

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

OGÓLNE INFORMACJE O PRZEDMIOCIE				
Tytuł przedmiotu		METODYKA BADAŃ NAUKOWYCH		
Nazwa jednostki realizującej przedmiot		Szkoła Doktorska Uniwersytetu Rzeszowskiego		
Typ przedmiotu (obowiązkowy, fakultatywny)		obowiązkowy		
Rok/semestr		I rok/ I i II semestr		
Dyscyplina		Nauki Fizyczne		
Język wykładowy		język polski		
Imię i nazwisko koordynatora przedmiotu		Dr hab. Józef Cebulski, prof. UR		
Imię i nazwisko prowadzącego przedmiot		Dr hab. Józef Cebulski, prof. UR		
Wymagania wstępne		Wiedza, umiejętności i kompetencje społeczne osiągnięte na poziomie 7 Polskiej Ramy Kwalifikacji w szczególności z zakresu fizyki ciała stałego, fizyki półprzewodników oraz podstaw metod eksperymentalnych. Umiejętność korzystania z literatury naukowej w języku angielskim.		
STRESZCZENIE PRZEDMIOTU				
(syntetyczny opis treści oraz celów przedmiotu; 100-200 słów)				
Przedmiot „Metodyka badań naukowych” ma na celu przygotowanie doktoranta do samodzielnego planowania, realizacji oraz krytycznej analizy badań naukowych w dyscyplinie nauki fizyczne, ze szczególnym uwzględnieniem badań nad strukturami półprzewodnikowymi HgCdTe i HgMnTe otrzymywanymi metodą epitaksji z wiązek molekularnych (MBE). Zajęcia obejmują zagadnienia związane z metodologią procesu badawczego, formułowaniem problemów i hipotez badawczych, doborem odpowiednich metod wytwarzania materiałów oraz metod ich charakteryzacji strukturalnej, morfologicznej, składowej i fizycznej. W ramach przedmiotu doktorant rozwija umiejętności krytycznej analizy literatury naukowej, projektowania procedur eksperymentalnych, interpretacji wyników pomiarów (m.in. HRXRD, SEM, ToF-SIMS, pomiary magnetyczne i transportowe) oraz oceny wpływu parametrów procesu technologicznego na właściwości badanych materiałów. Przedmiot przygotowuje również do opracowywania raportów badawczych, publikacji naukowych oraz prowadzenia badań zgodnie z zasadami rzetelności naukowej i etyki badań.				
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_WG3	Zna i rozumie zaawansowaną specjalistyczną terminologię oraz pojęcia metodologiczne stosowane w badaniach eksperymentalnych z zakresu fizyki półprzewodników II–VI, w szczególności struktur HgCdTe i HgMnTe.	P8S_WG	konwersatorium	Egzamin ustny

P8S_WG ₄	Posiada ugruntowaną wiedzę dotyczącą metod planowania i prowadzenia badań naukowych obejmujących wzrost epitaksjalny metodą MBE oraz metody charakteryzacji strukturalnej i fizycznej materiałów półprzewodnikowych.	P8S_WG	konwersatorium	Egzamin ustny
P8S_WK ₃	Zna zasady transferu wyników badań naukowych do zastosowań technologicznych, z uwzględnieniem ochrony własności intelektualnej oraz potencjalnych zastosowań w detekcji podczerwieni i spintronice.	P8S_WK	konwersatorium	Egzamin ustny
Umiejętności: Lp.	potrafi			
P8S_UW ₁	Potrafi sformułować problem badawczy, cel i hipotezę badań dotyczących struktur HgMnTe/HgCdTe oraz zaprojektować procedurę badawczą prowadzącą do ich weryfikacji.	P8S_UW	konwersatorium	projekt, dyskusja
P8S_UK ₁	Potrafi dobrać i zastosować odpowiednie metody eksperymentalne do analizy jakości krystalicznej, składu chemicznego i właściwości fizycznych badanych struktur oraz porównywać i interpretować uzyskane wyniki w międzynarodowym środowisku badawczym .	P8S_UK	konwersatorium	opracowania pisemne, projekt
P8S_UO ₁	Potrafi zaplanować i przeprowadzić przedsięwzięcie badawcze a także przygotować sprawozdania, raporty badawcze oraz prezentować wyniki badań w różnym środowisku naukowym, również międzynarodowym z zachowaniem zasad rzetelności i poprawnej dokumentacji naukowej.	P8S_UO	konwersatorium	opracowania pisemne, projekt
Kompetencje społeczne: Lp.	jest gotów do			
P8S_KR ₁	Jest gotów do prowadzenia badań naukowych w sposób odpowiedzialny, zgodnie z zasadami etyki badań, bezpieczeństwa pracy laboratoryjnej oraz ochrony własności intelektualnej.	P8S_KR	konwersatorium	projekt, dyskusja

