

|   |   |
|---|---|
| WYDZIAŁ ..... / STUDIUM.....                                    |   |
| <b>KARTA PRZEDMIOTU</b>   |   |
| Nazwa przedmiotu w języku polskim Fizyka Układów Złożonych      |   |
| Nazwa przedmiotu w języku angielskim Physics of Complex Systems |   |
| Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Matematyka Stosowana          |   |
| Specjalność (jeśli dotyczy): .....                              |   |
| Poziom i forma studiów:   | I stopień / <del>jednolite studia magisterskie*</del> , stacjonarna / niestacjonarna* |
| Rodzaj przedmiotu:  | obowiązkowy / <del>wybieralny / ogólnouczelniany *</del>                              |
| Kod przedmiotu  |   |
| Grupa kursów  | TAK / NIE*  |

|   | Wykład                         | Ćwiczenia                      | Laboratorium                   | Projekt                        | Seminarium                     |
|---|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)   | 30                             | 15                             | 15                             |                                |                                |
| Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)   | 100                            |                                |                                |                                |                                |
| Forma zaliczenia  | Egzamin / zaliczenie na ocenę* | Egzamin / zaliczenie na ocenę* | Egzamin / zaliczenie na ocenę* | Egzamin / zaliczenie na ocenę* | Egzamin / zaliczenie na ocenę* |
| Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)   | X                              |                                |                                |                                |                                |
| Liczba punktów ECTS   | 4                              |                                |                                |                                |                                |
| w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)   | 2                              |                                |                                |                                |                                |
| w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU) | 2,5                            |                                |                                |                                |                                |

\*niepotrzebne skreślić

**WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH**

1. Analiza matematyczna 1,2
2. Algebra liniowa i geometria analityczna
3. Programowanie
4. Równania różniczkowe
5. Rachunek prawdopodobieństwa
6. Fizyka układów prostych

W zakresie I stopnia studiów na kierunku matematyka stosowana

**CELE PRZEDMIOTU**

- C1. Poznanie podstaw termodynamiki, fizyki statystycznej oraz elementów teorii przemian fazowych i zjawisk krytycznych
- C2. Poznanie podstawowych koncepcji i modeli, które szczególnie przyczyniły się do rozwoju fizyki układów złożonych
- C3. Zdobycie podstaw teoretycznych używanych w modelowaniu agentowym układów złożonych.

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU\_W01 Rozumie pojęcie równowagi termodynamicznej oraz entropii i ma świadomość roli funkcji stanu oraz granicy termodynamicznej w opisie układów makroskopowych.

PEU\_W02 Ma podstawową wiedzę z zakresu termodynamiki i fizyki statystycznej.

PEU\_W03 Zna podstawy teorii przemian fazowych i zjawisk krytycznych

PEU\_W04 Zna wybrane modele układów złożonych

Z zakresu umiejętności:

PEU\_U01 Potrafi obliczać wielkości makroskopowe dla prostych modeli mikroskopowych układów złożonych w sposób ścisły

PEU\_U02 Potrafi obliczać wielkości makroskopowe dla wybranych, złożonych modeli mikroskopowych w sposób przybliżony i weryfikować otrzymane wyniki przy użyciu metod numerycznych

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU\_K01 Ma świadomość roli współpracy interdyscyplinarnej

### TREŚCI PROGRAMOWE

| Forma zajęć - wykład |  | Liczba godzin |
|----------------------|--|---------------|
| Wy1                  | Wstęp: co to jest układ złożony i jak można go modelować?<br>Opis makroskopowy i mikroskopowy.                                   | 2             |
| Wy2                  | Od skali mikro do makro: model Ehrenfesta i twierdzenie H-Boltzmana  | 2             |
| Wy3                  | Entropia w fizyce statystycznej i teorii informacji  | 2             |
| Wy4                  | Elementy termodynamiki: postulaty, funkcje stanu, zmienne intensywne i ekstensywne, potencjały termodynamiczne                   | 2             |
| Wy5                  | Warunki równowagi i stabilności. Przemiany fazowe.   | 2             |
| Wy6-7                | Podstawowe zespoły statystyczne i przykłady zastosowań   | 4             |
| Wy8-9                | Model Isinga – symulacje Monte Carlo, ścisłe wyniki analityczne dla układu jednowymiarowego, przybliżenie średniego pola         | 4             |
| Wy10-11              | Model Perkolacji – symulacje Monte Carlo, ścisłe wyniki analityczne, przybliżenie średniego pola, metoda grupy renormalizacyjnej | 4             |
| Wy12-13              | Elementy współczesnej teorii przemian fazowych i zjawisk krytycznych, skalowanie i klasy uniwersalności                          | 4             |

