**Nazwa przedmiotu:**

Fizyka zderzeń ciężkich jonów

**Koordynator przedmiotu:**

dr hab. inż. Katarzyna Grebieszkow, profesor uczelni

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Fizyka Techniczna

**Grupa przedmiotów:**

Obowiązkowe

**Kod przedmiotu:**

1050-FTFTJ-MSP-2FZJ

**Semestr nominalny:**

1 / rok ak. 2020/2021

**Liczba punktów ECTS:**

3

**Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów uczenia się:**

1. godziny kontaktowe – 47 h; w tym
 a) obecność na wykładach – 45 h
 c) obecność na egzaminie – 2 h
2. praca własna studenta – 30 h; w tym
 a) przygotowanie do egzaminu – 30 h

Razem w semestrze 77 h, co odpowiada 3 pkt. ECTS

**Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich:**

1. obecność na wykładach – 45 h
2. obecność na egzaminie – 2 h

Razem w semestrze 47 h, co odpowiada 2 pkt. ECTS

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

**Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym:**

0

**Formy zajęć i ich wymiar w semestrze:**

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład:  | 45h |
| Ćwiczenia:  | 0h |
| Laboratorium:  | 0h |
| Projekt:  | 0h |
| Lekcje komputerowe:  | 0h |

**Wymagania wstępne:**

Znajomość podstaw: fizyki ogólnej, fizyki jądrowej oraz fizyki kwantowej.

**Limit liczby studentów:**

**Cel przedmiotu:**

Swobodne poruszanie się w dziedzinie zderzeń ciężkich jonów oraz znajomość aktualnych kierunków badań. Opanowanie podstaw fizyki wysokich energii. Wykład zawiera program niezbędny do napisania pracy inżynierskiej i magisterskiej z dziedziny zderzeń ciężkich jonów (brak jednego podręcznika który obejmowałby cały program wykładu). Wiadomości podawane na wykładzie są niezbędne aby uczestniczyć w największych eksperymentach przy akceleratorach RHIC (Relativistic Heavy Ion Collider), LHC (Large Hadron Collider), SPS (Super Proton Synchrotron) oraz żeby ze zrozumieniem uczestniczyć w jakiejkolwiek konferencji czy spotkaniu naukowym z tej dziedziny.

**Treści kształcenia:**

1. Po co nam wysokie energie? Używane skale i jednostki. Cząstki elementarne, klasyfikacja cząstek.
2. Oddziaływania (wymiana wirtualnego nośnika), prawa zachowania, diagramy Feynmana. Głęboko-nieelastyczne rozpraszanie e+N, n+N, produkcja jetów hadronowych, funkcje struktury.
3. Model Standardowy i unifikacja oddziaływań. Interdyscyplinarność relatywistycznych zderzeń ciężkich jonów. Zmienne kinematyczne (pl, pT, y, h, mT, xF).
4. Akceleratory, detektory i układy detektorów w fizyce zderzeń ciężkich jonów, akceptancja detektora. Identyfikacja cząstek.
5. Produkcja cząstek w zderzeniach nukleon+nukleon (N+N), przekroje, krotności. Modele produkcji cząstek (kaskadowe, strunowe).
6. Zderzenia jądro+jądro (A+A), model Glaubera, parametr zderzenia, centralność, spektatorzy i partycypanci, model zranionych nukleonów. Charakterystyki globalne (rozkłady ET, krotności) oraz kinematyczne (pT, y) produkcji cząstek w zderzeniach A+A.
7. Podstawy chromodynamiki kwantowej, stała sprzężenia oddziaływań silnych, asymptotyczna swoboda. Plazma kwarkowo-gluonowa. Diagram czasowo-przestrzenny ewolucji zderzenia ciężko-jonowego (tzw. Model Małego Wybuchu). Model worka.
8. Model Wielkiego Wybuchu. Diagram fazowy silnie oddziałującej materii. Rachunki na sieciach na warunki przejścia fazowego, gęstość energii w funkcji temperatury. Rząd przejścia fazowego i punkt krytyczny na diagramie fazowym.
9. Model hydrodynamiczny Bjorkena i gęstość energii. Model Hagedorna i temperatura wymrożenia termicznego. Temperatura wymrożenia chemicznego i barionowy potencjał chemiczny z modelu gazu hadronowego.
10. Podstawowe sygnatury plazmy kwarkowo-gluonowej: 1. Produkcja fotonów bezpośrednich 2. Produkcja par leptonów (dileptonów) o małych masach 3. Tłumienie powabu (ekranowanie Debye'a) 4. Wzmocnienie produkcji dziwności 5. Produkcja cząstek w Modelu Statystycznym Wczesnej Fazy (SMES).
11. Efekty kolektywne - przepływ (skierowany, eliptyczny). Femtoskopia hadronów i rozmiary źródeł.
12. Fluktuacje dynamiczne i korelacje (krotność cząstek, stosunki cząstek, ładunek, pęd poprzeczny).
13. Produkcja jetów w zderzeniach jądrowych: 1. Czynnik modyfikacji jądrowej. 2. Korelacje dwu-cząstkowe w kącie azymutalnym.

