

CORSO DI STUDIO *Physics (LM-17)*
ANNO ACCADEMICO 2024-2025
DENOMINAZIONE DELL'INSEGNAMENTO *Collider Particle Physics*

Principali informazioni sull'insegnamento	
Anno di corso	1°
Periodo di erogazione	2° semestre: Marzo – Maggio 2025
Crediti formativi universitari (CFU/ECTS)	6
SSD	FIS/04
Lingua di erogazione	Inglese
Modalità di frequenza	Raccomandata, non obbligatoria

Docente	
Nome e cognome	Anna Colaleo
Indirizzo mail	Anna.Colaleo@uniba.it
Telefono	080 5442358
Sede	Dipartimento Interateneo di Fisica, Via Amendola 173, 70126 Bari, stanza R16
Sede virtuale (Codice Microsoft Teams)	
Ricevimento (giorni, orari e modalità)	Gli studenti sono invitati a contattare i docenti via email per fissare un incontro

Organizzazione della didattica			
Ore			
Totali	Didattica frontale	Pratica (laboratorio, campo, esercitazione, altro)	Studio individuale
150	40	15	95
CFU/ECTS			
6	5	1	

Obiettivi formativi	<p>Questo corso copre i principi e le tecniche utilizzate negli esperimenti ai collisionatori per la verifica delle previsioni del Modello Standard e le sue estensioni. Il corso mira a fornire sia una descrizione dettagliata dei dati sperimentali più recenti, sia la comprensione per collocare questi risultati sperimentali nel contesto teorico. Lo studente acquisirà familiarità con la fenomenologia delle collisioni ad alta energia con riferimento agli esperimenti classici, attuali e futuri. Acquisirà le basi del funzionamento degli acceleratori e dei rivelatori "multi-purpose".</p> <p>Attraverso diversi esempi, anche con il supporto di seminari dedicati da parte di esperti del settore, il corso mira a fornire gli strumenti e la comprensione di come progettare e condurre un esperimento nelle varie fasi: definizione dell'obiettivo fisico e relative misure all'acceleratore più idoneo, simulazione con generatori di eventi, concettualizzazione del rivelatore [tipo, forma, dimensioni, materiali, costi...], studio delle prestazioni (rivelatore e fisica), ottimizzazione del rivelatore, e problematiche relative alla costruzione e messa in funzione, selezione e analisi dei dati e infine pubblicazione dei risultati.</p>
Prerequisiti	Istituzioni di Fisica Nucleare e Subnucleare, Elementi di Fisica dei Rivelatori, Elementi di Statistica

Metodi didattici	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.
-------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	<p>Lezioni in aula supportate da videoproiettore 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>
<p>Risultati di apprendimento previsti</p> <p>DD1 Conoscenza e capacità di comprensione</p> <p>DD2 Conoscenza e capacità di comprensione applicate</p> <p>DD3-5 Competenze trasversali</p>	<ul style="list-style-type: none"> o Comprensione del metodo scientifico, della natura e delle modalità della ricerca in Fisica o Conoscenze di fisica sperimentale delle particelle elementari relative ai collider o Conoscenza delle tecnologie necessarie nella fisica sperimentale o Conoscenza delle teorie alla base dei moderni esperimenti di collisione di particelle. o Comprensione circa l'applicazione di queste teorie per calcolare le osservabili misurate sperimentalmente. o Conoscenza del collisionatore di leptoni e di adroni, degli apparati a lunga distanza per neutrini: cinematica, PDF, metodi Monte Carlo, tecniche sperimentali. o Comprensione su come cercare diversi tipi di segnali. o Conoscenza delle basi della fisica degli acceleratori. o Conoscenza dei diversi rivelatori di particelle, lo stato dell'arte delle tecnologie e le loro applicazioni nel contesto dei grandi apparati sperimentali attuali e futuri dei collisionatori. o Conoscenza degli strumenti di base per la ricostruzione globale degli eventi, misura al vertice, tracciamento, identificazione delle particelle, misure calorimetriche, per la selezione di trigger e l'acquisizione dei dati. o Conoscenza degli strumenti software rilevanti per le diverse analisi. o Comprensione su come trattare i dati, fare un'analisi statistica e valutare le incertezze sistematiche nelle misure tipiche dei collisionatori di particelle. o Comprensione di come presentare un lavoro scientifico per una pubblicazione. o Pensiero critico, creatività e capacità di analisi. <ul style="list-style-type: none"> o Capacità di utilizzare lo strumento dell'analogia per applicare soluzioni conosciute a problemi nuovi (problem solving) o Capacità di progettare e di mettere in atto procedure sperimentali o teoriche per risolvere problemi della ricerca accademica e industriale o per il miglioramento dei risultati esistenti o Capacità di utilizzo di strumenti di calcolo matematico analitico e numerico o 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. o Lo studente acquisirà conoscenza e comprensione dei metodi e delle tecniche sperimentali per fare ricerca di alto livello in qualsiasi campo, in un contesto internazionale. <ul style="list-style-type: none"> ● Autonomia di giudizio o Capacità di lavorare con crescenti gradi di autonomia, anche assumendo responsabilità nella programmazione di progetti e nella gestione di strutture o 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 un problema e i risultati, e svilupperà capacità critiche per arrivare autonomamente alle

