



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO

SCIENZE E TECNOLOGIE

Docente	Creazione	Stato		
STEFANO FORTE		Aperto		
Data di nascita	Codice fiscale			
21/06/1961	FRTSFN61H21F205Q			
Dipartimento di afferenza	Settore	Carriera	A.A.	
DIPARTIMENTO DI FISICA	FIS/02-Fisica teorica, modelli e metodi matematici	PROFESSORE UNIVERSITARIO DI RUOLO I FASCIA	2014/15	
Corso di Studio	Strutt.Responsabile	Insegnamento	Modulo	
FISICA (Classe LM-17) (F95)	FISICA (Classe LM-17) (F95)	Fisica Teorica 1 (F95-61)	()	
Forme didattiche previste dal Piano Didattico				
- Lezioni(48 ore)				
Note				
Nessuna				
Riepilogo Attività				
Forma didattica		Stato	Numero	Ore
Lezioni		Da confermare	24	48

Dettaglio attività

Stato	Data	Ora inizio	Ore	Aula	Sede	Forma didattica	Argomento/Note
Da confermare	MAR 03/03/2015	14:00	2	U	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Introduzione al corso. Necessita' dei campi quantistici per combinare meccanica quantistica e relativita'. Teoria dei campi come metodologia per la formulazione della piu generale teoria: principio di indeterminazione e analisi dimensionale. Teorie rinormalizzabili e teorie efficaci. Informazioni su test ed esame.
Da confermare	MER 04/03/2015	10:30	2	U	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Coordinate normali per un sistema di oscillatori armonici accoppiati. Sistema di N oscillatori armonici e suo limite continuo: il campo scalare classico unidimensionale. Analisi dimensionale per il campo e l'accoppiamento. Densita' di Lagrangiana. Equazioni del moto da un principio variazionale: meccanica e teoria dei campi. Formulazione hamiltoniana della teoria dei campi. Equazioni del moto e loro soluzione per il campo scalare; caso di forza di richiamo (termine di massa). Velocita' di fase e velocita' di gruppo.
Da confermare	MAR 10/03/2015	14:30	2	E	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Coordinate normali per il campo scalare: le onde piane. Disaccoppiamento della lagrangiana nello spazio degli impulsi. La soluzione dell'equazione classica del moto come coordinata normale. Riassunto del gruppo di Lorentz. Definizione del gruppo di Lorentz e del gruppo di Poincare' e significato fisico della corrispondente invarianza. Generatori del gruppo di Lorentz e loro algebra. Relazioni di commutazione. Boost e rotazioni: il gruppo di Lorentz come prodotto diretto di due gruppi di rotazioni. Rappresentazioni; SU(2) come doppio ricoprimento di SO(3). Contenuto di spin di vettori e tensori di Lorentz. Costruzione delle rappresentazioni del gruppo di Lorentz a partire dalla rappresentazione dei suoi gruppi SU(2).
Da confermare	MER 11/03/2015	10:30	2	L	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Traslazioni e loro relazioni di commutazione: il gruppo di Poincare'. Rappresentazioni del gruppo di Poincare' sui campi: campi scalari, vettoriali, spinoriali e tensoriali. Traslazioni: rappresentazione banale. Rappresentazione del gruppo di Poincare' sugli stati di uno spazio di Hilbert. Teorema di Wigner: cenno. Lemma di Schur e classificazione delle rappresentazioni irriducibili mediante gli autovalori degli operatori di Casimir. Operatori di Casimir per il gruppo di Poincare': impulso e vettore di Pauli-Lubanski. Interpretazione fisica del vettore di Pauli-Lubanski. Autovalori degli operatori di Casimir: massa, spin, e particelle elementari. Classificazione delle rappresentazioni con il metodo delle rappresentazioni indotte. Caso massivo e caso a massa nulla. Particelle di massa nulla come autostati della chiralita'.
Da confermare	MAR 17/03/2015	14:30	2	E	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Il teorema di Noether. Riassunto della dimostrazione nel caso della meccanica del punto. Esempio: invarianza per traslazioni temporali e conservazione dell'energia. Dimostrazione del teorema di Noether in teoria (classica) dei campi. Correnti conservate, equazioni di continuita', cariche conservate. Generalizzazione al caso di molti campi, o di multipletti di trasformazioni. Gruppi di trasformazioni: l'algebra delle cariche di Noether sotto parentesi di Poisson come rappresentazione dell'algebra dei generatori. Le correnti conservate per invarianza per traslazioni: il tensore energia-impulso. Densita' di energia e densita' di impulso. Simmetrizzazione del tensore energia-impulso. Le correnti conservate per invarianza di Lorentz. Termine intrinseco (o di spin) e termine orbitale. Forma esplicita delle cariche di momento angolare. Forma esplicita dei boost: il teorema del baricentro. Cenno alla simmetrizzazione del tensore energia-impulso per teorie invarianti di Poincare'.
Da confermare	MER 18/03/2015	10:30	2	L	Dipartimento di Fisica	Lezioni	La lagrangiana del campo scalare: significato del termine cinetico; la piu' generale lagrangiana invariante di Poincare' con accoppiamenti con dimensioni positive di massa. Tensore energia impulso classico: forma esplicita. Quantizzazione in coordinate

