

## KARTA KURSU

Nazwa	<i>Szczególna Teoria Względności</i>
Nazwa w j. ang.	<i>Special Theory of Relativity</i>

Koordynator	dr hab. Tomasz Dobrowolski	Zespół dydaktyczny
		dr Jacek Gruszcak
Punktacja ECTS*	2	

## Opis kursu (cele kształcenia)

Przedstawienie w ujęciu historycznym najważniejszych pojęć z zakresu Szczególnej Teorii Względności. Zapoznanie studentów z podstawami formalizmu STW w ramach czasoprzestrzeni Minkowskiego oraz wypracowanie sprawności rachunkowej przy opisie układów relatywistycznych. Przedmiot prowadzony w języku polskim.

## Warunki wstępne

Wiedza	Znajomość algebry, analizy matematycznej.
Umiejętności	Umiejętność różniczkowania, całkowania, rozwiązywania równań różniczkowych zwyczajnych, transformowania tensorów.
Kursy	Algebra, Analiza matematyczna.

## Efekty kształcenia

Wiedza	Efekt kształcenia dla kursu	Odniesienie do efektów dla studiów
	W_01 Student wie, że równanie falowe oraz równania Maxwella nie są współzmiennicze względem transformacji Galileusza. Wie również, że równania te są niezmiennicze względem grupy transformacji konforemnych, których podgrupę stanowią transformacje Lorentza. Wie, że założenie o niezależności prędkości światła od układu odniesienia pozwala zidentyfikować transformacje Lorentza	K_W01, K_W02, K_W03, K_W04

	<p>jako prawdziwe transformacje pomiędzy dwoma układami inercjalnymi.</p> <p>W_02 Zna pojęcie przestrzeni Minkowskiego oraz wie, że pozwala ona na opis zdarzeń w ramach STW. Zna analogię pomiędzy interwałem czasoprzestrzennym, a odległością w przestrzeni euklidesowej oraz pomiędzy transformacjami Lorentza, a obrotami. Wie, co to jest stożek światła oraz, że określa on przyczynowość relatywistyczną. Zna pojęcia absolutnej przyszłości oraz absolutnej przeszłości zdarzenia. Zna podział cztero-wektorów na przestrzenne, czasowe oraz zerowe.</p> <p>W_03 Wie, że zdarzenia równoczesne w jednym układzie nie muszą być równoczesne w innym układzie inercjalnym. Zna podstawowe efekty oraz paradoksy relatywistyczne.</p> <p>W_04 Zna zasady zachowania obecne w fizyce relatywistycznej. Zna pojęcie czasu własnego. Zna twierdzenie Noether oraz jego konsekwencje. Jest świadom równoważności masy i energii.</p> <p>W_05 Zna pojęcia cztero-prędkości, cztero-pędu oraz cztero-przyspieszenia. Zna relatywistyczne uogólnienie drugiej zasady dynamiki. Zna pojęcie chwilowego układu spoczynkowego. Wie jak opisać ruch o stałym przyspieszeniu.</p> <p>W_06 Wie jak opisać relatywistyczne zderzenia oraz rozpady cząstek. Wie na czym polega efekt Dopplera oraz dlaczego w fizyce relatywistycznej występuje on w postaci podłużnej i poprzecznej.</p> <p>W_07 Zna własności transformacji Lorentza. Wie, że transformacje Lorentza dzielą się na transformacje właściwe oraz niewłaściwe, ortochroniczne oraz antyortochroniczne. Zna związek pomiędzy grupą Lorentza oraz grupą <math>SL(2, \mathbb{C})</math>. Wie co to są spinory.</p>	<p>K_W01, K_W02, K_W03, K_W04</p> <p>K_W01, K_W02, K_W03, K_W04</p> <p>K_W01, K_W02, K_W03, K_W04</p> <p>K_W01, K_W02, K_W03, K_W04</p> <p>K_W01, K_W02, K_W03, K_W04</p> <p>K_W01, K_W02, K_W03, K_W04</p>
--	---	---

