

KARTA KURSU (realizowanego w specjalności)

Fizyka materii

Studia II stopnia
2020/2021

Nazwa	Wprowadzenie do ogólnej teorii względności
Nazwa w j. ang.	<i>Introduction to the general relativity</i>

Koordynator	dr hab. Tomasz Dobrowolski Prof. UP	Zespół dydaktyczny
		dr Dawid Naęcz dr Kamila Komędera
Punktacja ECTS*	4	

Opis kursu (cele kształcenia)

Zapoznanie studentów z formalizmem Ogólnej teorii względności oraz wypracowanie sprawności rachunkowej przy opisie układów grawitacyjnych. Wskazanie problemów oraz nowych kierunków badań

Efekty uczenia się

	Efekt uczenia się dla kursu	Odniesienie do efektów dla specjalności (określonych w karcie programu studiów dla specjalności)
Wiedza	<p>W01 - Studentowi znane jest pojęcie przestrzeni Minkowskiego, stożka świetlnego. Wie jakie jest pochodzenie transformacji Lorentza oraz jaka jest ich relacja do transformacji Galileusza. Wie na czym polegają podstawowe efekty kinematyczne (względność równoczesności, kontrakcja długości, dylatacja czasu), potrafi wyjaśnić paradoksy STW (paradoks tyczki, paradoks bliźniąt).</p>	W01, W02, W04,
	<p>W02 - Wie czym jest różniczkowa. Zna pojęcia tensora, metryki, pochodnej absolutnej, pochodnej kowariantnej, przeniesienia równoległego, symboli Christoffela. Zna interpretację linii geodezyjnej, tensora krzywizny Riemanna. Zna pojęcia tensora Ricciego, skalarą krzywizny Ricciego, tensora Einsteina, tensora Weila. Potrafi wyjaśnić znaczenie równania dewiacji geodezyjnej.</p>	W01, W02, W04,
	<p>W03 - Wie na czym polegał eksperyment Eötvösa oraz sformułowanie zasady równoważności. Potrafi prowadzić opis zjawisk fizycznych w układach jednostajnie przyspieszających. Zna pojęcie przestrzeni Rindlera. Wie, że układ podtrzymywany względem Ziemi nie jest układem inercyjnym. Między innymi zna konsekwencje nieinercyjności układu laboratoryjnego dla postaci potencjałów elektrostatycznych.</p>	W01, W02, W04,
	<p>W04 - Zna zasadę wariacyjną, w przypadku działania Einsteina - Hilberta oraz postać równań Einsteina. Zna znaczenie członu kosmologicznego. Zna pojęcie tensora energii - pędu oraz jego wpływ na geometrię czasoprzestrzeni.</p>	W01, W02, W04,
	<p>W05 - Zna podstawowe rozwiązania równań Einsteina. Wie jak geometria Schwarzschilda wpływa na ruch cząstek próbnych i fotonów na zewnątrz horyzontu zdarzeń. Potrafi opisać precesję orbity Merkurego, soczewkowanie grawitacyjne. Wie czym jest osobliwość oraz czarna dziura. Wie, że opis geometrii czarnej dziury może być prowadzony w różnych współrzędnych np. Gullstranda – Painlevé, Eddingtona – Finkelsteina, Kruskala – Szekeresa.</p>	W01, W02, W04
	<p>Zna rozwiązanie Kerra - Newmana opisujące naładowaną i rotującą czarną dziurę. Zna rozwiązanie Friedmanna – Lemaitre – Robertsona – Walkera oraz wie jak może ewoluować Wszechświat jednorodny i izotropowy.</p> <p>W06 - Zna opis matematyczny promieniowania grawitacyjnego oraz eksperymenty potwierdzające jego istnienie.</p>	W01, W02, KW04,

