

Dipartimento di Fisica
anno accademico 2015/16
Registro lezioni del docente GABRIELLI EMIDIO

Attività didattica

DINAMICHE DELLE PARTICELLE ELEMENTARI [991SM]

Periodo di svolgimento: *Secondo Semestre*

Docente titolare del corso: GABRIELLI EMIDIO matr. 018233

Riepilogo registro docente:

GABRIELLI EMIDIO matr. 018233

Docente interno - Ricercatori Universitari

Stato registro docente

Verificato

Ore inserite: 48 ore

Ore previste dall'offerta didattica: 48 ore

Gruppi di studenti con i quali è stata svolta l'attività - ore per gruppo

- prevista per tutti gli studenti (senza gruppi associati) - 48 ore

Ore inserite per tipologia di attività

48 ore lezione :

- prevista per tutti gli studenti (senza gruppi associati) - 48 ore

Firma del docente:.....

Firma del direttore:.....

Data:.....

Dettaglio delle attività svolte:***DINAMICHE DELLE PARTICELLE ELEMENTARI [991SM]*****03/03/2016 - lezione -****Docente:** GABRIELLI EMIDIO**Ora inizio:** 09:15**Ora fine:** 11:15**Ore accademiche:** 2**Titolo attività:**

Richiami di teoria quantistica relativistica dei campi I

Descrizione attività:

Esposizione del programma. Quantizzazione delle teorie di campo relativistiche: campo scalare reale e campo complesso.

08/03/2016 - lezione -**Docente:** GABRIELLI EMIDIO**Ora inizio:** 09:15**Ora fine:** 11:15**Ore accademiche:** 2**Titolo attività:**

Richiami di teoria quantistica relativistica dei campi II

Descrizione attività:

Equazione relativistica di Dirac per i campi fermionici di spin-1/2 e sue soluzioni. Lagrangiana di Dirac per il campo libero di spin-1/2 e sua quantizzazione. Rappresentazioni spinoriali del gruppo di Lorentz, proprietà di trasformazione dei quadri-spinori e dei loro prodotti bi-spinoriali sotto l'azione del gruppo di Lorentz. Quantizzazione relativisticamente covariante del campo libero di spin-1, termine di gauge fixing.

10/03/2016 - lezione -**Docente:** GABRIELLI EMIDIO**Ora inizio:** 09:15**Ora fine:** 11:15**Ore accademiche:** 2**Titolo attività:**

Quantizzazione di campi relativistici interagenti, teoria della matrice S, diagrammi di Feynman

Descrizione attività:

Quantizzazione di una teoria di campo interagente: introduzione alla teoria delle perturbazioni in seconda quantizzazione, teoria della matrice S di scattering, teorema di Wick, concetto di Diagramma di Feynman e propagatore per il campo scalare (spin-0) e quello di fermionico di Dirac (spin-1/2); regole di Feynman per le teorie di campo interagenti scalari e fermioniche. Calcolo dei propagatori di campi liberi nello spazio dei momenti, per i seguenti campi: scalare (reale e complesso), fermionico (spin-1/2) di Dirac, spin-1 di gauge.

15/03/2016 - lezione -

Docente: GABRIELLI EMIDIO

Ora inizio: 09:15

Ora fine: 11:15

Ore accademiche: 2

Titolo attività:

Processi elementari in teorie di campo interagenti e introduzione alla QED

Descrizione attività:

Applicazioni della teoria della matrice S di scattering a teorie scalari interagenti. Diagrammi di Feynman. Formule per la larghezza di decadimento e sezione d'urto relativistica. Applicazioni della matrice S a processi elementari in teorie di campo scalare (reale e complesso) interagenti. Introduzione alle teorie di gauge e alla elettrodinamica quantistica (QED). Lagrangiana di un campo di spin-1/2 di Dirac e di un campo scalare complesso in interazione con il campo elettromagnetico. Calcolo dello scattering elastico di elettroni su potenziale di Coulomb.

