

| <b>KARTA OPISU MODUŁU KSZTAŁCENIA</b>  |  |   |
|--|--|---|
| Nazwa modułu/przedmiotu<br><b>Nanoelektronika kwantowa</b>   |  | Kod<br><b>1010402211010411144</b>   |
| Kierunek studiów<br><b>Fizyka Techniczna</b>   | Profil kształcenia (ogólnoakademicki, praktyczny)<br><b>(brak)</b> | Rok / Semestr<br><b>1 / 1</b>   |
| Ścieżka obieralności/specjalność<br><b>-</b>   | Przedmiot oferowany w języku:<br><b>polski</b>                     | Kurs (obligatoryjny/obieralny)<br><b>obligatoryjny</b>  |
| Stopień studiów:<br><b>II stopień</b>  | Forma studiów (stacjonarna/niestacjonarna)<br><b>stacjonarna</b>   |   |
| Godziny<br>Wykłady: <b>2</b> Ćwiczenia: <b>-</b> Laboratoria: <b>-</b> Projekty/seminaria: <b>-</b>  |  | Liczba punktów<br><b>2</b>  |
| Status przedmiotu w programie studiów (podstawowy, kierunkowy, inny)<br><b>(brak)</b>  |  | (ogólnouczelniany, z innego kierunku)<br><b>(brak)</b>  |
| Obszar(y) kształcenia i dziedzina(y) nauki i sztuki  |  | Podział ECTS (liczba i %)   |
| <b>Odpowiedzialny za przedmiot / wykładowca:</b>   |  |   |
| prof. dr hab. Bronisław Susła<br>email: bronislaw.susla@put.poznan.pl<br>tel. (61) 665 3192<br>Wydział Fizyki Technicznej<br>ul. Nieszawska 13A 60-965 Poznań  |  |   |
| <b>Wymagania wstępne w zakresie wiedzy, umiejętności, kompetencji społecznych:</b>   |  |   |
| 1  | <b>Wiedza:</b>   | podstawowa wiedza z fizyki i matematyki w zakresie efektów kształcenia/treści programowych realizowanych na I stopniu kształcenia na kierunku studiów Fizyka Techniczna |
| 2  | <b>Umiejętności:</b>   | umiejętność rozwiązywania problemów z fizyki w oparciu o posiadaną wiedzę, 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. Opanowanie przez studentów wiedzy z fizyki współczesnej w zakresie nanoelektroniki kwantowej.<br>2. Opanowanie przez studentów umiejętności rozwiązywania problemów i wykonywania eksperymentów oraz analizy wyników w oparciu o uzyskaną wiedzę.   |  |   |
| <b>Efekty kształcenia i odniesienie do kierunkowych efektów kształcenia</b>  |  |   |
| <b>Wiedza:</b>   |  |   |
| 1. definiować podstawowe pojęcia fizyczne w zakresie obejmowanym przez treści programowe właściwe dla kierunku studiów i podać proste przykłady ich zastosowania w otaczającym świecie - [K_W01, K_W02]<br>2. zna osiągnięcia, wyzwania i ograniczenia wybranych, zaawansowanych zagadnień fizyki znajdujących zastosowanie w nowoczesnych technologiach - [K_W07, K_W08]<br>3. ma wiedzę w zakresie wybranych eksperymentalnych metod inżynierii kwantowej i jej praktycznych ma ugruntowaną, szczegółową wiedzę związaną z wybranymi zagadnieniami analizy właściwości materiałów funkcjonalnych w skali nano, mikro i makro zastosowań; - [K_W13] |  |   |
| <b>Umiejętności:</b>   |  |   |
| 1. zastosować podstawowe prawa fizyczne i uproszczone modele w rozwiązywaniu prostych problemów w zakresie obejmowanym przez treści programowe właściwe dla kierunku studiów - [K_U01, K_U02, K_U03]<br>2. dokonać jakościowej i ilościowej analizy wyników eksperymentów fizycznych - [K_U07]<br>3. potrafi przygotować i przedstawić w języku polskim i języku angielskim doniesienie naukowe, prezentację ustną i/lub dobrze udokumentowane opracowanie, dotyczące zagadnień z zakresu fizyki technicznej; potrafi adaptować opisane w literaturze osiągnięcia fizyki doświadczalnej do zastosowań technicznych - [K_U21]                         |  |   |
| <b>Kompetencje społeczne:</b>  |  |   |
