



DATOS IDENTIFICATIVOS

Mecánica de fluídos II e CFD

Materia	Mecánica de fluídos II e CFD			
Código	O07G410V01922			
Titulación	Grao en Enxeñaría Aeroespacial			
Descritores	Creditos ECTS	Sinale	Curso	Cuadrimestre
	9	OP	3	1c
Lingua de impartición	#EnglishFriendly Castelán Galego			
Departamento				
Coordinador/a	Rodríguez Pérez, Luis Suárez Porto, Eduardo			
Profesorado	Rodríguez Pérez, Luis Suárez Porto, Eduardo			
Correo-e	lurodriguez@uvigo.es suarez@uvigo.es			
Web	http://aero.uvigo.es			
Descrición xeral	Coñecemento, compresión e aplicación de conceptos e técnicas da Mecánica de Fluídos de Enxeñaría Aeroespacial. Parte do curso presentase como unha introdución a dinámica de fluídos computacional que, partindo de un coñecemento de las ecuaciones de conservación de los fluídos (xa adquiridos por estudantes en materias anteriores) permita al estudante realizar simulacións sinxelas que involucren un fluído como medio de traballo. Materia do programa English Friendly. Os/as estudantes internacionais poderán solicitar ao profesorado: a) materiais e referencias bibliográficas para o seguimento da materia en inglés, b) atender as titorías en inglés, c) probas e avaliacións en inglés.			

Resultados de Formación e Aprendizaxe

Código	
A2	Que os estudantes saiban aplicar os seus coñecementos ao seu traballo ou vocación dunha forma profesional e posúan as competencias que adoitan demostrarse por medio da elaboración e defensa de argumentos e a resolución de problemas dentro da súa área de estudo
A3	Que os estudantes teñan a capacidade de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro da súa área de estudo) para emitir xuízos que inclúan unha reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica ou ética
A5	Que os estudantes desenvolvesen aquelas habilidades de aprendizaxe necesarias para emprender estudos posteriores cun alto grao de autonomía
C16	Coñecemento adecuado e aplicado á Enxeñaría de: Os conceptos e as leis que gobernan os procesos de transferencia de enerxía, o movemento dos fluídos, os mecanismos de transmisión de calor e o cambio de materia e o seu papel na análise dos principais sistemas de propulsión aeroespaciais.
C18	Coñecemento adecuado e aplicado á Enxeñaría de: Os fundamentos da mecánica de fluídos; os principios básicos do control e a automatización do voo; as principais características e propiedades físicas e mecánicas dos materiais.
C19	Coñecemento aplicado de: a ciencia e tecnoloxía dos materiais; mecánica e termodinámica; mecánica de fluídos; aerodinámica e mecánica do voo; sistemas de navegación e circulación aérea; tecnoloxía aeroespacial; teoría de estruturas; transporte aéreo; economía e produción; proxectos; impacto ambiental.
C20	Coñecemento adecuado e aplicado á Enxeñaría de: A mecánica de fractura do medio continuo e as formulacións dinámicas, de fatiga de inestabilidade estrutural e de aeroelasticidad.
C22	Coñecemento adecuado e aplicado á Enxeñaría de: Os fundamentos da mecánica de fluídos que describen o fluxo en todos os réximes, para determinar as distribucións de presións e as forzas sobre as aeronaves.
C25	Coñecemento adecuado e aplicado á Enxeñaría de: os métodos de cálculo de deseño e proxecto aeronáutico; o uso da experimentación aerodinámica e dos parámetros máis significativos na aplicación teórica; o manexo das técnicas experimentais, equipamento e instrumentos de medida propios da disciplina; a simulación, deseño, análise e interpretación de experimentación e operacións en voo; os sistemas de mantemento e certificación de aeronaves.

