



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: 2022/2023 - **Stato del registro:** APERTO

Corso di Studio: FISICA (Classe LM-17)

Insegnamento: Fisica Teorica 1

Forme Didattiche e Ore assegnate:

Lezioni (42.0 ore)

Riepilogo attività

Forma didattica	Ore registrate
Lezioni	42.0

Dettaglio attività

Data	Ora Inizio	Ore	Modalità	Aula	Sede	Forma didattica	Argomento
28/02/2023	14:30	2.0	sincrona in presenza	Aula E	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Introduzione al corso: duplice origine della teorica dei campi a livello classico e quantistico: sistemi di molti corpi e sistemi relativistici. Difficoltà concettuali dell'elettrodinamica quantistica: rinormalizzazione e universalità. Analisi dimensionale. Classificazione dimensionale delle interazioni. La teoria quantistica dei campi come linguaggio universale. Programma del corso e informazioni pratiche: tutorato, testi, esame.
01/03/2023	10:30	2.0	sincrona in presenza	Aula I	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Oscillatori armonici accoppiati. Coordinate normali. Sistema di infiniti oscillatori con interazione a primi vicini. Limite continuo. Analisi dimensionale per i campi e le costanti di accoppiamento. Campo quantistico unidimensionale. Generalizzazione a N dimensioni. Termine di massa per il campo e termine viscoso. Caso relativistico. Equazioni di Eulero-Lagrange da un principio variazionale.
07/03/2023	14:30	2.0	sincrona in presenza	Aula E	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Il campo scalare libero come campo "minimale". Condizioni al contorno soddisfatte dai campi classici. Formulazione hamiltoniana per la teoria classica dei campi. Equazioni del moto: l'equazione di Klein-Gordon. Riscrittura della lagrangiana in notazione di Dirac. L'operatore potenziale: laplaciano e operatore impulso. Coordinate normali come autostati del laplaciano: le onde piane. Passaggio alla base delle coordinate normali come trasformata di Fourier. Condizione di realtà del campo. Soluzione elementare delle equazioni del moto. Soluzione generale delle equazioni classiche del moto: il campo scalare classico. Realtà e covarianza. Il gruppo di Lorentz ed il gruppo di Poincaré. Definizione e conteggio dei generatori.
08/03/2023	10:30	2.0	sincrona in presenza	Aula I	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Generatori del gruppo di Lorentz e delle traslazioni: relazioni di commutazione. Rotazioni e boost: interpretazione fisica dei commutatori. Il gruppo di Lorentz come prodotto diretto di due gruppi $O(3)$. Rappresentazioni del gruppo di Lorentz e delle rotazioni: contenuto della rappresentazione fondamentale (vettoriale) e di un tensore di rango due in termini di rotazioni. Interpretazione in termini di rappresentazioni irriducibili di Lorentz. Rappresentazione del gruppo di Poincaré sui campi. Rappresentazione sugli stati fisici. Teorema di Wigner. Costruzione delle rappresentazioni irriducibili: esempio nel caso delle rotazioni. Lemma di Schur e operatori di Casimir. Operatori di Casimir per il gruppo di Poincaré. Operatore di Pauli-Lubanski e suo significato. Spettro degli operatori di Casimir per il gruppo di Poincaré: stati con massa.
14/03/2023	14:30	2.0	sincrona in presenza	Aula E	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Conteggio dei gradi di libertà per stati con massa. Il metodo della rappresentazione indotta. Stati a massa nulla: operatore di Pauli-Lubanski ed elicità. Conteggio dei gradi di libertà e rappresentazione indotta. Il teorema di Noether. Riassunto della derivazione per la meccanica del punto. Il teorema di Noether in teoria dei campi. Correnti e cariche conservate. Simmetrie interne: Costruzione delle correnti e delle cariche. Derivata funzionale. Parentesi di Poisson di due cariche conservate e algebra dei generatori del gruppo. Simmetrie spazio-temporali: le traslazioni. Trasformazione delle coordinate e trasformazione dei campi. Costruzione delle correnti conservate. Il tensore energia-impulso. Simmetrizzazione del tensore energia impulso.
15/03/2023	10:30	2.0	sincrona in presenza	Aula I	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Correnti conservate per trasformazioni di Lorentz. Contributo spaziale e contributo intrinseco. Caso di un campo scalare: termine spaziale e momento angolare orbitale, termine intrinseco e teorema del baricentro. Simmetrizzazione alla Belinfante del tensore energia-impulso per campi di spin non nullo. Il campo scalare reale. Tensore energia impulso. Densità di energia e hamiltoniana. Separazione del problema in termini di coordinate normali: la hamiltoniana come somma di hamiltoniane di oscillatore armonico disaccoppiato. Quantizzazione degli oscillatori armonici. Espressione della hamiltoniana in termini dell'operatore numero per i singoli oscillatori.

