

Codice	Esperimento	Gruppo
1210	ERNA	3

Struttura
NAPOLI

Rappresentante Nazionale:

A. D'Onofrio

Struttura di appartenenza:

Sez. di Napoli

Posizione nell'I.N.F.N.:

coll.

Ricercatore responsabile locale:

Antonio D'Onofrio

INFORMAZIONI GENERALI

Linea di ricerca	Astrofisica nucleare
Laboratorio ove si raccolgono i dati	DTL - BOCHUM (D)
Sigla dello esperimento assegnata dal Laboratorio	ERNA
Acceleratore usato	Tandem dinamitron 4 MV
Fascio (sigla e caratteristiche)	¹² C, Elab=3-20MeV
Processo fisico studiato	Misura della sezione d'urto della reazione $^{12}\text{C}(\alpha, \gamma)$ in cinematica inversa
Apparato strumentale utilizzato	Jet gas-target - Separatore di massa per ioni di rinculo - Camera a ionizzazione a finestra sottile
Sezioni partecipanti all'esperimento	Napoli
Istituzioni esterne all'Ente partecipanti	Ruhr Universitaet Bochum (D)
Durata esperimento	2 anni + 1 anno di prolungamento

Codice	Esperimento	Gruppo
1210	ERNA	3

Struttura
NAPOLI

PREVENTIVO LOCALE DI SPESA PER L'ANNO

2001

In ML

VOCI DI SPESA	DESCRIZIONE DELLA SPESA	IMPORTI		A cura della Comm.ne Scientifica Nazionale
		Parziali	Totale Compet.	
Viaggi e missioni	Interno			
	Estero	36 missioni di una settimana a Bochum 3 missioni di due settimane al TRIUMF	108 20	128
Materiale Consumo	Microchannel plate Gas (4He) Nastri, connettori, componenti elettronici 2 rivelatori Si (Pips)	15 15 5 4	39	
Traspe. e facch.				
Spese Calcolo	Consorzio			
	Ore CPU Spazio Disco Cassette Altro			
Affitti e manutenz. apparecchiati.				
Materiale Inventariabile	1 alimentatore per fototubi (16vie) 2 CPU Elesia 1 DLT multiplatforma 2 preamplificatori per Si	18 24 15 3	60	
Costruzione Apparati				
Totale				227
Note:				

Codice	Esperimento	Gruppo
1210	ERNA	3

Struttura
NAPOLI

ALLEGATO MODELLO EC 2

vedi consuntivo e proposta esperimento (allegato al Mod. EC4)

Codice	Esperimento	Gruppo
1210	ERNA	3

Struttura
NAPOLI

PREVISIONE DI SPESA: PIANO FINANZIARIO LOCALE**PER GLI ANNI DELLA DURATA DEL PROGETTO****In ML**

ANNI FINANZIARI	Miss. interno	Miss. estero	Mater. di cons.	Trasp.e Facch.	Spese Calcolo	Affitti e manut. appar.	Mat. inventar.	Costruz. apparati	TOTALE Competenza
2001		128	39				60		227
TOTALI		128	39				60		227

Note:

Osservazioni del Direttore della Struttura in merito alla disponibilità di personale e di attrezzature:

Presso la sezione di Napoli i tecnici afferiscono ai Servizi della Sezione, per cui non viene indicato un elenco nominativo delle partecipazioni ai singoli esperimenti.
La disponibilità assicurata dai servizi della Sezione è riportata nel mod.EC/EN 7a.

Mod. EC. 3

(a cura del responsabile locale)

Codice	Esperimento	Gruppo
1210	ERNA	3

Struttura
NAPOLI

PREVENTIVO GLOBALE PER L'ANNO

2001

In ML

Struttura	A CARICO DELL' I.N.F.N.									A carico di altri Enti
	Miss. interno	Miss. estero	Mater. di cons.	Trasp. e Facch.	Spese Calc.	Affitti e Manut. Appar.	Mater. inventar.	Costruz. appar.	TOTALE Compet.	
NAPOLI	0	128	39	0			60		227	0
TOTALI	0	128	39	0			60		227	0

