



Relatividad general y gravitación

(<http://teorica.fis.ucm.es/ft7/GR.html>)

Profesor: F. Ruiz.

Curso: 4^o.

Cuatrimestre: 1^o.

Créditos: 6.

Programa

0. Introducción y alcance de la Relatividad general (GR).

1. Principios de la GR y los experimentos sobre los que se sustentan

- Igualdad entre la masa inercial y la masa gravitacional pasiva.
- Caída libre y principio de equivalencia débil.
- Principio de equivalencia fuerte.

2. Repaso de gravitación newtoniana.

3. Repaso de relatividad especial.

4. Geodésicas y sus principios variacionales.

- Geodésicas en espacio de Minkowski en coordenadas inerciales y su transformación a coordenadas arbitrarias. Símbolos de Christoffel.
- Geodésicas en espacios-tiempo curvos. Formalismos de primer y segundo orden. Parametrizaciones afines y no afines.
- Espacios-tiempo estáticos y sus geodésicas.
- Desplazamiento gravitacional hacia el infrarrojo.
- Límite newtoniano.
- Sistemas localmente inerciales y coordenadas normales de Riemann.

5. Álgebra tensorial

- Principio de covariancia general.
- Definición de tensor mediante sus propiedades de transformación. Interpretación independiente de coordenadas. Ejemplos.
- Álgebra tensorial.
- Densidades tensoriales y formas de volumen.

6. Análisis tensorial

- La derivada covariante de un campo vectorial y su generalización a campos tensoriales.

- Propiedades de la derivada covariante.
- Derivada covariante a lo largo de curvas y transporte paralelo. Curvas autoparalelas y geodésicas.
- Unicidad de los símbolos de Christoffel.
- Torsión y “no metricidad”.
- Leyes físicas en campos gravitatorios (implementación del principio de covariancia general).

7. Curvatura

- Tensor de Riemann. Definición a partir del conmutador de derivadas covariantes. Simetrías y propiedades algebraicas.
- El tensor de Ricci y el escalar de Ricci.
- Identidades de Bianchi.

8. Las ecuaciones de Einstein

- Ecuación para la desviación geodésica.
- Ecuaciones de Einstein: $G_{\mu\nu} = 8\pi G_N T_{\mu\nu}$. Constante cosmológica.
- Propagación de la gravedad y tensor de Weyl.
- La acción de Hilbert-Einstein.

9. Soluciones estáticas con simetría esférica

- Métrica de Schwarzschild.
- Deflexión de la luz.
- Precesión del perihelio de Mercurio.
- Espacios de de Sitter, anti de Sitter, Schwarzschild-de Sitter y Schwarzschild-anti de Sitter.

Bibliografía

BÁSICA

- J. B. Hartle: “Gravity”, Addison-Wesley (2003). Texto de nivel adecuado que contiene toda la materia del curso. Usado en muchas universidades americanas y británicas como libro de texto para un curso de grado.
- S. Weinberg: “Gravitation and cosmology”, Wiley (1972). Al igual que el anterior, adecuado para estudiantes con pocos conocimientos matemáticos. Lineal en su desarrollo, lo que supone una ventaja en un primer estudio de la materia.
- B. F. Schutz: “A first course in general relativity”, 2^a edición, Cambridge University Press (2009). Más sencillo que los anteriores.

COMPLEMENTARIA

- R. M. Wald: “General relativity”, Chicago University Press (1984). Más matemático y de nivel superior. Ha sido libro de cabecera para muchos relativistas durante las tres últimas décadas.
- C. W. Misner, K. S. Thorne, J. A. Wheeler: “Gravitation”, W. H. Freeman (1973). Libro clásico, original en su planteamiento y desarrollo. No aconsejable, sin embargo, como primera lectura sobre el tema.