



SZKOŁA DOKTORSKA IPPT PAN

KARTA PRZEDMIOTU OFEROWANEGO W SZKOLE DOKTORSKIEJ IPPT PAN

Nazwa przedmiotu	w j. polskim	Mechanika ciał odkształcalnych z wykorzystaniem programu Abaqus				
	w j. angielskim	Applied Continuum Mechanics with Abaqus				
Rodzaj zajęć	Wykład specjalnościowy					
Kierownik przedmiotu	Dr inż. Marcin Nowak			Prowadzący zajęcia	Dr Inż. Marcin Nowak	
Jednostka realizująca	ZMM	Dyscyplina/y naukowa/e	Inżynieria mechaniczna			
Poziom kształcenia	Kształcenie doktorantów	Semestr studiów	zimowy lub letni			
Język zajęć	polski lub angielski					
Forma zaliczenia	projekt	Sumaryczna liczba godzin w semestrze	30	Sumaryczna liczba ECTS	3	
Typ zajęć		Wykład	Ćwiczenia audytoryjne	Ćwiczenia projektowe	Laboratorium	Seminarium
Liczba godzin zajęć	tygodniowo	1	0	0	1	0
	łącznie w semestrze	15	0	0	15	0

1. Wymagania wstępne

Podstawowa wiedza z zakresu inżynierii mechanicznej. Zrozumienie koncepcji naprężeń i odkształceń, oraz podstawowych równań mechaniki ośrodków ciągłych. Podstawowa znajomość metody elementów skończonych. Program Abaqus Learning Edition (dostępny bezpłatnie dla każdego).

2. Cele przedmiotu

Podczas wykładów będziemy eksplorować praktyczne zastosowanie zdobytej wiedzy z zakresu mechaniki ośrodków ciągłych poprzez symulacje numeryczne. Głównym celem tego kursu jest zapoznanie studentów z programem Abaqus poprzez serię przykładów obliczeniowych wykorzystywanych jako narzędzia edukacyjne. Abaqus to zaawansowane oprogramowanie do analizy metodą elementów skończonych, służące do symulacji różnych problemów inżynierskich i naukowych. Jest szeroko stosowany w przemyśle i środowisku akademickim do rozwiązywania złożonych symulacji. Abaqus oferuje szeroki zakres możliwości modelowania i analizy struktur, płynów, efektów termicznych oraz pól elektromagnetycznych, a także innych zjawisk fizycznych.

3. Treści programowe (dla każdego typu zajęć oddzielnie)

Wykład

Główne tematy:

- Wprowadzenie: składnia i konwencje, definicja modelu, wykonywanie obliczeń, dokumentacja, krótki przegląd metody elementów skończonych
- Modele materiałowe: modele sprężyste liniowe i nieliniowe, modele plastyczności, modele lepkosprężyste, progresywne uszkodzenia i zniszczenie, przewodnictwo cieplne
- Dynamika liniowa: drgania własne, obliczanie wartości własnych, tłumienie
- Nieliniowość: źródła nieliniowości, metody rozwiązywania problemów nieliniowych
- Kontakt: właściwości kontaktu, definicja kontaktu, ograniczenia kontaktu, pary kontaktowe
- Definicja ciała sztywnego: analityczne powierzchnie sztywne, elementy sztywne, więzy ciała sztywnego



SZKOŁA DOKTORSKA IPPT PAN

- Elementy skończone: elementy objętościowe, elementy strukturalne i elementy sztywne
- Uruchamianie symulacji: wykorzystanie klastra obliczeniowego Grafen w IPPT PAN
- Techniki analizy: analiza Eulerowska, metody cząsteczkowe, analiza wrażliwości, analizy parametryczne
- Wizualizacje wyników analizy: odczytywanie bazy wyników, dostosowywanie wykresów modelu, wyświetlanie zdeformowanego kształtu modelu, animacja wykresów konturowych
- Pisanie skryptów w języku Python: podstawy języka Python, automatyzacja procesu tworzenia modelu
- Rozszerzenia Abaqus: podprogramy użytkownika Abaqus, tworzenie własnych modeli konstytutywnych

Laboratorium

Główne tematy:

- Hello World w Abaqus: Wprowadzenie do interfejsu Abaqus, pisanie skryptów i uruchamianie podstawowej symulacji.
- Definiowanie i implementacja modeli materiałowych: Modele liniowe, nieliniowe, plastyczności i lepkosprężystości.
- Analiza dynamiczna: Postacie drgań własnych i wartości własne
- Rozwiązywanie problemów nieliniowych: Nieliniowość geometryczna, materiałowa i kontaktowa.
- Definiowanie kontaktu: Kontakt ogólny, pary kontaktowe, modele tarcia i diagnostyka problemów kontaktowych.
- Modelowanie ciał sztywnych: Więzy ciała sztywnego, analityczne powierzchnie sztywne i elementy sztywne.
- Dobór elementów skończonych: Elementy objętościowe, strukturalne oraz sztywne.
- Uruchamianie symulacji w Abaqus: Wykonywanie obliczeń lokalnie i na klastrze obliczeniowym Grafen.
- Przetwarzanie wyników symulacji: odczyt, wizualizacja, animacja i eksport wyników analizy.
- Automatyzacja w Abaqus: Tworzenie modeli, analiza wyników i implementacja programów użytkownika.