normali: coefficienti dello sviluppo sulle equazioni classiche del moto come operatori di creazione e distruzione. Espressione dell'hamiltoniana in termini di operatori di creazione e distruzione. Energia di punto zero ed effetto Casimir. Stati fisici come stati di definito quadri-impulso e fissa massa. Lo spazio di Fock. Normalizzazione covariante degli stati fisici. Operatore di campo ed operatore momento coniugato e loro relazioni di commutazione: la "seconda quantizzazione" ed il suo significato. Espressioni degli operatori in termini di campi e generatori delle trasformazioni: l'impulso come generatore delle traslazioni.

Da confermare	MAR 24/03/2015 14:30 2	E	Dipartimento Lezioni di Fisica	Il campo scalare carico. Lagrangiana, equazioni classiche del moto e nensore canonico. Corrente conservata. Operatori di creazione e distruzione: particelle ed antiparticelle. Cenni sul campo elettromagnetico. Lagrangiana per il campo di Maxwell accoppiato ad una corrente. Equazioni classiche del moto, invarianza di gauge e conteggio dei gradi di liberta'. Sviluppo del campo in coordinate normali e stati di polarizzazione trasversa. Energia, impulso e spin per il campo quantizzato. La rappresentazione di spin 1/2 del gruppo di Lorentz nella costruzione di Dirac. Matrici gamma ed algebra di Clifford. Espressione dei generatori del gruppo di Lorentz in termini di matrici gamma. Le matrici di Pauli come matrici gamma in tre dimensioni. Le matrici gamma nella rappresentazione di Weyl. Forme unitariamente equivalenti delle matrici gamma.
Da confermare	MER 25/03/2015 10:30 2	L	Dipartimento Lezioni di Fisica	Espressione dei generatori e dei boost: la rappresentazione (1/2,1/2) del gruppo di Lorentz. Hermiticita' delle matrici gamma. Spinore barrato e trasformazione inversa. Costruzione del bilineare scalare. Trasformazione delle matrici gamma sotto l'azione aggiunta del gruppo di Lorentz. Il campo di Dirac. Lagrangiana del campo di Dirac e sua invarianza di Lorentz. Tensore canonico, energia e impulso. Equazioni classiche del moto. Soluzione per la parte spaziale in termini di onde piane. Spinori u e v (di energia positiva e negativa). Matrice gamma5 e suo significato. Soluzioni del caso di massa nulla come autostati della gamma5. Proiettori chirali.
Da confermare	MAR 31/03/2015 14:30 2	E	Dipartimento Lezioni di Fisica	Quantizzazione del campo di Dirac: le soluzioni delle equazioni classiche del moto come coordinate normali. Operatori di creazione e distruzione: espressione dell'hamiltoniana. Necessita' della quantizzazione con anticommutatori per l'esistenza dello spettro: implicazioni per il principio di Pauli ed il teorema spin-statistica. Espressione dell'hamiltoniana e della carica in termini di operatori di creazione e distruzione. Connessione con la quantizzazione canonica. Il campo in interazione: ampiezze di transizione e rappresentazione di interazione. Relazione tra gli operatori in rappresentazione di interazione e quelli in rappresentazione di heisenberg. Equivalenza dell'espressione per l'ampiezza di transizione alla Heisenberg ed in rappresentazione di interazione. Ampiezze di transizione generalizzate: ampiezze e funzione di green. Espressioni in rappresentazione di Heisenberg e di interazione.
Da confermare	MER 01/04/2015 10:30 2	L	Dipartimento Lezioni di Fisica	Evoluzione e stabilita' del vuoto in interazione. Espressione per le funzione di Green normalizzata all'ampiezza vuoto-vuoto. Elementi di matrice dell'operator di evoluzione temporale fra autostati della posizione in meccanica quantistica. L'integrale di Feynman in meccanica quantistica: espressione per un'evoluzione temporale infinitesima. Evoluzione temporale finita come sequenza di evoluzioni temporali iunfinitesime. Definizione dell'integrale sui cammini. Media pesata sui cammini di uno o piu' operatori di posizione a tempi diversi.
Da confermare	MAR 14/04/2015 14:30 2	E	Dipartimento Lezioni di Fisica	L'integrale funzionale in teoria dei campi: il path-integral come transizione tra stati di definito campo. Espressione per le funzioni di Green in termini di path-integral. Termine di convergenza (i epsilon) e condizioni al contorno. Path-integral con sorgenti come funzionale generatore delle funzioni di Green. Calcolo del path-integral con sorgenti per la teoria libera: integrali gaussiani multidimensionali nel limite continuo. Diagonalizzazione ed inversione dell'operatore cinetico in coordinate normali. Il

