

OPIS PRZEDMIOTU/MODUŁU KSZTAŁCENIA (SYLABUS)

1.	Nazwa przedmiotu/modułu w języku polskim Fizyka statystyczna 2. Układy oddziałujące i przemiany fazowe.
2.	Nazwa przedmiotu/modułu w języku angielskim Statistical Physics 2. Interacting systems and phase transitions.
3.	Jednostka prowadząca przedmiot Wydział Fizyki i Astronomii
4.	Kod przedmiotu/modułu 24-FZ-MSC-S2-E2-Sp
5.	Rodzaj przedmiotu/modułu (<i>obowiązkowy lub fakultatywny</i>) fakultatywny
6.	Kierunek studiów Fizyka
7.	Poziom studiów (<i>I lub II stopień lub jednolite studia magisterskie</i>) II stopień, doktoranci
8.	Rok studiów (<i>jeśli obowiązuje</i>) I., doktoranci
9.	Semestr (<i>zimowy lub letni</i>) <i>letni</i>
10.	Forma zajęć i liczba godzin Wykład – 30 godzin, ćwiczenia – 30 godzin
11.	Imię, nazwisko, tytuł/stopień naukowy osoby prowadzącej zajęcia Janusz Jędrzejewski, dr hab.
12.	Wymagania wstępne w zakresie wiedzy, umiejętności i kompetencji społecznych dla przedmiotu/modułu oraz zrealizowanych przedmiotów – Zna podstawy algebry liniowej i analizy matematycznej i rachunku prawdopodobieństwa [K_W01, K_W02, K_W03]. – Zna na poziomie podstawowym mechanikę kwantową i fizykę statystyczną [K_W06]. – Posługuje się rachunkiem różniczkowym i całkowym i elementarnym rachunkiem operatorów [K_U02, K_U03, K_U04] – Zna język angielski w stopniu umożliwiającym bierne korzystanie z tekstów literaturowych [K_U18].
13.	Cele przedmiotu

	Przygotowanie studenta do studiowania zaawansowanych tematów w dziedzinie fizyki statystycznej i teorii materii skondensowanej oraz podjęcia badań w tych dziedzinach w ramach pracy magisterskiej i studiów doktoranckich.	
14.	<p>Zakładane efekty kształcenia</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ma rozszerzoną wiedzę z zakresu fizyki statystycznej i teorii materii skondensowanej, w szczególności z teorii przemian fazowych i zjawisk krytycznych, w stopniu odpowiednim dla wybranej specjalności. Potrafi wykorzystać wiedzę z fizyki, matematyki i nauk pokrewnych do rozwiązywania zagadnień o średnim stopniu złożoności. Umie wskazać i wyjaśnić istotę problemu, jasno przedstawić sposób jego rozwiązania, rzeczowo uzasadnić przyjęte założenia i ocenić otrzymane wyniki. Zna podstawowe, wykorzystywane jako przykłady ilustrujące teorię, modele oddziałujących, wykazujących przemiany fazowe, układów klasycznej i kwantowej mechaniki statystycznej. Ma ogólną wiedzę o kierunkach rozwoju i najnowszych odkryciach w dziedzinie fizyki statystycznej. Potrafi wykorzystać wiedzę z fizyki i matematyki do badania, wyjaśniania i modelowania zjawisk fizycznych, umie uzasadnić założenia i uproszczenia oraz zakres stosowalności przyjętego modelu, wykorzystuje zaawansowane metody matematyczne do jego analizy. • 	<p>K2_W01</p> <p>K2_W02</p> <p>K2_W03</p> <p>K2_W06</p> <p>K2_U04</p>
15.	<p>Treści programowe</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gibbsowskie sformułowanie termodynamiki stanów równowagowych - podsumowanie <ul style="list-style-type: none"> - parametryzacje stanów równowagowych i odpowiadające im podstawowe funkcje termodynamiczne (potencjały termodynamiczne) - związki między podstawowymi funkcjami termodynamicznymi; - przekształcenia Legendrea funkcji nieróżniczkowalnych - własności wypukłości podstawowych funkcji termodynamicznych względem zmiennych ekstensywnych i intensywnych - przemiany fazowe I rodzaju i ich "ślad" w podstawowych funkcjach termodynamicznych; czyste i mieszane stany równowagowe (fazy termodynamiczne) - przemiany fazowe II rodzaju; punkty krytyczne 	

