



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI DI MILANO-BICOCCA

## COURSE SYLLABUS

### Quantum Field Theory II

2526-1-F1703Q041

---

#### Obiettivi

Conoscenza e capacità di comprensione: La/lo studente completerà le sue conoscenze della teoria quantistica dei campi, sviluppando l'approccio funzionale alle teorie con materia (fermioni) e teorie di gauge descrittive delle interazioni fondamentali. Approfondirà la conoscenza delle principali proprietà della QED e della QCD. Acquisirà familiarità con argomenti avanzati di QFT, come la simmetria BRST, simmetrie e anomalie, e istantoni.

Conoscenza e capacità di comprensione applicate: la/lo studente dovrà essere in grado di applicare la Teoria Quantistica e Relativistica dei Campi allo studio delle Interazioni Fondamentali, in particolare al Modello Standard. Sarà in grado di applicare le tecniche perturbative al calcolo di ampiezze di scattering e azioni effettive per teorie di gauge con materia. Sarà in grado di studiare le simmetrie continue e discrete di una teoria di campo e calcolarne eventuali anomalie. Svilupperà un approccio più formale/matematico alla teoria dei campi.

Autonomia di giudizio: la/lo studente svilupperà capacità critiche e di giudizio nel saper scegliere tra gli strumenti forniti a lezione quello più appropriato per la soluzione di un determinato problema specifico.

Abilità comunicative: la/lo studente dovrà acquisire un linguaggio scientifico corretto e appropriato alle tematiche svolte nel corso.

Capacità di apprendere: la/lo studente sarà in grado di approfondire concetti specifici, non presentati durante il corso, e di proseguire in modo autonomo nello studio avanzato su testi scientifici specializzati.

#### Contenuti sintetici

Approccio funzionale alle teorie fermioniche e teorie di gauge. Rinormalizzazione perturbativa di QED e QCD. Gruppo di rinormalizzazione per teorie di gauge. Anomalie.

## Programma esteso

Azione effettiva a la Wilson. Classificazione degli operatori composti.

Metodi funzionali per fermioni. Integrazione su variabili di Grassmann. Teoria di Yukawa: rinormalizzazione a un loop.

Simmetrie discrete: parità, time-reversal, coniugazione di carica. Teorema PCT.

Teorie di gauge. Teorie di Yang-Mills. Formulazione col path integral. Caso abeliano e caso non abeliano.

Propagatore dei campi di gauge. Gauge fixing, determinante di Faddeev-Popov e relativi ghosts. Quantizzazione BRST.

Approccio perturbativo al path integral per teorie di gauge con materia scalare e fermionica. QED: Rinormalizzazione e funzioni beta per QED e QCD. Libertà asintotica.

Rinormalizzabilità di teorie di gauge con rottura spontanea di simmetria. Gauge rinormalizzabili vs gauge unitario. Simmetrie, identità di Ward-Takahashi e identità di Slavnov-Taylor. Casi particolari: QED e QCD.

Anomalie in QFT. Anomalie assiali e chirali. Anomalia ABJ: calcolo del diagramma a triangolo. Metodo di Fujikawa.

Anomalie in teorie di gauge. Approccio BRST alle anomalie. Condizione di consistenza di Wess-Zumino. Descent equations. Anomalie di 't Hooft. Condizione di "anomaly matching" di 't Hooft.

Monopolo di Dirac. Solitoni in 2D. Monopolo di Dirac-Polyakov nel modello di Georgi-Glashow.

Istantoni in teorie di gauge e theta-vuoti.

## Prerequisiti

Corsi di Relatività Generale, Fisica Teorica I e II, Teoria dei Campi I

## Modalità didattica

Didattica erogativa (lezioni frontali ed esercitazioni in classe). Non sono previste lezioni da remoto.

## Materiale didattico

M.E. Peskin, D.V. Schroeder, An introduction to Quantum Field Theory P. Ramond, Field Theory : A Modern Primer, 2nd Edition

M. Srednicki, Quantum Field Theory

T-P. Cheng and L-F. Li, Gauge Theory of Elementary Particle Physics D. Anselmi, Renormalization

S. Weinberg, The Quantum Theory of Fields I, II

R. Rajaraman, Solitons and Instantons

## Periodo di erogazione dell'insegnamento

Secondo semestre

## **Modalità di verifica del profitto e valutazione**

Esame orale preceduto da un breve esercizio da svolgersi in presenza.

La valutazione finale terrà conto del livello di comprensione raggiunto di tutti gli argomenti introdotti a lezione, le capacità calcolative in QFT sviluppate, nonché della proprietà di linguaggio scientifico e della chiarezza espositiva nelle risposte.

## **Orario di ricevimento**

Su appuntamento, scrivendo a [silvia.penati@unimib.it](mailto:silvia.penati@unimib.it)

## **Sustainable Development Goals**

ISTRUZIONE DI QUALITÀ

---