

# POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

## KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2018/2019

Wydział Inżynierii Elektrycznej i Komputerowej

Kierunek studiów: Informatyka

Profil: Ogólnoakademicki

Forma studiów: stacjonarne

Kod kierunku: Info

Stopień studiów: I

Specjalności: bez specjalności

### 1 INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

|                                         |                            |
|-----------------------------------------|----------------------------|
| NAZWA PRZEDMIOTU                        | Metody obliczeniowe        |
| NAZWA PRZEDMIOTU<br>W JĘZYKU ANGIELSKIM | Computational Methods      |
| KOD PRZEDMIOTU                          | WIEiK INFOR oIS PK10 18/19 |
| KATEGORIA PRZEDMIOTU                    | Przedmioty kierunkowe      |
| LICZBA PUNKTÓW ECTS                     | 6.00                       |
| SEMESTRY                                | 2                          |

### 2 RODZAJ ZAJĘĆ, LICZBA GODZIN W PLANIE STUDIÓW

| SEMESTR | WYKŁADY | ĆWICZENIA | LABORATORIA | LABORATORIA<br>KOMPUTERO-<br>WE | PROJEKTY |   |
|---------|---------|-----------|-------------|---------------------------------|----------|---|
| 2       | 30      | 0         | 0           | 15                              | 15       | 0 |

### 3 CELE PRZEDMIOTU

**Cel 1** Wprowadzenie podstawowych pojęć związanych z metodami obliczeniowymi i ich praktycznym zastosowaniem, systemami zapisu liczb, zapisem zmiennopozycyjnym, błędami bezwzględnymi i względnymi, błędami wejściowymi, reprezentacji, zaokrągleń, metody, błędami podstawowych operacji arytmetycznych, niektórymi zasadami prawidłowego wykonywania obliczeń numerycznych, powielaniem i zwielokrotnianiem błędów, uwarunkowaniem zadań, stabilność algorytmów, złożonością obliczeniową.

- Cel 2** Zapoznanie studentów z zagadnieniami dotyczącymi interpolacji, wielomianów interpolacyjnych Lagrangea, metody interpolacji Aitkena, zasady szacowania błędu interpolacji, interpolacji Newtona za pomocą ilorazów różnicowych, zbieżności procesów interpolacyjnych, aproksymacji, aproksymacji średniokwadratowej, aproksymacji jednostajnej, błędu aproksymacji, aproksymacji wielomianowej i trygonometrycznej, szeregów Czebyszewa, efektu Rungego.
- Cel 3** Zapoznanie studentów z zasadami numerycznego różniczkowania funkcji jednej lub dwóch zmiennych, różniczkowaniem funkcji jednej zmiennej przez różniczkowanie interpolującego ją wielomianu różniczkowanie metodą wielopunktową, podstawami numerycznego całkowania funkcji jednej lub dwóch zmiennych, całkowaniem numerycznym funkcji jednej zmiennej metodami prostokątów, trapezów, Simpsona, metodą Newtona Cotesa. Błędy metod całkowania numerycznego.
- Cel 4** Zapoznanie studentów ze strukturą metod numerycznego rozwiązywania algebraicznych układów równań liniowych, podstawami rachunku macierzowego, metodami dokładnymi (metoda eliminacji Gaussa, metoda eliminacji Gaussa Jordana, metoda rozkładu LU, metoda macierzy odwrotnej, Cramera) oraz metodami iteracyjnymi (metoda sukcesywnych poprawek, metoda Gaussa Seidla), metod numerycznego rozwiązywania układów równań różniczkowych zwyczajnych, (metoda Eulera, metody Rungego Kuty). Numeryczne rozwiązywanie równań i układów równań nieliniowych.
- Cel 5** Nabycie umiejętności pracy zespołowej w czasie zajęć laboratoryjnych oraz w trakcie opracowania projektów.

## 4 WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

- 1 Wymagana jest wiedza z zakresu techniki cyfrowej, analizy matematycznej, podstaw programowania w języku C i Matlabie.

