Zał. nr 5 do ZW 8/2020
Załącznik nr … do programu studiów

WYDZIAŁ PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI

**KARTA PRZEDMIOTU**

**Nazwa przedmiotu w języku polskim: Zaawansowane metody spektroskopii optycznej**
**Nazwa przedmiotu w języku angielskim: Advanced methods of optical spectroscopy**
**Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Fizyka Techniczna**
**Specjalność (jeśli dotyczy): Nanoinżynieria**
**Poziom i forma studiów: II stopień, stacjonarna**
**Rodzaj przedmiotu: obowiązkowy**
**Kod przedmiotu …….**
**Grupa kursów TAK**

| | 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

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

Kompetencje w zakresie:

1. Podstaw fizyki kwantowej
2. Podstaw fizyki półprzewodników
3. Podstaw spektroskopii

\

**CELE PRZEDMIOTU**

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 wiodąca 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 światło 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 kątowa - 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-Kiełdysza (FK) i efekt Starka dla stanów ograniczonych przestrzennie (*ang. quantum confined Stark effect*). | **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** |

| **Forma zajęć - projekt** | | **Liczba godzin** |
|---|---|---|
| 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 technika 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** |

| **Forma zajęć - seminarium** | **Liczba godzin** |
|---|---|

| | | |
|---|---|---|
| Se1 | Zajęcia organizacyjne. Omówienie tematów seminariów oraz wymagań. Niezbędna literatura. Ustalenie harmonogramu. | **1** |
| Se2-Se8 | Zagadnienia seminaryjne do wyboru:<br>1. Zastosowania współczesnych metod pomiaru widm emisji, w tym mikrofotoluminescencji, do badania nowych materiałów i nanostruktur. x2<br>2. Zastosowania spektroskopii wzbudzeniowej, również wysokorozdzielczej, do badania nowych materiałów i nanostruktur. x2<br>3. Wyznaczanie krzywych dyspersyjnych sprzężonych układów elektron (ekscyton) – foton za pomocą pomiaru zależności kątowej odbicia lub emisji.<br>4. Zastosowania metod ultraszybkiej spektroskopii do badania nowych materiałów i nanostrutkur. x2<br>5. Przykłady zastosowania spektroskopii modulacyjnej do badania nowych materiałów i nanostruktur. x2<br>6. Przykłady zastosowania spektroskopii korelacji pojedynczych fotonów badania nanostruktur półprzewodnikowych. x2<br>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 mulitmedialnych<br>N2. Samodzielne wykonanie doświadczeń w laboratorium<br>N3. Praca własna studenta - przygotowanie do seminarium i wygłoszenia prezentacji<br>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<br>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, www.hamamatsu.com, www.bruker.com, www.edmundoptics.com, www.picoquant.com, www.horiba.com/us/en/scientific, www.newport.com, www.coherent.com, www.oceaninsight.com, www.picoquant.com, etc.)


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


**Grzegorz Sęk (grzegorz.sek@pwr.edu.pl)**