

10. 高密度星物質の粘性に関する研究

竹 内 秀 雄

【序論】

高密度星の回転について研究する際、粘性率は非常に重要な役割を果たすことが知られている。これまでの、高密度星における電子からの寄与による粘性率 η_e [$\text{g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$] に関する主な研究としては、(Flowers and Itoh 1976⁽¹⁾, 1979⁽²⁾, Nandkumar and Pethick 1984⁽³⁾) などがある。一方、イオンからの寄与による粘性率 η_i [$\text{g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$] に関する研究としては (Bernu, Vieillefosse, and Hansen 1977⁽⁴⁾) がある。今回、我々 (Itoh, N., Kohyama, Y., and Takeuchi, H. 1987⁽⁵⁾) は電子からの寄与による粘性率 η_e をより正確に計算し、又、解析的なフィッティングの公式を求めた。尚、(Nandkumar and Pethick 1984⁽³⁾) たちも同じ様な計算をしているが、解析的なフィッティングの公式は求めているはない。

【計算結果】

この発表には2つの目的がある。1つは高密度物質を考える際、重要な物理量の1つである輸送係数、特に電子からの寄与による粘性率 η_e についてその値を計算から求めることである。ただしその際、イオン相関を考慮に入れる為 (Itoh, N., Mitake, S., Iyetomi, H., and Ichimaru, S. 1983⁽⁶⁾) からイオン構造因子を得た。具体的には、(Flowers, E., and Itoh, N. 1976⁽¹⁾) から

$$\eta_e = 1.873 \times \rho / A \times 1.018 \times [Z \times \rho / A / 10^6]^{2/3} / \{1 + 1.018 \times [Z \times \rho / A / 10^6]^{2/3}\} / \langle S \rangle$$

ただし、

η_e ; 縮退した電子からの寄与による粘性率, [$\text{g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$]

A ; 質量数

Z ; 原子番号

ρ ; 密度, [$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$]

$\langle S \rangle$; イオン構造因子を考慮に入れた項

と表される。

2番目の目的は η_e とイオンからの寄与による粘性率 η_i の値をイオンの状態を示すさまざまな結合定数 Γ (Γ ; 熱運動エネルギーに対するクーロン相互作用エネルギーの比) の下で比較検討してみることである。尚、比較する為のイオンからの寄与による粘性率 η_i は (Wallenborn, J., and Baus, M. 1978⁽⁷⁾) のものを用いた。図は、 η_e と η_i の比較を3種類 (He, C, Fe) のプラズマの下で比較したものである。横軸には密度 ρ [$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$] の常用対数を取り、縦軸には温度 T [K] の常用対数をとってある。各図にある10本の直線は $\Gamma = 1, 3, 6, 10, 20, 40, 80, 100, 125, 160$ に対応しているものである。その10本の直線を横切る実線、それらは左から順に (η_i / η_e) の値が100, 10, 1, 0.1, 0.01 のところを示しているものである。尚、この図の有効領域はフェルミ温度 T_F (---で表示) 以下のところである。

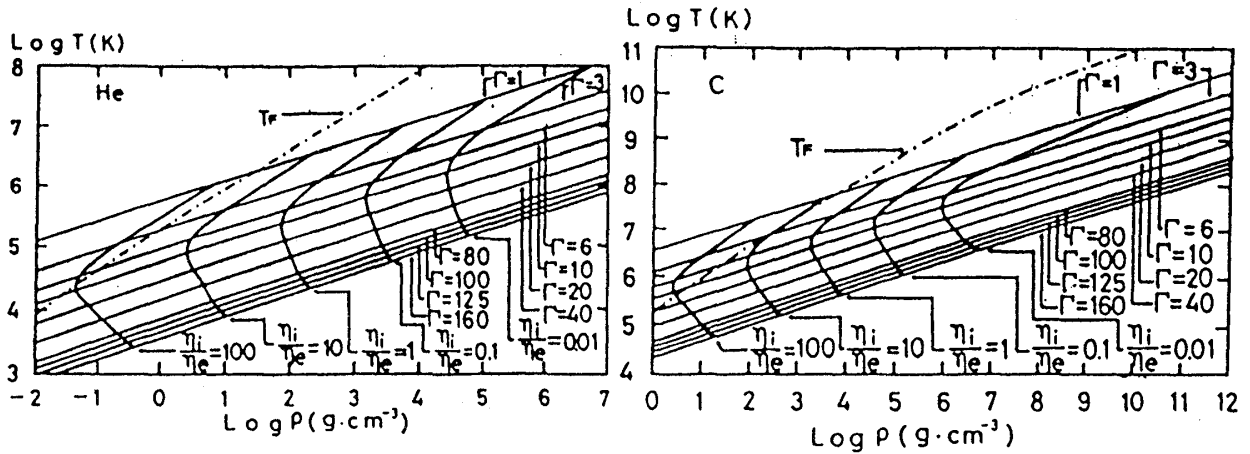


Fig.1. Comparison of η_e and η_i for the He matter

Fig.2. Comparison of η_e and η_i for the C matter

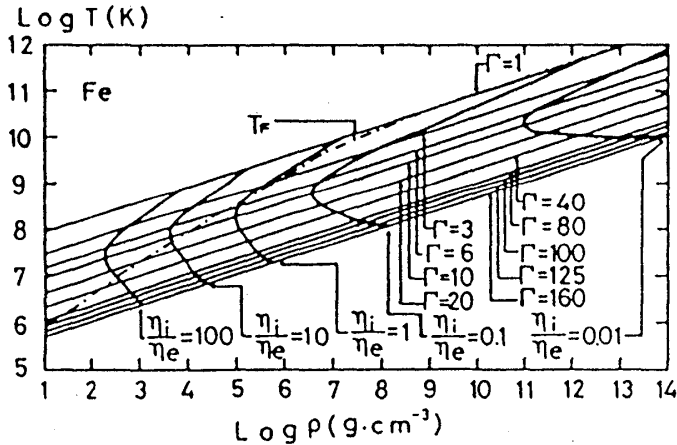


Fig.3. Comparison of η_e and η_i for the Fe matter

【結論】

- (1) 高密度での強く縮退した電子からの寄与による粘性率 η_e を、イオン相関と強く縮退した相対論的電子の誘電関数を考慮して計算し、値を求め、解析的なフィッティングの公式を与えた。
- (2) 電子からの寄与による粘性率 η_e と、イオンからの寄与による粘性率 η_i との値の大きさを3種類 (He, C, Fe) のプラズマの下で比較検討した。いずれの場合も密度が大きくなるにつれて、 η_i よりも η_e の値の方が大きくなっていくということがわかった。尚、今回の発表の内容に関しては、既に (Itoh, N., Kohyama, Y., and Takeuchi, H. 1987⁽⁵⁾) において発表済みである。

参考文献

- (1) Flowers, E., and Itoh, N. 1976, Ap. J., 206, 218.
- (2) Flowers, E., and Itoh, N. 1979, Ap. J., 230, 847.
- (3) Nandkumar, R., and Pethick, C. J. 1984, M. N. R. A. S., 209, 511.
- (4) Bernu, B., and Vieillefosse, P. 1978, Phys. Rev. A, 18, 2345.
- (5) Itoh, N., Kohyama, Y., and Takeuchi, H. 1987, Ap. J., 317, 733.
- (6) Itoh, N., Mitake, S., Iyetomi, H., and Ichimaru, S. 1983, Ap. J., 273, 774.
- (7) Wallenborn, J., and Baus, M. 1978, Phys. Rev. A, 18, 1737.