

COMPITI E SUDDIVISIONE FONDI TRA LE UNITÀ DI RICERCA
prot. 2005028893

Coordinatore Scientifico	Aldo COVELLO
Ateneo	Università degli Studi di NAPOLI "Federico II"
Titolo della Ricerca	Teoria della struttura dei nuclei e della materia nucleare
Finanziamento assegnato	Euro 292.000
Durata	24 Mesi

Obiettivo della Ricerca

Il nucleo atomico è un insieme di A nucleoni fortemente interagenti. Sono note oggi circa 3000 specie nucleari, una gran parte delle quali prodotte in laboratorio e nell'interno delle stelle. E' previsto che esistano altrettante specie ed è uno dei principali obiettivi della fisica nucleare moderna cercare di produrre e studiare nuclei molto lontani dalla valle di stabilità ("nuclei esotici"), al fine di studiare le proprietà della materia nucleare in condizioni estreme. Dal punto di vista sperimentale, lo studio di nuclei esotici ha già avuto, o sta avendo, luogo in vari laboratori dove sono disponibili fasci di ioni radioattivi (RIB). Nel frattempo, lo sviluppo di nuovi apparati che produrranno RIB di alta intensità è in corso o in discussione in Europa, Asia e Nord America. La produzione di nuclei molto lontani dalla stabilità sta aprendo nuovi orizzonti alla struttura nucleare e dando un rinnovato impulso agli studi teorici. Lo studio della struttura dei nuclei costituisce un problema molto complesso. Infatti, si ha a che fare con un numero di particelle compreso fra 2 e circa 250 interagenti attraverso forze che traggono origine dall'interazione forte che tiene legati i quarks per formare protoni e neutroni. La cromodinamica quantistica (QCD), che è la dinamica di questa interazione, non può essere trattata perturbativamente nel regime nucleare e ad oggi non esiste nessuna teoria coerente delle forze nucleari a partire dall'interazione fra quarks e gluoni. Grandi progressi, tuttavia, si sono avuti negli ultimi 10-15 anni nella conoscenza del potenziale nucleone-nucleone (NN). Abbiamo ora a disposizione potenziali NN che riproducono molto accuratamente tutti i dati della diffusione NN, alcuni di essi essendo almeno in parte derivati nell'ambito della teoria mesonica delle forze nucleari. Inoltre, una nuova strada per affrontare il problema delle forze nucleari, suggerita per la prima volta da Weinberg, è stata sviluppata negli ultimi anni. Questa strada stabilisce un collegamento con la QCD attraverso la simmetria chirale ed ha prodotto "potenziali chirali", che si possono usare in calcoli di struttura nucleare. D'altra parte, indipendentemente dalla conoscenza delle forze nucleari, la complessità del problema nucleare per la grande maggioranza dei nuclei, diciamo per $A > 10$, richiede necessariamente l'uso di elaborate tecniche di teoria a molti corpi. Ciò implica che nello studio di nuclei finiti e della materia nucleare si deve far ricorso a vari modelli e tecniche a seconda del problema fisico in esame. Per lo sviluppo di questo campo di ricerca è quindi della massima importanza cercare di unificare gli sforzi dei vari gruppi che hanno gli stessi obiettivi.

Il principale obiettivo del progetto proposto è lo studio delle proprietà di nuclei finiti e della materia nucleare, con particolare attenzione rivolta a nuclei lontani dalla stabilità e ad aspetti della materia nucleare di interesse astrofisico. In questo contesto, si possono individuare le seguenti linee di ricerca.

1. Sia per quanto riguarda i nuclei finiti che la materia nucleare vi è una intensa attività intesa a dare un'interpretazione microscopica delle loro proprietà in termini delle interazioni elementari fra i nucleoni. Per quanto riguarda lo studio dei nuclei finiti, nei gruppi di Pisa e Padova l'interesse è concentrato sui sistemi a pochi corpi, cioè con $A=3,4$. Questi nuclei rappresentano un importante banco di prova delle proprietà dell'interazione nucleone-nucleone e del ruolo delle forze a tre corpi. L'interesse del gruppo di Napoli è invece rivolto ai nuclei medio-pesanti, in particolare esotici, in prossimità delle shell chiuse. In questo caso, l'interazione efficace del modello a shell viene derivata dall'interazione fra nucleoni liberi, il che fa sì che non vi siano parametri liberi in questo tipo di calcolo.