**Metody oceny:**

Egzamin pisemny w formie testu (poprawkowy w formie odpowiedzi ustnej na 3 wylosowane pytania); dodatkowe bonusy: a) ½ oceny w górę za 14-15 obecności, ¼ za 13 obecności b) pięć kartkówek w trakcie semestru, zaliczenie ich na 50% punktów to ½ oceny w górę.

**Egzamin:**

tak

**Literatura:**

Literatura podstawowa:
1. D. H. Perkins “Wstęp do fizyki Wysokich Energii” PWN 2004
2. E. Skrzypczak, Z. Szefliński “Wstęp do Fizyki Jądrowej i Cząstek Elementarnych”
3. J. Bartke “Introduction to Relativistic Heavy Ion Physics” World Scientific 2009
4. Krótkie, przeglądowe publikacje z dziedziny ciężkich jonów – stale uzupełniana lista dostępna jest na stronie przedmiotu (http://www.if.pw.edu.pl/~kperl/HIP/hip.html)
Literatura popularno-naukowa:
1. F. Close “Kosmiczna Cebula”
2. http://particleadventure.org/

**Witryna www przedmiotu:**

http://www.if.pw.edu.pl/~kperl/HIP/hip.html

**Uwagi:**

## Efekty przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Efekt FZCJ\_W01:**

Ma podbudowaną teoretycznie szczegółową wiedzę w zakresie fizyki zderzeń ciężkich relatywistycznych jonów.

Weryfikacja:

egzamin

**Powiązane efekty kierunkowe:** FT2\_W03

**Powiązane efekty obszarowe:** X2A\_W03, X2A\_W04, X2A\_W05, T2A\_W03, T2A\_W04, InzA\_W02, InzA\_W05

**Efekt FZCJ\_W02:**

Ma opanowane podstawy fizyki wysokich energii oraz cząstek elementarnych.

Weryfikacja:

egzamin

**Powiązane efekty kierunkowe:** FT2\_W03

**Powiązane efekty obszarowe:** X2A\_W03, X2A\_W04, X2A\_W05, T2A\_W03, T2A\_W04, InzA\_W02, InzA\_W05

**Efekt FZCJ\_W03:**

Ma wiedzę o tendencjach rozwojowych i najistotniejszych osiągnięciach z zakresu fizyki zderzeń ciężkich relatywistycznych jonów.

Weryfikacja:

egzamin

**Powiązane efekty kierunkowe:** FT2\_W04

**Powiązane efekty obszarowe:** X2A\_W06, T2A\_W05, T2A\_W07

**Efekt FZCJ\_W04:**

Ma wiedzę pozwalającą na efektywniejsze uczestniczenie w eksperymentach przy akceleratorach SPS, RHIC, LHC, etc. oraz na uczestniczenie w konferencjach i spotkaniach naukowych dotyczących fizyki zderzeń relatywistycznych jonów.

Weryfikacja:

egzamin

**Powiązane efekty kierunkowe:** FT2\_W04

**Powiązane efekty obszarowe:** X2A\_W06, T2A\_W05, T2A\_W07

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Efekt FZCJ\_U01:**

Potrafi pozyskiwać informacje z literatury; potrafi integrować uzyskane informacje, dokonywać ich interpretacji, wyciągać wnioski oraz formułować i uzasadniać opinie.

Weryfikacja:

egzamin

**Powiązane efekty kierunkowe:** FT2\_U01

**Powiązane efekty obszarowe:** X2A\_U03, T2A\_U01

**Efekt FZCJ\_U02:**

Potrafi określić kierunki dalszego uczenia się i zrealizować proces samokształcenia.

Weryfikacja:

egzamin

**Powiązane efekty kierunkowe:** FT2\_U04

**Powiązane efekty obszarowe:** X2A\_U07, T2A\_U05

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Efekt FZCJ\_K01:**

Potrafi myśleć w sposób kreatywny; rozumie potrzebę uczenia się przez całe życie; rozumie potrzebę systematycznego zapoznawania się z czasopismami naukowymi.

Weryfikacja:

egzamin

**Powiązane efekty kierunkowe:** FT2\_K01, FT2\_K02

**Powiązane efekty obszarowe:** X2A\_K07, T2A\_K06, X2A\_K05, T2A\_K01