

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

OGÓLNE INFORMACJE O PRZEDMIOCIE				
Tytuł przedmiotu	SEMINARIUM DOKTORANCKIE			
Nazwa jednostki realizującej przedmiot	Szkoła Doktorska Uniwersytetu Rzeszowskiego			
Typ przedmiotu (obowiązkowy, fakultatywny)	przedmiot obowiązkowy			
Rok/semestr	rok I -IV, semestr: I - VII			
Dyscyplina	Nauki fizyczne			
Język wykładowy	język polski/język angielski			
Imię i nazwisko koordynatora przedmiotu	Dr hab. Rafał Hakalla, prof. UR			
Imię i nazwisko osoby prowadzącej/osób prowadzących przedmiot	Dr hab. Rafał Hakalla, prof. UR			
Wymagania wstępne	Wykształcenie akademickie na poziomie studiów magisterskich na kierunku fizyka. Wiedza, umiejętności i kompetencje społeczne na poziomie 7 Polskiej Ramy Kwalifikacji. Znajomość języka obcego na poziomie B2, umożliwiającym korzystanie z obcojęzycznych źródeł informacji naukowej, przygotowywanie publikacji oraz prezentację dorobku naukowego na konferencjach specjalistycznych.			
STRESZCZENIE PRZEDMIOTU				
(syntetyczny opis treści oraz celów przedmiotu; 100-200 słów)				
Celem przedmiotu Seminarium doktoranckiego , jest pogłębienie wiedzy teoretycznej, doświadczalnej i metodologicznej w zakresie spektroskopii molekularnej wysokiej rozdzielczości oraz prezentacji i krytycznej analizy aktualnych wyników badań naukowych. W ramach zajęć omawiane są nowoczesne techniki eksperymentalne i obliczeniowe stosowane w spektroskopii rotacyjnej, wibracyjnej i elektronowej, ze szczególnym uwzględnieniem prowadzenia badań doświadczalnych, takich jak rejestracja widm z wykorzystaniem zaawansowanej aparatury pomiarowej, optymalizacja warunków eksperymentu oraz ocena niepewności pomiarowych. Istotnym elementem seminarium doktoranckiego jest dyskusja literatury światowej oraz prezentacja postępów własnych badań doktorantów, ze szczególnym uwzględnieniem problemów badawczych, interpretacji wyników i ich znaczenia dla nauk fizycznych oraz nauk pokrewnych (astrofizyki, chemii fizycznej, fizyki atmosfery). Celem przedmiotu jest rozwijanie umiejętności samodzielnego prowadzenia badań naukowych, krytycznego myślenia oraz komunikowania wyników w formie wystąpień ustnych i dyskusji naukowych. Seminarium doktoranckie przygotowuje doktorantów do aktywnego uczestnictwa w środowisku naukowym oraz do realizacji rozprawy doktorskiej na poziomie międzynarodowym.				
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.	zna i rozumie, posiada wiedzę			
P8S_WG1	Posiada rozległą wiedzę teoretyczną, podparta doświadczeniem badawczym i zna aktualny dorobek naukowy w tym światowy z zakresu odbywanego kształcenia w dyscyplinie naukowej: nauki fizyczne, ze szczególnym uwzględnieniem spektroskopii	P8S_WG	seminarium	wypowiedź ustna, dyskusja