NB. La colonna **A carico di altri Enti** deve essere compilata **obbligatoriamente**

Note:

Codice	Esperimento	Gruppo
1210	ERNA	3

Struttura
NAPOLI

A) ATTIVITA' SVOLTA NELL'ANNO 2000

Vedi allegato

B) ATTIVITA' PREVISTA PER L'ANNO 2001

Vedi allegato

C) FINANZIAMENTI GLOBALI AVUTI NEGLI ANNI PRECEDENTI

In ML

Anno Finanziario	Missioni interno	Missioni estero	Materiale di consumo	Trasp. e Facch.	Spese Calcolo	Affitti e Manut. Apparec.	Materiale inventar.	Costruz. apparati	TOTALE
1999	2	46	13	4			122		187
2000	3	93	25	5			78		204
TOTALE	5	139	38	9			200		391

ERNA

(European Recoil separator for Nuclear Astrophysics)

Stato dell'esperimento:

Il programma di ricerca dell'esperimento ERNA prevede la misura della sezione d'urto totale della reazione $^{12}\text{C}(\alpha,\gamma)^{16}\text{O}$, con un separatore di ioni di rinculo, e lo studio delle due componenti principali all'energia astrofisica rilevante per la combustione dell'elio ($E_{\text{cm}}=300$ keV), corrispondenti a emissione di radiazione di dipolo e quadrupolo elettrico, nel seguito indicate rispettivamente con σ_{E1} e σ_{E2} , attraverso una nuova misura delle componenti E1 e una rianalisi dei dati esistenti per $\sigma_{\text{E1}}/\sigma_{\text{E2}}$. Lo sviluppo del separatore è stato basato sull'esperienza acquisita con l'esperimento NABONA (Napoli Bochum collaboration for Nuclear Astrophysics), che ha misurato la sezione d'urto della $^7\text{Be}(p,\gamma)^8\text{B}$ e che si è concluso con successo nell'anno in corso [1].

Nel corso del 1999 il rivelatore a 0° e il sistema di purificazione del fascio, necessario per sopprimere il fondo di ^{16}O che accompagna il fascio di ^{12}C , sono stati realizzati e caratterizzati [2,3]. È stato osservato un fattore di soppressione del fascio contaminante di ^{16}O pari a 10^{-29} , ben al di sotto del valore necessario per la misura, che è di 10^{-20} . Le misure sono state eseguite utilizzando una versione preliminare del separatore e il nuovo rivelatore a 0° , una camera a ionizzazione a due stadi, mediante la quale è stato possibile identificare gli ioni ^{16}O fino a un'energia di circa 4 MeV.

Contemporaneamente è stata svolta la misura della componente E1 della transizione allo stato fondamentale della $^{12}\text{C}(\alpha,\gamma)^{16}\text{O}$ utilizzando un array di 6 rivelatori al Ge in combinazione con un bersaglio gassoso di ^4He a pompaggio differenziale. I risultati preliminari dei dati raccolti [4,5] e una rianalisi dei dati esistenti in letteratura [6] hanno evidenziato la necessità di estendere il programma di misura originario includendo misure γ in coincidenza con la rivelazione dei rinculi, in modo da avere contemporaneamente la sezione d'urto totale, σ_{E1} e σ_{E2} , ottenute dall'analisi delle distribuzioni angolari dei γ emessi: la condizione di coincidenza permetterà di ottenere spettri γ essenzialmente privi di fondo in regioni di energia, $E_{\text{cm}} < 1$ MeV ed $E_{\text{cm}} > 3$ MeV, dove l'alto fondo, di origine cosmica nel primo caso e indotto dal fascio nel secondo, impediscono di misurare la sezione d'urto di questa reazione con metodi di spettroscopia γ da soli. Inoltre in tal modo sarebbe possibile evidenziare l'eventuale presenza di un modo di decadimento non radiativo (E0), la cui esistenza è stata recentemente ipotizzata [7] e che si esprimerebbe in un eccesso della sezione d'urto totale misurata attraverso la rivelazione dei rinculi rispetto alla somma $\sigma_{\text{E1}} + \sigma_{\text{E2}}$.

