

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: Modelowanie komputerowe

1 INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

NAZWA PRZEDMIOTU	Metody obliczeniowe w nauce i technice
NAZWA PRZEDMIOTU W JĘZYKU ANGIELSKIM	Computational methods in science and technology
KOD PRZEDMIOTU	WIMiF FT oIIS D4 20/21
KATEGORIA PRZEDMIOTU	Przedmioty specjalnościowe
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	30	0	0

3 CELE PRZEDMIOTU

Cel 1 Student zapoznaje się, rozumie i projektuje, głównie w języku programowania (preferencyjnie C lub Fortran) jak i posiłkując się symbolicznym językiem komputerowym (Mathematica), standardowe procedury obliczeniowe i stosuje je do rozwiązywania różnorodnych zagadnień obliczeniowych z jakimi może spotkać się fizyk.

Cel 2 Student rozwija dedykowane algorytmy dla niestandardowych zagadnień obliczeniowych (takich jak całko-

wanie równań różniczkowych z punktami osobliwymi lub całkowanie równań z dodatkowymi więzami konsystencji zależnymi od poszukiwanych rozwiązań)

Cel 3 Student zapoznaje się z zagadnieniami teoretycznymi w kontekście równań danego typu.

4 WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

1 Znajomość podstaw algebry liniowej, analizy matematycznej, podstawowe umiejętności programistyczne.

5 EFEKTY KSZTAŁCENIA

EK1 Wiedza Student rozumie zaprezentowane algorytmy obliczeniowe

EK2 Umiejętności Student potrafi zaprojektować i zaprogramować standardowe procedury obliczeniowe dla równań różniczkowych zwyczajnych i cząstkowych oraz efektywnie wykorzystuje narzędzia komputerowej algebry symbolicznej w celu uzyskania i redukcji potrzebnych formuł

EK3 Umiejętności Student potrafi rozwiązać różnorodne zagadnienia obliczeniowe posilując się przygotowanymi podprogramami/funkcjami obliczeniowymi

EK4 Umiejętności Student potrafi napisać sprawozdanie/raport (w LaTeX) dyskutujący rozwiązania zadań domowych lub projektów grupowych, potrafi przygotować i wygłosić ustną prezentację uzyskanych wyników

EK5 Kompetencje społeczne Student rozwija umiejętności pracy w zespole

6 TREŚCI PROGRAMOWE

WYKŁAD		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
W1	Równania różniczkowe w fizyce i technice: zastosowanie dedykowanego modułu obliczeń tensorowych do uzyskania równań różniczkowych hydrodynamiki i elektromagnetyczmu w różnych układach współrzędnych. Operatory różniczkowe w analizie pól wektorowych. Hydrodynamika w teorii relatywistycznej i nierelatywistycznej, koncepcja pola prędkości cieczy, układu współporuszającego się z płynem, operatory rzutowe na lokalne przestrzenie płynu, tensor energii-pędu cieczy idealnej; tensor pochodnych pola prędkości płynu w lokalnych przestrzeniach płynu, rozkład na tensor ścinania, dylatacji i wiru, uogólnienie tensora energii-pędu do przepływu lepkiego, więzy lokalnego prawa zachowania i wynikające stąd równania Naviera-Stokesa, granica Newtonowska z lepkością. Pola Maxwella ze źródłami, tensor energii-pędu i równania ruchu wynikające z więzów lokalnego prawa zachowania. Wektorowa postać równań Maxwella w układzie współrzędnych prostokątnych i krzywoliniowych.	2
W2	Numeryczny pomocnik: twierdzenie Weierstrassa o zbieżności, interpolacja Lagrange'a i jej błąd, algorytm Neville'a, interpolacja funkcjami wymiernymi, interpolacja 'qubic spline' i wygładzanie, interpolacja trygonometryczna, metoda najmniejszych kwadratów i niepewności parametrów swobodnych, aproksymacja dyskretnego zbioru danych, pierwiastki i ekstrema: metoda bisekcji, siecznej oraz punktu stałego, metoda Newtona-Raphsona dla równań wielu zmiennych, schemat minimalizacji dla funkcji wielu zmiennych.	2

