

Motivación

Curso introductorio a la teoría de la Relatividad General de Einstein y a las técnicas matemáticas requeridas para su formulación: geometría diferencial y cálculo tensorial en variedades de Riemann. La evaluación de los trabajos prácticos se realiza mediante un examen parcial y la final con un examen oral.

Programa

Resumen de Relatividad Especial: geometría del espacio de Minkowski y transformaciones de Lorentz. Trayectorias en el espacio-tiempo, tiempo propio. Formulación lagrangiana de la partícula libre. Mecánica relativista: Teorema de Noether y leyes de conservación. Fluidos no relativistas y su descripción: ecs. de Euler y de continuidad. Repaso de termodinámica. Fluidos ideales relativistas. Tensor de energía-impulso: partículas puntuales y campo electromagnético.

Geometría diferencial: Variedades de Riemann y geometría espacio-temporal. Cálculo Tensorial: vectores y formas diferenciales. Espacios tangente y co-tangente. Pull-back y Push-forward. Derivada exterior. Derivada de Lie: definición de simetría. Derivada covariante. Torsión. Símbolos de Christoffell. Transporte paralelo. Tensor métrico. Geodésicas en espacios curvos. Tensor de curvatura: sus simetrías e identidades. Conexión de Levi-Civita.

Gravitación: Principio de Equivalencia. Gravitación y curvatura. Corrimiento al rojo gravitatorio. Ecuación de Einstein. Compatibilidad con gravitación newtoniana. Acoplamiento minimal. Teorema de Noether reloaded: Vectores de Killing, cargas conservadas, geodesicas y tensor energía impulso. Teorema de Gauss en espacio curvo. Vectores de Killing conformes. Tests de la relatividad general: Deflexión de la luz y corrimiento del perihelio de mercurio.

Ondas gravitatorias: Campos gravitatorios débiles. Descomposición. Ondas planas y su detección. Radiación de ondas gravitacionales.

Agujeros negros: Espacios con simetría esférica, métrica de Schwarzschild. Teorema de Birkhoff. Trayectorias en la geometría de Schwarzschild, corrimiento del perihelio en órbitas planetarias y deflexión gravitatoria de la luz. Singularidades y horizontes en agujeros negros. Extensión de Kruskal-Szekers.

Cosmología: Introducción a la Cosmología relativista. Espacios maximalmente simétricos. Métrica de Lemaitre-Friedmann-Robertson-Walker. Corrimiento al rojo. Constante cosmológica, energía de vacío y expansión del universo. Radiación cósmica de fondo. Modelos de universo dominados por radiación y la materia. Materia y energía oscuras. Universo de de Sitter.

Temas adicionales: Diagramas de Penrose. Ecuaciones de estructura de Cartan. Geometrías de Reissner-Nordstrom y Kerr. Acción de Einstein-Hilbert.

Bibliografía

- [1] *A first course in General Relativity*, Bernard F. Schutz, CUP, 2009 .
- [2] *Spacetime and Geometry: Introduction to General Relativity*, Sean Carroll, Pearson Education, 2004.
- [3] *An Introduction to General Relativity*, L Hughston and K Tod, Cambridge University Press, 1991.
- [4] *Introducing Einstein's Relativity*, Ray d'Inverno, Clarendon Press, Oxford, 1992.
- [5] *Einstein gravity in a nutshell*, A. Zee, Princeton University Press, Princeton, 2013.
- [6] *Black Holes*, PK Townsend, DAMTP Lecture Notes, [gr-qc/9707012](https://arxiv.org/abs/gr-qc/9707012).
- [7] *Geometrical methods of mathematical physics*, Bernard F. Schutz, CUP, 1980.
- [8] *The large scale structure of space-time*, SW Hawking & GFR Ellis, CUP, 1973.
- [9] *The Mathematical Theory of Black Holes*, S. Chandrasekhar, Clarendon Press, Oxford, 1992.
- [10] *Geometry, topology and physics*, M Nakahara, Graduate Student Series in Physics.

Desarrollo del curso

El curso tiene una duración de 16 semanas y se desarrolla en el segundo semestre del año (Ago-Nov). Por semana se dictan dos clases teóricas de 2hr de duración. Asimismo, semanalmente se imparten dos clases prácticas de dos horas cada una donde se resuelven problemas y se atienden consultas relacionadas a la materia.

Carreras

Materia optativa de Licenciatura en Física, Licenciatura en Astronomía, Licenciatura en Matemática (UNLP) y carreras afines.

Información adicional

Las prácticas de la materia así como otra información se puede encontrar en:

<http://www.fisica.unlp.edu.ar/materias/relatividadgeneral>