



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO

REGISTRO DELLE ATTIVITA' DIDATTICHE

Dati Anagrafici

STEFANO FORTE

Data di Nascita: 21/06/1961 - **Codice Fiscale:** FRTSFN61H21F205Q

Ruolo: I FASCIA

FIS/02

DIPARTIMENTO DI FISICA

Dati dell'insegnamento

Anno Accademico: 2017/2018 - **Stato del registro:** CHIUSO - **Data di chiusura:** 22/12/2017

Corso di Studio: FISICA (Classe LM-17)

Insegnamento: Fisica Teorica 2

Forme Didattiche e Ore assegnate:

Lezioni (42.0 ore)

Riepilogo attività

Forma didattica	Ore registrate
Lezioni	42.0

Dettaglio attività

Data	Ora Inizio	Ore	Aula	Sede	Forma didattica	Argomento
04/10/2017	08:30	2.0	E	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Introduzione al corso: il ruolo della teoria quantistica dei campi nella formulazione di teorie di interazioni fondamentali. Il principio di gauge, la rottura spontanea di simmetria e la rottura quantistica di simmetria. Analiticità ed unitarietà. Poli e tagli di ampiezze e funzioni di Green. Il teorema ottico.
05/10/2017	10:30	2.0	E	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Significato fisico del teorema ottico: tagli e singolarità nei propagatori. Significato di sezione d'urto inclusiva. Esempio: lo scattering ϕ - ϕ nella teoria ϕ^4 . Presenza di un taglio nella regione fisica dell'ampiezza ad un loop. Relazione tra taglio e discontinuità. Calcolo della discontinuità nell'ampiezza di scattering in avanti: teorema dei residui. Regola per il taglio di Cutkosky. Verifica esplicita ad un loop. Regole di Cutkosky generali e teorema ottico. Applicazione ai decadimenti, Formula di Breit e Wigner: caso relativistico e caso non-relativistico. Larghezza e parte immaginaria del denominatore nei propagatori. Contributi one-particle reducible e one-particle irreducible alla funzione a due punti. Calcolo del propagatore completo in termini della funzione a due punti one-particle irreducible.
11/10/2017	08:30	2.0	E	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Significato fisico della "larghezza" di uno stato instabile: parte assorbitiva di una ampiezza. Esempio di produzione del bosone di Higgs. Massa fisica e sua relazione con il parametro di massa nella lagrangiana. Parte reale e parte immaginaria. Calcolo della parte immaginaria mediante il teorema ottico. Ampiezza OPI vista come ampiezza in avanti attraverso la formula di riduzione. Approssimazione di larghezza stretta (narrow width): espressione per la larghezza e 'fattore di flusso' fittizio. Introduzione all'algebra delle correnti. Correnti in teoria dei campi: relazioni di commutazione a tempi uguali, corrente-corrente e corrente-campo. Le cariche come generatori delle trasformazioni. Legge di conservazione della carica a livello operatoriale. Identità di Ward soddisfatta dalla funzione di Green con una corrente ed un campo.
