



Modelowanie matematyczne w nauce i technice

Sylabus modułu zajęć

Informacje podstawowe

Kierunek studiów Inżynieria Obliczeniowa	Cykl dydaktyczny 2019/2020
Specjalność -	Kod przedmiotu IMiIPIOBS.li8O.a64156488a295d21fedf3e7012fab9f8.19
Jednostka organizacyjna Wydział Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej	Języki wykładowe Polski
Poziom kształcenia studia inżynierskie I stopnia	Obligatoryjność Obowiązkowy
Forma studiów Stacjonarne	Blok zajęciowy przedmioty ogólne
Profil studiów Ogólnoakademicki	Przedmiot powiązany z badaniami naukowymi Tak
Koordinator przedmiotu	Krzysztof Banaś
Prowadzący zajęcia	Krzysztof Banaś

Okres Semestr 4	Forma weryfikacji uzyskanych efektów uczenia się Egzamin	Liczba punktów ECTS 4
	Forma prowadzenia i godziny zajęć Wykład: 28, Ćwiczenia laboratoryjne: 28	

Cele kształcenia dla przedmiotu

C1	Celem modułu jest zapoznanie z podstawowymi metodami dyskretyzacji równań różniczkowych cząstkowych oraz technikami redukcji błędów aproksymacji na przykładzie równań mechaniki ośrodka ciągłego oraz termodynamiki.
----	---

Efekty uczenia się dla przedmiotu

Kod	Efekty w zakresie	Kierunkowe efekty uczenia się	Metody weryfikacji
Wiedzy - Student zna i rozumie:			
M_W001	Student zna podstawowe równania mechaniki i termodynamiki w sformułowaniu różniczkowym i całkowym	IOB1A_W01, IOB1A_W04	Egzamin
M_W002	Student zna podstawowe metody dyskretyzacji równań różniczkowych cząstkowych w nauce i technice	IOB1A_W01, IOB1A_W04	Egzamin
M_W003	Student zna źródła błędów aproksymacji i metody ich redukcji	IOB1A_W01, IOB1A_W04	Egzamin
M_W004	Student zna podstawowe metody rozwiązywania układów równań nieliniowych i liniowych związanych z aproksymacją równań różniczkowych cząstkowych	IOB1A_W01, IOB1A_W04	Egzamin
Umiejętności - Student potrafi:			
M_U001	Student umie dobrać metodę dyskretyzacji i skonfigurować oprogramowanie w celu rozwiązania problemu modelowanego równaniami różniczkowymi cząstkowymi	IOB1A_U01, IOB1A_U03, IOB1A_U04, IOB1A_U05, IOB1A_U07, IOB1A_U08	Zaliczenie laboratorium
M_U002	Student umie przeprowadzić symulacje numeryczne uzyskując aproksymację zadanego problemu z kontrolowanym błędem	IOB1A_U01, IOB1A_U03, IOB1A_U04, IOB1A_U05, IOB1A_U07, IOB1A_U08	Zaliczenie laboratorium
M_U003	Student umie współpracować oraz kompetentnie komunikować się przy przeprowadzaniu symulacji numerycznych	IOB1A_U07, IOB1A_U08	
Kompetencje społecznych - Student jest gotów do:			
M_K001	Student potrafi krytycznie korzystać z rozmaitych źródeł wiedzy przy przeprowadzaniu symulacji numerycznych.	IOB1A_K01	Aktywność na zajęciach

Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się dla modułu zajęć

Celem modułu jest zapoznanie z podstawowymi metodami dyskretyzacji równań różniczkowych cząstkowych oraz technikami redukcji błędów aproksymacji na przykładzie równań mechaniki ośrodka ciągłego oraz termodynamiki.

