

AST306 Değişen Yıldızlar (Variable Stars)

Doç.Dr. Birol GÜROL
Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi
Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü
06100 Tandoğan / ANKARA
E-posta: Birol.Gurol@ankara.edu.tr
2012©

Konularımız...

- [Değişen Yıldızlar – Önemli Kaynaklar](#)
- [Yıldız Oluşumu, Yıldız Nedir? Yıldızların Evrimi](#)
- [Değişen Yıldızlar ve Tarihçesi](#)
- [Değişen Yıldız Gözlemleri ve Açıklaması](#)
- [Değişen Yıldızlar – İsimlendirme](#)
- [Değişen Yıldızlar – Sınıflandırma](#)
- [Değişen Yıldızlar – Özellikleri](#)
- Ek Konular
 - [Zonklama Teoremi \(Kappa Mekanizması\)](#)
 - [Yıldız Uzaklıkları](#)
 - [Dönem-Parlaklık Bağıntısı](#) (Zonklayan Yıldızlar)
 - [Jülyen Zamanı](#), Işık elemanı, Işık Eğrisi, [Evre](#), Renk Değişimi, Dönem, Dönem Değişimi
 - [Kararsızlık Kuşağı](#)
 - [Tayf türündeki sembollerin anlamları](#)
 - [Kimyasal Elementler](#)
 - [Galaksimiz ve Yıldız Popülasyonları](#)
 - [Herzsprung Boşluğu](#)
 - [Asimptotik Devler Kolu](#)

Değişen Yıldızlar – Önemli Kaynaklar

Uluslararası Astronomi Birliği (IAU: International Astronomical Union)'nin;

27. Komisyon (Değişen yıldızlar)

42. Komisyon (Yakın çift yıldızlar)

komisyonları, değişen yıldızların yayınlanmamış fotometrik gözlemlerinin arşivlenmesini üstlenmiştir.

Gözlemsel veriler elektronik ortamda, CDS (Centre de Données Astronomiques de Strasbourg) veri tabanı yolu ile arşivlenmekte ve dağıtımını gerçekleştirmektedir. Arşivde yer alan yıldızların gözlemlerine ilişkin bilgiler düzenli olarak **IBVS (Information Bulletin of Variable Stars**, Konkoly Obs., Budapest) yayın organında yer almaktadır.

-Commission 27. Variable Stars --- Değişen Yıldızlar

→ <http://www.konkoly.hu/IAUC27/>

Yayın organı: IBVS (Information Bulletin of Variable Stars)

<http://www.konkoly.hu/IBVS/IBVS.htm>

-Commission 42. Close Binary Stars --- Yakın Çift Yıldızlar

→ <http://www.konkoly.hu/IAUC42/index.html>

Yayın organı: Bibliography & Program Notes on Close Binaries (BPN) vol: 1-65

Bibliography of Close Binaries (BCB) vol: 66-(devam ediyor)

<http://a400.sternwarte.uni-erlangen.de/ftp/bcb>

...devam

- Değişen yıldızlar konusunda genel tarama yapmak ve bilgiye ulaşmada kullanılan çeşitli katalog ve veri tabanları mevcuttur. Bunlardan en önemlileri:
 - **GCVS** Kataloğu (**General Catalogue of Variable Stars**) *Değişen Yıldızlar Genel Kataloğu*. <http://www.sai.msu.su/gcvs/gcvs/>
 - 16.02.2016 tarihi itibarıyla 47970 adet kaydedilmiş değişen yıldız bulunmaktadır.
 - **ADS** veri tabanı (**Astrophysics Data System** – NASA)
<http://adsabs.harvard.edu>
Bibliyografik veri erişimi
 - **SIMBAD** veri tabanı (**Set of Identifications, Measurements, and Bibliography for Astronomical Data**)
<http://simbad.u-strasbg.fr>
Bibliyografik ve gözlemsel veri erişimi
 - **CDS** veri tabanı (**Centre de Données Astronomiques de Strasbourg**)
<http://cdsweb.u-strasbg.fr>
Bibliyografik ve gözlemsel veri erişimi

...devam

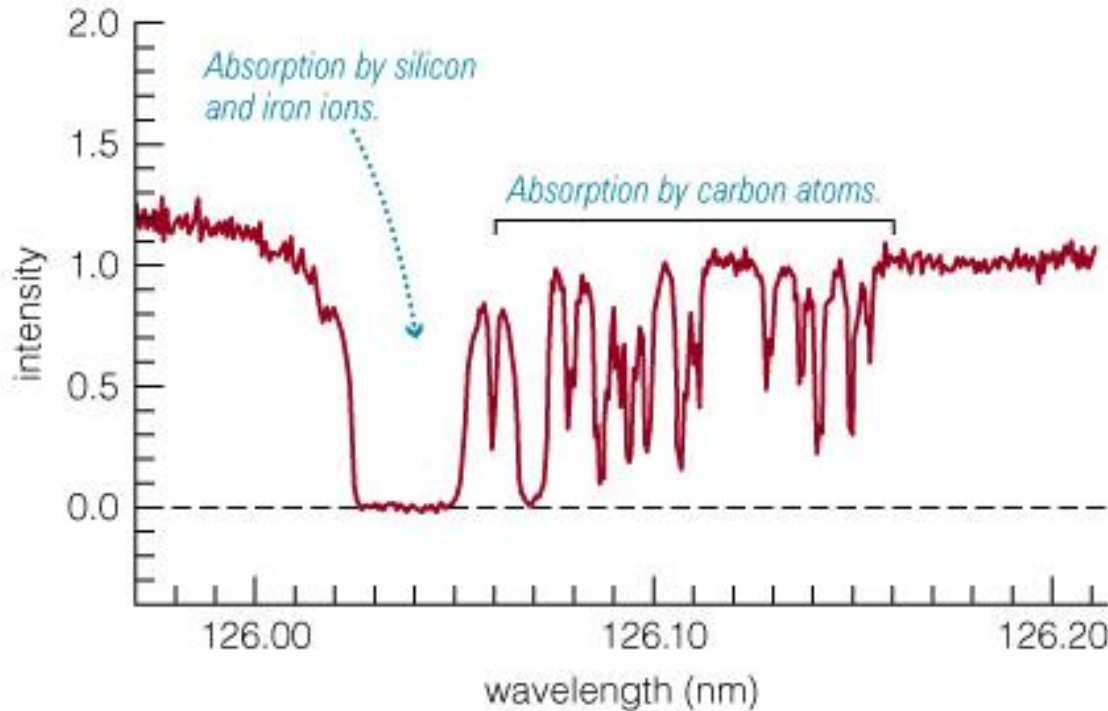
- Ayrıca çok sayıda amatör organizasyon, değişen yıldızların sistematik gözlemlerinin yapılması ve arşivlenmesi konusunda çalışmaktadır. Bunlardan en önemlileri;
 - **AAVSO** → American Association of Variable Star Observers
<http://www.aavso.org>
 - **BAAVSS** → British Astronomical Association – Variable Star Section
<http://www.britastro.org/vss>
 - **AFOEV** → Association Française des Observateurs d’Etoiles Variables
<http://cdsweb.u-strasbg.fr/afoev/english.html>
 - **RASNZ** → Royal Astronomical Society of New Zealand
<http://www.rasnz.org.nz>
 - **BAV** → Bundesdeutsche Arbeitsgemeinschaft für Veränderliche Sterne
<http://www.bav-astro.de>
 - **IAPPP** → International Amateur Professional Photoelectric Photometry
<http://www.iappp.vanderbilt.edu>
<http://www.iapppwest.org>
 - **BBSAG** → Bedeckungsveränderlichen-Beobachter der Schweizerischen Astronomische Gesellschaft
[http:// www.astronomie.info/calsky/Deep-Sky/index.html/8](http://www.astronomie.info/calsky/Deep-Sky/index.html/8)
 - **VSNET** → International Mailing List on Variable Stars
<http://vsnet.kuastro.kyoto-u.ac.jp/vsnet/index.html>
 - → Czech Astronomical Society – Variable Star and Exoplanet Section
<http://astro.sci.muni.cz/variables>

Yıldız Oluşumu

Yıldızlar, karanlık toz ve gazdan oluşan yıldızlararası ortamda oluşurlar.



Bulutlardaki Kimyasal Bileşim



- Yıldızlararası ortamda bulunan gaz ve toza ilişkin bilgimiz, onların alınan tayflarındaki soğurma ve salma çizgilerinden belirlenir.
- Buna göre gökadamız (Samanyolu) kütle (atomik) olarak:
 - %70 H,
 - %28 He ve
 - %2 diğer ağır elementlerden oluşmaktadır.
- Yıldızlar dikkate alındığında bolluk (atomik) değerleri hidrojen ve helyumun için sırasıyla %91 ve %0.9 oranları bulunmaktadır. Ağır elementler ise %1 civarındadır.

Moleküler Bulutlar



- Yıldızların oluştuğu bulutlardaki madde büyük oranda moleküler yapıdadır (H_2 , CO,...)
- Bu moleküler bulutların sıcaklıkları 10-30 K arasında iken yoğunlukları cm^3 başına yaklaşık olarak 300 adettir.

Moleküler Bulutlar



- Moleküler bulutlar hakkındaki bilgimizin büyük bir kısmı Karbon Monoksit (CO)'e ilişkin salma çizgisi gözlemlerinden elde edilmiştir.

Yıldızlararası Toz



- Moleküler yapı dışında yıldızlararası ortamda katı ve küçük parçacıklar da bulunur.
- Toz bulutlarının arkasında yer alan yıldızların ışınımı bize kadar ulaşamayabilir.
- Parçacık boyutları <1 mikrometre kadardır ve çoğunlukla C, O, Si ve Fe elementlerinden oluşur.

Yıldızlararası Kızarma



- Bulutun bulunduğu ortamın kenarına yakın olan yıldızların renkleri kırmızı renge sahiptir.
- Bunun temel nedeni tozun kısa dalgaboylarındaki ışınımı, uzun dalgaboylarındaki ışınımına göre daha fazla soğurması ve/veya saçılmaya uğratmasıdır.