## 5 EFEKTY KSZTAŁCENIA

- EK1 Wiedza** Student potrafi sklasyfikować podstawowe pojęcia związane z metodami obliczeniowymi i ich praktycznym zastosowaniem, systemami zapisu liczb, błędami bezwzględnymi i względnymi, błędami wejściowymi, reprezentacji, zaokrągleń, metody, błędami podstawowych operacji arytmetycznych, niektórymi zasadami prawidłowego wykonywania obliczeń numerycznych, powielaniem i zwielokrotnianiem błędów, złożonością obliczeniową. Student rozumie pojęcia interpolacja i aproksymacja. Wie co oznaczają: uwarunkowanie zadania, stabilność algorytmu, złożoność obliczeniowa.
- EK2 Umiejętności** Student potrafi rozwiązać zadania korzystając z wielomianów interpolacyjnych Lagrangea, metody interpolacji Aitkena, Newtona, Czebyszewa, zna zasady szacowania błędu interpolacji, interpolacji Newtona za pomocą ilorazów różnicowych, zbieżności procesów interpolacyjnych, aproksymacji średniokwadratowej, aproksymacji jednostajnej, błędu aproksymacji, aproksymacji wielomianowej i trygonometrycznej, szeregów Czebyszewa. Umie ograniczyć efekt Rungego.
- EK3 Wiedza** Student zna zasady numerycznego różniczkowania funkcji jednej lub dwóch zmiennych, różniczkowania funkcji jednej zmiennej przez różniczkowanie interpolującego ją wielomianu i zastosowanie ilorazów wielopunktowych, podstawy numerycznego całkowania funkcji jednej lub dwóch zmiennych, całkowanie numeryczne funkcji jednej zmiennej metodą Newtona Cotesa oraz kwadraturę Gaussa i Czebyszewa. Wie jak oszacować błędy poszczególnych metod całkowania.
- EK4 Umiejętności** Student potrafi rozwiązać układy równań liniowych stosując metody dokładne (metoda eliminacji Gaussa, metoda eliminacji Gaussa Jordana, metoda rozkładu LU, metoda macierzy odwrotnej, Cramera) oraz metody iteracyjne (metoda sukcesywnych poprawek, metoda Gaussa Seidla). Potrafi również rozwiązać układy równań różniczkowych stosując metod numerycznego rozwiązywania układów równań różniczkowych zwyczajnych, zadania Cauchyego, metod jednokrokowych (metoda Eulera, metody Rungego Kuty). Umie zastosować algorytmy rozwiązywania równań i układów równań nieliniowych.
- EK5 Kompetencje społeczne** Student pracuje indywidualnie i współpracuje w zespole wykonującym ćwiczenia laboratoryjne bądź ćwiczenia projektowe.

## 6 TREŚCI PROGRAMOWE

| PROJEKTY  |                                                                                                                                                                                          |                  |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP        | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                                                                                                                   | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>P1</b> | Wykonanie przez studentów projektów indywidualnych lub dwuosobowych z zakresu wykładów lub dodatkowych zagadnień, mające na celu praktyczne zastosowanie wybranych metod obliczeniowych. | 15               |

