

PROGRAMA DE LA ASIGNATURA  
**INTRODUCCIÓN A LA RELATIVIDAD GENERAL -  
GRAVITACIÓN**

CARRERA: LICENCIATURA EN ASTRONOMÍA

CARGA HORARIA SEMANAL: 4 HORAS DE TEORÍA Y 4 HORAS DE PRÁCTICA

CARÁCTER: SEMESTRAL

PROFESOR A CARGO: ADRIÁN RENÉ LUGO

OBJETIVOS

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. Aplicaciones al estudio de la solución de Schwarzschild y agujeros negros, gravedad linealizada y cosmología.

CONTENIDO TEMÁTICO

Relatividad especial: repaso.

Introducción: teoría newtoniana. Principio de equivalencia de Galileo y Einstein.

Geometría diferencial en los reales: repaso. Variedades: definición y ejemplos. Funciones sobre variedades: continuidad y diferenciabilidad. Difeomorfismos.

Vectores y tensores: definición vía propiedades de transformación.

Vectores y co-vectores: definición geométrica. Bases coordenadas y bases locales.

Producto tensorial, contracciones.  $p$ -formas. Campos tensoriales.

La métrica: producto escalar de vectores. Vielbein: definición.

Tipos de curvas: longitud y tiempo propios. Espacios lorentzianos: definición de espacio-tiempo.

Causalidad: conos de luz. Mapeos entre variedades: pull-back y push-forward de tensores.

Embeddings: métrica inducida y vector normal. Geodésicas como curvas de longitud propia extrema.

Coordenadas localmente inerciales.

Mapeo exponencial: coordenadas normales de Riemann.

Grupo de difeomorfismos de un parámetro: derivada de Lie.

Conexiones en general: derivada covariante.

Metricidad y no torsión: conexión de Christoffel. Transporte paralelo de tensores. Tensor de curvatura de Riemann: interpretación y propiedades. Tensor y escalar de Ricci

Isometrías continuas y álgebra de vectores de Killing. Espacios máximalmente simétricos: estructura del tensor de curvatura.

Orientabilidad. Integración de formas: el tensor de Levi-Civita.

Formulación lagrangeana de la Relatividad General. El tensor de energía-impulso: la constante cosmológica. Derivación de la ecuación de Einstein: propiedades.

Corrimiento al rojo gravitatorio. Condiciones de energía. El principio de equivalencia revisto.

Espacios con simetría esférica, métrica de Schwarzschild. Trayectorias en la geometría de Schwarzschild, corrimiento del perihelio en órbitas planetarias y deflexión gravitatoria de la luz.

Superficies de Cauchy: hiperbolicidad global. Solución extendida máximalmente: diagrama de Penrose.

Teorema de Birkoff: singularidades y agujeros negros.

Solución en el interior de las estrellas: límite de Chandrasekhar.

Física en espacios levemente curvos: campos gravitatorios débiles. Gravedad linealizada y transformaciones de calibre: límite newtoniano. Ondas gravitacionales: producción, pérdida de energía por radiación gravitacional. Detección.



Evolución del factor de escala. Corrimiento al rojo y distancias. Nuestro universo. Inflación.

## BIBLIOGRAFÍA

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