

Simulazione del Decadimento Radioattivo

Claudia Murro

1 Introduzione

In questo esercizio, si simula il decadimento radioattivo di un campione di atomi utilizzando due metodi di simulazione. L'obiettivo è calcolare il numero di atomi decaduti in funzione del tempo, utilizzando due approcci distinti per modellare il processo di decadimento.

Il decadimento radioattivo è un processo stocastico che segue una distribuzione esponenziale dei tempi di vita degli atomi. La probabilità che un atomo decada in un dato intervallo di tempo è legata al parametro di decadimento, definito tramite la sua *semivita*, che è il tempo in cui metà degli atomi sono decaduti.

Il codice implementa due metodi per simulare questo processo e calcolare il numero di atomi decaduti:

- **Metodo 1 (probabilità di decadimento):** calcola la probabilità di decadere di ciascun atomo in un intervallo di tempo t .
- **Metodo 2 (tempi di decadimento esponenziali):** simula direttamente il tempo di vita di ciascun atomo e verifica se esso è minore o uguale a t .

2 Descrizione del Codice

Il codice esegue le seguenti operazioni:

1. Inizializza i parametri di simulazione, tra cui il numero di atomi, la semivita, e il numero di simulazioni da eseguire.
2. Utilizza due metodi di simulazione per calcolare il numero medio di atomi decaduti e la deviazione standard.
3. Scrive i risultati in due file di dati separati per ciascun metodo di simulazione.

4. Stampa anche i risultati teorici, che sono calcolati utilizzando la soluzione analitica del decadimento esponenziale.

3 I Metodi di Simulazione

3.1 Metodo 1: Probabilità di Decadimento

Nel *Metodo 1*, per ogni atomo si calcola la probabilità di decadere nel tempo t , che è espressa dalla seguente formula:

$$P(\text{decadimento}) = 1 - e^{-\lambda t}$$

dove:

- t è il tempo considerato,
- λ è il coefficiente di decadimento, legato alla semivita $T_{\frac{1}{2}}$ dalla relazione $\lambda = \frac{\ln(2)}{T_{\frac{1}{2}}}$.

Per ogni atomo, viene generato un numero casuale r compreso tra 0 e 1. Se $r < P(\text{decadimento})$, l'atomo è considerato decaduto. Il numero totale di atomi decaduti viene poi calcolato per ciascuna simulazione, e da queste simulazioni si calcolano la media e la deviazione standard.

3.2 Metodo 2: Tempi di Decadimento Esponenziali

Nel *Metodo 2*, si simula direttamente il tempo di decadimento di ciascun atomo. I tempi di decadimento seguono una distribuzione esponenziale con parametro λ , che può essere simulata utilizzando la formula:

$$t_{\text{decadimento}} = -\frac{\ln(1 - r)}{\lambda}$$

dove r è un numero casuale tra 0 e 1 generato per ciascun atomo. Se il tempo di decadimento simulato $t_{\text{decadimento}}$ è minore o uguale a t (tempo della simulazione), l'atomo è considerato decaduto. Come nel Metodo 1, vengono poi calcolati la media e la deviazione standard del numero di atomi decaduti.

4 Calcolo dei Risultati Teorici

Il decadimento radioattivo segue una legge esponenziale, e il numero di atomi non decaduti dopo un tempo t è dato dalla formula:

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$$

dove N_0 è il numero iniziale di atomi. Il numero di atomi decaduti a tempo t è quindi:

$$N_{\text{decaduti}}(t) = N_0 - N(t) = N_0 (1 - e^{-\lambda t})$$

Questa formula fornisce il risultato teorico, che viene confrontato con i risultati delle simulazioni.

5 Risultati e Conclusioni

Il programma esegue le simulazioni per vari tempi e calcola sia i risultati ottenuti tramite i metodi di simulazione che i risultati teorici. I dati vengono salvati in file .dat, che sono utilizzati per generare i seguenti grafici. Come si osserva, i risultati simulati sono vicini a quelli teorici, con piccole differenze dovute alla natura stocastica delle simulazioni.

