

Programma del corso di Fisica Teorica III

Nicola Cabibbo

2002–2003

1 Testi

Durante il corso abbiamo utilizzato il testo di

F.Mandl, G.Shaw, *Quantum Field Theory*, J.Wiley 1995 (MS).

Sono anche stati distribuiti degli appunti su alcuni argomenti per integrare la trattazione del Mandl e Shaw:

1. Dal gruppo di Lorentz alla equazione di Dirac.
2. Quantizzazione del campo elettromagnetico.
3. Interazione tra elettroni e campo elettromagnetico.
4. Propagatore del fotone.
5. Quantizzazione del campo di Dirac e propagatore fermionico.
6. $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$.
7. Effetto Compton.
8. Momento Magnetico anomalo.
9. Bremsstrahlung e divergenza infrarossa.
10. Decadimento leptonico del W.
11. Invarianza di Gauge.

Gli Appunti sono accessibili in rete nel sito di Omar Benhar: <http://chimera.roma1.infn.it/OMAR/>,
o nel sito di N.Cabibbo: <http://chimera.roma1.infn.it/NICOLA/>.

2 Programma d'esame

2.1 Il Fotone e il campo elettromagnetico (MS, cap.1, appunto 2, 3)

- Equazioni di Maxwell, potenziali elettromagnetici.
- Quantizzazione del campo elettromagnetico nella gauge di radiazione.
- Interazione di elettroni, trattamento semiclassico nella approssimazione di dipolo.

2.2 Il gruppo di Lorentz. (Appunto 1)

- Trasformazioni di Lorentz, vettori contravarianti e covarianti; derivate parziali.
- Trasformazioni infinitesime; struttura del gruppo di Lorentz.
- Tensori e rappresentazioni del gruppo di Lorentz.

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

- Principio di azione, equazioni di Eulero-Lagrange. Momenti coniugati. Hamiltoniano.
- Il Teorema di Nöther. Trasformazioni di fase globale e relativa corrente conservata.

2.4 Il Gruppo di Poincaré e la meccanica quantistica. (Appunto 1, cap. 2)

- Gruppi continui e algebra di Lie.
- Algebra del gruppo di Poincaré.
- Trasformazione delle grandezze di campo.

2.5 Spinori. (Appunto 1, cap. 3)

- Rappresentazioni spinoriali del gruppo di Lorentz.(Par. 3.1)
- L'operatore gradiente. (Par. 3.8)

2.6 Campi per particelle di spin 1/2. (Appunto 1, cap. 4)

- Teoria di Weyl e sua quantizzazione: energia, impulso, elicità. (Par. 4.1, 4.2)
- Teoria di Majorana: quadri-spinori, matrici di Dirac, covarianti bilineari. (Par. 4.3 ...4.5)
- Lagrangiano di Majorana; rappresentazioni delle matrici di Dirac. Teoria di Dirac. (Par. 4.6...4.9)

2.7 Quantizzazione del campo di Dirac—seguito. (MS cap.4, appunto 5)

- Interazione con un campo elettromagnetico: limite non relativistico e momento magnetico.
- Funzioni di Green e propagatore per un campo di Dirac.

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

- Rappresentazione di interazione. Matrice S.
- Lo sviluppo di Dyson. Teorema di Wick.
- Probabilità di transizione, sezione d'urto, vita media.

2.9 Lo sviluppo perturbativo per l'elettrodinamica quantistica. (MS, cap.7,8, appunto 6, 4, 7)

- Diagrammi di Feynman.
- Diffusione in un campo classico. Sezione d'urto. Sezione d'urto di Rutherford.
- Il propagatore del fotone (Appunto 4)
- $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$: Sezione d'urto, ruolo della elicità, coniugazione di carica.
- Effetto Compton: invarianza di gauge e limite non relativistico

2.10 Elementi di teoria della rinormalizzazione. (MS, cap.9,10, 8, appunto 9)

- Divergenze ultraviolette. Grafici primitivamente divergenti nell'elettrodinamica spinoriale
- Rinormalizzazione del propagatore e della funzione d'onda dell'elettrone.

- Rinormalizzazione del vertice. Identità di Ward ($Z_1 = Z_2$).
- Radiazione di fotoni soffici; divergenze infrarosse.
- Rinormalizzazione del vertice. Identità di Ward ($Z_1 = Z_2$).
- Rinormalizzazione del propagatore e della funzione d'onda del fotone.
- Correzione al $g-2$ dell' elettrone.

2.11 Le Interazioni Deboli (MS, cap.11, appunto 10)

- L'interazione di Fermi e il bosone vettoriale intermedio.
- Quantizzazione dei bosoni vettoriali- il propagatore.
- Non-rinormalizzabilità della teoria del Bosone Intermedio.
- Decadimento leptonic del mesone W.

2.12 Teoria di gauge delle Interazioni Deboli ed Elettromagnetiche (MS, cap.12, appunto 11)

- Elettromagnetismo come teoria di gauge.
- 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.

2.13 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.