

Attività svolta nel 2008 esperimento EXOCHIM

La principale attività svolta nell'ambito dell'esperimento EXOCHIM, tra la fine del 2007 ed il primo semestre 2008 ha riguardato il trasferimento del multirivelatore CHIMERA dalla sala CICLOPE alla sua nuova sala sperimentale. Ricordo che il trasferimento è stato eseguito per poter approfittare della migliore trasmissione dei fasci di frammentazione misurata nella nuova sala. Il montaggio e cablaggio di tutti i telescopi è praticamente completato, vedi fig.1, soddisfacendo, con poco ritardo, la milestone prevista per il 30/4/2008. In occasione del trasferimento si è potuto inserire il nuovo supporto della sfera, che ne permette la rotazione ed elevazione. Il nuovo supporto ha permesso, sin da questa fase di montaggio, una

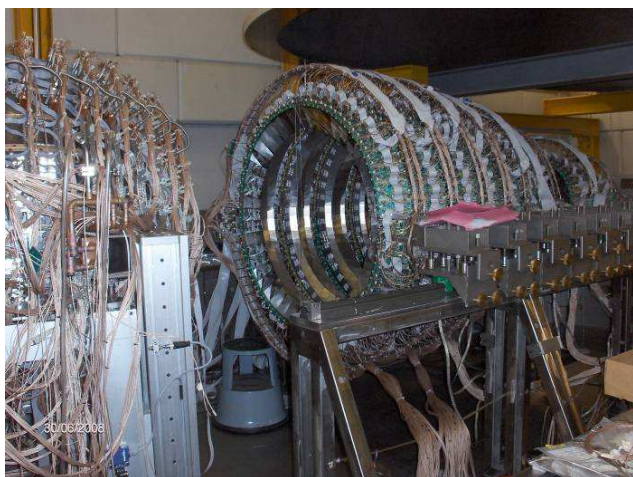


Fig.1 Le corone e la sfera nella nuova sala

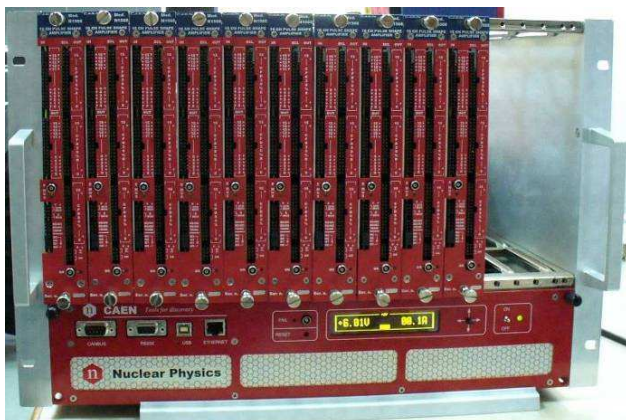


Fig.2 il crate nim prototipo per l'elettronica di pulse shape

montati i 32 blocchetti di raffreddamento, attualmente disponibili, sull'emisfera da 30° a 90°, in 4 gruppi da 8 blocchetti ciascuno, vedi fig.3. Si sono così formati dei meridiani di raffreddamento. Sfruttando anche le trecce di rame ed i punti freddi del vecchio sistema di raffreddamento abbiamo



Fig.3 montaggio del nuovo sistema di

più agevole attività di manutenzione e renderà inoltre più semplice la calibrazione. Ruotando infatti la sfera i rivelatori potranno essere posizionati ad angoli minori e si potrà utilizzare più agevolmente lo scattering Coulombiano per ottenere vari punti di taratura. E' pure in fase di installazione la nuova elettronica per la misura della Pulse Shape Discrimination dei silici. Abbiamo collaudato il primo prototipo dei nuovi crate NIM necessari per l'alimentazione dei moduli, vedi fig.2, e siamo in attesa della consegna dei crate successivi.

Si è ottimizzato il sistema di raffreddamento dei preamplificatori della sfera. Sono stati ottenuti un sistema distribuito con punti freddi ogni 6 cestelli. Durante il mese di Luglio si procederà al test di efficienza del sistema. Verrà quindi soddisfatta, pur se con ritardo, la corrispondente milestone prevista per il 15/4/2008. Notiamo come la nuova configurazione scelta per il sistema di raffreddamento permetta un maggiore risparmio rispetto a quanto previsto nella milestone. Per il sistema completo saranno infatti sufficienti altri 70 blocchetti di raffreddamento contro i circa 120 previsti per l'intero sistema "1 su 3".