Per quanto riguarda lo studio della materia nucleare, calcoli microscopici vengono effettuati dal gruppo di Catania e viene studiato il ruolo delle forze a tre corpi e della superfluidità, con particolare attenzione alla materia delle stelle a neutroni. Lo studio della materia nucleare, in particolare neutronica, con le sue implicazioni astrofisiche, viene anche affrontato dai gruppi di Milano e Pisa facendo uso di moderne tecniche di teoria a molti corpi.

2. Un altro obiettivo del programma è lo studio delle proprietà di sistemi nucleari a molti corpi che non sono attualmente alla portata di calcoli dettagliati di modello a shell.

Queste proprietà sono, ad esempio, i modi vibrazionali di bassa energia, risonanze giganti, "scissors mode". Uno strumento teorico ampiamente usato dai gruppi di Catania, Milano e Napoli è la Random Phase Approximation e le sue estensioni. Anche il gruppo di Padova studia la struttura di nuclei medio-pesanti lontani dalle shell chiuse, facendo uso delle simmetrie dinamiche in corrispondenza delle transizioni di fase e del modello a bosoni e fermioni interagenti.

3. Come già detto in precedenza, un campo di ricerca centrale della moderna fisica nucleare è rappresentato dallo studio dei nuclei esotici. Questo è un obiettivo primario di questo progetto e riguarda sia lo studio di nuclei leggeri e medio-pesanti sia lo studio della materia nucleare, in particolare a bassa densità ed alto isospin. Tutti i gruppi sono attivamente impegnati in questa importante parte del programma, facendo uso della loro esperienza specifica allo scopo di evidenziare ed interpretare proprietà peculiari di nuclei esotici. Il gruppo di Pisa concentra l'attenzione su nuclei leggeri con alone e su reazioni di interesse astrofisico, mentre il gruppo di Napoli studia nuclei medio-pesanti nelle regioni di chiusura di shell lontane dalla stabilità (vedi 1.) Il gruppo di Padova intende estendere gli studi sulla simmetria di isospin a nuclei più pesanti lontani dalla stabilità. Il gruppo di Milano ha in programma di estendere lo studio di nuclei esotici leggeri a quello delle proprietà di nuclei lungo la "drip line", tenendo conto non solo dell'interazione NN, ma anche della "pairing" indotta ed altri effetti. Il gruppo di Catania studierà nuclei molto ricchi in neutroni mediante un procedimento autoconsistente di Brueckner-Hartree-Fock.

Per raggiungere gli obiettivi del programma è necessaria una stretta collaborazione dei 5 gruppi partecipanti. In alcuni casi, tale collaborazione è già esistente ed è una importante finalità del progetto quella di rendere il più possibile coerenti le attività dei

gruppi.

Innovazione rispetto allo stato dell'arte nel campo

Il programma scientifico sul quale si fonda il progetto comprende numerosi temi i quali rientrano, tuttavia, in un limitato numero di grandi linee di ricerca, tutte di interesse attuale e quindi suscettibili di nuovi ed importanti sviluppi nel corso dei prossimi anni. Uno dei principali obiettivi dei partecipanti al progetto è appunto quello di contribuire in modo innovativo e significativo a tali sviluppi. Nel seguito viene data una descrizione concisa dello stato dell'arte delle varie linee di ricerca, mettendo in luce gli aspetti innovativi del programma che verrà portato avanti nell'ambito del PRIN 2005.

1. Forze nucleari in sistemi a pochi corpi e a molti corpi

Il principale scopo di questa linea di ricerca è quello di descrivere le proprietà dei nuclei in termini delle interazioni fra i loro costituenti. Questo è in generale un problema molto difficile, che deve essere affrontato con differenti strumenti teorici a seconda del numero di nucleoni con cui si ha a che fare.

