

# Karta przedmiotu

|                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                              |                        |                                                                                                                                                                                        |                       |       |
|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------|
| Nazwa i kod przedmiotu                   | Magnetyczne właściwości nanostruktur i spintronika , PG_00071037                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                              |                        |                                                                                                                                                                                        |                       |       |
| Kierunek studiów                         | Nanotechnologia                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                              |                        |                                                                                                                                                                                        |                       |       |
| Data rozpoczęcia studiów                 | luty 2027 r.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                           | Rok akademicki realizacji przedmiotu                                                                                                                                                                                                                         |                        | 2026/2027                                                                                                                                                                              |                       |       |
| Poziom kształcenia                       | II stopnia                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                           | Grupa zajęć                                                                                                                                                                                                                                                  |                        | Grupa zajęć obowiązkowych z zakresu kierunku studiów<br>Grupa zajęć powiązanych z prowadzonymi badaniami naukowymi w dziedzinie nauki związanej z kierunkiem - profil ogólnoakademicki |                       |       |
| Forma studiów                            | stacjonarne                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                           | Sposób realizacji                                                                                                                                                                                                                                            |                        | na uczelni                                                                                                                                                                             |                       |       |
| Rok studiów                              | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                           | Język wykładowy                                                                                                                                                                                                                                              |                        | polski                                                                                                                                                                                 |                       |       |
| Semestr studiów                          | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                           | Liczba punktów ECTS                                                                                                                                                                                                                                          |                        | 2.0                                                                                                                                                                                    |                       |       |
| Profil kształcenia                       | ogólnoakademicki                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                           | Forma zaliczenia                                                                                                                                                                                                                                             |                        | zaliczenie                                                                                                                                                                             |                       |       |
| Jednostka prowadząca                     | Wydziały Politechniki Gdańskiej -> Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej -> Instytut Nanotechnologii i Inżynierii Materiałowej -> Zakład Magnetycznych Właściwości Materiałów                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                              |                        |                                                                                                                                                                                        |                       |       |
| Imię i nazwisko wykładowcy (wykładowców) | Odpowiedzialny za przedmiot                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                           | dr hab. inż. Leszek Piotrowski                                                                                                                                                                                                                               |                        |                                                                                                                                                                                        |                       |       |
|                                          | Prowadzący zajęcia z przedmiotu                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                           | dr hab. inż. Leszek Piotrowski                                                                                                                                                                                                                               |                        |                                                                                                                                                                                        |                       |       |
| Formy zajęć                              | Forma zajęć                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Wykład                                                    | Ćwiczenia                                                                                                                                                                                                                                                    | Laboratorium           | Projekt                                                                                                                                                                                | Seminarium            | RAZEM |
|                                          | Liczba godzin zajęć                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 30.0                                                      | 0.0                                                                                                                                                                                                                                                          | 0.0                    | 0.0                                                                                                                                                                                    | 0.0                   | 30    |
|                                          | W tym liczba godzin zajęć na odległość: 0.0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                              |                        |                                                                                                                                                                                        |                       |       |
| Aktywność studenta i liczba godzin pracy | Aktywność studenta                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Udział w zajęciach dydaktycznych, objętych planem studiów |                                                                                                                                                                                                                                                              | Udział w konsultacjach |                                                                                                                                                                                        | Praca własna studenta | RAZEM |
|                                          | Liczba godzin pracy studenta                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 30                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                              | 2.0                    |                                                                                                                                                                                        | 18.0                  | 50    |
| Cel przedmiotu                           | Student powinien uzyskać możliwie szeroką wiedzę odnośnie magnetyzmu w skali makro mikro i nano. Poznać takie zjawiska jak sprzężenie spin orbita i związane z nim zjawiska anizotropii magnetokrystalicznej oraz magnetostrykcji. Poznać podstawowe mechanizmy koercji oraz modele opisujące pętlę histerezy magnetycznej. Zapoznać się ze zjawiskami zachodzącymi w skali nano gigantyczny magnoetopór, zawory spinowe, transfer spinowego momentu pędu. Poznać zasady działania magnetycznych pamięci RAM oraz tranzystorów spinowych |                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                              |                        |                                                                                                                                                                                        |                       |       |
| Efekty uczenia się przedmiotu            | Efekt kierunkowy                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                           | Efekt z przedmiotu                                                                                                                                                                                                                                           |                        | Sposób weryfikacji i oceny efektu                                                                                                                                                      |                       |       |
|                                          | [K7_W02] posiada pogłębioną, podbudowaną teoretycznie, szczegółową wiedzę w zakresie zjawisk, metod i teorii odnoszących się do nanotechnologii oraz związanych z nią pokrewnych dziedzin nauki lub techniki                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                           | Student poznaje zasady rządzące transportem prądów spinowych. Zna i rozumie zjawisko utraty koherencji spinu, spinowy efekt Halla czy też oddziaływanie Rashby.                                                                                              |                        | [SW1] Ocena wiedzy faktograficznej                                                                                                                                                     |                       |       |
|                                          | [K7_W03] ma wiedzę o aktualnych kierunkach rozwoju i najnowszych odkryciach w zakresie fizyki, chemii, technologii i zastosowań nanostruktur                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                           | Student potrafi podać przykłady nanostruktur magnetycznych wykorzystywanych w praktyce i wyjaśnić ich zasadę działania                                                                                                                                       |                        | [SW1] Ocena wiedzy faktograficznej                                                                                                                                                     |                       |       |
|                                          | [K7_U06] potrafi zastosować zdobytą wiedzę specjalistyczną z zagadnień z obszaru innych nauk ścisłych, nauk przyrodniczych lub technicznych oraz dokonać krytycznej analizy i oceny sposobu funkcjonowania przyjętych rozwiązań                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                           | Student zdaje sobie sprawę z ograniczeń wynikających z miniaturyzacji nanostruktur w odniesieniu do właściwości magnetycznych nanomateriałów. Zdaje sobie sprawę z wpływu temperatury na właściwości materiałów magnetycznych a zwłaszcza na magnesy trwałe. |                        | [SU2] Ocena umiejętności analizy informacji                                                                                                                                            |                       |       |

