

## KARTA PRZEDMIOTU

|                           |                    |                                                          |
|---------------------------|--------------------|----------------------------------------------------------|
| Kod przedmiotu            | 0533.6.FIZ2.B/C.FS |                                                          |
| Nazwa przedmiotu w języku | polskim            | <i>Fizyka statystyczna</i><br><i>Statistical physics</i> |
|                           | angielskim         |                                                          |

## 1. USYTUOWANIE PRZEDMIOTU W SYSTEMIE STUDIÓW

|                                            |                                  |
|--------------------------------------------|----------------------------------|
| 1.1. Kierunek studiów                      | Fizyka                           |
| 1.2. Forma studiów                         | Stacjonarne                      |
| 1.3. Poziom studiów                        | Drugiego stopnia                 |
| 1.4. Profil studiów*                       | Ogólnoakademicki                 |
| 1.5. Osoba przygotowująca kartę przedmiotu | prof dr hab. Zbigniew Włodarczyk |
| 1.6. Kontakt                               | zbigniew.wlodarczyk@ujk.edu.pl   |

## 2. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA PRZEDMIOTU

|                         |                                                                                                                          |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2.1. Język wykładowy    | polski                                                                                                                   |
| 2.2. Wymagania wstępne* | Wiedza z zakresu fizyki klasycznej, fizyki kwantowej, termodynamiki i matematyki na poziomie studiów pierwszego stopnia. |

## 3. SZCZEGÓŁOWA CHARAKTERYSTYKA PRZEDMIOTU

|                               |                                                        |                                                                    |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| 3.1. Forma zajęć              | Wykład (W): 30 h, Konwersatorium (K): 30 h             |                                                                    |
| 3.2. Miejsce realizacji zajęć | Zajęcia w pomieszczeniu dydaktycznym UJK               |                                                                    |
| 3.3. Forma zaliczenia zajęć   | W-Egzamin, K-Zaliczenie z oceną                        |                                                                    |
| 3.4. Metody dydaktyczne       | Wykład informacyjny i problemowy, rozwiązywanie zadań. |                                                                    |
| 3.5. Wykaz literatury         | podstawowa                                             | K. Huang, <i>Mechanika statystyczna</i> , PWN, Warszawa 1978       |
|                               | uzupełniająca                                          | L.D. Landau i E.M. Lifszic, <i>Fizyka statystyczna</i> , PWN, 1959 |

## 4. CELE, TREŚCI I EFEKTY UCZENIA SIĘ

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>4.1. Cele przedmiotu (z uwzględnieniem formy zajęć)</b></p> <p><b>Wykład/konwersatorium:</b></p> <p>C1 – Poznanie pojęć fizycznych i formalnych fizyki statystycznej</p> <p>C2 – Poznanie metod fizyki statystycznej i ich zastosowania do rozwiązywania konkretnych problemów fizycznych.</p> <p>C3 – Rozwijanie umiejętności rachunkowych w rozwiązywaniu problemów fizyki statystycznej.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <p><b>4.2. Treści programowe (z uwzględnieniem formy zajęć)</b></p> <p><b>Wykład/konwersatorium:</b></p> <p>1. Pojęcia wstępne - układy makroskopowe, liczba Avogadro, opis mikroskopowy i makroskopowy, termodynamika fenomenologiczna i mechanika statystyczna, układy równowagowe i nierównowagowe, procesy kwasistacjonarne.</p> <p>2. Wstęp do termodynamiki - parametry intensywne i ekstensywne, temperatura, praca, ciepło, energia wewnętrzna, pojemność cieplna i ciepło właściwe, równanie stanu, gaz idealny.</p> <p>3. I zasada termodynamiki - procesy izotermiczne, izobaryczne, izochoryczne i adiabatyczne, równanie adiabaty.</p> <p>4. Entropia - różne sformułowania II zasady termodynamiki, entropia jako funkcja stanu, nierówność Clausiusa, cykl Carnota, III zasada termodynamiki.</p> <p>5. Podstawy klasycznej mechaniki statystycznej Gibbsa - hipoteza ergodyczna i pojęcie zespołu, Twierdzenie Liouville'a, postulaty mechaniki statystycznej, zespół mikrokanoniczny, związek objętości fazowej z entropią i innymi wielkościami termodynamicznymi.</p> <p>6. Gaz idealny w zespole mikrokanonicznym - objętość fazowa, entropia i inne parametry termodynamiczne gazu idealnego, paradoks Gibbsa i jego rozwiązanie.</p> <p>7. Zespół kanoniczny - wyprowadzenie zespołu kanonicznego, związek z termodynamiką, średnia energia i fluktuacje energii, gaz idealny w zespole kanonicznym.</p> <p>8. Wielki zespół kanoniczny - wprowadzenie zespołu wielkiego kanonicznego, potencjał chemiczny, związek z termodynamiką, fluktuacje liczby cząstek, mieszanina gazów idealnych w zespole wielkim kanonicznym, równowaga</p> |