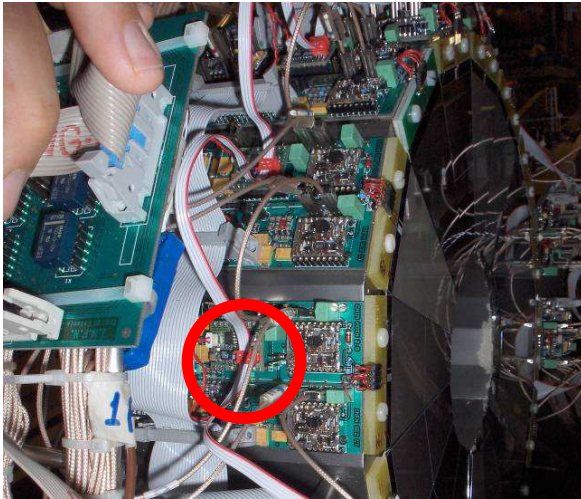


Fig.4 Particolare del sistema di controllo delle tensioni con cavo di comunicazione

E' stato collaudato sotto fascio, ai primi di Aprile, anche il nuovo sistema di controllo delle tensioni dei rivelatori al silicio, vedi fig.4. In tale modo si è completamente soddisfatta la relativa milestone prevista per il 15/3/08. Si sta ora procedendo a superare la fase prototipale e ad acquistare i 50 ulteriori moduli previsti con i fondi sbloccati ad Aprile 2008. Il sistema andrà completato il prossimo anno sino alla ring 6.

Si è proceduto al completo rinnovo del sistema di acquisizione con la sostituzione dei vecchi moduli FDL e delle CPU VME con nuove interfacce VME-PCI e PC da rack. Il sistema, descritto in un report LNS 2007 [1], è altamente modulare e permette l'inserimento di ulteriori crate e PC da rack per futuri upgrading. E', in particolare, già predisposto per l'inserimento di sistemi di readout basati sulla completa digitalizzazione dei segnali.

Calibrazione Csl R9 25 - Interno (Monitor)

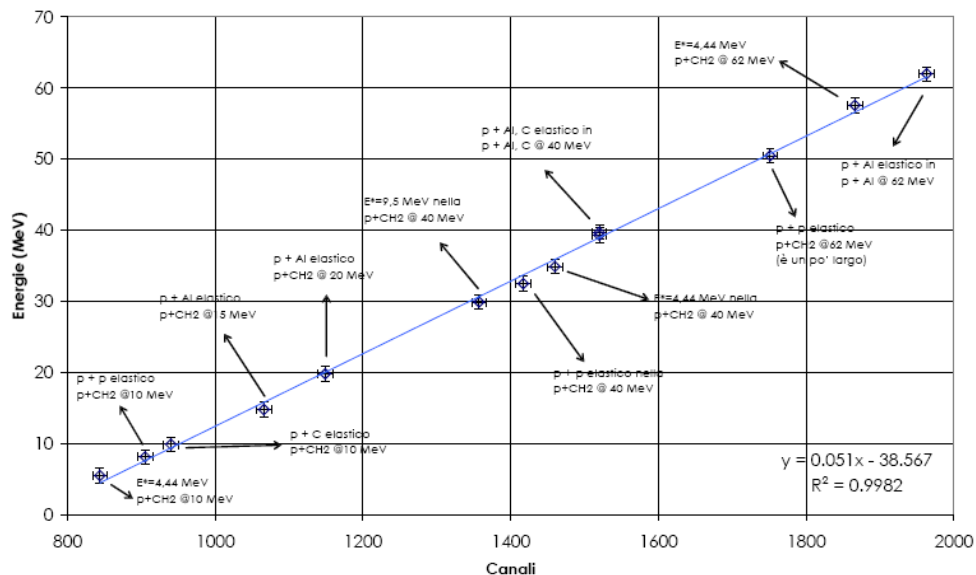


Fig. 5 Nuova calibrazione Csl con fasci di protoni su vari bersagli

Sono stati effettuati vari test sotto fascio per collaudare il sistema nelle varie fasi di montaggio. Si è in particolare potuta effettuare la taratura dei Csl(Tl), con fasci di protoni di varie energie, senza la presenza dei rivelatori al silicio. Si sono così evitate le indeterminazioni legate alla valutazione della perdita di energia dei protoni nell'attraversamento dei silici. L'analisi dei dati raccolti mostra la completa linearità nella risposta dei Csl(Tl) nel range tra 10 e 60 MeV di protoni, vedi fig.5. Questi risultati confermano appieno le precedenti calibrazioni che, essendo basate solo su 3 punti, potevano dare adito a dubbi di vario genere [2].