Yıldızlararası Kızarma



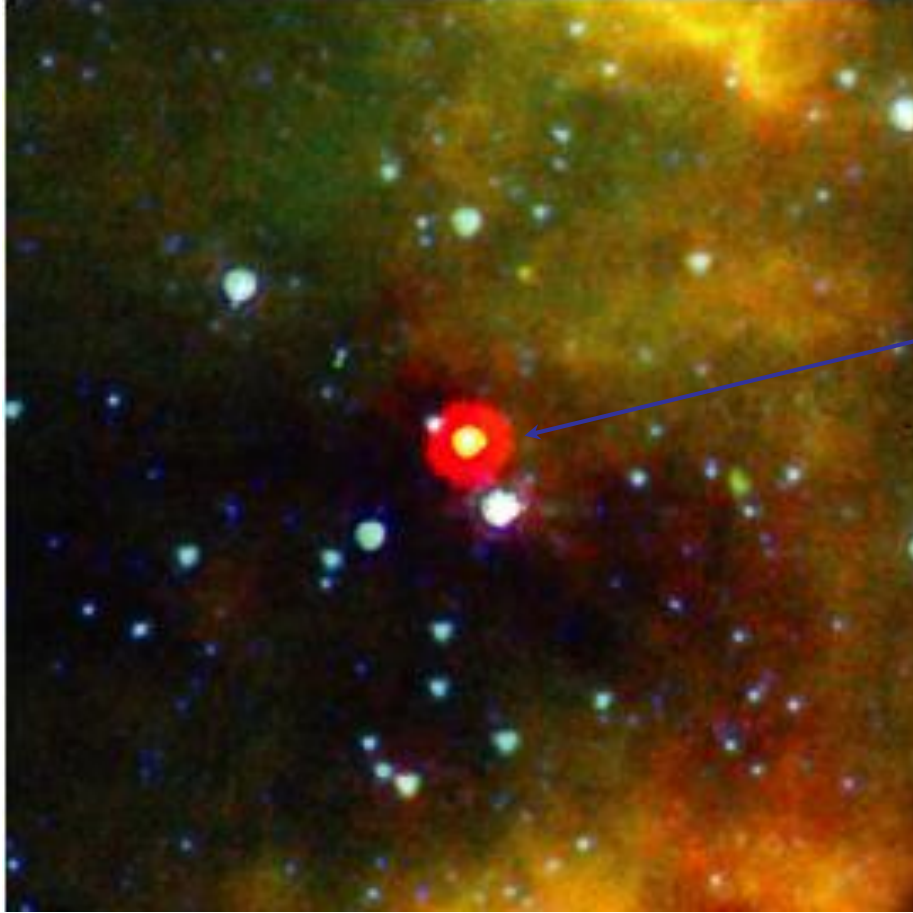
- Uzun dalgaboylarındaki ışınım, görünür bölgedeki ışınımına göre böylesi ortamlardan daha kolay geçerler.
- Kırmızıöte bölgede yapılan gözlemlerden, bulutun içerisinde veya arka tarafında bulunan yıldızları görebilmek mümkündür.

Yeni Doğmuş Yıldızların Gözlemi



- Yeni doğmuş (oluşmuş) yıldızlar tarafından salınan görünür bölgedeki ışınım, genel olarak karanlık toz ve gazdan oluşan bulutlar tarafından engellenir.

Yeni Doğmuş Yıldızların Gözlemi



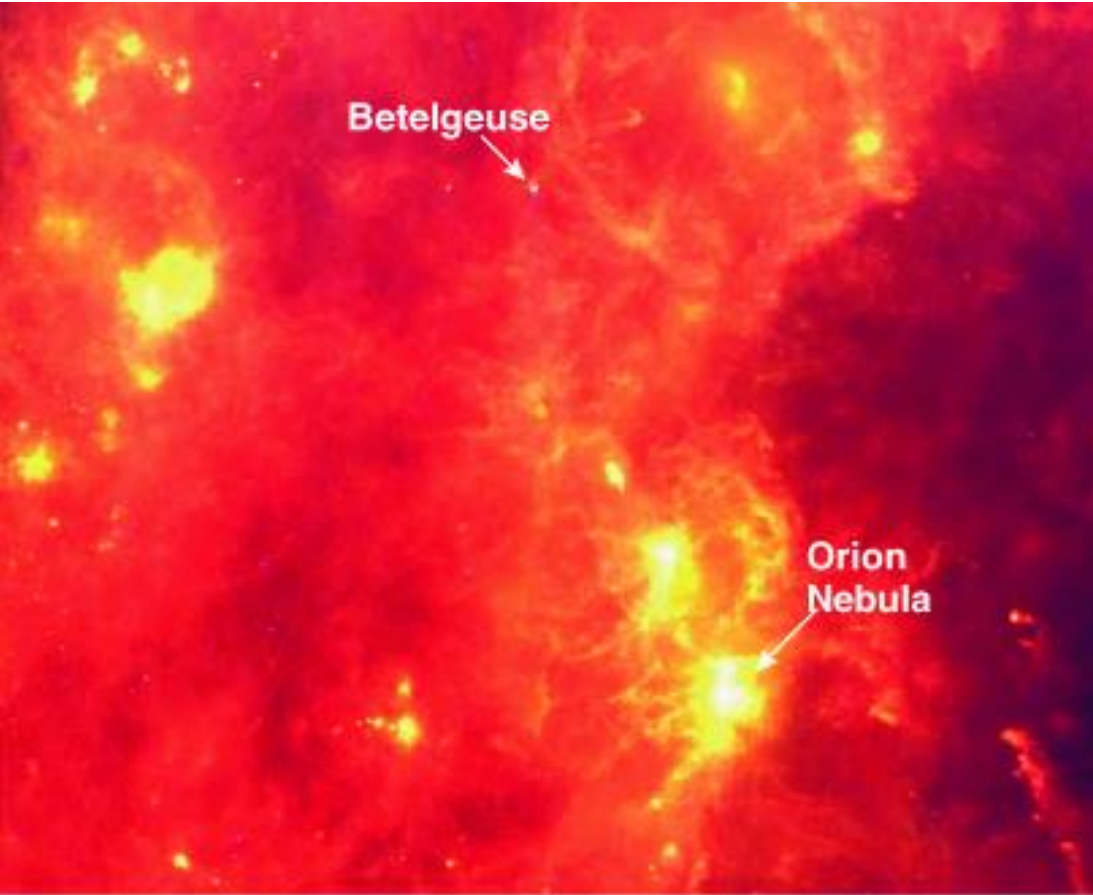
- Bulut yapının kırmızıöte bölge gözlemleri ile yeni doğmuş yıldızların bulut içerisindeki varlıkları görülebilir.
- Ülkemizde kırmızıöte bölgede gözlem yapacak DAG (Erzurum) gözlemevi kurulma çalışmaları sürmektedir.

Toz Parçacıklarının Parlaması



- Görünür bölgede salınan ışınım toz tarafından soğurular ve/veya saçılmaya uğratılır. Bu nedenle ısınan parçacıklar kırmızıöte bölgede, hatta daha uzun dalgaboylarında ışınımında bulunur.

Toz Parçacıklarının Parlaması



- Uzun dalgalı boylarındaki kırmızıöte ışınım, yıldızların oluştukları bölgelerde daha parlak görölürler.

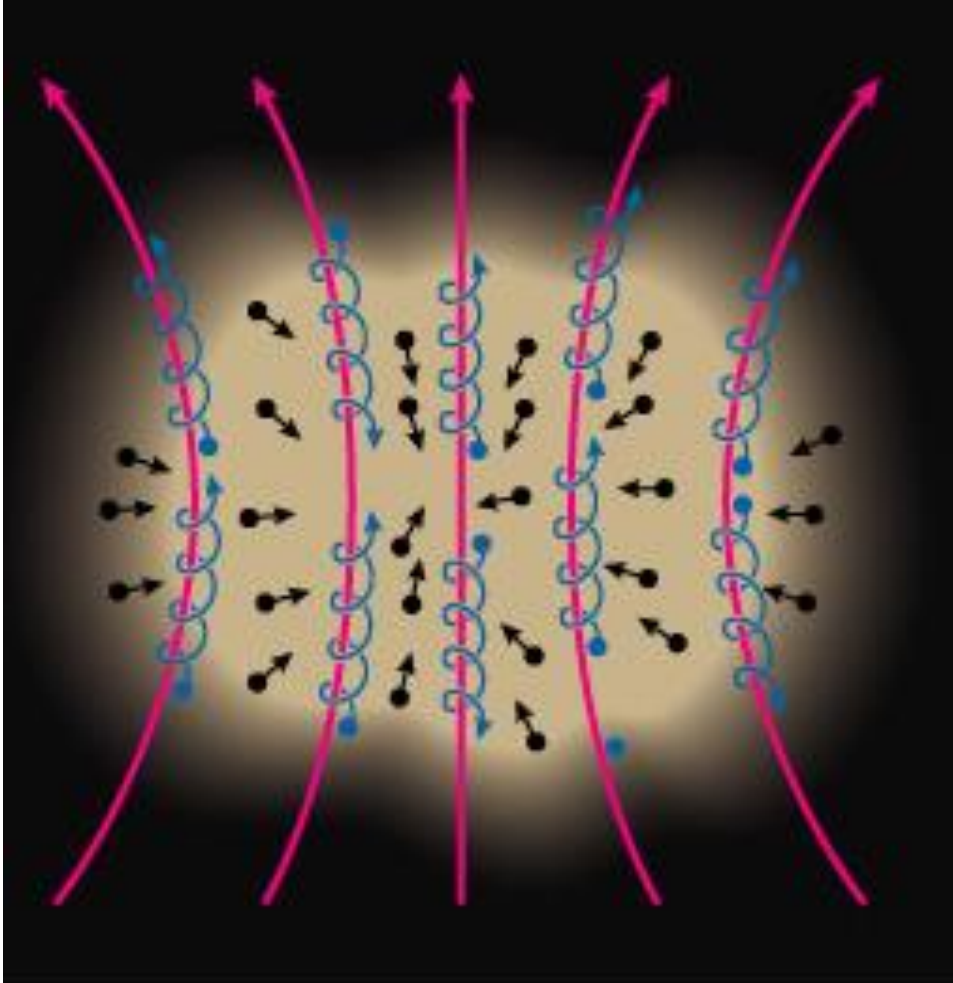
Kütle Çekime Karşılık Basınç

- Yıldız oluşumu, bulut içerisinde mevcut ısısal ve gaz basıncını yenecek ölçüde kütle çekim kuvveti ortaya çıktığında gerçekleşebilir
- Bulut içerisindeki moleküller tarafından salınan enerji, termal (ısısal) enerjiyi kızılöte ve radyo bölge fotonlarına dönüştürerek iç basıncın artmasına neden olur. Bu durum ise bulutun dışarı yönde genişlemesine neden olur.

Yıldız Oluşumunu Sağlayacak Bulut

- Tipik bir moleküler bulut ($T \sim 30$ K, $n \sim 300$ parçacık/cm³) en azından birkaç Güneş kütlesine sahip olmalıdır ki kütle çekim iç basıncı yenebilsin.
- Bulut içerisindeki moleküler soğurma, ısısal enerjinin kırmızıöte ve radyo bölge fotonlarına dönüşerek buluttan kaçmasını engelleyebilir.

