

# Programma Fisica Quantistica 2021/22

Alessandro Pilloni

(Dated: May 31, 2022)

## MECCANICA QUANTISTICA

1. Il momento angolare in meccanica quantistica e le regole di commutazione (§3.1 [1]). Cenni all'algebra delle rotazioni,  $SO(3)$  e  $SU(2)$ .
2. Rotazioni e sistemi di spin  $1/2$  (§3.2 [1])
3. Autovalori e autostati del momento angolare (§3.5 [1])
4. Il momento angolare orbitale e le armoniche sferiche. Potenziali a simmetria sferica e il laplaciano in coordinate polari (§3.6 [1])
5. Parità e armoniche sferiche (§4.2 [1])
6. Composizione di momenti angolari e serie di Clebsch-Gordan (§3.7 [1] e [2])
7. Particelle identiche (§6.1-6.3 [1]), cenni all'atomo di elio (§6.4 [1])
8. Hamiltoniana di Pauli ed effetto Zeeman (cenni da §5.3 [1]). Covarianza dell'Hamiltoniana di Pauli sotto rotazioni (§5.6 [3])

## TEORIA DEI CAMPI

1. Richiami di relatività speciale (§1-7 [4], §1.1-2.4 [5])
2. Il gruppo di Poincaré e il vettore di Pauli-Lubanski. Rappresentazioni del gruppo di Poincaré (§2.3-2.4 [6] e [7])
3. Teoria dei campi classici. Formalismo lagrangiano e hamiltoniano (capitolo 11 [8], §3.1-3.2 [5]).
4. Equazione di Klein-Gordon. Campi classici reali e complessi. Soluzioni dell'equazione omogenea e inomogenea (Funzioni di Green) (§4.1-4.2 [5])
5. Simmetrie e Teorema di Noether (§3.4-3.5 [5] e §2.4 [9])

6. Covarianza dei campi sotto trasformazioni di Poincaré. Tensore energia-impulso e dei momenti angolari (nel caso senza spin) (§3.6 [5] e §2.4 [9])
7. Quantizzazione del campo scalare. Commutatori canonici. Energia e impulso in forma quantizzata. Prodotti normali. Definizione degli stati (spazio di Fock) (§4.3 [5] e §3.1-3.2 [9])
8. Valori di aspettazione dei campi, prodotto tempo ordinato e propagatore di Feynman. Funzione di Pauli-Jordan e microcausalità (§8.1-8.2 [5] e §3.3-3.4 [9])
9. Valori di aspettazione dei campi, prodotto tempo ordinato e propagatore di Feynman. Funzione di Pauli-Jordan e microcausalità (§8.1-8.2 [5] e §3.3-3.4 [9])
10. Equazione di Dirac. Spin e conservazione del momento angolare (§6-6.1-6.1.1 [5]).
11. Spinori e soluzione a energia negativa Risoluzione del problema delle energie negative e introduzione delle antiparticelle. Spinori  $v$ . Relazioni di completezza e proiettori. Proprietà delle matrici gamma (§6.1.4 [5])
12. Limite non relativistico e Hamiltoniana di Pauli (§6.1.5 [5]).
13. Covarianza dell'equazione di Dirac. Spinore aggiunto. Lagrangiana di Dirac. Bilineari covarianti (§6.1.2 [5], §4.2 [9])
14. Quantizzazione dell'equazione di Dirac. Energia e impulso in forma quantizzata e necessità di introdurre gli anticommutatori canonici. Definizione degli stati e connessione spin-statistica (§7.1-7.3 [5], §4.3 [9])
15. Valori di aspettazione dei campi fermionici, prodotto tempo ordinato e propagatore di Feynman. Funzione di Pauli-Jordan e microcausalità (§7.5-7.6 e §8.3 [5] e §4.4 [9])
16. Equazioni di Maxwell in forma covariante e lagrangiana del campo elettromagnetico (§5.1 [5]). 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 [5]). Quantizzazione covariante, condizione di Gupta-Bleuler (§5.2 [9]).
17. Propagatore del fotone in gauge di Lorentz e riduzione al propagatore in gauge di Coulomb (§5.2 [5] e §5.3 [9]).

## 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.
- [6] usa la metrica  $g_{\mu\nu} = \text{diag}(-1, 1, 1, 1)$ , gli altri testi  $g_{\mu\nu} = \text{diag}(1, -1, -1, -1)$ . Questo introduce dei segni diversi nella discussione del gruppo di Poincaré.
- Sia [5] che [9] 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] <https://pdg.lbl.gov/2018/reviews/rpp2018-rev-clebsch-gordan-coefs.pdf>
- [3] S. Patri e M. Testa, “Fondamenti di Meccanica Quantistica,” Ed. Nuova Cultura.
- [4] L.D. Landau, E.M. Lifshits, “Fisica Teorica Vol. 2: Teoria dei campi,” Editori Riuniti.
- [5] L. Maiani, O. Benhar, “Meccanica Quantistica Relativistica: Introduzione alla Teoria Quantistica dei Campi,” Editori Riuniti.
- [6] S. Weinberg, “La Teoria Quantistica dei Campi Vol. 1: Fondamenti,” Zanichelli.
- [7] [https://en.wikipedia.org/wiki/Pauli%E2%80%93Lubanski\\_pseudovector](https://en.wikipedia.org/wiki/Pauli%E2%80%93Lubanski_pseudovector)
- [8] H. Goldstein, “Meccanica Classica,” Zanichelli.
- [9] F. Mandl, G. Shaw, “Quantum Field Theory,” Wiley.

Altri testi consigliati:

- [10] S. Weinberg, “Lectures on Quantum Mechanics,” Cambridge University Press.
- [11] C. Cohen-Tannoudji, B. Diu, F. Laloë, “Lectures on Quantum Mechanics,” Vch Pub.