

**AGH**AGH UNIVERSITY OF SCIENCE  
AND TECHNOLOGY

Nazwa modułu zajęć: Metody Numeryczne dla Równań Różniczkowych Zwyczajnych ()

Rok akademicki: 2019/2020 Kod: AMAT-2-034-MU-s Punkty ECTS: 4

Wydział: Matematyki Stosowanej

Kierunek: Matematyka Specjalność: Matematyka ubezpieczeniowa

Poziom studiów: Studia II stopnia Forma studiów: Stacjonarne

Język wykładowy: Polski Profil: Ogólnoakademicki (A) Semestr: 0

Strona www: —

Prowadzący moduł: dr hab. Przybyłowicz Paweł (pprzybyl@agh.edu.pl)

**Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się dla modułu zajęć**

Modele matematyczne i ich własności numeryczne kilku zagadnień technicznych i fizycznych, algorytmy ich rozwiązania i przeprowadzenia symulacji komputerowych tych zagadnień.

**Opis efektów uczenia się dla modułu zajęć**

Kod MEU	Student, który zaliczył moduł zajęć zna i rozumie/potrafi/jest gotów do	Powiązania z KEU	Sposób weryfikacji i oceny efektów uczenia się osiągniętych przez studenta w ramach poszczególnych form zajęć i dla całego modułu zajęć
Wiedza: zna i rozumie			
M_W001	Zna metody numeryczne stosowane do rozwiązywania równań różniczkowych zwyczajnych	MAT2A_W11, MAT2A_W10	Aktywność na zajęciach, Kolokwium, Odpowiedź ustna
M_W002	Zna przykłady modeli matematycznych kilku zagadnień technicznych i fizycznych, algorytmy ich rozwiązania i przeprowadzenia symulacji komputerowych tych zagadnień	MAT2A_W07	Aktywność na zajęciach, Kolokwium, Odpowiedź ustna
M_W003	Zna matematyczne podstawy teorii algorytmów i konstrukcji schematów rozwiązywania równań różniczkowych zwyczajnych	MAT2A_W11, MAT2A_W06	Aktywność na zajęciach, Kolokwium, Odpowiedź ustna
Umiejętności: potrafi			
M_U001	Potrafi konstruować schematy różnicowe rozwiązywania równań różniczkowych zwyczajnych	MAT2A_U20	Aktywność na zajęciach, Kolokwium, Odpowiedź ustna

M_U002	Rozumie matematyczne podstawy analizy algorytmów, metod i procesów obliczeniowych	MAT2A_U19	Aktywność na zajęciach, Kolokwium, Odpowiedź ustna
M_U003	Swobodnie posługuje się narzędziami analizy w tym elementami analizy zespolonej, rachunku różniczkowego i całkowego, orientuje się w klasycznych metodach rozwiązywania równań różniczkowych	MAT2A_U06, MAT2A_U05	Aktywność na zajęciach, Kolokwium, Odpowiedź ustna
Kompetencje społeczne: jest gotów do			
M_K001	Potrafi precyzyjnie formułować pytania, zna ograniczenia własnej wiedzy, potrafi samodzielnie wyszukiwać informacje w literaturze, Internecie także w językach obcych	MAT2A_K01, MAT2A_K06, MAT2A_K02	Aktywność na zajęciach, Kolokwium, Odpowiedź ustna

### Liczba godzin zajęć w ramach poszczególnych form zajęć

Suma	Forma zajęć dydaktycznych										
	Wykład	Ćwiczenia audytoryjne	Ćwiczenia laboratoryjne	Ćwiczenia projektowe	Konwersatorium	Zajęcia seminaryjne	Zajęcia praktyczne	Zajęcia terenowe	Zajęcia warsztatowe	Prace kontrolne i przejściowe	Lektorat
60	30	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0

### Matryca kierunkowych efektów uczenia się w odniesieniu do form zajęć i sposobu zaliczenia, które pozwalają na ich uzyskanie

