25-26

GUÍA DE ESTUDIO PÚBLICA

MICROHIDRODINÁMICA

CÓDIGO 21580119

UNED

25-26

MICROHIDRODINÁMICA

CÓDIGO 21580119

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

Nombre de la asignatura	MICROHIDRODINÁMICA
Código	21580119
Curso académico	2025/2026
Título en que se imparte	MÁSTER UNIVERSITARIO EN FÍSICA AVANZADA
Tipo	CONTENIDOS
Nº ETCS	6
Horas	150
Periodo	SEMESTRE 2
Idiomas en que se imparte	CASTELLANO

PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN

La asignatura Microhidrodinámica es una asignatura optativa del segundo semestre del Máster de Física Avanzada impartido por la Facultad de Ciencias de la UNED.
El movimiento de fluidos en volúmenes pequeños o alrededor de objetos de reducidas dimensiones, en torno a la micra, tiene unas características especiales que lo sigularizan como una parte diferenciada de la mecánica de fluidos. En esta asignatura se pretende:

- Proporcionar a los alumnos las herramientas adecuadas para que, partiendo de una formación básica en mecánica de fluidos, adquieran los conocimientos necesarios para describir el movimiento lento de fluidos, así como su movimiento en capas delgadas.
- Aplicar estos conocimientos básicos al estudio del diferentes configuraciones de interés científico y tecnológico donde concurre una u otra situación.

Además de los objetivos específicos de la asignatura, el estudiante deberá, durante la preparación de la asignatura, desarrollar las habilidades y actitudes generales:

- Trabajar de forma autónoma.
- Utilizar las nuevas tecnologías de información y comunicación (TIC) con sentido crítico.
- Familiarizarse con las principales fuentes de información que le permitan encontrar, seleccionar y entender la información.
- Resolver problemas mediante la aplicación integrada de los conocimientos aprendidos.
- Deducir conclusiones lógicas y elaborar hipótesis razonables susceptibles de evaluación.

así como otros objetivos de carácter más genérico:

- Poseer y comprender tanto los conocimientos básicos como los más avanzados necesarios para un desarrollo científico y profesional en el campo de la Microhidrodinámica, bien en el área de la investigación, o bien en sus aplicaciones industriales y tecnológicas.
- Saber aplicar los conocimientos adquiridos de Microhidrodinámica a los procesos en los que esta disciplina está directa o indirectamente involucrada en Tecnologías aplicadas a la Ingeniería y/o a la Biología.
- Saber integrar los distintos métodos científicos relacionados con este campo para poder desarrollar labores en el entorno profesional, en la industria y en la investigación.
- Poder comunicar los resultados de sus trabajos a las comunidades especializadas.

El carácter de esta asignatura es optativo de 6 créditos ECTS.

REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR ESTA ASIGNATURA

Para poder abordar el estudio del temario de la asignatura se requiere tener conocimientos previos de Mecánica de Fluidos y Termodinámica, así como estar familiarizado con la resolución de ecuaciones diferenciales en derivadas parciales en coordenadas curvilíneas y con los métodos usuales de aproximación.
Por otra parte, para esta asignatura se requieren también unos conocimientos básicos de inglés científico, dado que la bibliografía básica y parte de la complementaria se halla en ese idioma. Además, se requerirá que el alumno sea capaz de analizar artículos científicos e información técnica que se encuentran, generalmente, en inglés.

EQUIPO DOCENTE

Nombre y Apellidos	SANTIAGO MARTIN FERNANDEZ (Coordinador de asignatura)
Correo Electrónico	smartin@ccia.uned.es
Teléfono	91398-7138
Facultad	FACULTAD DE CIENCIAS
Departamento	FÍSICA MATEMÁTICA Y DE FLUIDOS

Nombre y Apellidos	PEDRO LUIS GARCIA YBARRA
Correo Electrónico	pgybarra@ccia.uned.es
Teléfono	91398-6743
Facultad	FACULTAD DE CIENCIAS
Departamento	FÍSICA MATEMÁTICA Y DE FLUIDOS

Nombre y Apellidos	JOSE LUIS CASTILLO GIMENO
Correo Electrónico	jcastillo@ccia.uned.es
Teléfono	91398-7122
Facultad	FACULTAD DE CIENCIAS
Departamento	FÍSICA MATEMÁTICA Y DE FLUIDOS

Nombre y Apellidos	ALVARO GARCIA CORRAL
Correo Electrónico	alvaro.garcia-corral@ccia.uned.es
Teléfono	
Facultad	FACULTAD DE CIENCIAS
Departamento	FÍSICA MATEMÁTICA Y DE FLUIDOS

HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE

Para todas las actividades de tutorización y seguimiento de esta asignatura, los alumnos deben dirigirse directamente a los profesores responsables de la Sede Central.
Se recomienda que las dudas y comentarios de los alumnos se remitan a través del Foro de la plataforma virtual de la asignatura, para que de esa forma las respuestas sean también útiles a otros alumnos. La comunicación por correo electrónico con los profesores se debería limitar al envío de material que fuera necesario, a situaciones en las que la plataforma no

esté operativa o cualquier otra contingencia.
Las consultas por correo, teléfono o e-mail, pueden realizarse de la forma que se indica a continuación.