4. Efekty uczenia się

Numer efektu	Opis efektu uczenia się	Odniesienie do efektów uczenia się zgodnie z 8. PRK	Sposób weryfikacji efektów uczenia*
Wiedza			
1	Absolwent zdobywa podstawą wiedzę z zakresu wykonywania symulacji numerycznych w środowisku Abaqus	P8S_WG	ocena projektu
2	Absolwent zdobywa wiedzę dotycząc podstawowych typów symulacji numerycznych oraz wpływu przyjętych założeń na wyniki obliczeń	P8S_WG	ocena projektu
3	Absolwent wie, jak transferować nabytą wiedzę do sfery przemysłowej i upowszechniać wyniki swoich badań.	P8S_WK	ocena aktywności w trakcie zajęć
Umiejętności			
1	Absolwent potrafi wykorzystać program Abaqus do przeprowadzanie podstawowych symulacji z zakresu mechaniki ciał odkształcalnych.	P8S_UW	ocena projektu
2	Absolwent potrafi określić wpływ poszczególnych parametrów symulacji numerycznej na końcowe rezultaty obliczeń.	P8S_UW	ocena aktywności w trakcie zajęć



SZKOŁA DOKTORSKA IPPT PAN

3	Absolwent umie transferować nabytą wiedzę do sfery przemysłowej i upowszechniać wyniki swoich badań.	P8S_UW	ocena aktywności w trakcie zajęć
Komunikowanie się			
1	Absolwent potrafi komunikować się na tematy specjalistyczne, właściwe dla reprezentowanej dyscypliny naukowej.	P8S_UW	ocena aktywności w trakcie zajęć
2	Absolwent potrafi planować i realizować – w sposób metodologicznie poprawny przedsięwzięcie badawcze.	P8S_UO	ocena aktywności w trakcie zajęć
Kompetencje społeczne			
1	Absolwent jest gotów do myślenia i działania w sposób kreatywny i przedsiębiorczy.	P8S_KO	ocena aktywności w trakcie zajęć
2	Absolwent jest gotów do krytycznej oceny dorobku reprezentowanej dyscypliny naukowej, w tym własnego wkładu w rozwój tej dyscypliny.	P8S_KK	ocena aktywności w trakcie zajęć

* dozwolone sposoby weryfikacji efektów uczenia się: egzamin; egzamin ustny; kolokwium pisemne; kolokwium ustne; ocena projektu; ocena sprawozdania; ocena raportu; ocena prezentacji; ocena aktywności w trakcie zajęć; prace domowe; test

5. Kryteria oceny

Ocena aktywności podczas zajęć, ocena projektu

6. Literatura

Literatura podstawowa:

[1] **Michał Kleiber, Piotr Kowalczyk**, Wprowadzenie do nieliniowej termomechaniki ciał odkształcalnych, IPPT PAN, Warszawa (2012)

[2] **Thomas Mase**, Continuum Mechanics for Engineers (1999)

[3] Abaqus User Manual 2024

Literatura uzupełniająca:

[1] **Paweł Szeptyński**, Szczegółowe omówienie podstawowych zagadnień teorii sprężystości, PK, (2020)

[2] **Niels Saabye Ottosen, Matti Ristinmaa** - The Mechanics of Constitutive Modeling-Elsevier Science (2005)

7. Nakład pracy studenta niezbędny do osiągnięcia efektów uczenia się**

Lp.	Opis	Liczba godzin
1	godziny kontaktowe z wykładownicą wynikające z planu	30
2	Godziny kontaktowe z wykładownicą w ramach konsultacji, egzaminów, sprawdzianów itp.	15
3	Godziny pracy samodzielnej studenta w ramach przygotowania do zajęć oraz opracowania sprawozdań, projektów, prezentacji, raportów, prac domowych	25
4	godziny pracy samodzielnej studenta w ramach przygotowania do egzaminu, sprawdzianu, zaliczenia	15



SZKOŁA DOKTORSKA IPPT PAN

Sumaryczny nakład pracy studenta	85
Liczba punktów ECTS	3

** 1 ECTS pracy = 25÷30 godzin nakładu pracy studenta (np. 2 ECTS ≈ 60 godzin; 4 ECTS ≈ 110 godzin)