
DENOMINACIÓN:

Fundamentos matemáticos de la mecánica de los fluidos

FUNDAMENTACIÓN:

Ante el gran avance de los métodos numéricos para la resolución de las ecuaciones básicas de la mecánica de fluidos, así como de herramientas computacionales de análisis de enorme cantidad de datos experimentales obtenidos mediante modernas técnicas de medición con elevada resolución espacial y temporal (en modelos físicos y en campo), es necesario conocer en detalle y profundidad la estructura formal y la deducción a partir de primeros principios físico-matemáticos de las ecuaciones básicas utilizadas. El presente curso otorga estos conocimientos y herramientas matemáticas en las cuales están basadas las ecuaciones que se utilizan, tanto en investigación básica como en las aplicaciones tecnológicas y técnicas.

OBJETIVOS DE LA MATERIA:

- Identificar y conocer el origen y aplicabilidad de las ecuaciones diferenciales en derivadas parciales utilizadas en programas numéricos (su deducción y limitaciones) así como las condiciones de borde e iniciales que ellas admiten,
- Interpretar el significado y estructuración matemática formal de cada término a la luz de la física que se desea describir,
- Entender los resultados obtenidos y su significado dentro de la estructuración matemática de la mecánica de los fluidos,
- Dotar de una base firme a estudiantes y profesionales ante la posibilidad de necesitar avanzar en la adquisición de nuevas herramientas para describir situaciones de flujo más desafiantes (por ejemplo, incorporación de ecuaciones constitutivas de fluidos no newtonianos, modelado de flujos en presencia de campos magnéticos, microfluídica, etc.)
- Otorgar un espacio para avanzar en el proceso de capacitación continua de estudiantes y profesionales, indispensable ante el avance de las herramientas de análisis y la creciente complejidad de los desafíos científico-tecnológicos que actualmente surgen en problemas involucrando a la mecánica de los fluidos.

CONTENIDOS:

Unidad 1: Repaso de las ecuaciones básicas de la mecánica (de partículas y sistemas de partículas) y de la termodinámica. Repaso de cálculo vectorial: campos escalares y vectoriales, operadores diferenciales, teoremas integrales, jacobiano. Formas cuadráticas: autovalores y ejes principales.

Unidad 2: Cinemática del medio continuo: definición, partícula fluida, trayectoria, campo de velocidad y flujo. Marcos lagrangiano y euleriano: relación biunívoca y derivada material. Volumen elemental: definición y significado físico, dilatación y fórmula de Euler. Teorema de Leibnitz y teoremas del transporte de Reynolds. Movimiento de deformación infinitesimal en el entorno de un punto: cuádrice de las velocidades de deformación y ejes principales de deformación. Interpretación física del movimiento general de deformación en el campo de flujo: teorema de descomposición del campo de velocidad de Cauchy-Stokes. Rotor y vorticidad. Velocidades de deformación lineal y angular.

Unidad 3: Conservación de la masa en el movimiento fluido: definición operativa de la densidad en un punto del medio continuo y campo de densidad. La ecuación de continuidad: formas lagrangiana y euleriana.

Unidad 4: Conservación de la cantidad de movimiento y del momento de la cantidad de movimiento en el medio fluido: fuerzas de cuerpo y de superficie, tetrahedro de Cauchy y el estado de tensiones en un punto, la cuádrlica de tensiones y las ecuaciones de Cauchy de movimiento para el medio continuo. Simetría del estado de tensiones. Medio continuo homogéneo e isótropo: significado físico y ejes principales de tensiones. Ecuaciones constitutivas: tensiones en función de velocidades de deformación, las hipótesis de Stokes y el fluido newtoniano, deducción de la ecuación constitutiva general. Interpretación física de los invariantes en la ecuación constitutiva: el estado hidrostático de presiones, viscosidad y viscosidad de conjunto. La hipótesis de Stokes y la relación entre presión mecánica y termodinámica. Las ecuaciones de Navier-Stokes: formulación general, condiciones iniciales y de borde. Apartado: un premio para este “problema del milenio (pasado)” aún sin solución.

