



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO

Docente STEFANO FORTE	Creazione	Stato Da approvare	Chiusura 09-01-2014
Data di nascita 21-06-1961	Codice fiscale FRTSFN61H21F205Q		
	Settore FIS/02-Fisica teorica, modelli e metodi matematici	Carriera PROFESSORE UNIVERSITARIO DI RUOLO I FASCIA	A.A. 2013/14
Strutt.Proprietaria FISICA (Classe LM-17) (F95)	Strutt.Responsabile FISICA (Classe LM-17) (F95)	Insegnamento Teoria delle Interazioni Fondamentali 1 (F95-123)	Modulo ()
Forme didattiche previste dal Piano Didattico - Lezioni(48 ore)			
Note Nessuna			
Riepilogo Attività			
Forma didattica Lezioni		Stato Da approvare	Numero 24
			Ore 48

Dettaglio attività

Stato	Data	Ora inizio	Ore	Aula	Sede	Forma didattica	Argomento/Note
Da approvare	MER 02-10-2013	16:00	2	T	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Introduzione al corso. Significato di interazione fondamentale. Superamento del riduzionismo. Relativita' e meccanica quantistica come regole del gioco. Cinematica relativistica, azione scalare, osservabili coverianti, concetto di particella elementare. Dinamica quantistica: necessita' della teoria quantistica dei campi. Principio di indeterminazione e proliferazione delle interazioni a corta distanza. Analisi dimensionale: unita' naturali. Classificazione delle interazioni in termini dell'unico parametro dimensionale. Interazioni rinormalizzabili e non e loro comportamento in funzione dell'energia. Principio di rinormalizzabilita' come principio guida. Naturalezza e simmetria.
Da approvare	GIO 03-10-2013	16:00	2	T	Dipartimento di Fisica	Lezioni	L'elettrodinamica classica come teoria fondamentale. Forma covariante delle equazioni di Maxwell: tensore intensita' di campo e quadripotenziali. Lagrangiana di Maxwell. Analisi dimensionale: accoppiamento adimensionale. Invarianza di gauge. Conteggio di gradi di liberta' per i campi di gauge: la legge di Gauss come vincolo. Teorema di Noether in teoria dei campi. Correnti e cariche conservate. Tensore energia impulso e tensore momento angolare. Quadri-impulso e vettore di Pauli-Lubanski e loro valori per un'onda piana. Stati fisici come stati di spin proporzionale all'impulso.
Da approvare	MER 09-10-2013	16:00	2	T	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Il campo scalare libero. Lagrangiana, equazioni classiche del moto, tensore energia-impulso. Hamiltoniana: interpretazione del termine cinetico e del potenziale. Coordinate normali che disaccoppiano il potenziale: trasformata di Fourier. Espressione disaccoppiata del potenziale come insieme di oscillatori armonici. Quantizzazione: operatori di creazione e distruzione. Espressione dell'hamiltoniana in termini dell'operatore numero; cenno sull'energia di punto zero. Cenno sulla quantizzazione del campo di gauge: polarizzazioni trasverse. Campo scalare carico: equazioni classiche del moto e decomposizione del campo in onde piane. Corrente conservata. Espressione dell'energia e della carica in termini di operatori di creazione e distruzione. Particelle ed antiparticelle. Accoppiamento tra corrente e campo elettromagnetico.
