

SYLABUS

DOTYCZY CYKLU KSZTAŁCENIA 2024-2026
(skrajne daty)

Rok akademicki 2025/2026

1. PODSTAWOWE INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

Nazwa przedmiotu	Metoda elementów skończonych (MES)
Kod przedmiotu*	
nazwa jednostki prowadzącej kierunek	Wydział Nauk Ścisłych i Technicznych
Nazwa jednostki realizującej przedmiot	Wydział Nauk Ścisłych i Technicznych
Kierunek studiów	Inżynieria materiałowa
Poziom studiów	studia drugiego stopnia
Profil	ogólnoakademicki
Forma studiów	stacjonarne
Rok i semestr/y studiów	II rok, 3 semestr
Rodzaj przedmiotu	kierunkowy
Język wykładowy	polski
Koordinator	Dr Michał Marchewka
Imię i nazwisko osoby prowadzącej / osób prowadzących	Dr Michał Marchewka, Mgr Paweł Śliż

* -opcjonalnie, zgodnie z ustaleniami w Jednostce

1.1. Formy zajęć dydaktycznych, wymiar godzin i punktów ECTS

Semestr (nr)	Wykł.	Ćw.	Konw.	Lab.	Sem.	ZP	Prakt.	Inne (jakie?)	Liczba pkt. ECTS
3	15			15				15 (projekt)	3

1.2. Sposób realizacji zajęć

- ☒ zajęcia w formie tradycyjnej
☐ zajęcia realizowane z wykorzystaniem metod i technik kształcenia na odległość

1.3 Forma zaliczenia przedmiotu (z toku) (zaliczenie z oceną)

Wykład-zaliczenie bez oceny,
 Laboratorium – zaliczenie z oceną,
 Zajęcia projektowe – zaliczenie z oceną.

2. WYMAGANIA WSTĘPNE

Zaliczone kursy: Komputerowe modelowanie struktury i właściwości materiałów. Wiedza z zakresu zaawansowanych metod programowania, znajomość równań różniczkowych.

3. Cele, efekty uczenia się, treści programowe i stosowane metody dydaktyczne

3.1 Cele przedmiotu

C ₁	Zapoznanie studentów z podstawowymi strukturami organizacyjnymi i ich projektowaniem.
C ₂	Umiejętność formułowania modeli obliczeniowych układów fizycznych.
C ₃	Umiejętność obsługi opcji analizy przy użyciu metody elementów skończonych w programie Inventor.
C ₄	Umiejętność budowy siatki MES.
C ₅	Umiejętność obsługi programu Comsol Multiphysics w tym bibliotek: Material Library, Heat Transfer Modul oraz Mechanics Engineering Modul.

3.2 Efekty uczenia się dla przedmiotu

EK (efekt uczenia się)	Treść efektu uczenia się zdefiniowanego dla przedmiotu	Odniesienie do efektów kierunkowych
EK_01	Student ma wiedzę z algebry i analizy matematycznej pozwalającą na rozwiązywanie równań różniczkowych z wykorzystaniem I-szej i II-giej pochodnej metodą elementów skończonych.	K_Wo1
EK_02	Student zna metodę zapisu podstawowych równań fizyki w postaci równań różniczkowych.	K_Wo3
EK_03	Student zna sposoby rozwiązań metodą elementów skończonych zagadnień związanych z wytrzymałością materiałów.	K_Wo4
EK_04	Student zna i rozumie w pogłębionym zakresie wybrane metody, techniki i procesy wytwarzania oraz przetwarzania materiałów inżynierskich,	K_Wo8
EK_05	Student potrafi korzystać z przekazu słownego i graficznego treści nauczania charakteryzujących się rygiorem matematycznym i logicznym	K_Uo1
EK_06	Student umie zaplanować i przeprowadzić symulacje komputerową pozwalającą na rozwiązanie zagadnienia zapisanego w postaci równania różniczkowego z wykorzystaniem elementów skończonych. Absolwent umie krytycznie analizować otrzymane wyniki.	K_Wo5, K_Uo4, K_Uo7
EK_07	Student umie zaprojektować w dedykowanym oprogramowaniu problem fizyczny do rozwiązania używając właściwych narzędzi programowych.	K_U10
EK_08	Student rozumie potrzebę podnoszenia swojej wiedzy i kompetencji celem dalszego doskonalenia się w	K_U12