Per quanto riguarda i sistemi a pochi corpi, il gruppo di Pisa, facendo uso del formalismo delle funzioni armoniche ipersferiche, ha sviluppato tecniche che consentono di ottenere soluzioni praticamente esatte per nuclei con $A=3,4$. Tali tecniche verranno applicate allo studio di stati legati e del continuo di questi sistemi, partendo dai più recenti modelli di interazioni realistiche a 2 e 3 corpi e dalle correnti di scambio. Particolare interesse sarà rivolto alle reazioni a pochi corpi di interesse astrofisico. Un altro studio, condotto principalmente dal gruppo di Padova, ha come scopo quello di arrivare a migliorare la conoscenza di alcune proprietà dell'interazione NN, cioè la presenza di componenti che violano la simmetria di carica, la possibile esistenza di diagrammi a tre corpi irriducibili e gli effetti di tali diagrammi sui processi di diffusione a tre corpi.

Per quanto riguarda lo studio di nuclei più pesanti, saranno effettuati calcoli di modello a shell facendo uso di interazioni efficaci realistiche derivate da moderni potenziali NN. Un aspetto particolarmente innovativo di questi calcoli sta nel fatto che la forte repulsione a brevi distanze contenuta nel potenziale viene rinormalizzata attraverso l'uso del potenziale a bassi momenti V_{low-k} introdotto recentemente nell'ambito di una collaborazione fra il gruppo di Napoli ed il gruppo di fisica nucleare teorica di Stony Brook (USA). In varie pubblicazioni, si è mostrato che questo nuovo metodo costituisce una vantaggiosa alternativa al tradizionale uso della matrice G di Brueckner. Sarà anche condotto uno studio dettagliato di tale potenziale per accertare se, e in che misura, esso dipende dal particolare potenziale NN di cui si è fatto uso. Saranno, inoltre, studiati i criteri su cui si basa la scelta del momento di "cutoff". Questi problemi sono attualmente oggetto di dibattito a livello internazionale.

2. Nuclei esotici

Lo studio dei nuclei lontani dalla linea di stabilità, i cosiddetti "nuclei esotici", occupa un ruolo centrale nel progetto e riguarda diversi aspetti di questo campo in rapida espansione e dalle grandi prospettive. Lo studio del breakup nucleare e Coulombiano e degli effetti di rinculo in reazioni in cui intervengono nuclei esotici con alone sarà esteso al breakup protonico allo scopo di studiare reazioni di interesse astrofisico con il ^8B . Sarà iniziato uno studio di nuclei non legati per emissione di neutroni (^{10}Li and ^{13}Be), che sono costituenti dei nuclei con alone ^{11}Li e ^{14}Be . La tecnica MCAS (Multi-Channel-Algebraic-Scattering) sviluppata dal gruppo di Padova sarà applicata allo studio di processi indotti da fasci di ioni radioattivi come $^6\text{He-p}$ e $^8\text{He-p}$. Gli studi sulla simmetria di isospin saranno estesi a nuclei esotici più pesanti. Lo studio di nuclei esotici leggeri, quali ^{11}Be and ^{11}Li , effettuato dal gruppo di Milano, verrà esteso per studiare le proprietà di nuclei lungo le "drip lines". In questo studio, oltre che dell'interazione NN $^1\text{S}_0$, si terrà conto degli effetti di massa efficace e di rinormalizzazione di vertice. Nell'ambito dei calcoli realistici di modello a shell, a cui si fa riferimento in 1), saranno studiati gli effetti dell'interazione neutrone-protone quando ci si avvicina alle "drip lines" nelle regioni dello Sn e dello ^{132}Sn . Si intende anche effettuare uno studio di nuclei con grandi eccessi neutronici mediante il metodo di Brueckner-Hartree-Fock a doppia autoconsistenza sviluppato dal gruppo di Catania.

