>- kryptografia kwantowa</li> </ul> </li> </ol> <p>Laboratorium:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pomiary rzutowe stanów polaryzacyjnych światła (<math>\sigma_1</math>, <math>\sigma_2</math>, <math>\sigma_3</math>); kwantowa tomografia stanów polaryzacyjnych światła - wyznaczanie względnej fazy qubitu; transformacja stanów polaryzacyjnych światła z zastosowaniem retarderów optycznych i kryształów dwójłomnych</li> <li>2. Detektory fotonów: wyznaczanie parametrów (szybkości zliczeń) detektora pojedynczych fotonów z fotodiodą lawinową pracującą w trybie Geigera z pasywnym wygaszaniem prądu lawinowego</li> <li>3. Pułapowanie i obserwacja jonów w elektromagnetycznej pułapce typu Paula</li> <li>4. Przeprowadzanie testów kwantowego generatora liczb losowych</li> <li>5. Demonstracja interferencji kwantowej w interferometrze Macha-Zehndera, gumka kwantowa</li> </ol> |                            |
| <p><b>Literatura podstawowa:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. J. Stolze, D. Suter, &amp;#34;Quantum Computing. A Short Course from Theory to Experiment&amp;#34;, Wiley-VCH, 2004</li> <li>2. M. Le Bellac, &amp;#34;Wstęp do informatyki kwantowej&amp;#34;, Wydawnictwo Naukowe PWN, 2011</li> <li>3. <a href="http://zon8.physd.amu.edu.pl/~tanas/QC.html">http://zon8.physd.amu.edu.pl/~tanas/QC.html</a>, R. Tanaś, cykl wykładów popularno-naukowych z informatyki kwantowej</li> <li>4. &amp;#34;Laboratorium Podstaw Inżynierii Kwantowej&amp;#34;, materiały niepublikowane</li> </ol>  |                            |
| <p><b>Literatura uzupełniająca:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. M. Hirvensalo, &amp;#34;Algorytmy kwantowe&amp;#34;, WSiP, 2004</li> <li>2. C.C. Gerry, P.L. Knight, &amp;#34;Wstęp do optyki kwantowej&amp;#34;, Wydawnictwo Naukowe PWN, 2007</li> </ol>  |                            |
| <p><b>Bilans nakładu pracy przeciętnego studenta</b></p>  |                            |
| <p><b>Czynność</b></p>  | <p><b>Czas (godz.)</b></p> |
| 1. udział w wykładach   | 30                         |
| 2. udział w ćwiczeniach audytoryjnych (rachunkowych)  | 30                         |
| 3. udział w ćwiczeniach laboratoryjnych   | 15                         |
| 4. przygotowanie do ćwiczeń rachunkowych  | 24                         |
| 5. przygotowanie do kolokwium zaliczeniowego  | 6                          |
| 6. przygotowanie do ćwiczeń laboratoryjnych   | 12                         |
| 7. przygotowanie sprawozdań z ćwiczeń laboratoryjnych   | 12                         |
| 8. udział w konsultacjach związanych z realizacją procesu kształcenia, w szczególności ćwiczeń rachunkowych i ćwiczeń laboratoryjnych   | 3                          |
| 9. przygotowanie do testu zaliczeniowego  | 6                          |
| <p><b>Obciążenie pracą studenta</b></p>   |                            |

| <b>forma aktywności</b>                                   | <b>godzin</b> | <b>ECTS</b> |
|---|---------------|-------------|
| Łączny nakład pracy                                       | 138           | 5           |
| Zajęcia wymagające bezpośredniego kontaktu z nauczycielem | 78            | 3           |
| Zajęcia o charakterze praktycznym                         | 39            | 1           |