

Kod USOS

Karta przedmiotu

<b>Przedmiot</b>	<b>Grupa</b>	<b>ECTS</b>
Fizyka Wysokich Energii		9

Kierunek studiów: fizyka

Specjalność: fizyka

<b>Formy zajęć</b>	<b>Wykład</b>	<b>Konwersatorium</b>	<b>Seminarium</b>	<b>Laboratorium</b>	<b>Razem</b>	<b>Semestr</b>
<b>Wymiar [h]</b>	45	45			90	2

Efekty kształcenia

Student:

1. ma poszerzoną wiedzę z zakresu wybranych działów fizyki teoretycznej, zna i rozumie podstawowe koncepcje teoretyczne oraz modele matematyczne wybranych układów i zjawisk,
2. ma pogłębioną wiedzę z matematyki w zakresie matematycznych metod fizyki,
3. umie ze zrozumieniem przedstawić podstawowe koncepcje teoretyczne wybranych obszarów fizyki oraz powiązać je z eksperymentem,
4. umie zinterpretować wyniki eksperymentów w oparciu o wiedzę teoretyczną,
5. umie ze zrozumieniem stosować metody fizyki teoretycznej do ilościowej i jakościowej analizy wybranych układów i zjawisk fizycznych,
6. umie ze zrozumieniem i krytycznie korzystać z fachowej literatury i zasobów Internetu - w tym źródeł w języku angielskim w odniesieniu do studiowanych problemów fizyki,
7. umie stosować poznane narzędzia matematyki do formułowania i rozwiązywania wybranych problemów z fizyki,
8. umie stosować poznane narzędzia informatyki, w tym narzędzia do obliczeń symbolicznych do analizy problemów teoretycznych,
9. umie ze zrozumieniem i krytycznie korzystać z fachowej literatury i zasobów Internetu - w tym źródeł w języku angielskim - w odniesieniu do wybranych problemów matematyki i informatyki,
10. rozumie potrzebę stałego pogłębiania swojej wiedzy oraz potrzebę przekazywania społeczeństwu rzetelnej, opartej na dowodach, wiedzy z zakresu fizyki i jej zastosowań.

### Formy kształcenia i sposoby weryfikacji efektów kształcenia

Wykład	Ćwiczenia rachunkowe
<p>Studenci uczestniczą w wykładzie oraz ćwiczeniach. Są stymulowani do zadawania pytań i dyskusji.</p> <p>Po zakończeniu kształcenia z przedmiotu Fizyka Wysokich Energii odbywa się egzamin pisemny i ustny, który weryfikuje uzyskaną wiedzę.</p>	<p>Studenci otrzymują listy zadań do samodzielnego rozwiązania, których treść jest skorelowana z treścią wykładu. Podczas zajęć przedstawiają ich rozwiązania. Prowadzący zwraca szczególną uwagę na rozumienie używanych pojęć, klarowność prezentacji, stymuluje grupę do zadawania pytań i dyskusji. Prowadzący stara się wytworzyć w grupie ćwiczeniowej poczucie odpowiedzialności za zespół i zachęca do pracy zespołowej.</p> <p>Zaliczenie zajęć odbywa się na podstawie oceny, która uwzględnia:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• umiejętność rozwiązywania zadań z określonych działów fizyki wysokich energii,</li> <li>• umiejętność prezentacji rozwiązań,</li> <li>• umiejętność dyskusji na tematy związane z przedmiotem,</li> <li>• umiejętność korzystania z zasobów literatury i Internetu,</li> <li>• zdolność do współpracy w grupie,</li> <li>• kreatywność w podejściu do rozwiązywanych problemów.</li> </ul> <p>Ocenianie ciągłe przez prowadzącego zajęcia. Ocena końcowa wyrażona liczbą przewidzianą w regulaminie studiów, która uwzględnia ocenę wiedzy, umiejętności i kompetencji studenta.</p>

