

F-1982  
6

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES  
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

DEPARTAMENTO: Física

ASIGNATURA: ESTRUCTURA DE LA MATERIA I

CARRERA/S: Lic. en Cs. Físicas

ORIENTACION:

PLAN:

CARACTER: Obligatorio

DURACION DE LA MATERIA: 1 (un) cuatrimestre

HORAS DE CLASE: a) Teóricas.....<sup>3</sup>..... hs. b) Problemas.....<sup>3</sup>..... hs.  
c) Laboratorio..... hs. d) Seminarios..... hs.  
e) Totales.....<sup>6</sup>..... hs.

ASIGNATURAS CORRELATIVAS: Trab. Práct. Mecánica Clásica  
Trab. Práct. Matemática 4  
Trab. Práct. Física 4  
Física 3

1. Introducción: La fluidodinámica y sus aplicaciones. Aspectos estructurales de la física de los fluidos, en la escala macroscópica, generados por la dinámica. Aspectos constitutivos: esfuerzos internos de presión y viscosos. Campo de velocidades y aceleración. Derivada total. El número de Reynolds ( $Re$ ). Las ecuaciones de Euler. Elementos de análisis dimensional. Similaridad geométrica y dinámica. Visualización de los movimientos de los fluidos.
2. Cuatro áreas: una introducción fenomenológica a procesos básicos de la fluidodinámica física. a) Flujo en tubos; b) movimiento de cuerpos sumergidos; c) la convección térmica; d) flujos supersónicos.  
a) Flujo de Poiseuille. Fluidos Newtonianos. Las ecuaciones de Navier Stokes para fluidos incompresibles. Caudal en la fase laminar. Características del flujo en función de  $Re$ . Longitud de entrada. Inestabilidad. Turbulencia. Intermitencia y formación de tapones turbulentos. Coeficiente de presión. Nociones sobre los fluidos No Newtonianos.
3. b) Cilindro embestido por una corriente uniforme. Condiciones para la aproximación de incompresibilidad. Flujo reptante.  $Re \ll 1$ , simetría proa - popa. Desprendimiento de vórtices. La calle de Kármán. Inestabilidad de la estela. Número de Strouhal. Estela turbulenta. Coeficiente de resistencia. El concepto de capa límite. Separación. Movimiento de una esfera sumergida.
4. c) Convección libre. Observación del flujo de Rayleigh-Bénard. Expansión térmica y flotación. Inestabilidad convectiva. Números de Rayleigh y Nusselt. Nociones de convección forzada. Número de Grashof. Complementos teóricos: la ecuación de continuidad, líneas y función de corriente, balance de energía y termodinámica de fluidos en movimiento. La ecuación de evolución para la temperatura. Idea de la aproximación de Boussinesq. El flujo de Bénard a altos números de Rayleigh. Plumas térmicas. Turbulencia.

