

Erken Ana-Kol Öncesi Küçük Kütleli Yıldız Evriminde Döteryum Yanmasının Etkileri

İbrahim KÜÇÜK¹, Nilgün KIZILOĞLU², Rikkat CİVELEK²

¹Erciyes Üniversitesi, Fizik Bölümü-KAYSERİ

²Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fizik Bölümü-ANKARA

e-mail: kucuk@erciyes.edu.tr

ÖZET: Küçük kütleli yıldızların erken ana-kol öncesi (EPMS) evrim çalışmaları Iben, 1965; Ezer ve Cameron, 1965; Grossman et al., 1974; VandenBerg et al., 1983 tarafından yapılmıştır. EPMS evrimi özellikle genç galaktik küme yıldızlarının yaşlarının belirlenmesinde (Ezer ve Cameron, 1967; Mazzitelli ve Moretti, 1980) dikkate alınmaktadır. Bu çalışmada i) yıldızların iç kısımları ile atmosferleri için yeni opasite tabloları (OPAL) ii) Hummer ve Mihalas (1988) ve Mihalas et al. (1988) tarafından verilen hal denklemleri (MHD) kullanılarak 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 1.3 ve 1.5 güneş kütleli yıldızlar için döteryum yanması dahil edilerek yeni EPMS modelleri elde edilmiş, döteryum ana-kol konumları (DMS) belirlenmiştir. Daha sonra literatürden bulunan yeni ana-kol öncesi (PMS) yıldızlarının gözlemleri ile mukayese yapılmıştır.

1. Yıldız Modelleri

Fiziksel girdiler ve nümerik integrasyon işlemleri Yıldız ve Kızıloğlu (1997) tarafından açıklanmaktadır. Evrim modelleri Henyey metodu kullanılarak elde edilmiş, tüm nükleer reaksiyon oranları Caughlan ve Fowler (1988) dan alınmıştır. Başlangıç döteryum bolluğu Hubbard (1994) tarafından verilen 1.4×10^{-5} olarak seçilerek küçük kütleli yıldızların büzülme zamanlarını kısalttığı bilinen döteryum yanması ${}^2\text{H}(p,\gamma){}^3\text{He}$ ve ${}^2\text{H}(d,n){}^3\text{He}$ hesaplamalara dahil edilmiştir.

Radyatif opasiteler Iglesias et al., 1992 tarafından verilen tablolar (OPAL) kullanılarak kuadratik interpolasyon yöntemiyle bulunmuştur.

Basınç için Kulomb düzeltmesi, kısmen dejenere elektronların basınç etkileri gibi ideal olmayan etkilerin hesaplamalara dahil edildiği MHD hal denklemi özellikle küçük kütleli yıldızların evriminde önemli rol oynamaktadır.

Konveksiyon yolu ile enerji iletimi için karışım uzunluğu teorisi dikkate alınmıştır. $\alpha=1.74$ olarak kimyasal bolluk oranları ise $X=0.699$, $Z=0.019$ olarak kabul edilmiştir.

2. Sonuç ve Tartışma

Döteryum yanması başlangıcında yıldız modelleri için elde edilen fiziksel parametrelerden bazıları Tablo-1 de verilmektedir.

Döteryum ateşleme zamanları ilgili kütleler için ikinci sütunda verilmektedir. Buradan da anlaşılacağı gibi sadece $0.3M_{\odot}$ yıldız döteryumunu tamamen yakamamaktadır. Çünkü

bizim kabul ettiğimiz yanma zaman aralığında hala konvektif bir yapıya sahiptir. Yine tablodan görüleceği gibi evrimi takip edilen kütle aralığı göz önüne alındığında döteryum

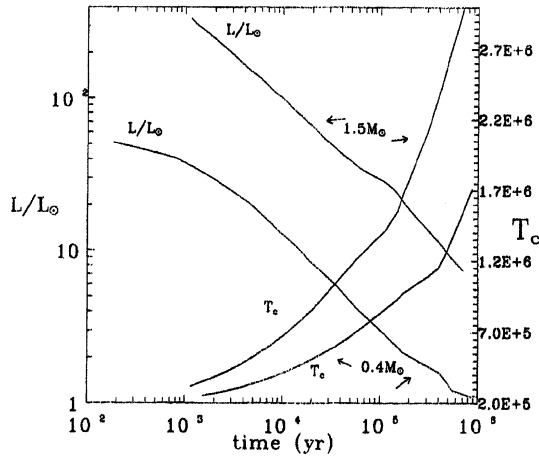
$$8 \times 10^5 \text{ }^{\circ}\text{K} < T_c < 10^6 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

sıcaklık aralığında yanmaktadır.

Tablo 1. Döteryum yanması başlangıç parametreleri

M/M_{\odot}	$t_{\text{döteryum}}(\text{yıl})$	$\log T_{\text{eff}}$	$\log L/L_{\odot}$	$T_c(^{\circ}\text{K})$	$\rho_c(\text{g cm}^{-3})$
0.3	1.355×10^5	3.572	0.225	7.985×10^5	9.937×10^{-2}
0.4	1.356×10^5	3.583	0.403	9.018×10^5	8.179×10^{-2}
0.5	1.043×10^5	3.600	0.615	9.514×10^5	6.210×10^{-2}
0.6	8.053×10^4	3.613	0.828	9.464×10^5	4.276×10^{-2}
0.7	7.679×10^4	3.622	0.960	9.848×10^5	3.557×10^{-2}
0.8	6.450×10^4	3.629	1.110	9.744×10^5	2.650×10^{-2}
0.9	6.988×10^4	3.638	1.178	1.054×10^6	2.660×10^{-2}
1.0	5.260×10^4	3.639	1.335	9.830×10^5	1.752×10^{-2}
1.3	4.789×10^4	3.651	1.516	1.090×10^6	1.422×10^{-2}
1.5	3.820×10^4	3.651	1.650	1.072×10^6	1.022×10^{-2}

