26-27

# GUÍA DE ESTUDIO PÚBLICA

# INESTABILIDADES Y TURBULENCIA

**CÓDIGO 2115605-**

UNED

26-27

**INESTABILIDADES Y TURBULENCIA**

**CÓDIGO 2115605-**

# 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
IGUALDAD DE GÉNERO

## PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN

La asignatura de Inestabilidades y Turbulencia es una asignatura optativa impartida en el segundo semestre del Máster en Física Avanzada. Esta asignatura se encuadra dentro de la especialidad de Física del Fluidos ofertada en el Máster, tiene 6 créditos ECTS (25h/crédito) y no incluye prácticas de laboratorio.

La mecánica de fluidos es una de las teorías de campos fundamentales de la física, con innumerables aplicaciones tecnológicas en el mundo de la ingeniería, la medicina, así como en las ciencias de la tierra (dinámica atmosférica, geodinámica, etc.). Por otra parte, debido al carácter no lineal de las ecuaciones que describen la mecánica de los fluidos, las ecuaciones de Navier-Stokes, esta materia es también de gran interés en matemáticas fundamentales, donde el estudio de las propiedades de las ecuaciones de Navier-Stokes constituye un activo campo de investigación. De hecho, las ecuaciones de Navier-Stokes conforma uno de los 7 *Millennium Prize Problems,* para los que el *Clay Mathematics Institute* ofrece un premio de $1M a quien logre un avance significativo en el conocimiento de cualquiera de estas materias (https://www.claymath.org).

Desde el punto de vista matemático la gran dificultad de la ecuaciones de Navier-Stokes es consecuencia de su carácter no lineal, y del número de variables independientes (3 espaciales más 1 temporal), lo cual impide que sea posible resolver estas ecuaciones de manera exacta, y también hace que el espacio de sus soluciones tenga una enorme complejidad. El término no lineal de las ecs. de NS es también responsable de las inestabilidades hidrodinámicas que producen la *transición a la turbulencia* cuando se supera un cierto número de Reynolds crítico (generalmente elevado), cuyo valor concreto depende de la geometría.

Esta asignatura está estructurada en dos partes. En la parte de inestabilidades estudiaremos las técnicas de análisis de inestabilidades empleadas habitualmente en fluidos, y las ilustraremos con los ejemplos más representativos de inestabilidades hidrodinámicas. En la segunda parte abordaremos el estudio de los flujos turbulentos, centrándonos en las propiedades de las ecuaciones de Navier-Stokes en el límite de Reynolds elevados, la descripción estadística de flujos turbulentos, y la teoría de Kolmogorov para la turbulencia homogénea isótropa totalmente desarrollada.

## REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR ESTA ASIGNATURA

Como es habitual en cualquier campo científico avanzado, en la actualidad la bibliografía sobre inestabilidades hidrodinámicas y flujos turbulentos está escrita en lengua inglesa, de manera que es fundamental contar con un buen nivel en lectura y comprensión de textos científicos en inglés.

Las ecuaciones de Navier-Stokes son un sistema de ecuaciones diferenciales en derivadas parciales. Dado que esta asignatura versa sobre propiedades de algunas soluciones de este sistema de ecuaciones, para cursar esta asignatura es fundamental contar con conocimientos sobre ecuaciones diferenciales, tanto en derivadas parciales como ordinarias, así como algunos temas de análisis funcional (principalmente análisis de Fourier). Estos

temas se estudian (p. ej.) en las asignaturas de Métodos Matemáticos del Grado en Física. El estudio de las inestabilidades hidrodinámicas y las propiedades de los flujos turbulentos son temas avanzados dentro de la materia de mecánica de fluidos, por tanto, **para cursar esta asignatura es fundamental contar con conocimientos generales sobre dinámica fluidos, como los que se obtienen (p. ej.) en la asignatura de Física de Fluidos del Grado en Física.**

