



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO

SCIENZE MATEMATICHE, FISICHE E NATURALI

Docente	Creazione	Stato	Chiusura
STEFANO FORTE		Da approvare	16-01-2013

Data di nascita	Codice fiscale
21-06-1961	FRTSFN61H21F205Q

Facolta	Settore	Carriera	A.A.
SCIENZE E TECNOLOGIE (F)	FIS/02-Fisica teorica, modelli e metodi matematici	PROFESSORE UNIVERSITARIO DI RUOLO I FASCIA	2012/13

Strutt.Proprietaria	Strutt.Responsabile	Insegnamento	Modulo
FISICA (Classe LM-17) (F95)	FISICA (Classe LM-17) (F95)	Teoria delle Interazioni Fondamentali 1 (F95-123)	()

Forme didattiche previste dal Piano Didattico

- Lezioni(48 ore)

Note

Nessuna

Riepilogo Attività

Forma didattica	Stato	Numero	Ore
Lezioni	Da approvare	24	48

Dettaglio attività

Stato	Data	Ora inizio	Ore	Aula	Sede	Forma didattica	Argomento/Note
Da approvare	MER 10-10-2012	16:00	2	T	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Introduzione al corso: interazioni fondamentali e riduzionismo. Costruzione moderna di una teoria di interazioni fondamentali: cinematica relativistica e dinamica quantistica. Meccanica quantistica, relatività, e necessità di una descrizione con infiniti gradi di libertà. Posizione ed impulso come osservabili collettive in una teoria di campo. Principio di indeterminazione e non-conservazione del numero di particelle. Teoria 'fondamentale' come teoria 'più' generale. Le unità naturali. Analisi dimensionale in termini di unità naturali: ruolo del termine cinetico. Analisi dimensionale come strumento per classificare le interazioni. Interazioni rinormalizzabili e non: principio di rinormalizzabilità come caratteristica della natura fondamentale di un'interazione. Principio di simmetria e principio di naturalezza.
Da approvare	GIO 11-10-2012	16:00	2	T	Dipartimento di Fisica	Lezioni	L'elettrodinamica classica come teoria di interazioni fondamentali. Formulazione covariante delle equazioni di Maxwell: tensore intensità di campo. Formulazione in termini di quadripotenziali. Equazioni del moto e lagrangiana. Dimensionalità dei campi e degli accoppiamenti. Invarianza di gauge: conteggio dei gradi di libertà dinamici della teoria. Equazione del moto (legge di Gauss) come vincolo. Teorema di Noether in teoria dei campi. Correnti e cariche conservate. Simmetrie spaziotemporali in una teoria di campo invariante di Poincaré. Tensore energia-impulso. Tensore momento angolare generalizzato. Espressioni esplicite per una soluzione elementare delle equazioni del moto (onda piana). Vettore impulso ed vettore di Pauli-Lubanski e loro quadrati (operatori di Casimir). Condizione di allineamento delle componenti spaziali dei vettori impulso e Pauli-Lubanski: conteggio dei gradi di libertà.
Da approvare	MER 17-10-2012	16:00	2	T	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Quantizzazione del campo scalare neutro (campo di Klein-Gordon). Lagrangiana ed equazioni classiche del moto. Tensore energia-impulso. Coordinate normali e diagonalizzazione dell'hamiltoniana. Riduzione del problema ad oscillatori armonici accoppiati: equazioni del moto classiche e quantizzazione. Campo ed hamiltoniana in termini di operatori di creazione e distruzione. Energia di punto zero. Cenni sulla quantizzazione del campo elettromagnetico: polarizzazioni trasverse, espressione e forma dell'hamiltoniana. Campo scalare carico. Invarianza di fase e corrente conservata. Espressione dell'hamiltoniana e della carica in termini di operatori di creazione e distruzione.
Da approvare	GIO 18-10-2012	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	MER 24-10-2012	16:00	2	T	Dipartimento di Fisica	Lezioni	La rappresentazione di spin 1/2 del gruppo di Lorentz. Matrici di Dirac (γ), algebra di Clifford, espressione dei generatori del gruppo in termini di matrici γ . Esempio: il gruppo delle rotazioni. Caso n-dimensionale. Spinori e loro trasformazioni. Matrice γ_5 . Hermitianità dei generatori. Spinore barrato e rappresentazione della trasformazione inversa. Costruzione di uno scalare. Trasformazione delle matrici γ sotto l'azione aggiunta della trasformazione. Costruzione di un vettore da un bilineare fermionico. Lagrangiana di Dirac: invarianza di Lorentz, analisi dimensionale. Tensore energia-impulso, hamiltoniana ed impulso del campo. Invarianza di fase e conservazione della corrente "elettrica". Equazioni classiche del moto (equazione di Dirac). Soluzioni dell'equazione di Dirac: onde piane e soluzioni spinoriali. Soluzioni di energia positiva e negativa. Coppie di soluzioni: ruolo della matrice γ_5 .
Da approvare	GIO 25-10-2012	16:00	2	T	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Soluzioni di massa nulla dell'equazione di Dirac. Proiettori su stati di chiralità e decomposizione dello spinore generico in componenti chirali. Invarianza della lagrangiana di massa nulla per campi chirali. Soluzioni dell'equazione di Dirac come coordinate normali: decomposizione del campo. Calcolo dell'hamiltoniana. Quantizzazione: operatori di creazione e distruzione. Necessità

