

METODI MONTECARLO PER LA FISICA SPERIMENTALE

Docente: Sergio Giudici
Codice: 185BB (6 CFU)
periodo: II semestre dell'Anno Accademico
Email: sergio.giudici@df.unipi.it
Web: www.df.unipi.it/~giudici

Carattere Generale del corso e propedeuticità

Il corso intende discutere le basi matematiche dei metodi di campionamento statistico ed introdurre gli studenti alle tecniche di calcolo numerico su cui si basano le simulazioni. L'obiettivo del corso e' quello di fornire allo studente gli strumenti concettuali di base necessari per sviluppare autonomamente una simulazione. Solo marginalmente si accenna a pacchetti di simulazione pre-confezionati, quindi questo non e' un corso di GEANT, FLUKA, EGS, etc...

Durante il corso si discutono e si impara a realizzare algoritmi di simulazione. Sono forniti esempi di procedure in C++ , C e Fortran che costituiscono il punto di partenza per lo sviluppo di nuove simulazioni da parte degli studenti.

Risultano propedeutici i contenuti dei corsi base di Analisi I & II e le nozioni elementari di statistica. Inoltre negli esempi trattati si fa riferimento alla cinematica relativistica, ai processi elementari di Fisica delle Particelle e alla interazione radiazione-materia.

Lezioni frontali tradizionali saranno alternate ad esercitazioni con il calcolatore. Si consiglia agli studenti di installare sul proprio PC il sistema operativo Linux, i compilatori C++, C e Fortran, le librerie CERNLIB e qualche applicazione per la visualizzazione ed istogrammazione dei dati (ROOT e/o PAW)

Testi di riferimento

A. Rotondi et al. , "*Probabilità, Statistica e Simulazione*" Ed. Springer.
Slides e dispense (in corso di stesura) fornite dal docente.
Articoli tratti dalla letteratura scientifica segnalati dal docente.

Modalità di verifica:

Esame orale e discussione di una relazione su un argomento concordato con il docente.

Programma del Corso

PRIMA PARTE: fondamenti Matematici

Introduzione e cenni storici:

L'ago di Buffon e la stima di pi greco;
Problemi di calcolo numerico nel Progetto Manhattan;

Richiami di Statistica:

La densità di probabilità;
Distribuzioni notevoli (Binomiale, Poisson, Gauss);
Distribuzioni con perdita di memoria (esponenziale, geometrica).

Integrazione numerica:

Confronto tra metodi analitici e metodo Montecarlo;;
Discussione degli errori: formula di Newton-Cotes.

Algoritmi per la generazione di numeri casuali:

Il metodo delle congruenze lineari;
Liste riproducibili e Simulazioni correlate.

Generazione di variabili secondo una distribuzione assegnata

La distribuzione uniforme;
il metodo della cumulativa;
il metodo del rigetto elementare;
il metodo del rigetto ottimizzato (Von Neumann).
Esempio: La distribuzione di Klein- Nishina.
Esempio: il decadimento Dalitz del mesone π^0 (distribuzione di Kroll-Wada).

SECONDA PARTE: SIMULAZIONI e ALGORITMI DI RICOSTRUZIONE

Stima degli errori di una misura e del livello di confidenza

Esempio: Misura dell'indice di rifrazione

Simulazione di Processi:

Tracciatura della linea di volo di una particella;
tracciatura di una carica in campo magnetico;
simulazione di uno spettrometro per misurare impulso di particelle cariche;
simulazione degli effetti di accettazione nel caso di un decadimento a due corpi
Esempio: Effetti sistematici in un test dell'universalità delle interazioni deboli,
il caso della misura delle frazioni di decadimento
 $K^+ \rightarrow \mu^+ \text{ neutrino}$ VS $K^+ \rightarrow e^+ \text{ neutrino}$

Sezione d'urto, cammino libero medio e probabilità:

Produzione di raggi Delta;
Cenni sulla questione della sciamatura Elettromagnetica nei calorimetri

Algoritmi di Ricostruzione:

Il metodo dei minimi quadrati e fit cinematico in presenza di vincoli;
linearizzazione di un problema non lineare di ricerca del minimo;
Esempio: Messa a punto di una routine di ricostruzione $KL \rightarrow 3\pi^0 \rightarrow 6 \text{ gamma}$

Problemi vari : (Questioni discusse nell'A.A. 2011-2012)

Alte Energie: Progettazione di un rivelatore Cerenkov

Alte Energie: Generazione di raggi Delta.

Fisica medica: Range dei positroni, scattering Compton e risoluzione PET

Fisica Medica: Studio del picco di Bragg

Astrofisica: L'evoluzione nel tempo della luminosita' di un ammasso di stelle

Esempi di Lavori svolti e relazionati dagli studenti nell' A.A: 2011-2012

1. Simulazione di uno spettrometro: confronto tra il caso a 4 camere a deriva e quello a 3.
2. Effetti di Scattering multiplo nella misura dell'impulso di particelle cariche.
3. Simulazione e Ricostruzione di un decadimento a tre corpi con implementazione dell'elemento di matrice.
4. L'esperimento di Rutherford: simulazione e confronto con l'apparato disponibile nel Lab. didattico di Inter. Fond.
5. La PET in Campo Magnetico: migliora la risoluzione ?
6. Picco di Bragg e fluttuazioni nel deposito di energia.
7. Un problema di ottica: Rendering 2D di una sfera trasparente illuminata .
8. la misura della massa del mesone $K(\text{Long})$ nel processo $KL \rightarrow 3\pi^0 \rightarrow 6 \text{ gamma}$ con un calorimetro elettromagnetico