

Yıldızların Evrimi

Zeki Aslan



Yıldız oluşumu

Yıldızların anakol yaşamı

Enerjilerini nasıl karşılar

Anakol sonrası evrim

Yıldız ölümleri

Yıldız nedir?

Bu soruyu insanlık yüz binlerce belki de milyonlarda yıldır soruyordu? Fakat yıldızların fiziksel doğası ve yaşam çevrimleri ancak 1900 lü yıllardan sonra anlaşılabilirdi. Yıldızların neredeyse tüm temel özelliklerini anlıyoruz; yapılan çalışmalar-araştırmalar yalnız ayrıntılar üzerinedir.

Güneş'in de bir yıldız olduğunun kabul edilmesi, binlerce yıllık dini, felsefî ve bilimsel tartışmayı düzeyli bir noktaya getirmiştir.

Burada yıldızların oluşumu ve evrimi hakkında kısa bilgi vermeye çalışacağız

Yıldız nedir?

Yıldız:
gaz
küresi

1) kendi kütle çekimi
altında dengededir

Şeklinin küresel olmasını sağlar

2) yaydığı ışığı iç enerjisinden
karşılar

İç enerji nükleer enerjidir
(çekirdek tepkimeleri ile
açığa çıkar)

Yıldız Oluşumu

Yıldızların ‘ham’ maddesi yıldızlararası gaz ve tozdur. Samanyolu’nun, genel olarak herhangi bir gökadanın sarmal kollarında, **binlerce hatta yüz binlerce Güneş kütlesine denk kütle içeren soğuk molekül bulutları** vardır.

Kendi gökadamızda Orion Bulutsusu gibi



M51 sarmal gökadası. Kollardaki kırmızı topaklar yıldız oluşum yerleri molekül bulutlarıdır.(optik görüntü)

Kendi gökadamız da molekül bulutları var



Orion bulutsusu



Bu güne kadar bir yıldızlararası buluttan tek bir yıldızın oluşumu hesaplanamamıştır. Yıldızların burada görüldüğü gibi kümeler halinde oluştuğuna inanılır. Küme yaşlandıkça çevredeki gaz dağılır.



Rosetta Bulutsusu ve içindeki genç küme

Yıldız doğumevleri olan molekül bulutlarının bileşimi gaz (çoğunlukla $H + H_2$ ve He) ve tozdur. Molekül bulutlarında H_2O , SO_2 , HCN, CS, H_2CO , CO, CN, SiO, OH, H_2S , ve H, C, N ve O bileşikleri gibi çok atomlu moleküller vardır.



M16 ve Kartal Bulutsusu: Yıldız doğumevi. Yaklaşık 77 x 50 Işık Yılı (IY) boyutlarında.dır.
Yaratılış Sütunları resmin ortasında görülüyor.

Copyright Anglo-Australian Observatory/Royal Observatory, Edinburgh.



Ülker Kümesi



Double Cluster in Perseus (NGC 644/651) - 110min 0.5 Second AP6 Retrospectively stacked to a Meade 10" f/5.3 - 70mm Ø 0.5µm hybrid Fw SHG 400 - HRE8 Dropped by Andy Steele

Çift Küme

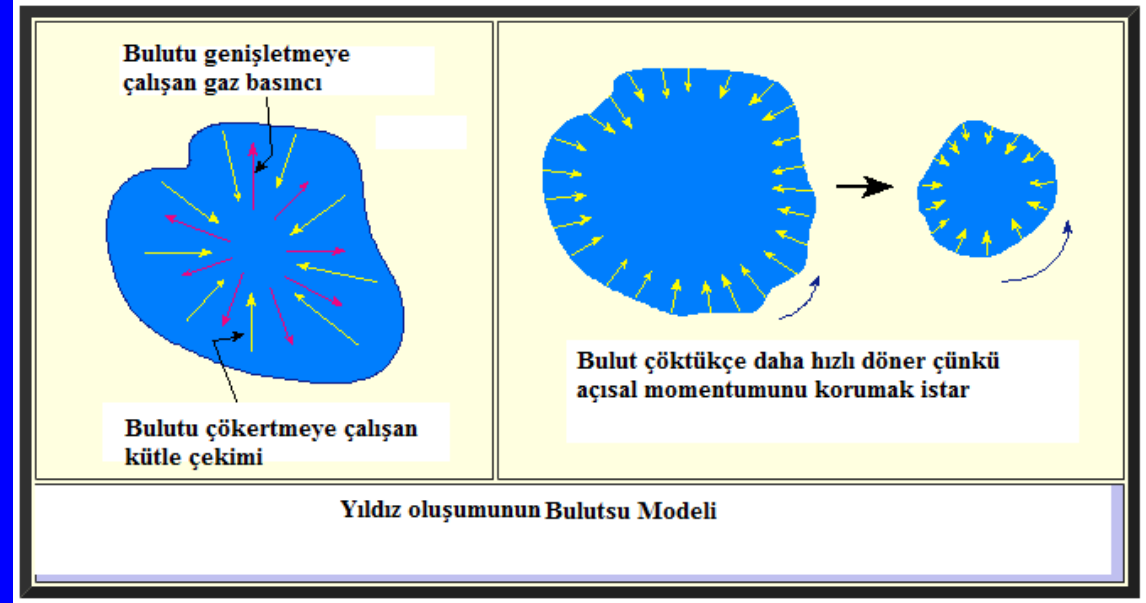
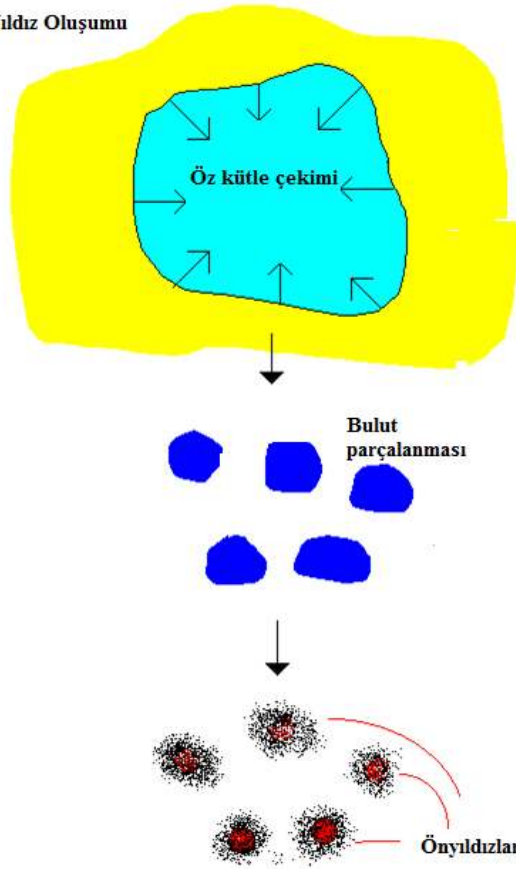
Yıkım Sütunları 2015



