

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

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 NEW oIIS D4 21/22
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 Zapoznanie studentów z najbardziej spopularyzowanymi metodami obliczeniowymi wykorzystywanymi w modelowaniu komputerowym zagadnień inżynierskich oraz naukowo-badawczych, w stopniu wystarczającym do zastosowania ich w praktyce (m.in. techniki wariacyjne, metoda Galerkina, metody parametryczne, różnic skończonych, czy elementów brzegowych /metoda elementów skończonych jest omawiana na osobnym kur-

sie metod adaptacyjnych/, symulacje n-ciałowe PIC, symulacje MPM deformacji materiałów). Rozszerzenie dotychczas zdobytej wiedzy studenta w zakresie obliczeń numerycznych i obliczeń symbolicznych.

Cel 2 Rozwinięcie umiejętności programistycznych studentów poprzez zapoznanie się, zrozumienie i zrealizowanie – głównie w języku programowania (preferencyjnie Python oraz C) jak i posiłkując się nowoczesnymi narzędziami do przeprowadzania obliczeń symbolicznych (preferencyjnie Mathematica, Mathlab) – uproszczonych procedur najbardziej rozpowszechnionych metod obliczeniowych. Zastosowanie ich do rozwiązywania typowych zagadnień obliczeniowych mających zastosowanie w inżynierii materiałów (np materiałów elastycznych, mechaniki płynów, propagacji fal w materiałach niejednorodnych).

Cel 3 Zapoznanie studentów z aspektami teoretycznymi i praktycznymi rozwiązywanych zagadnień obliczeniowych i wykształcenie umiejętności doboru metod w zależności od specyfiki rozwiązywanego zagadnienia obliczeniowego, oraz rozszerzenie wiedzy w zakresie symulowanych zjawisk.

4 WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

1 Znajomość podstaw algebry liniowej i geometrii, analizy matematycznej oraz metod numerycznych w zakresie studiów pierwszego stopnia

2 Podstawowe umiejętności programistyczne

5 EFEKTY KSZTAŁCENIA

EK1 Wiedza Student rozumie zaprezentowane algorytmy obliczeniowe oraz ich matematyczną podstawę.

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

EK3 Umiejętności Student potrafi rozwiązać różnorodne zagadnienia obliczeniowe posiłkując się samodzielnie przygotowanymi lub dostarczonymi podprogramami/funkcjami obliczeniowymi

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

EK5 Kompetencje społeczne Student rozumie wagę matematyczno-przyrodniczych nauk podstawowych (jak fizyka) i ich metod poznawczych (jak modelowanie matematyczne zjawisk) w rozwoju nauk technicznych i inżynierskich oraz w rozwoju nowoczesnego i świadomego społeczeństwa.

EK6 Kompetencje społeczne Student rozwija umiejętności pracy w zespole.

6 TREŚCI PROGRAMOWE

WYKŁAD		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN

WYKŁAD		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
W1	Podstawowe wiadomości teoretyczne metod obliczeniowych: równania różniczkowe w zagadnieniach inżynierskich: zastosowanie dedykowanego modułu obliczeń symbolicznych-tensorowych do uzyskania równań różniczkowych materiałów elastycznych, hydrodynamiki, elektromagnetyczmu i magnetohydrodynamiki w krzywoliniowych układach współrzędnych. Operatory różniczkowe w analizie pól wektorowych. Elastostatyka - elementy metody Cosserat w opisie materiałów z mikrostrukturą. Opis układów wieloatomowych - nanorurki węglowe - konstrukcja Hamiltonianu i równań ruchu. Mechanika płynów: koncepcja pola prędkości cieczy, układu współporuszającego się z płynem, operatory rzutowe na lokalne przestrzenie płynu, tensor naprężeń-energii płynu; tensor pochodnych pola prędkości płynu w lokalnych przestrzeniach płynu, rozkład algebraiczny na tensor ścinania, dylatacji i wiru, uogólnienie tensora naprężeń-energii do przepływu lepkiego, więzy z lokalnych praw zachowania i wynikające stąd równania Naviera-Stokesa. Pola Maxwella ze źródłami: tensor naprężeń-energii i równania ruchu wynikające z miejscowych lokalnych praw zachowania. Wektorowa postać równań Maxwella w krzywoliniowych układach współrzędnych. Zagadnienia propagacji fal w ośrodkach niejednorodnych.	3
W2	Analiza numeryczna: podstawowe wielopunktowe formuły dla pochodnych pierwszego i drugiego rzędu, rekursywna ekstrapolacja Richardsona dla pochodnych, kwadratury funkcji jednej zmiennej i oszacowania błędów: metody podstawowe i wyższego rzędu. Układy bazowe ortogonalne z wagą, metoda ortogonalizacji Grama-Schmidta, wielomiany specjalne. Całkowanie metodą Gaussa, oszacowanie błędów. Uogólniona analiza Fouriera. Dyskretna transformata Fouriera, algorytm szybkiej transformaty Fouriera.	3
W3	Wiadomości teoretyczne dotyczące rachunku wariacyjnego układów ze skończoną i nieskończoną ilością stopni swobody, wielkości zachowane. Bezpośrednie metody minimalizacji funkcjonałów do przybliżonego rozwiązywania zagadnień brzegowych techniki z przykładami: metoda łamanych Eulera, Metoda Ritza, Metoda Kantorowicza. Metoda Galerkin. Zastosowanie metod wariacyjnych do uzyskania wybranych równań różniczkowych techniki: zredukowane równania propagacji promieni świetlnych w materiałach optycznie niejednorodnych: wynikające stąd równania zwyczajne dla układów optycznych lokalnie osiowo-symetrycznych (np. niejednorodne krzywoliniowe światłowody), związek z geodezyjnymi w przestrzeniach zakrzywionych.	2
W4	Metody obliczeniowe dla układów równań różniczkowych zwyczajnych w zagadnieniach techniki. Sformułowania początkowe i brzegowe, podstawowe twierdzenia o jednoznaczności rozwiązań. Metoda różnic skończonych i metody wariacyjne. Uwagi na temat metod jedno- i wielokrokowych. Schemat całkowania oraz wyprowadzenie formuł Rungego-Kutty wyższego rzędu wspomaganie algebrą komputerową, Całkujący kod numeryczny o jednorodnym kroku, uwagi na temat kontroli kroku całkowania i jego adaptacji. Problem osobliwych punktów brzegowych: punkty osobliwe równań różniczkowych zwyczajnych, omijanie osobliwości, badanie lokalnych przybliżeń analitycznych rozwiązań i wynikające stąd startery dla integratorów numerycznych. Zastosowanie podejścia Rungego-Kutty do równań różniczkowych regularnych i z osobliwościami. Metoda strzałów dla zagadnienia brzegowego - zastosowanie do równań z punktami osobliwymi.	4

