

COMPITI E SUDDIVISIONE FONDI TRA LE UNITÀ DI RICERCA  
prot. 2005024090

<b>Coordinatore Scientifico</b>	Nicolo' D'AMICO
<b>Ateneo</b>	Università degli Studi di CAGLIARI
<b>Titolo della Ricerca</b>	La pulsar doppia e oltre: verso una nuova era della ricerca sulle pulsar
<b>Finanziamento assegnato</b>	<b>Euro</b> 182.000
<b>Durata</b>	24 Mesi

## Obiettivo della Ricerca

Il programma di ricerca qui presentato è finalizzato al raggiungimento dei seguenti obiettivi:

### I) OSSERVAZIONI RADIO DELLA PULSAR DOPPIA.

La prosecuzione delle osservazioni di timing nei prossimi anni non solo contribuirà a migliorare i test della Relatività Generale ottenendo misure assai precise per i valori di tutti e cinque i parametri post-Kepleriani già disponibili, ma aprirà possibilità del tutto nuove ad esempio nel campo della fisica della materia condensata: la prospettiva più intrigante è in particolare legata ad una misura ultraprecisa dell'avanzamento della linea degli apsi nel sistema. Le simulazioni che abbiamo condotto mostrano che in pochi anni di "timing" sarà possibile evidenziare contributi all'avanzamento relativistico del periastro dovuti a termini legati alla rotazione della pulsar A e in particolare al suo momento di inerzia I. Una misura di I con una incertezza del 10% (accoppiata alla conoscenza accurata che già abbiamo della massa della pulsar A e del suo regime rotazionale) permetterà di vincolare strettamente la equazione di stato per la materia nucleare, escludendo moltissime delle equazioni proposte sinora e costituendo così una pietra miliare nella ricerca scientifica sulle stelle di neutroni.

### II) RICERCA DI NUOVE RADIO PULSAR: LA "PERSEUS ARM SURVEY".

Abbiamo deciso di intraprendere un nuovo esperimento, denominato Perseus Arm survey (PA survey, PIs Nichi D'Amico e Andrew Lyne), che indagherà la regione di cielo compresa fra le longitudini galattiche 200 e 260 e le latitudini galattiche da -5 a +5, ossia il disco galattico attorno alla direzione del braccio di Perseo della Galassia. Questa survey amplierà il campione, finora scarso, di pulsar a grandi distanze dal centro galattico, permettendo di risolvere le ambiguità correnti riguardanti la distribuzione radiale delle pulsar.

### III) "TIMING" DELLE RADIO PULSAR SCOPERTE NELLE SURVEYS GIÀ CONCLUSE.

Per almeno altri due anni sarà necessario condurre cicliche osservazioni di "timing" relative ad oggetti scoperti di recente. Tali osservazioni sono essenziali per identificare fra le nuove pulsar quelle giovani o quelle peculiari per altri aspetti.

### IV) "TIMING" DI RADIO PULSAR IN AMMASSI GLOBULARI.

Nel caso di NGC6752 saremo in grado di misurare i moti propri delle due pulsar più periferiche nell'ammasso e porremo limiti superiori alla derivata seconda del periodo di rotazione delle tre pulsar a millisecondo prossime al centro dell'ammasso. Tali misure permetteranno di vincolare sperimentalmente la dinamica dell'ammasso, e si combineranno perfettamente con il lavoro teorico (sulla dinamica degli oggetti compatti negli ammassi globulari) simultaneamente condotto dal gruppo di Milano (vedere anche il punto VIII).

### V) NUOVE ATTREZZATURE PER L'ANALISI DEI DATI.

Relativamente al sistema di analisi dati dell'Unità di Cagliari che consiste in un sistema di tipo Beowulf con 40 nodi, ci proponiamo di acquisire ulteriori 8 "single board dual processor computer" nel quadro del presente progetto.

