

**SYLABUS PRZEDMIOTU – SZKOŁA DOKTORSKA  
CYKL KSZTAŁCENIA OD 2025/2026 DO 2028/2029**

**OGÓLNE INFORMACJE O PRZEDMIOCIE**

Tytuł przedmiotu	<b>PRZEDMIOT FAKULTATYWNY SPECJALISTYCZNY: <i>Fizyka optyczna</i></b>
Nazwa jednostki realizującej przedmiot	Szkoła Doktorska w Uniwersytecie Rzeszowskim
Typ przedmiotu ( <i>obowiązkowy, fakultatywny</i> )	<i>Fakultatywny specjalistyczny</i>
Rok/semestr	rok I i rok II/ semestr: II i IV
Dyscyplina	<b><i>nauki fizyczne</i></b>
Język wykładowy	język polski/język angielski
Imię i nazwisko koordynatora przedmiotu	<b>dr hab. Wojciech Szajna, prof. UR</b>
Imię i nazwisko osoby prowadzącej/osób prowadzących przedmiot	<b>dr hab. Wojciech Szajna, prof. UR</b>
Wymagania wstępne	Ugruntowana i pogłębiona wiedza w dyscyplinie nauki fizyczne, ze szczególnym uwzględnieniem optyki, elektrodynamiki klasycznej oraz mechaniki kwantowej. Umiejętność swobodnego posługiwania się aparatem matematycznym właściwym dla fizyki falowej i mechaniki kwantowej. Znajomość języka angielskiego na poziomie B2 ESOKJ, umożliwiającą pracę z literaturą specjalistyczną oraz swobodną konwersację w wykorzystaniu słownictwa specjalistycznego.

**STRESZCZENIE PRZEDMIOTU**

(syntetyczny opis treści oraz celów przedmiotu; 100-200 słów)

Przedmiot fakultatywny specjalistyczny *Fizyka optyczna*, ma na celu uporządkowanie, pogłębienie oraz integrację wiedzy doktoranta w zakresie współczesnej optyki, ze szczególnym uwzględnieniem teoretycznych wymagań opisu natury światła oraz jego oddziaływania z materią. Zakres tematyczny obejmuje analizę natury światła, procesów związanych z jego propagacją w różnych ośrodkach oraz mechanizmów oddziaływania promieniowania elektromagnetycznego z materią w ujęciu klasycznym i kwantowym. Omawiane zagadnienia prezentowane są w trzech komplementarnych podejściach teoretycznych: optyce geometrycznej, optyce falowej i optyce kwantowej. Główny nacisk w ramach zajęć zostanie położony na zrozumienie i pogłębione wyjaśnienie zjawisk charakterystycznych dla każdego z wymienionych podejść, z uwzględnieniem jego założeń, zakresu stosowalności oraz ograniczeń formalnych i interpretacyjnych.

**EFEKTY UCZENIA SIĘ DLA PRZEDMIOTU I METODY WERYFIKACJI**

Symbol efektu uczenia się	Zakładane efekty uczenia się	Odniesienie do efektów uczenia się dla kwalifikacji na poziomie 8 PRK (symbol)	Forma zajęć dydaktycznych (w., ćw., itp.)	Metody weryfikacji (np.: kolokwium, egzamin ustny, egzamin pisemny, projekt itp.)
Wiedza: Lp.	Wiedza: <i>zna i rozumie, posiada wiedzę</i>			
<b>P8S_WG1</b>	Posiada szeroką wiedzę teoretyczną popartą własnymi doświadczeniami badawczymi	P8S_WG	konwersatorium	aktywność na zajęciach, prezentacja, projekt

