

**WYDZIAŁ PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI
KARTA PRZEDMIOTU**

Nazwa w języku polskim ...MAGNETYZM I SPINTRONIKA

Nazwa w języku angielskim MAGNETISM and SPINTRONICS

Kierunek studiów (jeśli dotyczy): ...INŻYNIERIA KWANTOWA

Specjalność (jeśli dotyczy):

Stopień studiów i forma: I / stacjonarna

Rodzaj przedmiotu: wybieralny

Kod przedmiotu FZP001095W

Grupa kursów NIE*

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30				15
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	60				30
Forma zaliczenia	zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	zaliczenie na ocenę*
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS	2				1
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)					1
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BK)	1				1

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

1. Znajomość: fizyki na poziomie ogólnym, podstaw mechaniki kwantowej, fizyki ciała stałego.
2. Znajomość rachunku różniczkowego i całkowego funkcji wielu zmiennych.

CELE PRZEDMIOTU

- C1. Zapoznanie z magnetyzmem układów o spinach zlokalizowanych, magnetyzmie skorelowanych elektronów oraz procesami transportu zależnymi od spinu, uwzględniając efekty topologiczne.
- C2. Przedstawienie zastosowań magnetyzmu w spintronice i informatyce kwantowej.
- C3. Nabycie umiejętności zidentyfikowania, zdefiniowania i rozwiązania problemów z magnetyzmu, spintroniki używając modeli mikroskopowych jak i opisu fenomenologicznego, uwzględniając efekty topologiczne. Umiejętność zastosowań magnetyzmu w spintronice i innych dziedzinach.
- C4. Nabycie umiejętności pozyskiwania fachowej informacji, sporządzenia syntetycznego opracowania problemu, jego prezentacji pisemnej jak i medialnej, używając profesjonalnych pojęć i języka.
- C5. Wzbudzić poczucie misji budowy społeczeństwa technologicznego, w którym inżynier organizuje i inspirowa grupy kreujące innowacyjne technologie, w oparciu o najnowszą wiedzę. To wymaga wpojenia nawyku ciągłego uaktualniania swojej wiedzy i podwyższania kompetencji, jak również kreatywności i przedsiębiorczości.

PRZEDMIOTOWE EFEKTY KSZTAŁCENIA

Z zakresu wiedzy:

- PEK_W01 zna magnetyzm spinów zlokalizowanych, magnetyzm elektronów wędrownych, magnetyzm metali oraz magnetyzm silnie zskorelowanych elektronów; zna rolę topologii w magnetyzmie; zna transport spinu w nanostrukturach; zna zastosowania magnetyzmu i spintroniki w elektronice, w metamateriałach, w przrenoszeniu, zapisie i gromadzeniu informacji w informatyce i informatyce kwantowej.
- PEK_W02 zna rolę topologii w fizyce, w fizyce fazy skondensowanej, w szczególności w magnetyzmie i spintronice.
- PEK_W03 zna procesy kwantowe układu elektronów, w regimie silnej korelacji elektronowych i spinowych stopni swobody z uwzględnieniem topologii.
- PEK_W04 zna zastosowania spinowych stopni swobody i topologii do kwantowej informatyki.
- PEK_W05 zna metody topologii używane w fizyce ciała stałego.
- PEK_W06 zna własności grafenu.
- PEK_W07 zna zastosowania magnetyzmu, spintroniki w elektronice, telekomunikacji, informatyce, optoelektronice, fotonice, woltaice, plazmonice, metrologii, medycynie(nieinwazyjne metody leczenia), biotechnologii, chemii(polimery).

Z zakresu umiejętności:

PEK_U01 potrafi zidentyfikować, zdefiniować i rozwiązać problem z magnetyzmu, spintroniki, używając opisu fenomenologicznego jak i mikroskopowego uwzględniając topologię. Potrafi wyliczyć wielkości mierzalne w eksperymencie.

PEK_U02 potrafi stosować wiedzę ze współczesnego magnetyzmu w spintronice.

PEK_U03 potrafi posługiwać się metodami topologicznymi i polami cechowania.

PEK_U04 umiejętność wykonania syntetycznego, profesjonalnego opracowania zagadnień z magnetyzmu, spintroniki.

PEK_U05 umiejętność prezentacji własnych opracowań, również w języku angielskim, przy użyciu środków multimedialnych.