C26	Coñecemento aplicado de: aerodinámica; mecánica e termodinámica, mecánica do voo, enxeñaría de aeronaves (á fixa e ás rotatorias), teoría de estruturas.
C28	Coñecemento adecuado e aplicado á Enxeñaría de: Os fundamentos da mecánica de fluídos que describen o fluxo en calquera réxime e determinan as distribucións de presións e as forzas aerodinámicas.
D3	Capacidade de comunicación oral e escrita na lingua nativa
D4	Capacidade de aprendizaxe autónoma e xestión da información
D5	Capacidade de resolución de problemas e toma de decisións
D6	Capacidade de comunicación interpersoal
D8	Capacidade de razoamento crítico e autocrítico
D11	Ter motivación pola calidade con sensibilidade cara a temas do ámbito dos estudos

Resultados previstos na materia

Resultados previstos na materia	Resultados de Formación e Aprendizaxe		
Coñecemento e comprensión dos principais conceptos e técnicas da Mecánica de Fluídos	A3	C16 C18 C19 C22 C28	D4 D5 D8 D11
Capacidade para aplicar os principais conceptos e técnicas da Mecánica de Fluídos ás Ciencias da Enxeñaría	A2 A3 A5	C16 C18 C19 C20 C22 C25 C26 C28	D3 D4 D5 D6 D8 D11
Comprensión dos procedementos básicos da dinámica de fluídos computacional	A5	C16 C18 C19 C22 C25 C26 C28	D4 D5 D8 D11

Contidos

Tema	
CFD. Ecuacións xerais e fenómenos de transporte	Tema 1: Resumo das ecuacións xerais.
	Notación integral Notación diferencial Forma conservativa. Notación compacta Modelos límite máis comúns Condicións de contorno máis comúns
CFD. Turbulencia	Tema 2: Introducción á turbulencia Introdución Escala de Kolmogorov Inviabilidade da simulación numérica directa Modelos de turbulencia: Modelos RANS: -Medias de Reynolds e de Favre -Ecuacións promediadas. Esforzos aparentes de Reynolds. Problema do peche - Hipótese de Boussinesq: modelos algebraicos, dunha ecuación e de dúas ecuacións - Leis de parede. Modelos de alto e baixo número de Reynolds - Modelos de transporte de esforzos aparentes de Reynolds Modelos LLES: Descrición

Métodos de Volumes Finitos (FVM):

- Introducción
- Discretización do dominio computacional
- Discretización das ecuacións de fluídos
- Ecuacións discretizadas en FVM
- Discretización das condicións de contorno

Fluxos incompresibles. Ecuación de presión

- Métodos de compresibilidad artificial
- Axustes presión-velocidade
- Métodos de aceleración da resolución numérica máis comúns

Tema 4: Introducción ao uso de distintos software (OpenFoam e Fluent) de simulación numérica de fluídos. Prácticas en aula informática.

*O uso deste software quedará condicionado á dispoñibilidade de licenzas de uso por parte do centro así como á correcta instalación dos mesmos na aula informática asignada

Aplicacións:

- Fluxo laminar no interior dunha cavidade
- Fluxo nun dispositivo mesturador de correntes
- Forzas aerodinámicas sobre corpos:
Fluxo ao redor dun obstáculo. Fluxo laminar e fluxo turbulento
Cálculo da rúa de Kármán tras un corpo romo
Fluxo incompresible sobre perfil aerodinámico
Fluxo transónico sobre perfil aerodinámico

-Exercicios/Proxectos propostos de simulación numérica para ser resoltos de forma máis independente polos alumnos.

Mecánica de Fluídos II. Fluxo de fluídos ideais. Movementos irrotacionais

Tema 1: Movementos irrotacionais.
Condicións de irrotacionalidad
Ecuacións do movemento irrotacional
Condicións iniciais e de contorno
Movemento irrotacional de líquidos
Principio de superposición
Potencial de velocidades a grandes distancias dun obstáculo
Movemento plano irrotacional de líquidos: Solucións elementais. Corrente en recunchos e esquinas. Corrente ao redor dun cilindro con circulación
Movemento irrotacional bidimensional de gases
Expansión de Prandtl-Meyer

Tema 2: Movementos con superficies de discontinuidad
Ecuacións do salto das magnitudes fluídas nunha discontinuidad
Discontinuidades normais e tangenciais
Ondas de choque normais
Ondas de choque oblicuas

Aplicación: Movemento case unidimensional de fluídos ideais: Área crítica. Movemento en toberas. Carga e descarga en depósitos.
Ondas de choque. Relación de Hugoniot.

