

## **Tutto in un lapt<sub>o</sub>p. Laboratorio di cosmologia da tavolo.**

### **Introduzione**

I cosmologi si divertono con uno strano esperimento: hanno un solo campione a disposizione, e ragioni di spazio (e tempo) ne ostacolano la riproducibilità in laboratorio. Con il sollievo di chi teme l'effetto Pauli.

Il microprocessore è però il loro migliore alleato: miliardi di piccoli transistor, come alacri formiche, compiono per loro i calcoli necessari per stabilire le cangianti storie di universi dalle più disparate condizioni iniziali e, volendo, variopinte composizioni.

Il primo pensiero va alle grandi simulazioni: potenti supercomputer nei centri di calcolo sparsi per il mondo risolvono passo dopo passo le equazioni del moto di miliardi di particelle, tracciando passo dopo passo il dipanarsi della ragnatela cosmica. Ma, come vedremo, ci sono alternative, e i moderni pc ci consentono di giocare con l'universo in tutta comodità, sbizzarrendoci in un mare di piccole cosmologie (in) portatili. Nell'anno che celebra il centenario della nascita di Italo Calvino, autore delle Cosmicomiche, insomma, più che mai l'universo sta "tutto in un lapt<sub>o</sub>p"

### **Programma**

**Non è necessario installare alcuno dei programmi.**

Il laboratorio si propone come una "chiacchierata", libera discussione di quanto presentato a lezione, orientata anche in base all'interesse degli studenti in un ventaglio di proposte. Il notebook verrà proiettato come ausilio grafico ed interattivo: richiamando una vecchia rubrica di Superquark, i partecipanti avranno modo di vedere "Come si fa", scoprendo gli utilizzi di base di una serie di "calcolatrici scientifiche" sviluppate in Python e di uso quotidiano per la ricerca cosmologica. In particolare, si propongono i seguenti temi:

1. Dall'halo model alle simulazioni lognormali: combinando le funzionalità dei pacchetti hmf, halomod, powerbox, nbodyikit, costruiremo lo strumento fondamentale del cosmologo, lo spettro di potenza delle perturbazioni di materia, a partire dall'halo model, formalismo che

collega osservazioni, teoria e simulazioni. A quel punto, potremo generare delle simulazioni (log)normali, che riproducono la ragnatela cosmica a partire dalle sue proprietà statistiche e rappresentano l'alternativa quotidiana alle simulazioni da supercomputer e calcolarne nuovamente lo spettro di potenza.

2. L'altro pilastro dell'attività quotidiana del cosmologo sono i “Boltzmann solver” come CAMB e CLASS, che consentono di propagare nel tempo le perturbazioni della metrica e della materia in un universo dinamico ed in espansione, evolvendo nel contempo le proprietà termodinamiche delle specie di materia che lo compongono. Vedremo alcune applicazioni di base di CAMB, per capire come mai lo spettro di potenza delle perturbazioni ha la forma che osserviamo.
3. La costante di Hubble  $H_0$  è una delle quantità fondamentali che la cosmologia si propone di misurare, in quanto necessaria per stabilire le grandezze fondamentali di distanza e densità delle specie di materia ed energia che dettano l'evoluzione dell'universo. Tra i vari modi per determinarla, uno di questo ricorre ad una caratteristica dello spettro di potenza, le oscillazioni acustiche barioniche (Baryon Acoustic Oscillations, BAO). Tenteremo quindi il fit dei dati tramite il programma emcee, e discuteremo le basi dell'inferenza statistica: ovvero, come qualunque fisico stabilisce la sua confidenza (o, osando, il grado di “verità”) in una misura.