

**WYDZIAŁ PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI  
KARTA PRZEDMIOTU**

**Nazwa w języku polskim: Kwantowy efekt Halla**  
**Nazwa w języku angielskim: Quantum Hall effect**  
**Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Inżynieria kwantowa**  
**Specjalność (jeśli dotyczy): .....**  
**Stopień studiów i forma: I stopień, stacjonarna**  
**Rodzaj przedmiotu: obowiązkowy**  
**Kod przedmiotu: FZP001094**  
**Grupa kursów**

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	2				1
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	90				30
Forma zaliczenia	Egzamin / 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	3				1
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. Umiejętność posługiwania się aparatem algebry liniowej i analizy matematycznej
2. Podstawowa wiedza z zakresu mechaniki kwantowej i fizyki ciała stałego
3. Kompetencje w zakresie docierania do uzupełniających obszarów wiedzy i umiejętności

**CELE PRZEDMIOTU**

C1 Zdobycie wiedzy o wybranych aspektach współczesnej fizyki materii skondensowanej (m.in.: układy niskowymiarowe, układy silnie skorelowane, kwantowe stany materii)

C2 Zdobycie wiedzy o podstawach opisu teoretycznego kwantowego efektu Halla (w tym: teoria złożonych fermionów)

C3 Nabycie umiejętności modelowania matematycznego zagadnień fizyki materii skondensowanej

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY KSZTAŁCENIA

Z zakresu wiedzy:

PEK\_W01 zna najważniejsze zjawiska obserwowane w układach silnie skorelowanych

PEK\_W02 zna podstawy opisu teoretycznego kwantowego efektu Halla

Z zakresu umiejętności:

PEK\_U01 potrafi szacować i wyliczać podstawowe własności układów skondensowanych

PEK\_U02 potrafi modelować wybrane zagadnienia fizyki materii skondensowanej

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEK\_K01 potrafi korzystać z literatury naukowej, w tym docierać do materiałów źródłowych oraz dokonywać ich przeglądu

PEK\_K02 rozumie artykuły przeglądowe i wykłady na temat materii skondensowanej

### TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć – wykład		Liczba godzin
Wy1	Przewodnictwo elektryczne w kryształach (model Drudego, prawo Ohma, klasyczny efekt Halla)	2
Wy2	Elektron w polu magnetycznym – opis klasyczny i kwantowy (siła Lorentza, wybór cechowania, hamiltonian, pęd uogólniony, translacje magnetyczne, poziomy Landaua)	2
Wy3	Gaz elektronowy (wpływ oddziaływania Coulomba i wymiarowości, zależność od gęstości i pola magnetycznego, kryształ Wignera)	2
Wy4	Całkowity kwantowy efekt Halla (fakty eksperymentalne i opis fenomenologiczny)	2
Wy5	Aspekt topologiczny kwantowego efektu Halla (krzywizna przestrzeni stanów, liczba Cherna)	2
Wy6	Ułamkowy kwantowy efekt Halla (fakty eksperymentalne i opis fenomenologiczny)	2
Wy7	Ciecz elektronowa, stan Laughlina, ułamkowe kwazicząstki, eniony, statystyka kwantowa, grupa warkoczowa	2
Wy8	Transformacja Cherna-Simonsa	2
Wy9	Teoria złożonych fermionów; hierarchia stanów Jaina; wzbudzenia	2
Wy10	Stany oddziałujących złożonych fermionów; ciecz Moore-Reada'a	2
Wy11	Stany hallowskie ze spinem (symetria SU2)	2
Wy12	Kwantowy efekt Halla w grafenie; spin i pseudospin (symetria SU4)	2
Wy13	Izolatory topologiczne; fermiony Majorany	2
Wy14	Stany skorelowane w sieciach optycznych	2
Wy15	Stany topologiczne na sieciach; ułamkowy izolator Cherna	2
	Suma godzin	30

Forma zajęć – seminarium		Liczba godzin
Se1	Przewodnictwo elektryczne w kryształach (model Drudego, prawo Ohma, klasyczny efekt Halla)	1
Se2	Elektron w polu magnetycznym – opis klasyczny i kwantowy (siła Lorentza, wybór cechowania, hamiltonian, pęd uogólniony, translacje	1

	magnetyczne, poziomy Landaua)	
Se3	Gaz elektronowy (wpływ oddziaływania Coulomba i wymiarowości, zależność od gęstość i pola magnetycznego, kryształ Wignera)	1
Se4	Całkowity kwantowy efekt Halla (fakty eksperymentalne i opis fenomenologiczny)	1
Se5	Aspekt topologiczny kwantowego efektu Halla (krzywizna przestrzeni stanów, liczba Cherna)	1
Se6	Ułamkowy kwantowy efekt Halla (fakty eksperymentalne i opis fenomenologiczny)	1
Se7	Ciecz elektronowa, stan Laughlina, ułamkowe kwazicząstki, eniony, statystyka kwantowa, grupa warkoczowa	1
Se8	Transformacja Cherna-Simonsa	1
Se9	Teoria złożonych fermionów; hierarchia stanów Jaina; wzbudzenia	1
Se10	Stany oddziałujących złożonych fermionów; ciecz Moore-Reada'a	1
Se11	Stany hallowskie ze spinem (symetria SU2)	1
Se12	Kwantowy efekt Halla w grafenie; spin i pseudospin (symetria SU4)	1
Se13	Izolatory topologiczne; fermiony Majorany	1
Se14	Stany skorelowane w sieciach optycznych	1
Se15	Stany topologiczne na sieciach; ułamkowy izolator Cherna	1
	Suma godzin	15

### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

- N1. Wykłady problemowy – metoda tradycyjna  
N2. Prezentacje (wykresy, animacje)  
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		
F2		
F3		
P=F1		

<b>LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA</b>
<b><u>LITERATURA PODSTAWOWA:</u></b> [1] J. K. Jain, <i>Composite Fermions</i> (Cambridge University Press, 2007) [2] Z. F. Ezawa, <i>Quantum Hall Effects: Field-Theoretical Approach and Related Topics</i> (World Scientific, 2ed, 2008) [3] T. Chakraborty, P. Pietilainen, <i>The Quantum Hall Effects: Fractional and Integral</i> (Springer, 2ed, 1995) [4] S. Das Sarma, A. Pinczuk (red.), <i>Perspectives in Quantum Hall Effects</i> (Wiley, 1997) <b><u>LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:</u></b> [1] Artykuły naukowe i prace przeglądowe publikowane w bieżącej literaturze lub dostępne w Internecie
<b>OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)</b> prof. dr hab. inż. Arkadiusz Wójs, arkadiusz.wojs@pwr.edu.pl

MACIERZ POWIĄZANIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA DLA PRZEDMIOTU  
**Kwantowy efekt Halla**  
 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***
<b>PEK_W01</b> (wiedza)				
<b>PEK_W02</b>				
...				
...				
<b>PEK_U01</b> (umiejętności)				
<b>PEK_U02</b>				
...				
<b>PEK_K01</b> (kompetencje)				
<b>PEK_K02</b>				
...				

\*\* - wpisać symbole kierunkowych/specjalnościowych efektów kształcenia

\*\*\* - z tabeli powyżej