

SYLABUS PRZEDMIOTU

1.	Nazwa przedmiotu w języku polskim oraz języku angielskim Ogólna teoria względności i grawitacja General Relativity and Gravitation
2.	Dyscyplina naukowa nauki fizyczne
3.	Język wykładowy polski
4.	Jednostka prowadząca przedmiot Wydział Fizyki i Astronomii
5.	Rodzaj przedmiotu (<i>obowiązkowy, do wyboru</i>) obowiązkowy dla specjalności fizyka teoretyczna oraz Master's Study of Theoretical Physics
6.	Kierunek studiów Fizyka
7.	Poziom studiów II stopień
8.	Rok studiów I rok
9.	Semestr (<i>zimowy lub letni</i>) letni
10.	Forma zajęć i liczba godzin wykład – 30 godzin, konwersatorium – 30 godzin
11.	Wymagania wstępne w zakresie wiedzy, umiejętności i kompetencji społecznych dla przedmiotu Wiedza i kompetencje z zakresu analizy matematycznej i algebry na poziomie kursów Analiza matematyczna 1, 2, 3 oraz Algebra 1, 2. Wiedza i kompetencje z zakresu szczególnej teorii względności na poziomie kursu Elektrodynamika klasyczna
12.	Cele kształcenia dla przedmiotu Poznanie formalizmu matematycznego ogólnej teorii względności oraz jego interpretacji fizycznej. Nabycie umiejętności stosowania formalizmu do opisu układów fizycznych, poznanie metod doświadczalnych pozwalających na weryfikację teorii.

	Zrozumienie związku pomiędzy koncepcjami geometrycznymi (metryka, koneksja, krzywizna) wyrażonymi w języku tensorowym a obiektami fizycznymi – uniwersalność praw fizyki zapisanych w języku analizy tensorowej.	
13.	Treści programowe Szczególne teoria względności: czasoprzestrzeń Minkowskiego, transformacje Lorentza, obserwatorzy przyspieszający. Zasada równoważności Einsteina. Rachunek tensorowy. Rozmaitości, pola tensorowe. Geometria afiniczna i metryczna: koneksja, transport równoległy, metryka, geodezyjne, krzywizna. Tensor energii-pędu. Równania Einsteina. Granica newtonowska. Testy ogólnej teorii względności. Geometria Schwarzschilda, czarne dziury, równowaga hydrostatyczna gwiazd. Kosmologia: równania Friedmanna, przyspieszająca ekspansja, ciemna energia, ciemna materia. Fale grawitacyjne.	
14.	Zakładane efekty uczenia się Student: – ma pogłębioną wiedzę w dziedzinie oddziaływań grawitacyjnych; – rozumie konieczność posiadania odpowiednich narzędzi matematycznych dla prawidłowego modelowania układów fizycznych w zakresie fizyki oddziaływań grawitacyjnych; – posiada wiedzę o najnowszych odkryciach i aktualnych trendach badawczych w fizyce oddziaływań grawitacyjnych; – potrafi uzasadnić założenia i uproszczenia oraz zakres stosowalności przyjętych modeli w ramach ogólnej teorii względności; – potrafi korzystać ze specjalistycznej literatury naukowej z obszaru oddziaływań grawitacyjnych; – potrafi krytycznie oceniać różne opinie prezentowane w dyskusjach naukowych dotyczących fizyki oddziaływań grawitacyjnych przez odwołanie się do zasad ogólnej teorii względności; – prezentuje rozwiązania zadań z zakresu ogólnej teorii względności; wyjaśnia przeprowadzony proces rozumowania; uczestniczy w dyskusji innych prezentowanych rozwiązań. – biegle posługuje się językiem angielskim, wykorzystując słownictwo charakterystyczne dla szczególnej i ogólnej teorii względności.	Symbole odpowiednich kierunkowych efektów uczenia się F2_W01, F2_W02, F2_W05 F2_U01, F2_U05, F2_U08 F2_U10, F2_U11 F2_K01, F2_K02, F2_K03

