

**AGH**AGH UNIVERSITY OF SCIENCE  
AND TECHNOLOGY

Nazwa modułu zajęć:	Równania Fizyki Matematycznej II ( )				
Rok akademicki:	2019/2020	Kod:	AMAT-2-044-MZ-s	Punkty ECTS:	4
Wydział:	Matematyki Stosowanej				
Kierunek:	Matematyka	Specjalność:	Matematyka w zarządzaniu		
Poziom studiów:	Studia II stopnia	Forma studiów:	Stacjonarne		
Język wykładowy:	Polski	Profil:	Ogólnoakademicki (A)	Semestr:	0
Strona www:	—				
Prowadzący moduł:	dr hab. Kuźel Sergiusz (kuzhel@agh.edu.pl)				

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

Modele fizyki matematycznej. Zastosowania.

### 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	Potrafi rozróżniać różne typy równań różniczkowych cząstkowych rzędu drugiego. Rozróżnia podstawowe typy zagadnień początkowo-brzegowych.	MAT2A_W02, MAT2A_W04	Aktywność na zajęciach, Kolokwium, Odpowiedź ustna
M_W002	Zna podstawowe równania fizyki matematycznej. Rozumie podejścia stosowane do rozwiązywania tych równań oraz zna metody rozwiązywania zagadnień początkowych oraz początkowo-brzegowych w wielowymiarowych przypadkach. Umie korzystać z literatury w tym również obcojęzycznej.	MAT2A_W05, MAT2A_W09	Aktywność na zajęciach, Kolokwium, Odpowiedź ustna
Umiejętności: potrafi			

M_U001	Posiada umiejętności rozwiązywania zagadnień brzegowych na podstawie metody rozdzielenia zmiennych. Umie rozwiązywać zagadnienia początkowe dla równania falowego oraz równania transportu. Potrafi skorzystać z symetrii zagadnienia podczas rozwiązywania zagadnień początkowo-brzegowych.	MAT2A_U06, MAT2A_U02, MAT2A_U01	Aktywność na zajęciach, Kolokwium, Odpowiedź ustna
M_U002	Posiada umiejętności praktycznego stosowania różnych działów analizy matematycznej oraz funkcjonalnych do rozwiązywania problemów matematycznych. Potrafi analizować treści fizyczne uzyskanych rozwiązań.	MAT2A_U05, MAT2A_U09	Aktywność na zajęciach, Kolokwium, Odpowiedź ustna
Kompetencje społeczne: jest gotów do			
M_K001	Student rozumie potrzebę pogłębiania swojej wiedzy. Docenia pracę w grupie, umie dobrze sformułować pytanie.	MAT2A_K01, MAT2A_K07, MAT2A_K02, MAT2A_K06	Aktywność na zajęciach, 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	Potrafi rozróżnić różne typy równań różniczkowych cząstkowych rzędu drugiego. Rozróżnia podstawowe typy zagadnień początkowo-brzegowych.	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-

M_W002	Zna podstawowe równania fizyki matematycznej. Rozumie podejścia stosowane do rozwiązywania tych równań oraz zna metody rozwiązywania zagadnień początkowych oraz początkowo-brzegowych w wielowymiarowych przypadkach. Umie korzystać z literatury w tym również obcojęzycznej.	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Umiejętności: potrafi												
M_U001	Posiada umiejętności rozwiązywania zagadnień brzegowych na podstawie metody rozdzielania zmiennych. Umie rozwiązywać zagadnienia początkowe dla równania falowego oraz równania transportu. Potrafi skorzystać z symetrii zagadnienia podczas rozwiązywania zagadnień początkowo-brzegowych.	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_U002	Posiada umiejętności praktycznego stosowania różnych działów analizy matematycznej oraz funkcjonalnych do rozwiązywania problemów matematycznych. Potrafi analizować treści fizyczne uzyskanych rozwiązań.	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kompetencje społeczne: jest gotów do												
M_K001	Student rozumie potrzebę pogłębiania swojej wiedzy. Docenia pracę w grupie, umie dobrze sformułować pytanie.	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-

## Nakład pracy studenta (bilans punktów ECTS)

Forma aktywności studenta	Obciążenie studenta
Udział w zajęciach dydaktycznych/praktyka	60 godz
Przygotowanie do zajęć	28 godz
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	10 godz
Egzamin lub kolokwium zaliczeniowe	2 godz
Dodatkowe godziny kontaktowe	5 godz
Sumaryczne obciążenie pracą studenta	105 godz
Punkty ECTS za moduł	4 ECTS