	oraz zna aktualny dorobek z zakresu współczesnej optyki, potrafi w sposób obiektywny odnieść się do istniejących paradygmatów na temat optyki i praw fizycznych obowiązujących w optyce geometrycznej, falowej i kwantowej.			
<b>P8S_WG2</b>	Zna światowe trendy rozwoju nauk fizycznych z ukierunkowaniem na szeroko pojętą optykę oraz rozumie potrzebę ciągłego odkrywania i aktualizowania wiedzy związanej z tematem współczesnej optyki.	P8S_WG	konwersatorium	aktywność na zajęciach, prezentacja, projekt
<b>P8S_WG3</b>	Posiada interdyscyplinarną wiedzę z zakresu fizyki, w tym również z zakresu współczesnej optyki, zna i rozumie terminologię używaną w dyscyplinie nauki fizyczne w tym w optyce geometrycznej, falowej i kwantowej.	P8S_WG	konwersatorium	aktywność na zajęciach, prezentacja, projekt
<b>P8S_WK1</b>	Posiada wiedzę dotyczącą wpływu rozwoju postępu technicznego i technologii na postęp cywilizacji, w tym na odkrywanie nowych możliwości związanych z dyscypliną nauki fizyczne z zakresu współczesnej optyki.	P8S_WK	konwersatorium	aktywność na zajęciach, prezentacja, projekt
Umiejętności: Lp.	Umiejętności: <i>potrafi</i>			
<b>P8S_UW1</b>	W oparciu o interdyscyplinarną wiedzę z dziedziny nauk ścisłych i przyrodniczych potrafi merytorycznie formułować i wyznaczać do realizacji ambitne cele naukowe, związane z badaniami nad naturą światła i oraz zjawiskami fizycznymi zachodzącymi w optyce geometrycznej, falowej i kwantowej. Potrafi identyfikować i doskonalić metody, techniki i narzędzia badawcze, a także wyciągać konstruktywne wnioski na podstawie uzyskiwanych efektów pracy badawczej.	P8S_UW	konwersatorium	aktywność na zajęciach, prezentacja, projekt
<b>P8S_UW2</b>	W oparciu o dostępne światowe publikacje potrafi diagnozować i rozwiązywać problemy badawczo-naukowe związane z naturą światła i jego oddziaływaniem z materią	P8S_UW	konwersatorium	aktywność na zajęciach, prezentacja, projekt

	od strony teoretyczno-koncepcyjnej z uwzględnieniem różnych modeli opisu (geometrycznego, falowego i kwantowego), oraz zastosować właściwy tok postępowania do tworzenia nowych elementów dorobku naukowego.			
<b>P8S_UW3</b>	Potrafi bezstronnie odnieść się przedstawiając argumenty sformułowane na podstawie dokonanej analizy wyników badań naukowych, prac eksperckich i innych opracowań specjalistycznych z zakresu fizyki optycznej, w tym optyki geometrycznej, falowej i kwantowej.	P8S_UW	konwersatorium	aktywność na zajęciach, prezentacja, projekt
<b>P8S_UK6</b>	Potrafi prezentować prace badawczą w oparciu o dostępną w temacie literaturę i własne wyniki pracy badawczej w dziedzinie optyki geometrycznej, falowej i kwantowej, potrafi aktywnie uczestniczyć w wymianie myśli w różnym środowisku posługując się językiem rodzimym i językiem obcym na poziomie B2 ESOKJ, potrafi podjąć praktyczną współpracę z międzynarodowym środowiskiem naukowym i zawodowym.	P8S_UK	konwersatorium	aktywność na zajęciach, prezentacja, projekt
Kompetencje społeczne: Lp.	Kompetencje społeczne: <i>jest gotów do</i>			
<b>P8S_KK3</b>	Jest gotów do wymiany myśli, prowadzenia merytorycznej dyskusji naukowej oraz do rozwiązywania problemów poznawczych i praktycznych wykorzystując posiadaną wiedzę z zakresu zgłębianej naukowo dyscypliny nauki fizyczne, ze szczególnym uwzględnieniem współczesnej optyki.	P8S_KK	konwersatorium	aktywność na zajęciach, prezentacja, projekt

**FORMY ZAJĘĆ DYDAKTYCZNYCH, WYMIAR GODZIN I PUNKTÓW**

Semestr (nr)	Wykład	Ćw./Konw.	Lab.	Prakt.	Inne	Liczba pkt. ECTS
<b>II, IV</b>	-	15 godz.	-	-	-	2

## METODY DYDAKTYCZNE

- konwersatoria;
- dyskusja;
- prezentacja.

## TREŚCI PROGRAMOWE

Merytoryczny opis treści tematycznych zajęć:

Optyka geometryczna: Podstawowe zasad propagacji światła w przybliżeniu promieniowym oraz zastosowanie ich do analizy obrazów optycznych.

