

## KARTA KURSU STUDIA I STOPNIA

Nazwa	<i>Mechanika Teoretyczna</i>
Nazwa w j. ang.	<i>Theoretical Mechanics</i>

Koordynator	dr hab Tomasz Dobrowolski	Zespół dydaktyczny
		dr Dawid Nałęcz
Punktacja ECTS*	5	

### Opis kursu (cele kształcenia)

Przedstawienie w ujęciu historycznym najważniejszych pojęć z zakresu mechaniki klasycznej. Zapoznanie studentów z podstawami formalizmu mechaniki klasycznej oraz wypracowanie sprawności rachunkowej przy opisie układów mechanicznych.  
Przedmiot prowadzony w języku polskim.

### Warunki wstępne

Wiedza	Znajomość algebry, analizy matematycznej
Umiejętności	Umiejętność różniczkowania, całkowania, rozwiązywania równań różniczkowych zwyczajnych oraz cząstkowych
Kursy	Analiza matematyczna, Algebra, Matematyczne Metody Fizyki

Efekty uczenia się

Wiedza	Efekt uczenia się dla kursu	Odniesienie do efektów dla studiów
	<p>W_01 – Zna pojęcie przestrzeni afinicznej oraz przestrzeni Euklidesa. Wie, że podstawą struktury czasoprzestrzeni Galileusza jest założenie o absolutnym czasie. Zna pojęcie układu odniesienia oraz pojęcie punktu materialnego. Zna definicje oraz własności transformacyjne wielkości kinematycznych przy zmianie układu odniesienia. Rozumie, pojęcie układu inercjalnego oraz jego związek z pierwszą zasadą dynamiki Newtona. Rozumie pojęcie transformacji Galileusza oraz zdaje sobie sprawę, że transformacje te stanowią grupę. Wie jakie wielkości kinematyczne są niezmiennikami tych transformacji. Rozumie znaczenie masy bezwładnej oraz zna empiryczne podstawy drugiej zasady dynamiki Newtona. Rozumie, że analityczna postać sił ma swoje podstawy doświadczalne. Zna zasadę superpozycji sił. Potrafi zapisać równanie ruchu w układach nieinercjalnych. Zna pochodzenie sił pozornych. Zna trzecią zasadę dynamiki Newtona oraz jej ograniczenia. Zna pojęcie środka masy oraz masy zredukowanej.</p> <p>W_02 – Rozumie, że druga zasada dynamiki ma postać układu równań różniczkowych zwyczajnych oraz że rozwiązaniem powyższego układu jest układ funkcji opisujących trajektorię. Zna klasyczną zasadę przyczynowości. Zna pojęcie całki ruchu oraz rozumie znaczenie całek ruchu dla rozwiązania problemu ruchu. Zna pojęcie siły potencjalnej. Potrafi określić problemy, w których energia jest całką ruchu. Wie, że składowe krętu są całkami ruchu w potencjale o symetrii sferycznej. Rozumie związek zachowania krętu z drugim prawem Keplera. Wie że w potencjale siły ciężkości oraz siły elektrostatycznej oprócz całki energii oraz krętu zachowany jest wektor Rungego-Lenza. Rozumie znaczenie geometryczne tego wektora oraz wie że wraz z pozostałymi całkami ruchu pozwala wyznaczyć orbitę punktu materialnego poruszającego się w potencjale typu <math>1/r</math>. Potrafi sformułować pierwsze prawo Keplera. Rozumie że ruch w polu siły centralnej o potencjale różnym od newtonowskiego prowadzi do precesji orbity.</p> <p>W_03 – Rozumie braki drugiej zasady dynamiki w przypadku analizy układów poddanych więzom. Zna klasyfikację więzów ze względu na ich postać algebraiczną, całkowalność oraz zależność czasową. Zna pojęcie przesunięcia wirtualnego oraz potrafi określić czym się ono różni od przesunięcia rzeczywistego. Potrafi sformułować zasadę d’Alemberta. Rozumie pochodzenie sił reakcji. Potrafi sformułować zasadę prac wirtualnych. Jest świadom, że równania Eulera – Lagrange’a I rodzaju pozwalają na jednoznaczne postawienie problemu ruchu w obecności więzów.</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>W_04 - Zna pojęcie przestrzeni konfiguracyjnej. Rozumie że separacja zagadnienia sił reakcji od zagadnienia ruchu wymaga wprowadzenia współrzędnych uogólnionych. Rozumie pochodzenie równań Eulera - Lagrange'a II rodzaju. Zna i rozumie pojęcia pędu uogólnionego, sił uogólnionych, potencjału uogólnionego. Zna przykłady układów, dla których potencjał uogólniony nie istnieje. Zna pojęcie Lagrangianu układu mechanicznego. Rozumie czym jest podobieństwo mechaniczne oraz zna jego związek z trzecim prawem Keplera. Rozumie, że równania ruchu układu zadanego pewnym lagrangianem są konsekwencją zasady najmniejszego działania. Zna twierdzenie Noether oraz zna związek symetrii czasoprzestrzennych układu z istnieniem całek pierwszych.</p> <p>W_05 - Rozumie powszechność ruchów drgających. Wie na czym polega przybliżenie harmoniczne oraz jakie są jego plusy oraz minusy. Zna metody analizy małych drgań układów o wielu stopniach swobody. Rozumie, że istnienie modów zerowych wiąże się z symetriami jakie posiada układ.</p> <p>W_06 - Wie jakie jest znaczenie transformacji Legendre'a oraz jakie jest jej zastosowanie w mechanice. Zna pojęcie przestrzeni fazowej. Zna postać oraz pochodzenie równań Hamiltona. Wie czym są transformacje kanoniczne oraz zna ich zastosowania. Wie czym są nawiasy Poissona oraz zna twierdzenie Poissona o algebrze całek ruchu. Zna pojęcia zmiennych cyklicznych oraz układów całkownych. Zna twierdzenie Liouville'a. Rozumie twierdzenie Poincare o powrotach. Zna pochodzenie równania Hamiltona Jacobiego.</p> <p>W_07 - Zna pojęcia mapy i potoku. Wie czym jest atraktor, basen przyciągania atraktora, dziwny atraktor, wymiar objętościowy oraz zna przykłady fraktali oraz ich własności.</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 uczenia się dla kursu	Odniesienie do efektów kierunkowych
Umiejętności	<p>U_01 - Potrafi prowadzić opis układów mechanicznych w różnych inercjalnych oraz nieinercjalnych układach odniesienia .</p> <p>U_02 - Potrafi opisywać analitycznie problemy fizyczne z zakresu mechaniki klasycznej. Potrafi wyznaczać całki ruchu oraz rozwiązywać równania Newtona.</p> <p>U_03 - Potrafi prowadzić analityczny opis układów poddanych działaniu więzów. Potrafi wyznaczać siły reakcji obecne w układzie.</p> <p>U_04 - Potrafi używać równań Eulera - Lagrangea II rodzaju do opisu ruchu punktu materialnego po krzywych oraz powierzchniach.</p>	<p>K_U01, K_U02, K_U06, K_U08, K_U09</p> <p>K_U01, K_U02, K_U06, K_U07, K_U08, K_U09</p> <p>K_U06, K_U07, K_U08, K_U09</p> <p>K_U06, K_U07, K_U08, K_U09</p>

