



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: 2020/2021 - **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
02/03/2021	15:30	2.0	sincrona online	Aula E virtuale Zoom	Aula virtuale zoom del dipartimento di fisica	Lezioni	Introduzione al corso. Ragioni storiche per la denominazione. Teoria quantistica relativistica dei campi: necessita' di una formulazione con infiniti gradi di liberta'. L'elettrodinamica quantistica e le origini della teoria quantistica dei campi: successi e difficolta'. Rinormalizzazione e proliferazione delle interazioni. Analisi dimensionale. Significato della rinormalizzazione. Teorie rinormalizzabili e teorie efficaci. La teoria quantistica dei campi come descrizione universale a bassa energia/lunga distanza. Programma del corso, sue motivazioni, e osservazioni degli studenti di anni precedenti. Informazioni pratiche sul corso: tutorato, esami, libri di testo, problemi.
03/03/2021	11:30	2.0	sincrona online	Aulae I virtuale Zoom	Aula virtuale zoom del dipartimento di fisica	Lezioni	Coordinate normali. Sistemi di oscillatori armonici accoppiati. Uso della notazione di Dirac nel caso classico. Problema disaccoppiato e sua soluzione. Passaggio alla base di partenza. Commento sulla "seconda quantizzazione". Il campo classico come sistema di coordinate a primi vicini. KLimite al continuo: terme cinetico e definizione del campo. Termine di potenziale e costante d'accoppiamento. Analisi dimensionale per il campo e l'accoppiamento. Lagrangiana e densita' di lagrangiana per il campo classico.
09/03/2021	15:30	2.0	sincrona online	Aula E virtuale Zoom	Aula virtuale zoom del dipartimento di fisica	Lezioni	Lagrangiana per il campo classico: analisi dimensionale. Generalizzazione a n dimensioni e caso 4 dimensionale. Aggiunta di un termine "di massa". Invarianza relativistica. Il campo scalare di Klein Gordon. Equazioni del moto da un principio variazionale. Richiamo del caso della meccanica del punto. Teoria dei campi: equazioni di Eulero-Lagrange. Notazione di Dirac per la lagrangiana e le equazioni del moto. Coordinate normali ed onde piane. Soluzione delle equazioni del moto per le coordinate normali. Condizione di realta' del campo. Soluzione generale per il campo.
10/03/2021	11:30	2.0	sincrona online	Aulae I virtuale Zoom	Aula virtuale zoom del dipartimento di fisica	Lezioni	Definizione del gruppo di Lorentz. Relazione con le rotazioni. Generatori. Relazioni di commutazione. Espressioni in termini di rotazioni e boost. Il gruppo di Lorentz come prodotto diretto di due sottogruppi di rotazioni. Gruppo di Poincare' e traslazioni. Estensione dell'algebra alle traslazioni: forma covariante e forma tridimensionale. Rappresentazione fondamentale. Cenno sulla costruzione delle rappresentazioni a partire dalle rappresentazioni dei sottogruppi. Contenuto di rotazioni delle rappresentazioni di Lorentz: vettori e tensori a due indici. Rappresentazioni del gruppo di Lorentz sui campi classici. Trasformazione covariante dei campi. Traslazioni ed invarianza dei campi. Rappresentazioni del gruppo di Lorentz sugli stati in uno spazio di Hilbert. cenno sul teorema di Wigner. Rappresentazioni irriducibili: lemma di Schur ed operatori di Casimir. Esempio delle rotazioni. Operatori di Casimir per il gruppo di Poincare'. Operatore di Pauli-Lubanski e sua interpretazione come generalizzazione covariante dello spin. Stati di una particella: massa e spin. Metodo della rappresentazione indotta. Caso di massa nulla.
24/03/2021	11:30	2.0	sincrona online	Aulae I virtuale Zoom	Aula virtuale zoom del dipartimento di fisica	Lezioni	Il teorema di Noether. Riassunto della dimostrazione nel caso della meccanica del punto. Invarianza per traslazioni temporali e Hamiltoniana. Dimostrazione del teorema di Noether in teoria classica dei campi. Trasformazione della misura di integrazione. Azioni invarianti a meno di una derivata totale. Correnti conservate e cariche conservate. Algebra delle cariche conservate sotto parentesi di Poisson: il caso di simmetrie interne. Invarianza per traslazioni quadridimensionali. Correnti conservate. Il tensore energia-impulso. Simmetrizzazione attraverso un pre-potenziale.