12/10/2017	10:30	2.0	E	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Derivazione delle identità di Ward dal path integral e forma generale delle identità. Esempi espliciti: identità di Ward per la funzione a tre punti per campo scalare carico e QED. Relazione tra vertice ed inversi dei propagatori. Identità di Ward e normalizzazione della QED. Introduzione alla rottura spontanea di simmetria. Simmetrie realizzate alla Wigner-Weyl ed alla Nambu-Goldstone. Significato fisico della rottura spontanea di simmetria.
18/10/2017	08:30	2.0	E	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Dimostrazione del teorema di Goldstone in teoria classica dei campi. Esempio: il modello sigma lineare. Lagrangiana e sue simmetrie. Correnti conservate. Scelta del vuoto e forma esplicita della lagrangiana dopo la rottura di simmetria. Il teorema di Goldstone nel caso quantistico: scomparsa della rottura spontanea di simmetria in meccanica quantistica per l'effetto tunnel. Teoria dei campi: formulazione delle condizioni per la rottura spontanea di simmetria.
19/10/2017	10:30	2.0	E	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Identità di Ward per la funzione a due punti tra l'operatore corrente e l'operatore non-invariante nel vuoto. Digressione sul significato e la validità della formula di riduzione. Calcolo del membro sinistro dell'identità di Ward: uso della formula di riduzione all'inverso e campo interpolante per il pione. Necessità di un polo a massa nulla. Natura scalare dei campi di Goldstone e rottura spontanea dell'invarianza di Lorentz. Esempio: identità di Ward per il campo di pione nel modello sigma: verifica esplicita al primo ordine. Soft pion theorems. Relazione di Golberger-Treiman. Dimostrazione nel caso generale e verifica nel modello sigma. Il formalismo del potenziale efficace.
25/10/2017	08:30	2.0	E	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Funzione di partizione e calcolo di valori medi. Logaritmo della funzione di partizione e valor medio dell'energia nel vuoto. Trasformata di Legendre del logaritmo della funzione di partizione e calcolo del potenziale efficace. Stazionarietà del potenziale efficace e valor medio del campo nel vuoto. Interpretazione diagrammatica del logaritmo della funzione di partizione come funzionale generatore delle funzioni di Green connesse, e del potenziale efficace come funzionale generatore delle funzioni di Green proprie. Sviluppo in loop del potenziale efficace come sviluppo in serie di potenze di \hbar . Calcolo del potenziale efficace fino all'ordine \hbar . Potenziale efficace e rinormalizzabilità.
26/10/2017	10:30	2.0	E	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Breve introduzione alle teorie di gauge. Invarianza di gauge in elettrodinamica. Costruzione geometrica della derivata covariante. Campo di gauge come connessione e sue proprietà di trasformazione. Costruzione della curvatura (tensore intensità di campo) e sua invarianza. Caso non abeliano: connessione e sue proprietà di trasformazione finite ed infinitesime. Curvatura e sue proprietà di trasformazione. Derivata covariante di campi che si trasformano per azione aggiunta del gruppo.

