

COMPITI E SUDDIVISIONE FONDI TRA LE UNITÀ DI RICERCA
prot. 2005023083

Coordinatore Scientifico	Tullio BRESSANI
Ateneo	Università degli Studi di TORINO
Titolo della Ricerca	HyperGamma
Finanziamento assegnato	Euro 147.000
Durata	24 Mesi

Obiettivo della Ricerca

La presente Ricerca viene proposta da un considerevole numero di ricercatori, che operano nel campo della Fisica Adronica, appartenenti a quattro Università e Sezioni dell'INFN. Essi sono stati coinvolti in passato, e lo sono tuttora, in esperimenti ambiziosi e di grandi dimensioni di Fisica Adronica al CERN (Svizzera), LNF (Italia) e GSI (Germania), spesso in posizioni di rilievo. A seguito di numerose discussioni avute in varie occasioni (Conferenze, Workshop del settore) essi hanno realizzato che vi era un interesse comune per lo sviluppo di nuove tecnologie per la spettroscopia ad elevata risoluzione di raggi gamma da Ipernuclei Lambda e Doppi Lambda.

In particolare è risultato essere di particolare interesse implementare con questa tecnica i rivelatori magnetici di grandi dimensioni per la Fisica degli Ipernuclei: FINUDA (attualmente operante presso i LNF) e PANDA (di cui è stata approvata la realizzazione al GSI).

A questo scopo è necessario studiare e risolvere alcuni problemi tecnologici non semplici. Essi sono:

- 1) l'operazione di sistemi di rivelatori al Ge in campi magnetici elevati (>0.5 T);
- 2) l'operazione di tali dispositivi in presenza di intensi flussi di particelle cariche di fondo (elettroni/positroni in FINUDA, adroni in PANDA), che possono deteriorare le loro prestazioni;
- 3) l'eventuale danneggiamento da radiazione dei rivelatori suddetti.

La presente Ricerca è collegata all'omonimo progetto "Hypergamma" (JRA6, <http://www.infn.it/ew/i3hp>) che è stato approvato nel 2004 dalla Commissione UE nell'ambito del VI Programma Quadro e che coinvolge le U.R. I e II, più altri Gruppi dal GSI, Magonza, Stoccolma e Praga.

È stato deciso di presentare questo Ricerca a livello nazionale, con un sostanziale sviluppo degli interessi e degli scopi, per implementare gli obiettivi del programma UE. In breve:

- 1) l'aggiunta della U.R. III, profondamente coinvolta nel progetto PANDA, e della U.R. IV, con qualificati specialisti nel settore dell'elettronica veloce e del processamento dei dati;
- 2) l'aggiunta di un punto di misura sotto fascio molto potente ed avanzato presso i LNS, nettamente migliore di quello previsto nel programma UE.

La Ricerca prevede una prima fase di simulazioni dei flussi di particelle cariche in FINUDA ed in PANDA, della risposta dei rivelatori al Ge, di progetto e prototipizzazione dell'elettronica e dei chip, di studi di materiali, di preparazione del sito di misura e delle configurazioni sperimentali più opportune presso i LNS (fase 1). Più dettagliatamente, durante la Fase 1 l'impegno delle quattro U.R. sarà soprattutto rappresentato da attività da svolgere nelle varie sedi e sarà essenzialmente focalizzato su pianificazione del progetto, simulazioni approfondite delle distribuzioni spaziali ed energetiche del fondo di particelle cariche che irradieranno i rivelatori HpGe (Hyperpure Germanium) in FINUDA ed in PANDA, simulazioni della risposta dei rivelatori, test di laboratorio con sorgenti, progettazione e preparazione delle schede di elettronica di lettura e di processamento dei segnali provenienti dai rivelatori al Ge e degli elementi di fascio (fibre scintillanti e microstrip) per l'esperimento pilota presso i LNS. Verranno fatte delle riunioni con cadenza almeno bimestrale per verificare l'avanzamento delle varie attività, il grado di integrazione, il rispetto delle scadenze e dei diversi obiettivi.