3. Eccitazioni collettive

L'estensione della Random-Phase-Approximation (RPA), sviluppata per lo studio dell'eccitazione multipla di risonanze giganti (GR), sarà applicata per interpretare i nuovi dati ottenuti a GANIL sull'eccitazione tripla di GR nella reazione $^{40}\text{Ca} + ^{40}\text{Ca}$ at 50MeV/u. Il gruppo di Napoli sta sviluppando un nuovo metodo per lo studio microscopico di stati collettivi nei nuclei medio-pesanti. Tale metodo, che è un metodo delle equazioni del moto, permette di risolvere esattamente il problema a molti corpi per una Hamiltoniana di forma generale in uno spazio che è la somma diretta di sottospazi ad n fononi. Saranno anche condotti studi fenomenologici riguardanti l'interpretazione di recenti dati sperimentali e la previsione di nuove proprietà nucleari. Essi sono: i) studio della risposta di dipolo magnetico (scissors mode) in nuclei superdeformati; ii) studio nell'ambito del modello quasiparticelle-fononi (QPM) delle proprietà collettive dei numerosi stati 0^+ osservati recentemente in nuclei deformati; iii) studio nell'ambito del QPM della rottura della simmetria mista (F-spin). Si proseguirà inoltre nello studio delle simmetrie dinamiche alle transizioni di fase per ottenere indicazioni sulle regioni della carta dei nuclidi dove possono trovarsi candidati per questo tipo di comportamento.

4. Materia nucleare

Il principale interesse degli studi della materia nucleare si concentra su oggetti stellari compatti, e in particolare sulle stelle di neutroni (SN). In questo contesto, le proprietà superfluide della crosta interna sono di grande importanza in relazione ai differenti aspetti della fisica delle stelle di neutroni. I gruppi di Catania, Milano e Pisa hanno piani di ricerca innovativi che in larga misura si sovrappongono e/o sono complementari, e che implicheranno quindi una diretta collaborazione. Lo studio della superfluidità sarà effettuato facendo uso di moderne tecniche a molti corpi quali la teoria BCS generalizzata (Catania), il metodo di Hartree-Fock-Bogoliubov facendo uso di una interazione di Skyrme in un certo numero di celle di Wigner-Seitz (Milano), il metodo di Montecarlo quantistico (Pisa). Il principale problema da affrontare è un'accurata determinazione del gap superfluido, il che rende necessario tener conto di vari effetti quali quello di "proximity" e quelli dovuti alla polarizzazione del mezzo. Altri temi di grande attualità, che saranno oggetto di studio, sono la possibile comparsa del plasma di quark e gluoni nel "core" interno delle SN e la dinamica di accrescimento in sistemi binari SN-buchi neri.

Oltre gli studi di interesse astrofisico, si intende continuare lo studio della materia nucleare a densità bassa e normale. Nel primo caso si cerca di ottenere informazioni sull'interazione nucleare efficace utili per lo studio delle proprietà di nuclei esotici, mentre nel secondo caso lo scopo è quello di collegare l'interazione fra nucleoni liberi a proprietà nucleari come il modulo di compressione e l'energia di simmetria.

Criteri di verificabilità

L'attività di ricerca da svolgere nell'ambito del PRIN2005 riguarda temi di Fisica nucleare teorica fondamentale e pertanto la verificabilità dei risultati del progetto non può che basarsi sui criteri generalmente adottati a livello internazionale per la valutazione di questo tipo di ricerca, che ha come obiettivo principale il progresso della conoscenza nel campo e lo sviluppo di nuove idee e metodi per realizzare tale progresso.

