

**MECCANICA QUANTISTICA RELATIVISTICA E INTERAZIONI ELETTRODEBOLI**  
(Corso Semestrale, 12 Crediti; si puo' dare l' esame del modulo MQR, che corrisponde a 6 crediti)  
Luciano MAIANI, Omar BENHAR

**Programma del Corso tenuto nell' AA. 2007-08**

**1. MECCANICA QUANTISTICA RELATIVISTICA**

**Riferimenti bibliografici:**

L. Maiani, O. Benhar, *Meccanica Quantistica Relativistica* (MQR), Appunti delle Lezioni, Lezioni 1-50 (ultima versione: Novembre 2007)

Gli appunti si trovano sul sito: <http://chimera.roma1.infn.it/OMAR>

F. Mandl, G. Shaw, *Quantum Field Theory*, Wiley 1984 (M&S)

**Testi di consultazione:**

Landau&Lifshitz, *Teoria Classica dei Campi*

J.J. Sakurai, *Advanced Quantum Mechanics*.

Teoria della Relativita' Speciale (Richiami). Teoria dei Campi Classici. Simmetrie e Teorema di Noether. Tensore impulso-energia e tensore dei Momenti angolari. (MQR Capp. 1, 2, 3).

Campo di Klein-Gordon. Modi normali di oscillazione.

Quantizzazione del campo di K-G reale. Regole di commutazione per gli operatori di creazione e distruzione. Proprieta' statistiche dei quanti del campo (Bose-Einstein). Prodotto Tempo-ordinato. (MQR Cap. 4).

Equazioni di Maxwell-Lorentz. Energia e Momento del campo. Funzioni di Green. (MQR Cap. 5, Sez. 5.1).

Quantizzazione del campo elettromagnetico in assenza di cariche e correnti e del campo. Spin del fotone. (MQR Cap. 5, Sez. 5.3)

Equazione di Dirac. Invarianza relativistica. Spin. Proprieta' delle matrici gamma. Soluzioni dell' equazione di Dirac libera. Soluzioni ad energia positiva. Sostituzione minimale. Momento magnetico anomalo dell' elettrone:  $g=2$ . Soluzioni dell' equazione di Dirac ad energia negativa. Seconda quantizzazione del campo di Dirac con gli oscillatori di Fermi. (MQR, Cap. 6).

Quantizzazione canonica del campo di Dirac, regole di anticommutazione, equazioni del moto. Statistica dei quanti del campo di Dirac (Fermi-Dirac). Prodotti tempo-ordinati di campi fermionici. Microcausalita'. (MQR, Cap. 7).

Propagatori dei campi liberi: campo scalare e campo di Dirac. (MQR Cap. 8).

Interazione elettromagnetica. Sostituzione minimale e invarianza di gauge. Interazioni non minimali. Lagrangiana di Fermi per il decadimento beta del neutrone. (MQR Cap. 9).

Rappresentazione di Interazione. Matrice S. Formula di Dyson.  
Processi di diffusione. Conservazione dell' energia e del momento. Sezione d' urto. Vita media.  
(MQR Cap. 10).

Applicazioni al 1<sup>0</sup> e 2<sup>0</sup> ordine (cfr anche M&S):

MQR, Cap. 11, Sezz. 11.1, 11.3, 11.4

- Diffusione di una carica puntiforme in un campo esterno, sezione d' urto di Mott, formula di Rutherford;
- Effetto Compton;
- Annichilazione elettrone-positrone in coppie di muoni.

MQR, Cap. 12

- vita media del neutrone;
- vita media del muone;
- Interazione Corrente Corrente, *facoltativo*;
- Teoria del Bosone Intermedio, *facoltativo*.

## 2. TEORIA DELLE INTERAZIONI ELETTRODEBOLI

(non può essere sostenuto come esame singolo)

Il Corso e' basato su argomenti presi da:

L. Maiani, *Teorie di Gauge*, (TdG), appunti dell' AA 2005-06.

N. Cabibbo, L. Maiani, O. Benhar, *Elettrodinamica Quantistica*, Parti I e II, (QED), appunti dell' AA 2006-07.

Gli appunti si trovano sul sito: <http://chimera.roma1.infn.it/OMAR>

Per la rottura spontanea di simmetria e meccanismo di Higgs, vedi:

F. Mandl e G. Shaw, *Quantum Field Theory*, Wiley, 1984. (M&S)

### 1. Simmetrie continue globali

Simmetria di Spin Isotopico. Conservazione della Stranezza. Numeri quantici dei barioni e dei mesoni piu' leggeri. Le correnti di spin isotopico.

L' ipotesi CVC (Conserved Vector Current). Decadimento beta del pione.

### 2. Rottura spontanea di una simmetria continua globale

Funzioni a due punti. Rappresentazione di Kallen-Lehman (QED, parte I, Cap. 4, Sez. 4.4).

Il modello di Goldstone. Teorema di Goldstone.

### 3. Teorie di Gauge

Teoria di Yang e Mills per gruppi semisemplici. Derivata covariante e operatore di trasporto. Bosoni vettoriali e loro trasformazione di gauge. Costanti di accoppiamento. La lagrangiana minimale.

Il modello di Higgs con simmetria commutativa. Meccanismo di Higgs.

Propagatore di un campo vettoriale massivo.

### 4. Unificazione Elettrodebole

Simmetrie del doppietto ( $\nu_e$ ,  $e$ ). Il gruppo di gauge minimale per le interazioni leptoniche,  $SU(2)_L \times U(1)_Y$ .

La Teoria di Weinberg-Salam per i processi leptoniche. Doppietto scalare di Higgs.

Campi e particelle nella gauge unitaria: massa di W e Z, massa dei leptoni.

Conservazione del sapore leptoniche.

Interazioni di neutrini, struttura delle correnti cariche e neutre di  $SU(2)_L \times U(1)_Y$ .

Il bosone di Higgs, suoi accoppiamenti ai leptoni ed ai bosoni vettoriali.