

# Programma Modello Standard 25/26

Alessandro Pilloni

(Dated: December 13, 2025)

1. Generalità sul modello standard. Contenuto dei campi di materia e bosoni di gauge, bosone di Higgs ([1], §1 [2]).
2. Il gruppo  $SU(3)$ : Algebra, rappresentazione fondamentale e antifondamentale, rappresentazione aggiunta. Cenni alla costruzione delle rappresentazioni. Operatori di Casimir. Il modello a quark: isospin e stranezza, modello di Gell-Mann. L'ottetto dei mesoni, l'ottetto e il decupletto dei barioni. L'introduzione del colore (§2, §6, §7 [3], [4])
3. Le teorie di gauge non abeliane: derivata covariante, tensore di Yang-Mills (§15.1-15.3 [5], §25, §26.1 [6], §3 [7]).
4. La gauge invarianza in QCD, Compton scattering (§16.1 [5]).
5. Il teorema di Goldstone, dimostrazione col potenziale ed esempio col sombrero. Dimostrazione con la rappresentazione spettrale (§11.1 [5], §15 [8]).
6. Il modello sigma lineare (§I.3 [9]).
7. Il modello di Glashow: il gruppo  $SU(2) \times U(1)$ . Mixing elettrodebole e angolo di Weinberg. Le correnti neutre (§4 [7], §12 [12]). Il meccanismo di Higgs (§16.1 [8], §5.4-5.5 [7], §20.1 [5]).
8. Il modello di Weinberg e Salam (§6 [7], §20.2 [5]).
9. Il decadimento del muone: larghezza totale, Dalitz plot e sue proiezioni ([10], §15.2 [11]).
10. Scattering elastico  $\nu_\mu e^-$  (§7.1 [7], §12 [12]).
11. Mixing dei quark: angolo di Cabibbo, il meccanismo GIM e il quark charm; le violazioni di CP e il meccanismo di Kobayashi-Maskawa (§9.1 [7]).
12. Decadimento del pion carico. Misura di  $f_\pi$  (§VI-1 [9]).
13. Scattering di elettroni su particelle puntiformi. Fattori di forma e raggio del protone. Decomposizione di Rosenbluth del fattore di forma elastico. Scattering inelastico e profondamente anelastico. Scaling di Bjorken (§6.8, §8 [2], [13]).

14. Scattering di fotoni virtuali. Il modello a partoni e le funzioni di struttura. Regola di somma e necessità per una componente gluonica (§9 [2]).
15. Il modello a partoni in QCD: Fattorizzazione al tree level. Violazioni dello scaling e fattorizzazione al primo ordine in  $\alpha_s$ . Cenni alle splitting functions e equazioni di Altarelli-Parisi (§10 [2]).

#### 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.
- 

- [1] Wikipedia, “Standard Model,” [https://en.wikipedia.org/wiki/Standard\\_Model](https://en.wikipedia.org/wiki/Standard_Model).
- [2] F. Halzen, A. D. Martin, “Quarks and Leptons: An Introductory Course in Modern Particle Physics,” Wiley.
- [3] H. Georgi, “Lie Algebras in Particle Physics,” CRC Press.
- [4] G. Salmè, “Elementi di Teoria dei Gruppi,”  
[https://www.roma1.infn.it/~dionisi/docs\\_specialistica/appunti.pdf](https://www.roma1.infn.it/~dionisi/docs_specialistica/appunti.pdf).
- [5] M. Peskin, D. Schroeder, “An introduction to Quantum Field Theory,” Westview Press.
- [6] M. D. Schwartz, “Quantum Field Theory and the Standard Model,” Cambridge University Press.
- [7] L. Maiani, “Interazioni Elettrodeboli,” Editori Riuniti.
- [8] B. Van Heck, “Appunti di Teoria dei Campi,” <http://pillaus.it/datas/files/bennie.pdf>.
- [9] J. F. Donoghue, E. Golowich and B. R. Holstein, “Dynamics of the Standard Model: Second edition,” Cambridge University Press.
- [10] A. Pilloni, “Muon Decay,” [https://www.pillaus.it/datas/files/muon\\_decay.pdf](https://www.pillaus.it/datas/files/muon_decay.pdf),  
<https://www.pillaus.it/datas/files/Muon.C>.
- [11] L. Maiani, O. Benhar, “Relativistic Quantum Mechanics Relativistica: An introduction to relativistic quantum fields,” CRC Press.
- [12] R. N. Cahn and G. Goldhaber, “The experimental foundations of particle physics,” Cambridge Univ. Press, 2009.
- [13] J. I. Friedman, “Nobel Lecture,” <https://www.nobelprize.org/uploads/2018/06/friedman-lecture.pdf>.

Altri testi consigliati:

- [14] R. K. Ellis, W. J. Stirling and B. R. Webber, “QCD and collider physics,” Camb. Monogr. Part. Phys. Nucl. Phys. Cosmol. **8** (1996), 1-435 Cambridge University Press, 2011, ISBN 978-0-511-82328-2, 978-0-521-54589-1.
- [15] R. G. Roberts, “The Structure of the proton: Deep inelastic scattering,” Cambridge University Press, 1994, ISBN 978-0-521-44944-1, 978-1-139-24244-8.
- [16] M. S. Sozzi, “Discrete symmetries and CP violation: From experiment to theory,” OUP Oxford, 2008, ISBN 978-0-199-29666-8.