

Laurea Specialistica in Scienze Fisiche  
a.a.2005-2006

# **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  $\alpha_s^2$ . 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. Evoluzione con  $Q^2$  delle funzioni di struttura e introduzione all'equazione di Altarelli Parisi. Produzione di fotoni diretti. Paragone con i risultati sperimentali.

### **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.

#### 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.