



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Tesi di laurea triennale in fisica e astrofisica

Calcolo numerico della massa limite di Chandrasekhar per una nana bianca

Candidato: Andrea Ranfagni

Relatore: Dott. Daniele Galli

(galli@arcetri.astro.it)

Riassunto

Una nana bianca è una stella poco massiccia in età avanzata che, a seguito delle fasi di contrazione, ha raggiunto un equilibrio caratterizzato da un'alta densità. La peculiarità di questa classe di stelle, è la sorgente di pressione che permette alla struttura di non collassare, dovuta alla pressione elettronica, di natura quantistica. La materia in una nana bianca è sotto forma di plasma, ossia costituita da ioni ed elettroni. Il gas elettronico, considerato come un gas fermionico ideale, segue la statistica di Fermi–Dirac: gli elettroni si dispongono al minimo dell'energia compatibilmente con il principio di esclusione di Pauli, secondo il quale più di due elettroni non possono occupare lo stesso stato nello spazio delle fasi posizione-impulso.

Per quanto riguarda il modello sviluppato, ai fini pratici del calcolo, il gas è ritenuto a temperatura nulla. L'unico contributo alla pressione considerato è quello di natura elettronica, predominante, e la stella è quindi schematizzata come una massa autogravitante sostenuta dalla pressione di degenerazione dei soli elettroni. L'equazione di stato appropriata per il gas degenerare varia a seconda che gli elettroni siano in regime relativistico o no; ciò è dovuto alla saturazione della pressione di degenerazione, ossia al fatto che la pressione, in regime relativistico, cresce più lentamente all'aumentare della densità di quanto faccia nel regime non relativistico. Questa equazione di stato, combinata con le equazioni per l'equilibrio idrostatico, permette di ottenere la sequenza di equilibrio delle nane bianche e la relazione *massa–raggio* che esse soddisfano.

La transizione al regime relativistico comporta l'esistenza di una massa limite che può essere sostenuta dagli elettroni, la *Massa di Chandrasekhar* (M_{Ch}), chiamata così in onore del suo scopritore. Il valore della massa limite dipende in piccola misura dalla composizione della stella; il motivo è da ricercarsi nel fatto che, cambiando il rapporto elettroni/nucleoni, varia il numero di nucleoni che ciascun elettrone deve sostenere.

Lo scopo di questa tesi è quello di ricavare per via numerica il valore di M_{Ch} . Tale valore è trovato a partire dalle equazioni dell'equilibrio idrostatico, completate dall'equazione di stato per il gas fermionico. Il sistema di equazioni differenziali risultante è stato integrato con il metodo di Runge–Kutta al quarto ordine. Il risultato principale del calcolo è espresso in forma grafica e con una tabella di valori *raggio–massa* ottenuti. Sono inoltre riportati altri grafici, ricavati ancora per via numerica, che mettono in evidenza alcune caratteristiche fisiche del modello stellare sviluppato. Vengono infine fatte considerazioni riguardo il campo di applicabilità della schematizzazione utilizzata, e alle modifiche introdotte nei risultati da processi non considerati in questa tesi, come ad esempio ulteriori cambiamenti di stato della materia per densità minori o maggiori di quelle prese in esame.