

STUDIA I STOPNIA
KARTA KURSU (realizowanego w module specjalności)
Fizyka materii
(nazwa specjalności)

Nazwa	Fizyka statystyczna
Nazwa w j. ang.	Statistical Physics

Kod		Punktacja ECTS*	6
-----	--	-----------------	---

Koordynator	prof. dr hab. Ryszard J. Radwański	Zespół dydaktyczny prof. dr hab. R. J. Radwański dr Dawid Nałęcz
-------------	------------------------------------	--

Opis kursu (cele kształcenia)

Wykład wchodzi w skład szerokiego kursu poświęconego problemom współczesnej fizyki. Po wysłuchaniu kursu studenci powinni umieć wykorzystać nabytą wiedzę do interpretacji zjawisk fizycznych związanych z termodynamiką, opisem układów wielu ciał, termicznej i czasowej ewolucji tychże układów. Kurs jest niezbędny dla studentów chcących kontynuować edukację na studiach doktoranckich.

Warunki wstępne

Wiedza	Podstawy fizyki klasycznej i kwantowej. Rachunek różniczkowy i całkowy funkcji wielu zmiennych, funkcje zespolone, aparat matematyczny mechaniki kwantowej.
Umiejętności	Umiejętność opisu układu mechanicznego metodami mechaniki klasycznej oraz mechaniki kwantowej.
Kursy	Mechanika kwantowa, fizyka fazy skondensowanej

Efekty kształcenia

	Efekt kształcenia dla kursu	Odniesienie do efektów dla specjalności (określonych w karcie programu studiów dla modułu specjalnościowego)
Wiedza	<p>W1: Student wykazuje znajomość termodynamiki fenomenologicznej i fizyki statystycznej jako uzupełniających się teorii, dających możliwość zrozumienia zjawisk zachodzących w ciałach makroskopowych.</p> <p>W2: Student zna warunki zachodzenia procesów termodynamicznych oraz warunki równowagi i stabilności układów termodynamicznych.</p> <p>W3: Student zna różne stany materii, przemiany fazowe, ich klasyfikację i mikroskopową interpretację. Ponadto student zna elementy klasycznej mechaniki statystycznej w tym zespoły statystyczne, przykłady zastosowań rozkładów statystycznych do wyjaśniania cech różnych układów mikroskopowych.</p> <p>W4: Student zna statystyki kwantowe, ich zastosowania oraz potrafi przeprowadzić dyskusje zakresu stosowalności przybliżeń klasycznych oraz analizę równoważności metod fizyki statystycznej i termodynamiki fenomenologicznej w badaniach makroskopowych.</p>	W01-K_W09

	Efekt kształcenia dla kursu	Odniesienie do efektów dla specjalności (określonych w karcie programu studiów dla modułu specjalnościowego)
Umiejętności	<p>U1: Student potrafi posługiwać się formalizmem termodynamiki fenomenologicznej oraz fizyki statystycznej</p> <p>U2: Student umie stosować liniową termodynamikę procesów nieodwracalnych oraz korzystać z równań transportu.</p> <p>U3: Znając elementy klasycznej i kwantowej fizyki statystycznej student umie je zastosować w termodynamice i w fizyce fazy skondensowanej.</p> <p>U4: Student umie znaleźć i zinterpretować zależności termodynamiczne na bazie makroskopowych i mikroskopowych modeli ciał makroskopowych.</p>	U01 - U08
	Efekt kształcenia dla kursu	Odniesienie do efektów dla specjalności (określonych w karcie programu studiów dla modułu specjalnościowego)
Kompetencje społeczne	<p>K01 Student zna ograniczenia własnej wiedzy i rozumie potrzebę dalszego kształcenia, potrafi samodzielnie wyszukiwać informacje w literaturze, także w językach obcych.</p> <p>K02 Student potrafi precyzyjnie formułować pytania, służące pogłębieniu własnego zrozumienia danego tematu lub odnalezieniu brakujących elementów rozumowania.</p> <p>K03 Student potrafi pracować zespołowo; rozumie konieczność systematycznej pracy nad wszelkimi projektami, które mają długofalowy charakter.</p> <p>K04 Student rozumie i docenia znaczenie uczciwości intelektualnej w działaniach własnych i innych osób; postępuje etycznie.</p>	K_K01-K_K05

Organizacja											
Forma zajęć	Wykład (W)	Ćwiczenia w grupach									
		A		K		L		S		P	E
Liczba godzin	30	30									

Opis metod prowadzenia zajęć

Zajęcia prowadzone w systemie tutorialnym z wykorzystaniem nowoczesnych technik multimedialnych, w formie wykładu, otwartej dyskusji jak również w formie ćwiczeń rachunkowych.

