

19-20

MÁSTER UNIVERSITARIO EN FÍSICA DE  
SISTEMAS COMPLEJOS

# GUÍA DE ESTUDIO PÚBLICA



## DINÁMICA DE FLUIDOS COMPRESIBLES

CÓDIGO 21156187

UNED

19-20

DINÁMICA DE FLUIDOS COMPRESIBLES  
CÓDIGO 21156187

# ÍNDICE

PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN  
REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR ESTA ASIGNATURA  
EQUIPO DOCENTE  
HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE  
COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE  
RESULTADOS DE APRENDIZAJE  
CONTENIDOS  
METODOLOGÍA  
SISTEMA DE EVALUACIÓN  
BIBLIOGRAFÍA BÁSICA  
BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA  
RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA  
ADENDA AL SISTEMA DE EVALUACIÓN CON MOTIVO DE LA PANDEMIA COVID 19

Nombre de la asignatura	DINÁMICA DE FLUIDOS COMPRESIBLES
Código	21156187
Curso académico	2019/2020
Título en que se imparte	MÁSTER UNIVERSITARIO EN FÍSICA DE SISTEMAS COMPLEJOS
Tipo	CONTENIDOS
Nº ETCS	6
Horas	150.0
Periodo	SEMESTRE 1
Idiomas en que se imparte	CASTELLANO

## PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN

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 del flujo ocurren para poder compararlas con los tiempos característicos de las ondas sonoras que son quienes en última instancia propagan la información de 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 es comparable a la velocidad con la cual se propaga la información de un punto a otro.

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.

Otro fenómeno común donde la compresibilidad del medio tiene un rol fundamental es la detonación. En concreto, la detonación en un medio gaseoso y reactivo, donde una onda supersónica, similar a la onda de choque pero exotérmica, viaja aumentando la presión y temperatura del gas de forma brusca. En este contexto se presenta la caracterización de las detonaciones, así como la evolución de sus propiedades internas.

## REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR ESTA ASIGNATURA

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 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.

## EQUIPO DOCENTE

Nombre y Apellidos  
Correo Electrónico  
Teléfono  
Facultad  
Departamento

EMILIA CRESPO DEL ARCO (Coordinador de asignatura)  
emi@fisfun.uned.es  
91398-7123  
FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICA FUNDAMENTAL

## COLABORADORES DOCENTES EXTERNOS

Nombre y Apellidos  
Correo Electrónico

CESAR HUETE  
chuete@invi.uned.es

## HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE

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 electrónico. Los datos de contacto del equipo docente son:

### **Juan Gustavo Wouchuk Schmidt**

Profesor Titular de Universidad Mecánica de Fluidos

E.T.S.I.Industriales, Universidad de Castilla-La Mancha, Campus Universitario (13071)

Ciudad Real, Spain

Email: Gustavo.Wouchuk@uclm.es

### **César Huete Ruiz de Lira**

Profesor Visitante

Universidad Carlos III de Madrid,

Departamento de Ingeniería Térmica y Fluidos.

Grupo de Mecánica de Fluidos.

Email: chuete@ing.uc3m.es

## **COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE**

### **COMPETENCIAS BÁSICAS**

CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación

CB7 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.

CB8 - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios

CB9 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades

CB10 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida auto dirigido o autónomo.

### **COMPETENCIAS GENERALES**

CG01 - Adquirir capacidad de análisis y síntesis.

CG02 - Adquirir capacidad de organización y planificación.

CG03 - Adquirir conocimientos de informática relativos al ámbito de estudio

CG04 - Adquirir capacidad de gestión de información

CG05 - Adquirir capacidad para resolución de problemas

CG07 –Ser capaz de trabajar en equipo

CG08 - Adquirir razonamiento crítico

CG10 - Adquirir capacidad de aprendizaje autónomo

CG11 - Adquirir capacidad de adaptación a nuevas situaciones

### **COMPETENCIAS ESPECÍFICAS**

CE01 - Saber utilizar y relacionar los diferentes tipos de descripción (microscópica, mesoscópica y macroscópica) de los fenómenos físicos

CE02 - Comprender las propiedades cualitativas de las soluciones a las ecuaciones de la

física (sus tipos, estabilidad, singularidades, etc.) y su dependencia de los parámetros que definen un sistema físico

CE05 - Capacidad de análisis de problemas nuevos en sistemas poco conocidos y determinar similitudes y diferencias con modelos de referencia

CE06 - Capacidad de formular modelos matemáticos en términos de ecuaciones diferenciales (ordinarias o en derivadas parciales)

CE07 - Saber construir modelos numéricos para fenómenos descritos por ecuaciones diferenciales (ordinarias o en derivadas parciales) con diferentes condiciones iniciales o de contorno

CE08 - Capacidad de realizar análisis críticos de resultados experimentales, analíticos y numéricos

CE09 - Capacidad de búsqueda de bibliografía y fuentes de información especializadas. Manejo de las principales bases de datos de bibliografía científica y de patentes

CE10 - Conocimiento avanzado del estado actual y la evolución de un campo de investigación concreto

## 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 geoméricamente 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.
9. Caracterizar las condiciones de salto de detonaciones planas en medios gaseosos.
10. Estudiar como varían las propiedades termodinámicas dentro de la zona reactiva.