	– rozumie konieczność nieustannego poszerzania wiedzy i doskonalenia umiejętności w zakresie najnowszych teorii dotyczących oddziaływań grawitacyjnych; – jest przygotowany do popularyzowania wiedzy i osiągnięć fizyki współczesnej z zakresu oddziaływań grawitacyjnych opisanych przez ogólną teorię względności; – rozumie konieczność krytycznego podejścia wobec prezentowanych opinii na temat najnowszych teorii z zakresu fizyki oddziaływań grawitacyjnych oraz oceny ich poprawności na bazie nauki.	
15.	Literatura obowiązkowa: Notatki z wykładu Literatura zalecana: „Gravitation and Cosmology” , S. Weinberg „Gravitation”, K. Thorne, Ch. Misner, J. Wheeler „Introducing Einstein’s Relativity”, R. d’Inverno	
16.	Metody weryfikacji zakładanych efektów uczenia się: – samodzielne rozwiązywanie zadań oraz dyskusja proponowanych rozwiązań – prace pisemne – kolokwium końcowe – egzamin końcowy	
17.	Warunki i forma zaliczenia poszczególnych komponentów przedmiotu: – obecność na wykładzie – obecność na ćwiczeniach – zaliczone prace pisemne – egzamin końcowy	
18.	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:	30
	– konwersatorium:	30
	praca własna studenta (w tym udział w pracach grupowych):	
	– przygotowanie do zajęć:	30
	– czytanie wskazanej literatury:	40
	– przygotowanie do sprawdzianów i egzaminu	20
	Łączna liczba godzin zajęć	150
	Liczba punktów ECTS	6

COURSE SYLLABUS

1.	Course: General Relativity and Gravitation
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): mandatory for specialties: theoretical physics, Master's Study of Theoretical Physics
6.	University subject (programme/major): physics
7.	Study level (I or II): II
8.	Year: I
9.	Semester (autumn/spring) spring
10.	Form of tuition and number of hours: lectures – 30, classes - 30
11.	Initial requirements (knowledge, skills, social competences) regarding the course/module: Knowledge and competence in mathematical analysis and algebra at the level of the courses Mathematical Analysis 1, 2, 3 and Algebra 1, 2. Knowledge and competence in special theory of relativity at the level of the course Classical Electrodynamics.
12.	Learning objectives for the subject: Knowing the mathematical formalism of the theory of general relativity and its physical interpretation. Acquiring skills to apply the formalism in modelling of physical systems, discovering experimental methods to verify the theory of general relativity. Understanding the connection between geometrical concepts (metric, connection, curvature) expressed in terms of tensor calculus and physical quantities – universality of physical laws written in the language of tensor analysis
13.	Course content: Special Theory of Relativity: Minkowski spacetime, Lorentz transformations, accelerated observers. Einstein's Equivalence Principle. Tensor calculus. Manifolds and tensor fields. Affine and metric geometry: connection, parallel transport, metric, geodesics, curvature. Energy-momentum tensor. Einstein's equations. Newtonian limit. Tests of General Relativity. Schwarzschild's geometry, black holes, hydrostatic equilibrium of stars. Cosmology: Friedmann's equations. accelerated expansion, dark energy, dark matter. Gravitational

	waves.	
14.	Learning outcomes The student: – has in-depth knowledge in the domain of gravitational interactions; – understands the necessity of having relevant mathematical tools for proper modeling of physical systems in the physics of gravitational interactions; – has knowledge of recent discoveries and up-to-date research trends in the physics of gravitational interactions; – is able to justify the assumptions and simplifications and the scope of applicability of the adopted models within the framework of the general theory of relativity; – is able to use specialized scientific literature in the area of gravitational interactions; – is able to critically evaluate various opinions presented in scientific discussions on the physics of gravitational interactions by referring to the principles of the general theory of relativity; – presents solutions to tasks on the general theory of relativity; explains the reasoning process carried out; participates in the discussion of other presented solutions; – is fluent in English, using vocabulary specific to the special and general theory of relativity; – understands the necessity of constantly expanding knowledge and improving skills in the latest theories on gravitational interactions; – is prepared to popularize the knowledge and achievements of modern physics in the field of gravitational interactions described by the general theory of relativity; – understands the necessity of a critical approach to the presented opinions on the latest theories in the physics of gravitational interactions and to evaluate their correctness on the basis of science.	Learning outcomes for F2_W01 F2_W02 F2_W05 F2_U01 F2_U05 F2_U08 F2_U10 F2_U11 F2_K01 F2_K02 F2_K03
15.	Obligatory literature: Lecture notes. Recommended literature: „Gravitation and Cosmology” , S. Weinberg. „Gravitation”, K. Thorne, Ch. Misner, J. Wheeler. „Introducing Einstein’s Relativity”, R. d’Inverno.	
16.	Methods for verifying the assumed learning outcomes (leave the appropriate ones): – independent work in the classes and discussion of proposed solutions – written tests – final test – oral exam	

17.	Conditions and form of passing individual components of the subject (leave the appropriate ones): – attendance at the lectures – attendance in the classes – passing the written tests – passing the exam	
18.	Student's workload	
	The form of carrying out classes by the student (leave appropriate)	Number of hours allocated to carry out a given type of classes
	classes (according to the study plan) with the instructor:	
	- lecture:	30
	- conversation classes:	30
	student's own work (including participation in group work):	
	- preparation for classes:	30
	- reading the indicated literature:	40
	- preparation for tests and exams:	20
	Total number of hours	150
	Number of ECTS	6