Yaratılış Sütunları 1995

‘Yaratılış Sütunları’ diye adlandırılan yıldız doğumevinin 20 yıl ara ile alınan Hubble Uzay Teleskobu görüntüleri. Bu sütunlar soğuk, çoğunlukla hidrojen molekülü (H_2) gazı ve tozdur. Serpens takımyıldızı bölgesinde, bizden 7 000 ışık yılı (IY) uzaklıkta M16 diye bilinen yıldız oluşum bölgesi Kartal Bulutsusu içindedir. Sütün yükseklikleri 4 IY’na kadar ulaşıyor. Sütunlardaki parmak gibi çıkıntıların uçlarındaki yumrular yıldız embriyolarını içermektedir. 2015 yılında hazırlanan 3-D görüntülerini <https://www.youtube.com/watch?v=OSIDJ2wYamc> adresinden – İngilizce bilmeseniz bile - izlemeniz önerilir.

Yıldız Oluşumu

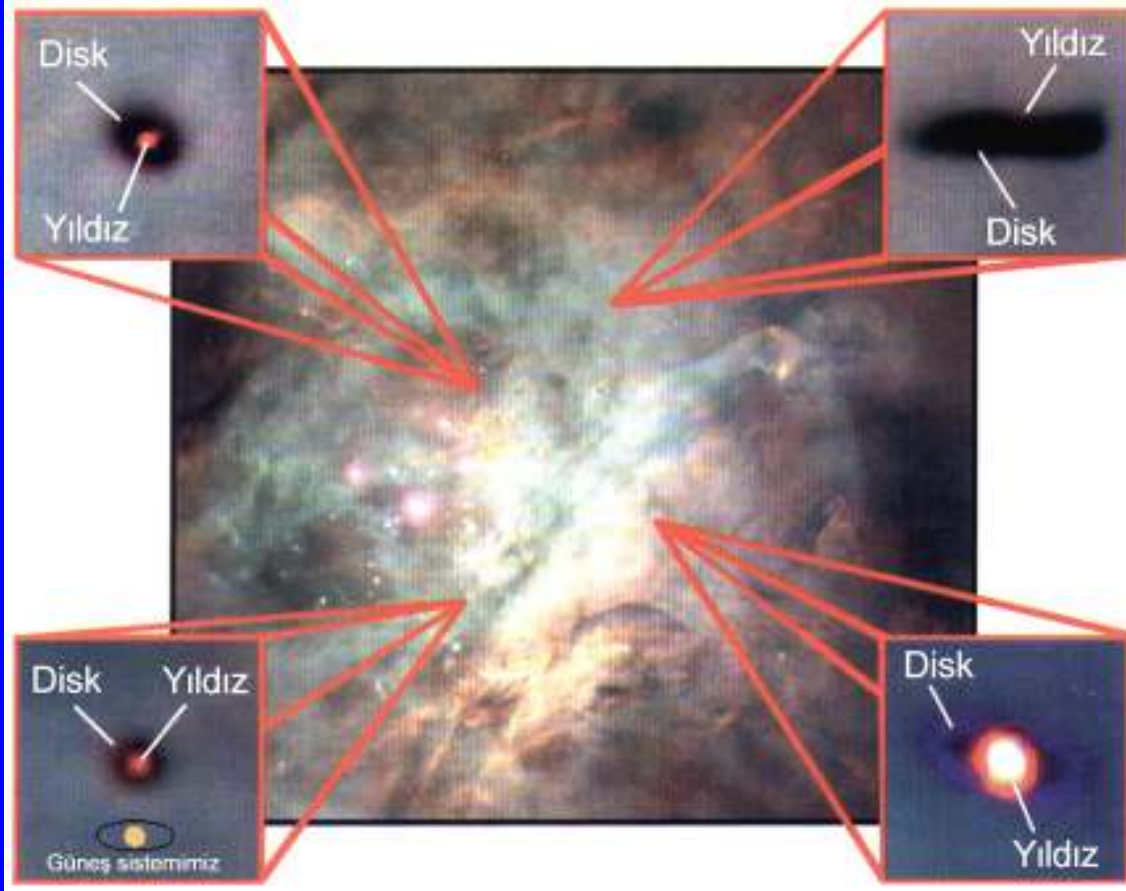


Bu bulutlar kendi kütle çekimleri altında hızla çökmeye (*serbest düşme*) devam eder.

$$\frac{1}{2} mv^2 = \frac{3}{2} kT$$

Bulut çöktükçe kütle çekim enerjisinin (potansiyel enerji) yarısı bulutun ısınmasına harcanır, diğer yarısı ısınım olarak uzaya yayılır.

- Kütle çekimi bulut merkezinde daha kuvvetli olduğundan merkez daha çabuk büzülür ve daha çok enerji açığa çıkar; böylece merkez dış katmanlardan daha çok ısınır.
- Bu çökme, sonunda yassılaştırmış hızlı dönen bir disk, disk merkezinde daha yoğun bir özek, bir *önyıldız* oluşturur; ön yıldızın sıcaklığı ~ 300 K kadardır. Bu özek (önyıldız) üzerine dıştaki diskten madde dökülmesi devam eder.
- Diskte **gezegen sisteminin** oluşması da söz konusudur: yakın yıldızların çevresinde bulunan gezegen sayısı artık binlerle ifade edilmektedir. Yıldızın doğum süreçleri ya da gezegen oluşumu doğrudan gözlenemez ancak kırmızıötesi ve radyo gözlemleri ile algılanabilir; madde yıldızda toplandıktan ya da çevreye dağıldıktan sonra yıldız kendini gösterir.



İlkel yıldız tarafından salınan ışık çevresindeki toz tarafından soğurulur, bu durum tozun ısınmasına neden olur ve kızılöte de ışınlım yapar. Yıldız oluşum bölgelerinin kızılöte çalışmaları yıldızların (ve dolayısıyla Güneş ve güneş sisteminin) nasıl doğduğunu hakkında önemli bilgiler verir.

