



## Komputerowe wspomaganie w inżynierii materiałowej Sylabus modułu zajęć

### Informacje podstawowe

<b>Kierunek studiów</b> Inżynieria Materiałowa	<b>Cykl dydaktyczny</b> 2021/2022
<b>Specjalność</b> Wszystkie	<b>Kod przedmiotu</b> IMiCIMAS.II2P.6f253b3dc26b544ae51bc972d801e645.21
<b>Jednostka organizacyjna</b> Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki	<b>Języki wykładowe</b> Polski
<b>Poziom kształcenia</b> studia magisterskie II stopnia	<b>Obligatoryjność</b> Obowiązkowy
<b>Forma studiów</b> Stacjonarne	<b>Blok zajęciowy</b> przedmioty podstawowe
<b>Profil studiów</b> Ogólnoakademicki	<b>Przedmiot powiązany z badaniami naukowymi</b> Tak
<b>Koordinator przedmiotu</b>	Robert Filipek
<b>Prowadzący zajęcia</b>	Robert Filipek, Krzysztof Szyszkiewicz-Warzecha

<b>Okres</b> Semestr 2	<b>Forma weryfikacji uzyskanych efektów uczenia się</b> Egzamin	<b>Liczba punktów ECTS</b> 5.0
	<b>Forma prowadzenia i godziny zajęć</b> Wykład: 30, Ćwiczenia projektowe: 30	

### Efekty uczenia się dla przedmiotu

Kod	Efekty w zakresie	Kierunkowe efekty uczenia się	Metody weryfikacji
<b>Wiedzy - Student zna i rozumie:</b>			

W1	Student ma poszerzoną wiedzę w zakresie matematyki wyższej obejmującą: m.in. wybrane równania różniczkowe zwyczajne i cząstkowe opisujące procesy transportu, istnienie i jednoznaczność problemów początkowych, brzegowych oraz początkowo-brzegowych, zagadnienia optymalizacji oraz metody ich rozwiązywania.	IMT2A_W01	Aktywność na zajęciach, Kolokwium, Projekt, Egzamin, Zaliczenie laboratorium
W2	Student ma wiedzę nt. technik i narzędzi programowania z wykorzystaniem programowania równoległego, wykorzystania maszyn wieloprocesorowych, klastrów obliczeniowych i innych zaawansowanych technik obliczeniowych.	IMT2A_W02	Aktywność na zajęciach, Kolokwium, Egzamin, Zaliczenie laboratorium
<b>Umiejętności - Student potrafi:</b>			
U1	Student potrafi wykorzystać metody matematyczne oraz dobrać odpowiednie narzędzia komputerowe do rozwiązywania zagadnień technicznych i opracowania wyników badań	IMT2A_U02	Aktywność na zajęciach, Kolokwium, Egzamin, Zaliczenie laboratorium
U2	Student potrafi sformułować model transportu masy, energii i pędu oraz zastosować odpowiednie równania konstytutywne, warunki początkowe i brzegowe dla opisu wybranych technologii otrzymywania materiałów. Potrafi stosować techniki przetwarzania obrazu do analizy struktur materiałów.	IMT2A_U04	Aktywność na zajęciach, Kolokwium, Egzamin, Zaliczenie laboratorium
<b>Kompetencji społecznych - Student jest gotów do:</b>			
K1	Student rozumie znaczenie wpływu inżynierii materiałowej, a w szczególności modelowania na rozwój nowoczesnych technologii. Prawidłowo interpretuje i rozstrzyga problemy technologiczne z wykorzystaniem technik obliczeniowych.	IMT2A_K03	Aktywność na zajęciach, Kolokwium, Zaliczenie laboratorium

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

Student potrafi: sformułować model bazujący na równaniach transportu masy, energii i pędu oraz zastosować odpowiednie równania konstytutywne, warunki początkowe i brzegowe dla opisu wybranych technologii otrzymywania materiałów; sformułować i rozwiązać wybrane zagadnienia odwrotne i na tej podstawie wyznaczyć współczynniki dyfuzji i przewodzenia ciepła; wykorzystać metody numeryczne oraz dobrać odpowiednie narzędzia komputerowe do rozwiązywania zagadnień technicznych i opracowania wyników badań.

