

Introduzione alla Relatività Generale

Adriano Viganò

Presentazione

Lo scopo del corso è di introdurre i fondamenti matematici e fisici della Relatività Generale e di esaminare le principali conseguenze del modello (cosmologia e buchi neri).

Dopo una breve introduzione sulle motivazioni che ci spingono a costruire una teoria della gravitazione alternativa a quella di Newton, introdurremo la matematica necessaria a costruire la Relatività Generale: geometria differenziale e calcolo tensoriale. Dedicheremo un discreto quantitativo di tempo a questa prima parte matematica, poiché è fondamentale essere in grado di manipolare in maniera efficace le varietà differenziabili ed i tensori per poter gestire i calcoli relativistici.

Acquisiti gli strumenti matematici, introdurremo le equazioni di campo di Einstein, che descrivono il comportamento del campo gravitazionale: di queste equazioni esamineremo il significato fisico e le implicazioni che hanno sulla conservazione dell'energia. Introdurremo quindi il cosiddetto "limite linearizzato" delle equazioni di Einstein, che conducono alla notevole predizione dell'esistenza delle onde gravitazionali: descriveremo alcune delle proprietà fondamentali delle onde gravitazionali e di come sia possibile rilevare la loro esistenza.

Studieremo poi una prima soluzione notevole delle equazioni di Einstein: il modello cosmologico di Robertson–Walker. Esso rappresenta il modello cosmologico standard che, in base alla distribuzione di materia ed alla sezione spaziale dello spaziotempo, prevede differenti tipi di evoluzione per il nostro Universo.

Infine, analizzeremo un'altra predizione notevole delle equazioni di Einstein: i buchi neri. Ci concentreremo sulla soluzione di Schwarzschild, che descrive un buco nero non-rotante ed a simmetria sferica. Presenteremo alcune proprietà notevoli di questi oggetti e accenneremo alle leggi della termodinamica dei buchi neri, che ne descrivono il comportamento.

Programma

Ciascuna lezione ha la durata di 2 ore. Si prevede un corso di 10 ore con la seguente scansione:

1. Motivazioni.
Varietà differenziabili: spazio tangente e cotangente, campi tensoriali.
2. Varietà (pseudo-)Riemanniane: derivate covarianti, geodetiche, curvatura.
3. Equazioni di campo di Einstein: geometria dello spaziotempo e distribuzione di energia-materia.
Gravità linearizzata: onde gravitazionali.
4. Cosmologia di Robertson–Walker.
5. Buco nero di Schwarzschild.

Riferimenti bibliografici

- [1] C.W. Misner, K.S. Thorne and J.A. Wheeler, "Gravitation", W.H. Freeman, 1973
- [2] S. Weinberg, "Gravitation and Cosmology: Principles and Applications of the General Theory of Relativity", John Wiley and Sons, 1972
- [3] T. Padmanabhan, "Gravitation: Foundations and Frontiers", Cambridge University Press, 2014
- [4] S.M. Carroll, "Spacetime and Geometry", Cambridge University Press, 2019

- [5] J.B. Hartle, “Gravity: An introduction to Einstein’s general relativity”, Pearson, 2002
- [6] Y. Choquet-Bruhat, “Introduction to General Relativity, Black Holes, and Cosmology”, Oxford University Press, 2014
- [7] N. Straumann, “General Relativity”, Springer, 2013
- [8] S. Weinberg, “Cosmology”, Oxford University Press, 2008