PEK_U06 umiejętność pozyskiwania fachowych informacji z magnetyzmu, spintroniki.

PEK_U07 umiejętność podnoszenia swoich kwalifikacji zawodowych w tym fachowej wiedzy.

PEK_U08 umiejętność zidentyfikowania i rozwiązania problemu z magnetyzmu, spintroniki posługując się fachowymi pojęciami, potrafi komunikować się z fachowcami posługując się profesjonalnymi pojęciami i fachowym językiem.

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEK_K01 ma poczucie misji inżyniera ulepszającego rzeczywistość w oparciu o najnowsze osiągnięcia nauki, co wymaga kreatywności i ciągłego uaktualniania swoich kompetencji.

PEK_K02 ma wiedzę i motywację bycia inicjatorem zespołów kreujących zaawansowane technologie.

PEK_K03 ma poczucie misji budowy społeczeństwa technologicznego.

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	<i>Oddziaływanie wymienne: atom, molekula, gaz elektronowy. Wymiana bezpośrednia i kinetyczna. Efektywny hamiltonian spinowy – model Heisenberga.</i>	2
Wy2	Ferro i antyferromagnetyk – stan podstawowy, stany wzbudzone, termodynamika.	2
Wy3	Makroskopowy opis ferro i antyferromagnetyka, nieliniowy sigma model, równanie Landaua-Lifszica, mikromagnetyzm.	2
Wy4	Wzbudzenia topologiczne: topologia parametru porządku, kink, wir, skyrmion; dynamika; topologiczne przejścia fazowe. Domeny magnetyczne.	2
Wy5	Silnie skorelowane elektrony. Model Hubbarda. Przejście Motta izolator-metal. Izolator z transferem elektronów, metal 'dzurowy'.	2
Wy6	Magnetyzm elektronów wędrownych, magnetyzm metali, fale gęstości spinowej, paramagnony.	2
Wy7	<i>Zlokalizowany moment magnetyczny, s-d model, problem Kondo, oddziaływanie RKKY, szkło spinowe, półprzewodniki magnetyczne.</i>	2
Wy8	Fazy geometryczne, faza Berry'ego. Frustracja i chiralność układu spinowego, geometryczne pole magnetyczne.	2
Wy9	Sprzężenie spinu i ładunku w układach sfrustrowanych, chiralne magnetyki. Negatywny wsólczynnik załamania. T-J model izolatora Motta, spiralne struktury spinowe w nadprzewodnikach.	2
Wy10	Topologiczne magnetyki. Tekstury spinowe o nietrywialnych ładunkach topologicznych. Spinowy efekt Halla, topologiczne izolatory, fermiony Majorany.	2
Wy11	<i>Korelacje elektronowe z uwzględnieniem topologii. Kwantowy efekt Halla, fermiony kompozycyjne. Separacja spinu i ładunku. Anomalny efekt Halla w ferromagnetyku.</i>	2
Wy12	Współzależność spinowych, orbitalnych i strukturalnych stopni swobody. Orbitronika.	2
Wy13	Kwantowy transport w nanostrukturach – rola spinu. Gigantyczny magnetoopór, transport poprzez tunelowanie. Wstrzykiwanie spinu.	2
Wy14	Koherencja i rozfazowanie spinów.	2
Wy15	Spin w kwantowej informatyce: bit, bramka; splątanie; realizacja spinowych elementów logicznych; dekoherencja.	2
	Suma godzin	30

Forma zajęć - seminarium		Liczba godzin
Se1	Model Isinga, termodynamika.	1
Se2	Anizotropie: spin-orbita, spiralne tekstury; Dzialoshinsky-Moriya, chiralność, domeny chiralności, skyrmiony.	2
Se3	Efekt Rashby, tranzystor spinowy, spiny powierzchniowe.	1
Se4	Domeny magnetyczne i ich dynamika. Magnetyczne elementy logiczne. Zapis magnetyczny.	2
Se5	Skyrmiony: chiralność, domeny chiralności, tekstury.	1
Se6	Spinowy transport momentu skręcającego. Indukowanie magnetyzacji prądem. Ruch domen i wirów indukowany prądem.	1
Se7	Efekt magneto-elektryczny, multiferroiki.	2
Se8	Wstrzykiwanie spinu: magnetoptyczny efekt Kerna, Hanle effect.	1
Se9	Optyczne generowanie prądu spinowego.	1
Se10	Kropka kwantowa: spin, transport.	1
Se11	Spin w zredukowanym wymiarze: struktura spinowa na powierzchni i w cienkich warstwach. Spinplazmonika.	1
Se12	Elektronika nanoobwodów: elektronika jednego elektronu, kwantowanie geometryczne, transport balistyczny, koherencja fazowa.	1
Suma godzin		15

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. wykład z transparentjami.
 N2. prezentacje(komputer-rzutnik).
 N3. konsultacje.