WYKŁAD		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
W3	Analiza numeryczna: podstawowe wielopunktowe formuły dla pochodnych pierwszego i drugiego rzędu, rekursywna ekstrapolacja Richardosona dla pochodnych, kwadratury funkcji jednej zmiennej i oszacowania błędów: metody podstawowe i wyższego rzędu. Całkowanie metodą Gaussa, oszacowanie błędu. Uogólniona analiza Fouriera. Układy bazowe ortogonalne z wagą, metoda ortogonalizacji Grama-Schmidta, wielomiany specjalne w fizyce. Dyskretna transformata Fouriera, algorytm szybkiej transformaty Fouriera.	2
W4	Uwagi nt rachunku wariacyjnego układów ze skończoną i nieskończoną ilością stopni swobody, wielkości zachowane. Bezpośrednie metody minimalizacji funkcjonalów do przybliżonego rozwiązywania zagadnień brzegowych z przykładami: metoda łamanych Eulera, Metoda Ritza, Metoda Kantorowicza. Zastosowanie metod wariacyjnych do uzyskania wybranych równań fizyki: równania propagacji promieni świetlnych w ośrodkach optycznie niejednorodnych: wyprowadzenie z zasady Fermata minimalnego czasu, wynikające stąd równania zwyczajne dla układów optycznych osiowo-symetrycznych (układy soczewek oraz niejednorodne krzywoliniowe światłowodów), równanie geodezyjnych z zasady Maupertuis. Przykładowe zagadnienia teorio-polowe redukowalne do różniczkowych równań zwyczajnych.	2
W5	Metody obliczeniowe dla układów równań różniczkowych zwyczajnych. Sformułowania początkowe i brzegowe, podstawowe twierdzenia o jednoznaczności. Metoda różnic skończonych i metody wariacyjne. Uwagi nt metod jedno- i wielokrokowych. Schemat całkowania 'leap-frog/mid-point', wyprowadzenie formuł Rungego-Kutty wyższego rzędu wspomaganie algebrą komputerową, całkujący kod numeryczny o jednorodnym kroku, uwagi nt kontroli kroku całkowania. Problem osobliwych punktów brzegowych: punkty osobliwe równań różniczkowych zwyczajnych, omijanie osobliwości, analityczne startery dla integratorów numerycznych. Zastosowanie podejścia Rungego-Kutty do równań różniczkowych regularnych i z osobliwościami. Metoda strzelania dla problemu brzegowego równania różniczkowego zwyczajnego. Metoda strzałów dla zagadnienia brzegowego - zastosowanie do równań rzędu drugiego z osobliwościami.	4
W6	Metody obliczeniowe dla równań różniczkowych cząstkowych. Uwagi nt podstawowych metod analitycznego rozwiązywania równań cząstkowych: równania eliptyczne, hiperboliczne i paraboliczne oraz odpowiadające im zagadnienia początkowe/brzegowe. Dyskretyzacja na płaskich obszarach, odwzorowywanie pewnych (płaskich i zakrzywionych) obszarów dwu-wymiarowych na siatki prostokątne i odpowiadająca im transformacja zagadnienia dla wyjściowego równania cząstkowego. Metoda relaksacji dla zagadnień eliptycznych. Numeryczne rozwiązywanie typowych problemów opisanych równaniami różniczkowymi cząstkowymi. Numeryczne rozwiązywanie pewnych nietypowych zagadnień eliptycznych (równanie pulsara).	3