della quantizzazione mediante anticommutatori per la positività dello spettro. Interpretazione fisica: statistica di Fermi e principio di Pauli. Espressione dell'hamiltoniana e della carica in termini di operatori numero. Antiparticelle. Termini di interazione: accoppiamento minimale. Spazio di Fock. Transizioni, teoria perturbativa dipendente dal tempo, rappresentazione di interazione. Normalizzazione degli stati.

Da approvare	MER 31-10-2012 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. Esempio: boost e rotazioni. 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. 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	MER 07-11-2012 16:00	2	T	Dipartimento di Fisica	Calcolo dell'elemento di matrice per un'inserzione unica dell'hamiltoniana di interazione per un particolare processo. Regola di Feynman per il vertice. Caso generale: regole di Feynman per le funzioni d'onda entranti ed uscenti. Calcolo dell'elemento di matrice per un'inserzione doppia: propagatore del fotone e sua rappresentazione covariante.
Da approvare	GIO 08-11-2012 16:00	2	T	Dipartimento di Fisica	Somma sulle polarizzazioni: forma covariante e non covariante. Calcolo dell'ampiezza per un particolare processo $2 \rightarrow 2$: regola di Feynman per il propagatore del fotone. Propagatore fermionico. Formulazione generale del metodo dei diagrammi di Feynman. Matrice S e matrice T. Transizioni vuoto-vuoto e diagrammi disconnessi. Rinormalizzazione degli stati.
Da approvare	MER 14-11-2012 16:00	2	T	Dipartimento di Fisica	Elettrodinamica con due fermioni massivi. Il processo $e+e- \rightarrow \mu+\mu-$. Diagramma di Feynman ed espressione per l'ampiezza. Ampiezza non polarizzata: somme sulle polarizzazioni dei fermioni e riduzione del calcolo dall'ampiezza ad un calcolo di tracce. Tracce di matrici gamma. Calcolo dell'elemento di matrice
Da approvare	GIO 15-11-2012 16:00	2	T	Dipartimento di Fisica	Conteggio dei gradi di libertà per processi $2 \rightarrow 2$. Invarianti di Mandelstam. Espressione dell'elemento di matrice per il processo $e+e- \rightarrow \mu+\mu-$ in termini di invarianti di Mandelstam. Scelta del sistema di riferimento. Il sistema di riferimento del centro di massa: invarianti di Mandelstam ed ampiezza per $e+e- \rightarrow \mu+\mu-$. Definizione della sezione d'urto e sua relazione con l'elemento di matrice. Necessità di usare pacchetti d'onde. Definizione di pacchetto d'onde.
Da approvare	MER 21-11-2012 16:00	2	T	Dipartimento di Fisica	Calcolo del fattore di flusso e regola aurea di Fermi. Stime dell'indeterminazione in posizione ed impulso. Forma "covariante" del fattore di flusso. Calcolo del fattore di flusso per un processo con due particelle massive di massa uguale nello stato iniziale, e suo limite di alta energia per il processo $e+e- \rightarrow \mu+\mu-$. Spazio delle fasi. Calcolo dello spazio delle fasi per un processo $2 \rightarrow 2$ con particelle massive nello stato finale nel sistema di riferimento del centro di massa. Applicazione al processo $e+e- \rightarrow \mu+\mu-$.
Da approvare	GIO 22-11-2012 16:00	2	T	Dipartimento di Fisica	Espressione per la sezione d'urto per il processo $e+e- \rightarrow \mu+\mu-$. Sezione d'urto differenziale e sezione d'urto totale. Limite di alta energia. Analisi dimensionale. Dipendenza angolare nel limite di alta energia e conservazione della chiralità nei vertici di QED. L'effetto Compton: diagramma in canale s ed in canale u. Somme sulle polarizzazioni dei fotoni. Somma sulle polarizzazioni dei fotoni e tracce. Contrazioni di matrici gamma. Espressione per il modulo quadro dell'ampiezza non polarizzata. Cinematica nel sistema di riferimento del laboratorio.
Da approvare	MER 28-11-2012 16:00	2	T	Dipartimento di Fisica	Invarianti di Mandelstam. Risoluzione della cinematica: formula di Compton. Espressione del modulo quadro dell'ampiezza non polarizzata. Fattore di flusso e spazio delle fasi. Sezione d'urto: formula di Klein-Nishina. Limite non-relativistico: formula di Thomson per la sezione d'urto differenziale. Sezione d'urto totale e raggio classico dell'elettrone. L'urto Compton ad alta energia: sistema di riferimento del laboratorio. Ampiezza, fattore di flusso, spazio delle fasi. Limite di alta energia: singolarità collineari, loro effetto sulla sezione d'urto differenziale e totale. Analisi dimensionale in presenza di singolarità collineari. Lo scattering elettrone-muone: la simmetria di crossing.

