

1978

17



## MECANICA II

### Mecánica de los Fluidos

Programa Analítico del curso:

Prof. Dr. Horacio Brunzone: Profesor Adjunto - Dedicación exclusiva.

#### I. Parte

##### Nociones introductorias

1. Nociones de fluidos. La hipótesis del continuo: concepto matemático y criterios físicos. La densidad de masa. Las fuerzas de volumen. (La gravedad, las fuerzas electromagnéticas, las fuerzas de inercia, las fuerzas en el sistemas no inerciales). Las fuerzas de contacto: la hipótesis de Cauchy. Los esfuerzos internos.

#### 2. Los postulados de la mecánica de los medios continuos

2.1. Nociones históricas y de carácter heurístico sobre las leyes básicas.

Los postulados de la resultante y del momento resultante. Las ecuaciones indefinidas.

2.2. Teorema del tetraedro de Cauchy. El principio de acción y reacción para los esfuerzos. Carácter tensorial del sistema de componentes de los esfuerzos. La simetría del tensor de esfuerzos.

#### 3. Cinemática de los medios continuos

3.1. Las descripciones Legrangiana y Euleriana. Coordenadas materiales y actuales. Trayectorias y líneas de corriente. Velocidad y aceleración en las dos descripciones. La derivada total. Expresión de la derivada total en base a operadores con definición intrínseca.

3.2. Análisis del campo de velocidades en el entorno de un punto de un medio continuo. La velocidad angular de rotación y la vorticidad. El tensor de la velocidad de la deformación. Cuádrica asociada: direcciones principales de la dilatación. La divergencia y el invariante lineal: las variaciones de volumen.

#### 4. Ecaciones de continuidad y del Transporte

4.1. La conservación de la masa en la descripción material. La fórmula de Euler

DR. JULIO GRATTON  
DIRECTOR  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA

Aprobado por Resolución 772

para la derivada del Jacobiano. Las ecuaciones continuidad en la descripción euleriana. El vector flujo de masa. Teorema del transporte. El flujo de la cantidad de movimiento. El teorema general de la energía. El trabajo de la deformación.

#### 5. Teoría del Potencial del campo de velocidades

5.1. Descomposición de un campo vectorial en campos irrotacionales y solenoidales (Teorema de Clebsch-Helmholtz). Potenciales escalares y vectoriales. Identidades integrales de Green. Solución de la ecuación de Poisson. Singularidades: Fuentes, sumideros, dípoles y filetes vorticosos. Velocidad inducida por filetes vorticosos. Ecuación de Laplace. Problemas de Dirichlet y Neumann. Teoremas de unicidad. Distribuciones equivalentes de fuentes y dípoles sobre los contornos. Nociones sobre la función de Green. Regiones no simplemente conexas. Constantes cíclicas. Las barreras y el problema de la unicidad de la solución.

#### 6. Relaciones constitutivas

6.1. Descripción empírica de los diversos tipos de fluidos: newtonianos, suspensões, pseudoplásticos, viscoelásticos. El modelo lineal de Stokes. 6.2. Formulación axiomática de los fluidos de Stokes: Postulados. conmutatividad del producto y diagonalización simultánea de matrices. Teorema de Cayley Hamilton. Dependencias polinomiales. Viscosidad cruzada. Diferencias entre fluidos compresibles e incompresibles.

#### 6.3. Las ecuaciones de Navier-Stokes. Número de Reynolds.

#### 7. Ánálisis Dimensional

7.1. El principio de invariancia dimensional. Teorema básico sobre las funciones que representan las leyes de cambios de escala. El teorema fundamental del Análisis dimensional (Teorema de Buckingham). Los números adimensionales de la mecánica del continuo.

DR. JULIO GRATTON  
DIRECTOR  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA

Aprobado por Resolución 772

**8. Termodinámica de los medios continuos**

8.1. Dificultades de la termodinámica clásica: "Termostática" y "Termodinámica". Termodinámica y relaciones constitutivas. Formulación elemental del planteo moderno de la termodinámica (Cohen, Noll, Truesdell). Velocidad de variación de la energía interna. El máximo de la velocidad de calentamiento. La entropía. La desigualdad de Clausius-Duhem.

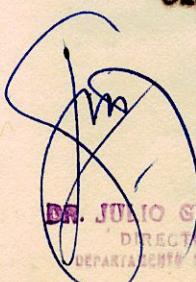
8.2. Ecuación de energía total en los medios continuos (ecuación de Neumann). Transporte de Calor. Función de disipación. Flujo de entropía y velocidad de producción de entropía.

