

*Candidata:* Toci Claudia claudia@arcetri.astro.it

*Titolo della Tesi:* Scale-free equilibria of polytropic self-gravitating magnetized clouds with poloidal and toroidal magnetic fields

*Relatore:* Daniele Galli galli@arcetri.astro.it

*Correlatore:* Luca Del Zanna ldz@arcetri.astro.it

L'obiettivo di questo lavoro di tesi è di realizzare un modello fisicamente realistico, sebbene idealizzato, per le condensazioni di gas interstellare note come "clumps" o "cores", che costituiscono i progenitori di stelle come il Sole. Queste condensazioni, costituite prevalentemente da idrogeno molecolare ed elio, hanno dimensioni tipiche di alcuni decimi di parsec e massa pari ad alcune volte la massa del Sole, ma possono raggiungere anche valori maggiori. Sono sostenute contro la propria forza di gravità dalla pressione del gas e dal campo magnetico ad esse associato, che è parte del campo magnetico galattico.

A questo scopo abbiamo calcolato gli stati di equilibrio di un plasma magnetizzato, auto-gravitante, assumendo un'equazione di stato politropica e la simmetria assiale del sistema, sotto l'ipotesi generale che il campo magnetico abbia sia una componente poloidale (cioè contenuta in un piano meridionale del sistema) che una componente toroidale (cioè azimutale). Quest'ultima caratteristica rappresenta un elemento originale di questa tesi rispetto a lavori precedenti sull'argomento. Dopo una breve introduzione al problema della formazione stellare e alla magnetoidrodinamica (MHD) del gas interstellare, ci siamo concentrati su uno studio analitico delle equazioni fondamentali del nostro sistema: l'equazione delle forze, l'equazione di Grad-Shafranov, l'equazione di Bernoulli e l'equazione di Poisson. Abbiamo provato a risolvere questo sistema in un primo metodo diretto e generalizzabile a successive scelte delle funzioni, andando a calcolare tutte le componenti dell'equazione delle forze, per comprendere come possa avvenire un bilancio tra di loro: questo approccio si è però dimostrato troppo complesso dal punto di vista analitico. Da questo primo studio, abbiamo comunque potuto ricavare un vincolo sulla forma del campo magnetico, la cui componente azimutale deve essere nulla per non imprimere al sistema un moto di rotazione intorno all'asse di simmetria.

Abbiamo quindi adottato un approccio che, sfruttando la simmetria assiale, le direzioni "naturali" del sistema (lungo la direzione del campo magnetico e perpendicolarmente ad esso), e la funzione (scalare) di flusso magnetico, permettesse di ottenere una formulazione compatta ed elegante delle equazioni fondamentali.

Dopo aver formulato le equazioni in forma adimensionale, aver assunto che le variabili del problema fossero separabili in coordinate sferiche, e che la parte di esse dipendente dal raggio fosse esprimibile con leggi di potenza (soluzioni "scale-free"), abbiamo ridotto il problema alla soluzione di due equazioni differenziali ordinarie del secondo ordine non-lineari e accoppiate, con condizioni al bordo assegnate sull'asse polare e sul piano equatoriale (piano di simmetria). Le equazioni contengono una singolarità sul bordo, in corrispondenza dell'asse polare.

Sotto queste ipotesi semplificatrici abbiamo potuto ottenere soluzioni originali, sia analitiche che numeriche, del problema, verificando inoltre la validità di soluzioni precedentemente ottenute da altri ricercatori. In particolare abbiamo ottenuto soluzioni analitiche che rappresentano nubi cilindriche ("filamenti") con campo magnetico elicoidale per valori dell'esponente politropico compreso tra 0 e 1. Nel caso più generale a simmetria assiale non cilindrica, abbiamo trovato che l'intensità del campo magnetico toroidale e un autovalore del problema, ovvero non può essere fissata a piacere ma dipende dalla soluzione stessa.

Abbiamo inoltre trovato un intervallo di valori del campo poloidale e dell'esponente politropico per i quali il sistema ammette da una a più soluzioni, che possono a loro volta essere suddivise in "famiglie" che presentano lo stesso comportamento. Una conclusione abbastanza generale del nostro studio è che la componente toroidale del campo magnetico, anche se di modesta intensità rispetto alla componente poloidale, tende a far assumere alla nube una configurazione allungata e sottile assimilabile ad un filamento. I nostri risultati possono quindi essere utili per capire la relativa facilità con cui sembrano formarsi strutture filamentari nella materia interstellare.