



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO

FACOLTA' DI SCIENZE MATEMATICHE, FISICHE E NATURALI

Docente	Creazione	Stato	Chiusura Conferma
STEFANO FORTE		Approvato	08-01-2010 12-01-2010

Data di nascita	Codice fiscale
21-06-1961	FRTSFN61H21F205Q

Facolta	Settore	Carriera	A.A.
FACOLTA' DI SCIENZE MATEMATICHE, FISICHE E NATURALI (F)	FIS/02-Fisica teorica, modelli e metodi matematici	PROFESSORE UNIVERSITARIO DI RUOLO I FASCIA	2009/10

Strutt.Proprietaria	Strutt.Responsabile	Insegnamento	Modulo
FISICA (Classe LM-17) (F95)	SCIENZE E TECNOLOGIE FISICHE (F*07)	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	Approvata	24	48

Dettaglio attività

Stato	Data	Ora inizio	Ore	Aula	Sede	Forma didattica	Argomento/Note
Approvata	GIO 01-10-2009	14:00	2	L	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Introduzione al corso. Interazioni fondamentali e riduzionismo. Interazioni fondamentali in un contesto moderno: necessita' di una teoria quantistica relativistica. Particelle elementari come rappresentazioni irriducibili del gruppo di Poincare'. Necessita' di sistemi con infiniti gradi di liberta'; gradi di liberta' ed indeterminazione. Analisi dimensionale: unita' naturali. Dimensione dei campi: teoria libera e termine cinetico. Analisi dimensionale come metodo per classificare le interazioni. Accoppiamente adimensionali e dimensionali. Decrescita del numero di accoppiamenti a bassa energia. Interazioni fondamentali ed interazioni efficaci: principi di rinormalizzabilita' e naturalezza.
Approvata	VEN 02-10-2009	08:30	2	I	Dipartimento di Fisica	Lezioni	L'elettrodinamica classica come prototipo di teoria classica di campo. Forma covariante delle equazioni di Maxwell. Il quadripotenziale come campo primario. Formulazione lagrangiana: le equazioni di Maxwell come equazioni di Eulero-Lagrange per il quadripotenziale. Invarianza di gauge. La legge di Gauss come vincolo. Simmetrie della teoria: teorema di Noether in teoria dei campi. Correnti conservate e cariche. Simmetrie spazio-temporali: il tensore energia impulso ed il tensore momento angolare. Operatore di Pauli-Lubanski. Caso di massa nulla: conteggio dei gradi di liberta'.
Approvata	VEN 09-10-2009	08:30	2	I	Dipartimento di Fisica	Lezioni	Quantizzazione del campo scalare reale. Lagrangiana di Klein-Gordon. Equazioni di Eulero Lagrange e loro soluzione classica. Costruzione del tensore energia-

