

SYLABUS PRZEDMIOTU

1.	Nazwa przedmiotu w języku polskim: Wprowadzenie do gęstej materii w zderzeniach ciężkich jonów i astrofizyce I	
2.	Dyscyplina: nauki fizyczne	
3.	Język wykładowy: angielski	
4.	Jednostka prowadząca przedmiot: Wydział Fizyki i Astronomii	
5.	Rodzaj przedmiotu (obowiązkowy lub do wyboru): do wyboru	
6.	Kierunek studiów: fizyka	
7.	Poziom studiów (I stopień lub II stopień): II	
8.	Rok studiów: 1 lub 2	
9.	Semestr (zimowy lub letni): letni	
10.	Forma zajęć i liczba godzin: wykład – 30	
11.	Wymagania wstępne w zakresie wiedzy, umiejętności i kompetencji społecznych dla przedmiotu: • mechanika i mechanika kwantowa (kurs podstawowy) • termodynamika i fizyka statystyczna (kurs podstawowy) • angielski w mowie i piśmie	
12.	Cele kształcenia dla przedmiotu: 1. podstawowe rozumienie i fenomenologia stopni swobody materii silnie oddziałującej z QCD jako teorii cechowania 2. kształtowanie umiejętności teoretycznego opisu materii w warunkach ekstremalnych za pomocą efektywnych modeli równań stanu i przejść fazowych 3. zrozumienie hydrodynamicznego opisu zderzeń ciężkich jonów, w tym niestabilności spowodowanych przejściami fazowymi 4. pogłębienie wiedzy na temat wykrywania plazmy kwarkowo-gluonowej w zderzeniach ciężkich jonów	
13.	Treści programowe: 1. Wprowadzenie do modeli materii silnie oddziałującej w warunkach ekstremalnych. 2. Symulacje kratowe QCD termodynamiki plazmy kwarkowo-gluonowej. 3. Zmienne kinematyczne i hydrodynamiczny opis zderzeń ciężkich jonów. 4. Obserwable i sygnały przejścia do plazmy kwarkowo-gluonowej.	
14.	Zakładane efekty uczenia się – student zna: • model Walecki materii jądrowej • model materii kwarkowej Nambu-Jona-Lasinio • równania hydrodynamiczne ewolucji płynu hadronowego; posiada umiejętności: • posługiwania się sumą statystyczną w reprezentacji	Symbole odpowiednich kierunkowych efektów uczenia się: F2_W01 F2_W02 F2_W03 F2_W05

	całki po trajektoriach dla gazów rzeczywistych za pomocą transformacji Hubbarda-Stratonovicha - wyprowadzenia relatywistycznego równania pola średniego dla materii jądrowej i materii kwarkowej; potrafi: - konstruować przejścia fazowe kwarkowo-hadronowe - uzyskać rozwiązania analityczne i numeryczne rozszerzającej się hadronowej kuli ognia - skonstruować i zinterpretować diagram fazowy modelu QCD	F2_U05 F2_U10 F2_K01 F2_K03 F2_K06
15.	Literatura obowiązkowa: Yagi, Hatsuda, Miyake, "Quark-Gluon Plasma", Cambridge Univ. Press (2005) Wojciech Florkowski, "Heavy-Ion Collisions" (2011) Literatura zalecana: "Understanding the Origin of Matter. QCD point of view", Springer Lecture Notes in Physics, vol. 999 Agnieszka Sorensen et al., "Dense nuclear matter equation of state from heavy-ion collisions", Prog. Part. Nucl. Phys. 134 (2024) 104080	
16.	Metody weryfikacji zakładanych efektów uczenia się: - rozwiązywanie zadań praktycznych z pomocą programów na githubie - przygotowanie prezentacji ustnej	
17.	Warunki i forma zaliczenia poszczególnych komponentów przedmiotu: - stałe monitorowanie obecności i postępów w zakresie zajęć - egzamin pisemny (indywidualny) - przygotowanie i realizacja projektu (grupowego)	
18.	Nakład pracy studenta	
	Forma realizacji zajęć przez studenta	Liczba godzin przeznaczona na zrealizowanie danego rodzaju zajęć
	zajęcia (wg planu studiów) z prowadzącym: - wykład:	30
	praca własna studenta: - ćwiczenie obliczeń numerycznych:	15
	- czytanie wskazanej literatury:	15
	- przygotowanie do sprawdzianów i egzaminu:	15
	Łączna liczba godzin	75
	Liczba punktów ECTS	3