Mecánica de Fluídos II. Movementos unidimensionales non estacionarios de fluídos ideais

Tema 3: Movemento unidimensional non estacionario de fluídos ideais.
Efecto de compresibilidade na líquidos
Apertura e peche de válvulas. Golpe de ariete

Ecuacións do movemento unidireccional non estacionario en gases. Ondas simples

Mecánica de Fluídos II. Movemento a baixos números de Reynolds

Tema 4: Movemento a baixos números de Reynolds
Ecuacións. Condicións iniciais e de contorno
Aplicación a fluídos incompresibles. Movementos ao redor dun cilindro e unha esfera
Lubrificación: Ecuación de Reynolds da lubricación 3D.
Aplicacións. cojinete cilíndrico, lubricación con gases, patín rectangular, ...

Mecánica de Fluídos II. Prácticas de laboratorio	- Ensaio en banco de aerodinámica: Medición capa límite - Ensaio en túnel de vento de baixa velocidade Distribución de presións sobre corpo romo - Distribución de presións en toberas converxentes e converxentes-diverxentes. Magnitudes críticas. Ondas de choque. Bloqueo sónico.
--	---

Planificación

	Horas na aula	Horas fóra da aula	Horas totais
Prácticas de laboratorio	4	5	9
Lección maxistral	33	35	68
Aprendizaxe baseado en proxectos	8	18.5	26.5
Prácticas con apoio das TIC	8	0	8
Resolución de problemas	22	73	95
Proxecto	0	15	15
Exame de preguntas de desenvolvemento	1.5	0	1.5
Exame de preguntas de desenvolvemento	1	0	1
Exame de preguntas de desenvolvemento	1	0	1

*Os datos que aparecen na táboa de planificación son de carácter orientador, considerando a heteroxeneidade do alumnado.

Metodoloxía docente

	Descrición
Prácticas de laboratorio	Realización das prácticas de laboratorio
Lección maxistral	Exposición da teoría
Aprendizaxe baseado en proxectos	Translación de problemas de fluídos a modelos matemáticos para ser resoltos numericamente
Prácticas con apoio das TIC	Formulación e resolución numérica de problemas propostos aplicados a fluxos de fluídos
Resolución de problemas	Formulación e resolución de modelos aplicados a fluxos de fluídos
Resolución de problemas	Resolución de problemas e/ou exercicios de forma autónoma por parte do alumno para comprender e caracterizar os distintos tipos de movementos de fluídos e os seus simplificacións

Atención personalizada

Metodoloxías	Descrición
Prácticas de laboratorio	Atenderase persoalmente a todas as dúbidas que xurdan ao longo do desenvolvemento das prácticas
Resolución de problemas	Atenderase, na medida do posible, a todas as dúbidas que xurdan ao longo da resolución dos problemas
Prácticas con apoio das TIC	Nas prácticas tentarase na medida do posible organizar ao grupo de estudantes en distintas prácticas. Atenderase persoalmente a todas as dúbidas que xurdan ao longo do desenvolvemento das prácticas
Probos	Descrición
Proxecto	Atenderase en tutorías as dúbidas que xurdan ao longo do desenvolvemento do proxecto

Avaliación

	Descrición	Cualificación	Resultados de Formación e Aprendizaxe
Aprendizaxe baseado en proxectos	Realización e entrega de informe das simulacións CFD propostas ao estudante	20	A2 C16 D3 A3 C18 D4 A5 C19 D5 C20 D6 C22 D8 C25 D11 C26 C28

Prácticas con apoio das TIC	Asistencia e participación activa nas prácticas CFD	1.5	A2 A3 A5	C16 C18 C19 C20 C22 C25 C26 C28	D3 D4 D5 D6 D8 D11
Resolución de problemas	Asistencia ás sesións de resolución de problemas e entrega dos problemas propostos. MFII	3.5	A2 A3 A5	C16 C18 C19 C20 C22 C25 C26 C28	D3 D4 D5 D6 D8 D11
Exame de preguntas de desenvolvemento	Realización de probas escritas, resolución de exercicios, casos prácticos. MFII	30	A2 A3 A5	C16 C18 C19 C20 C22 C25 C26 C28	D3 D4 D5 D8
Exame de preguntas de desenvolvemento	Realización de probas escritas, resolución de casos e conceptos de CFD.	10	A2 A3 A5	C19 C20 C26 C28	D3 D5 D8 D11
Exame de preguntas de desenvolvemento	Realización de probas escritas, resolución de exercicios, casos prácticos. MFII	35	A3 A5	C18 C19 C22 C25 C26	D4 D5 D8

Outros comentarios sobre a Avaliación

Primeira edición da acta: En xeral, para todo o alumnado, empregárase un sistema de avaliación continua. Non obstante, o/a estudante ten dereito a optar pola avaliación global segundo o procedemento e o prazo que estableza o centro para cada convocatoria, nese caso terán a posibilidade de realizar un exame final, de 5h de duración (con descanso no medio) que suporá o 100% da súa nota.

