

230487 - PHYSFLU - Física de Fluidos

Unidad responsable: 230 - ETSETB - Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación de Barcelona
Unidad que imparte: 748 - FIS - Departamento de Física
Curso: 2019
Titulación: GRADO EN INGENIERÍA FÍSICA (Plan 2011). (Unidad docente Optativa)
Créditos ECTS: 6 Idiomas docencia: Inglés

Profesorado

Responsable: Mesguer Serrano, Alvaro
Otros: Ribas Prats, Francesca

Capacidades previas

Mechanics, Thermodynamics. Vector calculus, Differential equations (PDE and ODE), Fourier analysis, complex variables. Numerical methods for ordinary differential equations and for systems of algebraic equations. Matlab.

Requisitos

Mecànica, Termodinàmica, Numerical and Computational Methods I & II (or equivalent courses on numerical methods). Mètodes Matemàtics I i II.

Competencias de la titulación a las cuales contribuye la asignatura

Específicas:

- FG2. Capacidad para resolver problemas básicos de mecánica, elasticidad, termodinámica, fluidos, ondas, electromagnetismo y física moderna, y su aplicación en la resolución de problemas de ingeniería.
- FG1. Conocimiento del método científico y sus aplicaciones en física e ingeniería. Aptitud para formular hipótesis y realizar análisis críticos sobre problemas científicos en el ámbito de la física y la ingeniería. Capacidad para relacionar la realidad física con sus modelos matemáticos y viceversa.
- INF2. Aptitud para resolver problemas de física e ingeniería utilizando metodologías numéricas fundamentales: tratamiento de datos experimentales, interpolación, raíces de ecuaciones no-lineales, álgebra lineal numérica y optimización, cuadraturas e integración de ecuaciones diferenciales, ponderando adecuadamente sus diferentes aspectos (precisión, estabilidad y rendimiento o coste).
- INF1. Comprensión y dominio de la programación de ordenadores, uso de sistemas operativos y de herramientas informáticas (software científico). Aptitudes para implementar algoritmos numéricos en lenguajes de bajo (C, F90) y alto (Matlab) nivel.
- MAT2. Capacidad para elegir métodos numéricos y de optimización adecuados para resolver problemas de física e ingeniería. Aptitud para aplicar los conocimientos de algorítmica numérica y optimización.
- MAT1. Capacidad para la resolución de los problemas matemáticos que puedan plantearse en la ingeniería. Aptitud para aplicar los conocimientos sobre álgebra lineal; geometría, geometría diferencial, cálculo diferencial e integral, ecuaciones diferenciales ordinarias y en derivadas parciales, probabilidad y estadística.

Genéricas:

- 08 CRPE EF. CAPACIDAD PARA IDENTIFICAR, FORMULAR Y RESOLVER PROBLEMAS DE INGENIERÍA FÍSICA. Capacidad para plantear y resolver problemas de ingeniería física con iniciativa, tomada de decisiones y creatividad. Desarrollar métodos de análisis y solución de problemas de forma sistemática y creativa.

Metodologías docentes

Theoretical lectures followed by problem solving tutorials and computational practicals. During the second half of the course, the student will have to solve individual assignments using either analytical or numerical methodologies.

230487 - PHYSFLU - Física de Fluidos

Objetivos de aprendizaje de la asignatura

To understand fundamental principles of continuum media such as the concept of balance of mass, momentum and energy, finally culminating in the Navier-Stokes equations and their solution for some canonical cases. The course also addresses other physical mechanisms such as rotation or buoyancy to understand the dynamics of geophysical flows. To understand the concept of flow instability and its implications towards an understanding of the phenomenon of turbulence. Finally, to acquire essential skills to solve problems related with the motion of fluid systems, either by means of analytical or numerical methodologies.

Horas totales de dedicación del estudiantado

Dedicación total: 150h	Horas grupo grande:	65h	43.33%
	Horas aprendizaje autónomo:	85h	56.67%

230487 - PHYSFLU - Física de Fluidos

Contenidos

<p>1. Inviscid incompressible flows</p>	<p>Dedicación: 10h Grupo grande/Teoría: 10h</p>
<p>Descripción:</p> <ul style="list-style-type: none"> 1.1 Fluids: general properties, characterization and kinematics. Continuum hypothesis. Density. 1.2 Material (Lagrangian) derivative. 1.3 Pathlines, streamlines. Steady flows. 1.4 Volume and mass fluxes. Incompressible fluids. 1.5 Ideal fluids (I): surface stresses and volume forces. 1.6 Mass conservation. 1.7 Momentum balance equation for inviscid fluids (Euler). 1.8 Ideal fluids (II): Bernouilli's Theorem. Vorticity. 1.9 Vorticity equation. 2D case: streamfunction. Mass flow. 1.10 Steady two-dimensional incompressible and irrotational inviscid flows: complex potential. 1.11 Circulation. Kelvin's Theorem. <p>Actividades vinculadas: Problem solving lectures</p>	
<p>2. Viscous flows</p>	<p>Dedicación: 10h Grupo grande/Teoría: 10h</p>
<p>Descripción:</p> <ul style="list-style-type: none"> 2.1 Viscous fluids: viscosity, shear stress and Newtonian hypothesis. 2.2 Navier-Stokes equations. No-slip boundary conditions. Stress-free boundary conditions. 2.3 Dimensional analysis. Reynolds number. Viscous and dynamic time. 2.4 Canonical flows (I) (steady-cartesian): plane Couette-Poiseuille (two-dimensional case: streamfunction formalism). 2.5 Canonical flows (II) (steady-cylindrical): Hagen-Poiseuille flow, Taylor-Couette flow, spiral Poiseuille-Couette flows. 2.6 Canonical flows (III): unsteady cartesian (Stokes problems) 2.7 Self-similar flows: boundary layers Prandtl theory <p>Actividades vinculadas: Problem solving lectures</p>	

