

<b>WYDZIAŁ PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI</b>	
<b>KARTA PRZEDMIOTU</b>	
<b>Nazwa przedmiotu w języku polskim: Badania właściwości strukturalnych nanomateriałów</b>	
<b>Nazwa przedmiotu w języku angielskim: Investigations of the structural properties of nanomaterials</b>	
<b>Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Fizyka Techniczna</b>	
<b>Specjalność (jeśli dotyczy): Nanoingenieria</b>	
<b>Poziom i forma studiów:</b>	<b>II stopień, stacjonarna</b>
<b>Rodzaj przedmiotu:</b>	<b>obowiązkowy</b>
<b>Kod przedmiotu</b>	.....
<b>Grupa kursów</b>	<b>TAK</b>

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	15			30	
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	60			90	
Forma zaliczenia	<del>Egzamin</del> / zaliczenie na ocenę*			<del>Egzamin</del> / zaliczenie na ocenę*	*
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	<b>3</b>				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)				2	
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	1.0			1.0	

\*niepotrzebne skreślić

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

1. Podstawy spektroskopii.

**CELE PRZEDMIOTU**

C1. Celem kursu jest zapoznanie studentów z wiedzą teoretyczną pozwalającą zrozumieć eksperymentalne metody badań właściwości strukturalnych nanomateriałów i ich właściwości dynamicznych (drżania normalne), powiązanych ze strukturą tych nanomateriałów.

C2. Celem kursu jest praktyczne zapoznanie studentów z wybranymi spektroskopowymi metodami badań nanomateriałów przydatnymi przy określaniu ich właściwości strukturalnych, chemicznych (wiązania chemiczne, skład chemiczny), oraz służącymi do wyznaczenia rozmiaru fizycznego nanomateriałów.

#### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU\_W01 ma szeroką wiedzę w zakresie wytwarzania materiałów oraz badania ich właściwości strukturalnych stosowanych w nanoinżynierii

...

Z zakresu umiejętności:

PEU\_U01 potrafi (a) obsługiwać skomplikowaną aparaturę pomiarową; (b) planować i przeprowadzać złożone pomiary w celu zbadania specyficznych własności strukturalnych nanomateriałów i poprawnie zinterpretować rezultaty badań

...

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU\_K01 potrafi odpowiedzialnie pełnić rolę zawodowe z uwzględnieniem zmieniających się potrzeb społecznych: rozwija dorobek zawodu, przestrzega i rozwija zasady etyki zawodu oraz działa na rzecz przestrzegania tych zasad

#### TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Wstęp do wykładu: nanomateriały i ich badanie	1
Wy2	Spektroskopia rozpraszania Rutherforda (RBS)	2
Wy3	Transmisyjna mikroskopia elektronowa (TEM)	2
Wy4	Skaningowa mikroskopia elektronowa (SEM)	2
Wy5	Mikroanaliza rentgenowska (EDS/EDX)	2
Wy6	Dynamiczne rozpraszanie światła (DLS)	2
Wy7	Rozpraszanie Ramana i absorpcja podczerwieni (wiązanie chemiczne)	2
Wy8	Kolokwium zaliczeniowe	2
Suma godzin		<b>15</b>

Forma zajęć - projekt		Liczba godzin
Pr1	Pomiary rozpraszania Ramana – mody optyczne w nanomateriałach	5
Pr2	Pomiary rozpraszania Ramana – mody akustyczne w nanomateriałach	5
Pr3	Absorpcja w podczerwieni – pomiary metodą ATR	5
Pr4	Absorpcja w podczerwieni – pomiary w modzie transmisyjnym	5
Pr5	Dynamiczne rozpraszanie światła (DLS)	5
Pr6	Analiza i modelowanie widm RBS w pakiecie QUARK lub SIMNRA	5

Suma godzin	<b>30</b>
-------------	-----------

**STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE**

- N1. Wykład z użyciem narzędzi multimedialnych  
 N2. Samodzielne wykonanie doświadczeń w laboratorium  
 N3. Samodzielne opracowanie i analiza wyników eksperymentalnych

**OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ**

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1 (wykład)	PEU_W01	Kolokwium ustne
F2 (projekt)	PEU_U01	Sprawozdanie pisemne
$P = F1*0.5 + F2*0.5$		

**LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA**

**LITERATURA PODSTAWOWA:**

- [1] Fizyka Ciała Stałego, Neil W. Ashcroft, N. David Mermin, PWN  
 [2] Wstęp do Fizyki Ciała Stałego, Charles Kittel, PWN

**LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:**

- [1] Introductory Raman Spectroscopy, John R. Ferraro, Kazuo Nakamoto and Chris W. Brown (Elsevier, 2003)  
 [2]

**OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIĘ, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)**

dr inż. Grzegorz Zatryb (Grzegorz.zatryb@pwr.wroc.pl)

<b>WYDZIAŁ PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI</b>	
<b>KARTA PRZEDMIOTU</b>	
<b>Nazwa przedmiotu w języku polskim: Elementy chemii kwantowej</b>	
<b>Nazwa przedmiotu w języku angielskim: Elements of quantum chemistry</b>	
<b>Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Fizyka Techniczna</b>	
<b>Specjalność (jeśli dotyczy): Nanoinżynieria</b>	
<b>Poziom i forma studiów: II stopień, stacjonarna</b>	
<b>Rodzaj przedmiotu:</b>	<b>wybieralny</b>
<b>Kod przedmiotu</b>	.....
<b>Grupa kursów</b>	<b>TAK</b>

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	15		15		
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	45		45		
Forma zaliczenia	Egzamin / zaliczenie na ocenę*		Egzamin / zaliczenie na ocenę*		
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	3				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)			2		
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	0.5		1.0		

\*niepotrzebne skreślić

<b>WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Znajomość Analizy matematycznej i Algebry liniowej.</li> <li>2. Znajomość fizyki na poziomie kursu Fizyka I.</li> <li>3.</li> </ol>

<b>CELE PRZEDMIOTU</b>
<p>C1. Zapoznanie z wybranymi technikami chemii kwantowej i modelowania molekularnego.</p> <p>C2. Nauczenie posługiwania się przykładowym programem do obliczeń kwantowo-chemicznych.</p> <p>C3. Nabycie umiejętności poprawnego przewidywania właściwości materii na podstawie analizy</p>

otrzymanych danych kwantowo-chemicznych.

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU\_W01 – posiada znajomość metod Hartree-Focka oraz DFT wraz ze stosowanymi założeniami i przybliżeniami

PEU\_W02 – posiada znajomość empirycznych metod stosowanych w chemii obliczeniowej

PEU\_W03 – posiada wiedzę na temat metody dynamiki molekularnej (klasycznej)

PEU\_W04 – posiada wiedzę na temat metody dynamiki molekularnej ab initio

...

PEU\_U01 – potrafi posługiwać się wybranym programem do obliczeń kwantowo-chemicznych

PEU\_U02 – potrafi posługiwać się wybranym programem do klasycznej dynamiki molekularnej

PEU\_U03 – potrafi posługiwać się wybranym programem do dynamiki molekularnej ab initio.

...

PEU\_K01 – rozumie potrzebę formułowania i przekazywania społeczeństwu (m.in. poprzez środki masowego przekazu) informacji i opinii dotyczących nanoinżynierii; potrafi przekazać takie informacje w sposób powszechnie zrozumiały

### TREŚCI PROGRAMOWE

TREŚCI PROGRAMOWE		
	Forma zajęć - wykład	Liczba godzin
Wy1	Wprowadzenie do przedmiotu – cele i zastosowania chemii obliczeniowej; organizacja zajęć.	2
Wy2	Podstawowy chemii kwantowej. Równanie Schroedingera niezależne od czasu, przybliżenie adiabatyczne i BO.	2
Wy3	Metoda Hartree-Focka: metoda LCAO, wyznacznik Slatera, bazy funkcyjne.	2
Wy4	Metody DFT.	2
Wy5	Potencjały empiryczne stosowane w chemii obliczeniowej; przybliżenia i algorytmy.	2
Wy6	Metoda dynamiki molekularnej; implementacja zespołów statystycznych, algorytmy.	2
Wy7	Zastosowania dynamiki molekularnej.	2
Wy8	Kolokwium zaliczeniowe.	1
	Suma godzin	<b>15</b>

<b>Forma zajęć - laboratorium</b>		<b>Liczba godzin</b>
La1	Sposób prowadzenia i zaliczenia laboratorium. Nauka poleceń systemu Linux.	2
La2 La3	Obliczenia kwantowo-chemiczne struktury i własności prostych cząsteczek.	4
La4 La5	Symulacje klasyczną metodą dynamiki molekularnej.	4
La6 La7	Symulacje metodą dynamiki molekularnej Car-Parrinello lub Born-Oppenheimer MD.	4
La8	Projekt zaliczeniowy	1
	Suma godzin	15

<b>STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE</b>
N1. wykład z prezentacją multimedialną N2. wykorzystanie gotowego oprogramowania do obliczeń kwantowo-chemicznych. N3. opracowanie projektu końcowego.

#### **OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ**

<b>Oceny</b> (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
P (wykład)	PEU_W01- PEU_W04	Kolokwium zaliczeniowe
P (laboratorium)	PEU_U01- PEU_U03	Projekt
$P = F1*0.5 + F2*0.5$		

<b>LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA</b>
<p><b><u>LITERATURA PODSTAWOWA:</u></b></p> <p>[1] L. Pielą "Idee chemii kwantowej", wyd. PWN  [2] A. Kaczmarek-Kędziera, M. Ziegler-Borowska, D. Kędziera "Chemia obliczeniowa w laboratorium organicznym" Wydawnictwo Naukowe Mikołaja Kopernika  [3] D. Heermann "Podstawy symulacji komputerowych w fizyce", wyd. WNT  [4] James B. Foresman and Æleen Frish "Exploring Chemistry with Electronic Structure Methods: A Guide to Using Gaussian" Gaussian, Inc</p> <p><b><u>LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:</u></b></p> <p>[1] I. N. Levine "Quantum chemistry", wyd. Prentice Hall  [2] D. Frenkel, B. Smit "Understanding Molecular Simulation", wyd. Academic Press  [3] C.J. Cramer "Essentials of Computational Chemistry", Wiley</p>
<b>OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)</b>

Paweł Lipkowski [pawel.lipkowski@pwr.edu.pl](mailto:pawel.lipkowski@pwr.edu.pl)

<b>WYDZIAŁ PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI</b>	
<b>KARTA PRZEDMIOTU</b>	
<b>a przedmiotu w języku polskim: Emitery pojedynczych fotonów</b>	
<b>Nazwa przedmiotu w języku angielskim: Single photon emitters</b>	
<b>Grupa studiów (jeśli dotyczy): Fizyka Techniczna</b>	
<b>Specjalność (jeśli dotyczy): Nanoingenieria</b>	
<b>Poziom i forma studiów:</b>	<b>II stopień, stacjonarna</b>
<b>Rodzaj przedmiotu:</b>	<b>wybieralny</b>
<b>Kod przedmiotu</b>	<b>.....</b>
<b>Grupa kursów</b>	<b>NIE</b>

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	15				
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	60				
Forma zaliczenia	Egzamin/ zaliczenie na ocenę*				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS	<b>2</b>				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)					
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	1.0				

\*niepotrzebne skreślić

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

1. Wiedza z zakresu: mechaniki kwantowej, fizyki ciała stałego, fizyki półprzewodników, spektroskopii, podstaw optyki kwantowej i fizyki nanostruktur.
2. Znajomość języka angielskiego co najmniej na poziomie B2 (materiały w języku angielskim, m. in. współczesna literatura przedmiotu – publikacje naukowe).
3. Umiejętność wyszukiwania informacji w naukowych bazach danych oraz uzyskania dostępu do czasopism za pośrednictwem Politechniki Wrocławskiej.
4. W zakresie kompetencji społecznych: zdolność do koncentracji, umiejętność słuchania i przetwarzania informacji, efektywne zarządzanie czasem.

**CELE PRZEDMIOTU**



C1 Zapoznanie studentów z układami fizycznymi umożliwiającymi emisję pojedynczych fotonów (wady i zalety każdego z nich).  
 C2 Zapoznanie studentów z metodami implementacji oraz weryfikacji parametrów źródeł pojedynczych fotonów w rzeczywistych układach doświadczalnych (wskazanie praktycznych trudności i sposobów ich rozwiązania).  
 C3 Zapoznanie studentów z aktualnym stanem wiedzy nt. źródeł pojedynczych fotonów w różnych układach fizycznych.

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU\_W01 ma rozszerzoną i pogłębioną wiedzę z wybranych zagadnień poświęconym emiterom pojedynczych fotonów

...

Z zakresu umiejętności:

PEU\_U01 potrafi formułować i testować hipotezy związane z prostymi problemami badawczymi związanymi z emiterami pojedynczych fotonów

...

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU\_K01 rozumie potrzebę formułowania i przekazywania społeczeństwu (m.in. poprzez środki masowego przekazu) informacji i opinii dotyczących emiterom pojedynczych fotonów; potrafi przekazać takie informacje w sposób powszechnie zrozumiały

### TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Zapoznanie studentów z zakresem materiału wykładu, obowiązującą literaturą, wymaganiami oraz formą zaliczenia wykładu. Sprawdzenie wiedzy studentów na tematy wymagane do uczestnictwa w wykładzie.	1
Wy2	Przypomnienie podstawowych pojęć za zakresu optyki kwantowej niezbędnych do zrozumienia dalszego materiału wykładu. Zdefiniowanie podstawowych parametrów źródeł pojedynczych fotonów oraz metod ich doświadczalnego wyznaczenia.	3
Wy3	Przedstawienie układów fizycznych, które emitują pojedyncze fotony wraz ze wskazaniem ich charakterystycznych cech, a w szczególności wad i zalet każdego z podejść.	3
Wy4	Podstawowe technologie wytwarzania źródeł pojedynczych fotonów.	2
Wy5	Zaprezentowanie aktualnego stanu wiedzy nt. źródeł pojedynczych fotonów, w szczególności rekordowych parametrów takich źródeł zrealizowanych w różnych układach fizycznych.	2
Wy6	Zastosowania źródeł pojedynczych fotonów.	2
Wy7	Zaliczenie.	2
	Suma godzin	<b>15</b>

### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

- N1. Prezentacja multimedialna treści wykładu.  
N2. Prezentacja treści artykułów naukowych.

### OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1	PEU_W01, PEU_U01, PEU_K01	Kolokwium zaliczeniowe
P = F1		

### LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

#### **LITERATURA PODSTAWOWA:**

- [1] P. Michler (ed.) „Quantum Dots for Quantum Information Technologies”, Springer, 2017
- [2] B. Lounis and M. Orrit “Single-photon sources”, Rep. Prog. Phys. 68, 1129 (2005)
- [3] I. Aharonovich et al. “Solid-state single-photon emitters”, Nat. Photonics 10, 631 (2016)
- [4] C. J. Chunnillall et al. “Metrology of single-photon sources and detectors: a review”, Opt. Engineering 53 (8), 081910 (2014)
- [5] M. D. Eisaman et al. “Invited Review Article: Single-photon sources and detectors”, Rev. Sci. Instrum. 82, 0711011 (2011)
- [6] S. Buckley et al. “Engineered quantum dot single-photon sources”, Rep. Prog. Phys. 75, 126503 (2012)
- [7] Y. Arakawa and M. J. Holmes “Progress in quantum-dot single photon sources for quantum information technologies: A broad spectrum overview”, Appl. Phys. Rev. 7, 021309 (2020)
- [8] S. Rodt et al. “Deterministically fabricated solid-state quantum-light sources”, J. Phys. Condens. Matter 32, 153003 (2020)
- [9] P. Senellart et al. “High-performance semiconductor quantum-dot single-photon sources”, Nat. Nanotechnology 12, 1026 (2017).

#### **LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:**

- [1] Zhe-Yu Jeff Ou “Quantum Optics for Experimentalists”, World Scientific, 2017
- [2] L. Schweickert et al., “On-demand generation of background-free single photons from a solid-state source”, Appl. Phys. Lett. 112, 093106 (2018)
- [3] A. Lohrmann et al. “A review on single photon sources in silicon carbide”, Rep. Prog. Phys. 80, 034502 (2017)
- [4] M. J. Holmes et al. “III-nitride quantum dots as single photon emitters”, Semicond. Sci. Technol. 34, 033001 (2019)
- [5] I. Aharonovich et al. “Diamond-based Single-photon emitters”, Rep. Prog. Phys. 74, 076501 (2011)
- [6] N. Somaschi et al. “Near optimal single photon sources in the solid state”, Nat. Photonics 10, 1–6 (2015)

- [7] H. Wang et al. “Near-Transform-Limited Single Photons from an Efficient Solid-State Quantum Emitter”, Phys. Rev. Lett. 116, 213601 (2016)
- [8] T. Heindel et al. “Electrically driven quantum dot-micropillar single photon source with 34% overall efficiency”, Appl. Phys. Lett. 96, 2008–2011 (2010)
- [9] T. Miyazawa et al. „Single-photon emission at 1.5  $\mu$  m from an InAs/InP quantum dot with highly suppressed multi-photon emission probabilities”, Appl. Phys. Lett. 109, 132106 (2016)
- [10] S. L. Portalupi et al. “InAs quantum dots grown on metamorphic buffers as non-classical light sources at telecom C-band: A review”, Semicond. Sci. Technol. 34, (2019).

**OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIĘ, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)**

**Piotr Cyganowski, Piotr.Cyganowski@pwr.edu.pl**

<b>WYDZIAŁ PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI</b>	
<b>KARTA PRZEDMIOTU</b>	
<b>Nazwa przedmiotu w języku polskim: Fizyka Cienkich Warstw</b>	
<b>Nazwa przedmiotu w języku angielskim: Physics of the thin layers</b>	
<b>Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Fizyka Techniczna</b>	
<b>Specjalność (jeśli dotyczy): Nanoinżynieria</b>	
<b>Poziom i forma studiów: II stopień, stacjonarna</b>	
<b>Rodzaj przedmiotu:</b>	<b>obowiązkowy</b>
<b>Kod przedmiotu</b>	.....
<b>Grupa kursów</b>	<b>TAK</b>

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	15		15		
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	30		60		
Forma zaliczenia	<del>Egzamin / zaliczenie na ocenę*</del>		<del>Egzamin / zaliczenie na ocenę*</del>		
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	3				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)			2		
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	0.5		1.0		

\*niepotrzebne skreślić

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

1. Podstawowa wiedza zakresu fizyki ogólnej
2. Podstawowa wiedza z fizyki ciała stałego
3. Kompetencje w zakresie docierania do uzupełniających obszarów wiedzy i umiejętności

**CELE PRZEDMIOTU**

- C1 Poznanie klasyfikacji cienkich warstw i struktur cienkowarstwowych.  
 C2 Poznanie zagadnień z zakresu technologii cienkich warstw.  
 C3 Nabycie wiedzy na temat zastosowań cienkich warstw i układów wielowarstwowych w optyce, fotonice i elektronice.  
 C3 Nabycie wiedzy oraz umiejętności charakteryzacji podstawowych właściwości fizycznych

cienkich warstw metodami spektroskopii optycznej  
 C4 Nabycie umiejętności opracowania danych eksperymentalnych pomiarów spektroskopowych cienkich warstw i struktur cienkowarstwowych

#### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU\_W01 zna podstawowe koncepcje, zasady, modele teoretyczne oraz metody pomiarowe fizyki cienkich warstw

...

Z zakresu umiejętności:

PEU\_U01 potrafi (a) obsługiwać skomplikowaną aparaturę pomiarową; (b) planować i przeprowadzać złożone pomiary w celu zbadania specyficznych własności fizycznych cienkich warstw oraz (c) potrafi opracować szczegółową dokumentację z realizacji eksperymentu

...

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU\_K01 potrafi odpowiedzialnie pełnić rolę zawodowe z uwzględnieniem zmieniających się potrzeb społecznych: rozwija dorobek zawodu, przestrzega i rozwija zasady etyki zawodu oraz działa na rzecz przestrzegania tych zasad

#### TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Definicja i klasyfikacja cienkich warstw. Zastosowanie cienkich warstw w optyce, fotonice i nano-elektronice.	3
Wy2	Metody otrzymywania cienkich warstw, metody fizyczne otrzymywania cienkich warstw, metody chemiczne, metody cieplno-mechaniczne.	3
Wy3	Podstawy optyki cienkich warstw. Odbicie i przejście fali elektromagnetycznej na granicy różnych ośrodków, wzory Fresnela, stałe optyczne cienkich warstw dielektrycznych i absorbujących.	3
Wy4	Metody badawcze cienkich warstw (spektroskopia optyczna elipsometria, mikroskopia sił atomowych, spektroskopia Ramana)	2
Wyk5	Zwierciadła metalowe. Wielowarstwowe zwierciadła dielektryczne, Zimne lustra. Filtry interferencyjne. Dzielniki światła.	2
Wyk6 ....	Cienkie warstwy półprzewodnikowe – otrzymywanie, podstawowe własności fizyczne, struktury van der Waalsa i ich zastosowanie w opto-elektronice	2
Suma godzin		<b>15</b>

#### Forma zajęć - laboratorium

Forma zajęć - laboratorium		Liczba godzin
La1	Technologia otrzymywania cienkich warstw	3
La2	Pomiary grubości cienkich warstw za pomocą mikroskopii interferencyjnej	3
La3	Wyznaczanie stałych optycznych cienkich warstw za pomocą elipsometru	3

La4	Wyznaczanie współczynnika załamania cienkich warstw dielektrycznych metodami spektroskopii optycznej	3
La5	Charakteryzacja cienkich warstw metodami spektroskopii Ramana	3
	Suma godzin	<b>15</b>

### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

- N1. Wykład problemowy – metoda tradycyjna  
 N2. Wykład – częściowo udostępniony w sieci zapis elektroniczny  
 N3. Zajęcia w laboratorium – dyskusja sposobów wykonania pomiarów, opracowania i interpretacji wyników pomiarów  
 N4. Konsultacje  
 N5. Praca własna – przygotowanie seminarium, do wykładu i zaliczenia przedmiotu

### OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1(wykład)	PEK_W01	Wykład – Zaliczenie na ocenę
F2 (laboratorium)	PEK_U01, PEK_K01	Ocena ze sprawozdań
$P = F1*0.5 + F2*0.5$		

### LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

#### **LITERATURA PODSTAWOWA:**

- [1] H. Bach and D. Krause, Thin Films on Glass, Springer-Verlag, Berlin 1997  
 [2] H.A. Macleod, Thin Film Optical Filters, Series in Optics and Optoelectronics, Taylor and Francis 2010 (lub starsze wydania).  
 [4]  
 [5]

#### **LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:**

- [1] M. Boss, Handbook of Optics, vol.4: Optical Properties of Materials, Chpt.7 (J.A. Dobrowolski, Optical Properties of Thin Films) Mc-Graw Hill Co., 2010.

