

<b>WYDZIAŁ PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI</b>	
<b>KARTA PRZEDMIOTU</b>	
<b>Nazwa w języku polskim:</b>	Termodynamika i fizyka statystyczna
<b>Nazwa w języku angielskim:</b>	Thermodynamics and statistical physics
<b>Kierunek studiów (jeśli dotyczy):</b>	Fizyka Techniczna
<b>Specjalność (jeśli dotyczy):</b>	Nanoinżynieria/Fotonika
<b>Stopień studiów i forma:</b>	<b>I / II stopień*</b> , stacjonarna / <del>niestacjonarna*</del>
<b>Rodzaj przedmiotu:</b>	<b>obowiązkowy / <del>wybieralny / ogólnouczelniany *</del></b>
<b>Kod przedmiotu</b>	<b>FZP003048W</b>
<b>Grupa kursów</b>	<b><del>TAK</del> / NIE*</b>

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30				
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	60				
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)					
Liczba punktów ECTS	2				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)					
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BK)	1,5				

#### WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

1. Podstawowa wiedza z zakresu analizy matematycznej
2. Wiedza z zakresu fizyki ogólnej
3. Podstawowa wiedza z zakresu mechaniki kwantowej

#### CELE PRZEDMIOTU

- C1 Nabycie wiedzy z zakresu metod mechaniki statystycznej oraz ich związków z termodynamiką
- C2 Nabycie wiedzy na temat możliwych stosowanych opisów układów klasycznych i kwantowych
- C3 Nabycie wiedzy w zakresie tworzenia i rozwiązywania statystycznych modeli gazów klasycznych i kwantowych
- C4 Nabycie wiedzy na temat podstawowych własności termodynamicznych układów klasycznych i kwantowych
- C5 Opanowanie umiejętności studiowania literatury i prezentacji wiedzy w zakresie różnych modeli fizyki statystycznej opisujących zjawiska termodynamiczne

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY KSZTAŁCENIA

Z zakresu wiedzy:

- PEK\_W01 zna zasady termodynamiki, rozumie metody wyznaczania wielkości termodynamicznych dla układów równowagowych oraz potrafi uzasadnić ograniczenia i równoważność stosowanych metod
- PEK\_W02 zna i rozumie pojęcia zespołów statystycznych, równoważności stosowanych opisów oraz umie je odnieść do badanych układów klasycznych i kwantowych
- PEK\_W03 zna modele podstawowych układów – wybranych gazów klasycznych i kwantowych oraz ich własności termodynamiczne, relacjonuje zachodzące zjawiska i własności opisujących je wielkości

Z zakresu umiejętności:

- PEK\_U01 posługuje się rozwiniętym aparatem analizy matematycznej funkcji wielu zmiennych i funkcji specjalnych, potrafi rozwiązywać prostsze zagadnienia fizyki statystycznej

Z zakresu kompetencji społecznych:

- PEK\_K01 potrafi korzystać z literatury naukowej, w tym docierać do materiałów źródłowych oraz dokonywać ich przeglądu

### TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Postulaty klasycznej mechaniki statystycznej, przestrzeń fazowa, zespół statystyczny, postulat równego a priori prawdopodobieństwa, zespół mikrokanoniczny, objętość zespołu, definicja entropii – wzór Boltzmanna, termodynamiczna temperatura bezwzględna, zasady termodynamiki	4
Wy2	Zasada ekwipartycji energii, twierdzenie o wiriale, hipoteza ergodyczna, energia i pojemność cieplna gazów klasycznych	2
Wy3	Zespół kanoniczny, gęstość stanów – czynnik Boltzmanna, suma statystyczna, energia swobodna, fluktuacje energii w zespole kanonicznym, równoważność entropii w zespołach kanonicznym i mikrokanonicznym, wielki zespół kanoniczny, potencjał chemiczny, aktywność, ciśnienie, wielka suma statystyczna, równanie stanu, fluktuacje liczby cząstek, potencjał termodynamiczny	4
Wy4	Kwantowa mechanika statystyczna, postulaty równego a priori prawdopodobieństwa i faz przypadkowych, macierz gęstości i operator gęstości, zespoły mikrokanoniczny, kanoniczny i wielki kanoniczny, związki z termodynamiką, średnie termiczne, zasady termodynamiki	2
Wy5	Doskonałe gazy kwantowe, dwa rodzaje statystyk, reprezentacja liczb obsadzeń, formuły dla sum statystycznych, równanie stanu, średnia liczba cząstek, doskonały gaz Fermiego, doskonały gaz Bosego, energia wewnętrzna i równanie stanu, przejście do gazu Boltzmanna	4
Wy6	Doskonały gaz Fermiego – gaz elektronowy w metalach, rozwinięcie asymptotyczne metodą Sommerfelda, przypadek wysokich temperatur i małych gęstości, metoda kolejnych przybliżeń, przypadek niskich temperatur i dużych gęstości, energia Fermiego i temperatura Fermiego, rozwinięcie potencjału chemicznego, energia wewnętrzna, ciepło właściwe, ciśnienie gazu Fermiego	5
Wy7	Doskonały gaz Bosego:	4

	fotony, energia wewnętrzna, wzór Plancka, ciepło właściwe, prawo Stefana-Boltzmana, prawo Wiena; fonony, model Debye'a, energia wewnętrzna, temperatura Debye'a, ciepło właściwe dla wysokich i niskich temperatur, prawo Dulonga-Petita	
Wy8	Kondensacja Bosego-Einsteina, objętość krytyczna i temperatura krytyczna, średnia liczba obsadzeń stanów z $p = 0$ , równanie stanu, równanie Clapeyrona, ciepło utajone – przejście fazowe I rodzaju, energia wewnętrzna i ciepło właściwe, odniesienie do nadciekłego $He^4$ , kondensat atomów metali alkalicznych	3
Wy9	Normalny i nadciekły $He^4$ , dwuskładnikowy model Tiszy, model Landaua, fononowe i rotonowe ciepło właściwe	2
	Suma godzin	<b>30</b>

### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

1. Wykłady problemowy – metoda tradycyjna
2. Wykład – udostępniony w sieci zapis elektroniczny
3. Konsultacje

### OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW KSZTAŁCENIA

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEK_U01	odpowiedzi ustne, kolokwium
F2	PEK_U02 PEK_U03 PEK_K01	wystąpienia przygotowane dla podanego zagadnienia
$P = 0,5 \cdot F1 + 0,5 \cdot F2$		
F3	PEK_W01 PEK_W02 PEK_W03 PEK_K02	egzamin
$P = F3$		

### LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

#### **LITERATURA PODSTAWOWA:**

- |  |   |
|--|---|
| [1] K. Huang                                       | Mechanika statystyczna                                    |
| [2] K. Huang                                       | Podstawy fizyki statystycznej                             |
| [3] A.I. Anselm                                    | Podstawy fizyki statystycznej i termodynamiki             |
| [4] K. Zalewski                                    | Wykłady z termodynamiki fenomenologicznej i statystycznej |
| [5] K. Gumiński                                    | Termodynamika   |
| [6] F. Reif  | Fizyka statystyczna                                       |
| [7] R.S. Ingarden<br>A. Jamiołkowski<br>R. Mrugała | Fizyka statystyczna i termodynamika                       |
| [8] A.N. Matwiejew                                 | Fizyka cząsteczkowa                                       |

- |      |   |   |
|------|---|---|
| [9]  | A. Sukiennicki<br>A. Zagórski                               | Fizyka ciała stałego  |
| [10] | R. Gonczarek  | Teoria przejść fazowych – wybrane zagadnienia                           |
| [11] | J. R. Dorfman   | Wprowadzenie do teorii chaosu w nierównowagowej mechanice statystycznej |
| [12] | J. Klamut<br>K. Durczewski<br>J. Sznajd                     | Wstęp do fizyki przejść fazowych  |
| [13] | J.J. Binney<br>N.J. Dowrick<br>A.J. Fisher<br>M.E.J. Newman | Zjawiska krytyczne  |
| [14] | A.H. Morrish  | Fizyczne podstawy magnetyzmu  |
| [15] | R.M. White  | Kwantowa teoria magnetyzmu  |
| [16] | Sz. Szczeniowski  | Fizyka doświadczalna II – ciepło i fizyka cząsteczkowa                  |

### **LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA**

- |     |   |  |
|-----|---|--|
| [1] | J. Massalski  | Fizyka dla inżynierów 2 – fizyka współczesna |
| [2] | L.G. Grieczko<br>W.I. Sugakow<br>O.F. Tomasiewicz<br>A.M. Fiedorcienko                    | Zadania z fizyki teoretycznej                |
| [3] | H. Ibach<br>H. Lüth   | Fizyka ciała stałego                         |
| [4] | G.M. Fichtenhotz  | Rachunek różniczkowy i całkowy               |
| [5] | J. Górski<br>S. Brychczy<br>T. Czarliński<br>B. Głowczyńska<br>D. Węglowska<br>W. Woźniak | Wybrane działy matematyki stosowanej         |

**OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIĘ, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)**

Prof. dr hab. inż. Ryszard Gonczarek, ryszard.gonczarek@pwr.wroc.pl

**MACIERZ POWIĄZANIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA DLA PRZEDMIOTU  
 TERMODYNAMIKA I FIZYKA STATYSTYCZNA  
 Z EFEKTAMI KSZTAŁCENIA NA KIERUNKU FIZYKA TECHNICZNA  
 I SPECJALNOŚCI NANOINŻYNIERIA/FOTONIKA**

<b>Przedmiotowy efekt kształcenia</b>	<b>Odniesienie przedmiotowego efektu do efektów kształcenia zdefiniowanych dla kierunku studiów i specjalności (o ile dotyczy)</b>	<b>Cele przedmiotu**</b>	<b>Treści programowe**</b>	<b>Numer narzędzia dydaktycznego**</b>
<b>PEK_W01 (wiedza)</b>	K2FTE_W01, K2FTE_W07_S1NIN, K2FTE_W09_S1NIN	C1, C2, C3, C4	Wy1, Wy2, Wy3	1, 2, 5
<b>PEK_W02</b>	K2FTE_W01, K2FTE_W07_S1NIN, K2FTE_W09_S1NIN	C1, C2, C3, C4	Wy4, Wy5	1, 2, 5
<b>PEK_W03</b>	K2FTE_W01, K2FTE_W07_S1NIN, K2FTE_W09_S1NIN	C1, C2, C3, C4	Wy6, Wy7, Wy8, Wy9	1, 2, 5
<b>PEK_U01 (umiejętności)</b>	K2FTE_U01, K2FTE_U02	C1, C2, C3, C4	Wy1 – Wy9	3, 5, 6
<b>PEK_K01 (kompetencje)</b>	K2FTE_K01, K2FTE_K02	C1, C2, C3, C4, C5	Wy1 – Wy9	1 – 7

\*\* - z tabeli powyżej