

## KARTA KURSU

Nazwa	Mechanika teoretyczna
Nazwa w j. ang.	Theoretical Mechanics

Kod		Punktacja ECTS*	4
-----	--	-----------------	---

Koordynator	dr hab. Jerzy Szczęsny, prof. UP	Zespół dydaktyczny dr hab. Jerzy Szczęsny, prof. UP dr Jacek Gruszcak
-------------	----------------------------------	---

### Opis kursu (cele kształcenia)

Zapoznanie studentów z najważniejszymi pojęciami i metodami mechaniki teoretycznej i wypracowanie umiejętności zastosowań praktycznych zdobytej wiedzy.

### Warunki wstępne

Wiedza	Do studiowania mechaniki teoretycznej konieczna jest biegła znajomość: analizy matematycznej, metod matematycznych fizyki, algebry liniowej a także elementów klasycznej geometrii różniczkowej. Znajomość twierdzenia o istnieniu i jednoznaczności rozwiązania układu równań różniczkowych zwyczajnych oraz o gładkiej zależności rozwiązania od warunków początkowych
Umiejętności	Wymagana jest: biegłość w rozwiązywaniu elementarnych równań różniczkowych zwyczajnych, umiejętność opisu geometrii hiperpowierzchni w $\mathbb{R}^n$ .
Kursy	Analiza matematyczna, algebra, matematyczne metody fizyki.

## Efekty kształcenia

	Efekt kształcenia dla kursu	Odniesienie do efektów kierunkowych
Wiedza	<b>W1-</b> Student zna prawa ruchu układu N ciał oddziałujących poruszających się w przestrzeni oraz umie dokładnie sformułować zasadę determinizmu mechaniki klasycznej.	K_W08
	<b>W2-</b> Student zna charakterystyki mechaniczne (środek masy, pęd, moment pędu, energia kinetyczna, energia potencjalna, energia całkowita) układu N ciał.	K_W08
	<b>W3-</b> Student zna odpowiednie prawa zachowania i warunkujące je symetrie.	K_W08
	<b>W4-</b> Student wie w jaki sposób opisywać więzy narzucone na układ N ciał oraz wie jakie siły więzy wywierają na ciała układu.	K_W08
	<b>W5-</b> Student wie: co to są współrzędne uogólnione, liczba stopni swobody oraz przestrzeń konfiguracyjna układu.	K_W08
	<b>W6-</b> Student zna zasadę d'Alemberta i potrafi z niej wyprowadzić równania Lagrange'a.	K_W08, K_W06
	<b>W7-</b> Student wie w jaki sposób wyznaczyć funkcję Lagrange'a dla konkretnego układu mechanicznego oraz wie co to są zmienne cykliczne i jakie są konsekwencje ich istnienia.	K_W08
	<b>W8-</b> Student wie, że równania Lagrange'a są niezmiennicze względem zmiany współrzędnych uogólnionych.	K_W08
	<b>W9-</b> Student zna pojęcie energii całkowitej układu mechanicznego oraz pojęcie obszaru dopuszczalnego dla ruchu.	K_W08
	<b>W10-</b> Student zna jakościową analizę ruchu cząstek układu zachowawczego z jednym stopniem swobody.	K_W08
	<b>W11-</b> Student zna; pojęcie działania oraz zasadę wariacyjną prowadzącą do równań Eulera – Lagrange'a.	K_W08
	<b>W12-</b> Student zna twierdzenie Emmy Noether o związku symetrii z prawami zachowania.	K_W08, K_W06
	<b>W13-</b> Student zna formalizm hamiltonowski oraz wie co to są nieosobliwe układy mechaniczne.	K_W08, K_W06
	<b>W14-</b> Student wie co to są nawiasy Poissona i jakie są ich własności.	K_W08
	<b>W15-</b> Student zna twierdzenia: Liouville'a oraz twierdzenie o punkcie powrotu Poincare'go.	K_W08
	<b>W16-</b> Student wie w jaki sposób sformułować odwracalność czasową równań mechaniki klasycznej w ramach formalizmu hamiltonowskiego.	K_W08
	<b>W17-</b> Student wie co to jest portret fazowy oraz potok fazowy układu hamiltonowskiego i potrafi szkicować portrety fazowe układów z jednym stopniem swobody.	K_W08
	<b>W18-</b> Student wie: co to są przekształcenia kanoniczne i odpowiednie funkcje tworzące.	K_W08
	<b>W19-</b> Student zna równanie Hamiltona - Jacobiego i potrafi je rozwiązać dla wybranych przypadków.	K_W08
	<b>W20-</b> Student zna: pojęcie stabilności ruchu, elementy chaosu deterministycznego oraz wie, że „prawie wszystkie” układy mechaniczne posiadające co najmniej dwa stopnie swobody są układami, w których może wystąpić zjawisko chaosu.	K_W08, K_W07