Orion Bulutsusunda Hubble Uzay Teleskopu ile çekilen önyıldızların çevresindeki diskler. Sağ üstteki disk yandan görüldüğü için diskteki toz önyıldızı gizlemektedir. Disklerin boyutları güneş dizgemizin çapının iki ile sekiz katı arasında değişmektedir.



Boğa takım yıldızı içinde Güneş benzer genç yıldız HL Tau ve çevresindeki öngezegen diskinin ALMA görüntüsü, gezegen oluşumunun bugüne kadar elde edilen en iyi görüntüsüdür (6 Kasım 2014). Çoklu halkalar ve boşluklar yörüngelerindeki tozu ve gazı temizleyerek ortaya çıkacak gezegenlerin habercisi. Boğa takım yıldızı içinde, 450 ışık yılı uzaklıkta.

<http://www.astronomidiyari.com/?p=12811>

Bulutun merkezindeki önyıldız zaman ilerledikçe çökmeye , madde merkezde toplanmaya ve sıcaklığı yükselmeye devam eder.

Özek sıcaklığı ~ 10 milyon K değerine ulaşınca özekte hidrojen yanması başlar. Yıldız artık hidrostatik dengeye ulaşmıştır, yani içe doğru olan kütle çekim

kuvvetini dışarıya doğru olan gaz + (yüksek kütleli yıldızlarda) ışıınım basıncı tam dengeler. Yıldız artık anakoldadır deriz.

Eksenleri yıldızın yüzey sıcaklığı ve ışıınım gücü olan meşhur H-R diyagramında farklı kütleli yıldızların oluşma süreleri ve anakola ulaşma yolları görülüyor. Evrim yolunun şekli ve anakola ulaşma yeri kütleyle bağlıdır. Bir evrim yolu üzerindeki sayılar, yıldızlararası buluttan ilgili noktaya gelinceye kadar yıl olarak geçen süredir. **Anakol, özeğinde hidrojeni helyuma dönüştüren yıldızların geometrik yeridir**, bir evrim yolu değildir. Yıldızın anakola ulaştığı yer yıldızın kütlesine bağlıdır. Anakola ulaşan yıldız artık hidrostatik dengededir ve hidrojen yakıtını tüketinceye kadar aynı noktada kalır

Önyıldızların kuramsal evrim çizgileri-Anakol Öncesi Evrim

Çöken bulutun özeğinde
(merkezinde)

sıcaklık ~10 Milyon K



Hidrojen yanması
başlar.



