

Laurea Specialistica in Scienze Fisiche
a.a.2006-2007

Particelle Elementari I

Titolare: Prof. Vincenzo Cavasinni

Programma

Introduzione

Particelle "elementari" e risoluzione degli strumenti di misura. Generalita' su simmetrie e leggi di conservazione: caso della simmetria U(1) e conservazione della carica elettrica. Unità di misura naturali. Collisioni, sezioni d'urto, luminosità e rate di interazione. Pioni e muoni. Le quattro forze fondamentali e intensità relativa. Esempi di sezioni d'urto adroniche. Vita media di una particella, rate di decadimento, distribuzione Breit-Wigner. Cinematica relativistica e spazio delle fasi.

Rivelatori di particelle

Descrizione delle caratteristiche generali di un esperimento di fisica delle alte energie. Misure in campo magnetico e risoluzione in impulso. Caratteristiche dei calorimetri elettromagnetici e dei calorimetri adronici. Perdita di energia per ionizzazione e sue fluttuazioni, formula di Bethe-Bloch. Rivelatori di tracce. Misure di impulso in campo magnetico: risoluzioni. Scattering multiplo e suoi effetti sulla risoluzione in impulso. Identificazione delle particelle: rivelatori Cherenkov e a radiazione di transizione.

Simmetrie e leggi di conservazione

Isospin forte e sue applicazioni. Parità spaziale, parità intrinseca e parità relativa. Determinazioni sperimentali della parità di particelle elementari. Conservazione della parità: verifiche sperimentali. Elicità del neutrino. Coniugazione di carica. Coniugazione di carica nei sistemi particella antiparticella, il positronio. Inversione temporale: bilancio dettagliato, dipolo elettrico delle particelle: limiti sperimentali. Teorema CPT.

Modello a quark statico e SU(3)

Modello a quark statico: singoletti, ottetti e decupletti. CP degli stati quark-antiquark, simmetria SU(3). Le matrici di Gell-Mann. Rappresentazioni fondamentali 3 e $\bar{3}$. Il quarkonio e i suoi stati. Massa delle particelle e spin dei quark: esempi con mesoni e barioni. Livelli energetici del positronio e relazione a quelli del quarkonio.

Interazioni elettromagnetiche

Richiami sulle equazioni di Klein-Gordon e Dirac. Spinori di Dirac. Regole d'oro di Fermi per scattering e decadimenti. Regole di Feynman per i diagrammi QED. I principali processi QED a ordine albero. Il processo $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$. Sezioni d'urto Moeller, Bhabha, annichilazione in due fotoni con l'uso degli invarianti, s, t, u. Cenni su polarizzazione del vuoto e running coupling constant.

La struttura degli adroni e il modello a quark-partoni

Scattering Mott e struttura interna del protone. Formula di Rosenbluth e fattori di forma elettrico e magnetico del protone. Risultati sperimentali. Scattering inelastico elettrone-protone e funzioni di struttura W_1 W_2 . Confronto tra previsioni teoriche e risultati sperimentali. Evidenza dinamica dei costituenti degli adroni. Scaling di Bjorken e relazione di Callan-Gross. Il modello a partoni. Funzioni di distribuzione dei costituenti. Regole di somma e necessità dei gluoni e delle coppie quark-antiquark virtuali. Quark di valenza e di mare. Il rapporto R e la carica dei quark. L'annichilazione $q\bar{q} \rightarrow l^+l^-$, processo Drell-Yan e fenomeno dello scaling. Risultati sperimentali.

Le interazioni forti

Fenomenologia degli eventi di interazione adronica con produzione di particelle a grande p_T . Partoni e quark, il colore e le sue giustificazioni sperimentali. Adroni come singoletti di colore. La simmetria SU(3) di colore e elementi di QCD. Descrizione qualitativa della liberta' asintotica. Esempi di algebra del colore: coefficienti di colore nel caso di otetto e singoletto. Le sezioni d'urto elementari QCD ordine α_s^2 . Definizioni sperimentali di jet. Misura di distribuzione inclusiva dei jet e paragone con le predizioni QCD. Cinematica dell'interazione partone-partone : distribuzioni angolari: spin del gluone.

Interazioni deboli

Evidenza sperimentale dell'esistenza delle interazioni deboli; i doppietti leptonici. Teoria di Fermi del decadimento beta. Plot di Kurie. Interazioni leptoniche di corrente carica. Decadimento del muone e processo mu inverso. Correnti deboli adroniche e matrice CKM. Decadimento del pione carico. Correnti deboli neutre, angolo di Weinberg. Larghezza di W e Z e numero di famiglie.

Libri consigliati per consultazione:

D. Perkins, "Introduction to High energy Physics" (Cambridge Un. Press) 1999;
W.S.C. Williams, "Nuclear and Particle Physics" (Oxford Science Pub) 1994;
D. Griffiths, "Introduction to elementary particles" (Harper & Row Pub) 1987;
I.J.R. Aitchinson, "Gauge theory in particle physics" (Institute of physics) 2003;
T. Ferbel, "Experimental techniques in High Energy Physics" (WorldScientific);
R,K Ellis et al "QCD and Collider physics" (Cambridge Un. Press) 1996
A Seiden, "Particle physics a comprehensive introduction" (Addison Wesley) 2004.