

**Dipartimento di Fisica**  
**anno accademico 2013/14**  
**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**

Stampato

**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]***

**01/04/2014 - lezione -**

**Docente:** GABRIELLI EMIDIO

**Ora inizio:** 09:15

**Ora fine:** 10:45

**Ore accademiche:** 2

**Titolo attività:**

Richiami di teoria quantistica relativistica dei campi

**Descrizione attività:**

Esposizione del programma. Quantizzazione delle teorie di campo relativistiche, caso campi liberi: campo scalare reale e campo scalare complesso. 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 sotto il gruppo di Lorentz dei prodotti bi-spinoriali.

---

**03/04/2014 - lezione -**

**Docente:** GABRIELLI EMIDIO

**Ora inizio:** 09:15

**Ora fine:** 10:45

**Ore accademiche:** 2

**Titolo attività:**

Quantizzazione di campi relativistici interagenti e diagrammi di Feynman

**Descrizione attività:**

Quantizzazione del campo relativistico libero di spin 1/2 e del campo di gauge di spin-1; quantizzazione di campi interagenti, introduzione alla teoria delle perturbazioni, matrice S di diffusione, concetto di propagatore, vertice di interazione, diagramma di Feynman, regole di Feynman per teorie scalari.

---

**04/04/2014 - lezione -**

**Docente:** GABRIELLI EMIDIO

**Ora inizio:** 14:15

**Ora fine:** 15:45

**Ore accademiche:** 2

**Titolo attività:**

Processi elementari in teorie scalari interagenti e introduzione alla elettrodinamica quantistica (QED)

**Descrizione attività:**

Applicazioni della teoria della matrice S a teorie scalari interagenti. Formule per la larghezza di decadimento e sezione d'urto relativistica: alcune applicazioni per processi elementari in teorie scalari interagenti. Introduzione alla elettrodinamica quantistica (QED), studio di processi elementari in QED: sezione d'urto relativistica per i seguenti processi: scattering elastico di elettroni su potenziale di Coulomb,  $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$ .

---

**08/04/2014 - lezione -**

**Docente:** GABRIELLI EMIDIO

**Ora inizio:** 09:15

**Ora fine:** 10:45

**Ore accademiche:** 2

**Titolo attività:**

Processi elementari in QED

**Descrizione attività:**

Calcolo della sezione d'urto per i seguenti processi in QED:  $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$ ,  $e^- \mu^- \rightarrow e^- \mu^-$ , simmetrie di crossing, Bhabha scattering  $e^+e^- \rightarrow e^+e^-$ , Moller scattering  $e^- e^- \rightarrow e^- e^-$ , scattering Compton relativistico.

---

**10/04/2014 - lezione -**

**Docente:** GABRIELLI EMIDIO

**Ora inizio:** 09:15

**Ora fine:** 10:45

**Ore accademiche:** 2

**Titolo attività:**

Algebra delle correnti e sue applicazioni nel modello a quark

---

**Descrizione attività:**

Algebra delle correnti per il gruppo  $SU(3)_V \times SU(3)_A$ , applicazioni al modello a quark, regola di somma di Adler.

---

**11/04/2014 - lezione -**

**Docente:** GABRIELLI EMIDIO

**Ora inizio:** 09:15

**Ora fine:** 10:45

**Ore accademiche:** 2

**Titolo attività:**

Simmetrie continue, rottura spontanea di simmetria, teorema di Goldstone

---

**Descrizione attività:**

Definizione di rottura spontanea di una simmetria in teoria dei campi quantistica relativistica; rottura spontanea di una simmetria continua, teorema di Goldstone e sua dimostrazione; conseguenze fenomenologiche del teorema di Goldstone: presenza di campi scalari a massa nulla (bosoni di Goldstone), proprietà fisiche dei bosoni di Goldstone.

---

**15/04/2014 - lezione -**

**Docente:** GABRIELLI EMIDIO

**Ora inizio:** 09:15

**Ora fine:** 10:45

**Ore accademiche:** 2

**Titolo attività:**

Rottura spontanea della simmetria chirale nelle interazioni forti

---

**Descrizione attività:**

Rottura spontanea della simmetria chirale nelle interazioni forti e sue conseguenze fenomenologiche. I "pioni" come pseudo-bosoni di Goldstone; conservazione parziale della corrente assiale (ipotesi PCAC) e sue implicazioni fenomenologiche: teorema dei pioni soffici e varie applicazioni: relazione di Goldberger-Treiman e di Okubo-Gell-Mann. Cenni alle Lagrangiane chirali per i pioni soffici.