	technologiach MES, które obecnie bardzo szybko ewoluują.	
EK_09	Student rozumie, iż metoda MES jest jednym z pierwszych etapów projektowania elementów, urządzeń i układów, który znacznie obniża koszty i niweluje ryzyka ekonomiczne w procesie wprowadzania nowych ulepszonych urządzeń/części/elementów.	K_Ko1

1.3 Treści programowe

A. Problematyka wykładu

Treści merytoryczne
Rozwiązywanie równań różniczkowych pierwszego i drugiego rzędu z wykorzystaniem metody różnic skończonych. Definicje I-szej i II-giej pochodnej.
Zapis układu równań w postaci macierzowej.
Definicja warunków brzegowych dla równań różniczkowych.
Ogólne zasady dyskretyzacji – element jednowymiarowy, element dwuwymiarowy.
Własności funkcji kształtu.
Definicja podstawowych praw fizyki w postaci równań różniczkowych – przykłady 1D, 2D, 3D.
Obwody RLC.
Comsol – zasady działania programu, zasady definicji kształtu, omówienie bibliotek, omówienie fizyki w programie, budowa poprawnej siatki MES.
Inventor – zasady projektowania i wykorzystywania modułu MES w programie. Przykłady analizy i obliczeń dla wytrzymałości zaprojektowanych elementów/układów złożonych.

B. Problematyka laboratoriów

Treści merytoryczne
Zarys podstaw teoretycznych MES, praktyczne podejście do analizy, metoda różnic skończonych.
Rozwiązywanie równań różniczkowych : przypadek 1D, obliczenia tablicowe, metoda różnic skończonych.
Warunki brzegowe - właściwe rozumienie podpór i wymuszeń – analiza MES w programie INVENTOR.
Poprawne przygotowanie geometrii w programie comsol, import układu 3D z programu inventor. Podział na elementy skończone, wybór odpowiednich elementów, wpływ siatki na wyniki.
Symulacja układu chłodzącego np. procesora typu PC z użyciem: powietrza i wody w oparciu o biblioteki Material Library Heat Transfer Modul.
Symulacja układu przy użyciu bibliotek Multiphysics, heat transfer oraz Mechanics Engineering Modul.

C. Problematyka zajęć projektowych

Treści merytoryczne
Wykonanie jednego z zadanych projektów w programie Inventor. Analiza MES wybranych własności. Napisanie raportu. Analiza wyników z wykorzystaniem różnych typów materiałów i różnych geometrii.

3.4 Metody dydaktyczne

Wykład: prezentacją multimedialną

Laboratorium: praca w grupach, rozwiązywanie zadań, dyskusja, wykonywanie symulacji, projektowanie układów do symulacji numerycznej.

Zajęcia projektowe: wykonanie projektu.

4. METODY I KRYTERIA OCENY

4.1 Sposoby weryfikacji efektów uczenia się

Symbol efektu	Metody oceny efektów uczenia się (np.: kolokwium, egzamin ustny, egzamin pisemny, projekt, sprawozdanie, obserwacja w trakcie zajęć)	Forma zajęć dydaktycznych (w, ćw, ...)
Ek_01	Kolokwium, Ocena wykonanego zadania – rachunki tablicowe	W,
Ek_02	Kolokwium, Ocena wykonanego zadania – rachunki tablicowe	W
EK_03	Kolokwium, Ocena wykonanego zadania – rachunki tablicowe	W
EK_04	Kolokwium, Ocena wykonanego zadania w programie Inventor/Comsol	W
EK_05	Kolokwium, Ocena wykonanego zadania w programie Inventor/Comsol, Ocena kolokwium	W, Lab, Zaj. proj.
EK_06	Kolokwium, Ocena wykonanego zadania w programie Inventor/Comsol, Ocena kolokwium	W, Lab, Zaj. proj.
EK_07	Kolokwium, Ocena wykonanego zadania w programie Inventor/Comsol, Ocena kolokwium	W, Lab, Zaj. proj.
Ek_08	Kolokwium, Ocena wykonanego zadania w programie Inventor/Comsol, Ocena kolokwium	W, Lab, Zaj. proj.
Ek_09	Ocena wykonanego zadania w programie Inventor/Comsol, Ocena kolokwium	W, Lab, Zaj. proj.

