

Corso di Laurea in Fisica

Prova di esame - Laboratorio di Calcolo e Statistica

12 gennaio 2026

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 svolgimenti in C++, si richiede infine di iniziare i codici con una riga di commento contenente il comando necessario per creare l'eseguibile.

La profondità di penetrazione della radiazione

Si supponga che un fascio di elettroni identici con energia $E = 1$ MeV colpisca un blocco di materiale, dove interagiscono urtando le singole molecole che lo compongono. Assumendo che il cammino libero fra un urto e l'altro sia distribuito in modo esponenziale con valore medio $\Delta x = 10^{-3}$ cm, si può determinare la distribuzione della profondità raggiunta dagli elettroni assumendo le seguenti ipotesi:

- a. l'energia persa ΔE da un elettrone a ogni urto è proporzionale al cammino percorso e all'energia E dell'elettrone secondo questa formula:

$$\frac{dE}{dx}(E) = \begin{cases} 15 \text{ MeV/cm} & \text{se } E < 0.01 \text{ MeV} \\ 0.15 \text{ MeV}^2/\text{cm} & \text{se } 0.01 \text{ MeV} \leq E \leq 0.5 \text{ MeV} \\ 0.3 \text{ MeV/cm} & \text{se } E > 0.5 \text{ MeV} \end{cases} \quad (1)$$

- b. la direzione di moto degli elettroni non cambia nelle interazioni con il materiale;
c. quando durante un tratto di cammino libero l'energia totale di un elettrone raggiunge lo zero, esso viene assorbito e non arriva all'urto successivo.

Con tali condizioni, si svolgano i seguenti punti.

1. Si prepari una libreria che utilizzi il metodo della funzione inversa per generare una distribuzione casuale esponenziale del cammino libero per ogni elettrone e se ne disegni l'istogramma con 10,000 eventi.
2. Preso un singolo elettrone, si determini la lunghezza del suo percorso fino all'arresto in un materiale di lunghezza infinita, utilizzando un ciclo che generi il libero cammino dopo ogni urto, assumendo le ipotesi enunciate nell'incipit del problema e si stampi a schermo il risultato.
3. Si contruisca l'istogramma della distribuzione del cammino totale percorso dagli elettroni, se ne faccia il disegno e se ne determinino media μ , sigma, asimmetria e curtosi, simulando 10,000 elettroni.
4. Nel caso in cui il materiale sia spesso μ si calcoli la frazione di particelle che sopravvivono al suo attraversamento e se ne disegni la distribuzione dell'energia residua.
5. Assumendo che l'energia venga persa da ogni elettrone nel punto medio di ogni tratto di cammino libero, si costruisca un grafico che mostra la quantità totale di energia rilasciata nel materiale da 100 elettroni in funzione della profondità, scegliendo un'opportuna suddivisione in bin dello spazio percorso dalle particelle e si disegni il profilo di energia depositata così ottenuto.

Gli studenti affetti da disturbi specifici dell'apprendimento (DSA) potranno tralasciare il punto 4 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).