Guia docent
250965 - METNUMAVA - Mètodes Numèrics Avançats

Última modificació: 28/03/2024

Unitat responsable: Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Camins, Canals i Ports de Barcelona
Unitat que imparteix: 751 - DECA - Departament d'Enginyeria Civil i Ambiental.

Titulació: MÀSTER UNIVERSITARI EN MÈTODES NUMÈRICS EN ENGINYERIA (Pla 2012). (Assignatura optativa). MÀSTER UNIVERSITARI ERASMUS MUNDUS EN MECÀNICA COMPUTACIONAL (Pla 2013). (Assignatura optativa).

Curs: 2023 **Crèdits ECTS:** 5.0 **Idiomes:** Anglès

PROFESSORAT

Professorat responsable: MATTEO GIACOMINI

Altres: PEDRO DIEZ MEJIA, MATTEO GIACOMINI

METODOLOGIES DOCENTS

L'assignatura consta de 1,3 hores a la setmana de classes presencials a l'aula (grup gran) i 1,3 hores setmanals amb la meitat dels estudiants (grup mitjà). Es dediquen a classes teòriques 1,3 hores al grup gran: el professorat exposa els conceptes bàsics de la matèria, presenta exemples i realitza exercicis. Es dediquen 1,3 hores (grup mitjà) a la resolució de problemes amb més interacció amb els estudiants. Es fan exercicis pràctics per tal de consolidar els objectius d'aprenentatge generals i específics. La resta d'hores setmanals es dedica a pràctiques de laboratori informàtic. El material docent és accessible a través del campus virtual ATENeA: continguts, programació de lassignatura, activitats davaluació i bibliografia.

OBJECTIUS D'APRENENTATGE DE L'ASSIGNATURA

Es presenten temes avançats de tècniques numèriques modernes per a equacions diferencials parcials, amb la seva aplicació a una varietat de problemes en ciència, enginyeria i altres àmbits. Alguns temes són: Elements finits avançats (Discontínua de Galerkin, level set, X-MEF) i mètodes sin malles.

* Entendre els diversos aspectes teòrics i computacionals d'un ampli espectre de mètodes. * Desenvolupar habilitats en l'aplicació pràctica dels diversos mètodes i els problemes d'implementació associats a cadascun d'ells. * Es posarà èmfasi en què l'alumne adquireixi independència en els seus estudis; aprengui a usar un ordinador per a programació bàsica i aprengui a utilitzar i treure profit de les seves hores d'estudi. * Implementar i utilitzar programes d'ordinador per solucionar problemes no lineals en els diferents camps d'aplicació. * Analitzar des d'un punt de vista crític els resultats obtinguts per les simulacions.

Elements finits avançats:
* Discontinuous Galerkin (DG) per problemes hiperbòlics. Solutores de Riemann i fluxos numèrics
* DG per operadors el · líptics.
* Extended finite elements (X-FEM) i aplicacions (simulació de fractures, forats i inclusions, interfases materials
* Level sets. Métodes sin malles:
* Resum de métodes sin malles.
* Aproximació mitjançant el moviment de mínims quadrats.
* Mètode de Galerkin lliure d'elements.
* Hidrodinàmica de partícules llisas.
* Implementació de condicions per a contorns essencials.
* Acoplament d'elements finits y mètodes lliures de malles.
* Mètodes d'elements finits de partícules.
* Métodes d'elementos discrets.
* Resum de mètodes y aplicacions.
* Formulació bàsica.