Sıcaklığın $10^5 \text{ }^{\circ}\text{K}$ altına ve yoğunluğun 0.01 gr/cc üzerine çıkmaya başladığı noktaya kadar döteryum yanmalı modeller elde edildi. 0.4 ve $1.5 M_{\odot}$ yıldızları için merkezi sıcaklık ve luminositenin zamanla değişimi Şekil-1'de verilmektedir. Bu şekilden de görüleceği gibi döteryum yanması boyunca yüzey luminositesindeki azalma oranı ile merkezi sıcaklıktaki artma zamanla azalmaktadır. Döteryum yanma süreleri $0.4M_{\odot}$ için 3.4×10^5 yıl, $1.5M_{\odot}$ için ise 1.7×10^5 yıl olarak belirlenmiştir.



Şekil 1. 0.4 ve 1.5 M_{\odot} yıldızları için lüminosite ve merkezi sıcaklığın zamanla değişimi.

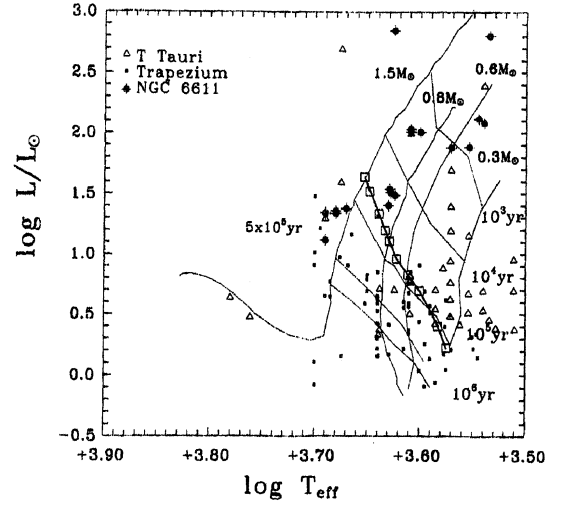
Elde edilen döteryum yanmalı OPAL opasiteli modelleri Cox Stewart (1970) opasiteli Küçük (1993) ile modelleri ile karşılaştırdığımızda yeni modellerin OPAL opasitesinin iç bölgelerden yüzeye enerjiyi daha kolay taşıma olanağı sağlaması nedeniyle, verilen bir zamanda daha düşük lüminositeye sahip oldukları görülmektedir. Ayrıca konvektif parametre α 'nın daha büyük seçilmesi ile modellerin evrim yolları H-R diyagramında sola kaymaktadır. Buda göstermektedir ki yeni kuramsal modeller yıldız kümeleri için daha küçük bir yaş tanımlamaktadır (Küçük et al. 1998).

İki genç galaktik küme, sırasıyla Trapezium ve NGC 6611 ile T Tauri yıldızları elde edilen kuramsal sonuçların uygulanmasında seçilmiştir. Bunlara ait gözlemsel Renk-Kadir Diyagramları Kenyon ve Hartmann (1995) tarafından verilen dönüşüm tabloları kullanılarak kuramsal Hertzsprung-Russell (H-R) diyagramına çevrilmiştir. Kuramsal yaş çizgileri ve örnek yıldızların H-R diyagramları Şekil-2'de verilmektedir.

Bu sonuçlara göre NGC 6611 için 0.1-6 Myıl, T Tauri yıldızları için ise 5×10^5 yıl bir yaş sınırı elde edilmiştir.

Kaynaklar

- Caughlan G.R., Fowler W.A., 1988, *Atomic Data and Nuclear Data tables*, **40**, 283
 Cox, A.N., Stewart J.N., 1970, *ApJS*, **19**, 243
 Ezer D., Cameron, A.G.W., 1965, *Can. J. Phys.*, **43**, 1497
 Ezer D., Cameron A.G.W., 1967, *Can. J. Phys.*, **45**, 3461
 Grossman A.S., Hays D., Graboske H.J., 1974, *A&A*, **30**, 95



Şekil 2. Trapezium, NGC 6611 ve T Tauri Yıldızlarının H-R Diyagramı. İçi boş kutular ve siyah çizgi ile kuramsal döteryum ana-kol'u (DMS) belirtilmiştir. $t=10^3, 10^4, 10^5, 5 \times 10^5, 10^6$ yıl yaş çizgileri ve 0.3, 0.6, 0.8 ve 1.5 M_{\odot} yıldızlarının evrim yolları ayrıca gösterilmiştir.

- Hummer D.G., Mihalas D., 1988, *ApJ*, **331**, 794
 Iglecias C.A., Rogers F.J., Wilson B.G., 1992, *ApJ*, **397**, 717
 Kenyon S.J., Hartmann L., 1995, *ApJS*, **101**, 117
 Küçük İ., 1993, *Ph.D. Thesis*, Middle East Technical University, Ankara
 Küçük İ., Kızıloğlu N., Civelek R., 1998, *Ap&SS*, **259**, 279
 Mazzitelli I., Moretti M., 1980, *ApJ*, **235**, 955
 Mihalas D., Dappen W., Hummer D.G., 1988, *ApJ*, **331**, 815
 Yıldız, M., Kızıloğlu N., 1997, *A&A*, **326**, 187