

Öğrenci Numarası:

I. / II. Öğretim:

Adı Soyadı:

İmza:

1. KONU: YILDIZ EVRİMİ

2. İÇERİK

- Yıldız Oluşumu
- Virial Teoremi, Jeans Kütleli
- Zaman Ölçekleri (Serbest Düşme, Kelvin-Helmholtz ve Nükleer Zaman Ölçekleri)
- HR Diyagramı
- $0.4 M_{\text{Güneş}}$ 'ten küçük kütleli yıldızların anakol evrimi
- $0.4 M_{\text{güneş}}$ 'ten büyük kütleli yıldızların anakol evrimi
- Anakol Sonrası Evrim
- Kırmızı Dev Aşaması
- Asimptotik Dev Kolu

3. MATERYAL

- Seçilmiş bazı parlak yıldızların multak parlaklık ve tayf türlerinden oluşan veri
- Bir yaygın sayfa programı

4. ÖZET BİLGİLER

Özet olarak bir yıldızın evrimi onu oluşturan maddeyi merkeze doğru çeken kütle çekim kuvvetiyle, dışarı iten gaz basıncı arasındaki savaşın hikayesidir. Bir yıldız oluşurken onu oluşturan gaz bulutu, yıldız oluşumunu tetikleyen mekanizmaların başlatıcı etkisi ve kütle çekim kuvvetiyle kendi için doğru çöker. Virial teoremi gereğince bu çökme sırasında bulutun gravitasyonel potansiyel enerjisinin (Ω) artışına bağlı olarak toplam termal enerjisi (U) de artar. Dolayısı ile sıcaklığı artar. Virial teoremi gravitasyonel potansiyel enerjinin yarısının gazı ısıtmakta ($\Delta U = -2\Delta\Omega$) diğer yarısı ise uzay enerji olarak salınır ve çökmekte olan gaz bulutu bu enerjiyle ışıyım yapar. Bulutun kütlesi Jeans kütleli adı verilen limit bir kütleli üstünde ise bulut bir yıldız oluşturmak üzere çöker ve merkezinde hidrojenin çekirdek reaksiyonlarıyla helyuma dönüşeceği koşullara (sıcaklık ve basınç) ulaşılır ve hidrostatik denge (enerji üretimi nedeniyle merkezden dışa gaz basıncı ve kütleçekim kuvveti arasındaki denge) sağlanır. Yıldız, Herzprung-Russell Diyagramı adı verilen ve yıldızların sıcaklıkları ile ışıyım güçleri arasındaki ilişkiyi gösteren grafikte anakol adı verilen bölgeye girer.

Küçük kütleli yıldızların çekirdeğinde kimyasal bolluk oranları sürekli değişmez. Zira yıldız tamamıyla konvektif olduğu için yüzeyde hidrojen zengin materyal sürekli çekirdeğe taşınır. Çekirdekteki helyum külü de bu mekanizmayla yüzeye taşınır. Yıldız zaman içinde tüm hidrojenini tüketir ve tek düze olarak Helyumca zenginleşir. Bu yıldızlarda kütleleri nedeniyle termonükleer reaksiyonlar çok yavaş gerçekleştiğinden yıldızların yaşam süresi çok uzundur. M yıldızları için bu süre 10^{13} yıl yöresindedir. $0.08 - 0.4 M_{\text{Güneş}}$ arasında kütlelere sahip bu yıldızlar

Helyum'u tutuşturacak sıcaklığa hiçbir zaman ulaşamazlar. Hidrojenlerini tükettikten sonra bu yıldızlar zaman içinde soğuyarak Helyum beyaz cücelerine dönüşürler. $0.4 M_{\text{Güneş}}$ 'ten daha büyük kütleli yıldızlar ise hidrojenlerini tükettikten sonra çekirdeğin etrafında, sıcaklığın uygun sıcaklığa ulaştığı bir kabukta hidrojen yakmaya başlarlar. Bu sıcaklığın sebebi çökmekte olan çekirdeğin sıcaklığının gravitasyonel potansiyel enerjinin serbest kalmasıyla birlikte yükselmesidir. Bu Helyum kabuk giderek büyür ve dışarı doğru genişler. Buna bağlı olarak yıldızın ışınım gücü artar ve artan gaz basıncı nedeniyle yarıçap genişler. Buna bağlı olarak yüzey sıcaklığı düşer ve yıldız kırmızı dev olur. Kütleleri 0.4 ile $4 M_{\text{Güneş}}$ arasındaki yıldızlar yaşamlarının sonuna doğru Asimptotik Dev Kolu (AGB) yıldızları olarak adlandırılır. AGB evresi ölü çekirdek, helyum yakan kabuk, ve zaman zaman uyuyup tekrar uyanan hidrojen kabul ile karakterize edilir.

