



GUÍA DE APRENDIZAJE

CURSO 2017/18

ÍNDICE

1. DESCRIPCIÓN DE LA ASIGNATURA
2. CONOCIMIENTOS PREVIOS
3. COMPETENCIAS
4. RESULTADOS DE APRENDIZAJE
5. PROFESORADO
6. PROGRAMA
7. PLAN DE TRABAJO
8. SISTEMA DE EVALUACIÓN
9. RECURSOS DIDÁCTICOS
10. OTRA INFORMACIÓN

PLAN 14IB – MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA AERONÁUTICA

Código 143001006

Asignatura Mecánica de Fluidos Avanzada

Nombre en Inglés Advanced Fluid Mechanics

Módulo VEHICULOS AEROESPACIALES
SISTEMAS DE PROPULSION

Idiomas ESPAÑOL

Curso Primero

Semestre Primero

Carácter OB

Créditos 5 ECTS

1. DESCRIPCIÓN DE LA ASIGNATURA

La mecánica de fluidos encuentra múltiples aplicaciones en ingeniería aeronáutica y espacial, de tal forma que puede considerarse una disciplina básica en estas áreas de la ingeniería. Su especial relevancia justifica el estudio de alguno de sus aspectos avanzados, en particular aquellos que juegan un papel especialmente relevante en la ingeniería aeroespacial y que no han podido desarrollarse de forma adecuada dentro de los cursos básicos de mecánica de fluidos típicamente incluidos en las titulaciones de grado. Específicamente, la asignatura profundiza en el estudio de la descripción del flujo en capas límites y del flujo turbulento.

El contenido de la asignatura incluye en primer lugar una revisión de las ecuaciones de Navier-Stokes y de sus condiciones de contorno, recordando los procedimientos de adimensionalización de ecuaciones y de las técnicas de análisis dimensional. A continuación se estudia el flujo laminar a elevados números de Reynolds, incluyendo el análisis de flujos de cortadura libre y, especialmente, de la capa límite laminar. En este último apartado se presta atención tanto a soluciones analíticas como a métodos aproximados para su resolución generalizada. La última parte de la asignatura se dedica al análisis del flujo turbulento, recordando los conceptos básicos asociados a su estudio, las escalas que lo definen, y las ecuaciones utilizadas en su resolución aproximada (ecuaciones de Reynolds). Posteriormente, se estudian los flujos turbulentos de cortadura libre y con presencia de paredes, incluyendo el análisis detallado de la estructura del flujo turbulento en tubos y en la capa límite turbulenta. Finalmente se introducen algunos de los modelos propuestos para establecer el cierre de las ecuaciones de Reynolds, ampliamente utilizados en la resolución del flujo turbulento mediante métodos CFD.

2. CONOCIMIENTOS PREVIOS

a) CONOCIMIENTOS PREVIOS NECESARIOS para seguir con normalidad la ASIGNATURA.

Asignaturas superadas:

Curso básico de mecánica de fluidos, incluyendo la descripción de las ecuaciones y condiciones de contorno que gobiernan el movimiento de los fluidos, así como el estudio de flujos simples, tales como flujos uni-direccionales laminares y flujos ideales.

Otros requisitos:

Conocimientos de cálculo diferencial e integral. Conocimientos de termodinámica de equilibrio. Conocimientos de cinemática y dinámica.

b) CONOCIMIENTOS PREVIOS RECOMENDADOS para seguir con normalidad la ASIGNATURA.

Curso adicional de mecánica de fluidos, que mejore y profundice en los conocimientos previos considerados necesarios, incluyendo aspectos tales como el análisis de flujo ideal no-estacionario, flujo compresible en conductos de sección variable, o teoría de la lubricación.

3. COMPETENCIAS

CG1	Capacidad para proyectar, construir, inspeccionar, certificar y mantener todo tipo de aeronaves y vehículos espaciales, con sus correspondientes subsistemas.
CG3	Capacidad para la dirección general y la dirección técnica de proyectos de investigación, desarrollo e innovación, en empresas y centros tecnológicos aeronáuticos y espaciales.