Kütle Çekime Karşı Gelen Kuvvetler

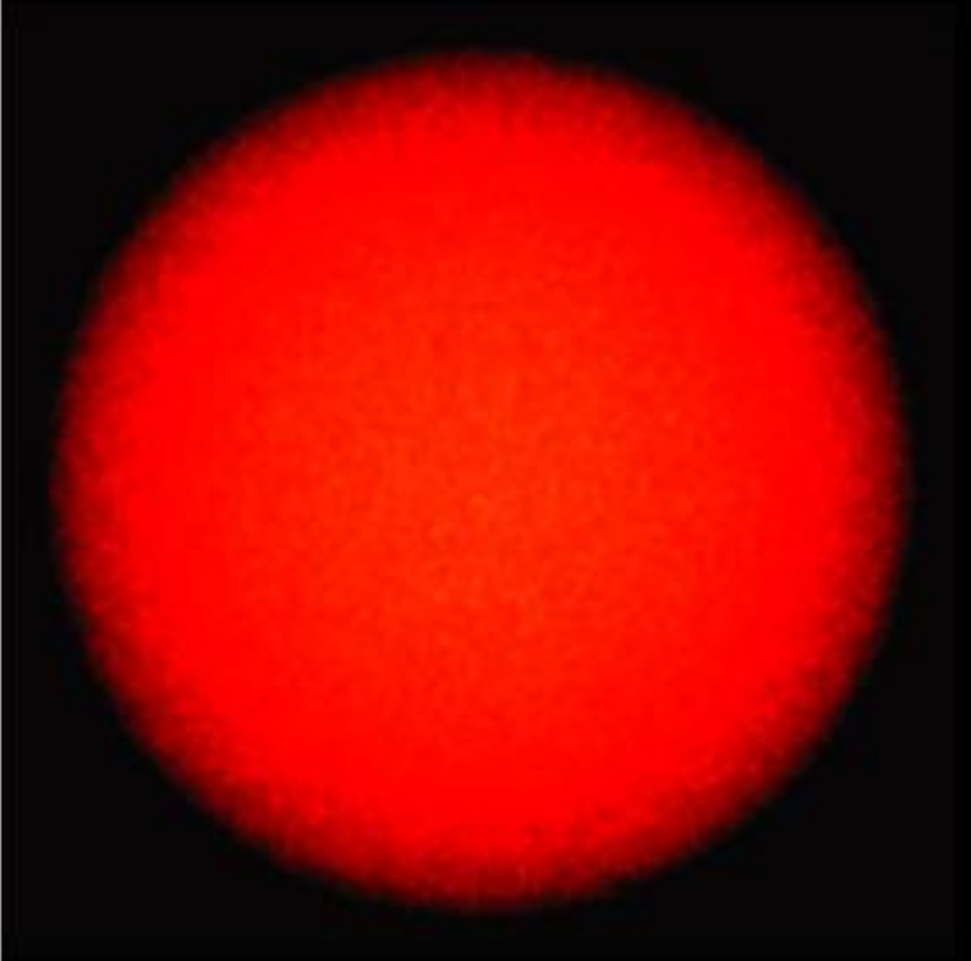


- Çekimsel kuvvetlere karşı koyan ilave kuvvetler mevcutsa bu durumda bulut kütesinin daha büyük olması gerekir.
- Manyetik alan, gazın türbülans hareketleri ve dönme çekime karşı koyan ilave kuvvetlerdir.

Bulutun Parçalanması

- Büzüşme (sıkışma) evresine giren bulutun çekim kuvveti, gaz yoğunlaştıkça daha da artmaya başlar.
- Bu nedenle bulut içerisinde yoğunlaşmaların olduğu bölgelerde çekim kuvveti, basıncı yenecek ölçülere ulaşabilir. Bunun sonucu olarak da bulut çeşitli parçalara ayrılarak, her biri ayrı birer yıldız oluşum evresine geçebilir.

Bulutun Parçalanması



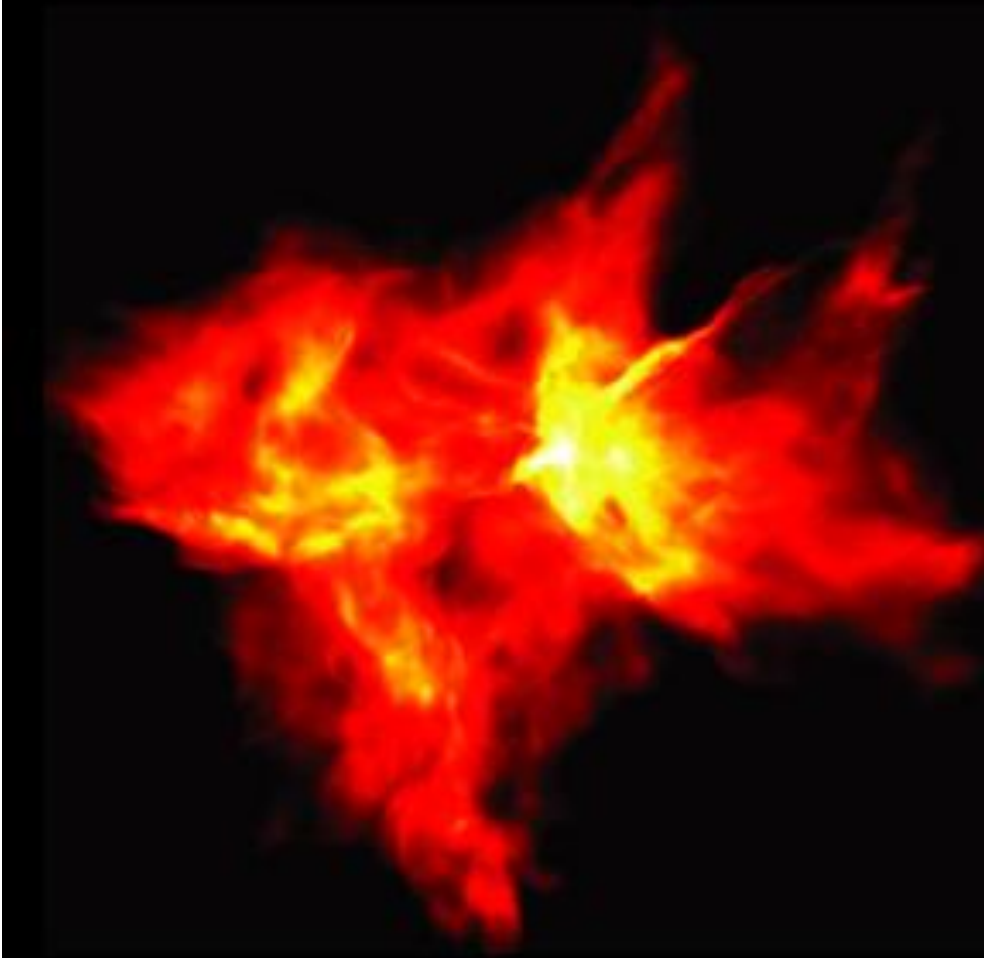
- Burada gösterilen simülasyon $50 M_{\odot}$ kütlesindeki bir bulut için türbülansa sahip gaz yapının değişimini içermektedir.

Bulutun Parçalanması



- Bulutun farklı bölgeleri, rastgele hareketlere sahip olacak şekilde değişebilir.

Bulutun Parçalanması



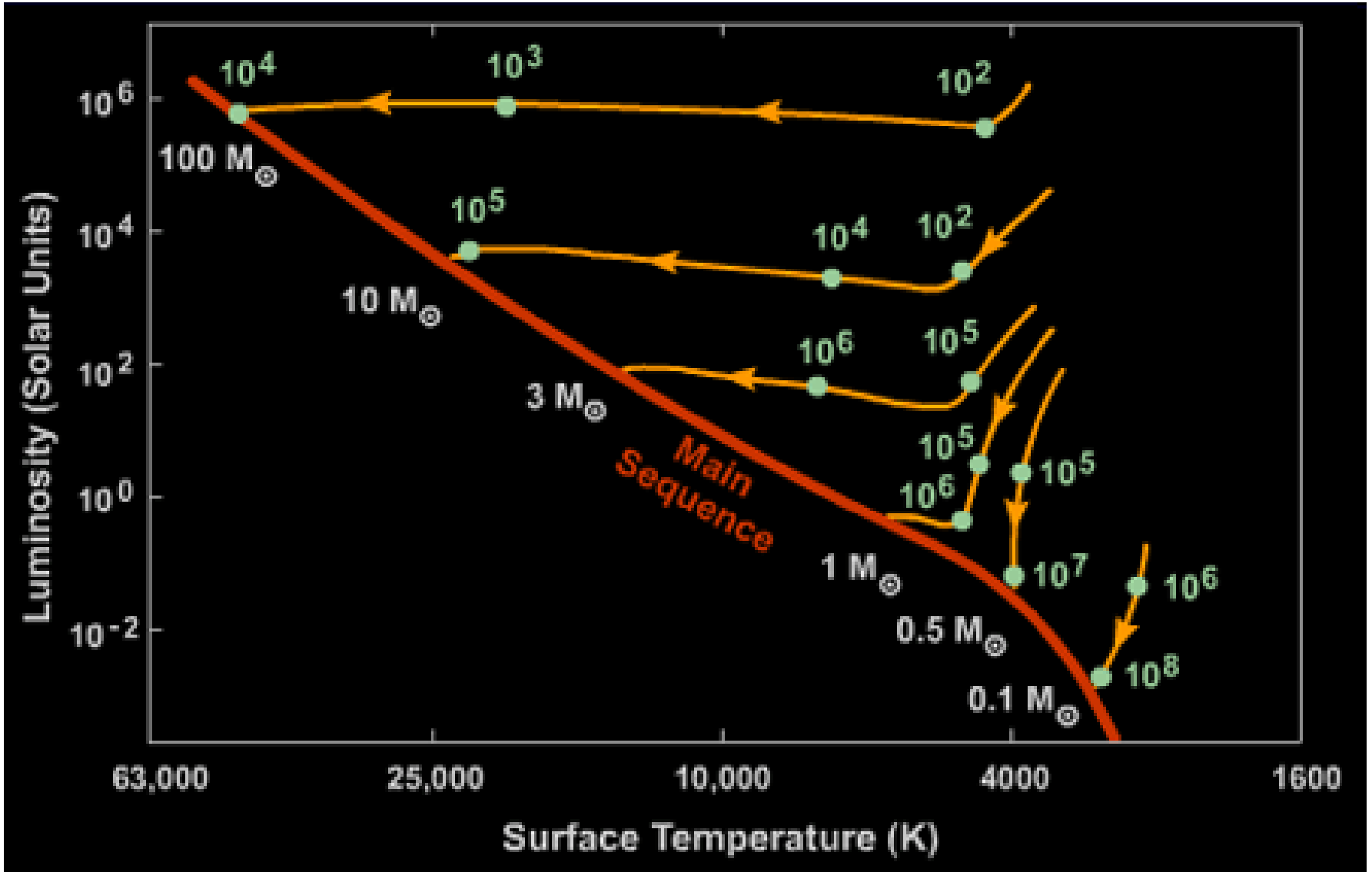
- Bulut içerisinde bulunan her bir yoğunlaşma bölgesindeki çekim kuvveti, kendisine karşı koyan ışınım ve gaz basıncını yenerek yıldızların oluşmasına neden olur.
- Büyük boyutlu bulutlardan yıldız kümelerinin oluşması mümkündür.