	<ul style="list-style-type: none"> • Więzy lub kwantowa statystyka jako źródło oddziaływań efektywnych <ul style="list-style-type: none"> - efektywne odpychanie w idealnym gazie fermionowym - kondensacja Bosego-Einsteina w idealnym gazie bozonowym - sieciowe i ciągłe układy obiektów z twardym rdzeniem • Granica termodynamiczna i stabilność materii <ul style="list-style-type: none"> - twierdzenia o istnieniu granicy termodynamicznej - istnienie granicy termodynamicznej a stabilność termodynamiczna - globalnie neutralne układy, rola statystyki Fermiego i efektu ekranowania - niestabilność układów fermionowych z oddziaływaniem grawitacyjnym • Magnetyczne, klasyczne i kwantowe przemiany fazowe jako paradygmat przemian fazowych <ul style="list-style-type: none"> - magnetyczne potencjały termodynamiczne - stany ferromagnetyczne, antyferromagnetyczne i paramagnetyczne - magnetyzm elektronów zlokalizowanych, kwantowe modele Heisenberga i model XY, klasyczne i kwantowe modele Isinga - magnetyzm elektronów wędrownych, model Hubbarda - dokładne rozwiązania i ścisłe wyniki dla jedno- i dwu-wymiarowych modeli Isinga • Przemiany fazowe i spontaniczne łamanie symetrii <ul style="list-style-type: none"> - twierdzenie Mermina-Wagnera o nieistnieniu przejść fazowych - istnienie przejść fazowych, argument Peierlsa - wysoko- i nisko-temperaturowe rozwinięcia, dualność - zjawiska krytyczne, indeksy krytyczne, teoria skalowania, renormalizacja i uniwersalność • Teorie pola średniego <ul style="list-style-type: none"> - teoria Curie-Weissa magnetyzmu - teoria Stonera uporządkowania magnetycznego w metalach - teoria Van der Waalsa przejść fazowych gaz-ciecz - teorie pola średniego jako asymptotyczne modele mechaniki statystycznej, twierdzenie Lebowitza-Penrose'a - teorie Ginzburga-Landau'a
16.	<p>Zalecana literatura (<i>podręczniki</i>)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. H. B. Callen, <i>Thermodynamics and an Introduction to Thermostatistics</i>, John Wiley and Sons, Inc., 1985. 2. P. A. Martin, F. Rothen, <i>Many-Body Problems and Quantum Field Theory</i>, Springer 2002. 3. K. Huang, <i>Statistical Mechanics</i>, John Wiley and Sons, Inc., New York ,1963,

	<p><i>Mechanika statystyczna</i>, PWN, Warszawa, 1978.</p> <p>4. K. Huang, <i>Podstawy fizyki statystycznej</i>, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2006.</p> <p>5. J. J. Binney, N. J. Dowrick, A. J. Fisher, M. E. J. Newman, <i>The Theory of Critical Phenomena. An Introduction to the Renormalization Group</i>, Clarendon Press, Oxford, 1992,</p> <p><i>Zjawiska krytyczne. Wstęp do teorii grupy renormalizacji</i>, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1998.</p> <p>6. H. E. Stanley, <i>Introduction to Phase Transitions and Critical Phenomena</i>, Clarendon Press, Oxford, 1971, (wydanie w języku rosyjskim, Mir, Moskwa, 1973).</p>																													
17.	<p>Forma zaliczenia poszczególnych komponentów przedmiotu/modułu, sposób sprawdzenia osiągnięcia zamierzonych efektów kształcenia:</p> <p>wykład: egzamin pisemny i ustny konwersatorium: egzamin pisemny i ustny</p>																													
18.	<p>Język wykładowy angielski</p>																													
19.	<p>Obciążenie pracą studenta</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Forma aktywności studenta</th> <th>Średnia liczba godzin na zrealizowanie aktywności</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Godziny zajęć (wg planu studiów) z nauczycielem:</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>- wykład:</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>- ćwiczenia:</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>- laboratorium:</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>- inne:</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Praca własna studenta np.:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>- przygotowanie do zajęć:</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>- opracowanie wyników:</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>- czytanie wskazanej literatury:</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>- napisanie raportu z zajęć:</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>- przygotowanie do egzaminu:</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>Suma godzin</td> <td>150</td> </tr> <tr> <td>Liczba punktów ECTS</td> <td>6</td> </tr> </tbody> </table>		Forma aktywności studenta	Średnia liczba godzin na zrealizowanie aktywności	Godziny zajęć (wg planu studiów) z nauczycielem:	30	- wykład:	30	- ćwiczenia:	-	- laboratorium:	-	- inne:	-	Praca własna studenta np.:		- przygotowanie do zajęć:	30	- opracowanie wyników:	-	- czytanie wskazanej literatury:	30	- napisanie raportu z zajęć:	-	- przygotowanie do egzaminu:	30	Suma godzin	150	Liczba punktów ECTS	6
Forma aktywności studenta	Średnia liczba godzin na zrealizowanie aktywności																													
Godziny zajęć (wg planu studiów) z nauczycielem:	30																													
- wykład:	30																													
- ćwiczenia:	-																													
- laboratorium:	-																													
- inne:	-																													
Praca własna studenta np.:																														
- przygotowanie do zajęć:	30																													
- opracowanie wyników:	-																													
- czytanie wskazanej literatury:	30																													
- napisanie raportu z zajęć:	-																													
- przygotowanie do egzaminu:	30																													
Suma godzin	150																													
Liczba punktów ECTS	6																													