Nel corso del 2000 è stata completata l'analisi delle misure di σ_{E1} [7] ed è stata iniziata la progettazione e la realizzazione dell'apparato di rivelazione γ per il separatore, che allo stato attuale prevede l'utilizzazione di 14 BaF₂. Il disegno del separatore è stato fissato definitivamente e quindi è stata completata l'acquisizione di tutti i componenti necessari, che sono attualmente in fase di test presso il DTL di Bochum. E' anche stata completata la progettazione di alcuni componenti speciali (coppa di Faraday laterale, coppa di Faraday sensibile alla posizione del fascio, sistemi di slitte mobili) e del sistema di misura e controllo dei campi degli elementi del separatore necessari alla diagnostica del fascio e al tuning del separatore: tali sistemi sono stati già in parte realizzati e comunque il completamento della loro realizzazione è previsto per l'autunno 2000. Le pompe per il jet gas target sono state acquistate e le sue parti meccaniche sono in corso di realizzazione presso l'officina meccanica di Bochum. Sono state eseguite le misure delle distribuzioni degli stati di carica di ^{16}O e ^{12}C in assorbitori gassosi, necessarie per la pianificazione

delle misure con ERNA [8]. Lo stato attuale del progetto ERNA e i risultati conseguiti sono stati presentati alla conferenza Nuclei in the Cosmos 2000 [9]. Accanto alla attività intrapresa una attività di ricerca volta allo studio dell'influenza della sezione d'urto di questa reazione sulla fase di combustione dell'elio e sulla evoluzione successiva a questa fase per stelle massicce [10]. Attraverso calcoli evolutivi, che utilizzano il codice FRANEC, ed assumendo come limiti inferiore e superiore i valori delle compilazioni di Caughlan e Fowler 1988 e Fowler 1985, è stata evidenziata che l'introduzione di un effetto di overshooting della convezione durante la fase di combustione dell'elio può simulare l'effetto dell'innalzamento del tasso di reazione. Sulla base di questo risultato si è concluso che non è possibile utilizzare dati astrofisici osservativi per fissare il valore del rate di reazione.

Pertanto per l'autunno 2000 è previsto il completamento dell'apparato sperimentale di ERNA nella sua versione originale, cioè senza l'apparato di rivelazione γ . Entro la fine dell'anno saranno ultimate le misure per la caratterizzazione del jet gas target con un ritardo di pochi mesi rispetto al programma iniziale di ERNA. Tuttavia l'estensione del programma sperimentale richiede il prolungamento dell'attività di questo esperimento per tutto l'anno 2001.

Programma previsto per l'anno 2001:

Nella prima metà del 2001 il separatore sarà completato e caratterizzato con le reazioni di test $^{12}\text{C}(p, \gamma)^{13}\text{N}$ e $^3\text{He}(^4\text{He}, \gamma)^7\text{Be}$.

Entro l'autunno del 2001 è prevista la realizzazione dell'apparato di misura g e del rivelatore veloce (parallel grid avalanche counter, in seguito PGAC) da inserire nella camera a ionizzazione per avere un buon segnale di tempo all'arrivo di uno ione nella camera a ionizzazione per le misure in coincidenza con i prodotti nel corso della reazione

pparato di misura g e del rivelatore veloce (parallel grid avalanche counter, in seguito PGAC) da inserire nella camera a ionizzazione per avere un buon segnale di tempo all'arrivo di uno ione nella camera a ionizzazione per le misure in coincidenza con i g prodotti nel corso della reazione e. Per allora sarà anche stato deciso se il gas utilizzato nel gas target sarà fatto ricircolare oppure no: il punto decisivo per la scelta sarà l'efficacia dei filtri per gas esistenti in commercio. Dal punto di vista economico, non è prevedibile alcuna sostanziale differenza tra le due soluzioni: infatti il costo di un sistema di filtraggio, inclusa la pompa necessaria per il flussaggio, è circa pari al costo del gas necessario per l'esperimento. Per quanto riguarda il sistema di acquisizione, è previsto un upgrade dovuto alla necessità di sostituire le cpu originariamente previste, che sono divenute obsolete, con nuove cpu e con una nuova unità di stoccaggio dati (DLT) più affidabile di quella utilizzata precedentemente (Exabyte).