Nel secondo anno si prevede un lungo periodo di test sperimentali ai LNS (fase 2). Più dettagliatamente nella Fase 2 è prevista la concentrazione di tutte le attività (e quindi anche della strumentazione e del personale) ai LNS, per svolgere il seguente programma:

- 1) test di installazione, integrazione e operatività della strumentazione (rivelatori HpGe, elettronica) già predisposta presso i Laboratori delle varie U.R. per il funzionamento nel magnete superconduttore SOLE presso i LNS;
- 2) raffreddamento del solenoide e test approfondito del comportamento dei rivelatori HpGe nel campo magnetico intenso; i test comprenderanno studi di efficienza, risoluzione, tempo morto, misurati con sorgenti radioattive; i risultati verranno paragonati con le simulazioni effettuate dalle U.R. I e III; le misure verranno effettuate ad almeno 3 valori del campo magnetico: 0.5, 1.0 ed 1.5 T;
- 3) preparazione di un test con fasci di protoni e di ioni pesanti; installazione dei rivelatori di trigger (fibre scintillanti) e di microstrips per il tracciamento (microstrip al Silicio) per fornire il segnale veloce di veto al rivelatore;
- 4) test con fasci di protoni (diffusi elasticamente ad angoli opportuni) e ioni pesanti (ad es. Sn), in cinematica inversa per aumentare lo shift Doppler, dell'intero sistema di rivelatori HpGe/microvertice per verificare le prestazioni dell'intero sistema; il test comprenderà misure di efficienza, risoluzione, tempo morto e correzione dello shift Doppler per il rivelatore HpGe in presenza di campo magnetico intenso; le misure verranno eseguite ad almeno 3 valori del campo: 0.5, 1.0 ed 1.5 T; attenzione particolare sarà dedicata a verificare l'efficacia dei moduli di elettronica veloce predisposti appositamente per far fronte all'elevato fondo adronico; i risultati verranno paragonati con le simulazioni effettuate dalle U.R. I e III;
- 5) A seguito della validazione delle simulazioni effettuate nella fase 1 dalle U.R. I e III, simulazione completa della risposta di un rivelatore segmentato con e senza campo magnetico.

Innovazione rispetto allo stato dell'arte nel campo

L'ultimo progresso sperimentale per la Spettroscopia Ipernucleare è stato l'uso di sistemi di rivelatori al Ge intrinseco, con elevata risoluzione e sensibili alla posizione, in coincidenza con gli spettrometri per particelle cariche usati per la "preparazione" di stati legati di Ipernuclei. Questa tecnica è stata usata per la prima volta al KEK in connessione con lo spettrometro SKS e poi è stata utilizzata anche all'AGS (BNL).

La risoluzione in energia sugli stati eccitati degli Ipernuclei Lambda è stata migliorata di 3 ordini di grandezza (dal MeV al keV) e sono stati ottenuti risultati molto interessanti, in particolare per quanto riguarda i termini dipendenti dallo spin dell'interazione Lambda-Nucleone e la funzione ggregante dell'iperone Lambda nella compressione del "core" nucleare.

FINUDA è un rivelatore di terza generazione dedicato alla Fisica Ipernucleare, che ha concluso nel 2004 la prima fase di presa dati presso i LNF.

Gli Ipernuclei vengono prodotti abbondantemente fermando in bersagli sottili i kaoni di bassa energia (~16 MeV) che provengono dal decadimento della particella Phi prodotta da DAFNE. I pioni negativi che segnalano la formazione degli Ipernuclei ed i prodotti che derivano dal decadimento debole degli stessi (pioni, protoni, neutroni, deutoni) vengono rivelati contemporaneamente da un rivelatore magnetico di grande accettazione (2pi sr).

La risoluzione finale sull'energia degli stati ipernucleari eccitati è dell'ordine del MeV, migliore di quella ottenuta fino ad ora con spettrometri magnetici.

Sarebbe possibile installare dei sistemi di rivelatori al Ge in prossimità dei bersagli di produzione degli Ipernuclei, rinunciando ad una frazione (~28%) dell'accettazione attuale, ma ottenendo un rateo di conteggio in coincidenza un ordine di grandezza maggiore di quello ottenuto al KEK e all'AGS.

Problemi tecnologici che devono essere risolti prima di presentare un Proposal formale ai LNF riguardano il funzionamento di sistemi segmentati di rivelatori al Ge in presenza di un campo magnetico forte (1 T) senza degradare la loro risoluzione intrinseca nonché in presenza di un intenso fondo di particelle minimo ionizzanti (elettroni e positroni) provenienti dall'acceleratore che potrebbe anche causare danni di radiazione. Ricordiamo che i sistemi di rivelatori al Ge verranno posizionati a qualche cm dalla regione di interazione (e+, e-). L'impiego di rivelatori segmentati viene dettato dalla circostanza che gli spettri di raggi gamma devono essere corretti, evento per evento, per l'allargamento prodotto dallo shift Doppler (la direzione di volo dell'Ipernucleo che decade verrà data da quella del pione di formazione).