## EQUIPO DOCENTE


| | |
|---|---|
| Nombre y Apellidos | EMILIA CRESPO DEL ARCO (Coordinador/a de asignatura) |
| Correo Electrónico | emi@fisfun.uned.es |
| Teléfono | 91398-7123 |
| Facultad | FACULTAD DE CIENCIAS |
| Departamento | FÍSICA FUNDAMENTAL |

| | |
|---|---|
| Nombre y Apellidos | MANUEL ARIAS ZUGASTI |
| Correo Electrónico | maz@ccia.uned.es |
| Teléfono | 91398-7127 |
| Facultad | FACULTAD DE CIENCIAS |
| Departamento | FÍSICA MATEMÁTICA Y DE FLUIDOS |

| | |
|---|---|
| Nombre y Apellidos | MARIANA RODRIGUEZ HAKIM |
| Correo Electrónico | mrodriguez@fisfun.uned.es |
| Teléfono | 91398-9843 |
| Facultad | FACULTAD DE CIENCIAS |
| Departamento | FÍSICA FUNDAMENTAL |


## HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE

Las labores de autorización y seguimiento se harán principalmente a través de las herramientas de comunicación del Curso virtual (Correo y Foros de debate). Por otra parte, los estudiantes podrán siempre entrar en contacto con la profesora de la asignatura por medio de correo electrónico, teléfono o entrevista telemática:

Dra. Mariana Hakim Rodríguez
e-mail: mrodriguez@fisfun.uned.es
Teléfono: 91 398 9843
Horario: Miércoles, de 12 a 14 h y de 16 a 18 h

Dr. Manuel Arias Zugasti
e-mail: maz@dfmf.uned.es
Teléfono: 91 398 7127
Horario: Lunes de 16 a 20 h

Dra. Emilia Crespo del Arco
e-mail: emi@fisfun.uned.es
Teléfono: 91 398 7123
Horario: Miércoles, de 12 a 14 h y de 16 a 18 h

# COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE

**COMPETENCIAS**

CM1 Poseer la capacidad para el desarrollo de una aptitud crítica ante el aprendizaje que le lleve a plantearse nuevos problemas desde perspectivas no convencionales.
CM2 Adquirir los conocimientos necesarios en Física Avanzada para incorporarse a un grupo de investigación o a empresas.
CM3 Adquirir la capacidad para abordar y resolver un problema avanzado en la física teórica, computacional o de fluidos, mediante la elección adecuada del contexto teórico, la identificación de los conceptos relevantes y el uso de las técnicas matemáticas que constituyen la mejor aproximación para así llegar a la solución.
CM4 Analizar una situación compleja extrayendo cuales son las cantidades físicas relevantes y ser capaz de reducirla a un modelo parametrizado.
CM5 Analizar problemas nuevos en sistemas poco conocidos y determinar similitudes y diferencias con modelos de referencia.
CM6 Analizar críticamente resultados experimentales, analíticos y numéricos en el campo de la física avanzada.

# RESULTADOS DE APRENDIZAJE

**CONOCIMIENTOS O CONTENIDOS**

CN1 Comprender conceptos avanzados de Física y demostrar, en un contexto de investigación científica altamente especializada, una relación detallada y fundamentada entre los aspectos teóricos y prácticos y la metodología empleada en este campo.
CN2 Conocer y comprender los elementos más relevantes de la física teórica, computacional y de fluidos actual. Profundizar en la comprensión de las teorías que se encuentran en la frontera de estos temas, incluyendo su estructura matemática, su confrontación con resultados experimentales, y la descripción de los fenómenos físicos que dichas teorías explican.
CN4 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.

**HABILIDADES O DESTREZAS**

H2 Comunicar con claridad y rigor los resultados de un trabajo de investigación de forma oral o escrita.
H3 Utilizar bibliografía y fuentes de información especializada, propias del ámbito de conocimiento de la física, manejando las principales bases de datos de recursos científicos.
H5 Modelizar sistemas de alto grado de complejidad. Identificar variables y parámetros relevantes y realizar aproximaciones que simplifiquen el problema. Construir modelos físicos que describan y expliquen situaciones en ámbitos diversos.
H7 Resolver problemas algebraicos, de resolución de ecuaciones y de optimización mediante métodos numéricos.
H9 Elaborar una memoria clara y concisa de los resultados de su trabajo y de las

conclusiones obtenidas en el campo de la física avanzada.

