

Guia docent

230487 - PHYSFLU - Física de Fluids

Última modificació: 29/04/2020

Unitat responsable: Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Telecomunicació de Barcelona

Unitat que imparteix: 748 - FIS - Departament de Física.

Titulació: GRAU EN ENGINYERIA FÍSICA (Pla 2011). (Assignatura optativa).

Curs: 2020

Crèdits ECTS: 6.0

Idiomes: Anglès

PROFESSORAT

Professorat responsable: Meseguer Serrano, Alvaro

Altres: Ribas Prats, Francesca

CAPACITATS PRÈVIES

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.

REQUISITS

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

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Específiques:

FG2. Capacitat per resoldre problemes bàsics de mecànica, elasticitat, termodinàmica, fluids, ones, electromagnetisme i física moderna, i la seva aplicació en la resolució de problemes d'enginyeria.

FG1. Coneixement del mètode científic i les seves aplicacions en física i enginyeria. Aptitud per formular hipòtesis i realitzar anàlisis crítiques sobre problemes científics en l'àmbit de la física i l'enginyeria. Capacitat per relacionar la realitat física amb els seus models matemàtics i viceversa.

INF2. Aptitud per resoldre problemes de física i enginyeria utilitzant metodologies numèriques fonamentals: tractament de dades experimentals, interpolació, arrels d'equacions no-lineals, àlgebra lineal numèrica i optimització, quadratures i integració d'equacions diferencials, ponderant adequadament els seus diferents aspectes (precisió, estabilitat i rendiment o cost).

INF1. Comprensió i domini de la programació d'ordinadors, ús de sistemes operatius i d'eines informàtiques (programari científic). Aptituds per implementar algorismes numèrics en llenguatges de baix (C, F90) i alt (Matlab) nivell.

MAT2. Capacitat per escollir mètodes numèrics i d'optimització adequats per resoldre problemes de física i enginyeria. Aptitud per aplicar els coneixements d'algorísmica numèrica i optimització.

MAT1. Capacitat per a la resolució dels problemes matemàtics que puguin plantejar-se en l'enginyeria. Aptitud per aplicar els coneixements sobre àlgebra lineal, geometria; geometria diferencial, càlcul diferencial i integral, equacions diferencials ordinàries i en derivades parcials, probabilitat i estadística.

Genèriques:

08 CRPE EF. CAPACITAT PER IDENTIFICAR, FORMULAR I RESOLDRE PROBLEMES D'ENGINYERIA FÍSICA. Capacitat per identificar, formular i resoldre problemes d'enginyeria física amb iniciativa, presa de decisions i creativitat. Desenvolupar mètodes d'anàlisi i solució de problemes de forma sistemàtica i creativa.

METODOLOGIES DOCENTS

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.

OBJECTIUS D'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA

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.

HORES TOTS DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores aprenentatge autònom	85,0	56.67
Hores grup gran	65,0	43.33

Dedicació total: 150 h

CONTINGUTS

1. Inviscid incompressible flows

Descripció:

- 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): Bernoulli'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.

Activitats vinculades:

Problem solving lectures

Dedicació: 10h

Grup gran/Teoria: 10h

2. Viscous flows

Descripció:

- 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

Activitats vinculades:

Problem solving lectures

Dedicació: 10h

Grup gran/Teoria: 10h

3. Thermal buoyancy, rotation effects and geophysical flows

Descripció:

- 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.

Activitats vinculades:

Problem solving lectures and computational practicals

Dedicació: 10h

Grup gran/Teoria: 10h

4. Hydrodynamic stability theory, transition to turbulence and deterministic chaos

Descripció:

- 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)

Activitats vinculades:

Problem solving lectures and computational practicals

Dedicació: 15h

Grup gran/Teoria: 15h

5. Instabilities in parallel shear flows

Descripció:

- 5.1 Stability of parallel shear flows. Orr-Sommerfeld equation.
- 5.2 Applications: linear stability of plane Poiseuille flow.

Activitats vinculades:

Computational practicals

Dedicació: 5h

Grup gran/Teoria: 5h



6. Instabilities in centrifugal flows

Descripció:

- 6.1 Rayleigh criterion of inviscid stability.
- 6.2 Applications: linear stability of Taylor-Couette flow.

Activitats vinculades:

Computational practicals

Dedicació: 5h

Grup gran/Teoria: 5h

7. Instabilities due to thermal buoyancy

Descripció:

- 7.1 Stability of thermal convection flows.
- 7.2 Applications: linear stability of Rayleigh-Bénard problem.

Activitats vinculades:

Computational practicals

Dedicació: 5h

Grup gran/Teoria: 5h

8. Modelling geophysical flows: long waves in shallow waters

Descripció:

- 8.1 Modelling long waves in shallow waters.
- 8.2 Application: modelling tides and tsunamis.

Activitats vinculades:

Computational practicals

Dedicació: 5h

Grup gran/Teoria: 5h

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

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



BIBLIOGRAFIA

Bàsica:

- Acheson, D. J. Elementary fluid dynamics. Oxford : New York: Clarendon Press ; Oxford University Press, 1990. ISBN 0198596790.
- Wiggins, S. Introduction to applied nonlinear dynamical systems and chaos [en línia]. 2nd ed. New York [etc.]: Springer-Verlag, 2003 [Consulta: 15/07/2015]. Disponible a: <http://link.springer.com/book/10.1007%2Fb97481>. ISBN 0387001778.
- Kuznetsov, Y.A. Elements of applied bifurcation theory. 3rd ed. New York: Springer, 2004. ISBN 0387219064.
- Cushman-Roisin, B.; Beckers, J.M. Introduction to geophysical fluid dynamics : physical and numerical aspects [en línia]. 2nd ed. Waltham, MA [etc.]: Elsevier Academic Press, 2011 [Consulta: 20/04/2020]. Disponible a: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?docID=806488>. ISBN 9780120887590.
- Kundu, P.K.; Cohen, I.M.; Dowling, D.R. Fluid mechanics. 6th ed. Waltham, MA: Elsevier Academic Press, 2016. ISBN 012405935X.
- 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.
- Chorin, A.J.; Marsden, J.E. A mathematical introduction to fluid mechanics. 3rd ed. New York [etc.]: Springer-Verlag, 1992. ISBN 0387979182.