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

**Dr hab. inż. Joanna Jadczyk, email: joanna.jadczyk@pwr.edu.pl**

<b>WYDZIAŁ PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI</b>	
<b>KARTA PRZEDMIOTU</b>	
<b>Nazwa przedmiotu w języku polskim: Fizyka nowych materiałów półprzewodnikowych</b>	
<b>Nazwa przedmiotu w języku angielskim: Physics of emerging semiconductors</b>	
<b>Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Fizyka Techniczna</b>	
<b>Specjalność (jeśli dotyczy): Nanoinżynieria</b>	
<b>Poziom i forma studiów: II stopień, stacjonarna</b>	
<b>Rodzaj przedmiotu:</b>	<b>obowiązkowy</b>
<b>Kod przedmiotu</b>	.....
<b>Grupa kursów</b>	<b>TAK</b>

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30	15			
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	45	45			
Forma zaliczenia	Egzamin	zaliczenie na ocenę*			
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	4				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)		3			
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	1.0	1.0			

\*niepotrzebne skreślić

<b>WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fizyka ciała stałego</li> <li>2. Podstawy spektroskopii</li> <li>3.</li> </ol>

<b>CELE PRZEDMIOTU</b>
C1 Zrozumienie własności opto – elektronicznych organicznych – nieorganicznych perowskitów półprzewodnikowych
C2 Zapoznanie się z możliwymi i aplikacjami organicznych – nieorganicznych perowskitów półprzewodnikowych

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU\_W01 Zapoznanie się z własnościami perowskitów półprzewodnikowych

PEU\_W02 Zapoznanie się z możliwymi aplikacjami perowskitów półprzewodnikowych

...

Z zakresu umiejętności:

PEU\_U01 Zrozumienie jak działają urządzenia półprzewodnikowe w szczególności te oparte na perowskitach

PEU\_U02 Analiza własności ekscytonowych w perowskitach półprzewodnikowych

...

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU\_K01 rozumie potrzebę ciągłego dokształcania, w tym samodoskazywania; umie i rozumie potrzebę uczenia się samodzielnie i w grupie

### TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Wprowadzenie do materiałów perowskitowych (skład chemiczny)	2
Wy2	Struktura krystaliczna i symetrie 3D perowskitów	2
Wy3	Struktura pasmowa 3D perowskitów	2
Wy4	Własności elektroniczne 3D perowskitów	2
Wy5	Własności optyczne I 3D perowskitów	2
Wy6	Własności optyczne II/fizyka ekscytonów 3D perowskitów	2
Wy7	Przykładowe zastosowania 3D perowskitów	2
Wy8	2D perowskity: struktura krystaliczna	2
Wy9	2D perowskity: własności optyczne I	2
Wy10	2D perowskity: fizyka ekscytonów	2
Wy11	2D perowskity: sprzężenie z fononem	2
Wy12	Możliwe zastosowania 2D perowskitów	2
Wy13	Nano kryształy perowskitowe	2
Wy14	Perowskity bez ołowiu	2
Wy15	Metody wytwarzania i charakteryzacji	2
	Suma godzin	<b>30</b>

Forma zajęć - ćwiczenia		Liczba godzin
Ćw1	Stabilność a rozmiar kationu (policzenie czynnika tolerancji Goldschmita)	1
Ćw2	Koncepcja i własności ekscytonu I	2
Ćw3	Koncepcja i własności ekscytonu II	2
Ćw4	Ekscyton w niższych wymiarach	2
Ćw5	Jak działa panel słoneczny i jego wydajność I	2
Ćw6	Jak działa panel słoneczny i jego wydajność II	2
Ćw7	Jak działa panel słoneczny i jego wydajność III	2
Ćw8	Kolokwium zaliczeniowe	2
	Suma godzin	15



**STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE**

N1. Prezentacja multimedialna  
N2. Wykład  
N3. Ćwiczenia rachunkowe

**OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ**

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1 (wykład)	PEU W01-W02	Kolokwium ustne
F2 (ćwiczenia)	PEU U01-U02	Kolokwium pisemne
$P = F1*0.5 + F2*0.5$		

**LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA****LITERATURA PODSTAWOWA:**

- [1] Perovskites for Optoelectronics – collection in Nature journal (<https://www.nature.com/collections/fnnxcznbb/content/reviews>)
- [2] Excitons in Metal-Halide Perovskites (<https://doi.org/10.1002/aenm.201903659>)
- [3] 2D Ruddlesden–Popper Perovskites for Optoelectronics (<https://doi.org/10.1002/adma.201703487>)

**LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:**

- [1] Electronic and Optoelectronic Properties of Semiconductor Structures Jasprit Singh Cambridge University Press

**OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIĘ, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)**

**Paulina Płochocka Maude [paulina.plochocka@pwr.edu.pl](mailto:paulina.plochocka@pwr.edu.pl)**

<b>WYDZIAŁ PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI</b>	
<b>KARTA PRZEDMIOTU</b>	
<b>Nazwa przedmiotu w języku polskim: Fizyka powierzchni</b>	
<b>Nazwa przedmiotu w języku angielskim: Surface physics</b>	
<b>Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Fizyka Techniczna</b>	
<b>Specjalność (jeśli dotyczy): Nanoinżynieria</b>	
<b>Poziom i forma studiów: II stopień, stacjonarna</b>	
<b>Rodzaj przedmiotu:</b>	<b>obowiązkowy</b>
<b>Kod przedmiotu</b>	.....
<b>Grupa kursów</b>	<b>TAK</b>

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	15				15
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	30				30
Forma zaliczenia	Egzamin / zaliczenie na ocenę*				Egzamin / zaliczenie na ocenę*
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	2				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)					1
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	0.5				0.5

\*niepotrzebne skreślić

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

1. Fizyka ciała stałego
2. Umiejętność przygotowania prezentacji na zadany temat i jej wygłoszenia.

**CELE PRZEDMIOTU**

- C1 Zaznajomienie się z podstawowymi zagadnieniami fizycznymi, technicznymi i technologicznymi dotyczącymi powierzchni idealnych i rzeczywistych metali oraz półprzewodników.
- C2 Zdobywanie wiedzy o otrzymywaniu powierzchni idealnych i powstawaniu powierzchni rzeczywistych.
- C3 Zdobywanie wiedzy o metodach eksperymentalnych do badania powierzchni i międzypowierzchni.

C4 Zdobyć wiedzę o zjawiskach fizykochemicznych występujących na powierzchni.  
 C5 Zdobyć wiedzę o wzbudzeniach na powierzchniach ciał stałych.

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU\_W01 Zna metody otrzymywania powierzchni idealnych ciał stałych.

PEU\_W02 Posiada wiadomości o podstawowych metodach eksperymentalnych stosowanych do badania powierzchni i międzypowierzchni ciał stałych, w tym: mikroskopii elektronowej (SEM, TEM), skaningowej mikroskopii elektronowej (STM), mikroskopii sił atomowych (AFM), rozpraszaniu quasi-elastycznym (LEED, RHEED) i nieelastycznym (AES, UPS, SIMS), metodach optycznych (spektroskopia Ramana, RAS).

PEU\_W03 Wie o zjawiskach fizykochemicznych występujących na powierzchniach ciał stałych.

PEU\_W04 Ma wiedzę o wzbudzeniach obecnych na powierzchniach ciał stałych.

Z zakresu umiejętności:

PEU\_U01 Umie pracować z literaturą dotyczącą fizyki powierzchni (tak w języku polskim jak i angielskim).

PEU\_U02 Potrafi przygotować prezentację na wybrany temat na podstawie wybranej literatury.

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU\_K01 potrafi odpowiedzialnie pełnić rolę zawodowe z uwzględnieniem zmieniających się potrzeb społecznych: rozwija dorobek zawodu

### TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	<b>Wstęp</b> - struktura powierzchni ciał stałych - otrzymywanie i utrzymywanie próżni - krystalografia powierzchni - relaksacja powierzchni - rekonstrukcja powierzchni	2
Wy2	<b>Termodynamika równowagowa</b> - adsorpcyjne równanie Gibbsa - powierzchniowa energia swobodna - anizotropia energii swobodnej - kształt równowagowy kryształu - granica szorstkości	2
Wy3	<b>Termodynamika statystyczna</b> - przybliżenie gazu idealnego	2

	- model - Terrace Step Kink wzrostu powierzchni - model Isinga - równowagowy kształt kryształu - modele gazu sieciowego	
Wy4	<b>Adsorpcja, nukleacja i wzrost</b> - adsorpcja fizyczna - adsorpcja chemiczna - desorpcja	2
Wy5	<b>Fonony powierzchniowe</b> - fale Rayleigh'a - dielektryczne fale powierzchniowe - plazmony powierzchniowe - polarytony	2
Wy6	<b>Własności elektronowe powierzchni</b> - stany powierzchniowe w półprzewodnikach - stany powierzchniowe w metalach - spektroskopia fotoemisyjna: UPS, XPS, ARUPS	2
Wy7	<b>Ładunek przestrzenny na powierzchni półprzewodnika</b>	2
	<b>Kolokwium zaliczeniowe</b>	1
	Suma godzin	<b>15</b>

<b>Forma zajęć - seminarium</b>		<b>Liczba godzin</b>
Se1 – Se8	1. Otrzymywanie powierzchni idealnych (łupanie, bombardowanie jonami, wygrzewanie, MBE, MOCVD) 2. Techniki badania powierzchni: - techniki desorpcyjne: Thermal Desorption Spectroscopy (TDS), Electron Stimulated Desorption (ESD) - metoda Kelvin Probe wyznaczania potencjału powierzchniowego 3. Techniki badania powierzchni - rozpraszanie elastyczne - teoria kinetyczna - dyfrakcja elektronów: Low Energy Electron Diffraction (LEED), Reflection High-Energy Electron Diffraction (RHEED) 4. Techniki badania powierzchni - rozpraszanie nieelastyczne - Auger Electron Spectroscopy (AES) - Secondary Ion Mass Spectroscopy (SIMS) 5. Defekty na powierzchni i ich badanie 6. Techniki badania powierzchni cd. - mikroskopia elektronowa - SEM, TEM - mikroskopia tunelowa - STM, AFM	15
	<b>Suma godzin</b>	<b>15</b>

#### **STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE**

- N1. Prezentacja multimedialna  
N2. Prezentacja na seminarium  
N3. Strona internetowa z udostępnionymi materiałami dydaktycznymi  
N4. Konsultacje

## OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1 (seminarium)	PEU_W01 - PEU_W04 PEU_U01 - PEU_U02	Wystąpienie na zadany temat
F2 (wykład)	PEU_W01 - PEU_W04	Kolokwium zaliczeniowe
$P = F1*0.5 + F2*0.5$		

### LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

#### **LITERATURA PODSTAWOWA:**

- [1] Harald Ibach, *Physics of Surfaces and Interfaces*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2006.
- [2] Hans Luth, *Solid Surfaces, Interfaces and Thin Films*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2001.
- [3] Anna Szaynok, Stanisław Kuźmiński, *Podstawy fizyki powierzchni półprzewodników*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2000.
- [4] Piotr Sitarek, *Surface physics (selected materials for seminar)* – script available via internet (Project co-financed by European Union within European Social Fund).

#### **LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:**

- [1] Andrew Zangwill, *Physics at Surfaces*, Cambridge University Press, 1988.
- [2] John T. Yates, Jr., *Experimental innovations in surface science*, Springer-Verlag New York, Inc. 1998.
- [3] A. Kiejna and K.F. Wojciechowski, *Metal Surface Electron Physics*, Elsevier Science Ltd. 1996.

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

**Dr inż. Piotr Sitarek, [Piotr.Sitarek@pwr.edu.pl](mailto:Piotr.Sitarek@pwr.edu.pl)**

<b>WYDZIAŁ PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI</b>	
<b>KARTA PRZEDMIOTU</b>	
<b>Nazwa przedmiotu w języku polskim: Fizyka półprzewodników: dynamika i oddziaływania</b>	
<b>Nazwa przedmiotu w języku angielskim: Semiconductor physics: dynamics and effects</b>	
<b>Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Fizyka Techniczna</b>	
<b>Specjalność (jeśli dotyczy): Nanoinżynieria</b>	
<b>Poziom i forma studiów: II stopień, stacjonarna</b>	
<b>Rodzaj przedmiotu:</b>	<b>wybieralny</b>
<b>Kod przedmiotu</b>	.....
<b>Grupa kursów</b>	<b>NIE</b>

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30				
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	60				
Forma zaliczenia	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS	<b>2</b>				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)					
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	1.0				

\*niepotrzebne skreślić

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

1. Wiedza w zakresie podstaw fizyki półprzewodników
2. Znajomość mechaniki kwantowej.

**CELE PRZEDMIOTU**

- C1 Zapoznanie się z wybranymi zagadnieniami teorii półprzewodników.  
C2 Przygotowanie do pracy z bieżącą literaturą naukową w dziedzinie fizyki półprzewodników.

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU\_W01 ma rozszerzoną i pogłębioną wiedzę z wybranych zagadnień związanych z zaawansowaną fizyką półprzewodników

...

Z zakresu umiejętności:

PEU\_U01 potrafi formułować i testować hipotezy związane z problemami badawczymi związanymi z zaawansowanej fizyki półprzewodników

...

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU\_K01 rozumie potrzebę formułowania i przekazywania społeczeństwu (m.in. poprzez środki masowego przekazu) informacji i opinii dotyczących zaawansowanej fizyki półprzewodników

### TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Podsumowanie podstawowej wiedzy o półprzewodnikach	2
Wy2	Oddziaływanie półprzewodników ze światłem – przejścia jednocząstowe	6
Wy3	Oddziaływania kulombowskie; ekscytyny	8
Wy4	Oddziaływanie nośników z fononami i dynamika ładunkowo-fononowa	6
Wy5	Oddziaływania nadsubtelne	6
Wy6	Sprawdzian końcowy	2
	Suma godzin	<b>30</b>

### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Wykład tradycyjny wspomagany prezentacjami

### OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1 (wykład)	PEK_W01- PEK_U01	Kolokwium zaliczeniowe.
P = F1		

<b>LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA</b>
--

<b><u>LITERATURA PODSTAWOWA:</u></b>
--------------------------------------

- |  |
|--|
| [1] H. Haug, S.W. Koch, <i>Quantum Theory of the Optical and Electronic Properties of Semiconductors</i> |
| [2] W. Schäfer, M. Wegener, <i>Semiconductor Optics and Transport Phenomena</i>                          |

<b><u>LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:</u></b>
---

- |   |
|---|
| [1] P. Marder, <i>Condensed Matter Physics</i>  |
| [2] M. M. Glazov, <i>Electron &amp; Nuclear Spin Dynamics in Semiconductor Nanostructures</i> |

<b>OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)</b>
--

<b>Paweł Machnikowski, Pawel.Machnikowski@pwr.edu.pl</b>
--



<b>WYDZIAŁ PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI</b>	
<b>KARTA PRZEDMIOTU</b>	
<b>Nazwa przedmiotu w języku polskim: Funkcjonalizacja powierzchni nanostruktur</b>	
<b>Nazwa przedmiotu w języku angielskim: Surface functionalization of nanostructures</b>	
<b>Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Fizyka Techniczna</b>	
<b>Specjalność (jeśli dotyczy): Nanoinżynieria</b>	
<b>Poziom i forma studiów: II stopień, stacjonarna</b>	
<b>Rodzaj przedmiotu:</b>	<b>wybieralny</b>
<b>Kod przedmiotu</b>	.....
<b>Grupa kursów</b>	<b>NIE</b>

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)				15	
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)				30	
Forma zaliczenia				Egzamin / zaliczenie na ocenę*	
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS				2	
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)				2	
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)				1.0	

\*niepotrzebne skreślić

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

1. Podstawy chemii ogólnej
2. Chemia fizyczna
3. Nanostruktury i nanokryształy półprzewodnikowe
4. Synteza nanostruktur koloidalnych
5. Umiejętność współpracy w grupie studenckiej mającej na celu efektywne rozwiązywanie problemów.

**CELE PRZEDMIOTU**

- C1. Nabycie wiedzy o wybranych metodach funkcjonalizacji powierzchni nanomateriałów

koloidalnych.  
 C2. Praktyczna nauka metod funkcjonalizacji powierzchni nanomateriałów koloidalnych.  
 C4. Nabywanie i utrwalanie wiedzy o dobrej praktyce laboratoryjnej  
 C5. Nabywanie i utrwalanie kompetencji społecznych obejmujących inteligencję emocjonalną polegającą na umiejętności współpracy w grupie studenckiej mającej na celu efektywne rozwiązywanie problemów. Odpowiedzialność, uczciwość i rzetelność w postępowaniu; przestrzeganie obyczajów obowiązujących w środowisku akademickim i społeczeństwie.

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU\_W01 ma rozszerzoną i pogłębioną wiedzę z wybranych zagadnień związanych z funkcjonalizacją powierzchni nanostruktur

...

Z zakresu umiejętności:

PEU\_U01 potrafi formułować i testować hipotezy związane z prostymi problemami badawczymi związanymi z funkcjonalizacją powierzchni nanostruktur

...

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU\_K01 rozumie potrzebę formułowania i przekazywania społeczeństwu (m.in. poprzez środki masowego przekazu) informacji i opinii dotyczących nanoinżynierii

Forma zajęć - projekt		Liczba godzin
Pr1	Omówienie zasad BHP i zasad pracy na stanowiskach laboratoryjnych. Nauka dobrych zasad pracy laboratoryjnej.	3
Pr2	Wymiana ligandów kropki kwantowej	3
Pr3	Reakcja charakterystyczna grupy funkcyjnej ligandu	3
Pr4	Utworzenie i analiza samoorganizującej warstwy tioli	3
Pr5	Analiza wpływu pH na ligandy i stabilność roztworu koloidalnego	3
	Suma godzin	<b>15</b>

### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Praca własna – przygotowanie do ćwiczeń laboratoryjnych  
 N2. Ćwiczenia laboratoryjne – dyskusja na temat sposobu przeprowadzenia procesu funkcjonalizacji, wykonania pomiarów, opracowania wyników oraz ocena sprawozdań/raportów  
 N4. Praca własna – wykonanie zadań w laboratorium pod opieką prowadzącego  
 N5. Praca własna – samodzielne pisanie raportów  
 N6. Praca własna – samodzielne studia i przygotowanie do zaliczenia końcowego  
 N7. Konsultacje  
 N8. Dyskusja raportów

### OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
--	--------------------------	---

F1	PEU_W01, PEU_U01, PEU_K01	Sprawozdanie z projektu
P = F1		

<b>LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA</b>
<p><b><u>LITERATURA PODSTAWOWA:</u></b></p> <p>[1] M. A. Boles, D. Ling, T. Hyeon, D. V. Talapin, The surface science of nanocrystals (2016)</p> <p>[2] R. R. Knauf, J. C. Lennox, J. L. Dempsey, Quantifying Ligand Exchange Reactions at CdSe Nanocrystal Surfaces (2016)</p> <p>[3] J. Owen, The coordination chemistry of nanocrystal surfaces (2015)</p> <p><b><u>LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:</u></b></p> <p>[1] M. Sluydts, K. De Nolf, V. Van Speybroeck, S. Cottener, Z. Hens, Ligand Addition Energies and the Stoichiometry of Colloidal Nanocrystals (2016)</p>
<b>OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIĘ, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)</b>
Mateusz Bański, mateusz.banski@pwr.edu.pl

<b>WYDZIAŁ PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI</b>	
<b>KARTA PRZEDMIOTU</b>	
<b>Nazwa przedmiotu w języku polskim: Inicjalizacja i kontrola spinu</b>	
<b>Nazwa przedmiotu w języku angielskim: Initialization and control of a spin</b>	
<b>Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Fizyka Techniczna</b>	
<b>Specjalność (jeśli dotyczy): Nanoinżynieria</b>	
<b>Poziom i forma studiów: II stopień, stacjonarna</b>	
<b>Rodzaj przedmiotu:</b>	<b>obowiązkowy</b>
<b>Kod przedmiotu</b>	.....
<b>Grupa kursów</b>	<b>TAK</b>

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30				15
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	45				45
Forma zaliczenia	Egzamin / zaliczenie na ocenę*				Egzamin / zaliczenie na ocenę*
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	3				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)					2
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	1.0				0.5

\*niepotrzebne skreślić

<b>WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Wiedza z zakresu mechaniki elektrodynamiki klasycznej;</li> <li>2. Podstawy półklasycznej i kwantowej fizyki atomu;</li> <li>3. Podstawy mechaniki kwantowej;</li> <li>4. Podstawy fizyki ciała stałego, magnetyków, metali i półprzewodników;</li> <li>5. Podstawy optyki i przewodnictwa elektronowego w ciele stałym;</li> </ol>

<b>CELE PRZEDMIOTU</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>C1. Zaznajomienie się z pojęciem spinu jako wielkości kwantowo-mechanicznej;</li> <li>C2. Zapoznanie się z metodami inicjalizacji stanu spinowego, jego kontroli i odczytu w ciele stałym;</li> <li>C3. Zapoznanie się z materiałami u urządzeniami wykorzystującymi spinowy stopień swobody u podstawy działania</li> </ol>

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU\_W01 ma pogłębioną i zaawansowaną wiedzę, podbudowaną teoretycznie, wyjaśniającą złożone zagadnienia inicjalizacji i kontroli spinu

...

