

COMPITI E SUDDIVISIONE FONDI TRA LE UNITÀ DI RICERCA  
prot. 2005024772

<b>Coordinatore Scientifico</b>	Gabriele GIOVANNINI
<b>Ateneo</b>	Università degli Studi di BOLOGNA
<b>Titolo della Ricerca</b>	Campi Magnetici su Grande Scala nell'Universo
<b>Finanziamento assegnato</b>	<b>Euro</b> 36.000
<b>Durata</b>	24 Mesi

## Obiettivo della Ricerca

*Tenuto conto della durata limitata (2 anni) del presente progetto, ci prefiggiamo di approfondire le nostre conoscenze dei Campi Magnetici in ammassi di galassie per approfondire poi in futuro le nostre conoscenze sui campi magnetici a grande scala nell'Universo.*

*In particolare ci proponiamo di:*

- ) *ricavare valori accurati della intensità dei Campi Magnetici in ammassi di galassie*
- ) *comprendere perché in letteratura i valori ottenuti tramite misure di rotazione (RM) siano diversi (superiori) rispetto a quelli ricavati con altri metodi*
- ) *ottenere il profilo della intensità del campo magnetico in funzione della distanza dal centro negli ammassi e confrontarlo con quello previsto dai modelli di emissione di sincrotrone degli ammassi*
- ) *studiare la struttura dei campi magnetici, la presenza di filamenti e di varie scale di disomogeneità (spettro di potenza)*
- ) *ricavare la correlazione tra le proprietà dei campi magnetici ed altri parametri degli ammassi come densità del gas, massa, interazioni e fusioni tra ammassi*
- ) *studiare l'effetto del campo magnetico sullo spettro di sincrotrone previsto dai modelli di emissione da ammassi*
- ) *ricavare informazioni sul campo magnetico dal confronto tra le previsioni dei modelli di accelerazione di particelle e le proprietà statistiche degli aloni.*

*Questi obiettivi possono essere raggiunti tramite nuove osservazioni ed uno sviluppo dei modelli teorici.*

## Innovazione rispetto allo stato dell'arte nel campo

*Per ottenere i risultati prefissati ci proponiamo di svolgere i seguenti sotto-progetti:*

### 1) Approfondimento della nostra conoscenza dell'ammasso di Coma

*a) osservazioni nel continuo:*

*è possibile ora ottenere una mappa radio ad alta risoluzione angolare a 150 MHz con il Westerbork Synthesis Radio Telescope (WSRT) per studiare a bassa frequenza la struttura delle sorgenti estese. Inoltre con il nuovo radio telescopio indiano (GMRT) si potranno ottenere immagini a 610 MHz. Questo ci permetterà di conoscere con maggior dettaglio la morfologia delle radiosorgenti estese ed i loro profili radiali. Inoltre sarà possibile ottenere mappe dettagliate dell'andamento dell'indice spettrale. Questo dato è di fondamentale importanza per la conoscenza della distribuzione energetica delle particelle relativistiche e per lo studio dei processi di riaccelerazione. Entrambi questi punti sono collegati alla intensità e distribuzione del campo magnetico. Al momento attuale abbiamo già ottenuto a questo scopo 72 ore di osservazione con il WSRT.*

*b) osservazioni polarimetriche:*

*per una misura della intensità del campo magnetico nell'ammasso di Coma e del suo profilo radiale, abbiamo individuato 10 sorgenti polarizzate a diversa distanza dal centro per derivare con maggior sensibilità e risoluzione angolare la stima del campo magnetico attraverso la misura della rotazione (RM) per effetto Faraday. La analisi dei dati si avvarrà anche del pacchetto di analisi FARADAY sviluppato da Murgia et al. (2004) come discusso successivamente e nel Modello B. Per questo progetto è già stato ottenuto 80 ore di osservazione al VLA.*