Da approvare	GIO 10-10-2013	16:00	2	T	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Lezione tenuta dal dr. Emanuele Nocera: Derivazione dell'algebra del gruppo di Lorentz a partire dalla rappresentazione vettoriale infinitesima (invarianza della metrica). Esempi: rotazioni e boost. Natura vettoriale degli operatori impulso e di Pauli-Lubanski. e natura scalare dei loro moduli quadri. Espressione dell'impulso per il campo scalare reale in termini di operatori di creazione e distruzione.
Da approvare	GIO 17-10-2013	16:00	2	T	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Introduzione ai campi fermionici. Rappresentazione di spin 1/2 del gruppo di Lorentz. Matrici di Dirac e algebra di Clifford; costruzione dei generatori intertermini di matrici di Dirac. Esempio: il gruppo delle rotazioni. Propriet' delle matrici gamma: hermiticita'. Relazione tra la rappresentazione di spin 1/2 e la rappresentazione di spin 1: azione aggiunta della trasformazione sulle matrici gamma. Legge di trasformazione dello spinore barrato. Costruzione di scalari e di vettori a bilineari fermionici. Definizione di campo fermionico. Lagrangiana libera per il campo fermionico e sue simmetrie. Tensore energia impulso e corrente elettrica. Equazioni classiche del moto: l'equazione di Dirac. Relazione tra le soluzioni dell'equazione di Dirac e l'equazione di Klein-Gordon. Soluzioni di "energia positiva" e "negativa": spinori u e v.
Da approvare	MER 23-10-2013	16:00	2	T	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Soluzioni dell'equazione di Dirac: la matrice gamma5. Elicita' e chiralita'. Proiettori chirali e decomposizione dello spinore generico su autostati di chiralita'. Caso di massa nulla. Decomposizione del campo di Dirac su una base di soluzioni classiche. Operatori di creazione e distruzione: espressione dell'hamiltoniana e della carica. Quantizzazione mediante anticommutatori: statistica di Fermi e principio di Pauli. Termini di accoppiamento. Spazio di Fock. Normalizzazione degli stati fisici. Matrice S. Ampiezze di transizione e rappresentazione di interazione.
Da approvare	GIO 24-10-2013	16:00	2	T	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Elemento di matrice di una inserzione dell'hamiltoniana di interazione. Calcolo per il processo con un fotone entrante ed una coppia elettrone-positrone uscenti. Caso generale: regola di Feynman per il vertice. Calcolo dell'elemento di matrice per

