

## RELATIVITAT GENERAL

### Objectius

L'objectiu d'aquest curs és el d'estudiar la teoria relativista de la gravetat, i la seva relació amb la geometria de l'espai-temps. Després d'una breu introducció a la geometria diferencial, es presenten les equacions d'Einstein per al camp gravitatori i algunes de les seves aplicacions.

### Programa

1. **Relativitat, gravitació i geometria** Problemes amb teories de la gravitació en el marc de la Relativitat especial. Redshift gravitatori i geometria de l'espai-temps. Experiment d'Eotvos. Principi d'equivalència. Motivació per a una teoria geomètrica.
2. **Geometria diferencial** Varietats diferenciables. Corbes i funcions. Espai tangent. Camps de vectors, corbes integrals i exponencial. Parèntesi de Lie i teorema de Fröbenius. Formes i espai cotangent. Tensors, canvi de bases.
3. **Varietats Riemannianes** Connexions, símbols de Christoffel. Varietats Riemannianes. Connexió compatible amb la mètrica. Existència de SR localment plans a varietats Riemannianes. Mesura de distàncies i intervals de temps. Sistema en rotació i 'falsa' curvatura. Transport paral·lel i geodèsiques.
4. **Curvatura** Forces de marea i curvatura. Transport al llarg de corbes tancades: Tensor de curvatura. Propietats del tensor de Riemann i components independents. Identitats de Bianchi, tensor de Ricci i tensor d'Einstein.
5. **Principi de covariància general** Efectes de la gravetat sobre partícules lliures. Límit newtonià. Vectors de Killing i lleis de conservació. Desviació geodèsica. Forces de marea i tensor de Riemann. Gradient, rotacional i divergència. Volums, teorema de

Gauss. Electrodinàmica.

6. **Equacions d'Einstein** Consideracions heurístiques. Tensor d'energia moment. Límit newtonià. Problema de Cauchy.
7. **Teoria linealitzada** Transformacions de Lorentz i de gauge. Equacions linealitzades. Analogia amb electromagnetisme. Camps newtonians. Camp llunyà per a una font aïllada.
8. **Ones gravitatòries** Ones planes. Gauge TT. Polaritzacions. Ones planes exactes. Generació d'ones gravitatòries. Energia del camp gravitatori. Fórmula quadrupolar. Púlsar binari.
9. **Simetria esfèrica. Estels** Simetria esfèrica. Teorema de Birkhoff. Solució interior. Equació d'Oppenheimer-Volkoff. Solució amb densitat constant. Col.lapse gravitacional. Evolució estelar. Nanes blanques. Límit de Chandrasekhar. Estrelles de neutrons i límit d'Oppenheimer-Volkoff. Geodèsiques a la mètrica de Schwarzschild. Precessió del periheli i deflexió dels raigs de llum.
10. **Forats negres** Horitzons. Coordenades de Kruskal-Szekeres. Forats negres més generals. Radiació de Hawking i termodinàmica.

#### Criteris d'avaluació

L'avaluació s'efectuarà mitjançant examen escrit de teoria i de problemes. Es valorarà el grau de comprensió dels punts del programa, i la capacitat per a resoldre els problemes plantejats.

#### Bibliografia

- B.F. Schutz, General Relativity, Cambridge University Press (1985).
- B.F. Schutz, Geometrical Methods of Mathematical Physics, Cambridge University press (1980).
- S.W. Weinberg, Gravitation and Cosmology, John Wiley and sons (1972).