

INGEGNERIA GENETICA SUI NUCLEI L'ESPERIMENTO FINUDA

di Paola Gianotti

La fisica degli ipernuclei è un settore che da più di cinquant'anni ci aiuta ad indagare la struttura dei nuclei e le dinamiche al suo interno. Recentemente, questo ricco filone di ricerche è approdato ai Laboratori Nazionali di Frascati dell'INFN grazie all'esperimento FINUDA. Infatti, le caratteristiche dei kaoni carichi prodotti a DAΦNE sono ideali per produrre ipernuclei e non solo. Questo fattore, combinato ad un rivelatore di nuova concezione ha aperto nuove possibilità e nuovi campi di attività che hanno portato a lavorare a Frascati ricercatori italiani e stranieri.

Introduzione

Lo studio della struttura dei nuclei e delle forze che li rendono stabili è tutt'oggi un argomento di grande interesse scientifico. Diversamente dall'atomo non esiste un unico modello nucleare capace di spiegarne tutte le proprietà. Esistono invece diversi modelli ciascuno in grado di descrivere, in modo più o meno accurato, solo determinati aspetti. Questo è dovuto al fatto che ancora non si conosce fino in fondo la struttura del potenziale di interazione nucleare. Alla comprensione della struttura dei nuclei ha contribuito in modo sostanziale anche lo studio degli ipernuclei.

Gli ipernuclei

Era il 1953 quando due fisici polacchi, M. Danytsz and J. Pniewski, studiando la radiazione cosmica scoprirono il primo ipernucleo. Un protone di alta energia, interagendo con un nucleo del pacchetto di emulsioni da loro utilizzato come rivelatore, lo aveva disintegrato producendo diversi frammenti. Uno di questi conteneva una particella instabile: l'iperone Λ . Di qui il nome ipernucleo assegnato a questi sistemi.

La particella Λ è un barione, come il protone ed il neutrone che costituiscono i nuclei, ma possiede una massa leggermente superiore (circa 1116 MeV/c² contro i 938 e 939 MeV/c² rispettivamente di protone e neutrone) dovuta alla presenza al suo interno di un quark diverso: il quark s. Protoni e neutroni invece contengono solo quark di tipo u e d. Pertanto, la produzione di un iperone Λ nel nucleo è una sorta di operazione di "ingegneria genetica" che inserisce un quark s al suo interno. Quest'operazione ha l'effetto di

inserire nel nucleo una sonda attiva che per certi aspetti può essere assimilata ad un nucleone, ma col vantaggio di poterla distinguere e tracciare. Con l'avvento dei moderni acceleratori di particelle, la produzione e lo studio degli ipernuclei è stata condotta facendo interagire fasci di kaoni o di pioni con diversi bersagli nucleari. Queste ricerche sono state portate avanti in diversi laboratori sparsi un po' in tutto il mondo. Tra questi, il CERN di Ginevra, il Brookhaven National Laboratory (BNL) negli Stati Uniti e il KEK in Giappone sono quelli che nel passato più hanno contribuito alle ricerche in questo settore. Uno dei risultati più eclatanti dello studio degli ipernuclei, è l'aver dimostrato sperimentalmente la validità del modello nucleare a shell. Infatti misurando con precisione l'energia dell'iperone prodotto si è verificato che la sua energia varia su livelli discreti quantizzati come appunto previsto da questo modello. In figura 1 si può vedere lo spettro dei livelli energetici del $^{12}_{\Lambda}\text{C}$ misurato a Frascati dall'esperimento FINUDA.

L'esperimento Finuda

Con l'avvento dell'era DAΦNE, la fisica degli ipernuclei è approdata a Frascati. L'esperimento FINUDA (Fisica Nucleare a DAΦNE) è stato l'artefice di questa piccola rivoluzione. Infatti è la prima volta che un esperimento di fisica ipernucleare viene portato avanti su un collisore elettroni-positroni. L'idea di base è quella di far interagire i kaoni, prodotti dal decadimento della particella Φ , all'interno di bersagli nucleari opportunamente scelti. I kaoni, come gli iperoni, sono particelle dotate di stranezza hanno cioè un quark s al loro interno. Nell'interazione con un