|      |  |           |
|------|--|-----------|
| Wy14 | Prawa potęgowe w przyrodzie i koncepcja samoorganizującej się krytyczności (model pryzm piasku i ewolucji Baka-Sneppena) | 2         |
| Wy15 | Modele przemian fazowych w układach społecznych  | 2         |
|      | Suma godzin  | <b>30</b> |

| <b>Forma zajęć - ćwiczenia</b> |  | <b>Liczba godzin</b> |
|--------------------------------|--|----------------------|
| Ćw1-2                          | Proste zadania powtórkowe: zmienne niezależne, pochodne cząstkowe, kombinatoryka | 2                    |
| Ćw3-4                          | Entropia. Przybliżenie Stirlinga   | 2                    |
| Ćw5-6                          | Warunki równowagi, potencjały termodynamiczne i transformata Legendre'a.         | 2                    |
| Ćw7-10                         | Wyznaczanie wielkości makroskopowych w wybranych modelach mikroskopowych.        | 4                    |
| Ćw11-12                        | Model Isinga w jednym wymiarze – ścisłe obliczenia analityczne                   | 2                    |
| Ćw13-15                        | Przybliżenie średniego pola dla wybranych modeli układów złożonych               | 3                    |
|                                | Suma godzin  | <b>15</b>            |

| <b>Forma zajęć - laboratorium</b> |  | <b>Liczba godzin</b> |
|-----------------------------------|--|----------------------|
| La1                               | Wstęp do zajęć laboratoryjnych. Pomiar, ocena błędów pomiarowych, analiza wyników. Ćwiczenie ilustrujące zdobytą wiedzę. | 3                    |
| La2                               | Ćwiczenia z podstaw fizyki ilustrujące nabytą wiedzę teoretyczną   | 12                   |
|                                   | Suma godzin  | <b>15</b>            |

| <b>STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE</b> |
|--|
| N1. Wykład, prezentacje multimedialne  |
| N2. Dyskusje, rozwiązywanie zadań      |

### **OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ**

| <b>Oceny</b> (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru)) | Numer efektu uczenia się                | Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się                   |
|---|---|---|
| F1  | PEU_W01-W04,<br>PEU_U01-U02,<br>PEU_K01 | Projekt programistyczny wraz ze sprawozdaniem w postaci filmu |
| F2  | PEU_W01-W04,<br>PEU_U01-U02,<br>PEU_K01 | Kartkówki i odpowiedzi ustne na ćwiczeniach                   |
| F3  | PEU_W01,<br>PEU_W02                     | Sprawozdania i kartkówki na laboratorium podstaw fizyki       |
| $P=(F1+F2+F3)/3$  |   |   |

## LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

### **LITERATURA PODSTAWOWA:**

- [1] Reif, F. Fizyka statystyczna, wydanie III, PWN (1971)
- [2] Białynicka-Birula, I, Białynicki-Birula, I. „Modelowanie Rzeczywistości”, WNT 2007
- [3] Heermann, D. W. „Podstawy symulacji komputerowych w fizyce”, WNT 1997

### **LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:**

- [1] Gould, H. & Tobochnik, J. “Statistical and Thermal Physics: With Computer Applications”, Princeton University Press (2010); wersja wstępna na <http://stp.clarku.edu/notes/>
- [2] Landau, D. P. and Binder, K. “A Guide to Monte Carlo Simulations in Statistical Physics”, 4th Edition, Cambridge University Press 2014
- [3] Moloney, N. R. and Christensen K, “Complexity and Criticality”, Imperial College Press 2005
- [4] Newman, M. E. J. and Barkema, G. T. “Monte Carlo Methods in Statistical Physics”, Oxford University Press 1999
- [5] Stauffer, D. and Aharony, A. “Introduction To Percolation Theory”, Second Revised Edition, Taylor & Francis 2003
- [6] Thurner, S. , Hanel, R. and Klimek, P. “Introduction to the Theory of Complex Systems”, Oxford University Press 2018
- [7] K. Sznajd-Weron, Wstęp do fizyki statystycznej, Wstęp do teorii przejść fazowych – skrypty
- [8] Artykuły oryginalne

### **OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)**

**Prof. Dr hab. Katarzyna Weron, [katarzyna.weron@pwr.edu.pl](mailto:katarzyna.weron@pwr.edu.pl)**