



## UNIVERSIDAD SIMON BOLIVAR

DIVISION	FISICA Y MATEMATICAS			
DEPARTAMENTO	MECANICA			
ASIGNATURA	MC 6311	DINÁMICA DE FLUIDOS I		
HORAS / SEMANA	T = 4	P = 0	L = 0	U = 4
VIGENCIA	ABRIL 1993 -		APROBACION:	

### OBJETIVOS

Desarrollar los principios básicos de la Mecánica de Fluidos a un nivel avanzado, aplicándolos al flujo ideal incompresible, flujos viscoso laminar y a la Teoría de la Capa Límite Laminar y empleando un enfoque matemático riguroso.

### PROGRAMA

#### 1 Vectores y tensores cartesianos

Álgebra de vectores: multiplicación escalar, adición, producto escalar, ortogonalidad de vectores. Vectores coplanares, vectores unitarios, base vectorial, producto vectorial. Tensor alternante. Tensores de Levi-Civita. Triple producto escalar, triple producto vectorial. Sistema de base recíproca. Tensores de segundo orden: multiplicación escalar, adición, producto escalar y contracción de tensores. Vector de un tensor antisimétrico. Forma canónica de un tensor simétrico. Tensores de orden superior. Regla del cociente. Notación diádica, algebraica y otras. Tensores dependientes de un parámetro. Curvas y superficies en el espacio. Derivación de tensores. Integrales de línea y de superficie. Cambio de variable con integrales múltiples. Operador vectorial  $\nabla$ . Gradiente, divergencia y rotor. Campos vectoriales, clasificación y propiedades (solenoidal, irrotacional, laplaciano, Lamellar, Beltrami, Trkalian). Teorema de Green, de la divergencia y de Stokes. Regla de Leibniz.

#### 2 Cinemática del movimiento de fluidos

Paso de la partícula, líneas de flujo y traza. Dilatación. Teoremas del transporte de Reynolds. Conservación de la masa y ecuación de continuidad. Deformación y tasa de deformación. Ejes principales de deformación. Vorticidad, líneas y tubos de vorticidad.

#### 3 Esfuerzos en fluidos

Presión hidrostática, fluido elástico. Tensor de esfuerzos, simetría. Ejes principales de esfuerzo, isotropía. Principio del esfuerzo de Cauchy, fuerzas de contacto y de cuerpo. Fluido stokeniano. Fluido newtoniano.

#### 4 Principios de conservación

Conservación de masa y continuidad. Conservación del momento y ecuación de Cauchy. Conservación del momento angular y simetría del tensor de esfuerzos. Conservación de la energía y ecuación de la energía mecánica. Conservación de la entropía y desigualdad de Clausius-Duhem. Disipación de la energía. Ecuación de movimiento de un fluido stokesiano. Ecuación de movimiento de un fluido newtoniano: compresible (Navier-Stokes-Duhem); incompresible (Navier-Stokes). Ecuación de la energía térmica. Casos particulares: ecuación de Euler, ecuación de Bernoulli.

## **5 Flujo ideal incompresible**

Irrotacional (flujo potencial). Velocidad potencial, función potencial y de corriente. Flujo uniforme. Fuentes y sumideros (bi y tri-dimensional). Doblete (bi y tri-dimensional). Flujo alrededor de un cilindro y de una esfera. Vórtice y circulación. Flujo alrededor de un cilindro giratorio. Efecto Magnus. Perfiles aerodinámicos. Perfiles de Joukowski. Cuerpos axisimétricos y cuerpos delgados. Choques contra superficies. Punto de estancamiento. Chorros y cavidades. Rotacional. Líneas, anillos, tubos y hojas de vórtice. Ecuación del transporte de la vorticidad. Energía cinética. Flujo no confinado con reposo en el infinito. Flujo axisimétrico. Cuerpos giratorios trasladándose. Capa de fluido sobre una esfera giratoria. Sistema de vórtice en un ala de avión. Estelas.

## **6 Flujo viscoso laminar**

Estacionario. Flujo de Couette. Flujo de Poiseuille. Flujo sobre pared porosa (transpiración). Flujo de arrastre. Capa de Ekman. Soluciones de similaridad. Soluciones de flujo compresible. Teoría de lubricación. Celdas de Hole Shaw. Canal variable. Flujo de estancamiento. Flujo entre cilindros rotantes. Transitorio: Problemas de Stokes. Flujo transitorio en conductos. Arranque del flujo. Golpe de ariete. Flujo sobre bordes móviles. Flujo lento. Esfera rígida. Gota esférica. Burbuja esférica. Ecuación de Oscen.