Z zakresu umiejętności:

PEU\_U01 posiada umiejętność przygotowania tekstów oraz prezentacji na temat inicjalizacji i kontroli spinu w języku polskim oraz angielskim

...

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU\_K01 potrafi myśleć i działać w sposób przedsiębiorczy oraz ma świadomość roli społecznej absolwenta uczelni technicznej a dodatkowo potrafi inicjować działania na rzecz interesu publicznego

### TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Zasady organizacyjne kursu, zasady zaliczenia, terminy. Wprowadzenie w tematykę kursu. Wprowadzenie do pojęcia spintronika.	2
Wy2	Liczby kwantowe i ich znaczenie. Orbitalny moment pędu: półklasyczny model atomu Bohra vs. reprezentacja operatorowa momentu pędu w mechanice kwantowej. Moment magnetyczny związany z ruchem orbitalnym elektronu wokół dodatnio naładowanego jądra w atomie. Moment orbitalny elektronu w atomie w polu magnetycznym. Normalny Efekt Zeemana. Magneton Bohra.	2
Wy3	Historia postulatów dotyczących istnienia wewnętrznego momentu krętu elektronu (spinu elektronu) wraz z ideą pierwszych eksperymentów fizycznych w tym zakresie. Oddziaływanie spin-orbita w atomie wodoru – podejście półklasyczne.	2
Wy4	Normalny efekt Zeemana. Opis eksperymentu Stern-Gerlacha. Dowód na istnienie spinu elektronu.	2
Wy5	Sprzężenie spin-orbita w atomie. g-czynnik Landego. Ogólne wyrażenie na energię rozszczepienie poziomów w atomie w Efekcie Zeemana w zewnętrznym polu magnetycznym. Anomalny Efekt Zeemana. Efekt Paschena-Backa w wysokich polach magnetycznych.	2
Wy6	Własności fotonu. Całkowity moment pędu fotonu w podejściu klasycznym. Optyczne reguły wyboru w atomie z uwzględnieniem sprzężenia spin-orbita.	2
Wy7	Wprowadzenie do optycznej inicjalizacji spinu w układach efektywnie oddziałujących ze światłem (materiały półprzewodnikowe). Struktura pasmowa materiałów półprzewodnikowych z uwzględnieniem efektów spinowych w tym oddziaływania spin-orbita i jego konsekwencji na wygląd struktury pasmowej w klasycznych i nowych materiałach półprzewodnikowych objętościowych. Transfer spinu fotonu do	2

	półprzewodnika i optyczne reguły dla przejść optycznych ze względu na spin.	
Wy8	Prawdopodobieństwo generacji stanu spinowego w materiale objętościowym. Sieciowa polaryzacja spinowa w półprzewodnikowym materiale objętościowym. Sieciowa polaryzacja spinowa w niskowymiarowych strukturach półprzewodnikowych. Optyczna inicjalizacja spinu w kropkach kwantowych. Oddziaływanie wymiany ze względu na spin w układach niskowymiarowych. Efekt Zeemana w układach niskowymiarowych. Spin ekscytonu i trionu.	2
Wy9	Parametry określające relaksację spinową: stopień polaryzacji spinowej, czas życia spinu, efektywny czas relaksacji spinowej, czas relaksacji spinowej T1, czas nieodwracalnego defazowania spinu T1, czas odwracalnego defazowania spinu T2*;	2
Wy10	Eksperymentalna realizacja inicjalizacji i odczytu spinu w materiale półprzewodnikowym i jego strukturach niskowymiarowych. Rozdzielona w czasie i rozdzielona polaryzacyjnie fotoluminescencja. Podstawowe elementy polaryzacyjne w układzie optycznym. Wyniki eksperymentów. Efekt Hanle. Pomiar krzywej Hanle. Wyniki eksperymentów.	2
Wy11	Superpozycja kwantowa stanów spinowych. Ewolucja czasowa stanów spinowych w polu magnetycznym. Koherencja stanu spinowego. Efekt rotacji Kerra i Faradaya. Eksperyment rotacji Kerra/Faradaya. Interpretacja krzywych eksperymentalnych.	2
Wy12	Skoncentrowane półprzewodniki magnetyczne i rozrzedzone półprzewodniki magnetyczne.	2
Wy13	Wstęp do wstrzykiwania spiny metodą elektryczną. Złącze Silsbee-Johnsona dla detekcji spinu metodą elektryczną. Długość drogi dyfuzji spinu. Filtr spinowy. Koncepcja tranzystora spinowego Datta-Das. Kontrola spinu w kanale przewodzącym tranzystora spinowego.	2
Wy14	Gigantyczny magnetoopor. Dysk twardy komputera wykorzystujący efekt gigantycznego megnetooporu. Magneto-rezystancja tunelowa.	2
Wy15	Podstawowe mechanizmy relaksacji spinowej: mechanizm Elliot-Yafet, D'yakonow-Perel', Bir-Aronov-Pikus, oddziaływanie nadsubtelne.	2
	Suma godzin	<b>30</b>

<b>Forma zajęć - seminarium</b>		<b>Liczba godzin</b>
Se1	Materiał spintroniczne dzisiaj – materiały magnetyczne dla spintroniki	1/2
Se1	Materiały spintroniczne dzisiaj – materiały półprzewodnikowe dla spintroniki	1/2
Se2	Spin w materiałach topologicznych	1/2
Se2	Spin fotonu w układach optycznych	1/2
Se3	Kwantowy spinowy efekt Halla	1/2
Se3	Stopy Heusler'a dla spintroniki	1/2
Se4	Jądrowy Rezonans Magnetyczny (MRI)	1/2
Se4	Qubit spinowy – jak działa komputer kwantowy	1/2
Se5	Czym jest ferromagnetyzm: podstawy fizyczne, przykłady materiałów i urządzeń	1/2
Se5	Czym są ferroelektryki: podstawy fizyczne, przykłady materiałów i	1/2

	urządzeń	
Se6	Materiały i informacje o spintronice organicznej/półprzewodniki organiczne	1/2
Se6	Centra barwne w diamencie i ich własności spinowe	1/2
Se7	Spintronika bazująca na krzemie	1/2
Se7	Pamięć MRAM – jak to działa	1/2
Se8	Podsumowanie seminarium	1/2
	Suma godzin	15

### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Prezentacja multimedialna

### OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1 (wykład)	PEU_W01 PEU_U01, PEU_K01	Egzamin
F2 (seminarium)	PEU_U01	Kolokwium. Dyskusje.
$P = F1 * 0.5 + F2 * 0.5$		

### LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

#### **LITERATURA PODSTAWOWA:**

- [1] Semiconductor spintronics and quantum computation. Awschalom D, Loss. D, Samarth. N.
- [2] Spintronics. From materials to devices. Felser, Claudia, Fecher, Gerhard H (Eds.)
- [3] Semiconductor Spintronics Thomas Schäpers
- [4] Semiconductor spintronics, Xia, Ge, Chang

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

**Marcin Syperek, marcin.syperek@pwr.edu.pl**

<b>WYDZIAŁ PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI</b>	
<b>KARTA PRZEDMIOTU</b>	
<b>Nazwa przedmiotu w języku polskim: Kwantowa teoria układów wielu cząstek</b>	
<b>Nazwa przedmiotu w języku angielskim: Quantum theory of multiple particle systems</b>	
<b>Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Fizyka Techniczna</b>	
<b>Specjalność (jeśli dotyczy): Nanoinżynieria</b>	
<b>Poziom i forma studiów: II stopień, stacjonarna</b>	
<b>Rodzaj przedmiotu:</b>	<b>wybieralny</b>
<b>Kod przedmiotu</b>	.....
<b>Grupa kursów</b>	<b>NIE</b>

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30				
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	90				
Forma zaliczenia	Zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS	3				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)					
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	1.5				

\*niepotrzebne skreślić

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

1. Analiza matematyczna
2. Algebra
3. Mechanika kwantowa
4. Fizyka statystyczna

**CELE PRZEDMIOTU**

- C1 Uzyskanie podstawowej wiedzy dotyczącej formalizmu używanego w opisie układów wielu oddziałujących cząstek kwantowych.
- C2 Nabycie podstawowych umiejętności dotyczących wykonywania prostych obliczeń numerycznych dla układów oddziałujących cząstek kwantowych.
- C3 Nabywanie i utrwalanie kompetencji społecznych obejmujących potrzebę dalszego kształcenia



oraz kreatywnego myślenia. Utrwalanie poczucia konieczności ciągłego rozwijania kompetencji zawodowych.

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEK\_W01- wiedza dotycząca formalizmu matematycznego wykorzystywanego w teorii fazy skondensowanej oraz w kwantowej fizyce statystycznej

PEK\_W02 – wiedza dotycząca podstawowych modeli ciasnego wiązania badanych w teorii fazy skondensowanej

PEK\_W03 – podstawowa wiedza dotycząca termodynamicznych funkcji Greena oraz ich związku z wielkościami mierzonymi we współczesnych eksperymentach

Z zakresu umiejętności:

PEK\_U01 – umiejętność posługiwania się operatorami kreacji, anihilacji oraz operatorami spinu

PEK\_U02 - umiejętność zrozumienia modelami ciasnego wiązania, wykorzystywanych we współczesnych badaniach naukowych

PEK\_U03 – umiejętność konstrukcji przestrzeni Fock'a, oraz budowania i diagonalizacja macierzy hamiltonianów w modelach ciasnego wiązania

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEK\_K01 - rozumie potrzebę formułowania i przekazywania społeczeństwu (m.in. poprzez środki masowego przekazu) informacji i opinii dotyczących nanoinżynierii

### TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Przestrzeń Fock'a oraz operatory kreacji i anihilacji.	5
Wy2	Operatory spinu oraz ich najważniejsze transformacje do operatorów fermionowych i bozonowych.	2
Wy3	Wyprowadzenie rozkładów Fermiego-Diraca oraz Bosego-Einsteina z reguł komutacji dla operatorów kreacji oraz anihilacji.	2
Wy4	Podstawowe modele ciasnego wiązania: Heisenberga, XXZ, Isinga, Hubbarda, t-J.	2
Wy5	Konstrukcja macierzy wybranych hamiltonianów. Dokładna diagonalizacja oraz diagonalizacja metodą Lanczosa.	6
Wy6	Koncepcja kwazicząstek na podstawie magnonów w ferromagnetyku.	3
Wy7	Podatności układów kwantowych w ujęciu teorii Kubo liniowej reakcji układu.	3
Wy8	Podstawowe własności termodynamicznych funkcji Greena.	2

Wy9	Funkcje spektralne, lokalna gęstość stanów.	2
Wy10	Przykładowe zastosowanie funkcji Greena: nadprzewodnictwo.	3
	Suma godzin	<b>30</b>

### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

- N1. Wykład – forma tradycyjna.  
 N2. Konsultacje.  
 N3. Praca własna – samodzielne studia i przygotowanie do zaliczenia.

### OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1	PEK_W01-PEK_W03, PEK_U01-PEK_U03, PEK_K01	Pisemne kolokwium.
P=F1 (zaliczenie wykładu)		

### LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

#### **LITERATURA PODSTAWOWA:**

1. Józef Spałek, „Wstęp do fizyki fazy skondensowanej”, PWN
2. Fetter A.L., Walecka J.D.: „Kwantowa teoria układów wielu cząstek”, PWN

#### **LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:**

1. Gerald D. Mahan., „Many-particle physics”, Springer

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

**Marcin Mierzejewski, marcin.mierzejewski@pwr.edu.pl**

<b>WYDZIAŁ PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI</b>	
<b>KARTA PRZEDMIOTU</b>	
<b>Nazwa przedmiotu w języku polskim: Kwantowe ciecze światła i materii</b>	
<b>Nazwa przedmiotu w języku angielskim: Quantum fluids of light and matter</b>	
<b>Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Fizyka Techniczna</b>	
<b>Specjalność (jeśli dotyczy): Nanoinżynieria</b>	
<b>Poziom i forma studiów: II stopień, stacjonarna</b>	
<b>Rodzaj przedmiotu:</b>	<b>wybieralny</b>
<b>Kod przedmiotu</b>	.....
<b>Grupa kursów</b>	<b>NIE</b>

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30				
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	90				
Forma zaliczenia	Egzamin / zaliczenie na ocenę*				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS	3				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)					
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	1.5				

\*niepotrzebne skreślić

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

1. Wiedza w zakresie podstaw mechaniki kwantowej, optyki i fizyki statystycznej
2. Wiedza matematyczna w zakresie podstawowych kursów analizy matematycznej i algebry

**CELE PRZEDMIOTU**

- C1. Przekazanie wiedzy na temat podstaw fizyki kondensacji Bosego-Einsteina
- C2. Przekazanie wiedzy na temat realizacji kondensacji Bosego-Einsteina w układach fotonów i polarytonów ekscytonowych
- C3. Przegląd nowoczesnych osiągnięć eksperymentalnych i teoretycznych w dziedzinie kondensatów fotonów i polarytonów ekscytonowych

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU\_W01 ma rozszerzoną i pogłębioną wiedzę z wybranych zagadnień poświęconym kwantowym cieczom światła i materii

...

Z zakresu umiejętności:

PEU\_U01 potrafi formułować i testować hipotezy związane z prostymi problemami badawczymi związanymi z kwantowymi cieczami światła i materii

...

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU\_K01 rozumie potrzebę formułowania i przekazywania społeczeństwu (m.in. poprzez środki masowego przekazu) informacji i opinii dotyczących emiterom pojedynczych fotonów; potrafi przekazać takie informacje w sposób powszechnie zrozumiały

### TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Kondensacja bozonów nieoddziałujących	2
Wy2	Fizyka mikrownęk optycznych – lasery i kondensacja fotonów nieoddziałujących	4
Wy3	Fizyka mikrownęk optycznych – silne sprzężenie ekscyton-foton, właściwości polarytonów ekscytonowych	2
Wy4	Metody eksperymentalne w badaniach kondensatów fotonów i polarytonów	4
Wy5	Kondensacja bozonów oddziałujących – przybliżenie Bogolubowa, kryterium nadciekłości Landaua, równanie Grossa-Pitajewskiego	4
Wy6	Kondensacja polarytonów ekscytonowych – diagram fazowy, kinetyka kondensacji, uogólniony model Grossa-Pitajewskiego, najważniejsze realizacji eksperymentalnych	6
Wy7	Kondensacja fotonów/polarytonów w potencjałach periodycznych	4
Wy8	Kondensacja fotonów/polarytonów w potencjałach niehermitowskich	2
	Kolokwium zaliczeniowe	2
	Suma godzin	<b>30</b>

### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Wykład – forma tradycyjna oraz online.

N2. Konsultacje z prowadzącym.

N3. Praca własna – samodzielne studia, zadania domowe i przygotowanie do zaliczenia.

### OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
--	--------------------------	---

F1	PEU_W01, PEU_U01, PEU_K01	Kolokwium zaliczeniowe
P = F1		

### **LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA**

#### **LITERATURA PODSTAWOWA:**

1. V. Kavokin, J. J. Baumberg, G. Malpuech, F. P. Laussy, *Microcavities 2ed* (Oxford University Press, Oxford 2017)
2. C. J. Pethick, H. Smith, *Bose-Einstein Condensation in Dilute Gases 2ed* (Cambridge University Press, Cambridge 2011)

#### **LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:**

1. J. M. Lifszyc, L. P. Pitajewski, *3. Nadciekłość, w: Fizyka statystyczna. Cz. 2. Teoria materii skondensowanej* (PWN, Warszawa 2011)
2. L. P. Pitaevskii, S. Stringari, *Bose-Einstein Condensation and Superfluidity* (Oxford University Press, Oxford 2016)
3. K. Sacha, *Kondensat Bosego Einsteina* (Instytut Fizyki im. Smoluchowskiego, Uniwersytet Jagielloński, Kraków 2004)
4. B. Deveaud (red.), *The physics of semiconductor microcavities : from fundamentals to nanoscale devices* (Wiley-VCH, Weinheim 2007)

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

**dr inż. Maciej Pieczarka, maciej.pieczarka@pwr.edu.pl**

<b>WYDZIAŁ PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI</b>	
<b>KARTA PRZEDMIOTU</b>	
<b>Nazwa przedmiotu w języku polskim: Kwantowe układy otwarte</b>	
<b>Nazwa przedmiotu w języku angielskim: Open quantum systems</b>	
<b>Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Fizyka Techniczna</b>	
<b>Specjalność (jeśli dotyczy): Nanoinżynieria</b>	
<b>Poziom i forma studiów: II stopień, stacjonarna</b>	
<b>Rodzaj przedmiotu:</b>	<b>wybieralny</b>
<b>Kod przedmiotu</b>	.....
<b>Grupa kursów</b>	<b>NIE</b>

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30				
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	60				
Forma zaliczenia	Egzamin/ zaliczenie na ocenę*				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	2				
Liczba punktów ECTS					
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)					
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	1.0				

\*niepotrzebne skreślić

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

1. Podstawy Fizyki Kwantowej
2. Mechanika Kwantowa

**CELE PRZEDMIOTU**

- C1. Nabycie wiedzy, uwzględniającej jej aspekty aplikacyjne, z następujących działów fizyki kwantowej:
- C1.1. Opis ewolucji układów otwartych.

C1.2. Kwantowe procesy Markova.  
C1.3. Procesy kwantowe nie będące procesami Markova.  
C2. Zdobyć umiejętności jakościowej oraz ilościowej analizy zjawisk/procesów i rozwiązywania problemów/zadań związanych z wyżej wymienionymi działaniami fizyki:  
C2.1. Opis ewolucji układów otwartych.  
C2.2. Kwantowe procesy Markova.  
C2.3. Procesy kwantowe nie będące procesami Markova.  
C3. Konsolidacja umiejętności społecznych, w tym:  
- Inteligencji emocjonalnej, obejmującej umiejętność pracy w grupie studentów i zmierzającej do skutecznego rozwiązywania problemów;  
- Odpowiedzialność, uczciwość i prawość w zachowaniu zgodności ze zwyczajami obowiązującymi w środowisku akademickim oraz w społeczeństwie.

## PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

### I. Z zakresu wiedzy:

Po zaliczeniu przedmiotu student ma wiedzę w zakresie kwantowego opisu ewolucji układów otwartych. Student:

PEK\_W01 – rozumie pojęcie macierzy gęstości i wie w jaki sposób macierz gęstości wykorzystuje się do opisu stanów kwantowych. Rozumie czym się różnią stany czyste od stanów mieszanych.

PEK\_W02 – wie, kiedy można zastosować równanie Liouville-von Neumanna i jakie wykonuje się przy tym przybliżenia.

PEK\_W03 – wie jak, kiedy i po co przechodzić do obrazu oddziaływania i obrazu Heisenberga.

PEK\_W04 – wie, co to są kwantowe procesy Markova oraz kiedy można zastosować równanie Lindblada i jakie się wtedy wykonuje przybliżenia.

PEK\_W05 – zna pojęcie funkcji korelacji i rozumie, kiedy w procesach kwantowych mamy do czynienia z nieodwracalnością.

PEK\_W06 – rozumie podstawowe przykłady zastosowania równania Lindblada.

PEK\_W07 – rozumie pochodzenie i zastosowania kwantowo-optycznego równania fundamentalnego.

PEK\_W08 – rozumie wpływ pomiaru na układ kwantowy oraz na czym polega kwantowy efekt Zenona

PEK\_W09 – wie, na czym polegają kwantowe ruchy Browna oraz rozumie ich opis.

PEK\_W10 – rozumie skąd się biorą nieliniowe kwantowe równania fundamentalne i wie, do jakich zagadnień należy je wykorzystywać.

PEK\_W11 – rozumie pojęcie dekoherencji i jej opis.

PEK\_W12 – zna podstawowe procesy Markova prowadzące do dekoherencji.

PEK\_W13 – wie, co to są procesy kwantowe nie będące procesami Markova. Rozumie problemy związane z opisem tego typu procesów.

PEK\_W14 – rozumie zastosowania równania Nakajimy-Zwanziga i wie, skąd się ono wywodzi.

PEK\_W15 – rozumie metodę operatorów projekcji bez splotu czasowego, wie skąd się ona wywodzi i rozumie jej ograniczenia.

### 1. Z zakresu umiejętności:

Po ukończeniu kursu student potrafi prawidłowo i efektywnie zastosować poznane zasady i prawa fizyki do jakościowej i ilościowej analizy wybranych zagadnień fizycznych. Student:

PEK\_U01 – umie stosować formalizm macierzy gęstości, umie zamieniać opis stanu kwantowego przy pomocy wektorów (funkcji) falowych na opis przy pomocy macierzy gęstości. Potrafi zastosować iloczyn tensorowy, żeby uzyskać macierzy gęstości całego układu z macierzy gęstości podukładów oraz potrafi zastosować ślad częściowy, żeby wykonać operację odwrotną.

PEK\_U02 – umie zastawować równanie Liouvillea-von Neumanna do wybranych zagadnień fizycznych.  
 PEK\_U03 – umie przechodzić do obrazu oddziaływania i obrazu Heisenberga.  
 PEK\_U04 – umie napisać i zastosować równanie Lindblada.  
 PEK\_U05 – umie policzyć podstawowe funkcje korelacji.  
 PEK\_U06 – umie znaleźć ewolucję układu podczas relaksacji oraz w reżimie słabego oddziaływania.  
 PEK\_U07 – umie napisać i zastosować kwantowo-optyczne równanie fundamentalne.  
 PEK\_U08 – umie opisać kwantowy efekt Zenona.  
 PEK\_U09 – umie opisać kwantowe ruchy Browna.  
 PEK\_U10 – **umie napisać i zastosować nieliniowe kwantowe równanie fundamentalne.**  
 PEK\_U11 – umie opisać dekoherencję podukładu oddziałującego z układem otwartym.  
 PEK\_U12 – umie zastosować odpowiedni formalizm matematyczny, żeby odpisać dekoherencję wynikającą z wybranych procesów Markova.  
 PEK\_U13 – umie rozpoznać procesy kwantowe nie będące procesami Markova.  
 PEK\_U14 – umie napisać i zastosować równanie Nakajimy-Zwanziga.  
 PEK\_U15 – umie zastosować metodę operatorów projekcji bez splotu czasowego.