Postales:
Prof. Pedro Luis García Ybarra
UNED - Facultad de Ciencias
Departamento de Física Matemática y de Fluidos
Apdo. 60141
28080 Madrid
Presenciales:
UNED - Facultad de Ciencias
Depto. Física Matemática y de Fluidos
Av. Esparta s/n. Ctra. Las Rozas a El Escorial km. 5
28232 Las Rozas (Madrid)
D. Pedro Luis García Ybarra
Despacho 1.21
Tel.: 913986743
D. Jose Luis Castillo Gimeno
Despacho 1.21
Tel.: 913987122
D. Santiago Martín Fernández
Despacho 0.05
Tlf.: 91 398 7138 / 8282
Horario de Atención: lunes y martes de 11:00 a 13:00.
Se aconseja a los alumnos que realicen sus consultas durante el horario designado, cuando podrán contactar fácilmente con los profesores. Si desean hacer una consulta en el despacho y no pueden en este horario, llamen antes por teléfono o utilicen el correo electrónico (pgybarra@ccia.uned.es) para concertar una cita en otro momento.

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.
CM4 Analizar una situación compleja extrayendo cuales son las cantidades físicas relevantes y ser capaz de reducirla a un modelo parametrizado.

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.

HABILIDADES O DESTREZAS

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.

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.
CM4 Analizar una situación compleja extrayendo cuales son las cantidades físicas relevantes y ser capaz de reducirla a un modelo parametrizado.

CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN A LA MICOHIDRODINÁMICA

Relevancia de la microhidrodinámica en su conexión con diferentes aspectos de otras ramas del conocimiento científico y tecnológico: física, química, biotecnología, ..., caracterizados por el desarrollo de flujos de fluidos en pequeños volúmenes y/o pequeñas velocidades, dando lugar a valores característicos del número de Reynolds muy pequeños, o bien, en capas delgadas donde se generan fuertes gradientes de velocidad.

1. FLUJO DE UN FLUIDO CON VISCOSIDAD

Se repasan, de forma resumida, los necesarios conocimientos previos relativos al movimiento de fluidos incompresibles con viscosidad.

2. FLUJOS A BAJOS NÚMEROS DE REYNOLDS

Se deducen y analizan las ecuaciones que gobiernan el movimiento lento de fluidos, así como las propiedades de sus soluciones y las fuerzas ejercidas sobre cuerpos sólidos.

3. FLUJO ALREDEDOR DE UNA ESFERA EN MOVIMIENTO

Se describe el campo fluido en torno a una esfera en movimiento y se calcula la fuerza ejercida por el fluido sobre ella.

4. EFECTOS DE INERCIA

Se pone de manifiesto el fallo de la solución puramente viscosa en la región lejana de la esfera y se introduce la aproximación de Oseen.

5. SUSPENSIONES

Se estudia el comportamiento colectivo de un gran conjunto de partículas suspendidas en un fluido.

6. FLUJO A TRAVÉS DE UN MEDIO POROSO

Se describen la características de un medio poroso y se analizan las ecuaciones que gobiernan el movimiento de los fluidos en estos medios.

7. FLUJOS EN CAPAS DELGADAS

Se analizan las condiciones en las que los movimientos en capas delgadas pueden describirse con ecuaciones simplificadas, así como los efectos capilares debidos a superficies libres.

8. SOLUCIONES SINGULARES DE LAS ECUACIONES DE STOKES

Se describen los flujos generados por fuerzas puntuales y dipolos.

9. DESARROLLO MULTIPOLAR DE LAS SOLUCIONES

Se analizan las interacciones hidrodinámicas entre partículas puntuales.