---

**24/04/2014 - lezione -**

**Docente:** GABRIELLI EMIDIO

**Ora inizio:** 09:15

**Ora fine:** 10:45

**Ore accademiche:** 2

**Titolo attività:**

Lagrangiane chirali, anomalia assiale

---

**Descrizione attività:**

Lagrangiane chirali (al secondo ordine nelle derivate) come teorie effettive per la fisica dei pioni a basse energie; derivazione della relazione di Okubo-Gell-Mann tramite uso delle Lagrangiane chirali. Calcolo dell'anomalia assiale ad 1-loop in QED e sue applicazioni fenomenologiche in QED: decadimento del pione neutro in due fotoni.

---

**29/04/2014 - lezione -**

**Docente:** GABRIELLI EMIDIO

**Ora inizio:** 09:15

**Ora fine:** 10:45

**Ore accademiche:** 2

**Titolo attività:**

Deep inelastic scatterings, modello a partoni di Feynman

**Descrizione attività:**

Introduzione ai Deep Inelastic Scatterings (diffusioni profondamente anelastiche) di elettrone su nucleone. Modello a partoni di Feynman, funzioni di distribuzione partoniche (PDF), regole di somma per le PDF.

---

**06/05/2014 - lezione -**

**Docente:** GABRIELLI EMIDIO

**Ora inizio:** 09:15

**Ora fine:** 10:45

**Ore accademiche:** 2

**Titolo attività:**

Deep inelastic scatterings di neutrino su nucleone. Correzioni radiative in QED, parte I

**Descrizione attività:**

Deep inelastic scattering di neutrino su nucleone nel modello a partoni/quarks, e associate regole di somma delle PDF. Correzioni radiative in QED: calcolo ad 1-loop del tensore di polarizzazione del vuoto; correzioni al potenziale di Coulomb ed effetto di Lamb shift. Costante di accoppiamento effettiva e concetto di "polo di Landau".

---

**08/05/2014 - lezione -**

**Docente:** GABRIELLI EMIDIO

**Ora inizio:** 09:15

**Ora fine:** 10:45

**Ore accademiche:** 2

**Titolo attività:**

Correzioni radiative ad 1-loop in QED, parte II

**Descrizione attività:**

Correzioni ad 1-loop alla self-energia dell'elettrone e correzioni al vertice di interazione elettrone-fotone, identità di Ward ad 1-loop. Condizioni di rinormalizzazione della carica elettrica e del propagatore fermionico ad 1-loop.

---

**09/05/2014 - lezione -**

**Docente:** GABRIELLI EMIDIO

**Ora inizio:** 14:15

**Ora fine:** 15:45

**Ore accademiche:** 2

**Titolo attività:**

Correzioni radiative in QED parte III: correzioni al momento magnetico anomalo dell'elettrone

**Descrizione attività:**

Calcolo dei fattori di forma elettromagnetici del vertice di interazione elettrone-fotone ad 1-loop in QED. Calcolo del contributo al momento magnetico anomalo dell'elettrone (g-2)-

---

**12/05/2014 - lezione -**

**Docente:** GABRIELLI EMIDIO

**Ora inizio:** 11:15

**Ora fine:** 12:45

**Ore accademiche:** 2

**Titolo attività:**

Regolarizzazione dimensionale e sue applicazioni

**Descrizione attività:**

Introduzione allo schema di regolarizzazione dimensionale in teoria dei campi e sue applicazioni alle teorie scalari interagenti " $\lambda\phi^4$ ".

---

**13/05/2014 - lezione -**

**Docente:** GABRIELLI EMIDIO

**Ora inizio:** 09:15

**Ora fine:** 10:45

**Ore accademiche:** 2

**Titolo attività:**

Rinormalizzazione ad 1-loop nella teoria scalare interagente  $\lambda\phi^4$

**Descrizione attività:**

Calcolo delle correzioni alla self-energia e di vertice per la teoria scalare  $\lambda\phi^4$ .