17/03/2016 - lezione -

Docente: GABRIELLI EMIDIO

Ora inizio: 09:15

Ora fine: 11:15

Ore accademiche: 2

Titolo attività:

Processi elementari in QED - parte I

Descrizione attività:

Studio di processi elementari in QED: calcolo delle sezioni d'urto relativistiche per i seguenti processi:

1) diffusione elastica di elettroni su potenziale di Coulomb

2) collisione anelastica $e^+e^- \rightarrow \mu^+ \mu^-$

22/03/2016 - lezione -

Docente: GABRIELLI EMIDIO

Ora inizio: 09:15

Ora fine: 11:15

Ore accademiche: 2

Titolo attività:

Processi elementari in QED - parte II

Descrizione attività:

Simmetrie di crossing; autostati di chiralità per campi fermionici di Dirac; calcolo delle sezioni d'urto differenziali e totali (non-polarizzate e polarizzate) per i seguenti processi in QED:

1) $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$ (NP e P)

2) $e^- \mu^- \rightarrow e^- \mu^-$ (NP)

3) Bhabba scattering: $e^+e^- \rightarrow e^+e^-$ (NP)

4) Moller scattering: $e^-e^- \rightarrow e^-e^-$ (NP)

5) scattering Compton relativistico:

e^- fotone $\rightarrow e^-$ fotone (NP e P)

P = polarizzato, NP = non-polarizzato

05/04/2016 - lezione -**Docente:** GABRIELLI EMIDIO**Ora inizio:** 09:15**Ora fine:** 11:15**Ore accademiche:** 2**Titolo attività:**

Processi ad 1-loop: calcolo della polarizzazione del vuoto in QED

Descrizione attività:

Correzione ad 1-loop al propagatore del fotone in QED.

Modifica del potenziale di Coulomb indotto da correzioni radiative (Lamb shift); definizione di costante di accoppiamento effettiva; definizione di Polo di Landau.

07/04/2016 - lezione -**Docente:** GABRIELLI EMIDIO**Ora inizio:** 09:15**Ora fine:** 11:15**Ore accademiche:** 2**Titolo attività:**

Self-energia dell' elettrone e vertice elettrone-fotone ad 1-loop in QED

Descrizione attività:

Calcolo delle correzioni radiative ad 1-loop alla self-energia dell' elettrone e del vertice elettrone-elettrone-fotone in QED.

12/04/2016 - lezione -**Docente:** GABRIELLI EMIDIO**Ora inizio:** 09:15**Ora fine:** 11:15**Ore accademiche:** 2**Titolo attività:**

Correzioni radiative al momento magnetico anomalo dell' elettrone, rinormalizzazione, identità di Ward

Descrizione attività:

Calcolo delle correzioni radiative ad 1-loop in QED al vertice elettrone-elettrone-fotone. Contributo ad 1-loop al momento magnetico anomalo dell'elettrone e del muone in QED. Rinormalizzazione della QED ad 1-loop, identità di Ward, teorema di non-rinormalizzazione delle correnti conservate.

14/04/2016 - lezione -**Docente:** GABRIELLI EMIDIO**Ora inizio:** 09:15**Ora fine:** 11:15**Ore accademiche:** 2**Titolo attività:**

Rinormalizzazione di una teoria di campo, regole del power counting, cenni al gruppo di rinormalizzazione

Descrizione attività:

Definizione di grado di divergenza superficiale di un diagramma di Feynman, criterio del power counting. Cenni al gruppo di rinormalizzazione. Equazione di Callan-Symanzik per le funzioni di Green a n-punti e sua soluzione nel limite asintotico di alte energie. Definizione di "beta-function".

