

**SYLABUS PRZEDMIOTU – SZKOŁA DOKTORSKA
CYKL KSZTAŁCENIA OD 2024/2025 DO 2027/2028**

OGÓLNE INFORMACJE O PRZEDMIOCIE				
Tytuł przedmiotu		PRACOWNIA DOKTORSKA		
Nazwa jednostki realizującej przedmiot		Szkoła Doktorska w Uniwersytecie Rzeszowskim		
Typ przedmiotu (<i>obowiązkowy, fakultatywny</i>)		<i>przedmiot obowiązkowy</i>		
Rok/semestr		rok I – IV, semestr: I - VIII		
Dyscyplina		nauki fizyczne		
Język wykładowy		język angielski		
Imię i nazwisko koordynatora przedmiotu		dr hab. Marta Łuszczak, prof. UR		
Imię i nazwisko osoby prowadzącej/osób prowadzących przedmiot		dr hab. Marta Łuszczak, prof. UR		
Wymagania wstępne		Zakres wiedzy, umiejętności i kompetencji wynikający z programu studiów magisterskich na kierunku fizyka, w szczególności: mechanika klasyczna i relatywistyczna, mechanika kwantowa, elementy teorii pola oraz podstawy fizyki cząstek. Podstawowe umiejętności obliczeniowe (analiza numeryczna, programowanie) oraz znajomość języka angielskiego 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)				
Pracownia doktorska wspiera kolejne etapy pracy badawczej doktoranta w dyscyplinie nauki fizyczne, prowadzące do przygotowania rozprawy doktorskiej. Zajęcia obejmują analizę i rozwój narzędzi teoretycznych oraz numerycznych do opisu ekskluzywnych procesów wywołanych fotonami w zderzeniach lepton–proton, lepton–jądro i hadron–hadron. Do opisu tych procesów wykorzystywane są uogólnione rozkłady partonowe (GPD - ang. Generalized Parton Distributions), w tym ekskluzywna dyfrakcyjna produkcja dżetów oraz ekskluzywna produkcja mezonów i par hadronów, a także procesy foton-foton i foton–odderon. Doktorant uczy się planowania badań, implementacji obliczeń (w tym w generatorach Monte Carlo), krytycznej analizy literatury, interpretacji wyników, szacowania niepewności oraz przygotowania publikacji i prezentacji konferencyjnych. Efektem prac są semestralne raporty, wystąpienia i przygotowanie artykułów oraz rozdziałów rozprawy.				
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 (Polska Rama Kwalifikacji) (symbol)	Forma zajęć dydaktycznych (w., ćw., itp.)	Metody weryfikacji (np.: kolokwium, egzamin ustny, egzamin pisemny, projekt itp.)
Wiedza:	zna i rozumie, posiada wiedzę			
Lp.				
P8S_WG1	zna i rozumie zaawansowane zagadnienia fizyki wysokich energii i struktury hadronów, w tym procesy indukowane fotonami ($\gamma\gamma$ – fuzja foton–foton, γp – foton–proton, γ^*p – wirtualny foton–proton) oraz formalizm GPD (uogólnione	P8S_WG	konwersatorium	Raport (publikacja)

	rozkłady partonów, ang. Generalized Parton Distributions) i GTMD (uogólnione rozkłady zależne od poprzecznego pędu, ang. Generalized Transverse-Momentum Dependent Distributions).			
P8S_WG2	zna główne tendencje rozwojowe oraz aktualne problemy badawcze w opisie oddziaływań silnych w QCD (chromodynamice kwantowej, ang. Quantum Chromodynamics) i w badaniach struktury protonu/hadronów, w szczególności w kontekście procesów ekskluzywnych i dyfrakcyjnych w DIS (głęboko-nieelastycznym rozpraszaniu, ang. Deep Inelastic Scattering), w tym dyfrakcyjnej produkcji dżetów.	P8S_WG	konwersatorium	Raport (publikacja)
P8S_WG3	zna i potrafi stosować terminologię oraz narzędzia formalne używane w analizie procesów ekskluzywnych, dyfrakcyjnych (kinematyka, amplitudy, przekroje czynne, obserwabla, parametryzacje/modelowanie), a także komunikuje zagadnienia badawcze w języku angielskim na poziomie właściwym dla dyscypliny.	P8S_WG	konwersatorium	Raport (publikacja)
P8S_WG4	zna zasady metodologii prowadzenia badań naukowych w fizyce teoretycznej i fenomenologii: planowanie i dokumentowanie obliczeń, weryfikację kodu, analizę niepewności oraz rzetelność i etykę badań (w tym etykę publikacyjną oraz dobre praktyki zarządzania danymi i kodem).	P8S_WG	konwersatorium	Raport (publikacja)
Umiejętności: Lp.	potrafi			
P8S_UW1	potrafi formułować i rozwiązywać złożone problemy badawcze, dobierać metody analityczne i numeryczne, implementować obliczenia oraz wnioskować na podstawie uzyskanych wyników w kontekście modeli GPD i GTMD (uogólnione rozkłady partonów) oraz procesów ekskluzywnych i dyfrakcyjnych.	P8S_UW	konwersatorium	Raport (publikacja)
P8S_UW2	potrafi przeprowadzać krytyczny przegląd literatury, planować zestaw obliczeń i analiz, przygotowywać raporty oraz publikacje naukowe, a także prezentować wyniki (seminaria, konferencje) i opracowywać	P8S_UW	konwersatorium	Raport (publikacja)