| LABORATORIA KOMPUTEROWE |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                  |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP                      | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>K1</b>               | Wprowadzenie, szkolenie BHP, wyjaśnienie zasad uzyskania zaliczenia, program ćwiczeń laboratoryjnych                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 2                |
| <b>K2</b>               | Kolokwium dopuszczające do laboratorium nr 1 i 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 2                |
| <b>K3</b>               | Laboratorium 1: błędy bezwzględne i względne, błędy wejściowe, reprezentacji, zaokrągleń, metody, błędy podstawowych operacji arytmetycznych, wyznaczanie epsilon maszynowego, obliczenia na dużych i małych wartościach, powielanie i zwielokrotnianie błędów. Wielomiany interpolacyjne Lagrangea, metoda interpolacji Aitkena, zasada szacowania błędu interpolacji, interpolacja Newtona za pomocą ilorazów różnicowych. | 2                |
| <b>K4</b>               | Laboratorium 2: aproksymacja średniokwadratowa, aproksymacja jednostajna, błąd aproksymacji, aproksymacja wielomianowa, aproksymacja trygonometryczna, szeregi Czebyszewa, obliczenia za pomocą tworzonych algorytmów i gotowych funkcji np. Matlab.                                                                                                                                                                         | 2                |
| <b>K5</b>               | Kolokwium dopuszczające do laboratorium nr 3 i 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 2                |
| <b>K6</b>               | Laboratorium 3: całkowanie numeryczne funkcji jednej zmiennej metoda Newtona Cotesa (wpływ stopnia wielomianu interpolującego Lagrangea na funkcję podcałkową), metoda prostokątów, trapezów i parabol, różne funkcje podcałkowe, różne liczby kroków całkowania numerycznego.                                                                                                                                               | 2                |
| <b>K7</b>               | Laboratorium 4: Metody numerycznego rozwiązywania układów równań liniowych, metody dokładne metoda eliminacji Gaussa, metoda rozkładu LU, metoda macierzy odwrotnej, dzielenia lewostronnego, metody iteracyjne metoda sukcesywnych poprawek, różne układy równań, porównanie wyników.                                                                                                                                       | 2                |
| <b>K8</b>               | Zaliczenie laboratorium, zajęcia podsumowujące.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 1                |

| WYKŁADY |                                                        |                  |
|---------|--------------------------------------------------------|------------------|
| LP      | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH | LICZBA<br>GODZIN |

| WYKŁADY |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                  |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP      | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | LICZBA<br>GODZIN |
| W1      | Pojęcie metod obliczeniowych, numerycznych, główne zadania metod obliczeniowych, systemy zapisu liczb wagowe, pozycyjne: dziesiętny, dwójkowy, heksadecymalny, niedokładności zapisu wartości ułamkowych w systemie binarnym, zapis stałopozycyjny, zmiennoprzecinkowy - cecha, mantysa, zalety i wady, standardy reprezentacji zmiennoprzecinkowej IEEE-754, epsilon maszynowy.                        | 3                |
| W2      | Błędy bezwzględne i względne. Błędy wejściowe, reprezentacji, zaokrągleń, metody, błędy podstawowych operacji arytmetycznych, niektóre zasady prawidłowego wykonywania obliczeń numerycznych, powielanie i zwielokrotnianie błędów przykłady obliczeniowe zadania numeryczne dobrze i źle uwarunkowane, wskaźniki uwarunkowania zadania przykłady, zadania stabilne i poprawne, złożoność obliczeniowa. | 3                |
| W3      | Sformułowanie zagadnienia interpolacji, wielomiany interpolacyjne Lagrangea, wzór interpolacyjny Lagrangea przykład, metoda interpolacji Aitkena, zasada szacowania błędu interpolacji, interpolacja Newtona za pomocą ilorazów różnicowych przykład, interpolacja dla równoodległych argumentów, zbieżność procesów interpolacyjnych, ograniczanie efektu Rungego.                                     | 4                |
| W4      | Sformułowanie zagadnienia aproksymacji, klasyfikacja rodzajów aproksymacji, aproksymacja średniokwadratowa, aproksymacja jednostajna, błąd aproksymacji, aproksymacja wielomianowa przykład, aproksymacja trygonometryczna, szeregi Czebyszewa.                                                                                                                                                         | 4                |
| W5      | Podstawy numerycznego różniczkowania funkcji jednej lub dwóch zmiennych, metody wielopunktowe wprzód, wstecz, centralne, różniczkowanie funkcji jednej zmiennej przez różniczkowanie interpolującego ją wielomianu różniczkowanie wielomianu i funkcji wymiernych przykład, zastosowania.                                                                                                               | 2                |
| W6      | Podstawy numerycznego całkowania funkcji jednej lub dwóch zmiennych, całkowanie numeryczne funkcji jednej zmiennej metoda Newtona Cotesa (wpływ stopnia wielomianu interpolującego Lagrangea na funkcję podcałkową), metody prostokątów, trapezów, Simpsona, kwadratury Gaussa i Czebyszewa, błędy metod całkowania, przykłady, zastosowania.                                                           | 4                |
| W7      | Metody numerycznego rozwiązywania układów równań liniowych, podstawy rachunku macierzowego, metody dokładne, metoda eliminacji Gaussa, metoda eliminacji Gaussa Jordana, metoda rozkładu LU, metoda macierzy odwrotnej, metody iteracyjne metoda sukcesywnych poprawek, metoda Gaussa Seidla, przykłady zastosowania.                                                                                   | 4                |
| W8      | Rozwiązywanie równań u i układów równań nieliniowych, metodami bisekcji, stycznych, siecznych, uzyskiwanie wzorów iteracyjnych dla równań nieliniowych, metoda Newtona-Raphsona dla układów równań nieliniowych, przykłady obliczeniowe.                                                                                                                                                                | 3                |
| W9      | Metody numerycznego rozwiązywania układów równań różniczkowych zwyczajnych, zadanie Cauchyego, metody jednokrokowe metoda Eulera, metody Rungiego Kutty, wielokrokowe metody prognozy i korekcji, przykłady, zastosowania.                                                                                                                                                                              | 3                |

