

SYLABUS PRZEDMIOTU

1.	Nazwa przedmiotu w języku polskim oraz języku angielskim Computational Gravity Grawitacja Obliczeniowa
2.	Dyscyplina naukowa nauki fizyczne
3.	Język wykładowy angielski
4.	Jednostka prowadząca przedmiot Wydział Fizyki i Astronomii
5.	Rodzaj przedmiotu (<i>obowiązkowy, do wyboru</i>) Astronomia 2 (obowiązkowy), Fizyka teoretyczna oraz Master's study of theoretical physics, Astrophysics
6.	Kierunek studiów Fizyka, Astronomia, Astrofizyka
7.	Poziom studiów II stopień
8.	Rok studiów 1 lub 2 magisterskich
9.	Semestr (<i>zimowy lub letni</i>) letni
10.	Forma zajęć i liczba godzin wykład – 15 godzin, laboratorium komputerowe – 15 godzin
11.	Wymagania wstępne w zakresie wiedzy, umiejętności i kompetencji społecznych dla przedmiotu Podstawowa znajomość Ogólnej Teorii Względności, mechaniki klasycznej i relatywistycznej oraz podstawy metod symbolicznych i numerycznych.
12.	Cele kształcenia dla przedmiotu Celem kursu jest zapewnienie studentom umiejętności stosowania narzędzi numerycznych i symbolicznych w analizie równań pola grawitacyjnego oraz praktyczne wykorzystanie języków programowania w badaniach nad Ogólną Teorią Względności.
13.	Treści programowe: 1. Klasyczna grawitacja – spadek swobodny, transfer Hohmanna, problem trzech ciał

	2. Elementy Szczególnej Teorii Względności (SR) i Ogólnej Teorii Względności (GR): metryka, interwał czasoprzestrzenny, symbole Christoffela, tensor Riemanna. 3. Elementy narzędzi obliczeniowych: Mathematica, Cadabra, Python oraz matematyczne struktury (tensory, równania różniczkowe). 4. Geodezyjne" trajektorie cząstek testowych w zakrzywionej czasoprzestrzeni, określone przez równania geodezyjne. 5. Równania Einsteina: fundamentalne równania OTW, które wiążą geometrię czasoprzestrzeni (tensor Einsteina) z rozkładem energii i pędu (tensor energii-pędu). 6. Rozwiązania: Schwarzschilda, Reissnera–Nordströma, Kerra. 7. Kosmologiczne rozwiązania równań Einsteina: wprowadzenie do równań Friedmanna i ich znaczenia w opisie ewolucji Wszechświata. 8. Konstrukcja zmodyfikowanych modeli grawitacji i implementacja zasady wariacyjnej do wyprowadzania równań pola.	
14.	Zakładane efekty uczenia się Po ukończeniu kursu student potrafi stosować narzędzia numeryczne do analizy równań pola grawitacyjnego oraz implementować modele teoretyczne w środowisku komputerowym. • Ma pogłębioną wiedzę w działach fizyki związanych z wybraną specjalnością; zna i rozumie specjalistyczne pojęcia, []zaawansowane koncepcje i złożone teorie fizyczne właściwe dla wybranej specjalności, niezbędne do zrozumienia skomplikowanych zagadnień oraz realizacji prostych projektów badawczych. • Ma ogólną wiedzę o najnowszych odkryciach i aktualnych trendach badawczych w fizyce; zna historyczny rozwój nauk fizycznych; rozumie znaczenie osiągnięć fizyki dla poznania świata, rozwoju nauki i postępu cywilizacyjnego. • Integruje wiedzę z nauk ścisłych do wyjaśniania i modelowania zjawisk fizycznych oraz rozwiązywania problemów właściwych dla wybranej specjalności; umie uzasadnić założenia i uproszczenia oraz zakres stosowalności przyjętych modeli; potrafi wykorzystać zaawansowane metody matematyczne i numeryczne do ich analizy. • Sprawnie wyszukuje i wykorzystuje informacje niezbędne do poznania nowego zagadnienia lub rozwiązania problemu, właściwie dobierając ich źródła; potrafi korzystać ze specjalistycznej literatury	Symbole odpowiednich kierunkowych efektów uczenia się F2_W01 F2_W05 F2_U01 F2_U05