4.2 Warunki zaliczenia przedmiotu (kryteria oceniania)

Zaliczenie przedmiotu potwierdzi stopień osiągnięcia przez studenta zakładanych efektów uczenia się. Weryfikacja osiąganych efektów uczenia się kontrolowana jest na bieżąco w trakcie realizacji zajęć. Ocena uzyskana z zaliczenia przedmiotu pozwoli ocenić stopień osiągniętych efektów. Weryfikacja efektów uczenia się z wiedzy i umiejętności odbywa się poprzez kolokwia, sprawozdania, aktywność na zajęciach i udział w dyskusji. Natomiast weryfikacja kompetencji społecznych odbywa się poprzez aktywność na zajęciach i udział w dyskusji.

Wykład

Warunki zaliczenia: kolokwium ustne z zagadnień poruszanych na wykładzie i ćwiczeń laboratoryjnych. Z zestawu pytań student musi odpowiedzieć na trzy pytania.

Kryteria oceny:

- odpowiedź na wszystkie pytania: ocena 5,0 (bardzo dobry),
- odpowiedź na dwa pytania: ocena 4,0 (dobry),

- odpowiedź na jedno pytanie: ocena 3,0 (dostateczny),
- brak odpowiedzi: ocena 2,0 (niedostateczny).

Laboratoria

Ocena końcowa stanowi średnią ocen uzyskanych z przygotowania do zajęć, wykonywanych zadań oraz kolokwium.

Kolokwium – kryteria oceny:

- 3,0 – dostateczny (51 - 60)% pkt,
- 3,5 – dostateczny plus (61 - 70)% pkt,
- 4,0 – dobry (71 - 80)% pkt,
- 4,5 – dobry plus (81 - 90)% pkt,
- 5,0 – bardzo dobry (91 - 100)% pkt.

Zajęcia projektowe:

Ocena wykonanego projektu. Ocenie podlegać będzie stopień zaawansowania postawionego problemu. Kryteria oceny: poprawność przedstawionej analizy, dobór materiałów, poprawność wniosków.

5. CAŁKOWITY NAKŁAD PRACY STUDENTA POTRZEBNY DO OSIĄGNIĘCIA ZAŁOŻONYCH EFEKTÓW W GODZINACH ORAZ PUNKTACH ECTS

Forma aktywności	Średnia liczba godzin na zrealizowanie aktywności
Godziny z harmonogramu studiów	45
Inne z udziałem nauczyciela akademickiego (udział w konsultacjach, egzaminie)	2
Godziny niekontaktowe – praca własna studenta (przygotowanie do zajęć, egzaminu, napisanie referatu itp.)	33
SUMA GODZIN	80
SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS	3

** Należy uwzględnić, że 1 pkt ECTS odpowiada 25-30 godzin całkowitego nakładu pracy studenta.*

6. PRAKTYKI ZAWODOWE W RAMACH PRZEDMIOTU

wymiar godzinowy	Nie dotyczy
zasady i formy odbywania praktyk	Nie dotyczy

7. LITERATURA

Literatura podstawowa:

1. COMSOL Multiphysics - modelling guide
2. COMSOL Multiphysics – Scripting guide
3. M. Marchewka, "Komputerowe wspomaganie projektowania", skrypt dla studentów kierunku IM, ISBN: 978-83-938523-0-7, 2014

4. Fabian Stasiak, Zbiór ćwiczeń Autodesk Inventor
Literatura uzupełniająca:

Akceptacja Kierownika Jednostki lub osoby upoważnionej