İsole (Tek) Yıldız Oluşumu



- Kütle çekim, bulut içerisinde çok sınırlı bir bölgede aşırı yoğunlaşmaya neden olduğunda ise kütle çekim gaz basıncını yenerek tek tek yıldızların oluşumuna neden olabilir.

Anakol Öncesi (Atayıldız)





Açık Yıldız Kümesi: Birkaç bin yıldız birada bulunur



Küresel Yıldız Kümesi: Bir milyon veya daha fazla yıldızın birada bulunduğu yıldız topluluklarının oluşmasına neden olabilirler.

[Geri Dön...](#)

Yıldız Nedir?

Yıldız, kütle çekim nedeniyle sıkışmış büyük kütleli plazma (çok sıcak gaz) küre olarak tanımlanır ve merkezi bölgelerinde gerçekleşen nükleer reaksiyonlar sonucu ışınımında bulunan cisimlerdir.

Yıldızlar gaz küreler olarak tanımlandıklarından, bu tür cisimler için gaz yasaları geçerlidir. Bu bilgi yıldızların iç kısımlarına ilişkin bilgiye ulaşmak amacıyla kullanılır.

$$PV=nRT$$

Burada P; basınç, V; hacim, n; parçacık yoğunluğu, R; gaz sabiti ve T ise sıcaklığı göstermektedir.

- Bu çıkarım bize en yakın yıldız olan Güneş'in yüzey sıcaklığının (**5771.8±0.7**) K olduğu dikkate alındığında ortaya konmaktadır.
- Bu sıcaklıkta bilinen bütün elementler gaz halindedir.
- Güneş ve diğer yıldızların iç kısımlarında sıcaklık daha yüksek veya daha düşük değerlere sahip olabilir.

- Yıldızların en önemli özelliği bu tür cisimlerin kendi enerjilerini üreterek bu enerjilerini uzaya salmalarınıdır.
- Saldıkları ışınım elektromanyetik tayfın tamamında (γ ışın, x-ışın, moröte, görsel, kırmızıöte, radyo bölge) olabilir.

Çizelge 2.1. Elektromanyetik tayf.

Bölge	Dalgaboyu	Frekans (Hz)
Radyo	> 1 mm	$< 3 \times 10^{11}$
Kırmızıöte	700 nm – 1 mm	$3 \times 10^{11} - 4.3 \times 10^{14}$
Görünür	400-700 nm	$4.3 \times 10^{14} - 7.5 \times 10^{14}$
Moröte	10-400 nm	$7.5 \times 10^{14} - 3 \times 10^{16}$
X-ışını	0.1-10 nm	$3 \times 10^{16} - 3 \times 10^{18}$
Gama-ışın	< 0.1 nm	$> 3 \times 10^{18}$

- Bir cismin hangi dalgaboyunda ne ölçüde ışınımında bulunacağı temel olarak onun sıcaklığına, dolaylı olarak ise kütlesine ve yaşına bağlıdır.
- Yıldızlarda enerji, nükleer füzyon sonucu üretilir. Bu süreçte kimyasal elementler başka elementlere dönüşür.

Yıldız Evrimi

Gazdan oluşan cisimler incelenirken bilinen **gaz** ve **ışınım yasaları** kullanılır. Bu yasalar temel olarak; *basınç*, *sıcaklık* ve *yoğunluk* arasındaki ilişkiden oluşur.

Herhangi bir yıldızın yüzey sıcaklığı dikkate alındığında, teorik olarak toplam kütlesi ve hacmi belirlenebilir demektir. Doğal olarak yıldızların ortalama yoğunlukları da hesaplanabilir. Gaz yasaları ile birlikte kullanıldığında, basit bazı kabuller altında ilgilenilen yıldızın yapısını belirlemek, yani yüzeyden yıldızın merkezine kadar olan bölge için yoğunluk ve sıcaklık değişimini hesaplamak veya modellemek mümkündür.

Yıldızlarda enerji üretimi temel olarak yıldızların çekirdek bölgesi olarak adlandırdığımız derin iç katmanlarında gerçekleşir. Enerji baskın olarak çok kısa dalga boylarında ışınım olarak salınır. Merkezi bölgede salınan bu enerjinin yıldız yüzeyine doğru ilerlemesi, üst katmanlarda bulunan elementlerin soğurma ve tekrar salma mekanizmaları ile ve/veya konveksiyon ile gerçekleşir. Bu süre Güneş için 10 milyon yıl kadar sürebilmektedir. Yüzeye ulaşan ışınım ise buradan uzaya salınır.

Güneş'in Ömrü

Güneş'in merkezi (çekirdek) kısmında 4 proton füzyon sonucunda 1 helyum çekirdeğine dönüşmektedir ve bu tür bir dönüşümde yaklaşık olarak 4.14×10^{-12} Joule kadar enerji açığa çıkar.

Protonun kütlesi= 1.67×10^{-27} kg

Helyum kütlesi= 6.64×10^{-27} kg

Fark kütle= 4.60×10^{-29} kg

Fark kütle / Helyum kütlesi= 0.69%

$E = 4.14 \times 10^{-12}$ Joule (kg m²/sn²)

$$E = mc^2$$

Güneş'in kütesinin ancak %10'luk çekirdek bölgesinde nükleer reaksiyonlar gerçekleştiğine göre Güneş'in anakolda kalma süresi nedir? Hidrojen, füzyon reaksiyonu ile kütesinin %0.69 kadarı enerjiye dönüştüğü ve bu enerjinin Güneş merkezi bölgesinde %10'luk bir kütesinde gerçekleştiği dikkate alındığında,

toplam kütenin 0.000692354 kadarı enerjiye dönüşür.

$M_{\odot} = 1.99 \times 10^{30}$ kg

Enerji üretecek kütle= 1.38×10^{27} kg kada
 $E = mc^2 = 1.24 \times 10^{44}$ Joule rdir.

Güneş'in ömrü= 3.22×10^{17} sn

1.02×10^{10} yıl

1.02×10^4 milyon Yıl

10.20 milyar Yıl

...devam

Enerji üretiminde bir bozulma olmadığı sürece yıldız **denge durumunda** kalır. Denge durumunda bulunan bir yıldız için merkezde üretilen enerji kadar enerjinin yüzeyden uzaya salınması gerekir.

Denge durumdaki yıldızlarda iki temel kuvvet, yıldızda bulunan her hacim elementi üzerine etkide bulunur; bunlardan ilki **gaz ve ışınım basıncıdır** ki yıldızın dışarıya doğru genişlemesi için çalışır, diğeri ise **merkezi çekim kuvvetidir** ve yıldızın merkeze doğru büzülmesini sağlar.

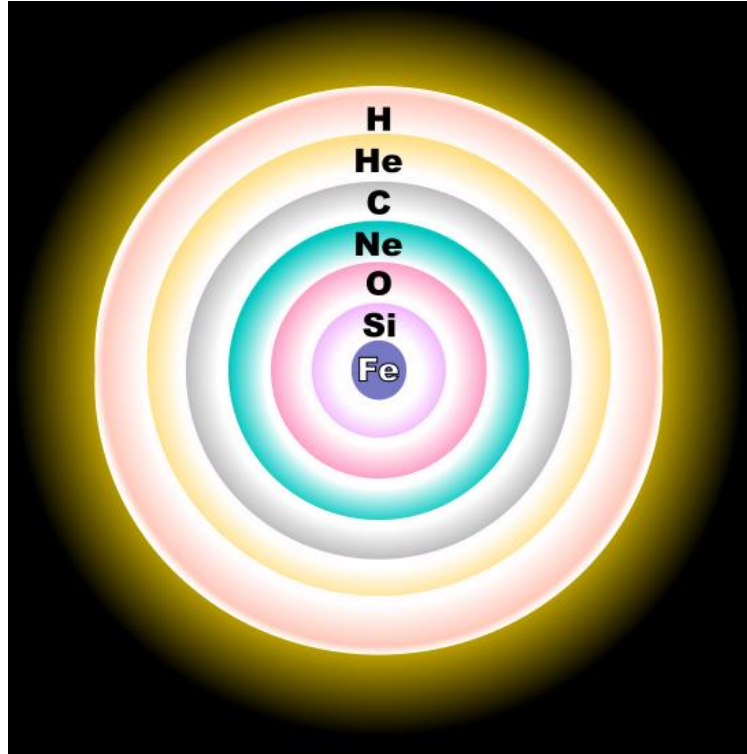
Yavaş bir şekilde gerçekleşen yıldız evrimi nedeniyle yıldızların milyarlarca yıl kararlı bir şekilde denge durumunda kalmasına neden olur. Güneş, bu dengeyi sağlamış olan yıldızlardan biridir.

