

ESPERIMENTO NEWCHIM

PHYSICS CASE

L'esperimento NEWCHIM (2015-2019) raccoglierà l'esperienza fatta con EXOCHIM e la estenderà puntando anche a misure di seconda generazione caratterizzate da un incremento della risoluzione energetica ed angolare. Tale incremento è importante per le osservabili legate ai physics cases di interesse.

Resta prioritario l'interesse per lo studio della dipendenza dall'asimmetria di isospin dell'equazione di stato della materia nucleare. Si effettueranno misure per ottenere informazioni sia a bassa che ad alta densità nucleare utilizzando sia fasci radioattivi che stabili. In particolare, nelle reazioni volte a studiare la bassa densità nucleare, si sfrutteranno anche le misure di correlazione particella-particella, da effettuare con risoluzione angolare ed energetica sufficientemente alta da poter studiare correlazioni direzionali protone-protone ed esplorare quelle correlazioni caratterizzate anche dalla presenza di risonanze. Tali osservabili, sensibili alle caratteristiche spazio-temporali della reazione, dovranno essere misurate simultaneamente ad altre osservabili, in parte già esplorate, e che hanno dato accesso ad informazioni legate all'emissione dal neck [def05,def12], alla isospin diffusion e drift [ger04,sun12,lom10], alla competizione tra diversi meccanismi di reazione e decadimento [amo09,car10] o alla determinazione di variabili globali (correlazioni carica velocità) insensibili a processi di decadimento statistico (Equilibration [pap13]). Gli studi ad alta densità nucleare saranno condotti sfruttando l'esperienza, per certi versi unica, maturata con l'esperimento ASYEOS [rus11, rus14], realizzando nuove misure con fasci di Au ad energia sino a 1 GeV/A da effettuare al GSI. In tal modo potremo dare informazioni sulla equazione di stato della materia nucleare (EOS) a densità nucleari sino a 3 volte la densità nucleare standard ρ_0 .

Si studieranno, inoltre, in maggiore dettaglio, rispetto alle misure esplorative fatte o attualmente in corso (BOSE [rad11], UNSTABLE [aco13], CLIR, SIKO [fre05]), i fenomeni di clusterizzazione della materia nucleare (standard e ricca in neutroni). Porremo particolare attenzione al confronto tra le reazioni dirette, che danno accesso ad informazioni spettroscopiche sugli stati a cluster in nuclei isolati, e le reazioni di frammentazione (centrali e periferiche) effettuate a più alta energia [gre08], che coinvolgono un maggior numero di gradi di libertà e che sono in grado di produrre sistemi nucleari a basse densità e temperature finite. Il confronto fra le caratteristiche di decadimento degli stessi sistemi nucleari studiati con entrambi i meccanismi potrà fornire informazioni importanti per evidenziare possibili effetti dinamici nella generazione dei cluster in un sistema diluito quale quello che caratterizza lo stadio di frammentazione. Il confronto con informazioni simili ottenute in reazioni dirette a due corpi è fondamentale sia per motivi legati alla spettroscopia che per una migliore comprensione della dinamica. Anche le tecniche di femtoscopy [ver03] di cui ci occuperemo nello studio di correlazioni particella-particella richiedono una buona conoscenza di tali caratteristiche spettroscopiche per consentire l'accesso alle funzioni sorgente di emissione. Nello stesso contesto si potrà investigare su questioni aperte come i condensati di particelle alfa e le caratteristiche degli stati di Hoyle prodotti sia in meccanismi diretti che in reazioni fortemente dissipative [rad11].

Lo studio di correlazioni fra particelle leggere attraverso tecniche di femtoscopy potrà essere anche confrontato con misure di raggi di coalescenza allo scopo di determinare dei constraints sulla produzione dinamica di clusters leggeri durante la fase primordiale dinamica delle collisioni fra ioni pesanti. Tali constraints sono necessari ad un miglioramento dei modelli del trasporto che, in genere, non ne tengono correttamente conto, con risultanti incertezze sulle previsioni riguardanti l'equazione di stato e la dipendenza dalla densità dell'energia di simmetria. La misura simultanea con lo stesso apparato sperimentale di più osservabili nella stessa campagna di misura include quelle specificamente determinate

dalla fase dinamica, l'estensione di queste stesse misure su un ampio range sistematico di masse ed N/Z di proiettile e bersaglio (A-scan ed N/Z-scan) e di energia incidente (Energy-scan), promettono di migliorare i confronti con le previsioni fornite dalle teorie del trasporto e, pertanto, di ridurre le model-dependencies nelle conclusioni riguardanti energia di simmetria ed equazione di stato nucleare.

REFERENZE

- [def05] E.DE Filippo et al Phys.Rev.C 71, 044602 (2005)
- [def12] E.DE Filippo et al Phys.Rev.C 86, 014610 (2012)
- [ger04] E.Geraci et al Nucl.Phys. A 732 (2004) 173–201
- [sun12] Z. Y. Sun et al Phys.Rev.C **82**, 051603(R) (2010)
- [lom10] I.Lombardo et al Phys.Rev.C 82, 014608 (2010)
- [car10] G.Cardella et al PHYS REV C, 85, 064609 (2012)
- [pap13] M.Papa Journal of Physics C.S. 515(2014) 012017
- [amo09] F.Amorini et al PRL 102, 112701 (2009)
- [rus11] P.Russotto et al PHYS LETT B, 697-5, (2011)
- [rus14] P.Russotto et al EPJA 50,38 (2014)
- [rad11] A.Raduta et al PLB 705 (2011) 65
- [aco13] L.Acosta et al NIMA 715 (2013) 56
- [fre05] M. Freer, et al. PRC 71, 047305 (2005)
- [gre08] F. Grenier et al., Nucl. Phys. A811 (2008) 233
- [ver03] G. Verde et al., Phys. Rev. C67, 034606 (2003)

PROGRAMMA SPERIMENTALE

Il programma sperimentale deve tenere conto delle disponibilità di fasci principalmente nei laboratori europei, spesso influenzate dagli upgrading in corso (l'impegno sperimentale sarà essenzialmente svolto in tali laboratori, anche se prevediamo limitate partecipazioni ad esperimenti fatti in laboratori extra-europei come RIKEN). Di seguito elenchiamo un piano temporale che tiene conto di queste costrizioni e che andrà riaggiustato negli anni, seguendo gli sviluppi dei vari laboratori.