## Bilans punktów ECTS

Rodzaje zajęć studenta	Średnia liczba godzin* przeznaczonych na zrealizowane aktywności
Wykład	30
Ćwiczenia projektowe	30
Przygotowanie do zajęć	40
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	30
Egzamin lub kolokwium zaliczeniowe	2
Dodatkowe godziny kontaktowe	5

Przygotowanie projektu, prezentacji, pracy pisemnej, sprawozdania	10
<b>Łączny nakład pracy studenta</b>	<b>Liczba godzin</b> 147
<b>Liczba godzin kontaktowych</b>	<b>Liczba godzin</b> 60

\* godzina (lekcyjna) oznacza 45 minut

### **Treści programowe**

Lp.	Treści programowe	Efekty uczenia się dla przedmiotu	Formy prowadzenia zajęć
-----	-------------------	-----------------------------------	-------------------------

1.	<p>Wykład (30h): 1. Modelowanie fenomenologiczne w inżynierii materiałów (2h) Ośrodek ciągły. Prawa zachowania masy, energii i pędu. Równania konstytutywne. Warunki początkowe i brzegowe. Zagadnienia z ruchomym brzegiem.</p> <p>2. Wybrane modele w inżynierii materiałów I (2h) Transport chlorków w materiałach cementowych i ich wpływ na czas eksploatacji i bezpieczeństwo użytkowania konstrukcji żelbetonowych. Łączenie materiałów w elektronice metodą lutowania dyfuzyjnego. Limit detekcji elektrod jonoselektywnych stosowanych w analizie klinicznej i ochronie środowiska.</p> <p>3. Wybrane modele w inżynierii materiałów II (2h) Wyznaczenie zużycia wyłożenia gara wielkiego pieca na podstawie pomiarów temperatury. Wyznaczenie przepuszczalności mikroporowatych materiałów węglowych na podstawie prawa Darcy'ego oraz rozwiązania równań mechaniki płynów z uwzględnieniem rzeczywistej struktury porowatej materiału. Optymalizacja parametrów metody SHS wytwarzania zaawansowanych ceramicznych materiałów funkcjonalnych.</p> <p>4. Metody numerycznego rozwiązywania problemów w inżynierii materiałów (2h) Metoda elementów skończonych: i) dla problemów stacjonarnych (na przykładzie transportu ciepła), ii) Dla problemów niestacjonarnych (na przykładzie transportu masy) - metoda Galerkina. Triangulacja obszarów 1D, 2D i 3D. Dobór kroku czasowego. Błędy w obliczeniach numerycznych.</p> <p>5. Metody odwrotne w inżynierii materiałów (2h) Sformułowanie problemu odwrotnego. Metody optymalizacji funkcji wielu zmiennych. Wyznaczanie współczynników transportowych dla problemów transportu masy i ciepła. Wyznaczanie geometrii obszaru na podstawie pomiarów temperatury (optymalizacja topologiczna).</p> <p>6. Wykorzystanie maszyn wieloprocesorowych, klastrów obliczeniowych i zaawansowanych technik obliczeniowych (programowanie równoległe) w inżynierii materiałów (2h) Wizyta w centrum obliczeniowym ACK Cyfronet AGH.</p> <p>7. Sieci neuronowe w inżynierii materiałów (2h) Wielowarstwowe sieci neuronowe i algorytmy uczenia się. Wykorzystanie sieci neuronowych do wyliczania parametrów procesów i właściwości fizykochemicznych materiałów.</p> <p>8. Podstawy przetwarzania obrazu (3h) Zapis obrazu cyfrowego, próbkowanie i kwantyzacja. Podstawowe przekształcenia poziomów szarości. Operacje na histogramach. Przekształcenia obrazów w wykorzystaniem operacji arytmetycznych i logicznych. Podstawy filtrowania obrazów. Filtry liniowe i statystyczne. Filtrowanie w dziedzinie częstotliwości. Typy szumów na obrazach i ich filtrowanie. Przetwarzanie obrazów w różnych modelach kolorów.</p> <p>9. Wykorzystanie aplikacji w analizie obrazów (3h) Podstawy obsługi. Wykorzystanie dodatkowych bibliotek. Matlab, Octave, ImageJ, GIMP</p> <p>10. Ilościowa analiza obrazów (2h) Detekcja nieciągłości na obrazach. Metody segmentacji obrazów. Opis elementów obrazów za pomocą deskryptorów. Deskryptory granic i tekstur. Deskryptory relacyjne. Analiza struktur w inżynierii materiałowej (detekcja ziaren faz, detekcja węglików, klasyfikacja, rozkład wielkości, orientacja)</p> <p>11. Technika poszerzania głębi ostrości focus stacking (2h)</p> <p>12. Zastosowanie programu Microsoft Excel do obliczeń inżynierskich (2h) Podstawy języka VBA, automatyzacja obliczeń przy wykorzystaniu języka VBA, rejestracja makropoleceń. Tworzenie funkcji i procedur w VBA.</p> <p>13. Zastosowanie programu Microsoft Excel do obliczeń inżynierskich (2h) Numeryczne obliczanie całek oznaczonych - metoda prostokątów, metoda trapezów, metoda Simpsona.</p> <p>14. Zastosowanie programu Microsoft Excel do obliczeń inżynierskich (2h) Obliczanie hartowności stali. Obliczanie grubości warstwy nawęglonej.</p>	W1, W2, U1, U2, K1	Wykład
----	--	--------------------	--------