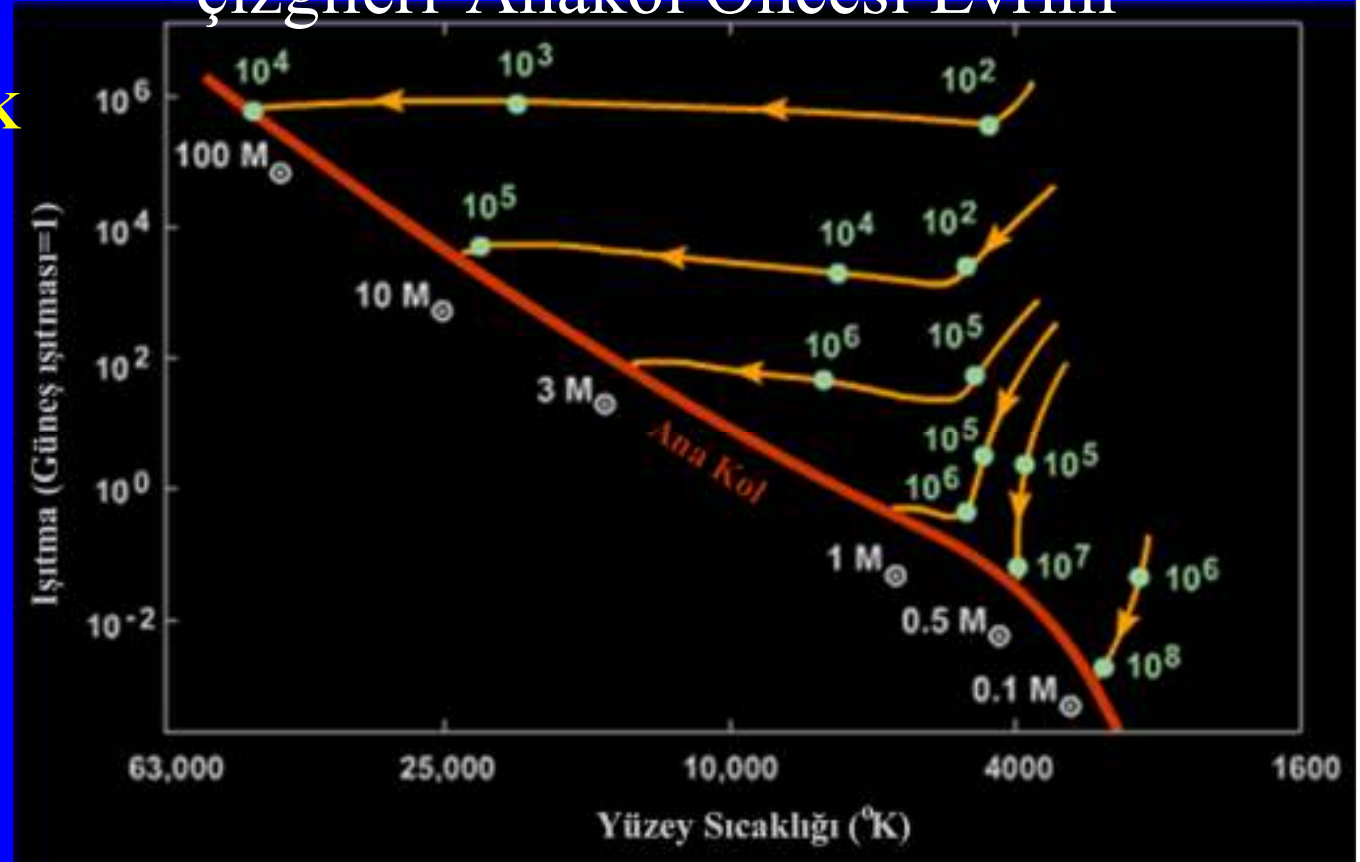
Yıldız artık
anakoldadır.
(ZAMS)



Hidrostatik Denge:

$$\frac{dP}{dr} = -\frac{GM}{r^2} \rho$$

Dışarıya doğru olan gaz + (yüksek kütleli yıldızlarda)
ışınım basıncı içe doğru olan kütle çekimini tam dengeler



Yıldızın anakola ulaşma yeri ve süresi
onun kütlesine bağlıdır.

Büzülen ön yıldız ısındıkça, ideal gaz yasasına göre içinde basınç oluşur.

$$PV = nkT$$

P basınç (paskal), V hacim (metre küp), n gazın mol sayısı, k Boltzmann sabiti, T de sıcaklık (Kelvin).

Başlangıçta basınç çok küçük olduğu için çökme çok hızlıdır, bir kaç on yıl.