	<p>U_05 - Potrafi przybliżyć ruchy drgające drganiami harmonicznymi. Stosuje różne metody wyznaczania modów normalnych w układach sprzężonych oscylatorów harmonicznymi.</p> <p>U_06 - Na podstawie znajomości lagrangianu potrafi wyznaczyć hamiltonian układu. Zna metody wyznaczania rozwiązań równań Hamiltona.</p>	<p>K_U06, K_U07, K_U08, K_U09</p> <p>K_U06, K_U07, K_U08, K_U09</p>
--	---	---

	Efekt uczenia się 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,

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

## 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 samodzielnie rozwiązywanych 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	X			X		
W_02						X	X	X			X		
W_03						X	X	X			X		
W_04						X	X	X			X		
W_05						X	X	X			X		
W_06						X	X	X			X		
W_07						X	X	X			X		
U_01						X	X	X		X	X		
U_02						X	X	X		X	X		
U_03						X	X	X		X	X		
U_04						X	X	X		X	X		
U_05						X	X	X		X	X		
U_06						X	X	X		X	X		
K_01						X	X	X					
K_02						X	X	X					
K_03						X	X	X					
K_04						X	X	X					

Kryteria oceny	<p>Ocena końcowa jest oceną odpowiedzi na egzaminie ustnym.</p> <p>Warunkiem przystąpienia do egzaminu jest uzyskanie zaliczenia z ćwiczeń. Zaliczenie to jest średnią ocen odpowiedzi ustnych oraz kolokwium.</p>
----------------	--

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) Podstawy mechaniki klasycznej

- a) czasoprzestrzeń Galileusza
- b) wielkości kinematyczne i ich własności transformacyjne
- c) transformacje Galileusza
- d) zasada względności Galileusza, zasada superpozycji sił
- e) układy inercjalne, prawa Newtona,
- f) opis ruchu w układach nieinercjalnych, siły pozorne