Negli anni 2015-2016 prevediamo di effettuare misure presso i LNS. Nel 2015 saranno recuperati i turni non effettuati con EXOCHIM a causa del noto fermo del CS. Si prevede di schedulare poi una nuova campagna sperimentale tra la fine del 2015 ed il 2016 con l'utilizzo di fasci stabili ed esotici. Contatti sono in corso con gruppi stranieri (BORDERIE – SCHROEDER – gruppo MUST2[must2]), che già hanno manifestato l'intenzione di sottomettere nuovi proposal, da coordinare con nuovi esperimenti che avranno come porta-parola membri dell'esperimento (misure su alpha condensate – ricerca della fissione dinamica a bassa energia – misure di correlazione particella-particella in reazioni con fasci di isotopi del Calcio, Nickel e Stagno a varie energie, misure di equilibrizzazione dinamica carica/massa in collisioni centrali).

Dal 2017 sarà probabilmente più difficile utilizzare il CS in quanto i LNS stanno puntando sull'upgrading di intensità dei fasci, con l'utilizzo del sistema di estrazione per stripping. Il notevole incremento di intensità che sarà ottenuto con questo metodo (tra 20 e 100 a seconda dei fasci utilizzati) sarà cruciale per effettuare misure di precisione relative a studi sul doppio decadimento beta, ma, allo stesso tempo, comporterà pure un decisivo incremento delle intensità dei fasci di frammentazione. Questo permetterà l'utilizzo di tali fasci per varie tematiche sino ad oggi non affrontabili. Il gruppo proponente di NEWCHIM è, quindi, sostenitore convinto di tale upgrading, che però comporterà un lungo stop di almeno 18 - 24 mesi dell'attività del CS, per cui prevediamo una interruzione delle misure presso i LNS con il CS durante gli anni 2017-2018 o 2018-2019. L'utilizzo di tali fasci upgraded riguarderà quindi un futuro piano sperimentale, da sottomettere all'attenzione della CNS3, da definire nel 2019.

Il fermo del CS sarà utilmente sfruttato dal gruppo con attività presso altri laboratori. In particolare, come già accennato, dovrebbe essere possibile utilizzare una finestra di disponibilità dei fasci GSI, che si aprirà nel 2017, per proporre una seconda fase, a più alta energia incidente, per l'esperimento ASYEOS. Questa attività potrebbe essere svolta in alternativa, o in ogni caso coordinata, con una nuova attività sperimentale da effettuarsi a GANIL con fasci Spiral1 e Ciclotrone per lo studio a bassa energia dell'EOS e dei fenomeni di clusterizzazione ed eventualmente con fasci non disponibili presso il CS (Ti, Ru, Zr) ad energie del CS o superiori.

Il gruppo EXOCHIM ha fortemente sostenuto lo sviluppo dei fasci SPES, anche con la presentazione di una LOI (naturale evoluzione dell'esperimento ISODEC [pir14], implementata anche da tematiche riguardanti la fissione dinamica) per cui saremo sicuramente impegnati negli anni 2018-2019 alla realizzazione di questa LOI e di eventuali altri proposal che saranno nel frattempo definiti per una campagna di misure SPES, anche in collaborazione con altri gruppi sperimentali.

REFERENZE

[pir14] S.Pirrone et al Journal of Physics: Conference Series 527 (2014) 012030

PROGRAMMA DI SVILUPPO APPARATI SPERIMENTALI

Per la realizzazione di questo piano di misure è cruciale implementare il rivelatore CHIMERA, con sistemi di rivelazione capaci di migliorarne la risoluzione angolare, energetica ed isotopica. Utilizzeremo a tale scopo l'esperienza fatta con EXOCHIM, e con un PRIN specifico, nello sviluppo del prototipo del rivelatore FARCOS. Avendo anche verificato l'utilizzabilità dell'elettronica GET per il back-end di tale rivelatore, possiamo chiedere, a costi ragionevoli, la costruzione di un sistema di rivelazione FARCOS costituito da 20 telescopi, necessario per avere una ottimale copertura di angolo solido, specialmente per le misure da effettuare a SPES e, nel futuro, con i fasci di frammentazione upgraded dei LNS. Durante le fasi di costruzione di FARCOS, che dovranno necessariamente essere diluite durante tutta la durata del piano di quest'esperimento, si prevede di ovviare alla mancanza di copertura angolare effettuando misure in accoppiamento con altri apparati, come il sistema di rivelazione MUST2. Rispetto a FARCOS perderemo in dinamica e nelle correlazioni con cluster dal berillio in su, e quindi anche sulla completa caratterizzazione degli eventi, ma potremo imparare dall'esperienza del gruppo MUST2.