	Efekt kształcenia dla kursu	Odniesienie do efektów kierunkowych
Umiejętności	U_01 Biegle transformuje współrzędne zdarzeń z jednego do drugiego układu inercjalnego. Przeprowadza transformacje składowych prędkości. Przelicza składowe wektorów oraz tensorów z jednego do drugiego układu inercjalnego.	K_U01, K_U02, K_U06, K_U08, K_U09
	U_02 Potrafi analizować relatywistyczne zderzenia oraz rozpady cząstek wykorzystując relatywistyczne prawa zachowania. Analizuje ruch cząstek bezmasowych. Wykorzystuje związek pomiędzy energią i pędem.	K_U01, K_U02, K_U06, K_U07, K_U08, K_U09
	U_03 Posiada umiejętność analizy ruchów relatywistycznych pod wpływem działających sił.	K_U06, K_U07, K_U08, K_U09
	U_04 Potrafi identyfikować elementy grupy $SL(2,C)$ z elementami grupy Lorentza.	K_U06, K_U07, K_U08, K_U09

	Efekt kształcenia dla kursu	Odniesienie do efektów kierunkowych
Kompetencje społeczne	K_01 - Zna ograniczenia własnej wiedzy i rozumie potrzebę dalszego kształcenia, potrafi samodzielnie wyszukiwać informacje w literaturze, także w językach obcych.	K_K01,
	K_02 - Potrafi precyzyjnie formułować pytania, służące pogłębieniu własnego zrozumienia danego tematu lub odnalezieniu brakujących elementów rozumowania.	K_K01,
	K_03 - Potrafi pracować zespołowo; rozumie konieczność systematycznej pracy nad wszelkimi projektami, które mają długofalowy charakter.	K_K03,
	K_04 - Rozumie i docenia znaczenie sumienności i uczciwości intelektualnej w działaniach własnych i innych osób; postępuje etycznie.	K_K05,

Forma zajęć	Organizacja						
	Wykład (W)	zajęcia w grupach					
		A	K	L	S	P	Z
Liczba godzin	10	5					

### Opis metod prowadzenia zajęć

Podczas wykładów preferowane są metody aktywizujące i motywujące: metody dyskusji, intuicyjne przedstawianie pojęć abstrakcyjnych oraz historyczne sytuacje problemowe, które doprowadziły do wyłonienia się danej koncepcji; motywujące są wzmianki o zastosowaniach poszczególnych pojęć. Podczas ćwiczeń preferowana jest dyskusja oraz samodzielne rozwiązywanie problemów związanych z tematyką wykładów.

### Formy sprawdzania efektów kształcenia

	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
W_01	x							x					
W_02	x							x					
W_03	x							x					
W_04	x							x					
W_05	x							x					
W_06	x							x					
W_07	x							x					
U_01								x		x			
U_02								x		x			
U_03								x		x			
U_04								x		x			
K_01								x					

K_02								X					
K_03								X					
K_04								X					

Kryteria oceny	Zaliczenie jest średnią ocen odpowiedzi ustnych oraz kolokwów.
----------------	--

Uwagi	<p><b>BARDZO DOBRY</b>  Student posiada wiedzę i umiejętności wymienione w punktach W_01 – W_07, U_01 – U_06 oraz kompetencje K_01 – K_04 i wykazuje samodzielność, operatywność i twórcze podejście w ich stosowaniu w procesie edukacyjnym.</p> <p><b>DOBRY</b>  Student posiada wiedzę i umiejętności wymienione w punktach W_01 – W_07, U_01 – U_06 oraz kompetencje K_01 – K_04. Wykorzystuje je w procesie edukacyjnym według wskazówek nauczyciela akademickiego.</p> <p><b>DOSTATECZNY</b>  Student posiada wiedzę i umiejętności wymienione w punktach W_01 – W_07, U_01 – U_06 oraz kompetencje K_01 – K_04. Stosuje je w procesie edukacyjnym według szczegółowych instrukcji nauczyciela akademickiego.</p> <p><b>NIEDOSTATECZNY</b>  Student nie opanował wiedzy wymienionej w punktach W_01 – W_07 ani nie osiągnął większości wspomnianych umiejętności i kompetencji.</p>
-------	---