Con questo apparato sarà iniziata la campagna di misure per $E_{cm}=1.4-5.0$ MeV, cui corrisponde un valore dell'energia del ^{16}O superiore alla soglia della camera a ionizzazione già realizzata. Parallelamente sarà proseguito il lavoro necessario a ridurre la soglia di rivelazione e identificazione del ^{16}O . La riduzione dello spessore del foglio di polipropilene di ingresso della camera a ionizzazione al di sotto di 0.5 m (attualmente lo spessore è di 0.8 m) appare difficile per i problemi di vuoto che hanno già richiesto l'inserimento di un ulteriore stadio di pompaggio prima della camera. La soluzione di questo problema è costituita da una misura di tempo di volo (TOF) che sostituisca funzionalmente il primo stadio della camera a ionizzazione (cioè l'identificazione dell' ^{16}O avverrebbe in massa su una matrice TOF-E, invece che in carica su una matrice EE). La misura di tempo di volo viene effettuata utilizzando come start il segnale di un microchannel plate che riveli gli elettroni prodotti al passaggio degli ioni attraverso un sottile foglio di carbonio e come stop il PGAC. La base di volo di circa un metro viene percorsa in tempi lunghi (dell'ordine di 100 ns) rispetto alla risoluzione temporale dei rivelatori utilizzati (<1 ns). L'abbassamento della soglia di rivelazione permetterà di completare le misure nell'intervallo di energia $E_{cm}=0.7-1.4$ MeV.

Sulla base di questo esperimento e di contatti già esistenti con il gruppo del Prof. J. D'Auria della Simon Fraser University di Vancouver, sarà valutata la possibilità di utilizzare la metodologia sviluppata in questo esperimento per studiare reazioni di cattura radiativa di interesse astrofisico (in particolare le reazioni del ciclo CNO caldo) presso la facility ISAC del TRIUMF di Vancouver, dove, a partire dalla fine del 2000 saranno disponibili fasci radioattivi (^{17}F , ^{19}Ne , ^{20}Na) di bassa energia.

Codice	Esperimento	Gruppo
1210	ERNA	3

Struttura
NAPOLI

PREVISIONE DI SPESA**Piano finanziario globale di spesa****In ML**

ANNI FINANZIARI	Miss. interno	Miss. estero	Materiale di cons.	Trasp.e Facch.	Spese Calcolo	Affitti e manut. appar.	Mat. inventar.	Costruz. apparati	TOTALE Competenza
2001	0	128	39	0			60		227
TOTALI	0	128	39	0			60		227

Note:

Codice	Esperimento	Gruppo
1210	ERNA	3

Struttura
NAPOLI

COMPOSIZIONE DEL GRUPPO DI RICERCA (cont.)

LAUREANDI Cognome e Nome	Associazione		Titolo della Tesi
	SI	NO	
Esposito Antonella Relatore prof. M. Romano	<input checked="" type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	Misura della sezione d'urto della reazione $4\text{He}(^{12}\text{C}, \gamma)$ ad energie di interesse astrofisico mediante metodi diretti.
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	

	Denominazione	mesi-uomo	SERVIZI TECNICI Annotazioni
1	Officina Meccanica	0,5	
2	Servizio Elettronica	1	

INTERAZIONI CON LE INDUSTRIE (COMMESSE HIGH TECH)

DENOMINAZIONE	DESCRIZIONE PRODOTTO O COMMESSA

Codice	Esperimento	Gruppo
1210	ERNA	3

Struttura
NAPOLI

REFEREES DEL PROGETTO	
Cognome e Nome	Argomento
Rui Rinaldo	

MILESTONES PROPOSTE PER IL 2001	
Data completamento	Descrizione
03/31/2001	Assemblaggio configurazione definitiva del separatore
08/31/2001	Misure di calibrazione del separatore con reazioni a sezioni d'urto note
11/30/2001	Messa a punto dell'apparato di rivelazione gamma, del dispositivo per la misura di tempi di volo e del sistema di acquisizione basato su bus FAIR
12/31/2001	Misure della sezione d'urto della reazione $4\text{He}(^{12}\text{C}, \gamma)$ per $\text{ECM}=1,4\text{-}5\text{ MeV}$

COMPETITIVITA' INTERNAZIONALE
Il separatore di rinculo possiede le migliori caratteristiche di soppressione del fascio incidente, accetanza angolare ed in momento a livello internazionale.

