Vers 17.0/170902

PROGRAMA DE LA ASIGNATURA MECÁNICA TEÓRICA

3º Grado Físicas 2017-18, Grupo en español

M. Santander

Departamento de Física Teórica, Universidad de Valladolid

Despacho B238, email: msn@fta.uva.es

Introducción

1. Mecánica teórica a vista de pájaro

Hitos históricos. Hitos y mitos conceptuales.

2. La prehistoria de la Mecánica Analítica

Las ecuaciones de Newton. Fuerzas derivadas de potenciales. Coordenadas generalizadas y ligaduras. El ejemplo de una partícula sobre una superficie. De las ecuaciones de Newton para sistemas con ligaduras a las ecuaciones de D'Alembert y de Lagrange.

Mecánica Lagrangiana

3. El principio de acción estacionaria

Precedentes: principios de Fermat y de Maupertuis. Acción. Lagrangiano. El principio de acción estacionaria. Ecuaciones de Euler-Lagrange. Conservación del momento lineal y de la energía en la formulación lagrangiana: momentos conjugados y energía lagrangiana. Invariancia de las ecuaciones de Euler-Lagrange bajo transformaciones de las coordenadas generalizadas. Equivalencia de Lagrangianos y lagrangianos gauge-variantes.

4. Ejemplos

Ejemplos varios y su solución con la formulación lagrangiana. El problema de Kepler. Solución 'a la Hamilton' vía la hodógrafa. Solución con la formulación lagrangiana. Una constante escondida: el vector de Laplace-Runge-Lenz. Las tres leyes de Kepler. Los intentos de resolver el movimiento del sistema solar durante el S. XVIII.

5. Simetría y conservación en el formalismo lagrangiano

Momento angular. Conservación del momento angular. Grupos de simetrías. Relación general entre simetría y conservación: El teorema de Noether. El teorema de Noether para lagrangianos gauge-variantes.

6. Sistemas con invariancia bajo rotaciones. Fuerzas centrales.

Solución completa del problema para un potencial central general $V(r)$ con la formulación lagrangiana: reducción por simetría y segunda ley de Kepler. Problema unidimensional asociado. La ecuación de Binet. El teorema de Bertrand. Las constantes específicas del potencial de Kepler (el vector de Laplace-Runge-Lenz) y del oscilador armónico (tensor de Fradkin).

7. Lagrangianos más allá de L = T - V

Potenciales dependientes de las velocidades. Lagrangiano gauge-variante para una partícula cargada en un campo electromagnético. Idem para una partícula en un campo gravitatorio vista desde un marco de referencia no inercial. Lagrangiano para una partícula libre en relatividad.

Mecánica Hamiltoniana

8. Las ecuaciones de Hamilton

Coordenadas y momentos. Espacio de configuración y espacio de fases de un sistema mecánico. Hamiltoniano vía la transformación de Legendre. Las ecuaciones de Hamilton. El principio de mínima acción en la formulación hamiltoniana. Hamiltoniano versus energía. ¿Son invariantes las ecuaciones de Hamilton bajo transformaciones generales de coordenadas y momentos?: las transformaciones canónicas.

9. Los paréntesis de Poisson

Constantes del movimiento en la formulación Hamiltoniana. Los paréntesis de Poisson. La ecuación de Liouville. El teorema de Jacobi y el álgebra de Poisson de las constantes del movimiento. El hamiltoniano como generador de la evolución. Invariancia de los paréntesis de Poisson bajo transformaciones canónicas: La estructura simpléctica de la mecánica. La mecánica hamiltoniana en el lenguaje simpléctico. La versión hamiltoniana del teorema de Noether. Los paréntesis de Poisson como generadores de simetrías. A un paso de la Mecánica Cuántica.

10. Jugando con la formulación hamiltoniana: Transformaciones canónicas, coordenadas acción-ángulo y la teoría de Hamilton-Jacobi

El grupo de las transformaciones canónicas. Funciones generatrices. Invariancia de la formulación hamiltoniana bajo transformaciones canónicas. Separación de variables. Coordenadas acción-ángulo. Ejemplos. La acción como función de las coordenadas. De la ecuación de Hamilton-Jacobi en Mecánica Clásica a la la ecuación de Schrodinger en Mecánica Cuántica.

Temas complementarios, a presentar eventualmente en formato de seminario

No veremos todos, pero desde luego sí algunos, que formarán parte ordinaria del contenido de la asignatura.

11. Cálculo vectorial en lenguaje tensorial

Vectores y tensores bajo rotaciones en el espacio euclideo. Tensores invariantes. Identidades fundamentales. Ejemplos. Vectores y covectores bajo cambios generales: ejemplos.

12. Cálculo Variacional

Problemas clásicos: Dido, distancia más corta, superficie mínima de revolución, braquistocrona, principio de Fermat. Funcionales y extremales de funcionales: las ecuaciones de Euler-Lagrange. Excursión sobre las superficies mínimas.

13. La historia del principio de menor acción

El principio de Fermat sobre propagación de la luz. El principio de Hamilton: donde la mecánica imita a la óptica. ¿Cómo funciona el principio de menor acción?: donde la Relatividad y la Mecánica cuántica intervienen. La formulación de Feynman de la Mecánica Cuántica

14. Movimiento del sólido rígido

Breve visión de porqué en el caso general es un problema muy complicado. Ecuaciones de Euler. Enfoque del pobre hombre usando los paréntesis de Poisson, 'a la Susskind'.

15. Mecánica Lagrangiana y hamiltoniana de sistemas continuos

El ejemplo paradigmático de límite a un sistema continuo: la ecuación de ondas. Densidad lagrangiana y hamiltoniana. Las ecuaciones de Euler-Lagrange y de Hamilton para un sistema continuo.

16. Sistemas dinámicos

Espacio de fases. Linealización. Atractores. Clasificación de los sistemas dinámicos bidimensionales. Cosas que pueden ocurrir con tres o más grados de libertad. Dependencia sensible a las condiciones iniciales. Caos. Ejemplos.