

**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				
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	90				
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				
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	Wstęp (pochodna zupełna versus cząstkowa, stan versus funkcja falowa). Pęd kanoniczny i kinetyczny. Kwantowy opis elektronu w polu magnetycznym (cechowanie Landaua).	2
Wy2	Kwantowy opis elektronu w polu magnetycznym (cechowanie symetryczne).	2
Wy3	Kwantowy opis elektronu w skrzyżowanych polach elektrycznym i magnetycznym. Model Drudego. Klasyczny efekt Halla.	2
Wy4	Całkowity kwantowy efekt Halla (fakty eksperymentalne, opis fenomenologiczny).	2
Wy5	Model prądów brzegowych. Rozpraszanie na granicy potencjału.	2
Wy6	Formalizm Landauera (macierz rozproszeniowa, równanie ciągłości i gęstość prawdopodobieństwa).	2
Wy7	Formalizm Landauera (quantum point contact, konduktancja w układzie z dwiema elektrodami, konduktancja w układzie z sześcioma elektrodami).	2
Wy8	Argument Laughlina (cechowanie i kwantowanie strumienia pola magnetycznego, spectral flow).	2
Wy9	Aspekt topologiczny kwantowego efektu Halla (model Thoulessa, teoria liniowej odpowiedzi).	2
Wy10	Aspekt topologiczny kwantowego efektu Halla (model Thoulessa, krzywizna przestrzeni stanów, faza Berry'ego i liczba Cherna).	2
Wy11	Ułamkowy kwantowy efekt Halla (fakty eksperymentalne). Model Laughlina (funkcja falowa, analogia do klasycznej jednowymiarowej plazmy). Kwazidziury i kwazicząstki (ułamkowy ładunek).	2
Wy12	Kwantowa statystyka (przestrzeń konfiguracyjna, grupa warkoczowa, jednowymiarowa skalarna reprezentacja). Kwazidziury i kwazicząstki (ułamkowa statystyka, argument Laughlina dla ułamkowego kwantowego efektu Halla).	2
Wy13	Teoria złożonych fermionów.	2
Wy14	Teoria złożonych fermionów w okolicy połówkowego zapełnienia.	2
Wy15	Stany hallowskie ze spinem (symetria SU2). Kwantowy efekt Halla w	2

	grafenie (symetria SU4).	
	Suma godzin	30

<b>STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE</b>
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	PEK_W01 PEK_W02 PEK_U01 PEK_U02	Egzamin pisemny.
P=F1		

<b>LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA</b>
<p><b><u>LITERATURA PODSTAWOWA:</u></b></p> <p>[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).</p> <p><b><u>LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:</u></b></p> <p>[1] Artykuły naukowe i prace przeglądowe publikowane w bieżącej literaturze lub dostępne w Internecie.</p>
<b>OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIĘ, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)</b>
dr inż. Patrycja Łydzba, patrycja.lydzba@pwr.edu.pl

MACIERZ POWIĄZANIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA DLA PRZEDMIOTU  
**Kwantowy efekt Halla**  
 Z EFEKTAMI KSZTAŁCENIA NA KIERUNKU **Inżynieria kwantowa**  
 I SPECJALNOŚCI .....

<b>Przedmiotowy efekt kształcenia</b>	<b>Odniesienie przedmiotowego efektu do efektów kształcenia zdefiniowanych dla kierunku studiów i specjalności (o ile dotyczy)**</b>	<b>Cele przedmiotu***</b>	<b>Treści programowe***</b>	<b>Numer narzędzia dydaktycznego***</b>
<b>PEK_W01 (wiedza)</b>				
<b>PEK_W02</b>				
...				
...				
<b>PEK_U01 (umiejętności)</b>				
<b>PEK_U02</b>				
...				
<b>PEK_K01 (kompetencje)</b>				
<b>PEK_K02</b>				
...				

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

\*\*\* - z tabeli powyżej