Kod MEU	Student, który zaliczył moduł zajęć zna i rozumie/potrafi/jest gotów do	Forma zajęć dydaktycznych										
		Wykład	Ćwiczenia audytoryjne	Ćwiczenia laboratoryjne	Ćwiczenia projektowe	Konwersatorium	Zajęcia seminaryjne	Zajęcia praktyczne	Zajęcia terenowe	Zajęcia warsztatowe	Prace kontrolne i przejściowe	Lektorat
Wiedza: zna i rozumie												
M_W001	Zna metody numeryczne stosowane do rozwiązywania równań różniczkowych zwyczajnych	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_W002	Zna przykłady modeli matematycznych kilku zagadnień technicznych i fizycznych, algorytmy ich rozwiązania i przeprowadzenia symulacji komputerowych tych zagadnień	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-

M_W003	Zna matematyczne podstawy teorii algorytmów i konstrukcji schematów rozwiązywania równań różniczkowych zwyczajnych	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Umiejętności: potrafi												
M_U001	Potrafi konstruować schematy różnicowe rozwiązywania równań różniczkowych zwyczajnych	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_U002	Rozumie matematyczne podstawy analizy algorytmów, metod i procesów obliczeniowych	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_U003	Swobodnie posługuje się narzędziami analizy w tym elementami analizy zespolonej, rachunku różniczkowego i całkowego, orientuje się w klasycznych metodach rozwiązywania równań różniczkowych	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kompetencje społeczne: jest gotów do												
M_K001	Potrafi precyzyjnie formułować pytania, zna ograniczenia własnej wiedzy, potrafi samodzielnie wyszukiwać informacje w literaturze, Internecie także w językach obcych	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-

## Nakład pracy studenta (bilans punktów ECTS)

Forma aktywności studenta	Obciążenie studenta
Udział w zajęciach dydaktycznych/praktyka	60 godz
Przygotowanie do zajęć	42 godz
Egzamin lub kolokwium zaliczeniowe	2 godz
Dodatkowe godziny kontaktowe	5 godz
Sumaryczne obciążenie pracą studenta	109 godz
Punkty ECTS za moduł	4 ECTS

## Pozostałe informacje

### Szczegółowe treści kształcenia w ramach poszczególnych form zajęć (szczegółowy program wykładów i pozostałych zajęć)

#### Wykład

Podstawowe definicje i twierdzenia z teorii równań różniczkowych zwyczajnych

Definicje i twierdzenia przydatne w dalszej części wykładu: istnienie, jednoznaczność i

ciągła zależność rozwiązań. Analityczne rozwiązywanie wybranych typów równań, w tym układów równań liniowych i równań wyższych rzędów. Punkty stacjonarne i ich stabilność.

#### Zasady konstruowania schematów różnicowych

Metody Taylora. Ogólna postać schematu Rungego-Kutty, Wyprowadzenie metody typu jawnego. Macierz Butchera.

#### Rząd metody jednokrokowej

Rząd metody jednokrokowej, błąd lokalny i jego oszacowanie. Twierdzenie o zgodności schematu. Zbieżność schematu jednokrokowego – definicja zbieżności i dwa twierdzenia o zbieżności.

#### Pojęcie zero-stabilności schematu jednokrokowego

Twierdzenie o zero-stabilności i zgodności schematu. Absolutna stabilność, przykłady wyznaczania obszarów absolutnej stabilności schematu.

#### Definicja równania różnicowego i jego rozwiązania

Bazy rozwiązań równania jednorodnego, funkcja generująca oraz metoda przewidywania dla równania niejednorodnego.

#### Schematy wielokrokowe

Definicja i przykłady schematów wielokrokowych, wyznaczanie współczynników dla tych metod. Wyznaczanie rzędu. Definicja stabilności i twierdzenie o stabilności schematu wielokrokowego.

#### Rząd schematu wielokrokowego

Twierdzenie o rzędzie liniowego schematu wielokrokowego – (pierwsza bariera stabilności Dalquista).

#### Twierdzenie o zbieżności schematu wielokrokowego

Pojęcie własności root condition i twierdzenie o zbieżności schematu wielokrokowego. Twierdzenie o współczynnikach schematu symetrycznego.

#### Zbieżności liniowego schematu wielokrokowego

Dowód twierdzenia o zbieżności liniowego schematu wielokrokowego. Pojęcie sztywności problemu różniczkowego.

#### Sztywność układu równań różniczkowych

Przykłady, wskaźnik sztywności, schematy A-stabilne. Analiza stabilności schematu BDF (metody różnic wstecznych). Szkic dowodu twierdzenia o stabilności schematu BDF.

#### Stabilności metody różnicowej

Twierdzenie o stabilności metody różnicowej dla problemu brzegowego.

