UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI MILANO-BICOCCA

SYLLABUS DEL CORSO

Numerical Astrophysics

2627-1-F5803Q026

Obiettivi

L'obiettivo del corso è fornire una conoscenza di base dei metodi numerici e dei codici utilizzati per risolvere le equazioni differenziali tipicamente incontrate in sistemi astrofisici, con particolare attenzione alla dinamica relativistica intorno ai buchi neri.

Alla fine del corso lo studente avrà:

1. acquisito conoscenze (DdD1):
    - sui principali metodi numerici e sui codici open-source disponibili in ambito astrofisico
    - sulla teoria della dinamica post-newtoniana e delle geodetiche nella relatività generale
    - su alcuni aspetti dei processi che si verificano intorno agli oggetti compatti
2. saprà applicare le conoscenze acquisite per (DdD2):
    - leggere e comprendere articoli scientifici sui temi trattati durante le lezioni
    - padroneggiare i metodi numerici per integrazione di equazioni differenziali
3. avrà sviluppato capacità critiche e di giudizio (DdD3):
    - tramite la risoluzione di problemi concernenti sistemi fisici specifici
    - con la scrittura di relazioni/presentazioni tecniche del lavoro svolto
4. saprà comunicare quanto appreso (DdD4):
    - con presentazioni del lavoro svolto in lingua inglese

5. saprà proseguire lo studio in modo autonomo (DdD5):

- tramite esercizi aggiuntivi proposti per stimolare la curiosità verso gli argomenti trattati
- avendo padroneggiato conoscenze e metodi utili alla prosecuzione degli studi in ambito del dottorato di ricerca

Contenuti sintetici

Metodi numerici per la soluzione di equazioni differenziali, dinamica post-newtoniana, moto geodetico nella relatività generale, aspetti dell'idrodinamica e dell'accrescimento.

Programma esteso

Metodi numerici per equazioni differenziali

1. Metodi per equazioni differenziali ordinarie soggette initial value problem
2. Metodi per equazioni differenziali ordinarie soggette a boundary value problem
3. Cenni su metodi per equazioni differenziali alle derivate parziali

Moto newtoniano, post-newtoniano e relativistico

1. Equazioni della dinamica post-newtoniana
2. Moto geodetico nella relatività generale
3. Codici disponibili per l’integrazione delle orbite

Aspetti di idrodinamica e accrescimento

1. Cenni di idrodinamica e accrescimento su oggetti compatti

Prerequisiti

Il corso richiede una conoscenza di base della relatività speciale e generale. Quest’ultima può essere acquisita seguendo i corsi di Astrofisica Relativistica o di Relatività Generale. Per le lezioni pratiche sono inoltre necessarie competenze di programmazione, dato l’approccio del corso fortemente orientato agli aspetti numerici. Il linguaggio di programmazione Python sarà quello utilizzato come baseline.

Modalità didattica

Tutte le lezioni si svolgono in presenza:

1. 13 lezioni frontali di 2 ore ciascuna;
2. 14 esercitazioni pratiche di 2 ore ciascuna in modalità interattiva.

Durante le lezioni verranno presentate le basi teoriche e discussi i più recenti risultati teorici e sperimentali. Le lezioni si svolgeranno in parte alla lavagna e in parte mediante l'utilizzo di slide. Le slide saranno caricate anticipatamente sulla piattaforma e-learning del corso. Durante le esercitazioni pratiche, gli studenti impareranno (sotto la guida del docente) a scrivere codici numerici per la soluzione di equazioni differenziali e a utilizzare codici pubblicamente disponibili. È richiesto l'uso di un computer portatile per le esercitazioni pratiche. Tutte le lezioni e le esercitazioni si svolgono in lingua inglese.

Materiale didattico

Principali testi di riferimento:

1. "Gravity: Newtonian, Post-Newtonian, Relativistic", by E. Poisson, C. Will
2. "A First Course in General Relativity" (2nd edition), by B. Schutz
3. "A Relativist's Toolkit: The Mathematics of Black-Hole Mechanics", by E. Poisson
4. "A First Course in the Numerical Analysis of Differential Equations", by A. Iserles
5. "Introduction to Numerical Methods in Differential Equations", by M. H. Holmes

Altri testi utili:

1. "Black Holes, White Dwarfs and Neutron Stars", by S. L. Shapiro and S. A. Teukolsky
2. "Numerical methods for conservation laws", by Randall J. LeVeque
3. "Numerical Recipes: the art of scientific computing" (3rd edition), by W. H. Press, S. A. Teukolsky, W. T. Vetterling, B. P. Flannery
4. "Numerical Methods in Engineering with Python 3", by Kiusalaas

Periodo di erogazione dell'insegnamento

I anno, secondo semestre

Modalità di verifica del profitto e valutazione

L'esame orale finale consiste in una discussione degli argomenti affrontati durante il corso. In particolare, sarà articolato in due parti.

Parte I: Gli studenti sono invitati a scegliere un problema di loro interesse (si veda il file contenente le proposte d'esame per un elenco di possibili problemi) ed elaborare una strategia per affrontarlo numericamente. Questa parte dovrà essere completata prima della data dell'esame e inviata almeno un giorno prima dell'esame stesso.

Il giorno dell'esame, la discussione inizierà con una presentazione del lavoro svolto, che dovrà contenere:

- una breve descrizione del problema fisico/matematico;
- una chiara illustrazione del/dei metodo/i numerico/i implementato/i;
- test di convergenza e accuratezza (ad esempio verifica dell'ordine, controlli di conservazione, ecc.). I grafici dovranno essere significativi e presentare chiaramente i risultati ottenuti;
- un confronto con soluzioni note, ove disponibili;
- risultati e relativa discussione fisica.

La durata della presentazione dovrebbe essere di circa 20 minuti.

La presentazione può essere svolta mediante slide (scelta preferita) oppure tramite un notebook Jupyter. Nel caso di un notebook Jupyter, assicuratevi di includere tutti i punti sopra elencati e di non limitare la presentazione al solo codice.

Parte II: L'esame proseguirà con una discussione su argomenti trattati durante le lezioni, scelti in modo casuale.

Durante l'esame orale non è consentito l'utilizzo di libri o appunti.

Orario di ricevimento

su appuntamento, on line o in ufficio.

Sustainable Development Goals

ISTRUZIONE DI QUALITÁ | IMPRESE, INNOVAZIONE E INFRASTRUTTURE