Bilans punktów ECTS

Rodzaje zajęć studenta	Średnia liczba godzin* przeznaczonych na zrealizowane rodzaje zajęć
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	30
Wykład	28
Ćwiczenia laboratoryjne	28
Egzamin lub kolokwium zaliczeniowe	2

Dodatkowe godziny kontaktowe	2
Przygotowanie projektu, prezentacji, pracy pisemnej, sprawozdania	30
Łączny nakład pracy studenta	Liczba godzin 120
Liczba godzin kontaktowych	Liczba godzin 56

* godzina (lekcyjna) oznacza 45 minut

Treści programowe

Lp.	Treści programowe	Efekty uczenia się dla przedmiotu	Formy prowadzenia zajęć
1.	W trakcie zajęć studentki/studenci konfiguruja oprogramowanie do przeprowadzania symulacji numerycznych oraz modeluja wybrane zagadnienia mechaniki ośrodka ciągłego za pomocą programu adaptacyjnej metody elementów skończonych. W trakcie zajęć stosują techniki i metody omawiane na wykładach.	M_U001, M_U002, M_U003, M_K001	Ćwiczenia laboratoryjne

2.	<p>1. Podstawowe prawa zachowania dla obszarów jednowymiarowych. Równania konstytutywne. Sformułowanie całkowe i różniczkowe praw zachowania.</p> <p>2. Podstawowe równania dynamiki punktu materialnego. Równanie unoszenia (konwekcji). Równania różniczkowe dla mechaniki ośrodka ciągłego i transferu ciepła w obszarach jednowymiarowych. Warunki: początkowe i brzegowe. Poprawnie postawione problemy początkowe i początkowo-brzegowe.</p> <p>3. Podstawowe typy równań różniczkowych cząstkowych (RRC): eliptyczne, paraboliczne i hiperboliczne. Fizyczne właściwości procesów opisywanych RRC. Wybrane matematyczne właściwości RRC różnych typów.</p> <p>4. Podstawowe równania dynamiki ośrodka ciągłego w trzech wymiarach przestrzennych - opis Lagrange'a i opis Eulera. Równania dynamiki ciała stałego, dynamiki gazów ściśliwych i cieczy nieściśliwych - sformułowanie całkowe i różniczkowe.</p> <p>5. Podstawowe metody dyskretyzacji równań różniczkowych cząstkowych: metoda różnic skończonych, metoda elementów skończonych, metoda objętości skończonych. Przykłady dla równań hiperbolicznych, parabolicznych i eliptycznych.</p> <p>6. Metoda elementów skończonych (MES) dla zagadnień eliptycznych: sformułowanie słabe problemu i definicja przestrzeni funkcji aproksymujących. Dyskretyzacja obszaru. Funkcje bazowe i funkcje kształtu.</p> <p>7. Aproksymacja MES: typy funkcji kształtu. Aproksymacja ciągła i nieciągła. Błąd a priori aproksymacji MES. Zbieżność aproksymacji MES.</p> <p>8. Interpolacja MES. Szacowanie a posteriori błędu aproksymacji MES. Adaptacyjna MES.</p> <p>9. Układy równań liniowych aproksymacji RRC. Metody rozwiązywania wielkich, rzadkich układów równań: bezpośrednio i iteracyjne.</p> <p>10. Metody podprzestrzeni Kryłowa rozwiązywania układów równań liniowych. Poprawa uwarunkowania macierzy układu: techniki niekompletnego rozkładu macierzy (ILU), techniki wielosiatkowe (multigrid) z wygładzaniem błędu.</p> <p>11. Uogólnione równanie konwekcji-dyfuzji-reakcji. Metody całkowania w dziedzinie czasu.</p> <p>12. Problemy nieliniowe. Metody: Newtona i Picarda rozwiązywania układów równań nieliniowych.</p> <p>13. Aproksymacja MES równań z dominującą konwekcją - stabilizacja SUPG</p> <p>14. Aproksymacja MES równań teorii sprężystości i plastyczności.</p>	M_W001, M_W002, M_W003, M_W004	Wykład
----	---	--------------------------------	--------