*objaśnienie symboli:

K (przed podkreśleniem) - kierunkowe efekty kształcenia
W - kategoria wiedzy
U - kategoria umiejętności
K (po podkreśleniu) - kategoria kompetencji społecznych
01, 02, 03 i kolejne - numer efektu kształcenia

COURSE/MODULE DESCRIPTION (SYLLABUS)

1.	Course/module Statistical Physics II. Interacting systems and phase transitions	
2.	University department Faculty of Physics and Astronomy	
3.	Course/module code 24-FZ-S2-E2-FS2	
4.	Course/module type – mandatory (compulsory) or elective (optional) optional	
5.	University subject (programme/major) Physics	
6.	Degree: (<i>master, bachelor</i>) Master, PhD	
7.	Year I, PhD	
8.	Semester (<i>autumn, spring</i>) spring	
9.	Form of tuition and number of hours Lectures – 30 hours, classes – 30 hours	
10.	Name, Surname, academic title Janusz Jędrzejewski, dr hab.	
11.	Initial requirements (knowledge, skills, social competences) regarding the course/module and its completion Completed basic courses on Statistical Physics	
12.	Objectives Preparation for studying advanced topics in statistical physics and condensed-matter theory and carrying out research in these domains in the framework of master work and PhD studies.	
13.	<p>Learning outcomes</p> <p>Extended knowledge of Statistical Physics and Condensed Matter Theory, in particular of phase transitions and critical phenomena, adequate for chosen specialization.</p> <p>Student is able to use his/her knowledge of physics and mathematics for solving moderately complex problems, to identify and explain the essence of the considered problem and clearly present the way of solving it, to justify assumptions and evaluate results.</p>	<p>K2_W01</p> <p>K2_W02</p>

	<p>Student knows basic, used for illustrating theory, models of interacting, exhibiting phase transitions, systems of classical and quantum statistical mechanics.</p> <p>General knowledge about new developments in statistical physics.</p> <p>Student is able to use his/her knowledge of physics and mathematics for investigating, explaining and modelling physical phenomena; student is able to justify assumptions, simplifications and approximations of the model under consideration, and to determine the range of its applicability.</p>	<p>K2_W03</p> <p>K2_W06</p> <p>K2_U04</p>
14.	<p>Contents</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gibbs formulation of thermodynamics of equilibrium states – summary <ul style="list-style-type: none"> - parametrizations of equilibrium states and the corresponding fundamental thermodynamic functions (potentials) - relations between fundamental thermodynamic functions; Legendre transformations of non-differentiable functions - convexity properties of fundamental thermodynamic functions with respect to extensive and intensive variables - 1st order phase transitions and their signature in fundamental thermodynamic functions; pure and mixed equilibrium states - 2nd order phase transitions; critical points • Magnetic classical and quantum phase transitions – a paradigm of phase transitions <ul style="list-style-type: none"> - magnetic thermodynamic potentials - ferromagnetic, antiferromagnetic and paramagnetic states - magnetism of localized electrons; quantum Heisenberg and XY models, classical and quantum Ising models - magnetism of itinerant electrons; Hubbard models - exact and rigorous results on 1D and 2D Ising models • Constraints and/or quantum statistics as a source of effective interactions <ul style="list-style-type: none"> - effective repulsion in ideal Fermi gases - Bose-Einstein condensation in ideal Bose gases 	

