

POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2021/2022

Wydział Inżynierii Materiałowej i Fizyki

Kierunek studiów: Fizyka Techniczna - New

Profil: Ogólnoakademicki

Forma studiów: stacjonarne

Kod kierunku: FT new

Stopień studiów: II

Specjalności: Modelowanie Komputerowe - New, Nowoczesne materiały i nanotechnologie - New

1 INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

NAZWA PRZEDMIOTU	Adaptacyjne metody numeryczne w naukach technicznych
NAZWA PRZEDMIOTU W JĘZYKU ANGIELSKIM	Adaptive numerical methods in technical sciences
KOD PRZEDMIOTU	WIMiF FT NEW oIIS C6 21/22
KATEGORIA PRZEDMIOTU	Przedmioty kierunkowe
LICZBA PUNKTÓW ECTS	2.00
SEMESTRY	2

2 RODZAJ ZAJĘĆ, LICZBA GODZIN W PLANIE STUDIÓW

SEMESTR	WYKŁAD	ĆWICZENIA	LABORATORIUM	LABORATORIUM KOMPUTERO- WE	SEMINARIUM	PROJEKT
2	15	0	0	15	0	0

3 CELE PRZEDMIOTU

Cel 1 Zapoznanie studentów z podstawowymi aspektami teoretycznymi typowej dla zagadnień modelowania materiałów i konstrukcji metody elementów skończonych oraz kontroli błędów na siatkach adaptowanych. Metody adaptacji dla integratorów układów równań zwyczajnych.

Cel 2 Celem zrozumienia zasad metod i wykorzystania ich w praktyce obliczeniowej, studenci kodują i stosują

w praktyce omawiane techniki na siatkach ustalonych i adaptowanych na prostszym do zaprogramowania przykładzie zagadnień efektywnie jednowymiarowych.

Cel 3 Studenci stosują gotowe procedury adaptacyjne do rozwiązywania numerycznego wybranych zagadnień inżynierskich w przestrzeni, opisywanych równaniami różniczkowymi zwyczajnymi i cząstkowymi.

4 WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

- 1 Student zna podstawy algebry liniowej (rachunek wektorowy, algebra macierzy), analizy matematycznej, zna w stopniu podstawowym zagadnienia rachunku wariacyjnego i równań różniczkowych.
- 2 Student posiada podstawowe umiejętności programistyczne, zna podstawowe algorytmy analizy numerycznej (np. numeryczne wyznaczanie całek, zer funkcji, interpolacja wielomianowa)

5 EFEKTY KSZTAŁCENIA

EK1 Wiedza Student rozumie zaprezentowane algorytmy adaptacyjne i wykorzystywane przez nie procedury numeryczne. Student zna metodę elementów skończonych i związaną z nią teorię matematyczną.

EK2 Umiejętności Student potrafi zaprojektować i zaprogramować zaprezentowane algorytmy adaptacyjne w jednym wymiarze i zastosować je do modelowania zagadnień efektywnie jednowymiarowych opisywanych przez równania różniczkowe zwyczajne. Student wykorzystuje gotowe algorytmy adaptacyjne do rozwiązywania problemów dwu-wymiarowych opisanych przez równania różniczkowe cząstkowe.

EK3 Umiejętności Student potrafi napisać raport (LaTeX) dyskutujący rozwiązanie zadań domowych indywidualnych lub zespołowych, przygotować i wygłosić prezentację wyników.

EK4 Umiejętności Student rozwija umiejętności pracy w zespole

6 TREŚCI PROGRAMOWE

WYKŁAD		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
W1	Idea metody elementów skończonych. Ogólny jedno-wymiarowy problem eliptyczny rzędu drugiego. Warunki brzegowe różnego rodzaju. Zagadnienia techniki redukowalne do przypadku jedno-wymiarowego.	1
W2	Wariacyjne (słabe) sformułowanie problemów eliptycznych (uwagi nt rachunku wariacyjnego dla układów z jednym stopniem swobody). Równoważność słabego i silnego sformułowania ogólnego problemu w jednym wymiarze. Przybliżone analityczne rozwiązania z zasady minimalizacji. Zagadnienia wariacyjne typu Galerkin w metodzie elementów skończonych. Ilustracja idei metody elementów skończonych z wykorzystaniem przybliżenia liniowego ($p=1$)	2
W3	Definicja elementu skończonego generycznego i standardowego. Funkcje kształtu na elemencie standardowym. Aproksymacje wyższego stopnia ($p>1$) w metodzie elementów skończonych. Wielomiany Lagrange'a jako bazowe funkcje kształtu, hierarchiczne funkcje kształtu. Odwzorowania na elementy generyczne. Wielkości elementowe i struktura danych w jednym wymiarze (wielkości globalne i lokalne, konwencja numeracji, kwestie identyfikacji/lokalizacji). Funkcje elementowe globalne. Konstrukcja ogólnych niejednorodnych siatek w jednym wymiarze.	2

