

1.3 ve 1.5M_☉ Kütleli Zonklayan Yıldızların Kuramsal Evrim Modelleri

Şeyma ÇALIŞKAN, İbrahim KÜÇÜK
Erciyes Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 38039, Kayseri
1050222220@erciyes.edu.tr, kucuk@erciyes.edu.tr,

Özet: Bu çalışmada 1.3 ve 1.5M_☉ kütleli yıldız evrim modellerine zonklama etkisi ilave edildi ve bu yıldızların kuramsal evrim modelleri yeniden elde edildi. Literatürden alınan gözlem verileriyle karşılaştırılması yapıldı.

Anahtar kelimeler: yıldızlar: zonklayan yıldızlar:yıldızların evrimi

Abstract: In this study, the pulsation effect was added to stellar evolution models for 1.3 and 1.5 M_☉. And again theoretical evolution models of these stars acquired. These evolution models had been compared with observational data.

Key words: stars: pulsating stars: stellar evolution

1. Giriş

Bu çalışmada sıfır yaş anakol için geliştirilen evrim programıyla(ZAMS) 1.3 ve 1.5 M_☉ kütleli kuramsal yıldız evrim modelleri yapıldı. Daha sonra puls.for programı kullanılarak bu modellere zonklama etkisi ilave edilecek ve bu modellerin kıyaslaması yapıldı.

2. Zonklayan Yıldızlar

Yıldız zonklaması, bir yıldız yarıçapının zamanla periyodik olarak değişmesidir. Bu olguyu gerçekleştiren yıldızlara zonklayan yıldızlar denir. Zonklayan yıldızlar H-R diyagramında ana kolun dışında ve düşük sıcaklıklı dar bir kararsızlık bölgesinde yerleşmiş olarak bulunurlar. Bu bölgeye her ne zaman bir yıldız girse bolometrik kadiri periyodik olarak değişmeye başlayacaktır. Yıldız bu bölgeden ayrıldığında zonklama durur.

Zonklayan yıldızın yarıçapının değişimi iç yapısındaki ses dalgalarıyla açıklanabilir. Zonklama periyodu kabaca yıldızın kütle yoğunluğunun kare köküyle orantılıdır. Ses dalgaları özellikle duran dalgaları içine alır ve yıldız maddesinin devinimi salınımın radyal modları için yıldızın yüzeye yakın bölgelerinde yer alır.

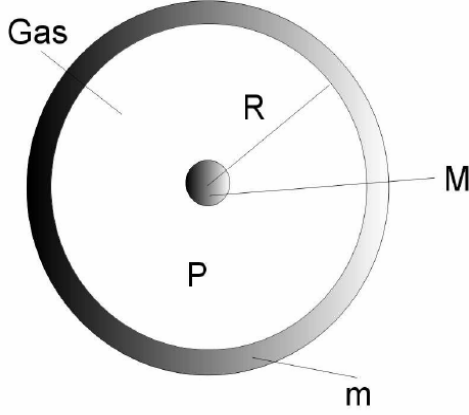
Yıldızın gazdan oluşan katmanları zonklama zincirinde yıldızın büzülmesinde ve genişlemesinde çaba sarfederler. Bir zincir boyunca tabakaların her birinin yaptığı net iş gaz tabakaya giren çıkan ısılar arasındaki farka eşittir. İş üretimini sağlamak için çevrimin yüksek sıcaklıklı bölümü boyunca

tabakaya ısı girmesi sıcaklık düşük olduğunda da çıkması gerekir. Yıldızın iş yapan tabakaları maksimum sıkıştırma zamanındada çevresindeki ısıyı absorbe etmelidir.

Yıldızın yüzey tabakaları, altında daha geçirgen tabaka varsa yukarı doğru itilebilir. Genişleyen tabaka daha saydam olduğu için tutulan ısı kaçır ve önceki tabakada yeni bir çevrim başlar. Bu bağlamda, yıldızda sıkışmayla geçirgenliğin arttığı bir bölge olmalıdır.