8.3. Ecuación de la energía y desigualdad de Clausius-Duhem para fluidos de Stokes. Ecuaciones de evolución de la temperatura. La ecuación de Fourier para el transporte de calor.

**9. Complementos Matemáticos**

9.1. Principio de invariancia de las leyes físicas. Las transformaciones ortogonales. Tensores y pseudotensores. Producto tensorial o externo y producto interno. Representación de determinantes. Tensores isotropos de segundo y cuarto orden. El dual de tensores antisimétricos. Tensores obtenidos por derivación. Transformaciones de integrales tensoriales. Aplicaciones lineales de vectores. Descomposición de una aplicación en una dilatación y una axial. El dual de una axial. La cuádrica asociada con la dilatación. Diagonalización y los invariantes lineal, cuadrático y cúbico.

9.2. Ecuaciones diferenciales en derivadas parciales de segundo orden: Ecuación de Laplace; Ecuación de Ondas y Ecuación de difusión.

  
DR. JULIO GRATTAN  
DIRECTOR  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA

### III. Parte

#### Aplicaciones de la Mecánica de los Fluidos

##### 10. El modelo de los fluidos ideales

10.1. Problemas de hidrostática. Equilibrio de atmósfera. Equilibrios de fluidos rotantes y autogravitantes.

10.2. Teoremas del tipo de Bernouilli. Flujos irrotacionales no estacionarios de fluidos incompresibles. Implosión y explosión con simetría esférica. Flujos de gases en toberas. Cálculo de fuerzas ejercidas por fluidos sobre contornos utilizando el teorema del transporte de cantidad de movimiento y el teorema de Bernouilli.

10.3. Teoremas evolución de la vorticidad. La solución de Cauchy para la ecuación de la vorticidad. Teorema de Helmholtz. Teorema de Helmholtz sobre el flujo de la vorticidad. Conservación de la circulación.

10.4. Fuerzas sobre sólidos en flujos potenciales. El tensor de las masas aparentes. La Paradoja de D'Alembert-Buler.

10.5. Flujos planos. Métodos de variables complejas. Fórmula de Blassius. Sustentación y efecto Magnus. Teorema del círculo. Imágenes. Transformaciones conformes. Perfiles Alares. Teoría del vuelo subsonico. Condición de Kutta-Joukowski.

##### 11. Ondas en líquidos

11.1 Ondas de gravedad en la superficie de los líquidos.

##### 12. Acústica

12.1. Pequeñas oscilaciones. Linearización de las ecuaciones de Euler.

La ecuación de ondas. Efecto Doppler. Vibraciones características de cavidades. Modos normales. Ondas simples. Formación de las ondas de choque. Ondas de choque. Condiciones de Rankine-Hugoniot. Flujos supersónicos.

DR. JULIO GATTI  
DIRECTOR  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA

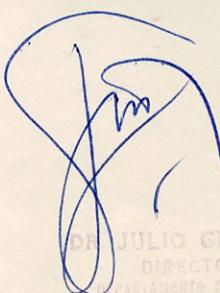
Aprobado por Resolución 772

### 13. Fluidos viscosos

13.1. Resistencia de flujos en tubos. Flujos de Couette. Ecuaciones de la difusión de la vorticidad. Métodos de similaridad para resolver ecuaciones del tipo de la difusión. Difusión de un vórtice. Flujos lentos viscosos. Función de corriente para flujos con simetría axial. Problemas de la esfera de Stokes. Esfera oscilante. Notiones sobre la capa límite.

#### BIBLIOGRAFIA

- "Mechanics of Deformable Bodies" A. Sommerfeld, Academic Press
- "An Introduction to Fluid Dynamics" G.K. Batchelor, Cambridge, Univ. Press 1970.
- "Vectores y Tensores". L. Santaló, EUNIBA, Buenos Aires.
- "Termodinámica Radicial", C. Truesdell, Reverté, Barcelona, 1973.
- "The Classical Field Theories, Handbuch der Physik, B. III/1". C. Truesdell, R. Temkin, Springer-Verlag, Berlín 1960.
- "Mecánica de los Fluidos"
- G. Moretti. Aerodinámica Argentina, Córdoba, 1956.
- "Fluid Mechanics" ; L. Landau, E. Lifshitz, Pergamon Press, Londres, 1959.

  
Dr. JULIO GRATTAN  
DIRECTOR  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA

Aprobado por Resolución 772