02/11/2017	10:30	2.0	E	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Lagrangiane invarianti di gauge. Equazioni classiche del moto. Identita' di Bianchi. Ceno sugli istantoni. Correnti di Noether associate all'invarianza di gauge. Cariche di Noether associate e loro banalita'. Quantizzazione di un sistema vincolato: il problema dei due corpi. Spazio di Hilbert per il sistema vincolato. Integrale funzionale sullo spazio di Hilbert vincolato. Delta funzionale e sue proprieta'. Riscrittura della delta di normalizzazione in termini del generatore delle trasformazioni associate al vincolo.
08/11/2017	08:30	2.0	E	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Rappresentazione del vincolo come una delta funzionale ottenuta attraverso integrazione funzionale su una variabile ausiliaria. Relazione tra la delta funzionale quantistica e la variabile ausiliaria classica vista come moltiplicatore di Lagrange. Il vincolo come equazione del moto. Invarianza di gauge della lagrangiana corrispondente. Formula di Faddeev nel caso piu' generale. Teorie di gauge non-abeliane: formulazione canonica in termini di campi elettrici e magnetici. Equazioni del moto classiche e vincolo (legge di Gauss). Scelta di gauge di Weyl: campo elettrico come momento canonico. Quantizzazione canonica: regole di commutazione. Equazioni del moto di Heisenberg. Generatore delle trasformazioni di gauge e sue relazione di commutazione con i campi canonici. Invarianza di gauge come vincolo. Azione del vincolo sui funzionali di stato. Caso abeliano: risoluzione del vincolo. Componenti longitudinali e trasverse del campo. Funzionale di stato nel vuoto ed in presenza di cariche. Energia coulombiana del vuoto. Formulazione funzionale: il path integral di Faddeev per la QED.
15/11/2017	08:30	2.0	E	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Riscrittura del path integral per la QED alla Faddeev-Popov: parametro di gauge xi. Fallimento del path integral ingenuo per la QED e modi zero del termine cinetico. La formula di Faddeev-Popov come rimozione di un fattore di volume infinito del gruppo di gauge dal path-integral. Scelte di gauge comuni: gauge di Coulomb, di Lorentz e lineari. Determinazione del determinante jacobiano banale. Determinazione del termine cinetico e sua invertibilita'. Inversione esplicita e determinazione del propagatore in gauge Le gauge di Feynman xi=0: interpretazione fisica. Indipendenza da xi delle ampiezze fisiche e delle funzioni di Green invarianti di gauge. Stati asintotici e somma sulle polarizzazioni.
16/11/2017	10:30	2.0	E	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Il path integral nel caso non abeliano. Determinate funzionale in gauge di Lorentz. Campi di ghost: regole di Feynman. Stati asintotici: cenno sul formalismo BRS. Identita' di Ward nel caso nonabeliano. Il meccanismo di Higgs. Elettrodinamica scalare con simmetria rotta spontaneamente. Lagrangiana classica: massa del fotone e accoppiamenti del campo di gauge. Campi di Goldstone e campo di Higgs. Il propagatore completo del fotone: massa del fotone e poli nella self-energia scalare.
22/11/2017	08:30	2.0	E	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Calcolo della self-energia del fotone nella teoria spontaneamente rotta. Contributo del bosone di Goldstone: compatibilita' della massa per il fotone con l'identita' di Ward. Gauge unitarie: il bosone di Goldstone come polarizzazione longitudinale. Argomento generale: interazione indotta dall'invarianza di gauge in una lagrangiana in cui una simmetria viene promossa da globale a gauge. Teorema di equivalenza. Rinormalizzazione della QED. Lagrangiana rinormalizzata: campi, carica e massa rinormalizzate. Rinormalizzazione moltiplicativa ed additiva: controtermini.
23/11/2017	10:30	2.0	E	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Condizioni di rinormalizzazione per la QED: massa del fermione, propagatore del fermione, propagatore del fermione, vertice. Identita' di Ward e relazione tra condizioni di rinormalizzazione per il vertice e per il propagatore del fermione. Self-energia del fotone: definizione e diagramma di Feynman a un loop. Espressione a 1 loop in regolarizzazione dimensionale. Calcolo del denominatore mediante i parametri di Feynman. Calcolo del numeratore: tracce di matrici gamma in d dimensioni. Rotazione di Wick. Riduzione di integrali vettoriali ad integrali scalari.
29/11/2017	08:30	2.0	E	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Continuazione del calcolo della self-energia del fotone: calcolo degli integrali scalari in d dimensioni. Semplificazione del numeratore: cancellazione della divergenza quadratica, cancellazione della dipendenza dalla massa del fermione, struttura trasversa. Espressione in prossimita' di 4 dimensioni: sviluppo in potenze di epsilon. Contributo del controtermine: rinormalizzazione. Self-energia rinormalizzata e rinormalizzazione della carica elettrica. Teorema ottico per la self-energia del fotone. Calcolo della parte immaginaria della self-energia. Relazione tra self-energia ed ampiezza in avanti. Verifica del teorema ottico per confronto con la sezione d'urto $e+e^- \rightarrow \mu+\mu^-$.

