

# POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

## KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2020/2021

Wydział Inżynierii Materiałowej i Fizyki

Kierunek studiów: Fizyka Techniczna

Profil: Ogólnoakademicki

Forma studiów: stacjonarne

Kod kierunku: FT

Stopień studiów: II

Specjalności: Fizyka medyczna, Nowoczesne materiały i nanotechnologie, Modelowanie komputerowe, Technologie multimedialne

### 1 INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

NAZWA PRZEDMIOTU	Adaptacyjne metody numeryczne
NAZWA PRZEDMIOTU W JĘZYKU ANGIELSKIM	Adaptive numerical methods
KOD PRZEDMIOTU	WIMiF FT oIIS C8 20/21
KATEGORIA PRZEDMIOTU	Przedmioty kierunkowe
LICZBA PUNKTÓW ECTS	3.00
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** Prezentacja teoretycznego tła metody elementów skończonych w zastosowaniu do rozwiązywania równań różniczkowych fizyki.

**Cel 2** Student rozumie i programuje adaptacyjne metody numeryczne (w jednym wymiarze).

**Cel 3** Student stosuje procedury adaptacyjne metody elementów skończonych do rozwiązywania numerycznego wybranych zagadnień eliptycznych fizyki i techniki.

#### 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, interpolacja)

#### 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 rozwiązania zagadnień opisywanych przez równania różniczkowe zwyczajne. Student wykorzystuje algorytmy adaptacyjne do rozwiązywania problemów dwu-wymiarowych opisanych przez równania różniczkowe cząstkowe.

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

**EK4 Kompetencje społeczne** 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 redukowalne do przypadku jedno-wymiarowego i zagadnienia zdefiniowane na przestrzennych liniach zakrzywionych.	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 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 macierzą rzadką. Ogólna macierz sztywności i wektora źródłowego. Zastosowanie kwadratur numerycznych do wyznaczania form dwuliniowych i składowych wektora źródła. 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 fizyki i 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 równanie przewodnictwa.	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 w dwu wymiarach.	1.5
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.	1.5

LABORATORIUM KOMPUTEROWE		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
K1	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 /obciążeń/). Implementacja strategii adaptacyjnych.	6
K2	Zastosowanie metody elementów skończonych do poszukiwania rozwiązań numerycznych zagadnień eliptycznych w przypadku jedno-wymiarowym. Jedno-wymiarowe stacjonarne równanie przewodnictwa i równania ugięcia jedno-wymiarowej belki.	1

LABORATORIUM KOMPUTEROWE		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
<b>K3</b>	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
<b>K4</b>	Zbieżność metody elementów skończonych w przypadku jedno-wymiarowym w przypadku siatek z adaptacją typu $h$ i $h_p$ . Efektywność algorytmów adaptacyjnych w przyspieszaniu procesu redukcji błędów. Projekt i przygotowanie sprawozdania (LaTeX).	2
<b>K5</b>	Zagadnienie dwu-wymiarowe dla statycznego pola elektromagnetycznego w obszarze otwartym i zamkniętym. Zagadnienia stacjonarne i falowody. Zagadnienie kompaktfikacji, odwzorowanie do obszarów prostokątnych. Zbieżność metody elementów skończonych w dwu wymiarach na jednorodnej siatce prostokątnej. Obserwacja wpływu stałej sieci na dokładność uzyskanych wyników.	2
<b>K6</b>	Metoda elementów skończonych z adaptacją typu $h$ w dwu wymiarach. Zastosowanie do problemów elektromagnetyzmu i hydrodynamiki płynów nieściśliwych i ściśliwych. Projekt i przygotowanie sprawozdania (LaTeX).	3

## 7 NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1 Wykłady

N2 Ćwiczenia w laboratorium komputerowym

N3 Projekty indywidualne i zespołowe

N4 Konsultacje

N5 prezentacje multimedialne

N6 narzędzie komputerowej algebry symbolicznej, kompilator, linker programów komputerowych