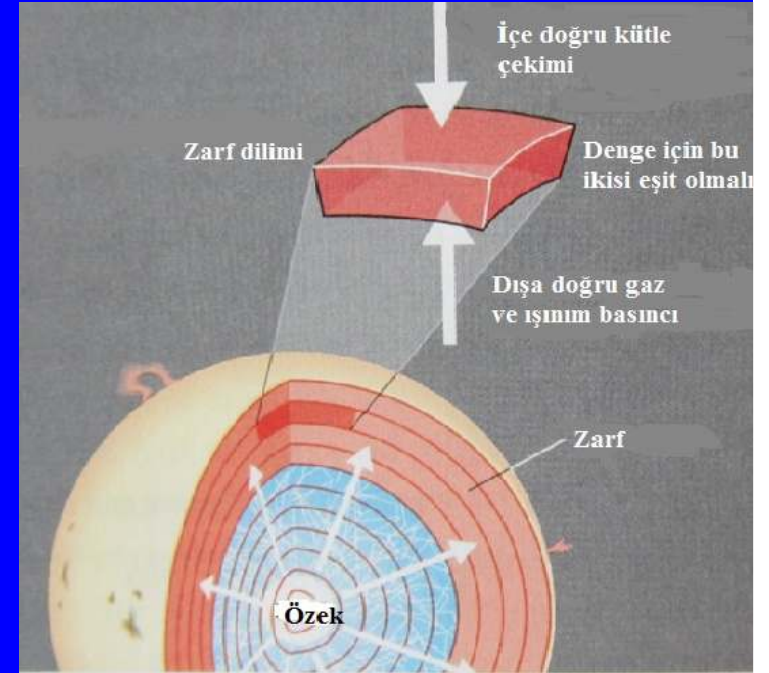
Yıldız soğuk ve çok büyük olduğu için H-R diyagramında sağ-yukarıdadır.

Yıldız çöktükçe ısınır ve gaz basıncı artar, basınç birikince dışa doğru basınç içe doğru kütle çekimini dengelemeye başlar.

Büzülme yavaşlar fakat özeğin sıcaklığı, nükleer tepkimelerin başlayıp yüzeyden salınan enerji karşılamaya yetinceye kadar devam eder.

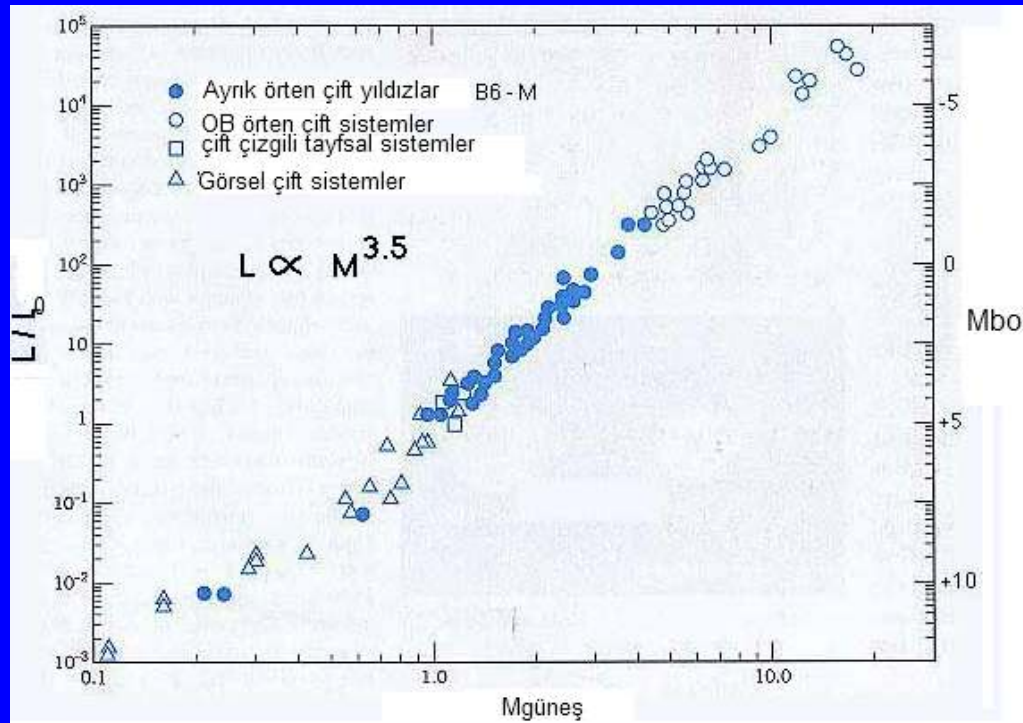
Yüksek kütleli bir yıldızda, kütle çekimini dengelemek için özek gaz (+ışınım) basıncı ve sıcaklığı yüksek olmalıdır. Yüksek özek sıcaklık enerji üretim hızını artırır, bu da ışıınım gücünün yüksek olmasını sağlar.

Bu demektir ki bir yıldızın hem anakola ulaşma zamanı hem de anakola ulaştığı yer onun kütlesine bağlıdır.