WYKŁAD		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
W4	Redukcja dokładnego ciągłego zagadnienia do problemu liniowego z macierza rzadką. Ogólna macierz sztywności i wektora źródłowego. Zastosowanie kwadratur numerycznych do wyznaczania form dwuliniowych i składowych wektora źródłowego. Algorytm składania globalnej macierzy sztywności z macierzy elementowych. Procedura numeryczna do rozwiązywania zagadnień liniowych z macierzami rzadkimi (blokowo-diagonalnymi).	1
W5	Podstawowe wiadomości z szacowania błędów oraz zagadnienie zbieżności w metodzie elementów skończonych. Strategia zorientowane celowo, typy błędów kontrolnych i ich szacowanie. Przykłady. Metody zwiększania dokładności solverów numerycznych dla równań różniczkowych zwyczajnych. Automatyczna adaptacja siatki, redukcja błędów technikami typu h, p oraz mieszaną hp.	2
W6	Uwagi o równaniach różniczkowych cząstkowych techniki, oraz o typowych dla nich zagadnieniach początkowych i brzegowych. Podstawowa idea metody elementów skończonych w problemach wyżej-wymiarowych.	1
W7	Ogólny problem eliptyczny drugiego rzędu w przypadku dwu-wymiarowym i jego sformułowanie wariacyjne (uwagi o rachunku wariacyjnym dla pól, warunki dodatkowe i współrzędne wewnętrzne). Równoważność sformułowania silnego i słabego. Przykłady - stacjonarne równania transportu/dyfuzji w materiałach.	1
W8	Metoda elementów skończonych dla ogólnych dwu-wymiarowych problemów eliptycznych. Elementy standardowe w dwu wymiarach: liniowe elementy trójkątne ($p=1$), elementy trójkątne wyższego stopnia ($p>1$), elementy prostokątne. Sposoby radzenia sobie z różnymi typami warunków brzegowych.	2
W9	Algorytm otrzymywania globalnej macierzy sztywności z macierzy elementowych. Zastosowanie metody elementów skończonych do poszukiwania rozwiązań numerycznych zagadnień eliptycznych techniki w dwu wymiarach.	1
W10	Uwagi na temat szacowania błędów rozwiązania (błędy rezydualne, wygładzanie, ekstrapolacja). Metody i kryteria optymalnego podziału siatek. Redukcja błędów kontrolnych technikami typu h, p oraz mieszaną hp i ich efektywność.	2

LABORATORIUM KOMPUTEROWE		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
K1	Strategie adaptacyjne dla kwadratur oraz integratorów równań różniczkowych zwyczajnych. Procedury numeryczne dla jedno-wymiarowej adaptatywnej metody elementów skończonych. Konstrukcja ogólnej niejednorodnej siatki jedno-wymiarowej. Dyskretyzacja zagadnień eliptycznych w metodzie elementów skończonych (uzyskanie macierzy sztywności i wektora źródeł /obciążen/). Implementacja strategii adaptacyjnych.	6

LABORATORIUM KOMPUTEROWE		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
K2	Zastosowanie metody elementów skończonych do poszukiwania rozwiązań numerycznych zagadnień eliptycznych techniki w przypadku jedno-wymiarowym. Jedno-wymiarowe stacjonarne równanie przewodnictwa/transportu i równania elastostatyki materiałów.	1
K3	Zbieżność metody elementów skończonych w przypadku jedno-wymiarowym dla siatek jednorodnych oraz dla siatek z adaptacją typu h. Przykładowe problemy z rozwiązaniami gładkimi i osobliwymi.	1
K4	Zbieżność metody elementów skończonych w przypadku jedno-wymiarowym w przypadku siatek z adaptacją typu h i hp. Efektywność algorytmów adaptacyjnych w przyspieszaniu procesu redukcji błędów. Zadanie obliczeniowe i przygotowanie sprawozdania (LaTeX).	2
K5	Zagadnienie dwu-wymiarowe dla statycznego pola elektromagnetycznego w obszarze otwartym i zamkniętym. Zagadnienia stacjonarne i falowody. Zagadnienie kompaktifikacji, odwzorowanie do obszarów prostokątnych. Zbieżność metody elementów skończonych w dwu wymiarach na jednorodnej siatce prostokątnej. Obserwacja wpływu stałej sieci na dokładność uzyskanych wyników.	2
K6	Metoda elementów skończonych z adaptacją typu h w dwu wymiarach. Zastosowanie do modelowania materiałów elastycznych. Zadanie obliczeniowe i przygotowanie sprawozdania (LaTeX).	3

