



UNIWERSYTET  
O P O L S K I

REKTORAT

Collegium Maius,  
pl. M. Kopernika 11, 45-040 Opole  
tel. +48 77 541 59 03 (04, 05)  
fax +48 77 541 59 00  
rektorat@uni.opole.pl, www.uni.opole.pl

<b>Nazwa przedmiotu</b> Modelowanie układów złożonych		<b>Kod ECTS</b> 3.4-MU	
<b>Nazwa jednostki prowadzącej przedmiot</b> Wydział Matematyki, Fizyki i Informatyki / Instytut Fizyki / Katedra Spektroskopii Plazmy Katedra Astrofizyki i Fizyki Teoretycznej			
<b>Studia</b>			
<b>kierunek</b> Fizyka	<b>stopień</b> III studia doktoranckie	<b>tryb</b> Stacjonarne	<b>specjalność</b> Fizyka
<i>*nazwa zgodna z zatwierdzonym katalogiem kierunków i specjalności</i>			
<b>Nazwisko osoby prowadzącej (osób prowadzących)</b> Ryszard Piasecki, Wiesław Olchawa			
<b>Formy zajęć, sposób ich realizacji i przypisana im liczba godzin</b>		<b>Liczba punktów ECTS</b>	
<b>A. Formy zajęć</b> <ul style="list-style-type: none"><li>Wykład</li></ul>		<u>Godziny kontaktowe:</u> Wykłady – 45 godzin Konsultacje – 3 godziny Suma – 48 godzin	
<b>B. Sposób realizacji</b> <ul style="list-style-type: none"><li>zajęcia w sali dydaktyczno-komputerowej</li></ul>		<u>Praca własna studenta:</u> Przygotowanie do zajęć praktycznych – 16 godzin Przygotowanie do zaliczenia wykładu – 30 godzin	
<b>C. Liczba godzin</b> 45		<b>ECTS</b> 6	
<b>Status przedmiotu</b> <ul style="list-style-type: none"><li>obowiązkowy</li></ul>	<b>Język wykładowy</b> polski		
<b>Metody dydaktyczne</b> <ul style="list-style-type: none"><li>naprzemiennie wykłady i zajęcia praktyczne poświęcone modelowaniu wybranych układów złożonych za pomocą interaktywnych programów w języku Mathematica</li></ul>	<b>Forma i sposób zaliczenia oraz podstawowe kryteria oceny lub wymagania egzaminacyjne</b>		
	<b>Sposób zaliczenia</b> Wykład – aktywne uczestnictwo Zajęcia praktyczne – wykonanie projektu modelowego z zastosowaniem pakietu Mathematica		
	<b>B. Formy zaliczenia na przykład:</b> Egzamin ustny – omówienie założeń i wyników projektu zrealizowanego w postaci pisemnego zwięzłego sprawozdania		
<b>C. Podstawowe kryteria</b> rozumienie zagadnień poruszanych na wykładzie oraz znajomość podstaw modelowania za pomocą pakietu Mathematica			
<b>Określenie przedmiotów wprowadzających wraz z wymogami wstępnymi</b> <i>Należy określić:</i> <b>A. Wymagania formalne:</b> znajomość metod rozwiązywania równań/układów równań różniczkowych, podstawy fizyki statystycznej <b>B. Wymagania wstępne:</b> znajomość podstaw programowania			

## Cele przedmiotu

- wprowadzenie do teorii chaosu deterministycznego i dynamiki nieliniowej układów złożonych, w których skutek nie jest proporcjonalny do przyczyny
- nabycie podstawowych umiejętności modelowania za pomocą pakietu Mathematica

## Treści programowe

### A1. Główne zagadnienia teoretyczne wykładu:

Koncepcja złożoności układu. Model Verhulsta ewolucji populacji ze sprzężeniem zwrotnym. Odwzorowanie logistyczne, bifurkacje i stała uniwersalna Feigenbauma. Wykładniki Lapunowa, diagram bifurkacyjny, wrota chaosu. Entropia informacyjna i Kolmogorowa, typy ewolucji układu. Atraktory dziwne, struktury fraktalne (Cantor, Mandelbrot, Sierpiński). Model brukselatora bez dyfuzji. Klasyfikacja różnych zachowań fluktuacji. Brukselator z dyfuzją, struktury dyssypatywne, stabilność strukturalna. Aktywacyjno-inhibitorowa interpretacja niestabilności Turinga. Automaty komórkowe i modele agentowe. Przegląd możliwych miar złożoności.