## Pozostałe informacje

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

### **Wykład**

1. Klasyfikacja liniowych równań cząstkowych rzędu drugiego. Postać kanoniczna równań typu hiperbolicznego, eliptycznego, parabolicznego.
2. Podstawowe równania fizyki matematycznej: równanie falowe, równania Laplace'a, Poissona, Schrodingera, Maxwella  
równanie transportu ciepła, równania Naviera-Stokesa.
3. Przedstawienie podstawowych typów zagadnień początkowo-brzegowych. Klasyczne i uogólnione rozwiązania. Twierdzenia o istnieniu, jednoznaczności, stabilności. Problemy dobrze (poprawnie) i źle postawione.
4. Jednowymiarowe równanie falowe: konstrukcja rozwiązania zagadnienia Cauchy'ego, wzór d'Alemberta. Twierdzenie o jednoznaczności.
5. Zastosowanie metody Fouriera do rozwiązania zagadnienia początkowo-brzegowego opisującego drganie poprzeczne struny zamocowanej na końcach odcinka prostej.
6. Zagadnienie Sturm-Liouville'a. Baza ortogonalna przestrzeni z własnych funkcji operatora Sturm-Liouville'a.  
Funkcja Greena operatora Sturm-Liouville'a.  
Ogólne własności jednowymiarowego równania Schrodingera.
7. Równanie Bessela. Własności funkcji Bessela. Pierwiastki funkcji Bessela. Rozkład Fouriera-Bessela.
8. Zagadnienie Dirichleta i Neumana dla równania Laplace'a i Poissona. Operator Laplace'a we współrzędnych biegunowych, walcowych oraz sferycznych.
9. Rozwiązywanie zagadnień brzegowych dla prostych obszarów metodą rozdzielania zmiennych. Wzór Poissona.
10. Własności funkcji harmonicznych. Propagacja ciepła w obszarach ograniczonych.
11. Własności funkcji sferycznych. Równanie Legendre'a, wielomiany i funkcji Legendre'a. Równanie Laplace'a-Beltrami
12. Rozkład przestrzeni według harmonik sferycznych. Zastosowanie do wielowymiarowego równania Schrodingera. Podstawowe pojęcia mechaniki kwantowej.
13. Klasyczne oraz uogólnione zagadnienie Cauchy'ego dla równania falowego. Wzory Kirchhoffa i Poissona. Propagacja fali w przestrzeniach wielowymiarowych. Zasada Huygensa.
14. Klasyczne oraz uogólnione zagadnienie Cauchy'ego dla równania transportu: twierdzenie podstawowe o istnieniu rozwiązania uogólnionego. Warunki zapewniające istnienie rozwiązania klasycznego.
15. Zagadnienia bez warunków początkowych dla równania transportu ciepła. Fale temperatury.

### **Ćwiczenia audytoryjne**

Program ćwiczeń pokrywa się z programem wykładów

Rozwiązywanie problemów (głównie teoretycznych) ilustrujących treści przekazywane na kolejnych wykładach.

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

Wykład: Wykład jest klasycznym wykładem tablicowym. Mile widziana aktywność studentów podczas wykładu – np. zadawanie pytań wykładowcy.

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:**

Dwa zaliczenia poprawkowe.

### **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**

Zaliczenie modułu „Równania fizyki matematycznej-I”.

Wskazane jest również zaliczenie modułu „Wstęp do teorii dystrybucji”

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

1. V.A. Vladimirov, *Wstęp do teorii dystrybucji*, Skrypt.  
<http://wms.mat.agh.edu.pl/~vladimir/courses/Maindstr7c.pdf>
2. K.Maurin, *Analiza, cz. I i II*, PWN, Warszawa, 1972.
3. A. Tikhonov, A. Samarskij, *Równania fizyki matematycznej*, PWN, Warszawa, 1963.
4. V.S. Vladimirov, *Equations of Mathematical Physics*, Marcel Dekker, New York, 1971.

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

1) Cojuhari, P.A.; Grod, A.; Kuzhel, S.; On the S-matrix of Schrödinger operators with non-symmetric zero-range potentials, *J. Phys. A, Math. Theor.* 47, No. 31, Article ID 315201, 23 p. (2014).

2) Hassi, Seppo; Kuzhel, Sergii; On J-self-adjoint operators with stable C-symmetries; *Proc. R. Soc. Edinb., Sect. A, Math.* 143, No. 1, 141-167 (2013).

3) Cojuhari, Petru A.; Kuzhel, Sergii; Lax-Phillips scattering theory for  $\square$ -symmetric  $\rho$ -perturbed operators, *J. Math. Phys.* 53, No. 7, 073514, 17 p. (2012).

4) Bender, Carl M.; Kuzhel, Sergii; Unbounded  $\square$ -symmetries and their nonuniqueness;

J. Phys. A, Math. Theor. 45, No. 44, Article ID 444005, 14 p. (2012).

5) Kuzhel, Sergii; Patsyuck, Olexiy, On self-adjoint operators in Krein spaces constructed by Clifford algebra  $\mathbb{C}l_2$ ; Opusc. Math. 32, No. 2, 297-316 (2012).

### **Informacje dodatkowe**

Brak