Guía docente
250965 - METNUMAVA - Métodos Numéricos Avanzados

Última modificación: 28/03/2024

Unidad responsable: Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona
Unidad que imparte: 751 - DECA - Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental.

Titulación: MÁSTER UNIVERSITARIO EN MÉTODOS NUMÉRICOS EN INGENIERÍA (Plan 2012). (Asignatura optativa).
MÁSTER UNIVERSITARIO ERASMUS MUNDUS EN MECÁNICA COMPUTACIONAL (Plan 2013). (Asignatura optativa).

Curso: 2023 **Créditos ECTS:** 5.0 **Idiomas:** Inglés

PROFESORADO

Profesorado responsable: MATTEO GIACOMINI

Otros: PEDRO DIEZ MEJIA, MATTEO GIACOMINI

METODOLOGÍAS DOCENTES

La asignatura consta de 1,3 horas a la semana de clases presenciales en aula (grupo grande) y 1,3 horas semanales con la mitad de los estudiantes (grupo mediano).

Se dedican a clases teóricas 1,3 horas en el grupo grande: el profesorado expone los conceptos básicos de la materia, presenta ejemplos y realiza ejercicios.

Se dedican 1,3 horas (grupo mediano) a la resolución de problemas con una mayor interacción con los estudiantes. Se realizan ejercicios prácticos con el fin de consolidar los objetivos de aprendizaje generales y específicos.

El resto de horas semanales se dedica a prácticas de laboratorio informático.

El material docente es accesible a través del campus virtual ATENeA: contenidos, programación de la asignatura, actividades de evaluación y bibliografía.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

Se presentan temas avanzados de técnicas numéricas modernas para ecuaciones diferenciales parciales, con su aplicación a una variedad de problemas en ciencia, ingeniería y otros campos. Algunos temas son: Elementos finitos avanzados (Discontinuo Galerkin, level set, X-MEF) y métodos sin mallas.

*Entender los diversos aspectos teóricos y computacionales de un amplio
espectro de métodos. Desarrollar habilidades en la aplicación práctica de los diversos métodos y los problemas de implementación asociados a cada uno de ellos.
* Se pondrá énfasis en que el alumno adquiera independencia en sus estudios;
aprenda a usar un ordenador para programación básica y aprenda a utilizar y
sacar provecho de sus horas de estudio.
*Implementar y utilizar programas de ordenador para solucionar problemas no lineales en los distintos campos de aplicación. Analizar desde un punto de vista crítico los resultados obtenidos por las simulaciones.

Advanced Finite Elements:
* Discontinuous Galerkin (DG)por problemas hiperbolicos. Solutores de Riemann y flujos numericos
* DG por operadores elipticos.
* Extended finite elements (X-FEM) e aplicaciones (simulación de fracturas, agujeros e inclusiones, interfases materiales
* Level sets. Métodos sin mallas:
* Resumen de métodos sin mallas.
* Aproximación mediante el movimiento de mínimos cuadrados
* Método de Galerkin libre de elementos.
* Hidrodinámica de partículas lisas.
* Implementación de condiciones para contornos esenciales.
* Acoplamiento de elementos finitos y métodos libres de mallas.
* Métodos de elementos finitos de partículas.
* Métodos de elementos discretos.
* Resumen de métodos y aplicaciones.
* Formulación básica.

Este módulo cubre una selección de temas avanzados sobre la aproximación numérica de ecuaciones en derivadas parciales, con aplicación a una variedad de problemas en ciencia e ingeniería (propagación de ondas, flujos multifásicos, flujos con superficie libre, mecánica de fractura, elasticidad no lineal y transición de fase).

Objetivos de aprendizaje:
Comprender los fundamentos de las técnicas avanzadas de discretización de ecuaciones en derivadas parciales más allá del método de elementos finitos (FEM, en inglés). Esto se realizará a partir de aplicaciones ingenieriles específicas en que los métodos FEM tradicionales muestran limitaciones numéricas. Se dará especial énfasis a las propiedades numéricas de los métodos, las ventajas y desventajas computacionales de cada enfoque y los detalles de implementación. Los objetivos específicos del módulo son:
- formular discretizaciones precisas utilizando métodos de alto orden (revisión de métodos de Galerkin continuo y discontinuo);
- comprender el concepto de error geométrico de aproximación y las diferentes estrategias para describir la geometría en elementos finitos (mallas de alto orden, geometría exacta, immersed boundaries, level-set);
- comprender la noción de partición de la unidad (generalised FEM, en inglés);
- formular un solver FEM utilizando una malla no ajustada (cut FEM, en inglés);
- introducir estrategias de enriquecimiento adecuadas en GFEM (eXtended FEM, en inglés);
- describir fenómenos de interfaz (modelos de campo de fase);
- comprender la lógica de los métodos de partículas (métodos sin malla, hidrodinámica de partículas lisas).

HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTADO

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas grupo mediano	9,8	7.83
Horas aprendizaje autónomo	80,0	63.95
Horas grupo grande	25,5	20.38

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas grupo pequeño	9,8	7.83

Dedicación total: 125.1 h

CONTENIDOS

Revisión de MEF & métodos de alto orden

Descripción:
MEF de Galerkin continuo, imposición fuerte y débil de condiciones de contorno de Dirichlet, MEF de Galerkin discontinuo, polinomios de alto orden, condensación estática, hibridación, implementación eficiente, métodos sin matriz
Ejercicios sobre este tema
Laboratorio en aula informática sobre este tema y trabajo escrito a entregar

Objetivos específicos:
Formular discretizaciones precisas utilizando métodos de alto orden

Dedicación: 14h 23m
Grupo grande/Teoría: 2h
Grupo mediano/Prácticas: 2h
Grupo pequeño/Laboratorio: 2h
Aprendizaje autónomo: 8h 23m

Descripción de la geometría

Descripción:
Aproximación polinomial de la geometría, generación de mallas, mallas de alto orden, geometría exacta, NURBS, immersed boundaries, level-set, ecuación de Hamilton-Jacobi
Ejercicios sobre este tema
Laboratorio en aula informática sobre este tema y trabajo escrito a entregar

Objetivos específicos:
Comprender el concepto de errores de aproximación de la geometría y las diferentes estrategias para describir la geometría en elementos finitos

Dedicación: 13h 12m
Grupo grande/Teoría: 2h
Grupo mediano/Prácticas: 2h
Grupo pequeño/Laboratorio: 1h 30m
Aprendizaje autónomo: 7h 42m

Métodos de partición de la unidad

Descripción:
Métodos de partición de la unidad, MEF generalizado (GFEM), MEF en mallas no ajustadas (CutFEM), integración sobre elementos cortados, cortes malos, problemas de mal condicionamiento (aglomeración, extrapolación,...), MEF extendido (XFEM), estrategias de enriquecimiento
Ejercicios sobre este tema
Laboratorio en aula informática sobre este tema y trabajo escrito a entregar

Objetivos específicos:
Comprender la noción de partición de la unidad, formular una aproximación MEF usando una malla no ajustada, introducir estrategias de enriquecimiento apropiadas en MEF generalizado

Dedicación: 36h
Grupo grande/Teoría: 6h
Grupo mediano/Prácticas: 6h
Grupo pequeño/Laboratorio: 3h
Aprendizaje autónomo: 21h

Modelos de campo de fase

Descripción:
Descripción física de los modelos de transición de fase, modelos de campo de fase, ecuación de Stefan, ecuación de Allen-Cahn
Ejercicios sobre este tema
Laboratorio informático sobre este tema y tarea escrita que se entregará

Objetivos específicos:
Describir fenómenos de interfaz

Dedicación: 20h 24m
Grupo grande/Teoría: 3h 30m
Grupo mediano/Prácticas: 3h 30m
Grupo pequeño/Laboratorio: 1h 30m
Aprendizaje autónomo: 11h 54m

Métodos de partículas

Descripción:
Métodos sin malla, hidrodinámica de partículas lisas, dinámica rápida
Ejercicios sobre este tema
Laboratorio en aula informática sobre este tema y trabajo escrito a entregar

Objetivos específicos:
Comprender el concepto de métodos de partículas

Dedicación: 24h
Grupo grande/Teoría: 4h
Grupo mediano/Prácticas: 4h
Grupo pequeño/Laboratorio: 2h
Aprendizaje autónomo: 14h

SISTEMA DE CALIFICACIÓN

La nota de la asignatura se obtiene de una evaluación continua durante todo el curso. Esta evaluación consta de varias actividades, tanto individuales como en grupo, de formación incremental, que se llevan al cabo durante el módulo, tanto dentro como fuera del aula.

La calificación final se computará de la siguiente manera:
- 35% examen escrito sobre la primera parte de la asignatura (Test 1);
- 35% examen escrito sobre la segunda parte de la asignatura (Test 2);
- 30% trabajo en clase (tareas periódicas de ejercicios prácticos y de programación).

Las pruebas escritas evaluarán la asimilación de los conceptos fundamentales relacionados con los objetivos de aprendizaje de la asignatura y constarán de:
- preguntas teóricas sobre los métodos numéricos presentados en clase;
- ejercicios prácticos que requieren escribir la formulación discreta para un método y un problema determinados;
- preguntas de interpretación de los resultados a partir de la teoría estudiada en clase.

La evaluación del trabajo en clase valorará el aprendizaje incremental de los estudiantes y se basará en:
- tareas periódicas que consisten en ejercicios escritos y de programación sobre los métodos numéricos vistos durante la asignatura. Estos trabajos serán corregidos y evaluados.
- participación durante clases teóricas, ejercicios y clases prácticas.

Para la versión a distancia del Máster, la evaluación del trabajo en clase solo considerará las tareas enviadas.

NORMAS PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS.

Las tareas deben enviarse a través de ATENeA respetando el plazo anunciado. Las entregas tardías o las tareas enviadas por otros medios no serán aceptadas y se calificarán con 0.

Las tareas deben realizarse de manera individual: se anima a los estudiantes a confrontarse sobre los problemas, pero los trabajos enviados deben ser el resultado de los esfuerzos propios de cada estudiantes. El plagio en las tareas será sancionado con un 0 en la nota del trabajo en clase.

Los exámenes escritos (test 1 y 2) deberán realizarse de forma individual y no se admitirán libros o apuntes de clase. El plagio durante los exámenes será sancionado con un 0 en la nota final de la asignatura.

BIBLIOGRAFÍA

Básica:
- 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 línea]. 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.

Complementaria:
- 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.