

PROGRAMMA DEL CORSO DI FISICA TEORICA

Prof. Nicola Cabibbo
A.A. 2000 / 2001

Testi

Durante il corso abbiamo utilizzato il seguente testo:

- *F.Mandl, G.Shaw*; Quantum Field Theory, J.Wiley 1984 (MS).

Sono anche stati distribuiti degli appunti su alcuni argomenti per integrare la trattazione del Mandl e Shaw, disponibili nel sito di Omar Benhar: <http://chimera.roma1.infn.it/OMAR/>.

- (A) Quantizzazione covariante del campo elettromagnetico
- (B) Effetto Compton
- (C) $e^+ e^- \rightarrow \mu^+ \mu^-$
- (D) Bremsstrahlung e divergenza infrarossa
- (E) Divergenza superficiale (Analisi delle divergenze in teoria dei campi)
- (F) Interazioni deboli (Teoria di Fermi. Decadimenti del neutrone e del muone)
- (G) Decadimento leptonic del W
- (H) Invarianza di Gauge
- (I) Scattering elettrone-neutrino

Programma d'esame

1. Il Fotone e il campo elettromagnetico (MS, cap.1)

- Equazioni di Maxwell, potenziali elettromagnetici.
- Quantizzazione del campo elettromagnetico nella gauge di radiazione.

2. Formulazione classica di una teoria di campo (MS, cap.2)

- Principio di azione, equazioni di Eulero-Langrange. Momenti coniugati. Formalismo Hamiltoniano.
- Il Teorema di N ther. Tensore impulso-energia e tensore del momento angolare.
- Trasformazioni di fase globale e relativa corrente conservata.

3. Quantizzazione del campo scalare (MS, cap.3)

- Il campo reale di Klein-Gordon. Operatori di creazione e distruzione. Necessità di regole di commutazione.
- Funzioni di Green e propagatore.
- Il campo scalare complesso.

4. Quantizzazione del campo di Dirac (MS cap.4)

- L'equazione di Dirac. Corrente conservata. Invarianza relativistica, trasformazione di parità.
- Matrici di Dirac e forme bilineari.
- Interazione con un campo elettromagnetico: limite non relativistico e momento magnetico.
- Soluzioni ad onda piana; l'elicità.
- Quantizzazione del campo di Dirac. Regole di anticommutazione.
- Funzioni di Green e propagatore.

5. Quantizzazione del campo elettromagnetico in forma covariante (MS, cap.5, Appunto A)

- La lagrangiana di Fermi.
- Quantizzazione canonica (Gupta - Bleuler). Stati a metrica negativa e invarianza di gauge.
- Il propagatore del fotone.

6. Lo sviluppo perturbativo della matrice S (MS, cap.6)

- Rappresentazione di interazione. Matrice S.
- Unitarietà e invarianza relativistica della matrice S.
- Lo sviluppo di Dyson.
- Il teorema di Wick.
- Probabilità di transizione, sezione d'urto, vita media.

7. Lo sviluppo perturbativo per l'elettrodinamica quantistica (MS, cap.7,8, Appunti B, C, D)

- Diagrammi di Feynman nello spazio - tempo.
- Diagrammi di Feynman nello spazio dei momenti.
- Applicazioni all'elettrodinamica spinoriale:
 - a) diffusione Compton, invarianza di gauge;
 - b) annichilazione $e^+ e^- \rightarrow \mu^+ \mu^-$.
 - c) Diffusione in un campo classico. Sezione d'urto. Sezione d'urto di Rutherford.

8. Elementi di teoria della rinormalizzazione (MS, cap.9,10, Appunti D, E)

- Divergenze ultraviolette. Necessità di una regolarizzazione.
- Identificazione delle divergenze nei grafici ad un loop.
- Rinormalizzazione del propagatore e della funzione d'onda dell'elettrone.

- Rinormalizzazione del propagatore e della funzione d'onda del fotone.
- Struttura della corrente elettromagnetica (particella di spin 1/2). Decomposizione di Gordon.
- Rinormalizzazione del vertice. Identità di Ward ($Z_1 = Z_2$).
- Divergenza superficiale. Grafici primitivamente divergenti nell'elettrodinamica spinoriale e scalare.
- Radiazione di fotoni soffici; divergenze infrarosse.
- Cancellazione delle divergenze infrarosse.
- Correzione al g-2 dell'elettrone.

9. Le Interazioni Deboli (MS, cap.11, Appunti E, F, G)

- L'interazione a quattro fermioni. Decadimento del neutrone.
- Decadimento del muone.
- L'interazione di Fermi e il bosone vettoriale intermedio.
- Quantizzazione dei bosoni vettoriali- il propagatore.
- Comportamento del propagatore ad alti momenti. Non-rinormalizzabilità della teoria del Bosone Intermedio.
- Decadimento leptonic del mesone W.

10. Teoria di gauge delle Interazioni Deboli ed Elettromagnetiche (MS, cap.12, Appunti H, I)

- Teorie di gauge; il caso del campo elettromagnetico.
- Teoria di gauge basata su un arbitrario gruppo di simmetria.
- Teoria di gauge delle interazioni deboli ed elettromagnetiche per una coppia di leptoni con massa eguale a zero.
- Mescolamento tra interazioni elettromagnetiche e interazioni di corrente neutra; il fotone ed il mesone vettoriale Z.
- Scattering elettrone-neutrino.

11. Rottura spontanea di simmetria (MS, cap.13)

- Rottura di una simmetria globale; teorema di Goldstone
- Meccanismo di Higgs nella teoria del campo scalare complesso.
- Rottura di simmetria nel modello unificato delle interazioni elettrodeboli.
- Masse dei Bosoni vettoriali e dei campi fermionici nel modello standard.