determinante dell'operatore cinetico. Path integral per la teoria in interazione: potenziale in termini di derivate rispetto alle sorgenti.

Da confermare	MER 15/04/2015 10:30 2	L	Dipartimento di Fisica	Lezioni di Fisica	Calcolo della funzione a due punti nella teoria di un campo scalare libero. Calcolo con il formalismo hamiltoniano. Integrale sull'energia e condizione di mass-shell. Prescrizione di Feynman e suo significato. Il propagatore come funzione di Green. Derivazione Lagrangiana: derivate funzionali del funzionale generatore. Corrispondenza tra versione lagrangiana e versione hamiltoniana. Il propagatore per il campo elettromagnetico: cenni sulla quantizzazione vincolata ed espressione in gauge di Fynman. Variabili di Grassmann: derivazione ed integrazione. Variabili di grassmann complesse.
Da confermare	MAR 21/04/2015 16:15 2	E	Dipartimento di Fisica	Lezioni di Fisica	Integrali gaussiani in variabili di Grassmann: un grado di liberta': integrale e valor medio. Passaggio a molti gradi di liberta': invarianza della misura sotto trasformazioni unitarie di coordinate e diagonalizzazione della forma quadratica. Il determinante fermionico. Valori medio di una coppia di variabli di Grassmann e inverso della forma quadratica. Funzionale generatore per il campo di Dirac. Funzione a due punti e propagatore fermionico. Il proiettore sugli spinori di energia positiva e di energia negativa: le matrici di Dirac come base.
Da confermare	MER 22/04/2015 10:30 2	L	Dipartimento di Fisica	Lezioni di Fisica	Interazioni: teoria ϕ^4 ed elettrodinamica quantistica. Cenno sull'invarianza di gauge. Elemento di matrice "elementare" per la teoria ϕ^4 : regola di Feynman per il vertice. Regola di Feynman per il vertice in elettrodinamica quantistica. Regole per le funzione d'onda entranti ed uscenti.
Da confermare	MAR 28/04/2015 14:30 2	E	Dipartimento di Fisica	Lezioni di Fisica	Inversione degli operatori di creazione e distruzione in termini di operatori di campo per il campo scalare. Estrazione di uno stato in o di uno stato out ed espressione dell'elemento di matricce in termini di elemento di matrice vuoto-vuoto (lezione tenuta dal dr. G.Ferrera).
Da confermare	MER 29/04/2015 10:30 2	L	Dipartimento di Fisica	Lezioni di Fisica	Espressione del generico elemento di matrice in termini di una funzione di Green a n punti: la foruma di riduzione per il campo scalare. Calcolo del vertice fotnote-elettrone-positrone in QED nel formalismo funzionale. Uso della foirmula di riduzione: amputazione delle linee esterne.
Da confermare	MAR 05/05/2015 16:30 2	E	Dipartimento di Fisica	Lezioni di Fisica	Calcolo del vertice in elettrodinamica nel formalismo fuinzionale. Saturazione dei propagatori esterni nella regola di riduzione. Uso della funzione di vertice per congiungere linee interne. Confronto del risultato con quello ottenuto con il formalismo hamiltoniano: cenno sul teorema di Wick. Regole di Feynman: linee esterne e funzioni d'onda, propagatore, vertice. Fattore di simmetria. Fattori di fase per i fermioni. Divisione per l'ampiezza vuoto-vuoto e rimozione dei diagrammi disconnessi.
Da confermare	MER 06/05/2015 10:30 2	L	Dipartimento di Fisica	Lezioni di Fisica	Elettrodinamica con due fermioni massivi: forma della lagrangiana. Il processo $e+e \rightarrow \mu+\mu$. Diagramma di Feynman ad albero. Calcolo dell'ampiezza. Modulo quadro dell'ampiezza non polarizzata e sua espressione in termini di tracce. Tracce sulle matrici gamma. Calcolo dell'ampiezza. Conteggio dei gradi di liberta' per un processo $2 \rightarrow 2$.
Da confermare	MAR 12/05/2015 14:30 2	E	Dipartimento di Fisica	Lezioni di Fisica	Invarianti di Mansdelstam: conteggio e significato. Espressione dell'ampiezza in termini di invarianti di Mandelstam. Scelta del sistema di riferimento. Sistema del laboratorio e sistema del centro di massa. Espressione dell'ampiezza nel sistema del laboratorio. Dall'ampiezza alla sezione d'urto. Sezione d'urto e fattore di flusso. Stati iniziali come pacchetti d'onde. Espressione per la sezione d'urto.
Da confermare	MER 13/05/2015 10:30 2	L	Dipartimento di Fisica	Lezioni di Fisica	Calcolo del fattore di flusso. Determinazione del fattore di flusso per il processo $e+e \rightarrow \mu+\mu$. Spazio delle fasi: calcolo per uno stato finale a due corpi con massa eguale e nonnulla. Calcolo della sezione d'urto per il processo $e+e \rightarrow \mu+\mu$.

