**Nazwa przedmiotu:**

Modelowanie procesów jądrowych

**Koordynator przedmiotu:**

dr Marcin Słodkowski

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Fizyka Techniczna

**Grupa przedmiotów:**

Obowiązkowe

**Kod przedmiotu:**

**Semestr nominalny:**

1 / rok ak. 2019/2020

**Liczba punktów ECTS:**

4

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

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

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

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

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

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład:  | 30h |
| Ćwiczenia:  | 0h |
| Laboratorium:  | 30h |
| Projekt:  | 0h |
| Lekcje komputerowe:  | 0h |

**Wymagania wstępne:**

Znajomość podstaw fizyki ogólnej, mechaniki kwantowej, fizyki jądrowej i cząstek elementarnych, fizyki radiacyjnej, fizyki zderzeń ciężkich jonów. Znajomość programowania proceduralnego i obiektowego. Wymaga praktyczna wiedza z zakresu komputerowej analizy danych doświadczalnych. Znajomość środowiska do analizy i wizualizacji wyników ROOT.

**Limit liczby studentów:**

**Cel przedmiotu:**

Celem przedmiotu jest zapoznanie uczestników zajęć z metodami modelowania procesów jądrowych oraz nabycie umiejętności praktycznych w wykorzystywaniu programów do modelowania. Wykład zawiera przekrojowy program z interdyscyplinarnych dziedzin fizyki jądrowej - radiacyjnej fizyki jądrowej, fizyki wysokich energii, relatywistycznej fizyki jądrowej i fizyki zderzeń ciężkich jonów. Modelowanie procesów jądrowych stanowi nieodłączny element porównywania wyników eksperymentu z przewidywaniami teoretycznymi. Wiadomości podawane na wykładzie są niezbędne do celów eksperymentalnych w wielu dziedzinach fizyki jądrowej i cząstek elementarnych. W laboratorium komputerowym uczestnik zapozna się z szeroko pojętą tematyką zagadnień analiz off-line, do których zalicza się symulację i porównanie symulowanych wyników z danymi doświadczalnymi. Wykład i powiązane z nim laboratorium komputerowe stanowi wprowadzenie studentów do stosowanych metod i oprogramowania niezwykle ważnych dla specjalistów w zakresie fizyki jądrowej (w tym relatywistycznej fizyki jądrowej, inżynierii reaktorowej i fizyków wspomagających medycynę nuklearną).

**Treści kształcenia:**

Program zajęć
1. Wprowadzenie do programu zajęć. Czym jest modelowanie procesów jądrowych ? Rodzaje modelowania: statyczne, matematyczne (analityczne), statystyczne i dynamiczne. Najczęściej stosowane modele w fizyce jądrowej: statystyczne (Monte Carlo), dynamiczne (mikroskopowe UrQMD), kolektywne (HYDRO), wielociałowe (pQCD), strunowe, geometryczne (modelowanie propagacji cząstek w detektorze - GEANT).
2. Wstęp do programowania w FORTRANIE jako język programowania stosowany do symulacji procesów jądrowych.
3. Metody Monte Carlo. Dlaczego są używane ? Ich znaczenie w fizyce i technice eksperymentalnej.
4. Modelowanie w radiacyjnej fizyce jądrowej. Modelowanie geometryczne. GEANT – przedstawienie i omówienie cech funkcjonalnych, sposobu przygotowania danych wejściowych, formaty wyjścia. Programowe narzędzia do przygotowania opisu geometrii detektora, nakładki graficzne.
5. Łączenie generatorów cząstek z programem GEANT. Łączenie modułów programu komputerowego implementowanych w C/C++ i Fortranie.
6. Modelowanie kaskad elektromagnetycznych.
7. Modelowanie za pomocą programów MCNPX i FLUKA. Program FLUKA. Historia powstania i jego ewolucja. Przegląd możliwości programu: oddziaływania nieelastyczne hadron-jądro, rozpraszanie elastyczne, oddziaływania jądro-jądro, transport naładowanych hadronów i mionów, neutrony o małych energiach, elektrony, fotony, neutrina, geometria, zagadnienia transportu, sposoby optymalizacji działania programu.
8. Struktura kodu komputerowego FLUKA. Aspekty techniczne. Sposób używania, w szczególności przygotowanie danych wejściowych i interpretacja wyników.
9. Modelowanie w fizyce zderzeń ciężkich jonów. Modele strunowe generator HIJNG. Generowanie zestawów przypadków, np. p+p, p+A, centralne A+A, minimum bias A+A.
10. Model mikroskopowy – model transportu hadronów UrQMD w relatywistycznej fizyce zderzeń ciężkich jonów.
11. Modele hydrodynamiczne Landaua oraz Bjorkena. Relatywistyczne modele HYDRO ewolucji kolektywnego stanu materii.
12. Fizyka generatora zderzeń PYTHIA.
13. Metody Monte Carlo w fizyce wysokich energii, relatywistycznej fizyce jądrowej i fizyce zderzeń ciężkich jonów.
14. Zastosowania metod Monte Carlo do generacji przypadków oddziaływań i symulacji odpowiedzi detektora.
15. Symulacje Monte Carlo w badaniu efektywności i akceptacji rekonstrukcji śladów cząstek naładowanych w detektorze pod kątem analiz danych w eksperymentach NA49, NA61/SHINE, STAR, ALICE.