...devam

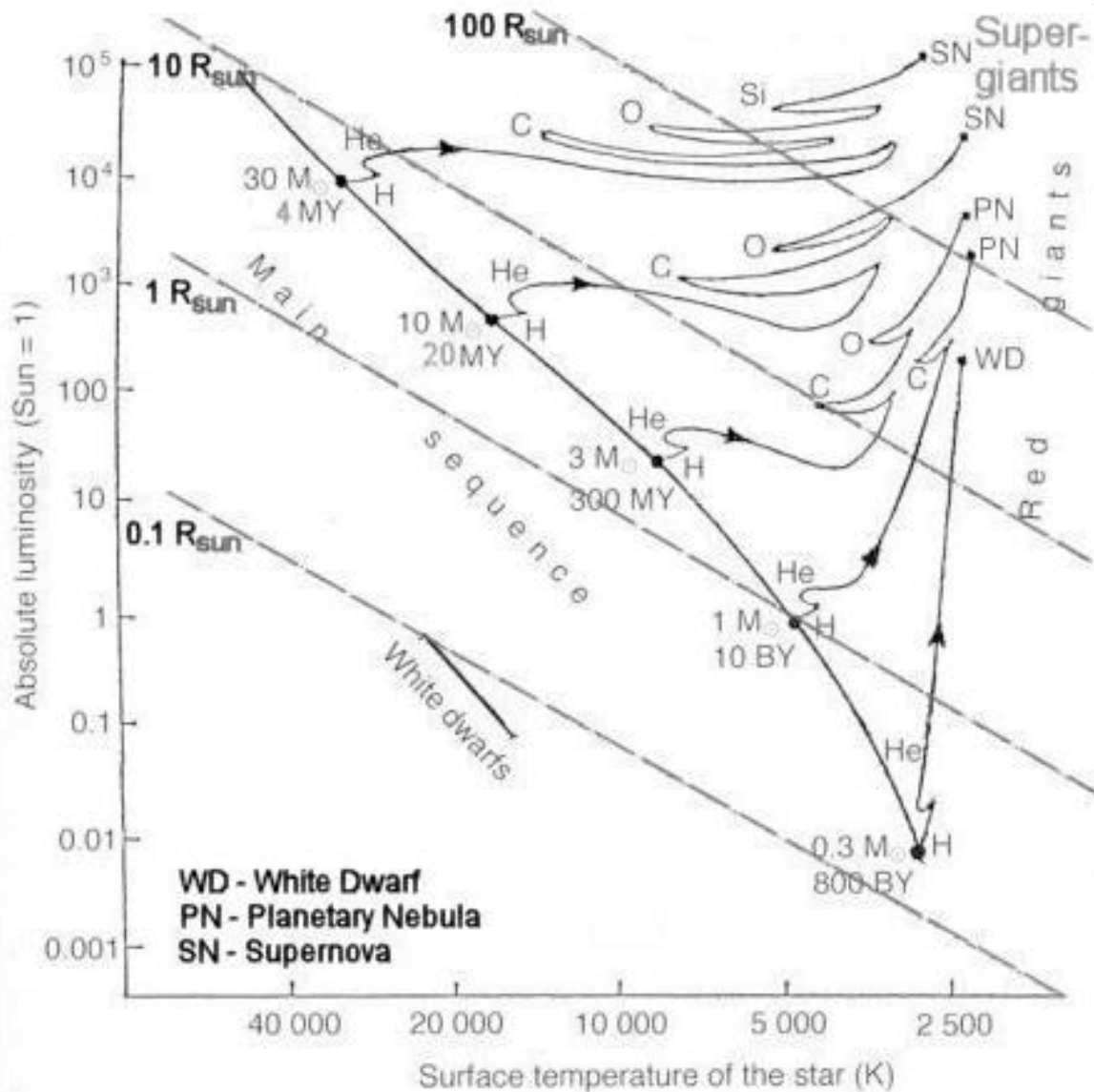
- Enerji üretiminde meydana gelecek herhangi bir artış, yıldızın **genişlemesine** ve enerji üretimindeki bir azalma ise yıldızın **büzülmesine** veya yarıçapının küçülmesine neden olur.
- Genişleme sonucunda merkezi basınç ve bu nedenle de sıcaklık azalacağından, üretilen enerji de azalır. Bu nedenle yüzeyden salınan enerji azalır yani yıldız sönükleşir. Yıldızlar böylesine değişikliklere kendini otomatik olarak ayarlayarak yine denge durumuna ulaşırlar. Böylesine bir süreç nedeniyle, yıldızın yüzey sıcaklığı ve yarıçapı değişeceğinden ışınımgücü dolayısıyla parlaklığı değişmelidir.
- Bir yıldızın fiziksel parametreleri denildiğinde onun **kütlesi, yarıçapı, ortalama yoğunluğu, ışınımgücü, etkin sıcaklığı, tayf türü, kimyasal bileşimi, ortalama enerji üretimi ve yüzey çekim ivmesi** anlaşılmalıdır.
- Yıldız modelleri oluşturulurken genel olarak seçilen herhangi bir kimyasal bileşim (X, Y, Z) için değişen parametre olarak kütle dikkate alınır ve diğer bütün fiziksel parametreler başlangıç parametrelerine göre hesaplanır (**Vogt-Russell Teoremi**). Buna ilaveten bazı yıldızlarda **konveksiyon, dönme** ve **manyetik** alan gibi parametreler de önemli rol oynar.

Yıldız Evrimi (Animasyon)

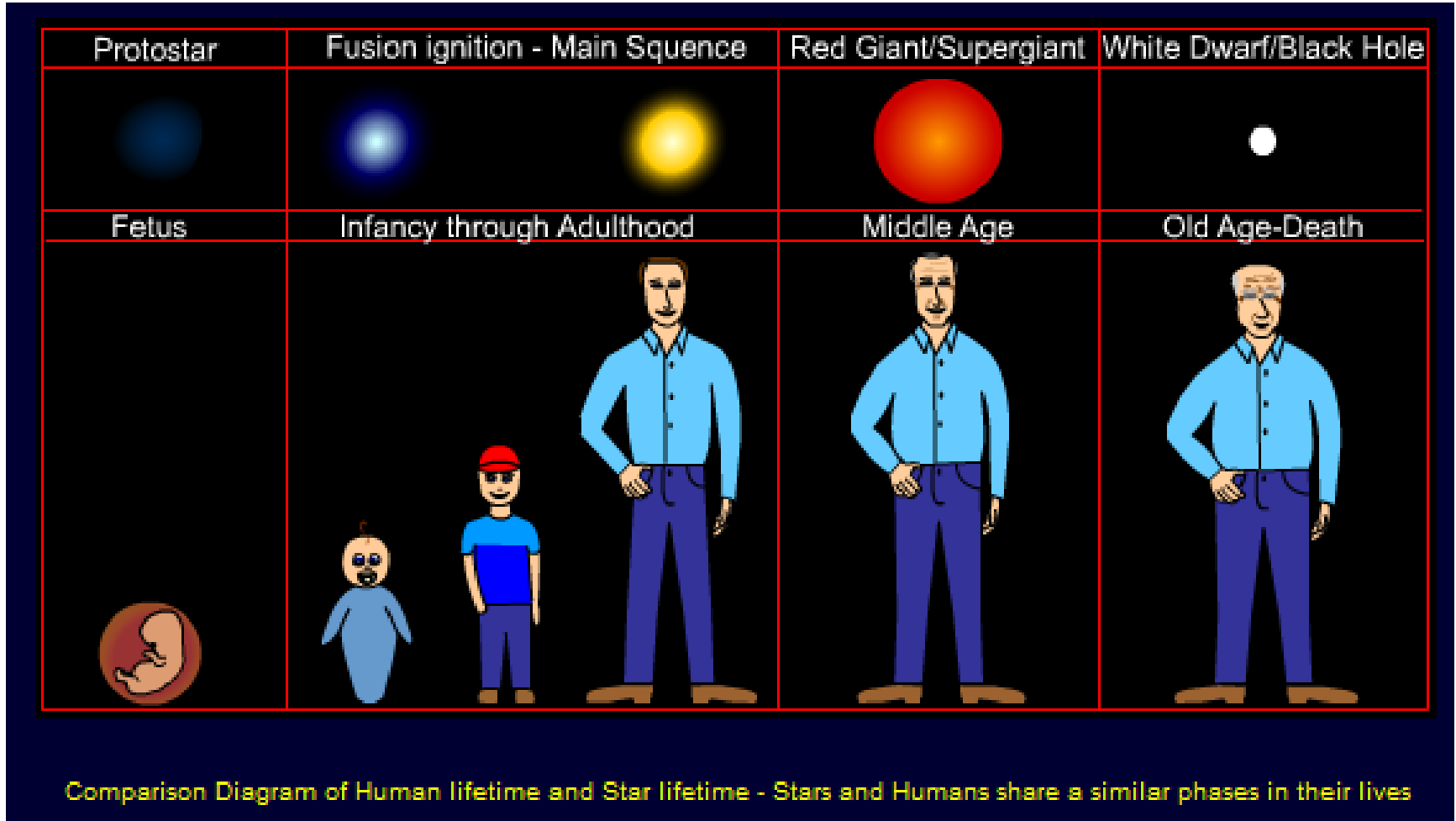
Evrin Animasyon



Farklı Kütleli Yıldızların Anadol Sonrası Evrimi



Yıldız ve İnsan Yaşamı



[Geri Dön...](#)

Değişen Yıldızlar

- Yıldızlar evrimleştikçe parlaklık, renk, tayf ve kimyasal bileşimleri değişir. Bu anlamda aslında bütün yıldızlar evrimlerinin bir aşamasında değişen yıldız olacaktır.
- Fakat gerçek anlamda bir yıldızın değişen olarak sınıflandırılabilmesi için çeşitli kriterler bulunur.
- Değişen yıldız olarak sınıflandırma kriterinin başında “*insan ömrü*” düzeyinde bir zaman ölçeğinde yıldızın parlaklığında değişimin görülmesi bulunur.

Parlaklık değişimi:

- a) Dönemli (Düzenli)
- b) Yarı-dönemli (Yarı düzenli)
- c) Ani (Düzensiz)

şekillerde birkaç dakika ile 1 yüzyıl mertebesine kadar olan zaman aralıklarında gerçekleşen olaylardır.

...devam

Değişen yıldızların sınıflamasında kullanılan “**temel parametreler**”:

- a) *Değişimin gerçekleştiği zaman ölçeği,*
- b) *Değişimin genliği,*
- c) *Işık eğrisinin biçimi,*

şeklindedir. Bu parametreler ise genel olarak fotometrik (ışıkölçüm) gözlemler yardımıyla belirlenir. Değişen yıldızların sınıflandırmasında ayrıca;

- a) “*Tayf türü*” (sıcaklık)
- b) “*Işınım sınıfı*” (Log g)
- c) “*Kimyasal bileşim*” (X, Y, Z)

gibi parametreler de “*yardımcı araçlar*” olarak kullanılır.

...devam

Değişen yıldızlarda kısa zaman ölçeklerinde görülen değişimler ve bu değişime neden olan bazı parametreler, daha uzun zaman ölçeklerinde de ilave başka değişimler gösterebilirler.

Yakın bir çift yıldız sisteminde bileşen yıldızlar arasında meydana gelebilecek madde alış verişi, fotometrik ve tayfsal gözlemlerde kısa süreli değişimlere neden olurken, uzun zaman ölçeğinde sistemin yörünge dönemi ve bileşenler arasındaki uzaklığın değişimine neden olur.

Pulsasyon (zonklayan) yapan δ Scuti türü bir değişenin zonklama dönemi, yıldızın evrimine bağlı olarak farklılık gösterir. Fakat bu tür bir inceleme yapabilmek için uzun zaman aralığına dağılmış gözlemsel verilere ihtiyaç duyulur. Bu ise yıldızların sürekli ve sistematik bir şekilde gözlemlerinin yapılmasını gerektirir.

