

## KARTA KURSU

Nazwa	Fizyka Statystyczna		
Nazwa w j. ang.	Statistical Physics		
Kod		Punktacja ECTS*	4
Koordinator	Prof.dr hab. Ryszard Radwański		

## Opis kursu (cele kształcenia)

Celem kształcenia jest przedstawienie zagadnień fizyki statystycznej - w jaki sposób statystyczny opis olbrzymiej liczby cząstek, z koncepcją najprawdopodobniejszej konfiguracji, prowadzi do opisu znanego z termodynamiki tylko z kilkoma parametrami termodynamicznymi.

## Warunki wstępne

Wiedza	Znajomość podstaw analizy matematycznej i algebry.
Umiejętności	Potrafi policzyć różne charakterystyki materii (gaz, ciało stałe, ciecz, metale).
Kursy	Elementy analizy matematycznej i algebry wyższej. Kurs podstawowy termodynamiki.

## Efekty kształcenia

Wiedza	Efekt kształcenia dla kursu	Odniesienie do efektów kierunkowych
	W01: Posiada wiedzę z budowy materii jako składającą się z ogromnej liczby cząstek i potrafi rozróżniać różne gęstości cząstek.	K_W01 K_W02
	Orientuje się w opisach układów bardzo wielu cząstek (gaz doskonały, gaz elektronów w metalu, ..).	K_W03 K_W04
	W02: Zna klasyczną termodynamikę i podstawy mechaniki statystycznej. Potrafi konstruować i stosować rozkład mikrokanoniczny i kanoniczny - rozumie ich wzajemne relacje.	K_W02 K_W04
	W03: Potrafi opisać rozkład prędkości cząstek w gazie klasycznym (model Maxwella) oraz zna rozkład Fermiego-Diraca dla elektronów w metalu.	K_W01 K_W05
	W04: zna stany energetyczne kwantowego oscylatora harmonicznego. W05: zna prawa promieniowania ciała doskonale czarnego w nawiązaniu do hipotezy Plancka	K_W04 K_W05

Umiejętność i	Efekt kształcenia dla kursu	Odniesienie do efektów kierunkowych
	Po zakończeniu kursu student	K_U05 K_U07 K_U08 K_U09
	U01: umie wykorzystać równanie gazu doskonałego do praktycznych obliczeń. U02: potrafi wyprowadzić równanie gazu doskonałego z zasad mechaniki statystycznej. U03: rozumie zasady termodynamiki i mikroskopową definicję temperatury. U04: umie obliczyć populacje stanów energetycznych wynikającą z rozkładu Boltzmann'a i rolę temperatury U05: umie narysować rozkład Maxwella prędkości (i energii) cząsteczek w gazie doskonałym U06: potrafi omówić kwantowy oscylator harmoniczny i jego stany energetyczne U07: potrafi omówić promieniowanie ciała doskonale czarnego i hipotezę Plancka kwantów promieniowania	K_U07 K_U08 K_U09

Kompetencje społeczne	Efekt kształcenia dla kursu	Odniesienie do efektów kierunkowych
	Po zakończeniu kursu student:	
	K01: jest świadomy konieczności łączenia wiedzy z fizyki, matematyki i stosowania komputerów oraz do przekazywania tej wiedzy w sposób zrozumiały dla innych - w nawiązaniu do konkretnych problemów.	K_K01, K_K02, K_K04, K_K06, K_K07

Organizacja												
Forma zajęć	Wykład (W)	Ćwiczenia w grupach										
		A		K		L		S		P		E
Liczba godzin	15	15										

#### Opis metod prowadzenia zajęć

Wykład jest poglądowym omówieniem zagadnienia zasad termodynamiki i fenomenologicznego opisu gazu doskonałego, ale wyprowadzanych z podstawowych zasad mechaniki i fizyki statystycznej. Podkreślany jest fakt wynikania makroskopowo obserwowanych zjawisk z permanentnego ruchu olbrzymiej liczby cząstek. Zajęcia prowadzone są w sposób otwarty z możliwością dyskusji. Wykład teoretyczny jest przeplatany przykładami i obliczeniami.

Podkreślana jest niezbędność łączenia myślenia fizyka ze znajomością wyższej matematyki, kombinatoryki i statystyki.