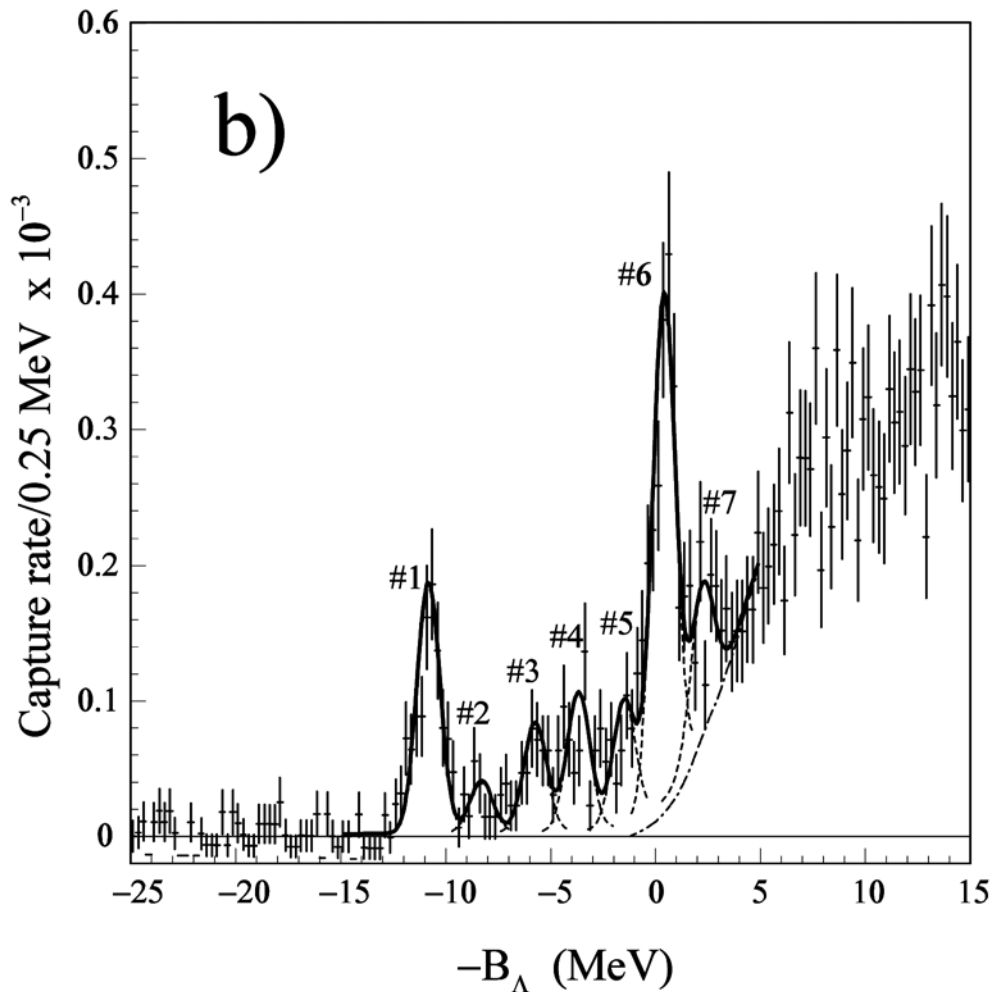


Figura 1
Spettro dei livelli energetici del Λ^0_{AC} misurato a Frascati dall'esperimento FINUDA

neutrone, il kaone "trasferisce" la sua stranezza ad un neutrone del nucleo trasformandolo in un iperone Λ . I kaoni prodotti a DAΦNE presentano alcune caratteristiche di grande utilità per la fisica ipernucleare. Essi posseggono una modesta energia cinetica $16\text{MeV}/c^2$ che permette di fermarli in bersagli nucleari molto più sottili di quelli fin qui utilizzati. Questo, a parità di rivelatore utilizzato, permette di migliorare le capacità spettroscopiche dell'esperimento. Inoltre il numero modesto di kaoni disponibili, rispetto agli esperimenti con fasci estratti, è ampiamente compensato dalla grande accettazione dell'apparato sperimentale che copre quasi per intero la zona che circonda il punto di interazione. Questo ha permesso di raggiungere frequenze di produzione di 100 ipernuclei all'ora, certamente un record per questo settore.

Il sistema di bersagli utilizzato da FINUDA è

segmentato in 8 postazioni indipendenti. Questo da accesso simultaneamente a diversi sistemi ipernucleari. Un'altra peculiarità di FINUDA è quella di permettere, per la prima volta, di studiare contemporaneamente, e con lo stesso apparato, sia la spettroscopia degli ipernuclei, sia i loro modi di decadimento. Questo da accesso ad informazioni più complete sui sistemi studiati riducendo errori ed incertezze.

