

# Mecánica Clásica

## Programa

Prof. Tomás S. Grigera

1. **Resumen de principios básicos.** Sistemas de referencia, vectores y escalares. Leyes de Newton. Sistemas de partículas. Conservación de la cantidad de movimiento, momento angular y energía. Energía interna, energía propia y trabajo de múltiples fuerzas sobre un sistema de partículas. Trabajo de la fuerza de roce.
2. **Principio de Hamilton y ecuaciones del movimiento.** Grados de libertad, vínculos y coordenadas generalizadas. Lagrangiano y acción. Cálculo de variaciones. Principio de Hamilton. Ecuaciones de Lagrange. Relatividad de Galileo. Lagrangiano de una partícula libre. Lagrangiano de un sistema de partículas.
3. **Cantidades conservadas.** Integrales del movimiento. Energía, cantidad de movimiento, momento angular. Coordenadas cíclicas. Similitud mecánica.
4. **Problemas de uno y dos cuerpos.** Movimiento en una dimensión. Período y energía potencial. Problema de dos cuerpos. Movimiento en un campo central. Problema de Kepler.
5. **Cuerpo rígido.** Grados de libertad. Rotación y traslación. Propiedades básicas de las matrices de rotación. Eje de rotación. Velocidad angular. Tensor de inercia, momento angular y energía cinética. Ecuaciones de Euler. Casos de rotación en torno a puntos distintos del centro de masa. Movimiento libre del cuerpo rígido. Peonza simétrica, precesión y nutación.
6. **Formulación hamiltoniana.** Transformada de Legendre. Definición de Hamiltoniano. Ecuaciones canónicas. Corchetes de Poisson.

# Mecánica Clásica

## Programa detallado

Prof. Tomás S. Grigera

### I. Resumen de principios básicos.

- I.1 Noción de partícula. Sistemas de referencia. Magnitudes escalares y vectoriales.
- I.2 Leyes de Newton. Primera ley y sistemas inerciales. Segunda ley y fuerza. Tercera ley: forma débil y fuerte.
- I.3 Cantidad de movimiento y momento angular de una partícula. Energía cinética, trabajo, energía potencial.
- I.4 Sistemas de partículas. Ecuación del movimiento del centro de masa. Conservación de la cantidad de movimiento. Conservación del momento angular. Relación entre torque y momento angular en sistemas de referencia inerciales y no inerciales.
- I.5 Energía interna y energía propia. Conservación de la energía. Trabajo externo. Fuerza de roce: trabajo de la fuerza de roce, variación de la energía cinética del centro de masa, calor.

### II. Principio de Hamilton y ecuaciones del movimiento.

- II.1 Grados de libertad. Vínculos: vínculos holonómicos y anholonómicos. Coordenadas generalizadas.
- II.2 Función Lagrangiana como descripción de un sistema mecánico. Acción. Principio de Hamilton.
- II.3 Funcionales. Variación para una funcional integral. Variación para una funcional general. Minimización de una funcional.
- II.4 Minimización de la acción. Ecuaciones de Lagrange. Identidad de Beltrami. Multiplicidad del Lagrangiano. Aditividad del Lagrangiano.
- II.5 Relatividad galileana. Transformaciones galileanas. Lagrangiano de una partícula libre: forma de la energía cinética.
- II.6 Lagrangiano de un sistema de partículas. Reversibilidad temporal de las leyes de la mecánica. Ecuación de Newton (segunda ley). Lagrangiano en coordenadas generalizadas. Campo externo. Ejemplos de Lagrangiano en coordenadas generalizadas.

### III. Cantidades conservadas.

- III.1 Integrales del movimiento. Integrales aditivas. Cantidades conservadas.
- III.2 Homogeneidad temporal y conservación de la energía.
- III.3 Homogeneidad espacial y conservación de la cantidad de movimiento. Tercera ley de Newton.
- III.4 Isotropía espacial y conservación del momento angular.
- III.5 Similitud mecánica. Tercera ley de Kepler.

### IV. Problemas de uno y dos cuerpos.

- IV.1 Movimiento en una dimensión. Período y energía potencial.
- IV.2 El problema de dos cuerpos. Masa reducida.
- IV.3 Movimiento en un campo central. Segunda ley de Kepler. Expresión para la trayectoria. Condición para órbita cerrada.
- IV.4 El problema de Kepler. Forma de la órbita para energía total positiva y negativa (casos libre y ligado). Primera ley de Kepler.

## V. Cuerpo rígido.

- V.1 Grados de libertad de un cuerpo rígido. Descomposición de desplazamiento en desplazamiento de un punto de referencia y rotación en torno a ese punto.
- V.2 Rotaciones: composición, no conmutatividad y linealidad. Representación matricial. Propiedades de las matrices de rotación, existencia de un *eje* de rotación.
- V.3 Velocidad angular y movimiento relativo de rotación. Transformación de velocidades y aceleraciones.
- V.4 Movimiento de rototraslación: posibilidad de descomposición en dos ecuaciones independientes para traslación y rotación. Unicidad de la velocidad angular.
- V.5 Momento angular y energía cinética del cuerpo rígido. Tensor de inercia y momento de inercia. Ejes principales de inercia. Teorema de Steiner. Separación de momento angular y energía cinética en componentes de rotación y traslación.
- V.6 Ecuaciones de movimiento del cuerpo rígido: ecuaciones de Euler (rotación general en torno al centro de masa). Caso de eje de rotación coincidente con un eje principal de inercia. Caso de eje de rotación que no pasa por el centro de masa. Rotación libre del cuerpo rígido.
- V.7 Peonza o trompo simétrico. Lagrangiano y ecuaciones de movimiento. Constantes del movimiento. Velocidad constante de rotación en torno al eje principal. Potencial efectivo para el ángulo azimutal: nutación. Precesión.

## VI. Formulación hamiltoniana.

- VI.1 Transformada de Legendre.
- VI.2 Definición del Hamiltoniano como transformada de Legendre del Lagrangiano. Ecuaciones de Hamilton (canónicas).
- VI.3 Coordenadas cíclicas en formalismo canónico.
- VI.4 Corchetes de Poisson. Propiedades algebraicas. Evolución de observables en términos del corchete de Poisson. Principio de correspondencia.

## Bibliografía

Alonso M. y Finn E.J. (1970), *Física Vol I: Mecánica*, Fondo Educativo Interamericano.

Goldstein H., Poole Jr. C.P. y Safko J.L. (2001), *Classical Mechanics*, Addison-Wesley, San Francisco, 3 ed.

Landau L.D. y Lifshitz E.M. (1976), *Mechanics*, vol. 1 de Course of Theoretical Physics, Butterworth-Heinemann, Amsterdam u.a, 3 edition ed.

Sherwood B.A. y Bernard W.H. (1984), Work and heat transfer in the presence of sliding friction. *Am J Phys* **52**, 1001–1007.

Zypman F.R. (1990), Moments to remember—The conditions for equating torque and rate of change of angular momentum. *American Journal of Physics* **58**, 41–43.