

WYDZIAŁ Podstawowych Problemów Techniki	
<b>KARTA PRZEDMIOTU</b>	
Nazwa w języku polskim	<b>Topologia układów kwantowych</b>
Nazwa w języku angielskim	<b>Topological properties of quantum systems</b>
Kierunek studiów:	<b>Inżynieria Kwantowa</b>
Specjalność (jeśli dotyczy):	.....
Stopień studiów i forma:	<b>II stopień, stacjonarna</b>
Rodzaj przedmiotu:	<b>wybieralny</b>
Kod przedmiotu	<b>FZP001529</b>
Grupa kursów	<b>kierunkowy</b>

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30				
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	90				
Forma zaliczenia	Zaliczenie na ocenę	Zaliczenie na ocenę	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	3				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	0				
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BK)	2				

\*niepotrzebne skreślić

### WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

Wiedza, umiejętności i kompetencje w zakresie:

1. mechaniki kwantowej
2. analizy matematycznej i algebry
2. metod matematycznych fizyki

### CELE PRZEDMIOTU

- C1. Uzyskanie wiedzy dotyczącej konsekwencji nietrywialnej topologii w materii kwantowej.
- C2. Nabycie umiejętności posługiwania się narzędziami topologicznymi do analizy stanów kwantowych.
- C3. Nabywanie i utrwalanie świadomości znaczenia nowych koncepcji w fizyce.

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY KSZTAŁCENIA

Z zakresu wiedzy:

PEK\_W01 - wiedza dotycząca kwantowych zjawisk fizycznych będących efektem nietrywialnej topologii.

PEK\_W02 - znajomość podstawowych metod matematycznych i numerycznych używanych przy badaniu efektów topologicznych.

Z zakresu umiejętności:

PEK\_U01 - umiejętność stosowania metod topologii w fizyce kwantowej.

PEK\_U02 - umiejętność klasyfikowania materiałów i stanów pod względem własności topologicznych.

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEK\_K01 - niezależnego, twórczego i racjonalnego myślenia.

PEK\_K02 - rozumienia znaczenia nowych idei w nauce.

PEK\_K03 - przestrzegania obyczajów i zasad obowiązujących w środowisku akademickim.

### TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Mechanika kwantowa: kwantowanie kanoniczne, formalizm całek po trajektoriach, teorie cechowania	2
Wy2	Matematyczne podstawy: przestrzenie wektorowe, homeomorfizm	2
Wy3	Matematyczne podstawy: grupy homologii, grupy homotopii, różniczkowalność	2
Wy4	Model sieciowe izolatorów topologicznych: przybliżenie ciasnego wiązania, modele 1-, 2- i 3-wymiarowe	2
Wy5	Przewodnictwo Halla i liczby Cherna	2
Wy6	Symetria odwrócenia czasu	2
Wy7	Fermiony na sieci w polu magnetycznym	2
Wy8	Stany brzegowe	2
Wy9	Grafen i jego symetrie	2
Wy10	Proste modele izolatora Cherna	2
Wy11	Niezmienniki $Z_2$	2
Wy12	Nadprzewodniki topologiczne	2
Wy13	Mody Majorany, operacje zaplatania	2
Wy14	Łańcuchy spinowe	2
Wy15	Topologia a nieporządek, izolator Andersona	2
	Suma godzin	<b>30</b>

### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

- N1. Wykład – forma tradycyjna
- N2. Prezentacje komputerowe
- 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_K01, PEK_K02 PEK_U01, PEK_U02	Zaliczenie na ocenę
P=F1 (ocena z wykładu)		

### LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

#### **LITERATURA PODSTAWOWA:**

- [1] B. Andrei Bernevig, Taylor L. Hughes, “*Topological Insulators and Topological Superconductors*”, Princeton University Press (2013)
- [2] Mikio Nakahara, “*Geometry, topology, and physics*”, IOP Publishing (2003)
- [3] S.M. Girvin, K. Yang, “*Modern Condensed Matter Physics*”, Cambridge University Press (2019)
- [4] M. El-Batanouny, “*Advanced Quantum Condensed Matter Physics. One-Body, Many-Body, and Topological Perspectives*”, Cambridge University Press (2020)

#### **LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:**

- [1] E. Fradkin, “*Field Theories of Condensed Matter Physics*”, Cambridge University Press (2013)
- [2] C. Chamon, M.O. Goerbig, R. Moessner, L.F. Cugliandolo (eds.) “*Topological Aspects of Condensed Matter Physics*”, Oxford University Press (2017)
- [3] A.M. Tsvelik, “*Quantum field theory in condensed matter physics*”, Cambridge University Press (2003)

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

Maciej Maśka, maciej.maśka@pwr.edu.pl