

Programma.

Introduzione

Fisica atomica, nucleare e subnucleare. Introduzione al concetto di leptoni, adroni, quark. Esperimento di Rutherford come prototipo del metodo di indagine sulla struttura della materia. Unità di misura naturali. Collisioni, sezioni d'urto, luminosità e rate di interazione. I mesoni e il pigrone. La teoria di Yukawa. Costanti di accoppiamento: i vari tipi di interazione e relativi valori delle sezioni d'urto. Esempi di sezioni d'urto adroniche. Vita media di una particella, rate di decadimento, distribuzione Breit-Wigner.

Apparati sperimentali nella fisica delle 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. Calorimetri adronici. Perdita di energia per ionizzazione e sue fluttuazioni: formula di Bethe-Bloch, formula di Landau. Rivelatori di tracce a gas, a semiconduttore. Misura dei muoni, scattering multiplo e suoi effetti sulla risoluzione in impulso. Rivelatori Cerenkov e a radiazione di transizione.

Simmetrie e leggi di conservazione

Isospin forte e sue applicazioni. Parità intrinseca e parità relativa. Determinazioni sperimentali. Conservazione della parità: verifiche sperimentali. Coniugazione di carica nei sistemi particella antiparticella, il positronio. Inversione temporale: bilancio dettagliato, dipolo elettrico del neutrone, 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.

Interazioni elettromagnetiche

Richiami sulle equazioni di Dirac. Spinori di Dirac. Regole di Feynman per i diagrammi QED. I principali processi QED a ordine albero. Il processo $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$. Regola d'oro per lo scattering. Sezioni d'urto di Møller, 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 ed il mare. Il rapporto R e la carica dei quark. L'annichilazione $q\bar{q} \rightarrow \mu^+\mu^-$, processo Drell-Yan e fenomeno dello scaling. Risultati sperimentali.

Interazioni deboli

Evidenza sperimentale delle interazioni deboli; i doppietti leptonici. La stranezza S e le interazioni deboli degli adroni $DS=0,1$. Teoria di Fermi del decadimento beta. Plot di Kurie. Neutrini sinistrorsi, proiettori di elicità. Determinazione sperimentale dell'elicità del neutrino: esperimento con il Sm . Regole di Feynman per le ampiezze deboli cariche. Il decadimento inverso del: sezione d'urto totale e differenziale. Relazione tra g_W e la costante di Fermi G_F . Teoria di Cabibbo sulle correnti deboli adroniche. Meccanismo GIM e necessità di un quarto quark. Calcolo del decadimento del mesone pigrone e soppressione per elicità. Matrice di Cabibbo, Kobayashi, Maskawa. Scattering inelastico di neutrino e scaling di Bjorken. Regole di somma per le funzioni di struttura F_2, F_3 di neutrino. Correnti deboli neutre e angolo di Weinberg.

Le interazioni forti

Le interazioni forti: interazioni "soft" e "hard". I primi dati ISR sulla produzione 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 ottetto e singoletto. Le sezioni d'urto elementari QCD ordine α_s , Misura di distribuzione inclusiva dei jet e paragone con le predizioni QCD. Cinematica dell'interazione partone-partone e distribuzioni angolari: spin del gluone. Regole di Feynman di QCD e fattori di colore per i vari accoppiamenti. Paragone con i risultati sperimentali.

Libri consigliati per consultazione:

D. Perkins, "Introduction to High energy Physics" (Addison Wesley Pub);
W.S.C. Williams, "Nuclear and Particle Physics" (Oxford Science Pub);
D. Griffiths, "Introduction to elementary particles" (Harper & Row Pub);
I.J.R. Aitchinson, "Gauge theory in particle physics" (Adam Hilger Pub);
T. Ferbel, "Experimental techniques in High Energy Physics" (WorldScientific).