

Corso di Laurea in Fisica

Prova di esame - Laboratorio di Calcolo e Statistica

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

La verosimiglianza e il suo profilo

La scoperta di nuove particelle instabili, come nel caso del bosone di Higgs, si basa molto spesso sullo studio dell'istogramma della massa invariante dei loro prodotti di decadimento, per trovare un eccesso rispetto al rumore di fondo localizzato in un intorno di un valore specifico. In questo tema vi è richiesto di costruire una simulazione di questa ricerca, utilizzando un modello esponenziale di rumore di fondo ed uno Gaussiano per il segnale.

1. Si generi un campione $\{x_i\}$ di $N_{\text{exp}}=2000$ eventi distribuiti secondo una distribuzione di densità di probabilità esponenziale, con $\lambda = 1/200$, compresi fra 0 e 3 volte τ , ed uno $\{x_j\}$ di $N_{\text{gau}}=200$ eventi distribuiti secondo una distribuzione di densità di probabilità Gaussiana, con $\mu = 190$ e $\sigma = 20$.
2. Si costruisca un campione pari all'unione dei due precedenti e se ne disegni l'istogramma, scegliendo opportunamente il numero di bin.
3. Si effettui un fit del campione per determinare i parametri del modello.
4. Si costruisca una funzione che calcoli il logaritmo della verosimiglianza associata al campione, dato il seguente modello di densità di probabilità:

$$f(x) = a * \text{Exp}(x, \lambda) + b * \text{Gaus}(x, \mu, \sigma) \quad (1)$$

5. Fissati i parametri del modello al risultato ottenuto dal fit, si calcoli il valore del logaritmo della verosimiglianza per il campione dato il modello, variando il valore del parametro μ fra 30 e 300 con passo costante e se ne disegni l'andamento.
6. Si determini il massimo della funzione di verosimiglianza in funzione del parametro μ , utilizzando l'algoritmo della sezione aurea.

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).