1. Propagacja promieni świetlnych w ośrodkach jednorodnych i niejednorodnych.
2. Odbicie i załamanie światła – prawo odbicia, prawo Snelliusa, całkowite wewnętrzne odbicie, optyka światłowodowa.
3. Zwierciadła i soczewki – konstrukcja obrazów, powiększenie, ogniskowanie, ...
4. Przyrządy i układy optyczne: oko, mikroskop, luneta, teleskop, ...
5. Aberracje optyczne i ich korekcja.

Optyka falowa: Falowa natura światła oraz wyjaśnienie zjawisk interferencji, dyfrakcji i polaryzacji.

1. Równanie falowe i jego rozwiązania – fala harmoniczna, fala płaska, fala sferyczna, fale w ośrodkach jednorodnych i niejednorodnych.
2. Podstawowe prawa teorii elektromagnetycznej – równania Maxwella.
3. Światło jako fala elektromagnetyczna – energia i pęd, natężenie światła, prawo odwrotności kwadratów.
4. Interferencja światła – warunki spójności, doświadczenie Younga, interferometry.
5. Dyfrakcja – ugięcie na szczelinach, siatki dyfrakcyjne, granice stosowalności przyrządów optycznych.
6. Polaryzacja – opis matematyczny, metody wytwarzania i pomiaru polaryzacji, zastosowania w optyce eksperymentalnej.
7. Rozpraszanie i absorpcja światła – zjawisko Rayleigha, prawo Lamberta-Beera.
8. Zdolność rozdzielcza układów optycznych w ujęciu falowym.

Optyka kwantowa: Kwantowa natury światła i zastosowanie pojęć kwantowych do wyjaśniania zjawisk optycznych, niedostępnych w klasycznej optyce falowej.

1. Fotony i dualizm korpuskularno-falowy światła.
2. Widmo elektromagnetyczne fotonów – długości fali, częstotliwości, energie i zastosowania w optyce i fizyce kwantowej.
3. Kwantyzacja energii promieniowania – teoria promieniowania ciała doskonale czarnego.
4. Efekt fotoelektryczny – teoria i interpretacja eksperymentalna.
5. Zjawisko Comptona i inne oddziaływania fotonów z materią.
6. Emisja spontaniczna i wymuszona – zasady działania laserów.

## WARUNKI ZALICZENIA PRZEDMIOTU (KRYTERIA OCENIANIA)

***Egzamin odbywa się po każdym semestrze realizacji przedmiotu (semestr: 2, 4, 6)***

Warunki egzaminu: Egzamin z przedmiotu Fizyka optyczna obejmuje materiał z trzech działów: optyki geometrycznej, falowej i kwantowej, w zakresie teorii, opisu i interpretacji zjawisk oraz zastosowania aparatu matematycznego i fizycznego do opisu efektów oddziaływania światła z materią. Egzamin ma wykazać wysokie umiejętności doktoranta w zakresie łączenia podejść klasycznych i kwantowych, ze szczególnym uwzględnieniem rozumienia granic stosowalności poszczególnych modeli. W ramach egzaminu doktorantka/doktorant przygotowuje wystąpienie (prezentację) na wskazany przez nauczyciela temat z zakresu zagadnień związanych z tematyką przedmiotu.

Ponadto ocenia podlegać będzie

- aktywność, systematyczność pracy doktorantki/doktoranta;
- umiejętność prowadzenia dyskusji i wyciągania konstruktywnych wniosków;
- obecność doktorantki/doktoranta na zajęciach.

Wymagania odpowiadające poszczególnym ocenom:

Ocena bardzo dobra:

- wystąpienie kompletne, pogłębione, bezbłędne operowanie zastosowanym aparatem matematycznym, interpretacja wyników twórcza; wnioski w prawidłowe i pełni konstruktywne;
- wysoka merytoryczna aktywność i zaangażowanie w trakcie zajęć;
- widoczna umiejętność prowadzenia dyskusji i wyciągania konstruktywnych wniosków;
- obecność na co najmniej 4/5 ogólnego wymiaru zajęć;
- aktywne korzystanie z zaproponowanej literatury, rozszerzane i pogłębiane we własnym zakresie.