#### Formy sprawdzania efektów kształcenia

	E – le ar ni ng	Gr y dy da kt ycz ne	Ć wi cz en ia w sz ko le	Z aj ę c ia te re no we	Pr ac a la bo ra to ryj na	Pr oj ek t in dy wi du al ny	Pr oj ek t gr up o wy	U dz iał w dy sk us ji	R e f e r a t	Pra ca pis em na (es ej)	E gz a mi n us tn y	E gz a mi n pi se m ne	In ne
W01					x			x		X		x	
W02					x			x		X		x	
W03					x			x		X		x	
W04					x			x		X		x	
U01					x	X		x		X		x	
U02					x	X		x		X		x	
U03					x	X		x		X		x	
U04					x	X		x		X		x	
U05					x	x		x		X		x	

#### Kryteria oceny

Ocenę dobrą i bardzo dobrą może uzyskać student, który:

- bierze czynny udział w zajęciach i uzyskuje wysokie oceny z kolokwium częściowych,
- otrzymuje wysoką ocenę z kolokwium zaliczeniowego
- w terminie oddaje i zalicza opracowania cząstkowe

#### Uwagi

#### Treści merytoryczne (wykaz tematów)

1. Zagadnienia fizyki statystycznej. Równanie gazu doskonałego. Średnia prędkość kwadratowa
2. Średnia energia i średnie ciśnienie gazu doskonałego
3. Układ mikrokanoniczny. Rozkład dwumienny - obliczanie liczby mikrostanów i obliczanie rozkładu (podziału) najbardziej prawdopodobnego. Stan równowagi termodynamicznej. Entropia (definicja mikroskopowa)
4. Twierdzenie o wirale w zastosowaniu do gazu doskonałego . Gazy rzeczywiste. Zasada ekwipartycji energii. Entropia gazu doskonałego. Równanie adiabaty.
5. Obliczanie prawdopodobieństwa termodynamicznego i obliczanie populacji różnych stanów energetycznych. Wzór Stirlinga i metoda mnożników Lagrange'a. Rozkład Boltzmanna. Maxwellowski rozkład prędkości cząstek w gazie klasycznym.
6. Układ kanoniczny jako układ kontaktujący się termicznie ze zbiornikiem ciepła. Obliczanie populacji stanów energetycznych atomu wielo-elektronowego ( $Ce^{3+}$ ,  $Pr^{3+}$ ) w funkcji temperatury - przykład stosowania rozkładu Boltzmanna.
7. Przykładowe obliczenia temperaturowej zależności sumy statystycznej, energii swobodnej, entropii dla danego układu poziomów energetycznych (3, 6, 9 poziomów w atomowej skali 40 meV) na przykładach jonów wieloelektronowych ( $Ce^{3+}$ ,  $Pr^{3+}$ ,  $Fe^{2+}$ ..).
8. Gaz elektronów w metalu - rozkład Fermiego-Diraca dla elektronów w metalu. Obliczenia różnych charakterystyk gazu elektronowego dla różnych metali.

9. Kwantowy oscylator harmoniczny oraz jego dozwolone stany energetyczne.
10. Rozkład Plancka dla promieniowania ciała doskonale czarnego.
11. Prawo Stefana-Boltzmann. Prawo Wiena.

#### Wykaz literatury podstawowej

1. A. K. Wróblewski, J. A. Zakrzewski, Wstęp do fizyki, t. 1 rozdz. VII PWN 1984
2. K. Huang, Introduction to Statistical Physics
3. D. Halliday, R. Resnick, Podstawy fizyki, T.2 r.21, PWN 2003
4. R. J. Radwański, i wsp. Physica B 319 (2002) 78.
5. R. J. Radwański, Acta Physica 3 (2007) 1.

#### Wykaz literatury uzupełniającej

#### Bilans godzinowy zgodny z CNPS (Całkowity Nakład Pracy Studenta)

Ilość godzin w kontakcie z prowadzącymi	Wykład	15
	Konwersatorium (ćwiczenia, laboratorium itd.)	15
	Pozostałe godziny kontaktu studenta z prowadzącym	15
Ilość godzin pracy studenta bez kontaktu z prowadzącymi	Lektura w ramach przygotowania do zajęć	20
	Przygotowanie krótkiej pracy pisemnej lub referatu po zapoznaniu się z niezbędną literaturą przedmiotu	15
	Przygotowanie projektu lub prezentacji na podany temat (praca w grupie)	15
	Przygotowanie do egzaminu	25
Ogółem bilans czasu pracy		120
1 ECTS = 30 h		4