**Nazwa przedmiotu:**

Dynamika układów wieloczłonowych I

**Koordynator przedmiotu:**

prof. dr hab. inż. Janusz Frączek, dr hab. inż. Marek Wojtyra

**Status przedmiotu:**

Fakultatywny ograniczonego wyboru

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Mechanika i Projektowanie Maszyn

**Grupa przedmiotów:**

Obowiązkowe

**Kod przedmiotu:**

ML.NK313

**Semestr nominalny:**

1 / rok ak. 2023/2024

**Liczba punktów ECTS:**

4

**Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów uczenia się:**

1. Liczba godzin kontaktowych: 50, w tym:
a) wykład – 15 godz.,
b) ćwiczenia – 15 godz.,
c) laboratoria – 15 godz.,
d) konsultacje – 5 godz.
2. Praca własna studenta: 50 godzin, w tym:
a) realizacja pracy domowej, polegającej na dokonaniu analizy kinematycznej mechanizmu przy pomocy samodzielnie napisanego programu (w środowisku MATLAB-a) oraz z wykorzystaniem profesjonalnego pakietu do obliczeń metodą układów wieloczłonowych (ADAMS-a) – 35 godzin,
b) przygotowywanie się do testu zaliczeniowego – 15 godzin.
RAZEM: 100 godzin – 4 punkty ECTS.

**Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich:**

2 punkty ECTS – 50 godzin kontaktowych, w tym:
a) wykład – 15 godz.,
b) ćwiczenia – 15 godz.,
c) laboratoria – 15 godz.,
d) konsultacje – 5 godz.

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

**Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym:**

2,6 punktu ECTS – 65 godzin, w tym:
a) udział w ćwiczeniach – 15 godz.,
b) udział w laboratoriach – 15 godz.,
c) realizacja pracy domowej, polegającej na dokonaniu analizy kinematycznej mechanizmu przy pomocy samodzielnie napisanego programu (w środowisku MATLAB-a) oraz z wykorzystaniem profesjonalnego pakietu do obliczeń metodą układów wieloczłonowych (ADAMS-a) – 35 godzin.

**Formy zajęć i ich wymiar w semestrze:**

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład: | 15h |
| Ćwiczenia: | 15h |
| Laboratorium: | 15h |
| Projekt: | 0h |
| Lekcje komputerowe: | 0h |

**Wymagania wstępne:**

1. Znajomość algebry, geometrii, analizy matematycznej w zakresie wykładanym na wcześniejszych latach studiów.
2. Znajomość mechaniki w zakresie wykładanym na wcześniejszych latach studiów.
3. Posiadanie podstawowej wiedzy i umiejętności w zakresie metod numerycznych i języków programowania.

**Limit liczby studentów:**

72

**Cel przedmiotu:**

1. Przygotowanie do samodzielnego formułowania i rozwiązywania zagadnień z dziedziny układów wieloczłonowych.
2. Przygotowanie do korzystania z profesjonalnego oprogramowania inżynierskiego w zakresie modelowania układów wieloczłonowych.

**Treści kształcenia:**

Wykłady i ćwiczenia:
• Położenie i orientacja członów w przestrzeni. Matematyczny opis układu wieloczłonowego w różnych współrzędnych.
• Ruchliwość i więzy nadmiarowe. Niezależność więzów, usuwanie więzów nadmiarowych.
• Pary kinematyczne i równania więzów. Więzy kierujące. Obliczanie macierzy Jacobiego.
• Sformułowanie i rozwiązanie zagadnienia kinematyki. Składanie mechanizmu. Konfiguracje osobliwe.
• Algorytm i struktura programu do zautomatyzowanej analizy kinematycznej mechanizmów.
• Siły i momenty sił. Równania ruchu członu sztywnego.
• Równania ruchu układu wieloczłonowego. Reakcje więzów.
• Zadania odwrotne i proste dynamiki. Stabilizacja więzów. Struktura programu do zautomatyzowanej analizy dynamicznej mechanizmów.
• Metody całkowania równań ruchu w postaci RRZ (równań różniczkowych zwyczajnych) i RRA (równań różniczkowo-algebraicznych).
Laboratoria:
• Wprowadzenie do modelowania kinematyki i dynamiki układów wieloczłonowych. Podstawy obsługi pakietu ADAMS.
• Modelowanie członów i par kinematycznych.
• Modelowanie sił. Uruchamianie symulacji. Przetwarzanie i prezentacja wyników.
• Parametryzacja modelu układu wieloczłonowego. Obliczenia optymalizacyjne.
• Podstawy modelowania sił kontaktu. Wykorzystanie funkcji stanu.
• Modelowanie mechanizmu krzywkowego. Zaawansowane modelowanie sił kontaktu.
• Analiza mechanizmów z więzami nadmiarowymi. Wyznaczanie reakcji w parach kinematycznych.
• Składanie mechanizmu i narzucanie warunków początkowych. Linearyzacja modelu.

