

Teorie delle Interazioni Fondamentali

A.A. 2009-2010

I) Introduzione alla teoria quantistica dei campi

II) Fisica delle particelle: Simmetrie

- 1) Introduzione.
Non-osservabili, trasformazioni di simmetria e leggi di conservazione. Asimmetrie ed osservabili.
- 2) Simmetria U_1 ed invarianza P, C.
Esempio classico dell'invarianza dell'hamiltoniana della elettrodinamica per trasformazioni unitarie connesse a P, C ed L (numero leptonico); esistenza e proprietà di questi operatori. Applicazioni: teorema di Furry; stati di positronio.
Operatori numero barionico N e numeri leptonici L_e ed L_μ .
- 3) Time-reversal ed invarianza CPT. Invarianza per time-reversal in sistemi classici e quantistici. Invarianza dell'equazione di Schrödinger. Operatore T di time-reversal ed invarianza dell'elettrodinamica quantistica per time-reversal; esistenza e proprietà dell'operatore T. Time-reversal e momento angolare. T-invarianza della matrice S e relazioni di reciprocità. Teorema CPT.
- 4) Spin isotopico e G-parità.
Simmetria U_2 ed SU_2 (isospin). Trasformazioni di isospin e conservazione dell'isospin nella interazione forte. Sistema nucleone-antinucleone. G-parità e sua conservazione nella interazione forte. Determinazione di numeri quantici di mesoni e barioni. Ottetto mesonico e barionico. Violazione di isospin nell'interazione elettromagnetica e debole.
- 5) Simmetria SU_3 .
Gruppo SU_3 . Trasformazioni di tensori. Tensori isotropi. Contrazioni. Tensori riducibili ed irriducibili; condizioni di irriducibilità. Dimensione di un tensore di rango (n, m) e rappresentazioni di SU_3 ; esempio dei tensori irriducibili di rango più basso e delle corrispondenti rappresentazioni di SU_3 . Scomposizione di una rappresentazione riducibile di SU_3 . Generatori del gruppo SU_3 e costanti di struttura. Rappresentazioni di SU_2 ed SO_3 . Campi di quarks e simmetria SU_3 di flavor per gli stati adronici. Ottetto mesonico pseudoscalare. Ottetto barionico di spin-1/2 e decupletto barionico di spin-3/2. Simmetria SU_3 di colore. Formule di massa ricavate con il metodo di Wentzel e Gell-Mann (campo di spurione).

III) Fisica delle particelle: Modelli teorici unificati delle interazioni deboli ed elettromagnetiche

- 1) Il vuoto come sorgente di asimmetria. Eccitazione del vuoto e rottura di simmetria. Simmetrie discrete spontaneamente rotte. Rottura spontanea di simmetrie continue e bosoni di Goldstone.
- 2) Teorie dei campi di gauge non-Abeliane. Invarianza di gauge generalizzata. Teoria di gauge SU_N ed invarianza della lagrangiana per trasformazioni di gauge locali di SU_N .

- 3) Interazioni deboli (fenomenologia)
 Interazioni puramente leptoniche. Correnti leptoniche cariche e corrente leptonica neutra. I leptoni τ^\pm ed il numero leptonic L_τ . Interazioni semileptoniche. Scomposizione della corrente adronica. Decadimento del π e del K in due leptoni. Decadimento β . Teoria di Cabibbo e modello di Kobayashi-Maskawa (simmetria quark-leptone). Interazioni non-leptoniche e forma generale della lagrangiana efficace. Ipotesi del bosone intermedio.
- 4) Teoria di gauge delle interazioni deboli ed elettromagnetiche. Bosoni di Goldstone e meccanismo di Higgs in una teoria di gauge SO_3 . Modello standard (teoria di Glashow-Weinberg-Salam): gruppo di gauge; densità lagrangiana; rottura spontanea di simmetria; coupling fra leptoni e campi di gauge: i bosoni vettoriali intermedi W e Z nei processi del 2° ordine dello scattering $e^- \nu_e$.

IV) Fisica delle particelle: Elementi di Cromodinamica Quantistica

- 1) Confinamento dei quarks. Costante dielettrica di colore. Un problema ipotetico dell'elettromagnetismo classico. Il vuoto della QCD come perfetto dielettrico di colore.
- 2) Cromodinamica quantistica e teorie di gauge. Necessità della scelta di un gauge specifico per effettuare una quantizzazione coerente. Quantizzazione dei campi fermionici e del campo di gauge in QCD e più in generale nelle teorie di gauge SU_N .
- 3) Modello a quarks degli adroni in Cromodinamica quantistica. Formulazione fenomenologica. Costante dielettrica di colore. Funzione densità di energia. Costante di accoppiamento f . Gli adroni come solitoni (bags). Funzioni d'onda dei quarks all'interno dell'adrone. Considerazioni qualitative sulle strutture adroniche. Equazioni universali per le possibili bags. MIT bag a SLAC bag.
- 4) Simmetria approssimata SU_6 e sua rottura.

Testi consigliati

- T. D. Lee: Particle physics and introduction to field theory (Harwood Academic Publishers, 1982)
- C. Quigg: Gauge theories of the strong, weak, and electromagnetic interactions (The Benjamin/Cummings Publishing Company, 1983)
- Ta-Pei Cheng and Ling-Fong Li: Gauge theory of elementary particle physics (Clarendon Press, 1989)