21/03/2023	14:30	2.0	sincrona in presenza	Aula E	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Riassunto dell'argomento per la quantizzazione del campo scalare. Energia di punto zero del vuoto e sua sottrazione. Ordinamento normale. Stati ad una particella: energia ed impulso. Spazio di Fock. Normalizzazione degli stati fisici. Relazioni di commutazione fra campi e campi coniugati. L'operatore quadri-impulso come generatore delle traslazioni. Il campo scalare carico. Invarianza $U(1)$ e corrente conservata. Tensore energia-impulso. Energia e carica degli stati a una particella: particelle ed antiparticelle. Il campo di Maxwell. Lagrangiana ed equazioni del moto in presenza di correnti di materia. Conservazione della corrente. Invarianza di gauge, Conteggio dei gradi di liberta' fisici: l'equazione per il potenziale A^0 come vincolo. Il tensore energia -impulso. Energia e impulso del campo elettromagnetico in termini di campi elettricie magnetici.
22/03/2023	10:30	2.0	sincrona in presenza	Aula I	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Spin del campo elettromagnetico. Quantizzazione. Espressione degli operatori canonici in termini di operatori di creazione e distruzione. La rappresentazione di spin 1/2 del gruppo di Lorentz. Matrici Gamma e algebra di Clifford. Proprieta' elementari delle matrici gamma. Rappresentazione di Weyl: rotazioni e boost. Trasformazione di Lorentz inversa, matrice γ^0 e spinore barrato. Bilineari fermionici: scalari e vettori. Definizione del campo di Dirac. Lagrangiana invariante. Equazione classica del moto. Tensore energia-impulso.
28/03/2023	14:30	2.0	sincrona in presenza	Aula E	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Riassunto delle proprieta' del campo classico di Dirac. L'equazione di Dirac come equazione classica del moto. Cenni storici sull'equazione di Dirac come equazione d'onda relativistica. Soluzioni dell'equazione di Dirac: energia positiva e negativa. La matrice γ^5 e i proiettori chirali. Soluzioni dell'equazione di Dirac nel caso a massa nulla: elicitita' e chiralita'. Normalizzazione delle soluzioni. Sviluppo del campo di Dirac in coordinate normali. Espressione dell'energia e della carica in termini di operatori di creazione e distruzione. Necessita' della quantizzazione con anticommutatori. Statistica di Fermi e principio di Pauli. Cenni sul teorema CPT. Teorie interagenti: approccio hamiltoniano e approccio lagrangiano.
29/03/2023	10:30	2.0	sincrona in presenza	Aula I	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Ampiezze di transizione. Espressione dell'ampiezza in rappresentazione di interazione. Relazione fra meccanica quantistica del punto e teoria dei campi. Cenni sul calcolo di ampiezze in teoria dei campi in rappresentazione di interazione. Ampiezza di transizione ed operatore di evoluzione temporale. Associativita' dell'evoluzione temporale. Evoluzione temporale infinitesima e Hamiltoniana come generatore dell'evoluzione temporale. Calcolo dell'evoluzione temporale infinitesima fra due autostati canonici: risultato hamiltoniano. Evoluzione temporale finita: l'integrale funzionale (forma hamiltoniana). Hamiltoniane quadratiche: espressione lagrangiana per l'evoluzione temporale infinitesima. Controllo della normalizzazione. Espressione lagrangiana per l'integrale di cammino. Elementi di matrice di operatori e prodotto cronologico.
04/04/2023	14:30	2.0	sincrona in presenza	Aula E	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Il path integral in teoria dei campi. Il campo come coordinata canonica: funzionali di stato. Valore medio del prodotto cronologico di operatori di campo in termini di path integral. Elementi di matrice nel vuoto e fattore di convergenza. Funzioni di Green a n-punti, normalizzazione all'ampiezza vuoto-vuoto. Il funzionale generatore. Funzioni di Green come derivate funzionali del funzionale generatore. Calcolo del funzionale generatore per la teoria libera: il campo scalare reale. L'operatore cinetico e le sue autofunzioni. Calcolo del path integral come integrale gaussiano.
05/04/2023	10:30	2.0	sincrona in presenza	Aula I	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Il path integral in assenza di sorgenti: il determinante funzionale. Termine di sorgente: espressione nello spazio degli impulsi e delle coordinate (bilocale). Il propagatore di Feynman. Sua interpretazione come funzione di Green. Il propagatore di Feynman come funzione a due punti. Calcolo del propagatore di Feynman con il metodo operatoriale. Prescrizione meta' anticipata e meta' ritardata. Il propagatore per i campi di Maxwell. Il path integral per la teoria in interazione.
18/04/2023	14:30	2.0	sincrona in presenza	Aula E	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Il path integral per i fermioni. Variabili di Grassmann. Derivata ed integrale di funzioni di variabili anticommutanti. Variabili di Grassmann complesse. Integrali gaussiani. Caso n-dimensionale. Determinante fermionico. Il path integral per il campo di Dirac libero. Il propagatore per il campo di Dirac. Teoria interagente e vertice. Il teorema di Wick.