	molekularnej wysokich rozdzielczości w stopniu pozwalającym na potwierdzanie bądź obalenie istniejących paradygmatów.			
P8S_WG2	Zna kierunki rozwoju badań naukowych w dyscyplinie naukowej nauki fizyczne, ze szczególnym uwzględnieniem spektroskopii molekularnej wysokich rozdzielczości i najnowsze odkrycia, w tym także światowe w dyscyplinie w której odbywa się kształcenie.	P8S_WG	seminarium	wypowiedź ustna, dyskusja
P8S_WG3	Zna, rozumie i potrafi stosować pojęcia używane przez naukowców i specjalistów w dyscyplinie nauki fizyczne i dyscyplinach pokrewnych, ze szczególnym uwzględnieniem spektroskopii molekularnej wysokich rozdzielczości w języku rodzimym i obcym, wiodącym dla dyscypliny.	P8S_WG	seminarium	wypowiedź ustna, dyskusja
Umiejętności: Lp.	<i>potrafi</i>			
P8S_UW1	W oparciu o posiadaną wiedzę z różnych dziedzin nauki potrafi identyfikować i rozwiązywać problem badań naukowych z zakresu spektroskopii molekularnej wysokich rozdzielczości, definiować cel, formułować hipotezę i przedmiot badań naukowych, dobierać i doskonalić techniki, metody i narzędzia badawcze oraz wnioskować na podstawie wyników badań naukowych.	P8S_UW	seminarium	wypowiedź ustna, dyskusja, prace pisemne
P8S_UW2	Potrafi dobrać i wykorzystać dostępną literaturę naukową do diagnozowania i rozwiązywania problemów badawczych oraz działań innowacyjnych w prowadzonej pracy badawczej z zakresu spektroskopii molekularnej wysokich rozdzielczości a także zastosować właściwy warsztat do tworzenia nowych elementów dorobku naukowego.	P8S_UW	seminarium	wypowiedź ustna, dyskusja, prace pisemne
P8S_UW3	Wykorzystując posiadaną interdyscyplinarną wiedzę do analizowania i oceny wyników badań naukowych z zakresu spektroskopii molekularnej wysokich rozdzielczości, prac eksperckich i pozostałych opracowań naukowych potrafi formułować opinię, w tym także krytyczne sądy.	P8S_UW	seminarium	wypowiedź ustna, dyskusja, prace pisemne
P8S_UK6	Potrafi publicznie przemówić, by zaprezentować wyniki badań naukowych z zakresu spektroskopii molekularnej wysokich rozdzielczości oraz uczestniczyć w dyskusji na tematy naukowe, społeczne i zawodowe w międzynarodowym środowisku, posługując się językiem obcym na poziomie B2 Europejskiego Systemu Kształcenia Językowego.	P8S_UK	seminarium	wypowiedź ustna, dyskusja, prace pisemne
Kompetencje społeczne: Lp.	<i>jest gotów</i>			

P8S_KK1	Jest przygotowany do przeprowadzania krytycznej oceny dorobku w ramach dyscypliny naukowej nauki fizyczne oraz do krytycznej oceny wkładu wyników własnej działalności badawczej z zakresu spektroskopii molekularnej wysokich rozdzielczości w rozwój naukowy dyscypliny, w której odbywa kształcenie.	P8S_KK	seminarium	wypowiedź ustna, dyskusja, prace pisemne
P8S_KK3	Dzięki posiadanej rozległej wiedzy rozwiązuje różne problemy poznawcze i praktyczne z zakresu spektroskopii molekularnej wysokich rozdzielczości.	P8S_KK	seminarium	wypowiedź ustna, dyskusja, prace pisemne

FORMY ZAJĘĆ DYDAKTYCZNYCH, WYMIAR GODZIN I PUNKTÓW

Semestr (nr)	Wykł.	Ćw./Konw.	Lab.	Prakt.	Inne	Liczba pkt. ECTS
I - VII	-	-	-	-	7 x 15 godz. -105 godz.	7 x 2 ECTS – 14 ECTS

METODY DYDAKTYCZNE

- dyskusja naukowa,
- studium literatury naukowej,
- prezentacja multimedialna,
- przygotowanie i prezentacja celu badań, metod badawczych, wyników badań,
- prace zaliczeniowe,
- postępy w przygotowaniu rozprawy doktorskiej

TREŚCI PROGRAMOWE

W ramach Seminarium doktoranckiego realizowane będą treści programowe mające na celu rozwój wiedzy, umiejętności i kompetencji badawczych doktorantów w dziedzinie spektroskopii molekularnej wysokich rozdzielczości oraz wsparcie w przygotowaniu rozprawy doktorskiej. Na każdym etapie kształcenia będą rozwijane: wiedza, umiejętności i kompetencje społeczne w zakresie:

1. Spektroskopii molekularnej wysokich rozdzielczości (Teoretyczne, fundamentalne zasady, prawa i reguły; zastosowanie w badaniach atmosferycznych, astrofizyce i kwantowej chemii molekularnej).
2. Zaawansowanych metod spektroskopii wysokich rozdzielczości (techniki spektrometrii Fouriera; techniki laserowe; spektroskopia absorpcyjna i emisyjna).
3. Zaawansowanych metod analiz danych spektroskopowych (kalibracja częstotliwościowa; wyznaczanie niepewności pomiarowych; metody numeryczne w analizie widm; identyfikacja i analiza zaburzeń).
4. Praktycznych zastosowań spektroskopii molekularnej (podstawy badania oddziaływań wewnątrzcząsteczkowych, wyznaczania stałych molekularnych oraz parametrów perturbacyjnych i ich znaczenie w modelach teoretycznych; wykorzystanie spektroskopii do wyznaczania parametrów molekularnych w warunkach laboratoryjnych).
5. Nowoczesnych kierunków w spektroskopii (spektroskopia femtosekundowa i subdopplerowska; spektroskopia molekularna w pułapkach optycznych i polach magnetycznych; zastosowanie spektroskopii w metrologii czasu i częstości).
6. Prezentacji wyników badań (przygotowanie raportów naukowych i publikacji; prezentacja ustna wyników badań na seminariach i konferencjach; praktyczne wskazówki dotyczące recenzji i poprawy tekstów naukowych).
7. Ochrony własności intelektualnej i komercjalizacji wyników badań (zasady ochrony praw autorskich i patentowych w naukach fizycznych; możliwości komercjalizacji wyników badań spektroskopowych).

Tematy realizacji zajęć z podziałem na semestry:

semestr I

Temat 1: Wprowadzenie do emisyjnej spektroskopii fourierowskiej wysokiej rozdzielczości molekuł dwuatomowych.

Temat 2: Struktura energetyczna wybranej molekuly dwuatomowej: konfiguracje i stany elektronowe, poziomy oscylacyjne i rotacyjne.

Temat 3: Przegląd literatury dotyczącej rejestracji i analizy widm wybranej molekuly.

semestr II

Temat 1: Zasada działania spektrometru fourierowskiego, konfiguracja i optymalizacja parametrów eksperymentalnych.

Temat 2: Opracowanie indywidualnej metodologii eksperymentalnej uzyskania widma emisyjnego wybranej molekuly dwuatomowej.

Temat 3: Budowa autorskiego źródła widma emisyjnego wybranej molekuly dwuatomowej.

semestr III

Temat 1: Wzbudzenie i rejestracja widm emisyjnych wybranej molekuly dwuatomowej, optymalizacja warunków doświadczalnych.

Temat 2: Kalibracja osi częstości rejestrowanych widm emisyjnych wybranej molekuly dwuatomowej.

Temat 3: Wstępna identyfikacja i interpretacja uzyskanych widm: analiza przejść elektronowych oraz struktura pasm i gałęzi.

semestr IV

Temat 1: Identyfikacja i pomiar widm: wyznaczanie liczb falowych przejść ro-wibronicznych związanych z pierwszym poziomem oscylacyjnym wzbudzonego stanu elektronowego.

Temat 2: Wyznaczanie parametrów molekularnych dla pierwszego poziomu oscylacyjnego wzbudzonego stanu elektronowego i stanu podstawowego, ocena niepewności i jakości dopasowania danych eksperymentalnych

Temat 3: Porównanie wyników eksperymentalnych z danymi literaturowymi i obliczeniami teoretycznymi, pisanie artykułu naukowego prezentującego uzyskane wyniki.

semestr V

Temat 1: Identyfikacja i pomiar widm: wyznaczanie liczb falowych przejść ro-wibronicznych związanych z drugim poziomem oscylacyjnym wzbudzonego stanu elektronowego.

Temat 2: Wyznaczanie parametrów molekularnych dla drugiego poziomu oscylacyjnego wzbudzonego stanu elektronowego i stanu podstawowego, ocena niepewności i jakości dopasowania danych eksperymentalnych.

Temat 3: Porównanie wyników eksperymentalnych z danymi literaturowymi i obliczeniami teoretycznymi, pisanie artykułu naukowego prezentującego uzyskane wyniki.

semestr VI

Temat 1: Identyfikacja i pomiar widm: wyznaczanie liczb falowych przejść ro-wibronicznych związanych z trzecim poziomem oscylacyjnym wzbudzonego stanu elektronowego.

Temat 2: Wyznaczanie parametrów molekularnych dla trzeciego poziomu oscylacyjnego wzbudzonego stanu elektronowego i stanu podstawowego, ocena niepewności i jakości dopasowania danych eksperymentalnych.