**1. Odnoszące się do kompetencji społecznych:**

**Po ukończeniu kursu student konsoliduje kompetencje w zakresie:**

PEK\_K01 – rozumie potrzebę formułowania i przekazywania społeczeństwu (m.in. poprzez środki masowego przekazu) informacji i opinii dotyczących nanoinżynierii

<b>TREŚCI PROGRAMOWE</b>		
<b>Forma zajęć – wykład</b>		<b>Liczba godzin</b>
Wy1	Sprawy organizacyjne. Macierz gęstości. Iloczyn tensorowy. Ślad częściowy.	2
Wy2	Równanie Liouvillea-von Neumanna.	2
Wy3	Obraz oddziaływania, obraz Heisenberga. Dynamika układów otwartych.	2
Wy4	Kwantowe procesy Markova. Równanie Lindblada.	2
Wy5	Funkcje korelacji. Nieodwracalność.	2
Wy6	Przykłady: Relaksacja, reżim słabego oddziaływania.	2
Wy7	Kwantowo-optyczne równanie fundamentalne.	2
Wy8	Kwantowy efekt Zenona.	2
Wy9	Kwantowe ruchy Browna.	2
Wy10	Nielinowe kwantowe równania fundamentalne. Superradiancja.	2
Wy11	Dekoherencja.	2
Wy12	Procesy Markova prowadzące do dekoherencji.	2
Wy13	Procesy kwantowe nie będące procesami Markova.	2
Wy14	Równanie Nakajimy-Zwanziga.	2
Wy15	Metoda operatorów projekcji bez splotu czasowego.	2
<b>Suma godzin</b>		<b>30</b>

**STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE**

N1. Tradycyjne wykłady wspomagane foliami, slajdami i/lub prezentacjami.  
 N2. Konsultacje, w tym e-mailowe



N3. Praca własna – samodzielne studia i przygotowanie do zaliczenia.

### OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1	PEU_W01-W15, PEU_U01-15, PEU_K01	Test/kolokwium zaliczeniowe
P = F1		

### LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

#### LITERATURA PODSTAWOWA:

[1] H.-P. Breuer i F. Petruccione, *The theory of open quantum systems*, Oxford University Press (2002).

#### LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA W JEZYKU POLSKIM:

[1] Attal, Stéphane; Joye, Alain; Pillet, Claude-Alain, *Open Quantum Systems I: The Hamiltonian Approach*, Springer (2006).

[2] Attal, Stéphane; Joye, Alain; Pillet, Claude-Alain, *Open Quantum Systems II: The Markovian Approach*, Springer (2006).

[3] Angel Rivas, Susana F. Huelga, *Open Quantum Systems: An Introduction*, Springer (2012).

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

**Katarzyna Roszak, katarzyna.roszak@pwr.edu.pl**

<b>WYDZIAŁ PPT</b>	
<b>KARTA PRZEDMIOTU</b>	
<b>Nazwa w języku polskim:</b>	<b>Laboratorium fotoogniwi</b>
<b>Nazwa w języku angielskim:</b>	<b>Laboratory of solar cells</b>
<b>Wydział:</b>	<b>PPT</b>
<b>Specjalność:</b>	<b>Nanoinżynieria</b>
<b>Stopień studiów i forma:</b>	<b>II; stacjonarne</b>
<b>Rodzaj przedmiotu:</b>	<b>wybieralny</b>
<b>Kod przedmiotu</b>	
<b>Grupa kursów</b>	<b>Nie</b>

	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)			2		
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BK)			1.0		

\*niepotrzebne skreślić

<b>WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI</b>
Znajomość struktury krystalicznej, drgań sieci, struktury pasmowej i podstaw optyki półprzewodników

<b>CELE PRZEDMIOTU</b>
C1 Zaznajomienie studentów z podstawami fizycznymi działania fotoogniwi.
C2 Poznanie metodyki pomiarów najważniejszych parametrów charakteryzujących fotoogniwa
C3 Nabycie umiejętności napisania raportu z przeprowadzonego eksperymentu
C4 Nabycie umiejętności pracy w zespole

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY KSZTAŁCENIA

Z zakresu wiedzy:

PEK\_W01 zna podstawy fizyczne działania fotoprzetworników półprzewodnikowych

PEK\_W02 zna podstawowe układy pracy fotoprzetworników półprzewodnikowych

Z zakresu umiejętności:

PEK\_U01 potrafi wyjaśnić podstawy fizyczne działania wybranych fotoprzetworników półprzewodnikowych i układy ich pracy

PEK\_U02 potrafi zestawić prosty układ do pomiaru podstawowych charakterystyk wybranych fotoprzetworników półprzewodnikowych

PEK\_U03 potrafi napisać raport z wykonanych pomiarów

PEK\_U04 potrafi korzystać z literatury naukowej, w tym docierać do materiałów źródłowych oraz dokonywać ich przeglądu

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEK\_K01 potrafi przekazać informacje dotyczące fotoogniw w sposób powszechnie zrozumiały

Forma zajęć - laboratorium		Liczba godzin
La1	Wprowadzenie do laboratorium.	2
La2	Pomiar widma współczynnika absorpcji i odbicia półprzewodnika z prostą przerwą wzbronioną (CdTe i GaN).	4
La3	Pomiar widma odbicia i transmisji metalu (Au) i półprzewodnika (Si) przy pomocy kuli całkującej.	4
La4	Pomiar charakterystyki widmowej, jasnej i ciemnej I-V i C-V dla fotodiody na złączu Schottky'ego. Wyznaczenie parametrów fotoelektrycznych fotodiody.	4
La5	Pomiar charakterystyki widmowej fotodiody półprzewodnikowej na złączu p-n oraz ogniwa słonecznego. Wyznaczenie czułości i wydajności kwantowej.	4
La6	Ogniwo słoneczne. Wyznaczenie parametrów ogniwa (sprawności, rezystancji szeregowej, prądu zwarcia i napięcia rozwarcia) w funkcji temperatury.	4
La7	Ogniwo słoneczne. Wyznaczenie parametrów ogniwa (sprawności, rezystancji szeregowej, prądu zwarcia i napięcia rozwarcia) od natężenia oświetlenia. Wyznaczenie zależności mocy ogniwa od oporności obciążenia.	4
La10	Odróbka zajęć	4
	Suma godzin	30

### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1 Konsultacje i kontakt pocztą elektroniczną.

N2 Praca własna – przygotowanie do laboratorium

N3 Instrukcje - wstęp teoretyczny do ćwiczeń laboratoryjnych

N6 Instrukcje robocze do ćwiczeń laboratoryjnych

### 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	PEK_W01, PEK_W02, PEK_U01, PEK_U02, PEK_U03, PEK_U04 PEK_K01	Odpowiedź ustna i raport z ćwiczeń laboratoryjnych.
P = średnia ze wszystkich ocen F1		

### **LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA**

#### **LITERATURA PODSTAWOWA:**

- [1] Materiały do wykładu i do laboratorium, dostępne poprzez internet : [www.if.pwr.wroc.pl/~popko](http://www.if.pwr.wroc.pl/~popko)
- [2] E. Płaczek-Popko, „Fizyka odnawialnych źródeł energii” Skrypt DBC
- [3] E. Płaczek-Popko, „Laboratorium Fotoogniw” Skrypt DBC
- [4] E. Jarzębski „Energia słoneczna” 1990.

#### **LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:**

- [1] P. Würfel „Physics of Solar Cells”, ed. Wiley-Vch, Weinham 2009.
- [2] J. Nelson “ The Physics of Solar Cells” ed. Imperial College Press, London, 2009.
- [3] <http://pveducation.org>

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

**Ewa Popko    [ewa.popko@pwr.edu.pl](mailto:ewa.popko@pwr.edu.pl)**

**MACIERZ POWIĄZANIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA DLA PRZEDMIOTU**  
**Ogniwa Fotowoltaiczne I**  
**Z EFEKTAMI KSZTAŁCENIA NA WPPT**  
**I SPECJALNOŚCI Inżynieria kwantowa**

<b>Przedmiotowy efekt kształcenia</b>	<b>Odniesienie przedmiotowego efektu do efektów kształcenia zdefiniowanych dla kierunku studiów i specjalności (o ile dotyczy)**</b>	<b>Cele przedmiotu</b>	<b>Treści programowe</b>	<b>Numer narzędzia dydaktycznego</b>
<b>PEK_W01 (wiedza)</b>	K1INK_W04, K1INK_W08, K1INK_W09, K1INK_W11, K1INK_W13	C1	Wy1-Wy15	1-4
<b>PEK_W02</b>	K1INK_W04, K1INK_W08, K1INK_W09, K1INK_W11, K1INK_W13	C1	Wy1-Wy15 L1-L9	1-6
<b>PEK_U01 (umiejętności)</b>	K1INK_U08 - K1INK_U11, K1INK_U13	C1	Wy1-Wy15	1-4
<b>PEK_U02</b>	K1INK_U08 - K1INK_U11, K1INK_U13	C2	L1-L9	3-6
<b>PEK_U03</b>	K1INK_U07	C1,C2,C3	L1-L9, Wy1-Wy15	1-6
<b>PEK_U04</b>	K1INK_U11	C1,C2,C3	L1-L9,	1-6
<b>PEK_K01 (kompetencje)</b>	K1INK_K01 - K1INK_K03 K1INK_K05 - K1INK_K07	C4	L1-L9	3-6
<b>PEK_K02</b>	K1INK_K01 - K1INK_K03 K1INK_K05 - K1INK_K07	C1	L1-L9, Wy1- Wy15	1-6

<b>WYDZIAŁ PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI</b>	
<b>KARTA PRZEDMIOTU</b>	
<b>Nazwa przedmiotu w języku polskim: Laserowe źródła światła</b>	
<b>Nazwa przedmiotu w języku angielskim: Laser-based optical sources</b>	
<b>Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Fizyka Techniczna</b>	
<b>Specjalność (jeśli dotyczy): Nanoinżynieria</b>	
<b>Poziom i forma studiów: II stopień, stacjonarna</b>	
<b>Rodzaj przedmiotu:</b>	<b>wybieralny</b>
<b>Kod przedmiotu</b>	.....
<b>Grupa kursów</b>	<b>NIE</b>

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	15				
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	60				
Forma zaliczenia	Egzamin / 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 udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	1.0				

\*niepotrzebne skreślić

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

1. Podstawowa wiedza z zakresu fizyki ogólnej
2. Podstawowa wiedza z zakresu elektroniki i fizyki półprzewodników
3. Podstawowa wiedza z zakresu optyki, w tym optyki światłowodowej

**CELE PRZEDMIOTU**

- C1 Zdobycie wiedzy związanej z techniką laserową w tym z budową i parametrami wybranych źródeł laserowych.
- C2 Zdobycie wiedzy związanej z podstawowymi zastosowaniami wybranych typów źródeł laserowych.
- C3 Zdobycie wiedzy związanej z bezpieczeństwem pracy ze źródłami laserowymi.

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU\_W01 Student(ka) zna i rozumie pojęcia związane z laserowymi źródłami światła

PEU\_W02 Student(ka) posiada zaawansowaną wiedzę w zakresie budowy, parametrów i zastosowań podstawowych laserowych źródeł światła

PEU\_W03 Student(ka) posiada wiedzę w zakresie bezpieczeństwa pracy z laserowymi źródłami światła

Z zakresu umiejętności:

PEU\_U01 Student(ka) potrafi określić główne zalety oraz ograniczenia podstawowych laserowych źródeł światła

PEU\_U02 Student(ka) potrafi wybrać właściwe źródło laserowe do spełnienia określonej funkcji w różnych zastosowaniach (np. w metrologii, telekomunikacji czy w obróbce materiałów)

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU\_K01 Student(ka) rozumie rolę technik laserowych w rozwoju nowoczesnego społeczeństwa

### TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Wprowadzenie: podstawy fizyki laserów, rezonatory optyczne, tryby pracy źródeł laserowych. Klasy laserów.	2
Wy2	Lasery gazowe: He-Ne, excimerowy, CO <sub>2</sub> . Zastosowania w metrologii, obróbce materiałów.	2
Wy3	Lasery półprzewodnikowe: lasery z zewnętrzną wnęką rezonansową, diody DBR i DFB, lasery VCSEL. Lasery kaskadowe ICL i QCL. Zastosowania.	4
Wy4		
Wy5	Lasery na ciele stałym (Nd:YAG, tytan:szafir) i światłowodowe.	2
Wy6	Praca impulsowa źródeł laserowych, w tym q-switching i mode-locking.	2
Wy7	Źródła światła w oparciu o procesy nieliniowe.	2
Wy8	Zaliczenie.	1
	Suma godzin	<b>15</b>

### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Wykład problemowy.

N2. Konsultacje

N3. Praca własna w oparciu o dostępną literaturę

### OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1	PEU_W01, PEU_W02, PEU_W03, PEU_U01, PEU_U02, PEU_K01	Test/kolokwium zaliczeniowe
P = F1		

### **LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA**

#### **LITERATURA PODSTAWOWA:**

- [1] “Lasers. Basics, Advances and Applications,” by H. Eichler, J. Eichler, O. Lux. Springer Series in Optical Sciences, Springer Nature Switzerland AG 2018.
- [2] “Lasers. Fundamentals and Applications” 2<sup>nd</sup> edition by K. Thyagarajan, A. Ghatak. Springer Science+Business Media 2010.

#### **LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:**

- [1] “Gas Lasers” edited by M. Endo, R. Walter. CRC Press 2007.
- [2] “Principles of Lasers” by Orazio Svelto. Springer Science+Business Media 2010.
- [3] “Fundamentals of Fiber Lasers and Fiber Amplifiers” 2<sup>nd</sup> edition by V. Ter-Mikirtychev. Springer Nature Switzerland AG 2019.
- [4] R. Curl et al., “Quantum cascade lasers in chemical physics,” Chemical Physics Letters 484, 1-18 (2010).
- [5] I. Vurgaftman et al. “Interband cascade lasers,” Journal of Physics D: Applied Physics 48 (2015).

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

Dr hab. inż. Michał Nikodem (michal.nikodem@pwr.edu.pl)



<b>WYDZIAŁ PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI</b>	
<b>KARTA PRZEDMIOTU</b>	
<b>Nazwa przedmiotu w języku polskim: Materiały polimerowe w optoelektronice</b>	
<b>Nazwa przedmiotu w języku angielskim: Polymer materials in optoelectronics</b>	
<b>Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Fizyka Techniczna</b>	
<b>Specjalność (jeśli dotyczy): Nanoinżynieria</b>	
<b>Poziom i forma studiów: II stopień, stacjonarna</b>	
<b>Rodzaj przedmiotu:</b>	<b>wybieralny</b>
<b>Kod przedmiotu</b>	.....
<b>Grupa kursów</b>	<b>NIE</b>

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	2				
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	60				
Forma zaliczenia	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS	<b>2</b>				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)					
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	1.0				

\*niepotrzebne skreślić

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

1. Podstawowa wiedza z zakresu chemii ogólnej i chemii organicznej

**CELE PRZEDMIOTU**

- C1 Nabycie wiedzy o podstawowych metodach otrzymywania związków wielkocząsteczkowych.  
 C2 Nabycie wiedzy o strukturze, właściwościach i zastosowaniach najczęściej występujących materiałach polimerowych.  
 C3 Nabycie wiedzy o sposobach modyfikacji związków wielkocząsteczkowych.  
 C4 Nabycie wiedzy o mechanizmach przewodzenia prądu elektrycznego, fotoprzewodnictwa i luminescencji w związkach wielkocząsteczkowych.  
 C5 Nabycie wiedzy z zakresu syntezy, właściwości i zastosowań polimerów przewodzących,

półprzewodnikowych i fotoprzewodzących.  
 C6 Nabycie wiedzy o najnowszych osiągnięciach naukowych z zakresu materiałów polimerowych stosowanych w optoelektronice.

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

- PEU\_W01 ma podstawową wiedzę z zakresu chemii i fizykochemii polimerów  
 PEU\_W02 zna metody preparatyki materiałów polimerowych o pożądanych właściwościach  
 PEU\_W03 zna i rozpoznaje grupy polimerów oraz rozumie zależność pomiędzy strukturą materiału polimerowego a możliwością jego zastosowań w optoelektronice  
 PEU\_W04 zna mechanizmy odpowiedzialne za możliwość zastosowań polimerów w optoelektronice i fotowoltaice  
 PEU\_W05 rozumie rolę polimerów w procesach recyklingu zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego

...

Z zakresu umiejętności:

- PEU\_U01 Potrafi zdefiniować strukturę polimeru warunkującą jego zdolność do przewodzenia prądu elektrycznego  
 PEU\_U02 Umie wyjaśnić rolę struktury makrocząsteczkowej polimeru a także stosowanych domieszek w przewodnictwie polimerów  
 PEU\_U03 Potrafi określić i rozróżnić funkcjonalną i niefunkcjonalną rolę polimerów w urządzeniach elektronicznych  
 PEU\_U04 Umie dobrać i/lub zmodyfikować polimer do wytworzenia urządzeń funkcjonalnych, np. układów scalonych, diod OLED, ogniw fotowoltaicznych

...

Z zakresu kompetencji społecznych:

- PEU\_K01 rozumie potrzebę formułowania i przekazywania społeczeństwu (m.in. poprzez środki masowego przekazu) informacji i opinii dotyczących nanoinżynierii

### TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Podstawowe pojęcia z dziedziny związków wielkocząsteczkowych ( <i>definicje meru i monomeru, średniej masy cząsteczkowej, temperatury przejść fazowych, izomerii; omówienie struktury chemicznej i zastosowań najpopularniejszych polimerów</i> )	2
Wy2	Reakcje prowadzące do powstawania związków wielkocząsteczkowych ( <i>polimeryzacja, polikondensacja, wpływ struktury monomeru na przebieg polimeryzacji, przykłady syntezy polimerów</i> )	2
Wy3	Struktury makrocząsteczkowe polimerów oraz ich wpływ ma potencjalne zastosowania ( <i>fazy: amorficzna i krystaliczna, kopolimery usieciowane, rola grup funkcyjnych</i> )	2

Wy4	Zastosowania wybranych materiałów polimerowych w elektronice i optoelektronice ( <i>polimery do mikrolitografii, polimery jako izolatory prądu elektrycznego, ochrona antykorozyjna, powłoki ochronne, antystatyczne i antyradarowe, diody elektroluminescencyjne</i> )	2
Wy5	Mechanizmy przewodzenia prądu elektrycznego przez związki organiczne i polimery ( <i>układy sprzężonych wiązań podwójnych i potrójnych, rola heteroatomów nieorganicznych, domieszkowanie i autodomieszkowanie</i> )	2
Wy6	Polimery półprzewodnikowe ( <i>mechanizm przewodnictwa, synteza polimerów z układami wiązań sprzężonych i skumulowanych oraz z atomami metalu w łańcuchu głównym, mieszaniny polimerów z metalami</i> )	2
Wy7	Elektro-optyczne właściwości polimerów ( <i>absorpcja i transmisja światła, fluorescencja i fosforescencja, struktury polimerów fotoaktywnych, zastosowania</i> )	2
Wy8	Podstawowe pojęcia procesów optoelektronicznych w związkach wielkocząsteczkowych ( <i>stany wzbudzenia makrocząsteczek, polimerowe złącza P-N, właściwości optyczne związków organicznych, fotoindukowany transfer elektronów</i> )	2
Wy9	Organiczne i polimerowe diody elektroluminescencyjne I (OLED/PLED) ( <i>polimery ze sprzężonym układem wiązań podwójnych, architektura diod, struktury determinujące obecność anod i katod, procesy emisji światła</i> )	2
Wy10	Organiczne i polimerowe diody elektroluminescencyjne II (OLED/PLED) ( <i>materiały polimerowe wykorzystywane w produkcji diod PLED, elektrofosforencyjne diody PLED, badanie właściwości, charakterystyka elektrooptyczna, zastosowania komercyjne</i> )	2
Wy11	Materiały polimerowe jako organiczne baterie słoneczne ( <i>proces fotowoltaiczny, najczęściej stosowane polimery oraz ich charakterystyka, elastyczne fotoogniwa</i> )	2
Wy12	Nanokompozyty polimerowe i ich zastosowania w optoelektronice ( <i>definicje, metody syntezy, skład, struktura makrocząsteczkowa, nieorganiczno-organiczne diody LED i ogniwa fotowoltaiczne</i> )	2
Wy13	Materiały polimerowe w recyklingu zużytych elementów elektrycznych i elektronicznych ( <i>metody separacji i/lub odzyskiwania szkodliwych i cennych materiałów</i> )	2
Wy14	Perspektywy i nowe kierunki badań polimerów do zastosowań w elektronice I ( <i>przegląd literatury naukowej, w zależności od liczebności grupy, prezentacje przygotowywane przez studentów</i> )	2
Wy15	Perspektywy i nowe kierunki badań polimerów do zastosowań w elektronice II ( <i>przegląd literatury naukowej, w zależności od liczebności grupy, prezentacje przygotowywane przez studentów, zaliczenie kursu</i> )	2
	Suma godzin	30

#### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

- N1. Wykład – prezentacje multimedialne, pokazy audiowizualne
- N2. Konsultacje
- N3. Samodzielne przygotowanie prezentacji naukowej

**OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ**

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1	PEK_W03 PEK_U02 PEK_U03 PEK_K01	Prezentacja naukowa
F2	PEK_W01 PEK_W02 PEK_W03 PEK_W04 PEK_W05 PEK_U01 PEK_U04	Kolokwium zaliczeniowe
P – średnia ważona z F1 i F2		

**LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA**

**LITERATURA PODSTAWOWA:**

- [1] Mark Geoghegan, Georges Hadziioannou, *Polymer electronics*, Oxford University Press, Oxford 2013
- [2] Sulaiman Khalifeh, *Polymers in Organic Electronics*, ChemTec Publishing, Toronto 2020
- [3] André Moliton, *Optoelectronics of Molecules and Polymers*, Springer, New York, NY 2010

**LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:**

- [1] Michael C. Petty, *Organic and Molecular Electronics: From Principles to Practice, 2nd Edition*, John Wiley & Sons 2019
- [2] Wenbing Hu, *Organic optoelectronics*, Wiley-VCH Verlag, Weinheim 2013
- [3] Marian Kryszewski, *Półprzewodniki wielkocząsteczkowe*, PWN, Warszawa 1968

**OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIĘ, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)**

**Dr inż. Piotr Cyganowski (piotr.cyganowski@pwr.edu.pl)**

<b>WYDZIAŁ PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI</b>	
<b>KARTA PRZEDMIOTU</b>	
<b>Nazwa przedmiotu w języku polskim: Nanodiagnostyka</b>	
<b>Nazwa przedmiotu w języku angielskim: Nanodiagnosics</b>	
<b>Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Fizyka Techniczna</b>	
<b>Specjalność (jeśli dotyczy): Inżynieria</b>	
<b>Poziom i forma studiów: II stopień, stacjonarna</b>	
<b>Rodzaj przedmiotu: obowiązkowy</b>	
<b>Kod przedmiotu: .....</b>	
<b>Grupa kursów: TAK</b>	

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30	-	30	-	-
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	60	-	60	-	-
Forma zaliczenia	Zaliczenie na ocenę*	-	Zaliczenie na ocenę*	-	-
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	<b>X</b>	-	-	-	-
Liczba punktów ECTS	<b>4</b>	-	-	-	-
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	-	-	3	-	-
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	1.0	-	1.0	-	-

\*niepotrzebne skreślić

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

1. Znajomość fizyki ogólnej
2. Podstawowa wiedza z zakresu fizyki kwantowej
3. Wiadomości z zakresu elektrotechniki teoretycznej

**CELE PRZEDMIOTU**

- C1 Zapoznanie z podstawowymi zagadnieniami badań i charakteryzacji mikro- i nanostruktur metodami mikroskopii optycznej i elektronowej
- C2 Zapoznanie z podstawowymi zagadnieniami badań i charakteryzacji mikro- i nanostruktur metodami mikroskopii bliskich oddziaływań
- C3 Zapoznanie z podstawowymi technikami pomiaru i detekcji małych napięć, prądów za pomocą podstawowych i zaawansowanych układów elektronicznych

C4 Zapoznanie z podstawowymi konstrukcjami i właściwościami układów mikro- i nanolektromechanicznych (MEMS i NEMS)

#### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

##### Z zakresu wiedzy:

###### PEU\_W01

Ma uporządkowaną i podbudowaną teoretycznie wiedzę w zakresie podstawowych metod badania właściwości mikro- i nanostruktur materiałowych i przyrządowych metodami mikroskopii optycznej, elektronowej, bliskich oddziaływań, dyfraktometrii rentgenowskiej

##### Z zakresu umiejętności:

###### PEU\_U01

Student potrafi ocenić przydatność poznanych metod i technik pomiarowych do konkretnego zadania o charakterze praktycznym oraz wybrać odpowiednie narzędzie, metodę i technikę pomiarową (eksperymentalną)

##### Z zakresu kompetencji społecznych:

###### PEU\_K01

Student rozumie potrzebę ciągłego doksztalcania, w tym samodoksztalcania; umie i rozumie potrzebę uczenia się samodzielnie i w grupie

###### PEU\_K02

Student potrafi pracować samodzielnie i w grupie

#### TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Badania i charakteryzacji mikro- i nanostruktur metodami mikroskopii optycznej oraz interferometrii	2
Wy2	Badania i charakteryzacji mikro- i nanostruktur metodami skaningowej i transmisyjnej mikroskopii elektronowej	2
Wy3	Podstawowe zastosowania i konstrukcje układów pomiarowych do detekcji małych sygnałów prądowych i napięciowych	2
Wy4	Ogólna charakterystyka i zastosowania mikroskopii tunelowej	2
Wy5	Charakterystyka sond mikromechanicznych dla mikroskopii sił atomowych	2
Wy6	Ogólna charakterystyka i podstawowe zastosowania mikroskopii sił atomowych	3
Wy7	Cząstkowe kolokwium zaliczeniowe	1
Wy8	Charakterystyka i zastosowania skaningowej mikroskopii termicznej	2
Wy9	Charakterystyka i zastosowania mikroskopii sił elektrostatycznych	2
Wy10	Charakterystyka i zastosowania mikroskopii bliskiego pola	2

	optycznego	
Wy11	Badanie struktur studni kwantowych metodami wysokorozdzielczej dyfraktometrii rentgenowskiej	2
Wy12	Badanie struktur proszkowych metodami dyfraktometrii rentgenowskiej	2
Wy13	Badania i właściwości podstawowych układów mikro i nanoelektromechanicznych (MEMS i NEMS)	2
Wy14	Badania właściwości elektrycznych mikro- i nanostruktur metodami spektroskopii impedancyjnej	3
Wy15	Cząstkowe kolokwium zaliczeniowe	1
	Suma godzin	

<b>Forma zajęć - laboratorium</b>		<b>Liczba godzin</b>
La1	Zajęcia wprowadzające – sprawy organizacyjne, zasady realizacji zadań projektowych, zasady BHP, obsługa przyrządów, metody pomiarowe,	3
La2	Projektowanie, montaż, testy podstawowych rozwiązań elektroniki układowej stosowanych w nanodiagnostyce	3
La3	Badanie właściwości rezonatorów kwarcowych technikami elektrycznymi i optycznymi	3
La4	Badania właściwości mikrodźwigni mechanicznych jako układów MEMS	3
La5	Badania powierzchni metodami mikroskopii tunelowej	3
La6	Badania powierzchni metodami mikroskopii sił atomowych	3
La7	Badania struktur studni kwantowych metodami dyfraktometrii rentgenowskiej	3
La8	Badanie struktur proszkowych metodami dyfraktometrii rentgenowskiej	3
La9	Modelowanie i obliczenia map odbić	3
La10	Termin poprawkowy	3
	Suma godzin	

#### **STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE**

- N1. Wykład tradycyjny z dyskusją  
 N2. Wykład multimedialny z dyskusją  
 N3. Konsultacje  
 N4. Praca własna – przygotowanie zadanych zagadnień do wykładu  
 N5. Praca własna – przygotowanie do kolokwium  
 N6. Praca własna – samodzielne studia w przedmiotowym temacie na potrzeby realizacji ćwiczeń laboratoryjnych  
 N7. Laboratorium: pisemne sprawozdanie z każdego ćwiczenia

#### **OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ**

<b>Oceny</b> (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się

F1 (wykład)	PEU_W01	kolokwium zaliczeniowe K1 Wy
F2 (wykład)	PEU_W01	kolokwium zaliczeniowe K2 Wy
F3...F10 (laboratorium)	PEU_U01	pisemne sprawozdanie z każdego z ćwiczeń laboratoryjnych
P1 (wykład) = (F1+F2)/2		
P2 (laboratorium) = (F3+F4+F5+F6+F7+F8+F9+F10)/8		
P = P1*0.5 + P2*0.5		

### **LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA**

#### **LITERATURA PODSTAWOWA:**

- [1] T. Gotszalk, Systemy mikroskopii bliskich oddziaływań w badaniach mikro- i nanostruktur, Wyd. Politechniki Wrocławskiej, 2004.
- [2] P. Horowitz, Sztuka Elektroniki, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, 2009.
- [3] J.Sokołowski, B.Pluta, M.Nosiła „Elektronowy mikroskop skaningowy”, Skrypt uczelniany, Nr 834, Politechnika Śląska, Gliwice 1979.
- [4] A. Sikora, Rozwój i zastosowanie zaawansowanych technik mikroskopii sił atomowych w diagnostyce materiałów elektrotechnicznych. Wybrane zagadnienia, Prace Instytutu Elektrotechniki, 2012; 59 (257)

#### **LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:**

- [1] „Mikroskopia elektronowa”, pod red. A. Barbackiego, Wyd. Politechn. Poznańskiej, Poznań, 2005.
- [2] S. Senturia, Microsystem Design, ISBN 978-0-7923-7246-2

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

**Teodor Gotszalk, (teodor.gotszalk@pwr.edu.pl)**



<b>WYDZIAŁ PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI</b>	
<b>KARTA PRZEDMIOTU</b>	
<b>Nazwa przedmiotu w języku polskim: Nowe metody eksperymentalne w nanoinżynierii – wykład monograficzny</b>	
<b>Nazwa przedmiotu w języku angielskim: Novel experimental methods in nanoengineering - monographic lecture</b>	
<b>Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Fizyka Techniczna</b>	
<b>Specjalność (jeśli dotyczy): Nanoinżynieria</b>	
<b>Poziom i forma studiów:</b>	<b>II stopień, stacjonarna</b>
<b>Rodzaj przedmiotu:</b>	<b>obowiązkowy</b>
<b>Kod przedmiotu</b>	.....
<b>Grupa kursów</b>	<b>NIE</b>

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30				
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	60				
Forma zaliczenia	Egzamin / 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 udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	1.0				

\*niepotrzebne skreślić

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

1. Opanowanie podstaw fizyki ciała stałego
2. Opanowanie podstaw fizyki półprzewodników
3. Opanowanie podstaw fizyki nanostruktur

**CELE PRZEDMIOTU**

C1. Dostarczenie wiedzy dotyczącej metod eksperymentalnych ciała stałego innych niż optyczne, służących do wyznaczania własności nowych materiałów i ich nanostruktur

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU\_W01 ma uporządkowaną i zaawansowaną wiedzę na temat metod eksperymentalnych stosowanych w nanoinżynierii

...

Z zakresu umiejętności:

PEU\_U01 potrafi formułować, analizować, rozwiązywać złożone i nietypowe problemy z zakresu nanoinżynierii w oparciu o posiadaną wiedzę i dobór odpowiednich źródeł informacji

...

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU\_K01 ma świadomość odpowiedzialności za podejmowane inicjatywy badań, eksperymentów lub obserwacji i jest świadom własnych ograniczeń i wie, kiedy zwrócić się do ekspertów

### TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Wprowadzenie do nowych technik eksperymentalnych	2
Wy2	Spektroskopia elektronowa (RHEED, LEED, AES, EELS). Promieniowanie synchrotronowe	5
Wy3	Rozpraszania neutronów	3
Wy4	Wyznaczanie składów chemicznych (RBS, ERDA, SIMS, APT)	5
Wy5	Wyznaczanie struktury pasmowej (ARPES, ACAR)	3
Wy6	Badanie defektów (PAS)	2
Wy7	Techniki badania powierzchni (fotonapięcie powierzchniowe, sonda Kelvina)	2
Wy8	Eksperymenty wykorzystujące zewnętrzne pole magnetyczne (NMR, EPR)	4
Wy9	Techniki pomiarowe wykorzystujące nanostruktury (SQUID)	2
Wy10	Kolokwium zaliczeniowe	2
	Suma godzin	<b>30</b>

### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Wykłady problemowe – metoda tradycyjna

N2. Konsultacje

### OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
--	--------------------------	---

koniec semestru)		
F1 (wykład)	PEK_W01, PEK_U01, PEK_K01	Egzamin
P = F1		

### **LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA**

#### **LITERATURA PODSTAWOWA:**

- [1] A. Oleś, Metody doświadczalne fizyki ciała stałego, WNT, Warszawa, 1998
- [2] R.M. Silverstein, F.X. Webster, D.J. Kiemle, Spektroskopowe metody identyfikacji związków organicznych, PWN, Warszawa, 2007
- [3] H. Lüth, Surfaces and Interfaces of Solid Materials, Springer, 1995
- [4] J. Stankowski, W. Hilczer, Wstęp do spektroskopii rezonansów magnetycznych, PWN, Warszawa, 2005
- [5] F.J. Blatt, Fizyka zjawisk elektronowych w metalach i półprzewodnikach, PWN, Warszawa, 1973
- [6] C. Kittel, Wstęp do fizyki ciała stałego, PWN, Warszawa, 1999

#### **LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:**

- [1] Naukowe lub technologiczne artykuły i prace przeglądowe publikowane w bieżącej literaturze naukowej

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

Dr inż. Wojciech Rudno-Rudziński, wojciech.rudno-rudzinski@pwr.edu.pl

<b>WYDZIAŁ PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI</b>	
<b>KARTA PRZEDMIOTU</b>	
<b>Nazwa przedmiotu w języku polskim: Obliczenia numeryczne w nanoinżynierii</b>	
<b>Nazwa przedmiotu w języku angielskim: Numerical methods in nanoengineering</b>	
<b>Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Fizyka Techniczna</b>	
<b>Specjalność (jeśli dotyczy): Nanoinżynieria</b>	
<b>Poziom i forma studiów: II stopień, stacjonarna</b>	
<b>Rodzaj przedmiotu:</b>	<b>wybieralny</b>
<b>Kod przedmiotu</b>	.....
<b>Grupa kursów</b>	<b>TAK</b>

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	15		30		
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	45		45		
Forma zaliczenia	Egzamin/ zaliczenie na ocenę*		Egzamin / zaliczenie na ocenę*		
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	3				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)			2		
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	0.5		1.0		

\*niepotrzebne skreślić

#### WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Umiejętności w zakresie programowania, obejmujące:
  - a) tworzenie i używanie własnych funkcji;
  - b) posługiwanie się własnymi typami danych np. rekordy, klasy;
  - c) usuwania i poprawy błędów w programie.
2. Znajomość fizyki ogólnej oraz podstaw z mechaniki kwantowej i fizyki ciała stałego.

#### CELE PRZEDMIOTU

- C1 Utrwalenie oraz rozszerzenie umiejętności programistycznych studenta.
- C2 Zaznajomienie studenta ze specyfiką obliczeń numerycznych.
- C3 Poznanie metod numerycznych.
- C4 Nabycie umiejętności stosowania metod numerycznych do rozwiązywania konkretnych problemów fizycznych.

C5 Zwiększenie umiejętności w znajdowaniu i usuwaniu błędów oraz usterek w programie.

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU\_W01 Posługuje się swobodnie zaawansowanymi technikami programistycznymi – programowanie obiektowe.

PEU\_W02 Zna bardziej zaawansowane algorytmy numeryczne.

PEU\_W03 Umie znaleźć oraz wykorzystać różne biblioteki numeryczne ułatwiające rozwiązywanie wybranych zagadnień z fizyki.

Z zakresu umiejętności:

PEU\_U01 Potrafi tworzyć całkiem złożony program używający obiektów.

PEU\_U02 Potrafi zastosować wiedzę z metod numerycznych aby rozwiązać problemy z fizyki.

PEU\_U03 Umie posługiwać się oraz wykorzystywać różne numeryczne biblioteki do wizualizacji danych oraz numerycznego rozwiązywania problemów.

PEU\_U04 Umie samodzielnie zaimplementować algorytmy numeryczne.

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU\_K01 rozumie potrzebę formułowania i przekazywania społeczeństwu (m.in. poprzez środki masowego przekazu) informacji i opinii dotyczących nanoinżynierii; potrafi przekazać takie informacje w sposób powszechnie zrozumiały.

### TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Wprowadzenie. Wady i zalety kompilowanych oraz interpretowanych języków programowania.	1
Wy2-3	Równanie Schroedingera. Rozwiązywanie zagadnienia własnego.	2
Wy4	Problem doboru poprawnych parametrów numerycznych.	1
Wy5-6	Heterostruktury i równanie masy efektywnej. Dyskretyzacja operatora energii kinetycznej.	2
Wy7-8	Równanie Poissona: dwuwymiarowy gaz swobodnych nośników oraz struktury polarne.	2
Wy9-10	Wielopasmowy model masy efektywnej.	2
Wy11-12	Stany metastabilne – wpływ pola elektrycznego w studniach kwantowych	2
Wy13-14	Ekscytyny – metoda wariacyjna obliczania energii wiązania	2
Wy15	Metoda funkcji Greena	1
	Suma godzin	<b>15</b>

Forma zajęć - laboratorium	Liczba godzin
----------------------------	---------------

La1	Wprowadzenie. System operacyjny oraz środowisko programistyczne.	2
La2	Wprowadzenie do grafiki – wizualizacja danych.	2
La3	Implementacja algorytmu rozwiązywania równania Schroedingera.	2
La4	Porównanie rozwiązania numerycznego z analitycznych dla przypadków gdy równanie Schroedingera posiada analityczne rozwiązania.	
La5	Dobór odpowiednich parametrów numerycznych.	2
La6	Implementacja operatora BenDaniela-Duka oraz innych form operatora energii kinetycznej dla masy efektywnej zależnej od położenia.	2
La7	Obliczanie energii przejść w studniach kwantowych.	2
La8	Rozwiązywanie równania Poissona z 2D gęstością elektronową.	2
La9	Uwzględnienie naprężeń oraz efektów polaryzacyjnych w strukturach niskowymiarowych.	
La10	Oddziaływania pomiędzy dziurami: ciężkimi, lekkimi oraz spin-orbita – wielopasmowy model kp.	2
Lab11	Obliczanie czasu życia nośników dla studni kwantowej będącej w polu elektrycznym – stany metastabilne.	2
Lab12	Wariacyjne obliczanie energii ekscytonu w studni kwantowej.	2
Lab13	Rozwiązywanie równanie Poissona metodą funkcji Greena.	2
Lab14	Analiza wpływu pola elektrycznego na energię wiązania ekscytonu w studni kwantowej.	2
Lab15	Kolokwium zaliczeniowe.	2
	Suma godzin	30

#### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

- N1. Wprowadzenie do zajęć laboratoryjnych w formie tradycyjnej z wykorzystaniem prezentacji komputerowej.  
N2. Omawianie przykładowych programów.  
N3. Listy zadań. Praca samodzielna. Indywidualne/grupowe rozmowy na zajęciach.  
N4. Konsultacje pozwalające na uzupełnienie treści programowych.

#### OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1 (wykład)	PEK_W01- PEK_W03- U03	Kolokwium zaliczeniowe.
F2 (ćwiczenia)	PEK_U01-U03, PEK_K01	Kolokwium. Dyskusje.
$P = F1*0.5+F2*0.2$		

## LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

### **LITERATURA PODSTAWOWA:**

- [1] Notatki do zajęć laboratoryjnych w formie elektronicznej udostępnione na stronie internetowej wykładowcy
- [2] T. Pang, *Metody obliczeniowe w fizyce. Fizyka i komputery*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2001
- [3] Z. Fortuna, B. Macukow, J. Wąsowski, *Metody numeryczne*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa
- [4] D. Potter, *Metody obliczeniowe fizyki*, PWN Warszawa.

### **LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:**

- [1] Materiały zamieszczone na stronie domowej opiekuna przedmiotu
- [2] Literatura dotycząca języka programowania użyta na zajęciach
- [3] Mark Lutz, *Programming Python*, wydawnictwo O'Reilly
- [4] Eli Bressert, *SciPy and NumPy*, wydawnictwo O'Reilly

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

Janusz Andrzejewski; Janusz.Andrzejewski@pwr.edu.pl

<b>WYDZIAŁ PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI</b>	
<b>KARTA PRZEDMIOTU</b>	
<b>Nazwa przedmiotu w języku polskim: Optyka nieliniowa</b>	
<b>Nazwa przedmiotu w języku angielskim: Nonlinear Optics.</b>	
<b>Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Fizyka Techniczna</b>	
<b>Specjalność (jeśli dotyczy): Nanoinżynieria</b>	
<b>Poziom i forma studiów: II stopień, stacjonarna</b>	
<b>Rodzaj przedmiotu:</b>	<b>obowiązkowy</b>
<b>Kod przedmiotu</b>	.....
<b>Grupa kursów</b>	<b>TAK</b>

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30		15		
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	30		60		
Forma zaliczenia	Egzamin / zaliczenie na ocenę*		Egzamin / zaliczenie na ocenę*		
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	3				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)			2		
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	0.5		1.0		

\*niepotrzebne skreślić

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

1. Podstawowa wiedza z zakresu fizyki ogólnej
2. Podstawowa wiedza z zakresu fizyki ciała stałego

**CELE PRZEDMIOTU**

- C1 Nabycie wiedzy i opanowanie pojęć z zakresu podstawowych nieliniowych zjawisk optycznych
- C2 Nabycie wiedzy z zakresu teorii nieliniowego oddziaływania światła z materiałami dielektrycznymi
- C3 Nabycie wiedzy na temat głównych metod badawczych materii za pomocą wiązek światła laserowego o bardzo dużych natężeniach i krótkich czasach trwania
- C3 Poznanie podstawowych mechanizmów tłumaczących liniowe i nieliniowe oddziaływanie fali elektromagnetycznej z materią na poziomie mikroskopowym
- C4 Nabycie umiejętności posługiwania się rachunkiem tensorowym przy opisie nieliniowych zjawisk



<p>optycznych</p> <p>C5 Nabycie praktycznych umiejętności pracy z laserami i konstrukcji prostych systemów pomiarowych z zakresu optyki nieliniowej (praca w grupie)</p> <p>C6 Nabycie umiejętności analizy danych eksperymentalnych i ich obróbki metodami numerycznymi</p> <p>C7 Opanowanie umiejętności wyszukiwania informacji i studiowania literatury z zakresu fotoniki i optyki nieliniowej</p>
---

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU\_W01 ma pogłębioną wiedzę w zakresie podstawowych zagadnień i sformułowań nieliniowej optyki

PEU\_W02 rozumie prawa rządzące nieliniowym oddziaływaniem światła z materią na poziomie mikroskopowym i makroskopowym

PEU\_W03 zna i rozpoznaje nieliniowe zjawiska optyczne drugorzędowe i trzeciorzędowe

PEU\_W04 zna i rozumie metody pomiarowe służące do oceny nieliniowych właściwości optycznych danego materiału optycznego

Z zakresu umiejętności:

PEU\_U01 potrafi zaproponować i wybrać materiał optyczny do spełnienia konkretnej funkcji z zakresu drugo- i trzeciorzędowych efektów optycznych

PEU\_U02 umie pracować z laserami pracy ciągłej i impulsowymi

PEU\_U03 umie zaprojektować układ pomiarowy do mierzenia podstawowych wielkości z zakresu optyki nieliniowej.

