UNIVERSITÀ DI PISA

QUANTUM CHROMODYNAMICS / CROMODINAMICA QUANTISTICA

ENRICO MEGGIOLARO

Anno accademico	2023/24
CdS	FISICA
Codice	197BB
CFU	9

Moduli	Settore/i	Tipo	Ore	Docente/i
CROMODINAMICA QUANTISTICA	FIS/02	LEZIONI	54	ENRICO MEGGIOLARO

Obiettivi di apprendimento

Conoscenze
Scopo del corso e` quello di fornire una introduzione alla teoria quantistica di campo delle interazioni forti, la cosiddetta "Cromo-Dinamica Quantistica" (QCD), e ai suoi principali aspetti non perturbativi. Dopo una introduzione al modello a quark, ai fondamenti delle teorie di gauge non Abeliane e ai principali risultati della QCD perturbativa, il corso vertera` sui principali aspetti della QCD non perturbativa: QCD su reticolo, istantoni, limite di grande numero N di colori ("espansione 1/N"), simmetrie chirali. In particolare, si discutera` in maniera completa e dettagliata il problema delle simmetrie chirali dell'interazione forte e della loro rottura spontanea (incluso il cosiddetto "problema U(1)") e il metodo di indagine che fa uso delle cosiddette "Lagrangiane Chirali Efficaci".

Modalità di verifica delle conoscenze
Le conoscenze acquisite dallo studente saranno verificate, durante l'esame orale finale, sulla base dalla sua capacita` di discutere gli argomenti trattati nel corso con la terminologia appropriata e facendo uso degli appropriati "strumenti teorici". Inoltre, allo studente verra` anche richiesto di presentare (in forma di manoscritto) e discutere la soluzione dei problemi assegnati dal docente durante il corso.

Capacità
Lo studente sara` in grado di risolvere esercizi e problemi e anche di consultare la letteratura specializzata sugli argomenti del corso.

Modalità di verifica delle capacità
Le capacita` acquisite dallo studente saranno verificate, durante l'esame orale finale: in particolare, allo studente verra` richiesto di presentare (in forma di manoscritto) e discutere la soluzione dei problemi assegnati dal docente durante il corso.

Comportamenti
Lo studente sara` in grado di intraprendere studi piu` avanzati o attivita` di ricerca in fisica teorica.

Modalità di verifica dei comportamenti
La maturita` acquisita dallo studente iin fisica teorica sara` verificata, durante l'esame orale finale, sulla base dalla sua capacita` di discutere gli argomenti trattati nel corso con la terminologia appropriata e gli appropriatu "strumenti teorici" e anche dalla sua abilita` nel risolvere i problemi assegnati dal docente durante il corso.

Prerequisiti (conoscenze iniziali)
Si assume che lo studente che segue questo corso abbia gia` una conoscenza di base della meccanica quantistica relativistica e del formalismo canonico della teoria quantistica dei campi (seconda quantizzazione, espansione
perturbativa, diagrammi di Feynman, etc.): pertanto, lo studente che segue questo corso deve aver gia` seguito il corso di "Fisica Teorica I".
Lo studente potra` essere ammesso a sostenere l'esame finale soltanto se avra` gia` superato (con esito positivo) e verbalizzato l'esame del corso di "Fisica Teorica 1".

Indicazioni metodologiche
Lezioni ed esercitazioni frontali.
Presentazione scritta della soluzione degli esercizi assegnati durante il corso.
La frequenza non e` obbligatoria, ma e` comunque altamente consigliata.

UNIVERSITÀ DI PISA

Programma (contenuti dell'insegnamento)

A. FONDAMENTI E METODI PERTURBATIVI IN QCD:
La "Eightfold Way" di Gell-Mann & Ne'eman, ovvero la simmetria SU(3) di "sapore".Il modello a quark di Gell-Mann & Zweig: i numeri quantici dei quark e la composizione in quark degli adroni. L'introduzione del grado di liberta` del "colore". Il concetto di invarianza di gauge: l'elettrodinamica come teoria di gauge Abeliana e le teorie di gauge non Abeliane di Yang-Mills. La QCD ("Cromo-Dinamica Quantistica") come teoria di gauge non Abeliana con simmetria di colore SU(3). La quantizzazione delle teorie di gauge nel formalismo degli integrali funzionali di Feynman. Il metodo dei "ghosts" di Faddeev-Popov. Le regole di Feynman della QCD (nella gauge covariante). La "funzione beta" di Gell-Mann--Low e la "liberta` asintotica" della QCD. La sezione d'urto totale di annichilazione e^+ e^- in adroni ad alte energie e la determinazione della costante di accoppiamento forte ("running").
B. METODI NON PERTURBATIVI IN QCD:
La formulazione Euclidea della QCD mediante gli integrali funzionali. La formulazione di Wilson delle "teorie di gauge su reticolo". Il limite continuo della QCD su reticolo e la "scala di massa" del reticolo. Il potenziale statico quark-antiquark in QCD perturbativa e non perturbativa. Il problema del "confinamento" e il criterio di Wilson: la "legge dell'area" del "loop di Wilson" e la "tensione di stringa". La stringa di QCD come tubo di flusso e il modello a stringa degli adroni. Le "simmetrie chirali" dell'interazione forte. La rottura spontanea della simmetria chirale SU(2) x SU(2) o SU(3) x SU(3) e il "Teorema di Goldstone": i pioni (mesoni pseudoscalari) come (pseudo-)bosoni di Goldstone. Il metodo delle Teorie di Campo Efficaci: il modello sigma lineare. Le realizzazioni non lineari delle simmetrie chirali e le cosiddette
"Lagrangiane Chirali Efficaci". Il termine di massa dei quarks e le masse dei mesoni pseudoscalari.
Le correzioni elettromagnetiche. I rapporti tra le masse dei quarks. Le interazioni tra i mesoni pseudoscalari (diffusioni e decadimenti). Il "problema U(1)" e la soluzione di 'tHooft, Witten e Veneziano. Il limite di grande numero N di colori ("espansione 1/N"). Gli "istantoni" e il loro contributo all'integrale funzionale. L'angolo "theta" e il problema della violazione forte di P e CP.

Bibliografia e materiale didattico

1) S. Weinberg, "The Quantum Theory of Fields, Volume I: Foundations; Volume II: Modern Applications".
2) M.E. Peskin e D.V. Schroeder, "An Introduction to Quantum Field Theory".
3) T.-P. Cheng e L.-F. Li, "Gauge Theory of Elementary Particle Physics".
4) T. Muta, "Foundations of Quantum Chromodynamics".
5) A. Smilga, "Lectures on Quantum Chromodynamics".
6) H. Georgi, "Weak Interactions and Modern Particle Theory".
Durante il corso verranno inoltre fornite di volta in volta, per ogni argomento, le referenze bibliografiche dei lavori originali piu` rilevanti apparsi in letteratura. Sono inoltre disponibili (nella pagina web del corso) gli appunti delle lezioni preparati dal docente.

Modalità d'esame

L'esame consistera` in una prova orale, durante la quale verra` anche richiesto di presentare (in forma di manoscritto) e discutere la soluzione dei problemi assegnati dal docente durante il corso.

Pagina web del corso

https://elearning.df.unipi.it/course/view.php?id=242

Ultimo aggiornamento 20/07/2023 15:12