### VI) STUDIO OSSERVATIVO MULTIBANDA DELLE MILLISECOND PULSAR BINARIE.

Il programma scientifico della Unità di Ricerca di Palermo è focalizzato su una migliore comprensione dell'origine, dell'evoluzione e dei parametri fisici delle MilliSecond Pulsar (MSP) in sistemi binari, con particolare riferimento alla fase di Low Mass X-ray Binary (LMXB). Dal punto di vista osservativo, lo studio della connessione tra LMXB e MSP verrà effettuato tramite (i) osservazioni in BANDA X, che consentono di studiare i parametri orbitali e l'evoluzione della frequenza di spin causati dal trasferimento di materia sull'oggetto compatto. (ii) osservazioni in BANDA RADIO, per la ricerca delle pulsazioni radio durante la quiescenza X con lo scopo di dimostrare che la pulsar radio si accende in questi sistemi quando il tasso di accrescimento di massa è sufficientemente basso. In particolare, le osservazioni sono effettuate ad alte frequenze radio (5-6 GHz) in modo da ridurre la profondità ottica dell'assorbimento free-free causato dalla materia che si trova intorno al sistema binario (e.g. Burderi et al 2002). (iii) osservazioni in BANDA OTTICA, per la ricerca delle controparti ottiche delle LMXB in quiescenza. In questi sistemi, infatti le compagne fungono da bolometri e permettono di misurare la potenza del dipolo magnetico rotante (radio pulsar) fornendo una prova "indiretta" che la radio pulsar è attiva durante la quiescenza.

### VII) STUDIO TEORICO-SIMULATIVO DI FORMAZIONE E EVOLUZIONE DI MILLISECOND PULSAR BINARIE.

In questo ambito il programma scientifico della Unità di Ricerca di Palermo intende affrontare le problematiche seguenti: (i) la formazione di stelle di neutroni (NS) in sistemi binari. (ii) l'evoluzione secolare di binarie interagenti comprendenti una NS, con l'inclusione di trasferimento di massa non-conservativo dovuto a radio-ejection. (iii) la distribuzione dei periodi orbitali finali di sistemi contenenti MSP alla fine della fase di scambio di massa.

### VIII) DINAMICA DI PULSAR E STELLE IN AMMASSI GLOBULARI.

L'unità in Milano desidera indirizzare lo studio lungo le linee seguenti: (i) Costruzione di un "archivio" comprensivo di tutte le interazioni rilevanti per lo studio della dinamica dei buchi neri con pulsar e più genericamente con stelle, in ammassi globulari. (ii) Formazione di sistemi pulsar-buchi neri. (iii) Sulla base dei risultati al punto (ii) intendiamo studiare in collaborazione con il gruppo teorico di Torino, quali proprietà di timing caratterizzerebbero pulsar in sistemi tripli con due buchi neri e quali parametri fossero effettivamente misurabili. (iv) Interazione di una pulsar con le stelle orbitanti attorno ad un IMBH in ammasso attraverso simulazioni N-body per tracciare la percolazione di pulsar in sistemi stellari attorno a IMBH, esaminando la stabilità del cusp

stesso.  
IX) **STUDIO TEORICO DEGLI EFFETTI RELATIVISTICI E GRAVITO-MAGNETICI IN PULSAR BINARIE.**  
In questo quadro l'Unità di Ricerca di Torino sfrutterà i dati osservativi prodotti dalla Unità di Ricerca di Cagliari per lo studio teorico di effetti relativistici e gravito-magnetici in sistemi binari di pulsar. In dettaglio lo studio concernerà: tempi di volo e ritardi temporali simmetrici e asimmetrici nella propagazione dei segnali; effetti geometrici simmetrici e asimmetrici sulla traiettoria dei segnali; effetti di frequency shift sullo spettro dei segnali; timing e forma degli impulsi ricevuti a terra.

X) **QPOs IN LMXBs: ANALISI DELLO SPAZIO-TEMPO ATTORNO A STELLE DI NEUTRONI.**  
L'Unità di Ricerca di Milano pianifica di lavorare sulla caratterizzazione statistica delle distribuzioni in frequenza delle QPOs nei differenti sistemi al fine di verificare recenti modelli sull'origine fisica delle oscillazioni. Questa linea di ricerca costituisce uno strumento importante per evidenziare effetti relativistici in campo forte.