## 7 NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1 Wykłady

N2 Prezentacje multimedialne

N3 Ćwiczenia laboratoryjne

N4 Ćwiczenia projektowe

N5 Konsultacje

## 8 OBCIĄŻENIE PRACĄ STUDENTA

| FORMA AKTYWNOŚCI                                                                                 | ŚREDNIA LICZBA GODZIN<br>NA ZREALIZOWANIE<br>AKTYWNOŚCI |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| <b>Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim, w tym:</b>                                     |                                                         |
| Godziny wynikające z planu studiów                                                               | 60                                                      |
| Konsultacje przedmiotowe                                                                         | 0                                                       |
| Egzaminy i zaliczenia w sesji                                                                    | 0                                                       |
| <b>Godziny bez udziału nauczyciela akademickiego wynikające z nakładu pracy studenta, w tym:</b> |                                                         |
| Przygotowanie się do zajęć, w tym studiowanie zalecanej literatury                               | 45                                                      |
| Opracowanie wyników                                                                              | 25                                                      |
| Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji                                           | 50                                                      |
| <b>SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z<br/>CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA</b>    | <b>180</b>                                              |
| SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU                                                    | 6.00                                                    |

## 9 SPOSOBY OCENY

### OCENA FORMUJĄCA

F1 Kolokwium

F2 Projekt indywidualny

F3 Projekt zespołowy

F4 Sprawozdanie z ćwiczenia laboratoryjnego

### OCENA PODSUMOWUJĄCA

P1 Egzamin pisemny

P2 Średnia ważona ocen formujących

**WARUNKI ZALICZENIA PRZEDMIOTU**

**W1** Warunkiem zaliczenia przedmiotu jest obecność na wszystkich zajęciach laboratoryjnych, projektowych i wykładach.

**W2** Uzyskanie pozytywnych ocen formujących i oceny podsumowującej

**KRYTERIA OCENY**

| EFEKT KSZTAŁCENIA 1 |                                                                                                                                                                             |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NA OCENĘ 2.0        | Student nie potrafi sklasyfikować podstawowych pojęć związanych z metodami obliczeniowymi i ich praktycznym zastosowaniem, nie zna systemów zapisu liczb.                   |
| NA OCENĘ 3.0        | Student potrafi sklasyfikować podstawowe pojęcia związane z metodami obliczeniowymi i ich praktycznym zastosowaniem, zna systemów zapisu liczb.                             |
| NA OCENĘ 3.5        | Student zna błędy bezwzględne, względne oraz błędy wejściowe.                                                                                                               |
| NA OCENĘ 4.0        | Student umie wytłumaczyć błędy reprezentacji, zaokrągleń, metody oraz błędy podstawowych operacji arytmetycznych.                                                           |
| NA OCENĘ 4.5        | Student zna zasady prawidłowego wykonywania obliczeń numerycznych, co to powielanie i zwielokrotnianie błędów oraz złożoność obliczeniowa.                                  |
| NA OCENĘ 5.0        | Student rozumie pojęcia interpolacja i aproksymacja.                                                                                                                        |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 2 |                                                                                                                                                                             |
| NA OCENĘ 2.0        | Student nie potrafi rozwiązać zadania korzystając z wielomianów interpolacyjnych Lagrangea.                                                                                 |
| NA OCENĘ 3.0        | Student potrafi rozwiązać zadania korzystając z wielomianów interpolacyjnych Lagrangea.                                                                                     |
| NA OCENĘ 3.5        | Student potrafi rozwiązać zadania korzystając z metody interpolacji Aitkena oraz zasady szacowania błędu interpolacji.                                                      |