Su vari temi di ricerca (a Ganil e/o SPES) potrebbe, inoltre, essere utile complementare l'informazione con rivelatori dalle caratteristiche opportune in fase di sviluppo o disponibili presso altre collaborazioni, da

utilizzare per la identificazione il più possibile completa di particelle di tipo proiettile, o prodotte in reazioni di fusione. E' anche in studio l'accoppiamento con sistemi per la misura della molteplicità gamma, o con sistemi come NEDA per la misura dei neutroni, entrambi molto utili per le misure da programmare a SPES.

Per la seconda fase delle misure ASYEOS, vista la più alta energia occorrerà utilizzare apparati dedicati alle misure ad energie relativistiche attualmente in costruzione o disponibili al GSI (Neuland - Forward Wall di FOPI – Califa) in un quadro di collaborazione con il gruppo R3B. Sarà possibile in tale campagna l'utilizzo di FARCOS per la rivelazione dei target like fragments a grandi angoli.

DETTAGLIO ATTIVITA' 2015

Nel 2015 si procederà al completamento delle misure non effettuate con l'esperimento EXOCHIM a causa del noto fermo del CS ai LNS ed alle attività preparatorie alla nuova fase sperimentale. In dettaglio occorrerà effettuare gli esperimenti CLIR, PIGMY, HE8 e SIKO approvati dal PAC LNS. I primi tre sono esperimenti da effettuare con fasci di frammentazione. Indispensabile per questi esperimenti sarà l'utilizzo dei primi 4 telescopi di FARCOS montati in configurazione attorno a 0°. Nell'esperimento CLIR (con fasci di ^{16}C , ^{10}Be e altri del cocktail prodotto dal fascio primario di ^{18}O a circa 50 MeV/A) FARCOS sarà dedicato a misurare i frammenti di break-up alla ricerca di clusterizzazioni esotiche dei nuclei proiettile. In figura nella pagina seguente (da tesi D.Dell'Aquila in preparazione) riportiamo uno spettro simulato che mostra la risoluzione di misura che potremo ottenere utilizzando FARCOS nella rivelazione di stati eccitati del ^{10}Be che si diseccitano in cluster $\alpha + ^6\text{He}$. L'esperimento PIGMY mira allo studio dell'eccitazione della risonanza PIGMY nel ^{68}Ni con sonda isoscalare per verificare che la Pigmy resonance abbia la duplice risposta isovettoriale (misurata al GSI) ed isoscalare che verrebbe per la prima volta misurata ai LNS. FARCOS sarà in questo caso fondamentale nella rivelazione ed identificazione dei ^{68}Ni . I gamma di decadimento della Pigmy saranno rivelati nei Csl della sfera di CHIMERA. Inoltre, come recentemente osservato nella misura INKISSY (vedi attività svolta exochim), nei rivelatori di CHIMERA coperti da FARCOS potremo rivelare sia in CLIR che PIGMY i neutroni emessi dal proiettile, che saranno utilissimi per la verifica della ottimale selezione degli

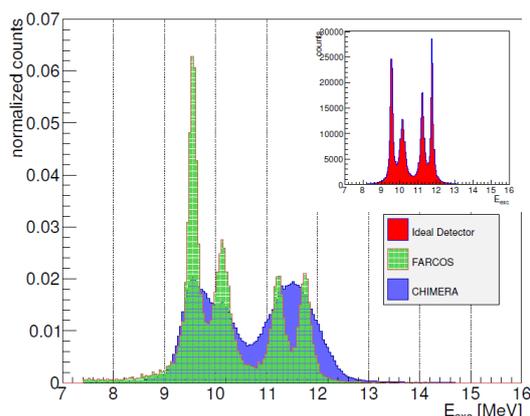


Figura 3.11: Spettro di energia di eccitazione del decadimento $^6\text{He} + ^4\text{He}$ del ^{10}Be , per 10^5 eventi simulati. Nel pad in alto a destra è simulata la rivelazione con un rivelatore ideale. Al centro, rispettivamente in blu e in verde (semi-trasparente), sono mostrati gli analoghi spettri, normalizzati, ricostruiti con CHIMERA e FARCOS. Ciascuno dei tre istogrammi è inoltre inserito nella legenda.

eventi.

L'esperimento HE8 è un test esperiment che mira a verificare la buona qualità ed intensità del fascio di ^8He producibile per frammentazione del ^{11}B ed a popolare risonanze del ^9He in reazioni di transfer su target

deuterati. FARCOS a piccoli angoli sarà dedicato alla misura del quasi proiettile, anche qui la misura dei neutroni con i CsI di CHIMERA coperti da FARCOS avrà un ruolo fondamentale.

L'esperimento SIKO si pone, invece, nell'ambito di una collaborazione con il gruppo di M.Freer, sulla nuova tematica dello studio di sistemi di tipo alfa-cluster. Sarà un esperimento in cui si utilizzeranno solo rivelatori a strip per la ricerca di decadimenti a 7 particelle alfa nel ^{28}Si popolato in reazioni tra $^{16}\text{O}+^{12}\text{C}$. Questo esperimento si pone in maniera ottimale lungo la linea iniziata con l'esperimento BOSE, che sarà continuata in NEWCHIM anche con altri esperimenti sulla struttura a cluster dei nuclei leggeri, e con il confronto tra la popolazione di tali strutture in reazioni dirette ed in reazioni di frammentazione.

