**Nazwa przedmiotu:**

Fizyka sieci złożonych

**Koordynator przedmiotu:**

dr inż. Agata Fronczak

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Fizyka Techniczna

**Grupa przedmiotów:**

Obowiązkowe

**Kod przedmiotu:**

**Semestr nominalny:**

2 / rok ak. 2016/2017

**Liczba punktów ECTS:**

3

**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:  | 0h |
| Projekt:  | 0h |
| Lekcje komputerowe:  | 0h |

**Wymagania wstępne:**

Przedmioty, które należy zaliczyć wcześniej: Fizyka statystyczna i termodynamika (wymagane)
Inne umiejętności: Umiejętność programowania w języku C++ lub Java (pożądane)

**Limit liczby studentów:**

**Cel przedmiotu:**

Celem przedmiotu jest zapoznanie studenta z podstawowymi zagadnieniami nauki o sieciach złożonych. Podczas wykładu student zapoznaje się z: elementami teorii grafów, teorii przemian fazowych, metodami równowagowej i nierównowagowej fizyki statystycznej, metodami symulacji Monte-Carlo i uczy się, jak wykorzystać te narzędzia do analizy rzeczywistych układów złożonych.

**Treści kształcenia:**

I. Wstęp. Złożoność oddziaływań i zjawisk we współczesnym świecie. Uniwersalność modeli sieciowych. Wyjaśnienie pojęcia „bezskalowość”. Matematyka praw potęgowych.
II. Przykłady i własności sieci rzeczywistych. Elementy teorii grafów i podstawowe pojęcia nauki o sieciach złożonych (rozkład stopni wierzchołków, współczynnik gronowania, efekt małych światów, miary centralności, korelacje w sieciach, modularność).
III. Klasyfikacja i podstawowe modele sieci złożonych. Sieci ewoluujące (metoda czasu ciągłego i równania Master dla rozkładu stopni wierzchołków). Preferencyjne dołączanie węzłów w sieciach rzeczywistych (model kopiujący i efekty starzenia się węzłów). Klasyczne grafy przypadkowe. Sieci przypadkowe o zadanych własnościach (o zadanym hamiltonianie). Zasada maksymalnej entropii w zastosowaniu do sieci złożonych. Symulacje Monte Carlo modeli sieciowych.
IV. Prawa skalowania w sieciach rzeczywistych. Idea skalowania w fizyce przemian fazowych. Skalowanie allometryczne we fraktalnych sieciach dystrybucyjnych. Czwarty wymiar życia układu krwionośnego ssaków. Pojęcie wymiaru sieci. Różne definicje wymiarów: wymiar topologiczny, pudełkowy, rozprzestrzeniania. Nieskończony wymiar rozprzestrzeniania sieci rzeczywistych i wynikające z niego prawa skalowania odległości. Skalowanie fluktuacji Taylora w dynamice sieci rzeczywistych
V. Odporność sieci bezskalowych na przypadkowe błędy węzłów i wrażliwość tych układów na celowe ataki. Perkolacja w sieciach złożonych. Przykłady układów perkolacyjnych w fizyce i innych naukach przyrodniczych. Perkolacja jako przykład statycznej przemiany fazowej drugiego rodzaju. Idea wykładników krytycznych. Próg perkolacji w sieciach przypadkowych. Modelowanie odporności sieci na przypadkowe błędy i celowe ataki. Problem odporności sieci genetycznych na mutacje, przykład nowotworów i genu p53. Problem wrażliwości Internetu na celowe ataki cyberterrorystów.
VI. Rozprzestrzenianie się epidemii w sieciach złożonych. Rozprzestrzenianie się epidemii jako przykład dynamicznej przemiany fazowej (podstawowe modele epidemiologiczne: SIS, SIR, SEIR). Wyznaczenie progu epidemii w sieciach regularnych i bezskalowych. Specyfika rozprzestrzeniania się chorób przenoszonych drogą płciową, przykład AIDS.
VII. Model Kaufmanna funkcjonowania sieci genetycznej. Podstawowe wiadomości nt. automatów komórkowych. Równoważność automatów probabilistycznych i modeli spoinowych. Idea Kauffmana funkcjonowania życia na krawędzi chaosu.

**Metody oceny:**

Ocena na podstawie dwóch kolokwiów (w połowie i na koniec semestru).

**Egzamin:**

**Literatura:**

1. A. Fronczak, P. Fronczak, Sieci złożone: od fizyki do Internetu, Wydawnictwo Naukowe PWN, 2009.
2. S. N. Dorogovtsev, J. F. F. Mendes, Evolution of networks: from biological nets to the Internet and WWW, Oxford University Press, 2003.
3. Materiały zamieszczone na stronie przedmiotu: www.if.pw.edu.pl/~agatka/

**Witryna www przedmiotu:**

**Uwagi:**

## Efekty przedmiotowe