**Nazwa przedmiotu:**

Termomechanika ciał odkształcalnych

**Koordynator przedmiotu:**

.

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Informatyka i Systemy Informacyjne

**Grupa przedmiotów:**

Wspólne

**Kod przedmiotu:**

1120-INCAD-MSP-0232

**Semestr nominalny:**

3 / rok ak. 2023/2024

**Liczba punktów ECTS:**

5

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

1. godziny kontaktowe – 98 h; w tym
 a) obecność na wykładach – 30 h
 b) obecność na ćwiczeniach – 30 h
 c) obecność na laboratoriach – 30 h
 d) konsultacje – 5 h
 e) obecność na egzaminie – 3 h
2. praca własna studenta – 45 h; w tym
 a) przygotowanie do ćwiczeń – 15 h
 b) przygotowanie do zajęć laboratoryjnych – 15 h
 c) przygotowanie do kolokwiów i egzaminu – 15 h
Razem 143 h, co odpowiada 5 pkt. ECTS

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

1. obecność na wykładach – 30 h
2. obecność na ćwiczeniach – 30 h
3. obecność na laboratoriach – 30 h
4. konsultacje – 5 h
5. obecność na egzaminie – 3 h
Razem 98 h, co odpowiada 4 pkt. ECTS

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

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

1. obecność na laboratoriach – 30 h
2. przygotowanie do zajęć laboratoryjnych – 15 h
Razem 45 h, co odpowiada 2 pkt. ECTS

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

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład:  | 30h |
| Ćwiczenia:  | 30h |
| Laboratorium:  | 30h |
| Projekt:  | 0h |
| Lekcje komputerowe:  | 0h |

**Wymagania wstępne:**

Analiza matematyczna, Algebra liniowa z geometrią, Modelowanie matematyczne / Równania różniczkowe

**Limit liczby studentów:**

Bez limitu

**Cel przedmiotu:**

Celem przedmiotu jest zapoznanie studentów z pojęciami i prawami termomechaniki ciał odkształcalnych pod kątem ich zastosowań do komputerowej symulacji ruchu i deformacji rzeczywistych obiektów (w szczególności konstrukcji inżynierskich) pod wpływem obciążeń mechanicznych i termicznych oraz obliczeń wytrzymałościowych tych obiektów. W ramach przedmiotu studenci poznają:
- podstawy teoretyczne analizy i algebry tensorów,
- metody matematyczne tensorowego opisu deformacji i stanu naprężeń w kontinuum materialnym,
- prawa termomechaniki kontinuum materialnego, wyrażone w postaci układu nieliniowych równań różniczkowych cząstkowych na czasoprzestrzennych polach tensorowych,
- podstawy formułowania przybliżonych metod numerycznego rozwiązywania tych równań,
- metody numeryczne służące do rozwiazywania zagadnień mechanicznych ciał odkształcalnych,
- program metody elementów skończonych.

**Treści kształcenia:**

Wykład i ćwiczenia:
Wprowadzenie (podstawowe pojęcia, opis ciągły i dyskretny). Podstawy algebry i analizy tensorowej. Ruch ciała, deformacja, obrót sztywny, odkształcenie. Zasada zachowania masy. Opis stanu naprężenia. Zasady zachowania pędu, momentu pędu, energii mechanicznej. Równania konstytutywne (sprężystość, lepko-sprężystość, sprężysto-plastyczność). Sformułowanie lokalne zagadnienia nieliniowej mechaniki ciała odkształcalnego. Zagadnienia przewodnictwa ciepła. Sprzężenia termo-mechaniczne - sformułowanie lokalne zagadnienia nieliniowej termo-mechaniki ciała odkształcalnego. Zasady i sformułowania wariacyjne zagadnień termomechaniki.
Laboratorium:
1. Wprowadzenie do analizy zagadnień mechanicznych ciał odkształcalnych metodą elementów skończonych na przykładzie np. systemu ABAQUS. Objaśnienie metodyki pracy z programem.
2. Budowa modelu numerycznego i opis interaktywnego wprowadzania danych wejściowych (definiowanie geometrii części modelu i przypisywanie im własności materiałowych, składanie części w całość, definiowanie zadania obliczeniowego, definiowanie interakcji pomiędzy częściami modelu, definiowanie warunków brzegowych i obciążeń, dyskretyzacja przestrzenna, uruchamianie bloku obliczeniowego, graficzne i tekstowe przedstawianie wyników, postprocessing).
3. Omówienie specyfiki szczególnych przypadków analizy (analiza dwuwymiarowa i osiowo-symetryczna, analiza z elementami sztywnymi, specyfika zagadnień kontaktowych, analiza termomechaniczna).
4. Samodzielne tworzenie modeli i wykonywanie obliczeń dla trzech konkretnych zagadnień o znaczeniu praktycznym (analiza sztywności połączenia kołkowego, analiza procesu głębokiego tłoczenia blachy, analiza zagadnienia termomechaniki).