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU\_K01 ma świadomość odpowiedzialności za podejmowane inicjatywy badań, eksperymentów lub obserwacji i jest świadom własnych ograniczeń i wie, kiedy zwrócić się do ekspertów

### TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Propagacja światła w liniowym ośrodku optycznym.	2
Wy2	Model oscylatora harmonicznego dla opisu liniowych procesów optycznych	2
Wy3	Nieliniowy ośrodek optyczny, polaryzacja, nieliniowe podatności optyczne	2
Wy4	Fenomenologiczny opis nieliniowych procesów optycznych drugiego rzędu	2
Wy5	Fenomenologiczny opis nieliniowych procesów optycznych trzeciego rzędu	2
Wy6	Parametryczne i nieparametryczne procesy optyczne	2
Wy7	Symetria nieliniowej podatności drugiego rzędu	2
Wy8	Równania fal sprzężonych	2

Wy9	Generacja drugiej harmonicznej (SHG) a dopasowanie fazowe	2
Wy10	Procesy samo-oddziaływania światła – trzeciorzędowe zjawiska optyczne	2
Wy11	Nieliniowy współczynnik załamania – ośrodki Kerrowskie	2
Wy12	Mechanizmy związane z trzeciorzędowymi nieliniowymi efektami optycznymi	2
Wy13	Wybrane metody pomiarowe ważniejszych nieliniowych efektów optycznych	2
Wy14	Wybrane współczesne materiały optyki nieliniowej	2
Wy15	Sprawdzian wiedzy	
	Suma godzin	<b>30</b>

<b>Forma zajęć - laboratorium</b>		<b>Liczba godzin</b>
La1	Liniowy efekt elektrooptyczny – efekt Pockelsa	3
La2	Generacja drugiej harmonicznej światła	3
La3	Optyczny efekt Kerra w polimerach fotochromowych	3
La4	Holograficzny zapis siatek dyfrakcyjnych w materiałach fotochromowych	3
La5	Optyczna koniugacja fazowa	3
	Suma godzin	<b>15</b>

<b>STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE</b>
N1. Wykłady problemowe – metoda tradycyjna, prezentacje multimedialne
N2. Konsultacje
N3. Praca własna – przygotowanie do wykładu z literatury naukowej
N4. Budowanie stanowiska pomiarowego i grupowe wykonanie doświadczeń w laboratorium Optyki Nieliniowej
N5. Samodzielne opracowanie i analiza wyników eksperymentalnych
N6. Dyskusja uzyskanych wyników i ich poprawna interpretacja

#### **OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ**

<b>Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))</b>	<b>Numer efektu uczenia się</b>	<b>Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się</b>
F1	PEU_W01 PEU_W02 PEU_W03 PEU_W04 PEU_U01 PEU_K02 PEU_K01	Kolokwium zaliczeniowe w formie pisemnej Ocena na podstawie liczby uzyskanych punktów: 40% maksymalnej liczby punktów – zaliczenie 3.0, wyższe oceny – rozkład proporcjonalny względem ilości uzyskanych punktów, ocena celująca (5.5) dla studenta z najwyższą liczbą punktów w grupie.
F2	PEU_U02 PEK_U03	Opracowanie i analiza pomiarów wykonywanych w ramach laboratorium. Ocena na podstawie sprawozdania
$P = F1*0.5 + F2*0.5$		

## LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

### **LITERATURA PODSTAWOWA:**

- [1] B.E. A. Saleh, M. C. Teich, Fundamentals of Photonics, Wiley, New York, 1999
- [2] P. N. Prasad, Nanophotonics, Wiley-Interscience, New Jersey, 2004
- [3] Pavel Chmela, „Wprowadzenie do optyki nieliniowej”, PWN, Warszawa 1987
- [4] A. Yariv, P.Yeh, „Optical waves in crystals”, Wiley 1984
- [5] F. Kaczmarek, „Wstęp do fizyki laserów”, PWN, Warszawa 1986

### **LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:**

- [1] Artykuły z czasopism naukowych
- [2] Photonics Spectra
- [3] Laser Physics World
- [4] Materials Today

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

Andrzej Miniewicz, [andrzej.miniewicz@pwr.edu.pl](mailto:andrzej.miniewicz@pwr.edu.pl) oraz zespół

<b>WYDZIAŁ PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI</b>	
<b>KARTA PRZEDMIOTU</b>	
<b>Nazwa przedmiotu w języku polskim</b> Praca dyplomowa – 1	
<b>Nazwa przedmiotu w języku angielskim</b> DIPLOMA THESIS-1	
<b>Kierunek studiów (jeśli dotyczy):</b> Fizyka Techniczna	
<b>Specjalność (jeśli dotyczy):</b> Nanoinżynieria	
<b>Poziom i forma studiów:</b> II stopień, stacjonarna	
<b>Rodzaj przedmiotu:</b> obowiązkowy	
<b>Kod przedmiotu</b> .....	
<b>Grupa kursów</b> NIE	

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)				30	
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)				120	
Forma zaliczenia				Egzamin / zaliczenie na ocenę*	
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS				4	
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)				4	
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)				1.5	

\*niepotrzebne skreślić

<b>WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH</b>
1.
2.
3.

<b>CELE PRZEDMIOTU</b>
C1 Zrealizowanie przez studenta pracy dyplomowej na podstawie zdobytej w czasie studiów uporządkowanej, podbudowanej teoretycznie wiedzy ogólnej i szczegółowej z zakresu nauk ścisłych i technicznych, w obszarach właściwych dla studiowanego kierunku Fizyka Techniczna

C2 Napisanie przez studenta „Pracy dyplomowej” (jako dzieła) i przedstawienie prezentacji ustnej dotyczącej zagadnień z zakresu studiowanego kierunku studiów Fizyka Techniczna, na podstawie informacji literaturowych lub wyników prac własnych

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU\_W01 ma pogłębioną i zaawansowaną wiedzę, podbudowaną teoretycznie, wyjaśniającą złożone zjawiska o których mowa w spektroskopii optycznej, optyce nieliniowej, nanodiagnostyce oraz zjawisk związanych z transportem ładunku i spinu w nanostrukturach a dodatkowo uporządkowaną i podbudowaną teoretycznie wiedzę obejmującą zagadnienia inicjalizacji i kontroli spinu

...

Z zakresu umiejętności:

PEU\_U01 posiada umiejętność planowania i przeprowadzania eksperymentów, w tym pomiarów i symulacji komputerowych, interpretowania uzyskanych rezultatów oraz formułowania wniosków a dodatkowo przy rozwiązywaniu zadania inżynierskiego (a) potrafi projektować – zgodnie z zadaną specyfikacją – układy pomiarowe stosowane w nanoinżynierii używając odpowiednio dobranych metod, technik, narzędzi i materiałów, (b) wykorzystuje metody analityczne, symulacyjne i eksperymentalne, (c) dostrzega różne aspekty, w tym aspekty etyczne, (d) dokonuje wstępnej oceny ekonomicznej proponowanego rozwiązania i podjętego działania inżynierskiego

...

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU\_K01 okazuje dbałość o prestiż związany z wykonywaniem zawodu, rozwija dorobek zawodu, przestrzega i rozwija zasady etyki zawodu oraz działa na rzecz przestrzegania tych zasad

Forma zajęć - projekt		Liczba godzin
Pr1	Zgromadzenie literatury przedmiotu i zapoznanie się z nią.	5
Pr2	Prace własne – interpretacja oraz krytyczna ocena uzyskanych wyników.	15
Pr3	Pisanie pracy dyplomowej.	10
	Suma godzin	<b>30</b>

### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Praca własna – studia literaturowe z zakresu tematyki pracy dyplomowej oraz prowadzenie badań  
N2. Konsultacje

## OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEK_W01, PEK_U01, PEK_K01	Praca w semestrze, dostarczenie pracy dyplomowej
P=F1		

### LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

**LITERATURA PODSTAWOWA:**

[1] Literatura przedmiotu uzgodniona z promotorem

**LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:**

[1]

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

**Opiekun pracy dyplomowej**

<b>WYDZIAŁ PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI</b>	
<b>KARTA PRZEDMIOTU</b>	
<b>Nazwa przedmiotu w języku polskim</b> Praca dyplomowa – 1	
<b>Nazwa przedmiotu w języku angielskim</b> DIPLOMA THESIS-1	
<b>Kierunek studiów (jeśli dotyczy):</b> Fizyka Techniczna	
<b>Specjalność (jeśli dotyczy):</b> Nanoinżynieria	
<b>Poziom i forma studiów:</b> II stopień, stacjonarna	
<b>Rodzaj przedmiotu:</b> obowiązkowy	
<b>Kod przedmiotu</b> .....	
<b>Grupa kursów</b> NIE	

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)				45	
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)				480	
Forma zaliczenia				Egzamin/ zaliczenie na ocenę*	
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS				16	
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)				16	
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)				5.0	

\*niepotrzebne skreślić

<b>WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1.</li> <li>2.</li> <li>3.</li> </ol>

<b>CELE PRZEDMIOTU</b>
C1 Zrealizowanie przez studenta pracy dyplomowej na podstawie zdobytej w czasie studiów uporządkowanej, podbudowanej teoretycznie wiedzy ogólnej i szczegółowej z zakresu nauk ścisłych i technicznych, w obszarach właściwych dla studiowanego kierunku Fizyka Techniczna

C2 Napisanie przez studenta „Pracy dyplomowej” (jako dzieła) i przedstawienie prezentacji ustnej dotyczącej zagadnień z zakresu studiowanego kierunku studiów Fizyka Techniczna, na podstawie informacji literaturowych lub wyników prac własnych

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU\_W01 ma pogłębioną i zaawansowaną wiedzę, podbudowaną teoretycznie, wyjaśniającą złożone zjawiska o których mowa w spektroskopii optycznej, optyce nieliniowej, nanodiagnostyce oraz zjawisk związanych z transportem ładunku i spinu w nanostrukturach a dodatkowo uporządkowaną i podbudowaną teoretycznie wiedzę obejmującą zagadnienia inicjalizacji i kontroli spinu

...

Z zakresu umiejętności:

PEU\_U01 posiada umiejętność planowania i przeprowadzania eksperymentów, w tym pomiarów i symulacji komputerowych, interpretowania uzyskanych rezultatów oraz formułowania wniosków a dodatkowo przy rozwiązywaniu zadania inżynierskiego (a) potrafi projektować – zgodnie z zadaną specyfikacją – układy pomiarowe stosowane w nanoinżynierii używając odpowiednio dobranych metod, technik, narzędzi i materiałów, (b) wykorzystuje metody analityczne, symulacyjne i eksperymentalne, (c) dostrzega różne aspekty, w tym aspekty etyczne, (d) dokonuje wstępnej oceny ekonomicznej proponowanego rozwiązania i podjętego działania inżynierskiego

...

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU\_K01 okazuje dbałość o prestiż związany z wykonywaniem zawodu, rozwija dorobek zawodu, przestrzega i rozwija zasady etyki zawodu oraz działa na rzecz przestrzegania tych zasad

Forma zajęć - projekt		Liczba godzin
Pr1	Zgromadzenie literatury przedmiotu i zapoznanie się z nią.	5
Pr2	Prace własne – interpretacja oraz krytyczna ocena uzyskanych wyników.	15
Pr3	Pisanie pracy dyplomowej.	10
	Suma godzin	<b>30</b>

### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Praca własna – studia literaturowe z zakresu tematyki pracy dyplomowej oraz prowadzenie badań  
N2. Konsultacje



## OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEK_W01, PEK_U01, PEK_K01	Praca w semestrze, dostarczenie pracy dyplomowej
P=F1		

### LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

**LITERATURA PODSTAWOWA:**

[1] Literatura przedmiotu uzgodniona z promotorem

**LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:**

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

**Opiekun pracy dyplomowej**

<b>WYDZIAŁ PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI</b>	
<b>KARTA PRZEDMIOTU</b>	
<b>Nazwa przedmiotu w języku polskim Seminarium dyplomowe – 1</b>	
<b>Nazwa przedmiotu w języku angielskim Diploma Seminar – 1</b>	
<b>Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Fizyka Techniczna</b>	
<b>Specjalność (jeśli dotyczy): Nanoinżynieria</b>	
<b>Poziom i forma studiów: II stopień, stacjonarna</b>	
<b>Rodzaj przedmiotu:</b>	<b>obowiązkowy</b>
<b>Kod przedmiotu</b>	.....
<b>Grupa kursów</b>	<b>NIE</b>

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)					30
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)					30
Forma zaliczenia					zaliczenie na ocenę
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS					1
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)					1
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)					0.5

\*niepotrzebne skreślić

<b>WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH</b>
1. Student posiada zaawansowaną wiedzę i umiejętności z fizyki.

<b>CELE PRZEDMIOTU</b>
C1 Poznanie nowych osiągnięć i metod używanych w różnych zastosowaniach fizyki i nanoinżynierii.

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU\_W01 ma pogłębioną i zaawansowaną wiedzę, podbudowaną teoretycznie, wyjaśniającą złożone zjawiska o których mowa w spektroskopii optycznej, optyce nieliniowej, nanodiagnostyce oraz zjawisk związanych z transportem ładunku i spinu w nanostrukturach a dodatkowo uporządkowaną i podbudowaną teoretycznie wiedzę obejmującą zagadnienia inicjalizacji i kontroli spinu

...

Z zakresu umiejętności:

PEU\_U01 umie komunikować się ze zróżnicowanymi kręgami odbiorców, m.in. przy użyciu różnych nowoczesnych technologii informacyjno-komunikacyjnych na tematy związane z nanoinżynierią oraz prowadzić debatę

...

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU\_K01 potrafi myśleć i działać w sposób przedsiębiorczy oraz ma świadomość roli społecznej absolwenta uczelni technicznej a dodatkowo potrafi inicjować działania na rzecz interesu publicznego

Forma zajęć - seminarium		Liczba godzin
Se1	Prezentacje wyników przygotowanych rozpraw inżynierskich uczestników seminarium.	10
Se2	Prezentacje indywidualne dotyczące omówienia aktualnego stanu wiedzy związanego z problematyką realizowanej pracy dyplomowej oraz odniesienia przewidywanego, oryginalnego własnego wkładu do osiągnięć literaturowych	10
Se3	Dyskusja w grupie seminaryjnej nt. stanu wiedzy literaturowej i założonej koncepcji rozwiązania stawianych sobie problemów, składających się na pracę dyplomową	10
	Suma godzin	30

### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Seminarium problemowe, prezentacja, wykład problemowy, wykład informacyjny  
N2. Praca własna studenta - przygotowanie do seminarium

### OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEK_W01 PEK_U01 PEK_K01	ocena prezentacji, wykładu informacyjnego bądź problemowego przygotowanego przez studenta
P=F1		

<b>LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA</b>
<b><u>LITERATURA PODSTAWOWA:</u></b> [1] Czasopisma naukowe z fizyki.
<b><u>LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:</u></b>
<b>OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)</b>
<b>Prof. dr hab. Jan Misiewicz (jan.misiewicz@pwr.wroc.pl)</b>

<b>WYDZIAŁ PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI</b>	
<b>KARTA PRZEDMIOTU</b>	
<b>Nazwa przedmiotu w języku polskim Seminarium dyplomowe – 2</b>	
<b>Nazwa przedmiotu w języku angielskim Diploma Seminar – 2</b>	
<b>Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Fizyka Techniczna</b>	
<b>Specjalność (jeśli dotyczy): Nanoinżynieria</b>	
<b>Poziom i forma studiów: II stopień, stacjonarna</b>	
<b>Rodzaj przedmiotu:</b>	<b>obowiązkowy</b>
<b>Kod przedmiotu</b>	.....
<b>Grupa kursów</b>	<b>NIE</b>

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)					30
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)					30
Forma zaliczenia					zaliczenie na ocenę
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS					1
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)					1
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)					0.5

\*niepotrzebne skreślić

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

1. Student posiada zaawansowaną wiedzę i umiejętności z fizyki.

**CELE PRZEDMIOTU**

C1 Poznanie nowych osiągnięć i metod używanych w różnych zastosowaniach fizyki i nanoinżynierii.

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU\_W01 ma pogłębioną i zaawansowaną wiedzę, podbudowaną teoretycznie, wyjaśniającą złożone zjawiska o których mowa w spektroskopii optycznej, optyce nieliniowej, nanodiagnostyce oraz zjawisk związanych z transportem ładunku i spinu w nanostrukturach a dodatkowo uporządkowaną i podbudowaną teoretycznie wiedzę obejmującą zagadnienia inicjalizacji i kontroli spinu

...

Z zakresu umiejętności:

PEU\_U01 umie komunikować się ze zróżnicowanymi kręgami odbiorców, m.in. przy użyciu różnych nowoczesnych technologii informacyjno-komunikacyjnych na tematy związane z nanoinżynierią oraz prowadzić debatę

...

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU\_K01 rozumie potrzebę formułowania i przekazywania społeczeństwu (m.in. poprzez środki masowego przekazu) informacji i opinii dotyczących nanoinżynierii; potrafi przekazać takie informacje w sposób powszechnie zrozumiały

Forma zajęć - seminarium		Liczba godzin
Se1	Prezentacje wyników przygotowanych rozpraw inżynierskich uczestników seminarium.	10
Se2	Prezentacje indywidualne dotyczące omówienia aktualnego stanu wiedzy związanej z problematyką realizowanej pracy dyplomowej oraz odniesienia przewidywanego, oryginalnego własnego wkładu do osiągnięć literaturowych	10
Se3	Dyskusja w grupie seminaryjnej nt. stanu wiedzy literaturowej i założonej koncepcji rozwiązania stawianych sobie problemów, składających się na pracę dyplomową	10
	Suma godzin	30

### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Seminarium problemowe, prezentacja, wykład problemowy, wykład informacyjny  
N2. Praca własna studenta - przygotowanie do seminarium

### OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEK_W01 PEK_U01 PEK_K01	ocena prezentacji, wykładu informacyjnego bądź problemowego przygotowanego przez studenta
P=F1		

<b>LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA</b>
<b><u>LITERATURA PODSTAWOWA:</u></b> [1] Czasopisma naukowe z fizyki.
<b><u>LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:</u></b>
<b>OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)</b>
<b>Prof. dr hab. Jan Misiewicz (jan.misiewicz@pwr.wroc.pl)</b>

<b>WYDZIAŁ PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI</b>	
<b>KARTA PRZEDMIOTU</b>	
<b>Nazwa przedmiotu w języku polskim: Synteza nanostruktur koloidalnych</b>	
<b>Nazwa przedmiotu w języku angielskim: Synthesis of colloidal nanostructures</b>	
<b>Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Fizyka Techniczna</b>	
<b>Specjalność (jeśli dotyczy): Nanoinżynieria</b>	
<b>Poziom i forma studiów: II stopień, stacjonarna</b>	
<b>Rodzaj przedmiotu:</b>	<b>obowiązkowy</b>
<b>Kod przedmiotu</b>	.....
<b>Grupa kursów</b>	<b>NIE</b>

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	15			15	
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	30			60	
Forma zaliczenia	Egzamin / zaliczenie na ocenę*			Egzamin / zaliczenie na ocenę*	
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	3				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)				2	
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	0.5			1.0	

\*niepotrzebne skreślić

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

1. Podstawy chemii ogólnej
2. Chemia fizyczna
3. Nanostruktury i nanokryształy półprzewodnikowe
4. Umiejętność współpracy w grupie studenckiej mającej na celu efektywne rozwiązywanie problemów.

**CELE PRZEDMIOTU**

- C1. Nabycie wiedzy o wybranych syntezach nanomateriałów koloidalnych, uwzględniając jej aspekty termodynamiczne i kinetyczne.
- C2. Praktyczna nauka metod syntezy nanomateriałów metodami mokrej chemii.



C3. Nauka przygotowania próbek koloidalnych nanokryształów do pomiarów spektroskopii optycznej, samodzielnego przeprowadzenia podstawowych pomiarów oraz samodzielnej analizy uzyskanych wyników.

C4. Nabywanie i utrwalanie wiedzy o dobrej praktyce laboratoryjnej

C5. Nabywanie i utrwalanie kompetencji społecznych obejmujących inteligencję emocjonalną polegającą na umiejętności współpracy w grupie studenckiej mającej na celu efektywne rozwiązywanie problemów. Odpowiedzialność, uczciwość i rzetelność w postępowaniu; przestrzeganie obyczajów obowiązujących w środowisku akademickim i społeczeństwie.

#### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU\_W01 ma szeroką wiedzę w zakresie wytwarzania materiałów oraz badania ich właściwości strukturalnych stosowanych w nanoinżynierii

...

Z zakresu umiejętności:

PEU\_U01 potrafi przeprowadzić syntezę nanostruktur koloidalnych

...

