Guía docente
205017 - 205017 - Métodos Numéricos en Transferencia de Calor y Masa

Última modificación: 19/04/2023

Unidad responsable: Escuela Superior de Ingenierías Industrial, Aeroespacial y Audiovisual de Terrassa
Unidad que imparte: 724 - MMT - Departamento de Máquinas y Motores Térmicos.

Titulación: MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA AERONÁUTICA (Plan 2014). (Asignatura optativa).
MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA ESPACIAL Y AERONÁUTICA (Plan 2016). (Asignatura optativa).

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

PROFESORADO

Profesorado responsable: Carlos David Perez-Segarra
Xavier Trias

Otros: Assensi Oliva
Jorge Chiva

COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

Específicas:
CE13. MUEA/MASE: Comprensión y dominio de los fenómenos asociados a la Combustión y a la Transferencia de Calor y Masa.

METODOLOGÍAS DOCENTES

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

Adquirir una formación básica en la resolución numérica de las ecuaciones gobernantes en dinámica de fluidos y transferencia de calor y masa.
Adquirir una primera experiencia práctica en la programación, verificación y validación de códigos de CFD & HT (Computational Fluid Dynamics and Heat Transfer).
Familiarizarse con el uso de códigos CFD & HT y adquirir la capacidad de juzgar de forma crítica su calidad (verificación de las soluciones numéricas y validación de las formulaciones matemáticas utilizadas).

Resultados del aprendizaje al finalizar la asignatura, el / la estudiante:
Consolidación de las formulaciones matemáticas básicas de fenómenos de dinámica de fluidos y transferencia de calor y masa.
Conocimiento de diferentes metodologías de integración numérica de las ecuaciones de Navier-Stokes.
Introducción a la resolución de flujos turbulentos en base a metodologías de tipo RANS, LES y DNS.
Aplicación de técnicas de verificación de códigos, verificación de soluciones numéricas y validación de formulaciones matemáticas.

HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTADO

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas grupo grande	30,0	24.00
Horas grupo pequeño	15,0	12.00
Horas aprendizaje autónomo	80,0	64.00

Dedicación total: 125 h

CONTENIDOS

Introducción a los métodos numéricos en dinámica de fluidos y transmisión de calor y masa

Descripción:
Planteamiento general de la formulación matemática y de la problemática implicada en la integración de las ecuaciones propias de la dinámica de fluidos y de la transferencia de calor y masa. Comentarios generales de las diferentes metodologías de integración de las ecuaciones (diferencias finitas, volúmenes finitos, elementos finitos, métodos espectrales, etc.).

Objetivos específicos:
Revisión de las formulaciones básicas en dinámica de fluidos y transferencia de calor y masa.
Planteamiento general de las diferentes fenomenologías de integración de las ecuaciones de Navier-Stokes.

Dedicación: 12h
Grupo grande/Teoría: 2h
Aprendizaje autónomo: 10h

Resolución de la ecuación de la transferencia de calor por conducción de calor. Análisis permanente y transitorio.

Descripción:
Extensión de la metodología explicada en los cursos básicos de transferencia de calor y masa, basada en técnicas de volúmenes finitos y mallas de discretización estructuradas, ortogonales y adaptables al dominio.
En este tema se introducirán técnicas de volumenes finitos. Para el tratamiento de geometrías complejas se empleará el blocki-off method así como mallas no estructuradas con volúmenes finitos no ortogonales y de formas diversas (e.g. tetraedros). Se explicaron las técnicas de tratamiento de datos y las tablas de conectividad.
En esta etapa la resolución de los sistemas de ecuaciones de discretización se realizará con los métodos ya conocidos por los estudiantes de cursos anteriores (Gauss-Seidel, line-by-line, técnicas de sub y sobrerrelaxació).

Objetivos específicos:
.

Actividades vinculadas:
.

Dedicación: 24h
Grupo grande/Teoría: 9h
Aprendizaje autónomo: 15h

Resolución de ecuaciones de tipo convección-difusión.

Descripción:
A diferencia de las ecuaciones planteadas en el tema anterior, aquí se presenta la forma genérica de las ecuaciones de transporte con los términos convectivos. Se explican las diferentes técnicas de integración de la ecuación y los problemas de precisión (difusión numérica o falsa difusión) y / o convergencia (estabilidad) que pueden resultar según el esquema que se utilice. Se plantean diferentes problemas benchmark con mapas de velocidades dados (eg flujo uniforme inclinado respecto de las coordenadas, Smith-Hutton problem, etc.).

Objetivos específicos:
.

Dedicación: 26h 30m
Grupo grande/Teoría: 5h
Grupo pequeño/Laboratorio: 3h 30m
Aprendizaje autónomo: 18h

Técnicas de verificación de códigos y de las soluciones numéricas y revisión de los solvers más adecuados.