7. **Opracowanie założeń metodologicznych badań nad cienkimi warstwami**

Redakcja sprawozdania metodologicznego obejmującego problem badawczy, hipotezę oraz plan badań dotyczących cienkich warstw HgCdTe/HgMnTe; prezentacja i dyskusja założeń

Semestr II – Metodologia realizacji i interpretacji badań cienkich warstw HgCdTe

1. **Realizacja badań naukowych nad cienkimi warstwami półprzewodnikowymi**

Zasady prowadzenia badań eksperymentalnych nad wzrostem i właściwościami cienkich warstw; dokumentowanie przebiegu badań oraz ocena ich powtarzalności.

2. **Ocena jakości cienkich warstw i heterostruktur**

Kryteria oceny jakości krystalicznej, jednorodności składu i defektywności cienkich warstw HgCdTe; znaczenie jakości strukturalnej dla właściwości fizycznych materiału.

3. **Interpretacja wyników badań strukturalnych i fizycznych**

Analiza wyników badań cienkich warstw w kontekście zależności struktura–właściwości; porównanie rezultatów z danymi literaturowymi dla układów HgCdTe/HgMnTe.

4. **Weryfikacja hipotez badawczych w badaniach warstwowych**

Ocena stopnia potwierdzenia hipotez dotyczących wpływu parametrów wzrostu na własności cienkich warstw; identyfikacja ograniczeń metodologicznych.

5. **Synteza wyników i wnioskowanie naukowe**

Łączenie wyników badań cienkich warstw w spójny obraz naukowy; formułowanie wniosków i wskazywanie dalszych kierunków badań.

6. **Prezentacja i upowszechnianie wyników badań**

Standardy opracowania wyników badań cienkich warstw w formie raportów i publikacji naukowych; komunikacja wyników w środowisku naukowym.

7. **Etyka badań naukowych w badaniach materiałowych**

Zasady rzetelności naukowej w badaniach nad cienkimi warstwami półprzewodnikowymi; odpowiedzialność badacza oraz ochrona własności intelektualnej.

WARUNKI ZALICZENIA PRZEDMIOTU (KRYTERIA OCENIANIA)

Przedmiot realizowany jest w semestrach od I do II, przedmiot po semestrze I kończy się zaliczeniem z oceną ZO₁, po semestrze II realizacji zajęć kończy się egzaminem E₂. Zajęcia z przedmiotu realizowane są w bezpośrednim kontakcie doktorantki z promotorem.

Rozmowa na temat 3 wybranych pytań z 10 poniższych/ odpowiednio w I i II semestrze.

SEMESTR I – pytania zaliczeniowe (metodologia projektowania badań)

1. Na czym polega specyfika badań naukowych w fizyce cienkich warstw półprzewodnikowych w porównaniu z badaniami materiałów objętościowych?
2. Jaką rolę pełni hipoteza badawcza w planowaniu badań nad cienkimi warstwami HgCdTe/HgMnTe i jakie warunki musi spełniać, aby była naukowo poprawna?
3. W jaki sposób analiza aktualnego stanu wiedzy pozwala na identyfikację problemu badawczego w badaniach cienkich warstw półprzewodnikowych?
4. Jakie są podstawowe kryteria doboru strategii badawczej w badaniach nad wzrostem i właściwościami cienkich warstw HgCdTe?
5. Dlaczego powtarzalność i odtwarzalność są kluczowymi elementami metodologii badań naukowych w fizyce materiałowej?
6. Jakie znaczenie ma projektowanie badań z uwzględnieniem zmiennych kontrolowanych w procesie wytwarzania cienkich warstw?
7. Omów rolę wielorakich badań w analizie jakości cienkich warstw półprzewodnikowych.

8. Jakie są główne źródła niepewności w badaniach cienkich warstw i w jaki sposób należy je uwzględnić na etapie planowania badań?
9. W jaki sposób wyniki badań strukturalnych cienkich warstw mogą być powiązane z ich potencjalnymi właściwościami fizycznymi?
10. Jak powinna być skonstruowana dokumentacja metodologiczna badań naukowych nad cienkimi warstwami HgCdTe/HgMnTe?

