

**AGH**AGH UNIVERSITY OF SCIENCE  
AND TECHNOLOGY

Nazwa modułu zajęć: Mechanika analityczna i drgania

Rok akademicki: 2019/2020

Kod: RMBM-2-105-KW-s

Punkty ECTS: 3

Wydział: Inżynierii Mechanicznej i Robotyki

Kierunek: Mechanika i Budowa  
MaszynSpecjalność: Komputerowe wspomaganie  
projektowania

Poziom studiów: Studia II stopnia

Forma studiów: Stacjonarne

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 mechaniki analitycznej dla układów mechanicznych i elektromechanicznych oraz analizę drgań mechanicznych układów dyskretnych i ciągłych z uwzględnieniem metod redukcji drgań.

### 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 z zakresu mechaniki analitycznej.	MBM2A_W01	Wynik testu zaliczeniowego, Wykonanie projektu, Wypracowania pisane na zajęciach
M_W002	Student posiada wiedzę z zakresu teorii drgań układów dyskretnych i układów ciągłych.	MBM2A_W01	Wykonanie projektu, Wynik testu zaliczeniowego, Wypracowania pisane na zajęciach
Umiejętności: potrafi			
M_U001	Student potrafi wykorzystać poznane zasady i metody mechaniki analitycznej do obliczeń układów mechanicznych i elektromechanicznych.	MBM2A_U03, MBM2A_U02	Wykonanie projektu, Wynik testu zaliczeniowego, Wypracowania pisane na zajęciach

M_U002	Student potrafi zapisać i rozwiązać równania drgań podstawowych układów o dyskretnym i ciągłym rozkładzie masy i sztywności.	MBM2A_U03, MBM2A_U02	Wykonanie projektu, Wynik testu zaliczeniowego, Wypracowania pisane na zajęciach
M_U003	Student potrafi samodzielnie poszerzać swoją wiedzę na podstawie dostępnych podręczników.	MBM2A_U03, MBM2A_U02	Aktywność na zajęciach, Udział w dyskusji
Kompetencje społeczne: jest gotów do			
M_K001	Student rozumie potrzebę ciągłego doskonalenia wiedzy.	MBM2A_K02	Aktywność na zajęciach, Udział w dyskusji

### 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
40	26	14	0	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 z zakresu mechaniki analitycznej.	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_W002	Student posiada wiedzę z zakresu teorii drgań układów dyskretnych i układów ciągłych.	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Umiejętności: potrafi												
M_U001	Student potrafi wykorzystać poznane zasady i metody mechaniki analitycznej do obliczeń układów mechanicznych i elektromechanicznych.	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_U002	Student potrafi zapisać i rozwiązać równania drgań podstawowych układów o dyskretnym i ciągłym rozkładzie masy i sztywności.	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-

M_U003	Student potrafi samodzielnie poszerzać swoją wiedzę na podstawie dostępnych podręczników.	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kompetencje społeczne: jest gotów do												
M_K001	Student rozumie potrzebę ciągłego doskonalenia wiedzy.	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-

## Nakład pracy studenta (bilans punktów ECTS)

Forma aktywności studenta	Obciążenie studenta
Udział w zajęciach dydaktycznych/praktyka	40 godz
Przygotowanie do zajęć	45 godz
Sumaryczne obciążenie pracą studenta	85 godz
Punkty ECTS za moduł	3 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 ruchu przy zastosowaniu zasady d'Alemberta.
- Zasada prac wirtualnych – podstawy statyki analitycznej. Zastosowanie planów prędkości do rozwiązywania zadań statyki.
- Równania Lagrange'a pierwszego rodzaju. Interpretacja fizyczna mnożników Lagrange'a.
- Równania Lagrange'a drugiego rodzaju. Współrzędne cykliczne. Zastosowanie równań Lagrange'a do wyprowadzania równań ruchu układów mechanicznych.
- Równania Lagrange'a drugiego rodzaju – zastosowanie do opisu prostych obwodów elektrycznych i układów elektromechanicznych.
- Równania kanoniczne Hamiltona. Wykorzystanie równań Hamiltona do zapisu równań stanu układów mechanicznych.
- Zasada najmniejszego działania Hamiltona. Związek zasady najmniejszego działania z równaniami Lagrange'a drugiego rodzaju.
- Drgania własne układu o dwóch stopniach swobody, częstości i formy drgań własnych.
- Diagonalizacja macierzy mas i sztywności, opis drgań we współrzędnych normalnych. Analiza drgań układu o dwóch stopniach swobody z zerową częstością drgań własnych.
- Drgania wymuszone o dwóch stopniach swobody. Zastosowanie metody liczb zespolonych do analizy drgań wymuszonych układów z tłumieniem wiskotycznym. Dynamiczny tłumik drgań – zagadnienie dostrojenia tłumika.

- Drgania układów, w których występują podukłady o ciągłym rozkładzie sprężystości i pomijalnej masie. Drgania wałów z zamocowanymi krążkami. Krytyczna prędkość kątowa obrotu wałów.
- Drgania układów ciągłych – równanie drgań wzdłużnych pręta, warunki brzegowe, warunki początkowe, warunki zgodności, metoda Fouriera rozdzielenia zmiennych, częstości i formy drgań.
- Równania: drgań struny, drgań skrętnych pręta, drgań belki. Metoda zapisu warunków brzegowych. Przykłady.
- Podstawowe parametry fal biegnących, równanie dyspersyjne. Zastosowanie zasady najmniejszego działania do wyprowadzenia równania drgań pręta oraz warunków brzegowych.

### **Ćwiczenia audytoryjne**

- Sposoby wyprowadzania równań więzów. Zastosowanie zasady d'Alemberta do zapisu równań ruchu.
- Wykorzystanie zasady prac przygotowanych do rozwiązywania prostych zagadnień z zakresu statyki.
- Rozwiązywanie zadań z dynamiki układów mechanicznych przy zastosowaniu równań Lagrange'a pierwszego rodzaju. Wykorzystanie interpretacji fizycznej mnożników Lagrange'a.
- Zastosowanie równań Lagrange'a drugiego rodzaju do wyprowadzania równań ruchu układów mechanicznych dla różnych typów więzów.
- Zastosowanie równań Lagrange'a drugiego rodzaju do opisu prostych obwodów elektrycznych i układów elektromechanicznych.
- Wyznaczanie częstości i form drgań własnych układu o dwóch stopniach swobody. Opis drgań własnych we współrzędnych normalnych. Rozwiązanie równań opisujących drgania układów.
- Zastosowanie metody liczb zespolonych do analizy drgań wymuszonych z tłumieniem wiskotycznym. Wyznaczanie charakterystyk amplitudowo-częstotliwościowych.
- Wyznaczanie częstości i form drgań wzdłużnych pręta dla różnych warunków brzegowych. Rozwiązanie równania drgań przy zadanych warunkach początkowych i brzegowych.
- Wyznaczanie częstości i form drgań struny i belki przy różnych warunkach brzegowych.

### **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.

### **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 kolokwium (sprawdzianów). Ocena z zajęć wynika z ocen z poszczególnych kolokwium i ustnych odpowiedzi. Dopuszczalna jest jedna nieobecność – prowadzący zajęcia ustala wówczas formę zaliczenia.

## **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.

## **Sposób obliczania oceny końcowej**

Na podstawie oceny z ćwiczeń.

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

Na ćwiczeniach 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,
- podstawy rachunku różniczkowego,
- podstawowe wiadomości z zakresu teorii równań różniczkowych zwyczajnych i cząstkowych.

## **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