Descripción:
Este tema aborda dos aspectos fundamentales en la metodología de resolución numérica. El primero está relacionado con la verificación de código y verificación de soluciones numéricas. El segundo a las técnicas de resolución de grandes sistemas de ecuaciones algebraicas.
Referente al primer punto, se presentan diferentes técnicas de verificación de códigos, como puede ser comparativas con casos simplificados pero de solución analítica conocida, verificación de balances globales de masa, momentum y / o energía, creación de soluciones numéricas ad hoc (el conocido como a MMS o Method of Manufactured Solutions). Una vez el código está suficientemente verificado, se explican técnicas para asegurar la calidad de la solución numérica (ie los resultados obtenidos no pueden estar condicionados a la malla de discretizació generada o los parámetros numéricos utilizados o el número de cifras significativas (precisión-utilizadas pe el ordenador).
En una segunda parte se presentan solvers iterativos más eficientes que los estándar (Gauss-Seidel o el line-by-line). En particular, precondicionadores por métodos de Krylov (CG, GMRES, BiCGSTAB) y métodos de tipo multimalla-multinivel. En casos 3D con dirección periódica, se comentan métodos de diagonalización de Fourier.

Objetivos específicos:
-

Dedicación: 28h 30m
Grupo grande/Teoría: 7h
Grupo pequeño/Laboratorio: 3h 30m
Aprendizaje autónomo: 18h

Resolución de las ecuaciones de Navier-Stokes

Descripción:
Se plantea la problemática de resolución de estas ecuaciones, tanto desde un punto de vista físico como numérico. Se comentan diferentes propiedades que deben conservar las ecuaciones discretitzades y cómo estas propiedades son introducidas en el tratamiento numérico. La metodología que se explica se basa en técnicas de tipo explícito y esquemas de discretización espectro-consistente. El agoritme global es de tipo fractional-step method. Se proponen diferentes casos benchmark (driven cavity, differentially cavity, backward-facing step, etc.). Este planteamiento permite al estudiante abordar situaciones de flujos turbulentos con modelos tipo DNS (Direct Numerical Simulation) y LAS (Large Eddy Simulation). Se comentan aspectos fenomenológicos relativos a la turbulencia (cascada de energía, filtrado de las ecuaciones, mapas iniciales y condiciones de contorno) y de tratamiento estadístico de datos.

Objetivos específicos:
Metodología de resolución de las ecuaciones de Navier-Stokes (sistema de ecuaciones en derivadas parciales de tipo convección-difusión, no lineales y fuertemente acopladas).
Presentación de diferentes casos benchmark útiles para verificar los códigos desarrollados por el estudiante.
Introducción a la turbulencia y a las técnicas de resolución numérica en base a modelos de tipo DNS y LES.

Dedicación: 34h
Grupo grande/Teoría: 7h
Grupo pequeño/Laboratorio: 8h
Aprendizaje autónomo: 19h

SISTEMA DE CALIFICACIÓN

BIBLIOGRAFÍA

Básica:
- Versteeg, H. K; Malalasekera, W. An introduction to computational fluid dynamics: the finite volume method. 2nd ed. Harlow, Essex: New York: Pearson Education, 2007. ISBN 9780131274983.
- Incropera, F.P.; DeWitt, D.P. Fundamentos de transferencia de calor. 4a ed. México [etc.]: Prentice Hall, cop. 1999. ISBN 9701701704.
- Patankar, S.V. Numerical heat transfer and fluid flow [en línea]. Washington: New York: Hemisphere; McGraw-Hill, cop. 1980 [Consulta: 16/11/2022]. Disponible a: https://www-taylorfrancis-com.recursos.biblioteca.upc.edu/books/mono/10.1201/9781482234213/numerical-heat-transfer-fluid-flow-suhas-patankar. ISBN 0070487405.
- Roache, P.J. Fundamentals of computational fluid dynamics. Albuquerque, New Mexico: Hermosa, cop. 1998. ISBN 0913478091.
- Ferziger, J.H.; Peric, M. Computational methods for fluid dynamics. 3rd, rev. ed. Berlin [etc.]: Springer, cop. 2002. ISBN 3540420746.

Complementaria:
- Shyy, W. [et al.]. Computational fluid dynamics with moving boundaries. Philadelphia [etc.]: Taylor & Francis, cop. 1996. ISBN 1560324589.
- Pope, S.B. Turbulent flows. Repr. with corr. Cambridge [etc.]: Cambridge University Press, 2000. ISBN 0521591252.
- Libby, P.A. Introduction to turbulence. Bristol, PA: Taylor & Francis, cop. 1996. ISBN 1560321008.
- Roache, P.J. Verification and validation in computational science and engineering. New Mexico: Hermosa Publishers, cop. 1998. ISBN 0913478083.
- Bradshaw, P. An introduction to turbulence and its measurement. Oxford; New York: Pergamon Press, 1971. ISBN 080166202.

RECURSOS

Material informático:
- Apunts. Apuntes realizados por el profesorado de la asignatura.