|                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                 |                         |
|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| Treści przedmiotu                                                 | Treści przedmiotu - wykład<br>1. Krótkie przypomnienie podstaw magnetyzmu:<br><br><ul style="list-style-type: none"><li>magnetyzm atomów i cząsteczek, atomów w zewnętrznych polach magnetycznych</li><li>Właściwości magnetyczne materiałów (dia-, para- i ferromagnetyzm)</li><li>Ferromagnetyzm i struktura domenowa</li></ul><br>2. Magnetyzm małych cząstek, cząstek jednodomenowych (model Stonera Wohlfartha) i cienkich warstw<br><br>3. Polaryzacja spinowa transportu spinowego, filtry spinowe, oddziaływanie Rashby i Dresselhausa<br><br>4. Model dwóch prądów: wstrzykiwanie spinu, długość koherencji oraz efekty Halla zależne od spinu.<br><br>5. Magnetoopór: anizotropowy (AMR), gigantyczny (GMR), tunelowy (TMR) oraz kolosalny (CMR).<br><br>6. Zawory spinowe<br><br>7. Magnetyczne nośniki danych (HDD) nośniki pamięci, głowice do odczytu/zapisu, problemy konstrukcyjne.<br><br>8. Przełączanie magnetyzacji indukowane prądem spinowo spolaryzowanym (STT), nanooscylatory<br><br>9. Pamięć magnetyczna (MRAM), STT-MRAM<br><br>10 Tranzystory spinowe, tranzystor Data i Das, tranzystor z zaworem spinowym, tranzystor<br><br>11. Magnetyczne urządzenia logiczne |                                                                                                                                                                                                                 |                         |
| Wymagania wstępne i dodatkowe                                     | Podstawy wiedzy o magnetyzmie atomów, cząsteczek i ciał stałych. Znajomość różnic pomiędzy diamagnetykami paramagnetykami i ferromagnetykami.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                 |                         |
| Sposoby i kryteria oceniania osiągniętych efektów uczenia się     | Sposób oceniania (składowe)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Próg zaliczeniowy                                                                                                                                                                                               | Składowa oceny końcowej |
|                                                                   | egzamin pisemny                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 50.0%                                                                                                                                                                                                           | 100.0%                  |
| Zalecana lista lektur                                             | Podstawowa lista lektur                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 1. J. Stohr, H.C. Siegmann; Magnetism From fundamentals to Nanoscale Dynamics; Springer, 2006.<br>2 <b>Spintronics: Materials, Devices and Applications</b> Ed. Kaiyou Wang, Meiyin Yang and Jun Luo WILEY 2022 |                         |
|                                                                   | Uzupełniająca lista lektur                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 1. Handbook of Spin Transport and Magnetism; Ed. E.Y. Tsymbal, I.Žutić; CRC Press 2012                                                                                                                          |                         |
|                                                                   | Adresy eZasobów                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                 |                         |
| Przykładowe zagadnienia/ przykładowe pytania/ realizowane zadania | 1 Anizotropia a koercja co je łączy? 2. Omów zasadę działania zaworu spinowego 3. Jakie kryteria muszą spełniać materiały używane do magazynowania danych .4. Omów zjawiska powodujące dekoherencję spinu w ciele stałym. 5. Wyjaśnij proces transferu sp inowego momentu pędu                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                 |                         |
| Zajęcia praktyczne w ramach przedmiotu                            | Nie dotyczy                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                 |                         |