



Principali informazioni sull'insegnamento	
Denominazione dell'insegnamento	Cinematica relativistica in fisica delle particelle
Corso di studio	Fisica
Anno di corso	2
Crediti formativi universitari (CFU) / European Credit Transfer and Accumulation System (ECTS):	4
SSD	FIS04
Lingua di erogazione	Inglese
Periodo di erogazione	Primo semestre (Novembre 2022 – Dicembre 2023)
Obbligo di frequenza	Si

Docente	
Nome e cognome	Anna Colaleo
Indirizzo mail	Anna.Colaleo@uniba.it
Telefono	080-5442358
Sede	Dipartimento di Fisica, stanza R16
Sede virtuale	Teams
Ricevimento (giorni, orari e modalità)	

Syllabus	
Obiettivi formativi	<i>Lo studente esaminerà le leggi fondamentali della relatività speciale e le implicazioni e applicazioni alla fisica delle particelle. Imparerà gli strumenti matematici necessari. Gli argomenti includono i postulati di Einstein, le trasformazioni di Lorentz, gli effetti relativistici, un'introduzione alla fisica quantistica relativistica e le applicazioni alla fisica delle particelle. In particolare, ci si aspetta che lo studente raggiunga la conoscenza del formalismo, abbia familiarità con l'uso della formulazione covariante, le leggi di conservazione e simmetria, l'uso di invarianti per semplificare i calcoli cinematici nei decadimenti e nelle reazioni delle particelle. Verranno fornite nozioni di base sulla fisica degli acceleratori di particelle con alcuni esempi e applicazioni. L'obiettivo è quello di sviluppare una comprensione quantitativa, al fine di essere in grado di risolvere problemi pratici, comunemente affrontati nella ricerca in fisica delle particelle.</i>
Prerequisiti	<i>Istituzioni di fisica nucleare e subnucleare, relatività speciale, metodi matematici per la fisica</i>
Contenuti di insegnamento (Programma)	<ul style="list-style-type: none">- <i>Introduzione: relatività speciale e fisica delle particelle</i>- <i>Spazio/Tempo: Sistemi di riferimento inerziali, la sincronizzazione degli orologi e la derivazione di Einstein delle trasformazioni di Lorentz.</i>- <i>Diagrammi spazio-temporali: l'applicazione dei diagrammi di Minkowski alla connessione causale degli eventi, il cono di luce, il futuro, il passato e il presente; contrazione della lunghezza e dilatazione del tempo.</i>- <i>Tempo proprio e quadri-vettori: L'intervallo di tempo invariante tra gli eventi, le quadri-velocità. La trasformazione delle quadri-velocità in un secondo sistema inerziale usando la matrice di rotazione di Minkowski per</i>

	<p><i>dare la trasformazione relativistica della velocità.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Quadri-vettori: Il prodotto delle quadri-velocità con la massa per dare il quadri-impulso, la trasformazione del quadri-impulso e l'applicazione della conservazione dei quadri-impulsi. La quadri-forza, la trasformazione delle forze in sistemi inerziali. Esempi e applicazioni.</i> - <i>Massa-Energia-Impulso: L'applicazione dell'equazione che mette in relazione l'energia totale di una particella e la sua energia e quantità di moto nelle collisioni tra particelle. Esempi.</i> - <i>Particelle senza massa.</i> - <i>Notazione, componenti covarianti e contravarianti, tensore metrico, invarianti.</i> - <i>Introduzione alla teoria classica dei campi.</i> - <i>Azione relativistica e Lagrangiana per il moto di una particella. Leggi di conservazione e simmetria.</i> - <i>Sistemi di riferimento frequentemente usati: Lab frame, centre-of-mass frame; massa invariante metrica di Minkowski, rapidità, pseudo-rapidità.</i> - <i>Limite non relativistico per una particella in un campo.</i> - <i>Equazioni d'onda per i campi.</i> - <i>Utilizzo di invarianti per semplificare i calcoli cinematici.</i> - <i>Particelle relativistiche spin-0, equazione di Klein-Gordon.</i> - <i>Equazione di Dirac (particelle relativistiche spin-1/2), elettroni.</i> - <i>Antiparticelle.</i> - <i>Diagrammi di Feynman, variabili di Mandelstam, simmetria incrociata.</i> - <i>Decadimenti e reazioni relativistiche, calcolo dello spazio di fase, emissione e assorbimento di fotoni, decadimenti a due corpi, decadimenti a tre corpi. Esempi: Scattering Compton, soglia pp^+ nello scattering pp, $Kp \rightarrow \pi\Lambda$, decadimento $H \rightarrow \gamma\gamma$ e altri esempi.</i> - <i>Collisioni di particelle: Collisioni elastiche. Collisioni anelastiche: collisioni quasi elastiche, creazione di particelle. Scattering anelastico profondo.</i> - <i>Scattering con fascio: acceleratori lineari, circolari e esperimento a bersaglio fisso. Esempi.</i>
Testi di riferimento	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Resnick, Robert. Introduction to Special Relativity. New York, NY: Wiley, 1968. ISBN: 9780471717256.</i> • <i>French, Anthony Philip. Special Relativity. New York, NY: Norton, 1968. ISBN: 9780393097931.</i> • <i>Introduction to High Energy Physics, Perkins D H (4th edn CUP 2000).</i>
Note ai testi di riferimento	<i>Dispense del professore e altro materiale su internet</i>