Questi criteri si possono brevemente esporre come segue:

- 1) *Quantità e qualità della produzione in termini di pubblicazioni, cioè numero dei lavori scientifici e prestigio delle Riviste Internazionali sui cui essi vengono pubblicati, valutato, ad esempio, mediante l' "impact factor".*
- 2) *Partecipazioni a Convegni Internazionali, in particolare con presentazione di relazioni su invito. Questo ultimo aspetto è di grande importanza, in quanto riflette la considerazione in cui viene tenuta, a livello internazionale, la ricerca svolta dai gruppi proponenti.*
- 3) *Pubblicazione sugli Atti di Convegni Internazionali di relazioni su invito estese, a dimostrazione del contributo scientifico dato dal relatore nell'ambito del Convegno.*
- 4) *Organizzazione di Convegni Internazionali e pubblicazione dei relativi Atti. Questo tipo di attività contribuisce ad aumentare il prestigio della ricerca italiana, apre possibilità di nuove collaborazioni internazionali e, anche attraverso la pubblicazione degli Atti, permette la diffusione di nuovi ed interessanti risultati scientifici prima che essi vengano pubblicati in forma definitiva. Adottando questi criteri di verificabilità, l'esito del progetto può essere valutato semplicemente sulla base della relazione consuntiva finale.*

Elenco delle Unità di Ricerca

Sede dell'Unità	Università degli Studi di NAPOLI "Federico II"
Responsabile Scientifico	Aldo COVELLO
Finanziamento assegnato	Euro 52.000

Compito dell'Unità

Il ruolo del gruppo di fisica nucleare teorica dell'Università di Napoli può essere illustrato nel modo seguente.

L'attività del gruppo riguarda vari aspetti della struttura nucleare, che possono essere inquadrati in due principali linee di ricerca:

1. *Studio delle proprietà di sistemi a molti corpi in termini delle interazioni fra i loro costituenti, protoni e neutroni. Nell'ambito del modello a shell, ciò implica la derivazione dell'interazione efficace, V_{eff} , nello spazio modello a partire dal potenziale fra nucleoni liberi. Questo è un problema molto complesso sia per la forte repulsione a brevi distanze contenuta in tutti i moderni potenziali nucleone-nucleone (NN) sia per la complessità delle tecniche di teoria a molti corpi necessarie per il calcolo degli elementi di matrice di V_{eff} . Per quanto riguarda la prima difficoltà, essa viene in generale superata facendo ricorso all'uso della matrice G di Brueckner. Recentemente, in collaborazione con il gruppo di teoria nucleare dell'Università di Stony Brook, è stato sviluppato un nuovo metodo per rinormalizzare l'interazione NN ed applicato con successo in calcoli proprietà nucleari. In questo metodo, viene costruito un potenziale confinato a bassi momenti, $V_{\text{low-}k}$, che conserva la fisica del potenziale NN originale fino al valore di un dato momento di "cutoff". Si è mostrato che questo procedimento rappresenta una vantaggiosa alternativa all'uso della matrice G . Ciò stabilisce un sicuro ponte fra il gruppo di Napoli e tutti gli altri gruppi partecipanti al progetto. In fatti, i moderni potenziali NN sono un ingrediente centrale nei calcoli per i sistemi a pochi corpi (Pisa, Padova) come pure in materia nucleare, in particolare per quanto riguarda le stelle a neutroni (Catania, Milano, Pisa). I calcoli realistici di modello a shell, effettuati dal gruppo di Napoli nell'ambito di un metodo di "folded diagrams" e rinormalizzando il potenziale NN attraverso la costruzione del potenziale $V_{\text{low-}k}$, si concentrano su nuclei esotici nelle regioni delle shell chiuse. Lo studio dei nuclei esotici è un tema di ricerca centrale del progetto sul quale sono attivamente impegnati tutti i gruppi. Il gruppo di Napoli studia nuclei esotici in prossimità di shell chiuse, in quanto essi sono attualmente di grande interesse al fine di mettere in luce una eventuale evoluzione della struttura a shell. Ciò ha prodotto varie proficue collaborazioni con gruppi sperimentali.*