### Treści kształcenia i rozkład zajęć

#### Semestr 2

Wykład	Konwersatorium	Laboratorium	Tydzień
<p>Wstęp historyczny. Prace J.J. Thomsona i odkrycie elektronu. Rozpraszanie Rutherforda - odkrycie jądra atomowego. Prace Plancka oraz Einsteina, promieniowanie ciała doskonale czarnego, katastrofa w ultrafiolecie, początek epoki kwantowej, własności fotonu, rozpraszanie Comptona. Yukawy siły wiążące jądro atomowe, „mezony” <math>\pi</math>. Powstanie relatywistycznej mechaniki kwantowej, prace Diraca, wprowadzenie pojęcia antycząstki, teoria dziur. Andersona odkrycie pozytonu, kontrowersje wokół tego czym jest antyelektron. Widmo rozpadu beta, konieczność wprowadzenia neutrina. Odkrycia kolejnych rodzin leptonowych. Odkrycie cząstek dziwnych.</p>	<p>Szacowanie wielkości fizycznych. Skale wielkości fizycznych. Analiza wymiarowa: układ Gaussa, układ SI, układ jednostek naturalnych w fizyce jądrowej i fizyce wysokich energii: <math>\hbar=1=c</math>. Wykorzystanie zasady nieoznaczoności oraz relacji <math>E=mc^2</math> i <math>E=h\nu</math> do szacowania wielkości i parametrów fizycznych. Porównanie potencjału Coulomba i potencjału Yukawy. Potencjał Coulomba w dwóch i trzech wymiarach. Prawo Stefana-Boltzmann, prawo Wiena.</p>		1
<p>Ośmioraka (poósmna) ścieżka. Bootstrap. Dziwność. Diagramy wagowe: oktety i dekuplet barionów, oktety (oktety) mezonów. Model kwarkowy: lekkie kwarki <math>u</math> i <math>d</math>. Kwark <math>s</math>. Odkrycie ciężkich zapachów kwarków: <math>c</math>, <math>b</math>, <math>t</math>. Zapachowe liczby kwantowe. Supermultiplety hadronowe (diagramy wagowe z trzecią osią: powabu). Odkrycie cząstek obdarzonych ciężkimi zapachowymi liczbami kwantowymi. Bozony pośredniczące: foton, gluony, grawiton, bozony <math>W^\pm</math> oraz <math>Z^0</math>. Model Standardowy: rodziny leptonowe i kwarkowe.</p>	<p>Wyznaczanie liczb kwantowych hadronów i leptonów. Symetrie zapachowych i spinowych funkcji falowych w multipletach cząstek elementarnych. Zapachowa i spinowa funkcja falowa pionu. Zapachowa i spinowa funkcja falowa protonu. Momenty magnetyczne cząstek elementarnych: pion i proton. Izospin cząstek elementarnych, trzecia składowa izospinu. Symetria izospinowa. Multiplety izospinowe. Zastosowanie symetrii izospinowej do obliczania związków pomiędzy przekrojami czynnymi procesów z udziałem cząstek elementarnych.</p>		2

<p>Typy oddziaływań elementarnych i ich wstępna charakterystyka. Skale czasowe oddziaływań. Czego nie wiemy o grawitacji. Elektrodynamika kwantowa: symetria cechowania <math>U(1)</math>, diagramy Feynmana, stała sprzężenia, typy wierzchołków, poprawki wyższego rzędu. Chromodynamika kwantowa: symetria cechowania <math>SU(3)</math>, typy wierzchołków, nieliniowość teorii, uwięzienie koloru, asymptotyczna swoboda. Porównanie QED z QCD: porównanie stałych sprzężeń oraz rodzajów wierzchołków. Własności próżni w obu teoriach. Zależność stałych sprzężenia od energii.</p>	<p>Elementy składowe diagramów Feynmana: funkcje falowe, propagatory, wierzchołki. Rysowanie diagramów Feynmana w elektrodynamice i chromodynamice kwantowej. Diagramy w przybliżeniu Borna, diagramy wyższych rzędów. Diagramy z poprawkami do funkcji falowych, diagramy z poprawkami do masy i ładunku, diagramy innych poprawek (moment magnetyczny). Porównanie diagramów w QED i QCD.</p>		3
<p>Własności sektora oddziaływań słabych: szczegółowe zagadnienia jak wyżej, a ponadto mechanizm Higgsa, diagramy kwarkowe, mieszanie międzygeneracyjne kwarków (macierz CKM: Cabbibo–Kobayashi–Maskawy), nieobecność prądów FCNC, mechanizm GIM (Glashow-Illiopoulos-Maiani). Problem unifikacji oddziaływań elementarnych w związku z zależnością stałych sprzężenia od energii.</p>	<p>Rysowanie diagramów Feynmana w teorii oddziaływań elektroślabyh (ślabyh). Zabronione wierzchołki w oddziaływaniach słabych (FCNC). Dozwolone procesy FCCC. Informacje o potencjale Higgsa. Ilustracje mechanizmu spontanicznego naruszenia symetrii.</p>		4
<p>Ścisłe i przybliżone prawa zachowania w fizyce cząstek elementarnych. Zasady zachowania: ładunku, liczby barionowej, liczb leptonowych, czteropędu. Symetrie cechowania a prawa zachowania ładunków związanych z określonymi grupami cechowania. Przybliżone prawo zachowania zapachu, reguła OZI (Okubo-Zweig-Iizuka).</p>	<p>Analiza procesów z udziałem cząstek elementarnych ze względu na ścisłe i przybliżone zasady zachowania. Charakterystyka oddziaływań elementarnych ze względu na przybliżone zasady zachowania. Masy cząstek trwałych w świetle zasad zachowania liczby barionowej i liczb leptonowych.</p>		5