Organizzazione della didattica			
Ore			
Totali	Didattica frontale	Pratica (laboratorio, campo, esercitazione, altro)	Studio individuale
	16	15	61
CFU/ETCS			
	2	1	

Metodi didattici	
	<i>Le lezioni saranno tenute di persona. Sarà adottato un approccio "blended learning" combinando le tradizionali lezioni frontali in classe con l'uso di tecnologie digitali. Lezioni in aula supportate da videoproiettore</i>



	<p>e con l'ausilio di PC in rete e, se necessario, in streaming via Teams. Fornitura di contenuti digitali e seminari mirati all'approfondimento degli argomenti trattati nel corso, seguiti da una discussione in aula.</p>
Risultati di apprendimento previsti	
Conoscenza e capacità di comprensione	<p>Lo studente acquisirà:</p> <ul style="list-style-type: none">- Conoscenza della relatività speciale e delle sue implicazioni nella formulazione della teoria delle particelle elementari.- Comprensione degli aspetti fenomenologici della teoria della fisica delle particelle elementari e capacità di inserire la fenomenologia dei processi elementari nel contesto teorico.- Conoscenza e comprensione della formulazione covariante, della conservazione e delle leggi di simmetria.- Comprensione dell'uso degli invarianti per semplificare i calcoli cinematici nei decadimenti e nelle reazioni delle particelle, dello spazio delle fasi relativistico e del suo ruolo nei decadimenti e nello scattering a due e molti corpi.- Conoscenza delle basi della fisica degli acceleratori.- Pensiero critico, creatività e capacità analitiche.
Conoscenza e capacità di comprensione applicate	<p>Lo studente svilupperà una comprensione quantitativa che gli permetterà di risolvere i problemi pratici comunemente incontrati nella ricerca in fisica delle particelle.</p> <p>Lo studente acquisirà le competenze per svolgere autonomamente un lavoro di ricerca in fisica delle particelle.</p> <p>Lo studente acquisirà il know-how per applicare le conoscenze in diversi contesti e sarà in grado di percepire il valore interdisciplinare delle teorie e delle metodologie sperimentali apprese.</p> <p>Lo studente acquisirà la conoscenza e la comprensione dei metodi e delle tecniche sperimentali per fare ricerca di alto livello in qualsiasi campo, anche in un contesto internazionale.</p>
Competenze trasversali	<ul style="list-style-type: none">• Autonomia di giudizio Lo studente svilupperà la capacità di analizzare la fenomenologia con un atteggiamento critico, avendo gli strumenti teorici per verificare le proprietà e i fondamenti delle teorie e dei modelli proposti. Lo studente imparerà ad analizzare i problemi e i risultati, e svilupperà capacità critiche per arrivare autonomamente alle conclusioni, evidenziando, ove possibile, le approssimazioni e le ipotesi e gli eventuali punti deboli del ragionamento.• Abilità comunicative Lo studente acquisirà competenze su come presentare concetti e risultati scientifici in modo preciso, attento e diretto. Svilupperà un'attitudine al confronto e a lavorare in gruppo per la comprensione delle problematiche e a inferire soluzioni e strategie di ricerca attraverso la discussione scientifica.• Capacità di apprendere in modo autonomo Lo studente imparerà a consultare materiale bibliografico, banche dati e letteratura scientifica, al fine di continuare i suoi studi nel campo della fisica sperimentale, teorica delle particelle e di qualsiasi altra disciplina con un approccio