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU\_K01 potrafi odpowiedzialnie pełnić rolę zawodowe z uwzględnieniem zmieniających się potrzeb społecznych: rozwija dorobek zawodu, przestrzega i rozwija zasady etyki zawodu oraz działa na rzecz przestrzegania tych zasad

#### TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Metody syntezy nanokryształów	2
Wy2	Wyzwania w syntezie QDs.	1
Wy3	Koloidy	1
Wy4	Krystalizacja, Monomery, Nukleacja	2
Wy5	Kinetyka wzrostu.	2
Wy6	Przemiany fazowe i dyfuzja w nanomateriałach	1
Wy7	Powierzchnia i interfejs nanomateriałów.	2
Wy8	Samoorganizacja nanokryształów	1
Wy9	Termodynamika w nanoukładach.	1
Wy10	Synteza struktur anizotropowych	1
Wy11	Dyfuzja, wymiana kationów.	1
	Suma godzin	15

Forma zajęć - projekt		Liczba godzin
Pr1	Omówienie zasad BHP i zasad pracy na stanowiskach laboratoryjnych. Nauka dobrych zasad pracy laboratoryjnej.	3
Pr2	Synteza półprzewodnikowych kropek kwantowych – analiza kinetyki reakcji	3
Pr3	Synteza struktur rdzeń/płaszcz metodą wymiany kationów	3
Pr4	Synteza nanokryształów o anizotropowym kształcie	3

Pr5	Analiza właściwości strukturalnych i morfologicznych nanokryształów koloidalnych.	3
	Suma godzin	<b>15</b>

<b>STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE</b>
N1. Wykład tradycyjny z wykorzystaniem slajdów N2. Praca własna – przygotowanie do ćwiczeń laboratoryjnych N3. Ćwiczenia laboratoryjne – dyskusja sposobów przeprowadzenia syntez, wykonania pomiarów, opracowania wyników oraz szacowania niepewności pomiarowych, ocena sprawozdań/raportów N4. Praca własna – wykonanie zadań w laboratorium pod opieką prowadzącego N5. Praca własna – samodzielne pisanie raportów N6. Praca własna – samodzielne studia i przygotowanie do zaliczenia końcowego N7. Konsultacje N8. Dyskusja raportów

### OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1 (wykład)	PEU W01	Kolokwium pisemne
F2 (projekt)	PEU U01	Sprawozdania
$P = F1*0.5 + F2*0.5$		

<b>LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA</b>
<p><b><u>LITERATURA PODSTAWOWA:</u></b></p> <p>[1] V. I. Klimov, Nanocrystal Quantum Dots (2010)            [2] E. R. Leite, C. Ribeiro, Crystallization and Growth of Colloidal Nanocrystals (2012)            [3] C. N. R. Rao, G. U. Kulkarni, P. J. Thomas, Nanocrystals: Synthesis, Properties and Applications (2007)            [3] K. D. Sattler, Handbook of nanophysics. 3, Nanoparticles and quantum dots (2010)</p> <p><b><u>LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:</u></b></p> <p>[1] E. Keszei, Chemical Thermodynamics – An Introduction (2012)</p>
<b>OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIĘ, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)</b>
<b>Mateusz Bański (mateusz.banski@pwr.edu.pl)</b>

<b>WYDZIAŁ PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI</b>	
<b>KARTA PRZEDMIOTU</b>	
<b>Nazwa przedmiotu w języku polskim: Teoretyczne podstawy spektroskopii optycznej</b>	
<b>Nazwa przedmiotu w języku angielskim: Theoretical fundamentals optical spectroscopy</b>	
<b>Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Fizyka Techniczna</b>	
<b>Specjalność (jeśli dotyczy): Nanoinżynieria</b>	
<b>Poziom i forma studiów: II stopień, stacjonarna</b>	
<b>Rodzaj przedmiotu:</b>	<b>obowiązkowy</b>
<b>Kod przedmiotu</b>	.....
<b>Grupa kursów</b>	<b>TAK</b>

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30	15			
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	30	60			
Forma zaliczenia	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*			
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	3				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)		2			
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	1.0	0.5			

\*niepotrzebne skreślić

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

1. Wiedza w zakresie mechaniki kwantowej
2. Wiedza matematyczna w zakresie analizy matematycznej i podstaw algebry

**CELE PRZEDMIOTU**

- C1 Przekazanie wiedzy na temat podstaw optyki kwantowej  
C2 Przegląd wybranych zastosowań optyki kwantowej

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU\_W01 ma pogłębioną i zaawansowaną wiedzę, podbudowaną teoretycznie, wyjaśniającą złożone zjawiska o których mowa w spektroskopii optycznej

Z zakresu umiejętności:

PEU\_U01 potrafi formułować, analizować, rozwiązywać złożone i nietypowe problemy z zakresu optyki kwantowej w oparciu o (a) posiadaną wiedzę i dobór odpowiednich źródeł informacji, (b) dobór stosownych metod i narzędzi w tym zaawansowanych technik informacyjno-komunikacyjnych

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU\_K01 ma świadomość odpowiedzialności za podejmowane inicjatywy badań, eksperymentów lub obserwacji i jest świadom własnych ograniczeń i wie, kiedy zwrócić się do ekspertów

### TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Optyka klasyczna - powtórzenie	3
Wy2	Przejścia promieniste – opis fenomenologiczny	3
Wy3	Statystyka fotonów	4
Wy4	Grupowanie i antygrupowanie fotonów	4
Wy5	Światło koherentne i ścięśnione	4
Wy6	Stany własne liczby fotonów	4
Wy7	Szum kwantowy i stany ścięśnione w interferometrii	4
Wy8	Oddziaływanie światła z materią	2
	Kolokwium zaliczeniowe	2
	Suma godzin	<b>30</b>

Forma zajęć - ćwiczenia		Liczba godzin
Ćw1	Mechanika kwantowa – powtórzenie	3
Ćw2	Optyka klasyczna - powtórzenie	2
Ćw3	Przejścia promieniste – opis fenomenologiczny	3
Ćw4	Statystyka fotonów	3
Ćw5	Koherencja i interferometria natężeniowa	3
Ćw6	Kolokwium	1
	Suma godzin	15

### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

1. Wykład – forma tradycyjna.
2. Konsultacje.
3. Praca własna – samodzielne studia i przygotowanie do zaliczenia.

### OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1 (ćwiczenia)	PEU_U01	Kolokwium zaliczeniowe
F2 (wykład)	PEU_W01, PEU_K01	Kolokwium zaliczeniowe
$P = F1*0.5 + F2*0.5$		

### **LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA**

#### **LITERATURA PODSTAWOWA:**

M. Fox, *Quantum Optics. An Introduction* (Oxford 2006)

#### **LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:**

M. O. Scully, M. S. Zubairy, *Quantum Optics* (Cambridge 1997)

C.C. Gerry, P.L. Knight, *Wstęp do optyki kwantowej* (PWN 2007)

Stanisław Kryszewski, *Quantum Optics*, <http://iftia9.univ.gda.pl/~sjk/QO-SK.pdf>

R. Tanaś, *Wykłady z optyki kwantowej*, <http://zon8.physd.amu.edu.pl/~tanas/optkwant.pdf>

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

**Prof. Paweł Machnikowski – [pawel.machnikowski@pwr.edu.pl](mailto:pawel.machnikowski@pwr.edu.pl)**

<b>WYDZIAŁ PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI</b>	
<b>KARTA PRZEDMIOTU</b>	
<b>Nazwa przedmiotu w języku polskim: Teoria materii skondensowanej</b>	
<b>Nazwa przedmiotu w języku angielskim: Theoretical condensed matter physics</b>	
<b>Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Fizyka Techniczna</b>	
<b>Specjalność (jeśli dotyczy): Nanoinżynieria</b>	
<b>Poziom i forma studiów: II stopień, stacjonarna</b>	
<b>Rodzaj przedmiotu:</b>	<b>wybieralny</b>
<b>Kod przedmiotu</b>	.....
<b>Grupa kursów</b>	<b>TAK</b>

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30	15			
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	45	45			
Forma zaliczenia	<del>Egzamin / zaliczenie na ocenę*</del>	<del>Egzamin / zaliczenie na ocenę*</del>			
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	3				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)		2			
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	1.0	0.5			

\*niepotrzebne skreślić

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

1. Wiedza w zakresie mechaniki kwantowej
2. Wiedza matematyczna w zakresie analizy matematycznej i podstaw algebry
3. Kreatywność

**CELE PRZEDMIOTU**

- C1 Przekazanie wiedzy na temat podstaw teorii materii skondensowanej.  
C2 Przegląd wybranych zastosowań fizyki materiałów.

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU\_W01 ma rozszerzoną i pogłębioną wiedzę z wybranych zagadnień związanych z teorią materii skondensowanej

...

Z zakresu umiejętności:

PEU\_U01 potrafi formułować i testować hipotezy związane z prostymi problemami badawczymi związanymi z teorią materii skondensowanej

...

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU\_K01 rozumie potrzebę formułowania i przekazywania społeczeństwu (m.in. poprzez środki masowego przekazu) informacji i opinii dotyczących teorii materii skondensowanej;

### TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	<b>Introduction to condensed matter physics:</b> emergence and collective behavior, quantum fields, second quantization.	3
Wy2	<b>Path integral formulation of quantum field theory:</b> single-particle quantum mechanics from the path integral, partition function as a functional integral, effective field theories.	3
Wy3	<b>Symmetries and structure of condensed matter:</b> Phases and broken symmetries, spontaneous symmetry breaking and phase stiffness, superfluidity, vortices, boson-vortex duality in two dimensions, Berezinskii-Kosterlitz-Thouless transition.	4
Wy4	<b>Transport of electrons:</b> Bloch theorem, Wannier functions, band theory, linear response theory, response functions, semiclassical dynamics, Bloch oscillations, Boltzmann equations, classical Drude formula for conductivity.	4
Wy5	<b>Transport of electrons 2:</b> Fermi liquid theory, Fermi liquid ground state, quasiparticles and their stability, collective modes	4
Wy6	<b>Electronic hydrodynamics:</b> review of thermodynamics, diffusion equation, Naviers-Stokes equations, viscosity, flow solutions.	4
Wy7	<b>Topological materials:</b> quantum Hall effect, Berry phases, graphene, Haldane model and topological insulators.	3
Wy8	<b>Topological materials 2:</b> quantum anomalies, Dirac and Weyl semimetals.	3
	Kolokwium zaliczeniowe	2
	Suma godzin	<b>30</b>

Forma zajęć - ćwiczenia		Liczba godzin
Ćw1	Path integrals	3
Ćw2	Effective theories of condensed matter	2
Ćw3	Kinetic theory and transport	3
Ćw4	Hydrodynamics	3
Ćw5	Topological materials	3

Ćw6	Kolokwium	1
	Suma godzin	15

### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

1. Wykład – forma tradycyjna.
2. Konsultacje.
3. Praca własna – samodzielne studia i przygotowanie do zaliczenia.

### OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1 (wykład)	PEK_W01- PEK_U01	Kolokwium zaliczeniowe.
F2 (ćwiczenia)	PEK_U01, PEK_K01	Kolokwium. Dyskusje.
$P = F1*0.5+F2*0.2$		

### LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

#### **LITERATURA PODSTAWOWA:**

P. Coleman, Introduction to Many-Body Physics  
D. Tong, Quantum Hall effect  
P.M. Chaikin and T.C. Lubensky, Principles of Condensed Matter Physics  
N.W. Ashcroft and N.D. Mermin, Solid State Physics  
D. Tong, Kinetic theory  
L. Landau, E. M. Lifszyc, Hydrodynamika

#### **LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:**

A. Altland and B. Simons, Condensed Matter Field Theory  
E. Fradkin, Field Theories of Condensed Matter Physics  
M. D. Schwartz - Quantum Field Theory and the Standard Model  
X.-G. Wen, Quantum Field Theory of Many-Body Systems

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

**Piotr Surówka (piotr.surowka@gmail.com)**



<b>WYDZIAŁ PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI</b>	
<b>KARTA PRZEDMIOTU</b>	
<b>Nazwa przedmiotu w języku polskim: Wybrane zagadnienia fizyki struktur niskowymiarowych</b>	
<b>Nazwa przedmiotu w języku angielskim: Selected topics in physics of low dimensional structures</b>	
<b>Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Fizyka Techniczna</b>	
<b>Specjalność (jeśli dotyczy): Nanoinżynieria</b>	
<b>Poziom i forma studiów: II stopień, stacjonarna</b>	
<b>Rodzaj przedmiotu: wybieralny</b>	
<b>Kod przedmiotu: ...</b>	
<b>Grupa kursów: TAK</b>	

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30	15			
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	30	30			
Forma zaliczenia	zaliczenie na ocenę*	zaliczenie na ocenę*			
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	<b>2</b>				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)		1			
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	1.0	0.5			

\*niepotrzebne skreślić

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

Zaliczone kursy: Mechanika kwantowa – 1; Fizyka ciała stałego – 1; Podstawy fizyki półprzewodników.

**CELE PRZEDMIOTU**

- C1. Celem kursu jest nabycie zaawansowanej wiedzy, z uwzględnieniem jej aspektów aplikacyjnych, w dziedzinie teorii struktur niskowymiarowych.
- C2. Nabycie umiejętności samodzielnego rozwiązywania wybranych zagadnień dotyczących teorii struktur niskowymiarowych.

C3. Zdobyć umiejętności samodzielnego pozyskiwania wiedzy z literatury naukowej.

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEK\_W01 posiada zaawansowaną wiedzę w zakresie teorii struktur niskowymiarowych

Z zakresu umiejętności:

PEK\_U01 potrafi rozwiązywać wybrane zagadnienia w zakresie podstaw teorii struktur niskowymiarowych

PEK\_U02 umie stosować zdobytą wiedzę w praktyce naukowej i technicznej

PEK\_U03 umie poszerzać wiedzę w oparciu o literaturę naukową

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEK\_K01 rozumie potrzebę formułowania i przekazywania społeczeństwu (m.in. poprzez środki masowego przekazu) informacji i opinii dotyczących nanoinżynierii; potrafi przekazać takie informacje w sposób powszechnie zrozumiały

### TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1-Wy2	Przewodnictwo elektryczne struktur dwuwymiarowych. Mechanizmy rozpraszania. Rozpraszanie między podpasmami.	4
Wy3-Wy4	Układy dwuwymiarowe o ultra wysokich ruchliwościach. Transport balistyczny.	3
Wy4-Wy5	Zjawisko blokady kulombowskiej. Tranzystory jednoelektrodowe.	3
Wy6-Wy7	Transport wertykalny i tunelowanie. Stany rezonansowe w układach dwuwymiarowych.	4
Wy8-Wy9	Zjawiska fizyczne w układach niskowymiarowych poddanych działaniu silnych pól elektrycznych. Oscylacje Blocha. Ekscytonowy efekt Starka.	4
Wy10-Wy13	Własności układów dwuwymiarowych w silnych polach magnetycznych. Całkowity i ułamkowy kwantowy efekt Halla. Złożone fermiony.	8
Wy14-Wy15	Zjawiska magnetoptyczne w strukturach niskowymiarowych. Wpływ pola magnetycznego na absorpcję światła i fotoluminescencję. Rezonans cyklotronowy.	4
Suma godzin		<b>30</b>

Forma zajęć - ćwiczenia		Liczba godzin
Ćw1-Ćw3	Przewodnictwo elektryczne struktur dwuwymiarowych.	3
Ćw4-Ćw6	Stany rezonansowe w układach dwuwymiarowych.	3
Ćw7-Ćw9	Wpływ silnych pól elektrycznych na stany elektronowe w	3

	układach niskowymiarowych.	
Ćw10-Ćw12	Własności układów dwuwymiarowych w silnych polach magnetycznych.	3
Ćw13-Ćw15	Wpływ pola magnetycznego na absorpcję światła i fotoluminescencję.	3
	Suma godzin	15

### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Wykład problemowy.  
N2. Ćwiczenia tradycyjne.

### OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1 (wykład)	PEK_W01- PEK_U01-U03	Kolokwium zaliczeniowe.
F2 (ćwiczenia)	PEK_U01-U03, PEK_K01	Kolokwium. Dyskusje.
$P = F1*0.5+F2*0.2$		

### LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

#### **LITERATURA PODSTAWOWA:**

- [1] K. Sierański, M. Kubisa, J. Szatkowski, J. Misiewicz, Półprzewodniki i struktury półprzewodnikowe. Oficyna Wydawnicza PWr, Wrocław 2002

#### **LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:**

- [1] G. Bastard, Wave Mechanics Applied to Semiconductor Heterostructures. Les Editions de Physique, Les Ulis (France) 1988
- [2] E. L. Ivchenko, G. Pikus, Superlattices and Other Heterostructures, Springer, Berlin 1995
- [3] L. Jacak, P. Hawrylak, A. Wójs, Kropki kwantowe. Oficyna Wydawnicza PWr, Wrocław 1996
- [4] M. J. Kelly, Low-Dimensional Semiconductors. Materials, Physics, Technology, Devices. Clarendon Press, Oxford 1995

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

Dr inż. Maciej Kubisa, maciej.kubisa@pwr.edu.pl

<b>WYDZIAŁ PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI</b>	
<b>KARTA PRZEDMIOTU</b>	
<b>Nazwa przedmiotu w języku polskim Zaawansowane metody badania struktur półprzewodnikowych – 1</b>	
<b>Nazwa przedmiotu w języku angielskim Advanced methods of studying semiconductor structures – 1</b>	
<b>Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Fizyka Techniczna</b>	
<b>Specjalność (jeśli dotyczy): Nanoinżynieria</b>	
<b>Poziom i forma studiów: II stopień, stacjonarna</b>	
<b>Rodzaj przedmiotu: obowiązkowy</b>	
<b>Kod przedmiotu: .....</b>	
<b>Grupa kursów: NIE</b>	

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)					30
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)					30
Forma zaliczenia					zaliczenie na ocenę
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS					1
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)					1
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)					0.5

\*niepotrzebne skreślić

<b>WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH</b>
1. Student posiada zaawansowaną wiedzę i umiejętności z fizyki.

<b>CELE PRZEDMIOTU</b>
C1 Poznanie nowych osiągnięć i metod używanych w różnych zastosowaniach fizyki i nanoinżynierii.

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU\_W01 zna główne tendencje rozwojowe dyscypliny – nauki fizyczne

...

Z zakresu umiejętności:

PEU\_U01 potrafi formułować i testować hipotezy związane z prostymi problemami badawczymi związanymi z nanoinżynierią

...

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU\_K01 potrafi myśleć i działać w sposób przedsiębiorczy oraz ma świadomość roli społecznej absolwenta uczelni technicznej a dodatkowo potrafi inicjować działania na rzecz interesu publicznego

Forma zajęć - seminarium		Liczba godzin
Se1	Prezentacje indywidualne dotyczące omówienia aktualnego stanu wiedzy związanego z problematyką realizowanej pracy dyplomowej oraz odniesienia przewidywanego, oryginalnego własnego wkładu do osiągnięć literaturowych	20
Se2	Dyskusja w grupie seminaryjnej nt. stanu wiedzy literaturowej i założonej koncepcji rozwiązania stawianych sobie problemów, składających się na pracę dyplomową	10
	Suma godzin	30

### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Seminarium problemowe, prezentacja

N2. Praca własna studenta - przygotowanie do seminarium

### OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEK_W01 PEK_U01 PEK_K01	ocena prezentacji, wykładu informacyjnego bądź problemowego przygotowanego przez studenta
P=F1		

<b>LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA</b>
<b><u>LITERATURA PODSTAWOWA:</u></b> [1] Czasopisma naukowe z fizyki.
<b><u>LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:</u></b>
<b>OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)</b>
<b>Prof. dr hab. Jan Misiewicz (jan.misiewicz@pwr.wroc.pl)</b>

<b>WYDZIAŁ PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI</b>	
<b>KARTA PRZEDMIOTU</b>	
<b>Nazwa przedmiotu w języku polskim Zaawansowane metody badania struktur półprzewodnikowych – 2</b>	
<b>Nazwa przedmiotu w języku angielskim Advanced methods of studying semiconductor structures – 2</b>	
<b>Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Fizyka Techniczna</b>	
<b>Specjalność (jeśli dotyczy): Nanoinżynieria</b>	
<b>Poziom i forma studiów: II stopień, stacjonarna</b>	
<b>Rodzaj przedmiotu: obowiązkowy</b>	
<b>Kod przedmiotu</b>	.....
<b>Grupa kursów</b>	<b>NIE</b>

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)					30
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)					30
Forma zaliczenia					zaliczenie na ocenę
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS					1
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)					1
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)					0.5

\*niepotrzebne skreślić

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

1. Student posiada zaawansowaną wiedzę i umiejętności z fizyki.

**CELE PRZEDMIOTU**

C1 Poznanie nowych osiągnięć i metod używanych w różnych zastosowaniach fizyki i nanoinżynierii.

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU\_W01 zna główne tendencje rozwojowe dyscypliny – nauki fizyczne

...

Z zakresu umiejętności:

PEU\_U01 potrafi formułować i testować hipotezy związane z prostymi problemami badawczymi związanymi z nanoinżynierią

...

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU\_K01 potrafi myśleć i działać w sposób przedsiębiorczy oraz ma świadomość roli społecznej absolwenta uczelni technicznej a dodatkowo potrafi inicjować działania na rzecz interesu publicznego

Forma zajęć - seminarium		Liczba godzin
Se1	Prezentacje indywidualne dotyczące omówienia aktualnego stanu wiedzy związanego z problematyką realizowanej pracy dyplomowej oraz odniesienia przewidywanego, oryginalnego własnego wkładu do osiągnięć literaturowych	20
Se2	Dyskusja w grupie seminaryjnej nt. stanu wiedzy literaturowej i założonej koncepcji rozwiązania stawianych sobie problemów, składających się na pracę dyplomową	10
	Suma godzin	30

### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Seminarium problemowe, prezentacja

N2. Praca własna studenta - przygotowanie do seminarium

### OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEK_W01 PEK_U01 PEK_K01	ocena prezentacji, wykładu informacyjnego bądź problemowego przygotowanego przez studenta
P=F1		



<b>LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA</b>
<b><u>LITERATURA PODSTAWOWA:</u></b> [1] Czasopisma naukowe z fizyki.
<b><u>LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:</u></b>
<b>OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)</b>
<b>Prof. dr hab. Jan Misiewicz (jan.misiewicz@pwr.wroc.pl)</b>

<b>WYDZIAŁ PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI</b>	
<b>KARTA PRZEDMIOTU</b>	
<b>Nazwa przedmiotu w języku polskim: Zaawansowane metody spektroskopii optycznej</b>	
<b>Nazwa przedmiotu w języku angielskim: Advanced methods of optical spectroscopy</b>	
<b>Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Fizyka Techniczna</b>	
<b>Specjalność (jeśli dotyczy): Nanoinżynieria</b>	
<b>Poziom i forma studiów: II stopień, stacjonarna</b>	
<b>Rodzaj przedmiotu:</b>	<b>obowiązkowy</b>
<b>Kod przedmiotu</b>	.....
<b>Grupa kursów</b>	<b>TAK</b>

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	15			45	15
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	30			90	60
Forma zaliczenia	Egzamin / zaliczenie na ocenę*			Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	6				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)				4	1
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	2.0			1.0	1.0

\*niepotrzebne skreślić

<b>WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH</b>
Kompetencje w zakresie:
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Podstaw fizyki kwantowej</li> <li>2. Podstaw fizyki półprzewodników</li> <li>3. Podstaw spektroskopii</li> </ol>

<b>CELE PRZEDMIOTU</b>
C1. Wprowadzenie pojęć i opisu zjawisk dotyczących optycznych właściwości ciał stałych i nanostruktur, oddziaływania światło-materia oraz sposobów badania nowych materiałów i

nanomateriałów.