2. *Studio di eccitazioni collettive in nuclei medio-pesanti. Il gruppo di Napoli ha una solida tradizione nello studio dei modi collettivi (ad esempio, lo "scissors mode") in nuclei pesanti sferici e deformati. Il principale strumento teorico per questo studio è la Random-Phase-Approximation e le sue estensioni, in particolare il modello quasiparticelle-fononi (QPM). Recentemente, mediante questo modello è stato possibile spiegare l'esistenza di un gran numero di stati 0^+ osservati nel ^{158}Gd . Questo è un notevole risultato, in quanto recenti esperimenti confermano l'esistenza di un simile fenomeno in altri nuclei deformati. Anche lo studio di eccitazioni collettive nucleari è un tema che vede impegnati tutti i gruppi, i cui strumenti teorici sono praticamente tutti riconducibili alla RPA. All'interno del presente progetto vi sono quindi molte possibilità di proficue collaborazioni, alle quali le specifiche competenze del gruppo di Napoli possono dare un importante contributo.*

Sede dell'Unità	Università degli Studi di PADOVA
Responsabile Scientifico	Andrea VITTURI
Finanziamento assegnato	Euro 65.000

Compito dell'Unità

L'attività del gruppo di fisica nucleare teorica dell'Università di Padova è centrata sullo studio combinato della struttura nucleare e delle reazioni nucleari, volto alla ricerca delle proprietà delle interazioni fondamentali, della natura delle correlazioni nucleari, dell'esistenza e dell'evolversi di comportamenti di tipo collettivo nei nuclei. Questi aspetti strutturali si sono studiati anche in relazione ai processi d'urto che con i loro diversi meccanismi sono in grado di metterli in evidenza. Questo tipo di attività è stata negli ultimi anni rivitalizzata dai notevoli progressi di tipo sperimentale per la produzione e lo studio di sistemi lontani dalla valle di stabilità. In questa attività è possibile individuare due filoni principali.

Il primo è costituito dallo studio dei sistemi leggeri nell'ambito di modelli e tecniche a pochi corpi. In particolare, si è sviluppato un metodo di trattazione di possibili effetti irriducibili del pione nei sistemi a pochi corpi, nell'ambito dello schema di calcolo di Faddeev-Yakubovski opportunamente generalizzato, che ha messo in luce un nuovo meccanismo che potrebbe dar luogo a forze a tre nucleoni di natura tensoriale. Questi processi di generazione di forze a tre corpi sono inoltre collegati strettamente ai processi di produzione del pione da collisioni nucleone-deuterio ad energie intermedie. Il gruppo di Padova ha fatto uno studio completo delle proprietà di spin della reazione di produzione di pioni da collisioni nucleone-deuterio. Infine, sempre utilizzando tecniche mutate dalla fisica dei pochi corpi e dei cluster leggeri, si è sviluppato un metodo per studiare le risonanze di bassissima energia nelle reazioni fra ioni leggeri, nell'ambito di modelli geometrici collettivi.

Il secondo filone riguarda i sistemi medio-pesanti trattati con modelli tipici dei sistemi a molti corpi. In quest'ambito il gruppo di Padova ha sviluppato alcuni tra i primi lavori in assoluto nel campo dello studio delle proprietà delle risonanze giganti in sistemi molto ricchi di neutroni (attività svolta in collaborazione con il gruppo di Catania), nel campo delle proprietà della risposta dipolare a bassa energia per sistemi debolmente legati vicini alle "drip lines" (in collaborazione con i gruppi di Catania e Milano), nel campo dello studio delle reazioni di break-up in reazioni tra ioni pesanti indotte da sistemi debolmente legati (in collaborazione con i gruppi di Catania, Milano e Pisa), nello studio delle proprietà della simmetria di isospin in nuclei con $N=Z$ e delle correlazioni di pairing in sistemi lontani dalla stabilità (in collaborazione con il gruppo di Milano). Tutte queste tematiche continueranno ad essere investigate in relazione a continui paralleli sviluppi in campo sperimentale. In quest'ottica, il gruppo è direttamente coinvolto e svolge attività di supporto teorico a gruppi sperimentali che svolgono attività presso i laboratori di Legnaro, GANIL, GSI, Muenchen.

Sede dell'Unità	Università degli Studi di PISA
Responsabile Scientifico	Adelchi FABROCINI
Finanziamento assegnato	Euro 75.000

Compito dell'Unità

Studio microscopico e realistico della struttura di sistemi nucleari.

