

Elementy szczególnej i ogólnej teorii względności - opis przedmiotu

Informacje ogólne	
Nazwa przedmiotu	Elementy szczególnej i ogólnej teorii względności
Kod przedmiotu	11.1-WK-MATT-EISzclOgTWzg-S17
Wydział	Wydział Matematyki, Informatyki i Ekonometrii
Kierunek	Matematyka
Profil	ogólnoakademicki
Rodzaj studiów	doktoranckie
Semestr rozpoczęcia	semestr zimowy 2018/2019

Informacje o przedmiocie	
Semestr	5
Liczba punktów ECTS do zdobycia	2
Typ przedmiotu	obowiązkowy
Język nauczania	polski
Sylabus opracował	dr hab. Maria Przybylska, prof. UZ

Formy zajęć					
Forma zajęć	Liczba godzin w semestrze (stacjonarne)	Liczba godzin w tygodniu (stacjonarne)	Liczba godzin w semestrze (niestacjonarne)	Liczba godzin w tygodniu (niestacjonarne)	Forma zaliczenia
Wykład	30	2	-	-	Egzamin

Cel przedmiotu

Celem wykładu jest przedstawienie podstaw szczególnej i ogólnej teorii względności ze szczególnym zwróceniem uwagi na wykorzystywany aparat matematyczny geometrii różniczkowej i rachunku tensorowego. Studenci zostaną zapoznani z założeniami fizycznymi obu teorii i ich konsekwencjami. Dodatkowy celem jest kształcenie u studentów umiejętności formułowania problemów fizycznych w języku matematyki i stosowania formalizmu matematycznego obu teorii do opisu wybranych zjawisk fizycznych i astronomicznych.

Wymagania wstępne

Znajomość podstawowych zagadnień z zakresu analizy matematycznej i algebry liniowej.

Zakres tematyczny

Wykład

1. Czasoprzestrzeń Arystotelesa: geometria, absolutny charakter czasu i odległości przestrzennej między zdarzeniami.
2. Czasoprzestrzeń Galileusza i Newtona: pojęcie układu inercjalnego, absolutny charakter czasu i względny charakter odległości przestrzennej między zdarzeniami, geometria czasoprzestrzeni. Przyczynowość w czasoprzestrzeniach Arystotelesa i Galileusza
3. Zasada względności Galileusza. Eksperyment Michelsona-Morleya. Postulaty Einsteina, zasada względności Einsteina
4. Transformacja Lorentza i jej konsekwencje: składanie prędkości, stałość prędkości światła w różnych układach inercjalnych, dylatacja czasu, względność równoczesności, skrócenie odległości. Paradoxs bliźniąt i paradoxs parkowania. Grupa Lorentza i Poincaré
5. Czasoprzestrzeń Minkowskiego: zdarzenia, metryka Minkowskiego, element liniowy w metryce Minkowskiego = interwał czasoprzestrzenny, stożki świetlne; diagramy Minkowskiego: kalibracja osi, geometryczna interpretacja dylatacji czasu i skrócenia odległości; linie świata cząstek, parametryzacje linii świata, czas własny.
6. Elementy mechaniki relatywistycznej: czterowektory prędkości, przyspieszenia, pędu dla cząstek materialnych i fotonów, czterowektor energii i pędu, energia relatywistyczna i zasada zachowania energii relatywistycznej, defekt masy; zasady wariacyjne w mechanice klasycznej
7. Grawitacja newtonowska: potencjał grawitacyjny, masa grawitacyjna i inercjalna i ich równoważność
8. Zasady ogólnej teorii względności: równoważności, względności, minimalnego sprzężenia grawitacyjnego i korespondencji.
9. Opis zakrzywionej czasoprzestrzeni: współrzędne lokalne, metryka, lokalne układy inercjalne, stożki świetlne; długość, pole, objętość i objętość czterowymiarowa, hiperpowierzchnie w czterowymiarowej czasoprzestrzeni, pola wektorowe i tensorowe w zakrzywionej czasoprzestrzeni, Relacje między czasoprzestrzeniami specjalnej i ogólnej teorii względności
10. Krzywizna i linie geodezyjne, tensor krzywizny i tensor Ricciego, linie geodezyjne, wyznaczanie symboli Christoffela z równań linii geodezyjnych, współrzędne normalne Riemanna i układy swobodnie spadające
11. Eksperyment myślowy z nielokalną windą, wektor dewiacji geodezyjnej, równania Einsteina w pustej czasoprzestrzeni, newtonowska granica równań geodezyjnych: związek potencjału grawitacyjnego z elementem metryki
12. Tensor energii-pędu: definicja i przykłady, prawo zachowania energii i pędu
13. Równania Einsteina: wyprowadzenie, własności, stała kosmologiczna i jej współczesna interpretacja
14. Rozwiązanie Schwarzschilda równań Einsteina: założenia dotyczące symetrii czasoprzestrzeni, wyprowadzenie metryki, jej własności, osobliwości metryki Schwarzschilda
15. Linie geodezyjne w metryce Schwarzschilda: ich postać, całki pierwsze, równanie radialne i uogólnienie formuły Bineta
16. Zastosowanie równań linii geodezyjnych w metryce Schwarzschilda: precesja perihelium dla cząstek masowych i ugięcie światła, soczewkowanie grawitacyjne
17. Schwarzschildowska czarna dziura: zapadanie grawitacyjne ciał niebieskich, współrzędne Eddingtona- Finkelsteina, geometria horyzontu zdarzeń, współrzędne Kruskala-Szekeres, tunele czasoprzestrzenne.
18. Fale grawitacyjne.