Formy sprawdzania efektów kształcenia

	E – learning	Gry dydaktyczne	Ćwiczenia w szkole	Zajęcia terenowe	Praca laboratoryjna	Projekt indywidualny	Projekt grupowy	Udział w dyskusji	Referat	Praca pisemna (esej)	Egzamin ustny	Egzamin pisemny	Inne
W01						X		X			X	X	
W02						X		X			X	X	
W03							X	X	X		X	X	
W04							X	X	X		X	X	
U01						X		X			X	X	
U02						X		X			X	X	
U03							X	X			X	X	
U04							X	X			X	X	
K01							X	X			X	X	
K02							X	X			X	X	
K03							X	X			X	X	
K04							X	X			X	X	

Kryteria oceny	BARDZO DOBRY
	<p>W1-U1 Student wykazuje znajomość termodynamiki fenomenologicznej i fizyki statystycznej jako uzupełniających się teorii dających możliwość zrozumienia zjawisk zachodzących w ciałach makroskopowych oraz potrafi posługiwać się formalizmem termodynamiki fenomenologicznej oraz fizyki statystycznej</p> <p>W2-U2 Student zna warunki zachodzenia procesów termodynamicznych oraz warunki równowagi i stabilności układów termodynamicznych. Student umie stosować liniową</p>

termodynamikę procesów nieodwracalnych oraz korzystać z równań transportu.

W3-U3 Student zna różne stany materii, przemiany fazowe, ich klasyfikacje i mikroskopową interpretację. Ponadto student zna elementy klasycznej mechaniki statystycznej w tym zespoły statystyczne, przykłady zastosowań rozkładów statystycznych do wyjaśniania cech różnych układów mikroskopowych. Znając elementy klasycznej i kwantowej fizyki statystycznej student umie je zastosować w termodynamice i fizyce fazy skondensowanej.

W4-U4 Student zna statystyki kwantowe, ich zastosowania oraz potrafi przeprowadzić dyskusje zakresu stosowalności przybliżeń klasycznych oraz analizę równoważności metod fizyki statystycznej i termodynamiki fenomenologicznej w badaniach makroskopowych. Student umie znaleźć i zinterpretować zależności termodynamiczne na bazie makroskopowych i mikroskopowych modeli ciał makroskopowych.

PLUS DOBRY

W1-U1 Student wykazuje znajomość termodynamiki fenomenologicznej i fizyki statystycznej jako uzupełniających się teorii dających możliwość zrozumienia zjawisk zachodzących w ciałach makroskopowych oraz potrafi posługiwać się formalizmem termodynamiki fenomenologicznej oraz fizyki statystycznej

W2-U2 Student zna warunki zachodzenia procesów termodynamicznych oraz warunki równowagi i stabilności układów termodynamicznych. Student umie stosować liniową termodynamikę procesów nieodwracalnych oraz korzystać z równań transportu.

W3-U3 Student zna różne stany materii, przemiany fazowe, ich klasyfikacje i mikroskopową interpretację. Ponadto student zna elementy klasycznej mechaniki statystycznej w tym zespoły statystyczne, przykłady zastosowań rozkładów statystycznych do wyjaśniania cech różnych układów mikroskopowych. Znając elementy klasycznej i kwantowej fizyki statystycznej student umie je zastosować w termodynamice i fizyce fazy skondensowanej.

W4-U4 Student zna statystyki kwantowe, ich zastosowania oraz potrafi przeprowadzić dyskusje zakresu stosowalności przybliżeń klasycznych oraz analizę równoważności metod fizyki statystycznej i termodynamiki fenomenologicznej w badaniach makroskopowych.

DOBRY

W1-U1 Student wykazuje znajomość termodynamiki fenomenologicznej i fizyki statystycznej jako uzupełniających się teorii dających możliwość zrozumienia zjawisk zachodzących w ciałach makroskopowych oraz potrafi posługiwać się formalizmem termodynamiki fenomenologicznej oraz fizyki statystycznej

W2-U2 Student zna warunki zachodzenia procesów termodynamicznych oraz warunki równowagi i stabilności układów termodynamicznych. Student umie stosować liniową termodynamikę procesów nieodwracalnych oraz korzystać z równań transportu.

W3-U3 Student zna różne stany materii, przemiany fazowe, ich klasyfikacje i mikroskopową interpretację. Ponadto student zna elementy klasycznej mechaniki statystycznej w tym zespoły statystyczne, przykłady zastosowań rozkładów statystycznych do wyjaśniania cech różnych układów mikroskopowych. Znając elementy klasycznej i kwantowej fizyki statystycznej student umie je zastosować w termodynamice i fizyce fazy skondensowanej.

