UNIVERSITÀ DI PISA

FUNDAMENTAL INTERACTIONS / INTERAZIONI FONDAMENTALI

FRANCESCO FORTI

Academic year	2020/21
Course	FISICA
Code	305BB
Credits	9

Modules	Area	Type	Hours	Teacher(s)
INTERAZIONI FONDAMENTALI	FIS/04	LEZIONI	54	FRANCESCO FORTI GIOVANNI SIGNORELLI

Obiettivi di apprendimento

Conoscenze
Conoscenza quantitativa di base della fisica delle particelle elementari e delle loro interazioni, dal punto di vista fenomenologico e sperimentale. Conoscenza dello sviluppo temporale delle principale scoperte.

Modalità di verifica delle conoscenze
La verifica delle conoscenze acquisite avviene attraverso un colloquio di esame.

Capacità
Valutazione quantitativa di processi di scattering e decadimento di particelle elementari. Progettazione concettuale di esperimenti di fisica delle particelle

Modalità di verifica delle capacità
La verifica delle capacità acquisite avviene attraverso le discussioni degli esercizi proposti per casa e durante le esercitazioni e tramite un esame scritto che consiste nella risoluzione di alcuni esercizi.

Prerequisiti (conoscenze iniziali)
Conoscenze di elettromagnetismo avanzato, meccanica quantistica non relativistica e relatività ristretta. Competenze di calcolo differenziale, algebra lineare, calcolo con matrici, analisi nel piano complesso.
La frequenza al corso presuppone il completamento della laurea triennale, e in particolare il superamento degli esami di Fisica 3 e Meccanica Quantistica.

Indicazioni metodologiche
Il corso è organizzato con lezioni ed esercitazioni in aula con frequenza fortemente consigliata.

Programma (contenuti dell'insegnamento)
Modulo 1: Metodologie di base (12)

- Richiami di cinematica relativistica. Notazione per i quadri-vettori. Invarianti relativistici di Mandelstam. Unità di misura naturali.
- Le equazioni relativistiche di Klein-Gordon e di Dirac. Classificazione delle particelle elementari: fermioni e bosoni; particelle ed antiparticelle [Esperimento di Anderson: scoperta del positrone]
- Metodi sperimentali della fisica delle particelle. Sorgenti: raggi cosmici, reattori ed isotopi, acceleratori. Fasci estratti e collisori. Tecniche di rivelazione. [Esempi di acceleratori e rivelatori]
- Decadimenti e collisioni: vita media, larghezza, sezione d'urto; matrice di transizione, spazio delle fasi, regola d'oro di Fermi.
- Diagrammi di Feynman e metodi di calcolo.

Modulo 2: Introduzione storica e fenomenologica (6)

- Breve storia della scoperta delle particelle elementari e della costruzione del modello standard.
- Fotone, mesoni, antiparticelle, barioni, leptoni, particelle strane, quarks e gluoni, i bosoni vettori intermedi, il bosone di Higgs.
- Principali caratteristiche della fenomenologia delle interazioni fondamentali e del modello standard.

Modulo 3: Simmetrie e leggi di conservazione. (12)

- Simmetrie, leggi di conservazione, rottura della simmetria.
- Simmetrie discrete C,P e T. Enunciato del Teorema CPT.
- Coniugazione di carica intrinseca C. C del fotone e pi0
- Parita? spaziale e parita? per scambio. Funzioni d'onda simmetriche ed antisimmetriche for bosoni e fermioni. Principio di esclusione di Pauli.
- Parita? intrinseca delle particelle (P). Parità del pione.
  [Esperimento di Chinowsky e Steinberger (1954) sulla cattura di pioni lenti da deuterio]
- Simmetrie continue, e leggi di conservazione. Enunciato teorema di Noether.
- Uso della teoria dei gruppi e loro rappresentazioni. Momenti angolari e regole di composizione.
- Simmetria di isospin. Doppietti (nucleone) e tripletti (pione).

