

WYDZIAŁ PPT / STUDIUM.....

**KARTA PRZEDMIOTU****Nazwa w języku polskim: Wstęp do Fizyki Dielektryków****Nazwa w języku angielskim: Introduction to Physics of Dielectrics****Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Inżynieria kwantowa****Specjalność (jeśli dotyczy): .....****Stopień studiów i forma: I stopień, stacjonarna****Rodzaj przedmiotu: wybieralny****Kod przedmiotu: FZP001092W****Grupa kursów: NIE**

	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)	1				

\*niepotrzebne skreślić

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

1. Kompetencje w zakresie podstaw analizy matematycznej algebry, fizyki ogólnej oraz podstaw fizyki ciała stałego.
2. Kompetencje w zakresie prowadzenia pomiarów fizycznych, opracowania i prezentacji wyników pomiarów
3. Kompetencje w zakresie statystycznej analizy wyników pomiarów oraz szacowania niepewności pomiarów.

**CELE PRZEDMIOTU**

- C1 Nabycie wiedzy w zakresie opisu podstawowych wielkości charakteryzujących dielektryki.  
 C2 Nabycie wiedzy w zakresie mechanizmów dyspersji przenikalności elektrycznej oraz wpływu pola lokalnego na procesy relaksacji w dielektrykach.  
 C3. Nabycie wiedzy i umiejętności uwzględniającej jej aspekty aplikacyjne w zakresie metod

pomiarów pojemności i zespolonej przenikalności elektrycznej.

C4. Nabycie wiedzy w zakresie fenomenologicznego opisu właściwości fizycznych dielektryków, ferroelektryków i multiferroików, relacji między tymi wielkościami oraz ich związku z symetrią materiału.

C5. Nabycie wiedzy i umiejętności w zakresie opisu właściwości elektromechanicznych materiałów, metod pomiarowych oraz zastosowań tych zjawisk w nauce i technice.

C6. Nabycie wiedzy i umiejętności w zakresie opisu i mechanizmów polaryzacji spontanicznej, zjawiska piroelektrycznego i efektu elektrokalorycznego, oraz metod ich badania i przykładów zastosowań w szczególności piroelektrycznych detektorów promieniowania podczerwonego i termowizji.

C7. Nabycie wiedzy w zakresie klasyfikacji i opisu właściwości fizycznych dielektryków w otoczeniu przemian fazowych.

C8. Nabycie wiedzy i umiejętności w zakresie opisu i mechanizmów ferroelektrycznych przemian fazowych.

C9. Nabycie wiedzy i umiejętności w zakresie mechanizmów i opisu izostrukturnalnych przemian fazowych, zjawisk krytycznych i ponadkrytycznych.

C10. Nabycie wiedzy i umiejętności w zakresie mechanizmów i opisu właściwości piezoelektrycznych i deformacji spontanicznej ferroelektryków, metod ich badania i przykładów zastosowań.

C11. Nabycie wiedzy i umiejętności w zakresie opisu właściwości dielektryków polarnych w warunkach wysokich ciśnień oraz metodyki badań ciśnieniowych.

C12. Nabycie wiedzy i umiejętności w zakresie opisu i metod badania właściwości termicznych materiałów ferroicznych i multiferroicznych.

C13. Nabycie wiedzy w zakresie opisu i metod badań optycznych materiałów ferroicznych, w szczególności zjawisk elektrooptycznych Pockelsa i Kerra.

C14. Nabycie wiedzy i umiejętności w zakresie opisu i metod badania oraz zastosowań nieliniowych właściwości optycznych ferroików.

C15. Nabycie wiedzy i umiejętności w zakresie metod otrzymywania i badania efektów rozmiarowych w nanoferroelektrykach i nanokompozytach ferroelektrycznych otrzymywanych na bazie szkieł porowatych.

#### **PRZEDMIOTOWE EFEKTY KSZTAŁCENIA**

##### **Z zakresu wiedzy:**

PEK\_W01 – zna i rozumie pojęcia polaryzacji, przenikalności i podatności elektrycznej w postaci zespolonej, modułu elektrycznego oraz związku między tymi wielkościami

PEK\_W02 – posiada wiedzę na temat mechanizmów relaksacji dielektrycznej oraz pola lokalnego, zna sposoby opisu i interelektrycznego

PEK\_W03 – zna i rozumie zasady pomiaru pojemności i przenikalności elektrycznej oraz zastosowania metod pojemnościowych do pomiarów różnych wielkości fizycznych.

