



## KARTA OPISU PRZEDMIOTU - SYLABUS

Nazwa przedmiotu

Metamateriały [S2FT1>Metamat]

### Przedmiot

Kierunek studiów  
Fizyka techniczna

Rok/Semestr  
1/2

Studia w zakresie (specjalność)  
–

Profil studiów  
ogólnoakademicki

Poziom studiów  
drugiego stopnia

Język oferowanego przedmiotu  
polski

Forma studiów  
stacjonarne

Wymagalność  
obieralny

### Liczba godzin

Wykład  
30

Laboratorium  
0

Inne (np. online)  
0

Ćwiczenia  
0

Projekty/seminaria  
0

### Liczba punktów ECTS

2,00

### Koordynatorzy

dr hab. Eryk Wolarz prof. PP  
eryk.wolarz@put.poznan.pl

### Wykładowcy

### Wymagania wstępne

Wiedza dotycząca podstaw klasycznej teorii elektromagnetyzmu oraz fizyki dielektryków i magnetyków w zakresie treści programowych przedmiotów realizowanych na I stopniu i II stopniu kształcenia na kierunku studiów Fizyka Techniczna. Umiejętność rozwiązywania elementarnych problemów z elektromagnetyzmu w oparciu o posiadaną wiedzę, umiejętność pozyskiwania informacji ze wskazanych źródeł.

### Cel przedmiotu

Zapoznanie studentów z wybranymi zagadnieniami dotyczącymi właściwości elektromagnetycznych metamateriałów oraz problemami związanymi z propagacją fal elektromagnetycznych w ośrodkach metamateriałowych.

### Przedmiotowe efekty uczenia się

Wiedza:

1. zna modele fizyczne zjawisk elektromagnetycznych w metamateriałach, a także zna ograniczenia w stosowaniu tych modeli. - [k2\_w01, k2\_w02]
2. zna podstawowe metody symulacji numerycznych stosowane dla ośrodków metamateriałowych. - [k2\_w03]

3. ma aktualną wiedzę dotyczącą wytwarzania i charakteryzacji metamateriałów oraz ich potencjalnych zastosowań. - [k2\_w04, k2\_w10, k2\_w13]

Umiejętności:

1. potrafi sformułować złożone problemy fizyczne i techniczne dotyczące metamateriałów oraz zaproponować strategię ich rozwiązania. - [k2\_u05]
2. potrafi dobrać materiały dielektryczne i magnetyczne pod kątem ich zastosowań w technologii metamateriałów. - [k2\_u13]

Kompetencje społeczne:

1. postrzega możliwości i sposoby ciągłego aktualizowania i uzupełniania wiedzy z zakresu współczesnej techniki wykorzystującej materiały o różnych właściwościach elektromagnetycznych. - [k2\_k04]

### Metody weryfikacji efektów uczenia się i kryteria oceny

Efekty uczenia się przedstawione wyżej weryfikowane są w następujący sposób:

Efekt kształcenia	Forma oceny	Kryteria oceny
W01, W02, W03	egzamin pisemny/ustny 3	50.1%-70.0%
W04, W10, W13	4	70.1%-90.0%
	5	od 90.1%
U05, U013	egzamin pisemny/ustny 3	50.1%-70.0%
	4	70.1%-90.0%
	5	od 90.1%
K04	egzamin pisemny/ustny 3	50.1%-70.0%
	4	70.1%-90.0%
	5	od 90.1%

### Treści programowe

1. Fale elektromagnetyczne w ośrodkach metamateriałowych (równania Maxwella, równanie falowe dla ośrodków o zerowych gęstościach prądu elektrycznego i ładunku elektrycznego, relacje między kierunkami i zwrotami wektorów elektrycznego i magnetycznego oraz wektora falowego, współczynnik załamania i impedancja falowa, twierdzenie Poyntinga, relacje między wektorami falowym i wektorem Poyntinga dla ośrodków o dodatnich i ujemnych przenikalnościach elektrycznej i magnetycznej)
2. Odbicie i załamanie fal elektromagnetycznych na granicy ośrodków naturalnych i metamateriałowych (warunki brzegowe dla pola elektromagnetycznego na granicy ośrodków, związki między wektorami elektrycznym, magnetycznym i falowym dla fal padającej, odbitej i załamanej na granicy ośrodków, wyprowadzenie praw odbicia i załamania, wzory Fresnela)
3. Zespolone parametry elektromagnetyczne materiałów (zespolony współczynnik załamania dla materiałów nieprzewodzących prądu elektrycznego bez swobodnych ładunków elektrycznych, zespolony współczynnik załamania jako konsekwencja polaryzowalności atomowej (model Lorentza), przewodnictwo właściwe i zespolona przenikalność elektryczna materiałów przewodzących prąd elektryczny)
4. Metamateriały o ujemnej części rzeczywistej współczynnika załamania (zespolona przenikalność elektryczna sieci tworzonej przez wzajemnie równoległe druty z materiałów przewodzących (model CW Pendry'ego), zespolona przenikalność magnetyczna sieci tworzonej przez podwójne cylindry metalowe z przerwą (model SRR Pendry'ego))
5. Metoda symulacji numerycznych w zastosowaniu do wyznaczania parametrów elektromagnetycznych metamateriałów (zagadnienie odwrotne - związki konstytutywne, metoda całkowania skończonego, wyznaczanie parametrów elektromagnetycznych na podstawie transmisji i odbicia fali elektromagnetycznej wynikających z macierzy rozpraszania)
6. Potencjalne zastosowania metamateriałów

### Metody dydaktyczne

Wykład: szczegółowe omówienie zagadnień i wyprowadzenia wzorów z wykorzystaniem kredy i tablicy, multimedialna prezentacja dodatkowych materiałów.

## Literatura

### Podstawowa

1. D.J. Griffith, Podstawy elektromagnetyzmu, wyd. 2, dodr. 3. Warszawa, 2011.
2. S.A. Ramakrishna, T.M. Grzegorzczak, Physics and Applications of Negative Refractive Index Metamaterials, CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton, London, New York, 2009.

### Uzupełniająca

1. N. Engheta, R.W. Ziolkowski (ed.), Metamaterials: Physics and Engineering Explorations, John Wiley & Sons, Inc., 2006.
2. Tie Jun Cui, D. J. Smith, Ruopeng Liu, Metamaterials: Theory, Design, and Applications, Springer, New York, Dordrecht, Heidelberg, London.

## Bilans nakładu pracy przeciętnego studenta

	Godzin	ECTS
Łączny nakład pracy	54	2,00
Zajęcia wymagające bezpośredniego kontaktu z nauczycielem	34	1,00
Praca własna studenta (studia literaturowe, przygotowanie do zajęć laboratoryjnych/ćwiczeń, przygotowanie do kolokwium/egzaminu, wykonanie projektu)	0	0,00