| NA OCENĘ 4.0        | Student potrafi rozwiązać zadania korzystając z interpolacji Newtona za pomocą ilorazów różnicowych, zbieżności procesów interpolacyjnych, aproksymacji średniokwadratowej. |
| NA OCENĘ 4.5        | Student potrafi rozwiązać zadania korzystając z aproksymacji jednostajnej, błędu aproksymacji, aproksymacji wielomianowej.                                                  |
| NA OCENĘ 5.0        | Student potrafi rozwiązać zadania korzystając z aproksymacji trygonometrycznej, szeregów Czebyszewa, ograniczania efektu Rungego.                                           |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 3 |                                                                                                                                                                             |
| NA OCENĘ 2.0        | Student nie zna zasad numerycznego różniczkowania oraz całkowania funkcji jednej lub dwóch zmiennych.                                                                       |
| NA OCENĘ 3.0        | Student zna zasady numerycznego różniczkowania oraz całkowania funkcji jednej lub dwóch zmiennych.                                                                          |

|                     |                                                                                                                                                               |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NA OCENĘ 3.5        | Student wie na czym polega różniczkowania funkcji jednej zmiennej przez różniczkowanie interpolującego ją wielomianu. Zna metody wielopunktowe.               |
| NA OCENĘ 4.0        | Student zna zasady całkowania numerycznego funkcji jednej zmiennej metodą prostokątów, trapezów oraz parabol.                                                 |
| NA OCENĘ 4.5        | Student zna zasady całkowania numerycznego funkcji jednej zmiennej metodą Newtona Cotesa .                                                                    |
| NA OCENĘ 5.0        | Student zna kwadraturę Gaussa i Czebyszewa.                                                                                                                   |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 4 |                                                                                                                                                               |
| NA OCENĘ 2.0        | Student nie potrafi rozwiązać układu równań liniowych stosując metody eliminacji Gaussa oraz metody LU.                                                       |
| NA OCENĘ 3.0        | Student potrafi rozwiązać układu równań liniowych stosując metodę eliminacji Gaussa oraz metodę LU.                                                           |
| NA OCENĘ 3.5        | Student potrafi rozwiązać układy równań liniowych stosując metodę eliminacji Gaussa Jordana, metodę macierzy odwrotnej oraz metodę sukcesywnych poprawek.     |
| NA OCENĘ 4.0        | Student potrafi dobrać najlepszą metodę z wyżej wymienionych do rozwiązania konkretnego zadania.                                                              |
| NA OCENĘ 4.5        | Student potrafi rozwiązać układów równań różniczkowych stosując metod numerycznego rozwiązywania układów równań różniczkowych zwyczajnych, zadania Cauchyego. |
| NA OCENĘ 5.0        | Student potrafi skorzystać z metod jednokrokowych (metoda Eulera, metody Rungiego Kuty).                                                                      |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 5 |                                                                                                                                                               |
| NA OCENĘ 2.0        | Student nie angażuje się w prace grupy na określonym stanowisku laboratoryjnym.                                                                               |
| NA OCENĘ 3.0        | Student wykonuje fragment powierzonego zadania, lecz nie wymienia poglądów i wątpliwości z resztą zespołu.                                                    |
| NA OCENĘ 3.5        | Student współpracuje z grupą lecz nie potrafi uzasadniać i bronić swoich koncepcji.                                                                           |
| NA OCENĘ 4.0        | Student dobrze wpisuje się w działania zespołu, jest wsparciem dla słabszych kolegów.                                                                         |
| NA OCENĘ 4.5        | Student wykazuje inicjatywę w kierowaniu i koordynowaniu pracą zespołu.                                                                                       |
| NA OCENĘ 5.0        | Student bardzo dobrze radzi sobie w kierowaniu pracą zespołu, zarówno pod względem merytorycznym jak i organizacyjnym.                                        |