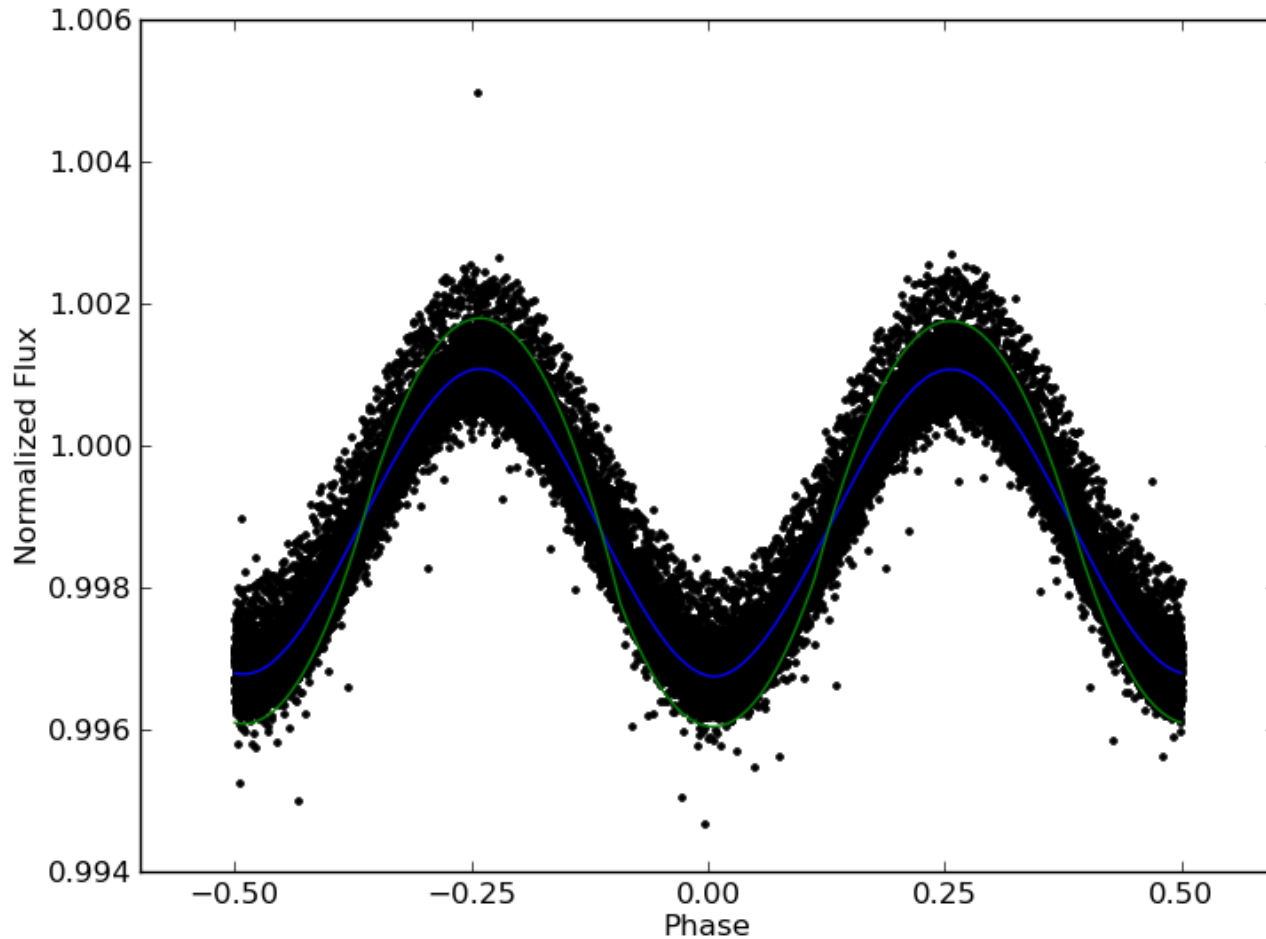
Değişimin Genel Tanımı

- **Değişen Yıldız**, parlaklığında değişim görülen yıldızlara verilen isimdir. Fakat bu tanımlama üzerinde çeşitli sınırlandırmalar olmalıdır. Nedeni ise bu şekilde yapılacak bir tanım ile neredeyse bütün yıldızları değişen olarak sınıflandırabileceğimizezdir.
- Yıldızların evrimleri süresince (10^6 - 10^9 yıl) doğal olarak parlaklıklarında değişim meydana gelecektir.
- Bazı yıldızların parlaklıklarında $0^m.01$ düzeyinde değişimlerin görülmesi ve değişen yıldız olarak sınıflandırılmayan Güneş'in *x-ışın* ve *moröte* bölgede ve hatta *radyo* bölgede parlaklık değişimi gösterdiği bilinmektedir.

...devam

- Bu nedenle değişen yıldızlar tanımlanırken üç önemli kavram dikkate alınır. Bunlar:
 1. Parlaklık değişiminin kısa sürede gerçekleşmesi,
 2. Değişimin optik bölge olarak adlandırılan görsel ve fotoğrafik aralıkta gerçekleşmesi (bunun içerisinde yakın kırmızıöte bölge dahil edilebilir),
 3. Parlaklık değişiminin gözle fark edilebilir düzeyde olması (bunun için $0^m.2-0^m.3$ kadar sınırı verilebilir) dikkate alınır.
 - Parlaklık değişim sınırı biraz daha açık hale getirilmelidir. Nedeni ise günümüzde uygulanan gözlem yöntemleri sayesinde, değişimi $<0^m.1$ kadirde daha küçük olan yıldızların artık değişen yıldız olarak gözlenebilmesidir.
 - Hatta Kepler Uzay Teleskobu ile gerçekleştirilen gözlemler sayesinde çok daha küçük genlikli değişimler gözlenebilmektedir.

KIC 8912468 (P=0.094 gün) $\Delta m=0.0058$



Değişen Yıldızlar: Tarihçe

Astronominin diğer alanları ile karşılaştırıldığında değişen yıldızlar üzerinde yapılan çalışmalar nispeten yeni bir araştırma alanıdır.

Bilimsel temelleri 19. yy'ın ortalarında atılmış olmasına rağmen, ilk gözlemler çok eski zamanlara kadar uzanır. 1054, 1572 ve 1604 yıllarında gözlenen Süpernova gözlemleri ile başladığı söylenebilir.

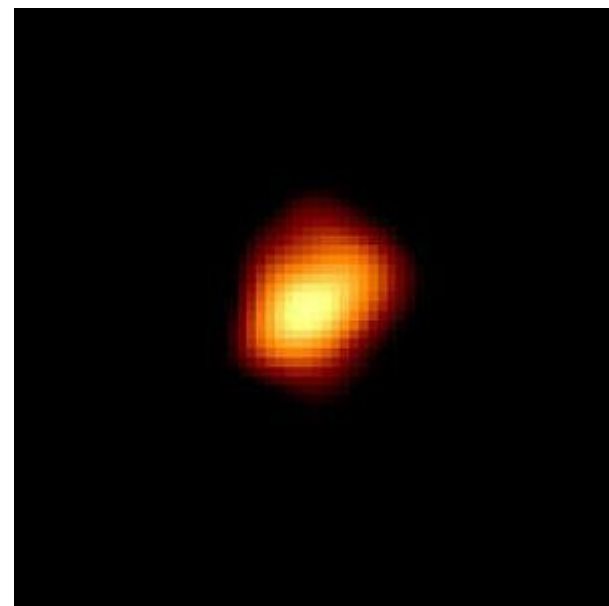
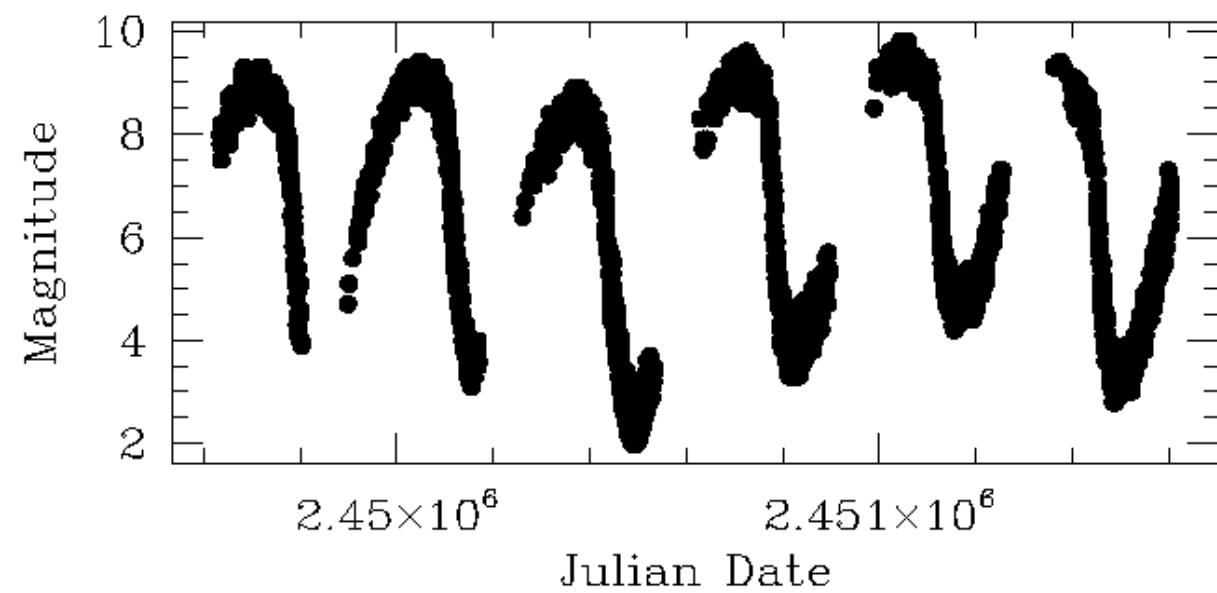
Fakat, o dönemde bu yıldızların özel bir durum olduğu düşünüldüğünden ancak 20. yy'da değişen yıldızların bir alt grubu olarak dikkate alınabilmişlerdir.

...devam

- Bilimsel anlamda değişen yıldızlar üzerinde yapılmış ilk çalışma 1844 yılında SCHUMACHER tarafından hazırlanan ve ARGELANDER tarafından yayınlanan yarıllıkta bulunmaktadır.
 - Yaklaşık 133 sayfadan oluşan bu çalışma ile 48 adet değişen yıldız üzerinde tartışma yapılmış ve günümüzde ARGELANDER yöntemi olarak adlandırılan parlaklık belirleme yönteminin de tanımı yapılmıştır.
- Çizelge 1'de 1844 yılında değişen yıldız olarak sınıflandırılmış yıldızların listesi ve keşif tarihleri verilmiştir.