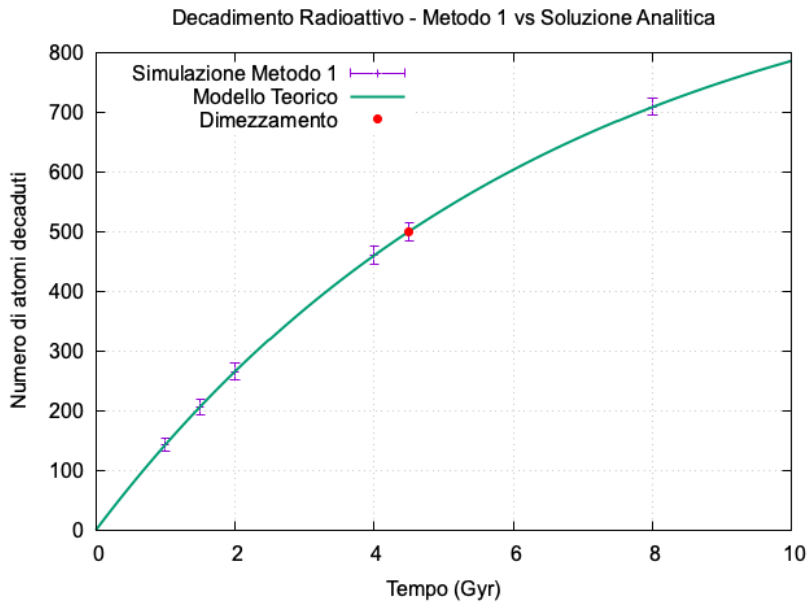


Figure 1: Metodo 1 e soluzione analitica

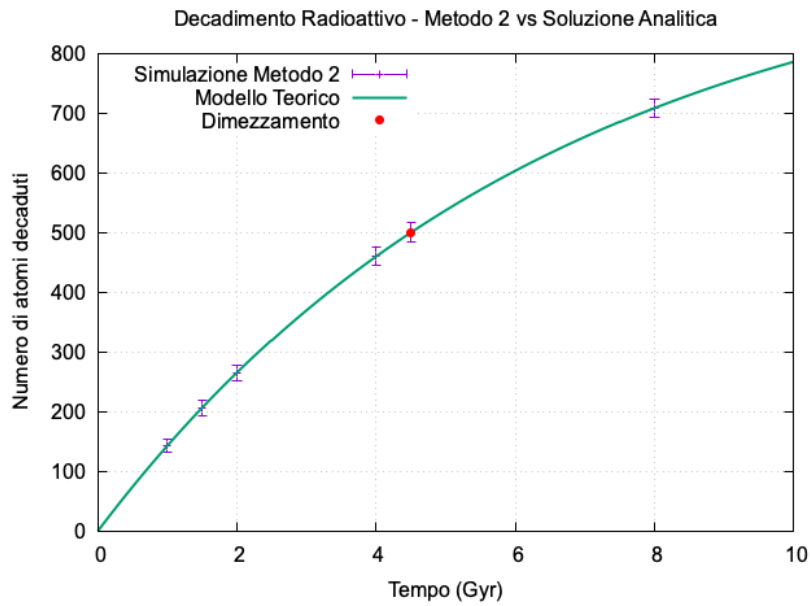


Figure 2: Metodo 2 e soluzione analitica

6 Organizzazione

Gli script sono organizzati in due cartelle: "estesa" e "divisa".

Nella cartella "estesa" c'è la prima versione dello script, tutta in unico file.

Nella cartella "divisa" c'è l'ultima versione del codice che è stato spezzato in più file che vengono compilati con un Makefile.

In entrambi i casi i comandi per compilazione, esecuzione e graficazione sono specificati. Ogni cartella contiene tutti i file necessari.