Bu derste amaç yıldızların oluşumu, anakol öncesi, anakol ve anakol sonrası evrimlerini incelemektir. Bu amaçla yıldızların evrimleri süresince Hertzsprung Russell Diyagramı adı verilen grafik üzerinde sıcaklık ve ışınım gücü değişimleri nedeniyle nasıl yer değiştikleri, farklı kütlelerdeki yıldızlar için bu yer değiştirmelerin yönü, büyüklüğü ve süresi incelenecektir. Her öğrenciye Ders 2: Koordinat Sistemleri dersinde verilen bir yıldızın özellikleri öğrenciler tarafından veritabanları ve masaüstü planetaryum yazılımları kullanılarak elde edilecek, öğrencilerin bu yıldızları verilmiş bir HR diyagramı ile bir yaygın sayfa ile sağlanan yıldız verilerini kullanarak kendilerinin oluşturacakları bir HR diyagramında yerleştirmeleri istenecektir.

4.1 Konuyla İlgili Kavramlar

- a. **Hidrostatik Denge Denklemi** : Yıldızın içerisinde birim kalınlıkta (dr), birim yüzey alanına (dA) sahip birim kütle elementinin (dM) üzerindeki 3 temel kuvvetin (gaz basıncı, kütleçekim kuvveti ve ağırlığın) dengede olduğu durumu gösterir denklemdir.

$$\frac{dP(r)}{dr} = -\rho(r)g(r)$$

- b. **Virial Teoremi**: Virial hidrostatik dengede bir ideal gazın toplam termal enerjisi (U) ile gravitasyonel potansiyel enerjisi (Ω) arasındaki ilişkiyi gösterir denklemdir. Virial teoremi gereğince buna bağlı olarak toplam termal enerjisi (U) de artar. Dolayısı ile sıcaklığı artar. Virial teoremi gravitasyonel potansiyel enerjinin yarısının gazı ısıtmakta ($\Delta U = -2\Delta\Omega$) diğer yarısı ise uzay enerji olarak salınır ve çökmekte olan gaz bulutu bu enerjiyle ışınım yapar.

$$2U + \Omega = 0$$

- c. **Jeans Kütle (M_J)**: Bir gaz bulutunun çökerek merkezinde çekirdek reaksiyonlarının başlayabileceği koşulların (sıcaklık ve basınç) oluşabileceği limit kütle olarak tanımlanır.

$$M > \left(\frac{5kT}{\mu m_H G} \right)^{3/2} \left(\frac{3}{4\pi\rho} \right)^{1/2} = M_J$$

- d. **Başlangıç Kütle Fonksiyonu**: Hangi kütleli yıldızlardan daha fazla, hangilerinden daha az oluştuğunu belirlemekte kullanılan fonksiyona Başlangıç Kütle Fonksiyonu (ing. Initial Mass Function, IMF) adı verilir.

- e. **Serbest Düşme (Dinamik) Zaman Ölçeği (t_{ff})**: Bir gaz bulutunun yıldız oluşturmak üzere başlangıçtaki şekline tek bir noktaya sadece kütleçekim nedeniyle çökmesi için geçen zaman olarak tanımlanır ve kütleçekime karşı gelecek gaz basıncı kuvveti yok sayılır.

- f. **Kelvin Helmholtz (Isısal) Zaman Ölçeği (t_{KH})**: Çökmekte olan bir gaz bulutunun tek enerji kaynağının gravitasyonel enerji olduğu varsayılarak hesaplanan ve tüm kinetik enerjisini

sabit bir ışınım gücünde yayması için geçen zaman olarak tanımlanan zaman ölçeğidir.

