

WYDZIAŁ PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI

KARTA PRZEDMIOTU

Nazwa w języku polskim ...FAZY GEOMETRYCZNE W UKŁADACH
KWANTOWYCH

Nazwa w języku angielskim ...GEOMETRIC PHASES IN QUANTUM SYSTEMS

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

Specjalność (jeśli dotyczy):

Stopień studiów i forma: **I**, stacjonarna

Rodzaj przedmiotu: **wybieralny**

Kod przedmiotu: **FZP001100W**

Grupa kursów **NIE***

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30				
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	40				
Forma zaliczenia	zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS	4				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)					
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BK)	4				

*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 topologicznymi efektami w ciele stałym.
- C2. Zapoznanie z elementami topologii algebraicznej, efektami krzywizny przestrzeni, geometrycznymi polami cechowania.
- C3. Zapoznanie z zastosowaniami efektów topologicznych w elektronice, spintronice, kwantowej informatyce.
- C4. Nabycie umiejętności zidentyfikowania, zdefiniowania i rozwiązania problemów z fizyki ciała stałego i inżynierii kwantowej, w których istotną rolę odgrywa topologia.
- C5. Nabycie umiejętności pozyskiwania fachowej informacji, syntetycznego opracowania problemu, jego prezentacji pisemnej jak i medialnej, używając profesjonalnych pojęć i języka.
- C6. Wzbudzić i utrwalić poczucie misji wykorzystywania najnowszych osiągnięć nauk podstawowych w inżynierii kwantowej celem budowy społeczeństwa technologicznego. To wymaga wpajania nawyku ciągłego uaktualniania swojej wiedzy i podwyższania kompetencji, jak również kreatywności i przedsiębiorczości.

PRZEDMIOTOWE EFEKTY KSZTAŁCENIA

Z zakresu wiedzy:

- PEK_W01 zna elementy topologii algebraicznej, elementy geometrii przestrzeni zakrzywionej, pola cechowania.
- PEK_W02 zna fazę geometryczną Berriego.
- PEK_W03 zna geometryczne kwantowanie, używające form Cherna-Simonsa.
- PEK_W04 zna kwantowe efekty Halla(całkowity, ułamkowy, anomalny, spinowy, nieabelowy) i topologiczne izolatory.
- PEK_W05 zna unikalne własności materiałów bazujących na węglu, grafen.
- PEK_W06 zna efekty topologiczne w fizyce ciała stałego.
- PEK_W07 zna zastosowania efektów topologicznych w elektronice, optoelektronice, spintronice, informatyce kwantowej; inżynierii kwantowej.

Z zakresu umiejętności:

- PEK_U01 potrafi określić rodzaj wzbudzeń topologicznych(WT) w układzie w oparciu o symetrię i parametr porządku; potrafi zbadać własności układu z WT używając efektywnego działania z geometrycznymi polami cechowania.
- PEK_U02 potrafi zidentyfikować fazy Berry'ego, określić ich koneksję, przewidzieć i opisać ilościowo efekty, które one wywołują.
- PEK_U03 potrafi opisać ilościowo efekty Halla i izolatory topologiczne.
- PEK_U04 posiada umiejętność wykonania syntetycznego opracowania zagadnień z efektów topologicznych.
- PEK_U05 posiada umiejętność prezentacji własnych opracowań, również w języku angielskim, przy użyciu środków multimedialnych.
- PEK_U06 posiada umiejętność pozyskiwania kwalifikowanej informacji o efektach topologicznych w ciele stałym.
- PEK_U07 posiada umiejętność podnoszenia swoich kwalifikacji zawodowych w tym fachowej wiedzy.

PEK_U08 posiada umiejętność zidentyfikowania i rozwiązania problemu z nietrywialną topologią, posługując się fachowymi pojęciami, potrafi komunikować się z fachowcami posługując się profesjonalnymi pojęciami i fachowym językiem.

Z zakresu kompetencji społecznych

PEK_K01(05,06,07) ma poczucie misji inżyniera ulepszającego rzeczywistość w oparciu o najnowsze osiągnięcia nauki co wymaga ciągłego uaktualniania swojej wiedzy oraz kreatywności i przedsiębiorczości.