Oltre all'esecuzione di questi esperimenti si procederà alla preparazione degli esperimenti da effettuare con il gruppo MUST2. Saranno istituiti dei gruppi di lavoro su ACQ (per potere integrare le due ACQ sia dal punto di vista del trigger che per l'integrazione dei dati sul cluster di PC dedicato alla scrittura su disco e trattamento on-line); SETUP, per meglio decidere la configurazione sperimentale ottimale, anche sulla base di simulazioni che tengano conto di dati sperimentali già presenti, ad esempio, sul database INDRA, oltre alla preparazione di adeguate interfacce per le flange MUST2, e supporti per i rivelatori; DATA_ANALYSIS per mettere insieme i sistemi di data analysis in modo da potere preparare l'analisi integrata dei dati.

Molto importante sarà la messa a punto del sistema di acquisizione per i CsI di CHIMERA (vedi dettaglio oltre) grazie al quale si farà esperienza anche per l'integrazione dei sistemi di acquisizione CHIMERA e MUST2. E' obiettivo del gruppo riuscire ad effettuare l'esperimento PIGMY con almeno 256 rivelatori CSI della sfera integrati nella nuova acquisizione GET.

Fondamentale sarà il lavoro per lo studio per la realizzazione di preamplificatori ASIC da utilizzare per FARCOS guidato dal gruppo della Sezione di Milano con i contributi della altre sezioni per i test.

Verrà chiaramente proseguita la fase di analisi dati di precedenti esperimenti con la solita fase di presentazione dei risultati preliminari a conferenze e sottomissione di articoli con le analisi definitive.

Non appena si procederà all'assemblaggio della nuova elettronica GET per FARCOS, l'elettronica pulse-shape attualmente in uso verrà installata sui rivelatori CHIMERA che ne sono sprovvisti (ring 1-3 e ring 14-26).

IL CORRELATORE FARCOS

E' in fase di preparazione un TDR completo del correlatore FARCOS. Alleghiamo alle richieste di finanziamento un estratto preliminare di tale TDR dove vengono brevemente descritte le caratteristiche del blocco rivelatori di base (due rivelatori a strip da 32 strip fronte retro e 4 rivelatori CsI), alcuni risultati dei test effettuati sino ad oggi con fasci ed elettronica standard. Vengono, inoltre, descritti tutti i test effettuati con l'elettronica GET e la soluzione per adattare il sistema GET a FARCOS. Inoltre vengono fatte alcune valutazioni sulla risoluzione angolare e copertura di angolo solido necessaria per il nuovo ARRAY. Un maggiore dettaglio sulla necessità di utilizzo di 20 telescopi FARCOS, basato sull'analisi di diversi casi fisici è presentato in un ulteriore file allegato alla richiesta di finanziamento.

DETTAGLIO SU ALCUNI PHYSICS CASES PER NEWCHIM

ASY-EOS EXPERIMENT

L'analisi dati del precedente esperimento ASY-EOS ha dimostrato come il rapporto tra il flusso ellittico di protoni e neutroni sia una ottima osservabile per ottenere vincoli sul termine di simmetria dell'equazione di stato della materia nucleare ad alta densità, rivelandosi molto più efficace e stabile rispetto ai rapporti tra le rese $(K^+/K^0)_{Ru}/(K^+/K^0)_{Zr}$ in reazioni con Rutenio o Zirconio [LOP07] o ai rapporti π^-/π^+ [Xia09,Fen10,Xie13] che hanno dato risultati contrastanti (model dependent).

Occorre, ora, procedere a nuove misure, a maggiore energia incidente, per estendere l'investigazione verso il regime di maggiore densità, rispetto ai risultati ottenuti nel precedente esperimento in corso di pubblicazione. Occorrerà, innanzitutto, una alta statistica, come quella raccolta nell'ultimo esperimento, e l'estensione ad altri sistemi con maggiore asimmetria di isospin $I^2 = ((N-Z)/A)^2$ (asimmetria da cui dipende il termine dell'energia di simmetria dell'EOS). Tutto questo potrebbe essere possibile al GSI utilizzando le possibilità offerte dal nuovo R³B setup [R³B] ed utilizzando in una seconda fase anche i fasci di frammentazione che saranno disponibili con il Super-FRS a FAIR [FAIR] La prima fase delle misure si concentrerà sull'utilizzo di fasci Au+Au a 600, 800 e 1000 A-MeV per esplorare densità sino a 2.5-3 ρ_0 [BLi08].

In una seconda fase, che non riguarda il presente piano pluriennale, l'esplorazione sarà estesa con l'uso di fasci radioattivi come $^{132}\text{Sn}+^{124}\text{Sn}$ ($I^2(\text{proj}+\text{targ})=0.059+0.037$) e $^{106}\text{Sn}+^{112}\text{Sn}$ ($I^2(\text{proj}+\text{targ})=0.003+0.011$) a 400, 800 and 1000 A-MeV. In questo caso l'estrema asimmetria di isospin del sistema neutron rich, maggiore di quella del sistema Au+Au ($I^2(\text{proj}+\text{targ})=0.039+0.039$), amplificherà gli effetti legati all'energia di simmetria; il confronto col sistema neutron poor, quasi simmetrico in N/Z, permetterà di ottenere nuovi ed efficaci vincoli sul comportamento dell'Equazione Di Stato ad alta densità.

In dettaglio per la misura dei neutroni si potrà utilizzare, già per le nuove misure Au+Au, il Large-Area Neutron Detector NeuLAND [NeuL] caratterizzato da migliore efficienza e risoluzione rispetto al LAND, con ottima ricostruzione degli eventi con molti neutroni, ed in particolare efficienza sino al ~50% per ricostruire un evento con 5 neutroni a 1 GeV. Le migliori performance di NeuLAND permetteranno anche di analizzare gli eventi in termini di particle-particle interferometry sia con coppie p,p n,n e p,n.

