

OPIS PRZEDMIOTU/MODUŁU KSZTAŁCENIA (SYLABUS)

1.	Nazwa przedmiotu/modułu w języku polskim Ogólna teoria względności i grawitacja
2.	Nazwa przedmiotu/modułu w języku angielskim General relativity and gravitation
3.	Jednostka prowadząca przedmiot Wydział Fizyki i Astronomii
4.	Kod przedmiotu/modułu 24-FZ-S2-E2-GRG
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>) Studia magisterskie
8.	Rok studiów (<i>jeśli obowiązuje</i>) 1
9.	Semestr (<i>zimowy lub letni</i>) letni
10.	Forma zajęć i liczba godzin Wykład – 30 godz., ćwiczenia – 30 godz.
11.	Imię, nazwisko, tytuł/stopień naukowy osoby prowadzącej zajęcia Andrzej Borowiec, prof. dr hab.
12.	Wymagania wstępne w zakresie wiedzy, umiejętności i kompetencji społecznych dla przedmiotu/modułu oraz zrealizowanych przedmiotów <ul style="list-style-type: none">– Zna podstawowy kurs analizy matematycznej i algebry.– Zna kurs matematycznych metod w fizyce.– Zna kurs elektrodynamiki z elementami szczególnej teorii względności.– Zna kurs klasycznej teorii pola.– Zna język angielski w stopniu co najmniej umożliwiającym czytanie literatury specjalistycznej.
13.	Cele przedmiotu Kształtowanie kompetencji w zakresie rozumienia teoretycznych i poznawczych aspektów ogólnej teorii względności Einsteina oraz jej eksperymentalnej weryfikacji: badanie możliwych rozszerzeń, porównania z teorią Newtona, zastosowania do opisu zarówno układu słonecznego jak i ewolucji całego Wszechświata. Zrozumienie związku pomiędzy koncepcjami

	geometrycznymi (metryka, koneksja, krzywizna) wyrażonymi w języku tensorowym a rozkładem energii-pędu materii w czasoprzestrzeni -- uniwersalność praw fizyki zapisanych w języku analizy tensorowej.	
14.	<p>Zakładane efekty kształcenia</p> <p>Zdaje sobie sprawę z konieczności posiadania odpowiednich narzędzi matematycznych dla prawidłowego modelowania i wyjaśnienia różnorodnych zjawisk fizycznych. Dostrzega przybliżony charakter tych modeli i umie określić zakres ich stosowalności.</p> <p>Rozumie współmienniczość praw fizyki oraz rachunku tensorowego jako narzędzia do jej wyrażania. Potrafi użyć poznany formalizm matematyczny do analizy prostych modeli fizycznych w zakresie teorii grawitacji.</p> <p>Rozumie równania Einsteina jako związek geometrii z materią oraz rolę równań geodezyjnych dla opisu trajektorii obiektów fizycznych.</p> <p>Zna szczególne rozwiązania równań Einsteina: metryka Minkowskiego, Schwarzschilda i Friedmanna oraz ich podstawowe zastosowania.</p> <p>Zna eksperymentalnie weryfikowalne efekty OTW jak również jej niedostatki.</p> <p>Zdaje sobie sprawę z newtonowskiego przybliżenia oraz skali w której ono może być stosowane.</p> <p>Jest świadom znaczenia teorii Einsteina do opisu układów planetarnych, procesów ewolucji gwiazd, galaktyk jak i całego Wszechświata.</p> <p>Potrafi uczyć się samodzielnie. Sprawnie wyszukuje i wykorzystuje informacje niezbędne do poznania nowego zagadnienia lub rozwiązania problemu.</p>	<p>Symbole kierunkowych efektów kształcenia</p> <p>K2_W04, K2_W09</p> <p>K2_U12</p> <p>K2_U01</p> <p>K2_U02</p> <p>K2_U07, K2_U08</p> <p>K2_U09</p>
15.	<p>Treści programowe</p> <ul style="list-style-type: none"> Powtórka ze Szczególnej Teorii Względności. Efekty STW: skrócenie Lorentza, dylatacja czasu, jednoczesność i przyczynowość, relatywistyczny efekt Dopplera, pęd i energia cząstki, reguła dyspersyjna Rachunek tensorowy, wielkości ko i kontra-wariantne, prawa transformacji, algebra i analiza tensorowa, niezależność od układu współrzędnych. Koneksja jako obiekt geometryczny przesunięcia równoległego wzdłuż krzywej. Tensorowe charakterystyki koneksji: krzywizna i torsja – tożsamości Bianchi. Płaskie koneksje. Koneksje metryczne (Levi-Civita). Równania geodezyjnych, parametryzacja afiniczna. Zasada równoważności. Równania Einsteina, skonstruktowana tożsamość Bianchi i prawa 	