						impulso. Hamiltoniana. Coordinate normali: trasformata di Fourier dei campi. Quantizzazione canonica: relazioni di commutazione nel limite del continuo. Impulso come generatore delle traslazioni. Hamiltoniana: energia di punto zero. Quantizzazione del campo vettoriale senza massa: gradi di liberta' fisici.
Approvata GIO	15-10-2009	14:00	2	L	Dipartimento Lezioni di Fisica	Risoluzione di problemi, lezione tenuta dal Dr. F. Caola. Derivazione dell'algebra dei generatori del del gruppo di Lorentz a partire dalla forma della trasformazione infinitesima in rappresentazione vettoriale. Relazione con il gruppo delle rotazioni. Dimostrazione delle proprieta' di commutazione dell'impulso totale e dell'operatore di Pauli-Lubanski. Operatore impulso per il campo scalare in termini di operatori di creazione e distruzione.
Approvata VEN	16-10-2009	08:30	2	I	Dipartimento Lezioni di Fisica	Campo scalare carico: antiparticelle. Costruzione della rappresentazione spinoriale del gruppo di Lorentz. Matrici di Dirac e costruzione dei generatori in termini di esse. Esempio: gruppo di Lorentz in tre dimensioni e rotazioni. Proprieta' di hermiticita' e rappresentazioni di Weyl delle matrici di Dirac. Costruzione della rappresentazione coniugata: spinore coniugato. Relazione tra rappresentazione vettoriale e rappresentazione spinoriale.
Approvata GIO	22-10-2009	14:00	2	L	Dipartimento Lezioni di Fisica	Bilineari fermionici e costruzione di rappresentazioni tensoriali del gruppo di Lorentz a partire da quella spinoriale. Campo fermionico di Dirac. Lagrangiana invariante. Equazioni classiche del moto. Simmetrizzazione della lagrangiana. Simmetrie: tensore energia impulso e corrente carica conservata. Soluzioni delle equazioni classiche del moto. Relazione con l'equazione di Klein-Gordon. Spinori di Dirac. Matrice gamma5 e sue proprieta'. Autostati di spin, di elicitita' e di chiralita'. Decomposizione in coordinate normali: espressione dell'hamiltoniana. Anticommutatori e teorema spin-statistica. Energia e carica: particelle ed antiparticelle.
Approvata VEN	23-10-2009	08:30	2	I	Dipartimento Lezioni di Fisica	Risoluzione di problemi, lezione tenuta dal Dr. F. Caola. Soluzione dell' equazione di Dirac nel caso con massa. Sistema di riferimento di quiete e sistema generico. Soluzioni come autostati di spin. Equazione di Dirac a massa nulla per particelle. Normalizzazione covariante degli spinori; particelle e antiparticelle. Soluzione esplicita; elicitita' e chiralita'. Cenno sulle antiparticelle. Hamiltoniana del campo di Dirac: derivazione nel caso classico e determinazione in termini di operatori di creazione e distruzione nel caso quantistico. Anticommutatori.
Approvata GIO	29-10-2009	14:00	2	L	Dipartimento Lezioni di Fisica	Spazio di Fock. Normalizzazione degli stati fisici. Interazioni. QED ed accoppiamento minimale con una corrente conservata. Evoluzione temporale e matrice S. Calcolo della transizione elementare fotone-fermione-antifermione. Regola di Feynman per il vertice.
Approvata VEN	30-10-2009	08:30	2	I	Dipartimento Lezioni di Fisica	Calcolo di un processo con quattro fermioni. Propagatore del fotone. Propagatore di Feynman. Propagatore del campo fermionico. Somme sulle polarizzazioni per i fermioni. Formulazione generale delle regole di Feynman. Diagrammi topologicamente equivalenti e non. Fattore di simmetria.
Approvata GIO	05-11-2009	14:00	2	L	Dipartimento Lezioni di Fisica	Riassunto delle regole di Feynman. Diagrammi vuoto-vuoto. Calcolo del processo $e+e \rightarrow \mu+\mu$. Ampiezza polarizzata. Elemento di matrice polarizzato. Proiettore e somma sulle polarizzazioni dei fotoni. Elemento di matrice non polarizzato. Somma sulle polarizzazioni dei fermioni. Tracce di matrici gamma.
Approvata VEN	06-11-2009	08:30	2	I	Dipartimento Lezioni di Fisica	Calcolo dell'elemento di matrice non polarizzato. Considerazioni dimensionali e gerarchie di massa. Conteggio dei gradi di liberta'. Invarianti di Mandelstam. Espressione del processo in esame in termini di invariati di Mandelstam. Sistemi di