	udokumentowane oprogramowanie oraz repozytoria obliczeń.					
P8S_UW3	potrafi samodzielnie zdobywać i aktualizować wiedzę, rozwijać kompetencje badawcze, współpracować w zespole (w tym międzynarodowym) oraz pełnić różne role w procesie badawczym (autor, współautor, recenzent wewnętrzny, prezydent).		P8S_UW	konwersatorium		Raport (publikacja)
Kompetencje społeczne: Lp.	jest gotów do					
P8S_KK1	jest gotów do krytycznej oceny własnego i cudzych wyników w obranej dyscyplinie naukowej, do przestrzegania zasad rzetelności i etyki badań, a także do odpowiedzialnego komunikowania rezultatów i współpracy w zespole badawczym.		P8S_KK	konwersatorium		Raport (publikacja)
FORMY ZAJĘĆ DYDAKTYCZNYCH, WYMIAR GODZIN I PUNKTÓW						
Semestr (nr)	Wykł.	Ćw./Konw.	Lab.	Prakt.	Inne	Liczba pkt. ECTS
I - VIII	-	8 x 30 godz. – 240 godz.	-	-	-	24
METODY DYDAKTYCZNE						
<ul style="list-style-type: none"> - konwersatoria problemowe (dyskusja, analiza artykułów); - projekty obliczeniowe i praca z kodem (symulacje Monte Carlo, obliczenia numeryczne); - prezentacje semestralne i krytyczna analiza wyników; - interpretacja tekstów źródłowych (literatura specjalistyczna w języku angielskim); - prowadzenie badań (modelowanie, walidacja, analiza niepewności); - konsultacje indywidualne. 						
TREŚCI PROGRAMOWE						
laboratoria/konwersatorium semestr I Temat: Zebranie i krytyczna analiza literatury dotyczącej procesów wywołanych fotonami (foton-foton ($\gamma\gamma$), foton-proton (γp), foton wirtualny- proton (γ^*p) oraz procesów ekskluzywnych i dyfrakcyjnych. Temat: Opanowanie formalizmu GPD (uogólnione rozkłady partonów, ang. Generalized Parton Distributions), GTMD (uogólnione rozkłady zależne od poprzecznego pędu, ang. Generalized Transverse-Momentum Dependent distributions) i kinematyki ekskluzywnej dyfrakcyjnej produkcji dżetów w DIS (głębokonieelastyczne rozpraszanie, ang. Deep Inelastic Scattering); przygotowanie planu obliczeń. Temat: Przygotowanie warsztatu obliczeniowego (środowisko, testy, wstępne odtworzenie wyników z roboczej wersji artykułu). semestr II Temat: Wyprowadzenie amplitud i implementacja numeryczna całek dla procesu $\gamma^* p \rightarrow (q\bar{q}) p$. Temat: Studium modeli GPD (DD (double distributions – podwójne rozkłady), GK (model Goloskokov–Kroll), Vinnikov) oraz zależności od ξ i t ; weryfikacja i porównania modeli. Temat: Wstępne obliczenia obserwabli i przekrojów (wkłady gluonowe/kwarkowe) oraz przygotowanie raportu semestralnego.						

semestr III

Temat: Obliczenia dla różnych polaryzacji fotonu (L- podłużnej, T- poprzecznej, TT- poprzeczno-poprzecznej, LT- podłużno-poprzecznej) i analiza wpływu parametrów kinematycznych (x_{Bj} , Q^2 , z , q_{\perp} , Δ_{\perp}).

Temat: Analiza wrażliwości wyników na wybór modelu GPD (uogólnione rozkłady partonów, ang. Generalized Parton Distributions) oraz oszacowanie niepewności; przygotowanie zestawu wykresów.

Temat: Przygotowanie szkicu publikacji (wstęp, formalizm, wyniki) na bazie rozwijanego manuskryptu.

semestr IV

Temat: Udoskonalenie opisu teoretycznego: poprawki absorpcyjne Glaubera.

Temat: Interpretacja fizyczna wyników w kontekście EIC (Electron-Ion Collider), JLab (Jefferson Laboratory), LHC (Wielki Zderzacz Hadronów, ang. Large Hadron Collider); identyfikacja obserwabli czułych na GPD.

Temat: Finalizacja artykułu dotyczącego ekskluzywnej dyfrakcyjnej produkcji dżetów i przygotowanie do opublikowania w czasopiśmie.

semestr V

Temat: Rozwinięcie badań nad procesami $\gamma\gamma$ i γ -odderon w reakcjach elektron-proton (ep), elektron-jądro (eA); ekskluzywna produkcja η_c , χ_c lub par pionów.

