



KARTA PRZEDMIOTU OFEROWANEGO W SZKOLE DOKTORSKIEJ

Kod przedmiotu	4606-PS-0000GKL-0338	Nazwa przedmiotu	w j. polskim	Wstęp do materiałów topologicznych		
			w j. angielskim	Introduction to topological materials		
Rodzaj zajęć	specjalnościowe					
Kierownik przedmiotu	dr hab. inż Krzysztof Zberecki		Prowadzący zajęcia	dr hab. inż Krzysztof Zberecki		
Jednostka realizująca	Wydział Fizyki	Dyscyplina/y naukowa/e	Nauki fizyczne, nauki chemiczne, inżynieria materiałowa			
Poziom kształcenia	kształcenie doktorantów	Semestr studiów	zimowy / letni			
Język zajęć	polski					
Forma zaliczenia	Zaliczenie	Sumaryczna liczba godzin w semestrze	30	Sumaryczna liczba ECTS	2	
Minimalna liczba uczestników	10	Maksymalna liczba uczestników	15	Dostępność dla studentów I lub II stopnia	Tak/Nie	
Typ zajęć		Wykład	Ćwiczenia audytoryjne	Ćwiczenia projektowe	Laboratorium	Seminarium
Liczba godzin zajęć	tygodniowo	2	0	0	2	0
	łącznie w semestrze	20	0	0	10	0

1. Wymagania wstępne

Podstawy mechaniki kwantowej i fizyki ciała stałego. Podstawy programowania w języku Python.

2. Cele przedmiotu

Celem przedmiotu jest nabycie podstawowej wiedzy nt. materiałów topologicznych oraz umiejętności ich modelowania komputerowego.

3. Treści programowe (dla każdego typu zajęć oddzielnie)

Wykład

Wykład 1: Wprowadzenie do topologii w fizyce – od kwantowego efektu Halla do izolatorów topologicznych.

Wykład 2: Teoria pasmowa elektronów – izolatory, metale i półprzewodniki w ujęciu pasmowym.

Wykład 3: Cechowanie i geometria pasm – pojęcie fazy Berry’ego i krzywizny Berry’ego.

Wykład 4: Kwantowy efekt Halla, liczba Cherna, model Haldane’a.

Wykład 5: Izolatory topologiczne z symetrią odwrócenia czasu – model Kane’a-Mele’go i spinowy efekt Halla.

Wykład 6: Klasyfikacja faz topologicznych – tabela „10 klas”, klasyfikacja Altlanda-Zirnbauera (symetrie T, C i S).

Wykład 7: Krawędziowe i powierzchniowe stany topologiczne, Zasada „bulk-boundary correspondence”, eksperymenty STM i spektroskopia ARPES.

Wykład 8: Topologiczne nadprzewodniki i fermiony Majorany, parowanie niekonwencjonalne, fermiony Majorany w nanodrutach i heterostrukturach.

Wykład 9: Modele dyskretne – modele SSH i Kitaeva.

Wykład 10: Współczesne tematy badawcze i materiały topologiczne.

Laboratorium

Laboratorium 1: Model SSH (Su-Schrieffer-Heeger) w 1D



Szkoła Doktorska

Politechnika Warszawska

Cel: Zrozumienie podstawowego modelu izolatora topologicznego w 1D.

Narzędzia: Python (lub MATLAB), biblioteki numpy, matplotlib.

Laboratorium 2: Model Haldane'a i izolator Chern'a

Cel: Zbadanie fazy topologicznej bez zewnętrznego pola magnetycznego.

Narzędzia: Python + kwantowy tight-binding (np. kwant, PythTB, Tkquant).

Laboratorium 3: Model Kane'a-Mele i izolator z niezerowym indeksem Z_2

Cel: Zrozumienie materii topologicznej chronionej symetrią odwrócenia czasu.

Narzędzia: Python, PythTB lub Z2Pack.

Laboratorium 4: Model Kitaeva – łańcuch Majorany

Cel: Symulacja topologicznego nadprzewodnika w 1D.

Narzędzia: Python, numpy, scipy.linalg, matplotlib.

Laboratorium 5: Obliczanie krzywizny Berry'ego i liczby Chern'a

Cel: Poznanie narzędzi geometrycznych stosowanych w opisie materiałów topologicznych.

Narzędzia: Python, numpy, scipy, matplotlib.

4. Efekty uczenia się

Rodzaj efektu	Opis efektu uczenia się	Odniesienie do efektów uczenia się w SZD	Sposób weryfikacji efektów uczenia*
Wiedza			
W01	Ma podstawową wiedzę w zakresie materiałów topologicznych oraz symulacji ich właściwości.	SD_W3	ocena prezentacji
W02			
W03			
Umiejętności			
U01	Potrafi przygotować i zaimplementować w języku Python zadany model właściwości materiału topologicznego.	SD_U1	ocena sprawozdania
U02			
U03			
Kompetencje społeczne			
K01	Potrafi myśleć i działać w sposób kreatywny	SD_K4	ocena sprawozdania
K02			
K03			

* dozwolone sposoby weryfikacji efektów uczenia się: egzamin; egzamin ustny; kolokwium pisemne; kolokwium ustne; ocena projektu; ocena sprawozdania; ocena raportu; ocena prezentacji; ocena aktywności w trakcie zajęć; prace domowe; test

5. Kryteria oceny

Każde zadanie laboratoryjne zostanie ocenione w skali od 2.0 do 5.0 na podstawie przygotowanego wykonanego sprawozdania i pracy na zajęciach. Ocena końcowa będzie średnią oceny z laboratorium oraz oceny z prezentacji zaliczającej wykład.



6. Literatura

Literatura podstawowa:

[1] Grigory Tkachov, "Topological Quantum Materials: Concepts, Models, and Phenomena", CRC Press, 2022

Literatura uzupełniająca:

[1] Prace oryginalne zalecone przez wykładowcę.

7. Nakład pracy studenta niezbędny do osiągnięcia efektów uczenia się**

L.p.	Opis	Liczba godzin
1	godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim wynikające z planu	30
2	Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim w ramach konsultacji, egzaminów, sprawdzianów itp.	4
3	Godziny pracy samodzielnej studenta w ramach przygotowania do zajęć oraz opracowania sprawozdań, projektów, prezentacji, raportów, prac domowych	6
4	godziny pracy samodzielnej studenta w ramach przygotowania do egzaminu, sprawdzianu, zaliczenia	10
Sumaryczny nakład pracy studenta		50
Liczba punktów ECTS		2

** 1 ECTS pracy = 25-30 godzin nakładu pracy studenta (np. 2 ECTS = 60 godzin; 4 ECTS = 110 godzin)

8. Informacje dodatkowe

Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich	1
Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym	1