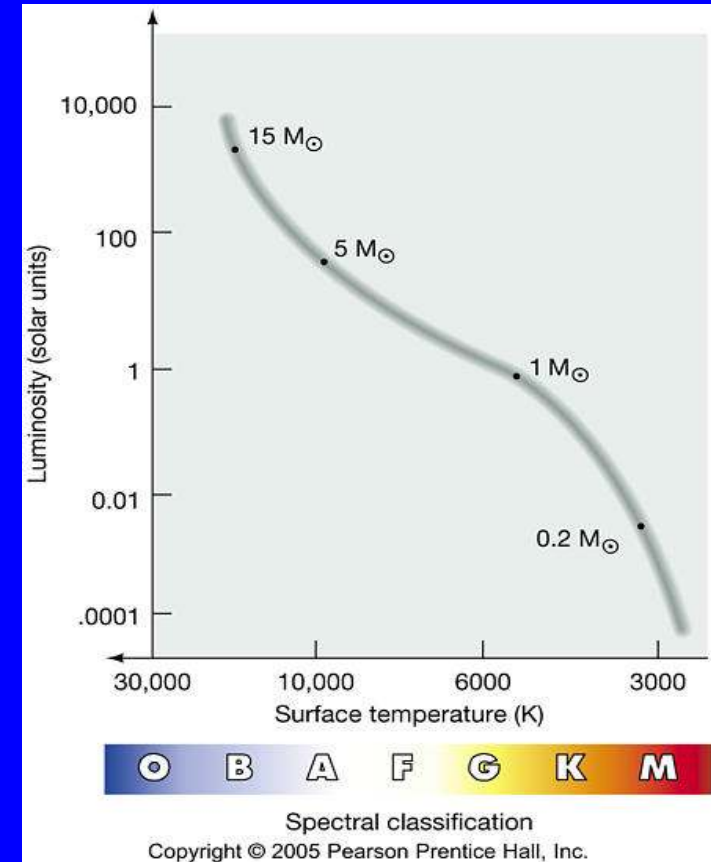


Anakol yıldızlarının Kütle-Parlaklık bağıntısı

Bir yıldızın anakoldaki yerini ve evrimini **kütlesi** belirler.



$$M_1 + M_2 = a^3/p^2$$



Kütle (Mgüneş)	Anakola ulaşma zamanı (milyon yıl)
15	0.16
5	0.7
2	8
1	30
0.5	100

$M_* < 0.01 M_{\odot} \rightarrow$ Gezegen

$0.01 M_{\odot} < M_* < 0.085 M_{\odot} \rightarrow$ Kahverengi Cüce

$T_{\text{yüzey}} < 2000\text{K}$ $T_{\text{özek}} < 2 \text{ MK}$ H yanması başlayamaz
L yıldızları

Yıldızların Anakol Yaşamı

Yıldızların özellikleri

Yıldızlar; kütle, yarıçap, sıcaklık, kimyasal yapı ve yaş bakımından farklıdırlar. Bunlar temel olarak iki fiziksel özelliğe bağlıdır:

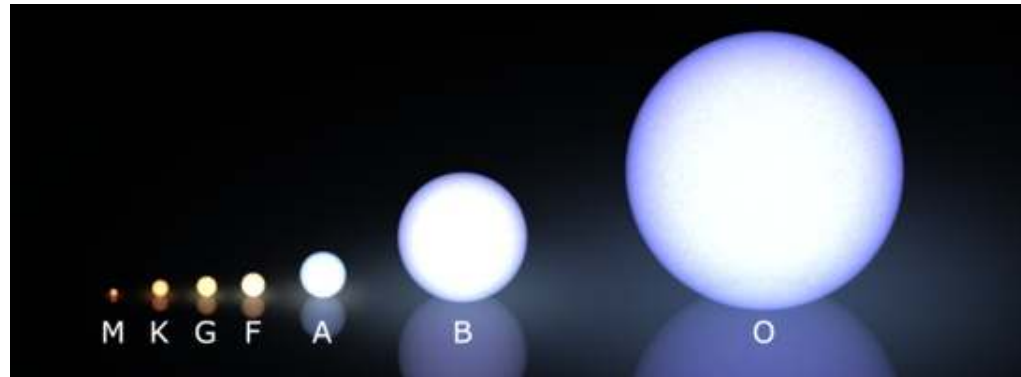
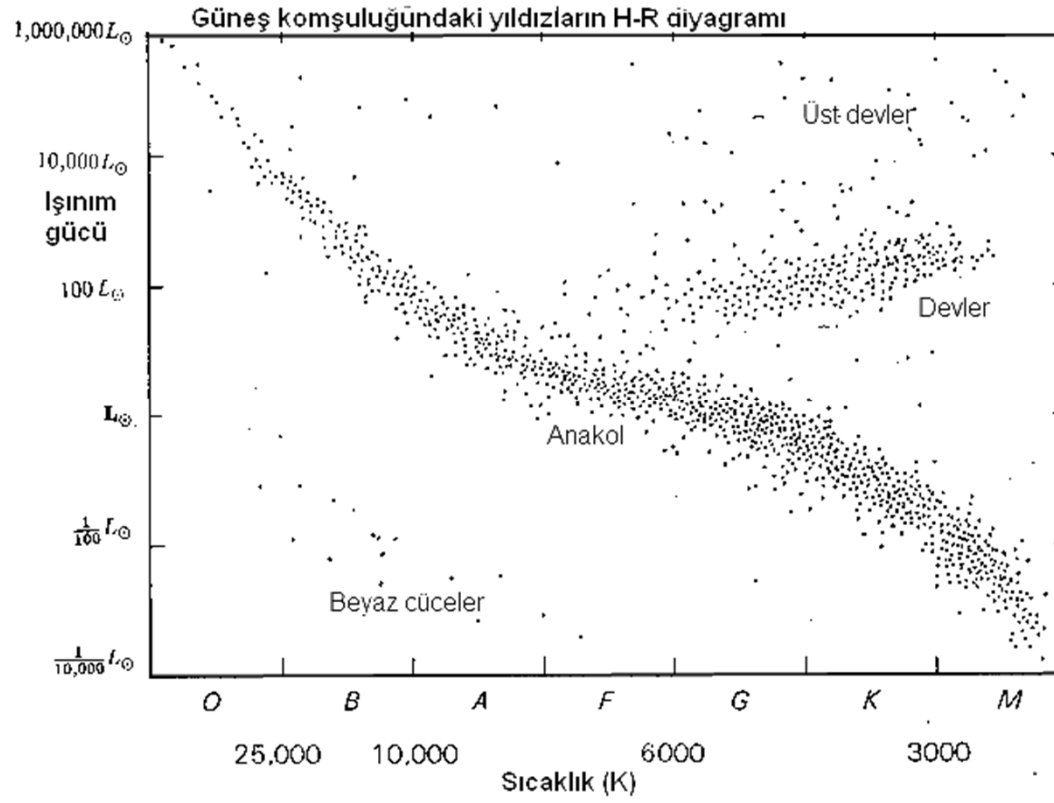
- a) **Yüzey sıcaklığı** → renk ve birim yüzeyden salınan enerjiyi verir.
- b) **Atmosfer basıncı** *yıldızın toplam maddesinin hangi yarıçap içine sığıdığına, yani yüzey çekimine, dolayısıyla kabaca yarıçapına bağlıdır* → *toplam ışıınım gücünü verir.*

