

Dinamo magnetoidrodinamica nei dischi di accrescimento in geometria di Kerr

Candidato: Niccolò Tomei

Relatore: Prof. Luca Del Zanna (ldz@arcetri.astro.it)

La materia barionica dell'Universo si trova per la quasi totalità in forma di plasma, ovvero di gas ionizzato dove le cariche in movimento interagiscono tra loro tramite le correnti autogenerate ed i relativi campi magnetici all'interno di un mezzo altamente conduttivo. L'energia contenuta nel plasma in termini di campo magnetico è spesso paragonabile all'energia cinetica e/o termica del plasma stesso, e molti fenomeni violenti osservati sono imputabili al rilascio improvviso di energia magnetica. Tra questi, uno dei più importanti, è senza dubbio l'accrescimento intorno a un buco nero rotante che porta alla formazione di intensi jet osservati nel radio. In questo sistema la presenza di un intenso campo magnetico è fondamentale per due motivi: da un lato si ritiene che i campi magnetici rappresentino probabilmente l'unica sorgente d'instabilità che riesce a innescare la turbolenza che porta all'accrescimento; dall'altro la torsione delle linee di campo permette l'estrazione di energia rotazionale dal buco nero alimentando i getti. Per questi motivi, è fondamentale l'esistenza di un meccanismo in grado di amplificare i campi fino agli intensi valori richiesti (10^3 G). Generalmente, questo avviene tramite la conversione di energia cinetica in energia magnetica, un processo noto col nome di dinamo, alla base ad esempio del ciclo di attività magnetica solare. Nei tipici plasmi astrofisici questi processi di dinamo sono dovuti alla presenza di fluttuazioni su piccola scala. Il regime di turbolenza magnetoidrodinamica (MHD) permette l'accoppiamento tra fluttuazioni di velocità e campo magnetico. Il risultato di questa correlazione porta alla formazione di una forza elettromotrice in grado di amplificare i campi magnetici. Questa teoria prende il nome di dinamo di campo medio.

In questo lavoro di tesi sono state effettuate simulazioni numeriche di dinamo turbolenta applicata al caso di un disco di accrescimento intorno a un buco nero rotante.

Nella prima parte del lavoro è stata studiata la fase cinematica del processo, in cui evolvono solo le grandezze elettromagnetiche. Nella seconda parte sono stati inclusi gli effetti della retroazione del plasma del disco. In entrambe i regimi si assiste alla crescita esponenziale delle isole dei campi magnetici come previsto dalla teoria. Tuttavia, introducendo l'evoluzione delle grandezze fluide, si assiste, dopo una fase iniziale quasi cinematica, alla saturazione della crescita delle componenti. Il motivo di questo fenomeno si ritiene sia legato all'instaurarsi dell'instabilità magnetorotazionale (MRI) piuttosto che agli effetti non lineari della dinamo, come il quenching dell'effetto α . La MRI si ritiene anche il meccanismo responsabile dell'accrescimento sul buco nero. Una volta raggiunta la saturazione, il disco inizia a perdere una quantità significativa di massa. In questa fase la dinamo non riesce più ad amplificare l'intensità dei campi magnetici. Tuttavia si riesce comunque a osservare la formazione di isole di campo magnetico che migrano in direzione verticale ma risultano fortemente deformate a causa della massa che accresce.

Partendo da questa trattazione della dinamo, è stato realizzato un modello con lo scopo di ottenere il valore del picco di emissione della SED di SGR A* alla frequenza 690 GHz. Il semplice modello mostra due risultati interessanti:

- l'emissività di sincrotrone termalizzato (responsabile del picco a 690 GHz) presenta le caratteristiche periodicità della dinamo.
- la luminosità totale alla saturazione della crescita raggiunge il valore osservato entro le incertezze di misura.

Sebbene siano molteplici le ipotesi semplificative per questo modello, le simulazioni mostrano che è possibile avere grandezze che evolvono in tempi caratteristici diversi dal periodo di rotazione del buco nero, ma legati invece alla microfisica della turbolenza.

Un possibile riscontro osservativo potrà essere ottenuto da Event Horizon Telescope (EHT) che entro breve tempo dovrebbe riuscire a raggiungere la potenza necessaria per osservare l'emissione millimetrica fino all'orizzonte degli eventi di SGR A*.