### 2) Całki ruchu i ich aplikacje

- a) pojęcie całki ruchu
- b) całki ruchu w zagadnieniu Keplera
- c) prawa Keplera
- d) ruch w polu siły centralnej o potencjale różnym od newtonowskiego (precesja orbity)

### 3) Ruch w obecności więzów - Zasada d'Alemberta

- a) klasyfikacja więzów
- b) przesunięcie wirtualne
- c) siły reakcji
- d) zasada d'Alemberta
- e) zasada prac wirtualnych
- f) równania Eulera – Lagrange'a I rodzaju

#### 4) Separacja zagadnienia sił reakcji od zagadnienia ruchu

- a) przestrzeń konfiguracyjna,
- b) współrzędne uogólnione,
- c) transformacje punktowe,
- d) zasada najmniejszego działania,
- e) równania Eulera - Lagrange'a II rodzaju,
- f) współmienniczość równań ruchu względem transformacji punktowych,
- g) niejednoznaczność wyboru Lagrangianu układu mechanicznego ,
- h) podobieństwo mechaniczne, a prawa Keplera,
- i) równania ruchu w nieinercjalnych układach odniesienia,
- j) ruch swobodny jako ruch geodezyjny,
- k) postać równań ruchu w metryce Jacobiego,
- l) znaczenie całek ruchu,
- m) pojęcie symetrii,
- n) twierdzenie Noether.

#### 5) Małe drgania układu mas punktowych

#### 6) Opis ruchu w przestrzeni fazowej

- a) transformacja Legendre'a,
- b) przestrzeń fazowa,
- c) równania hamiltona,
- d) zasada wariacyjna na przestrzeni fazowej,
- e) transformacje kanoniczne, funkcja tworząca w różnych zestawach współrzędnych,
- f) ruch układu mechanicznego jako transformacja kanoniczna,
- g) twierdzenie Liouville'a,
- h) potok fazowy,
- i) hamiltonowskie pole wektorowe,
- j) niezmienniki całkowite transformacji kanonicznych,
- k) niezmiennik adiabatyczny, a warunki kwantowania Bohra-Sommerfelda,
- l) funkcja dynamiczna oraz jej ewolucja,
- m) nawiasy Poissona i ich własności,
- n) fundamentalne nawiasy Poissona,
- o) algebra nawiasów Poissona jako okno do świata kwantowego,
- p) tw. Poissona o algebrze całek ruchu,
- q) tw. Poincare – o powrotach,
- r) zmienne cykliczne,
- s) układy całkowalne,
- t) torusy niezmiennicze,
- u) trajektorie rezonansowe, problem znikających mianowników,
- v) tw. KAM,
- w) gruboziarnisty podział przestrzeni fazowej,
- x) hipoteza ergodyczna,
- y) paradoks Zelmiera.

#### 7. Równania Hamiltona Jacobiego:

- a) zasada wariacyjna z jednym końcem swobodnym,
- b) związek semiklasycznej funkcji falowej z równaniem H-J.

## 8. Układy dynamiczne:

- a) pojęcia mapy i potoku,
- b) atraktor, basen przyciągania atraktora,
- c) dziwny atraktor,
- d) wymiar objętościowy,
- e) przykłady fraktali i ich własności.

Wykaz literatury podstawowej

Landau L.D., Lifszyc J.M. „Mechanika”,  
Stefański K. „Wstęp do mechaniki klasycznej”,  
W. Królikowski W., W. Rubinowicz W. „Mechanika teoretyczna”

Wykaz literatury uzupełniającej

Ingarden R. S., Jamiołkowski A. „Mechanika klasyczna”

Bilans godzinowy zgodny z CNPS (Całkowity Nakład Pracy Studenta)

liczba godzin w kontakcie z prowadzącymi	Wykład	30
	Konwersatorium (ćwiczenia, laboratorium itd.)	30
	Pozostałe godziny kontaktu studenta z prowadzącym (konsultacje)	10
liczba godzin pracy studenta bez kontaktu z prowadzącymi	Lektura w ramach przygotowania do zajęć	20
	Przygotowanie krótkiej pracy pisemnej lub referatu po zapoznaniu się z niezbędną literaturą przedmiotu	20
	Przygotowanie projektu lub prezentacji na podany temat (praca w grupie)	10
	Przygotowanie do egzaminu/zaliczenia	30
Ogółem bilans czasu pracy		150
Liczba punktów ECTS w zależności od przyjętego przelicznika (1 ECTS = 30h)		5