Temat 3: Porównanie wyników eksperymentalnych z danymi literaturowymi i obliczeniami teoretycznymi, pisanie artykułu naukowego prezentującego uzyskane wyniki.

semestr VII

Temat 1: Wyznaczanie eksperymentalnych termów/poziomów energetycznych w oparciu o uzyskane dane eksperymentalne, pisanie artykułu naukowego prezentującego uzyskane wyniki.

Temat 2: Pisanie rozprawy doktorskiej.

WARUNKI ZALICZENIA PRZEDMIOTU (KRYTERIA OCENIANIA)

Ocenie podlega ciągła praca doktoranta w każdym semestrze i roku akademickim w zakresie: realizacji badań, poszerzania wiedzy, studiowania literatury, zaangażowania oraz postępów w przygotowaniu rozprawy doktorskiej.

Przedmiot kończy się po każdym semestrze realizacji:

zaliczenie – zal.,

niezaliczony – nzal.

Przy ocenie z przedmiotu stosuje się odpowiedni procent uzyskanych punktów:

- do 60% - niezaliczony - doktorant nie robi postępów w badaniach naukowych, nie poszerza wiedzy, nie studiuje lektur, nie uczestniczy w merytorycznej dyskusji, nie wywiązuje się z obowiązków naukowych;

- 61% - 100% - zaliczony - doktorant robi postępy w badaniach naukowych, poszerza wiedzę, studiuje literaturę podstawową i uzupełniającą, merytorycznie uczestniczy w dyskusji, wywiązuje się z wszystkich obowiązków naukowych.

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	7 x 15 godz. – 105 godz.
Inne z udziałem nauczyciela (udział w konsultacjach, egzaminie)	6
Godziny realizowane samodzielnie przez doktoranta (przygotowanie do zajęć, egzaminu, napisanie referatu itp.)	309
SUMA GODZIN	420
SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS*	7 x 2 ECTS – 14 ECTS
LITERATURA	
Literatura podstawowa:	1. P. F. Bernath, <i>Spectra of Atoms and Molecules</i>, 4th Edition, Oxford University Press, 2020. 2. G. Herzberg, <i>Molecular Spectra and Molecular Structure, vol. I: Spectra of Diatomic Molecules</i>, (2nd edition), Krieger Publishing Company, Malabar, Florida, 1989. 3. J. Tennyson, <i>Astronomical Spectroscopy: An Introduction To The Atomic And Molecular Physics Of Astronomical Spectroscopy</i>, World Scientific Europe Ltd, 2019. 4. H. Lefebvre-Brion, R.W. Field, <i>The Spectra and Dynamics of Diatomic Molecules</i>, Elsevier, 2004. 5. P. Kowalczyk „Fizyka cząsteczek. Energie i widma”, PWN, 1999. 6. P. W. Atkins, <i>Physical Chemistry</i>, 11th edition, Oxford University Press, 2018. 7. <i>Handbook of High-Resolution Spectroscopy</i>, Vol. 1-3, ed. by M. Quack and F. Merkt, Wiley, 2011. 8. J. T. Hougen, <i>The Calculation of Rotational Energy Levels and Rotational Line Intensities in Diatomic Molecules</i>, National Institute of Standards and Technology (NIST), Monograph 115, 1970. 9. J. M. Brown and A. Carrington, <i>Rotational Spectroscopy of Diatomic Molecules</i>, Cambridge University Press, 2003. 10. N. Colin, N. Banwell and E. M. McCash, <i>Fundamentals of Molecular Spectroscopy</i>, 4th Edition, McGraw-Hill, 2021. 11. H. Haken and H. C. Wolf, <i>Molecular Physics and Elements of Quantum Chemistry: Introduction to Experiments and Theory</i>, 2nd Edition, Springer, 2004.
Literatura uzupełniająca:	1. J. Sadlej „Spektroskopia molekularna”, WNT, 2002 2. W. Kołos, J. Sadlej „Atom i cząsteczka”, WNT, 1998 3. W. Kołos „Chemia kwantowa”, PWN, 1978. 4. A. Gołębiewski „Elementy mechaniki i chemii kwantowej”, PWN, 1982. 5. Z. Leś „Wstęp do spektroskopii atomowej”, PWN 2014. 6. H. Haken and H. C. Wolf, <i>The Physics of Atoms and Quanta</i>, 7th Edition, Springer, 2005.

*(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