- g. **Nükleer Zaman Ölçeği (t_{Nükleer})**: Yıldızların enerjilerini termonükleer reaksiyonlarla ürettiği süreye verilen isimdir. Yıldızın kütlesine bağlı olarak bir element için termonükleer tepikme hızına göre belirlenir.
- h. **Hertzsprung-Russell Diyagramı (HRD)**: Yıldızların sıcaklıkları ile ışınım güçleri arasındaki ilişkiyi gösteren diyagramdır.
- i. **Anakol (Main Sequence, MS)**: Yıldızların çekirdeklerinde hidrojeni termonükleer reaksiyonlarla helyuma dönüştürdükleri süre boyunca HR-Diyagramı üzerinde buldukları bantın adıdır. Gözlemsel hatalar, kimyasal bolluk farklılıkları ve yıldızların anakol evrimleri sırasındaki değişimler nedeniyle bir bant şeklindedir.
- j. **0 yaş anakolu (ZAMS)**: Yıldızların nükleer reaksiyonlarını başlatıp, hidrostatik dengeye ulaşarak HR Diyagramı üzerinde anakola ilk eriştikleri konumların geometrik yeri olan eğridir.
- k. **Helyum Parlaması**: Çekirdeğindeki sıkışma sırasında sıcaklığın Helyum'u tutuşturacak sıcaklığa ulaşmasından önce elektron basıncı nedeniyle çekirdeğin dejenere olmasından dolayı helyumu sakın tutuşturamayan yıldızlarda gerçekleşen ani termonükleer reaksiyonlarla helyum tutuşmasına verilen isimdir.
- l. **Kabukta Yanma**: Küçük kütleli yıldızlarda hidrojen, daha büyük kütleli yıldızlarda hidrojen ve helyum ve daha büyük kütleli yıldızlarda giderek daha kütleli elementlerin çekirdeğin sıkışmasıyla artan sıcaklığının etkisiyle sıcaklığı artan çekirdek etrafındaki bölgelerde (kabuk) termonükleer reaksiyonların gerçekleşmesidir.
- m. **Yatay Kol**: Merkezde helyum yanması, kabukta hidrojen yanması ile karakterize edilen evrim aşamasıdır.
- n. **Kırmızı Dev Kolu**: Yıldızların çekirdeklerinde hidrojenin tümünün helyuma dönüşmesi sonrası HR Diyagramı üzerinde anakoldan ayrılarak girdikleri bölgedir. Bu sırada yıldızın çekirdeği çökerken zarfı genişler ve soğur.
- o. **Asimptotik Dev Kolu**: Kütlesi 0.4 ile 4 M_{Güneş} arasındaki yıldızlar yaşamlarının sonuna doğru Asimptotik Dev Kolu (AGB) yıldızları olarak adlandırılır. AGB evresi ölü çekirdek, helyum yakan kabuk, ve zaman zaman uyuyup tekrar uyanan (thermal pulses) hidrojen kabul ile karakterize edilir.
- p. **Beyaz Cüce**: Kütlesi 0.08 ile 8 M_{Güneş} arasındaki yıldızların yaşamlarının sonunda üst katmanlarını sakın bir şekilde atarak gerilerinde bıraktıkları çekirdeklerine verilen isimdir. Beyaz cüceler termal emisyon yaparak soğur ve oldukça uzun bir zaman ölçeğinde siyah cücelere dönüşürler.
- q. **Nötron Yıldız**: Kütlesi 8 ile 20 M_{Güneş} arasındaki yıldızların yaşamlarının sonunda geçirdikleri süpernova oluşumları sonrası gerilerinde bıraktıkları oldukça sıkışık ve tamamen nötronlardan oluşan kalıntılara verilen isimdir.
- r. **Yıldızlı Karadelikler**: Kütlesi 20 M_{Güneş}'ten büyük yıldızların yaşamlarının sonunda geçirdikleri süpernova oluşumları sonrası gerilerinde bıraktıkları kalıntıdır.

AST 404 GÖZLEMSEL ASTRONOMİ
HAFTA 10 UYGULAMA SORULARI
 TESLİM TARİHİ 4 MAYIS 2018

Soru	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Toplam
Puan											

Aşağıdaki soruları cevaplandırınız. Sorular toplam 100 puandır.