A FINUDA partecipano una cinquantina di ricercatori internazionali Italiani, Canadesi, Corani, Giapponesi e Russi. L'interesse di gruppi stranieri al progetto è senz'altro il miglior indicatore della sua qualità scientifica.

L'apparato sperimentale (figura 2) ha la simmetria cilindrica tipica degli esperimenti che operano su acceleratori a fasci collidenti. Esso è costituito da un insieme di rivelatori disposti su piani concentrici e racchiusi all'interno di un

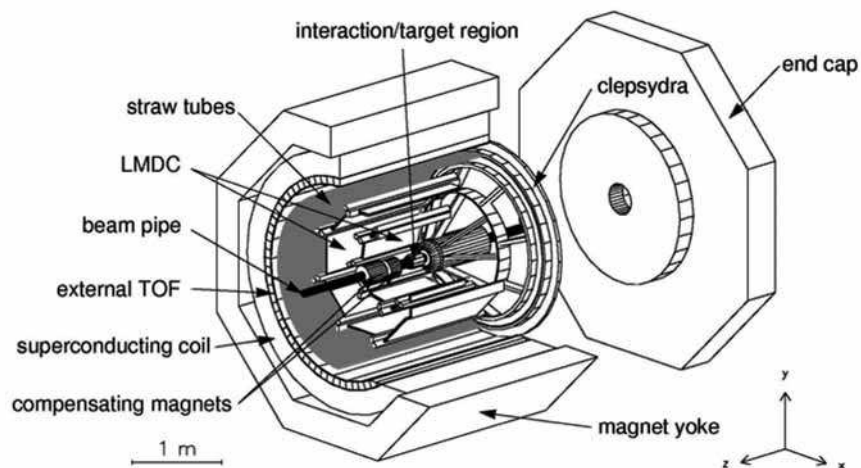


Figura 2
Visione schematica del rivelatore FINUDA

magnete superconduttore.

Ciascun elemento è specializzato nel rilevare le diverse tipologie di particelle prodotte dall'interazione dei kaoni con la materia nucleare.

La particolare versatilità dello spettrometro ha permesso non solo di svolgere al meglio il programma scientifico iniziale, ma anche di espanderlo alla luce di nuovi sviluppi teorici e nuovi risultati sperimentali emersi negli ultimi anni. In particolare FINUDA ha dimostrato di essere in grado di studiare i cosiddetti "sistemi kaonici-nucleari", cioè particolari forme di materia nucleare in cui i kaoni si legano con più nucleoni per formare stati esotici. La capacità dei

kaoni di legare a se due o più nucleoni è ritenuta oggi di estrema rilevanza, in quanto potrebbe spiegare la grande densità di alcuni sistemi stellari la cui natura è incerta.

Ad oggi la collaborazione FINUDA ha effettuato due diverse campagne di misure, la prima a cavallo tra il 2003 e il 2004 e la seconda tra la fine del 2006 e giugno 2007. Con i dati fin qui raccolti, diverse pubblicazioni scientifiche di rilevanza internazionale sono state prodotte e i rappresentanti della collaborazione sono stati invitati alle maggiori conferenze del settore per relazionare i loro risultati.

PAOLA GIANOTTI

Paola Gianotti è primo ricercatore presso i Laboratori Nazionali di Frascati (LNF) dell'INFN dal 1993 ed è stata responsabile del gruppo FINUDA LNF dal 2003 al 2006. Nata a Torino nel 1964, subito dopo la laurea in Fisica, conseguita presso l'Università degli Studi di Torino nel 1988, ha lavorato per tre anni presso il CERN di Ginevra collaborando a diversi esperimenti di fisica sub-nucleare. Attualmente è responsabile nazionale e vice-spokesperson dell'esperimento PANDA, un nuovo progetto europeo che vede coinvolti più di 400 fisici di tutto il mondo che studierà aspetti di fisica nucleare e sub-nucleare utilizzando un nuovo acceleratore di antiprotoni in costruzione in Germania.

Contatti

INFN
Tel. 06 94032321 - Fax. 0694032559

Via E. Fermi 40

00044 Frascati
E-mail: paola.gianotti@lnf.infn.it