un'inserzione doppia del vertice di interazione. Propagatore del fotone.

Da approvare	MER 30-10-2013	16:00	2	T	Dipartimento di Fisica	Lezione tenuta dal dr. Emanuele Nocera: Algebra di Dirac (o di Clifford) e algebra dei generatori del gruppo di Lorentz. Trasformazione delle matrici gamma di Dirac sotto l'azione aggiunta del gruppo di Lorentz. Soluzione dell'equazione di Dirac nel caso massivo nel sistema di riferimento di quiete e in un sistema generico, mediante un boost della soluzione a riposo. Normalizzazione covariante degli spinori. Soluzioni nel caso di massa nulla ed equazioni di Weyl disaccoppiate. Autostati di elicità e chiralità e loro relazione nel caso di massa nulla.
Da approvare	GIO 31-10-2013	16:00	2	T	Dipartimento di Fisica	Forma covariante del propagatore del fotone: prescrizione ϵ di Feynman. Somma sulle polarizzazioni trasverse. Identità di Ward e forma semplificata del numeratore per il propagatore del fotone. Cenni sul propagatore del fermione. Regole di Feynman. Matrice S, matrice T ed ampiezza. Diagrammi: topologicamente distinti, connessi e disconnessi. Normalizzazione rispetto all'ampiezza vuoto-vuoto. Loop. Segnatura per diagrammi con fermioni. Fattore di simmetria.
Da approvare	GIO 07-11-2013	16:00	2	T	Dipartimento di Fisica	Elettrodinamica con due fermioni massivi e sue simmetrie. Il processo $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$. Calcolo dell'ampiezza dal diagramma di Feynman. Somma sulle polarizzazioni. Proiettore sugli stati di energia positiva o negativa: decomposizione su una base di matrici gamma. Riduzione dell'ampiezza non polarizzata ad una traccia. Tracce di matrici gamma. Calcolo del modulo quadro dell'ampiezza in termini di prodotti scalari.
Da approvare	MER 13-11-2013	16:00	2	T	Dipartimento di Fisica	Conteggio dei gradi di libertà per un processo $2 \rightarrow 2$ e per un processo $2 \rightarrow N$. Invarianti di Mandelstam. Applicazione al processo $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$: calcolo degli invarianti ed espressione dell'ampiezza in termini di essi. Sistema di riferimento del centro di massa. Invarianti ed espressione dell'ampiezza in tale SR. Definizione di sezione d'urto. Pacchetti d'onde. Espressione della sezione d'urto in termini di elementi di matrice.
Da approvare	GIO 14-11-2013	16:00	2	T	Dipartimento di Fisica	Calcolo del fattore di flusso: localizzazione di pacchetti d'onde, indeterminazione in posizione ed in impulso. Calcolo del fattore di flusso per il processo $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$. Spazio delle fasi e suo calcolo nel sistema del centro di massa per lo stesso processo. Espressione finale per la sezione d'urto differenziale e totale. Limite di alta energia. Analisi dimensionale.
Da approvare	MER 20-11-2013	16:00	2	T	Dipartimento di Fisica	Limite di alta energia: proiezione chirale degli spinori, natura degli accoppiamenti e simmetrie della teoria. Distribuzione angolare nel limite di alta energia e conservazione del momento angolare. L'urto Compton: diagrammi di Feynman e ampiezze. Somma sulle polarizzazioni dei fotoni. Identità di Ward. Identità per il calcolo delle tracce di matrici gamma. Espressione per l'ampiezza. Sistema di riferimento del laboratorio: risoluzione della cinematica e formula di Compton.
Da approvare	GIO 21-11-2013	16:00	2	T	Dipartimento di Fisica	Invarianti di Mandelstam. Espressione dell'ampiezza in termini di invarianti e nel sistema di riferimento del laboratorio. Calcolo del fattore di flusso e dello spazio delle fasi. Sezione d'urto: formula di Klein-Nishina. Limite di bassa energia: dipendenza angolare. Sezione d'urto totale. Limite di alta energia: l'effetto Compton nel sistema del centro di massa. Ampiezza, flusso, spazio delle fasi. Limite di alta energia e singolarità collineari. Implicazioni ed origine fisica delle singolarità collineari. L'urto elastico elettrone-muone e la simmetria di crossing.
Da approvare	MER 27-11-2013	16:00	2	T	Dipartimento di Fisica	La funzione di vertice dell'elettrone. Parametrizzazione più generale: identità di Ward, identità di Gordon, fattori di forma. Interpretazione dei fattori di forma in avanti. Carica efficace. Momento magnetico: $g=2$ nella teoria di Dirac. Momento magnetico anomalo ($g-1$) e fattore di forma magnetico.
Da approvare	GIO 28-11-2013	16:00	2	T	Dipartimento di Fisica	Calcolo del fattore di forma magnetico: irrilevanza delle correzioni di self energia e calcolo della correzione al vertice. Integrale di loop. Tecnica dei parametri di Feynman e sua applicazione al calcolo della correzione al vertice. Integrali utili nell'espressione del numeratore. Integrazione sugli impulsi: rotazione di Wick. Angolo solido d-dimensionale e funzione Beta di Eulero. Espressione finale per il fattore di forma e calcolo del $g-2$. Considerazioni generali sul