WYKŁAD		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
W5	Metody obliczeniowe dla równań różniczkowych cząstkowych. Uwagi dotyczące podstawowych metod analitycznego rozwiązywania równań cząstkowych techniki: 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 na siatce. Numeryczne rozwiązywanie typowych problemów technicznych opisanych równaniami różniczkowymi cząstkowymi. Numeryczne rozwiązywanie pewnych nietypowych zagadnień eliptycznych (z więzami zależnymi od poszukiwanego rozwiązania).	3

LABORATORIUM KOMPUTEROWE		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
K1	Stworzenie wybranych elementów modułu rachunku absolutnego (tensorowego) w wybranym środowisku symbolicznej algebry komputerowej. Praktyczne zastosowanie modułu jako narzędzia umożliwiającego sprawne otrzymywanie i redukcję złożonych równań w fazie wstępnej przygotowania modelu komputerowego symulowanego zjawiska oraz do badania samej metody obliczeniowej. Zastosowanie do zagadnień geometrii różniczkowej i rachunku absolutnego w opisie materiałów ciągłych (membrany, błony), Zastosowania do uzyskania wybranych równań różniczkowych techniki (mechaniki płynów w danym układzie współrzędnych krzywoliniowych itp). Zadanie zaliczeniowe i prezentacja w LaTeX(beamer).	3
K2	Dyskusja i kodowanie (w środowisku komputerowej algebry symbolicznej i języka programowania) wybranych podstawowych pomocniczych procedur numerycznych (zagadnienia interpolacyjne, wygładzanie, proste solwery algebraicznych równań nieliniowych, tworzenie wielomianów ortogonalnych, kwadratury). Testowanie procedur. Zadanie zaliczeniowe i prezentacja w LaTeX(beamer).	3
K3	Kodowanie i zastosowanie integratorów numerycznych wykorzystywanych w zagadnieniach techniki opisywanych równaniami różniczkowymi zwyczajnymi (metody z krokiem dyskretnym). Testowanie procedur dla równań zwyczajnych o znanych rozwiązaniach ścisłych (np specjalne całkwalne problemy n-ciałowe). Zastosowanie metod numerycznych dla równań cząstkowych do rozwiązywania zagadnień początkowych: 1) zagadnienia propagacji światła w ośrodkach niejednorodnych optycznie, niejednorodne światłowody krzywoliniowe ; numeryczne całkowanie uzyskanych równań promieni świetlnych, 2) poszukiwanie rozwiązań nieliniowych równań różniczkowych zwyczajnych z osobliwosciami na brzegu: metoda strzelania wspomagana analitycznym starterem, sporządzanie diagramów fazowych rozwiązań. Układy sprzężonych równań różniczkowych zwyczajnych, zastosowanie w symulacji n-ciałowej PIC (wraz z przygotowaniem danych początkowych). Zadanie zaliczeniowe i prezentacja w LaTeX(beamer).	9