CG6	Capacidad para el análisis y la resolución de problemas aeroespaciales en entornos nuevos o desconocidos, dentro de contextos amplios y complejos.
CG11	Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación
CG12	Aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.
CT1	Capacidad para comprender los contenidos de clases magistrales, conferencias y seminarios, así como cualquier información y documentación en lengua inglesa.
CT3	Capacidad para adoptar soluciones creativas que satisfagan adecuadamente las diferentes necesidades planteadas.
CT4	Capacidad para trabajar de forma efectiva como individuo, organizando y planificando su propio trabajo, de forma independiente o como miembro de un equipo.
CT5	Capacidad para gestionar la información, identificando las fuentes necesarias, los principales tipos de documentos técnicos y científicos, de una manera adecuada y eficiente.
CE-VA-2	Conocimiento adecuado de Mecánica de Fluidos Avanzada, con especial incidencia en las Técnicas Experimentales y Numéricas utilizadas en la Mecánica de Fluidos.
CE-VA-3	Comprensión y dominio de las leyes de la Aerodinámica Externa en los distintos regímenes de vuelo, y aplicación de las mismas a la Aerodinámica Numérica y Experimental.
CE-SP-2	Conocimiento adecuado de Mecánica de Fluidos Avanzada, con especial incidencia en las Técnicas Experimentales y Numéricas utilizadas en la Mecánica de Fluidos.
CE-SP-4	Comprensión y dominio de las leyes de la Aerodinámica Interna.

4. RESULTADOS DE APRENDIZAJE

- RA1.-** Conocimiento, comprensión, aplicación, y análisis de flujos de cortadura libre laminar.
- RA2.-** Conocimiento, comprensión, aplicación, y análisis de flujos de capa límite laminar, incluidos métodos integrales para su resolución.
- RA3.-** Conocimiento, comprensión, aplicación, y análisis de flujos de cortadura libre turbulenta.
- RA4.-** Conocimiento, comprensión, aplicación, y análisis del flujo turbulento en conductos.
- RA5.-** Conocimiento, comprensión, aplicación, y análisis de flujos de capa límite turbulenta.
- RA6.-** Conocimiento, comprensión y aplicación de modelos de cierre turbulento algebraicos y de dos ecuaciones.

5. PROFESORADO

Departamento: MECÁNICA DE FLUIDOS Y PROPULSIÓN AEROESPACIAL.

Coordinador de la Asignatura: Benigno LÁZARO GÓMEZ.

Profesorado	Correo electrónico	Despacho
GONZÁLEZ MARTÍNEZ, Ezequiel	ezequiel.gonzalez@upm.es	Edificio C
LÁZARO GÓMEZ, Benigno	benigno.lazaro@upm.es	Edificio C
RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ, Manuel	manuel.rodriguez@upm.es	Edificio C

Los horarios de tutorías estarán publicados en Moodle.

6. TEMARIO

Tema 1. REVISION DE ECUACIONES DE NAVIER-STOKES

1.1 Principios de conservación de masa, cantidad de movimiento y energía. 1.2 Ecuaciones de Euler. 1.3 Condiciones iniciales y de contorno. 1.4 Formulación adimensional, parámetros adimensionales y semejanza física. 1.5 Técnicas de análisis dimensional: aplicación al flujo de Rayleigh. 1.6 Flujo de Poiseuille.

Tema 2. FLUJO ESBELTO LAMINAR CON $Re \gg 1$

2.1 Ecuaciones de flujo esbelto laminar con $Re \gg 1$. 2.2 Cortadura libre laminar: flujo en chorros.

Tema 3. CAPA LIMITE LAMINAR

3.1 Introducción: ecuaciones de la capa límite, problemas de perturbaciones singulares, espesores y consideraciones generales. 3.2 Ecuación integral de Karman. 3.3 Solución de Blasius. Efectos de succión/soplado. 3.4 Soluciones de Falkner-Skan. 3.5 Capa límite térmica. 3.6 Efectos de compresibilidad. 3.7 Métodos integrales de capa límite laminar: métodos de Pohlhausen y de Thwaites.

