



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI MILANO-BICOCCA

SYLLABUS DEL CORSO

Galaxy Evolution in Cosmic Structures A

2425-1-113R-04

Obiettivi

1. Introdurre gli studenti alle simulazioni idrodinamiche cosmologiche della formazione delle galassie.
2. Fornire agli studenti le competenze per esplorare autonomamente simulazioni numeriche esistenti e eseguire nuove simulazioni utilizzando codici numerici all'avanguardia e disponibili pubblicamente.
3. Introdurre metodi avanzati di analisi dei dati per consentire un'analisi efficiente di grandi set di dati.

Contenuti sintetici

Il corso è strutturato in quattro moduli, ciascuno mirato a raggiungere i seguenti obiettivi:

1. **Introduzione alle Simulazioni Numeriche:** Panoramica delle simulazioni numeriche per oggetti astrofisici e analisi pratica delle simulazioni all'avanguardia utilizzando Python.
2. **Creazione delle Condizioni Iniziali e Esecuzione delle Simulazioni:** Introduzione alla generazione delle condizioni iniziali e all'esecuzione di simulazioni cosmologiche con codici all'avanguardia.
3. **Strutture Dati Avanzate:** Esplorazione di strutture dati avanzate per ottimizzare l'analisi di grandi simulazioni e big data.
4. **Tecniche di Visualizzazione:** Introduzione alle tecniche di visualizzazione per interpretare e presentare i risultati delle simulazioni all'avanguardia.

Programma esteso

Il corso è strutturato in quattro moduli, progettati per fornire agli studenti le competenze essenziali necessarie per intraprendere un progetto di ricerca utilizzando tecniche di astrofisica numerica. Sebbene l'accento sia principalmente sulle simulazioni cosmologiche della formazione delle galassie, incoraggeremo anche discussioni

sull'applicazione di queste tecniche ad altri problemi astrofisici.

1. **Modulo 1** fornisce un'introduzione alle simulazioni numeriche, con un'enfasi particolare sulle simulazioni cosmologiche della formazione delle galassie. Questo modulo tratterà i seguenti argomenti:

- Nozioni di base sulle simulazioni numeriche e sulle condizioni iniziali.
- Tecniche numeriche per l'integrazione delle equazioni del moto e della dinamica dei fluidi.
- Il ruolo dei modelli subgriglia nella descrizione dei processi di formazione delle stelle.
- Panoramica delle simulazioni numeriche all'avanguardia attuali.
- Uno sguardo alle simulazioni future della formazione delle galassie.
- Sfide principali nel campo.

Questo modulo include esercizi pratici incentrati sull'analisi di simulazioni numeriche all'avanguardia. Gli studenti analizzeranno una simulazione preesistente fornita in aula, partecipando a esercizi che rispecchiano strettamente l'analisi reale condotta dai cosmologi numerici in un contesto di ricerca.

2. **Modulo 2** introduce il concetto di condizioni iniziali cosmologiche ed esplora i codici esistenti utilizzati per generarle. Discuteremo i diversi tipi di condizioni iniziali, confrontando vantaggi e svantaggi di vari approcci. Inoltre, introdurremo un codice di simulazione numerica che permetterà agli studenti di eseguire le proprie simulazioni cosmologiche.

Gli argomenti principali trattati in questo modulo includono:

- Metodi per generare condizioni iniziali cosmologiche: campo casuale gaussiano e spettro di potenza, con applicazione pratica utilizzando il codice MUSIC.
- Determinazione della simulazione più grande realizzabile con le risorse computazionali disponibili.
- Esecuzione di una simulazione, dimostrata attraverso il codice massivamente parallelo GADGET-4.

Questo modulo include esercizi pratici focalizzati sull'analisi di base delle simulazioni create. Gli esercizi mirano a fornire agli studenti gli strumenti per valutare se i risultati della simulazione sono validi o se sono stati compromessi da errori numerici. Per garantire un flusso di lavoro fluido, forniremo i codici numerici necessari e i contenitori Docker, che gestiranno il processo di compilazione e i pacchetti richiesti senza interferire con gli esercizi.