PEK\_W04 – zna i rozumie relacje między właściwościami dielektryków, ferroików i multiferroików a w szczególności między zjawiskami sprzężonymi.

PEK\_W05 – posiada wiedzę na temat opisu zjawiska piezoelektrycznego i elektrostrykcji, właściwości elektromechanicznych materiałów oraz metod ich badania i ich zastosowań w

nauce i technice.

PEK\_W06 – posiada wiedzę na temat zjawiska piroelektrycznego, metod pomiaru tego zjawiska oraz zasady działania i przykładów zastosowań piroelektrycznych detektorów promieniowania podczerwonego.

PEK\_W07 – posiada wiedzę na temat klasyfikacji przemian fazowych oraz osobliwości właściwości fizycznych materiałów w otoczeniu przemian fazowych.

PEK\_W08 – posiada wiedzę na temat opisu i klasyfikacji ferroelektryków oraz mechanizmów ferroelektrycznych przemian fazowych.

PEK\_W09 – zna i rozumie mechanizmy i opis ferroelektrycznych przemian fazowych pierwszego rodzaju, zjawisk krytycznych, trójkrytycznych i izostrukuralnych przemian fazowych.

PEK\_W10 – zna specyfikę zjawiska piezoelektrycznego i elektrostrykcji w materiałach ferroelektrycznych oraz zjawiska deformacji spontanicznej i jej związku ze strukturą domenową i polaryzacją spontaniczną.

PEK\_W11 – posiada wiedzę na temat wpływu ciśnienia i naprężeń mechanicznych na przemiany fazowe a w szczególności na przejścia fazowe i właściwości fizyczne ferroików, zna i rozumie metody badania właściwości fizycznych materiałów w warunkach wysokich ciśnień hydrostatycznych.

PEK\_W12 – posiada wiedzę na temat opisu i metod pomiaru właściwości termicznych materiałów w szczególności materiałów ferroicznych oraz związku tych właściwości z mechanizmami i charakterystykami przemian fazowych.

PEK\_W13 – posiada pogłębioną wiedzę na temat właściwości optycznych ferroików a w szczególności właściwości Pockelsa i Kerra.

PEK\_W14 - posiada wiedzę na temat optycznych zjawisk nieliniowych, związku tych właściwości z polaryzacją spontaniczną, strukturą domenową oraz metod badania i zastosowań tych właściwości.

PEK\_W15 – posiada wiedzę w zakresie efektów rozmiarowych w materiałach ferroicznych, metod otrzymywania i badania nanokompozytów ferroicznych.

### **Z zakresu umiejętności:**

PEK\_U01 – potrafi opisać i zinterpretować pojęcia stosowane do opisu właściwości dielektryków w szczególności zespoloną postać przenikalności, podatności elektrycznej oraz modułu elektrycznego i tensorowego charakteru tych wielkości.

PEK\_U02 – potrafi zinterpretować różne formy prezentacji zjawiska dyspersji i relaksacji dielektrycznej oraz zaproponować sposób opisu i interpretacji wyników badań eksperymentalnych.

PEK\_U03 – potrafi wykonać pomiary pojemności i przenikalności elektrycznej oraz zaproponować sposoby pomiarów różnych wielkości fizycznych z wykorzystaniem metod pojemnościowych.

PEK\_U04 – potrafi zaproponować i wykonać pomiary właściwości fizycznych niezbędnych do charakteryzacji różnego typu materiałów: dielektryków liniowych, piezoelektryków, ferroików i multiferroików.

PEK\_U05 – potrafi wykonać badania właściwości piezoelektryków oraz zastosować materiały i metody piezoelektryczne w różnych dziedzinach nauki i techniki.

PEK\_U06 – potrafi wykonać badania podstawowych właściwości ferroelektryków, zinterpretować wyniki pomiarów materiałów ferroelektrycznych i zaproponować sposoby ich opisu oraz zastosowań praktycznych.

PEK\_U07 – potrafi wykorzystać wiedzę z zakresu przemian fazowych do wyjaśnienia i opisu

zjawisk zachodzących w przyrodzie, zastosowania przemian fazowych w energetyce oraz działaniu różnego typu urządzeń.