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Wzbudzenia topologiczne: parametr porządku, przestrzeń zwyrodnienia; przykłady: XY model, ciekły kryształ, ferromagnetyk, szkło spinowe; półprzewodniki magnetyczne.	2
Wy2	Topologia przestrzeni zwyrodnienia: grupa fundamentalna, pierwsza grupa homotopii, ładunek topologiczny; liniowe wzbudzenia topologiczne: abelowe i nieabelowe wiry magnetyczne, dyslokacje, dysklinacje; pamięć magnetyczna.	2
Wy3	Wzbudzenia topologiczne o wyższej grupie homotopii: monopol, odwzorowanie Hopfa.	2
Wy4	Relatywna homotopia: łączenie i rozpad wzbudzeń topologicznych, splątanie liniowych wzbudzeń topologicznych. Topologiczna informatyka kwantowa.	2
Wy5	Stopień odwzorowania, różniczka zewnętrzna, całkowalne formy różniczkowe, formy Wess-Zumino i Chern-Simons'a.	2
Wy6	Koneksja na przestrzeni zwyrodnienia, pole cechowania, geometryczne pole magnetyczne.	2
Wy7	Efekt Aharonov'a-Bohm'a, ułamkowe statystyki.	2
Wy8	Całkowity, kwantowy efekt Halla, geometryczne kwantowanie przewodnictwa, topologiczny inwariant Chern-Simonsa.	2
Wy9	Ułamkowy, kwantowy efekt Halla: efektywny model Chern-Simonsa, kompozycyjne fermiony, ułamkowy ładunek.	2
Wy10	Faza Berriego: Faza Berriego elektronów w stanie Blocha; faza Berriego w spintronice, optoelektronice.	2
Wy11	Topologiczne izolatory: kwantowy anomalny efekt Halla(KAEH) i kwantowy spinowy efekt Halla(KSEH).	2
Wy12	Topologiczne izolatory: stany krawędziowe w KAEH i HSEH.	2
Wy13	Grafen- Weyl semi-metal: punkty diaboliczne, mody zerowe, punkty Fermiego.	2
Wy14	Kwantowe splątanie: entropia splątania, kwantowa holografia; kwantowa kryptografia.	2
Wy15	Nieabelowy efekt Halla a kwantowa informatyka.	2

Suma godzin	30
-------------	----

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE
N1. wykład (na transparencjach) N2. prezentacje(komputer, rzutnik)

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_W01-07 PEK_U01-08	prezentacja
P = F1		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA
<p><u>LITERATURA PODSTAWOWA:</u></p> <p>[1] D.J. Thouless, „Topological quantum numbers in nonrelativistic Physics”, World Scientific, 1998.</p> <p>[2] A.Bohm, A.Mostafazadeh, H.Koizumi, Q.Niu, J. Zwanziger, „The geometric phase in quantum systems”, Springer, 2003.</p> <p>[3] 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.</p>
<p><u>LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:</u></p> <p>[1] E. Fradkin, „Field theories of condensed matter physics”, Cambridge University Press, 2013.</p>
OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)
Paweł Rusek pawel.rusek@pwr.wroc.pl

MACIERZ POWIĄZANIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA DLA PRZEDMIOTU
FAZY GEOMETRYCZNE W UKŁADACH KWANTOWYCH
Z EFEKTAMI KSZTAŁCENIA NA KIERUNKU INŻYNIERIA KWANTOWA

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_W02,06	C2	Wy1-6,8	N1
PEK_W02	K1INK_W06	C1-3	Wy10	N1
PEK_W03	K1INK_W06	C1-3	Wy5	N1
PEK_W04	K1INK_W04,06	C1-4	Wy8,9,11,12,15	N1
PEK_W05	K1INK_W09	C1-4	Wy13	N1
PEK_W06	K1INK_W04,06	C1-3	Wy1,2,4,6,8-12,15	N1
PEK_W07	K1INK_W13	C3	Wy1,2,4,8-12,14,15	N1
PEK_U01	K1INK_U01	C4	Wy1-3,5,6,8-10,15	N1
PEK_U02	K1INK_U01	C4	Wy10	N1
PEK_U03	K1INK_U01	C4	Wy8,9,11,12,15	N1
PEK_U04	K1INK_U04	C5	Wy1,2,4,10,13,14	N1,2
PEK_U05	K1INK_U05	C5	Wy1,2,4,10,13,14	N1,2
PEK_U06	K1INK_U06	C5	Wy1,2,4,10,13,14	N1,2
PEK_U07	K1INK_U08	C5	Wy1,2,4,10,13,14	N1,2
PEK_U08	K1INK_U14	C5	Wy1,2,4,10,13,14	N1,2
PEK_K01	K1INK_K05,06,07	C6	Wy1-15	N1,2

** - wpisać symbole kierunkowych/specjalnościowych efektów kształcenia