<p>Operator przesunięcia, hamiltonian, warunek komutacyjny niezmienniczości. Niezmienniczość obrotowa: operator obrotu, własności hamiltonianów ze względu na obrót, związek z momentem pędu, relacje komutacyjne składowych operatora momentu pędu, spin cząstek i jego klasyfikacja: bozony, fermiony (i anyony). Zagadnienie momentu pędu w modelu kwarkowym, notacja spektroskopowa. Parzystość wewnętrzna bozonów i fermionów, operator parzystości i jego wartości własne. Parzystość układów fermion-antyfermion, parzystość pionów, symetryczne i antysymetryczne funkcje falowe, parzystość fotonu.</p>	<p>Zachowanie i naruszenie parzystości w procesach z udziałem cząstek elementarnych. Charakterystyka oddziaływań elementarnych ze względu na parzystość. Przykłady funkcji falowych o określonej i nieokreślonej parzystości.</p>		6
<p>Sprzężenie ładunkowe, parzystość ładunkowa par naładowanych bozonów i fermionów. Kanały rozpadu pionu <math>\pi^0</math> oraz mezonu <math>\eta^0</math>: szerokości rozpadu i współczynniki rozgałęzienia. Parzystość kombinowana <math>CP</math>. Odwrócenie czasu, własności operatora odwrócenia czasu, transformacje wielkości fizycznych i funkcji falowych pod wpływem odwrócenia czasu. Symetria <math>CPT</math>. Spektroskopia pozytonium.</p>	<p>Zachowanie i naruszenie parzystości ładunkowej w procesach z udziałem cząstek elementarnych. Charakterystyka oddziaływań elementarnych ze względu na parzystość ładunkową. Zachowanie i naruszenie parzystości kombinowanej (<math>CP</math>) w procesach z udziałem cząstek elementarnych. Charakterystyka oddziaływań elementarnych ze względu na parzystość kombinowaną. Analiza dopuszczalnych kanałów rozpadu neutralnego i naładowanych pionów oraz neutralnego mezonu eta. Szerokości połówkowe i współczynniki rozgałęzienia w przypadku tych procesów. Dyskusja liczb kwantowych stanu podstawowego i stanów wzbudzonych pozytonium.</p>		7

