

DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA

ELEMENTARY PARTICLE PHYSICS 2/ ADVANCED PARTICLE PHYSICS

INFORMAZIONI INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA

A.A.	2026-2027	CdS	FISICA (LM-17)
Codice	8067626 (ITA) - 8067560 (ENG) 8068881	Canale	Unico
CFU	6	Lingua	Inglese

DOCENTE RESPONSABILE DELL'INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA

Anna DI CIACCIO

CODOCENTE

Modulo:

OBIETTIVI FORMATIVI E RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI

Italiano	OBIETTIVI FORMATIVI: Lo studente consoliderà le conoscenze del Modello Standard delle Interazioni Elettrodeboli e le sue conseguenze fenomenologiche. Si partirà dalle teorie di Yang-Mills, passando dall'unificazione della forza elettrodebole fino ad arrivare al meccanismo della rottura spontanea della simmetria (meccanismo di Higgs), per approdare alla costruzione completa del Modello Standard e soprattutto alle sue numerose verifiche sperimentali alla luce dei copiosi risultati prodotti dal collisionatore LHC al CERN. Infine, si parlerà dei problemi di tale modello e delle direzioni in cui è possibile estenderlo per risolverli, con particolare attenzione ai progetti di nuovi acceleratori di particelle (HL_LHC, FCC). CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPrensIONE: Il corso si propone di fornire agli studenti le nozioni per comprendere ed interpretare le misure di precisione del Modello Standard effettuate ai collider e^+e^- ed ai collider adronici, con esempi dal collider LEP, protone-antiprotone Tevatron e soprattutto dal collider protone-protone LHC. CAPACITÀ DI APPLICARE CONOSCENZA E COMPrensIONE: Il corso intende completare l'introduzione alla fisica delle particelle svolta nel corso di Particelle Elementari I facendo riferimento alle recenti scoperte ed ai risultati più importanti del collider LHC che hanno contribuito alla definitiva convalida del Modello Standard
-----------------	---

	AUTONOMIA DI GIUDIZIO: Parte importante degli obiettivi formativi del corso è la capacità di affrontare autonomamente l'aggiornamento su ricerche di punta in fisica delle Particelle Elementari e di saper comunicare le conoscenze acquisite. Tali capacità sono acquisite anche durante lo studio per la preparazione dell'esame finale, attraverso l'approfondimento di alcuni argomenti specifici più all'avanguardia attraverso la consultazione di articoli recenti su riviste scientifiche. ABILITÀ COMUNICATIVE: Lo studente presenta in una esposizione orale con preparazione di slides una ricerca di approfondimento su una tematica di fisica di punta inerente il programma svolto. CAPACITÀ DI APPRENDIMENTO: Conoscenza delle problematiche relative alla convalida del Modello Standard - Conoscenza delle problematiche relative allo studio sperimentale della QCD perturbativa - Conoscenza delle problematiche relative allo studio sperimentale dell'interazione elettrodebole - Conoscenza di un argomento a scelta su tematica di avanguardia nel campo
English	LEARNING OUTCOMES: <i>The student will learn the basics of the Standard Model of Electrode Interactions and its phenomenological consequences. Starting from the Yang-Mills theories, the electroweak forces unification up to the mechanism of spontaneous symmetry breaking (Higgs mechanism), to arrive at the complete construction of the Standard Model and its experimental tests obtained at the various Collider and more recently in several years of running of the experiments at LHC. Finally, the open problems of this model will be mentioned and the directions/ models in which it can be extended to solve them will be described.</i> KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING: <i>The course aims to provide students with the concepts to understand and interpret the precision measurements of the Standard Model made with the e^+e^- and hadron colliders, with examples from LEP, the proton-antiproton collider Tevatron and above all from the proton-proton LHC collider.</i> APPLYING KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING: <i>The course aims to complete the introduction to particle physics carried out during Elementary Particles I by referring to the recent discoveries that contributed to the validation of the Standard Model</i> MAKING JUDGEMENTS: <i>An important part of the training objectives of the course is the ability to autonomously face the update on cutting edge research in elementary particle physics and to know how to communicate the acquired knowledge. These skills are acquired during the study for the</i>

	<i>preparation of the exam, through the deepening of some specific topics with the consultation of articles in magazines.</i> COMMUNICATION SKILLS: <i>In an oral presentation with slides preparation, the student presents in-depth research on a topic of physics inherent to the program carried out.</i> LEARNING SKILLS: <i>Knowledge of the problems related to the validation of the Standard Model - Knowledge of the problems related to the experimental study of perturbative QCD - Knowledge of the problems related to the experimental study of the electroweak interaction - Knowledge of a topic chosen on a cutting-edge theme in the field.</i>
--	---

PREREQUISITI

Italiano	Meccanica Quantistica e Relatività Speciale, Elementi di Fisica Nucleare e Subnucleare, Particle Physics1
<i>English</i>	<i>Quantum Mechanics and Special Relativity, Introductory Particle and Nuclear Physics, Particle Physics 1</i>