Per la caratterizzazione del piano di reazione a queste alte energia potrà essere usato il forward wall di FOPI [Rei07]. Nella regione del target saranno disponibili moduli di CALIFA già dal 2017 per la rivelazione di gamma e particelle leggere (CALIFA) [CalXX]. Altri rivelatori aggiuntivi, come KraTTA [Kra13] e FARCOS [FAR13], possono essere utilizzati per misurare i flussi e le rese a midrapidity di coppie di isobari leggeri come $^3\text{H}/^3\text{He}$ e $^7\text{Li}/^7\text{Be}$.

[BLi08] B.-A. Li et al., *Phys. Rep.* **464**, 113 (2008).

[CalXX]http://www.fair-center.eu/fileadmin/fair/experiments/NUSTAR/Pdf/TDRs/CALIFA_BARREL_TDR_web.pdf

[FAIR] <http://www.fair-center.eu/>

[Far13] G. Verde et al., *Jour. of Phys. Conf. Series* 420, 012158 (2013).

[Fen10] Zhao-Qing Feng and Gen-Ming Jin, *Phys. Lett. B* **683**, 140 (2010).

[Kra13] J. Lukasik et al., *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A* **709**, 120 (2013).

[Lop07] X. Lopez et al., *Phys. Rev. C* **75**, 011901 (2007).

[NeuL]] <http://www.gsi.de/r3b>

[Rei07] W. Reisdorf et al., *Nucl. Phys. A* **781**, 459 (2007).

[R3B] <http://www.gsi.de/r3b>

[Xia09] Zhigang Xiao et al., *Phys. Rev. Lett.* **102**, 062502 (2009).

[Xie13] W.-J. Xie et al., *Phys. Lett. B* **718**, 1510 (2013).

STUDIO DELLA STRUTTURA A CLUSTER DI NUCLEI LEGGERI

Il diagramma di *Ikeda* [1] prevede la possibilità di formare stati a cluster α nelle vicinanze delle soglie di disintegrazione in $N\alpha$. Lo studio della spettroscopia di tali stati nei nuclei auto-coniugati come ^{12}C , ^{16}O e ^{20}Ne rappresenta oggi uno dei temi di punta della fisica nucleare, grazie anche al carattere interdisciplinare di questa tematica (astrofisica nucleare, condensazione di *Bose-Einstein*). Proponiamo di studiare la spettroscopia del ^{20}Ne vicino alla soglia di disintegrazione in 5 particelle α ($E_x \approx 19.2$ MeV) mediante la reazione $^{19}\text{F}(p,\alpha_0)^{16}\text{O}$ ad energie tandem. In questa regione di energie di eccitazione non è stato ancora osservato nessuno stato 0^+ candidato ad essere il corrispondente stato di Hoyle nel ^{20}Ne [2,3]. Si propone di studiare queste tematiche mediante misure con passo molto fine in energia nella regione attorno a 19 MeV di energia di eccitazione nel ^{20}Ne . Si propone di adoperare come apparati di rivelazione sia Chimera, che con la sua grande copertura angolare e la sua buona granularità, in particolar modo a piccoli angoli, permetterebbe di studiare la presenza di eventi di diseccitazione del ^{20}Ne con emissione finale di 5 particelle α [4], sia array di rivelatori al silicio disposti in modo da ottenere distribuzioni angolari ad alta risoluzione anche ad angoli all'indietro per studiare la spettroscopia del nucleo composto tramite l'analisi delle distribuzioni angolari stesse [5].

Altre possibilità di sperimentazione riguardano lo studio della struttura a cluster di stati eccitati del ^{12}C e del ^{16}O popolati mediante reazioni fortemente esoenergetiche a bassa energia. Alcuni esempi sono discussi in [6,7]. In questo caso gli esperimenti potrebbero anche essere effettuati presso il Laboratorio dell'Acceleratore Tandem di Napoli. L'*array* di rivelazione potrebbe essere costituito da rivelatori a strip di FARCOS (1500 μm) accoppiati ad un telescopio 20-300 μm che verrebbe costruito a Napoli. La rivelazione dell'eiettile emesso ad angoli indietro permetterebbe di identificare chiaramente gli eventi associati al popolamento del nucleo residuo in un determinato stato eccitato, e la rivelazione in coincidenza (ad angoli in avanti) dei prodotti di decadimento del nucleo residuo permetterebbe di determinarne il modo di diseccitazione di questi stati. Lo studio delle correlazioni a tre corpi delle particelle α emesse in coincidenza con l'eiettile permetterebbe, poi, di discriminare tra decadimenti diretti e/o sequenziali degli stati "alla Hoyle", tematica già studiata di recente da Chimera e da altre collaborazioni [8-10] che sappiamo essere ancora aperta e di notevole importanza per l'astrofisica nucleare.

