

**AGH**AGH UNIVERSITY OF SCIENCE  
AND TECHNOLOGY

Nazwa modułu zajęć: Dynamika układów fizycznych

Rok akademicki: 2019/2020 Kod: RAIR-2-104-AM-n Punkty ECTS: 4

Wydział: Inżynierii Mechanicznej i Robotyki

Kierunek: Automatyka i Robotyka Specjalność: Automatyka i metrologia

Poziom studiów: Studia II stopnia Forma studiów: Niestacjonarne

Język wykładowy: Polski Profil: Ogólnoakademicki (A) Semestr: 1

Strona www: —

Prowadzący moduł: dr hab. inż, prof. AGH Snamina Jacek (snamina@agh.edu.pl)

**Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się dla modułu zajęć**

Moduł obejmuje podstawy dynamiki dla układów mechanicznych i elektromechanicznych w zakresie dynamiki analitycznej dynamiki układów o zmiennej masie i drgań układów dyskretnych i ciągłych.

**Opis efektów uczenia się dla modułu zajęć**

Kod MEU	Student, który zaliczył moduł zajęć zna i rozumie/potrafi/jest gotów do	Powiązania z KEU	Sposób weryfikacji i oceny efektów uczenia się osiągniętych przez studenta w ramach poszczególnych form zajęć i dla całego modułu zajęć
Wiedza: zna i rozumie			
M_W001	Student posiada wiedzę obejmującą podstawowe zasady mechaniki analitycznej w zakresie umożliwiającym ich wykorzystanie do opisu stanu obiektów mechanicznych i elektromechanicznych	AIR2A_W05, AIR2A_W04	Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych, Wykonanie projektu, Aktywność na zajęciach
M_W002	Student posiada wiedzę z zakresu drgań układów fizycznych o dyskretnym i ciągłym rozkładzie parametrów.	AIR2A_W05, AIR2A_W04	Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych, Wykonanie projektu, Aktywność na zajęciach
Umiejętności: potrafi			
M_U001	Student potrafi wykorzystać poznane zasady i metody mechaniki analitycznej do opisu obiektów mechanicznych i elektromechanicznych.	AIR2A_U05, AIR2A_U06	Wynik testu zaliczeniowego, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych, Wykonanie projektu, Aktywność na zajęciach

M_U002	Student potrafi zapisać i rozwiązać równania drgań prostych i złożonych układów o dyskretnym i ciągłym rozkładzie parametrów.	AIR2A_U05, AIR2A_U06	Wynik testu zaliczeniowego, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych, Wykonanie projektu, Aktywność na zajęciach
M_U003	Student potrafi samodzielnie uzupełniać i poszerzać swoją wiedzę przy wykorzystaniu dostępnej literatury.	AIR2A_U05, AIR2A_U06	Wykonanie projektu

### Liczba godzin zajęć w ramach poszczególnych form zajęć

Suma	Forma zajęć dydaktycznych										
	Wykład	Ćwiczenia audytoryjne	Ćwiczenia laboratoryjne	Ćwiczenia projektowe	Konwersatorium	Zajęcia seminaryjne	Zajęcia praktyczne	Zajęcia terenowe	Zajęcia warsztatowe	Prace kontrolne i przejściowe	Lektorat
30	14	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0

### Matryca kierunkowych efektów uczenia się w odniesieniu do form zajęć i sposobu zaliczenia, które pozwalają na ich uzyskanie

Kod MEU	Student, który zaliczył moduł zajęć zna i rozumie/potrafi/jest gotów do	Forma zajęć dydaktycznych										
		Wykład	Ćwiczenia audytoryjne	Ćwiczenia laboratoryjne	Ćwiczenia projektowe	Konwersatorium	Zajęcia seminaryjne	Zajęcia praktyczne	Zajęcia terenowe	Zajęcia warsztatowe	Prace kontrolne i przejściowe	Lektorat
Wiedza: zna i rozumie												
M_W001	Student posiada wiedzę obejmującą podstawowe zasady mechaniki analitycznej w zakresie umożliwiającym ich wykorzystanie do opisu stanu obiektów mechanicznych i elektromechanicznych	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
M_W002	Student posiada wiedzę z zakresu drgań układów fizycznych o dyskretnym i ciągłym rozkładzie parametrów.	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Umiejętności: potrafi												
M_U001	Student potrafi wykorzystać poznane zasady i metody mechaniki analitycznej do opisu obiektów mechanicznych i elektromechanicznych.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