30/03/2021	15:30	2.0	sincrona online	Aula E virtuale Zoom	Aula virtuale zoom del dipartimento di fisica	Lezioni	Correnti conservate per invarianza sotto trasformazioni di Lorentz. Trasformazione di campi e coordinate. Tensore momento angolare generalizzato: parte orbitale e parte intrinseca. Espressione esplicita della parte orbitale in termini del tensore energia-impulso. Generatori delle rotazioni e densita' di momento angolare orbitale. Conservazione delle correnti per i boost e teorema del baricentro. Cenni sulla parte di spin. Costruzione esplicita del tensore energia impulso simmetrico per campi invarianti sotto Lorentz. La quantizzazione del campo scalare di Klein-Gordon. Lagrangiana, dimensionalita' dei campi ed equazioni del moto. Tensore energia impulso. Densita' di energia e hamiltoniana. Diagonalizzazione della hamiltoniana in coordinate normali: richiamo del caso classico. Quantizzazione come oscillatore armonico. Richiamo dei risultati in meccanica quantistica del punto, Relazioni di commutazione per gli operatori di creazione e distruzione: dal caso discreto al caso continuo, Necessita' di usare la rappresentazione di Heisenberg. Espressione esplicita del campo quantizzato.
31/03/2021	11:30	2.0	sincrona online	Aula I virtuale Zoom	Aula virtuale zoom del dipartimento di fisica	Lezioni	Espressione della Hamiltoniana in termini di operatori di creazione e distruzione. Operatore di creazione ed autostati dell'energia. Operatore impulso. Stati ad una particella. Spazio di Fock. Normalizzazione covariante degli stati fisici. Campo canonicamente coniugato. Cariche conservate come generatori delle trasformazioni sullo spazio dei campi. Cenni sul funzionale di stato. Il campo di Klein-Gordon carico. Corrente conservata. Tensore energia-impulso. Quantizzazione del campo. Espressione della hamiltoniana e della carica in termini di operatori di creazione e distruzione. Particelle ed antiparticelle.
13/04/2021	15:30	2.0	sincrona online	Aula E virtuale Zoom	Aula virtuale zoom del dipartimento di fisica	Lezioni	Cenni sul campo di Maxwell e la sua quantizzazione. Lagrangiana classica ed equazioni di Eulero-Lagrange. Tensore energia-impulso. Conservazione della corrente. Invarianza di gauge. Conteggio dei gradi di liberta' fisici e confronto con la teoria delle rappresentazioni del gruppo di Poincare'. Polarizzazioni trasverse e loro definizione covariante. Quantizzazione: espressione del campo in termini di operatori di creazione e distruzione. Energia, impulso e spin in termini di operatori di creazione e distruzione e stati fisici. Spin 1/2: gli spinori di Dirac. Algebra di Clifford: matrici gamma e generatori del gruppo di Lorentz. Esempio tridimensionale: le matrici di Pauli. Matrici gamma in dimensioni. Rappresentazione di Weyl per le matrici gamma. Forma esplicita di boost e rotazioni: decomposizione in due gruppi SU(2). Hermiticita' delle matrici gamma. Spinore "barrato" e sua proprieta' di trasformazione sotto Lorentz. Bilineari fermionici e loro trasformazioni. Definizione del campo di Dirac classico. Lagrangiana di Dirac.
14/04/2021	11:30	2.0	sincrona online	Aula I virtuale Zoom	Aula virtuale zoom del dipartimento di fisica	Lezioni	Simmetrie della lagrangiana di Dirac: invarianza per trasformazioni di fase e campo di Dirac come campo carico. Equazioni classiche del moto (equazione di Dirac) per il campo e per il suo coniugato e loro equivalenza. Cariche conservate: energia, impulso e carica elettrica. Soluzioni dell'equazione di Dirac. Dipendenza spaziale ed equazione di Klein-Gordon. Spinori di tipo u e di tipo v. Matrice gamma5: definizione e proprieta'. Chiralita' e proiettori chirali. Relazione fra soluzioni di tipo u e di tipo v. Limite di massa nulla. Normalizzazione delle soluzioni. Decomposizione del campo sulla base delle coordinate normali (soluzioni delle equazioni classiche del moto). Quantizzazione: coefficienti come operatori di creazione e distruzione. Espressione della hamiltoniana in termini di operatori di creazioni e distruzioni. Necessita' della quantizzazione mediante anticommutatori. Espressioni dell'energia e della carica in termini di operatori anticommutanti. Interpretazione fisica delle relazioni di anticommutazione: principio di Pauli e statistica di Fermi. Relazioni di commutazione fra il campo canonico ed il suo coniugato. Introduzione al calcolo di ampiezze di transizione: richiamo della rappresentazione di interazione. Approccio hamiltoniano ed approccio lagrangiano.