E' stato anche provato un microchannel plate (MCP), con un fascio di ^7Li da 40 MeV, fig.6a, da utilizzare per avere il riferimento temporale con fasci EXCYT. La curva di efficienza, misurata con un rate di particelle incidenti dell'ordine di 10^6 p/s, mostra il raggiungimento del plateau di

efficienza già a circa 3200V di tensione applicata. L'efficienza misurata è dell'ordine del 100%, come visibile in fig.6b.

Per motivi indipendenti dalla nostra volontà, e legati a problemi del sistema di produzione dell'elio del Ciclotrone, il turno di fascio TIME-SCALE è stato spostato da Maggio a Luglio e poi ulteriormente alla riapertura dopo la sosta estiva, siamo quindi in ritardo con la corrispondente milestone che ad oggi

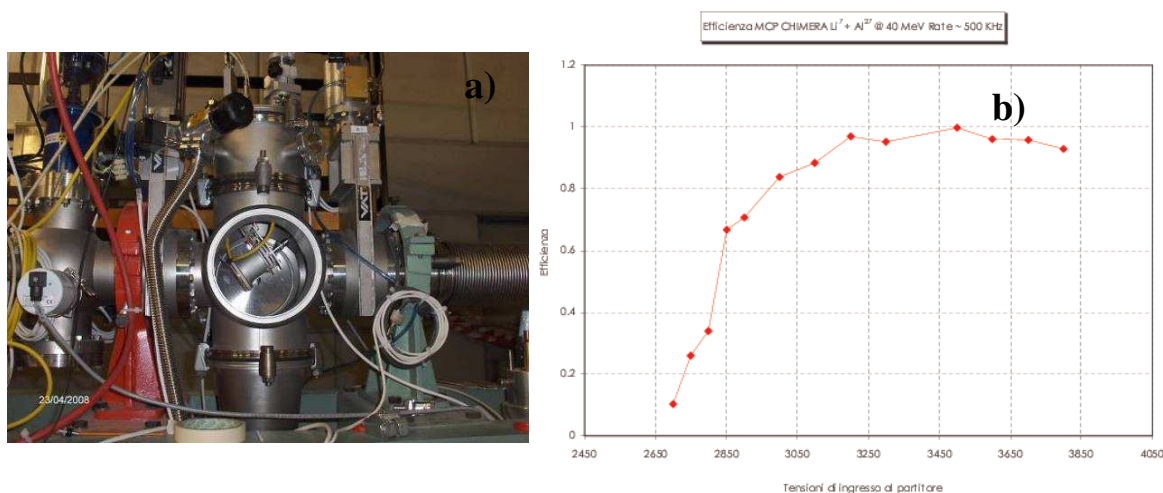


Fig.6 a) Il nuovo sistema MCP installato lungo la linea di fascio. b) curva di efficienza misurata con un ascio di ^7Li da 40 MeV

risulta essere espletata per circa il 70% essendo tutto pronto per l'esecuzione del turno, ma mancando il fascio per la sua realizzazione pratica.

Tra le altre attività svolte si è proceduto al test di un prototipo del nuovo rivelatore telescopio monolitico a strip. Il test è stato condotto con vari fasci, tra cui protoni da 15 MeV. Si mirava infatti a verificare le caratteristiche di risoluzione spaziale del telescopio anche con fasci molto penetranti.