C2. Zapoznanie studentów z wybranymi, współczesnymi, zaawansowanymi metodami doświadczalnymi spektroskopii optycznej w badaniach ciał stałych i nanostruktur.

C3. Zapoznanie studentów z różnymi sposobami wyznaczania właściwości optycznych oraz elektronicznych na podstawie widm optycznych oraz zastosowaniem metod spektroskopii optycznej w badaniach nowych materiałów, nanomateriałów i innych struktur niskowymiarowych.

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU\_W01 ma uporządkowaną i zaawansowaną wiedzę na temat metod eksperymentalnych stosowanych w spektroskopii optycznej oraz ma pogłębioną wiedzę dotyczącą aparatury pomiarowej wykorzystywanej w badaniach spektroskopowych oraz zna jej zasady działania

Z zakresu umiejętności:

PEU\_U01 posiada umiejętność planowania i przeprowadzania eksperymentów, interpretowania uzyskanych rezultatów oraz formułowania wniosków, a dodatkowo przy rozwiązywaniu zadania inżynierskiego (a) potrafi projektować – zgodnie z zadaną specyfikacją – układy pomiarowe stosowane w nanoinżynierii używając odpowiednio dobranych metod, technik, narzędzi i materiałów, (b) wykorzystuje metody analityczne, symulacyjne i eksperymentalne, (c) dostrzega różne aspekty, w tym aspekty etyczne, (d) dokonuje wstępnej oceny ekonomicznej proponowanego rozwiązania i podjętego działania inżynierskiego

PEU\_U02 posiada umiejętność opracowania dokumentacji zadania inżynierskiego, przygotowania tekstów oraz prezentacji (w tym multimedialnej) na temat realizacji badań albo zadania projektowego w języku polskim oraz angielskim

PEU\_U03 potrafi kierować pracą zespołu, współdziałać z innymi osobami w ramach prac zespołowych i podejmuje wiodącą rolę w zespołach

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU\_K01 potrafi odpowiedzialnie pełnić rolę zawodowe z uwzględnieniem zmieniających się potrzeb społecznych: rozwija dorobek zawodu, przestrzega i rozwija zasady etyki zawodu oraz działa na rzecz przestrzegania tych zasad

### TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć – wykład		Liczba godzin
Wy1	Wstęp do metod optycznych badania ciał stałych i nanostruktur. Oddziaływanie światła materia. Podstawowe pojęcia spektroskopii i rodzaje widm optycznych.	1
Wy2	Funkcja dielektryczna a widma optyczne. Związki pomiędzy stałymi optycznymi. Metody wyznaczania i analizy podstawowych widm	2

	optycznych - różne realizacje eksperymentalne.	
Wy3	Różne metody wyznaczania widm emisyjnych i absorpcyjnych, ich zalety i ograniczenia (spektroskopia fotoluminescencyjna, spektroskopia wzbudzeniowa)	2
Wy4	Badania optyczne z wysoką rozdzielczością przestrzenną. Zależność kątowna - pomiary w przestrzeni rzeczywistej i przestrzeni pędu.	2
Wy5	Podstawy fizyczne spektroskopii modulacyjnej. Związki pomiędzy zmianami w zespolonej funkcji dielektrycznej i widmami modulacyjnymi o charakterze różniczkowym dla różnych przypadków fizycznych. Efekt Franza-Kielydysza (FK) i efekt Starka dla stanów ograniczonych przestrzennie ( <i>ang. quantum confined Stark effect</i> ).	2
Wy6	Od efektu FK do spektroskopii trzeciej pochodnej. Spektroskopia pierwszej pochodnej. Metody analizy widm. Realizacje eksperymentalne spektroskopii modulacyjnej.	2
Wy7	Techniki wytwarzania laserowych impulsów światła. Metody badawcze ultraszybkiej spektroskopii. Spektroskopia detekcji i korelacji pojedynczych fotonów.	2
Wy8	Zaawansowana spektroskopia fourierowska w podczerwieni do badania nowych materiałów i nanostruktur. Metodologia i różne realizacje eksperymentalne.	2
	Suma godzin	15

<b>Forma zajęć - projekt</b>		<b>Liczba godzin</b>
Pr1	Zajęcia organizacyjne: przepisy BHP obowiązujące w laboratorium, wybór zagadnień na seminarium wstępne, związane z technikami pomiarowymi oraz przyrządami wykorzystywanymi w spektroskopii optycznej, wybór podstawowego zadania badawczego (pomiary dynamiki nośników w strukturach niskowymiarowych, spektroskopia fourierowska w średniej i dalekiej podczerwieni, spektroskopia modulacyjna, mikrofotoluminescencja kropek kwantowych, spektroskopia pobudzania luminescencji)	2
Pr2	Przygotowanie i wygłoszenie prezentacji wstępnej związanej z tematyką przedmiotu.	3
Pr3	Zapoznanie się z wybraną techniką pomiarową oraz układem pomiarowym	5
Pr4	Przygotowanie układu do wykonania wybranego zadania badawczego	5
Pr5	Przeprowadzenie pomiarów	14
Pr6	Analiza uzyskanych danych	5
Pr7	Przygotowanie sprawozdania pisemnego na podstawie uzyskanych wyników pomiarowych	5
Pr8	Przygotowanie i wygłoszenie prezentacji dotyczącej wyników związanej z tematyką przedmiotu	4
Pr9	Omówienie sprawozdań i prezentacji, podsumowanie	2
	Suma godzin	45
<b>Forma zajęć - seminarium</b>		<b>Liczba godzin</b>

Se1	Zajęcia organizacyjne. Omówienie tematów seminariów oraz wymagań. Niezbędna literatura. Ustalenie harmonogramu.	<b>1</b>
Se2- Se8	Zagadnienia seminaryjne do wyboru: 1. Zastosowania współczesnych metod pomiaru widm emisji, w tym mikrofotoluminescencji, do badania nowych materiałów i nanostruktur. x2 2. Zastosowania spektroskopii wzbudzeniowej, również wysokorozdzielczej, do badania nowych materiałów i nanostruktur. x2 3. Wyznaczanie krzywych dyspersyjnych sprzężonych układów elektron (ekscyton) – foton za pomocą pomiaru zależności kątowej odbicia lub emisji. 4. Zastosowania metod ultraszybkiej spektroskopii do badania nowych materiałów i nanostruktur. x2 5. Przykłady zastosowania spektroskopii modulacyjnej do badania nowych materiałów i nanostruktur. x2 6. Przykłady zastosowania spektroskopii korelacji pojedynczych fotonów badania nanostruktur półprzewodnikowych. x2 7. Przykłady zastosowania pomiaru fotoluminescencji oraz spektroskopii modulacyjnej za pomocą spektrometru fourierowskiego do badania materiałów, struktur niskowymiarowych i przyrządów półprzewodnikowych w zakresie średniej i dalekiej podczerwieni. x2	
	Suma godzin	

#### **STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE**

- N1. Wykład z użyciem narzędzi multimedialnych  
N2. Samodzielne wykonanie doświadczeń w laboratorium  
N3. Praca własna studenta - przygotowanie do seminarium i wygłoszenia prezentacji  
N4. Konsultacje

#### **OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ**

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1 (wykład)	PEU_W01 PEU_U01, PEU_K01	Egzamin
F2 (projekt)	PEU_U01, PEU_U03	Sprawozdania z projektu
F3 (seminarium)	PEU_U02	Ocena wystąpienia i prezentacji
$P = F1*0.3 + F2*0.5 + F3*0.2$		

## LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

### **LITERATURA PODSTAWOWA:**

- [1] *Optyczna spektroskopia nanostruktur*, J. Misiewicz, G. Sęk, A. Podhorodecki, materiały elektroniczne – E-Skrypt, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej 2011.
- [2] David Ball, *The basics of Spectroscopy*, SPIE 2001
- [3] *Optical spectroscopy. Methods and Instruments*, N. V. Tkaczenko, Elsevier 2006
- [4] *Introduction to the photoreflectance spectroscopy*, J. Misiewicz, P. Sitarek, G. Sęk, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej 1999
- [5] *Spektroskopia fotoodbiciowa struktur półprzewodnikowych*, J. Misiewicz, G. Sęk, P. Sitarek, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej 1999
- [6] *Ultrafast optics*, W. Weiner, Wiley 2009
- [7] *Advanced Time-Correlated Single Photon Counting Techniques*, W. Becker, Springer 2005

### **LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:**

- [1] *Fundamentals of Semiconductors: Physics and Materials Properties*, Peter Yu, Manuel Cardona, Springer 2010.
- [2] *Półprzewodniki i struktury półprzewodnikowe*, K. Sierański, M. Kubisa, J. Szatkowski, J. Misiewicz, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej 2002
- [3] *Optyka struktur półprzewodnikowych*, J. Misiewicz, P. Podemski, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej 2008
- [4] Artykuły naukowe z zakresu zaawansowanych metod spektroskopowych na podstawie baz danych (ACS, AIP, IOP, Wiley, Springer, Elsevier)
- [5] Strony internetowe producentów elementów urządzeń i aparatury do pomiarów spektroskopowych (np. [www.scontel.ru](http://www.scontel.ru), [www.hamamatsu.com](http://www.hamamatsu.com), [www.bruker.com](http://www.bruker.com), [www.edmundoptics.com](http://www.edmundoptics.com), [www.picoquant.com](http://www.picoquant.com), [www.horiba.com/us/en/scientific](http://www.horiba.com/us/en/scientific), [www.newport.com](http://www.newport.com), [www.coherent.com](http://www.coherent.com), [www.oceaninsight.com](http://www.oceaninsight.com), [www.picoquant.com](http://www.picoquant.com), etc.)

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

Grzegorz Sęk ([grzegorz.sek@pwr.edu.pl](mailto:grzegorz.sek@pwr.edu.pl))

<b>WYDZIAŁ PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI</b>	
<b>KARTA PRZEDMIOTU</b>	
<b>Nazwa przedmiotu w języku polskim: Zjawiska transportu ładunku i spinu w nanostrukturach</b>	
<b>Nazwa przedmiotu w języku angielskim: Charge and spin transport phenomena in nanostructures</b>	
<b>Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Fizyka Techniczna</b>	
<b>Specjalność (jeśli dotyczy): Nanoingenieria</b>	
<b>Poziom i forma studiów:</b>	<b>II stopień, stacjonarna</b>
<b>Rodzaj przedmiotu:</b>	<b>obowiązkowy</b>
<b>Kod przedmiotu</b>	.....
<b>Grupa kursów</b>	<b>TAK</b>

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30				30
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	45				45
Forma zaliczenia	<del>Egzamin</del> / zaliczenie na ocenę*				<del>Egzamin</del> / zaliczenie na ocenę*
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	3				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)					2
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	0.5				1.0

\*niepotrzebne skreślić

<b>WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH</b>
Zaliczone kursy: Mechanika kwantowa – 1; Fizyka ciała stałego – 1; Podstawy fizyki półprzewodników.

<b>CELE PRZEDMIOTU</b>
C1 Nabycie zaawansowanej wiedzy, z uwzględnieniem jej aspektów aplikacyjnych, dotyczącej zjawisk transportu ładunku i spinu (spintroniki) w nanostrukturach.
C2 Zdobycie umiejętności samodzielnego pozyskiwania wiedzy z literatury naukowej.

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU\_W01 posiada zaawansowaną wiedzę dotyczącą zjawisk transportowych w nanostrukturach półprzewodnikowych

PEU\_W02 posiada podstawową wiedzę dotyczącą spintroniki, włącznie z jej aplikacyjnymi aspektami

Z zakresu umiejętności:

PEU\_U01 umie stosować zdobytą wiedzę w praktyce naukowej i technicznej

PEU\_U02 umie poszerzać wiedzę w oparciu o literaturę naukową

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU\_K01 rozumie konieczność samokształcenia

### TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1-Wy2	Wprowadzenie do fizyki struktur półprzewodnikowych: inżynieria przerwy, struktura pasmowa, aspekty materiałowe, wytwarzanie struktur 2D, 1D i 0D	3
Wy2-Wy3	Fizyka spinu elektronowego, własności magnetyczne ciał stałych	3
Wy4-Wy5	Transport elektryczny w układach niskowymiarowych: model Drude'go - Boltzmanna, mechanizmy rozpraszania, wysokie ruchliwości, tensor magnetoprzewodnictwa, konfiguracje pomiarowe	5
Wy6	Transport balistyczny w strukturach 1D: model Landauera-Bütikkera	1
Wy6-Wy8	Magnetotransport w wysokich polach magnetycznych i kwantowy efekt Hall'a	4
Wy9	Oddziaływanie spin-orbita w ciele stałym: wpływ na strukturę pasmową półprzewodnikow, zjawiska Rashby i Dresselhaus'a	2
Wy10	Transport elektronowy w materiałach magnetycznych. Zjawiska magnetooporowe: AMR, GMR, TMR	2
Wy11-Wy12	Elektryczne wstrzykiwanie i detekcja spinów w materiałach niemagnetycznych.	4
Wy13	Prądy spinowe: dyfuzja, relaksacja, manipulacja. Tranzystor spinowy.	2
Wy14	Spinowy efekt Halla i kwantowy spinowy efekt Halla	2
Wy15	Transport w strukturach 0D: blokada kulombowska, kropki kwantowe z pojedynczym spinem	2
	Suma godzin	<b>30</b>

Forma zajęć - seminarium	Liczba
--------------------------	--------



		godzin
<b>Rozwinięcie zagadnień omawianych na wykładzie</b>		
Se1	Nowoczesne materiały dwuwymiarowe	2
Se2	Rozcieńczone półprzewodniki magnetyczne	2
Se3	Efekt Halla w materiałach magnetycznych	1
Se3-Se4	Zastosowanie modelu Landauera-Büttikera do obliczania przewodnictwa różnych struktur	2
Se4	Źródła kwantyzacji w kwantowym efekcie Halla	1
Se5	Wstrzykiwanie i detekcja spinów: komplementarne metody optyczne	2
Se6-Se7	Przyrządy spintroniczne	3
Se7-Se8	Spin elektronu a komputacja kwantowa	2
Se8-Se15	<b>Omówienie wybranych publikacji z literatury naukowej ilustrujących wybrane zagadnienia</b>	<b>15</b>
Suma godzin		<b>30</b>

### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

- N1. Wykład problemowy.  
N2. Seminarium z interaktywnym udziałem studentów.

### OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1 (wykład)	PEU_W01-W02 PEU_U01-U02, PEU_K01	Kolokwium..
F2 (seminarium)	PEU_U01-U02	Kolokwium. Dyskusje.
P = F1*0.5 + F2*0.5		

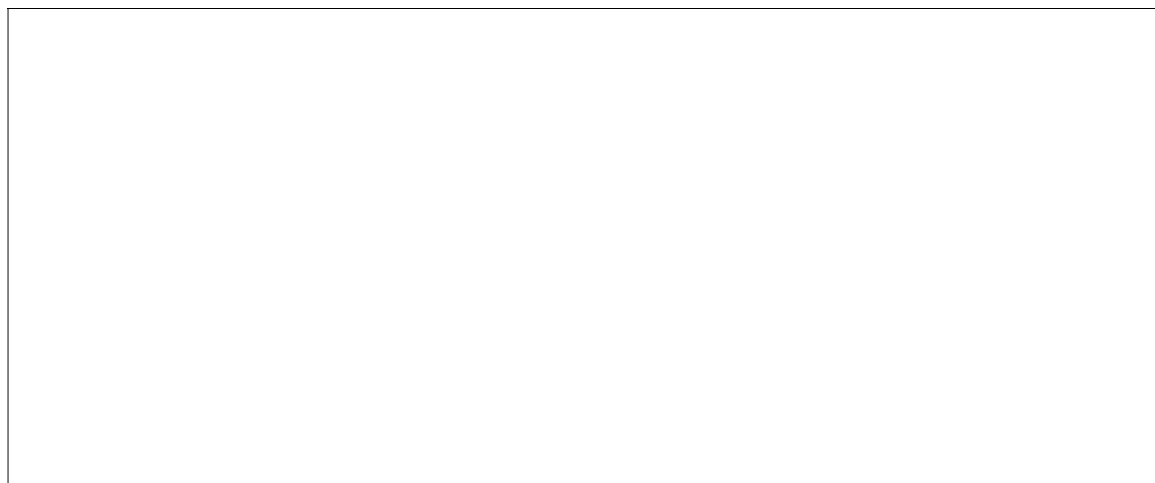
### LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

#### **LITERATURA PODSTAWOWA:**

- [1] T. Ihn: *Semiconductor nanostructures: quantum states and electronic transport*, Oxford University Press, Oxford, 2010  
[2] T. Schäpers: *Semiconductor Spintronics*, De Greuter, Berlin/Boston, 2016

#### **LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:**

- [1] S. Datta: *Electronic transport in mesoscopic systems*, Cambridge University Press, Cambridge, 2007  
[2] J. H. Davies: *Physics of low-dimensional semiconductors*, Cambridge University Press, Cambridge, 2009  
[3] T. Heinzl, *Mesoscopic electronics in solid state nanostructures*, Wiley-VCH, Weinheim, 2007  
[4] P. Yu, M. Cardona, *Fundamentals of Semiconductors*, Springer, Berlin 2005  
[5] Wybrane artykuły z czasopism naukowych



**OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIĘ, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)**

**Mariusz Ciorga (Mariusz.Ciorga@physik.uni-regensburg.de)**

<b>WYDZIAŁ PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI</b>	
<b>KARTA PRZEDMIOTU</b>	
<b>Nazwa przedmiotu w języku polskim: Zaawansowane metody badania dielektryków</b>	
<b>Nazwa przedmiotu w języku angielskim: Advanced techniques of dielectric investigations</b>	
<b>Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Fizyka Techniczna</b>	
<b>Specjalność (jeśli dotyczy): Nanoinżynieria</b>	
<b>Poziom i forma studiów: II stopień, stacjonarna</b>	
<b>Rodzaj przedmiotu:</b>	<b>wybieralny</b>
<b>Kod przedmiotu</b>	.....
<b>Grupa kursów</b>	<b>TAK</b>

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	15			15	
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	45			45	
Forma zaliczenia	Egzamin / zaliczenie na ocenę*			Egzamin / zaliczenie na ocenę*	
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	3				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)				2	
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	1.0			0.5	

\*niepotrzebne skreślić

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

1. Fizyka ciała stałego.
2. Wstęp do fizyki dielektryków.

**CELE PRZEDMIOTU**

- C1. Nabycie wiedzy w zakresie rozpoznawania procesów fizycznych zachodzących w dielektrykach.
- C2. Zdobywanie wiedzy na temat zaawansowanych metod charakteryzacji materiałów dielektrycznych.
- C3. Poznanie możliwości aplikacyjnych dielektryków.

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU\_W01 posiada wiedzę na temat rozpoznawania procesów fizycznych zachodzących w materiałach dielektrycznych

PEU\_W02 posiada wiedzę na temat zaawansowanych metod badania właściwości fizycznych dielektryków

PEU\_W03 ma podstawową wiedzę praktyczną na temat technik pomiarowych wielkości fizycznych charakteryzujących dielektryki

Z zakresu umiejętności:

PEU\_U01 potrafi przeprowadzić analizę klasyfikującą dielektryk do grupy materiałów polarnych

PEU\_U02 potrafi zanalizować procesy występujące w widmach dielektrycznych

PEU\_U03 potrafi dopasować model relaksacji do zbadanego widma dielektrycznego

PEU\_U04 potrafi opisać zmiany właściwości dielektrycznych wywołanych temperaturą, ciśnieniem oraz efektami rozmiarowymi

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU\_K01 rozumie potrzebę formułowania i przekazywania społeczeństwu (m.in. poprzez środki masowego przekazu) informacji i opinii dotyczących nanoinżynierii; potrafi przekazać takie informacje w sposób powszechnie zrozumiały

### TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Szerokopasmowa spektroskopia impedancyjna: pomiary dielektryczne, modele pola lokalnego, równania Kramersa-Kroniga, interpretacja widm rotacyjno-translacyjnych.	2
Wy2	Szerokopasmowa spektroskopia impedancyjna: modele relaksacji dielektrycznej.	2
Wy3	Efekty czasowe w dielektrykach. Metody przełączania polaryzacji oraz przenikalności dielektrycznej.	2
Wy4	Badania wpływ naprężeń na właściwości fizyczne dielektryków: wpływ ciśnienia hydrostatycznego na właściwości elektryczne oraz strukturalne, rola naprężeń jednoosiowych na stabilność faz polarnych	2
Wy5	Metody badania niecentrosymetryczności faz w dielektrykach: pomiary nieliniowe P-E, PFM, piezoeffektu, piroprądu, SHG	2
Wy6	Niskowymiarowe efekty w dielektrykach.	2
Wy7	Kolokwium zaliczeniowe.	1
	Suma godzin	<b>15</b>

Forma zajęć - projekt		Liczba godzin
Pr1	Pomiary relaksacji dipolowej w dielektrykach polarnych.	8
Pr2	Pomiary odwracalnego przełączania przenikalności dielektrycznej.	7

Suma godzin	15
-------------	----

### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

- N1. Wykład  
 N2. Zajęcia w laboratorium – wykonanie pomiarów, opracowanie i interpretacja wyników pomiarów, dyskusja na temat wyników.  
 N3. Praca własna – samodzielne studia i przygotowanie do zalecenia.  
 N4. Konsultacje

### OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1 (wykład)	PEU_W01 PEU_W02	Kolokwium zaliczeniowe
F2 (projekt)	PEU_W03 PEU_U01 PEU_U02 PEU_U03 PEU_U04 PEU_K01	Ocena raportów oraz ocena prezentacji podczas dyskusji podsumowującej zajęcia laboratoryjne
P = F1*0.5+F2*0.5		

### 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. Broadband Dielectric Spectroscopy. Editors: Friedrich Kremer; Andreas Schönhals
3. M.E. Lines and A.M. Glass, Principles and application of ferroelectrics and related materials, Clarendon Press, Oxford (1977).
4. B.A. Strukov and A. P. Levanyuk, Ferroelectric Phenomena in Crystals Springer, Berlin, Heidelberg (1998)

#### **LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:**

[1] Artykuły naukowe

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

Adam Sieradzki, adam.sieradzki@pwr.edu.pl