Informacje rozszerzone

Metody i techniki kształcenia:

Wykład tablicowy, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych, Prezentacja multimedialna

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

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

Warunkiem zaliczenia modułu jest ocena pozytywna z laboratoriów i egzaminu. Ocena z laboratoriów wystawiana jest w oparciu o przygotowanie do poszczególnych ćwiczeń, pracę w trakcie zajęć i sprawozdania. Egzamin może składać się z kilku części: pisemnej w postaci pytań otwartych, testu oraz części ustnej. W każdym z terminów egzaminu pewne części mogą zostać opuszczone dla wszystkich lub dla wybranych osób (np. osób, które otrzymały wysoką ocenę z poprzednich części egzaminu). Warunkiem dopuszczenia do egzaminu jest zaliczenie laboratoriów. Ocena z laboratoriów wystawiana jest przed zakończeniem zajęć w semestrze. Dla osób, które nie otrzymały zaliczenia organizowane są dodatkowe terminy odrabiania zajęć i poprawiania prac pisemnych w trakcie sesji. Ostatni z takich terminów poprzedza ostatni z terminów egzaminu.

Sposób obliczania oceny końcowej

Średnia ważona ocen z egzaminu (2/3) i laboratorium (1/3) – po uzyskaniu co najmniej 3.0 z każdej z nich. Aktywny udział w wykładach jest brany pod uwagę przy obliczaniu oceny końcowej.

Sposób i tryb wyrównywania zaległości powstałych wskutek nieobecności studenta na zajęciach

Nieobecność na ponad trzech zajęciach lub nieprzygotowanie do ponad trzech zajęć skutkuje brakiem zaliczenia. Każde z ćwiczeń należy zaliczyć, w przypadku nieobecności lub niezaliczenia tematu, odpowiednie laboratoria można odrabiać w trakcie semestru z innymi grupami studenckimi lub na dodatkowych zajęciach po semestrze.

Wymagania wstępne i dodatkowe

Analiza matematyczna, równania różniczkowe zwyczajne i cząstkowe, numeryczna algebra liniowa, programowanie w języku C.

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 laboratoryjne: Studenci wykonują ćwiczenia laboratoryjne zgodnie z materiałami udostępnionymi przez prowadzącego. Student jest zobowiązany do przygotowania się w przedmiocie wykonywanego ćwiczenia, co może zostać zweryfikowane kolokwium w formie ustnej lub pisemnej. Zaliczenie zajęć odbywa się na podstawie zaprezentowania rozwiązania postawionego problemu. Zaliczenie modułu jest możliwe po zaliczeniu wszystkich zajęć laboratoryjnych.

Literatura

Obowiązkowa

1. C.Johnson, Numerical solutions of partial differential equations by the finite element method, Cambridge University Press.

Dodatkowa

1. J.Donea, A.Huerta, Finite Element Methods for Flow Problems, Willey.
2. P.Solin, Partial Differential Equations and the Finite Element Method, Willey, 2006.
3. T.J.R.Hughes, The Finite Element Method. Linear Statics and Dynamics Finite Element Analysis, Prentice-Hall.