Modulo 4: Elettrodinamica (6)

- Conservazione della carica e simmetria di gauge
- Interazione come scambio di particelle. Particelle virtuali. [Esperimento di Lamb e Retherford]
- Diagrammi Feynman per la QED
- Annichilazione e+e- in una coppia di mu.
- Positronio, struttura dei livelli, canali di decadimento.
- Evoluzione di alpha.

Modulo 5: Gli adroni e le interazioni forti (12)

- Risonanze adroniche. I barioni 3/2+. Il plot di Dalitz.
- Momento angolare e parita? degli stati finali a due e tre pioni carichi o neutri. Mesoni vettoriali e pseudo-scalari. [Il puzzle theta-tau]
- Produzione associata K0 – Lambda e la scoperta della stranezza. Simmetria SU(3) di flavor.
- Il modello a quark, mesoni e barioni. Numero barionico. Organizzazione in ottetti e decupletti.
- Produzione adronica ai collisionatori e+e-. Rapporto R tra processi adronici coppie di mu. Evidenza sperimentali del colore.
- La scoperta della J/psi e dei suoi stati eccitati. [Esperimenti di Richter e Ting e la november revolution]
- Distribuzione angolare dei jet e spin dei quark. Eventi a tre jet adronici ed evidenza dei gluoni.
- Misure di alfa_s e dipendenza dall' energia. La regola di selezione O.Z.I.
- La terza famiglia ed il completamento del modello a quark.
- Quarkonio.

Modulo 6: Le interazioni deboli (12)

- Il decadimento del muone. Processo a 4 fermioni e costante di Fermi.
- Il decadimento del neutrone e del pione.
- I neutrini e la conservazione del flavor leptonico. [Esperimento nu_mu]
- Limiti sulle masse dei neutrini. [Esp...]
- Violazione della parità nelle interazioni deboli. Elicità e chiralità. Violazione della coniugazione particella-antiparticella (CP)
- (Mi piacerebbe ma mi sembra troppa roba ?) Il sistema del K neutro, autostati di massa ed autostati di CP. Oscillazioni K-Kbar. [Esperimento di Cronin e Fitch (1964) sulla misura della violazione di CP]
- Le correnti deboli cariche dei quark e l'angolo di Cabibbo.
- Il charm ed il meccanismo GIM.
- La matrice CKM di mescolamento dei quark.

Bibliografia e materiale didattico

Testi completi:
A. Bettini, Introduction to Elementary Particle Physics, Cambridge U.P. (2014),
D. Griffiths, Introduction to Elementary Particles, Wiley (2008),
D.H. Perkins, Introduction to High Energy Physics, Cambridge U.P. (2000),
D. Thomson, Modern Particle Physics, Cambridge U.P. (2013).
Per consultazione:
H.J. Lipkin, Lie Groups for Pedestrians, Dover (2002)
Cahn, Goldhaber - The experimental foundations of Particle Physics - Cambridge U.P. (2009).
M.S. Sozzi - Discrete symmetries and CP Violation - Oxford G.T. (2008).
Povh, Rith, Scholz, Zetsche - Particles and nuclei - Springer 6-th Ed. (2015) o Boringhieri (2002)
G.F. Giudice Odissea nello zeptospazio Springer (2010)
Sull'interazione radiazione-materia ed i rivelatori di particelle
D. Green - The physics of particle detectors - Cambridge U.P. (2000),
C. Grupen - Particle detectors - Cambridge U.P. (1996),
W.R. Leo -Techniques for nuclear and particle physics experiments - Springer-Verlag (1994).
J.D. Jackson - Classical Electrodynamics - Wiley (1998),
T. Ferbel (ed.) - Experimental techniques in HEP - Addison Wesley (1987),
K. Kleinknecht - Detectors for particle radiation - Cambridge U.P. (1998).
Risorsa essenziale per tutti i dati sperimentali: Particle Data Group - Review of particle physics - http://pdg.lbl.gov/

Modalità d'esame

L'esame finale è strutturato con una prova scritta ed una prova orale.

Ultimo aggiornamento 09/09/2020 10:01