chemiczna.

9. Kwantowa mechanika Gibbsa - postulaty kwantowej mechaniki statystycznej, bozony i fermiony, zespoły mikrokanoniczny, kanoniczny, wielki kanoniczny. Ciepło właściwe ciał stałych (model Einsteina, model Debaye'a).

10. Kwantowe gazy idealne - wielka suma statystyczna dla bozonów i fermionów, granica klasyczna, zdegenerowany gaz fermiego, kondensacja Bosego-Einsteina, promieniowanie ciała doskonale czarnego.

11. Podstawy teorii kinetycznej - funkcja rozkładu, równanie Boltzmanna, niezmienniki zderzeniowe, twierdzenie H Boltzmanna, procesy nieodwracalne i założenie molekularnego chaosu, rozkład równowagowy, hydrodynamika cieczy idealnej.

12. Zjawiska transportu - średnia droga swobodna, rozwinięcie Chapmana-Enskoga, współczynniki transportu, hydrodynamika cieczy lepkiej.

13. Modele fizyki statystycznej. Model Isinga. Łańcuch Markowa i równanie Master. Model perkolacji.

#### 4.3. Przedmiotowe efekty uczenia się

| Efekt                                       | Student, który zaliczył przedmiot                                                                                           | Odniesienie do kierunkowych efektów uczenia się  |
|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| w zakresie <b>WIEDZY</b> :                  |                                                                                                                             |                                                  |
| W01                                         | Zna i rozumie w pogłębionym stopniu prawa fizyki statystycznej oraz ich interpretację.                                      | FIZ2A_W01<br>FIZ2A_W02<br>FIZ2A_W03<br>FIZ2A_W07 |
| W02                                         | Zna i rozumie zaawansowane metody matematyczne i obliczeniowe stosowane w fizyce statystycznej.                             | FIZ2A_W03<br>FIZ2A_W05                           |
| w zakresie <b>UMIEJĘTNOŚCI</b> :            |                                                                                                                             |                                                  |
| U01                                         | Potrafi zastosować metody fizyki statystycznej do opisu i rozwiązywania złożonych problemów dotyczących układów fizycznych. | FIZ2A_U02<br>FIZ2A_U06                           |
| U02                                         | Potrafi wykonać zaawansowane obliczenia matematyczne niezbędne do rozwiązania problemów z zakresu fizyki statystycznej.     | FIZ2A_U02<br>FIZ2A_U06                           |
| w zakresie <b>KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH</b> : |                                                                                                                             |                                                  |
| K01                                         | Jest gotów do systematycznego poszerzania swojej wiedzy z zakresu fizyki.                                                   | FIZ2A_K02                                        |
| K02                                         | Jest gotów do krytycznej oceny posiadanej wiedzy oraz precyzyjnego formułowania problemów wymagających rozwiązania.         | FIZ2A_K02                                        |