En la siguiente tabla se establecen los principales resultados de aprendizaje para los diversos temas

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Tema 1	X	X								
Tema 2	X	X	X							
Tema 3	X	X		X						
Tema 4	X	X			X					
Tema 5	X	X				X	X	X		
Tema 6	X	X				X	X		X	X

## CONTENIDOS

Tema 1.

**Elementos de dinámica de gases**

Tema 2

**Ondas sonoras**

Tema 3

**Curvas características**

Tema 4

**Onda de rarefacción**

Tema 5

**Ondas de choque**

Tema 6

**Detonaciones**

## METODOLOGÍA

El curso se impartirá a través de una plataforma educativa virtual. 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:
  1. Guía del curso, donde se establecen los objetivos concretos y los puntos de interés.
  2. Programa, donde se especifica la división del contenido por capítulos.
  3. Procedimiento, donde se sugieren al alumno las tareas que debe realizar.
  4. Recursos, donde se proporciona el material necesario para el estudio.
  5. Enlaces a páginas relacionadas con los contenidos de la asignatura.
  6. Herramientas de comunicación:
  7. Correo, para la consulta personal de dudas de tipo general.
  8. Foros de debate, donde se intercambian conocimientos y se resuelven dudas de tipo académico y práctico.
  9. Plataforma de entrega de los trabajos obligatorios, exámenes y problemas, y herramientas de calificación.

## SISTEMA DE EVALUACIÓN

### TIPO DE PRUEBA PRESENCIAL

Tipo de examen

No hay prueba presencial

### CARACTERÍSTICAS DE LA PRUEBA PRESENCIAL Y/O LOS TRABAJOS

Requiere Presencialidad

No

Descripción

Por cada uno de los cuatro 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 la calificación final.

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

Criterios de evaluación

Ponderación de la prueba presencial y/o los trabajos en la nota final

Fecha aproximada de entrega

30-01-2019

Comentarios y observaciones

Los estudiantes que por alguna circunstancia sobrevenida no puedan seguir el calendario podrán entrar en la convocatoria de septiembre. Estos estudiantes deberán entregar una parte de los trabajos antes del 1 de mayo y el resto antes del 10 de septiembre.



**PRUEBAS DE EVALUACIÓN CONTINUA (PEC)**

¿Hay PEC? No

Descripción

Criterios de evaluación

Ponderación de la PEC en la nota final

Fecha aproximada de entrega

Comentarios y observaciones

**OTRAS ACTIVIDADES EVALUABLES**

¿Hay otra/s actividad/es evaluable/s? No

Descripción

Criterios de evaluación

Ponderación en la nota final

Fecha aproximada de entrega

Comentarios y observaciones

**¿CÓMO SE OBTIENE LA NOTA FINAL?**

Se requerirá una calificación mínima en cada trabajo. Si todos los trabajos superan esta calificación mínima, la calificación final será la media ponderada de las calificaciones de los cinco bloques.

**Se valorará también en la evaluación de los trabajos la participación de los alumnos en los Foros del Curso Virtual.**

**BIBLIOGRAFÍA BÁSICA**

ISBN(13):9788429140873

Título:MECÁNICA DE FLUIDOS. VOL. VI (1ª)

Autor/es:Lifshitz, Eugeny M. ; Landau, Levi D. ;

Editorial:REVERTÉ

Los textos básicos de estudio son:

1. *Physics of Shock Waves and High-Temperature Hydrodynamic Phenomena*, Ya. B. Zeldovich and Yu. P. Raizer, Dover Publications, Inc. Mineola, New York, (2002). Capítulo 1.
2. *Fluid Mechanics*, L. D. Landau and E. M. Lifshitz, Butterworth-Heinemann Elsevier, Oxford (2007). Capítulos 9 y 10.
3. *Elements of Gasdynamics*, H. W. Liepmann and A. Roshko, Dover Publications, Inc. Mineola, New York (1993). Capítulos 1, 2, 3 y 4.
4. *Combustion Theory: the fundamental theory of chemical reacting flow systems*, F. A. Williams, A. Addison-Wesley, (1965). Capítulos 1, 2 y 6.

5. *Detonation: theory and experiment*, W. Fickett and C. D. William, Courier Corporation, (2012). Capítulos 2 y 4.
6. *The detonation phenomenon Vol. 2*, J. HS. Lee, Cambridge University Press, (2008). Capítulo 2.

## BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

ISBN(13):9780520051256

Título:INTRODUCTION TO DETONATION THEORY

Autor/es:

Editorial:UNIVERSITY OF CALIFORNIA PRESS

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

## RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA

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. 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.

## ADENDA AL SISTEMA DE EVALUACIÓN CON MOTIVO DE LA PANDEMIA COVID 19

<https://app.uned.es/evacaldos/asignatura/adendasig/21156187>

---

## IGUALDAD DE GÉNERO

En coherencia con el valor asumido de la igualdad de género, todas las denominaciones que en esta Guía hacen referencia a órganos de gobierno unipersonales, de representación, o miembros de la comunidad universitaria y se efectúan en género masculino, cuando no se hayan sustituido por términos genéricos, se entenderán hechas indistintamente en género femenino o masculino, según el sexo del titular que los desempeñe.