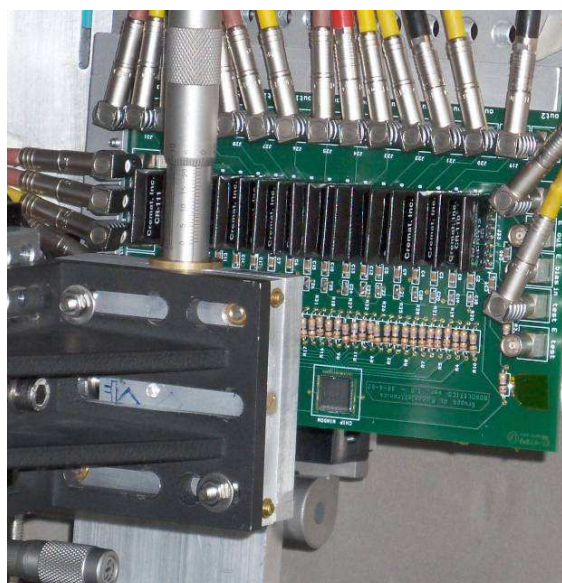


Fig.7 Rivelatore telescopio monolitico a strip montato con i nuovi preamplificatori ed il sistema di microcollimazione

A tal fine si è costruito un collimatore micrometrico, spesso 2mm, regolabile [3], che ha permesso di ottenere un fascio collimato con spot dell'ordine di $50\mu\text{m} \times 50\mu\text{m}$. Il prototipo del rivelatore è stato montato su di un circuito stampato con dei nuovi preamplificatori ibridi, fig.7.

Con fasci di ioni pesanti, ^{16}O 30 MeV, è stata riconfermata la buona risoluzione spaziale precedentemente pubblicata [4], fig.8a, anche se con una risposta non perfettamente lineare sulla coordinata verticale. Anche con fasci di protoni è stata vista una certa sensibilità alla posizione, ma con rapporto segnale rumore decisamente poco favorevole, come visibile in fig.8b sulla coordinata verticale mentre l'irradiazione delle strip lungo la coordinata orizzontale allarga soltanto la dimensione dell'immagine ottenuta senza mostrare alcuna sensibilità di misura, fig.8c. Questo risultato rende purtroppo problematico l'utilizzo dei telescopi monolitici a strip come rivelatori per la misura di correlazioni protoni-protoni ed

impone per i prossimi anni un cambio di programma che sarà meglio specificato nel file di commento alle richieste finanziarie.

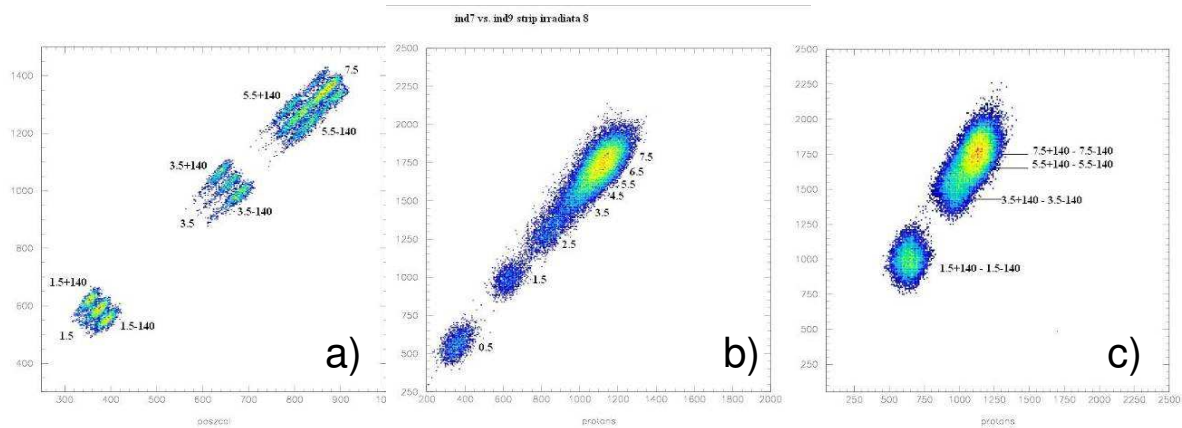


Fig.8 a) induzione misurata in strip adiacenti irradiando la strip 8 con fascio di ^{16}O in differenti punti separati a step di 2mm lungo la direzione verticale e di $140\mu\text{m}$ in orizzontale. b) la risoluzione in verticale è chiaramente inferiore con fasci di protoni (step 1 mm), ed è quasi nulla in orizzontale c).