Ipernuclei doppi Lambda verranno abbondantemente prodotti a PANDA, il rivelatore recentemente approvato per la realizzazione presso l'anello HESR del GSI (Darmstadt). Questo complesso unico di acceleratori produrrà dei fasci molto intensi di antiprotoni con energia tra 1 e 15 GeV. Tali fasci possono essere usati come mezzo unico per produrre coppie (Csi-, antiCsi+) in prossimità della soglia. Le Csi- verranno frenate in bersagli nucleari segmentati, intervallati da rivelatori di microvertice, ed infine portate a riposo nel bersaglio per formare atomi Csi-mesici. Dopo la cattura, esse verranno convertite in coppie di Lambda, a seguito dell'interazione con un nucleone, e formeranno degli Ipernuclei doppi Lambda nello stato fondamentale ed in stati eccitati.

La formazione e l'energia di tali stati verrà misurata, di nuovo, con rivelatori segmentati al Ge, con elevata risoluzione. I prodotti del decadimento dell'antiCsi (kaoni) verranno usati per identificare univocamente la produzione della Csi-, arrivando a fornire dei ratei di formazione di Ipernuclei doppi Lambda molto maggiori di quelli attesi al potente complesso di acceleratori JPARC in Giappone, che potrà essere operativo a partire dal 2008.

Il rivelatore PANDA verrà utilizzato per la formazione del segnale di trigger, mentre l'insieme dei bersagli e dei sistemi di rivelatori al Ge costituiranno un rivelatore a parte. Anche in questo caso i rivelatori al Ge devono operare in un forte campo magnetico e, essendo posizionati in prossimità del bersaglio di produzione, verranno irraggiati da un intenso flusso di adroni con possibile danneggiamento da radiazione.

Criteri di verificabilità

Verificabilità globale:

- Novità delle soluzioni proposte, da un punto di vista scientifico e tecnologico;
- Coerenza del programma complessivo e delle attività delle singole U.R.;
- Integrazione delle diverse U.R. nei programmi parziali e nel programma globale;
- Fattibilità del programma complessivo e dei programmi delle singole U.R. in termini di quantità delle risorse umane e delle relative competenze.

Verificabilità della Fase 1:

- Mantenimento della scaletta operativa temporale;
- Completezza dei risultati parziali ottenuti, soprattutto a livello della costruzione dei diversi prototipi e della relativa fattibilità;
- Completezza dei calcoli e simulazioni necessari al proseguimento del programma;
- Grado di integrazione parziale raggiunto tra le varie U.R..

Verificabilità della Fase 2:

- Completezza delle misure con il solenoide SOLE e con fascio;
- Caratterizzazione completa di tutti gli strumenti, validata da tutte le prove necessarie;
- Affidabilità degli strumenti realizzati.

Elenco delle Unità di Ricerca

Sede dell'Unità	Università degli Studi di TORINO
Responsabile Scientifico	Tullio BRESSANI
Finanziamento assegnato	Euro 36.000

Compito dell'Unità

Il primo compito della U.R. I sarà quello di effettuare una accurata simulazione del fondo presente in prossimità della regione di interazione (e^+ , e^-) di DAFNE, ove lavora FINUDA. Il fondo è dovuto a vari contributi (effetto Toushek, interazione fascio-gas, ...) e varia considerevolmente in relazione alle condizioni operative dell'acceleratore (luminosità, posizione degli scraper, corrente negli anelli). Una simulazione di otto anni fa, basata su valori dei parametri di macchina alquanto diversi da quelli attuali, non è più affidabile.

Questa informazione è essenziale per progettare le schede elettronica da parte dell'U.R. IV per i rivelatori HpGe, come pure per decidere la segmentazione degli stessi più adatta per l'esperimento finale a FINUDA. Il punto di partenza di questa simulazione sarà l'informazione sperimentale già esistente ottenuta con la presente configurazione dell'apparato FINUDA. La risposta di un barile di scintillatori (10.6 cm di diametro) che circonda la regione di interazione è stata raccolta durante un lungo periodo di run e costituirà il dato di ingresso per tale simulazione.