Temat: Implementacja wybranych procesów w generatorze Monte Carlo.

Temat: Pierwsze wyniki i prezentacja na seminarium/grupie badawczej.

semestr VI

Temat: Ekskluzywna produkcja lekkich mezonów przy energiach JLab (Jefferson Laboratory) i EIC (Electron-Ion Collider) w formalizmie GPD (uogólnione rozkłady partonów, ang. Generalized Parton Distributions); obliczenia amplitud i przekrojów.

Temat: Rozbudowa generatora o poprawki absorpcyjne dla fuzji fotonów rzeczywistych; plan uwzględnienia korekcji qq^{-} w kolejnym etapie.

Temat: Przygotowanie publikacji/rozdziału oraz materiałów konferencyjnych.

semestr VII

Temat: Integracja wyników z kilku procesów (dijety, $\gamma\gamma$, γ -odderon, mezony): porównanie czułości na GPD i spójna analiza.

Temat: Pisanie rozprawy doktorskiej – rozdziały: teoria, metody obliczeniowe, wyniki; uzupełnienie przeglądu literatury.

Temat: Konsolidacja i dokumentacja kodu oraz repozytorium obliczeń.

semestr VIII

Temat: Finalizacja rozprawy doktorskiej, redakcja, formatowanie i przygotowanie do obrony.

Temat: Finalne publikacje/poprawki po recenzjach; przygotowanie prezentacji na obronę.

Temat: Podsumowanie dorobku i archiwizacja wyników (dane, kody, dokumentacja).

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 pracy doktorskiej (raport semestralny, prezentacja, wkład w manuskrypty/publikacje, rozwój narzędzi obliczeniowych). Możliwe oceny semestralne to: 2.0, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0.

Wymagania procentowe dla skali ocen:

- do 50% – niedostateczny;
- 51%–60% – dostateczny;
- 61%–70% – dostateczny plus;

- 71%–80% – dobry;
- 81%–90% – dobry plus;
- 91%–100% – bardzo dobry.

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	8 x 30 godz. – 240 godz.
Inne z udziałem nauczyciela (udział w konsultacjach, egzaminie)	10
Godziny realizowane samodzielnie przez doktoranta (przygotowanie do zajęć, egzaminu, napisanie referatu itp.)	470
SUMA GODZIN	720
SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS*	24

LITERATURA

Literatura podstawowa:	<ol style="list-style-type: none"> 1) M. Diehl, Generalized parton distributions, Phys. Rept. 388 (2003) 41. 2) A.V. Belitsky, A.V. Radyushkin, Unraveling hadron structure with generalized parton distributions, Phys. Rept. 418 (2005) 1. 3) J.C. Collins, Foundations of Perturbative QCD, Cambridge University Press (2011). 4) S.V. Goloskokov, P. Kroll – prace przeglądowe nt. modelowania GPD w elektroprodukcji mezonów (seria publikacji). 5) Podstawowe artykuły zespołu dotyczące procesów indukowanych fotonami ($\gamma\gamma$, γp) oraz ekskluzywnej dyfrakcyjnej produkcji dżetów (manuskrypt roboczy). 6) M.E. Peskin, D.V. Schroeder, An Introduction to Quantum Field Theory, Addison-Wesley (1995). 7) F. Halzen, A.D. Martin, Quarks and Leptons: An Introductory Course in Modern Particle Physics, Wiley (1984). 8) R.K. Ellis, W.J. Stirling, B.R. Webber, QCD and Collider Physics, Cambridge University Press (1996). 9) R. Devenish, A. Cooper-Sarkar, Deep Inelastic Scattering, Oxford University Press (2004). 10) A. Donnachie, H.G. Dosch, P.V. Landshoff, O. Nachtmann, Pomeron Physics and QCD, Cambridge University Press (2002).
Literatura uzupełniająca:	<ol style="list-style-type: none"> 1) M. Guidal, M.V. Polyakov, A.V. Radyushkin, M. Vanderhaeghen – wybrane prace nt. GPD i DVCS. 2) Budnev i in., The two-photon particle production mechanism, Phys. Rept. 15 (1975) 181 (mechanizm dwóch fotonów/EPA). 3) Wybrane prace nt. odderonu i procesów γ-odderon. 4) Dokumentacja i opisy generatorów Monte Carlo dla procesów wywołanych fotonami (np. STARlight/SuperChic – materiały użytkowe). 5) Aktualne artykuły przeglądowe dotyczące EIC/JLab oraz tomografii hadronów. 6) R.K. Bock, W. Krischer, J. Gaiser, R. Frühwirth, M. Regler, H. Grote, D. Notz, Data Analysis Techniques for High-Energy Physics, Cambridge University Press (2000). 7) G. Dissertori, I. Knowles, M. Schmelling, Quantum Chromodynamics: High Energy Experiments and Theory, Oxford University Press (2003).

***(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