Alcuni Riferimenti

[1] K. Ikeda, N. Tagikawa, H. Horiuchi, *Prog. Theo. Phys. Suppl.* e.n. **464** (1968)

[2] D. Tilley et al, *Nucl. Phys. A* **636** (1998) 247

- [3] J.A. Swartz et al, *Nuclear Spectroscopy Workshop*, Stellenbosch (2012)
- [4] Tz. Kokalova et al, *Phys. Rev. C* **87** (2013) 057309
- [5] A. Isoya et al, *Nucl. Phys.* **7** (1958) 126
- [6] M. Alcorta et al, *Nucl. Instrum Meth.* **A 605** (2009) 318
- [7] M. Alcorta et al, *Phys. Rev. C* **86** (2012) 064306
- [8] A. Raduta et al, *Phys. Lett. B* **705** (2011) 65
- [9] T.K. Rana et al, *C* **88** (2013) 021601(R)
- [10] O.S. Kirsebom et al, *Phys. Rev. Lett.* **108** (2012) 202501

EQUILIBRATION EXPERIMENT

In base all'esperienza acquisita nella campagna di misure Exochim nello studio del sistema $^{48}\text{Ca}+^{27}\text{Al}$ a 40 MeV/A, (vedi relazione attività svolta exochim 2014) risulta di particolare interesse per le tematiche investigate dall'esperimento (studio dei processi di equilibratura dell'isospin in modo

non dipendente da successivi processi di emissione statistica e forme funzionali del termine di simmetria, valutazione del contributo associato all'emissione di mid-rapidity) lo studio dello stesso sistema in cinematica diretta. Come mostrato dai dati raccolti nelle misure precedenti in tale condizioni si ottiene una migliore selezione dei processi di collisione centrali caratterizzati da un residuo molto ridotto in carica con velocità prossime a quelle del centro di massa. La selezione di tali processi può portare a differenze non del tutto trascurabili (rispetto al caso di processi essenzialmente binari studiati nelle misure precedenti) nelle densità raggiunte durante gli istanti di massima sovrapposizione tra i partner della collisione.

Il completamento di questo studio per questo sistema riveste una particolare importanza anche perché esso rappresenta un utile test di una metodologia di indagine prettamente sensibile alla fase dinamica del processo e utilmente esportabile a regimi di energia e masse differenti.

La misura proposta non può che prendere vantaggio dalle implementazioni pianificate sull'apparato sperimentale riguardanti la parte in avanti (FARCOS) e la parte della sfera che includerà la possibilità di una identificazione in carica tramite una più estesa analisi della pulse-shape nella parte all'indietro. Particolare attenzione e studio comunque dovranno essere dedicati riguardo le nuove configurazioni geometriche previste per le altre misure proposte.

DETTAGLIO SU IMPLEMENTAZIONI SPERIMENTALI

Farcos e Chimera DAQ

L'introduzione dell'elettronica GET per FARCOS e il passaggio in digitale dei CsI di Chimera (basato sulla stessa elettronica) impone una completa riconfigurazione della acquisizione Chimera, attualmente basata su un hardware costituito da codificatori CAEN (QDC, TDC, inclusi gli ormai obsoleti codificatori a 64 canali fuori produzione da molti anni, VN1488 e VN1465). Il readout è basato sull'uso dei bridge VME-PCI CAEN V2718 (VME) + A2818 o A3818 (PCI o PCIexpress) che interfacciano un cluster di 5 pc-server da rack, uno dei quali dedicato al prototipo di FARCOS (4 moduli, max 400 canali di acquisizione) con readout con elettronica analogica tradizionale. Chimera ha attualmente circa 5400 canali di acquisizione (includendo intorno a 600 canali di TDC

per il pulse shape dei silici ed escludendo il prototipo di FARCOS) su doppia dinamica per i segnali energia Si, Fast e Slow CsI ottenuta a livello degli stessi codificatori, senza sdoppiamento dei segnali. Il flusso di dati di Chimera attuale supponendo 500 canali/evento (inclusi i piedistalli dei QDC) e un rate medio di 1.5 kHz è intorno ai 3 MB/s, con una dimensione di circa 2 kB/evento. Il software di acquisizione è basato su una libreria object oriented (KaliMera) che gestisce il readout in parallelo tra i server del cluster, il trasporto dei dati verso le stazioni di analisi e lo storage, l'event building e il dialogo con i client dell'acquisizione e il controllo (setup) dei codificatori, degli scaler e dei moduli VME in generale.

Modifiche necessarie

L'introduzione dell'elettronica GET per FARCOS e una parte di CHIMERA e, nello stesso tempo, il fatto che un settore dell'apparato (i canali Silici di Chimera) rimane vincolato all'attuale sistema di readout impone la ridefinizione del sistema di acquisizione e di trigger su una nuova base in cui bisognerà accoppiare e sincronizzare i dati provenienti dalla DAQ digitale con il readout dell'acquisizione analogica di Chimera e/o di altri dispositivi.

Se viene utilizzata l'elettronica GET il software e il firmware dei moduli COBO e MUTANT (interfacciati su un crate μ TCA) deve innanzitutto essere utilizzato per 1) lo "slow control" e programmazione dei moduli ASAD e per la gestione del trigger. 2) la raccolta dei dati (campionamento) dagli ADC, riduzione (zero suppression), e trasferimento verso l'infrastruttura di computer per analisi dati che deve provvedere alla completa analisi in forma dei segnali per ricavare le informazioni fisiche dalle forme campionate e all'event building dei dati dello stesso evento compresi i dati dell'elettronica analogica di Chimera o altri dispositivi. Un modulo COBO (che può controllare fino a 4 ASAD, ovvero fino a 1088 canali) attualmente garantisce un flusso di dati intorno a 1Gb/s verso ASAD e 10Gb/s tra il μ TCA e i clusters di computers per l'analisi on-line.

Ruolo dell'attuale software di acquisizione CHIMERA

La libreria object-oriented KaliMera si è mostrata molto versatile quando agisce come "server" nell'ambito di un'infrastruttura di acquisizione più vasta già esistente, come avvenuto nell'accoppiamento con l'MBS nell'esperimento ASYEOS al GSI. Viceversa, la modifica dell'acquisizione CHIMERA per farle acquisire un nuovo ruolo di "framework" e gestione completa di una o più differenti acquisizioni (buffering, parallelizzazione, event-building generale, storage) richiederebbe un enorme sforzo in tempo e man power.