3. **Modulo 3** ha l'obiettivo di fornire agli studenti una comprensione di base di come le strutture dati avanzate possano migliorare significativamente l'efficienza dell'analisi di grandi set di dati. Dimosteremo come una corretta organizzazione dei dati della simulazione possa portare a miglioramenti sostanziali nella velocità di analisi.

Le principali strutture dati trattate in questo modulo includono:

- Liste Collegate: Poiché l'analisi delle simulazioni numeriche richiede spesso un accesso spaziale efficiente ai cluster di dati all'interno del volume della simulazione, introdurremo le strutture dati a liste collegate. Queste possono ridurre la complessità delle ricerche lineari da $O(N \log N)$ a $O(1)$ nel miglior caso.
- Tabelle Hash: Per incrociare efficientemente i dati tra più uscite temporali nelle simulazioni, esploreremo le Tabelle Hash, che riducono la complessità delle ricerche lineari per l'incrocio da $O(N)$ a $O(1)$.

Gli studenti apprenderanno le basi di questi algoritmi e parteciperanno a esercizi pratici per implementare e applicare queste strutture dati alle simulazioni numeriche esistenti. In questo modo, analizzeranno i miglioramenti di velocità rispetto agli algoritmi standard che non utilizzano strutture dati ottimizzate.

4. **Modulo 4** si concentrerà sulle tecniche di visualizzazione all'avanguardia per le simulazioni idrodinamiche cosmologiche. Affronteremo le sfide della visualizzazione delle simulazioni e introdurremo algoritmi che trasformano efficientemente le particelle in mappe lisce e visivamente accattivanti.

I concetti principali trattati includono:

- Particelle nelle celle: Comprendere il rumore di sparo e l'importanza della normalizzazione nei dati.
- Mappe lisce: Tecniche per generare rappresentazioni visive fluide delle simulazioni.
- Tecniche di clustering per particelle: Applicazione delle tecniche di Smooth Particle Hydrodynamics (SPH) per la visualizzazione con il codice py-sphviewer.
- Creazione di filmati delle simulazioni: Aspetti chiave come la lunghezza del filmato, il frame rate desiderato e le tecniche di interpolazione.

Il modulo includerà esercizi pratici in cui gli studenti applicheranno il codice py-sphviewer a una simulazione esistente. Attraverso questo, esploreranno diverse tecniche di visualizzazione e comprenderanno come questi metodi possano essere cruciali per misurare proprietà astrofisiche rilevanti.

Prerequisiti

Gli studenti devono avere una comprensione di base della cosmologia e della fisica a livello di MSc. È inoltre richiesto un laptop per partecipare agli esercizi pratici.

Modalità didattica

Il corso consisterà in presentazioni elettroniche che coprono i concetti chiave di ciascun modulo, seguite da esercizi pratici. Si svolgerà per quattro settimane, con due lezioni di 2 ore ciascuna a settimana. Ogni modulo sarà completato nell'arco di una settimana, con tempo sufficiente in aula per permettere agli studenti di completare gli esercizi del modulo all'interno di quella settimana.

Materiale didattico

1. Il materiale necessario sarà fornito durante le lezioni, sia sotto forma di presentazioni elettroniche che di file condivisi.
2. I dati delle simulazioni e il software richiesto saranno forniti durante le lezioni.

Periodo di erogazione dell'insegnamento

Il corso sarà offerto probabilmente durante il primo semestre dell'anno accademico 2024/2025, con un avvio previsto per novembre.

Modalità di verifica del profitto e valutazione

La valutazione finale consisterà in un rapporto scritto che riassume i risultati di un esercizio proposto, in cui gli studenti applicheranno le tecniche studiate durante il corso.

Orario di ricevimento

Su appuntamento

Sustainable Development Goals

ISTRUZIONE DI QUALITÀ | IMPRESE, INNOVAZIONE E INFRASTRUTTURE
