

WYDZIAŁ PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI
KARTA PRZEDMIOTU

Nazwa w języku polskim: **Topologiczne efekty w układach kwantowych**
 Nazwa w języku angielskim: **Topological effects in quantum systems**
 Kierunek studiów (jeśli dotyczy) **Inżynieria kwantowa**
 Specjalność (jeśli dotyczy):
 Stopień studiów i forma: **II/stopień, stacjonarna**
 Rodzaj przedmiotu: **wybieralny**
 Kod przedmiotu: **FZP001521**
 Grupa kursów: **NIE**

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30				
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	60				
Forma zaliczenia	Zaliczenie				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS	3				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)					
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BK)					

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

1. Wiedza z zakresu mechaniki kwantowej i fizyki statystycznej oraz elektrodynamiki

CELE PRZEDMIOTU

- C1 Zapoznanie studentów z obecnym stanem wiedzy z zakresu topologicznych metod w fizyce kwantowej
 C2 Osiągnięcie przez studentów klarownego poziomu wiedzy na temat kwantowego ułamkowego efektu Halla i całkowitego efektu Halla

PRZEDMIOTOWE EFEKTY KSZTAŁCENIA

Z zakresu wiedzy:

PEK_W01-wiedza dotycząca kwantowych efektów topologicznych zwłaszcza w fizyce hallowskiej

Z zakresu umiejętności

PEK_U01 - umiejętność stosowania metod kwantowych efektów topologicznych

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEK_K01 - niezależnego, twórczego i racjonalnego myślenia.

PEK_K02 - rozumienia konieczności samokształcenia i podnoszenia kwalifikacji.

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Topologiczne podejście do układów wielocząstkowych; Całka po trajektoriach w wielospójnych przestrzeniach konfiguracyjnych	2
Wy2	Topologiczne przejścia fazowe	2
Wy3	Zależność efektywnego kwantu strumienia pola magnetycznego od homotopii trajektorii cyklotronowych w płaskich układach skorelowanych	2
Wy4	Podstawowe idee topologicznego podejścia do FQHE; Reguły proponowanego modelu topologicznego; Cyklotronowe podgrupy warunkowe	2
Wy5	Przykłady faz homotopii; Dwucząstkowa ilustracja klas homotopii w 2D	2
Wy6	Fazy homotopii odpowiadające hierarchii FQHE w LLL dla konwencjonalnych 2DES GaAs; Symetrie wielocząstkowych stanów kwantowych zgodnie z modelem cyklotronowych warunków, próbne funkcje falowe oraz ich energie	2
Wy7	Wyjaśnienie enigmatycznych hierarchii FQHE w LLL dla GaAs spoza konwencjonalnych hierarchii modelu złożonych fermionów; ograniczona stosowalność modelu złożonych fermionów; Struktura jednopętlowych stanów FQHE w wyższych poziomach Landaua, niedostępnych w modelu złożonych fermionów	2
Wy8	Zastosowanie modelu warunkowego w jednowarstwowym grafenie;	2

	Wyjaśnienie anomalnego FQHE w dwuwarstwowym grafenie	
Wy9	Eksperymentalna weryfikacja modelu warkoczowego w dwuwarstwowym grafenie	2
Wy10	Całkowanie po trajektoriach Feynmana dla kinetycznych niestacjonarnych stanów i teoretyczne odtworzenie krzywej rezystancji R_{xx} względem czynnika zapełnienia LLL (dla GaAs)	2
Wy11	Dwuwarstwowe układy Halla z tunelowaniem elektronów pomiędzy warstwami; Dwuwarstwowe układy Halla z warstwą izolatora uniemożliwiającą międzywarstwowe tunelowanie elektronów	2
Wy12	Kontrola nad topologicznymi stopniami swobody w wielowarstwowych układach hallowskich	2
Wy13	Osobliwe stany topologiczne dla parzystych mianowników zapełnienia w grafenie jednowarstwowym	2
Wy14	Topologiczna natura układów skorelowanych w 2D w polu magnetycznym i w polu Berry'ego; wyjaśnienie natury tzw. złożonych fermionów	2
Wy15	Grupy warkoczowe i metryka warkoczy w 2D w polu magnetycznym a korelacje wieloelektronowe	2
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

- N1. Wykład – forma tradycyjna.
 N2. Konsultacje.
 N3. Praca własna – samodzielne studia i przygotowanie do egzaminu.

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW KSZTAŁCENIA

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
P	PEK_W01 PEK_U01 PEK_K01 PEK_K02	egzamin

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

[1] Janusz Jacak, Topologiczne efekty w układach kwantowych, Skrypt PWr, 2019

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

- [1] J. E. Jacak, Application of path-integral quantization to indistinguishable particle systems topologically confined by a magnetic field, Phys. Rev. A 97, 012108 (2018), <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.97.012108>
- [2] J. E. Jacak, R. Gonczarek, L. Jacak, I. Józwiak, Application of Braid Groups in 2D Hall System Physics: Composite Fermion Structure, ISBN: 978-981-4412-02-5, World Scientific, Singapore 2012
- [3] J. E. Jacak, Magnetic flux quantum in 2D correlated states of multiparticle charged system, New J. Phys. 22, 093027 (2020), <https://doi.org/10.1088/1367-2630/abae68>
- [4] R. P. Feynman, A. R. Hibbs, Quantum Mechanics and Path Integrals, McGraw-Hill, New York 1964
- [5] J. S. Birman, Braids, Links and Mapping Class Groups, Princeton UP, Princeton 1974

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

dr hab. inż, prof. PWr Janusz Jacak, janusz.jacak@pwr.edu.pl

MACIERZ POWIĄZANIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA DLA PRZEDMIOTU
Topologiczne efekty w układach kwantowych
 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 (wiedza)	K2INK_W03 K2INK_W01	C1, C2	Wy1-15	N1,N2,N3
PEK_U01 (umiejętności)	K2INK_U01 K2INK_U02	C1, C2	Wy1-15	N1,N2,N3
PEK_K01 (kompetencje)	K2INK_K01 K2INK_K07-8	C1, C2	Wy1-15	N1,N2,N3
PEK_K02	K2INK_K01 K2INK_K07-8	C1, C2	Wy1-15	N1,N2,N3

** - wpisać symbole kierunkowych/specjalnościowych efektów kształcenia

*** - z tabeli powyżej