Tema 4. INTRODUCCION AL FLUJO TURBULENTO

4.1 Descripción y propiedades del flujo turbulento. 4.2 Dinámica de vorticidad y escalas turbulentas. 4.3 Promediado de ecuaciones de Navier-Stokes. Ecuaciones de Reynolds (RANS). 4.4 Cierre turbulento: hipótesis de Boussinesq y viscosidad turbulenta. 4.5 Modelos turbulentos básicos: longitud de mezcla de Prandtl.

Tema 5. FLUJO TURBULENTO ESBELTO

5.1 Ecuaciones del flujo turbulento esbelto. 5.2 Flujos turbulentos de cortadura libre. 5.3 Estela turbulenta lejana.

Tema 6. FLUJO TURBULENTO EN CONDUCTOS

6.1 Introducción. 6.2. Ecuaciones y regiones del flujo para conductos lisos de sección circular. Región de la pared. Región central. Acoplamiento 6.3 Efectos de rugosidad de la pared. Diagrama de Moody y correlación de Colebrook. 6.4 Análisis de flujo turbulento en conductos de sección transversal no circular.

Tema 7. CAPA LIMITE TURBULENTO

7.1 Introducción: ecuaciones y condiciones de contorno de la capa límite turbulenta. 7.2 Estructura de la capa límite turbulenta. Región de la pared. Región del defecto de velocidad. Acoplamiento. Efecto de rugosidad de la pared 7.3 Capas límites en equilibrio. 7.4 Evolución de escalas de la capa límite turbulenta. Aplicación al caso sin gradiente de presión.

Tema 8. MODELOS TURBULENTOS PARA LAS ECUACIONES DE REYNOLDS

8.1 Introducción. Cierre de las ecuaciones de Reynolds: modelos RANS-Boussinesq. 8.2 Modelos algebraicos y de 1 ecuación. 8.3 Modelos de dos ecuaciones: $k - \epsilon$ y $k - \omega$.

7. PLAN DE TRABAJO

a) Cronograma.

Semana Nº	Actividad presencial en Aula	Actividad presencial en Laboratorio	Otra actividad	Actividad de Evaluación
1	Tema 1: 3 LM Tema 2: 1 LM			Prueba objetiva intermedia
2	Tema 2: 2 LM Tema 3: 2 LM			
3	Tema 3: 4 LM			
4	Tema 3: 3 LM; 1 CP			
5	Tema 3: 2 LM			
6	Tema 3: 4 LM			
7	Tema 3: 2 CP Tema 4: 2 LM			
8	Tema 4: 2 LM			
9	Tema 4: 1 LM Tema 5: 3 LM			
10	Tema 6: 4 LM			
11	Tema 6: 2 LM; 2 CP			
12	Tema 7: 4 LM			
13	Tema 7: 3 LM; 1 CP			
14	Tema 7: 1 CP Tema 8: 3 LM			
15	Tema 8: 4 LM			
15+1				
15+2				Prueba objetiva final

El cronograma de la asignatura podrá sufrir modificaciones a lo largo del curso para adaptarse a las características del mismo.

b) Actividades formativas.

Actividades formativas	EP	CT	CP	PL	TIE	TP	Otros*
ECTS	2.8	1.7	0.3			0.2	

EP: ESTUDIO Y TRABAJO PERSONAL DEL ALUMNO

- CT:** CLASES DE TEORÍA
CP: CLASES DE PROBLEMAS
PL: PRÁCTICAS DE LABORATORIO
TIE: TRABAJOS INDIVIDUALES O EN EQUIPO
TP: TUTORÍAS PROGRAMADAS
***Otros** (especificar):

c) Metodologías Docentes.