#### Metoda wariacyjna Ritza-Rayleigha

Metoda wariacyjna Ritza-Rayleigha, konstrukcja baz przestrzeni rozwiązań.

#### Metody zmiennokrokowe

Ogólne metody zmiennokrokowe, zasady konstrukcji i przykłady zastosowań tych metod.

Metody strzału i różnicowa dla problemu brzegowego

### **Ćwiczenia audytoryjne**

Program ćwiczeń jest zgodny z programem wykładów

Rozwiązywanie zadań ilustrujących treści przekazywanych na kolejnych wykładach.

### **Metody i techniki kształcenia:**

Wykład: Treści prezentowane na wykładzie są przekazywane w formie prezentacji multimedialnej w połączeniu z klasycznym wykładem tablicowym wzbogaconymi o pokazy odnoszące się do prezentowanych zagadnień.

Ćwiczenia audytoryjne: Podczas zajęć audytoryjnych studenci na tablicy rozwiązują zadane wcześniej problemy. Prowadzący na bieżąco dokonuje stosowanych wyjaśnień i moderuje dyskusję z grupą nad danym problemem.

### **Warunki i sposób zaliczenia poszczególnych form zajęć, w tym zasady zaliczeń poprawkowych, a także warunki dopuszczenia do egzaminu:**

Nie określono

### **Zasady udziału w poszczególnych zajęciach, ze wskazaniem, czy obecność studenta na zajęciach jest obowiązkowa:**

Wykład:

- Obecność obowiązkowa: Tak

- Zasady udziału w zajęciach: Studenci uczestniczą w zajęciach poznając kolejne treści nauczania zgodnie z sylabusem przedmiotu. Studenci winni na bieżąco zadawać pytania i wyjaśniać wątpliwości. Rejestracja audiowizualna wykładu wymaga zgody prowadzącego.

Ćwiczenia audytoryjne:

- Obecność obowiązkowa: Tak

- Zasady udziału w zajęciach: Studenci przystępując do ćwiczeń są zobowiązani do przygotowania się w zakresie wskazanym każdorazowo przez prowadzącego (np. w formie zestawów zadań). Ocena pracy studenta może bazować na wypowiedziach ustnych lub pisemnych w formie kolokwium, co zgodnie z regulaminem studiów AGH przekłada się na ocenę końcową z tej formy zajęć.

### **Sposób obliczania oceny końcowej**

ocena z zaliczenia

### **Sposób i tryb wyrównywania zaległości powstałych wskutek nieobecności studenta na zajęciach:**

Student powinien zgłosić się do prowadzącego w celu ustalenia indywidualnego sposobu nadrobienia zaległości.

### **Wymagania wstępne i dodatkowe, z uwzględnieniem sekwencyjności modułów**

Nie podano wymagań wstępnych lub dodatkowych.

### **Zalecana literatura i pomoce naukowe**

1. A. Palczewski, *Równania różniczkowe zwyczajne*, WNT 1999.
2. J.C. Butcher, *Numerical methods for ordinary differential equations*, Wiley 2003.
3. C.H. Edwards, D.E. Penney, *Differential equations and linear algebra*, Prentice Hall 2001
4. D. Dubin, *Numerical and analytical methods for scientists and engineers using Mathematica*, Wiley 2003.
5. E. Hairer, S. Norsett, G. Wanner, *Solving ordinary differential equations I*, Springer, 2000

### **Publikacje naukowe osób prowadzących zajęcia związane z tematyką modułu**

1. Kacewicz B., Przybyłowicz P. (2008) „Optimal adaptive solution of initial-value problems with unknown singularities”, *Journal of Complexity* 24, 455-476.
2. Kacewicz B., Przybyłowicz P. (2014), „Optimal solution of a class of non-autonomous initial-value problems with unknown singularities”, *Journal of Computational and Applied Mathematics* 261, 364-377,
3. Kacewicz B., Przybyłowicz P. (2014), „Optimal adaptive solution of piecewise regular systems of IVPs with unknown switching hypersurface”, *Applied Mathematics and Computation* 228, 116-127

4. Kacewicz B., Przybyłowicz P. (2015), „Complexity of the derivative-free solution of systems of IVPs with unknown singularity hypersurface”, *Journal of Complexity* 31, 75-97

### **Informacje dodatkowe**

Brak