

# I rivelatori di particelle KLOE

## CHE COS'E' UN RIVELATORE DI PARTICELLE?

E' un apparato che ha il compito di catturare le particelle prodotte nelle collisioni misurandone le principali caratteristiche.

Osservare una particella vuole dire rivelare gli effetti della sua interazione con il rivelatore.

## CHE COS'E' KLOE?

**Kloe** (**K** Long **E**xperiment) è il rivelatore posto in uno dei due punti di interazione dell'acceleratore **DAΦNE**.

E' un apparato che presenta caratteristiche tecniche estremamente avanzate poiché deve studiare fenomeni rari con estrema precisione.

## COME E' FATTO UN RIVELATORE DI PARTICELLE ?

Poiché particelle diverse interagiscono diversamente con la materia, l'apparato di rivelazione è generalmente costituito da una serie di rivelatori ognuno con caratteristiche proprie a seconda del tipo di particella da rivelare.

Le grandezze che generalmente si misurano sono:

- **Energia**
- **Carica**
- **Velocità**

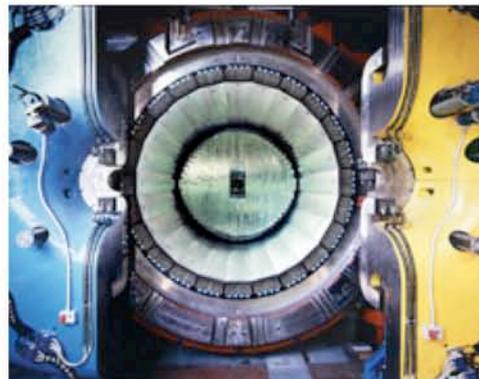
Un rivelatore tipico è costituito da un **sistema tracciante**, che ricostruisce il punto di interazione e la **traiettoria** delle particelle cariche, e un apparato (**calorimetro**) che misura l'**energia** rilasciata dalle particelle sia cariche sia neutre. Il tutto è immerso in un campo magnetico che, curvando o meno la traiettoria delle particelle, ne discrimina la **carica**. La **curvatura** della traiettoria è inoltre proporzionale alla **velocità** delle particelle cariche.

Combinando le informazioni ricavate dalle grandezze misurate è possibile ricostruire l'evento identificando le particelle coinvolte.

Il **sistema tracciante** può essere costituito da fili ad alta tensione immersi in un gas. Quando una particella urta gli atomi del gas causa un disturbo elettrico che viene raccolto dal filo più vicino.

La misura dei singoli segnali permette di ricostruire la **traiettoria**.

Il **calorimetro** è generalmente costituito da **materiale attivo** che serve per misurare il segnale lasciato dal passaggio della particella, e da **materiale passivo** che serve a frenare la particella.



## A COSA SERVE KLOE?

Kloe è un apparato cosiddetto "multipurpose", ovvero in grado di effettuare molte e differenti misure di fisica. Con Kloe si possono studiare in dettaglio le proprietà di **invarianza** delle leggi fisiche fondamentali. Le equazioni con le quali descriviamo le interazioni tra le particelle elementari, godono della proprietà di rimanere inalterate se si applicano loro determinate operazioni matematiche. Ad esempio, l'operazione di **parità** (P), che inverte la direzione degli assi coordinati nello spazio; l'operazione di **coniugazione di carica** (C), che scambia tra loro particelle e antiparticelle; quella di **inversione temporale** (T), che inverte la direzione dello scorrere del tempo. Tutte le reazioni di produzione e decadimento tra particelle elementari devono rispettare tali proprietà di invarianza, il che comporta, nella pratica, che alcuni tipi di reazioni sono permesse ma altre non lo sono.

Con Kloe si va alla ricerca proprio di questo tipo di reazioni "proibite", per misurare fino a che livello di precisione sono rispettate le citate leggi di invarianza. In natura esiste una piccola ma importantissima eccezione a questa regola di invarianza, osservata in alcuni decadimenti dei mesoni K e B che **non** sono invarianti sotto la trasformazione simultanea di P e C. Quest'ultima è la cosiddetta **violazione di simmetria CP**, osservata per la prima volta nel 1964 e necessaria affinché il nostro Universo sia costituito di materia piuttosto che di antimateria.

Secondo la teoria del Big Bang il nostro Universo primordiale era costituito, in egual misura, di particelle e antiparticelle, le quali devono comportarsi in modo simmetrico. Se questo non accade c'è una **rottura di simmetria** che porta alla prevalenza di un tipo sull'altro. In altri termini accade che ogni particella  $\phi$  prodotta nell'acceleratore DAΦNE nell'urto elettrone-positrone, decade, in tempi infinitesimi, in due particelle neutre, i **Kaoni**, che avendo vite medie differenti vengono chiamate  **$K_L$  (K-long)** e  **$K_S$  (K-short)**.

Se ci fosse perfetta simmetria tra materia e antimateria i  **$K_L$**  decadrebbero sempre in tre pioni, mentre i  **$K_S$**  in due pioni. E' stato osservato, però, che circa una volta su mille il  **$K_L$**  decade in due pioni, ed è previsto dalla teoria che circa una volta su un miliardo il  **$K_S$**  decada in tre pioni. Il compito di Kloe è la ricerca e lo studio di questo tipo di fenomeno. Essendo un evento così raro, è necessario disporre di un gran numero di particelle prodotte e di un apparato estremamente sensibile. Kloe inoltre va alla ricerca di nuove ipotetiche particelle, i cosiddetti **fotoni oscuri**, la cui esistenza è prevista in teorie che cercano di spiegare la natura della materia oscura, cioè di quella parte di Universo di cui conosciamo l'esistenza tramite misurazioni astrofisiche ma che non è identificabile con nessuna delle particelle elementari sin qui osservate. Poiché la materia oscura pervade l'Universo in un rapporto di 5:1 rispetto alla materia ordinaria, riuscire a comprenderne la natura è senza dubbio una delle principali sfide per la scienza moderna.

### COME E' FATTO KLOE?

Kloe è un apparato cilindrico, con un diametro di 7 m e una lunghezza di 6 m, che avvolge il punto in cui interagiscono i fasci di elettroni e positroni circolanti in DAΦNE.

Le sue dimensioni sono state calcolate per poter catturare i  **$K_L$**  prodotti nell'interazione.

L'apparato consiste di due elementi principali:

- **Camera a deriva (sistema tracciante)**
- **Calorimetro elettromagnetico**

Entrambi sono posti all'interno di un campo magnetico.

La **camera a deriva** ha un diametro di 4 m e una lunghezza di 3.3 m e contiene **52000 fili**. È la più grande mai costruita e ricostruisce la traiettoria delle particelle con una precisione dello 0,3%.

Il **calorimetro elettromagnetico** è un cilindro di 4 m di diametro e 4.5 m di lunghezza, costituito da strati alternati di **fibre scintillanti** (mezzo attivo) - per un totale di **15000 km** - e **piombo** (mezzo passivo), che misura l'energia rilasciata dalle particelle con una precisione del 15%. Il segnale luminoso lasciato nelle fibre viene convertito in segnale elettrico e amplificato da **4880 fotomoltiplicatori**.

Le caratteristiche fondamentali del calorimetro elettromagnetico sono legate alla sua alta **precisione temporale (2 decimi di miliardesimi di secondo)** necessaria per misurare la **velocità** delle particelle neutre. Kloe è in grado di registrare fino a **2000 eventi** al secondo.