XI) **AXP, MAGNETAR E RADIO PULSAR: ASPETTI COMPLEMENTARI DEL MAGNETISMO E DELLA ROTAZIONE NELLE PULSAR.**  
In questo ambito, il principale obiettivo del programma di ricerca dell'Unità di Milano è di investigare in maggior dettaglio la connessione fra emissione termica e non-termica in stelle di neutroni isolate. Ciò sarà ottenuto combinando dati dai due migliori satelliti di XMM-Newton e INTEGRAL. Alcune giovani pulsar radio scoperte dalla survey di Parkes sono candidati promettenti per la rivelazione nella banda X-hard di INTEGRAL. Tutti i dati INTEGRAL relativi al primo anno di missione, inclusi di una copertura profonda del piano Galattico, sono ora pubblici e ulteriori dati pubblici verranno rilasciati nei prossimi mesi. Abbiamo acquisito presso l'IASF-Milano una copia dell'archivio pubblico di INTEGRAL per permettere una implementazione efficiente per studi sistematici.

## **Innovazione rispetto allo stato dell'arte nel campo**

Le tecnologie sperimentali adottate, sia nello sviluppo della strumentazione necessaria che nella analisi dei dati e nelle simulazioni numeriche sono perfettamente in linea con le più moderne metodologie utilizzate in questo campo. Particolarmente innovativo è certamente l'apparato sperimentale adottato a Parkes nella ricerca di sistemi binari contenenti radio pulsar e nei sofisticati sistemi di osservazione che consentono la misura di effetti relativistici con precisione senza precedenti.

## **Criteri di verificabilità**

I criteri di verificabilità del progetto consistono essenzialmente nel tenore e nella consistenza numerica delle pubblicazioni scientifiche che saranno prodotte e che saranno pubblicate per lo più su riviste internazionali di altro profilo.

## **Elenco delle Unità di Ricerca**

<b>Sede dell'Unità</b>	Università degli Studi di CAGLIARI
<b>Responsabile Scientifico</b>	Nicolo' D'AMICO
<b>Finanziamento assegnato</b>	Euro 52.000

## **Compito dell'Unità**

L'Unità di Cagliari ricoprirà un ruolo prevalentemente osservativo, utilizzando la sua vastissima esperienza nel campo della scoperta e delle osservazioni di follow-up di radio pulsar per mettere a disposizione delle altre Unità i dati osservativi sulla base dei quali testare i modelli teorici. In particolare il piano di lavoro dell'Unità di Cagliari prevede di effettuare regolari osservazioni di "timing" della pulsar doppia e delle pulsar scoperte negli ammassi globulari e nel campo galattico. Verranno a tal scopo utilizzati sia il radiotelescopio di Parkes sia quello di Green Bank, riservando in particolare una attenzione crescente alle osservazioni polarimetriche.

Le osservazioni della pulsar doppia (punto I) serviranno per confronto con il lavoro teorico della Unità di Ricerca di Torino (effetti relativistici, punto IX). Le osservazioni di timing delle pulsar nell'ammasso globulare NGC 6752 (punto IV) permetteranno alla Unità di Ricerca di Milano di approfondire gli studi sulla dinamica degli ammassi globulari (punto VIII), mentre le osservazioni di timing delle pulsar in NGC 6397 e in NGC 6441 (punto IV) forniranno importanti informazioni per le simulazioni di evoluzione di sistemi binari contenenti radiopulsar, argomento che verrà sviluppato dalla Unità di Ricerca di Palermo (punto VII). Le osservazioni di timing di pulsar recentemente scoperte nel campo galattico (punto III) permetteranno di individuare quelle più giovani ed energetiche attorno alle quali l'Unità di Ricerca di Milano (punto XI) potrà sviluppare le proprie indagini nelle bande dei raggi X e raggi gamma.