2.	<p>Ćwiczenia projektowe: 1. Transport chlorków w materiałach cementowych i ich wpływ na czas eksploatacji i bezpieczeństwo użytkowania konstrukcji żelbetowych (4h) Model dyfuzyjny transportu chlorków. Model dyfuzyjno-reakcyjny z uwzględnieniem chlorków swobodnych i związanych. Zagadnienie odwrotne i wyznaczenie współczynników dyfuzji i parametrów kinetycznych wiązania chlorków.</p> <p>2. Łączenie materiałów w elektronice metodą lutowania dyfuzyjnego (2h) Model wzrostu warstw międzymetalicznych dla wybranych układów materiałów lutowanych/lutowie. Rozwiązanie problemu z ruchomym brzegiem. Sformułowanie zagadnienia odwrotnego i wyznaczenie współczynników dyfuzji reakcyjnej.</p> <p>3. Limit detekcji elektrod jonoselektywnych stosowanych w analizie klinicznej i ochronie środowiska (4h) Model transportu jonów w membranach jonoselektywnych typu ion-exchange i neutral-carrier (strumień Nernsta-Plancka, dyfuzja + elektro-migracja, warunki brzegowe Changa-Jaffégo). Obliczenia krzywych kalibracji oraz wyznaczenie limitu detekcji elektrod jonoselektywnych.</p> <p>4. Wyznaczenie zużycia wyłożenia gara wielkiego pieca na podstawie pomiarów temperatury (2h) Model transportu ciepła w geometrii 2D. Sformułowanie i rozwiązanie problemu optymalizacji topologicznej na przykładzie wyznaczania geometrii brzegu w oparciu o pomiary temperatury.</p> <p>5. Optymalizacja parametrów metody SHS wytwarzania zaawansowanych ceramicznych materiałów funkcjonalnych (2h) Model procesu samorozwijającej się syntezy wysokotemperaturowej (SHS) (transport ciepła w próbce oraz otoczeniu, równania dynamiki gazu w komorze reakcyjnej, kinetyka reakcji SHS, warunki brzegowe uwzględniające konwekcję i promieniowanie). Symulacje w geometrii 3D. Sformułowanie zagadnienia odwrotnego i wyznaczenie parametrów kinetycznych reakcji SHS.</p> <p>6. Kolokwium z zakresu modelowania procesów (2h)</p> <p>7. Przetwarzanie obrazów mikroskopowych zglądów metalograficznych stali (2h) Detekcja składników strukturalnych na obrazach uzyskanych za pomocą mikroskopu świetlnego.</p> <p>8. Poszerzanie głębi ostrości (focus stacking) (2h) Wykorzystanie metody poszerzania głębi ostrości dla próbek metalograficznych o zaokrąglonych krawędziach.</p> <p>9. Analiza obrazów materiałów ceramicznych (2h) Badanie rozkładu wielkości ziaren w materiale ceramicznym.</p> <p>10. Rentgenowska tomografia komputerowa materiałów ogniotrwałych (2h) Przetwarzanie zbioru obrazów uzyskanych z tomografii komputerowej w celu wizualizacji 3D struktury porów.</p> <p>11. Zastosowanie podprogramów Visual Basic w arkuszu kalkulacyjnym do obliczeń inżynierskich (2h)</p> <p>12. Numeryczne rozwiązywanie całek oznaczonych i równań różniczkowych (2h)</p> <p>13. Analiza numeryczna hartowności stali oraz wyznaczenie profilu warstwy nawęglonej (2h)</p>	W1, W2, U1, U2, K1	Ćwiczenia projektowe
----	---	--------------------	----------------------

