Corso di Laurea in Fisica
Prova di esame - Laboratorio di Calcolo e Statistica

9 febbraio 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 legge di Planck

La legge di Planck descrive la densità spettrale dell'energia emessa da un corpo nero, che è un oggetto che assorbe tutta la radiazione che lo colpisce e quindi emette energia in funzione solamente della propria temperatura assoluta T. La sua forma funzionale in funzione della lunghezza d'onda λ della radiazione emessa, note la costante di Planck h e la costante di Boltzmann k_B, è la seguente:

$$u(\lambda, T) = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda k_B T}} - 1} \ , \tag{1}$$

dove $c = 3 \cdot 10^8$ m/s è la velocità della luce nel vuoto, $k_B = 1.38 \cdot 10^{-23}$ J/K e $h = 6.63 \cdot 10^{-34}$ J s.

1. Si disegni la funzione della legge di Planck alla temperatura di 2000 K sull'intervallo di lunghezze d'onda compreso fra 0.1 e 5 μm e se ne determini il valore massimo λ_M utilizzando la tecnica della sezione aurea, definita in una libreria.
2. Trattando la funzione della legge di Planck alla stregua di una distribuzione di densità di probabilità, si generino 10,000 numeri pseudo-casuali che ne seguano la distribuzione nello stesso intervallo di lunghezze d'onda, si disegni l'istogramma del campione scegliendo appropriatamente estremi e binnaggio e se ne calcolino – utilizzando funzioni implementate esplicitamente – i momenti principali.
3. Si determini il massimo della distribuzione λ_{Max}, con relativo errore, del campione facendo un fit Gaussiano dell'istogramma in un appropriato intervallo definito intorno alla media del campione in funzione dei momenti della distribuzione. Dopo aver controllato il successo del fit, si stampi il risultato a schermo.
4. Utilizzando la tecnica dei *toy experiment*, si disegni l'istogramma dello stimatore del massimo appena costruito, si valuti la bontà della stima dell'incertezza associata e si stampi a schermo il suo errore quadratico medio, o *mean square error*.
5. Si determini come varia il bias nella stima del massimo in funzione del numero di fotoni raccolti, da 10 a 10,000. Lo stimatore è asintoticamente non distorto?

Gli studenti affetti da disturbi specifici dell'apprendimento (DSA) potranno tralasciare il punto 5 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).