### A2. Problematyka praktyczna wykładu:

Modelowanie wybranych układów złożonych w języku Mathematica. Liczba i rodzaj programów w powiązaniu z wykładaną teorią układów złożonych, np. pojedyncze trajektorie, mapa bifurkacyjna i wykładniki Lapunowa dla odwzorowania logistycznego; powstawanie chaosu na przykładzie "zjeżdżania z wyboistego stoku"; uogólnione błędzenie losowe oraz błędzenie losowe maksymalizujące entropię; generowanie obrazów fraktali i krzywych fraktalnych 1D i 2D; nieliniowe wahadło tłumione; stabilność układu równań różniczkowych; modele oparte na automatach komórkowych; "usuwanie śmieci przez mrówki" – modelowanie agentowe.

## Wykaz literatury

### A. Literatura wymagana do ostatecznego zaliczenia zajęć (zdania egzaminu):

- N. Boccara, *Modeling Complex Systems*, Springer 2010 (wybrane rozdziały wskazane podczas wykładów).
- S. Lynch, *Dynamical Systems with Applications Using Mathematica*, Springer 2007.
- G. L. Baker, J. P. Gollub, *Wstęp do dynamiki układów chaotycznych*, PWN 1998.
- D. Stauffer, H. G. Stanley, *Od Newtona do Mandelbrota*, WNT 1997 (rozdz. 5 – Fraktale w fizyce teoretycznej)
- L. Piela, *Idee chemii kwantowej*, PWN 2003 (rozdz. 15).

### B. Literatura uzupełniająca

- I. Białynicki-Birula, I. Białynicka-Birula, *Modelowanie rzeczywistości*, Prószyński i S-ka 2002, <http://www.wiw.pl/modelowanie/>
- J. P. Sethna, *Statistical Mechanics: Entropy, Order Parameters, and Complexity*, Oxford Clarendon Press 2011; <http://www.lassp.cornell.edu/sethna/>,
- Wolfram Demonstration Project; <http://demonstrations.wolfram.com/>.

Efekt kształcenia (Szczegółowe zalecenia i wskazówki praktyczne przedstawiono w „Jak przygotować programy kształcenia...” Krasniewski A., rozdz. 5.3.2.2. str. 46-49.

### Wiedza

Rozumie w stopniu zaawansowanym znaczenie konstrukcji rozumowań fizycznych.  
Zna twierdzenia i hipotezy z wybranej dziedziny i dyscypliny naukowej z obszaru nauk ścisłych.  
Zna zaawansowane metody i techniki obliczeniowe wspomagające pracę fizyka.  
Zna na poziomie zaawansowanym co najmniej jeden pakiet oprogramowania służący do obliczeń symbolicznych i jeden pakiet do statystycznej obróbki danych.

### Umiejętności

Potrafi precyzyjnie przeprowadzić analizę wyników oraz ich prezentację.  
Umie posługiwać się formalizmem fizyki teoretycznej; potrafi opisać prawa i procesy w przyrodzie.  
Potrafi samodzielnie przeprowadzić symulacje komputerowe zjawisk złożonych.  
Potrafi dokonać analizy jakościowej równań różniczkowych.

### Kompetencje społeczne (postawy)

Ma świadomość konieczności upowszechniania wyników badań naukowych, które prowadzi do konfrontacji z wynikami innych naukowców.  
Jest przekonany o potrzebie konieczności uzupełniania i doskonalenia posiadanych kompetencji.  
Ma świadomość, że rzetelne prowadzone badania naukowe przyczyniają się do rozwoju nauki.

## Kontakt

Adres email lub telefon do osób odpowiedzialnych za przedmiot: [piaser@uni.opole.pl](mailto:piaser@uni.opole.pl); [wolch@uni.opole.pl](mailto:wolch@uni.opole.pl);