## Informacje rozszerzone

### Metody i techniki kształcenia:

Wykład tablicowy, Prezentacja multimedialna, Dyskusja, Wykonanie projektu

Rodzaj zajęć	Sposób weryfikacji i oceny efektów uczenia się	Warunki zaliczenia przedmiotu
Wykład	Aktywność na zajęciach, Kolokwium, Egzamin	
Ćwiczenia projektowe	Aktywność na zajęciach, Kolokwium, Projekt, Zaliczenie laboratorium	

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

Warunkami koniecznymi uzyskania zaliczenia są: 1. Uzyskanie oceny co najmniej 3.0 z ćwiczeń projektowych 2. Uzyskanie oceny co najmniej 3.0 z egzaminu

### **Sposób obliczania oceny końcowej**

Podstawą oceny przedmiotu jest średnia arytmetyczna ocen egzaminu i projektu z wagami 0,6 i 0,4. Ocena z projektu uwzględnia: wyniki kolokwium, oceny z projektów oraz ocenę za aktywność studenta na zajęciach.

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

Wszystkie nieobecności na zajęciach projektowych student winien odrobić. Sposób odrabiania zajęć ustala prowadzący indywidualnie ze studentem. Maksymalna liczba zajęć, które student może odrabiać wynosi 2.

## **Wymagania wstępne i dodatkowe**

Student powinien posiadać podstawową wiedzę z zakresu inżynierii materiałowej oraz ukończone kursy podstawowe z matematyki, fizyki, chemii i technologii informacyjnych.

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

Wykład: 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 projektowe: Studenci uczestniczą w zajęciach poznając kolejne treści nauczania zgodnie z sylabusem przedmiotu. Studenci winni na bieżąco zadawać pytania i wyjaśniać wątpliwości.

## **Literatura**

### **Obowiązkowa**

1. R. Filipek, Modeling and inverse methods in materials engineering, Wydawnictwo Naukowe AKAPIT, Kraków, 2019.
2. R. Filipek, K. Szyszkiewicz-Warzecha, Metody matematyczne dla ceramików, AGH, Kraków, 2013.
3. M. Rappaz, M. Bellet, M. Deville, R. Snyder, Numerical Modelling in Materials Science and Engineering, Springer 2003.
4. A. Quarteroni, Numerical Models for Differential Problems, Springer 2009.
5. J. Taler, P. Duda, Rozwiązywanie prostych i odwrotnych zagadnień przewodzenia ciepła, WNT 2003.
6. J. Korol: Excel krok po kroku, WYd. Mikom, 1995.
7. K. Przybyłowicz: Metaloznawstwo, WNT, Warszawa, 1992.
8. J.C. Russ, The image processing Handbook – 5th edition, Wyd. CRC Press Taylor & Francis Group, 2007.
9. F.Y. Shih, Image processing and pattern recognition: fundamentals and techniques, Wyd. IEEE Press, Hoboken: John Wiley & Sons, 2010.
10. R. Tadeusiewicz, M. Flasiński, Rozpoznawanie obrazów, Wyd. Współczesna Nauka i Technika, Informatyka, PWN, W-wa 2000.
11. Z. Wróbel, R. Koprowski, Praktyka przetwarzania obrazów z zadaniami w programie Matlab, Wyd. Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, 2008.