Çizelge 1. 1844 yılında bilinen değişen yıldızlar ile değişimin keşif tarihi ve keşfeden araştırmacılar.

Yıldız Adı	Keşfeden	Keşif Yılı
α Ceti (Mira)	Holwarda	1639
β Persei (Algol)	Montanari	1669
γ Cygni	Kirch	1687
R Hydrae	Maraldi	1704
R Leonis	Koch	1782
η Aquilae	Pigott	1784
β Lyrae	Goodricke	1784
δ Cephei	Goodricke	1784
α Herculis	W. Herschel	1795
R Coronae Borealis	Pigott	1795
R Scuti	Pigott	1795
R Virginis	Harding	1809
R Aquarii	Harding	1810
ε Aurigae	Fritsch	1821
R Serpentis	Harding	1826
S Serpentis	Harding	1828
R Cancri	Schuerd	1829
α Orionis	J. Herschel	1836



...devam

Argelander'in yayınının 1912 yılında İngilizce olarak Popüler Astronomi dergisinde yayınlanmasının ardından, çok sayıda amatör astronom değişen yıldız gözlemine başlamıştır. 1912 yılında keşfedilen değişen yıldızların sayısı 4000'lere ulaşmıştır.

Daha sonra fotoğraf filmlerinin astronomide kullanılmaya başlanması ile birlikte keşfedilen değişen yıldızların sayısı hızla artmıştır. Bu alanda *Harvard College Observatory (Cambridge)* ve Peru'da kurulan *Arequipa* gözlemevleri sistematik gökyüzü taramaları yapmaya başlamışlardır.

Değişen yıldızlara ilgi, Astrofizik alanındaki gelişmelere bağlı olarak hızla artmış ve özellikle yıldızların tayfları incelenmeye başlanması ile astronomi alanında yeni bir çağ açılmıştır. Bu dönem, değişen yıldızların araştırılması konusunda ikinci dönem olarak adlandırılır.

...devam

Üçüncü dönem 20. yy da genel olarak “*örten değişen yıldızların*” anlaşılması konusunda gelişmeleri içermektedir.

Fiziksel olarak değişim gösteren yıldızların açıklanması konusunda bu yüzyılın sonlarına doğru bir açıklama veya ilerleme kaydedilememiştir. Bu nedenle de fiziksel değişim gösteren yıldızların nadir sistemler oldukları düşünölmeye başlanmıştır.

1907 yılında **Emden** tarafından yayınlanan “**gaz küre**” lerine ilişkin kitabın ardından, **Eddington**'un yıldızların iç yapılarına ilişkin çalışmaları ve atomik fizik konusundaki gelişmeler neticesinde, fiziksel değişim gösteren yıldızların açıklanmasında önemli gelişmeler yaşanmıştır.

...devam

Bu çağın sonlarına doğru “zonklama” teorisi ilk defa Shapley (1914) tarafından ortaya atılmış ve daha sonra Eddington (1918) tarafından matematiksel temelleri oluşturulmuştur.

Bu çalışmalara ilaveten Moulton, Ludendorff, Bottlinger ve Guthnick'in adları burada anılmalıdır.

Zonklama teorisi değişen yıldızlar alanında çok büyük gelişmelere neden olmuştur. Günümüzde bu tür sistemlerdeki parlaklık değişimlerin asıl nedeninin olduğu kesin olarak gösterilmiştir.

...devam

Geçmişte bazı değişen yıldızlar için yapılan açıklamaların, günümüzde artık doğru olmadığını biliyoruz.

Özellikle Nova türü değişenlerin parlaklık değişimi için yapılan açıklamalardan; *yıldızın hızla yıldızlararası gaz ve tozdan oluşan bir ortama girmesi sonucu flare olayı gösterdiği (meteorların Yer atmosferine girmesindeki parlama gibi) veya çevresinde bulunan gezegeninin yıldız yüzeyine çarpması nedeniyle oluşan bir patlama şeklindeki açıklamaların doğru olmadığı artık kesin olarak bilinmektedir.*

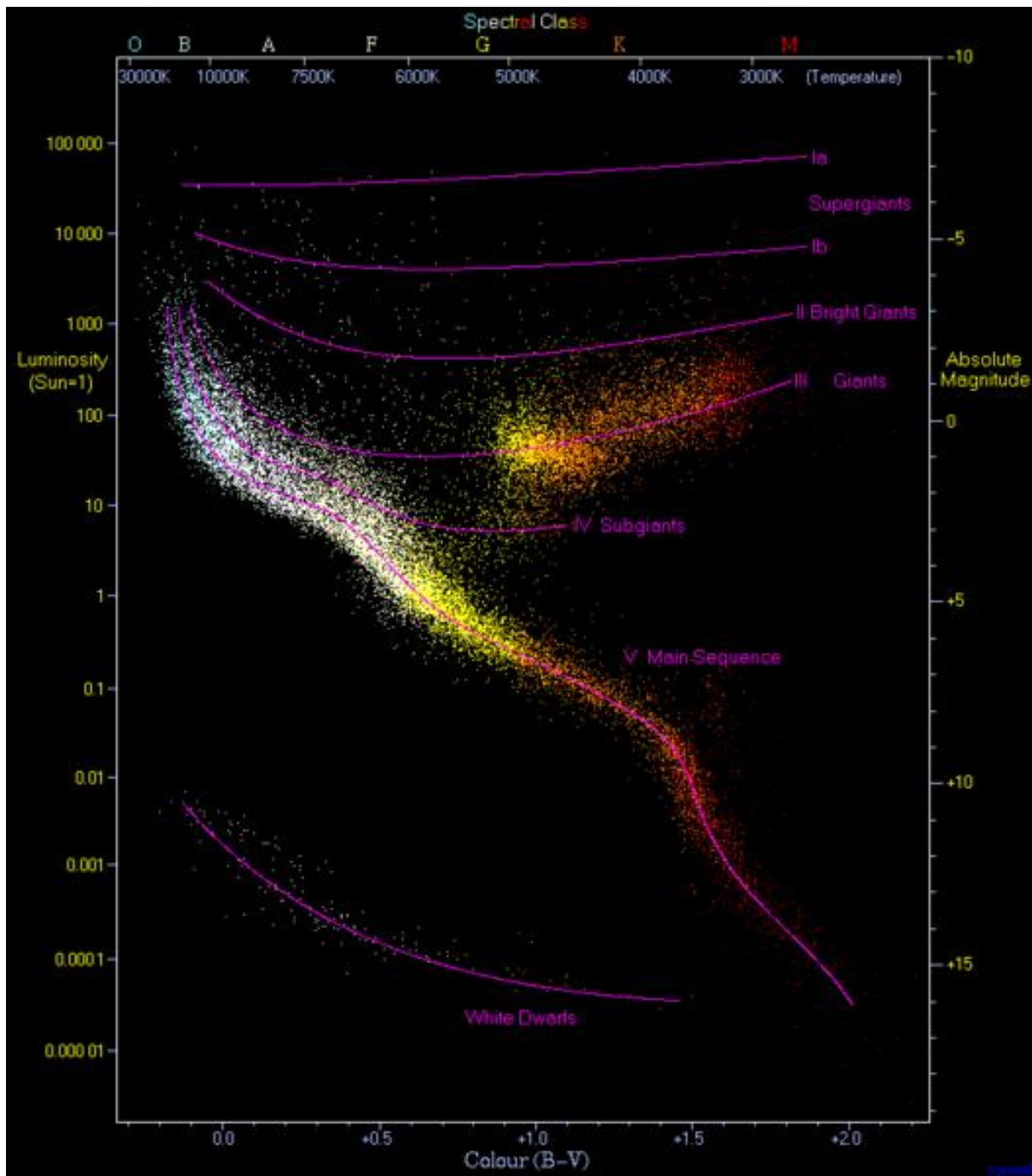
Bu türden yorumların yapıldığı dönemlerde, yıldızların enerji üretim mekanizmaları konusunda pek fazla bilgiye sahip olunmadığı hatırlanmalıdır. Hatta günümüzde bile hala Nova ve benzeri cisimlerdeki problemler ve yıldızların başlangıç evrelerinin tam olarak bilinmediğini söyleyebiliriz.

...devam

Değişen yıldızlar konusunda dördüncü dönem **Hertzsprung-Russell Diagramının (HR)** yıldızların evrim durumlarını gösterdiğinin ortaya çıkması ile başlamıştır. Bu diyagram; **sıcaklık, yoğunluk ve ışınım sınıfına** bağlı olarak yıldızların evrimlerine ilişkin değişimler hakkında çok önemli bilgilere ulaşılabilmeyi sağlamıştır.

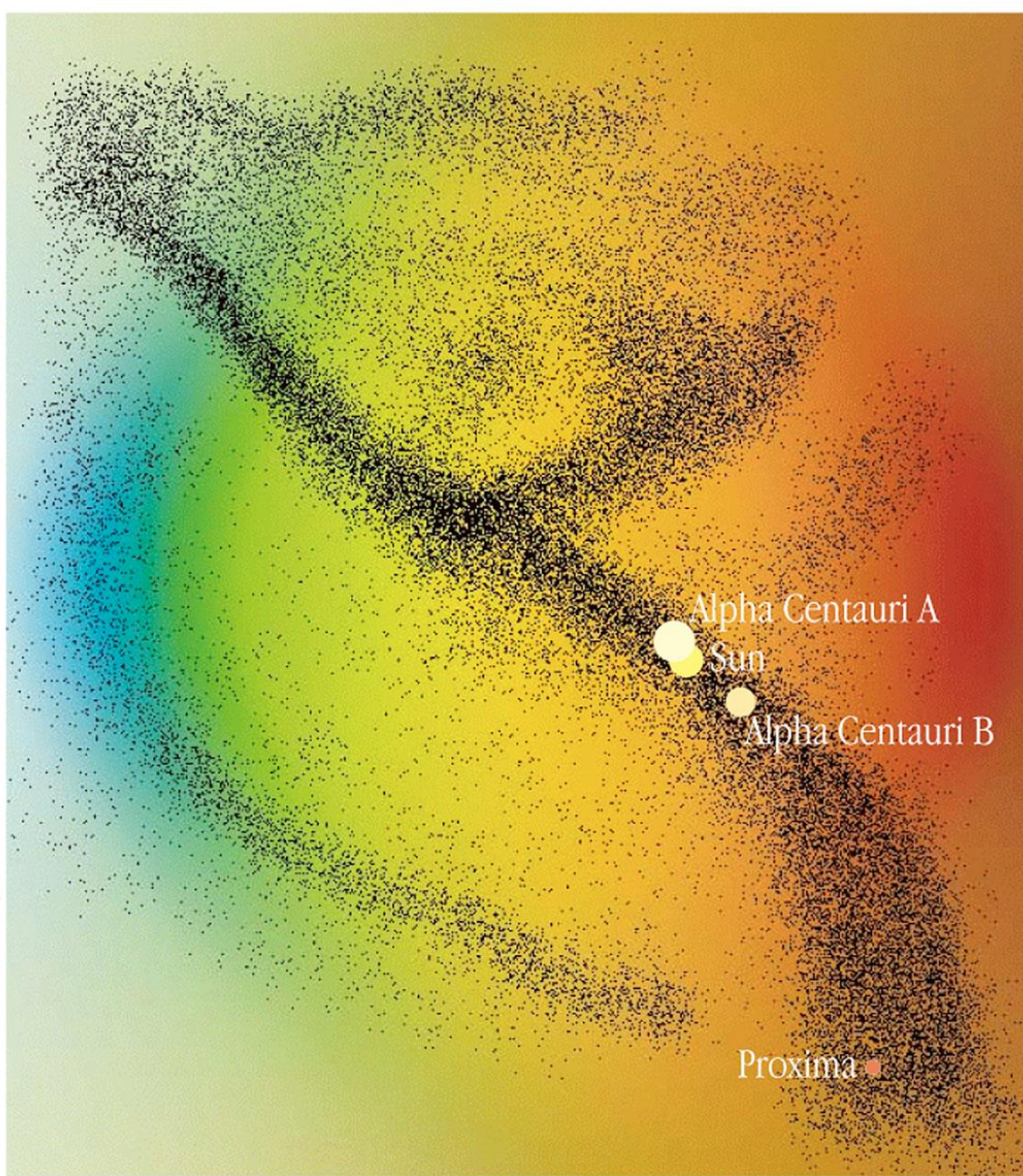
Farklı türden değişen yıldızların HR diyagramında farklı konumlarda bulunuyor olmaları, onların farklı şekillerde evrimleştikleri düşüncesine neden olmuştur. Buradan hareketle, değişen yıldızların aslında, birkaç tür değişen yıldız hariç, normal yıldız oldukları ve benzer özelliklere sahip yıldızların aynı evrimsel yollardan geçmek zorunda oldukları düşüncesi gelişmiştir.