Aquest mòdul cobreix una selecció de temes avançats sobre l'aproximació numèrica d'equacions en derivades parcials, amb aplicació a una varietat de problemes en ciència i enginyeria (propagació d'ones, fluxos multifàsics, fluxos amb superfície lliure, mecànica de fractura, elasticitat no lineal i transició de fase). Objectius d'aprenentatge: Comprendre els fonaments de les tècniques avançades de discretització d'equacions en derivades parcials més enllà del mètode d'elements finits (FEM, en anglès). Això es realitzarà a partir d'aplicacions enginyerils específiques en què els mètodes tradicionals FEM mostren limitacions numèriques. Es donarà especial èmfasi a les propietats numèriques dels mètodes, els avantatges i els desavantatges computacionals de cada enfocament i els detalls d'implementació. Els objectius específics del mòdul són: - formular discretitzacions necessàries utilitzant mètodes d'alt ordre (revisió de mètodes de Galerkin continu i discontinu); - comprendre el concepte derror geomètric d aproximació i les diferents estratègies per descriure la geometria en elements finits (malles dalt ordre, geometria exacta, immersed boundaries, level-set); - comprendre la noció de partició de la unitat (generalised FEM, en anglès); - formular un solver FEM utilitzant una malla no ajustada (cut FEM, en anglès); - introduir estratègies d'enriquiment adequades a GFEM (eXtended FEM, en anglès); - descriure fenòmens d'interfície (models de camp de fase); - comprendre la lògica dels mètodes de partícules (mètodes sense malla, hidrodinàmica de partícules llises).

HORES TOTALS DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores grup petit	9,8	7.83
Hores grup gran	25,5	20.38
Hores grup mitjà	9,8	7.83
Hores aprenentatge autònom	80,0	63.95

Dedicació total: 125.1 h

CONTINGUTS

Revisió de MEF & mètodes d'alt ordre

Descripció:
MEF de Galerkin continu, imposició forta i feble de condicions de contorn de Dirichlet, MEF de Galerkin discontinu, polinomis d'alt ordre, condensació estàtica, hibridació, implementació eficient, mètodes sense matriu
Exercicis sobre aquest tema
Laboratori en aula informatica sobre aquest tema i treball escrit a lliurar

Objectius específics:
Formular discretitzacions precises utilitzant mètodes d'alt ordre

Dedicació: 14h 23m
Grup gran/Teoria: 2h
Grup mitjà/Pràctiques: 2h
Grup petit/Laboratori: 2h
Aprenentatge autònom: 8h 23m

Descripció de la geometria

Descripció:
Aproximació polinomial de la geometria, generació de malles, malles d'ordre elevat, geometria exacta, NURBS, immersed boundaries, level-set, equació de Hamilton-Jacobi
Exercicis sobre aquest tema
Laboratori en aula informatica sobre aquest tema i treball escrit a lliurar

Objectius específics:
Comprendre el concepte d'errors d'aproximació de la geometria i les diferents estratègies per descriure la geometria en elements finits

Dedicació: 13h 12m
Grup gran/Teoria: 2h
Grup mitjà/Pràctiques: 2h
Grup petit/Laboratori: 1h 30m
Aprenentatge autònom: 7h 42m

Mètodes de partició de la unitat

Descripció:
Mètodes de partició de la unitat, MEF generalitzat (GFEM), MEF en malles no ajustades (CutFEM), integració sobre elements tallats, talls dolents, problemes de mal condicionament (aglomeració, extrapolació,...), MEF estès (XFEM), estratègies de enriquiment
Exercicis sobre aquest tema
Laboratori en aula informatica sobre aquest tema i treball escrit a lliurar

Objectius específics:
Comprendre la noció de partició de la unitat, formular una aproximació MEF usant una malla no ajustada, introduir estratègies d'enriquiment apropiades a MEF generalitzat

Dedicació: 36h
Grup gran/Teoria: 6h
Grup mitjà/Pràctiques: 6h
Grup petit/Laboratori: 3h
Aprenentatge autònom: 21h

Models de camp de fase

Descripció:
Descripció física dels models de transició de fase, models de camp de fase, equació de Stefan, equació d'Allen-Cahn
Exercicis sobre aquest tema
Laboratori en aula informatica sobre aquest tema i treball escrit a lliurar

Objectius específics:
Descriure fenòmens d'interfície

Dedicació: 20h 24m
Grup gran/Teoria: 3h 30m
Grup mitjà/Pràctiques: 3h 30m
Grup petit/Laboratori: 1h 30m
Aprenentatge autònom: 11h 54m