**COMPETENCIAS**

CM1 Poseer la capacidad para el desarrollo de una aptitud crítica ante el aprendizaje que le lleve a plantearse nuevos problemas desde perspectivas no convencionales.
CM2 Adquirir los conocimientos necesarios en Física Avanzada para incorporarse a un grupo de investigación o a empresas.
CM3 Adquirir la capacidad para abordar y resolver un problema avanzado en la física teórica, computacional o de fluidos, mediante la elección adecuada del contexto teórico, la identificación de los conceptos relevantes y el uso de las técnicas matemáticas que constituyen la mejor aproximación para así llegar a la solución.
CM4 Analizar una situación compleja extrayendo cuales son las cantidades físicas relevantes y ser capaz de reducirla a un modelo parametrizado.
CM5 Analizar problemas nuevos en sistemas poco conocidos y determinar similitudes y diferencias con modelos de referencia.
CM6 Analizar críticamente resultados experimentales, analíticos y numéricos en el campo de la física avanzada.

## CONTENIDOS

Tema 1.

Introducción al análisis de estabilidad hidrodinámica.

Tema 2.

Ondas

Tema 3.

Inestabilidades en fluidos

Tema 4.

Simetrías y leyes de conservación en flujos a Reynolds altos

Tema 5.

Descripción estadística de flujos turbulentos

Tema 6.

Teoría de Kolmogorov

## METODOLOGÍA

La docencia se impartirá principalmente a través de un curso virtual dentro de la plataforma educativa de la UNED. Dentro del **curso virtual** los estudiantes dispondrán de:

1. **Página de bienvenida**, donde se indica el concepto general de cada una de las asignaturas que componen el módulo y se presentan a los docentes.
2. **Materiales**:

•*Guía del curso*, donde se establecen los objetivos concretos y los puntos de interés.
•*Programa*, donde se especifica la división del contenido por capítulos.
•*Recursos*, donde se proporciona el material necesario para el estudio, incluyendo referencias a artículos fundamentales en el desarrollo de la disciplina.

3. **Herramientas de comunicación:**

•*Correo*, para la consulta personal de cuestiones particulares del alumno.
•*Foros de debate*, donde se intercambian conocimientos y se resuelven dudas de tipo conceptual o práctico.
•*Plataforma de entrega* de trabajos obligatorios y herramientas de calificación.

4. **Actividades y trabajos**: Dentro del Curso virtual se llevarán a cabo las siguientes:

•Participación en los foros de debate.
•Pruebas de evaluación continua en línea, al final de cada bloque del temario.

Fuera del curso virtual 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. También se pueden organizar videoconferencias coordinadas con los distintos Centros Asociados, si las necesidades docentes lo hicieran preciso.

## 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 | |

Realización de un trabajo al final de curso. El trabajo consiste en desarrollar un tema del temario de la asignatura o relacionado. Para ello debe utilizar como mínimo dos fuentes: un libro y un artículo científico, o bien un libro y un video. Los estudiantes deberán exponer por escrito un resumen del tema propuesto por el equipo docente.La realización del trabajo con una calificación mínima de aprobado es obligatoria para todos los estudiantes. Los estudiantes que se presenten a la convocatoria de Septiembre deberán realizar un trabajo adicional que les será propuesto en el mes de Septiembre.

Criterios de evaluación

Se valorará:

Nivel científico de comprensión y expresión escrita 50%

Capacidad de integrar en el resumen ambas fuentes. 20%

Aportaciones personales 30%

| | |
|---|---|
| Ponderación de la prueba presencial y/o los trabajos en la nota final | 20% |
| Fecha aproximada de entrega | 10/06/2022 |

Comentarios y observaciones

Las PEC y los trabajos presentados deben ser redactados con un procesador de textos y entregados en el curso virtual en formato pdf. La nota final será un número de 1 a 10.