1) Sistemi a pochi corpi.

Lo scopo è lo studio della struttura di sistemi, essenzialmente nucleari, a pochi corpi (nuclei leggeri) e delle loro reazioni a partire da interazioni realistiche e utilizzando tecniche di espansione accurate della funzione d'onda, sviluppate dalla Unità. La ricerca vede già una avanzata collaborazione tra i ricercatori della Unità pisana e della Unità di Padova e dei laboratori USA di TJLAB e TUNL.

2) Struttura di nuclei medio-pesanti e nuclei esotici

Si intende studiare ed estendere le tecniche variazionali, già usate con successo in materia nucleare, a nuclei medio-pesanti con doppia shell chiusa, fino al Pb. All'interno di questo argomento si potrà implementare una collaborazione con l'unità di Napoli, oltre a quella già attiva e fruttifera con ricercatori di Trieste (SISSA).

Un campo di notevole e attuale interesse, anche dal punto di vista sperimentale, è lo studio della struttura e delle reazioni con nuclei aventi un eccesso di neutroni (nuclei halo e/o esotici). In questo settore i ricercatori della unità hanno una posizione di primo piano in campo internazionale. La ricerca, fin da ora, è condotta in collaborazione con le unità di Padova e di Catania.

3) Sistemi a molti corpi - Materia Nucleare

Studio dell'equazione di stato di materia nucleare, neutronica e strana ad alte densità con tecniche moderne di fisica dei multi-corpi (teorie CBF, Brueckner e Quantum Monte Carlo) e delle implicazioni astrofisiche. In particolare, si vuole continuare lo studio della insorgenza della superfluidità in materia nucleare. La ricerca vedrà una continua collaborazione con la unità di Catania e con ricercatori di Trieste (SISSA) e dell'Università di Barcellona.

Il gruppo di Pisa si assume il compito dell'organizzazione logistica di un Convegno, da tenersi a Cortona nell'Ottobre 2006, nel corso del quale verranno presentati e discussi i primi risultati del progetto. Questo Convegno si è tenuto anche nel passato con cadenza biennale e sarà aperto ad altri fisici italiani e stranieri. Il programma scientifico, che prevede anche l'invito di relatori esterni, sarà preparato dal Coordinatore Scientifico del Programma di Ricerca in collaborazione con i Responsabili Scientifici delle Unità di Ricerca. È prevista la pubblicazione degli Atti del Convegno in lingua inglese a cura della World Scientific Publishing Co. Nella suddivisione dei fondi assegnati, si è attribuita al gruppo di Pisa una cifra supplementare per la copertura delle spese di

organizzazione del Convegno e la pubblicazione degli Atti.

Sede dell'Unità	Università degli Studi di CATANIA
Responsabile Scientifico	Umberto LOMBARDO
Finanziamento assegnato	Euro 50.000

Compito dell'Unità

Il ruolo dell'unità operativa di Catania nella collaborazione al progetto presentato può essere messo in luce nel modo seguente.

1) Il mapping bosonico, cioè la trascrizione della teoria di molti fermioni in termini di gradi di libertà di bosoni, può trovare applicazione nello studio delle correlazioni di pairing nella superfluidità di materia nucleare (Catania, Milano, Pisa), delle stelle di neutroni (Catania, Milano) e delle eccitazioni collettive (Catania, Napoli, Milano, Padova).

2) Gli studi di materia nucleare nella teoria di Bethe-Brueckner-Goldstone hanno un ampio spettro di interesse ed applicabilità per tutti i gruppi:

i) la matrice G (Catania) e l'interazione V_{low-k} (Napoli) si complementano nei calcoli di spettroscopia nucleare.

ii) la teoria BBG fornisce il primo passo verso la teoria di Brueckner-Hartree-Fock a doppia autoconsistenza, che si intende sviluppare in collaborazione con il gruppo di Napoli.

iii) si possono determinare le basi microscopiche del potenziale ottico (vs energia, densità nucleare, isospin) per i calcoli di diffusione nucleone-nucleo su nuclei esotici (Pisa, Padova).

iv) calcoli di materia nucleare polarizzata in isospin e spin saranno effettuati per studi di struttura di stelle di neutroni (Catania, Pisa, Milano) e loro proprietà magnetiche (Pisa), e lo studio di reazioni di scambio carica in reazioni con fasci esotici (Pisa, Padova).

