

1.	Nazwa kierunku	fizyka
2.	Wydział	Wydział Nauk Ścisłych i Technicznych
3.	Cykl rozpoczęcia	2019/2020 (semestr zimowy), 2020/2021 (semestr zimowy)
4.	Poziom kształcenia	studia drugiego stopnia
5.	Profil kształcenia	ogólnoakademicki
6.	Forma prowadzenia studiów	stacjonarna

Moduł kształcenia: Wstęp do teorii ciała stałego

Kod modułu: 0305-2F-12-60

1. Liczba punktów ECTS: 7

2. Zakładane efekty uczenia się modułu			
kod	opis	efekty uczenia się kierunku	stopień realizacji (skala 1-5)
2F_60_1	ma pogłębioną wiedzę z wybranych działów fizyki teoretycznej i doświadczalnej	KF_W02	3
2F_60_2	posiada poszerzoną wiedzę z mechaniki kwantowej i fizyki statystycznej	KF_W03	4
2F_60_3	zna i rozumie opis zjawisk fizycznych w ramach wybranych modeli teoretycznych; potrafi samodzielnie odtworzyć i wyjaśnić podstawowe prawa fizyczne	KF_U03	3
		KF_W04	4
2F_60_4	ma pogłębioną wiedzę z zakresu fizyki fazy skondensowanej	KF_W05	4
2F_60_5	Zna i potrafi zastosować formalizm matematyczny przydatny w konstruowaniu i analizie modeli fizycznych o średnim poziomie złożoności; rozumie konsekwencje stosowania metod przybliżonych	KF_U09	1
		KF_W06	4

3. Opis modułu	
Opis	Podczas wykładu student poznaje następujące zagadnienia: Kwantowo mechaniczny, nierelatywistyczny opis stanów elektronowych w ciele stałym, twierdzenie Blocha, pęd elektronu w ciele stałym, identyczność elektronów, jej konsekwencje, formalizm drugiego kwantowania. Najprostsze układy wielociałowe opisywane w formalizmie drugiego kwantowania (układ dwupoziomowy, z różną liczbą elektronów) Ogólna postać Hamiltonianu opisującego własności elektronów w ciele stałym, jego połowa postaci, przydatne bazy jednocząstkowe użyteczne przy zapisie ogólnej postaci Hamiltonianu, jednocząstkowa baza Blocha, Wanniera. Transformacja unitarna wiążąca obie te bazy. Rozbicie ogólnej postaci Hamiltonianu na 16 różnych typów. Najprostsza postać wielopasmowa Hamiltonianu dla elektronów w ciele stałym, przybliżenie swobodnych elektronów, przybliżenie ciasnego wiązania (TBA-tight binding approximations). Kohezja jej opis w przybliżeniu TBA, rola hybrydyzacji międzypasmowej w kohezji ciał stałych.