PEK\_U08 – potrafi wykorzystać wiedzę na temat różnego typu ferroicznych przemian fazowych do wyjaśnienia zjawisk zachodzących w różnego typu materiałach oraz zaproponować ich praktyczne zastosowania.

PEK\_U09 – potrafi opisać specyfikę właściwości fizycznych i zinterpretować wyniki badań materiałów wykazujących ferroiczne przemiany fazowe pierwszego rodzaju, przemiany izostrukuralne oraz zjawiska krytyczne.

PEK\_U10 – potrafi opisać właściwości piezoelektryczne i deformację spontaniczną różnego typu ferroelektryków oraz wykorzystać specyfikę tych właściwości do rozwiązywania wybranych problemów naukowych i technicznych.

PEK\_U11 – potrafi wykonać i zinterpretować pomiary właściwości fizycznych różnego typu materiałów w warunkach wysokich ciśnień.

PEK\_U12 – potrafi wykonać pomiary właściwości termicznych materiałów (kalorymetryczne dylatometryczne i przewodności cieplnej) i zinterpretować ich wyniki.

PEK\_U13 – potrafi wykonać badania oraz opisać właściwości optyczne materiałów ferroicznych, w szczególności elektrooptycznych zjawisk Pockelsa i Kerra.

PEK\_U14 – potrafi opisać metody badań optycznych efektów nieliniowych oraz zaproponować zastosowania tych właściwości do rozwiązywania wybranych problemów naukowych i technicznych.

PEK\_U15 – potrafi zaproponować metodykę otrzymywania nanomateriałów nanoferroicznych i kompozytów multiferoicznych, metody ich badania oraz interpretacji wyników pomiarów.

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEK\_K01 rozumie potrzebę uczenia się przez całe życie

PEK\_K02 potrafi współdziałać i pracować w grupie, przyjmując w niej różne role, także kierownicze

PEK\_K03 potrafi myśleć i działać w sposób kreatywny i przedsiębiorczy, potrafi określić priorytety służące realizacji określonego zadania

PEK\_K04 jest świadom własnych ograniczeń i wie, kiedy zwrócić się do ekspertów

### TREŚCI PROGRAMOWE

<b>Forma zajęć - wykład</b>	<b>Liczba godzin</b>	
Wy1	1. Dielektryk w stałym i zmiennym polu elektrycznym – podstawowe pojęcia i definicje. Przenikalność elektryczna jako tensor, zespolona postać przenikalności elektrycznej, moduł elektryczny.	2
Wy2	Dyspersja i absorpcja rezonansowa, pole lokalne, makroskopowy model dyspersji Debye'a.	2
Wy3	Metody pomiaru pojemności i przenikalności elektrycznej oraz przykłady zastosowania tych metod do badania innych wielkości fizycznych a w szczególności kontroli nanopozycjonerów.	2
Wy4	Termodynamika dielektryków i multiferroików, rozwinięcia liniowe oraz tożsamości Maxwella. Związki między właściwościami fizycznymi dielektryków, zjawiska	2

	sprężone.	
Wy5	Proste i odwrotne zjawisko piezoelektryczne i elektrostrykcja – sposoby opisu oraz związek z symetrią kryształów, metody badania i przykłady zastosowań zjawiska piezoelektrycznego w optyce i nanotechnologii.	2
Wy6	Dielektryki polarne polaryzacja spontaniczna, zjawisko piroelektryczne i elektrokaloryczne, metody badania i przykłady zastosowań, piroelektryczne detektory promieniowania podczerwonego i przetworniki energii cieplnej na elektryczną małej mocy.	2
Wy7	Przemiany fazowe, klasyfikacje przemian fazowych, anomalie własności fizycznych w otoczeniu przemian fazowych.	2
Wy8	Ferroelektryczne przejścia fazowe, klasyfikacje i sposoby opisu. Właściwości fizyczne ferroelektryków wykazujących przemiany fazowe drugiego rodzaju.	2
Wy9	Ferroelektryczne przejścia fazowe pierwszego rodzaju – opis fenomenologiczny, temperatury charakterystyczne, przemiany krytyczne, izostrukuralne przemiany fazowe.	2
Wy10	Właściwości piezoelektryczne ferroelektryków, ferroelektryki centrosymetryczne i niecentrosymetryczne w fazie paraelektrycznej, deformacja spontaniczna i rozszerzalność termiczna.	2
Wy11	Wpływ ciśnienia hydrostatycznego na ferroelektryczne przejścia fazowe, równania Clapeyrona–Clausiusa i Ehrenfesta, metody badań właściwości fizycznych materiałów w warunkach wysokich ciśnień i naprężeń.	2
Wy12	Metody opisu i badania właściwości termicznych ferroelektryków, kalorymetria, dylatometria i przewodność cieplna.	2
Wy13	Właściwości optyczne ferroelektryków, dwójłomność spontaniczna i wymuszona, zjawiska Pockelsa i Kerra.	2
Wy14	Zastosowania zjawisk elektrooptycznych do sterowania wiązką światła. Elementy optyki nieliniowej: generacja drugiej harmonicznej i optyczne mieszanie częstości.	2
Wy15	Efekty rozmiarowe w ferroelektrykach, kompozyty ferroelektryczne i multiferroiczne	2
	Suma godzin	<b>30</b>

### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

- N1. Wykład tradycyjny z wykorzystaniem transparencji, slajdów, demonstracji i pokazów praw/zjawisk fizycznych.  
N2. Praca własna – samodzielne studia i przygotowanie do kolokwium zaliczeniowego.  
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
P (wykład)		Kolokwium pisemno-ustne

## LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

### **LITERATURA PODSTAWOWA:**

1. A. Ciżman, R. Poprawski, A. Sieradzki, Dielectric Physics, Introduction to Selected Problems of Dielectric Physics, PrintPAP Łódź, 2011.
2. A. Chełkowski, Fizyka dielektryków, PWN (1972).
3. Zagadnienia fizyki dielektryków; praca zbiorowa pod red. T. Krajewskiego, W.K.Ł. (1972).
4. F. Kaczmarek, Wstęp do fizyki laserów, PWN (1978).
5. Przemiany fazowe, redakcja: A.Graja i A.R. Ferchmin, Małe monografie Instytutu Fizyki molekularnej Tom 2. Ośrodek Wydawnictw Naukowych Poznań 2003.
6. Y.Xu, Ferroelectric materials and their applications, North-Holland (1991).
7. M.E. Lines and A.M. Glass, Principles and application of ferroelectrics and related materials, Clarendon Press, Oxford (1977).
8. B.A. Strukov and A. P. Levanyuk, Ferroelectric Phenomena in Crystals Springer, Berlin, Heidelberg (1998) (Fiziczeskije osnovy siegnietoelektriczeskich javlenij w kristallach, Nauka, Fizmatlit, Moskwa (1995)).
9. J Klamut, K. Durczewski, J. Sznajd, Wstęp do fizyki przejść fazowych, Osolineum (1979).
10. J.F. Nye, Physical Properties of Crystals- their representation by tensors and matrices, Oxford (1985).
11. Materiały dydaktyczne – [www.gdp.if.pwr.wroc.pl](http://www.gdp.if.pwr.wroc.pl)

### **LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:**

1. G. Grimvall, Thermophysical properties of materials, North-Holland (1986).
2. J. Toledano, P. Toledano, The Landau Theory of phase transitions, World Scientific (1987).
3. J.F. Scot, Ferroelectric Memories, Springer Series in Advanced Microelectronics 3, Berlin, Heidelberg (2000).
5. R. Blinc and B. Zeks, Soft modes in ferroelectrics and antiferroelectrics, North-Holland, (1974).
6. Wybrane artykuły przeglądowe z czasopism naukowych i popularnonaukowych.

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

**Prof. dr hab. Ryszard Poprawski** [ryszard.poprawski@pwr.edu.pl](mailto:ryszard.poprawski@pwr.edu.pl)  
**Dr inż. Adam Sieradzki** [adam.sieradzki@pwr.edu.pl](mailto:adam.sieradzki@pwr.edu.pl)

**MACIERZ POWIĄZANIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA DLA PRZEDMIOTU**  
**Wstęp do Fizyki Dielektryków**  
**Z EFEKTAMI KSZTAŁCENIA NA KIERUNKU Inżynieria kwantowa**

