

# Programma Teoria Quantistica dei Campi 2022/23

Alessandro Pilloni

(Dated: May 20, 2023)

1. Equazioni di Maxwell in forma covariante e lagrangiana del campo elettromagnetico (§5.1 [2]). Problema col formalismo Hamiltoniano a causa della libertà di gauge. Scelta di due possibili gauge: gauge covarianti (di Lorentz) e gauge di Coulomb. Quantizzazione in gauge di Coulomb. Vettori di polarizzazione (§5.5 [2]). Quantizzazione covariante, condizione di Gupta-Bleuler (§5.2 [3]).
2. Propagatore del fotone in gauge di Lorentz e riduzione al propagatore in gauge di Coulomb (§5.2 [2] e §5.3 [3]).
3. Lagrangiane di interazione, classiche e quantistiche. Interazioni non derivative. Rappresentazione di interazione. Formula di Dyson (§5.5 e 5.6 [1]).
4. Matrice di Scattering. Lorentz-invarianza. Teorema di Wick (§11 [2], §6.2 e §6.3 [3]). La matrice  $S$  nello spazio dei momenti, le regole di Feynman (§7 [3]).
5. Esempi di osservabili: sezioni d'urto e larghezze di decadimento (§11.3 [2] e §8.1 [3]). La cinematica dello scattering  $2 \rightarrow 2$ .
6. L'elettrodinamica quantistica. Invarianza di gauge e teorie di gauge (§4.5 [3] e §9.1 [2]). Simmetrie e Scattering (§11.2 [2]). Le regole di Feynman della QED (§7.2.3 [3]).
7.  $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$ . Limite ultrarelativistico e nonrelativistico. Somma sulle polarizzazioni e tracciologia (§14.7 [2], §5.1–5.3 [4]).
8. Simmetria di crossing e  $e^-\mu^- \rightarrow e^-\mu^-$  (5.4 [4]). Sezioni d'urto di Mott e Rutherford (§14.1 [2]).
9. Lo scattering Compton (massless). Le identità di Ward on-shell (§14.4 [2], §5.5 [4]).
10. Stati canonici e di elicità. Chiralità. Simmetrie discrete. Parità. Continuazione della parità. Coniugazione di carica. Inversione temporale. Teorema CPT. Eguaglianza di massa di particelle e antiparticelle. (§12 [2], attenzione che ci sono diversi errori).

11. Esempio di lagrangiana delle interazioni deboli. Calcolo del decadimento del muone, spazio fasi a tre corpi (§15.2 [2]).
12. Introduzione alla rinormalizzazione. Rinormalizzazione dei propagatori in teorie scalari: rinormalizzazione della massa e del campo. Rinormalizzazione del vertice (§10.1–10.2 [4], §9.8 [3]).
13. Lagrangiana dei controtermini. Rotazione di Wick. Grado superficiale di divergenza (§10.1–10.2 [4], §9.8 [3]).
14. Rinormalizzazione in QED. Condizioni di finitezza in QED. Rinormalizzazione on-shell. Polarizzazione del vuoto. Mantenimento della gauge invarianza (§10.3 [4], §12.4 [5]).
15. Cenni sulle identità di Ward off-shell (§12.5 [5]).
16. Cenni del gruppo di rinormalizzazione: l'equazione di Callan-Symanzik per teorie massless. La funzione  $\beta$  e la libertà asintotica (§12.2 [4], §9.5–9.7, §10.1–10.2 [6]).

#### NOTE

- I testi segnalati in connessione agli argomenti sono puramente indicativi, ma sono quelli più vicini a quanto svolto a lezione. I paragrafi corrispondono alla versione che ho io, ma le nuove edizioni possono aver cambiato la numerazione (anche sostanzialmente nel caso del Sakurai). Sentitevi liberi di usare i testi che meglio credete.
- Sia [2] che [3] normalizzano gli spinori  $\bar{u}u = 1$ , mentre in classe abbiamo utilizzato la normalizzazione  $\bar{u}u = 2m$

- 
- [1] J. J. Sakurai, “Meccanica Quantistica Moderna,” Zanichelli.
  - [2] L. Maiani, O. Benhar, “Meccanica Quantistica Relativistica: Introduzione alla Teoria Quantistica dei Campi,” Editori Riuniti.
  - [3] F. Mandl, G. Shaw, “Quantum Field Theory,” Wiley.
  - [4] M. Peskin, D. Schroeder, “An introduction to Quantum Field Theory,” Westview Press.
  - [5] N. Cabibbo, L. Maiani, O. Benhar, “Introduzione alle Teorie di Gauge,” Editori Riuniti.
  - [6] B. Van Heck, “Appunti di Teoria dei Campi,” <http://pillaus.it/datas/files/bennie.pdf>.

Altri testi consigliati:

- [7] S. Weinberg, “La Teoria Quantistica dei Campi Vol. 1: Fondamenti,” Zanichelli.
- [8] S. Weinberg, “Lectures on Quantum Mechanics,” Cambridge University Press.
- [9] C. Itzykson, J.-B. Zuber, “Quantum Field Theory,” Dover Publications.
- [10] M. Maggiore, “A Modern Introduction to Quantum Field Theory,” OUP Oxford