

WYDZIAŁ PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa w języku polskim	Plazmonika nanostruktur metalicznych
Nazwa w języku angielskim	Plasmonics of metallic nanostructures
Kierunek studiów (jeśli dotyczy):Inżynieria Kwantowa
Specjalność (jeśli dotyczy):
Stopień studiów i forma:	I / II stopień*, stacjonarna / niestacjonarna*
Rodzaj przedmiotu:	wybieralny
Kod przedmiotuFTP001005W
Grupa kursów	TAK /

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30				
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	60				
Forma zaliczenia	Zaliczenie na ocenę				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS	2				
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. Mechanika kwantowa I i II
2. Fizyka/teoria ciała stałego
3. Wstępne elementy teorii funkcji Greena

CELE PRZEDMIOTU

- C1 Zapoznanie studentów z nową dziedziną – plazmoniką pod kątem zastosowań fotowoltaicznych
 C2 Zapoznanie studentów z plazmoniką pod kątem poddyfrakcyjnych zastosowań plazmono-polaritonów w nano-plazmonice

PRZEDMIOTOWE EFEKTY KSZTAŁCENIA

Z zakresu wiedzy:

- PEK_W01 zna sformułowanie teorii metali Landaua, zarys mikroskopowej teorii cieczy Fermiego w ujęciu funkcji Greena i teorii RPA Pinesa i Bohma
- PEK_W02 zna i rozumie opis plazmonów w układzie rozciąglym i ekranowanie ładunku Thomasa Fermiego oraz opis plazmonów powierzchniowych i objętościowych w nanocząstkach metalicznych
- PEK_W03 zna teorie promieniowania plazmonów w nanocząstkach metalicznych w bliskim i w dalekim polu, tarcie Lorentza i przekaz energii od plazmonów do innego układu elektrycznego w bliskim polu
- PEK_W04 zna teorie kolektywnych wzbudzeń plazmono-polarytonowych w łańcuchu nanocząstek metalicznych i jej zastosowania

Z zakresu umiejętności:

- PEK_U01 potrafi zidentyfikować wzbudzenia w metalu w ograniczonej geometrii, w tym plazmony, potrafi zidentyfikować plazmonikę i jej relacje z fotoniką poddyfrakcyjną i plazmonową fotowoltaiką
- PEK_U02 potrafi przygotować i zreferować zagadnienia z plazmoniki w oparciu o literaturę naukową

Z zakresu kompetencji społecznych:

- PEK_K01 potrafi korzystać z literatury naukowej, w tym docierać do materiałów źródłowych oraz dokonywać ich przeglądu
- PEK_K02 posiada rozeznanie w nowoczesnych dziedzinach plazmono-fotonicznych w zakresie umożliwiającym studiowanie literatury naukowej oraz poznawanie, rozwijanie i zreferowanie nowych zagadnień

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Struktura pasmowa kryształów, twierdzenie Blocha, metale, izolatory, półprzewodniki, półmetale	2
Wy2	Teoria kinetyczna Landaua metali w stanie normalnym, amplitudy Landaua, masa efektywna kwazicząstek na powierzchni Fermiego	2
Wy3	Mikroskopowa teoria cieczy Fermiego – zarys	2
Wy4	Wzbudzenia dalekie od powierzchni Fermiego – plazmony objętościowe w metalu rozciąglym – teoria RPA (<i>Random Phase Approximation</i>) Pinesa Bohma	2
Wy5	Ekranowanie ładunków w metalu, model Thomasa-Fermiego	2
Wy6	Teoria RPA plazmonów w nanocząstce metalicznej, równania dynamiki dla plazmonów powierzchniowych i objętościowych w metalicznej sferycznej nanocząstce	4
Wy7	Uwzględnienie efektów <i>spill-out</i> i kwantowe efekty w małych klastrach metalicznych	2
Wy8	Mody powierzchniowe typu Mie i objętościowe w dużych sferycznych nanocząstkach (dla Ag, Au i Cu, promienie 5-80 nm)	2
Wy9	Tłumienie plazmonów w dużych nanocząstkach metalicznych i w małych klastrach, efekty rozproszeniowe i radiacyjne – <i>crossover</i> tłumienia w zależności od promienia sfery, tarcie Lorentza	2
Wy10	Straty promieniste plazmonów powierzchniowych w bliskiej strefie	2

	promieniowania z odbiornikiem energii w tej strefie – np. półprzewodnikowym podłożem lub inną nanocząstką metaliczną	
Wy11	Plazmonowy efekt gigantycznego wzmocnienia kwantowej efektywności foto-woltaicznej półprzewodnika metalicznie modyfikowanego w nano-skali, zastosowanie złotej reguły Fermiego – mechanizm mikroskopowy, nowa generacja baterii słonecznych	2
Wy12	Kolektywne wzbudzenia plazmonów powierzchniowych w uporządkowanych nano-strukturach metalicznych – plazmono-polarytony	2
Wy13	Tłumienie plazmono polarytonów, dalekozasięgowe mody,	2
Wy14	Nieliniowa teoria plazmono-polarytonów w łańcuchu nanocząstek metalicznych	2
Wy15	Radiacyjnie nietłumione mody plazmono-polarytonowe w strukturach metalicznych, bezstratne falowody plazmoneiczne	2
	Suma godzin	30