W4-U4 Student zna statystyki kwantowe, ich zastosowania oraz potrafi przeprowadzić dyskusje zakresu stosowalności przybliżeń klasycznych.

PLUS DOSTATECZNY

W1-U1 Student wykazuje znajomość termodynamiki fenomenologicznej i fizyki statystycznej jako uzupełniających się teorii dających możliwość zrozumienia zjawisk zachodzących w ciałach makroskopowych oraz potrafi posługiwać się formalizmem termodynamiki fenomenologicznej oraz fizyki statystycznej

W2-U2 Student zna warunki zachodzenia procesów termodynamicznych oraz warunki równowagi i stabilności układów termodynamicznych. Student umie stosować liniową termodynamikę procesów nieodwracalnych oraz korzystać z równań transportu.

W3-U3 Student zna różne stany materii, przemiany fazowe, ich klasyfikacje i mikroskopową interpretację. Ponadto student zna elementy klasycznej mechaniki statystycznej w tym zespoły statystyczne, przykłady zastosowań rozkładów statystycznych do wyjaśniania cech różnych układów mikroskopowych.

W4-U4 Student zna statystyki kwantowe, ich zastosowania oraz potrafi przeprowadzić dyskusje zakresu stosowalności przybliżeń klasycznych.

	<p>DOSTATECZNY</p> <p>W1-U1 Student wykazuje znajomość termodynamiki fenomenologicznej i fizyki statystycznej jako uzupełniających się teorii dających możliwość zrozumienia zjawisk zachodzących w ciałach makroskopowych.</p> <p>W2-U2 Student zna warunki zachodzenia procesów termodynamicznych oraz warunki równowagi i stabilności układów termodynamicznych.</p> <p>W3-U3 Student słabo zna różne stany materii, przemiany fazowe, ich klasyfikacje i mikroskopową interpretację. Ponadto student zna elementy klasycznej mechaniki statystycznej w tym zespoły statystyczne, przykłady zastosowań rozkładów statystycznych do wyjaśniania cech różnych układów mikroskopowych.</p> <p>W4-U4 Student słabo zna statystyki kwantowe, ich zastosowania oraz nie potrafi przeprowadzić dyskusje zakresu stosowalności przybliżeń klasycznych.</p> <p>NIEDOSTATECZNY</p> <p>W1-U1 Student nie wykazuje znajomość termodynamiki fenomenologicznej i fizyki statystycznej jako uzupełniających się teorii dających możliwość zrozumienia zjawisk zachodzących w ciałach makroskopowych.</p> <p>W2-U2 Student nie zna warunków zachodzenia procesów termodynamicznych oraz warunki równowagi i stabilności układów termodynamicznych.</p> <p>W3-U3 Student bardzo słabo zna stany materii, przemiany fazowe i ich klasyfikację oraz mikroskopową interpretację. Ponadto student nie zna elementów klasycznej mechaniki statystycznej.</p> <p>W4-U4 Student nie zna statystyk kwantowych, ich zastosowania oraz nie potrafi przeprowadzić dyskusji zakresu stosowalności przybliżeń klasycznych.</p>
Uwagi	

Treści merytoryczne (wykaz tematów)

Wykład 1. Podstawy rachunku prawdopodobieństwa: definicje, prawdopodobieństwo warunkowe, rozkłady zawężone, funkcje rozkładu, funkcje charakterystyczne i ich własności, Centralne Twierdzenie Graniczne, wstęp do procesów Markova jako przykład zastosowania teorii prawdopodobieństwa: definicja, procesy translacyjne w czasie i przestrzeni w wersji ciągłej i dyskretnej.

Wykład 2. Zasady termodynamiki. Termodynamiczne parametry (funkcje) stanu. Granica termodynamiczna: wielkości ekstensywne i intensywne. Zerowa zasada termodynamiki: pojęcie stanu równowagi, tranzytywność stanu równowagi i pojęcie temperatury empirycznej, równanie stanu. Definicja i własności temperatury bezwzględnej; temperatura układów w równowadze cieplnej. Pierwsza zasada termodynamiki (zasada zachowania energii), określenie sposobów przekazu energii; procesy quasi-statyczne.

Wykład 3. II zasada termodynamiki. Wypowiedź na temat procesów nieodwracalnych. Entropia (definicja mikroskopowa, małe przekazy ciepła); stan równowagi.

