

# Fisica Astroparticellare

Programma:

1. Richiami di relatività speciale:
  - Trasformazioni di Lorentz
  - Ottica relativistica
  - Effetto Doppler
  - Cinematica a due corpi
  - Tensore energia-impulso
  - Fluidi relativistici e termodinamica
  
2. Elementi di relatività generale:
  - Principio di equivalenza
  - Tensore metrico
  - Metrica localmente Minkowskiana
  - Geodetiche
  - Limite Newtoniano
  - Redshift gravitazionale
  
3. Equazioni di campo di Einstein:
  - Derivate covarianti
  - Derivate seconde e curvatura
  - Tensori di Riemann e di Ricci
  - Equazioni di campo
  - Costante cosmologica
  
4. Il principio cosmologico:
  - Isotropia ed omogeneità
  - La metrica di Friedmann-Robertson-Walker (FRW)
  - Interpretazione geometrica della metrica spaziale
  
5. Metrica FRW, aspetti cinematici:
  - Parametri di scala, di decelerazione, di redshift
  - Legge di Hubble
  - Coordinate comoventi
  - Definizioni di distanze
  - Evoluzione di scala per radiazione e materia
  
6. Metrica FRW, aspetti dinamici:
  - Equazioni di Friedmann e dei fluidi
  - Accelerazione dell'Universo ed energia del vuoto
  - Equazioni parametriche in termini di redshift
  - Età dell'Universo
  - Relazione luminosità-distanza
  
7. Evoluzione dell'Universo:
  - Con e senza costante cosmologica
  - Con e senza materia oscura
  - Soluzioni esatte

Soluzioni approssimate  
Termodinamica di un universo in espansione

8. Storia termica dell'Universo:
  - Disaccoppiamento, "relitti" caldi e freddi
  - Ere dominate da radiazione, materia, costante cosmologica
  - Eventi nel raffreddamento da 300 GeV a 1 MeV
  - Eventi nel raffreddamento sotto 1 MeV
  - Nucleosintesi primordiale
  - Disaccoppiamento di materia oscura, neutrini, fotoni
  - Fondo cosmico a microonde (CMB)
  
9. Fisica delle perturbazioni e cosmologia di precisione:
  - Oscillazioni acustiche
  - Instabilità di Jeans e formazione di strutture
  - Impatto su CMB
  - Cosmologia di precisione da CMB e strutture a larga scala
  - Stato dell'arte e prospettive future
  
10. Fisica del neutrino:
  - Rilevanza in cosmologia
  - Rilevanza in fisica delle particelle
  - Proprietà cinematiche
  - Proprietà dinamiche
  - Oscillazioni di sapore nel vuoto
  - Oscillazioni di sapore nella materia
  - Stato dell'arte e prospettive future
  
11. Fisica dei raggi cosmici (opzionale)
  - Spettro di energia e composizione chimica
  - Misure di energia negli sciami
  - Il cut-off Greisen-Zatsepin-Kuzmin
  - Il grafico di Hillas
  - Meccanismi di accelerazione

=====  
Testo di riferimento:

L. Bergstrom and A. Goobar  
Cosmology and Particle Astrophysics  
Springer, 2nd edition, 2004

(necessariamente integrato dagli appunti delle lezioni)  
=====