Unidad 5: Conservación de la energía: primera ley de la termodinámica para el medio continuo. La ecuación de la energía para el movimiento fluido: ecuaciones de estado, trabajo de fuerzas externas e internas, trabajo disipativo y el teorema de variación de la energía cinética, flujo de calor en forma integral y diferencial, la ecuación para la variación de la energía interna del campo de flujo. Interpretación física de cada término, la función de disipación de Rayleigh y el rol de la viscosidad. Mecanismos de transferencia de calor y formulación general de la ecuación de la energía. Condiciones iniciales y de contorno.

Unidad 6: La segunda ley de la termodinámica: definición de entropía para el medio continuo, ecuación diferencial para la variación de la entropía en el campo de flujo. Implicancias para la función de disipación de Rayleigh.

Unidad 7: Resumen de las ecuaciones básicas y de sus condiciones iniciales y de contorno. Simplificaciones de interés en investigación básica y aplicaciones: significado físico de los casos particulares y dominios de aplicación.

ACTIVIDADES PRÁCTICAS:

1. Carpeta de ejercicios propuestos en la Guía de Ejercicios de la materia: se propone trabajar el detalle de los desarrollos de cada capítulo, a fin de profundizar en la estructura formal matemática y el significado físico de cada término y operación involucrados.
2. Clases de consulta: al inicio de cada clase se prevé un espacio de consultas de los temas ya dados y trabajados por los alumnos en los ejercicios, a fin de consolidar y socializar dudas y solución a problemas y dudas comunes a todos.

METODOLOGÍA:

Dictado: curso bimestral de clases teórico-prácticas.

Asistencia: presencial (recomendada) o virtual.

Material bibliográfico: guía de ejercicios a resolver en base a la teoría desarrollada en clase. Desarrollo “in extenso” en el pizarrón de la teoría necesaria, con referencias puntuales a capítulos de libros disponibles en formato digital y discusión grupal de los conceptos matemáticos involucrados.

Conocimientos previos recomendados (del grado): cálculo vectorial, mecánica clásica (de partícula puntual y de sistemas de partículas) y termodinámica clásica.

Se espera que la metodología aplicada desarrolle en el alumno las competencias para:

- Comprender los conceptos físicos-matemáticos involucrados en las ecuaciones básicas de la mecánica de los fluidos.
 - Describir las propiedades matemáticas fundamentales de las mismas.
 - Plantear hipótesis válidas con la física del problema para problemas concretos en los que se busca la solución de estas ecuaciones.
-

-
- Aplicar y manipular correctamente las ecuaciones necesarias y suficientes para la resolución de problemas.
 - Adquirir nivel formativo que facilite la incorporación a grupos de trabajo dedicados a la investigación y a la aplicación industrial en áreas de la especialidad.
 - Desarrollar análisis crítico y criterio analítico sobre planteo y solución de problemas involucrando las ecuaciones básicas de la mecánica de fluidos.
 - Estimular la adquisición de competencias de carácter actitudinal (cumplimiento de responsabilidades y obligaciones y tener una participación activa en clases), y aptitudinal (identificación de problemas, estrategias de solución y organización del tiempo y tareas necesarias).

EVALUACIÓN

Un examen parcial y uno final con entrega de carpeta de ejercicios resuelta.

CARGA HORARIA

Curso bimestral de 40 horas en total en 2 clases semanales de 2,5 horas cada una.

BIBLIOGRAFÍA (capítulos de apoyo seleccionados, a indicar en cada clase)

Viscous Fluid Flow, F. M. White (McGraw-Hill, 2nd ed., 1991)

Boundary Layer Theory, H. Schlichting (McGraw-Hill, 7th ed., 1979)

Vectors, tensors, and the basic equations of fluid mechanics, Rutherford Aris (Dover Publications, 1989)

Mathematical Principles of Classical Fluid Mechanics, Serrin, J. (Fluid Dynamics I / Strömungsmechanik I. Series: Encyclopedia of Physics / Handbuch der Physik, ISBN: 978-3-642-45916-0. Springer, Truesdell, C. Ed, vol. 3 / 8 / 1, pp. 125-263, 1959)
