

<i>Przedmiot: Wprowadzenie do kwantowej teorii pola</i>	
<i>Prowadzący: prof. nzw. dr hab. Piotr Magierski</i>	
<i>Semestr: 8</i>	<i>Liczba godzin: 30 wykład . + 15 ćw.</i>
<i>Kod:</i>	<i>Liczba pkt. kredytowych</i>
<i>Przedmioty poprzedzające: Mechanika teoretyczna, elektrodynamika klasyczna, fizyka statystyczna, mechanika kwantowa</i>	
<i>Forma zaliczenia: egzamin</i>	

### *Program i charakterystyka wykładu:*

*Kwantowa teoria pola jest podstawową metodą opisu cząstek elementarnych i ich oddziaływań. W ostatnich latach język teorii pola przeniknął do fizyki materii skondensowanej i fizyki statystycznej. Takie zjawiska jak przejścia fazowe w układach kwantowych, zjawisko nadprzewodnictwa, nadciekłości, kwantowy efekt Halla mogą (i są) opisywane w języku teorii pól kwantowych. Coraz większą rolę odgrywają tzw. efektywne teorie pola, które opisują zachowanie różnych kwantowych układów wielu ciał w określonym zakresie energii. Właściwie każdy współczesny podręcznik dotyczący kwantowej teorii wielu ciał (w fizyce ciała stałego, fizyce jądrowej, itp.) jest napisany w języku pól kwantowych. Dlatego celem wykładu jest zapoznanie studenta z językiem i technikami, którymi operuje kwantowa teoria pola, bez konieczności wnikania w ogromną masę szczegółów technicznych. Jest to zatem wykład “w pigułce”, gdzie za cenę rezygnacji z przesadnej ścisłości student zobaczy “jak działa” kwantowa teoria pola i zapozna się z większością ważnych zagadnień w tej dziedzinie. Tym niemniej wykład nie będzie wykładem opisowym. Na konkretnych przykładach będą zaprezentowane najważniejsze cechy teorii pól kwantowych. Wykład jest przeznaczony dla studentów i doktorantów zainteresowanych fizyką wysokich energii, fizyką materii skondensowanej, oraz wszystkich tych którzy chcieliby się dowiedzieć co to jest kwantowa teoria pola. Jednym z celów wykładu jest przygotowanie studenta do studiowania bardziej zaawansowanych prac i podręczników poświęconych konkretnym kwantowym teoriom pola (np. chromodynamice kwantowej). Prowadzący zakłada jednak, że większość słuchaczy będą stanowić studenci nie specjalizujący się w teorii. Do wykładu przewiduje się 15 godzin ćwiczeń w celu przerobienia większej ilości przykładów, jednak podział na wykład i ćwiczenia jest nieco umowny. Nie przewiduje się żadnych kolokwium, a jedynie egzamin końcowy sprawdzający wiedzę studenta wyniesioną z zajęć. Do zrozumienia wykładu nie jest konieczna wiedza z fizyki cząstek elementarnych, fizyki ciała stałego lub fizyki jądrowej.*

### Plan wykładu:

1. Motywacja: dlaczego potrzebujemy kwantowej teorii pola.
2. Metoda opisu pól kwantowych: całki po trajektoriach.
3. Jak powstaje oddziaływanie między cząstkami w teorii pola. Od czego zależy zasięg oddziaływania.
4. Symetria teorii pola, a prawa zachowania (konsekwencje twierdzenia Noether).
5. Proste przykłady pól swobodnych: pole skalarne, pole wektorowe. Granica klasyczna. Przykład: jak z teorii bezmasowego pola wektorowego otrzymać równania Maxwella.
6. Inna metoda opisu pól kwantowych: kwantowanie kanoniczne.
7. Pola fermionowe. Związek spinu ze statystyką. Jak z teorii pola bispinorowego otrzymuje się równanie Diraca.
8. Co to jest symetria cechowania i pole cechowania. Prosty przykład: elektrodynamika kwantowa (QED).
9. Nieabelowe pola cechowania - teoria Yanga-Millsa. Przykład: chromodynamika kwantowa (QCD).
10. Jak coś policzyć w przypadku pól oddziałujących: metoda diagramów Feynmana.
11. Skąd się biorą nieskończoności w kwantowych teoriach pola. Dlaczego musimy regularyzować teorie pola.
12. Jak powiązać parametry teorii z wielkościami obserwowalnymi: procedura renormalizacji.
13. Dlaczego niektóre teorie pola są nierenormalizowalne.
14. Spontaniczne łamanie symetrii w kwantowych teoriach pola.
15. Konsekwencje łamania symetrii: bozony Goldstone'a, mechanizm Higgsa.
16. Skąd się biorą anomalie w teoriach pola.
17. Uwagi o zastosowaniu metod kwantowej teorii pola w fizyce materii skondensowanej. Teoria Ginzburga-Landaua przejść fazowych. Nadciekłość, nadprzewodnictwo, kwantowy efekt Halla.
18. Uwagi o wielkiej unifikacji teorii podstawowych pól kwantowych.

### Literatura podstawowa:

Prowadzącemu nie jest znana książka w języku polskim, która omawiałaby powyższe zagadnienia, bez jednoczesnego zagłębiania się w ogromną ilość technicznych szczegółów. Najlepszą pozycją w języku angielskim jest: **Quantum Field Theory in a Nutshell**, A. Zee. Ponadto istnieje ogromna literatura dotycząca kwantowej teorii pola. Dzieli się ona pod względem obszaru zastosowań. Najnowszym podręcznikiem zorientowanym na zastosowania teorii pola w fizyce cząstek elementarnych jest: **Teoria pól kwantowych** (3 tomy) S. Weinberga. Istnieją też książki poświęcone konkretnym teoriom pola, np. **Kwantowa teoria oddziaływań elektromagnetycznych** A. Bechlera. Wprowadzenie do teorii pola w kwantowych układach wielu ciał (z przykładami m.in. z fizyki ciała stałego i fizyki jądrowej) stanowi klasyczna: **Kwantowa teoria układów wielu ciał**, A. Fettera i J. Walecki, oraz w jęz. angielskim (lub rosyjskim): **Methods of Quantum Field Theory in Statistical Physics**, A. Abrikosowa, L. Gorkowa i I. Dzialoszyńskiego. Ponadto zastosowania teorii pola do przejść fazowych (zwłaszcza omówienie teorii Ginzburga-Landaua) obejmuje niedawno wydana książka: **Zjawiska krytyczne – wstęp do teorii grupy renormalizacji**, J. Binney i inni. Wszystkie te pozycje (i wiele innych) mogą być traktowane jednak jedynie jako literatura dodatkowa.