SEMESTR II – pytania egzaminacyjne (metodologia realizacji i interpretacji badań)

1. Jakie są podstawowe zasady prowadzenia rzetelnych badań eksperymentalnych w fizyce cienkich warstw półprzewodnikowych?
2. Na czym polega ewaluacja procesu badawczego i kiedy zachodzi potrzeba modyfikacji pierwotnych założeń metodologicznych?
3. W jaki sposób ocenia się jakość cienkich warstw półprzewodnikowych w kontekście ich struktury i jednorodności?
4. Wyjaśnij pojęcie zależności *struktura–właściwości* w odniesieniu do cienkich warstw HgCdTe.
5. Jakie kryteria decydują o potwierdzeniu lub falsyfikacji hipotezy badawczej w badaniach materiałowych?
6. Na czym polega krytyczna interpretacja wyników badań eksperymentalnych cienkich warstw półprzewodnikowych?
7. Jakie znaczenie ma porównanie wyników własnych badań z danymi literaturowymi w procesie wnioskowania naukowego?
8. W jaki sposób należy syntetyzować wyniki badań cząstkowych w spójny obraz naukowy?
9. Jakie są podstawowe zasady prezentacji wyników badań cienkich warstw w raportach i publikacjach naukowych?
10. Omów znaczenie etyki badań naukowych i odpowiedzialności badacza w kontekście badań nad cienkimi warstwami półprzewodnikowymi.

Egzamin całościowy odbywa się na koniec semestru II jest egzaminem ustnym z dodatkowych 4 pytań powyższych (nie zawierających już tych 6 z których doktorant odpowiadał, tj. odpytywanie po każdym semestrze 3 w I sem. i 3 w II sem.) Doktorant losuje 3, jedno wybiera prowadzący.

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 planu z studiów	2 x 30 godz. – 60 godz.
Inne z udziałem nauczyciela (udział w konsultacjach, egzaminie)	4
Godziny realizowane samodzielnie przez doktoranta (przygotowanie do zajęć, egzaminu, napisanie referatu itp.)	116 godz.
SUMA GODZIN	180
SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS*	6

LITERATURA

Literatura podstawowa:	1. Henini, M. (Ed.). (2018). <i>Molecular Beam Epitaxy: From Research to Mass Production</i> (2nd ed.). Oxford: Elsevier. ISBN: 978-0-12-812136-8. (Podstawowa monografia dotycząca metodologii i praktyki wzrostu cienkich warstw metodą MBE).
------------------------	--

	2. Yu, P. Y., & Cardona, M. (2010). <i>Fundamentals of Semiconductors: Physics and Materials Properties</i> (4th ed.). Berlin–Heidelberg: Springer. ISBN: 978-3-642-00709-5. (<i>Fundamenty fizyki półprzewodników, niezbędne do interpretacji własności cienkich warstw</i>). 3. Rogalski, A. (2010). <i>Infrared Detectors</i> (2nd ed.). Boca Raton: CRC Press. ISBN: 978-1-4200-7671-4. (<i>Kluczowe źródło dotyczące materiałów HgCdTe i ich zastosowań</i>). 4. Herman, M. A., & Sitter, H. (1996). <i>Molecular Beam Epitaxy: Fundamentals and Current Status</i>. Berlin–Heidelberg: Springer. ISBN: 978-3-642-80062-7. (<i>Klasyczna pozycja opisująca metodologię badań i wytwarzania cienkich warstw epitaksjalnych</i>).
Literatura uzupełniająca:	1. Harrison, P., & Valavanis, A. (2016). <i>Quantum Wells, Wires and Dots: Theoretical and Computational Physics of Semiconductor Nanostructures</i> (4th ed.). Chichester: Wiley. ISBN: 978-1-118-92336-8. (<i>Teoretyczne podstawy struktur o obniżonej wymiarowości</i>). 2. Sze, S. M., & Ng, K. K. (2007). <i>Physics of Semiconductor Devices</i> (3rd ed.). Hoboken, NJ: Wiley. ISBN: 978-0-471-14323-9. (<i>Kontekst urzędzeniowy i aplikacyjny cienkich warstw półprzewodnikowych</i>). 3. Adachi, S. (2009). <i>Properties of Semiconductor Alloys: Group-IV, III–V and II–VI Semiconductors</i>. Chichester: Wiley. ISBN: 978-0-470-74114-6. (<i>Właściwości materiałowe stopów półprzewodnikowych, w tym II–VI</i>). 4. Becker, C. R. (2014). Growth and properties of HgTe quantum wells – A topic review. <i>Physica Status Solidi (b)</i>, 251(6), 1125–1132. https://doi.org/10.1002/pssb.201350121 (<i>Przegląd właściwości cienkich warstw HgTe</i>). 5. Qin, G., Kong, J. C., Yang, J., Ren, Y., Li, Y. H., et al. (2023). HgCdTe Films Grown by MBE on CZT(211)B Substrates. <i>Journal of Electronic Materials</i>, 52, 2441–2448. https://doi.org/10.1007/s11664-022-10193-w (<i>Współczesny przykład badań eksperymentalnych nad cienkimi warstwami HgCdTe</i>).

* (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