

Gli acceleratori di particelle

DAΦNE

CHE COS'E' UN ACCELERATORE DI PARTICELLE?

E' un potente microscopio che, utilizzando come sonde particelle subatomiche accelerate, è in grado di esplorare la struttura più intima della materia. Accelerare vuol dire aumentare la velocità. Maggiore è la velocità, maggiore è l'energia e il potere penetrante.

Oltre che per generare sonde, gli acceleratori possono essere utilizzati per generare nuove particelle. Ricreando condizioni simili a quelle che si sono avute subito dopo il big bang, permettono di studiare i primi istanti di vita del nostro universo quando questo era costituito da particelle libere: **quark e leptoni**.

COME E' FATTO UN ACCELERATORE DI PARTICELLE?

Il più semplice acceleratore è costituito da una batteria. Se i capi della batteria vengono collegati ad un filo elettrico gli elettroni in esso contenuti accelerano generando una corrente elettrica.

Mettendo più batterie in serie è possibile aumentare l'energia degli elettroni.

In un acceleratore si utilizzano dispositivi simili alle batterie che aumentano la velocità degli elettroni stessi fino a far raggiungere loro velocità prossime a quella della luce.

A tal punto continuando ad accelerare, non si ha più un aumento della velocità, ma un aumento dell'energia.

Con questo metodo, oltre agli elettroni, possono essere accelerati tipi diversi di particelle ed avere tipi diversi di sonde.

Tipicamente in un acceleratore vengono accelerati fasci costituiti da miliardi di particelle.

All'energia desiderata il fascio viene fatto urtare contro un bersaglio e dall'urto vengono generate nuove particelle. Dallo studio di queste ultime è possibile ricavare informazioni non solo sulla struttura del bersaglio, ma anche sul tipo di interazione che governa il processo.

CHE COS'E' UN COLLISORE?

Nei tipi di acceleratori più diffusi si usano potenti campi magnetici per tenere i fasci su una traiettoria circolare. Un acceleratore circolare consente di riutilizzare le particelle che non hanno interagito con il bersaglio.

Fasci di uguale energia che circolano in versi opposti diventano a loro volta bersagli e tutta la loro energia è convertita per generare nuove particelle.

Questo tipo di acceleratore prende il nome di collisore.

CHE COS'E' DAFNE?

DAΦNE (Double Annular Φ Factory for Nice Experiments) è l'anello di collisione per elettroni e positroni (particelle identiche agli elettroni ma con carica opposta) attualmente in funzione a Frascati.



A COSA SERVE DAFNE?

Un approccio complementare all'aumento di energia dei fasci è l'aumento del numero di collisioni che essi sono in grado di produrre. In questo modo la comprensione delle proprietà fondamentali della natura sta nello studio, con grandissima precisione, di fenomeni estremamente rari prodotti nelle collisioni. La grandezza legata al numero delle collisioni si chiama **luminosità**.

Gli acceleratori ad alta luminosità vengono chiamati

fabbriche (Factory) di particelle.

DAΦNE è il capostipite di questa nuova generazione di acceleratori dedicato alla produzione di particelle Φ mediante l'urto di elettroni e positroni all'energia corrispondente alla massa della particella ϕ stessa. La particella ϕ è instabile e decade in tempo brevissimo producendo altre particelle di massa inferiore tra cui le particelle **K** che contengono il **quark s**.

L'obiettivo di **DAΦNE** è lo studio di queste particelle che permetterà di fare luce su molti punti critici dell'attuale immagine del mondo subnucleare e delle forze che lo dominano.

COME E' FATTO DAFNE?

DAΦNE è un doppio anello di collisione per elettroni e positroni di 0.51 miliardi di elettronvolt per fascio. L'energia complessiva, 1.02 miliardi di elettronvolt, corrisponde alla massa della particella ϕ . Per diminuire le interazioni tra i fasci, gli elettroni e i positroni circolano, in versi opposti, in due anelli distinti che si incrociano soltanto in due punti. Per evitare le collisioni dei fasci con i gas residui, negli anelli viene mantenuto un vuoto particolarmente spinto (meno di un millesimo di miliardesimo di atmosfere).

Negli anelli di **DAΦNE**, lunghi circa 100 m, circolano più di 100 pacchetti composti da più di 100 miliardi di particelle che compiono più di 3 milioni di giri in un secondo e le cui collisioni producono circa 300 ϕ al secondo.

Le dimensioni di ciascun pacchetto nel punto di interazione sono 1mm x 10 μ m x 2cm.

Per poter raggiungere queste dimensioni e controllare le orbite dei pacchetti vengono utilizzati sofisticati magneti, i quadrupoli che, funzionando come delle lenti, mantengono le particelle ben confinate all'interno della camera da vuoto e i dipoli che, collocati lungo le curve della camera da vuoto, generano un campo magnetico verticale rispetto alla direzione di propagazione del fascio, facendolo curvare.

ACCELERATORI, GIOCATTOLI PER FISICI?

Gli acceleratori di particelle sono strumenti indispensabili nel campo della ricerca ma anche nell'industria e nella medicina.

Fasci di particelle vengono usati per la diagnostica e la

terapia del cancro, per la produzione farmaceutica e possono essere usati in chirurgia come bisturi di precisione.

GRANDEZZE E UNITÀ DI MISURA

Le grandezze fisiche che caratterizzano una macchina acceleratrice sono due:

- l'energia
- la luminosità

L'unità di misura dell'**energia** nel sistema internazionale è il Joule (J). Questa unità di misura nell'ambito della fisica nucleare è un'unità di misura troppo grande, allora si preferisce introdurre una nuova unità di misura, l'**elettronvolt (eV)** definita come l'energia acquistata da un elettrone che viene accelerato attraverso la differenza di potenziale di 1 volt.

$$1\text{eV} = 1.6 \cdot 10^{-19}\text{J}$$

$$\begin{aligned} 1\text{ keV} &= 10^3\text{ eV (kiloelettronvolt)} \\ 1\text{ MeV} &= 10^6\text{ eV (Megaelettronvolt)} \\ 1\text{ GeV} &= 10^9\text{ eV (Gigaelettronvolt)} \\ 1\text{ TeV} &= 10^{12}\text{ eV (Teraelettronvolt)} \end{aligned}$$

La **luminosità** è data dal numero di particelle coinvolte nell'interazione ogni cm² di sezione ogni secondo.

Per **DAΦNE**

$$L = \frac{N^{e+} N^{e-} f}{4 \pi \sigma_x \sigma_y} = 10^{32} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$$

$$\begin{aligned} N^{e+} &= 2 \times 10^{10} \text{ numero di positroni per pacchetto} \\ N^{e-} &= 2 \times 10^{10} \text{ numero di elettroni per pacchetto} \\ \sigma_x &= 1 \text{ mm sezione trasversale del pacchetto} \\ \sigma_y &= 10 \mu\text{m sezione trasversale del pacchetto} \\ f &= 3 \times 10^8 \text{ s}^{-1} \text{ frequenza di collisione} \end{aligned}$$