



# UNIVERSITÀ DI PISA

---

## SIMMETRIE DISCRETE

**MARCELLO GIORGI**

Anno accademico 2023/24  
CdS FISICA  
Codice 308BB  
CFU 6

Moduli	Settore/i	Tipo	Ore	Docente/i
SIMMETRIE DISCRETE	FIS/04	LEZIONI	36	STEFANO BETTARINI MARCELLO GIORGI

### Obiettivi di apprendimento

#### Conoscenze

Il corso si propone di discutere le simmetrie discrete nella fisica delle particelle elementari. Vengono esaminati i più importanti esperimenti relativi alla violazione delle simmetrie P, C, T, CP, CPT e quelli sulla conservazione del numero leptonico e di quello barionico. Le violazioni di P, C, T, CP sono inquadrare nell'ambito della teoria elettrodebole, di cui vengono discussi gli aspetti fenomenologici.

#### Prerequisiti (conoscenze iniziali)

Lo studente deve avere conoscenze di interazioni fondamentali (cinematica relativistica) ed alcune capacità di usare semplici strumenti di analisi dati.

#### Indicazioni metodologiche

Lezioni ed esercitazioni in aula frontali con discussione interattiva con gli studenti. Utilizzo del sito e-learning per la condivisione del materiale didattico. Docenti disponibili per ricevimenti (e/o a rispondere a domande via posta elettronica) a chiarimento degli argomenti trattati.

#### Programma (contenuti dell'insegnamento)

Parità: formalismo, operatori

Preparazione alla esercitazione sulla violazione di P in decadimenti beta

Violazione di P nel decadimento adronico di  $\lambda$  (richiami a teoria dello scattering e alla polarizzazione del barione prodotto in pioni-nucleone)

Violazione di C per fermioni e per Bosoni nella interazione debole.

Modello di Cabibbo, decadimenti di pioni e di  $K$

Da angolo di Cabibbo a GIM

Decadimenti del pioni, Violazione di P e di C. Conservazione di CP

Violazione di CP- Puzzle dell'antimateria. Ipotesi di Sacharov

Mixing di sapore

Sistemi binari- Esempio in meccanica classica (2 oscillatori accoppiati auto valori e autostati-modi di oscillazione) sistema  $K_0$ -anti $K_0$ .

Hamiltoniana efficace. Calcolo degli elementi di matrice, associazione alla dinamica dei processi di decadimento (matrice S, con uso stati in e stati out)

Scoperta del  $K_2$ . Sistema  $K_1$  - $K_2$  e rigenerazione.

Strumenti e metodi di analisi – Armenteros Podolanski

Violazione di CP- Esperimento e dubbi teorici

Violazione nel mixing. Differenze fra sistema dei  $K$  e sistema dei  $B$  (elemento di matrice  $H_{12}$ ). Matrice di mixing reale  $\rightarrow$  CP conservata e se CPT  $\rightarrow$  T conservata.

Superweak? Oppure Weak? Varie misure di Fitch, interferenza. Weak con 2 generazioni non possibile. Verso CKM.

Interludio: teorema Fermi-Watson. Violazione di T.

Ancora  $K$ ,  $e$  e  $e'$ .

Re ( $e'/e$ ): Esclusione del modello Superweak. (esercitazione sugli esperimenti)

Verso la validazione di CKM.

Modi di violazione di CP nel decadimento dei  $B_d$

Esperimenti nel settore dei  $B$ . Misura di  $\sin 2\beta$  e di  $\beta$  alle b-factories. (esercitazione)

CP, T, CPT

Metodi di misura alle b-factories degli altri elementi del triangolo di unitarietà.

Introduzione ai Dalitz plots



## UNIVERSITÀ DI PISA

---

Analisi sui Dalitz plots (costruzione di contorni, identificazione di ampiezze e fasi)

Metodi per la determinazione di  $g$ . (esercitazione sulla misura in BABAR)

Violazione di T. Osservabili.

Stato dell'arte sulle misure dirette della violazione di T.

Coerenza nel sistema dei  $B^0$  anti  $B^0$  prodotti alle Bfactories.

Osservazione della violazione di T in BABAR

Momento di dipolo elettrico  $\rightarrow$  violazione di T.

Eccezioni dovute a stati degeneri (degenerazione di Kramer)

Stato dell'arte e discussione sulle misure di dipolo elettrico.

mdm ed edm. Barioni, Leptoni.

Caso del tau.

Nuove idee per la misura dei momenti di dipolo elettromagnetici.

### Bibliografia e materiale didattico

- Halzen, Martin: Quarks and Leptons: An Introductory Course in Modern Particle Physics
- Aitchison, Hey: Gauge Theories in Particle Physics: A Practical Introduction
- Mandle, Shaw: Quantum Field Theory
- D.H. Perkins, Introduction to High Energy Physics, Cambridge U.P. (2000),
- D. Griffiths: Introduction to Elementary Particles, Wiley (2008)
- Cahn, Goldhaber - The experimental foundations of Particle Physics - Cambridge U.P. (2009).
  
- Per i dati sperimentali vedere: [Particle Data Group](#) - Review of particle physics.

### Indicazioni per non frequentanti

Assolutamente consigliata la frequenza delle lezioni. Materiale didattico pubblicato sulla pagina e-learning.

### Modalità d'esame

Esame orale con discussione sugli argomenti del corso.

Ultimo aggiornamento 07/09/2023 10:34