	naukowej; dokonuje krytycznej analizy, właściwej selekcji i syntezy pozyskiwanych informacji. • Uznaje wiodącą rolę nauki we współczesnym świecie; dostrzega społeczno-gospodarcze znaczenie działalności badawczej; jest gotów do popularyzowania wiedzy i osiągnięć z zakresu nauk fizycznych. • Reprezentuje i promuje naukowe podejście do rozwiązywania problemów poznawczych i praktycznych; wykazuje postawę krytyczną wobec prezentowanych opinii, w szczególności poglądów pseudonaukowych.	F2_K02 F2_K03
15.	Literatura: - Spacetime and Geometry: An Introduction to General Relativity (Sean Carroll) - Gravity: An Introduction to Einstein's General Relativity (James Hartle)	
16.	Metody weryfikacji zakładanych efektów uczenia się: - praca na zajęciach - kolokwia	
17.	Warunki i forma zaliczenia poszczególnych komponentów przedmiotu: - ciągła kontrola postępów w zakresie tematyki zajęć podczas pracy na zajęciach (przy tablicy i przed komputerem), prezentacja rozwiązań postawionych problemów, dyskusja prezentowanych rozwiązań	
	Nakład pracy studenta wyrażony w godzinach zajęć oraz punktach ECTS	liczba godzin przeznaczona na zrealizowanie danego rodzaju zajęć
	zajęcia (wg planu studiów) z prowadzącym: – wykład: – laboratorium:	15 15
	praca własna studenta (w tym udział w pracach grupowych): – przygotowanie do zajęć: – czytanie wskazanej literatury: – przygotowanie do kolokwiów: – opracowanie wyników:	20 10 20 10
	Łączna liczba godzin zajęć	90
	Liczba punktów ECTS (<i>jeśli jest wymagana</i>)	3

COURSE SYLLABUS

18.	Course name in Polish and English:
-----	------------------------------------

	Grawitacja Obliczeniowa Computational Gravity
19.	Scientific discipline: physical sciences
20.	Teaching language: English
21.	University department: Department of Physics and Astronomy
22.	Course Type (Mandatory or Elective) Astronomy 2 (mandatory), Theoretical Physics, Master's study of Theoretical Physics, Astrophysics
23.	University subject (programme/major): Physics, Astronomy, Astrophysics
24.	Study level: II
25.	Year: 1 or 2
26.	Semester (autumn/spring) spring
27.	Form of classes and number of hours: lectures – 15h, exercises/lab – 15 h
28.	Initial requirements (knowledge, skills, social competences) regarding the course/module: Basic knowledge of General Relativity, classical and relativistic mechanics, as well as the fundamentals of symbolic and numerical methods.
29.	Course Objectives: The goal of the course is to equip students with the ability to apply numerical and symbolic tools in the analysis of gravitational field equations, as well as to provide practical experience in using programming languages for research in General Relativity.
30.	Course content: 1. Classical gravity – free fall, Hohmann transfer, 3-body problem 2. Elements of Special Relativity (SR) and General Relativity (GR) description: metric, spacetime interval, Christoffel symbols, Riemann tensor. 3. Elements of computational Tools: Mathematica, Cadabra, Python, and mathematical frameworks (tensors, differential equations).

	4. Geodesics: the paths of test particles in curved spacetime, determined by the geodesic equations. 5. Einstein's Equations: the fundamental equations of GR that relate the geometry of spacetime (Einstein tensor) to the distribution of energy and momentum (energy-momentum tensor). 6. Solutions: Schwarzschild, Reissner—Nordstrom, Kerr'a. 7. Cosmological Solutions of Einstein's Equations: an introduction to the Friedmann equations and its significance in describing the evolution of the universe. 8. Construction of modified gravity models and the implementation of the variational principle to derive field equations.	
31.	Learning outcomes: Upon completing the course, the student will be able to apply numerical tools to analyze gravitational field equations and implement theoretical models in a computational environment. • Has in-depth knowledge in the branches of physics related to the chosen specialization; knows and understands specialized concepts, advanced concepts and complex physical theories specific to the chosen specialization, necessary to understand complex issues and to carry out simple research projects. • Has a general knowledge of the latest discoveries and current research trends in physics; knows the historical development of the physical sciences; understands the importance of physics achievements for world knowledge, the development of science and the progress of civilization. • Integrates knowledge of sciences to explain and model physical phenomena and solve problems appropriate to his/her chosen specialization; is able to justify assumptions and simplifications and the scope of applicability of the adopted models; is able to use advanced mathematical and numerical methods to analyze them. • Can find and use information necessary to find out about a new issue or solve a problem, selecting appropriate sources; can use specialist scientific literature; makes a critical analysis, appropriate selection and synthesis of acquired information. • Recognizes the leading role of science in the modern world; recognizes the socio-economic importance of research activities; is prepared	Symbols F2_W01 F2_W05 F2_U01 F2_U05 F2_K02

	to popularize knowledge and achievements in the physical sciences. • Represents and promotes a scientific approach to solving cognitive and practical problems; demonstrates a critical attitude towards presented opinions, in particular pseudo-scientific views.	F2_K03
32.	Literature: - Spacetime and Geometry: An Introduction to General Relativity (Sean Carroll) - Gravity: An Introduction to Einstein's General Relativity (James Hartle)	
33.	Methods for verifying the assumed learning outcomes: - inspection work on classes - kolokwia	
34.	Conditions and form of passing individual components of the subject (leave the appropriate ones): - Continuous assessment of progress in the subject matter during classes (at the board and on the computer), presentation of problem solutions, discussion of presented solutions.	
18.	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:	15
	- conversation classes:	15
	Student's own work (including participation	
	- in group work): - - preparation for classes: - - reading the indicated literature: - - preparation for tests and exams:	20 10 20 10
	Total number of hours	90
	Number of ECTS	3