10. NANOFLUIDODINÁMICA

Se introduce el tema de flujos de fluidos en torno a objetos nanométricos

METODOLOGÍA

La metodología de la asignatura está basada en la enseñanza a distancia, con tutorías virtuales a cargo del equipo docente del Máster, a través de herramientas didácticas de enseñanza virtual. Para ello se utilizará la plataforma virtual de la UNED, creándose un aula virtual que tendrá por objeto realizar la evaluación continua del estudiante, en la que tendrá acceso al material didáctico, a bibliotecas virtuales y foros, enviará los trabajos y se comunicará con los profesores. La modalidad virtual de aprendizaje es una forma de aprendizaje flexible que se adapta a la disponibilidad de cada estudiante, permitiendo compaginar estudios con trabajo o cualquier otra actividad.
Para cubrir el temario de la asignatura, los profesores ponen a disposición de los alumnos unos **apuntes** como material de estudio (Temas 1 - 8), que incluyen además temas adicionales de lectura opcional (Temas 9 - 10) pero que no serán objeto de evaluación. Para profundizar en el temario de estos apuntes, se puede consultar la bibliografía básica y complementaria indicada. Los alumnos matriculados podrán obtener los apuntes, a través de las páginas virtuales de la asignatura en la UNED, como un conjunto de archivos (en formato pdf de Acrobat) que pueden descargarse desde esta plataforma al ordenador del alumno o bien, se enviarán por correo ordinario a quien así lo solicite. El material se proporciona para uso exclusivo por los alumnos de esta asignatura y no puede ser distribuido, ni insertado en otras páginas web, sin permiso de los autores.

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

El equipo docente propondrá a cada estudiante un trabajo de investigación sobre el que elaborará una memoria, de unas 10 - 20 páginas de extensión, que deberá entregar al final del curso.

Criterios de evaluación

La evaluacion tendrá en cuenta los siguientes aspectos de la memoria presentada:
Ordenación lógica de los diferentes apartados.
Introdución y justificación del interés del tema de trabajo.
Análisis del problema planteado.
Metodología de resolución.
Presentación de resultados
Conclusiones

Ponderación de la prueba presencial y/o los trabajos en la nota final: 40/100

Fecha aproximada de entrega: 30/05/2023

Comentarios y observaciones

La nota de este apartado se sumará a las obtenidas en el resto de pruebas y apartados evaluables.

PRUEBAS DE EVALUACIÓN CONTINUA (PEC)

¿Hay PEC? Si,PEC no presencial

Descripción

La prueba de evaluación contínua consistirá en un test de 10 preguntas con cuatro respuestas posibles de las que sólo una será correcta.

Criterios de evaluación

Cada respuesta correcta sumará 1 punto, cada respuesta incorrecta restará 0,25 puntos, las preguntas dejadas en blanco no puntuarán. La calificación de la prueba será la suma algebraica de los puntos obtenidos, pudiendose obtener una nota máxima de 10.

Ponderación de la PEC en la nota final 10/100

Fecha aproximada de entrega 01/05/2023

Comentarios y observaciones

La nota obtenida en la PEC se suma a la del resto de apartados calificables.

OTRAS ACTIVIDADES EVALUABLES

¿Hay otra/s actividad/es evaluable/s? Si,no presencial

Descripción

Realización de problemas propuestos en los apuntes de la asignatura.

Criterios de evaluación

Se deberán resolver al menos 2 de los problemas propuestos en los apuntes. Con cada problema resuelto correctamente se obtienen 10 puntos. La calificación final es la suma de las obtenidas en todos los ejercicios, dividida por el número total de problemas resueltos y multiplicado por 5. De esta forma la calificación máxima que puede obtenerse en este apartado es 50.

Ponderación en la nota final 50/100

Fecha aproximada de entrega 15/05/2023

Comentarios y observaciones

El resultado de este apartado se sumará a las calificacionoes obtenidas en el resto de pruebas y apartados evaluables.

¿CÓMO SE OBTIENE LA NOTA FINAL?

La nota final se obtiene sumando las calificaciones de las diferentes tareas y dividiendo el resultado total por 10, tanto en junio como en septiembre.

La nota de la PEC se guarda para septiembre. Las demás tareas calificables entregadas en junio puede ser corregidas/completadas por el estudiante para obtener la calificación de septiembre.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

Los profesores ponen a disposición de los alumnos unos **apuntes** como material de estudio que cubren todo el temario de la asignatura e incluyen además temas adicionales de lectura opcional, pero que no serán objeto de examen. Los alumnos matriculados podrán obtener estos apuntes, a través de las páginas virtuales de la asignatura en la UNED, como un conjunto de archivos (en formato pdf de Acrobat) que pueden descargarse desde esta plataforma al ordenador del alumno o bien, se enviarán por correo ordinario a quien así lo solicite. El material se proporciona para uso exclusivo por los alumnos de esta asignatura y no puede ser distribuido, ni insertado en otras páginas web, sin permiso de los autores.