	Kropki kwantowe, układy 1D,2D,3D w przybliżeniu TBA i najprostsze wielociałowe modele dla nich Propagator elektronowy w ciele stałym, operator rezolwenty, formalny szereg zaburzeń, jednocząstkowa gęstość stanów (DOS-density of states) jako podstawowa wielkość opisująca stany elektronowe, macierz rozpraszania. Układy nieuporządkowane opis jednocząstkowy nieporządku, nieporządek diagonalny i niediagonalny w macierzy krystalograficznej, metoda koherentnego potencjału (CPA-coherent potential approximation) i jej zastosowanie do stopów metali z różnych grup układu okresowego. Operator energii własnej (self energy operator), równanie Dysona, „gołe” i „ubrane” cząstki, koncepcja kwazicząstek, ich masa i czas życia. Teoria liniowej reakcji Kubo w układzie wielu ciał na zewnętrzne zaburzenie, uogólnione podatności na zewnętrzne zaburzenie elektryczne i magnetyczne. Prąd elektryczny w układzie w stanie bliskim stanowi równowagi, konstrukcja operatora prądu, tensor przewodnictwa elektrycznego, prawo Ohma. Przegląd najważniejszych, modelowych Hamiltonianów mających zastosowanie do ciała stałego (modele Hubbarda, Andersona, s-f, sieci Kondo, Isinga, Heisenberga), interpretacja parametrów w tych modelach. Najprostsze przybliżenia wielociałowe (przybliżenie pola molekularnego, przybliżenie RPA) stosowane do tych modeli, ich rezultaty i weryfikacja eksperymentalna. Teoria funkcjonału gęstości DFT-(Density Functional Theory) – podstawy, znaczenie jednocząstkowej gęstości stanów, układy fermionowe. Przybliżenia stosowane do DFT (LDFT, LSDFT, LDA+U), najważniejsze rezultaty otrzymane z tych przybliżeń, i interpretacja wyników otrzymanych z DFT. Uogólnienia na przypadek skończonych temperatur. Poprawki wielociałowe GW. Stany elektronowe w przybliżeniach zastosowanych do DFT dla ciał stałych, ich fizyczna interpretacja i weryfikacja eksperymentalna.. Elementarna teoria fotoemisji z powierzchni ciała stałego, wyrażenie prądu fotoemisji przez gęstości spektralne efekty wielociałowe,. Uogólnienia teorii funkcjonału gęstości, TDFT (time dependent DFT), współczesne zastosowania. Podczas zajęć konwersatoryjnych student: - opanowuje techniki wykonywania obliczeń z wykorzystaniem operatorów kreacji i anihilacji - uczy się stosować liniową teorię Kubo do wyznaczania reakcji układu na zaburzenie - uczy się opisywać zjawiska fizyczne w języku drugiego kwantowania - uczy się posługiwać się funkcjami Greena używanymi w teorii ciała stałego - wyznacza podstawowe własności fizyczne modelowanych układów w różnych przybliżeniach Egzamin obowiązkowy
Wymagania wstępne	Ukończony wstępny kurs mechaniki kwantowej, znajomość podstaw analizy matematycznej zmiennej rzeczywistej i zespolonej, elementów funkcji analitycznych i algebry.

4. Sposoby weryfikacji efektów uczenia się modułu			
kod	nazwa (typ)	opis	efekty uczenia się modułu
2F_60_w_1	kolokwium	3 razy w semestrze; skala ocen 2-5. Ocena końcowa z konwersatorium oparta w znacznym stopniu na wynikach z kolokwium.	2F_60_3, 2F_60_4, 2F_60_5
2F_60_w_2	aktywność na zajęciach	Rozwiązywanie wcześniej postawionych problemów. Wykonywanie przy tablicy obliczeń pojawiających się w trakcie zajęć.	2F_60_3, 2F_60_4, 2F_60_5
2F_60_w_3	egzamin ustny	warunkiem przystąpienia do egzaminu jest zaliczenie konwersatorium, zakres materiału to – wybrane zagadnienia omawiane na wykładach; skala ocen 2-5;	2F_60_1, 2F_60_2, 2F_60_3, 2F_60_4, 2F_60_5

5. Rodzaje prowadzonych zajęć						
kod	rodzaj prowadzonych zajęć			praca własna studenta		sposoby weryfikacji efektów uczenia się
	nazwa	opis (z uwzględnieniem metod dydaktycznych)	liczba godzin	opis	liczba godzin	
2F_60_fs_1	wykład	Omówienie przez wykładowcę zagadnień będących tematem wykładu	30	Zapoznavanie się z notatkami z wykładów, studiowanie zalecanej literatury	60	2F_60_w_1, 2F_60_w_2, 2F_60_w_3
2F_60_fs_2	konwersatorium	rozwiązywanie zadań przy tablicy	30	Rozwiązywanie zadań zadanych przez prowadzącego konwersatorium	60	2F_60_w_2, 2F_60_w_3