### 2) Applicazione del pacchetto software FARADAY ad A2255

*questo pacchetto software, presentato da Murgia et al. (2004) che lo hanno applicato con successo all'ammasso A119, permette di ricavare da immagini di RM di sorgenti radio non solo la intensità, ma anche la pendenza dello spettro di potenza delle fluttuazioni del campo magnetico, su scale da 1-10 kpc (immagini di sorgenti discrete) a 1 Mpc (aloni radio). FARADAY può essere utilizzato per stimare la polarizzazione aspettata su grande scala negli aloni, migliorando le stime basate sulla RM. L'applicazione di FARADAY ad A2255 ci permetterà di descrivere il campo magnetico in A2255 su piccola e grande scala. Una proposta di osservazione è stata sottomessa per questo progetto.*

### 3) Correlazione tra Campi Magnetici e temperatura in ammassi di Galassie

*utilizzando dati di letteratura, disponibili negli archivi, e/o dati già a nostra disposizione o ottenuti con nuove richieste di osservazione, vogliamo estendere la correlazione tra la brillantezza superficiale in banda X e la misura di rotazione di Faraday (Dolag*

et al. 2001) ad ammassi con piu' elevata temperatura e con massa maggiore.

4) Accelerazione di particelle in ammassi di galassie ed emissione non termica

la presenza di strutture estese in ammassi di galassie come gli aloni radio ed i relitti pone severi problemi alla presenza di particelle relativistiche. Ci proponiamo di approfondire il modello che spiega la riaccelerazione degli elettroni relativistici tramite turbolenza iniettata da merger tra ammassi di galassie. In questo modello e' cruciale il ruolo del campo magnetico, la sua intensita' ed il suo profilo radiale. In particolare vogliamo approfondire:

- ) effetto di intensita' e topologia del campo magnetico nei processi di riaccelerazione delle particelle
- ) influenza del profilo radiale del campo magnetico e della presenza di strutture filamentari del campo magnetico sulla morfologia radio e distribuzione dell'indice spettrale negli aloni e relitti
- ) la relazione tra i modelli dettagliati per l'accelerazione di particelle e le informazioni spaziali sul campo magnetico da simulazioni MHD di ammassi di galassie

5) Popolazione sintetica di ammassi di galassie e proprieta' statistiche dei fenomeni non termici

siamo in grado di prevedere le proprieta' statistiche della emissione non termica in ammassi di galassie avendo sviluppato un modello che segue la formazione degli ammassi e l'accelerazione delle particelle ad opera della turbolenza che si genera durante i merger tra ammassi (Cassano e Brunetti 2005). Questo modello e' in grado di spiegare la probabilita' di formazione degli aloni radio con la massa dell'ammasso a  $z < 0.2$  e di fare previsioni sulla evoluzione di tale probabilita' con  $z$ . Questi risultati teorici verranno confrontato con i dati presenti in letteratura e con nuove osservazioni che verranno effettuate con il GMRT di un vasto campione di ammassi, per aumentare la statistica disponibile. Le predizioni sulla funzione di luminosita' degli aloni radio saranno inoltre una importante base di partenza per le osservazione della nuova generazione di radio telescopi come LOFAR LWA e SKA.

=====

Vogliamo sottolineare a questo punto l'importanza della conoscenza dei campi magnetici in ammassi, per discutere il piu' generale problema della origine ed evoluzione dei campi magnetici nell'Universo.

L'intensita' e la struttura dei campi magnetici osservati negli ammassi sono infatti di notevole importanza per ricavare limiti ed indicazioni sull'origine dei campi magnetici cosmologici.

Poco conosciamo di questi ultimi, sulla loro esistenza prima o dopo l'epoca di ricombinazione e sul loro possibile impatto sulla formazione delle galassie e delle strutture di grande scala. I presenti modelli suppongono che i campi magnetici potrebbero avere origine primordiale o apparire piu' tardi nell'universo durante la formazione delle prime stelle e proto-galassie.