Da confermare	MAR 19/05/2015 16:15 2	E	Dipartimento Lezioni di Fisica	Calcolo della sezione d'urto totale. Andamento qualitativo della sezione d'urto nel limite di alta energia. Dipendenza dall'energia ed analisi dimensionale. Dipendenza dall'angolo e conservazione del momento angolare: struttura chirale del vertice di interazione e conservazione della chiralita'. La rinormalizzazione. Calcolo dell'ampiezza di scattering elastico $\phi\text{-}\phi$ nella teoria ϕ^4 . Calcolo ad un loop. Diagrammi di Feynman topologicamente distinti. Calcolo del diagramma ad un loop: il metodo dei parametri di Feynman. Integrali sui quadri-impulsi: rotazione di Wick e passaggio all'interale euclideo. Elemento di angolo solido. L'integrale radiale: infiniti e loro regolarizzazione mediante un cutoff.
Da confermare	MER 20/05/2015 10:30 2	L	Dipartimento Lezioni di Fisica	Calcolo dell'integrale radiale in regolarizzazione con un cutoff. La sezione d'urto regolarizzata. Definizione di costante di accoppiamento fisica: condizione di rinormalizzazione. Rinormalizzazione: espressione della sezione d'urto in termini della costante di accoppiamento fisica. Indipendenza delle predizioni fisiche dalla scelta del punto di rinormalizzazione. Relazione tra costante d'accoppiamento fisica e costante di accoppiamento nella lagrangiana e loro identificazione quando il punto di rinormalizzazione e' portato all'infinito.
Da confermare	MAR 26/05/2015 14:30 2	E	Dipartimento Lezioni di Fisica	Sistematica della rinormalizzazione. Metodi di regolarizzazione: cenno sul metodo di Pauli-Villars. La regolarizzazione dimensionale: applicazione all'ampiezza di scattering $\phi\text{-}\phi$ nella teoria ϕ^4 . Dimensionalita' della costante d'accoppiamento. Integrale di loop e continuazione analitica. Ampiezza regolarizzata. Prescrizioni di rinormalizzazione: la prescrizione fisica e la prescrizione \overline{MS} . Rinormalizzazione moltiplicativa e additiva: i controtermini. Teoria delle perturbazioni rinormalizzata.
Da confermare	MER 27/05/2015 10:30 2	E	Dipartimento Lezioni di Fisica	Sistematica della rinormalizzabilita'. Grado di divergenza superficiale di un diagramma: conteggio in base al numero di loop, determinao in termini del numero di vertici e di linee esterne. Grado di divergenza ed analisi dimensionale: relazione trarormalizzabilita' e dimensionalita' della costante d'accoppiamento. Teorie super-rinormalizzabili, rinormalizzabili, e non-rinormalizzabili. Applicazione alla teoria ϕ^4 in 4 dimensioni: ampiezze duperficialmente divergent. Classificazione delle onditioni di rinormalizzazione. Classificazione dei controtermini. Rinormalizzazione alla BPHZ. Significato della rinormalizzabilita'.