Se o alumnado participa nalgunha das probas de cualificación dentro da avaliación continua, considerarase como presentado á materia. A avaliación continua considérase ata xullo, polo que as cualificacións acadadas en todas as actividades realizadas con anterioridade, se manteñen ata a convocatoria de xullo, non se gardará dun curso escolar para outro.

A avaliación continua da materia realizarase mediante as seguintes probas e pesos:

- 35% Proba escrita de avaliación continua sobre o coñecemento do MFII.
- 30% Proba escrita de avaliación continua sobre o coñecemento do MFII.
- 20%. Entrega do/s Proxecto/s CFD de simulación numérica proposto ao alumnado polo profesorado.
- 10% Proba escrita de avaliación continua sobre coñecementos CFD
- 3,5% Asistencia, entrega de problemas propostos polo claustro, e participación activa nas clases prácticas e resolución de problemas do MFII.
- 1,5% Asistencia, entrega de problemas propostos polo profesorado, e participación activa nas clases prácticas de CFD.

Para superar a materia será necesario obter un mínimo (2 sobre 10), en todas e cada unha das probas realizadas, e acadar un 5 sobre 10 no total de avaliacións.

Segunda oportunidade: Todas as cualificacións obtidas previamente en todas e cada unha das probas de avaliación continua da primeira edición, poden gardarse para a segunda oportunidade, e será o alumnado o que decida a que actividades volve a avaliarse en segunda oportunidade, coa excepción das evacuacións relativas a asistencia.

Na convocatoria **fin de carreira**, avaliarase mediante un único exame final, que suporá o 100% da nota.

Espérase que o alumnado amose un comportamento ético adecuado. No caso de detectar comportamentos pouco éticos (copia, plaxio, uso de dispositivos electrónicos non autorizados, por exemplo), considerarase que non reúne os requisitos

necesarios para superar a materia. Segundo o tipo de comportamento pouco ético detectado, pódese concluír que o alumno/a non acadou as habilidades necesarias.

Non se permitirá o uso de ningún dispositivo electrónico durante as probas de avaliación, salvo autorización expresa. O feito de introducir na aula de exames un dispositivo electrónico non autorizado terá a consideración de motivo de non superación da materia neste curso académico e quedará suspendida a nota global (0,0).

Bibliografía. Fontes de información

Bibliografía Básica

White, F.M, **Viscous fluid flow**, 3rd ed., McGraw-Hill, 2006

Panton, R. L., **Incompressible Flow**, 4th Edition, Wiley, 2013

Anderson, **Modern Compressible Flow**, 3rd Ed., Mc Graw Hill, 1992

BARRERO & PÉREZ-SABORID, **Fundamentos y aplicaciones de la Mecánica de Fluidos**, Mc Graw Hill, 2005

BLAZEK, J., **Computational Fluid Dynamics: Principles and Applications**, Elsevier, 2001

H K Versteeg and W Malalasekera, **An Introduction to Computational Fluid Dynamics THE FINITE VOLUME METHOD**, 2nd Ed., Prentice Hall, 2007

Bibliografía Complementaria

Kundu , C., **Fluid Mechanics**, 4th Edition,, Academic Press, 2010

SCHLICHTING, H, **Boundary Layer Theory**, Mc Graw Hill, 1987

FERZIGER, J., MILOVAN, P., **Computational Methods for fluid Dynamics**, Springer, 1999

F. Moukalled L. Mangani M. Darwish, **The Finite Volume Method in Computational Fluid Dynamics An Advanced Introduction with OpenFOAM® and Matlab®**, Springer, 2016

WILCOX, **Turbulence Modeling**, DCW Industries, 2004

www.openfoam.com,

Recomendacións

Materias que se recomenda ter cursado previamente

Matemáticas: Métodos matemáticos/O07G410V01301

Mecánica de fluídos/O07G410V01402

Outros comentarios

Dedicar o tempo indicado de traballo personal asignado, así como recurrir ás titorías co profesor para resolver as posibles dúbidas que xurdan durante o traballo personal do estudante

Recoméndase un seguemento total da materia así como unha actitude activa nas clases.