Dal punto di vista dell'analisi dati si è proceduto su vari fronti. E' in fase di stesura la versione finale di una lettera basata sul confronto tra le rese per reazioni di fusione incompleta e reazioni

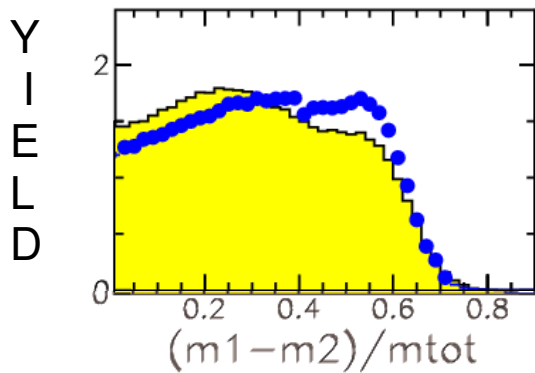


Fig.9 Reazioni $^{40}\text{Ca}+^{48}\text{Ca}$ (punti) e $^{40}\text{Ca}+^{46}\text{Ti}$ (istogramma)

binarie indotte da fasci di ^{40}Ca a 25 MeV/A incidente su bersagli di $^{40,48}\text{Ca}$, ^{46}Ti . I bersagli sono stati scelti in modo da differire tra di loro essenzialmente per il rapporto N/Z al fine di osservare una dipendenza della resa dall'isospin. Risultati preliminari sono stati presentati alla recente conferenza EURORIB08 a Gien ed, in precedenza, alla conferenza IWM2007 tenutasi nel Novembre 2007 a Ganil [5]. In fig.9 è riportato lo spettro ottenuto della differenza tra le masse dei due frammenti maggiori rivelati nelle reazioni su ^{48}Ca (punti) e su ^{46}Ti (istogramma). Si nota come nel caso del ^{48}Ca ci sia un surplus di conteggi nella regione della maggiore differenza di massa. Questi eventi sono attribuibili a reazioni di fusione

incompleta che avvengono con maggiore facilità nel caso del ^{48}Ca , in quanto si forma un sistema composto più vicino alla valle di stabilità rispetto a quello che si forma nella reazione $^{40}\text{Ca}+^{46}\text{Ti}$. Si è anche potuto collegare questo risultato con il termine di simmetria della materia nucleare che, ai livelli di compressione moderata raggiunti a tali energie (10% in più della densità ordinaria della materia nucleare), mostra caratteristiche intermedie tra gli andamenti stiff e soft presenti in letteratura. Con la sottomissione di questo articolo si adempirà alla milestone corrispondente prevista per il 30/7/2008.

Altri recenti risultati riguardanti la fissione dinamica e lo studio dell'evoluzione del rapporto N/Z dei frammenti emessi dal neck in funzione della centralità della reazione sono stati presentati sempre alla IWM2007 e riassunti sul report LNS del 2007 [6]. Si nota come nelle collisioni periferiche, a bassa molteplicità, i frammenti emessi nei primi istanti della reazione risultino molto più ricchi in neutroni della media dei frammenti emessi, e come in reazioni più centrali questo effetto venga perduto. Si ritiene che l'analisi sia sufficientemente matura per procedere alla stesura di due articoli (uno sulla fissione dinamica ed uno sull'emissione da neck) entro la fine dell'anno con possibile sottomissione per la pubblicazione nel 2009.

Nel corso del periodo Aprile 2007 – Giugno 2008 è stato condotto un programma di studio preliminare sulla fattibilità di una esperimento volto ad investigare il termine di asimmetria dell'equazione di stato della materia nucleare ad alte densità (ossia densità maggiori della densità di saturazione della materia nucleare).

Una prima analisi si è concentrata sui risultati ottenuti con modelli di simulazione di tipo Ultra Relativistic Quantistic Molecular Dynamic (URQMD) per la reazione Au+Au a 400 AMeV. L'analisi ha consentito l'individuazione di alcune promettenti osservabili sperimentali sensibili alla parametrizzazione del termine di asimmetria della equazione di stato della materia nucleare (flusso ellittico v_2 di protoni e neutroni, flusso differenziale doppio protone-neutrone, rapporto delle rese neutrone/protone e $^3\text{H}/^3\text{He}$ ad alti valori di impulso trasverso p_t).

I risultati ottenuti sono stati la base di una lettera di intenti che è stata sottomessa al PAC del GSI di Darmstadt a Marzo 2008. Nella lettera di intenti si presentava il nostro interesse a misurare sperimentalmente le osservabili sopra esposte in un esperimento al GSI. L'esperimento prevedrebbe l'uso del Large Area Neutron Detector del GSI per misurare neutroni e protoni, accoppiato ad altri rivelatori, di alta granularità, in grado di misurare la molteplicità di particelle cariche e di determinare accuratamente il piano di reazione; possibili candidati sono la parte in avanti (Wheels) del multi-rivelatore CHIMERA e il TOF-Wall del rivelatore ALADIN.