Da approvare	GIO 29-11-2012	16:00	2	T	Dipartimento di Fisica	Lezioni	(Lezione tenuta dal dr. Giancarlo Ferrera) La funzione di vertice. Parametrizzazione in termini di fattori di forma. Identita' di Gordon. Fattore di forma elettrico e magnetico. Accoppiamento con campi semiclassici: carica elettrica e momenti magnetico. Calcolo del momento magnetico nella teoria di Dirac. Momento magnetico anomalo.
Da approvare	MER 05-12-2012	16:00	2	T	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Calcolo della correzione al vertice al primo ordine non banale. Diagramma di Feynman a un loop. Parametri di Feynman e riduzione del denominatore. Integrali scalari. Rotazione di Wick. Integrazione angolare in d dimensioni. Determinazione della correzione al g-2. Risultati recenti per il g-2 dell'elettrone e del muone e loro interesse.
Da approvare	GIO 06-12-2012	16:00	2	T	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Rinormalizzazione nella teoria ϕ^4 . Regole di Feynman. Ampiezza di scattering elastico $\phi\phi$. Calcolo ad albero. Correzione a un loop: diagrammi di Feynman. Calcolo del fattore di forma ad un loop: parametri di Feynman. Necessita' di una regolarizzazione. Diversi metodi di regolarizzazione: cenni al cutoff ed a metodo di Pauli-Villars. Regolarizzazione dimensionale: calcolo della correzione ad un loop nella teoria regolarizzata. Necessita' della rinormalizzazione e suo significato.
Da approvare	MER 12-12-2012	16:00	2	T	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Rimozione della singolarita' quando l'osservabile fisica viene espressa in termini di un'altra osservabile fisica: carica fisica e prescrizione di rinormalizzazione. Diverse prescrizioni di rinormalizzazione e loro equivalenza. Prescrizione minimale. Rinormalizzazione come scelta di scala e divergenze come conseguenza del tentativo di definire la teoria a tutte le scale. Teorie rinormalizzabili e non.
Da approvare	GIO 13-12-2012	16:00	2	T	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Invarianza per gruppo di rinormalizzazione delle osservabili fisiche. Equazione del GR per osservabili fisiche e sua soluzione: funzione beta e costante di accoppiamento running. Determinazione della funzione beta nella teoria ϕ^4 : calcolo nello schema con scala di rinormalizzazione e nello schema \overline{MS} . Proprieta' della funzione beta. Determinazione della costante di accoppiamento running per la stessa teoria, suo andamento e polo di Landau. Uso della costante running nel risultato al primo ordine, approssimazione leading log e confronto con il risultato esatto. Cenni su funzione beta e costante running in QED: polarizzazione del vuoto.
