

Introducción a la Relatividad General

Departamento de Física - UNLP

Prof. Diego Correa - 2025 - segundo semestre

Programa

Introducción y repaso de Relatividad Especial. Motivación de una formulación relativista de la Gravitación. Postulados de la relatividad especial y transformaciones de Lorentz. Diagramas espacio-temporales y estructura causal. Intervalo espacio-tiempo. Espacio y métrica de Minkowski. Tiempo propio y geodésicas. Vectores y tensores de Lorentz.

Introducción a variedades diferenciables. Espacios topológicos y variedades diferenciables. Sistema de coordenadas y parches de sistemas de coordenadas. Cambios de coordenadas. Vectores de los espacios tangente y cotangente. Tensores. Campos vectoriales y corchetes de Lie. Mecanismos de pull-back y push-forward de tensores. Derivada de Lie de vectores y tensores. Bases coordenadas y no-coordenadas. p -formas y derivada exterior. Formas cerradas y exactas. Grupo de cohomología de de Rham.

Introducción a geometría Riemanniana. Geometría Riemanniana y pseudo-Riemanniana. Tensor métrico. Signatura y forma canónica de la métrica. Distancia. Forma de volumen. Curvas geodésicas. Conexión afín y derivada covariante. Teorema fundamental de la Geometría. Conexión de Levi-Civita. Transporte paralelo y curvas geodésicas. Coordenadas normales. Mapa exponencial. Torsión y curvatura de Riemann. Identidades del tensor de Riemann. Tensor y escalar de Ricci. Tensor de Einstein. Isometrías de la métrica y vectores de Killing. Cargas conservadas en trayectorias geodésicas.

Relatividad General. Leyes de la física en un espacio-tiempo curvo. Covarianza general. Tensor de energía-momentos. Postulados de la Relatividad General de Einstein. Ecuaciones de Einstein. Formulación lagrangiana y derivación de las ecuaciones de Einstein de un principio de mínima acción. Difeomorfismos e invarianza de gauge.

Descripción linealizada de la Gravitación. Aproximación de campos gravitatorios débiles. Límite Newtoniano. Invarianza de gauge. Gauge transversal y sin traza (TT) y ecuación de ondas gravitacionales. Desviación geodésica y detección de ondas gravitacionales. Generación de ondas gravitacionales. Tensor de momentos cuadrupolares y la densidad de masa. Energía de una onda gravitacional y radiación. Fórmula cuadrupolar.

Agujeros Negros. Solución de Schwarzschild. Geodésicas en el espacio de Schwarzschild. Corrimiento del perihelio en órbitas planetarias y deflexión gravitatoria de la luz. Espacios con simetría esférica. Teorema de Birkhoff. Coordenadas de Eddington-Finkelstein. Extensión de Kruskal. Diagramas de Penrose.

Cosmología. Principio de Homogeneidad e isotropía. Métrica de Friedmann-Lemaître-Robertson-Walker. Big Bang, universo en expansión y horizonte cosmológico. Ecuación de Friedmann y soluciones cosmológicas. Estado actual del Universo. Inflación. Fondo cósmico de radiación.

Bibliografía:

- [1] *Spacetime and Geometry*, S. Carroll,
- [2] *General Relativity*, R. Wald.
- [3] *Gravitation*, C. Misner, K. Thorne y J. Wheeler.
- [4] *The Large Scale Structure of space-time*, S. Hawking y G. Ellis.
- [5] *Geometrical Methods of Mathematical Physics*, B. Schutz.
- [6] *Geometry, Topology and Physics*, M. Nakahara.
- [7] *General Relativity* (Univ. of Cambridge Lectures Notes), D. Tong.
- [8] *General Relativity* (Univ. of Cambridge Lectures Notes), H. Reall.