Sıcaklık, yarıçap ve ışınım gücü arasındaki
bağıntıyı

Stefan-Boltzmann yasası verir:

$$L = 4\pi R^2 \sigma T_e^4$$

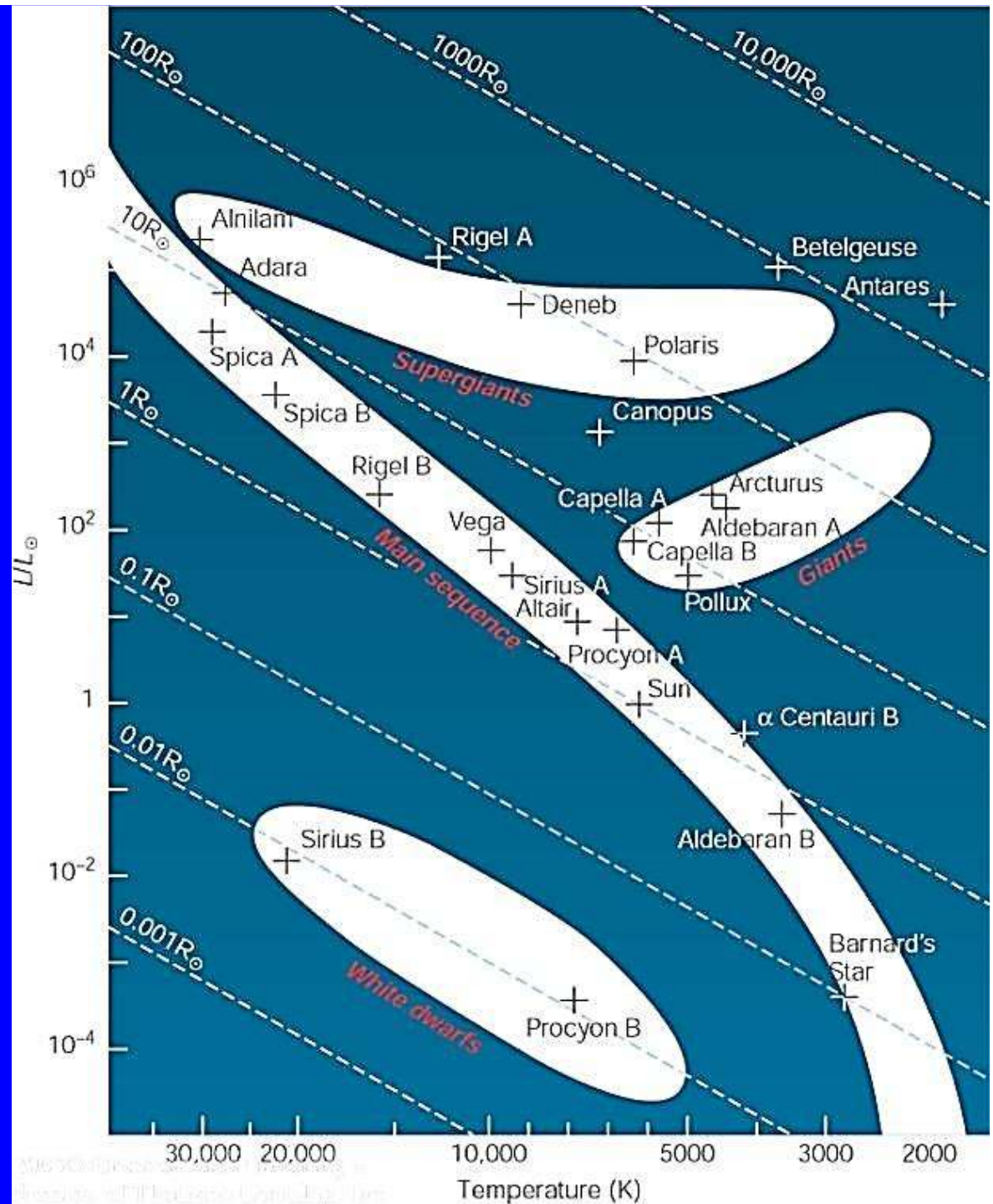
Birim alandan yayılan ışınım = σT_e^4
(yıldızın yüzey alanı = $4\pi R^2$)