Da approvare	MER 04-12-2013 16:00	2	T	Dipartimento di Fisica	Lezioni	g-2 per l'elettrone ed il muone. Calcolo dell'ampiezza di urto elastico nella teoria ϕ^4 . Calcolo al primo ordine. Calcolo ad un loop. Fattore di forma. Calcolo dei diagrammi di Feynman: divergenza. Regolarizzazione: vari tipi di regolarizzazione. Calcolo in regolarizzazione dimensionale.
Da approvare	GIO 05-12-2013 16:00	2	T	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Rinormalizzazione: costante di accoppiamento fisica e rimozione dell'infinito. Schemi di rinormalizzazione alternativi: schema minimale. Indipendenza dallo schema di rinormalizzazione. Scala di rinormalizzazione e sua differenza rispetto alla scala di fattorizzazione. Significato fisico della rinormalizzazione: cenno sull'approccio alla Wilson. Teorie rinormalizzabili e non.
Da approvare	MER 11-12-2013 16:00	2	T	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Invarianza per cambiamenti continui dello schema di rinormalizzazione. L'equazione del gruppo di rinormalizzazione per osservabili fisiche. Funzione beta, costante di accoppiamento "running" e soluzione dell'equazione. Calcolo della funzione beta per la teoria ϕ^4 : schema simmetrico e schema \overline{MS} . Determinazione della costante di accoppiamento running. Confronto tra la sezione d'urto al primo ordine esatta, e la sezione d'urto calcolata sostituendo la costante di accoppiamento running nell'espressione di ordine zero. Approssimazione leading log. Forma della funzione β per la QED. Crescita della costante di accoppiamento ad alta energia e vuoto come mezzo dielettrico.
Da approvare	GIO 12-12-2013 16:00	2	T	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Introduzione alla teoria delle interazioni forti. Isospin: spettroscopia e predizioni dinamiche. Necessita' della stranezza. Proliferazione delle particelle elementari e loro classificazione secondo una simmetria SU(3). Simmetria approssimata e formula di Gell-Mann-Okubo. I quark come campi fondamentali di una teoria con simmetria SU(3) ed i loro numeri quantici. Ricerca di quark liberi e confinamento. Evidenza per costituenti puntiformi nel nucleone. Urto elastico elettrone-nucleone e fattore di forma del protone. Sezione d'urto elastica e sezione d'urto anelastica: andamenti angolari. Indipendenza della sezione d'urto p profondamente inelastica dall'impulso trasferito per grandi impulsi trasferiti: costituenti quasilibri nel protone.
Da approvare	MER 18-12-2013 16:00	2	T	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Motivazioni per l'esistenza di un numero quantico supplementare di tipo SU(3) (colore). Classificazione degli stati confinati (singoletti di colore): mesoni e barioni. Principio di Pauli nel decupletto barionico. Introduzione alle teorie di gauge non abeliane. Costruzione dell'interazione tra campi di materia e campi di gauge a partire dall'invarianza di gauge locale. Trasformazione dei campi di gauge. Tensore intensita' di campo e lagrangiana di pura gauge. Equazioni classiche del moto. Corrente covariantemente conservata e corrente (di Noether) conservata. Cenni sulla quantizzazione delle teorie di gauge non abeliane. Identita' di Ward per teorie di gauge non abeliane.
Da approvare	GIO 19-12-2013 16:00	2	T	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Lagrangiana della QCD e sue simmetrie: distinzione tra flavor e colore. Funzione beta per la QCD. Liberta' asintotica. Trasmutazione dimensionale: la scala della QCD. Necessita' dell'approssimazione leading-log. Il rapporto R. La teoria di Fermi del decadimento beta. Interazione corrente-corrente a quattro fermioni. Settore adronico e settore leptonic. Costante di accoppiamento dimensionale e non-rinormalizzabilita'. Struttura SU(2) e correnti cariche. Violazione dell'unitarieta' e teorema ottico.
Da approvare	MER 08-01-2014 16:00	2	T	Dipartimento di Fisica	Lezioni	L'unificazione elettrodebole. Identificazione del gruppo di simmetria delle interazioni deboli. Struttura chirale e problema delle masse. Settore SU(2) dell'interazione: la teoria di Fermi nel settore leptonic come limite di bassa energia di una teoria di gauge nonabeliana SU(2). Correnti neutre. Estensione a SU(2)xU(1). Identificazione dell'elettromagnetismo nel settore di corrente neutra: angolo di mescolamento elettrodebole ed assegnazioni di ipercarica. Accoppiamenti della Z. Estensione ad ulteriori generazioni leptoniche. Estensione ai quark.
Da approvare	GIO 09-01-2014 16:00	2	T	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Il decadimento del muone. Diagramma di Feynman ad albero nel modello standard ed ampiezza. Propagatore per una particella di spin uno con massa. Limite di bassa energia: dal modello standard alla teoria di Fermi. Calcolo dell'elemento di matrice: tracce di matrici gamma con gamma5. Fattore di flusso e spazio delle fasi per una larghezza di decadimento. Integrale di spazio delle fasi per i neutrini e riduzione ad integrali scalari con il metodo dei proiettori. Determinazione dello spettro di decadimento a riposo. Larghezza

totale.