19/04/2016 - lezione -

Docente: GABRIELLI EMIDIO

Ora inizio: 09:15

Ora fine: 11:15

Ore accademiche: 2

Titolo attività:

Beta-functions in QED e teoria scalare " $\lambda\phi^4$ "

Descrizione attività:

Studio degli andamenti asintotici ad alte energie dell' equazione di Callan-Symanzik per le funzioni di Green troncate ad n-punti; soluzione dell'equazione differenziale legata alla beta-function, definizioni di costante di accoppiamento effettiva, poli ultravioletto e infrarosso stabili; concetto di liberta asintotica in teoria dei campi; calcolo ad 1-loop della beta function per la QED (fermionica e scalare) e per la teoria scalare reale con interazione " $\lambda\phi^4$ ".

21/04/2016 - lezione -

Docente: GABRIELLI EMIDIO

Ora inizio: 09:15

Ora fine: 11:15

Ore accademiche: 2

Titolo attività:

Gruppi di simmetria interna continui, gruppi di Lie compatti; gruppo di Poincare'; algebra delle correnti

Descrizione attività:

Gruppi di Lie e definizione di generatori delle trasformazioni infinitesime; gruppo di Poincare' e algebra dei suoi generatori; definizione di gruppo di simmetria interna continuo; algebra delle correnti in seconda quantizzazione; termine di Schwinger per la QED.

26/04/2016 - lezione -

Docente: GABRIELLI EMIDIO

Ora inizio: 09:15

Ora fine: 11:15

Ore accademiche: 2

Titolo attività:

Simmetrie delle interazioni forti e modello a quark

Descrizione attività:

Simmetrie delle interazioni forti. Modello a quark; rappresentazioni del gruppo di simmetria interna SU(2) dello spin-isotopico, e sue estensioni al gruppo SU(3) (includendo quark s con sapore di "stranezza" s). Rappresentazioni irriducibili del gruppo SU(3), multipletti hadronici di spin-1/2 (barioni) e dei mesoni di spin-0. Rottura esplicita della simmetria SU(3) nei multipletti hadronici.

28/04/2016 - lezione -

Docente: GABRIELLI EMIDIO

Ora inizio: 09:15

Ora fine: 11:15

Ore accademiche: 2

Titolo attività:

Rottura spontanea di una simmetria continua, teorema di Goldstone e sue applicazioni.

Descrizione attività:

Simmetrie del modello a quark, simmetria del gruppo $SU(3)_L \times SU(3)_R$ nel limite di masse nulle dei quarks. Definizione di rottura spontanea di una simmetria continua. Teorema di Goldstone e sue varie dimostrazioni. Rottura spontanea della simmetria chirale del gruppo $SU(3)_L \times SU(3)_R$ delle interazioni forti. Interpretazione dei mesoni pseudoscalari (carichi e neutri) π e K come particelle di Goldstone associate alla rottura spontanea della simmetria chirale nelle interazioni forti.

03/05/2016 - lezione -

Docente: GABRIELLI EMIDIO

Ora inizio: 09:15

Ora fine: 11:15

Ore accademiche: 2

Titolo attività:

Applicazioni del teorema di Goldstone alla fisica delle interazioni forti

Descrizione attività:

Modello "sigma" abeliano e non-abeliano, come modello fenomenologico per la fisica dei mesoni pseudoscalari. Ipotesi di conservazione parziale della corrente assiale. Pioni come pseudo-bosoni di Goldstone. Teorema dei pioni soffici per il calcolo degli elementi di matrice di operatori locali tra stati esterni di pioni. Introduzione alla teoria delle perturbazioni chirali. Lagrangiane chirali per l'ottetto dei mesoni pseudoscalari. Derivazione della relazione di Okubo-Gell-Mann per le masse dei mesoni pseudoscalari, tramite l'uso delle Lagrangiane chirali.

05/05/2016 - lezione -

Docente: GABRIELLI EMIDIO

Ora inizio: 09:15

Ora fine: 11:15

Ore accademiche: 2

Titolo attività:

Deep inelastic scatterings (DIS) e modello a partoni di Feynman

Descrizione attività:

Introduzione alla fisica dei DIS di leptoni su nucleoni. Calcolo della sezione d'urto dei DIS con stati finali adronici inclusivi, definizione di scaling di Bjorken. Modello a partoni di Feynman, calcolo della sezione d'urto inclusiva adronica elettrone-nucleone \rightarrow elettrone + X (con X generico stato adronico), tramite il modello a partoni; concetto di funzioni di distribuzione partoniche (PDF).