Mètodes de partícules

Descripció:
Mètodes sense malla, hidrodinàmica de partícules llises, dinàmica ràpida
Exercicis sobre aquest tema
Laboratori en aula informatica sobre aquest tema i treball escrit a lliurar

Objectius específics:
Entendre els mètodes de partícules

Dedicació: 24h
Grup gran/Teoria: 4h
Grup mitjà/Pràctiques: 4h
Grup petit/Laboratori: 2h
Aprenentatge autònom: 14h

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

La nota de l'assignatura s'obté d'una avaluació contínua durant tot el curs. Aquesta avaluació consta de diverses activitats, tant individuals com en grup, de formació incremental, que es duen a el cap durant el mòdul, tant dins com fora de l'aula.

La qualificació final es computarà de la següent manera:
- 35% examen escrit sobre la primera part de l'assignatura (Test 1);
- 35% examen escrit sobre la segona part de l'assignatura (Test 2);
- 30% treball a classe (tasques periòdiques d'exercicis pràctics i de programació).

Les proves escrites avaluaran l'assimilació dels conceptes fonamentals relacionats amb els objectius d'aprenentatge de l'assignatura i constaran de:
- preguntes teòriques sobre els mètodes numèrics presentats a classe;
- exercicis pràctics que requereixen escriure la formulació discreta per a un mètode i un problema determinats;
- preguntes d'interpretació dels resultats a partir de la teoria estudiada a classe.

L'avaluació de la feina a classe valorarà l'aprenentatge incremental dels estudiants i es basarà en:
- tasques periòdiques que consisteixen en exercicis escrits i de programació sobre els mètodes numèrics vistos durant l'assignatura. Aquests treballs seran corregits i avaluats.
- participació durant classes teòriques, exercicis i classes pràctiques.

Per a la versió a distància de l'Màster, l'avaluació de la feina a classe només considerarà les tasques enviades.

NORMES PER A LA REALITZACIÓ DE LES PROVES.

Cal enviar les tasques a través d'ATENeA respectant el termini anunciat. Les entregues tardanes o les tasques enviades per altres mitjans no seran acceptades i es qualificaran amb 0. Les tasques s'han de fer de manera individual: s'anima els estudiants a confrontar-se sobre els problemes, però els treballs enviats han de ser el resultat dels esforços propis de cada estudiants. El plagi en les tasques serà sancionat amb un 0 a la nota del treball a classe. Els exàmens escrits (test 1 i 2) s'han de fer de forma individual i no s'admetran llibres o apunts de classe. El plagi durant els exàmens serà sancionat amb un 0 a la nota final de l'assignatura.

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:
- Moës, Nicolas; Dolbow, John; Belytschko, Ted. A finite element method for crack growth without remeshing. Wiley Online Library, 1999.
- Provatas, N.; Elder, K. Phase-field methods in materials science and engineering [en línia]. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2010 [Consulta: 04/02/2021]. Disponible a: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9783527631520. ISBN 9783527407477.
- Huerta, A., Belytschko, T., Fernández-Méndez, S., Rabczuk, T., Zhuang, X., and Arroyo, M.. Meshfree Methods. 2a. Wiley Online Library, 2017. ISBN 9781119176817.

Complementària:
- Huerta, A.; Angeloski, A.; Roca, X. and Peraire, J.. Efficiency of high-order elements for continuous and discontinuous Galerkin methods. Wiley, 2013.
- Sevilla, R.; Fernandez-Mendez, S. and Huerta, A.. Comparison of high-order curved finite elements. Wiley, 2011.
- Sevilla, R.; Fernández-Méndez, S. and Huerta, A.. NURBS-Enhanced Finite Element Method (NEFEM). A Seamless Bridge Between CAD and FEM. Springer, 2011.
- Hospital-Bravo, R.; Sarrate, J. and Díez, P.. Numerical modeling of undersea acoustics using a partition of unity method with plane waves enrichment. Springer, 2016.
- Burman, E.; Claus, S.; Hansbo, P.; Larson, M.G.; Massing, A.. CutFEM: Discretizing geometry and partial differential equations. Wiley, 2015.