M_U002	Student potrafi zapisać i rozwiązać równania drgań prostych i złożonych układów o dyskretnym i ciągłym rozkładzie parametrów.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_U003	Student potrafi samodzielnie uzupełniać i poszerzać swoją wiedzę przy wykorzystaniu dostępnej literatury.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

## Nakład pracy studenta (bilans punktów ECTS)

Forma aktywności studenta	Obciążenie studenta
Udział w zajęciach dydaktycznych/praktyka	30 godz
Przygotowanie do zajęć	35 godz
przygotowanie projektu, prezentacji, pracy pisemnej, sprawozdania	25 godz
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	15 godz
Dodatkowe godziny kontaktowe	5 godz
Sumaryczne obciążenie pracą studenta	110 godz
Punkty ECTS za moduł	4 ECTS

## Pozostałe informacje

### Szczegółowe treści kształcenia w ramach poszczególnych form zajęć (szczegółowy program wykładów i pozostałych zajęć)

#### Wykład

- Wprowadzenie. Więzy i ich podział, przemieszczenia wirtualne, przykłady najczęściej spotykanych więzów i ich opis matematyczny.
- Zasada d'Alemberta, zalety metody wyprowadzania równań różniczkowych wejścia-wyjścia obiektów przy zastosowaniu zasady d'Alemberta.
- Równania Lagrange'a pierwszego rodzaju. Interpretacja fizyczna mnożników Lagrange'a.
- Równania Lagrange'a drugiego rodzaju. Współrzędne cykliczne. Zastosowanie równań Lagrange'a do wyprowadzania równań różniczkowych wejścia-wyjścia obiektów mechanicznych i elektromechanicznych.
- Więzy nieholonomiczne. Opis obiektów z więzami nieholonomicznymi.
- Pęd uogólniony, równania Hamiltona, przestrzeń stanu. Zapis równań stanu obiektów mechanicznych i elektromechanicznych przy wykorzystaniu równań Hamiltona.
- Drgania własne. Położenie równowagi, małe drgania wokół położenia równowagi. Częstotliwości i formy drgań własnych układów liniowych.
- Diagonalizacja macierzy mas i sztywności, opis drgań we współrzędnych głównych. Analiza drgań układów z zerową częstością drgań własnych.
- Drgania wymuszone o wielu stopniach swobody. Zastosowanie metody liczb zespolonych do analizy drgań wymuszonych układów z tłumieniem wiskotycznym.

- Aktywne i pasywne metody redukcji drgań.
- Równania różniczkowe układów mechanicznych i elektrycznych o ciągłym rozkładzie parametrów. Ruch falowy – parametry fal biegnących, równanie dyspersyjne.

### **Ćwiczenia audytoryjne**

Sposoby wyprowadzania równań więzów. Zastosowanie zasady d'Alemberta do zapisu równań ruchu.

- Rozwiązywanie zadań z dynamiki układów mechanicznych przy zastosowaniu równań Lagrange'a pierwszego rodzaju.
- Zastosowanie równań Lagrange'a drugiego rodzaju do wyprowadzania równań ruchu układów mechanicznych i elektromechanicznych dla różnych typów więzów.
- Wyprowadzanie równań stanu przy wykorzystaniu równań Hamiltona.
- Opis małych drgań wokół położenia równowagi statycznej. Wyznaczanie częstości i form drgań własnych układu. Opis drgań własnych we współrzędnych głównych.
- Zastosowanie metody liczb zespolonych do analizy drgań wymuszonych z tłumieniem wiskotycznym. Wyznaczanie charakterystyk amplitudowo-częstotliwościowych.