	Efekt kształcenia dla kursu	Odniesienie do efektów kierunkowych
Umiejętności	<b>U1-</b> Student potrafi sformułować i rozwiązać równania ruchu jednowymiarowego w polu siły potencjalnej. W przypadku gdy nie jest on w stanie jawnie rozwiązać równań ruchu potrafi jakościowo opisać zachowanie się jednowymiarowego układu mechanicznego.	K_U06, K_U14
	<b>U2-</b> Student umie sformułować prawa ruchu układu wielu ciał i przeanalizować je jakościowo.	K_U06
	<b>U3-</b> Student potrafi „rozwiązywać równania więzów” tzn. w odpowiedni sposób dobierać współrzędne uogólnione.	K_U06, K_U14
	<b>U4-</b> Student potrafi wyznaczyć dla szerokiej klasy układów mechanicznych odpowiadającą im funkcję Lagrange’a oraz wypisać równania Lagrange’a.	K_U06
	<b>U5-</b> Student umie znajdować zmienne cykliczne funkcji Lagrange’a a następnie w odpowiedni sposób redukować układ równań Lagrange’a; m.in. wie jakie jest znaczenie tzw. potencjału efektywnego.	K_U06
	<b>U6-</b> Student potrafi wyznaczyć funkcję Hamiltona dla dowolnego układu nieosobliwego, dla którego znana jest funkcja Lagrange’a.	K_U06
	<b>U7-</b> Student umie wyznaczyć rozwiązania równań Hamiltona dla najprostszych układów mechanicznych.	K_U06
	<b>U8-</b> Student potrafi sporządzić portret fazowy dla dowolnych układów hamiltonowskich z jednym stopniem swobody.	K_U06, K_U14
	<b>U9-</b> Student umie wyznaczać przekształcenia kanoniczne na podstawie znajomości odpowiednich funkcji tworzących.	K_U06
	<b>U10-</b> Student zna i potrafi rozwiązać równanie Hamiltona – Jacobiego dla prostych układów mechanicznych.	K_U06, K_U14
	<b>U11-</b> Student potrafi omówić zjawisko chaosu deterministycznego na przykładach prostych układów z „czasem dyskretnym” i z „czasem ciągłym”.	K_U06, K_U18

	Efekt kształcenia dla kursu	Odniesienie do efektów kierunkowych
Kompetencje społeczne	<b>K1-</b> Student zna ograniczenia własnej wiedzy i rozumie potrzebę dalszego kształcenia, potrafi samodzielnie wyszukiwać informacje w literaturze, także w językach obcych.	K_K01
	<b>K2-</b> Student potrafi precyzyjnie formułować pytania, służące pogłębieniu własnego zrozumienia danego tematu lub odnalezieniu brakujących elementów rozumowania.	K_K05
	<b>K3-</b> Student potrafi pracować zespołowo; rozumie konieczność systematycznej pracy nad wszelkimi projektami, które mają długofalowy charakter.	K_K06
	<b>K4-</b> Student rozumie i docenia znaczenie uczciwości intelektualnej w działaniach własnych i innych osób; postępuje etycznie.	K_K10

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

### Opis metod prowadzenia zajęć

Podczas wykładów i ćwiczeń preferowane są metody aktywizujące i motywujące: metody dyskusji, intuicyjne przedstawianie pojęć abstrakcyjnych oraz historyczne sytuacje problemowe, które doprowadziły do wyłonienia się danej koncepcji lub teorii; motywujące są wzmianki o zastosowaniach fizycznych poszczególnych pojęć.

Celem zajęć audytoryjnych jest zapoznanie się z konkretnymi przykładami pojęć abstrakcyjnych oraz doskonalenie biegłości rachunkowej.

### 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
W1						X					X		
W2						X					X		
W3						X		X			X		
W4						X					X		
W5						X		X			X		
W6						X					X		
W7						X					X		
W8						X					X		
W9						X		X			X		
W10						X		X			X		
W11						X		X			X		
W12						X					X		
W13						X					X		
W14						X					X		
W15						X		X			X		
W16						X					X		
W17						X					X		
W18						X					X		
W19						X					X		
W20						X		X			X		
U1						X					X		
U2						X		X			X		

U3						X		X			X		
U4						X					X		
U5						X					X		
U6						X					X		
U7						X					X		
U8						X		X			X		
U9						X					X		
U10						X					X		
U11						X		X			X		
K1								X					
K2								X					
K3								X					
K4								X					

#### Kryteria oceny

Ocena końcowa jest średnią ocen następujących ocen cząstkowych:

- oceny prac pisemnych zawierających rozwiązania prostych zadań,
- oceny odpowiedzi i aktywności intelektualnej na ćwiczeniach,
- odpowiedzi na egzaminie ustnym.

