

Teoria dei Campi 1 (2011): Programma dettagliato

Presentazione del corso. Teorie di campo quantistiche come strumento per la descrizione delle forze fondamentali della natura.
Accenni al modello standard delle particelle elementari.
Relatività ristretta, gruppo di Lorentz e gruppo di Poincaré'.

Formalismo tensoriale. Spaziotempo: aspetto geometrico e struttura causale.
Meccanica relativistica, quadrimpulso.

Esercizi sulla conservazione del quadrimpulso.
Accenni alla teoria dei gruppi di Lie. Rappresentazioni e prodotto tensoriale.

Possibili riducibili' delle rappresentazioni prodotto tensoriale.
Alcune rappresentazioni semplici per $SO(N)$, $SU(N)$ ed $U(1)$.
Algebra di Lie per $U(1)$, $SO(3)$, $SU(2)$.
Gruppi di Lie arbitrari e corrispondente algebra di Lie.
Formula di Baker-Campbell-Hausdorff.
Brevi accenni alle rappresentazioni irriducibili del gruppo di Lorentz e del gruppo di Poincaré'.

Principio di minima azione per la meccanica e per teorie di campo.
Simmetrie.

Simmetrie rigide e teorema di Noether.
Particella non relativistica, simmetrie del gruppo di Galileo e cariche conservate.
Simmetrie locali: azioni per particella scalare relativistica.

Prima quantizzazione e campo scalare di Klein-Gordon: soluzioni (onde piane),
azione, simmetrie (gruppo di Poincaré' e simmetria $U(1)$),

Interpretazione quantistica: propagatore, prescrizione di Feynman, particelle ed antiparticelle. Potenziale di Yukawa.

Equazione d'onda per particelle di spin $1/2$: equazione di Dirac e matrici γ . Soluzioni d'onda piana, particelle ed antiparticelle.

Azione di Dirac, simmetria rigide $U(1)$, matrice γ_5 e chiralità', propagatore.

Particelle di spin 1: azione di Proca ed azione di Maxwell. Simmetria di gauge.

Campi di spin 0, 1 e 2 come propagatori di forze: potenziali attrattivi e repulsivi.

Interazioni tra spin 0 ed $1/2$: costanti d'accoppiamento ed analisi dimensionale. Modello di Fermi delle interazioni deboli.

Modello di Yukawa delle interazioni nucleari.

Interazioni tra campi di spin 1 e campi di spin 0 ed 1/2: simmetria di gauge abeliana, derivate covarianti ed azione della elettrodinamica (QED).

Diagrammi di Feynman della QED.

Azione delle teorie di gauge non abeliane e la QCD.

QCD: simmetrie rigide, quantita' conservate, simmetrie di sapore approssimate (isospin ed SU(3) di sapore). Costanti d'accoppiamento dipendenti dall'energia e liberta' asintotica della QCD.

Modello statico a quark.

Rottura spontanea di simmetrie globali, fenomeno di Goldstone nel caso abeliano. Teorema di Goldstone.

Rottura spontanea in teorie di gauge abeliane: fenomeno di Higgs, gauge unitario e gauge rinormalizzabile.

Azione di Proca e propagatore per particelle di spin 1 massive.

Costituenti del modello standard. Cariche di gauge dei leptoni, dei quarks e del campo di Higgs.

Meccanismo di Higgs nel settore SU(2)xU(1) e masse per i bosoni W e Z0.

Accoppiamenti di gauge dei fermioni in termini dei campi W e Z0.

Teoria efficace di bassa energia delle interazioni deboli (teoria di Fermi).

Particella di Higgs: massa ed autointerazioni.

Accoppiamenti di gauge del campo di Higgs.

Accoppiamenti di Yukawa e masse per i fermioni dal meccanismo di Higgs.

Accoppiamenti di Yukawa e matrice CKM nel settore dei quark.

Accoppiamenti di Yukawa e matrice PMNS nel settore dei leptoni.

Oscillazioni di neutrino.