						<p>riferimento. Sistema del centro di massa. Espressione nel sistema di riferimento del centro di massa per il processo in esame. Limite di massa nulla: considerazioni dimensionali. Dall'elemento di matrice alla sezione d'urto: fattore di flusso e spazio delle fasi. Relazione tra il fattore di flusso e la regola aurea di Fermi. Necessita' di una descrizione in termini di pacchetti d'onda.</p>
Approvata GIO	12-11-2009	14:00	2	L	Dipartimento Lezioni di Fisica	<p>Calcolo del fattore di flusso. Pacchetti d'onda gaussiani. Indeterminazione in posizione ed impulso in una situazione realistica. Integrali con funzioni delta di diversi argomenti. Integrale localizzato su pacchetti d'onda. Forma "covariante" del fattore di flusso. Spazio delle fasi: definizione generale e conteggio di gradi di liberta'.</p>
Approvata VEN	13-11-2009	08:30	2	I	Dipartimento Lezioni di Fisica	<p>Determinazione del fattore di flusso e del fattore di spazio delle fasi per il processo $e+e \rightarrow \mu+\mu$. Risultato per la sezione d'urto differenziale e totale. Limite di alta energia. Analisi dimensionale. Giustificazione della dipendenza angolare nel limite di alta energia come conseguenza della conservazione del momento angolare: struttura del vertice nel limite di alta energia, elicitata' e chiralita'. L'effetto Compton. Diagrammi, ampiezze e modulo quadro dell'ampiezza non polarizzata. Calcolo del fattore di flusso.</p>
Approvata GIO	19-11-2009	14:00	2	L	Dipartimento Lezioni di Fisica	<p>Cinematica e spazio delle fasi per l'effetto Compton. Calcolo della sezione d'urto: formula di Klein-Nishina. Limite di bassa energia: sezione d'urto Thomson. Limite di alta energia e similarita' collineari. Simmetria di crossing: il processo $e-\mu \rightarrow e-\mu$. Calcoli ad un loop. Necessita' della rinormalizzazione. Funzione di vertice dell'elettrone. Decomposizione su una base di matrici gamma. Contributi proporzionali a γ_5 e parita'.</p>
Approvata VEN	20-11-2009	08:30	2	I	Dipartimento Lezioni di Fisica	<p>Significati degli accoppiamenti elettrico e magnetico: limite semiclassico, carica e momento magnetico dell'elettrone. Definizione di rapporto giromagnetico. Fattori di forma in avanti. Carica fisica e $g-1$ dell'elettrone. Correzione al vertice: espressione al primo ordine non-banale. Irrilevanza delle correzioni di self-energia per il calcolo della correzione al vertice.</p>
Approvata GIO	26-11-2009	14:00	2	L	Dipartimento Lezioni di Fisica	<p>Calcolo della correzione al vertice dell'elettrone. Parametri di Feynman. Integrali fondamentali. Calcolo dell'integrale scalare generico in d dimensioni: continuazione analitica. Determinazione del $g-2$ dell'elettrone: breve rassegna sugli sviluppi recenti.</p>
Approvata VEN	27-11-2009	08:30	2	I	Dipartimento Lezioni di Fisica	<p>Calcoli a un loop e rinormalizzazione: il caso della teoria ϕ^4. Regole di Feynman della teoria. Scattering elastico $\phi-\phi$. Calcolo al primo ordine. Calcolo ad un loop. Necessita' e significato della regolarizzazione. Regolarizzazione dimensionale. Determinazione della funzione di vertice ad un loop in prossimita' di quattro dimensioni.</p>
Approvata GIO	03-12-2009	14:00	2	L	Dipartimento Lezioni di Fisica	<p>Rinormalizzazione della carica nella teoria ϕ^4: costante d'accoppiamento fisica e rinormalizzazione nello schema fisico. Scelte alternative per lo schema di rinormalizzazione: schema con il cutoff e schema minimale. Relazione tra gli scheme ed invarianza delle osservabili fisiche. Significato della rinormalizzazione: relazione con il principio di indeterminazione. Rottura dell'invarianza di scala. Rinormalizzabilita' e teorie efficaci. Equazione del gruppo di rinormalizzazione per osservabili fisiche.</p>
Approvata VEN	04-12-2009	08:30	2	I	Dipartimento Lezioni di Fisica	<p>Soluzione dell'equazione del gruppo di rinormalizzazione per osservabili fisiche. Costante di accoppiamento running e suo significato. Determinazione della funzione beta per la teoria ϕ^4: calcolo nello schema fisico e nello schema \overline{MS}. Dipendenza dallo schema di rinormalizzazione della funzione beta. Soluzione esplicita: costante d'accoppiamento running. Polo di Landau. Significato</p>