**Metody oceny:**

Ocenie podlega praca domowa (28% oceny końcowej) oraz test zaliczeniowy (72% oceny końcowej). Szczegóły systemu oceniania są opublikowane pod adresem: http://tmr.meil.pw.edu.pl (zakładka Dla Studentów).
Praca własna: praca domowa w dwóch częściach, polegająca na dokonaniu analizy kinematycznej (cz. 1), a następnie dynamicznej (cz. 2), mechanizmu przy pomocy samodzielnie napisanego programu (w środowisku MATLAB-a) oraz z wykorzystaniem profesjonalnego pakietu do obliczeń metodą układów wieloczłonowych (ADAMS-a).

**Egzamin:**

nie

**Literatura:**

1. Frączek J., Wojtyra M.: Kinematyka układów wieloczłonowych. Metody obliczeniowe. WNT, 2008.
2. Wojtyra M, Frączek J.: Metoda układów wieloczłonowych w dynamice mechanizmów. Ćwiczenia z zastosowaniem programu ADAMS. OWPW, 2007.
3. Nikravesh P.E.: Computer-Aided Analysis of Mechanical Systems. Prentice Hall, 1988.
4. Haug E.J.: Computer-Aided Kinematics and Dynamics of Mechanical Systems. Volume I: Basic Methods, Allyn and Bacon, 1989.
5. Garcia de Jalon J., Bayo E.: Kinematic and Dynamic Simulation of Multibody Systems. Springer-Verlag, 1994.
Dodatkowa literatura: materiały na stronie http://tmr.meil.pw.edu.pl (zakładka Dla Studentów).

**Witryna www przedmiotu:**

http://tmr.meil.pw.edu.pl/index.php?/pol/content/view/full/341

**Uwagi:**

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka ML.NK313\_W1:**

Student zna podstawy analizy kinematycznej mechanizmów i układów wieloczłonowych.

Weryfikacja:

Test końcowy oraz projekt obliczeniowy w środowisku MATLAB-a i z zastosowaniem pakietu komercyjnego.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** MiBM2\_W01, MiBM2\_W02, MiBM2\_W08

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK313\_W2:**

Student ma wiedzę na temat zapisu równań ruchu mechanizmów i układów wieloczłonowych.

Weryfikacja:

Test końcowy oraz projekt obliczeniowy w środowisku MATLAB-a i z zastosowaniem programu komercyjnego.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** MiBM2\_W01, MiBM2\_W02, MiBM2\_W08

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK313\_W3:**

Student ma podstawową wiedzę na temat metod całkowania równań ruchu układów wieloczłonowych.

Weryfikacja:

Test końcowy oraz projekt obliczeniowy w środowisku MATLAB-a i z zastosowaniem programu komercyjnego.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** MiBM2\_W01, MiBM2\_W02, MiBM2\_W08

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka ML.NK313\_U1:**

Student potrafi zapisać równania kinematyki mechanizmu i układu wieloczłonowego o złożonej strukturze.

Weryfikacja:

Projekt obliczeniowy w środowisku MATLAB-a i z zastosowaniem programu komercyjnego.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** MiBM2\_U01, MiBM2\_U10, MiBM2\_U22

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK313\_U2:**

Student potrafi rozwiązać numerycznie równania kinematyki.

Weryfikacja:

Projekt obliczeniowy w środowisku MATLAB-a i z zastosowaniem programu komercyjnego.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** MiBM2\_U22, MiBM2\_U01, MiBM2\_U10, MiBM2\_U21

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK313\_U3:**

Student potrafi zapisać równania ruchu złożonych mechanizmów.

Weryfikacja:

Test zaliczeniowy oraz projekt obliczeniowy w środowisku MATLAB-a i z zastosowaniem programu komercyjnego.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** MiBM2\_U01, MiBM2\_U10, MiBM2\_U22

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK313\_U4:**

Student potrafi przeprowadzić analizę dynamiczną prostych mechanizmów z wykorzystaniem współczesnych narzędzi projektowania i analizy.

Weryfikacja:

Projekt obliczeniowy w środowisku MATLAB-a i z zastosowaniem programu komercyjnego.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** MiBM2\_U10, MiBM2\_U22

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK313\_U5:**

Student potrafi – pracując w zespole – rozwiązać zadanie inżynierskie z dziedziny modelowania układów wieloczłonowych.

Weryfikacja:

Projekt obliczeniowy w środowisku MATLAB-a i z zastosowaniem programu komercyjnego.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** MiBM2\_U02, MiBM2\_U04, MiBM2\_U21, MiBM2\_U22

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka ML.NK313\_K1:**

Student ma świadomość współodpowiedzialności za zadania realizowane w zespole.

Weryfikacja:

Ocena prac nad projektem obliczeniowym, przeprowadzana podczas konsultacji i zaliczenia końcowego.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** MBiM2\_K03

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**