## **7 Teoría de la capa límite laminar**

Soluciones de similaridad (Blasius, Falkner-Skan). Espesores de la capa límite. Desarrollo del flujo en conductos. Capa límite sobre placa plana. Capa límite sobre superficies axisimétricas. Capa límite transitoria. Capa límite transpirada. Capa límite sobre superficie arbitraria. Aproximación de Karman-Pohlhausen. Flujo alrededor de un borde. Separación de la capa límite. Capa límite alrededor de un punto de estancamiento.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Santaló, L.A. *Vectores y Tensores con sus Aplicaciones*. Editorial Universitaria de Buenos Aires (EUDEBA), Décimoprimer edición, 1977.
- [2] Whitaker, S. *Introduction to Fluid Mechanics*. Krieger, 1968.
- [3] Serrin, J. *Mathematical Principles of Classical Fluid Mechanics*. Encyclopedia of Physics, Ed. S. Flügge, Vol VIII/1. pp. 125 - 263. Springer - Verlag, 1959.
- [4] Aris, R. *Vectors, Tensors and the Basic Equations of Fluid Mechanics*. Prentice - Hall, 1962.
- [5] Batchelor, G.K. *An Introduction to Fluid Dynamics*. Cambridge University Press, 1967. 13th Printing, 1990.
- [6] White, F.M. *Viscous Fluid Flow*. McGraw - Hill, Inc., 1974.
- [7] Raudkivi, A.J. y Callander, R.A. *Advanced Fluid Mechanics. An Introduction*. Edward Arnold Publishers, Ltd., 1975.
- [8] Sherman, F.S. *Viscous Flow*. McGraw - Hill, 1990.
- [9] Currie, I.G. *Fundamental Mechanics of Fluids*. McGraw - Hill, Inc., 1974.
- [10] Landau, L.D. y Lifshitz, E.M. *Fluid Mechanics*, 2nd Edition. Pergamon Press, 1987.
- [11] Lamb, H. *Hydrodynamics*, 6th Edition. Dover Publications, 1932.
- [12] Dryden, H.L., Murnaghan, F.D. y Bateman, H. *Hydrodynamics*. Dover Publications, Inc., 1956
- [13] Prandtl, L. y Tietjens, O.G. *Fundamentals of Hydro - and Aeromechanics*. Dover Publications, Inc., 1934.
- [14] Prandtl, L. y Tietjens, O.G. *Applied Hydro - and Aeromechanics*. Dover Publications, Inc., 1934
- [15] Goldstein, S. Ed. *Modern Developments in Fluid Dynamics*. Dover Publications, Inc., 1965
- [16] Ladyzhenskaya, O.A. *The Mathematical Theory of Viscous Incompressible Flow*, 2nd Edition. Gordon and Breach Science Publishers, 1969. 2nd Printing, 1987.
- [17] Meyer, R.E. *Introduction to Mathematical Fluid Dynamics*, Wiley - Interscience, Inc. 1971
- [18] Schlichting, H. *Boundary Layer Theory*, 6th Edition. McGraw - Hill, 1968.
- [19] Schetz, J.A. *Boundary Layer Analysis*. Prentice - Hall, Inc., 1993.
- [20] Flügge, S.; Truesdell, C. (Eds.) "Fluid Dynamics II", *Encyclopedia of Physics*, Vol VIII/2, Springer - Verlag, 1963.
- [21] Flügge, S. y Truesdell, C. (Eds.), "Gas Dynamics III", *Encyclopedia of Physics*, Vol IX:.. Springer - Verlag, 1960.
- [22] Shapiro, A.H. *The Dynamics and Thermodynamics of Compressible Fluid Flow*, Vol I /II. John Wiley & Sons, Inc., 1953.
- [23] Baldock, G.R. y Bridgeman, T. *The Mathematical Theory of Wave Motion*, Ellis Horwood Ltd - John Wiley & Sons, Inc, 1981.
- [24] Joseph, D.D. *Stability of Fluid Motion*, Vol I / II. Springer - Verlag, 1976.
- [25] Drazin, P.G. y Reid, W.H. *Hydrodynamics Stability*. Cambridge University Press, 1981. 7th Printing, 1991.
- [26] Hinze, J.O. *Turbulence*, 2nd Edition. McGraw - Hill, Inc., 1975.
- [27] Bradshan, P., Cebeci, T. y Whitelaw, J.H. *Engineering Calculation Methods for Turbulent Flow*. Academic Press, 1981.
- [28] Reynolds, A.J. *Turbulent Flows in Engineering*. John Wiley & Sons, 1974.
- [29] Tennekes, H. y Lumley, J.L. *A First Course in Turbulence*. The MIT Press, 1972.
- [30] Batchelor, G.K. *The Theory of Homogeneous Turbulence*. Cambridge University Press, 1982. 3rd Printing, 1990.
- [31] Chorin, A.J. *Lectures on Turbulence Theory*, Publish or Perish, Inc., 1975.

- [32] Rodi, W. *Turbulence Models and Their Application in Hydraulics. A State of the Art Review*, 2nd Edition. Institut Für Hydromechanik, University of Karlsruhe, 1984.
- [33] Landahl, M.T. y Mollo-Christensen, E. *Turbulence and Random Processes in Fluid Mechanics*. Cambridge University Press, 1986. 3rd Printing, 1988.
- [34] Lumley, J.L. *Stochastic Tools in Turbulence*. Academic Press, 1970.
- [35] Monin, A.S. y Yaglom, A.M. *Statistical Fluid Mechanics*, Vol. I / II. The MIT Press, 1971 / 1975. 4th/3rd Printing, 1979/1987.