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	K1INK_W01, K1INK_W02	C1	Wy1	N1, N2
PEK_W02	K1INK_W01, K1INK_W02	C2	Wy2	N1, N2
PEK_W03	K1INK_W01, K1INK_W08, K1INK_W09	C3	Wy3	N1, N2
PEK_W04	K1INK_W01, K1INK_W02	C4	Wy4	N1, N2
PEK_W05	K1INK_W01, K1INK_W02, K1INK_W08, K1INK_W09	C5	Wy5	N1, N2
PEK_W06	K1INK_W01, K1INK_W02, K1INK_W08, K1INK_W09	C6	Wy6	N1, N2
PEK_W07	K1INK_W01, K1INK_W02, K1INK_W08	C7	Wy7	N1, N2
PEK_W08	K1INK_W01, K1INK_W02	C8	Wy8	N1, N2
PEK_W09	K1INK_W01, K1INK_W02	C9	Wy9	N1, N2
PEK_W10	K1INK_W01, K1INK_W02	C10	Wy10	N1, N2
PEK_W11	K1INK_W01, K1INK_W02, K1INK_W08	C11	Wy11	N1, N2
PEK_W12	K1INK_W01, K1INK_W02, K1INK_W08, K1INK_W09	C12	Wy12	N1, N2
PEK_W13	K1INK_W01, K1INK_W02, K1INK_W08	C13	Wy13	N1, N2
PEK_W14	K1INK_W01, K1INK_W02	C14	Wy14	N1, N2
PEK_W15	K1INK_W01, K1INK_W02, K1INK_W08	C15	Wy15	N1, N2
PEK_U01	K1INK_U01, K1INK_U04, K1INK_U06, K1INK_U11,	C1	Wy1	N2, N3
PEK_U02	K1INK_U01, K1INK_U04, K1INK_U06, K1INK_U11	C2	Wy2	N2, N3
PEK_U03	K1INK_U01, K1INK_U02, K1INK_U04, K1INK_U06, K1INK_U09, K1INK_U11	C3	Wy3	N2, N3
PEK_U04	K1INK_U01, K1INK_U04, K1INK_U06, K1INK_U11	C4	Wy4	N2, N3
PEK_U05	K1INK_U01, K1INK_U02, K1INK_U04, K1INK_U06, K1INK_U09, K1INK_U11	C5	Wy5	N2, N3
PEK_U06	K1INK_U01, K1INK_U02, K1INK_U04, K1INK_U06, K1INK_U09, K1INK_U11	C6	Wy6	N2, N3
PEK_U07	K1INK_U01, K1INK_U04, K1INK_U06, K1INK_U11	C7	Wy7	N2, N3

<b>PEK_U08</b>	K1INK_U01, K1INK_U04, K1INK_U06, K1INK_U11	C8	Wy8	N2, N3
<b>PEK_U09</b>	K1INK_U01, K1INK_U04, K1INK_U06, K1INK_U11	C9	Wy9	N2, N3
<b>PEK_U10</b>	K1INK_U01, K1INK_U04, K1INK_U06, K1INK_U11	C10	Wy10	N2, N3
<b>PEK_U11</b>	K1INK_U01, K1INK_U02, K1INK_U04, K1INK_U06, K1INK_U09, K1INK_U11	C11	Wy11	N2, N3
<b>PEK_U12</b>	K1INK_U01, K1INK_U04, K1INK_U06, K1INK_U11	C12	Wy12	N2, N3
<b>PEK_U13</b>	K1INK_U01, K1INK_U04, K1INK_U06, K1INK_U11	C13	Wy13	N2, N3
<b>PEK_U14</b>	K1INK_U01, K1INK_U02, K1INK_U04, K1INK_U06, K1INK_U09, K1INK_U11	C14	Wy14	N2, N3
<b>PEK_U15</b>	K1INK_U01, K1INK_U02, K1INK_U04, K1INK_U06, K1INK_U09, K1INK_U11	C15	Wy15	N2, N3
<b>PEK_K01</b>	K1INK_K01, K1INK_K04, K1INK_K05, K1INK_K07	C1-C15	Wy1-Wy15	N2
<b>PEK_K02</b>	K1INK_K01, K1INK_K04, K1INK_K05, K1INK_K07	C1-C15	Wy1-Wy15	N2
<b>PEK_K03</b>	K1INK_K05, K1INK_K07	C1-C15	Wy1-Wy15	N2
<b>PEK_K04</b>	K1INK_K01, K1INK_K04, K1INK_K05, K1INK_K07	C1-C15	Wy1-Wy15	N2

\*\* - wpisać symbole kierunkowych/specjalnościowych efektów kształcenia

\*\*\* - z tabeli powyżej