7 NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1 Wykłady

N2 Ćwiczenia w laboratorium komputerowym,

N3 zadania obliczeniowe i ich prezentacje indywidualne i zespołowe

N4 Konsultacje

N5 prezentacje multimedialne

N6 narzędzie komputerowej algebry symbolicznej, biblioteki obliczeniowe

8 OBCIĄŻENIE PRACĄ STUDENTA

FORMA AKTYWNOŚCI	ŚREDNIA LICZBA GODZIN NA ZREALIZOWANIE AKTYWNOŚCI
Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim, w tym:	
Godziny wynikające z planu studiów	30
Konsultacje przedmiotowe	2
Egzaminy i zaliczenia w sesji	2
Godziny bez udziału nauczyciela akademickiego wynikające z nakładu pracy studenta, w tym:	
Przygotowanie się do zajęć, w tym studiowanie zalecanej literatury	6
Opracowanie wyników	10
Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji	10
SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA	60
SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU	2.00

9 SPOSOBY OCENY

OCENA FORMUJĄCA

F1 Student uczestniczy aktywnie w pracach laboratorium komputerowego oraz uczeszcza na wykład

F2 Student przygotowuje kompletny raport prezentujący i dyskutujący wyniki dotyczące zadanych zagadnień obliczeniowych

OCENA PODSUMOWUJĄCA

P1 średnia wazona ocen formujących, uzględniająca uczestnictwo i aktywność na zajęciach

WARUNKI ZALICZENIA PRZEDMIOTU

W1 Pozytywna ocena z ćwiczenia laboratoryjnego i zadań zaliczeniowych, regularne uczestnictwo w zajęciach

KRYTERIA OCENY

EFEKT KSZTAŁCENIA 1	
NA OCENĘ 2.0	Student nie posiada podstawowych wiadomości dotyczących efektu kształcenia. Postępuje nieetycznie.
NA OCENĘ 3.0	Student posiada podstawowe wiadomości i zrozumienie dotyczące treści opisanych w efekcie kształcenia. Brak mu jednak pewności i samodzielności w rozwiązywaniu problemów wykraczających ponad podstawowy poziom. Postępuje etycznie.

NA OCENĘ 3.5	Student posiada nieco ponad podstawowe wiadomości i podstawowe zrozumienie dotyczące treści opisanych w efekcie kształcenia. Postępuje etycznie.
NA OCENĘ 4.0	Student posiada dobre wiadomości i zrozumienie dotyczące treści opisanych w efekcie kształcenia. Postępuje etycznie.
NA OCENĘ 4.5	Student posiada szerokie wiadomości i dobre zrozumienie dotyczące treści opisanych w efekcie kształcenia. Postępuje etycznie.
NA OCENĘ 5.0	Student posiada szerokie wiadomości i bardzo dobre zrozumienie dotyczące treści opisanych w efekcie kształcenia. Postępuje etycznie.
EFEKT KSZTAŁCENIA 2	
NA OCENĘ 2.0	Student nie posiada podstawowych wiadomości dotyczących efektu kształcenia. Postępuje nieetycznie.
NA OCENĘ 3.0	Student posiada podstawowe wiadomości i zrozumienie dotyczące treści opisanych w efekcie kształcenia. Brak mu jednak pewności i samodzielności w rozwiązywaniu problemów wykraczających ponad podstawowy poziom. Postępuje etycznie.
NA OCENĘ 3.5	Student posiada nieco ponad podstawowe wiadomości i podstawowe zrozumienie dotyczące treści opisanych w efekcie kształcenia. Postępuje etycznie.
NA OCENĘ 4.0	Student posiada dobre wiadomości i zrozumienie dotyczące treści opisanych w efekcie kształcenia. Postępuje etycznie.
NA OCENĘ 4.5	Student posiada szerokie wiadomości i dobre zrozumienie dotyczące treści opisanych w efekcie kształcenia. Postępuje etycznie.
NA OCENĘ 5.0	Student posiada szerokie wiadomości i bardzo dobre zrozumienie dotyczące treści opisanych w efekcie kształcenia. Postępuje etycznie.
EFEKT KSZTAŁCENIA 3	
NA OCENĘ 2.0	Student nie posiada podstawowych wiadomości dotyczących efektu kształcenia. Postępuje nieetycznie.
NA OCENĘ 3.0	Student posiada podstawowe wiadomości i zrozumienie dotyczące treści opisanych w efekcie kształcenia. Brak mu jednak pewności i samodzielności w rozwiązywaniu problemów wykraczających ponad podstawowy poziom. Postępuje etycznie.
NA OCENĘ 3.5	Student posiada nieco ponad podstawowe wiadomości i podstawowe zrozumienie dotyczące treści opisanych w efekcie kształcenia. Postępuje etycznie.
NA OCENĘ 4.0	Student posiada dobre wiadomości i zrozumienie dotyczące treści opisanych w efekcie kształcenia. Postępuje etycznie.
NA OCENĘ 4.5	Student posiada szerokie wiadomości i dobre zrozumienie dotyczące treści opisanych w efekcie kształcenia. Postępuje etycznie.
NA OCENĘ 5.0	Student posiada szerokie wiadomości i bardzo dobre zrozumienie dotyczące treści opisanych w efekcie kształcenia. Postępuje etycznie.