5. d) Velocidad de propagación de pequeñas perturbaciones. Movimiento supersónico de un cuerpo. Cono de Mach. Ondas de choque: descripción fenomenológica. Flujo supersónico en una tobera. Ecuaciones del movimiento compresible en una dimensión. Velocidad límite. Estrangulamiento. Teoría de la onda de choque normal. La condición de Rankine-Hugoniot. Aplicaciones.
6. Fundamentos de las ecuaciones de Navier Stokes. Tensor de esfuerzos. Lema de Cauchy. Simetría del tensor de esfuerzos. Tensor de la velocidad de deformación. Estudio de la deformación: tasa de variación de longitudes y de ángulos. Ecuación constitutiva de fluidos lineales simples. Isotropía. Viscosidad de Newton y viscosidad de volumen. La función de disipación viscosa. Las ecuaciones de Navier Stokes en un sistema no-inercial.
7. Tensor de velocidad angular. Vorticidad y velocidad angular local.  $Re \ll 1$ , movimiento de fluidos ideales. Circulación. Teorema de Kelvin. Teorema de Bernoulli y sus posibles extensiones. Nociones de teoría del potencial. Flujos planos, potencial complejo. Nociones del método de la transformación conforme. Aplicaciones de la teoría de la sustentación. Perfiles alares. Condición de Kutta-Joukowski.
8. Ondas en las superficies de líquidos. Condiciones de linearización de las ecuaciones. Condiciones de contorno cinemáticas y dinámicas. Análisis de Fourier. Relación de dispersión. Velocidad de fase y velocidad de grupo. Aguas profundas y aguas poco profundas. Ondas capilares. Nociones sobre la acción de la viscosidad. Nociones sobre el fenómeno de ondas solitarias.
9. Análisis de la generación de vorticidad por diferentes causas: a) fuerzas viscosas; b) fuerzas no conservativas (aceleración de Coriolis, fuerza de Lorentz); c) estratificación (condiciones baroclinicas), y variaciones de entropía. Extensiones del teorema de la circulación. Teorema de Bjerkness. Generación de brisas en playas y costas.
10. Difusión de la vorticidad. El problema de Rayleigh. Invariancia frente a grupos de cambios de escala. Soluciones autosimilares. Teoría de la capa límite laminar. Las ecuaciones de Prandtl. Capa límite en una placa plana: solución de Blasius. Cálculo numérico de la solución. Cálculo de la resistencia. El fenómeno de la separación de la capa límite. Ejemplos.
11. Flujos reptantes ( $Re \ll 1$ ). La aproximación de Stokes. Nociones sobre el problema de la lubricación. Separación y generación de vorticidad a  $Re \ll 1$ . La celda de Hele - Shaw y sus aplicaciones. Nociones sobre flujo en medios porosos. El movimiento de cuerpos sumergidos a  $Re \ll 1$ . Resistencia de esferas, elipsoides y barras. Sedimentación. Las ecuaciones de Stokes en coordenadas curvilíneas ortogonales. La solución de Stokes para la función de corriente de una esfera. Soluciones numéricas de las ecuaciones de Navier - Stokes ( $Re$  pequeños e intermedios). Flujos planos estacionarios e incompresibles. Representación vorticidad - función de corriente. Discretización de las ecuaciones en una caja. Condiciones de contorno. Solución iterativa. Ejemplos de soluciones mediante el uso de una computadora personal.

- 12. Las ecuaciones de evolución de la vorticidad. Las dos formas de la ecuación de Helmholtz. La invariancia del flujo de la vorticidad. Estiramiento de las líneas de vorticidad. Condiciones de validez. Aplicaciones. Demostración de la fórmula de variación temporal del flujo de un campo vectorial a través de una superficie móvil con el fluido.
- 13. Fluidos rotantes. Número de Rossby y número de Eckman. Extensión del teorema de conservación de la vorticidad en fluidos rotantes. El parámetro de Coriolis. La vorticidad potencial. Aplicaciones a la atmósfera terrestre. Número de Rossby pequeño: el teorema de Taylor - Proudman. Visualización de la columna de Taylor. El flujo geostrófico. Nociones sobre ondas inerciales. Relación de dispersión. La capa límite de Ekman. Aplicaciones a océanos y atmósfera.
- 14. Fluidos conductores. Las ecuaciones de la magnetohidrodinámica. Las ecuaciones de la electrodinámica sin corrientes de desplazamiento: invariancia de Galileo. Flujo del campo magnético a través de una superficie móvil con el fluido. Campo eléctrico en un circuito móvil. La ley de Ohm de la magnetohidrodinámica. Ecuación de evolución del campo magnético. El número de Reynolds magnético. Aproximación de conductividad infinita. Conservación del flujo del campo magnético. Aplicaciones. Tensor de esfuerzos magnéticos. Presión y tensión magnética. Ejemplos de flujos magnetohidrodinámicos. Las ondas de Alfvén. Relación de dispersión y propiedades.
- 15. Fluidos estratificados. Oscilaciones de Brunt - Väisälä. Inestabilidad convectiva. Ondas internas de gravedad. El número de Froude. El fenómeno del bloqueo. Las "aguas muertas". Ondas a sotavento de las montañas. La inestabilidad de Rayleigh - Taylor. La inestabilidad de Kelvin-Helmholtz.

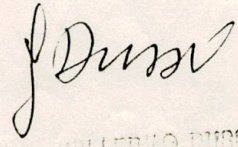
BIBLIOGRAFIA

- Tritton, D.J., (1988, 2da. edición) "Physical Fluid Dynamics", Clarendon Press, Oxford. Texto aconsejado.
- Batchelor, G.K., (1967) "An introduction to fluid dynamics", Cambridge University Press, Londres. Obra de consulta.
- Landau, L. D., y Lifshitz, E.M., (1959) "Fluid Mechanics", Vol. 6, (1960) "Electrodynamics of Continuous Media", Vol. 8., Pergamon Press, Oxford. Temas especiales (ondas de superficie; flujos supersónicos; magnetohidrodinámica).

Firma del Profesor:

Aclaración de Firma: Dr. Fausto Gratton

Firma del Director:



FAUSTO GRATTON