10/05/2016 - lezione -**Docente:** GABRIELLI EMIDIO**Ora inizio:** 09:15**Ora fine:** 11:15**Ore accademiche:** 2**Titolo attività:**DIS di neutrino su nucleone, regole di somma delle PDF, processi di Drell-Yan ed $e+e \rightarrow$ adroni**Descrizione attività:**

Calcolo della sezione d' urto inclusiva adronica di neutrino su nucleone, regole di somma delle PDF. Processi di Drell-Yan ($pp \rightarrow X \mu^+ \mu^-$) e calcolo della loro sezione d' urto tramite il modello a partoni. Processo $e+ e- \rightarrow$ adroni (inclusivo) e calcolo del rapporto $R = \sigma(e+e- \rightarrow \mu^+\mu^-) / \sigma(e+e- \rightarrow \text{adroni})$, dove "sigma" sta per sezione d' urto totale.

12/05/2016 - lezione -**Docente:** GABRIELLI EMIDIO**Ora inizio:** 09:15**Ora fine:** 11:15**Ore accademiche:** 2**Titolo attività:**

Interazioni non-lineari tra fotoni ad 1-loop in QED. Teorie di Yang-Mills, introduzione alla Cromodinamica Quantistica (QCD)

Descrizione attività:

Interazioni non-lineari nella QED e dimostrazione dell' assenza di interazioni a 3-fotoni nella QED. Interazioni fotone-fotone ad 1-loop a basse energie, diagramma a box. Introduzione alle teorie di gauge non-abeliane del gruppo $SU(N)$. Lagrangiana di Yang-Mills per i campi di gauge del gruppo $SU(N)$. La QCD come teoria di gauge del gruppo $SU(3)$ di colore. Regole di Feynman per la QCD. Sezioni d' urto di processi elementari in QCD:

- 1) $q \bar{q} \rightarrow q' \bar{q}'$, incluso il caso $q=q'$
- 2) $q \bar{q} \rightarrow gg$ e suoi processi "crossati"
- 3) $gg \rightarrow gg$

notazioni: q, \bar{q}, g sta per quark, antiquark, e gluone rispettivamente.**17/05/2016 - lezione -****Docente:** GABRIELLI EMIDIO**Ora inizio:** 09:15**Ora fine:** 11:15**Ore accademiche:** 2**Titolo attività:**

Aspetti quantistici della QCD

Descrizione attività:

Regole di Feynman per la QCD in gauge covarianti. Campi di ghost. Condizioni di unitarietà della matrice S in teoria delle perturbazioni, relazioni di unitarietà nelle ampiezze di scattering e teorema ottico. Relazioni di unitarietà in QCD per lo scattering $q \bar{q} \rightarrow q \bar{q}$ ad 1-loop in gauge covariante. Risultati per la beta-function in QCD e sue soluzioni, concetto di libertà asintotica. Correzioni di QCD al rapporto R , rottura dell' invarianza di scala ad 1-loop in QCD. Equazione di Altarelli-Parisi per le evoluzioni di scala delle PDF.

19/05/2016 - lezione -

Docente: GABRIELLI EMIDIO

Ora inizio: 09:15

Ora fine: 11:15

Ore accademiche: 2

Titolo attività:

Introduzione alla fisica delle interazioni deboli

Descrizione attività:

Simmetrie discrete della teoria di Dirac, teorema CPT (solo enunciato). Lagrangiana effettiva di Fermi (corrente-corrente) per la descrizione delle interazioni deboli a basse energie. Violazione dell'unitarietà perturbativa nella teoria di Fermi.