EFEKT KSZTAŁCENIA 4	
NA OCENĘ 2.0	Student nie spełnia założeń wskazanego efektu kształcenia w stopniu podstawowym. Postępuje nieetycznie.
NA OCENĘ 3.0	Student spełnia założenia wskazanego efektu kształcenia w stopniu dostatecznym. Postępuje etycznie.
NA OCENĘ 3.5	Student spełnia założenia wskazanego efektu kształcenia w stopniu dostatecznym plus. Postępuje etycznie.
NA OCENĘ 4.0	Student spełnia założenia wskazanego efektu kształcenia w stopniu dobrym. Postępuje etycznie.
NA OCENĘ 4.5	Student spełnia założenia wskazanego efektu kształcenia w stopniu dobrym plus. Postępuje etycznie.
NA OCENĘ 5.0	Student spełnia założenia wskazanego efektu kształcenia w stopniu bardzo dobrym. Postępuje etycznie.

10 MACIERZ REALIZACJI PRZEDMIOTU

EFEKT KSZTAŁCENIA	ODNIESIENIE DANEGO EFEKTU DO SZCZEGÓŁOWYCH EFEKTÓW ZDEFINIOWANYCH DLA PROGRAMU	CELE PRZEDMIOTU	TREŚCI PROGRAMOWE	NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE	SPOSOBY OCENY
EK1		Cel 1	W1 W2 W3 W4 W5 W6 W7 W8 W9 W10 K1 K2 K3 K4 K5 K6	N1 N2 N3 N4 N5	F1 F2 P1
EK2		Cel 2 Cel 3	K1 K2 K3 K4 K5 K6	N2 N4 N5 N6	F1 F2 P1
EK3		Cel 1 Cel 2 Cel 3	W1 W2 W3 W4 W5 W6 W7 W8 W9 W10 K1 K2 K3 K4 K5 K6	N2 N3 N4 N5	F1 F2 P1
EK4		Cel 3	K1 K2 K3 K4 K5 K6	N2 N3	F1 F2 P1

11 WYKAZ LITERATURY

LITERATURA PODSTAWOWA

- [1] | **W. Rachowicz** — *Metoda elementów skończonych i brzegowych. Podstawy kontroli błędów i adaptacji*, Kraków, 2012, Wydawnictwo PK
- [2] | **M.Rappaz, M.Bellet, M.Deville** — *Numerical Modeling in Materials Science and Engineering*, Berlin, 2005, Springer-Verlag
- [3] | **B. Szabo, I. Babuska** — *Finite Element Analysis*, New York, 1991, John Wiley and Sons

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

- [1] | **E. Kącki** — *Równania różniczkowe cząstkowe w zagadnieniach fizyki i techniki*, Warszawa, 1989, WNT
- [2] | **J.T. Oden, E.B. Becker** — *Finite Elements: An Introduction*, New York, 1996, Prentice Hall

LITERATURA DODATKOWA

- [1] | **W.H. Press, S.A. Teukolsky, W.T. Vetterling, B.P. Flannery** — *Numerical Recipes 3rd Edition. The Art of Scientific Computing*, New York, 2007, Cambridge University Press

12 INFORMACJE O NAUCZYCIELACH AKADEMICKICH

OSOBA ODPOWIEDZIALNA ZA KARTĘ

dr hab. Łukasz Bratek (kontakt: lukasz.brtek@pk.edu.pl)

OSOBY PROWADZĄCE PRZEDMIOT

1 dr hab. Łukasz Bratek (kontakt: lukasz.brtek@pk.edu.pl)

13 ZATWIERDZENIE KARTY PRZEDMIOTU DO REALIZACJI

(miejscowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)

PRZYJMUJĘ DO REALIZACJI (data i podpisy osób prowadzących przedmiot)

.....