Inoltre, la collaborazione operante a Parkes, di cui il Gruppo Pulsar Italiano è parte integrante, ha deciso di rianalizzare ciclicamente tutti i dati delle survey già completate o ancora in corso utilizzando codici di ricerca rinnovati e di volta in volta più sensibili a pulsar in sistemi binari stretti e con compagni massivi. L'attuale versione di questi codici potrebbe portare alla scoperta della prima pulsar in orbita attorno ad un buco nero. Le Unità di Ricerca di Milano (punto VIII) e di Torino (punto IX) forniranno indicazioni teoriche sugli ambienti stellari più favorevoli alla scoperta di un tale sistema binario e sugli effetti che un buco nero potrebbe imprimere sul segnale di una radio pulsar.

<b>Sede dell'Unità</b>	Università degli Studi di MILANO-BICOCCA
<b>Responsabile Scientifico</b>	Monica COLPI
<b>Finanziamento assegnato</b>	<b>Euro</b> 39.000

### **Compito dell'Unità**

*L'Unità di Ricerca di Milano è attiva da anni nell'esplorazione degli oggetti compatti Galattici, sia in ambito teorico che osservativo e ha ottenuto importanti riconoscimenti a livello internazionale. Gli studi teorici sono stati rivolti all'analisi di diversi aspetti della fisica delle stelle di neutroni, dalle pulsar a millisecondo ai magnetars, dalle stelle di neutroni in accrescimento alle stelle di neutroni isolate. In seguito alla recente scoperta di pulsar in ammasso con proprietà peculiari, questa Unità di Ricerca ha potenziato studi numerici nel campo della dinamica applicata agli incontri gravitazionali coinvolgenti stelle, pulsar e buchi neri. In ambito osservativo, il gruppo ha condotto importanti ricerche su Low Mass X-ray Binary (LMXB) ospitanti sia stelle di neutroni che buchi neri, pulsar X anomale, Soft-Gamma Ray Repeater, magnetar, soltanto per menzionare alcuni fra i più recenti contributi. Queste osservazioni sono state ottenute avvalendosi delle facilities più avanzate (RXTE, XMM-Newton, INTEGRAL) attraverso il coordinamento diretto della ricerca come Principal Investigators.*

*L'Unità intende sviluppare alcune tematiche affini all'intero progetto che vede coinvolte le competenze del gruppo di Cagliari, Palermo e Torino. In particolare lo studio della dinamica di pulsar e stelle in ammassi globulari (punto VIII) e la ricerca di buchi neri negli ammassi globulari (punto VIII) saranno compiuti avvalendosi delle informazioni derivanti dal "timing" di radiopulsar negli ammassi globulari effettuato dalla Unità di Cagliari (punto IV).*

*L'analisi dello spazio-tempo attorno a stelle di neutroni, effettuata grazie all'indagine osservativa delle QPO nelle LMXB (punto XI), si svilupperà in stretta collaborazione con le indagini teoriche connesse alla Relatività Generale portate avanti dalla Unità di Torino (punto IX) e con le osservazioni multi-banda (punto VI) e gli studi evolutivi (punto VII) della Unità di Palermo.*

*Lo studio di ciò che differenzia le Anomalous X-Ray Pulsar, le Magnetar e i Soft Gamma Repeaters dalle radio pulsar (punto X) trarrà infine giovamento dal campione allargato di questi ultimi oggetti fornito dalle survey e dalle osservazioni di follow-up condotte dalla Unità di Cagliari (punti II e III).*

*Vi sarà infine una stretta collaborazione fra i membri dell'Unità stessa di Milano: teoria a confronto con le osservazioni in entrambi i progetti di cui ai punti X e XI, con attenzione alle problematiche della dicotomia fra riscaldamento e raffreddamento in stelle di neutroni (riscaldamento crostale indotto dall'accrescimento; deposizione di energia dal campo magnetico in decadimento; emissione di neutrini). Questo motiva la condivisione di un assegno di ricerca post-dottorato fra IASF e l'Università. L'assistenza di studenti in transito fra laurea e dottorato è anche essenziale per garantire la continuità del lavoro e conseguire risultati sul progetto di studio riguardante gli incontri gravitazionali in ammassi globulari.*