	<p>conclusioni, evidenziando, ove possibile, le approssimazioni e le ipotesi e gli eventuali punti deboli del ragionamento.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Abilità comunicative <ul style="list-style-type: none"> o Competenze nella comunicazione in lingua italiana e in lingua inglese nei settori avanzati della Fisica o 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 <ul style="list-style-type: none"> o Acquisizione di strumenti conoscitivi di base per l'aggiornamento continuo delle conoscenze o 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 aperto e interdisciplinare.
<p>Contenuti di insegnamento (Programma)</p>	<p><i>Fisica ai collisionatori:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● <i>I primi giorni del Modello Standard ai collisionatori.</i> ● <i>Dati sperimentali recenti e collocazione nel contesto teorico: la questione aperta nel Modello Standard e la ricerca di fisica oltre il Modello Standard ai collisionatori.</i> ● <i>Concetti di base sugli acceleratori di particelle: sorgenti e iniettori, anelli di accumulazione, acceleratori. Proprietà di base dei fasci consegnati nei punti di interazione in modalità collisionatore e in modalità bersaglio fisso. Cinematica, rates, sezioni d'urto, luminosità ecc.</i> ● <i>Collisionatori attuali e futuri</i> <p><i>Descrizione dei rivelatori di particelle all'interno di grandi apparati sperimentali negli impianti di accelerazione. Per ciascuna delle seguenti applicazioni verrà presentato lo stato dell'arte della tecnologia:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● <i>rivelatori di micro-vertex, sistemi di tracciamento, identificazione di particelle, calorimetri, rivelatori di muoni, flusso di particelle.</i> ● <i>sistemi di trigger</i> ● <i>apparati multi-purpose</i> <p><i>Parametri fondamentali e figure di merito dei rivelatori:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● <i>efficienza, "material budget", accettazione, "occupancy", risoluzione spaziale e risoluzione della quantità di moto per i rivelatori a tracciamento, risoluzione energetica, proprietà temporali etc.</i> <p><i>Strumenti software e metodi per la simulazione:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● <i>Simulazioni Monte Carlo e generatori di eventi.</i> <p><i>Dai dati grezzi agli oggetti fisici:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● <i>ricostruzione della traccia: "fit" globali e filtro Kalman</i> ● <i>ricostruzione dei vertici</i> ● <i>ricostruzione dei "jet"</i> ● <i>ricostruzione e identificazione di elettroni/fotoni</i> ● <i>ricostruzione e identificazione del tau</i> ● <i>ricostruzione e identificazione del muone</i> <p><i>Analisi dei dati:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● <i>dagli oggetti fisici alle quantità derivate (massa invariante, energia mancante, variabile di forma dell'evento, ecc.)</i>

	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Tecniche di misura di efficienza, valutazione del fondo e sua soppressione. Tecniche basate sui dati e su Monte Carlo</i> • <i>Statistica in fisica delle alte energie</i> <p><i>Discussioni critiche su come progettare e condurre un esperimento, presentare i risultati (con seminari di esperti in diversi campi):</i> <i>definizione dell'obiettivo fisico, identificazione delle misure, definizione dell'acceleratore, simulazione con generatori di eventi, concettualizzazione del rivelatore [tipo, forma, dimensione, materiale, costi...], studio delle prestazioni (rivelatore e fisica), prototipazione e ottimizzazione del rivelatore, fabbricazione del rivelatore, messa in funzione e funzionamento, selezione e analisi dei dati e pubblicazione dei risultati</i></p>
Testi di riferimento	<ul style="list-style-type: none"> • W.R. Leo, Techniques for nuclear and particle physics experiments Springer-Verlag • D. Perkins, Introduction to high energy physics, ed. Cambridge University press • Cahn & Goldhaber, The experimental foundations of particle physics, ed. Cambridge University press
Note ai testi di riferimento	Dispense del professore e altro materiale su internet
Materiali didattici	

