Modelos Matemáticos en Física Clásica

Departamento de Matemática, FCE - UNLP

2018, segundo semestre

Descripción y objetivos

La presente materia optativa se dirige a alumnos de la Licenciatura en Matemática que ya hayan adquirido herramientas de cálculo de Análisis Matemático I, Análisis Matemático II y Álgebra.

Se presentarán los conceptos y el correspondiente lenguaje matemático que dan marco teórico a los principales contenidos de la física clásica:

- la mecánica newtoniana de partículas y sistemas de partículas
- la descripción de cuerpos rígidos y elásticos
- la mecánica de fluidos
- la teoría de campos clásica (electromagnetismo)

El énfasis del curso estará centrado en la construcción de modelos matemáticos para representar las leyes de la Naturaleza. Los alumnos adquirirán a la vez formación en física, experiencia en el planteo de problemas y apreciación del valor como herramientas teóricas y de cálculo de los conceptos matemáticos, tanto previos como posteriores en su plan de estudios.

Programa sintético

1) Modelo de partícula. Mecánica de Newton.

2) Energía e impulso.

3) Modelo de sistema de partículas.

4) Modelo de cuerpos extensos como medios continuos.

5) Modelo de cuerpo rígido.

6) Modelo de cuerpo elástico.

7) Ecuación de ondas.

8) Modelo de fluidos.

9) Modelo de partículas cargadas. Electrostática.

10) Distribución de cargas y campos en medios continuos.

11) Desplazamiento de cargas en medios continuos.

12) Modelo de partículas cargadas en movimiento. Magnetostática.

13) Electromagnetismo.

Programa detallado

1) Modelo de partícula. Mecánica de Newton.

Coordenadas cartesianas. Vectores. Tiempo absoluto.

Cinemática: movimiento $\vec{r}(t)$, velocidad, aceleración.

Transformaciones de coordenadas. Introducción a la Teoría de Grupos continuos.

Dinámica: concepto de fuerza externa, concepto de masa.

Sistemas inerciales (1^{era} ley de Newton), relación entre masa y aceleración (2da ley de Newton).

Modelos de fuerzas: fuerza constante, fuerza dependiente de la posición (campos estáticos), fuerza dependiente de la velocidad (roce, viscosidad).

Fuerzas conservativas, función potencial. Campo gravitatorio y campo electrostático.

2) Energía e impulso.

Trabajo. Energía cinética, potencial y mecánica.

Constantes de movimiento, principio de conservación de la energía. Reducción del orden de las ecuaciones de movimiento.

Impulso lineal. Impulso angular.

3) Modelo de sistema de partículas.

Principio de acción y reacción (3ra ley de Newton).

Coordenada de centro de masa, impulso lineal, impulso angular y energía de un sistema de partículas.

Coordenadas relativas al centro de masa (movimiento interno).

Leyes dinámicas para impulso lineal e impulso angular. Principios de conservación.

Problema de dos cuerpos interactuando con fuerza central. Leyes de Kepler y movimiento planetario.

4) Modelo de cuerpos extensos como medios continuos.

Modelo diferencial. Principio de superposición.

Campo gravitatorio y eléctrico de distribuciones continuas.

Introducción a la Teoría de Distribuciones. Desarrollo multipolar.

5) Modelo de cuerpo rígido.

Centro de masa. Rotaciones: grupo SO(3) y ángulos de Euler.

Tensores cartesianos. Tensor de inercia. Simetrías y ejes principales.

Ecuaciones de movimiento angular. Movimiento de rototraslación.

6) Modelo de cuerpo elástico.

Tensor de esfuerzos. Campo tensorial de deformaciones. Módulos elásticos.

Fibrado tangente.

Deformaciones estáticas.

Elasticidad dinámica: ecuación de ondas.

7) Ecuación de ondas.

Ecuaciones diferenciales en derivadas parciales de tipo hiperbólico. Condiciones de contorno.

Ondas viajeras: curvas características y coordenadas normales. Solución de D'Alembert.

Ondas estacionarias: separación de variables, problemas de autovalores, espectro y autofunciones de un operador diferencial. Ecuación de Sturm-Liouville y desarrollo en funciones ortogonales.

8) Modelo de fluidos.

Campo de velocidades. Presión y compresibilidad. Esfuerzos de corte y viscosidad. Vorticidad. Ecuación de Navier-Stokes.

9) Modelo de partículas cargadas. Electrostática.

Campo eléctrico de partículas cargadas en reposo. Ley de Coulomb. Principio de superposición. Ley de Gauss.

Potencial electrostático. Desarrollo multipolar eléctrico.

10) Distribución de cargas y campos en medios continuos.

Dieléctricos y conductores ideales.

Teorema de la divergencia. Ecuación de Poisson. Solución fundamental (función de Green).

Ecuaciones diferenciales en derivadas parciales de tipo elíptico. Conjuntos ortonormales completos en L^2. Ecuación de Laplace. Condiciones de contorno. Problemas de Dirichlet y de Neumann.

11) Desplazamiento de cargas en medios continuos.

Fuerza electromotriz. Capacitores. Ley de Ohm. Resistencias. Circuitos eléctricos ideales. Leyes de Kirchoff.

12) Modelo de partículas cargadas en movimiento. Magnetostática.

Campo magnético de partículas cargadas en movimiento. Ley de Biot-Savart. Ley de Ampere, teorema de Stokes.

Desarrollo multipolar magnético.

13) Electromagnetismo.

Ley de Faraday. Ecuaciones de Maxwell.

Ondas electromagnéticas. Propagación de la luz.

Potenciales de Liénard-Wiechert. Radiación electromagnética.

Bibliografía

Kittel C., Knight W. y Ruderman M., *Mecánica,* Berkeley Physics Course Vol. 1, Reverté, México, 1989.

Purcell E., *Electricidad y Magnetismo*, Berkeley Physics Course Vol. 2, Reverté, México, 1989.

Serway, R.A. y Jewett, J.W., *Física: texto basado en cálculo,* Thomson Editores, México, 2004.

Goldstein, H., *Mecánica Clásica,* Editorial Reverté, Barcelona, 1987.

Landau, L.D. y Lifshitz, E.M., *Mecánica, Volumen I del Curso de Física Teórica,* Editorial Reverté, Barcelona, 1978.

Landau, L.D. y Lifshitz, E.M., *Teoría de la Elasticidad, Volumen VII del Curso de Física Teórica,* Editorial Reverté, Barcelona, 1994.

Kundu, P.K., *Fluid Mechanics,* Academic Press, California, 1990.

Jackson, J.W., *Electrodinámica Clásica,* Editorial Alhambra, Madrid, 1980.

Landau, L.D. y Lifshitz, E.M., *Teoría Clásica de los Campos, Volumen II del Curso de Física Teórica,* Editorial Reverté, Barcelona, 1981.

Tijonov A.N., Samarski A.A., *Ecuaciones de la física matemática*, Mir, Moscú, 1980.