LABORATORIUM KOMPUTEROWE		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN

LABORATORIUM KOMPUTEROWE		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
K1	Stworzenie modułu rachunku tensorowego w wybranym środowisku symbolicznej algebry komputerowej. Podstawy rachunku absolutnego: bazy, bazy dualne na podrozmaitościach, indukowany tensor metryczny, pochodne wektorów bazowych, składowe koneksji, rozkład i różniczkowanie wektorów dowolnych, pojęcie krzywizny. Zastosowanie do podstawowych rozmaitości w przestrzeni Euklidesa i czasoprzestrzeni Minkowskiego: Operator Laplace'a i skalar krzywizny na sferze, torusie, trój-sferze, przestrzeni Łobaczewskiego. Równania hydrodynamiki: ogólne sferyczne i statyczne metryki samo-grawitującej cieczy doskonałej (uzyskanie równania równowagi hydrodynamicznej płynu). Raport w LaTeX(beamer).	3
K2	Dyskusja i pisanie wybranych podstawowych pomocniczych podprocedur obliczeniowych (włączywszy interpolację, wygładzanie metodą cubic-spline, czy proste solwery równań nieliniowych). Aproksymacja dyskretnego zbioru danych pomiarowych i 'fitowanie' (metoda najmniejszych kwadratów). Zastosowanie do modelowania krzywych rotacji galaktyk, poszukiwania zer równań nieliniowych /problemy typu $\tan(x)=a x$, tablicowanie funkcji Lamberta/, wygładzanie danych GPS 'tracking data'. Raport w LaTeX(beamer).	5
K3	Podprogram do tworzenia wielomianów ortogonalnych (w środowisku komputerowej algebry symbolicznej). Podprogramy do całkowania i różniczkowania numerycznego, testowanie z zastawianiem do prostych problemów, wyznaczanie wartości funkcji eliptycznych lub innych funkcji specjalnych zadanych całkami)	4
K4	Zastosowanie procedur wariacyjnych omówionych na wykładzie do przybliżonego rozwiązywania wybranych zagadnień brzegowych dla równań różniczkowych zwyczajnych cząstkowych przy użyciu programu do obliczeń symbolicznych. Procedury integrujące z jednorodnym krokiem (podejście metodą Rungego-Kutty). Testowanie z użyciem równań zwyczajnych o znanych rozwiązaniach ścisłych (np specjalne całkwalne problemy n-ciałowe i ich numeryczne całkowanie). Zastosowanie do zagadnień początkowych: 1) modelowanie współczynnika załamania: przypadek osiowo-symetrycznego układu soczewek oraz dowolnie zakrzywionego niejednorodnego światłowodu; numeryczne całkowanie uzyskanych równań promieni świetlnych, 2) poszukiwanie rozwiązań nieliniowych równań różniczkowych zwyczajnych z osobliwościami na brzegu: metoda strzelania wspomagana analitycznym starterem na przykładzie ekwiwariantnych map harmonicznych między trójsferami lub/i Skyrmionów na trójsferze, sporządzanie diagramów fazowych rozwiązań. Raport w LaTeX(beamer). Podprogram całkujący oparty na algorytmie 'leap-frog' o jednorodnym kroku, zastosowanie do symulacji n-ciałowej płaskiego dysku galaktycznego. Raport w LaTeX(beamer).	9

LABORATORIUM KOMPUTEROWE		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
K5	Zastosowanie procedur wariacyjnych omówionych na wykładzie do przybliżonego rozwiązywania wybranych zagadnień brzegowych dla równań różniczkowych cząstkowych przy użyciu programu do obliczeń symbolicznych. Podprogram rozwiązujący ogólny problem eliptyczny na siatce prostokątnej metodą relaksacji. Testowanie z użyciem rozwiązań ścisłych prostych zagadnień brzegowych (Dirichlet, Neumann, i problemy mieszane) na obszarach nieprostokątnych dających się odwzorować na obszar prostokątny. Rozwiązania 'split monopole' i dipolowe dla równania pulsara na uzwarconym obszarze oraz z nałożonym (zależnym od poszukiwanego rozwiązania) warunkiem konsystentności na cylindrze świetlnym. Raport w LaTeX(beamer).	9