	Efekt uczenia się dla kursu	Odniesienie do efektów dla specjalności (określonych w karcie programu studiów dla specjalności)
Umiejętności	U01 Potrafi stosować formalizm Ogólnej teorii względności do analizy rozmaitych układów grawitacyjnych.	U01, U02,
	U02 Potrafi krytycznie analizować wyniki obliczeń oraz wie z jakich przybliżeń można korzystać w danej sytuacji.	U01, U02, U03, U06
	U03 Zna podstawowe czasopisma naukowe, w których może znaleźć wyniki tych badań, które go interesują.	U01, U02,
	U04 Potrafi korzystać z literatury naukowej w tym także z anglojęzycznej.	U01, U02,
	U05 Śledzi na bieżąco, krytycznie i ze zrozumieniem, literaturę dotyczącą tych zagadnień naukowych, którymi się zajmuje	U01

	Efekt uczenia się dla kursu	Odniesienie do efektów dla specjalności (określonych w karcie programu studiów dla specjalności)
Kompetencje społeczne	K01 Zna ograniczenia własnej wiedzy i rozumie potrzebę dalszego kształcenia, potrafi samodzielnie wyszukiwać informacje w literaturze, także w językach obcych.	K01, K05
	K02 Potrafi precyzyjnie formułować pytania, służące pogłębieniu własnego zrozumienia danego tematu lub odnalezieniu brakujących elementów rozumowania.	K01, K02, K03, K04, K05
	K03 Potrafi pracować zespołowo; rozumie konieczność systematycznej pracy nad wszelkimi projektami, które mają długofalowy charakter.	K01
	K04 Rozumie i docenia znaczenie uczciwości intelektualnej w działaniach własnych i innych osób; postępuje etycznie	K01

Organizacja										
Forma zajęć	Wykład (W)	Ćwiczenia w grupach								
		A	K	L	S	P	E			
Liczba godzin	30	15								

Opis metod prowadzenia zajęć

Podczas wykładów preferowane są metody aktywizujące i motywujące: metody dyskusji, intuicyjne przedstawianie pojęć abstrakcyjnych; motywujące są wzmianki o zastosowaniach fizycznych poszczególnych pojęć. Podczas ćwiczeń preferowana jest dyskusja oraz samodzielne rozwiązywanie problemów związanych z tematyką wykładów.

Formy sprawdzania efektów uczenia się

	E – learning	Gry dydaktyczne	Ćwiczenia w szkole	Zajęcia terenowe	Praca laboratoryjna	Projekt indywidualny	Projekt grupowy	Udział w dyskusji	Referat	Praca pisemna (esej)	Egzamin ustny	Egzamin pisemny	Inne
W01									X			X	
W02									X			X	
W03									X			X	
W04									X			X	
W05									X			X	
W06									X			X	
U01									X		X	X	
U02									X		X	X	
U03									X		X	X	
U04									X		X	X	
U05									X		X	X	
K01									X			X	
K02									X			X	
K03									X			X	
K04									X			X	

Kryteria oceny	<p>BARDZO DOBRY Student posiada wiedzę i umiejętności wymienione w punktach W01-W06, U01-U05 oraz kompetencje K01-K04 i wykazuje samodzielność, operatywność i twórcze podejście w ich stosowaniu w procesie edukacyjnym.</p> <p>DOBRY Student posiada wiedzę i umiejętności wymienione w punktach W01 – W06, U01 – U05 oraz kompetencje K01 – K04. Wykorzystuje je w procesie edukacyjnym według wskazówek nauczyciela akademickiego.</p> <p>DOSTATECZNY Student posiada wiedzę i umiejętności wymienione w punktach W01 – W06, U01 – U05 oraz kompetencje K01 – K04. Stosuje je w procesie edukacyjnym według szczegółowych instrukcji nauczyciela akademickiego.</p> <p>NIEDOSTATECZNY Student nie opanował wiedzy wymienionej w punktach W01 – W06 ani nie osiągnął większości wspomnianych umiejętności i kompetencji.</p>
----------------	---

Uwagi	
-------	--

Treści merytoryczne (wykaz tematów)

Treści merytoryczne (wykaz tematów)

1. Przypomnienie – Szczególna teoria względności.

Zasada względności Einsteina. Czasoprzestrzeń Minkowskiego, Stożek świetlny zdarzenia, struktura kauzalna czasoprzestrzeni, transformacje Lorentza i ich granica nierelatywistyczna, podstawowe efekty kinematyczne (względność równoczesności, kontrakcja długości, dylatacja czasu), paradoksy STW (paradoks tyczki, paradoks bliźniąt).