Generalizzazione alle funzioni di Green ad n-punti. Concetto di funzione di Green ad n-punti irriducibile ad 1-particella (1PI). Calcolo dei contro-termini ad 1-loop nelle regolarizzazioni di Pauli-Villars e dimensionale. Rinormalizzazione del propagatore scalare e del vertice di interazione nella teoria  $\lambda\phi^4$ .

---

**15/05/2014 - lezione -**

**Docente:** GABRIELLI EMIDIO

**Ora inizio:** 09:15

**Ora fine:** 11:45

**Ore accademiche:** 2

**Titolo attività:**

Condizioni per la rinormalizzabilità e introduzione al gruppo di Rinormalizzazione

**Descrizione attività:**

Grado di divergenza superficiale di un diagramma di Feynman. Condizioni necessarie per la rinormalizzabilità di una teoria di campo quantistica relativistica interagente. Introduzione al gruppo di rinormalizzazione: equazione di Callan-Symanzik per le funzioni di Green 1PI.

---

**16/05/2014 - lezione -**

**Docente:** GABRIELLI EMIDIO

**Ora inizio:** 14:15

**Ora fine:** 15:45

**Ore accademiche:** 2

**Titolo attività:**

Soluzioni dell'equazione del gruppo di rinormalizzazione

**Descrizione attività:**

Soluzione dell'equazione di Callan-Symanzik nel limite asintotico di alte energie; concetti di beta-function, dimensione anomala dei campi, e costante d'accoppiamento effettiva; soluzione dell'equazione di evoluzione per la costante d'accoppiamento effettiva, punti fissi infrarossi e ultravioletti stabili. Polo di Landau, libertà asintotica. Derivazione della beta-function nello schema di regolarizzazione dimensionale. Risultati per la beta-function in teoria scalare  $\lambda\phi^4$  e per la QED.

---

**20/05/2014 - lezione -**

**Docente:** GABRIELLI EMIDIO

**Ora inizio:** 09:15

**Ora fine:** 09:45

**Ore accademiche:** 2

**Titolo attività:**

Interazioni non lineari tra fotoni in QED; Introduzione alla Cromodinamica Quantistica (QCD)

---

**Descrizione attività:**

Interazioni ad 1-loop non lineari in QED: dimostrazione della assenza del vertice a 3-fotoni in QED; discussione del vertice di interazione a 4-fotoni in QED, risultato nel limite di basse frequenze. Cenni all'Hamiltoniana effettiva di Euler-Heisenberg per le interazioni non lineari di fotoni nella QED. Introduzione alla teoria pura di Yang-Mills per le teorie SU(N). Applicazioni alla teoria SU(3) per la Cromodinamica quantistica (QCD).

---

**22/05/2014 - lezione -**

**Docente:** GABRIELLI EMIDIO

**Ora inizio:** 09:15

**Ora fine:** 10:45

**Ore accademiche:** 2

**Titolo attività:**

Quantizzazione delle teorie di gauge non-abeliane con il metodo degli integrali di cammino; aspetti quantistici della QCD, liberta asintotica in QCD

---

**Descrizione attività:**

Introduzione al metodo di quantizzazione con gli integrali di cammino e applicazioni alla quantizzazione delle teorie di gauge non-abeliane. Ansatz di Faddeev-Popov (FP), calcolo del determinante di FP nelle gauges assiale e covariante. Regole di Feynman della QCD in gauge covariante. Relazioni di unitarieta della matrice S nello scattering quark-antiquark -> gluone gluone, in gauge covariante. Beta-function della QCD ad 1-loop (risultati per i vari diagrammi); soluzione per la costante d'accoppiamento effettiva in QCD ad 1-loop e liberta asintotica.

---

**23/05/2014 - lezione -**

**Docente:** GABRIELLI EMIDIO

**Ora inizio:** 14:15

**Ora fine:** 15:45

**Ore accademiche:** 2

**Titolo attività:**

Processi elementari in QCD e correzioni radiative, equazione di Altarelli-Parisi

---

**Descrizione attività:**

Processi elementari in QCD. Cenni alle correzioni di QCD alla sezioni d'urto di processi e+-e-> hadroni, rottura dell'invarianza di scala ad alte energie. Cenni all' equazione integro-differenziale di Altarelli-Parisi per le PDF e sue soluzioni.