### **Ćwiczenia laboratoryjne**

- Pakiety do obliczeń symbolicznych.
- Budowa równań Lagrange'a pierwszego i drugiego rodzaju przy wykorzystaniu pakietów obliczeń numerycznych.
- Numeryczne metody całkowania równań wejścia-wyjścia dla układów mechanicznych i elektromechanicznych dla różnych typów więzów.
- Wyznaczanie częstości i form drgań układu o strukturze periodycznej
- Wizualizacja form drgań układu o ciągłym rozkładzie masy i sztywności przy zastosowaniu wybranego pakietu MES

### **Metody i techniki kształcenia:**

Wykład: Treści prezentowane na wykładzie są przekazywane w formie prezentacji multimedialnej w połączeniu z klasycznym wykładem tablicowym wzbogaconymi o przykłady odnoszące się do prezentowanych zagadnień.

Ćwiczenia audytoryjne: Podczas zajęć audytoryjnych studenci na tablicy rozwiązują zadane wcześniej problemy. Prowadzący na bieżąco dokonuje stosowanych wyjaśnień i moderuje dyskusję z grupą nad danym problemem.

Ćwiczenia laboratoryjne: W trakcie zajęć laboratoryjnych studenci samodzielnie rozwiązują zadany problem praktyczny, dobierając odpowiednie narzędzia. Wykorzystują przy tym wiedzę z wykładów oraz instrukcje przygotowane do zajęć. Prowadzący stymuluje grupę do refleksji nad problemem, tak by otrzymane wyniki miały wysoką wartość merytoryczną

### **Warunki i sposób zaliczenia poszczególnych form zajęć, w tym zasady zaliczeń poprawkowych, a także warunki dopuszczenia do egzaminu:**

Ćwiczenia audytoryjne:

Wymagana jest obecność na ćwiczeniach audytoryjnych. Nieobecność musi być usprawiedliwiona. Warunkiem zaliczenia ćwiczeń jest czynne uczestnictwo w zajęciach, pozytywne oceny z odpowiedzi ustnych i pisemnych kolokwiów. Ocena z zajęć wynika z ocen z poszczególnych kolokwiów i ustnych odpowiedzi. Dopuszczalna jest jedna nieobecność – prowadzący zajęcia ustala wówczas formę zaliczenia.

Przewidywane jest jedno zaliczenie poprawkowe w terminie określonym przez prowadzącego.

Ćwiczenia laboratoryjne:

Wymagana jest obecność na ćwiczeniach laboratoryjnych. Nieobecność musi być usprawiedliwiona. Warunkiem zaliczenia każdego ćwiczenia prowadzonego w laboratorium jest poprawne wykonanie

ćwiczenia, oraz pozytywna ocena sprawozdania. Dopuszczalna jest jedna nieobecność – prowadzący zajęcia laboratoryjne ustala wówczas formę zaliczenia.

Przewidywane jest jedno zaliczenie poprawkowe w terminie określonym przez prowadzącego

### **Zasady udziału w poszczególnych zajęciach, ze wskazaniem, czy obecność studenta na zajęciach jest obowiązkowa:**

Wykład:

- Obecność obowiązkowa: Nie

- Zasady udziału w zajęciach: Studenci uczestniczą w zajęciach poznając kolejne treści nauczania zgodnie z sylabusem przedmiotu. Studenci winni na bieżąco zadawać pytania i wyjaśniać wątpliwości. Rejestracja audiowizualna wykładu wymaga zgody prowadzącego.

Ćwiczenia audytoryjne:

- Obecność obowiązkowa: Tak

- Zasady udziału w zajęciach: Studenci przystępując do ćwiczeń są zobowiązani do przygotowania się w zakresie wskazanym każdorazowo przez prowadzącego (np. w formie zestawów zadań). Ocena pracy studenta może bazować na wypowiedziach ustnych lub pisemnych w formie kolokwium, co zgodnie z regulaminem studiów AGH przekłada się na ocenę końcową z tej formy zajęć.

Ćwiczenia laboratoryjne:

- Obecność obowiązkowa: Tak

- Zasady udziału w zajęciach: Studenci wykonują ćwiczenia laboratoryjne zgodnie z materiałami udostępnionymi przez prowadzącego. Student jest zobowiązany do przygotowania się w przedmiocie wykonywanego ćwiczenia, co może zostać zweryfikowane kolokwium w formie ustnej lub pisemnej. Zaliczenie zajęć odbywa się na podstawie zaprezentowania rozwiązania postawionego problemu. Zaliczenie modułu jest możliwe po zaliczeniu wszystkich zajęć laboratoryjnych.