## 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 Cel 2<br>Cel 5 | P1 K2 K3 K4 K8<br>W1 W2 W3 W4 | N1 N2 N3 N5           | F1 F4 P1 P2          |
| EK2               |                                                                                | Cel 2 Cel 5          | P1 K2 K3 K4 K8<br>W3 W4       | N1 N2 N3 N5           | F1 F2 F3 F4 P1<br>P2 |
| EK3               |                                                                                | Cel 2 Cel 3<br>Cel 5 | P1 K5 K6 K8<br>W5 W6          | N1 N2 N3 N4 N5        | F1 F2 F3 F4 P1<br>P2 |
| EK4               |                                                                                | Cel 4 Cel 5          | P1 K5 K7 K8<br>W7 W8          | N1 N2 N3 N4 N5        | F1 F2 F3 F4 P1<br>P2 |
| EK5               |                                                                                | Cel 5                | P1 K3 K4 K6 K7                | N3 N4 N5              | F3 F4                |

## 11 WYKAZ LITERATURY

### LITERATURA PODSTAWOWA

- [1] | Fortuna Z., Macukow B., Wąsowski J. — *Metody numeryczne*, Warszawa, 2005, Wydawnictwa N-T
- [2] | David Kincaid, Ward Cheney — *Analiza numeryczna*, Warszawa, 2006, WNT
- [3] | Bjärck Ake, Dalquist Germund — *Metody numeryczne*, Warszawa, 1987, PWN
- [4] | Praca zbiorowa pod redakcją Danuty Zboś — *Metody numeryczne*, Kraków, 2005, skrypt PK
- [5] | Andrzej Zalewski, Rafał Cegiela — *MATLAB. Obliczenia numeryczne i ich zastosowania*, Poznań, 2006, NAKOM

### LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

- [1] | Rosłonec St. — *Wybrane metody numeryczne z przykładami w zadaniach inżynierskich*, Warszawa, 2008, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej
- [2] | Bożek B. — *Ćwiczenia z programowania metody numeryczne*, Kraków, 2001, Wydawnictwo AGH
- [3] | Lyons R. — *Wprowadzenie do cyfrowego przetwarzania sygnałów*, Warszawa, 2006, WKŁ
- [4] | Bogumiła Mrozek, Zbigniew Mrozek — *MATLAB. Uniwersalne środowisko do obliczeń naukowych i technicznych*, Warszawa, 2010, PLJ

### LITERATURA DODATKOWA

- [1] | — *Materiały z Internetu*, , 0,

## 12 INFORMACJE O NAUCZYCIELACH AKADEMICKICH

### OSOBA ODPOWIEDZIALNA ZA KARTĘ

dr inż. Anna Romańska-Zapała (kontakt: [aromans@pk.edu.pl](mailto:aromans@pk.edu.pl))

## 13 ZATWIERDZENIE KARTY PRZEDMIOTU DO REALIZACJI

---

(miejscowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)