	<i>aperto e interdisciplinare.</i>
Valutazione	
Modalità di verifica dell'apprendimento	<i>L'esame orale consisterà in un colloquio tipicamente intorno ad argomenti trattati durante il corso e in una domanda su aspetti applicativi degli argomenti trattati nel corso.</i>
Criteri di valutazione	<ul style="list-style-type: none">• Conoscenza e capacità di comprensione: <i>Alla fine del corso lo studente dovrà avere:</i><ul style="list-style-type: none">- <i>Conoscenza della relatività ristretta e delle sue implicazioni nella formulazione della teoria delle particelle elementari;</i>- <i>Comprensione degli aspetti fenomenologici della teoria della fisica delle particelle elementari e capacità di contestualizzare la fenomenologia dei processi elementari all'interno del modello teorico;</i>- <i>Conoscenza e comprensione della formulazione covariante, delle leggi di conservazione e simmetria;</i>- <i>Comprensione dell'uso di invarianti per semplificare i calcoli cinematici nei decadimenti e nelle reazioni delle particelle, dello spazio delle fasi relativistico e il suo ruolo nei decadimenti e nello scattering a due corpi e più corpi;</i>- <i>Conoscenza delle basi della fisica degli acceleratori.</i> • Conoscenza e capacità di comprensione applicate: <i>Lo studente dovrà avere acquisito la capacità di applicare il formalismo dei quattro vettori e l'uso degli invarianti per studiare i processi di alta energia. Lo studente dovrà essere in grado di applicare le conoscenze acquisite per risolvere problemi tipici come la produzione e il decadimento di particelle elementari, calcoli di sezioni d'urto, utilizzando la cinematica relativistica. Dovrà avere raggiunto la conoscenza sull'uso pratico delle leggi di conservazione in un'ottica relativistica, e sul ruolo del fattore dello spazio delle fasi sul formalismo di perturbazione applicato ai processi di scattering. Lo studente dovrà avere sviluppato una comprensione quantitativa che permetta di risolvere problemi pratici comunemente incontrati nella ricerca in fisica delle particelle.</i> <i>Lo studente dovrà avere acquisito le competenze per svolgere autonomamente il lavoro di ricerca in fisica delle particelle.</i> <i>Lo studente dovrà avere la conoscenza e la comprensione dei metodi e delle tecniche sperimentali per fare ricerca di alto livello in qualunque campo, anche in un contesto internazionale.</i> • Autonomia di giudizio: <i>Lo studente dovrà avere acquisito la capacità di identificare i problemi facendo osservazioni qualitative e quantitative e analizzandole criticamente. Dovrà essere in grado di identificare misure rilevanti per verificare proprietà e modelli.</i> <i>Dovrà dimostrare di saper effettuare ricerche scientifiche in altri campi e di trarre conclusioni in modo indipendente attraverso l'analisi e l'interpretazione dei dati sperimentali.</i> • Abilità comunicative: <i>Lo studente deve esprimersi utilizzando la lingua inglese in modo chiaro e la terminologia scientifica appropriata, comunemente usata nella fisica delle alte</i>



	<p><i>energie e delle particelle elementari.</i></p> <p><i>Lo studente dovrà saper lavorare in gruppo per sviluppare strategie comuni per la risoluzione dei problemi, confrontandosi con i colleghi e con l'insegnante.</i></p> <p><i>Dovrà essere in grado di sostenere una discussione scientifica utilizzando gli argomenti appresi durante il corso.</i></p> <ul style="list-style-type: none">• Capacità di apprendere: <i>Lo studente dovrà avere acquisito la capacità di consultare efficacemente il materiale bibliografico, le banche dati e il materiale su internet. Lo studente dovrà essere in grado di studiare autonomamente, selezionando correttamente le fonti, i testi e la letteratura scientifica e le risorse web, con un approccio aperto e interdisciplinare.</i> <p><i>Al fine di ampliare le conoscenze dovrà essere in grado di selezionare argomenti interessanti, di affrontare e risolvere nuovi problemi, e di acquisire nuovi strumenti.</i></p>
Criteria di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale	<p><i>Esame orale composto da domande generali su aspetti applicati degli argomenti trattati nel corso. Il voto finale è dato in trentesimi. L'esame si considera superato quando il voto è maggiore o uguale a 18.</i></p> <p><i>Saranno valutati i seguenti aspetti:</i></p> <ul style="list-style-type: none">- <i>Acquisizione delle conoscenze e comprensione dei concetti. Il punteggio massimo può essere raggiunto se si dimostra una conoscenza molto ampia, completa e approfondita dei contenuti.</i>- <i>Capacità di mettere in relazione i concetti e le loro implicazioni e capacità di applicare i contenuti. Il punteggio massimo può essere raggiunto se si dimostra un'eccellente capacità di analisi, di sintesi e di collegamenti interdisciplinari.</i>- <i>Uso di un linguaggio e di una terminologia appropriati</i>- <i>Capacità espositiva e padronanza dell'esposizione.</i>
Altro	