Ocena plus dobra:

- wystąpienie wyczerpujące większość aspektów problemu; zastosowanie aparatu matematycznego i fizycznego poprawne; interpretacja wyników trafna;
- znaczna aktywność w trakcie zajęć;
- obecność na co najmniej 4/5 ogólnego wymiaru zajęć;
- widoczna zadowalająca umiejętność prowadzenia dyskusji i wyciągania wniosków;
- aktywne korzystanie z zaproponowanej literatury.

Ocena dobra:

- wystąpienie obejmuje główne zagadnienia, zastosowanie narzędzi poprawne, wnioski logiczne; wystąpienie jasne i spójne;
- zadowalająca merytoryczna aktywność w trakcie zajęć;
- obecność na co najmniej 4/5 ogólnego wymiaru zajęć;
- umiarkowana umiejętność prowadzenia dyskusji i wyciągania wniosków;
- zadowalające korzystanie z zaproponowanej literatury.

Ocena plus dostateczna:

- wystąpienie częściowo kompletne, interpretacja wyników częściowo poprawna; wystąpienie zrozumiałe, choć niepełne;
- umiarkowany stopień merytorycznej aktywności w trakcie zajęć;
- obecność na co najmniej 3/5 ogólnego wymiaru zajęć;
- umiarkowanie słaba umiejętność prowadzenia dyskusji i wyciągania wniosków;
- umiarkowane korzystanie z zaproponowanej literatury.

Ocena dostateczna:

- wystąpienie minimalne (ograniczone), omawia wybrane aspekty; wnioski ogólne, częściowo poprawne;
- mały stopień aktywności w trakcie zajęciach;
- obecność na co najmniej 3/5 ogólnego wymiaru zajęć;
- słaba umiejętność prowadzenia dyskusji i wyciągania wniosków;
- sporadyczne korzystanie z zaproponowanej literatury.

Ocena niedostateczna:

- wystąpienie niekompletne lub błędne merytorycznie; nie obejmuje kluczowych aspektów problemu, aparat matematyczny i fizyczny zastosowany niepoprawnie, interpretacja wyników i wnioski nieadekwatne lub brak wniosków;
- brak aktywności w trakcie zajęć;
- brak umiejętności prowadzenia dyskusji i wyciągania wniosków;
- nieobecność na ponad 3/5 ogólnego wymiaru zajęć;
- brak korzystania z zaproponowanej literatury.

CAŁKOWITY NAKŁAD PRACY DOKTORANTA POTRZEBNY DO OSIĄGNIĘCIA ZAŁOŻONYCH EFEKTÓW  
W GODZINACH ORAZ PUNKTACH ECTS

Forma aktywności	Średnia liczba godzin na zrealizowanie aktywności
Godziny realizowane w kontakcie bezpośrednim wynikające z programu studiów	15

Inne z udziałem nauczyciela (udział w konsultacjach, egzaminie)	<b>1</b>
Godziny realizowane samodzielnie przez doktoranta (przygotowanie do zajęć, egzaminu, napisanie referatu itp.)	<b>44</b>
<b>SUMA GODZIN</b>	<b>60</b>
<b>SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS *</b>	<b>2</b>
<b>LITERATURA</b>	
Literatura podstawowa:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. E. Hecht, <i>Optyka</i>, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2013.</li> <li>2. M. Born, E. Wolf, <i>Zasady optyki</i>, PWN, Warszawa, 2003.</li> <li>3. Samuel J. Ling, Jeff Sanny, William Moebs, <i>Fizyka dla szkół wyższych, Tom 3</i>, Openstax Polska 2018.</li> <li>4. W. Demtröder, <i>Spektroskopia laserowa</i>, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 1993.</li> </ol>
Literatura uzupełniająca:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. D. Halliday, R. Resnick, <i>Podstawy fizyki. Tom 4</i>, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2012.</li> <li>2. Sz. Szczeniowski, <i>Fizyka doświadczalna, Część IV, Optyka</i>, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 1983.</li> </ol>

**\*(1 PUNKT ECTS ODPOWIADA OD 25 – 30 GODZIN CAŁKOWITEGO NAKŁADU PRACY DOKTORANTA, POTRZEBNEGO DO OSIĄgniĘCIA ZAŁOŻONYCH EFEKTÓW)**

.....  
Data i podpis prowadzącego przedmiotu

.....  
Akceptacja Kierownika Jednostki lub osoby upoważnionej