## **Badania i publikacje**

### **Publikacje**

1. R. Filipek, Modeling and inverse methods in materials engineering, Wydawnictwo Naukowe AKAPIT, Kraków, 2019.
2. J. Stec, J. Tarasiuk, S. Nagy, R. Smulski, J. Gluch, R. Filipek, "Non-destructive investigations of pore morphology of micropore carbon materials", Ceramics international, 45, (2019), 3483-3491, doi: 10.1016/j.ceramint.2018.11.006.
3. R. Filipek, K. Szyszkiewicz, "Inverse methods in corrosion research and materials degradation", Ochrona przed Korozją, 60 (10), (2017), 358-363.
4. A. Wierzbicka-Miernik, K. Miernik, R. Filipek, K. Szyszkiewicz, "Kinetics of intermetallic phase growth and determination of diffusion coefficients in solid-solid-state reaction between Cu and (Sn+1at.%Ni) pads", J Mater Sci, 52, (2017), 10533-10544.

5. K. Szyszkiewicz, J. J. Jasielec, M. Danielewski, A. Lewenstam, R. Filipek, "Modeling of Electrodiffusion Processes from Nano to Macro Scale", *Journal of The Electrochemical Society*, 164 (11), (2017), E3559–E3568.
6. J.J. Jasielec, R. Filipek, K. Szyszkiewicz, J. Fausek, M. Danielewski, A. Lewenstam, „Computer simulations of electrodiffusion problems based on Nernst-Planck and Poisson equations”, *Computational Materials Science*, 63, (2012), 75–90.
7. P. Jurczak-Kaczor, M. Sułowski, Zastosowanie języka VBA do analizy krzywych rozciągania materiałów spiekanych — Application of VBA language to analyse the stress-strain curves of sintered steels, *Rudy i Metale Nieżelazne Recykling*, 59(11), (2014), 545–553.
8. A. Romanowska-Pawliczek, A. Siwek, M. Głowacki, M. Warmuzek, Image recognition, identification and classification algorithms in cast alloys microstructure analysis, IMETI 2011, The 4th International Multi-conference on Engineering and Technological Innovation, July 19th–July 22nd, 2011, Orlando, Florida, USA, proceedings, Vol. 2 eds. Nagib Callaos et al., International Institute of Informatics and Systemics, cop. 2011, ISBN: 978-1-936338-37-5, 50–55.

## Kierunkowe efekty uczenia się

Kod	Treść
IMT2A_K03	Przestrzega zasad etyki zawodowej oraz posiada zrozumienie wpływu inżynierii materiałowej i nowoczesnych technologii na środowisko naturalne, oraz w sposób odpowiedzialny podejmuje z tym związane decyzje.
IMT2A_U02	Potrafi dokonać właściwego wyboru narzędzi informatycznych w celu rozwiązania problemu technicznego.
IMT2A_U04	Potrafi dokonać właściwego doboru metod i narzędzi niezbędnych w rozwiązaniu typowych zadań z dziedziny inżynierii materiałowej, opierając się na optymalnym doborze materiałów i procesów wytwórczych.
IMT2A_W01	Ma pogłębioną i poszerzoną wiedzę w dziedzinie nauk podstawowych takich jak chemia, fizyka, matematyka itp., która jest niezbędna do rozumienia efektów i zjawisk powiązanych z wytwarzaniem, badaniem i aplikacją materiałów inżynierskich.
IMT2A_W02	Ma pogłębioną wiedzę z zakresu metod numerycznych, jak i narzędzi obliczeniowych stanowiących podstawę współczesnej analizy wyników eksperymentalnych oraz niezbędnych w projektowaniu nowych materiałów i modelowaniu procesów.