ASIGNATURA DE MÁSTER:

# DINÁMICA DE FLUIDOS COMPRESIBLES

Curso 2013/2014

(Código:21156187)

## 1.PRESENTACIÓN

La Mecánica de Fluidos es ciertamente una de las ramas más bellas y aún no cerradas de la Física clásica. El objetivo fundamental de esta asignatura es presentar los fundamentos básicos con los cuales estudiar los flujos compresibles. La asignatura propone el estudio de los flujos de materia en condiciones en donde la "compresibilidad" juega un rol importante. Por lo tanto la asignatura ofrece un nuevo panorama de la Mecánica de Fluidos, no cubierto, en general, en los cursos de grado previos al máster.

La frontera que permite separar los flujos en compresibles e incompresibles es muy sutil, y para situarnos en contexto debemos tener en consideración no solo la velocidad de la masa fluida y compararla con la velocidad del sonido correspondiente, sino que también importarán las escalas temporales en las que los cambios de las propiedades termodinámicas ocurren para poder compararlos con los tiempos característicos de las ondas sonoras que son quienes en última instancia propagan la información dichos cambios.

El estudio de la asignatura hará uso de las herramientas analíticas propias de la Mecánica de Fluidos y permitirá a su vez desarrollar la intuición física en situaciones "poco intuitivas" como ser aquellos contextos en los que la velocidad del fluido se parece (o incluso es mayor) que la velocidad a la cual se propaga la información de un punto a otro.

## 2.CONTEXTUALIZACIÓN

La asignatura complementa la formación en Mecánica de Fluidos de los estudiantes de Ciencias e Ingeniería al presentar de manera algo más extensa y desarrollada conceptos que son importantes para estudiar la dinámica de masas fluidas que pueden variar su volumen específico. Se arranca con las ecuaciones de conservación (masa, momento lineal y energía) y se construye una primera intuición de los fenómenos compresibles mediante el estudio de las ondas acústicas lineales, que representan perturbaciones de pequeña magnitud en las propiedades termodinámicas. A partir de ahí, el camino está preparado para estudiar perturbaciones de amplitud finita en una dimensión mediante la deducción de los invariantes de Riemann y el obligado estudio de las curvas características para las ecuaciones de Euler. Este estudio puede ser complementado con el correspondiente estudio matemático de la teoría de curvas características que se hace en otra materia del máster (Métodos numéricos avanzados). Se presenta luego la expansión autosimilar como paradigma de las ondas simples y queda preparado el terreno para exponer la imposibilidad de ondas de compresión centradas y la necesidad ineludible de aceptar soluciones "discontinuas" para un sistema de ecuaciones en derivadas parciales "continuas" cuando lidiamos con flujos compresivos fuertes. Aparece así la onda de choque como una necesidad física para poder satisfacer las condiciones de contorno entre dos zonas adyacentes de una masa fluida en movimiento de compresión. Se ejemplificará con los distintos escenarios en donde las ondas de rarefacción centrada y las ondas de choque compresivas juegan un rol importante.

## 3.REQUISITOS PREVIOS RECOMENDABLES

Es conveniente que el estudiante conozca las ecuaciones de fluido ideal (conservación de la masa, las ecuaciones de Euler y la conservación de la energía) en coordenadas eulerianas, así como conceptos básicos de Termodinámica. No obstante, el

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección https://sede.uned.es/valida/
6BA11EE672DC5D0250A6C0DF6346B1D8

primer capítulo de la asignatura es de revisión de dichos temas. También es conveniente el tener conocimiento de cálculo diferencial e integral en una y varias variables (dos y tres variables reales) y saber resolver ecuaciones diferenciales ordinarias y en derivadas parciales típicas. De cualquier forma, las ecuaciones a tratar durante el curso siempre se resolverán partiendo desde los principios fundamentales.

## 4.RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Los resultados de aprendizaje propios de la asignatura son

1. Aplicar las leyes de conservación de la masa, cantidad de movimiento lineal y energía a problemas sencillos de dinámica de gases.
2. Distinguir entre flujos compresibles e incompresibles en situaciones estacionarias y no estacionarias.
3. Resolver problemas de ondas sonoras.
4. Entender las propiedades de las curvas características y su significado físico.
5. Resolver problemas que involucren la expansión de una masa de gas y entender el proceso como un fenómeno autosimilar en el límite de una expansión centrada.
6. Comprender las relaciones de Rankine-Hugoniot (R-H) a través de una onda de choque plana.
7. Interpretar geométricamente las relaciones de R-H en un diagrama p-V (presión – volumen específico).
8. Obtener expresiones aproximadas para las relaciones de salto de las diferentes magnitudes termodinámicas para choques débiles.

## 5.CONTENIDOS DE LA ASIGNATURA

Tema 1. Elementos de dinámica de gases

Ecuaciones de conservación de la mecánica de fluidos en forma diferencial: conservación de la masa, conservación del momento lineal, conservación de la energía. Ecuación de estado de gas ideal. Conservación de la entropía.

Tema 2. Ondas sonoras

Ecuación de ondas para pequeñas perturbaciones en la presión, densidad y velocidad de un gas. Velocidad del sonido. Flujos compresibles e incompresibles. Soluciones para perturbaciones acústicas en una dimensión. Paquete de ondas. Ondas sonoras esféricas.