PROGRAMMA E CRONOPROGRAMMA

Italiano	Stato dell'arte teorico e sperimentale della fisica delle particelle elementari. Richiami di QED e QCD Diagrammi di Feynman- Colore, simmetrie di gauge, gluoni, - Libertà asintotica e confinamento - QCD perturbativa e misure di $\alpha_s(q^2)$ e di $\alpha(q^2)$ - Test di QCD e QED (8 ore). Costruzione del Modello Standard di GWS: problemi e cure per l'interazione universale di Fermi: simmetria di gauge, bosoni intermedi, unificazione elettrodebole - Osservazione delle correnti deboli neutre e dei bosoni W e Z -Test del modello di GSW - rottura spontanea di simmetria e bosone di Higgs -Test del Modello Standard a LEP e Tevatron. Scoperta del bosone di Higgs ad LHC. Test del Modello Standard a LHC: fisica dei Jets, fisica dell'Higgs, del quark beauty e del quark top. Misure di precisione (Massa del W, Massa del Top, costanti fondamentali). Ricerche di nuova fisica a LHC, in particolare delle particelle supersimmetriche. Test di nuovi modelli di fisica al di là del Modello Standard. Prospettive ai futuri acceleratori: HL-LHC, Linear Collider, FCC- ee e FCC-hh. NOTA: il numero di ore si riferisce alle ore di lezioni ed esercitazioni in classe.
<i>English</i>	The state of the art in theoretical and experimental particle physics. - Review of QED and QCD; Feynman diagrams; Color, gauge symmetries, gluons; <i>Asymptotic freedom and confinement</i>; <i>Perturbative QCD and measurements of $\alpha_s(Q^2)$ and $\alpha(Q^2)$</i>; Test di QCD e QED (8 hours). Construction of the Standard Model of GWS: problems and solutions for universal Fermi interaction, gauge symmetry, intermediate bosons, and electroweak unification. - Osservazione delle correnti deboli neutre e dei bosoni W e Z.

	- Testing the GWS model. - Spontaneous symmetry breaking and Higgs boson. - Testing the Standard Model at LEP and Tevatron. Discovery of the Higgs boson at the LHC. Test del Modello Standard a LHC: fisica dei jets, dell'Higgs, del quark beauty e del quark top. Precision measurements (W mass, top mass, fundamental constants). Search for new physics at the LHC, particularly supersymmetric particles. Test di nuovi modelli di fisica al di là del Modello Standard. Prospettive per i futuri acceleratori: HL-LHC, Linear Collider, FCC-ee e FCC-hh. NOTE: The number of hours refers to the hours of class lectures and exercises.
--	---

TESTI ADOTTATI E BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

Italiano	Books: C Berger, G. Herten : Particle Physics from the Basics to Modern Experiments F. Halzen & A. Martin: "Quarks and Leptons";
English	Books: C Berger, Herten : Particle Physics From the Basics to Modern Experiments F. Halzen & A. Martin: "Quarks and Leptons";

DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ DI SVOLGIMENTO E METODI DIDATTICI ADOTTATI

☒ In presenza ☒ A distanza

Italiano	Lezioni frontali, esercitazioni in classe ed a casa, seminari
English	<i>Frontal teaching, in classroom and at-home exercises, seminars.</i>

MODALITÀ DI FREQUENZA

☐ frequenza obbligatoria ☒ frequenza facoltativa

DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ DI FREQUENZA

Italiano	La frequenza delle lezioni è fortemente consigliata
English	<i>Attendance to lectures is strongly encouraged</i>

MODALITÀ DI VALUTAZIONE

☐ Prova scritta ☒ Prova orale ☐ Prova di laboratorio ☐ Prova pratica
☐ Valutazione in itinere ☐ Valutazione di progetto ☐ Valutazione di tirocinio

COMPOSIZIONE DELLA COMMISSIONE VALUTATRICE

Docente responsabile del corso e docenti del medesimo settore scientifico-disciplinare

DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ E DEI CRITERI DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO

Italiano	La valutazione dello studente/studentessa prevede l'esposizione di una tesina concordata con lo studente riguardante argomenti del programma (Parte A) a seguire un esame colloquio atto a valutare il grado di conoscenza e comprensione degli elementi più avanzati del programma (parte B). Il punteggio finale è la somma della Parte A e Parte B. La prova di esame sarà valutata secondo i seguenti criteri: Non idoneo: importanti carenze e/o inaccuratezza nella conoscenza e comprensione degli argomenti; limitate capacità di analisi e sintesi, frequenti generalizzazioni. 18-20: conoscenza e comprensione degli argomenti appena sufficiente con possibili imperfezioni; capacità di analisi, sintesi e autonomia di giudizio sufficienti. 21-23: Conoscenza e comprensione degli argomenti routinaria; Capacità di analisi e sintesi corrette con argomentazione logica coerente. 24-26: Discreta conoscenza e comprensione degli argomenti; buone capacità di analisi e sintesi con argomentazioni espresse in modo rigoroso. 27-29: Conoscenza e comprensione degli argomenti completa; notevoli capacità di analisi, sintesi. Buona autonomia di giudizio. 30-30L: Ottimo livello di conoscenza e comprensione degli argomenti. Notevoli capacità di analisi e di sintesi e di autonomia di giudizio. Argomentazioni espresse in modo originale.
English	The student's evaluation involves presenting a thesis agreed upon with the student regarding the program (Part A), followed by a colloquium exam to evaluate the student's knowledge and understanding of the program's more advanced elements (Part B). The final score is the sum of Parts A and B. The exam will be evaluated according to the following criteria: Non-idoneo: significant deficiencies and/or inaccuracies in knowledge and understanding of the topics; limited analytical and synthetic abilities, frequent generalizations. 18-20: knowledge and understanding of the topics is just sufficient with possible imperfections; sufficient analytical, synthetic, and autonomous judgment abilities. 21-23: Routine knowledge and understanding of the topics; correct analysis and synthesis skills with logical, coherent argumentation. 24-26: Discreet mastery of the subject; good analytical and synthetic abilities with rigorous arguments. 27-29: Complete knowledge and understanding of the subject; notable analytical and synthetic abilities. Good autonomy of judgment. 30-30L: Excellent level of knowledge and understanding of the subject. Notable analytical, synthetic, and critical thinking skills. Arguments expressed in an original way.