El temario de estos apuntes podrá complementarse con la bibliografía indicada a continuación.

Gran parte del temario puede encontrarse en el Capítulo 8 del libro clásico:

•E. Guyon, J.-P. Hulin, L. Petit y C.D. Mitescu. *Physical Hydrodynamics, 2nd Edn*. Oxford University Press, Oxford, 2015. ISBN-13: 9780198702443.

El tema de flujos en capas delgadas, entre otros, se encuentra en el Capítulo 7 de:

•D.J. Acheson. *Elementary Fluid Dynamics*. Clarendon Press, Oxford, 1990. ISBN: 0-19-859679-0.

La descripción de soluciones singulares se puede ver en el Capítulo 2 de:

•M.D. Graham. *Microhydrodynamics, Brownian Motion, and Complex Fluids*. Cambridge University Press, Cambridge, 2018. ISBN: 978-1-107-69593-1.

Para el tema de nanofluídica pueden consultarse el libro y las publicaciones:

•B.J. Kirby. *Micro- and Nanoscale Fluid Mechanics*. Cambridge University Press, Cambridge, 2010. ISBN: 978-1-107-61720-9.

•M-C. Audry, A. Piednoir, P. Joseph “Amplification of electro-osmotic flows by wall slippage: direct measurements on OTS-surfaces” *Faraday Discussions* **146** (2010) 113-124.

•N. Kavokine, R. R. Netz, L. Bocquet “Fluids at the Nanoscale: From Continuum to Subcontinuum Transport” *Annual Review of Fluid Mechanics* **53** (2021) 377–410.

•E. Lauga, M. P. Brenner, H. A. Stone “Microfluidics: The No-Slip Boundary Condition” *Handbook of Experimental Fluid Dynamics*, Springer, C. Tropea, A. Yarin, J.F. Foss (Eds.) 2007, Chapter **19**, pp. 1219 –1240.

•N.J. McCormick "Gas-surface accomodation coefficients from viscous slip and temperature jump coefficients" *Physics of Fluids* **17** (2005) 107104.

•F. Sharipov "Data on the Velocity Slip and Temperature Jump on a Gas-Solid Interface" *J. Phys. Chem. Ref. Data* **40** (2011) 023101.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

Se indica a continuación una serie de libros que recogen algunos apartados del temario, pero que no son imprescindibles para preparar la asignatura. Los libros indicados se reseñan como referencia general.

Son libros sobre Mecánica de Fluidos en general de uso habitual en las escuelas españolas de ingeniería y en los que pueden encontrar los temas básicos de mecánica de fluidos y algunas aplicaciones no específicas de microhidrodinámica:

- Antonio Barrero Ripoll y Miguel Pérez-Saborid Sánchez-Pastor. *Fundamentos y Aplicaciones de la Mecánica de Fluidos*. McGraw Hill / Interamericana de España, Madrid 2005. ISBN: 84-481-9890-5.
- Antonio Crespo Martínez. *Mecánica de Fluidos*. Editorial Thomson Editores Spain Paraninfo. Madrid, 2006. ISBN: 84-9732-292-4.
- Amable Liñán Martínez. *Mecánica de Fluidos*. Publicaciones de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Aeronáuticos, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 2005.

Otros libros con material complementario:

- J. Happel y H. Brenner. *Low Reynolds number hydrodynamics*. Springer Netherlands, La Haya, 1983. ISBN: 978-90-247-2877-0.
- S. Kim y S.J. Karrila. *Microhydrodynamics: Principles and Selected Applications*. Dover publications, Mineola, 2005. ISBN: 0-486-44219-5.
- H. Ockendon y J.R. Ockendon. *Viscous flow*. Cambridge University Press, Cambridge, 1995. ISBN: 0-521-45221-1.
- L.D. Landau, E.M. Lifshitz, V.B. Berestetskii y L.P. Pitaevskii. *Mecánica de fluidos*. Reverté, Barcelona, 2012. ISBN: 978-84-291-9057-1.
- G.K. Batchelor. *Introducción a la dinámica de fluidos*. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, 1997. ISBN: 84-8320-015-5.

RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA

Tal como se indica en el apartado de Bibliografía Básica, el material de estudio de la asignatura se proporciona a través de las páginas virtuales de la asignatura en la UNED, como un conjunto de archivos que pueden ser descargados desde esta plataforma al ordenador del alumno. De manera que el alumno deberá seguir el curso a través de la plataforma virtual donde no sólo podrá acceder al material básico del curso, sino que podrá transmitir sus dudas tanto al equipo docente como a sus compañeros.

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.