Bu mekanizmanın yer aldığı bölgelere kısmi iyonizasyon bölgeleri (PIZ) adı verilmektedir. PIZ bir yıldızın kısmi olarak iyonize olduğu bölgedir ve bu bölgede gazda yapılan iş gazın sıcaklığının yükselmesinden ziyade sıkışan gazın daha fazla iyonize olmasındandır. Sıkışmayla yoğunluktaki artışla birlikte sıcaklıktaki küçük bir artış yıldızın geçirgenliğini artırır. Gaz genişlediğinde sıcaklığı umulduğu gibi azalmaz çünkü serbest enerji yüzünden iyonlar ve elektronlar yeniden birleşmişlerdir. Geçirgenlik, yoğunluk azalmasıyla genişleme boyunca artar. Bu tabakalar sıkışma boyunca ısıyı soğurabildikleri ve dışarıya doğru itilebildikleri için genişleme boyunca ısı serbest kalır.

Şimdi ise zonklayan bir yıldızın etki eden kuvvetleri bir model üzerinde açıklayalım.



Şekil 1. Zonklayan yıldız modeli

Yıldızın m kütleli kabuğa kadar olan kütlesi M , yarıçapı R olsun. Kabuk ile geri kalan kütle arasında bir gaz olduğunu ve basıncında P olduğunu düşünelim. Bu durumda kabuk kendisini içe doğru çeken çekim kuvvetiyle;

$$F_g = \frac{GMm}{R^2} \quad (1)$$

Basınç kuvveti;

$$F_p = 4\pi.R^2P \quad (2)$$

arasında bir denge hisseder.

Kabuğun hareket denklemleri ise;

$$m \frac{dv}{dt} = \frac{GMm}{R^2} + 4\pi.R^2P \quad (3)$$

$$m \frac{dv}{dt} = m \frac{d^2R}{dt^2} \quad (4)$$

Yıldız hem genişliyor hemde büzülüyorsa adyabatiktir diyebiliriz. Bu durumda hal denklemi;

$$P_i V_i^\gamma = P_f V_f^\gamma \quad (5)$$

ile verilir. Burada sol taraftaki terimler basınç ve hacim için başlangıç sağ taraftaki terimler ise son terimlerdir. Ve gaz ideal ve mono atomik ise γ değeri 5/3 olur.

Kabuğun hacmi sıcaklığı arasındaki bağıntı ise;

$$TV^{\gamma-1} = \text{sabit} \quad (6)$$

şeklindedir.

Bu verilen denklemlerden aşağıda denklemleri elde ederiz;

$$P_f = P_i \left(\frac{R_i}{R_f} \right)^5 \quad (7)$$

$$T_f = -2T_i \left(\frac{R_f - R_i}{R_i} \right) + T_i \quad (8)$$

$$L_f = -6L_i \left(\frac{R_f - R_i}{R_i} \right) + L_i \quad (9)$$

3. Zonklama Özellikleri

Radyal ve radyal olmayan olmak üzere iki çeşit zonklama vardır. Şimdi bunlara kısaca değinelim.

Radyal Zonklama;

- Yıldız içinde duran ses dalgalarından meydana gelir.
- Yarıçapının değişmesiyle yıldız denge etrafında salınım yapar.
- Küresel simetrik zonklamadır.
- Hemen hemen küresel kabuğa uygundur.

Radyal Olmayan Zonklama;

- Ses dalgaları radyal olmasının yanı sıra yatay olarak yayılabilir.
- Yıldız etrafında dolaşan dalgalar üretir.
- Bazı bölgelerin genişlemesine karşın diğerleri büzülür.
- Küresel simetrik değildir.
- Bireysel hareketler göz önüne alınmalıdır.

p-modları ve g-modları olmak üzere iki tür mod vardır.

p-modları; Basınç ses dalgalarının genişlemesi ve büzülmesi için kuvvet oluşturmayı sağlar.

g-modları; oluşan kuvvetin kaynağı çekimdir.

Akışkanlar dinamiği denklemlerinin çözümü küresel yüzey harmoniklerinin bir genişleme çeşitidir

$$v(\theta, \varphi, t) = \sum_{l=0}^{\infty} \sum_{m=-l}^l a_{lm}(t) Y_l^m(\theta, \varphi) \quad (10)$$

Küresel harmonikler birleştirilmiş legendre fonksiyonları ile ifade edilir;

$$Y_l^m(\theta, \varphi) = P_l^{|m|}(\theta) e^{im\varphi} \quad (11)$$

Zonklama derecesi 'l' küre üzerindeki düğümlerin toplamıdır, açısız kuantum numarası m ise kutuplar boyunca düğüm sayısıdır. Radyal derece n ise yıldız içerisindeki düğümlerin sayısıdır.