Il PAC del GSI ha accolto positivamente l'idea e ci ha invitati a sottomettere un proposal di esperimento.

Gli stessi calcoli URQMD sono stati utilizzati per investigare la distorsione delle osservabili causata dalla limitata copertura angolare del rivelatore LAND e dalla dispersione nella misura del piano di reazione. I calcoli sono stati anche utilizzati per simulare la risposta dei CsI(Tl) delle Wheels di CHIMERA e l'accuratezza della stima del piano di reazione così ottenibile. I risultati ottenuti, benché assolutamente preliminari, sono incoraggianti. Attualmente, in collaborazione con Z. Basrak (Zagabria) si sta implementando una simulazione basata sul codice di trasporto GEANT4 al fine di ottenere una più accurata stima della risposta sperimentale e di studiare gli effetti dovuti al fondo di neutroni ed elettroni.

È in corso di studio anche la possibile di utilizzare ulteriori rivelatori (Argos, Krakow Phoswich array) al fine di misurare anche il rapporto $^3\text{H}/^3\text{He}$; ciò permetterebbe di misurare in un singolo esperimento più osservabili indipendenti tra loro.

Oltre al sistema Au+Au si è proposto di misurare anche i sistemi $^{124}\text{Sn}+^{124}\text{Sn}$ e sistemi $^{112}\text{Sn}+^{112}\text{Sn}$ ad energie attorno ai 400 AMeV; tale doppia misura consentirebbe il calcolo di osservabili relative (differenza delle misure ottenute nei due sistemi), che, come ampiamente discusso in letteratura, consentirebbero di minimizzare sia gli errori sistematici, sia gli effetti dovuti alla forza coulombiana e al termine isoscalare della equazione di stato della materia nucleare. A tal fine sono attualmente in corso dei calcoli URQMD da parte di Qingfeng Li (Università di Francoforte) per i sistemi $^{124}\text{Sn}+^{124}\text{Sn}$, $^{112}\text{Sn}+^{112}\text{Sn}$, $^{96}\text{Ru}+^{96}\text{Ru}$, $^{96}\text{Zr}+^{96}\text{Zr}$.

Sia la tematica relativa alla energia di simmetria, sia il proposal di esperimento, sono stati ampiamente discussi in un workshop, organizzato dalla collaborazione CHIMERA, svoltosi a Catania dal 29 al 31 Maggio[7], che ha visto la partecipazione di circa 60 ricercatori italiani e stranieri. L'attività di analisi è stata svolta principalmente dal Dott. P. Russotto, in stretta collaborazione col Prof. W. Trautmann e la Dr. Y. Leifels, del GSI di Darmstadt, e del Dott. A. Pagano. Parte del lavoro è stato svolto presso il GSI di Darmstadt, in vari periodi di permanenza all'estero (Aprile-Maggio 2007, Ottobre 2007, Dicembre 2007, Aprile 2008). I risultati ottenuti sono stati presentati, come contributo orale selezionato, all' "International Winter Meeting on Nuclear Physics", svoltosi a Bormio, Italia, dal 21 al 26 Gennaio 2008[8].

A causa dei problemi e dei conseguenti ritardi accumulati quest'anno con i fasci del Ciclotrone, non potremo avere entro la fine dell'anno 2008 fasci EXCYT e fasci di frammentazione. Comunque i test di identificazione con i fasci EXCYT previsti dalla corrispondente milestone, che scade il 30/11/2008, possono dirsi effettuati in gran parte, utilizzando i fasci stabili, con il test del sistema MCP e con i test di identificazione cinematica condotti con fasci di ^7Li . In fig.10 mostriamo ad