COURSE SYLLABUS

1.	Course: Introduction to Dense Matter in Heavy-Ion Collisions and Astrophysics I	
2.	Scientific discipline: physical sciences	
3.	Teaching language: English	
4.	University department: Faculty of Physics and Astronomy	
5.	Course/module type – mandatory (compulsory) or elective (optional): elective	
6.	University subject (programme/major): physics	
7.	Study level (I or II): II	
8.	Year: 1 or 2	
9.	Semester (autumn/spring) spring	
10.	Form of tuition and number of hours: lectures – 30	
11.	Initial requirements (knowledge, skills, social competences) regarding the course/module: • Mechanics and Quantum Mechanics • Thermodynamics and Statistical Physics • English (prose and oral)	
12.	Learning objectives for the subject: 1. basic understanding and phenomenology of the degrees of freedom of strongly interacting matter from QCD as a gauge theory 2. developing skills of a theoretical description of matter under extreme condition with effective models for the equation of state and phase transitions 3. understanding the hydrodynamic description of heavy-ion collisions including instabilities due to phase transitions 4. developing an understanding how to detect the quark-gluon plasma in heavy-ion collisions	
13.	Course content: 1. Introduction to models of strongly interacting matter in extreme conditions. 2. Lattice QCD simulations of the quark-gluon plasma thermodynamics. 3. Kinematic variables and hydrodynamic description of heavy ion collisions. 4. Observables and signals of the transition to the quark-gluon plasma.	
14.	The expected learning outcomes are that the student knows: • the Walecka model of nuclear matter • the Nambu-Jona-Lasinio model of quark matter • the hydrodynamic equations of hadronic fluid evolution; possesses skills to:	Learning outcomes for the course: F2_W01 F2_W02 F2_W03 F2_W05 F2_U05

	- manipulate the path-integral representation of the partition function of real gases with the Hubbard-Stratonovich transformation - derive the relativistic mean field equations for the hadron resonance gas and the quark-gluon plasma is able to: - construct quark-hadron phase transitions - obtain analytic and numerical solutions of the expanding hadronic fireball - construct and interpret a QCD model phase diagram	F2_U10 F2_K01 F2_K03 F2_K06																
15.	Obligatory literature: Yagi, Hatsuda, Miyake, "Quark-Gluon Plasma, Cambridge", Univ. Press (2005) Wojciech Florkowski, "Heavy-Ion Collisions", (2011) Recommended literature: "Understanding the Origin of Matter. QCD point of view", Springer Lecture Notes in Physics, vol. 999 Agnieszka Sorensen et al., "Dense nuclear matter equation of state from heavy-ion collisions", Prog. Part. Nucl. Phys. 134 (2024) 104080																	
16.	Methods for verifying the assumed learning outcomes: - exercises and solutions related to the hands-on programs on github - preparation of an oral presentation																	
17.	Conditions and form of passing individual components of the: - constant monitoring of attendance and progress in the scope of classes - written exam (individual) - preparation and implementation of a project (group)																	
18.	<table><tr><td colspan="2">Student's workload</td></tr><tr><td>The form of carrying out classes by the student</td><td>Number of hours allocated to carry out a given type of classes</td></tr><tr><td>classes (according to the study plan) with the instructor: - lecture:</td><td>30</td></tr><tr><td>student's own work: - practicing numerical calculations:</td><td>15</td></tr><tr><td>- reading the indicated literature:</td><td>15</td></tr><tr><td>- preparation for tests and exams:</td><td>15</td></tr><tr><td>Total number of hours</td><td>75</td></tr><tr><td>Number of ECTS</td><td>3</td></tr></table>		Student's workload		The form of carrying out classes by the student	Number of hours allocated to carry out a given type of classes	classes (according to the study plan) with the instructor: - lecture:	30	student's own work: - practicing numerical calculations:	15	- reading the indicated literature:	15	- preparation for tests and exams:	15	Total number of hours	75	Number of ECTS	3
Student's workload																		
The form of carrying out classes by the student	Number of hours allocated to carry out a given type of classes																	
classes (according to the study plan) with the instructor: - lecture:	30																	
student's own work: - practicing numerical calculations:	15																	
- reading the indicated literature:	15																	
- preparation for tests and exams:	15																	
Total number of hours	75																	
Number of ECTS	3																	