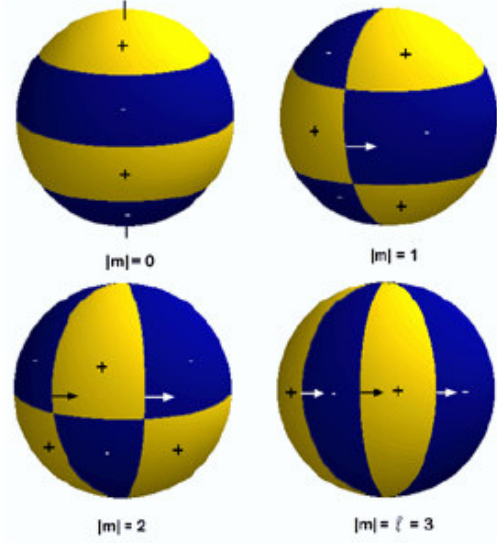
$$m = -l, \dots, +l \quad (12)$$

4. Zonklama Modelleri

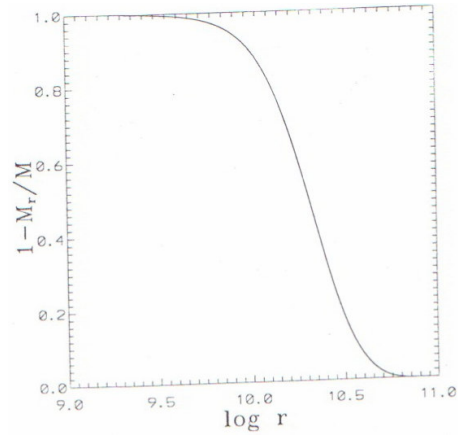
- $m \neq 0$ lı modlar da yıldız etrafında dolaşan dalgalar görülür.
- $l = m = 0$ olan mod radyal moddur.
- eğer $m > 0$ olursa mod saat ekseni yönündedir.
- eğer $m < 0$ olursa mod saat eksenine ters yöndedir.
- eğer $m = 0$ ise mod zonal'dir.
- eğer $l = |m|$ ise mod sectoral'dir.
- eğer $l \neq |m|$ ise mod tesseral'dir.
- eğer $l - |m| = 2$ yada her çift sayıda mod ekvator yönüyle simetriktr.
- eğer $l - |m| = 1$ yada her tek sayıda mod ekvator yönüyle anti simetriktr.

5. Modeller

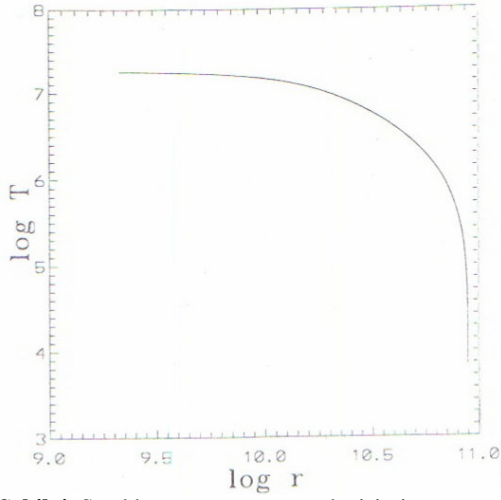
Önce 1.3 güneş kütleli yıldız için zams.for' u çalıştırılm. Bu programı çalıştırabilmek için yıldızın kimyasal kompozisyonu, toplam yarıçapı, merkezi sıcaklığı, merkezi basıncı ve toplam ışıma gücü bilinmelidir. Bu parametrelerle aşağıdaki grafikler elde edildi.