LEADERSHIPS NEL PROGETTO	
Cognome e Nome	Funzioni svolte

Codice	Esperimento	Gruppo
1210	ERNA	3

Struttura
NAPOLI

Consuntivo anno 1999/2000

LAUREATI		
Cognome e Nome	Titolo della Tesi	Sbocco professionale
Laurea in		
Laurea in		
Laurea in		
Laurea in		
Laurea in		
DOTTORI di RICERCA		
Imbriani Gianluca Dott in Fisica	Studio sperimentale e teorico di reazioni nucleari di interesse astrofisico: il caso delle reazioni $^{12}\text{C}(\alpha, \text{g})$ e $^{7}\text{Be}(\text{p}, \text{g})$	
Gialanella Lucio Dott in Fisica	New measurements of the E1 amplitude in the $^{12}\text{C}(\alpha, \text{gamma})$ reaction	
Dott in		
Dott in		
PRESENTAZIONI A CONFERENZE SU INVITO E SEMINARI SIGNIFICATIVI		
Relatore	Titolo	Conferenza o luogo
L. Gialanella	E1-Amplitude in $^{4}\text{He}(\text{g})^{16}\text{O}$,	Frühjahrstagung der DPG, Freiburg, 1999
A. D'Onofrio	Ring detector e recoil mass separator per la misura della sezione d'urto della reazione $^{12}\text{C}(\text{a}, \text{g})^{16}\text{O}$	Riunione di lavoro sull'Astrofisica Nucleare - Napoli 3/99
L. Gialanella	A new measurement of the E1 amplitude in the $^{12}\text{C}(\text{a}, \text{g})^{16}\text{O}$ reaction	NIC2000
D. Rogalla	Recoil separator ERNA: improved measurements of the astrophysical key reaction $^{12}\text{C}(\text{a}, \text{g})^{16}\text{O}$	NIC2000
G. Imbriani	La reazione $^{4}\text{He}(\text{g})^{12}\text{C}$: situazione sperimentale e influenza sull'evoluzione stellare	Università di Pisa
G. Imbriani	Dependence of stellar evolution on $^{12}\text{C}(\text{a}, \text{g})^{16}\text{O}$ reaction rate	NIC2000

Codice	Esperimento	Gruppo
1210	ERNA	3

Struttura
NAPOLI

Consuntivo anno 1999/2000

SIGNIFICATIVE VARIAZIONI DI BILANCIO

Capitolo	Variazione (ML)	Motivazione
Missioni Interne	_____	
Missioni Estere	_____	
Consumo	_____	
Trasporti e Facchinaggio	_____	
Spese Calcolo	_____	
Affitti e Manutenzioni	_____	
Materiale Inventariabile	_____	
Costruzione Apparati	_____	
Totale storni	_____	

CONFERENZE, WORKSHOP e SCUOLE ORGANIZZATE in ITALIA

Data	Titolo	Luogo
	3/18/1999: Riunione di lavoro sull'Astrofisica Nucleare	Sezione di Napoli

SIGNIFICATIVE COMMESSE E RELATIVO IMPORTO

ANAGRAFICA FORNITORE	DESCRIZIONE PRODOTTO O COMMESSA	IMPORTO (ML)

Codice	Esperimento	Gruppo
1210	ERNA	3

Struttura
NAPOLI

Consuntivo anno 1999/2000**MILESTONES RAGGIUNTE**

Data completamento	Descrizione
05/31/1999	Caratterizzazione del sistema di purificazione del fascio
12/31/1999	Misura del fattore di soppressione con bersagli solidi e versione preliminare, non completa, del separatore
06/30/2000	Analisi in termini di matrice R dei dati, ottenuti mediante l'esperimento del "ring-detector", riguardanti la componente E1 della sezione d'urto della reazione $4\text{He}(12\text{C}, \text{gamma})$.
09/30/2000	Test di tutti gli elementi ottici del separatore
12/31/2000	Completamento assemblaggio gas-target

Commento al conseguimento delle milestones

Per le ultime due "milestones" si tratta di date previste, salvo complicazioni nelle fasi di lavorazione delle componenti meccaniche, in particolare del gas-target.