**Metody oceny:**

Zaliczenie wykładu kończy się egzaminem pisemnym w terminach sesji egzaminacyjnej (6 pytań otwartych: po 2 pytania z 3 działów przedmiotu).
Studenci wykonają 3 projekty w celu zaliczenia laboratorium przedmiotu.

**Egzamin:**

tak

**Literatura:**

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. Podstawowe publikacje z dziedziny przedstawianych modeli – stale uzupełniana lista dostępna jest na stronie przedmiotu (http://efizyka.if.pw.edu.pl/MPJ)

**Witryna www przedmiotu:**

**Uwagi:**

## Efekty przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Efekt MPJ\_W01:**

Ma podstawową wiedzę w dziedzinie modelowania procesów jądrowych, radiacyjnej fizyki jądrowej, fizyki wysokich energii, relatywistycznej fizyki jądrowej i fizyki zderzeń ciężkich jonów wykorzystywanych w dużych eksperymentach.

Weryfikacja:

kolokwium

**Powiązane efekty kierunkowe:** FT2\_W03

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

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Efekt MPJ\_U01:**

Potrafi praktycznie w wykorzystać programy do modelowania procesów jądrowych.

Weryfikacja:

zaliczenie ćwiczeń z laboratorium

**Powiązane efekty kierunkowe:** FT2\_U06, FT2\_U08, FT2\_U16

**Powiązane efekty obszarowe:** X2A\_U02, X2A\_U04, T2A\_U09, T2A\_U08, X2A\_U01, X2A\_U02, T2A\_U17, InzA\_U06

**Efekt MPJ\_U02:**

Potrafi napisać aplikację wykorzystującą biblioteki modeli transportu tj. GEANT4 i FLUKA. Umie uruchomić proces symulacyjny transportu neutronów w osłonie betonowej reaktora jądrowego oraz zrobić podstawowe analizy otrzymanych wyników.

Weryfikacja:

zaliczenie ćwiczeń z laboratorium

**Powiązane efekty kierunkowe:** FT2\_U06, FT2\_U08, FT2\_U16

**Powiązane efekty obszarowe:** X2A\_U02, X2A\_U04, T2A\_U09, T2A\_U08, X2A\_U01, X2A\_U02, T2A\_U17, InzA\_U06

**Efekt MPJ\_U03:**

Potrafi wykonać symulacje teoretyczne w fizyce zderzeń ciężkich jonów oraz wykonać prostą analizę wyników na wygenerowanych danych

Weryfikacja:

zaliczenie ćwiczeń z laboratorium

**Powiązane efekty kierunkowe:** FT2\_U06, FT2\_U08, FT2\_U16

**Powiązane efekty obszarowe:** X2A\_U02, X2A\_U04, T2A\_U09, T2A\_U08, X2A\_U01, X2A\_U02, T2A\_U17, InzA\_U06

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Efekt MPJ\_K01:**

Potrafi używać oprogramowanie do modelowania procesów jądrowych, dokonywać analizy i interpretacji uzyskanych wyników. Potrafi wykonywać samodzielnie symulacji Monte-Carlo i aktywnie działać i wykonywać zadania w sposób kreatywny i przedsiębiorczy.

Weryfikacja:

laboratorium

**Powiązane efekty kierunkowe:** FT2\_K01

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