#### Uwagi

#### KRYTERIA OCENY

##### BARDZO DOBRY

Student posiada wiedzę i umiejętności wymienione w punktach W1 – W20, U1 – U11 oraz kompetencje K1 – K4 i wykazuje samodzielność, operatywność i twórcze podejście w ich stosowaniu w procesie edukacyjnym.

##### DOBRY

Student posiada wiedzę i umiejętności wymienione w punktach W1 – W20, U1 – U11 oraz kompetencje K1 – K4. Wykorzystuje je w procesie edukacyjnym według wskazówek nauczyciela akademickiego.

##### DOSTATECZNY

Student posiada wiedzę i umiejętności wymienione w punktach W1 – W20, U1 – U11 oraz kompetencje K1 – K4. Stosuje je w procesie edukacyjnym według szczegółowych instrukcji nauczyciela akademickiego.

##### NIEDOSTATECZNY

Student nie opanował wiedzy wymienionej w punktach W1 – W20 ani nie osiągnął większości wspomnianych umiejętności i kompetencji.

## Treści merytoryczne (wykaz tematów)

- 1 Prawa ruchu układu N ciał poruszających się w przestrzeni oraz zasada determinizmu mechaniki klasycznej.
- 2 Charakterystyki mechaniczne (środek masy, pęd, moment pędu, energia kinetyczna, energia potencjalna) układu N ciał.
- 3 Prawa zachowania i warunkujące je symetrie.
- 4 Sposób opisu więzów narzuconych na układ N ciał oraz siły jakie więzy wywierają na ciała układu.
- 5 Współrzędne uogólnione, liczba stopni swobody oraz przestrzeń konfiguracyjna układu.
- 6 Zasada d'Alemberta i wynikające z niej równania Lagrange'a.
- 7 Sposób wyznaczania funkcji Lagrange'a dla konkretnego układu mechanicznego oraz zmienne cykliczne i konsekwencje ich istnienia.
- 8 Niezmienniczość równań Lagrange'a względem zmiany współrzędnych uogólnionych.
- 9 Pojęcie energii całkowitej układu mechanicznego oraz pojęcie obszaru dopuszczalnego dla ruchu.
- 10 Jakościowa analiza ruchu cząstek układu zachowawczego z jednym stopniem swobody.
- 11 Pojęcie działania oraz zasada wariacyjna prowadząca do równań Eulera – Lagrange'a.
- 12 Twierdzenie Emmy Noether o związku symetrii z prawami zachowania.
- 13 Formalizm hamiltonowski oraz nieosobliwe układy mechaniczne.
- 14 Nawiasy Poissona i ich własności.
- 15 Twierdzenia: Liouville'a oraz twierdzenie o punkcie powrotu Poincaré'go.
- 16 Sformułowanie odwracalności czasowej równań mechaniki klasycznej w ramach formalizmu hamiltonowskiego.
- 17 Portret fazowy oraz potok fazowy układu hamiltonowskiego.
- 18 Przekształcenia kanoniczne i odpowiednie funkcje tworzące.
- 19 Równanie Hamiltona – Jacobiego i metody rozwiązywania tego równania.
- 19 Pojęcie stabilności ruchu, elementy chaosu deterministycznego oraz „powszechność” występowania chaosu deterministycznego w układach hamiltonowskich z liczbą stopni swobody nie mniejszą niż dwa.

## Wykaz literatury podstawowej

L.D. Landau, J.M. Lifszyc „Mechanika”,  
W. Rubinowicz, W. Królikowski „Mechanika teoretyczna”,  
R. S. Ingarden, A. Jamiołkowski „Mechanika klasyczna”,  
V.I. Arnold „Matematyczne metody mechaniki klasycznej”,  
K. Stefański „Wstęp do mechaniki klasycznej”

## Wykaz literatury uzupełniającej

W. Greiner „Classical Mechanics. Systems of Particles and Hamiltonian dynamics”,  
W. Greiner „Classical Mechanics. Point Particles and Relativity”,  
R. Douglas Gregory „Classical Mechanics”,  
T. Tél, M. Gruiz „Chaotic Dynamics. An Introduction Based on Classical Mechanics”

**Bilans godzinowy zgodny z CNPS (Całkowity Nakład Pracy Studenta)**

Ilość godzin w kontakcie z prowadzącymi	Wykład	30
	Konwersatorium (ćwiczenia, laboratorium itd.)	30
	Pozostałe godziny kontaktu studenta z prowadzącym	15
Ilość godzin pracy studenta bez kontaktu z prowadzącymi	Lektura w ramach przygotowania do zajęć	10
	Przygotowanie krótkiej pracy pisemnej lub referatu po zapoznaniu się z niezbędną literaturą przedmiotu	10
	Przygotowanie projektu lub prezentacji na podany temat (praca w grupie)	5
	Przygotowanie do egzaminu	20
Ogółem bilans czasu pracy		120
Ilość punktów ECTS w zależności od przyjętego przelicznika		4