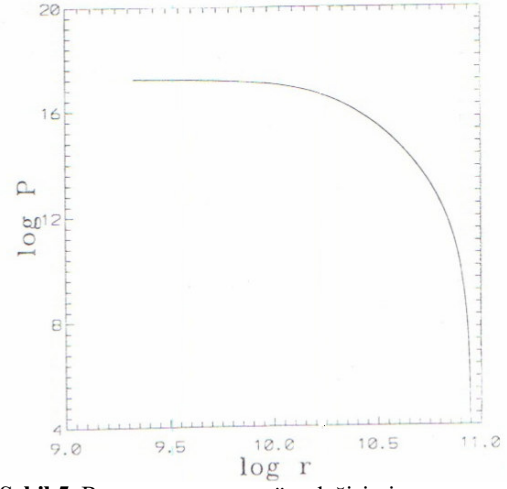
Şekil 2. $l = 3$ 'lü bir salınım için zonklama modeli. Mavi renklendirilmiş yüzeyler içe doğru hareket ederken sarı renkli yüzeyler dışa doğru hareket eder. Node lines da enine hareket ederler.



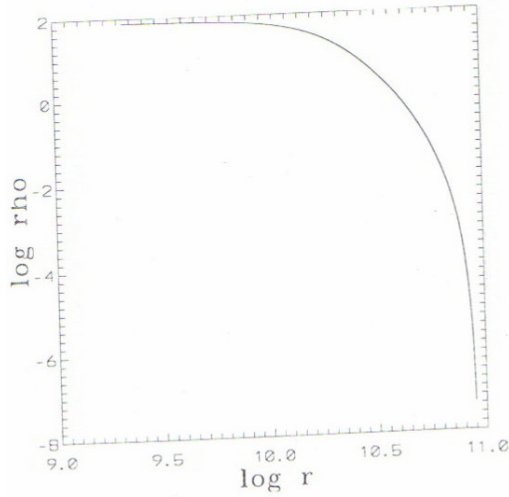
Şekil 3. Kütleli yarıçapa göre değişimi



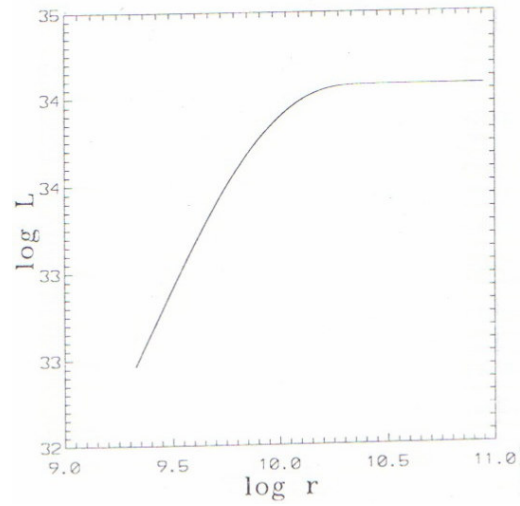
Şekil 4. Sıcaklığın yarıçapa göre değişimi



Şekil 5. Basıncın yarıçapa göre değişimi

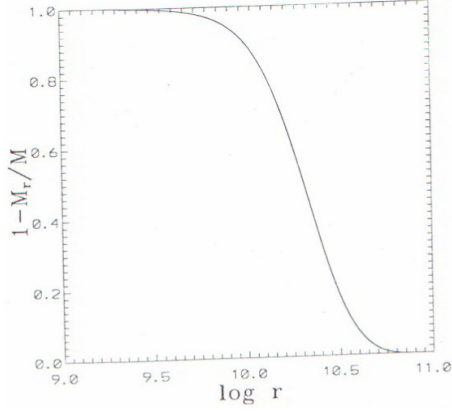


Şekil 6. Yoğunluğun yarıçapa göre değişimi

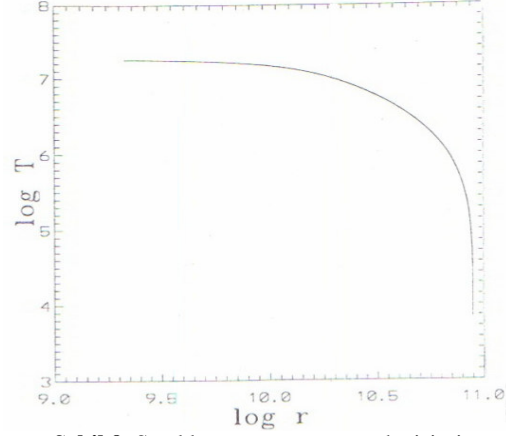


Şekil 7. Işıma gücünün yarıçapa göre değişimi.