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
Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim, w tym:	
Godziny wynikające z planu studiów	45
Konsultacje przedmiotowe	2
Egzaminy i zaliczenia w sesji	5
Godziny bez udziału nauczyciela akademickiego wynikające z nakładu pracy studenta, w tym:	
Przygotowanie się do zajęć, w tym studiowanie zalecanej literatury	8
Opracowanie wyników	18
Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji	12
SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA	90
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 Wszystkie projekty zaliczone

W2 średnia ocen co najmniej 3.0

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 w projektowaniu i programowaniu standardowych procedur numerycznych dla równań różniczkowych zwyczajnych i cząstkowych
EFEKT KSZTAŁCENIA 3	
NA OCENĘ 3.0	Student prezentuje minimalne umiejętności w rozwiązywaniu zagadnień obliczeniowych przy użyciu przygotowanych procedur obliczeniowych
EFEKT KSZTAŁCENIA 4	
NA OCENĘ 3.0	Student prezentuje minimalne umiejętności w przygotowaniu i zaprezentowaniu raportu z rozwiązania zagadnień obliczeniowych
EFEKT KSZTAŁCENIA 5	
NA OCENĘ 3.0	Student w stopniu minimalnym rozwija swoje umiejętności pracy w grupie

10 MACIERZ REALIZACJI PRZEDMIOTU

EFEKT KSZTAŁCENIA	ODNIESIENIE DANEGO EFEKTU DO SZCZEGÓŁOWYCH EFEKTÓW ZDEFINIOWANYCH DLA PROGRAMU	CELE PRZEDMIOTU	TREŚCI PROGRAMOWE	NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE	SPOSOBY OCENY
EK1	K_W01b K_W02b K_W03 K_W05 K_W09b	Cel 1 Cel 2	W1 W2 W3 W5 W6 K1 K2 K3 K4 K5	N1 N2 N3 N4 N5 N6	F1 F2 P1
EK2	K_U13 K_U14 K_U15 K_U16b	Cel 1 Cel 2	W2 W3 W5 W6 K1 K2 K3 K4 K5	N1 N2 N3 N4 N5 N6	F1 F2 P1
EK3	K_U01b K_U07b K_U08b K_U10b K_U13 K_U14	Cel 1 Cel 2 Cel 3	W1 W2 W3 W4 W5 W6 K1 K2 K3 K4 K5	N1 N2 N3 N4 N5 N6	F1 F2 P1
EK4	K_U01b K_U02 K_U03b K_U04b K_U16b	Cel 3	K1 K4 K5	N3 N4 N5	F2
EK5	K_K01 K_K03 K_K04	Cel 2	K1 K2 K3 K4 K5	N2 N3 N4	F1 F2

11 WYKAZ LITERATURY

LITERATURA PODSTAWOWA

- [1] **Samuel SM Wong** — *Computational Methods in Physics and Engineering*, London, 1977, World Scientific
[2] **S.E. Koonin, D.C. Meredith** — *Computational Physics*, , 1990, Westview Press

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

- [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

LITERATURA DODATKOWA

- [1] **Robert Wald** — *General Relativity*, Chicago, 1984, University of Chicago Press
[2] **L.D. Landau, F.M. Lifshitz** — *Fluid Mechanics*, Oxford, 1987, Pergamon Press

12 INFORMACJE O NAUCZYCIELACH AKADEMICKICH

OSOBA ODPOWIEDZIALNA ZA KARTĘ

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

OSOBY PROWADZĄCE PRZEDMIOT

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

13 ZATWIERDZENIE KARTY PRZEDMIOTU DO REALIZACJI

(miejsowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)

PRZYJMUJĘ DO REALIZACJI (data i podpisy osób prowadzących przedmiot)

.....