Da approvare	MER 19-12-2012	16:00	2	T	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Simmetrie delle interazioni forti: l'isospin, test e implicazioni fenomenologiche. Stranezza. Proliferazione della particelle elementari. Classificazione $SU(3)$: multipli mesonici e barionici. $SU(3)$ come simmetria approssimata: formula di Gell-Mann-Okubo. Rappresentazione fondamentale e quark. Il confinamento: impossibilita' di osservare quark liberi. Il protone come oggetto composto. Ricerca dei costituenti del protone in esperimenti d'urto: sezione d'urto elastica ed anelastica. Costituenti puntiformi quasi-liberi nel protone.
Da approvare	GIO 20-12-2012	16:00	2	T	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Il colore: stati fisici come singoletti di $SU(3)$ e confinamento. Evidenza sperimentale per il colore. Costruzione di una teoria di gauge non abeliana. Accoppiamento con i campi fermionici di materia ed invarianza di gauge locale. Derivata covariante. Legge di trasformazione dei potenziali. Lagrangiana di pura gauge: tensore intensita' di campo. Equazioni classiche del moto. Corrente covariantemente conservata (accoppiata ai campi) e corrente conservata (di Noether). Gradi di liberta' fisici. Identita' di Ward per una teoria di gauge non-abeliana. Cenni sulla quantizzazione. Regole di Feynman.
Da approvare	MER 09-01-2013	16:00	2	T	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Lagrangiana per la teoria delle interazioni forti. Famiglie di quark e simmetria di flavor. Funzione beta per la QCD. Libertasintotica. Running di alpha e significato dell'approssimazione leading log. Trasmutazione dimensionale. Il rapporto R: evidenza per la QCD. La teoria di Fermi del decadimento beta. Costante d'accoppiamento dimensionale. Correnti cariche e loro significato. Correnti adroniche, elementi di matrice, fattori di forma. Teorie non rinormalizzabili e loro significato.
Da approvare	GIO 10-01-2013	16:00	2	T	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Teorema ottico e violazione dell'unitarieta' per la teoria di Fermi. Unificazione elettrodebole: dalla teoria efficace alla teoria

fondamentale sottostante. Cenno sul problema delle masse. Completamento della simmetria $SU(2)$; correnti cariche e corrente neutra. Settore di corrente neutra della teoria e necessit  di $SU(2) \times U(1)$. Mescolamento dei campi di gauge ed unificazione elettrodebole. Settore leptonico e settore di quark. Lagrangiana del modello standard.

Da approvare MER 16-01-2013 16:00 2 T Dipartimento Lezioni di Fisica

Calcolo della vita media del muone. Ampiezza nel modello standard. Dal modello standard alla teoria di Fermi. Espressione per la larghezza di decadimento. Calcolo dell'integrale di spazio delle fasi attraverso la riduzione di Passarino-Veltman. Spettro di decadimento e larghezza totale.