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW KSZTAŁCENIA

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEK_W1-7; PEK_U1-8; PEK_K1-3	Prezentacje
F2	PEK_W1-7; PEK_U1-3,7,8;	Kolokwium
P	F1*70%+F2*30%	

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA

- [1] S. Blugel, D. Burgler, M. Morgenstern, C. M. Schneider, R. Waser(Eds), „Spintronics- from GMR to quantum information”, Lecture Notes of the 40th Spring School 2009.
- [2] S. Blugel, T. Bruckel, C. M. Schneider(Eds), „Magnetism goes nano”, Lecture manuscripts of 36th Spring School of the Institute of Solid State Research., 2005.
- [3] P. Fazekas, „Electron correlation and magnetism”, World Scientific, 1999.
- [4] S. Maekawa, „Concepts in spin electronics”, Oxford Science Publications, 2006.

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

- [1] J. Gregg, „Art of spintronics an introduction”, Oxford, 2008.
- [2] D. I. Khomskii, „Basic aspects of the quantum theory of solids”, Cambridge University Press, 2010.
- [3] N. Majlis, „The quantum theory of magnetism”, World Scientific, 2008.
- [4] R. Skomski, „Simple models of magnetism”, Oxford University Press, 2009.

OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)

dr Paweł Rusek, pawel.rusek@pwr.edu.pl

MACIERZ POWIĄZANIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA DLA PRZEDMIOTU
MAGNETYZM I SPINTRONIKA.....
 Z EFEKTAMI KSZTAŁCENIA NA KIERUNKU ...
 INŻYNIERIA KWANTOWA.....
 I SPECJALNOŚCI

Przedmiotowy efekt kształcenia	Odniesienie przedmiotowego efektu do efektów kształcenia zdefiniowanych dla kierunku studiów i specjalności (o ile dotyczy)**	Cele przedmiotu***	Treści programowe***	Numer narzędzia dydaktycznego***
PEK_W01	K1INK_W01	C1-3	Wy1-15 Se1-12	N1-3
PEK_W02	K1INK_W02	C1-3	Wy4,8-11 Se2,5,7,11,12	N1-3
PEK_W03	K1INK_W04	C1-3	Wy1-3,5-15 Se1-3,7-12	N1-3
PEK_W04	K1INK_W05	C2,3	Wy14,15	N1,3
PEK_W05	K1INK_W06	C1-3	Wy8-11 Se7	N1-3
PEK_W06	K1INK_W09	C2,3	Wy10 Se11	N1-3
PEK_W07	K1INK_W13	C2,3	Wy14,15 Se4,9,11,12	N1-3
PEK_U01	K1INK_U01	C1-3	Wy1-15 Se1-12	N1-3
PEK_U02	K1INK_U01	C1-3	Wy7,9,11-15 Se3,4,6-12	N1-3
PEK_U03	K1INK_U01	C1-3	Wy4,7-11 Se7	N1-3
PEK_U04	K1INK_U04	C4	Se1-12	N2,3
PEK_U05	K1INK_U05	C4	Se1-12	N2,3
PEK_U06	K1INK_U06	C4	Se1-12	N2,3
PEK_U07	K1INK_U08	C4	Wy1-15 Se1-12	N1-3
PEK_U08	K1INK_U14	C4	Wy1-15 Se1-12	N1-3
PEK_K01	K1INK_K05,07	C5	Wy1-15 Se1-12	N1-3
PEK_K02	K1INK_K07	C5	Wy1-15 Se1-12	N1-3
PEK_K03	K1INK_K06	C5	Wy1-15 Se1-12	N1-3

** - wpisać symbole kierunkowych/specjalnościowych efektów kształcenia