## 8 OBCIĄŻENIE PRACĄ STUDENTA

FORMA AKTYWNOŚCI	ŚREDNIA LICZBA GODZIN NA ZREALIZOWANIE AKTYWNOŚCI
<b>Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim, w tym:</b>	
Godziny wynikające z planu studiów	30
Konsultacje przedmiotowe	2
Egzaminy i zaliczenia w sesji	5
<b>Godziny bez udziału nauczyciela akademickiego wynikające z nakładu pracy studenta, w tym:</b>	
Przygotowanie się do zajęć, w tym studiowanie zalecanej literatury	15
Opracowanie wyników	15
Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji	15
<b>SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA</b>	<b>82</b>
SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU	3.00

## 9 SPOSOBY OCENY

### OCENA FORMUJĄCA

**F1** Student uczestniczy aktywnie w pracach laboratorium komputerowego oraz uczęszcza na wykład

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

### OCENA PODSUMOWUJĄCA

**P1** średnia ważona ocen formujących, uzględniająca uczestnictwo i aktywność na zajęciach

### WARUNKI ZALICZENIA PRZEDMIOTU

**W1** Pozytywna ocena z ćwiczenia laboratoryjnego i projektu zaliczeniowego, regularne uczestnictwo w zajęciach

### KRYTERIA OCENY

EFEKT KSZTAŁCENIA 1	
NA OCENĘ 3.0	Student posiada podstawową wiedzę dotyczącą zaprezentowanych metod obliczeniowych
EFEKT KSZTAŁCENIA 2	

NA OCENĘ 3.0	Student prezentuje minimalne umiejętności dotyczące projektowania i zaprogramowania zaprezentowanych algorytmów adaptacyjnych w jednym wymiarze oraz stosowania ich do rozwiązania zagadnień opisywanych przez równania różniczkowe zwyczajne. Student w minimalnym stopniu potrafi wykorzystać algorytmy adaptacyjne do rozwiązywania problemów dwu-wymiarowych opisanych przez równania różniczkowe cząstkowe.
EFEKT KSZTAŁCENIA 3	
NA OCENĘ 3.0	Student prezentuje minimalne umiejętności w przygotowaniu i zaprezentowaniu raportu z rozwiązania zagadnień obliczeniowych
EFEKT KSZTAŁCENIA 4	
NA OCENĘ 3.0	Student w stopniu minimalnym rozwija swoje umiejętności pracy w grupie

## 10 MACIERZ REALIZACJI PRZEDMIOTU

EFEKT KSZTAŁCENIA	ODNIESIENIE DANEGO EFEKTU DO SZCZEGÓLOWYCH EFEKTÓW ZDEFINIOWANYCH DLA PROGRAMU	CELE PRZEDMIOTU	TREŚCI PROGRAMOWE	NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE	SPOSOBY OCENY
EK1	K_W02b K_W03 K_W05 K_W09b K_U01b	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	K_U01b K_U03b K_U04b K_U07b K_U08b K_U14 K_U16b	Cel 2 Cel 3	K1 K2 K3 K4 K5 K6	N2 N4 N5 N6	F1 F2 P1
EK3	K_U04b K_U16b	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	K_K03	Cel 3	K1 K2 K3 K4 K5 K6	N2 N3	F1 F2 P1

## 11 WYKAZ LITERATURY

### LITERATURA PODSTAWOWA

- [1 ] **O. C. Zienkiewicz** — *Metoda Elementów Skończonych*, Warszawa, 1976, PWN
- [2 ] **B. Szabo, I. Babuska** — *Finite Element Analysis*, New York, 1991, John Wiley and Sons
- [3 ] **W. Rachowicz** — *Metoda elementów skończonych i brzegowych. Podstawy kontroli błędów i adaptacji*, Kraków, 2012, Wydawnictwo PK

### LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

- [1 ] **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.brateg@pk.edu.pl)

### OSOBY PROWADZĄCE PRZEDMIOT

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

## 13 ZATWIERDZENIE KARTY PRZEDMIOTU DO REALIZACJI

---

(miejsowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)

PRZYJMUJĘ DO REALIZACJI (data i podpisy osób prowadzących przedmiot)

.....