In linea di principio la presenza di campi magnetici nell'universo primordiale potrebbe essere rivelata attraverso il loro effetto sulla nucleosintesi primordiale o attraverso anisotropie della radiazione di fondo. D'altra parte la presenza di campi magnetici nel mezzo intergalattico a redshift di 5 -- 10 potrebbe essere rivelata attraverso la rotazione di Faraday della emissione di quasar distanti. I limiti stimati attualmente della intensita' dei campi magnetici primordiali sono dell'ordine di  $10^{-9}$  gauss. Questi sono anche i valori aspettati se il campo magnetico e' stato immesso nel mezzo intergalattico dalle prime stelle o dai primi nuclei galattici attivi.

I campi magnetici osservati negli ammassi sono piu' intensi di almeno 3 ordini di grandezza, quindi e' necessario un meccanismo di amplificazione dei campi intergalattici. Un amplificazione dei campi magnetici puo' avvenire nella fase di collasso degli ammassi, ma poiche' tale amplificazione e' proporzionale alla densita' del gas alla  $2/3$  e la densita' aumenta di un fattore  $10^3$ , questa amplificazione potra' essere al massimo di 2 ordini di grandezza.

Simulazioni di formazione gerarchica di ammassi mostrano che la fusione di ammassi e' un fenomeno altamente energetico in grado di accelerare particelle relativistiche e di amplificare i campi magnetici per compressione ed onde d'urto. Ne risulta che i campi magnetici possono essere amplificati di 3 ordini di grandezza da  $z = 15$  ad ora (Dolag et al. 1999). Roettiger et al. 1999 discute come la struttura di questi campi sia inizialmente altamente filamentare, mentre un campo magnetico stocasticamente ordinato prevale alla fine.

In questo scenario la conoscenza della intensita' e struttura dei campi magnetici in ammassi permette una verifica dei precedenti modelli. In particolare campi magnetici piu' intensi di 1 microG sarebbero spiegati con difficolta' dal meccanismo di fusione gerarchica di ammassi di galassie e richiederebbero altri meccanismi di amplificazione. Inoltre le strutture dei campi magnetici (ordinati o altamente filamentosi) potranno fornirci importanti indicazioni sulla loro evoluzione.

## **Criteri di verificabilità**

I criteri proposti per la verifica dei risultati si basano essenzialmente sulla pubblicazione dei risultati raggiunti in riviste internazionali con referee o presentati e discussi in congressi internazionali. Prevediamo che il presente gruppo di ricerca possa produrre almeno 10 tra articoli e comunicazioni a congresso sull'argomento nei due anni del progetto.

Un ulteriore criterio di verifica puo' essere il tempo di osservazione ottenuto in quanto le richieste di osservazione sono vagliate da referee internazionali che giudicano la validita' scientifica del progetto. Stimiamo che il presente progetto possa ottenere circa 200 ore di osservazione con strumenti di rilevanza internazionale come il VLA, il GMRT e il WSRT. Di queste sono gia' state ottenute, ma non ancora schedate circa 70 ore con il WSRT e circa 80 ore con il VLA.

Ulteriori richieste di tempo sono gia' state sottomesse al GMRT ed al VLA.

Dati in banda X saranno ottenuti da osservazioni pubbliche di archivio, inoltre abbiamo gia' ottenuto tempo di osservazione con il satellite XMM per circa 100 kilosecondi.