SVILUPPO DI STRUMENTAZIONE INNOVATIVA

Separatore di rinculo ad elevatissimo fattore di soppressione del fascio contaminante (fino a 29 ordini di grandezza)

Ricadute su altri gruppi, sul sistema industriale e su altre discipline

Possibilità di misura di sezioni d'urto con fasci radioattivi di bassa intensità e di applicazioni nell'ambito della spettrometria di massa con acceleratore.

Codice	Esperimento	Gruppo
1210	ERNA	3

Struttura

NAPOLI

Elenco delle pubblicazioni anno 1999/2000

- [1] L. Gialanella et al, Absolute cross section of $p(7\text{Be},g)8\text{B}$ using a novel approach, Eur. Phys. J. A 7(2000)303
- [2] D. Rogalla et al, ERNA: ion beam purification, Nucl. Instr. Meth. A437(1999)266
- [3] D. Rogalla et al, ERNA: ion beam specifications, Eur. Phys. J. A6(1999)471
- [4] L. Gialanella et al, New measurement of the E1 component of the reaction $^{12}\text{C}(\text{a},\text{g})^{16}\text{O}$ using HPGe detector array, Report dei Laboratori Nazionali del Sud (1996-1998)
- [5] L. Gialanella et al, E1-Amplitude in $4\text{He}(\text{a},\text{g})^{16}\text{O}$, Frühjahrstagung der DPG, Freiburg, 1999
- [6] L. Gialanella et al: A new measurement of the E1 amplitude in the $^{12}\text{C}(\text{a},\text{g})^{16}\text{O}$ reaction, NIC2000
- [7] D. Rogalla et al, Recoil separator ERNA: improved measurements of the astrophysical key reaction $^{12}\text{C}(\text{a},\text{g})^{16}\text{O}$, NIC2000
- [8] G. Imbriani et al., Dependence of stellar evolution on $^{12}\text{C}(\text{a},\text{g})^{16}\text{O}$ reaction rate, NIC2000
- [9] G. Roters et al. : The E1 and E2 capture amplitudes in $^{12}\text{C}(\text{a},\text{g})^{16}\text{O}$, Eur. Phys. J. A6(1999)451

Esperimento

gruppo

Rappresentante nazionale

Struttura res. naz

nuovo continua

ERNA

3

A. D'Onofrio

Sez. di Napoli

continua

STR.	ESPERIM.	Missioni interno	Inviti ospiti stran.	Missioni estero	Mater. di Cons.	Spes Sem	Tras. e Fac.	Pub. Scien.	Spese Calc	Aff. e Manut. App.	Mater. invent.	Costruz. apparati	TOTALE
NAPOLI	Personale												
	Ricercatori	9,0		Tecnologi	2,0		Tecnici					Servizi mesi uomo	
	FTE	4,0		FTE	0,2		FTE						1,5
	Rapporti (FTE/numero) Ricercatori				0,44 Ricercatori+Tecnologi				0,38				
	ERNA			128	39						60		227
	di cui sj												
	Totali			128	39						60		227
	di cui sj												
	Richieste/(FTE ricercatori+tecnologi)				54,70								
	TOTALI												
Totali			128	39						60		227	
di cui sj													
Confronto con il modello EC4													
Mod. EC4 dati	0		128	39		0				60		227	
Totali-Dati EC4													
Personale													
Ricercatori	9,0		Tecnologi	2,0		Tecnici						Servizi mesi uomo	
FTE	4,0		FTE	0,2		FTE							1,5
Rapporti (FTE/numero) Ricercatori				0,44 Ricercatori+Tecnologi				0,38					
Richieste/(FTE ricercatori+tecnologi)				54,70									