230487 - PHYSFLU - Física de Fluidos

<p>3. Thermal buoyancy, rotation effects and geophysical flows</p>	<p>Dedicación: 10h Grupo grande/Teoría: 10h</p>
<p>Descripción:</p> <ul style="list-style-type: none"> 3.1 Flows in rotating frames. Coriolis force. 3.2 Energy balance equation. Boundary conditions. 3.3 Boussinesq approximation and buoyancy. 3.4 Geophysical flows. Reynolds-averaged equations and turbulent mixing. 3.5 Hydrostatic balance. Shallow water model. 3.6 Barotropic waves: Kelvin waves and Poincaré waves. Applications: tides and tsunamis. <p>Actividades vinculadas: Problem solving lectures and computational practicals</p>	
<p>4. Hydrodynamic stability theory, transition to turbulence and deterministic chaos</p>	<p>Dedicación: 15h Grupo grande/Teoría: 15h</p>
<p>Descripción:</p> <ul style="list-style-type: none"> 4.1 Hydrodynamic stability: motivation, phenomenology and history. 4.2 Systems of nonlinear differential equations. Introduction 4.3 Definitions: steady solutions (fixed points), orbits, periodic orbits and limit cycles. Invariant sets. 4.4 Linear stability of fixed points (eigenvalue-vector analysis). Hartman-Grossmann Theorem. Stable unstable manifolds. Hyperbolic points. 4.5 Parameter-dependent systems. Topological equivalence. Local bifurcation (definition). 4.6 Classical bifurcation scenarios: saddle-node, pitchfork and Hopf bifurcations. Examples. 4.7 Formulation of linear stability analysis in Navier-Stokes flows. Normal mode approach. Absolute and convective instabilities. 4.8 Applications and models: Lorenz, Eckhaus, Rayleigh-Benard (stress-free case) <p>Actividades vinculadas: Problem solving lectures and computational practicals</p>	
<p>5. Instabilities in parallel shear flows</p>	<p>Dedicación: 5h Grupo grande/Teoría: 5h</p>
<p>Descripción:</p> <ul style="list-style-type: none"> 5.1 Stability of parallel shear flows. Orr-Sommerfeld equation. 5.2 Applications: linear stability of plane Poiseuille flow. <p>Actividades vinculadas: Computational practicals</p>	

230487 - PHYSFLU - Física de Fluidos

6. Instabilities in centrifugal flows	Dedicación: 5h Grupo grande/Teoría: 5h
<p>Descripción: 6.1 Rayleigh criterion of inviscid stability. 6.2 Applications: linear stability of Taylor-Couette flow.</p> <p>Actividades vinculadas: Computational practicals</p>	
7. Instabilities due to thermal buoyancy	Dedicación: 5h Grupo grande/Teoría: 5h
<p>Descripción: 7.1 Stability of thermal convection flows. 7.2 Applications: linear stability of Rayleigh-Bénard problem.</p> <p>Actividades vinculadas: Computational practicals</p>	
8. Modelling geophysical flows: long waves in shallow waters	Dedicación: 5h Grupo grande/Teoría: 5h
<p>Descripción: 8.1 Modelling long waves in shallow waters. 8.2 Application: modelling tides and tsunamis.</p> <p>Actividades vinculadas: Computational practicals</p>	

Sistema de calificación

50% Mid-term exam on fundamentals of fluid mechanics.
30% Assignments based on practicals of Topics 5 to 8.
20% Extra assignment & oral presentation.

230487 - PHYSFLU - Física de Fluidos

Bibliografía

Básica:

Acheson, D. J. Elementary fluid dynamics. Oxford : New York: Clarendon Press ; Oxford University Press, 1990. ISBN 0198596790.

Paterson, A. R. A First course in fluid dynamics. Cambridge [etc.]: Cambridge University Press, 1983. ISBN 0521274249.

Drazin, P. G. Introduction to hydrodynamic stability. Cambridge, UK [etc.]: Cambridge University Press, 2002. ISBN 0521009650.

Cushman-Roisin, B.; Beckers, J.M. Introduction to geophysical fluid dynamics : physical and numerical aspects [en línea]. 2nd ed. Waltham, MA [etc.]: Elsevier Academic Press, 2011 [Consulta: 15/07/2015]. Disponible a: <<http://site.ebrary.com/lib/upcatalunya/docDetail.action?docID=10501108>>. ISBN 9780120887590.

Chorin, A.J.; Marsden, J.E. A mathematical introduction to fluid mechanics. 3rd ed. New York [etc.]: Springer-Verlag, 1992. ISBN 0387979182.

Kuznetsov, Y.A. Elements of applied bifurcation theory. 3rd ed. New York: Springer, 2004. ISBN 0387219064.

Wiggins, S. Introduction to applied nonlinear dynamical systems and chaos [en línea]. 2nd ed. New York [etc.]: Springer-Verlag, 2003 [Consulta: 15/07/2015]. Disponible a: <<http://link.springer.com/book/10.1007%2Fb97481>>. ISBN 0387001778.

Kundu, Pijush K. Fluid mechanics. 6th ed. Academic Press, 2015. ISBN 978-0124059351.