Buna ilaveten farklı türden değişimlerin Samanyolu'nun farklı bölgelerine (*galaksi merkezi, disk, spiral kollar veya halo*) dağıldığı anlaşılmış ve buradan hareketle; değişimin yapısının yıldızların yaşları ile ilişkili olduğunun düşünülmesine yol açmıştır.



1.000.000
10.000
100
1
0.01
0.0001

Relative Brightness



Alpha Centauri A

Sun

Alpha Centauri B

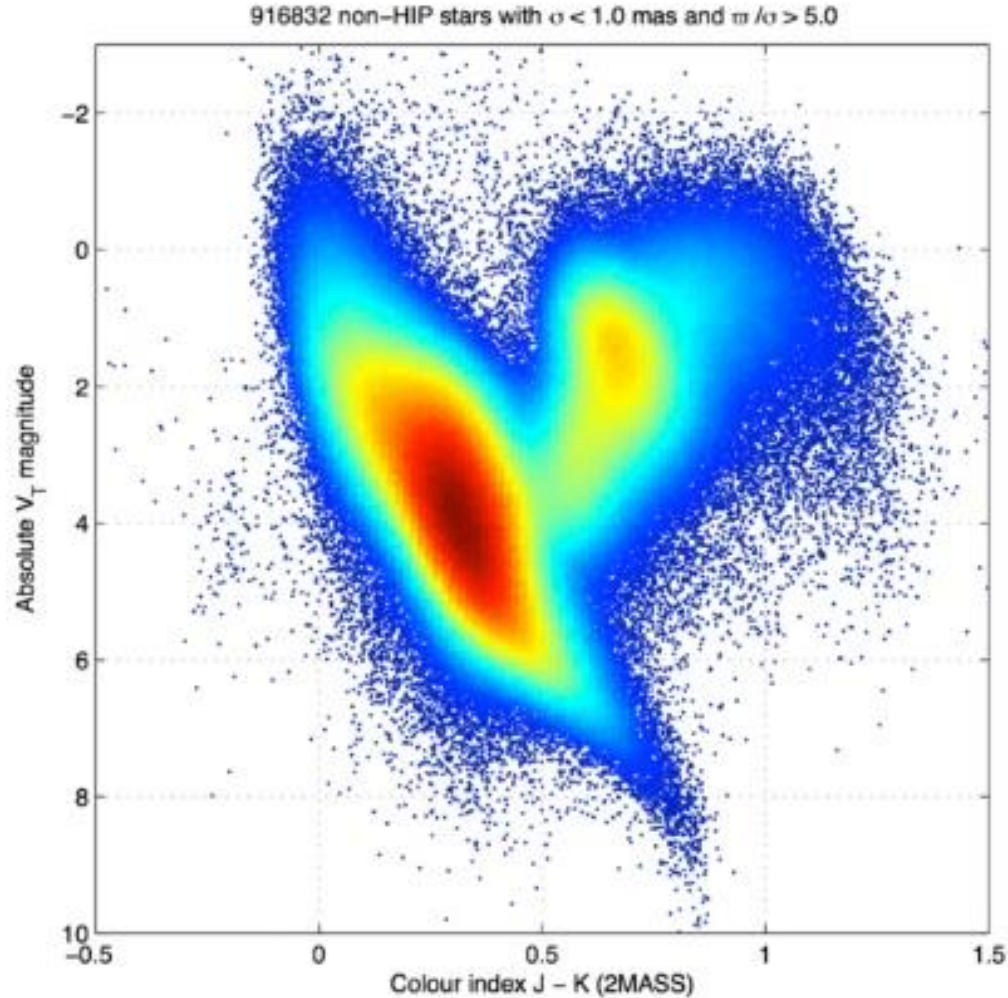
Proxima

50.000

3000

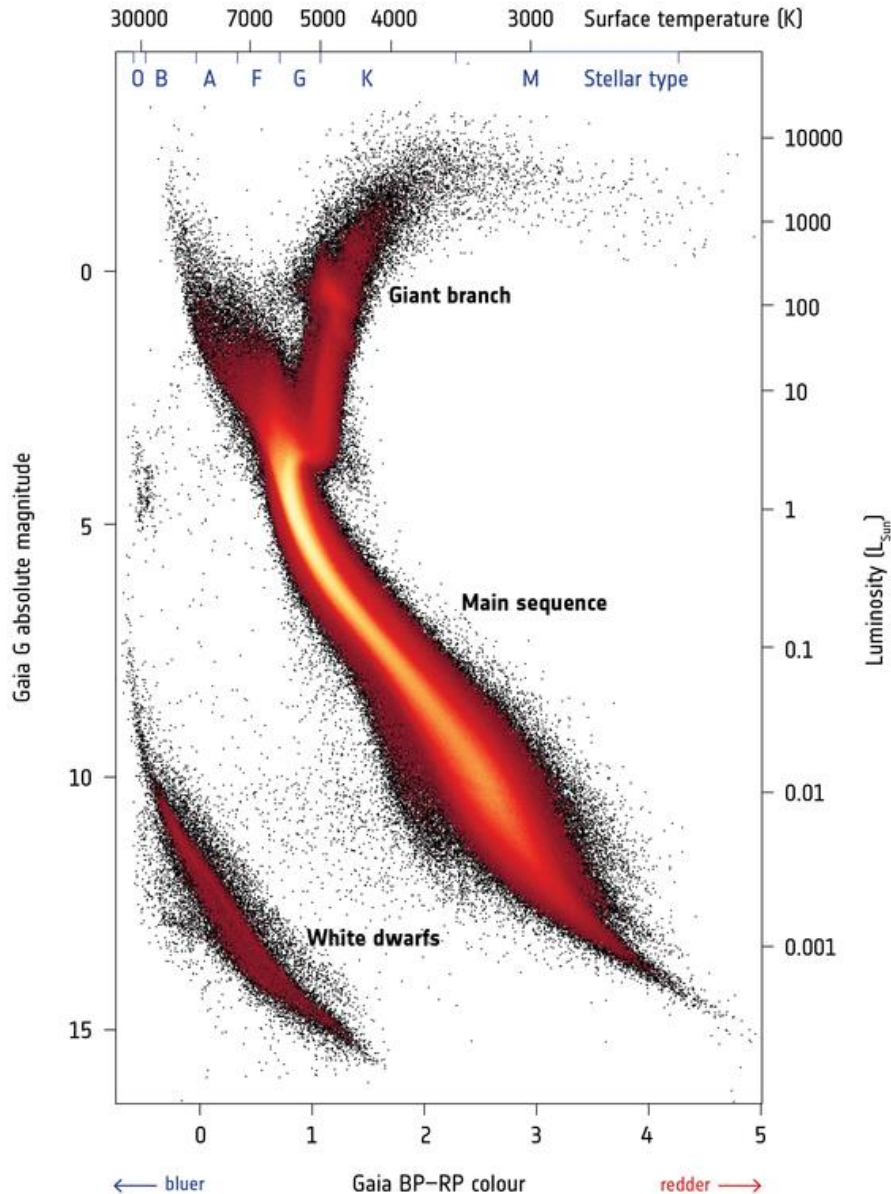
Temperature (K)

GAIA'nın ilk HR diyagramı. Yaklaşık 1 milyon yıldız bulunmaktadır.



HR diyagramı yerden yapılan 2MASS gözlemleri ve Tycho veritabanından yararlanılarak oluşturulmuştur. Gelecekte tamamen GAIA gözlemleri ile oluşturulacaktır.

→ GAIA'S HERTZSPRUNG-RUSSELL DIAGRAM



5000 Işık yılı uzaklığa kadar olan dört milyondan fazla yıldız için grafike edilmiş HR diyagramı.

<http://sci.esa.int/gaia/60198-gaia-hertzprung-russell-diagram/>

...devam

Yıldızların gösterdikleri parlaklık değişim türleri ile genel yıldız evrimi arasındaki ilişkinin anlaşılması ve galaksimizin çeşitli bölgelerindeki farklı kimyasal bileşime sahip yıldızlar ile yaşları arasındaki ilişkinin ortaya çıkması, değişen yıldızlar konusunun astronomik çalışmalarda son derece önemli hale gelmesine yol açmıştır.

Günümüzde yapılan araştırmalar iki temel alan üzerine yoğunlaşır;

- Tipik değişime sahip yıldızların ayrıntılı incelenmesi ile yıldızların fiziksel özelliklerinin, o ana kadar bilinen bilgiler ışığında elde edilmesi,
- Mevcut bütün verilerin istatistiksel olarak incelenmesi sonucunda, galaksimizin uzay ve zamana bağlı olarak yapısının daha iyi anlaşılması şeklindedir.