Calcolo nella teoria di Fermi della larghezza di decadimento del muone e del pione, in particolare per i processi

$\mu(-) \rightarrow \nu(\mu) e(-) \bar{\nu}(e)$

$\pi(+)\mu(-) \rightarrow \nu(\mu) \nu(\mu)$

24/05/2016 - lezione -

Docente: GABRIELLI EMIDIO

Ora inizio: 09:15

Ora fine: 11:15

Ore accademiche: 2

Titolo attività:

Meccanismo di Higgs e teoria del Modello Standard delle interazioni elettrodeboli

Descrizione attività:

Lagrangiana del Modello Standard, Meccanismo di Higgs per una teoria di gauge abeliana e non-abeliana. Applicazioni del meccanismo di Higgs al modello standard e costruzione della Lagrangiana con termini di massa per i campi di gauge. Accoppiamenti delle correnti deboli neutre, definizione del parametro ρ .

26/05/2016 - lezione -

Docente: GABRIELLI EMIDIO

Ora inizio: 09:15

Ora fine: 11:15

Ore accademiche: 2

Titolo attività:

Modello Standard delle interazioni elettrodeboli, fenomenologia

Descrizione attività:

Meccanismo di generazione delle masse dei fermioni tramite accoppiamenti di Yukawa per il campo di Higgs con i fermioni. Processi elettrodeboli elementari di bassa energia nel modello standard per la misura dell'angolo di Weinberg; sezioni d'urto totali:

$\nu(\mu) e \rightarrow \nu(\mu) e$;

$\nu(e) e \rightarrow \nu(e) e$;

$e^+e^- \rightarrow \mu^+ \mu^-$;

DIS di neutrino su nucleone e rapporto delle sezioni d'urto mediate da correnti cariche su quelle mediate da correnti neutre; relazione di Paschos-Wolfenstein per la misura dell'angolo di Weinberg.

31/05/2016 - lezione -

Docente: GABRIELLI EMIDIO

Ora inizio: 09:15

Ora fine: 11:15

Ore accademiche: 2

Titolo attività:

Introduzione alla fisica del Flavor e Fisica dei bosoni W e Z

Descrizione attività:

Origine del mixing tra le varie famiglie di quarks nelle interazioni deboli cariche mediate dai W, angolo di Cabibbo e matrice di Cabibbo-Kobayashi-Maskawa.

Processi principali dove misurare gli elementi di matrice CKM. Oscillazioni dei mesoni K^0 -anti K^0 , e violazioni di CP nel modello standard. Processi mediati da correnti neutre a cambiamento di sapore e meccanismo di Glashow-Iliopoulos-Maiani (GIM). Hamiltoniana effettiva per le transizioni $\Delta S=2$ generata ad 1-loop.

Fisica dei bosoni di gauge W e Z, loro canali di decadimento principali e meccanismi di produzione ai colliders e^+e^- ed hadronici.

01/06/2016 - lezione -

Docente: GABRIELLI EMIDIO

Ora inizio: 11:15

Ora fine: 13:15

Ore accademiche: 2

Titolo attività:

Teorema di equivalenza e fisica del bosone di Higgs

Descrizione attività:

Gauge rinormalizzabili nel modello standard (" ξ " gauge), teorema di equivalenza per i bosoni di Goldstone associati ai bosoni di gauge W e Z. Applicazioni del teorema di equivalenza al decadimento del quark top $\rightarrow b W$. Proprietà di unitarietà degli scattering $W W \rightarrow W W$ ad alte energie. Limiti teorici alla massa del bosone di Higgs. Modi di decadimento principali del bosone di Higgs, inclusi i decadimenti radiativi generati ad 1-loop:

$H \rightarrow \gamma \gamma$

$H \rightarrow \text{gluone gluone}$

Meccanismi di produzione del bosone di Higgs ai colliders e^+e^- ed al Large Hadron Collider (LHC) del CERN. Canali di decadimento del bosone di Higgs che sono stati rilevanti per la sua scoperta ad LHC.