3) L'attività di astrofisica nucleare va verso una teoria unitaria delle stelle di neutroni: struttura della superficie e dinamica dei vortici, struttura della componente adronica delle regioni interne e suo ruolo nella evoluzione termodinamica, possibile transizione di fase a quark-gluon plasma nel nocciolo più interno. Questo studio crea un quadro di riferimento per specifici approfondimenti sulla crosta stellare (Catania, Milano), produzione e trasmissione di neutrini (Catania, Pisa), produzione di iperoni e mesoni (Catania, Pisa)

4) Gli studi sulle correlazioni di pairing sono finalizzati a determinare una interazione di pairing efficace (dipendente dalla densità), a definire i meccanismi di schermaggio del mezzo e gli effetti dispersivi dello spettro di particella singola. Una teoria completa del pairing può dare risposte sugli stati superfluidi che possono esistere nelle stelle di neutroni e sull'entità del gap superfluido importante per lo studio dei vortici e del raffreddamento, sul pairing a $T=1$ (neutrone-neutrone) nella coda di bassa densità di nuclei ricchi di neutroni, sul pairing $T=0$ (neutrone-protone) in nuclei instabili $N=Z$.

5) Le descrizioni di eccitazioni multiple di risonanze giganti oltre la RPA in reazioni fra ioni pesanti, oltre a stimolare lo sviluppo della collaborazione Catania-Padova nel settore, può trasferire i suoi metodi di indagine e approssimazione in altri settori come eccitazioni collettive in sistemi superfluidi (Catania, Milano) e in materia nucleare in regime di alta densità per lo studio dell'accoppiamento con l'interazione debole (Catania, Pisa).

Sede dell'Unità	Università degli Studi di MILANO
Responsabile Scientifico	Ricardo Americo BROGLIA
Finanziamento assegnato	Euro 50.000

Compito dell'Unità

Il gruppo di fisica nucleare teorica dell'Università di Milano ha una consolidata esperienza nel campo della struttura nucleare, ed in particolare nei seguenti temi di ricerca:

1) Correlazioni di pairing nei nuclei e nella "crosta interna" delle stelle a neutroni, nella quale nuclei finiti sono immersi in un mare di neutroni liberi.

2) Gradi di libertà di particella singola e collettivi (risonanze giganti e vibrazioni a bassa energia) ed il loro accoppiamento che conduce alla massa efficace e fenomeni di smorzamento, interazioni indotte, effetti di polarizzazione, etc., sia in nuclei stabili che esotici.

3) Correlazioni nello stato fondamentale, loro effetto sui parametri globali che determinano le proprietà del campo medio nucleare e loro contributo alla stabilità nucleare.

Il gruppo di Milano ha inoltre un'ampia esperienza nelle tecniche di teoria dei campi nucleare (NFT) necessarie per trattare l'accoppiamento fra moto collettivo e di particella singola evitando problemi di sovracompletezza della base, come anche violazioni del principio di Pauli.

Sfruttando queste competenze, il ruolo del gruppo di Milano all'interno della collaborazione sarà quello di contribuire a sviluppare:

a) Un'accurata formula di massa che tiene conto delle correlazioni nello stato fondamentale.

b) Un'accurata descrizione delle correlazioni di pairing in nuclei esotici che tiene conto sia del ruolo della interazione fra nucleoni liberi che degli effetti di polarizzazione del mezzo.

c) Un modello realistico per vortici quantistici nella crosta interna di stelle a neutroni fondato su un'accurata descrizione delle

correlazioni di pairing in questi sistemi, che tenga adeguatamente conto dei "proximity effects" e della polarizzazione del mezzo.