Si propone dunque di utilizzare le acquisizioni CHIMERA e GET sotto un comune "framework" di acquisizione già esistente che, come scelta iniziale, potrebbe essere il software di acquisizione NARVAL. NARVAL (Nouvelle Acquisition temps-Réel Avec Linux) è un sistema di acquisizione distribuito e modulare interfacciabile in C/C++, sviluppato all'IPNO di Orsay e utilizzato presso il laboratorio di GANIL. Nell'ambito degli esperimenti di gruppo III è stato soprattutto adottato dalla collaborazione AGATA. Narval deve gestire in modo completo il flusso di dati dei differenti dispositivi, l'event-building, il filtraggio dei dati (compresa eventualmente la gestione dell'analisi dei segnali) e lo storage. L'uso di Narval faciliterebbe anche i progetti di esperimenti comuni Chimera-Must2, mentre come aspetto negativo può avere una curva di apprendimento non facile. Questo richiede anche l'adozione di un comune framework per i dati provenienti da differenti dispositivi con l'adozione per esempio da parte dell'acquisizione CHIMERA del MultiFrame MetaFormat (MFM), uno standard per il formato dei dati binari, adatto al trasporto su rete, che viene già seguito dall'elettronica GET e che dovrebbe essere, ovviamente, adottato anche dall'acquisizione CHIMERA.

Possibile road-map iniziale per una nuova DAQ su un prototipo di FARCOS + Chimera

- 1) Installazione di Narval nella versione GANIL a Catania
- 2) Gestione del prototipo di FARCOS sotto l'acquisizione Narval, dapprima nel caso semplice di un singolo modulo COBO, e poi in una situazione reale (μ TCA, moduli di trigger, etc).
- 3) Inserimento di nuove classi nell'acquisizione CHIMERA per la gestione del MFM, per il dialogo con NARVAL, per la gestione di un modulo di time-stamping per la sincronizzazione degli eventi, etc
- 4) **Definizione dell'hardware necessario per la DAQ:** cluster di computer per l'analisi dei segnali, event-building, interfacciamento ai moduli COBO. **Definizione dell'hardware necessario per lo storage** dei dati. Filtraggio dei dati per lo storage.
- 5) definizione del software di acquisizione e creazione delle istanze dell'acquisizione (dette "actors") sotto NARVAL: event-building, storage, filtering, interfacciamento ai vari dispositivi di acquisizione.
- 6) analisi dei tempi, prestazioni, capacità dell'acquisizione, simulazioni dell'acquisizione, definizione dei migliori algoritmi di analisi dei segnali, etc.
- 7) Gestione dei moduli di trigger, time-stamping e sincronizzazione.

Commenti al piano finanziario di NEWCHIM

La frazione più consistente del budget dell'esperimento NEWCHIM sarà dedicata alla costruzione del rivelatore FARCOS. Circa il 25% del costo di tale rivelatore è relativo all'elettronica GET, il 35% a rivelatori, almeno il 10% al calcolo, ed il resto per elettronica ad-hoc e meccanica. La restante parte dei costi di NEWCHIM sono essenzialmente dovuti al mantenimento ed all'utilizzo di CHIMERA, a piccoli test per rivelatori per eventuali sviluppi futuri, e a costi per le missioni che si prevedono in aumento rispetto agli scorsi anni, visti i piani per misure da effettuare presso altri laboratori come GANIL - GSI - SPES. Le richieste finanziarie sono in linea con le richieste fatte negli scorsi anni per EXOCHIM. In particolare la richiesta del 2015 è inferiore del 5% rispetto a quella fatta nel 2014. La richiesta complessiva nei 5 anni ammonta a circa 2.6 M€. Dedichiamo ora un dettaglio al piano temporale e finanziario di sviluppo del nuovo rivelatore FARCOS

PIANO TEMPORALE E FINANZIARIO FARCOS

La costruzione del correlatore FARCOS deve necessariamente essere diluita nel tempo, sia per gli impegni finanziari che comporta, ma anche per poter meglio sviluppare alcune parti del rivelatore. In primo luogo, pur se siamo riusciti ad utilizzare dei preamplificatori particolarmente compatti e a basso consumo, sarebbe altamente auspicabile riuscire ad avere dei preamplificatori ASIC, che permettano di ridurre ulteriormente gli ingombri ed i consumi. Tali preamplificatori sono in questo momento in studio presso la Sezione di Milano, e test saranno effettuati sui primi prototipi a pochi canali già sottomessi in batch in fonderia. Questi preamplificatori avranno il vantaggio di avere una dinamica regolabile dall'esterno. Inoltre permetteranno di studiare una meccanica ancora più compatta e solida dell'attuale, con montaggio direttamente sul supporto del telescopio. Anche il cablaggio rivelatore-preamplificatore potrà essere rivisto con l'utilizzo di cavi microcoax che garantiscano un miglior accoppiamento di massa rispetto al kapton attualmente in uso. Un secondo constraint è che l'elettronica che vogliamo utilizzare per FARCOS, l'elettronica GET, è attualmente in produzione, ed è prevista la sua manutenzione per 10 anni, da parte delle ditte costruttrici, ma potrà essere acquistata con sicurezza solo nel 2015. Quindi, sia per avere il tempo di concordare con la MICRON eventuali modifiche nel cablaggio dei rivelatori, che per avere la sicurezza dell'acquisto di tutta l'elettronica necessaria, preferiamo, nel piano di sviluppo, dedicare tutti i fondi disponibili nel 2015

all'acquisto dell'elettronica necessaria, e spostiamo agli anni successivi il piano di acquisto dei nuovi rivelatori.