| 1. aktywnie angażować się w rozwiązywanie postawionych problemów, samodzielnie rozwijać i poszerzać swoje kompetencje; potrafi pracować nad wyznaczonym wielowątkowym zadaniem w sposób odpowiedzialny; rozumie potrzebę i zna możliwości ciągłego aktualizowania i uzupełniania - [K_K04]   |  |   |

| <b>Sposoby sprawdzenia efektów kształcenia</b>   |               |                     |
|--|---------------|---------------------|
| WO1, WO2, WO3, UO1, UO2, UO3, KO1  |               |                     |
| <b>Treści programowe</b>   |               |                     |
| <p>Program przedmiotu obejmuje następujące zagadnienia:</p> <p>Powtórzenie wiadomości z budowy atomu, cząsteczki i ciała stałego. Wprowadzenie pojęcia spinu w mechanice nierelatywistycznej i relatywistycznej. Zjawiska tunelowe w ciałach stałych. Mikroskopowe pochodzenie magnetyzmu. Magnetyzm w układach niskowymiarowych.</p> <p>Przewodnictwo elektronowe zależne od spinu. Fizyczne podstawy działania półprzewodnikowych układów elektronicznych wykorzystujących ładunek i spin elektronu. Półprzewodniki ferromagnetyczne. Materiały i elementy spintroniczne. Technologia wytwarzania (MBE) i metody testujące (RHEED, SQUID, SP-STM, MFM) stosowane przy wytwarzaniu urządzeń nanoelektroniki spinowej. Elektronika nadprzewodnikowa</p> <p>Omówienie efektu gigantycznego magnetooporu (GMR i TMR) jako domena spintroniki. Urządzenia elektroniki spinowej: tranzystor polowy i spinowy tranzystor polowy, zawory spinowe, głowice zapisujące dysków twardych, pamięci MRAM.</p> <p>Zjawiska kwantowe w elektronice nadprzewodnikowej.</p> <p>Zastosowanie nadprzewodnikowych interferometrów kwantowych (SQUID-y)</p> <p>Zastosowanie elektroniki kwantowej w metrologii.</p> <p>Technologia wytwarzania nadprzewodnikowych układów elektronicznych.</p> |               |                     |
| <b>Literatura podstawowa:</b>  |               |                     |
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. D.Halliday, R.Resnick, J.Walker, Podstawy fizyki t. 3 - 5, PWN Warszawa 2003.</li> <li>2. Concepts in Spin Electronics, Ed. S. Maekawa, Oxford Univ. Press, 2008.</li> <li>3. 3.E.L. Wolf, Quantum Nanoelectronics, VILLEY-VCH Verlag GmbH&amp;co.KGaA, 2009.</li> <li>4. Nanotechnologie, PWN, W-wa, 2008 . Redakcja naukowa przekładu K. Kurzydłowski .</li> </ol>   |               |                     |
| <b>Literatura uzupełniająca:</b>   |               |                     |
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. R. Eisberg, R. Resnick, Fizyka kwantowa, PWN 1983.</li> <li>2. B.M. Jaworski, A.A. Dietław ? Fizyka ? przewodnik encyklopedyczny, PWN 1998.</li> </ol>   |               |                     |
| <b>Bilans nakładu pracy przeciętnego studenta</b>  |               |                     |
| <b>Czynność</b>  |               | <b>Czas (godz.)</b> |
| 1. udział w wykładach  |               | 30                  |
| 2. udział w konsultacjach związanych z realizacją procesu kształcenia  |               | 2                   |
| 3. przygotowanie do egzaminu   |               | 16                  |
| 4. obecność na egzaminie   |               | 2                   |
| <b>Obciążenie pracą studenta</b>   |               |                     |
| <b>forma aktywności</b>  | <b>godzin</b> | <b>ECTS</b>         |
| Łączny nakład pracy  | 50            | 2                   |
| Zajęcia wymagające bezpośredniego kontaktu z nauczycielem  | 32            | 0                   |
| Zajęcia o charakterze praktycznym  | 18            | 0                   |