

### 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-MS-C-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 prof. dr hab. David Blaschke
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"> <li>• 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.</li> <li>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.</li> <li>Zna podstawowe, wykorzystywane jako przykłady ilustrujące teorię, modele oddziałujących, wykazujących przemiany fazowe, układów klasycznej i kwantowej mechaniki statystycznej.</li> <li>Ma ogólną wiedzę o kierunkach rozwoju i najnowszych odkryciach w dziedzinie fizyki statystycznej.</li> <li>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.</li> </ul>	<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"> <li>≡ Gibbsowskie sformułowanie termodynamiki stanów równowagowych - podsumowanie</li> <li>- parametryzacje stanów równowagowych i odpowiadające im podstawowe funkcje termodynamiczne (potencjały termodynamiczne)</li> <li>- związki między podstawowymi funkcjami termodynamicznymi;</li> <li>- przekształcenia Legendrea funkcji nieróżniczkowalnych</li> <li>- własności wypukłości podstawowych funkcji termodynamicznych względem zmiennych ekstensywnych i intensywnych</li> <li>- przemiany fazowe I rodzaju i ich "ślady" w podstawowych funkcjach termodynamicznych; czyste i mieszane stany równowagowe (fazy termodynamiczne)</li> <li>- przemiany fazowe II rodzaju; punkty krytyczne</li> </ul>	

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

	<p>3. K. Huang, <i>Statistical Mechanics</i>, John Wiley and Sons, Inc., New York ,1963, <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. W. Greiner, L. Neise, H. Stoecker, <i>Thermodynamics and Statistical Mechanics</i>, Springer, 1995.</p> <p>6. 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, <i>Zjawiska krytyczne. Wstęp do teorii grupy renormalizacji</i>, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1998.</p> <p>7. 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>30</td> </tr> <tr> <td>- przygotowanie do zajęć:</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>- opracowanie wyników:</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>- czytanie wskazanej literatury:</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>- napisanie raportu z zajęć:</td> <td>30</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.:	30	- przygotowanie do zajęć:	-	- opracowanie wyników:	30	- czytanie wskazanej literatury:	-	- napisanie raportu z zajęć:	30	- 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.:	30																													
- przygotowanie do zajęć:	-																													
- opracowanie wyników:	30																													
- czytanie wskazanej literatury:	-																													
- napisanie raportu z zajęć:	30																													
- 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



	<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><b>Contents</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>≡ Gibbs formulation of thermodynamics of equilibrium states – summary</li> <li>- parametrizations of equilibrium states and the corresponding fundamental thermodynamic functions (potentials)</li> <li>- relations between fundamental thermodynamic functions; Legendre transformations of non-differentiable functions</li> <li>- convexity properties of fundamental thermodynamic functions with respect to extensive and intensive variables</li> <li>- 1<sup>st</sup> order phase transitions and their signature in fundamental thermodynamic functions; pure and mixed equilibrium states</li> <li>- 2<sup>nd</sup> order phase transitions; critical points</li> <li>≡ Magnetic classical and quantum phase transitions – a paradigm of phase transitions <ul style="list-style-type: none"> <li>- magnetic thermodynamic potentials</li> <li>- ferromagnetic, antiferromagnetic and paramagnetic states</li> <li>- magnetism of localized electrons; quantum Heisenberg and XY models, classical and quantum Ising models</li> <li>- magnetism of itinerant electrons; Hubbard models</li> <li>- exact and rigorous results on 1D and 2D Ising models</li> </ul> </li> <li>≡ Constraints and/or quantum statistics as a source of effective interactions <ul style="list-style-type: none"> <li>- effective repulsion in ideal Fermi gases</li> <li>- Bose-Einstein condensation in ideal Bose gases</li> </ul> </li> </ul>	

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



	<p>5. W. Greiner, L. Neise, H. Stoecker, <i>Thermodynamics and Statistical Mechanics</i>, Springer, 1995.</p> <p>6. 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>7. 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