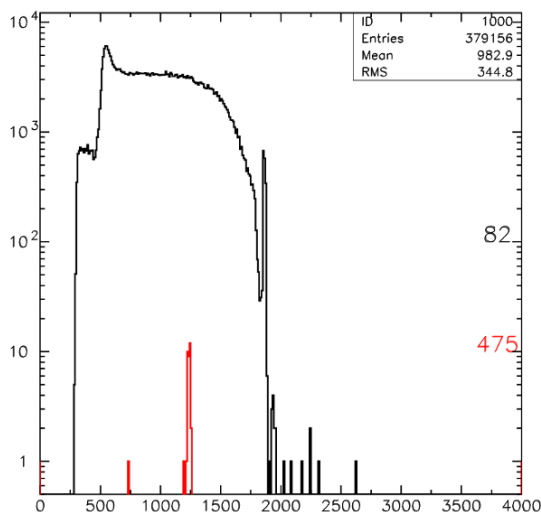


Fig.10 Spettro misurato a 5.2° in singola (nero) ed in coincidenza cinematica (rosso) con protoni rivelati a 19°

scarsa i canali di reazione p,n o p,d, inoltre mancava la sfera per cui il range di coincidenze cinematiche risulta incompleto. I test saranno completati durante un turno straordinario assegnato per il 29 Luglio con fascio Tandem di ^7Li . Da questo turno si estrarranno le distribuzioni angolari dei vari canali di reazione mostrando la qualità della informazione ottenibile con l'apparato. Siamo quindi sicuri di potere espletare la corrispondente milestone in anticipo sui tempi previsti.

Siamo in attesa della consegna del rivelatore di tagging ordinato dopo lo sblocco del corrispondente subjudice. Speriamo di poterlo provare quantomeno con sorgenti per adempiere almeno parzialmente alla milestone prevista per il 31-12-2008.

Un breve report sulle performances della nuova elettronica di Pulse Shape potrà essere realizzato utilizzando i risultati sperimentali che otterremo nella seconda metà del 2008 utilizzando i fasci previsti per gli esperimenti TIME-SCALE EQUILIBRATION ed il test CORRELATION. Ci si aspetta di soddisfare quindi anche quest'ultima milestone in scadenza al 31-12-2008.

Referenze

- [1] E.De Filippo et al **AN OVERVIEW OF THE NEW CHIMERA ACQUISITION SYSTEM**, report LNS 2007 in stampa
- [2] I.Lombardo , tesi di laurea Università di Catania 2007, disponibile su database INFN
- [3] F.Amorini et al **A tunable collimator for precision irradiation with ion microbeams**, NIM B 266 (2008) 3325
- [4] F.Amorini et al **Imaging monolithic silicon detector telescopes**, NIMA 589 (2008) 280
- [5] G.Cardella et al **Present and future activity with the CHIMERA 4 π detector**, IWM2007 Conference Proceedings in stampa.
- [6] E. De Filippo et al **ISOSPIN EFFECTS ON DYNAMICS AS SEEN BY THE CHIMERA DETECTOR**, report LNS 2007 in stampa; P.Russotto et al **Dynamical emission of heavy fragments in the 112;124Sn+58;64Ni reactions at 35 AMeV as seen with CHIMERA**, IWM2007 conference proceedings in stampa ; L.Grassi et al **ISOSPIN effects in 112Sn+58Ni and 124Sn+64Ni reactions at 35 MeV/nucleon by CHIMERA multidetector**, report LNS 2007, in stampa
- [7] meeting ASY-EOS contribution list
<http://indico.ct.infn.it/contributionListDisplay.py?confId=42>
- [8] P.Russotto et al Neutron and proton collective flow and the symmetry energy. Conference proceedings Bormio 2008 in stampa

esempio uno spettro misurato in un telescopio della ring 3I (5.2°) nella reazione $^7\text{Li}+p$. Il target di protoni era ottenuto con un bersaglio in plastica; si osserva una resa elevata a basse energie dovute alle reazioni sul ^{12}C . Risulta visibile solo il picco elastico su ^{12}C ed un picco dovuto ad impurità pesanti. Richiedendo la coincidenza cinematica ($\Delta\phi=180^\circ$) con i protoni rivelati in uno dei CsI della corona 7E (19°), si osserva come emerge il solo picco elastico, relativo alla seconda soluzione cinematica della reazione $^7\text{Li}+p$, completamente immerso nel fondo e non visibile nello spettro in libera. Rimarchiamo come non appena ci si allontani dalla condizione $\Delta\phi=180^\circ$ le coincidenze si riducano a qualche conteggio sparso. Lo spettro è stato ricavato in qualche ora di fascio a bassa intensità, in quanto era presente sulla linea il rivelatore MCP, per cui risultano con statistica