1. Ders 2: Koordinat Sistemleri dersinde size verilen yıldız için Stellarium yazılımı ve gerekirse Simbad veritabanını (<http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/sim-fid>) kullanarak aşağıdaki boşlukları doldurunuz. (6 puan)

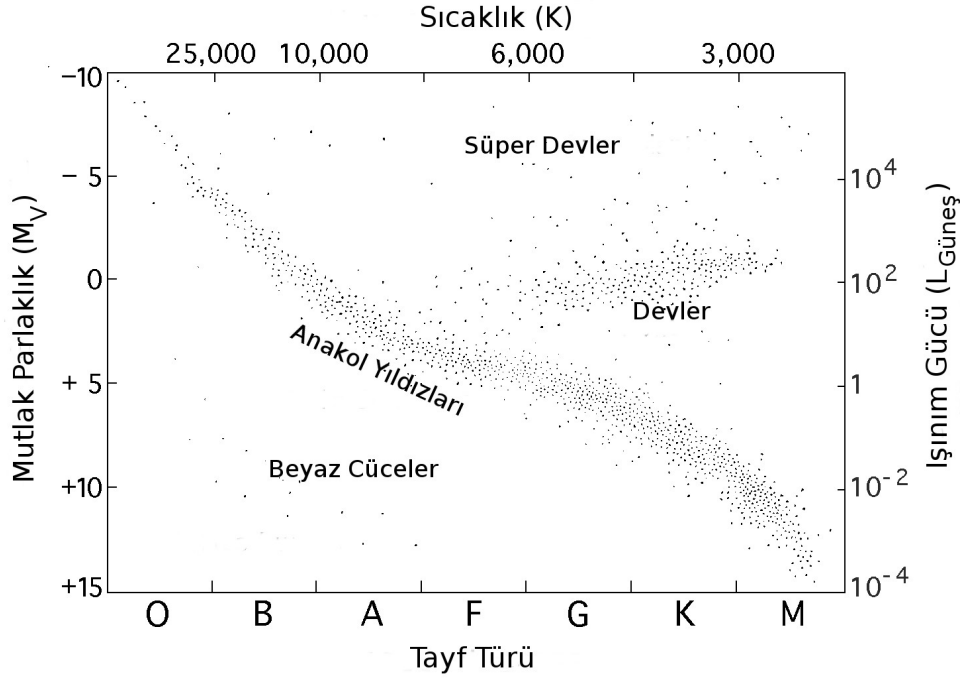
Yıldızın Adı:	Tayf Türü / Işınım Sınıfı:
Görünen Parlaklığı (m_V):	Mutlak Parlaklığı (M_V):
B – V ($m_B - m_V$):	Paralaksı:"

2. Uzaklık modülünü, yıldızınızın görünen ve mutlak parlaklıklarını kullanarak yıldızınızın uzaklığını parsek cinsinden hesaplayınız. (5 puan)

3. Yıldızınızın paralaks değerini ve paralaks tanımını kullanarak, yıldızınızın uzaklığını parsek cinsinden hesaplayınız ve 2. soruda elde ettiğiniz sonuçla karşılaştırınız. (4 puan)

4. Yıldızınızın mutlak parlaklığı ile Güneş'in mutlak parlaklığı arasındaki farkı hesaplayınız. Bu farkı ve Pogson formülünü kullanarak yıldızın Güneş'ten kaç kat parlak ya da sönük olduğunu bulunuz. Sonucu yorumlayınız. (5 puan)

5. Tayf türü ve mutlak parlaklığından hareketle yıldızınızı aşağıda verilen HR Diyagramı'nda uygun konuma işaretleyiniz. (10 puan)



6. Yıldızınızın HR Diyagramı üzerindeki pozisyonunu kullanarak sıcaklığını Kelvin, ışınım gücünü Güneş biriminde ($L_{Güneş}$) cinsinden tahmin ederek aşağıdaki boşluklara yazınız. (5 puan)

Sıcaklık : K Işınım Gücü: $L_{Güneş}$

7. Işınım Gücü bağıntısını kullanarak yıldızınızın yarıçapını Güneş biriminde ($R_{Güneş}$) hesaplayınız. (5 puan)

8. Yıldızınızın evrim durumu hakkında ne söyleyebilirsiniz? Yıldızınız yıldız evriminin hangi aşamasını yaşamaktadır? Bir iki cümleyle bu evrim aşamasını karakterize eden özellikleri özetleyiniz. (5 puan)

9. Yıldızınızın çekirdeğinde tüm nükleer reaksiyonlar sona erip evriminin son aşamasına geldiğinde ondan geriye nasıl bir cisim kalır? (5 puan)

10. Bu dersle birlikte sağlanan yaygın sayfadaki yıldızları tayf türü ve mutlak parlaklıklarına göre bir HR diyagramı üzerine yerleştiriniz. Bunun için bir yaygın sayfa programı kullanılabilir ya da grafiği milimetrik ölçekli bir grafik kağıdına elinizle çizebilirsiniz. Grafik üzerinde yıldızınızı ayrı bir sembolle gösteriniz. (50 puan)