30/11/2017	10:30	2.0	E	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Invarianza per dilatazioni ed invarianza conforme in fisica classica ed in fisica quantistica: la rottura quantistica dell'invarianza per dilatazioni. Dilatazioni delle coordinate canoniche e dei campi. Condizione per l'invarianza per dilatazioni: dimensionalita' dei parametri. Corrente classicamente conservata. Invarianza per dilatazioni e traccia del tensore energia-impulso. Identita'; di Ward per l'invarianza per dilatazioni. Forma integrale dell'identita' di Ward e proprieta' di scala delle funzioni di Green. Fallimento dell'identita' di Ward: la self-energia del fotone come controesempio. Invarianza di scala e rinormalizzazione: dipendenza dalla scala per osservabili fisiche. Equazione del gruppo di rinormalizzazione per osservabili fisiche. Dipendenza implicita dalla scala e dipendenza esplicita. Funzione beta. Costante di accoppiamento variabile ("running").
06/12/2017	08:30	2.0	E	Dipartimento di Fisica	Lezioni	La costante di accoppiamento running come soluzione dell'equazione di gruppo di rinormalizzazione per osservabili fisiche. Sviluppo perturbativo in termini della costante d'accoppiamento rinormalizzata. Calcolo della funzione beta nella teoria ϕ^4 : regolarizzazione cutoff+condizione di rinormalizzazione fisica; regolarizzazione dimensionale piu' rinormalizzazione \overline{MS} . Indipendenza dalla funzione beta al primo ordine dallo schema di rinormalizzazione. Soluzione della equazione del GR per la costante d'accoppiamento running. Sviluppo perturbativo ordinario e sviluppo leading log.
13/12/2017	08:30	2.0	E	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Uso della costante di accoppiamento running: confronto tra l'espressione per la sezione d'urto elastica per lo scattering ϕ - ϕ nella teoria ϕ^4 scritta in termini di sviluppo ad ordine fisso e di sviluppo risommato. Limite di alta energia dell'espressione ad ordine fisso e limite NLO dell'espressione risommata. Comportamento della costante di accoppiamento in funzione della scala. Flussi di rinormalizzazione e punto fisso UV-stabile. Polo di Landau e trivialita'. Decoupling dei gradi di liberta' pesanti e unificazione degli accoppiamenti. Teorie asintoticamente libere: le teorie di gauge non abeliane. Flussi di rinormalizzazione: punto fisso IR-stabile. Scala caratteristica della teoria ed espressione RG-invariante per la costante di accoppiamento running in teorie asintoticamente libere. Trasmutazione dimensionale. Equazione di gruppo di rinormalizzazione per le funzioni di Green. Funzioni di Green bare e funzioni di Green rinormalizzate. Dimensione anomala e sue proprieta'. L'equazione di Callan-Symanzik.
14/12/2017	10:30	2.0	E	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Soluzione dell'equazione di Callan-Symanzik. Verifica della correttezza della soluzione. Sviluppo perturbativo al primo ordine. Interpretazione della dimensione anomala. Equazione di Callan-Symanzik per osservabili fisiche. Lo sviluppo di Wilson. Argomento basato sull'integrale funzionale: lo sviluppo di Wilson come separazione di scala.
20/12/2017	08:30	2.0	E	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Proprieta' di scala dei coefficienti di Wilson: analisi dimensionale ed operatori dominanti ad alta energia. Equazioni del gruppo di rinormalizzazione soddisfatte dai coefficienti di Wilson e loro soluzione. Espressione indipendente dal punto di rinormalizzazione: elementi di matrice alla scala fisica e loro evoluzione con la scala. Esempio di applicazione: il calcolo della sezione d'urto totale $e+e^-$. Teorema ottico: sezione d'urto totale e prodotto di correnti. Operatori dominanti e diagrammi di Feynman per il calcolo dei coefficienti di Wilson. Espressione per la sezione d'urto totale: continuazione analitica dalla regione tipo tempo a quella tipo spazio.
21/12/2017	10:30	2.0	E	Dipartimento di Fisica	Lezioni	L'anomalia chirale: invarianza chirale e rappresentazioni del gruppo di Poincare'. Il decadimento del pione in due fotoni: modello sigma, identita' di Ward per il triangolo, teorema di Sutherland-Veltman. Fallimento del teorema di Sutherland-Veltman: l'anomalia chirale. Cenno sulla derivazione alla Fujikawa (path integral) ed alla Adler (point-splitting). Forma generale dell'anomalia nel caso non abeliano. Cancellazione delle anomalie e condizioni di consistenza di 't Hooft. L'anomalia chirale per fermioni di Dirac in presenza di topologia non-banale. L'anomalia come derivata totale: corrente anomala e corrente conservata. La carica di Chern-Simons. Campi di pura gauge topologicamente non-banali: gruppo di omotopia per i gruppi $SU(n)$. La carica di Chern-Simons come indice di avvolgimento. Istantoni e tunneling tra vuoti topologicamente disconnessi. I vuoti theta. Il problema della violazione di CP forte: cenno sugli assioni ed il meccanismo di Peccei-Quinn.