Badania i publikacje

Publikacje

1. K. Banaś, L. Demkowicz, „Entropy controlled adaptive finite element simulations for compressible gas flow”, *Journal of Computational Physics*, 126, 181-201, (1996).
2. K. Banaś, „Convergence to steady-state solutions for stabilized finite element simulations of compressible flows”, *Computers and Mathematics with Applications*, 40, 625-643, (2000).
3. B. Rivière, M.F. Wheeler, K. Banaś, „Discontinuous Galerkin method applied to a single phase flow in porous media”, *Computational Geosciences*, 4, 337-349, (2000).
4. K. Banaś, „A Newton-Krylov solver with multiplicative Schwarz preconditioning for finite element compressible flow simulations”, *Communications in Numerical Methods in Engineering*, 18, 269-275, (2002).
5. K. Banaś, „Scalability analysis for a multigrid linear equations solver”, w: *Parallel Processing and Applied Mathematics, Proceedings of VIIth International Conference, PPAM 2007, Gdansk, Poland, 2007*, red., R. Wyrzykowski, J. Dongarra, K. Karczewski, J. Waśniewski, Vol. 4967, *Lecture Notes in Computer Science*, s. 1265-1274. Springer, (2008).
6. Krzysztof Banaś, Kazimierz Chłóń, Paweł Cybułka, Kazimierz Michalik, Przemysław Płaszewski, Aleksander Siwek, „Adaptive finite element modelling of welding processes”, w: *eScience on Distributed Computing Infrastructure - Achievements of PLGrid Plus Domain-Specific Services and Tools*, red., Marian Bubak, Jacek Kitowski, Kazimierz Wiatr, Vol. 8500, *Lecture Notes in Computer Science*, 391-406, Springer International Publishing, (2014).

Kierunkowe efekty uczenia się

Kod	Treść
IOB1A_K01	Rozumie potrzebę krytycznej oceny posiadanej wiedzy i odbieranych treści; uznawania znaczenia wiedzy w rozwiązywaniu problemów poznawczych i praktycznych oraz zasięgania opinii ekspertów w przypadku trudności z samodzielnym rozwiązaniem problemu
IOB1A_U01	Potrafi wykorzystywać posiadaną wiedzę związaną z inżynierią obliczeniową – formułować i rozwiązywać złożone i nietypowe problemy oraz wykonywać zadania w warunkach nie w pełni przewidywalnych przez: - właściwy dobór źródeł i informacji z nich pochodzących, dokonywanie oceny, krytycznej analizy i syntezy tych informacji, - dobór oraz stosowanie właściwych metod i narzędzi, w tym zaawansowanych technik informacyjno-komunikacyjnych
IOB1A_U03	Potrafi planować i przeprowadzać eksperymenty, pomiary i symulacje komputerowe związane z inżynierią obliczeniową, interpretować uzyskane wyniki i wyciągać wnioski
IOB1A_U04	Potrafi przy identyfikacji i formułowaniu specyfikacji zadań inżynierskich związanych z inżynierią obliczeniową oraz ich rozwiązywaniu: - wykorzystywać metody analityczne, symulacyjne i eksperymentalne, - dostrzegać ich aspekty systemowe i pozatechniczne, w tym aspekty etyczne, - dokonywać wstępnej oceny ekonomicznej proponowanych rozwiązań i podejmowanych działań inżynierskich związanych z inżynierią obliczeniową; dokonywać krytycznej analizy sposobu funkcjonowania istniejących rozwiązań technicznych i oceniać te rozwiązania
IOB1A_U05	Potrafi realizować procesy związane z inżynierią obliczeniową, w szczególności takie jak administrowanie oprogramowaniem i środowiskami obliczeniowymi
IOB1A_U07	Potrafi komunikować się z otoczeniem z użyciem specjalistycznej terminologii związanej z inżynierią obliczeniową; brać udział w debacie – przedstawiać i oceniać różne opinie i stanowiska oraz dyskutować o nich;
IOB1A_U08	Potrafi planować i organizować pracę indywidualną oraz w zespole; współdziałać z innymi osobami w ramach prac zespołowych (także o charakterze interdyscyplinarnym)
IOB1A_W01	Zna i rozumie w zaawansowanym stopniu wybrane metody i teorie stanowiące podstawową wiedzę ogólną z zakresu matematyki, w tym analizy, algebry, statystyki i równań różniczkowych
IOB1A_W04	Zna i rozumie w zaawansowanym stopniu wybrane zagadnienia z zakresu podstaw informatyki teoretycznej stanowiącej podbudowę inżynierii obliczeniowej, w szczególności algorytmów i struktur danych, programowania proceduralnego i obiektowego, baz danych, optymalizacji, sztucznej inteligencji