Forma zajęć - ćwiczenia		Liczba godzin
Ćw1		
Ćw2		
Ćw3		
Ćw4		
..		
	Suma godzin	

Forma zajęć - laboratorium		Liczba godzin
La1		
La2		
La3		
La4		
La5		
...		
	Suma godzin	

Forma zajęć - projekt		Liczba godzin
Pr1		
Pr2		
Pr3		
Pr4		
...		
	Suma godzin	

Forma zajęć - seminarium		Liczba godzin
Se1		
Se2		
Se3		
...		
	Suma godzin	

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

- N1. Wykład tradycyjny
- N2. Dodatkowe konsultacje dla zainteresowanych studentów
- N3. Skrypt dostosowany do wykładu

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	PEK_W01-4,U01-2,K01-2	Kolokwium zaliczeniowe

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

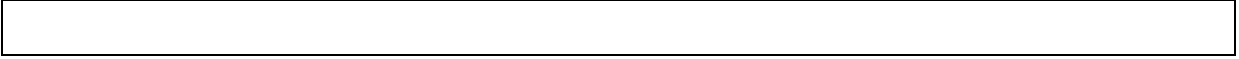
- [1] D. Pines, *Elementary Excitations in Solids*, ABP Perseus Books, Massachusetts, 1999
- [3] J. Jacak, J. Krasnyj, W. Jacak, R. Gonczarek, A. Chepok, and L. Jacak. *Surface and volume plasmons in metallic nanospheres in semiclassical RPA-type approach; near-field coupling of surface plasmons with semiconductor substrate*. *Phys. Rev. B*, 82:035418, 2010
- [4] L. D. Landau and E. M. Lifshitz. *Field Theory*. Nauka, Moscow, 1973
- [5] W. Jacak, J. Krasnyj, J. Jacak, A. Chepok, L. Jacak, W. Donderowicz, D. Hu, and D. Schaadt. *Undamped energy transport by collective surface plasmon oscillations along metallic nanosphere chain*. *J. Appl. Phys.*, 108:084304, 2010
- [6] Skrypt do wykładu

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

- [1] V. V. Kresin. *Collective resonances and response properties of electrons in metal clusters*. *Phys. Rep.*, 220:1, 1992.
- [2] M. Brack. *The physics of simple metal clusters: self-consistent jellium model and semiclassical approaches*. *Rev. of Mod. Phys.*, 65:667, 1993.
- [3] W. Jacak, J. Krasnyj, J. Jacak, R. Gonczarek, A. Chepok, L. Jacak, D. Hu, and D. Schaadt. *Radius dependent shift of surface plasmon frequency in large metallic nanospheres: theory and experiment*. *J. Appl. Phys.*, 107:124317, 2010.
- [4] C. F. Bohren and D. R. Huffman. *Absorption and Scattering of Light by Small Particles*. Wiley, New York, 1983.

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

Prof. dr hab. inż. Lucjan Jacak, lucjan.jacak@pwr.wroc.pl
Dr inż. Witold Jacak, witold.aleksander.jacak@pwr.wroc.pl



MACIERZ POWIĄZANIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA DLA PRZEDMIOTU
Plazmonika nanostruktur metalicznych
 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***
PEK_W01 (wiedza)	K1FIZ_W01, K1FIZ_W08, K1FIZ_W02	C1,C2	Wy1,2,3,4	1,2,3
PEK_W02	K1FIZ_W10, K1FIZ_W01, K1FIZ_W08, K1FIZ_W02, K2FIZ_W11_S1FFS	C1,C2	Wy3,4,5,6	1,2,3
PEK_W03	K1FIZ_W10, K1FIZ_W01, K1FIZ_W08, K1FIZ_W02, K2FIZ_W11_S1FFS, K2FIZ_W11_S2FPI	C2	Wy7,8,9,10	1,2,3
PEK_W04	K1FIZ_W10, K1FIZ_W01, K1FIZ_W08, K1FIZ_W02, K2FIZ_W11_S1FFS, K2FIZ_W11_S2FPI	C2	Wy11,12,13, 14,15	1,2,3
PEK_U01 (umiejętności)	K1FIZ_U02, K1FIZ_U03, K1FIZ_U10	C1,C2	Wy1-15	2
PEK_U02	K1FIZ_U02, K1FIZ_U03, K1FIZ_U10, K1FIZ_U11, K1FIZ_U13	C1,C2	Wy1-15	1,2,3
PEK_K01 (kompetencje)	K1FIZ_K01,	C1,C2	Wy1-10	1,2
PEK_K02	K1FIZ_K01,	C1	Wy11-15	2

** - wpisać symbole kierunkowych/specjalnościowych efektów kształcenia