#### 4.4. Sposoby weryfikacji osiągnięcia przedmiotowych efektów uczenia się

| Efekty przedmiotowe<br>(symbol) | Sposób weryfikacji (+/-) |   |     |             |   |     |             |   |     |                         |   |     |               |   |    |                 |   |  |             |   |     |
|---------------------------------|--------------------------|---|-----|-------------|---|-----|-------------|---|-----|-------------------------|---|-----|---------------|---|----|-----------------|---|--|-------------|---|-----|
|                                 | Egzamin ustny/pisemny*   |   |     | Kolokwium*  |   |     | Projekt*    |   |     | Aktywność na zajęciach* |   |     | Praca własna* |   |    | Praca w grupie* |   |  | Inne*       |   |     |
|                                 | Forma zajęć              |   |     | Forma zajęć |   |     | Forma zajęć |   |     | Forma zajęć             |   |     | Forma zajęć   |   |    | Forma zajęć     |   |  | Forma zajęć |   |     |
|                                 | W                        | K | ... | W           | K | ... | W           | K | ... | W                       | K | ... | W             | K | .. | W               | K |  | W           | K | ... |
| W01                             | +                        |   |     |             | + |     |             |   |     |                         |   |     |               |   |    |                 |   |  |             |   |     |
| W02                             | +                        |   |     |             | + |     |             |   |     |                         |   |     |               |   |    |                 |   |  |             |   |     |
| U01                             | +                        |   |     |             | + |     |             |   |     |                         |   |     |               |   |    |                 |   |  |             |   |     |
| U02                             | +                        |   |     |             | + |     |             |   |     |                         |   |     |               |   |    |                 |   |  |             |   |     |
| K01                             | +                        |   |     |             | + |     |             |   |     |                         |   |     |               |   |    |                 |   |  |             |   |     |
| K02                             | +                        |   |     |             | + |     |             |   |     |                         |   |     |               |   |    |                 |   |  |             |   |     |

\*niepotrzebne usunąć

| 4.5. Kryteria oceny stopnia osiągnięcia efektów uczenia się |       |                                                                       |
|-------------------------------------------------------------|-------|-----------------------------------------------------------------------|
| Forma zajęć                                                 | Ocena | Kryterium oceny                                                       |
| wykład (W)                                                  | 3     | Osiągnięcie <50 -60) % łącznej liczby punktów możliwych do uzyskania  |
|                                                             | 3,5   | Osiągnięcie <60 -70) % łącznej liczby punktów możliwych do uzyskania  |
|                                                             | 4     | Osiągnięcie <70 -80) % łącznej liczby punktów możliwych do uzyskania  |
|                                                             | 4,5   | Osiągnięcie <80 -90) % łącznej liczby punktów możliwych do uzyskania  |
|                                                             | 5     | Osiągnięcie <90 -100> % łącznej liczby punktów możliwych do uzyskania |
| konwersatorium (K)                                          | 3     | Osiągnięcie <50 -60) % łącznej liczby punktów możliwych do uzyskania  |
|                                                             | 3,5   | Osiągnięcie <60 -70) % łącznej liczby punktów możliwych do uzyskania  |
|                                                             | 4     | Osiągnięcie <70 -80) % łącznej liczby punktów możliwych do uzyskania  |
|                                                             | 4,5   | Osiągnięcie <80 -90) % łącznej liczby punktów możliwych do uzyskania  |
|                                                             | 5     | Osiągnięcie <90 -100> % łącznej liczby punktów możliwych do uzyskania |

#### 5. BILANS PUNKTÓW ECTS – NAKŁAD PRACY STUDENTA

| Kategoria                                                                              | Obciążenie studenta |                       |
|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------|
|                                                                                        | Studia stacjonarne  | Studia niestacjonarne |
| LICZBA GODZIN REALIZOWANYCH PRZY BEZPOŚREDNIM UDZIALE NAUCZYCIELA /GODZINY KONTAKTOWE/ | <b>60</b>           |                       |
| Udział w wykładach                                                                     | 30                  |                       |
| Udział w konwersatoriach                                                               | 30                  |                       |
| SAMODZIELNA PRACA STUDENTA /GODZINY NIEKONTAKTOWE/                                     | <b>40</b>           |                       |
| Przygotowanie do wykładu                                                               | 5                   |                       |
| Przygotowanie do konwersatorium                                                        | 30                  |                       |
| Przygotowanie do egzaminu/kolokwium                                                    | 5                   |                       |
| <b>ŁĄCZNA LICZBA GODZIN</b>                                                            | <b>100</b>          |                       |
| <b>PUNKTY ECTS za przedmiot</b>                                                        | <b>4</b>            |                       |

**Przyjmuję do realizacji** (data i czytelne podpisy osób prowadzących przedmiot w danym roku akademickim)

.....