Métodos Docentes	LM	PBL	RPA/MC	EIP	PL	Otros*
SI / NO	SI	NO	SI	NO	NO	

- LM:** LECCIÓN MAGISTRAL
PBL: APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS
RPA/MC: RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN EL AULA / MÉTODO DEL CASO
EIP: EXPOSICIÓN DE INFORMES Y PROYECTOS
PL: PRÁCTICAS DE LABORATORIO
***Otros** (especificar):

8. SISTEMA DE EVALUACIÓN

a) Tribunal de Evaluación.

Presidente:	Manuel RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ
Vocal:	Benigno LÁZARO GÓMEZ
Secretario:	Ezequiel GONZÁLEZ MARTÍNEZ
Suplente:	Francisco HIGUERA ANTÓN

b) Actividades de Evaluación.

Semana N°	Descripción	Tipo Evaluación	Técnica Evaluativa	Duración	Peso	Nota mínima	Competencias
9	Prueba Objetiva Intermedia. Temas 1-3		Examen escrito	2 h 30	~ 40%	5	Todas
18	Prueba Objetiva Final. Temas 1-3 Temas 4-8		Examen escrito	4 h	~ 40% ~ 60%	5	Todas

c) Criterios de Evaluación.

La evaluación se llevará a cabo mediante una prueba objetiva intermedia y otra final.

La prueba intermedia evaluará el aprendizaje de los temas 1 -3 y estará compuesta por partes teórica y de aplicación práctica:

- La parte teórica puede incluir ejercicios tipo "test", ejercicios de preguntas de respuesta abierta o ejercicios de desarrollo de algún tema de la asignatura. Para la parte teórica no podrán consultarse libros ni apuntes durante el desarrollo del examen.

- La parte práctica incluirá ejercicios de problemas teórico-prácticos relativos a los contenidos de la asignatura.

La prueba final incluirá ejercicios teórico-prácticos similares a los de la prueba intermedia más ejercicios teórico-prácticos adicionales de evaluación de los temas 4-8. La superación de la prueba de evaluación intermedia (obtención de más del 50% de la máxima calificación de la prueba) eximirá en la prueba de evaluación final de la realización de los ejercicios asociados a los temas 1-3.

La nota final de la asignatura se compondrá como una suma ponderada de la calificación obtenida en los distintos ejercicios incluidos en las partes teórica y práctica del examen, con pesos similares en cada uno de ellos.

9. RECURSOS DIDÁCTICOS

Descripción	Tipo	Observaciones
Higuera, F., Liñán, A., Rodríguez, M. Movimiento a Altos Números de Reynolds. UPM-ETSIAE, 2014.	Apuntes de la asignatura	
Batchelor, G.K. An Introduction to Fluid Mechanics. Cambridge University Press, 2000.	Bibliografía	
Landau, L., Lifschitz, E. Fluid Mechanics, Course on Theoretical Physics vol. 6. Pergamon Press, 1986.	Bibliografía	
White, F. Viscous Fluid Flow. McGraw-Hill, 2011.	Bibliografía	
Rosenhead, L. Laminar Boundary Layers. Dover, 1988.	Bibliografía	
Schlichting, H., Gersten, K. Boundary Layer Theory. Springer-Verlag, 1999.	Bibliografía	
Tennekes, H., Lumley, J.L. A First Course in Turbulence. The MIT Press, 2001.	Bibliografía	
Pope, S.B. Turbulent Flows. Cambridge University Press, 2001.	Bibliografía	
Hinze, J.O. Turbulence. McGraw-Hill, 1975.	Bibliografía	
Townsend, A.A. The Structure of Turbulent Shear Flows. Cambridge University Press, 1980.	Bibliografía	
Libby, P.A. Introduction to Turbulence. Taylor & Francis, 1996.	Bibliografía	
Wilcox, D.C. Turbulence Modelling for CFD. DCW Industries, 1994.	Bibliografía	
Espacio MOODLE de la asignatura http://moodle.upm.es/	Recursos Web	En esta plataforma se incluyen documentos, enlaces de interés, ejercicios, etc. y se utiliza como método de comunicación de avisos y solución de dudas.

10. OTRA INFORMACIÓN