**PRUEBAS DE EVALUACIÓN CONTINUA (PEC)**

| | |
|---|---|
| ¿Hay PEC? | Si,PEC no presencial |

Descripción

Realización de ejercicios relacionados con los contenidos de la asignatura. Los ejercicios (aproximadamente 4 ejercicio) serán propuestos a lo largo del curso y podrán ser presentados y evaluados antes de la fecha final de entrega. Todos los ejercicios son obligatorios.

Criterios de evaluación

Los ejercicios serán calificados de 1 a 10. Se valorarán los siguientes aspectos:

Correcto planteamiento del problema físico, ecuaciones y condiciones de contorno que deben resolverse.

Redacción de la resolución del problema, incluyendo las aproximaciones realizadas y detallando cada paso que se sigue.

Obtención de resultados correctos.

Comparación de los resultados con soluciones teóricas (si las hubiera).

Análisis crítico de los resultados, incluyendo la discusión con gráficas y tablas.

Presentación.

**La nota final de la PEC será la media simple de los ejercicios**

| | |
|---|---|
| Ponderación de la PEC en la nota final | 80% |
| Fecha aproximada de entrega | Segundo mes: primer y segundo trabajo. Tercer mes: dos siguientes trabajos. Cuarto mes: último trabajo. Las fechas dependen calendario académico. |

Comentarios y observaciones

Las PEC y los trabajos presentados deben ser redactados con un procesador de textos y entregados en el curso virtual en formato pdf. La nota final de la PEC será un número de 1 a 10.

**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?**

La nota final se obtendrá mediante la fórmula

**Nota del trabajo *0.2 + Nota de la PEC *0.8**

## BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

ISBN(13): 9780521009652
Título: INTRODUCTION TO HYDRODYNAMIC STABILITY 2002 edición
Autor/es:
Editorial: : CAMBRIDGE UNIVERSITTY PRESS

ISBN(13): 9780521289801
Título: HYDRODYNAMIC STABILITY 1ª ed., repr. edición
Autor/es: Reid, W. H.
Editorial: CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS..

ISBN(13): 9780521457132
Título: TURBULENCE : THE LEGACY OF A. N. KOLMOGOROV 1995 edición
Autor/es: Uriel Frisch
Editorial: CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS..

El temario sobre inestabilidadas hidrodinámicas está incluido en los libros: *Introduction to hydrodynamic stability* de Drazin y *Hidrodynamic stability* de Drazin y Reid. El libro *Hydrodynamic stability* incluye desarrollos matemáticos. Para seguir la asignatura es suficiente utilizar el libro más simple, *Introduction to hydrodynamic stability.*
El temario sobre flujos turbulentos está incluido en el libro *Turbulence* de Frisch.

## BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

ISBN(13): 9780124287709
Título: FLUID MECHANICS
Autor/es:
Editorial: ACADEMIC PRESS

ISBN(13): 9780198517450
Título: PHYSICAL HYDRODYNAMICS
Autor/es: Guyon, Etienne.
Editorial: OXFORD UNIVERSITY PRESS

ISBN(13): 9780262200196
Título: A FIRST COURSE IN TURBULENCE
Autor/es: Lumley, John L.
Editorial: MIT PRESS

ISBN(13): 9780486640716
Título: HYDRODYNAMICS AND HYDROMAGNETIC STABILITY
Autor/es:
Editorial: DOVER PUBLICATIONS

ISBN(13): 9780521598866
Título: TURBULENT FLOWS Repr. edición
Autor/es:
Editorial: CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS

## 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 de acceso libre (gwbasic, maxima, octave,...) que también son útiles para la resolución de problemas de cálculo numérico.
A través del Curso virtual se pondrá a disposición de los alumnos diverso material de apoyo al estudio: resúmenes elaborados por la profesora, enlaces a videoconferencias impartidas por profesores invitados en cursos anteriores sobre temas de la asignatura, enlaces a videos en webs externas.
También se proporcionarán a los alumnos artículos y apuntes que serán, a veces material de estudio y a veces lecturas recomendadas. En unos casos son el material de estudio de los temas del programa que no se encuentran tratados en el libro base. En otros casos son

lecturas que pretenden estimular a los estudiantes y desarrollar su capacidad de aplicar los conocimientos adquiridos a casos prácticos.

## 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.