20/04/2021	15:30	2.0	sincrona online	Aula E virtuale Zoom	Aula virtuale zoom del dipartimento di fisica	Lezioni	Calcolo di ampiezze in rappresentazione di interazione. Matrice S. Prodotto cronologico. Transizione vuoto-vuoto e funzioni di Green. Indipendenza dalla rappresentazione. Calcolo di ampiezze di transizione in meccanica quantistica. Operatore di evoluzione temporale e suoi elementi di matrice fra autostati della posizione.. Evoluzione temporale infinitesima. Espressione in termini di lagrangiana. Evoluzione finita come sequenza di evoluzioni temporali infinitesime: il path integal. Limite classico e cammino di minima azione. Path integral per un prodotto di operatori posizione e prodotto cronologico.
21/04/2021	11:30	2.0	sincrona online	Aulae I virtuale Zoom	Aula virtuale zoom del dipartimento di fisica	Lezioni	Path integral per l'ampiezza di transizione fra due stati dati. Il path integral in teoria dei campi. Operatore di campo come coordinata canonica: autostati, autovalori e funzionale di stato. Fattore di convergenza e transizione vuoto-vuoto. Espressione per la funzione a n punti in termini del pah integral. Funzionale generatore: sorgenti e derivate funzionali. Espressione finale per la funzione di Green in termini di funzionale generatore. Calcolo del funzionale generatore per il campo scalare reale. Espressione per la azione in notazione di Dirac. Base delle posizioni e base degli impulsi. Integrale funzionale come integrale gaussiano: estrazione della dipendenza dal termine di sorgente. Calcolo dell'integrale multigaussiano: espressione in termini di determinante funzionale. Espressione per il termine di sorgente: inversione dell'operatore cinetico sia nello spazio delle posizioni che nello spazio degli impulsi.
27/04/2021	15:30	2.0	sincrona online	Aula E virtuale Zoom	Aula virtuale zoom del dipartimento di fisica	Lezioni	Riassunto dell'espressione per il funzionale generatore. Diverse fprme dell'inverso dell'operatore cinetico. Il propagatore come quantita' bilocale e come funzione di Green per l'equazione classica di Klein-Gordon. Funzionale generatore per la teoria interagente. Interazioni e derivata funzionale del funzionale generatore per la teoria libera: lo sviluppo perturbativo nella teoria interagente. Il propagatore di Feynman come funzione a due punti: dimosytrazione con il path-integral. Calcolo esplicito della funzione a due punti come elemento di matrice d operatori. Prescrizione iepsilon e prescrizione di Feynman (mezza ritardata e mezza anticipata). Cenno sul funzionale generatore per la teoria di Maxwell. Non-invertibilita' del termine cinetico. Propagatore del campo di gauge "in gauge di Feynman".
28/04/2021	11:30	2.0	sincrona online	Aulae I virtuale Zoom	Aula virtuale zoom del dipartimento di fisica	Lezioni	Il path integral per i fermioni. Variabili di Grassmann: derivazione ed integrazione. Variabili complesse. Integrali gaussiani: caso unidimensionale. Integrali gaussiani n-dimensionali per variabili anticommutanti. Funzionale generatore per il campo di Dirac libero. Funzioni di Green dal funzionale generatore. La funzione a due punti: inverso dell'operatore di Dirac. Interazioni: problemi nella definizione degli stati in e out.
04/05/2021	15:30	2.0	sincrona online	Aula E virtuale Zoom	Aula virtuale zoom del dipartimento di fisica	Lezioni	Calcolo di una transizione fra stati liberi in versione hamiltoniana: vertice e funzioni d'onda. Wronnskiano e operatori di creazione generalizzati. Campo in interazione in termini degli operatori generalizzati ed equazioni del moto soddisfatte da questi ultimi. Operatori di creazione e distruzione e campi in e out. Equazioni del moto per il campo in e out. Operatori di creazione e distruzione in e out come creatori di autostati dell'hamiltoniana completa. Matrice S in termine di stati in e out.
05/05/2021	11:30	2.0	sincrona online	Aulae I virtuale Zoom	Aula virtuale zoom del dipartimento di fisica	Lezioni	Riduzione dell'ampiezza ad una funzione di Green. Estrazione degli operatori di creazione e distrubzione per stati in e out ed espressione in termini di camp. Caso di particella entrante o uscente per il campo scalare. Caso di n particelle e prodotto cronologico. La formula di riduzione nello spazio degli impulsi. Ampiezza come residuo di un polo multiplo di una funzione di Green. La formula di riduzione per il campo fermionico e per il campo vettoriale.