2. Elementy geometrii różniczkowej

Pojęcie różniczkowej, prawa transformacyjne składowych wektora oraz tensora przy zmianie współrzędnych, metryka, pochodna absolutna oraz pochodna kowariantna, przeniesienie równoległe, symbole Christoffela, równanie linii geodezyjnej, tensor krzywizny Riemanna, tensor Ricciego, skalar krzywizny Ricciego, tensor Einsteina, tensor Weila, równanie dewiacji geodezyjnej, torzsamości Bianchi.

3. Eksperyment Eötvösa, a zasada równoważności.

4. Przestrzeń Rindlera.

5. Zasada wariacyjna, działanie Einsteina - Hilberta. Człon kosmologiczny i jego znaczenie. Równania Einsteina.

6. Tensor energii - pędu materii.

Tensor energii pędu pola elektromagnetycznego (metoda wariacji tensora metrycznego jako droga do symetrycznego tensora energii pędu), tensor energii - pędu płynu w równowadze, tensor energii-pędu materii pyłowej, zachowanie tensora energii - pędu.

7. Potencjały elektromagnetyczne w układzie laboratorium spoczywającym względem Ziemi (poprawki OTW). Teoria Einsteina w granicy słabych pól.

8. Rozwiązania równań Einsteina.

a) Rozwiązanie Schwarzschilda, ruch cząstek próbnych i fotonów na zewnątrz horyzontu zdarzeń, precesja orbity Merkurego, soczewkowanie grawitacyjne, osobliwość i metody jej "detekcji". Pojęcie czarnej dziury. Zastosowanie różnych współrzędnych do opisu geometrii czarnej dziury: Gullstranda – Painlevé, Eddingtona – Finkelsteina, Kruskala – Szekeres.

b) Rozwiązanie Kerra - Newmana, naładowana i rotująca czarna dziura.

c) Rozwiązanie Friedmanna – Lemaître – Robertsona – Walkera. Sposoby ewolucji jednorodnego i izotropowego Wszechświata.

9. Promieniowanie grawitacyjne

Wykaz literatury podstawowej

1) James Hartle: Grawitacja. Wprowadzenie do ogólnej teorii względności Einsteina. Warszawa: Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego, 2010.

2) W. Kopczyński i A. Trautman, Czasoprzestrzeń i grawitacja, PWN, Warszawa 1981.

Wykaz literatury uzupełniającej

1) Robert M. Wald, General Relativity. University of Chicago Press, 1984.

2) John A. Wheeler, Charles W. Misner, Kip S. Thorne, Gravitation, W.H. Freeman and Company 1973

Bilans godzinowy zgodny z CNPS (Całkowity Nakład Pracy Studenta)

Ilość godzin w kontakcie z prowadzącymi	Wykład	30
	Konwersatorium (ćwiczenia, laboratorium itd.)	15
	Pozostałe godziny kontaktu studenta z prowadzącym	10
Ilość godzin pracy studenta bez kontaktu z prowadzącymi	Lektura w ramach przygotowania do zajęć	15
	Przygotowanie krótkiej pracy pisemnej lub referatu po zapoznaniu się z niezbędną literaturą przedmiotu	15
	Przygotowanie projektu lub prezentacji na podany temat (praca w grupie)	
	Przygotowanie do egzaminu	15
Ogółem bilans czasu pracy		100
Ilość punktów ECTS w zależności od przyjętego przelicznika (1 ECTS = 25 h)		4