Valutazione	
Modalità di verifica dell'apprendimento	L'esame orale consiste in un colloquio solitamente incentrato sugli argomenti trattati durante il corso. Durante questa discussione, lo studente illustrerà i risultati fisici ottenuti dall'analisi indipendente dei dati, relativa a un tema concordato con l'insegnante. Inoltre, sarà richiesto allo studente di redigere un articolo scientifico in cui presentare i risultati di tale analisi.
Criteri di valutazione	<ul style="list-style-type: none"> • Conoscenza e capacità di comprensione Alla fine del corso ci si aspetta che lo studente conosca le basi della fisica dei collisionatori e gli aspetti teorici e sperimentali della fisica Elettrodebole, di QCD e della fisica oltre il Modello Standard. Al termine del corso lo studente deve conoscere le teorie alla base dei moderni esperimenti ai collisionatori di particelle; deve comprendere le problematiche relative a diverse misure realizzate ai collisionatori ed essere capace di misurare diversi tipi di segnali. Lo studente deve conoscere le basi dei collisionatori di leptoni, di adroni e di neutrini: cinematica, PDF, metodi Monte Carlo, tecniche sperimentali. Lo studente deve conoscere i diversi rivelatori di particelle, lo stato dell'arte delle tecnologie e le loro applicazioni nel contesto dei grandi apparati sperimentali attuali e futuri dei collisionatori. Deve conoscere gli strumenti di base per la ricostruzione globale degli eventi, la misura al vertice, il tracciamento, l'identificazione delle particelle, le misure calorimetriche, la selezione di trigger e l'acquisizione dei dati. Lo studente deve conoscere gli strumenti software rilevanti per realizzare la simulazione e l'analisi dei dati. Lo studente deve sapere come trattare i dati, fare un'analisi statistica e valutare le incertezze sistematiche nelle misure tipiche dei collisionatori di particelle. Infine, lo studente deve sapere come presentare il lavoro scientifico. • Conoscenza e capacità di comprensione applicate Lo studente deve conoscere le teorie alla base dei moderni esperimenti di collisionatori di particelle e capire come applicare queste teorie per calcolare le osservabili misurate sperimentalmente. Lo studente deve aver acquisito le competenze per svolgere autonomamente il lavoro di ricerca in fisica delle particelle, fisica dei rivelatori, informatica e analisi dei dati nel contesto del programma di fisica presso gli impianti di accelerazione delle particelle. Deve aver sviluppato le competenze per progettare e condurre un esperimento di fisica in un collisionatore di particelle.

	<p>Lo studente deve 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.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Autonomia di giudizio Lo studente deve aver acquisito la capacità di identificare i problemi facendo osservazioni qualitative e quantitative, analizzandole con un atteggiamento critico. Deve essere in grado di identificare le misure rilevanti per verificare le proprietà e i modelli e possedere gli strumenti per concepire l'apparato sperimentale più appropriato per realizzare la misura, secondo un processo decisionale che tenga conto delle valutazioni dei rischi legati alla progettazione di un grande apparato. Deve essere in grado di realizzare la ricerca scientifica in qualunque campo e di trarre autonomamente delle conclusioni attraverso l'analisi e l'interpretazione dei dati sperimentali. ● Abilità comunicative Lo studente deve esprimersi utilizzando la lingua inglese in modo chiaro e la terminologia scientifica appropriata, comunemente usata nella fisica delle alte energie e delle particelle elementari. Lo studente dovrà saper lavorare in gruppo per sviluppare strategie comuni per la risoluzione dei problemi, confrontandosi con i colleghi e con l'insegnante. Deve aver acquisito gli strumenti necessari per la presentazione dei dati scientifici: trattamento, stima e riduzione delle incertezze statistiche e sistematiche nelle misure tipiche dei collisionatori di particelle. Deve essere in grado di studiare e analizzare un articolo scientifico, valutare le tecniche sperimentali e i risultati e dedurre possibili sviluppi futuri, sostenendo una discussione scientifica utilizzando gli argomenti appresi durante il corso. ● Capacità di apprendere Lo studente deve aver acquisito la capacità di consultare efficacemente il materiale bibliografico, le banche dati e il materiale su internet. Lo studente deve 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. Al fine di ampliare le conoscenze deve essere in grado di selezionare argomenti interessanti, di affrontare e risolvere nuovi problemi, e di acquisire nuovi strumenti.
<p>Criteria di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale</p>	<p>Esame orale composto da domande generali su aspetti applicati degli argomenti trattati nel corso e in una discussione su un articolo, precedentemente concordato con il docente, in cui vengono presentati risultati rilevanti di fisica delle particelle sperimentale. Il voto finale è dato in trentesimi. L'esame si considera superato quando il voto è maggiore o uguale a 18. Saranno valutati i seguenti aspetti:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 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. ● 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. ● Uso di un linguaggio e di una terminologia appropriati ● Capacità espositiva e padronanza dell'esposizione.
<p>Altro</p>	