11/05/2021	15:30	2.0	sincrona online	Aula E virtuale Zoom	Aula virtuale zoom del dipartimento di fisica	Lezioni	Riassunto dei risultati che permettonno di calcolare qualunque elemento di matrice S: formula di riduzione, calcolo di funzioni di Green nella teoria in interazione, funzionale generatore della teoria libera. Calcolo esplicito della transizione fotone-> elettrone positrone. Regole di Feynman: enunciato e semplici esempi.

12/05/2021	11:30	2.0	sincrona online	Aulae I virtuale Zoom	Aula virtuale zoom del dipartimento di fisica	Lezioni	Esempio di calcolo di processo ad albero $e+e \rightarrow \mu+\mu$ in elettrodinamica con due fermioni. Regole di Feynman. Calcolo dell'ampiezza. Modulo quadro dell'ampiezza: somma sulle polarizzazioni e tracce. Tracce di matrici gamma. Calcolo dell'elemento di matrice. Conteggio di gradi di liberta' e leggi di conservazione. Invarianti di Mandelstam. Espressione dell'ampiezza in termini di invarianti di Mandelstam. Scelta del sistema di riferimento: il sistema del centro di massa. L'ampiezza nel sistema del centro di massa. Analisi dimensionale e dipendenza angolare del risultato nel limite di massa nulla. Cenno sulle sezioni d'urto: fattore di flusso e spazio delle fasi.
18/05/2021	15:30	2.0	sincrona online	Aula E virtuale Zoom	Aula virtuale zoom del dipartimento di fisica	Lezioni	Introduzione alla rinormalizzazione. Calcolo dell'ampiezza $\phi\phi$ in teoria ϕ^4 . Calcolo ad albero. Calcolo ad 1 loop: diagrammi di canale s, t, u. Fattore di forma e potenziale generalizzato. Integrale di loop: il metodo dei parametri di Feynman. Rotazione di Wick e riduzione ad un integrale sferico. Espressione esplicita e regolarizzazione con un cutoff: divergenza logaritmica. Costante d'accoppiamento fisica. Rinormalizzazione e scomparsa della divergenza. Relazione fra costante d'accoppiamento rinormalizzata e costante d'accoppiamento "bare". Origine delle divergenze.
19/05/2021	11:30	2.0	sincrona online	Aulae I virtuale Zoom	Aula virtuale zoom del dipartimento di fisica	Lezioni	Relazione fra divergenze e principio di indeterminazione. Regolarizzazione dimensionale. Calcolo dell'ampiezza in regolarizzazione dimensionale. Costante di accoppiamento fisica e costante di accoppiamento $M\bar{s}$: sottrazione minimale. Interpretazione della scala di regolarizzazione in regolarizzazione dimensionale con sottrazione minimale. relazione fra costante di accoppiamento $M\bar{s}$ e costante di accoppiamento regolarizzata. Rinormalizzazione moltiplicativa ed additiva. Controtermini, Inclusione dei controtermini nella lagrangiana.
25/05/2021	15:30	2.0	sincrona online	Aula E virtuale Zoom	Aula virtuale zoom del dipartimento di fisica	Lezioni	(Feedback sull'organizzazione e lo svolgimento dell'insegnamento). Classificazione delle interazioni: grado di divergenza superficiale di un diagramma. Calcolo mediante le relazioni di conservazione dell'impulso. Calcolo usando l'analisi dimensionale. Significato fisico della dimensionalita' della costante d'accoppiamento.
26/05/2021	11:30	2.0	sincrona online	Aulae I virtuale Zoom	Aula virtuale zoom del dipartimento di fisica	Lezioni	Teorie rinormalizzabili, super-rinormalizzabili, non-rinormalizzabili. Rinormalizzazione della teoria ϕ^4 . Divergenze primitive. Vertice e propagatore. Rappresentazione spettrale del propagatore, rinormalizzazione della massa e del campo. Condizioni di rinormalizzazione. Lagrangiana rinormalizzata: controtermini. Generazione dinamica di tutte le interazioni. Rinormalizzabilita' a tutti gli ordini. Divergenza superficiale e reale. Cenno sulla dimostrazione a tutti gli ordini della rinormalizzabilita'. Significato di teorie rinormalizzabili e teorie non-rinormalizzabili. Le teorie efficaci. Naturalezza ed interazioni fondamentali.