**Metody oceny:**

Ocena końcowa z przedmiotu zależy od liczby punktów uzyskanych z kolokwiów lub egzaminu oraz od sumy punktów uzyskanych z trzech projektów obliczeniowych. W trakcie trwania przedmiotu odbywają się dwa kolokwia pisemne, z których można uzyskać maksymalnie 90 punktów oraz wydawane są trzy projekty obliczeniowe, za które można uzyskać maksymalnie 30 punktów. Punkty zdobyte z obu kolokwiów zaliczone są na poczet egzaminu na zasadzie „terminu zerowego”. Do zaliczenia przedmiotu wymagany jest pozytywny wynik egzaminu i zaliczenie wszystkich projektów obliczeniowych. Skala ocen zależy od liczby punktów zgodnie z regułą: liczba punktów >108 – 5.0, >96 – 4.5, >84 – 4.0, >72– 3.5, >60 – 3.0, <=60 – 2.0.

**Egzamin:**

tak

**Literatura:**

1. M. Kleiber, P.Kowalczyk, Wprowadzenie do nieliniowej termomechaniki ciał odkształcalnych, Wyd. IPPT PAN, 2011
2. J. Ostrowska-Maciejewska, Mechanika ciał odkształcalnych, PWN, Warszawa, 1994
3. Y.C. Fung, Podstawy mechaniki ciała stałego, PWN, Warszawa 1969

**Witryna www przedmiotu:**

brak

**Uwagi:**

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka W01:**

Zna podstawy teoretyczne analizy i algebry tensorów i ich zastosowania do opisu deformacji i stanu naprężeń w kontinuum materialnym

Weryfikacja:

ocena dwóch kolokwiów i egzaminu

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** I2CC\_W01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka W02:**

Zna sformułowania równań termomechaniki kontinuum materialnego i podstawy przybliżonych metod ich numerycznego rozwiązywania

Weryfikacja:

ocena dwóch kolokwiów i egzaminu, ocena postępów pracy podczas ćwiczeń laboratoryjnych wprowadzających w zagadnienie

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** I2CC\_W01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka U01:**

Potrafi biegle posługiwać się pojęciami rachunku tensorowego i interpretować je dla wielkości fizycznych pojawiających się w zagadnieniach mechaniki ciał odkształcalnych

Weryfikacja:

ocena dwóch kolokwiów i egzaminu

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** I2\_U02, I2\_U06

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka U02:**

Potrafi formułować i rozwiązywać złożone zadania numerycznej symulacji i analizy procesów technicznych metodą elementów skończonych

Weryfikacja:

ocena jakości merytorycznej wykonanych projektów obliczeniowych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** I2\_U06, I2CC\_U08, I2CC\_U09

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka U03:**

Potrafi krytycznie interpretować wyniki takich symulacji ze świadomością ograniczeń zastosowanych metod numerycznych

Weryfikacja:

ocena jakości merytorycznej wykonanych projektów obliczeniowych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** I2CC\_U08, I2CC\_U09

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka K01:**

Krytycznie ocenia posiadaną wiedzę i odbierane treści

Weryfikacja:

ocena dwóch kolokwiów i egzaminu, ocena jakości merytorycznej wykonanych projektów obliczeniowych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** I2\_K01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka K02:**

Jest przygotowany do myślenia i działania w sposób kreatywny i przedsiębiorczy oraz samodzielnego formułowania i rozwiązywania zagadnień zastosowania informatyki w technice

Weryfikacja:

ocena jakości merytorycznej wykonanych projektów obliczeniowych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** I2\_K04

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**