	<ul style="list-style-type: none"> - lattice and continuous systems of hard-core objects • The thermodynamic limit and the stability of matter <ul style="list-style-type: none"> - theorems on the existence of the thermodynamic limit - the existence of the thermodynamic limit versus the stability of thermodynamics - globally neutral systems; stability of low-energy matter due to the Fermi statistics and the screening effect - instability of fermions with gravitational interactions • Phase transitions and spontaneous symmetry breaking <ul style="list-style-type: none"> - theorems on nonexistence of phase transitions, the Mermin-Wagner argument - the existence of phase transitions, the Peierls argument - high- and low-temperature expansions, duality - critical phenomena, critical indices, scaling, renormalization and universality • Mean-field theories <ul style="list-style-type: none"> - Curie-Weiss theory of magnetic order in insulators - Stoner theory of magnetic order in metals - Van der Waals theory of liquid-gas transitions - mean-field theories as asymptotic models of statistical mechanics, the Lebowitz-Penrose theorem - Ginzburg-Landau theories
15.	<p>Recommended literature:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. H. B. Callen, <i>Thermodynamics and an Introduction to Thermostatistics</i>, John Wiley and Sons, Inc., 1985. 2. P. A. Martin, F. Rothen, <i>Many-Body Problems and Quantum Field Theory</i>, Springer 2002. 3. K. Huang, <i>Statistical Mechanics</i>, John Wiley and Sons, Inc., New York, 1963, <i>Mechanika statystyczna</i>, PWN, Warszawa, 1978. 4. K. Huang, <i>Podstawy fizyki statystycznej</i>, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2006. 5. J. J. Binney, N. J. Dowrick, A. J. Fisher, M. E. J. Newman, <i>The Theory of Critical Phenomena. An</i>

	<p><i>Introduction to the Renormalization Group</i>, Clarendon Press, Oxford, 1992,</p> <p><i>Zjawiska krytyczne. Wstęp do teorii grupy renormalizacji</i>, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1998.</p> <p>6. H. E. Stanley, <i>Introduction to Phase Transitions and Critical Phenomena</i>, Clarendon Press, Oxford, 1971,</p> <p>(russian edition by Mir, Moscow, 1973).</p>																													
16.	<p>Ways of earning credits for the completion of a course /particular component, methods of assessing academic progress:</p> <p>lecture: written and oral exam; part I -- theoretical questions, part II -- problems</p> <p>class: solving problems by the blackboard, written tests</p>																													
17.	<p>Language of instruction</p> <p>English</p>																													
18.	<p>Student's workload</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Activity</th> <th>Average number of hours for the activity</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Hours of instruction (as stipulated in study programme) :</td> <td></td> </tr> <tr> <td>- lecture:</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>- classes:</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>- laboratory:</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>- other:</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>student's own work, e.g.:</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>- preparation before class (lecture, etc.)</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>- research outcomes:</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>- reading set literature:</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>- writing course report:</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>- preparing for exam:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Hours</td> <td>150</td> </tr> <tr> <td>Number of ECTS</td> <td>6</td> </tr> </tbody> </table>		Activity	Average number of hours for the activity	Hours of instruction (as stipulated in study programme) :		- lecture:	30	- classes:	30	- laboratory:	-	- other:	-	student's own work, e.g.:	30	- preparation before class (lecture, etc.)	-	- research outcomes:	30	- reading set literature:	-	- writing course report:	30	- preparing for exam:		Hours	150	Number of ECTS	6
Activity	Average number of hours for the activity																													
Hours of instruction (as stipulated in study programme) :																														
- lecture:	30																													
- classes:	30																													
- laboratory:	-																													
- other:	-																													
student's own work, e.g.:	30																													
- preparation before class (lecture, etc.)	-																													
- research outcomes:	30																													
- reading set literature:	-																													
- writing course report:	30																													
- preparing for exam:																														
Hours	150																													
Number of ECTS	6																													

* Key to symbols:

K (before underscore) - learning outcomes for the programme

W - knowledge

U - skills

K (after underscore) - social competences

01, 02, 03 and subsequent - consecutive number of learning outcome