Tema 3. Curvas características

Familia de curvas características para la propagación de ondas sonoras. Flujo plano isoentrópico. Invariantes de Riemann. Flujo plano isoentrópico en una región acotada. Uniformidad de uno de los invariantes de Riemann: ondas simples. Distorsión de una onda de amplitud finita.

Tema 4. Onda de rarefacción

Problema del pistón plano que retrocede. Perfiles de presión, densidad y velocidad del gas en función del tiempo. Onda de rarefacción centrada: variables autosimilares. Imposibilidad de una onda de compresión centrada.

Tema 5. Ondas de choque

Movimiento de un pistón plano que comprime una columna de gas: ecuaciones de conservación. Curvas de Hugoniot. Ondas de choque en un gas ideal con calores específicos constantes. Interpretación geométrica de las curvas de Hugoniot. Compresión de un gas mediante choques múltiples. Imposibilidad de ondas de choque rarefactivas en un fluido con propiedades termodinámicas "normales". Ondas de choque débiles. Ondas de choque en un fluido con propiedades termodinámicas "anómalas".

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección https://sede.uned.es/valida/
6BA11EE672DC5D0250A6C0DF6346B1D8

## 6.EQUIPO DOCENTE

- EMILIA CRESPO DEL ARCO

## 7.METODOLOGÍA

El curso se impartirá a través de l plataforma educativa virtual aLF. Dentro del curso virtual se distribuirá material complementario a los alumnos matriculados y se propondrán trabajos para realizar en casa.

Dentro del curso virtual el alumno dispondrá de:

- Página de bienvenida, donde se indica el concepto general de la asignatura y se presenta el equipo docente.??

- Calendario, donde se establece el orden temporal de actividades.??

Materiales:
a) Guía del curso, donde se establecen los objetivos concretos y los puntos de interes.
b) Programa, donde se especifica la división del contenido por capítulos.
c) Procedimiento, donde se sugieren al alumno las tareas que debe realizar.
d) Recursos, donde se proporciona el material necesario para el estudio.
e) Enlaces a páginas relacionadas con los contenidos de la asignatura.

Herramientas de comunicación:
a) Correo, para la consulta personal de dudas de tipo general.
b) Foros de debate, donde se intercambian conocimientos y se resuelven dudas de tipo académico y práctico.
c) Plataforma de entrega de los trabajos obligatorios, exámenes y problemas, y herramientas de calificación.

## 8.BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

Comentarios y anexos:

Los textos básicos de estudio son:

Physics of Shock Waves and HighTemperatureHydrodynamic Phenomena, *Ya. B. Zeldovich and Yu. P. Raizer*, Dover Publications, Inc. Mineola, New York, (2002)..

Fluid Mechanics, *L. D. Landau and E. M. Lifshitz,* ButterworthÃ¢Â¿Â¿Heinemann Elsevier, Oxford (2007).

Elements of Gasdynamics, H. W. Liepmann and A. Roshko, Dover Publications, Inc. Mineola, New York (1993).

## 9.BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

Comentarios y anexos:

Se dispondrá de apuntes teórico-prácticos desarrollados por el profesor de la asignatura, en formato pdf.

## 10.RECURSOS DE APOYO AL ESTUDIO

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección https://sede.uned.es/valida/
6BA11EE672DC5D0250A6C0DF6346B1D8

La UNED posee la licencia del programa ScientificNotebook, un procesador de textos científicos que incluye una versión reducida del programa Maple de cálculo simbólico.

También la UNED oferta a los alumnos una versión gratuita de Maple 15. Maple es un programa matemático de propósito general capaz de realizar cálculos simbólicos, algebraicos y de álgebra computacional.

Por otra parte, existen algunos lenguajes de programación elementales de acceso libre (en particular gwbasic y similares) que, por su sencillez, pueden resultar útiles para probar algunos resultados.

Finalmente, el programa Easy Java Simulations, también de libre acceso, ofrece posibilidades de representación gráfica de funciones y de integración numérica.

## 11.TUTORIZACIÓN Y SEGUIMIENTO

Como ya se ha indicado en el apartado Metodología, el Curso Virtual es el instrumento fundamental para la tutorización y seguimiento del aprendizaje. No obstante, el estudiante también tendrá acceso a realizar consultas al equipo docente a través del correo, teléfono y presencialmente en los horarios establecidos para estas actividades. Los datos personales del equipo docente son:

Juan Gustavo Wouchuk Schmidt

Email: jgwouchuk@invi.uned.es

## 12.EVALUACIÓN DE LOS APRENDIZAJES

Por cada uno de los bloques básicos que constituyen el contenido de la asignatura, se propondrán uno o varios trabajos para que el alumno realice en casa y entregue a través de la plataforma del curso virtual. Cada bloque contribuirá con un peso a determinar a la calificación final.

Los temas de los trabajos y los plazos de entrega se anunciarán en el Curso Virtual.

## 13.COLABORADORES DOCENTES

- JUAN GUSTAVO WOUCHK SCHMIDT
- CESAR HUETE

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección https://sede.uned.es/valida/
6BA11EE672DC5D0250A6C0DF6346B1D8