

Corso di Laurea in Fisica

Prova di esame - Laboratorio di Calcolo e Statistica

19 febbraio 2024

Indicazioni generali

Si risolva il seguente esercizio, scrivendo un programma in C++ o in Python ed organizzando il codice sorgente in modo che le funzioni utilizzate risultino implementate in librerie separate del programma principale. Ai fini della valutazione, il primo criterio che deve essere soddisfatto è che il codice sia eseguibile senza errori (inclusi quelli di compilazione, nel caso del C++) realizzando le funzionalità richieste dal testo. Per la valutazione sarà inoltre tenuto in considerazione il fatto che i codici sorgente siano scritti con ordine, utilizzando opportunamente l'**indentazione** e i **commenti**. Per gli svolgenti in C++, si richiede infine di iniziare i codici con una riga di commento contenente il comando necessario per creare l'eseguibile.

Un Dataset da Nobel

L'espansione dell'universo fu determinata da Edwin Hubble nel 1929 osservando, nelle galassie visibili dalla TERRA, un legame matematico fra la loro distanza D_L ed il loro *redshift* z , che è uno spostamento Doppler verso frequenze più basse del loro colore naturale ¹. Oggi queste misure vengono svolte osservando un tipo particolare di supernova, dette A1 e le misure correnti vengono utilizzate per decidere se l'universo sia destinato a continuare o se prima o poi tornerà a contrarsi, con decelerazione q . In assenza di decelerazione, l'espansione dell'universo è descritta da un andamento lineare:

$$D_L = \frac{z \cdot c}{H_0} \quad (1)$$

dove $c = 3 \cdot 10^5$ km/s è la velocità della luce nel vuoto, mentre H_0 è una costante di proporzionalità detta costante di Hubble.

1. Si legga il file `SuperNovae.txt` e si salvino i dati in tre liste (o array). La prima colonna è il redshift, la seconda la distanza e la terza l'errore sulla distanza.
2. Si faccia il grafico dei dati mettendo sull'asse x il *redshift* z e sull'asse y la distanza D_L , includendo gli errori nel grafico.
3. Si esegua un fit dei dati utilizzando il modello lineare e si stampi la costante di Hubble incluso il suo errore.
4. Si esegua il fit dei dati utilizzando un modello che preveda decelerazione dell'universo:

$$D_L = \frac{c}{H_0} \cdot \left(z + \frac{1}{2} (1 - q) z^2 \right) \quad (2)$$

facendo un grafico con i dati ed i due modelli sovrapposti (utilizzando `ax.legend()` per identificarli), decidendo quale dei due si adatti meglio ai dati. Si determinino il valore della costante di Hubble ed il valore medio della densità dell'universo Ω_m ed il loro errore, sapendo che:

$$q = \frac{3 \cdot \Omega_m}{2} - 1$$

¹ Il *redshift* è definito come il rapporto fra lo spostamento doppler e la frequenza a riposo $z = \Delta f / f$

5. Utilizzando la generazione di numeri casuali uniformi, si generi un elenco di 30 indici nelle liste dei dati in ingresso a partire dai quali si costruisca un loro sotto-campione, sul quale rifare il fit con il modello 2.
6. Ripetendo il punto precedente 50 volte si costruisca la distribuzione attesa del parametro q e della costante di Hubble.
7. (facoltativo) Si costruisca, utilizzando la stessa tecnica del punto precedente, la distribuzione congiunta dei parametri nel piano (q, H_0) .

Gli studenti affetti da disturbi specifici dell'apprendimento (DSA) potranno tralasciare i punti 5 e 6 o, alternativamente, svolgere tutto il compito in 4 ore di tempo, dichiarando la propria preferenza all'inizio della prova. Questi dovranno anche consegnare, oltre allo svolgimento del tema, una copia del proprio Progetto Universitario Individualizzato (P.Uo.I).