					<p>della costante d'accoppiamento running: sviluppo leading log. Confronto con il calcolo esatto ad ordine fisso ed il calcolo renormalization-group improved all'ordine leading log. Utilita' del risultato leading log. Costante di accoppiamento running in elettrodinamica. Fattore di forma dell'elettrone: cenno alle divergenze infrarosse.</p>
Approvata GIO 10-12-2009 14:00	2	L	Dipartimento Lezioni di Fisica		<p>Origine della teoria delle interazioni forti. Simmetrie: isospin, stati legati e reazioni d'urto. Stranezza (e ipercarica)> Classificazione SU(3) dei barioni e dei mesoni. Proliferazione della particelle elementari. Modello a quark. Ricerca di quark liberi. Struttura composita del nucleone in urti elettrone-nucleone. Transizione elastico/anelastico negli urti elettrone-nucleo e ricerca della sottostruttura del nucleone. Evidenza dagli urti profondamente inelastici: scaling.</p>
Approvata VEN 11-12-2009 08:30	2	I	Dipartimento Lezioni di Fisica		<p>Confinamento e colore: gli stati fisici come singoletti di colore. Ulteriore evidenza per il colore. Il colore come gruppo di gauge: breve riassunto della costruzione di una teoria di gauge non-abeliana. Lagrangiana invariante di gauge non-abeliana per i campi di materia: legge di trasformazione per i campi di gauge e suo limite infinitesimo. Lagrangiana invariante per i campi di gauge: costruzione del tensore intensita' di campo. Equazioni del moto classiche e gradi di liberta' fisici nel caso non-abeliano: nonlinearity'. Cenno sulla quantizzazione delle teorie di gauge. Identita' di Ward nel caso non-abeliano. Funzione beta per le teoria di gauge: liberta' asintotica e sue conseguenze qualitative.</p>
Approvata GIO 17-12-2009 14:00	2	L	Dipartimento Lezioni di Fisica		<p>Interpretazione fisica del running della costante di accoppiamento nel caso abeliano e non abeliano: vuoto dielettrico e paramagnetico. Valore della costante di accoppiamento forte: scelta della scala di riferimento. Definizione di λ_{QCD} ed espressione della costante di accoppiamento in termini di essa; implicazioni per l'approssimazione leading log. Il rapporto R: calcolo della dipendenza da α_s per un'osservabile completamente inclusiva. Confronto con i dati: evidenza per il colore, per il valore della carica dei quark e per flavor pesanti, e per il running della costante di accoppiamento forte. Introduzione alle interazioni deboli: il decadimento beta. Decadimento del neutrone e del muone. Lagrangiana di Fermi. Correnti cariche e loro interpretazione in termini di isospin debole. Rottura della parita'. Costante d'accoppiamento di Fermi: considerazioni dimensionali. Teorie non rinormalizzabili: perdita' di predittivita' alla scala dell'interazione.</p>
Approvata VEN 18-12-2009 08:30	2	I	Dipartimento Lezioni di Fisica		<p>Teorie non-rinormalizzabili: teorema ottico e violazione dell'unitarieta'. Teoria di Fermi come limite di bassa energia di una teoria di gauge. Teoria con gruppo di gauge SU(2): introduzione delle correnti neutre. Il problema della massa: campi vettori ed invarianza di gauge, campi fermionici ed accoppiamenti chirali. Impossibilita' di identificare la corrente neutra con l'elettromagnetismo: estensione minimale del gruppo di gauge ad SU(2)xU(1). Lagrangiana U(1): ipercarica. Lagrangiana di corrente neutra: espressione dei campi di gauge in termini di fotone e Z e angolo di Weinberg. Identificazione degli accoppiamenti elettromagnetici ed assegnazioni di ipercarica. Determinazione degli accoppiamenti della Z. Estensione dal caso leptonic al caso dei quark. Lagrangiana del modello standard: tre generazioni. Cenno sul mixing nelle masse dei quark.</p>
Approvata GIO 07-01-2010 14:00	2	L	Dipartimento Lezioni di Fisica		<p>Il decadimento del muone. Calcolo dell'ampiezza ad albero: approssimazione $m_W \rightarrow \infty$ e relazione con la teoria di Fermi. Somma sulle polarizzazioni e tracce in presenza di γ_5. Cenno sulla derivazione dell'espressione per la larghezza mediante il teorema ottico: fattore di flusso. Integrazione sugli impulsi dei neutrini:</p>

decomposizione di Passarino-Veltman. Spettro di energia dell'elettrone: significato e calcolo. Energia massima dell'elettrone (cenno sul caso generale di decadimento a n corpi). Larghezza totale: analisi dimensionale del risultato.