Treści merytoryczne (wykaz tematów)

### 1) Doświadczalne oraz teoretyczne podstawy STW

- Równanie falowe a transformacje Lorentza oraz Galileusza,
- Pomiary prędkości światła,
- Doświadczenie Michelsona – Morleya
- Kinematyczna interpretacja transformacji Lorentza
- Diagramy czasoprzestrzenne

### 2) Geometria przestrzeni Minkowskiego

- Pojęcie interwału czasoprzestrzennego
- Geometria czasoprzestrzeni Minkowskiego
- Stożek światła a przyczynowość relatywistyczna

### 3) Paradoksy i efekty relatywistyczne

- Względność równoczesności

- b) Dylatacja czasu
  - c) Skrócenie długości
  - d) Relatywistyczny efekt Dopplera
  - e) Problem istnienia Tachionów
  - f) Problem istnienia ciał nieskończenie sztywnych
  - g) Paradoks tyczki wersja kinematyczna oraz dynamiczna
  - h) Paradoks bliźniąt
  - i) Masa spoczynkowa oraz relatywistyczna
  - j) Relatywistyczne dodawanie prędkości
- 4) Zasady zachowania w fizyce relatywistycznej
- a) Czas własny,
  - b) Opis Lagrange'a swobodnej cząstki relatywistycznej
  - c) Twierdzenie Noether oraz całki pierwsze wynikające z symetrii czasoprzestrzennych (cztero-pęd, kręt oraz całka ruchu środka masy)
  - d) Równoważność masy i energii
- 5) Dynamika relatywistyczna
- a) cztero-prędkość, cztero-pęd oraz cztero-przyspieszenie
  - b) Relatywistyczne uogólnienie drugiej zasady dynamiki
  - c) Ruch relatywistyczny pod wpływem stałej siły
- 6) Aplikacje STW
- a) Relatywistyczne zderzenia oraz rozpady cząstek
  - b) Cząstki bezmasowe
- 7) Własności transformacji Lorentza
- a) Podział transformacji Lorentza na transformacje właściwe oraz niewłaściwe, ortochroniczne oraz antyortochroniczne.
  - b) Spinory, grupa Lorentza oraz grupa  $SL(2; \mathbb{C})$

Wykaz literatury podstawowej

Katz R., „Wstęp do szczególnej teorii względności”  
 Ugarow W.A. „Szczególna teoria względności.”  
 Feynman R.P., Leighton R.B., Sands M. „Feynmana wykłady z fizyki. Mechanika, szczególna teoria względności.”  
 Landau L.D., Lifszyc J.M. „Mechanika”

Wykaz literatury uzupełniającej

Einstein A. „O szczególnej i ogólnej teorii względności”  
 Ingarden R. S., Jamiołkowski A. „Mechanika klasyczna”

Bilans godzinowy zgodny z CNPS (Całkowity Nakład Pracy Studenta)

liczba godzin w kontakcie z prowadzącymi	Wykład	10
	Konwersatorium (ćwiczenia, laboratorium itd.)	5
	Pozostałe godziny kontaktu studenta z prowadzącym (konsultacje)	10
liczba 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	5
	Przygotowanie projektu lub prezentacji na podany temat (praca w grupie)	5
	Przygotowanie do egzaminu/zaliczenia	
Ogółem bilans czasu pracy		50
Liczba punktów ECTS w zależności od przyjętego przelicznika (1 ECTS = 25h)		2