Metody kształcenia

Tradycyjny wykład połączony z metodą seminarium naukowego.

Efekty uczenia się i metody weryfikacji osiągania efektów uczenia się

Opis efektu	Symbole efektów	Metody weryfikacji	Forma zajęć
zna różne techniki dowodzenia.	K_W02	- dyskusja - egzamin - ustny, opisowy, testowy i inne	Wykład
rozumie potrzebę systematycznego śledzenia bieżącej twórczości naukowej w celu poszerzania i pogłębiania wiedzy oraz rozwijanie etosu środowisk badawczych i twórczych.	K_K05	dyskusja	Wykład
rozumie i docenia znaczenie uczciwości intelektualnej w działaniach własnych i innych osób.	K_K03	dyskusja	Wykład
posiada umiejętności konstruowania rozumowań i analiz matematycznych: dowodzenia twierdzeń, jak i obalania hipotez poprzez konstrukcje i dobór kontrprzykładów w celu twórczej symbiozy dorobku naukowego w zakresie identyfikowania i rozwiązywania problemów badawczych.	K_U01	- dyskusja - egzamin - ustny, opisowy, testowy i inne	Wykład
potrafi określić priorytety służące realizacji niezależnych badań służących powiększaniu istniejącego dorobku naukowego i twórczego oraz służące do rozwiązywania problemów poznawczych i praktycznych.	K_K06	dyskusja	Wykład
posiada pogłębioną wiedzę z zakresu zaawansowanych działów matematyki stanowiącą światowy dorobek naukowy, opartą na monografiach i artykułach naukowych związanych z treścią wykładów, seminariów i tematyką przygotowywanej rozprawy doktorskiej.	K_W01	- dyskusja - egzamin - ustny, opisowy, testowy i inne	Wykład
swobodnie posługuje się językiem matematyki; potrafi w sposób merytoryczny przedstawić zagadnienia obejmujące treść wykładów, seminariów doktoranckich oraz przygotowywanej rozprawy doktorskiej.	K_U02	- dyskusja - egzamin - ustny, opisowy, testowy i inne	Wykład
ma poszerzone umiejętności językowe (z języka angielskiego) w zakresie matematyki zgodne z wymaganiami określonymi dla poziomu B2+ Europejskiego Systemu Kształcenia Językowego Rady Europy.	K_U04	dyskusja	Wykład
potrafi samodzielnie znajdować niezbędne informacje w literaturze fachowej i czasopismach naukowych oraz planować własny rozwój.	K_U05	- dyskusja - egzamin - ustny, opisowy, testowy i inne	Wykład
rozumie potrzebę dalszego kształcenia i podejmowania wyzwań w sferze zawodowej.	K_K01	dyskusja	Wykład
potrafi formułować opinie na temat podstawowych zagadnień matematycznych.	K_K04	- dyskusja - egzamin - ustny, opisowy, testowy i inne	Wykład
zna powiązania zagadnień dziedziny, w której się specjalizuje z innymi działami matematyki teoretycznej i stosowanej, a także z innymi dziedzinami wiedzy i wynikającymi z nich implikacjami dla praktyki.	K_W03	- dyskusja - egzamin - ustny, opisowy, testowy i inne	Wykład
potrafi pracować zespołowo, inicjując działania na rzecz interesu publicznego oraz rozumie konieczność systematycznej pracy.	K_K02	dyskusja	Wykład
zna aktualne kierunki rozwoju i najnowsze wyniki w zakresie matematyki.	K_W06	- dyskusja - egzamin - ustny, opisowy, testowy i inne	Wykład

Warunki zaliczenia

Egzamin z problemami o zróżnicowanym stopniu trudności, pozwalającymi na ocenę, czy student osiągnął efekty kształcenia w odpowiednim stopniu.

Literatura podstawowa

1. R. D’Inverno, *Introducing Einstein’s relativity*, Claredon Press, Oxford, 1998
2. M. P. Hobson, G. Efstathiou, A. N. Lasenby, *General relativity: an introduction for physicists*, Cambridge University Press, Cambridge, 2006.
3. J.B. Hartle, *Grawitacja, Wprowadzenie do ogólnej teorii względności Einsteina*, Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa, 2010.
4. R. K. Sachs, H. Wu, *General relativity for mathematicians*, Springer-Verlag, New York, 1977.

5. Y. Choquet-Bruhat, *Introduction to general relativity, black holes & cosmology*, Oxford University Press. Oxford, 2015

6. W.A. Ugarow, *Szczególna teoria względności*, PWN, Warszawa, 1985

7. slajdy do poszczególnych wykładów udostępniane przez wykładowcę.

Literatura uzupełniająca

Uwagi

Zmodyfikowane przez dr Alina Szelecka (ostatnia modyfikacja: 14-07-2018 07:50)

Wygenerowano automatycznie z systemu SylabUZ