LABORATORIUM KOMPUTEROWE		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
K4	Zastosowanie procedur wariacyjnych omówionych na wykładzie do rozwiązywania wybranych zagadnień brzegowych techniki dla równan różniczkowych zwyczajnych i czastkowych przy użyciu programu do obliczeń symbolicznych. Metody rozwiązywania numerycznego równań różniczkowych cząstkowych na siatce: podprogram rozwiązujący ogólny problem eliptyczny metoda relaksacji. Testowanie z użyciem rozwiązań ściśle prostych zagadnień brzegowych (Dirichlet, Neumann, i problemy mieszane) na obszarach nieprostokątnych dających się odwzorować na obszar prostokątny. Rozwiązania dla zagadnień nieliniowych z nałożonym (zależnym od poszukiwanego rozwiązania) warunkiem konsystencji. Symulacje MPM dla materiałów elastycznych i płynów. Zadanie zaliczeniowe i prezentacja w LaTeX(beamer).	15

7 NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1 Wykłady

N2 Ćwiczenia w laboratorium komputerowym

N3 Prace indywidualne i zespołowe, praca własna domowa

N4 Konsultacje

N5 Prezentacje zaliczeniowe

N6 Narzędzia komputerowej algebry symbolicznej i numerycznej, kompilatory, linkery 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	15
Opracowanie wyników	15
Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji	8
SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA	90
SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU	3.00

9 SPOSOBY OCENY

Przedmiotem metod obliczeniowych jest rozwinięcie i zastosowanie technik komputerowych rozwiązywania dyskretyzowalnych równań modeli matematycznych badanych zjawisk i procesów. Ocenie podlega zatem znajomość podstaw teoretycznych metod jak i ich zastosowania do rozwiązywania przykładowych zadań obliczeniowych.

OCENA FORMUJĄCA

F1 Student uczestniczy aktywnie w zajęciach, w szczególności w pracach laboratorium komputerowego

F2 Student przygotowuje kompletne rozwiązanie prezentując i dyskutując wyniki dotyczące zadanych zagadnień obliczeniowych

OCENA PODSUMOWUJĄCA

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

WARUNKI ZALICZENIA PRZEDMIOTU

W1 Wszystkie prace domowe zaliczone

W2 Średnia ważona z uzyskanych ocen co najmniej 3.0

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 podstawowa wiedze dotyczaca zaprezentowanych metod obliczeniowych
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 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 5	
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.
EFEKT KSZTAŁCENIA 6	
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	K_W02b K_W03 K_W05 K_W06 K_W07b K_W08 K_W09b	Cel 1 Cel 2 Cel 3	W1 W2 W3 W4 W5 K1 K2 K3 K4	N1 N2 N3 N4 N6	F2
EK2	K_U07b K_U08b K_U10b K_U15	Cel 2 Cel 3	K1 K2 K3 K4	N2 N3 N6	F1 F2
EK3	K_U07b K_U08b K_U10b	Cel 2 Cel 3	K1 K2 K3 K4	N1 N2 N3 N4 N6	F1
EK4	K_U01b K_U02 K_U03b K_U04b K_U10b K_U16b	Cel 3	K1 K2 K3 K4	N3 N5	F2 P1
EK5	K_K04	Cel 2	W1 W2 W3 W4 W5	N1 N3	F1
EK6	K_K03	Cel 2	K1 K2 K3 K4	N2 N3	F1 P1

11 WYKAZ LITERATURY

LITERATURA PODSTAWOWA

- [1] | M.Rappaz, M.Bellet, M.Deville — *Numerical Modeling in Materials Science and Engineering*, Berlin, 2005, Springer-Verlag
- [2] | Samuel SM Wong — *Computational Methods in Physics and Engineering*, London, 1977, World Scientific
- [3] | S.E. Koonin, D.C. Meredith — *Computational Physics*, , 1990, Westview Press

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

- [1] | W. Hergert A. Ernst M. Dane (Eds.) — *Computational Materials Science*, Berlin, 2004, Springer-Verlag
- [2] | M.M. Kamiński — *Computational Mechanics of Composite Materials*, London, 2005, Springer-Verlag
- [3] | David J. Pine — *Introduction to Python for Science and Engineering*, , 2019, CRC Press
- [4] | 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
- [5] | E. Kącki — *Równania różniczkowe cząstkowe w zagadnieniach fizyki i techniki*, Warszawa, 1989, WNT

LITERATURA DODATKOWA

- [1] | L.D. Landau, F.M. Lifshitz — *Fluid Mechanics*, Oxford, 0, Pergamon Press
- [2] | L. D. Landau, E. M. Lifshitz — *Theory of Elasticity*, , 0, Butterworth-Heinemann
- [3] | L. D. Landau, E. M. Lifshitz, L.P. Pitaevskii — *Electrodynamics of Continuous Media*, , 0, Butterworth-Heinemann

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

(miejscowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)

PRZYJMUJĘ DO REALIZACJI (data i podpisy osób prowadzących przedmiot)

.....