Wykład 4. II zasada termodynamiki (cd). Pojęcie temperatury absolutnej oraz entropii. Potencjały termodynamiczne otrzymane z połączenia I-szej i II zasady termodynamiki. II Zasada termodynamiki - konsekwencje dla procesów nieodwracalnych.

Wykład 5. Przejścia fazowe (ogólne uwagi). Termodynamika przejść fazowych: układy wielofazowe i wieloskładnikowe; przejścia fazowe pierwszego rodzaju. Reguła faz Gibbsa; nachylenie krzywej współistnienia faz (równanie Clapeyrona). Diagram fazowy wody. Ciepło właściwe. Przemiany fazowe. Ciepło przemian fazowych. Stan równowagi pomiędzy fazami; równanie Clausiusa - Clapeyrona. Przejścia fazowe ciągłe: parametr porządku i teoria Landau'a. Punkt potrójny wody, definicja skali bezwzględnej temperatur

Wykład 6. Mikrostan, hipoteza molekularnego chaosu i entropia Boltzmanna. Trzecia zasada termodynamiki. Przykład: model dwustanowy i 'ujemna temperatura absolutna'. Laser - jako układ z ujemną temperaturą. Przejście do granicy klasycznej. Twierdzenie o ekwipartycji energii.

Wykład 7. Rozkład: kanoniczny, wielki kanoniczny, mikro-kanoniczny, izobaryczno-izotermiczny. Obliczenia dla przykładowych dyskretnych struktur energetycznych -funkcja rozdziału, populacje stanów z temperaturą. Kwantowy oscylator harmoniczny. Stany energetyczne i ciepło właściwe

kwantowego oscylatora harmonicznego. Ciepło właściwe i paramagnetyzm dla układu dwu-stanowego (prawo Curie). Przykładowy związek np. CeMg_3 (Phys. Rev. B (2010)).

Wykład 8. Fizyka statystyczna, ścisłe wyniki: związki między rozkładami. Obliczenia dla przykładowych dyskretnych wielo-stanowych struktur energetycznych - termiczna ewolucja populacji stanów, średniej energii, energii swobodnej, entropii.

Wykład 9. Fizyka statystyczna układów z oddziaływaniem. Ścisłe wyniki i przybliżenia: Model Heisenberga. Model Isinga; rozwiązanie dla jednowymiarowej sieci.

Wykład 10. Statystyki kwantowe: układy nieoddziaływujące, gęstość stanów. Oscylatory kwantowe; ciecze Bosego i Fermiego.

Wykład 11. Drgania sieci krystalicznej (fonony): Modele Einsteina i Debye'a. Fakt eksperymentalny - ciepło molowe stałą wielkością.

Wykład 12. Statystyki kwantowe bezmasowych, nieoddziaływujących cieczy Bosego: statystyki fotonów, gęstość stanów, prawa promieniowania ciała doskonale czarnego. Prawo Stefana-Boltzmann. Prawo Wiena. Rozkład Plancka.

Wykład 13. Statystyki kwantowe cieczy Bosego (cząstki z masą). Ogólne własności kondensatu Bose-Einsteina.

Wykład 14. Ciecze Fermiego. Własności nieoddziaływujących fermionów. Gaz elektronów swobodnych w metalu. Liczba nośników, Rozkład-Fermiego-Diraca, wpływ temperatury. Energia/Temperatura Fermiego.

Wykład 15. Półprzewodniki: gęstość nośników, termiczna ewolucja liczby nośników i ich ruchliwości.

Wykaz literatury podstawowej

K. Zalewski, Wykłady z mechaniki i termodynamiki statystycznej;
J. Koronacki, J. Mielniczuk: Statystyka, WNT, Warszawa 2001;
K. Gumiński, Termodynamika;
A.I. Anselm, Podstawy fizyki statystycznej;
M. Toda, R. Kubo, N. Saito, Fizyka statystyczna.

Wykaz literatury uzupełniającej

Reif, Fizyka statystyczna;
R. S. Ingarden, A. Jamiołkowski, R. Mrugała, Fizyka statystyczna i termodynamika;
K. Huang, Podstawy fizyki statystycznej.

Bilans godzinowy zgodny z CNPS (Całkowity Nakład Pracy Studenta)

Ilość godzin w kontakcie z prowadzącymi	Wykład	30
	Konwersatorium (ćwiczenia, laboratorium itd.)	30
	Pozostałe godziny kontaktu studenta z prowadzącym	10
Ilość godzin pracy studenta bez kontaktu z prowadzącymi	Lektura w ramach przygotowania do zajęć	25
	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		150
Ilość punktów ECTS w zależności od przyjętego przelicznika 1 ECTS=25h		6