### **Sposób obliczania oceny końcowej**

Na podstawie oceny z ćwiczeń audytoryjnych i laboratoryjnych.

Ocena końcowa =  $0.6 \cdot$  ocena z ćwiczeń audytoryjnych  $+ 0.4 \cdot$  ocena z ćwiczeń laboratoryjnych

### **Sposób i tryb wyrównywania zaległości powstałych wskutek nieobecności studenta na zajęciach:**

Na ćwiczeniach laboratoryjnych i audytoryjnych dopuszczana jest jedna nieobecność. Student jest zobowiązany nadrobić braki na podstawie literatury, notatek oraz pomocy prowadzącego zajęcia w ramach konsultacji. Ostateczną formę odrobienia nieobecności ustala prowadzący zajęcia. Nieobecność na trzech lub większej ilości zajęć trwających przez cały semestr skutkuje brakiem zaliczenia ćwiczeń

### **Wymagania wstępne i dodatkowe, z uwzględnieniem sekwencyjności modułów**

- ukończony z wynikiem pozytywnym kurs mechaniki ogólnej i podstaw automatyki,
- podstawy rachunku różniczkowego i całkowego,
- podstawowe wiadomości z zakresu teorii równań różniczkowych zwyczajnych i cząstkowych,
- znajomość pakietu Matlab

### **Zalecana literatura i pomoce naukowe**

- W.I. Arnold, Metody matematyczne mechaniki klasycznej.
- S. Bednarz, Zasady stacjonarnego działania mechaniki.
- G. Białkowski, Mechanika klasyczna.
- I. M. Gelfand, S. W. Fomin, Rachunek wariacyjny.
- R. Gutowski, W. Swietlicki, Dynamika i drgania układów mechanicznych.
- E. Jarzębowska, Mechanika analityczna.
- L. D. Landau, E. M. Lifszyc, Mechanika.
- L. Meirovitch, Elements of vibration analysis.
- J. Nizioł, Metodyka rozwiązywania zadań z mechaniki.

- Z. Osiński, Teoria drgań.
- S. Rao, Vibration of continuous systems
- W. Rubinowicz, W. Królikowski, Mechanika teoretyczna.
- B. Skalmierski, Mechanika
- E. T. Whittaker, Dynamika analityczna.
- M. Wierzbicki, Mechanika klasyczna w zadaniach.

### **Publikacje naukowe osób prowadzących zajęcia związane z tematyką modułu**

Complex vibration modes in magnetorheological fluid-based sandwich beams / Mateusz ROMASZKO, Bogdan SAPIŃSKI, Jacek SNAMINA // Composite Structures ; ISSN 0263-8223. — 2018 vol. 204, s. 475-486. — Bibliogr. s. 485-486, Abstr.. — Publikacja dostępna online od: 2018-07-19. — tekst: <https://www-1sciencedirect-1com>

Identification of complex shear modulus of MR layer placed in three-layer beam. Pt. 1, Finite element / Mateusz ROMASZKO, Jacek SNAMINA // W: Mechatronics, robotics and control / ed. A. Kot. — Switzerland : Trans Tech Publications, cop. 2015. — (Applied Mechanics and Materials ; ISSN 1660-9336 ; vol. 759). — ISBN: 978-3-03835-466-6. — S. 1-13. Publikacja dostępna online od: 2015-05-18. — tekst: <http://www.scientific.net.atoz.wbg2.bg.agh.edu.pl/AMM.759.1.pdf>

Automotive vehicle engine mount based on an MR squeeze-mode damper: modeling and simulation / Bogdan SAPIŃSKI, Jacek SNAMINA // Journal of Theoretical and Applied Mechanics ; ISSN 1429-2955. — 2017 vol. 55 iss. 1, s. 377-388. — Bibliogr. s. 387-388

### **Informacje dodatkowe**

Brak