## **Elenco delle Unità di Ricerca**

<b>Sede dell'Unità</b>	Università degli Studi di BOLOGNA
<b>Responsabile Scientifico</b>	Gabriele GIOVANNINI
<b>Finanziamento assegnato</b>	<b>Euro</b> 36.000

### **Compito dell'Unità**

*La presente unità operativa pur essendo limitata numericamente e con la sola sede di Bologna, raccoglie al suo interno ricercatori che hanno svolto e svolgono una attività ad alto livello e di riferimento in campo internazionale, sulle proprietà dei campi magnetici in ammassi di galassie. Tale posizione è evidenziata dalla International Conference on the Origin and Evolution of Cosmic Magnetism che si terrà a Bologna in Agosto 2005*

*G. Giovannini ha ottenuto risultati sulle proprietà osservative degli aloni che rimangono ancora non superate come la distribuzione dell'indice spettrale di Coma C, e lo studio del relitto alla periferia dell'ammasso di Coma. Più recentemente ha ampliato il numero di aloni e relitti noti usando la NVSS. Attualmente sta studiando sorgenti tipo relitto come discusso nell'Invited talk al congresso di Busan (Korea) del 2004*

*L. Feretti ha una posizione rilevante a livello internazionale sull'emissione radio di ammassi di galassie, le componenti non termiche del ICM e le connessioni con la struttura degli ammassi, la emissione X e l'attività dinamica. È membro dell'International Science Advisory Committee dello SKA e Chairman del gruppo The Intergalactic Medium. È stata Chairman di Joint Discussion all'interno della XXIV e XXV IAU General Assembly. È Chairman dell'International Conference on The Origin and Evolution of Cosmic Magnetism (Bologna 2005).*

*I suoi più recenti lavori riguardano la distribuzione spettrale degli aloni radio (Feretti et al. 2004a) e dei Campi Magnetici in ammassi di galassie (Feretti et al. 2004b)*

*M. Murgia ha sviluppato un software per lo studio della distribuzione spettrale della emissione di sincrotrone per stimare l'età delle sorgenti radio e l'intensità dei campi magnetici, applicato ad ammassi di galassie in Slee et al. 2001). Ha inoltre sviluppato il pacchetto software FARADAY per lo studio dei campi magnetici da misure di polarizzazione e rotazione di Faraday (Murgia et al. 2004)*

*F. Govoni (PhD in Astronomia nel 2002 con tesi su Magnetic Fields in Cluster of Galaxies, supervisor L. Feretti) ha ottenuto importanti risultati dal confronto tra dati nella banda radio ed X di ammassi di galassie (Govoni et al. 2001a,b,c). Ha presentato numerosi contributi a congressi (Govoni et al. 2002, 2003) e la relazione su invito Magnetic Fields in Galaxy Clusters alla JD della XXV IAU General Assembly. È stata invitata a presentare una relazione al congresso Origin and Evolution of Cosmic Magnetism (Bologna 2005)*

*G. Brunetti ha dato un importante contributo alla conoscenza dei fenomeni non termici in ammassi di galassie sviluppando in particolare modelli di riaccelerazione di particelle da turbolenza MHD (Brunetti et al. 2001a,b,2004). È autore di diversi contributi anche su invito in congressi internazionali (vedi ad esempio Brunetti 2003;2004)*

*R. Pizzo ha un contratto con il Dip.to di Astronomia di BO per la riduzione di dati radio su ammassi. È in procinto di partire per Groningen (NL) per una posizione di Dottorando su un progetto di osservazione a bassa frequenza del Coma cluster e per osservazioni a bassa frequenza propedeutiche alla entrata in funzione di LOFAR (tutor: Ger de Bruyn)*

*E. Orru è dottoranda in Fisica a Cagliari (tutor M. Murgia ed L. Feretti) per un progetto di studio di sorgenti radio estese tramite osservazioni a bassa frequenza*

*R. Cassano è dottoranda in Astronomia a BO con un progetto su fenomeni non termici in ammassi di galassie (tutor Setti e Brunetti). Ha già sviluppato un modello statistico sulla accelerazione di particelle relativistiche per turbolenza in ammassi (Cassano et al. 2004, 2005).*

*S. Giacintucci è dottoranda in Astronomia a BO con un progetto sulle proprietà di aloni e relitti in ammassi di galassie basata su osservazioni radio al GMRT ed al VLA.*