	<p>zachowania. zachowania tensora energii-pędu. Tensor energii pędu cieczy idealnej: elementy hydrodynamiki relatywistycznej. Parametr stanu i związek z termodynamiką. Wariacyjne wyprowadzenie równań Einsteina, formalizm metryczny i Palatiniego.</p> <ul style="list-style-type: none"> Granica newtonowska jako linearyzacja równań Einsteina. Hipoteza fal grawitacyjnych. Rozwiązanie Schwarzschilda, twierdzenie Birkhoffa, geodezyjne w polu Schwarzschilda, poprawki relatywistyczne do równań Newtona, układy planetarne. Zagadnienie czarnych dziur i ewolucja gwiazd. Teoria Einsteina a kosmologia: zasada kosmologiczna i metryka FRWL, równanie Friedmanna, dokładne rozwiązania, materia relatywistyczna (promieniowanie) i nierelatywistyczna (pyłowa) jako źródła rozszerzania Wszechświata. Informacja o formowaniu struktur. Przyspieszające rozszerzanie, zagadnienia ciemnej energii i ciemnej materii. Problemy standardowego modelu kosmologicznego. 	
16.	<p>Zalecana literatura (<i>podręczniki</i>)</p> <ul style="list-style-type: none"> L.P. Hughston, K.P. Tod, <i>An introduction to general relativity</i> O. Groen, S. Hervik, <i>Einstein's general theory of relativity</i> 	
17.	<p>Forma zaliczenia poszczególnych komponentów przedmiotu/modułu, sposób sprawdzenia osiągnięcia zamierzonych efektów kształcenia: wykład: egzamin seminarium: laboratorium: konwersatorium: pisemne prace zaliczeniowe inne:</p>	
18.	<p>Język wykładowy angielski</p>	
19.	<p>Obciążenie pracą studenta</p>	
	Forma aktywności studenta	Średnia liczba godzin na zrealizowanie aktywności
	Godziny zajęć (wg planu studiów) z nauczycielem: - wykład: - ćwiczenia: - laboratorium: - inne:	30 30 - -
	Praca własna studenta np.: - przygotowanie do zajęć: - opracowanie wyników: - czytanie wskazanej literatury: - napisanie raportu z zajęć: - przygotowanie do egzaminu:	20 10 10 10 20
	Suma godzin	130
	Liczba punktów ECTS	5 ECTS

*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 General relativity and gravitation	
2.	University department Faculty of Physics and astronomy	
3.	Course/module code 24-FZ-S2-E2-GRG	
4.	Course/module type – mandatory (compulsory) or elective (optional) Optional	
5.	University subject (programme/major) physics	
6.	Degree: (<i>master, bachelor</i>) master	
7.	Year 1st	
8.	Semester (<i>autumn, spring</i>) spring	
9.	Form of tuition and number of hours 30 lecture + 30 exercises	
10.	Name, Surname, academic title Andrzej Borowiec, prof. dr hab.	
11.	Initial requirements (knowledge, skills, social competences) regarding the course/module and its completion Course of mathematical analysis and course of algebra. Course of classical electrodynamics and classical field theory	
12.	Objectives To understand general relativity as a theory describing the geometry of physical space time its Newtonian limit, experimental verifications and limitations as an effective physical theory. Particularly an application in cosmology in the context of Universe acceleration, dark matter and dark energy problems will be discussed.	
13.	Learning outcomes Shaping competence in the understanding of the theoretical and cognitive aspects of Einstein's general theory of relativity and its experimental verification: to study possible extensions comparison with Newton's theory, apply to the description of both the solar system and the evolution of the whole universe.	Outcome symbols, K2_W04, K2_W09, K2_U12, K2_U01, K2_U02 K2_U07, K2_U08 K2_U09

	<p>Understanding the relationship between the concepts of geometry (metric, connection, curvature) expressed in tensor and the distribution of energy-momentum of matter in space - universality of physical laws when written in terms tensors.</p> <p>Aware of the need to have the adequate tools for the correct mathematical modeling and explanation of various physical phenomena. Acknowledges the approximate nature of these models and is able to determine the limits of their applications.</p> <p>Understanding covariance of the physical laws and tensor calculus as a tool to express it. He can use a presented mathematical formalism to analyze simple physical models in the framework of gravity theory.</p> <p>Understanding Einstein's equations as a relation between geometry and matter source and the role of geodesic equations to describe the trajectory of physical objects.</p> <p>Knowing the specific solutions of Einstein's equations: flat Minkowski, Schwarzschild and Friedmann metrics, and their basic applications.</p> <p>Knowing experimental verification of GR as well as its shortcomings.</p> <p>Being aware of the Newtonian approximation and the scale in which it can be applied.</p> <p>Being aware of the importance of Einstein's theory for description of planetary systems, stars and galaxies evolution as well as the entire universe.</p> <p>An ability of self- learning. Gathering efficiently the information which is necessary for studying and solving new problems.</p>	
14.	<p>Content</p> <p>Reminding of special relativity and Lorentz transformations, relativistic effects</p> <p>Tensor quantities and their transformation law, parallel transport and connection</p> <p>Tensorial characteristics of connection: torsion and curvature. Metric connection, geodesic motion, equivalence principle.</p> <p>Einstein equations contracted Bianchi identity and energy-momentum conservation. Perfect fluids. Variational derivation.</p> <p>Linearization of Einstein equations, Newtonian limit and gravitational waves.</p> <p>Schwartzschild solution, planetary system black holes. Experimental verifications of general relativity.</p> <p>Relativistic cosmology, accelerated expansion, dark matter and dark energy problems.</p>	
15.	<p>Recommended literature</p> <ul style="list-style-type: none"> • L.P. Hughston, K.P. Tod, <i>An introduction to general relativity</i> • O. Groen ,S. Hervik, <i>Einstein's general theory of relativity</i> 	

16.	Ways of earning credits for the completion of a course /particular component, methods of assessing academic progress: lecture: exam class: written final works laboratory: seminar: other:	
17.	Language of instruction English	
18.	Student's workload	
	Activity	Average number of hours for the activity
	Hours of instruction (as stipulated in study programme) : - lecture: - classes: - laboratory: - other:	30 30
	student's own work, e.g.: - preparation before class (lecture, etc.) - research outcomes: - reading set literature: - writing course report: - preparing for exam:	20 10 10 10 20
	Hours	130
	Number of ECTS 5	

* 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