Il secondo compito è costituito dallo studio approfondito e dalla caratterizzazione della risposta del FET in presenza di campo magnetico intenso, che deve essere effettuato utilizzando un piccolo magnete presente in sede.

Il terzo compito sarà quello di costruire ex-novo o adattare alcuni rivelatori di fascio (fibre scintillanti, scintillatori sottili) necessari all'approntamento del punto di misura ai LNS.

Il compito finale della U.R. I sarà quello di controllare il rispetto della tempistica dell'intero progetto, di fornire le connessioni necessarie e la condivisione di informazione con gli argomenti del progetto JRA6, e di organizzare le riunioni di Collaborazione periodiche.

Sede dell'Unità	Università degli Studi di PAVIA
Responsabile Scientifico	Alberto ROTONDI
Finanziamento assegnato	Euro 37.000

Compito dell'Unità

I compiti per la U.R. III per la prima fase del progetto sono i seguenti:

- 1) una simulazione accurata del fondo adronico (tipo di particelle, spettri energetici, distribuzione spaziale) atteso nell'esperimento PANDA che permetterà la scelta della migliore posizione dei rivelatori HpGe all'interno del complesso rivelatore PANDA. Verranno utilizzati, a tale scopo, i codici GEANT 4 e MCNP. Gli strumenti software suindicati, altamente sofisticati, sono ben noti ai membri del Gruppo che li hanno già utilizzati per altri esperimenti;*
- 2) un'accurata simulazione della risposta dei rivelatori HpGe, includendo la possibilità di sopprimere lo spettro Compton, sia grazie alla risposta dei cristalli adiacenti, sia per mezzo di uno schermo attivo;*
- 3) lo studio della risposta di un rivelatore HpGe in presenza di intenso campo magnetico (1 T), utilizzando un magnete esistente in sede. Lo studio comprenderà l'influenza del campo, secondo diverse orientazioni lungo il cristallo, sulle prestazioni finali del rivelatore (risoluzione integrale e locale, efficienza, tempo morto). Verrà anche analizzato l'effetto del campo magnetico sulla catena elettronica vicina al rivelatore.*

Sede dell'Unità	Università degli Studi di CATANIA
Responsabile Scientifico	Giovanni RACITI
Finanziamento assegnato	Euro 37.000

Compito dell'Unità

L'U.R. II ha il compito principale di predisporre ed adattare al test sotto fascio tutte le infrastrutture necessarie, già esistenti presso i LNS o in fase di costruzione e/o adattamento presso le altre U.R..

Più in dettaglio:

- 1) determinare i tipi di fascio di protoni e ioni che verranno utilizzati; dovrà adattare ed ottimizzare alla situazione reale della macchina le richieste fisiche dell'esperimento (intensità, dimensioni, caratteristiche temporali) in funzione dell'evoluzione delle diverse misure sperimentali;*

- 2) determinare, a partire dalle dimensioni geometriche e della mappa di campo, la migliore configurazione all'interno del solenoide SOLE; predisporre tutte le infrastrutture meccaniche (supporti, movimentazioni da remoto) e logistiche (potenza elettrica, raffreddamento criogenico e non, cablaggio, connessioni alla rete informatica) necessarie sia per le misure in campo magnetico senza fascio con sorgenti sia con fascio.
- 3) predisporre, in collaborazione con le altre U.R., il sistema DAQ, di trasferimento ed archiviazione dei dati.

Sede dell'Unità	Università degli Studi di BOLOGNA
Responsabile Scientifico	Antonio ZOCCOLI
Finanziamento assegnato	Euro 37.000

Compito dell'Unità

L'U.R. IV ha il compito principale di progettare, costruire, calibrare ed infine mettere in opera le schede elettroniche necessarie alla lettura dei rivelatori al Germanio in presenza di un elevato fondo di nparticelle cariche (adroni ed elettroni/positroni). Più in particolare è previsto lo sviluppo di una parte analogica basata su un ADC a campionamento (12 bit/10 MHz) e di una parte digitale di lettura per il processamento dei dati (DSP). Il sistema di lettura, realizzato mediante FPGA, sarà corredato da una logica di veto (FAST RESET e CLEAR) fornita dai rivelatori esterni (fibre scintillanti, microstrip). Le schede saranno realizzate seguendo lo standard VME 9U, in grado di gestire, ad esempio, 32 canali indipendenti.

In aggiunta l'U.R. IV potrebbe fornire un sistema di microstrip, di dimensioni compatibili con quelle del rivelatore al Ge usato.