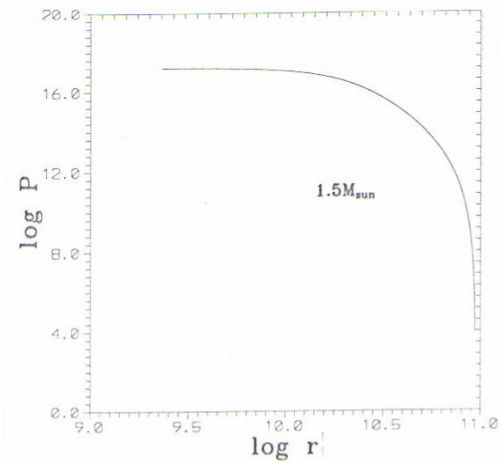
Aynı hesaplamalar 1.5 güneş kütleli yıldız için tekrar edildiği zaman ise aşağıdaki grafikler elde edildi.



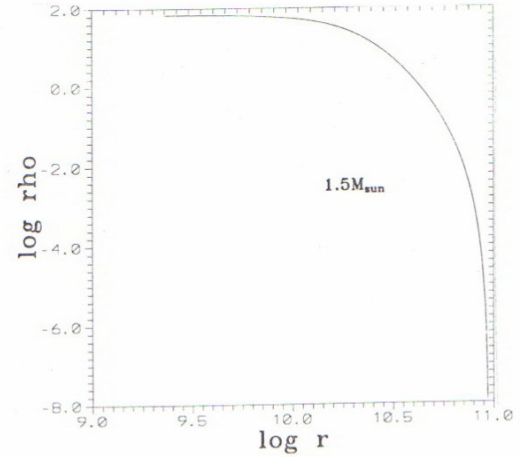
Şekil 8. Kütlenin yarıçapa göre değişimi



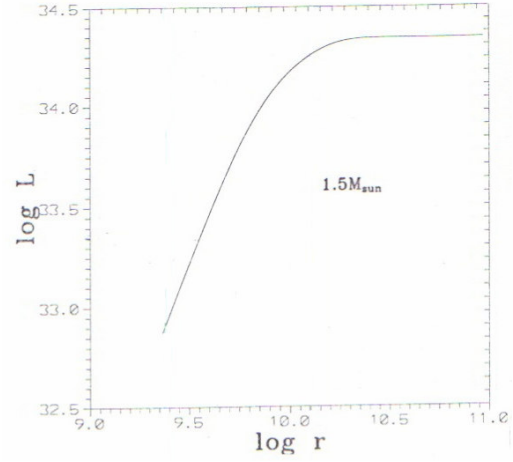
Şekil 9. Sıcaklığın yarıçapa göre değişimi



Şekil 10. Basıncın yarıçapa göre değişimi

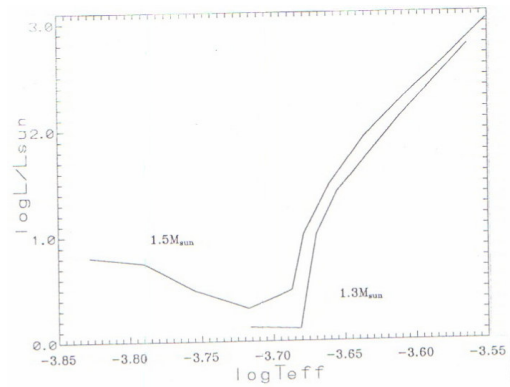


Şekil 11. Yoğunluğun yarıçapa göre değişimi



Şekil 12. Işıma gücünün yarıçapa göre değişimi.

1.3 ve 1.5 M_{\odot} kütleli yıldızlar için evrim yolları aşağıdaki grafik üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 13. 1.3 ve 1.5 M_{\odot} kütleli yıldızlar için evrim yolları.

6. Kaynaklar

- Carroll, B. W. ve Ostlie, D. A. 1996. Modern Astrofiziğe Giriş
- Cox, J. P. ve Giuli, R. T. 1968. Yıldız Yapısının Prensipleri
- Hansen, C. J. ve Kawaler, S. D. 1994. Yıldız İç Yapısında: Fiziksel Prensipler, Yapı ve Evrim, Springer-Verlag
- Ugalde, C., Notre Dame Üniversitesi, Fizik bölümü