<p>Fenomenologia oddziaływań silnych: dzety, biegnąca stała sprzężenia, przypadki trójdżetowe. Współczynnik R. Rozpraszanie głęboko nieelastyczne, formfaktory protonu, promień protonu. Model partonowy: funkcje struktury i fragmentacji, relacje Callana-Grossa, skalowanie Björkena. łamanie skalowania. Rola gluonów w modelu partonowym. Fenomenologia oddziaływań elektroslabych: rozpady bozonów pośredniczących, niskoenergetyczne własności sektora, stała Fermiego, symetria leptokwarkowa, mieszanie <math>K^0-K^0</math>, zjawisko regeneracji, oscylacje dziwności.</p>	<p>Układ odniesienia nieskończonego pędu. Zmienne kinematyczne w procesie rozpraszania głęboko nieelastycznego elektronu (lub fotonu) na protonie. Partony (kwarki) walencyjne. Partony (kwarki i gluony) morza. Partony „wee”. Pęd i moment pędu hadronu, niesiony przez partony. Równania Altarelliego-Parisiego. Jakościowa i ilościowa analiza procesów w strumieniu neutralnych kaonów.</p>	<p>8</p>
<p>Fizyka hadronów. Liczby kwantowe i skład walencyjny hadronów. Zależności pomiędzy ładunkiem i dziwnością hadronów. Egzotyczne hadrony w świetle hipotezy uwięzienia koloru: skład kwarkowy egzotycznych barionów i egzotycznych mezonów. Słaby i silny hiperładunek. Izospin. Reguła (Gell-Manna-Kleina-Nishijimy) wiążąca izospin, ładunek i hiperładunek. Procesy produkcji i formacji cząstek rezonansowych. Krzywa Breita-Wignera, szerokość połówkowa, czas życia. Analiza diagramów kwarkowych w przypadku cząstek rezonansowych. Diagramy wagowe wzbudzeń mezonowych i barionowych. Wzbudzenia spinowe i radialne. Funkcje falowe hadronów (w tym egzotycznych) z uwzględnieniem zapachu, koloru i spinu.</p>	<p>Wyznaczanie hiperładunku hadronów i leptonów różnymi metodami. Hiperładunek a zapachowe liczby kwantowe kwarków. Analiza procesów z udziałem cząstek elementarnych ze względu na hiperładunek. Diagramy kwarkowe dla procesów z udziałem hadronów: diagram rozpadu pojedynczej cząstki, diagramy zderzeń „2 w 2”, diagramy procesów kaskadowych. Liczby kwantowe egzotycznych hadronów. Przykłady cząstek stanowiących wzbudzenia spinowe i radialne.</p>	<p>9</p>
<p>Rozpraszanie w mechanice klasycznej i kwantowej. Przekrój czynny. Elementy teorii reakcji cząstek elementarnych, niezależnej od modelu. Macierz rozpraszania. Złota reguła Fermiego. Szerokość połówkowa. Przestrzeń fazowa. Procesy rozpadu <math>1 \rightarrow 2+3+\dots</math>. Procesy typu <math>1+2 \rightarrow 3+4</math>. Przypadek ogólny i bezmasowy. Symetria skrzyżowania.</p>	<p>Rozpraszanie w mechanice klasycznej na różnych potencjałach. Rozpraszanie w mechanice kwantowej. Rozpraszanie Rutherforda – identyczny rezultat w podejściu klasycznym i kwantowym. Analiza formuł opisujących macierz rozpraszania procesów <math>1 \rightarrow 2+3+\dots</math> oraz <math>1+2 \rightarrow 3+4</math>.</p>	<p>10</p>

Rachunek zaburzeń. Diagramy Feynmana. Przybliżenie Borna. Teoria $\lambda\Phi^3$ . Teoria $\lambda\Phi^4$ .	Wyznaczenie średniego czasu życia cząstki skalarnej w ramach modelu $\lambda\Phi^3$ oraz $\lambda\Phi^4$ .		11
Elektrodynamika kwantowa w ujęciu perturbacyjnym. Diagramy Feynmana. Rozpraszanie Comptona. Rozpraszanie elektronów na elektronach. Rozpraszanie elektron – mion.	Obliczenie różniczkowego i całkowego przekroju czynnego w przypadku rozpraszania elektronu na ciężkiej (nieruchomej) cząstce naładowanej (jądrze atomowym).		12
Anihilacja pary elektron pozyton. Rozpraszanie Rutherforda. Informacje o procesach w wyższych rzędach: rozpraszanie światła na świetle.	Jakościowy opis procesów w wyższych rzędach rachunku zaburzeń.		13
Elementarne procesy QCD w rachunku zaburzeń. Rozpraszanie kwark – kwark. Rozpraszanie gluon – gluon i kwark – gluon w przybliżeniu Borna.	Porównanie obliczeń w przybliżeniu Borna, w elektrodynamice i chromodynamice kwantowej.		14
Głębsze poziomy organizacji materii: supersymetria, superstruny, kosmologia. Niektóre ważne, a nierozstrzygnięte problemy.	Jakościowa dyskusja wybranych zagadnień różnych teorii unifikacyjnych.		15

### Literatura

<b>Zalecana literatura</b>	D. J. Griffiths, <i>Introduction to Elementary Particles</i> C. Leader, E. Predazzi, <i>Wstęp do teorii oddziaływań kwarków i leptonów</i> D. H. Perkins, <i>Wstęp do fizyki wysokich energii</i> G. Białkowski, R. Sosnowski, <i>Cząstki Elementarne</i>
----------------------------	--

<b>Literatura dodatkowa</b>	S. Weinberg, <i>Kwantowa teoria pola</i> I. Białynicki-Birula, Z. Białynicka-Birula, <i>Elektrodynamika kwantowa</i> A. Bechler, <i>Kwantowa teoria oddziaływań elektromagnetycznych</i>
-----------------------------	--

<b>Autor karty przedmiotu</b>	dr Jan Żochowski	<b>Podpis</b>	
-------------------------------	------------------	---------------	--