---

<b>Sede dell'Unità</b>	Politecnico di TORINO
<b>Responsabile Scientifico</b>	Angelo TARTAGLIA
<b>Finanziamento assegnato</b>	<b>Euro</b> 30.000

### **Compito dell'Unità**

*TARTAGLIA Angelo Il ruolo della Unità di Ricerca di Torino sarà eminentemente teorico, rivolto in particolare all'approfondimento delle problematiche relative all'occorrenza e osservabilità di effetti relativistici e gravito-magnetici nei sistemi binari contenenti una radio pulsar (punto IX). La collaborazione con l'Unità di Cagliari in questo settore sarà ovviamente feconda, in particolare per quanto concerne la possibilità di accedere ai dati osservativi del miglior laboratorio cosmico oggi disponibile per lo studio della gravità in campo forte, ossia la pulsar doppia (punto I). L'interazione fra l'Unità di Torino e quella di Cagliari si estenderà peraltro anche allo studio degli effetti osservativi prodotti sul segnale di una radio pulsar da un ipotetico buco nero attorno a cui essa orbita, un sistema che l'Unità di Cagliari potrebbe scoprire prossimamente nel corso delle nuove survey in cui è coinvolta (punto II).*

*L'Unità di Torino svilupperà una fruttifera collaborazione anche con l'Unità di Milano, da un lato per indagare gli effetti gravitazionali su una pulsar in orbita attorno ad un buco nero di massa intermedia (quale potrebbe essere ospitato in un ammasso globulare; punto VIII) e da un altro lato per studiare il ruolo degli effetti relativistici sulle Oscillazioni Quasi Periodiche (QPO) osservate in binarie X in accrescimento (punto X).*

<b>Sede dell'Unità</b>	Università degli Studi di PALERMO
<b>Responsabile Scientifico</b>	Tiziana DI SALVO
<b>Finanziamento assegnato</b>	Euro 61.000

### **Compito dell'Unità**

*Il ruolo scientifico della Unità di Ricerca di Palermo è duplice, sia osservativo sia teorico, coll'intenzione di affrontare nel modo più approfondito i problemi aperti del cosiddetto scenario del 'recycling', che stabilisce un collegamento fra le Low Mass X-ray Binary (LMXB) contenenti Stelle di Neutroni (NS) e le pulsar a millisecondo (MSP), nell'ipotesi che le prime siano i progenitori delle seconde. Da una parte si studieranno i sistemi LMXB con osservazioni multibanda (punto VI) in modo da ottenere una determinazione dei parametri fisici di questi sistemi quanto più precisa possibile, dall'altro lato si confronteranno questi risultati con le predizioni delle simulazioni (punto VII). Queste ultime verranno condotte in seno alla stessa Unità da membri che godono di una esperienza e rinomanza internazionale nel settore e che dispongono di codici evolutivi fra i più aggiornati a disposizione. Dal punto di vista osservativo (punto VI), lo studio della connessione tra LMXB e MSP varrà effettuato tramite osservazioni in banda X in stretto contatto con l'Unità di Ricerca di Milano (punto X) e con lo scopo di studiare i parametri orbitali del sistema e l'evoluzione della frequenza di spin causati dal trasferimento di materia sull'oggetto compatto; in banda radio, avvalendosi della expertise dell'Unità di Ricerca di Cagliari (con lo scopo di osservare pulsazioni radio nelle fasi di quiescenza delle binarie X transienti); ed in banda ottica, per la ricerca delle controparti ottiche delle LMXB in quiescenza, le quali fungono da bolometri e permettono di misurare la potenza del magneto-dipole rotator. L'interazione scientifica con l'Unità di Ricerca di Cagliari sarà frequente e feconda anche sulla piano di una dettagliata simulazione della evoluzione orbitale delle pulsar binarie nel campo stellare (punto I e punto III) ed in ammassi globulari scoperte dalla Unità di Ricerca di Cagliari (punto IV).*

---