---

**26/05/2014 - lezione -**

**Docente:** GABRIELLI EMIDIO

**Ora inizio:** 11:15

**Ora fine:** 12:45

**Ore accademiche:** 2

**Titolo attività:**

Introduzione al Modello Standard delle interazioni elettrodeboli

**Descrizione attività:**

Richiami alle proprietà delle simmetrie discrete P,C,T nella teoria di Dirac. Gruppo di gauge delle interazioni deboli del Modello Standard (MS)  $SU(2)_L \times U(1)_Y$ , bosoni di gauge deboli carichi W e neutro Z. Relazioni di unitarietà per gli scattering neutrino-neutrino  $\rightarrow WW$ . Meccanismo di Higgs per la generazione di massa dei campi di gauge, applicazioni del meccanismo di Higgs al MS e generazione delle masse per i bosoni di gauge W e Z. Derivazione degli accoppiamenti dei W e Z alle correnti cariche e neutre del MS rispettivamente. Meccanismo di Higgs per la generazione delle masse fermioniche nel MS (accoppiamenti di Yukawa).

---

**27/05/2014 - lezione -**

**Docente:** GABRIELLI EMIDIO

**Ora inizio:** 09:15

**Ora fine:** 10:45

**Ore accademiche:** 2

**Titolo attività:**

Matrice di Cabibbo-Kobayashi-Maskawa per le correnti cariche.

**Descrizione attività:**

Matrice di Cabibbo-Kobayashi-Maskawa (CKM) associata alle interazioni deboli cariche. Parametrizzazione di Wolfenstein della matrice CKM. Introduzione alle violazioni della simmetria di CP nello schema della matrice CKM. Studio di alcuni processi elementari mediati dalle interazioni deboli nel MS, misura dell'angolo di Weinberg. Misure degli elementi di matrice della CKM. Triangolo di unitarietà della matrice CKM.

---

**29/05/2014 - lezione -**

**Docente:** GABRIELLI EMIDIO

**Ora inizio:** 09:15

**Ora fine:** 10:45

**Ore accademiche:** 2

**Titolo attività:**

Correnti neutre a cambiamento di sapore dei quarks, violazioni di CP. Alcuni aspetti teorici del Modello Standard

**Descrizione attività:**

Fisica dei sistemi dei mesoni neutri  $K(0)$  e  $\text{anti}K(0)$ , fenomeno delle oscillazioni  $K(0)$ - $\text{anti}K(0)$  e violazioni della simmetria di CP. Cenni all'Hamiltoniana effettiva di basse energie ad 1-loop nel Modello Standard, per le transizioni di correnti neutre con cambiamento di sapore (F) " $\Delta F=2$ ". Quantizzazione del modello standard nella gauge manifestamente rinormalizzabile ( $R(\xi)$  gauge). Regole di Feynman nella  $R(\xi)$  gauge. Teorema di Equivalenza per i bosoni di Goldstone associati. Applicazioni del teorema di Equivalenza al calcolo del decadimento del top  $\rightarrow W b$ .

---

**03/06/2014 - lezione -**

**Docente:** GABRIELLI EMIDIO

**Ora inizio:** 09:15

**Ora fine:** 10:45

**Ore accademiche:** 2

**Titolo attività:**

Fisica dei bosoni di gauge deboli W,Z , limiti teorici alla massa del bosone di Higgs

**Descrizione attività:**

Modi di decadimento principali dei bosoni di gauge deboli W e Z. Analisi dell'unitarietà della matrice S nello scattering  $WW \rightarrow WW$  e limiti superiori sulla massa del bosone di Higgs. Limiti sulla massa del bosone di Higgs dalla trivialità della teoria  $\Lambda^4 \Phi^4$  e dalla stabilità del vuoto.

---

**04/06/2014 - lezione -**

**Docente:** GABRIELLI EMIDIO

**Ora inizio:** 11:15

**Ora fine:** 12:45

**Ore accademiche:** 2

**Titolo attività:**

Fisica del bosone di Higgs

**Descrizione attività:**

Meccanismi di produzione del bosone di Higgs del MS ai collisori elettrone-positrone e collisori hadronici, e suoi principali canali di decadimento. Discussione dei rilevanti modi di decadimento del bosone di Higgs che hanno contribuito alla sua recente scoperta al Large Hadron Collider del CERN.

---