Il piano temporale che prevediamo è quindi il seguente:

2015 (I semestre)	test finali acq GET per FARCOS e messa in opera di 2 nuovi telescopi (acquisiti su fondi PRIN)
2015 (II semestre)	acquisto elettronica GET per 20 telescopi completi; test prototipi preamplificatori ASIC per Farcos e sottomissione primo batch definitivo
2016	Costruzione 6 nuovi telescopi sottomissione secondo batch preamplificatori ASIC
2017	Costruzione 4 nuovi telescopi sottomissione terzo batch preamplificatori ASIC
2018	Costruzione 4 nuovi telescopi
2019	Disponibili 20 telescopi FARCOS

Rispetto quanto presentato durante la riunione di CSNIII a Giugno 2014, abbiamo deciso come sia più conveniente limitare la doppia dinamica alle sole strip front. In tal modo avremo bisogno di $3*64*20=3840$ canali elettronica silici + $4*20=80$ canali CSI contro i 5120 canali inizialmente previsti con un risparmio di circa 4 ASAD ed 1 COBO. Il costo preventivato per 20 telescopi FARCOS completi (tenendo conto della disponibilità attuale di tutti i rivelatori per 6 telescopi) è il seguente:

14 silici 140/300 micron + 2 spare (5000*16+tax)	97 k€
14 silici 1500 micron + 2 spare (7500*16+tax)	146.5 k€
14*4 CSI + 4 spare (994€+tax)	73 k€

ITEM	costo	da acquistare entro il
1 crate microtca	10.5 k€	2016-2017
16+2spare ASAD (1 asad = 1640+ 2136+700 +tax)	114.5 k€	2015
4+1 SPARE COBO(5450 + assist. MSU 12 mesi + tax)	49 k€	2015
1 MUTANT + SOFTWARE	33 k€	2015
Alimentazione HV/LV/crate + schede	30 k€	2015-2018
Schede interfaccia cablaggi flange	100 k€	2015-2018
Meccanica	50 k€	2015-2018
Preamplificatori (varie dinamiche e tipi)	110 k€	2016-2018
Farm diskserver e analisi on-line	100 k€	2016-2018
imprevisti ~5%	50 k€	
Totale	963.5 k€	

Maggiori dettagli sulle richieste finanziarie 2015

A parte la richiesta fondi per l'elettronica GET le richieste di maggiore importo per il 2015 riguardano le voci seguenti:

Le schede di interfaccia CHIMERA-ASAD per la singola e doppia dinamica dei Csl di CHIMERA. Questa richiesta, da 50 k€, è fatta in SJ perché dobbiamo verificare la funzionalità del prototipo attualmente in fase di costruzione. La necessità del sistema appare evidente in quanto è indispensabile per il buon utilizzo dell'elettronica GET, come già spiegato nella richiesta di sblocco SJ di Giugno 2014 cui facciamo riferimento.

C'è poi la richiesta di un crate HV-LV CHIMERA FARCOS modello SY4527LC (low cost) capace di ospitare sino a 10 schede HV-LV che sarà utilizzato per il momento sia per le schede di alimentazione di FARCOS che per quelle di CHIMERA. I crate HV_LV sino ad oggi utilizzati per CHIMERA, molti vecchi di 20 anni, sono in obsolescenza alla CAEN e non possono essere più riparati. Cominciamo con questo crate il processo di svecchiamento dell'elettronica delle alimentazioni CHIMERA (Le vecchie schede possono essere ospitate in questo crate).

Un'altra richiesta consistente riguarda un upgrading del disk server in sezione per circa 10 k€.

Includiamo mail responsabile centro di calcolo, manderemo offerta appena disponibile.

----- Messaggio originale -----

Oggetto:R: richieste di finanziamento

Data:Tue, 24 Jun 2014 16:34:03 +0200

Mittente:Carlo Rocca <carlo.rocca@ct.infn.it>

Organizzazione:INFN - Sezione di Catania

A:'cardella' <giuseppe.cardella@ct.infn.it>, 'Andronico Giuseppe' <giuseppe.andronico@ct.infn.it>, 'De Filippo Enrico' <Defilippo@ct.infn.it>

Parlando con Giuseppe A. abbiamo pensato che potreste acquistare un expansion per lo storwize IBM con 12 dischi da 4 TB. Il costo totale si aggirerebbe (expansion + Dischi + Gbic) su circa 10.000 euro.
Carlo

Altre voci da segnalare ai LNS sono l'acquisto di rivelatori di ricambio per CHIMERA (8 rivelatori per un totale di circa 30 k€)

Tra le richieste a Messina particolarmente importante è la partecipazione al Training Course" organizzato annualmente in Europa dalla Nuclear Energy Agency (NEA) per il codice di simulazione MCNP6 utilizzato per lo studio della risposta dei rivelatori ai neutroni.

Per quanto riguarda le richieste delle sezioni di Napoli e Milano ci sono ulteriori giustificazioni nei file allegati ai moduli EC2a locali.

MILESTONES PROPOSTE

30-4-2015 Completamento primi test interfaccia CHIMERA_ASAD

30-7-2015 Completamento primi test acq CHIMERA_GET

30-10-2015 Completamento primi test interfaccia FARCOS_ASAD

30-10-2015 Definizione piano misure CHIMERA_MUST_FARCOS

30-12-2015 Sottomissione articoli a riviste su misure EXOCHIM

30-12-2015 Completamento turni misura EXOCHIM