19/04/2023	10:30	2.0	sincrona in presenza	Aula I	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Il vertice: calcolo dell'elemento di matrice del potenziale di interazione fra stati di particella libera. Il caso dell'elettrodinamica. Funzioni d'onda e vertice. Interpretazione del risultato: rappresentazione di interazione vs path integral.. La formula di riduzione. Necessita' di definire operatori di creazione e distruzione per la teoria in interazione. Il wronskiano. Coordinate normali di particella libera come stati di base. L'operatore di creazione dipendente dal tempo. Espressione del campo e relazioni di commutazione. Operatori di creazione in e out.
02/05/2023	14:30	2.0	sincrona in presenza	Aula E	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Risunto della definizione di operatori e campi "in" e "out". Equazioni del moto soddisfatte dall'operatore di distruzione dipendente a(t): forma differenziale e forma integrale. Potenziale e termine di sorgente. Espressione per campo in interazione in forma integrale in termini di condizioni iniziali e finali, sorgenti, e funzioni di Green ritardate e anticipate. Dipendenza temporale dei campi in e out. Gli operatori di creazione in e out come creatori e distruttori di autostati del quadri-impulso. Ampiezza di transizione: riduzione degli operatori di creazione e distruzione in termini di campi. Riscrittura in forma covariante mediante l'integrazione su tutti i tempi. Inversi propagatori: espressione nello spazio degli impulso e delle coordinate. Riduzione di piu' operatori e prodotto cronologico. Forma generale della formula di riduzione: ampiezza in termine di funzione di Green a n+m punti.
03/05/2023	10:30	2.0	sincrona in presenza	Aula I	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Generalizzazione della formula di riduzione: campo scalare carico, campo fermionico e campo vettoriale. Espressioni della formula di riduzione nello spazio delle posizioni e nello spazio degli impulsi. Relazione fra matrice T e funzioni di Green: singolarita' delle funzioni di Green. Calcolo di ampiezze: (1) dall'ampiezza alla funzione di Green, (2) sviluppo perturbativo della funzione di Green interagente in termini di funzioni di Green della teoria libera, (3) calcolo delle funzioni di Green nella teoria libera mediante il teorema di Wick. Un semplice esempio: l'ampiezza fotone-> e+e- in elettrodinamica.
09/05/2023	14:30	2.0	sincrona in presenza	Aula E	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Le regole di Feynman: enunciato e semplici esempi. Calcolo dell'ampiezza e+e-> mu+mu-. Somme sulle polarizzazioni e tracce. Tracce di matrici gamma. Espressione in termini di prodotti scalari.
10/05/2023	10:30	2.0	sincrona in presenza	Aula I	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Caratteristiche generali dell'ampiezza e+e->mu=mu-: analisi dimensionale e dipendenza cinematica. Conteggio dei gradi di liberta' indipendenti. Invarianti di Mandelstam. Espressione dell'elemento di matrice in termini di invarianti di Mandelstam. Cenni sul sistema di riferimento del centro di massa e sulle sezioni d'urto. Calcolo di diagrammi a un loop: teoria phi^4. Regole di Feynman. Scattering elastico phi-phi a next-to-leading order. Espressione per l'ampiezza ad un loop. Parametri di Feynman. Rotazione di Wick. Regolarizzazione mediante cutoff ed espressione finale regolarizzata.
16/05/2023	14:30	2.0	sincrona in presenza	Aula E	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Costante d'accoppiamento "fisica". Rimozione degli infiniti. Costanti d'accoppiamento regolarizzata e rinormalizzata. Significato fisico della rinormalizzazione: rinormalizzazione e principio di indeterminazione. Regolarizzazione dimensionale. Sottrazione minimale. Rinormalizzazione additiva e moltiplicativa. Controtermini e teoria della perturbazioni rinormalizzata.
17/05/2023	10:30	2.0	sincrona in presenza	Aula I	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Feedback sul corso. Grado di divergenza di un diagramma: calcolo in termini del numero di vertici e di particelle esterne per una teoria phi^n in d dimensioni. Espressione del risultato come analisi dimensionale. Dimensione dell'accoppiamento e dipendenza del grado di divergenza dal numero di vertici. Espressione della dimensionalita di tutti i diagrammi con fisso numero di righe esterne in termini della dimensione dell'accoppiamento. Teorie rinormalizzabili, non-rinormalizzabili e super-rinormalizzabili.
23/05/2023	14:30	2.0	sincrona in presenza	Aula E	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Rinormalizzazione della teoria phi^4. Divergenze primitive. Funzione a due punti: rappresentazione spettrale, rinormalizzazione del campo e della massa. Teoria delle perturbazioni rinormalizzata: lagrangiana rinormalizzata e controtermini. Regole di Feynman associate ai controtermini. Cenni sulla rinormalizzabilita; a tutti gli ordini e la procedura BPHZ. Teorie non-rinormalizzabili come teorie efficaci. Significato di rinormalizzabilita' e non rinormalizzabilita'. Cenni sul problema della naturalita.