HR diyagramı,
sabit yarıçap çizgileri

$$L = 4\pi R^2 \sigma T_e^4$$

$\log L = 4 \log T + 2 \log R + \text{sabit}$

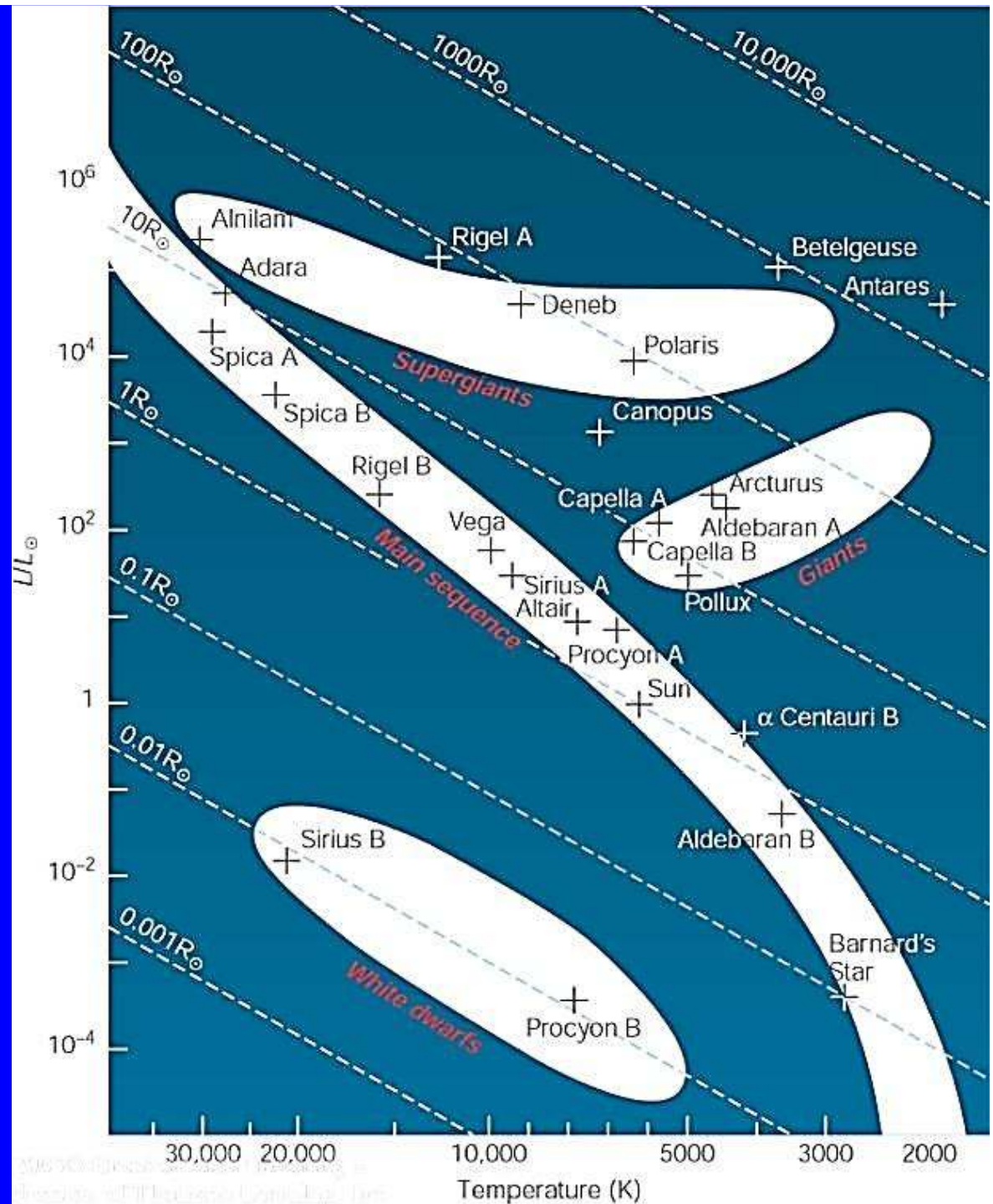


HR diyagramı,
sabit yarıçap çizgileri

$$L = 4\pi R^2 \sigma T_e^4$$

$$\log L = 4 \log T + 2 \log R + \text{sabit}$$

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{4\pi R_1^2 \sigma T_1^4}{4\pi R_2^2 \sigma T_2^4} = \left(\frac{R_1}{R_2} \right)^2$$

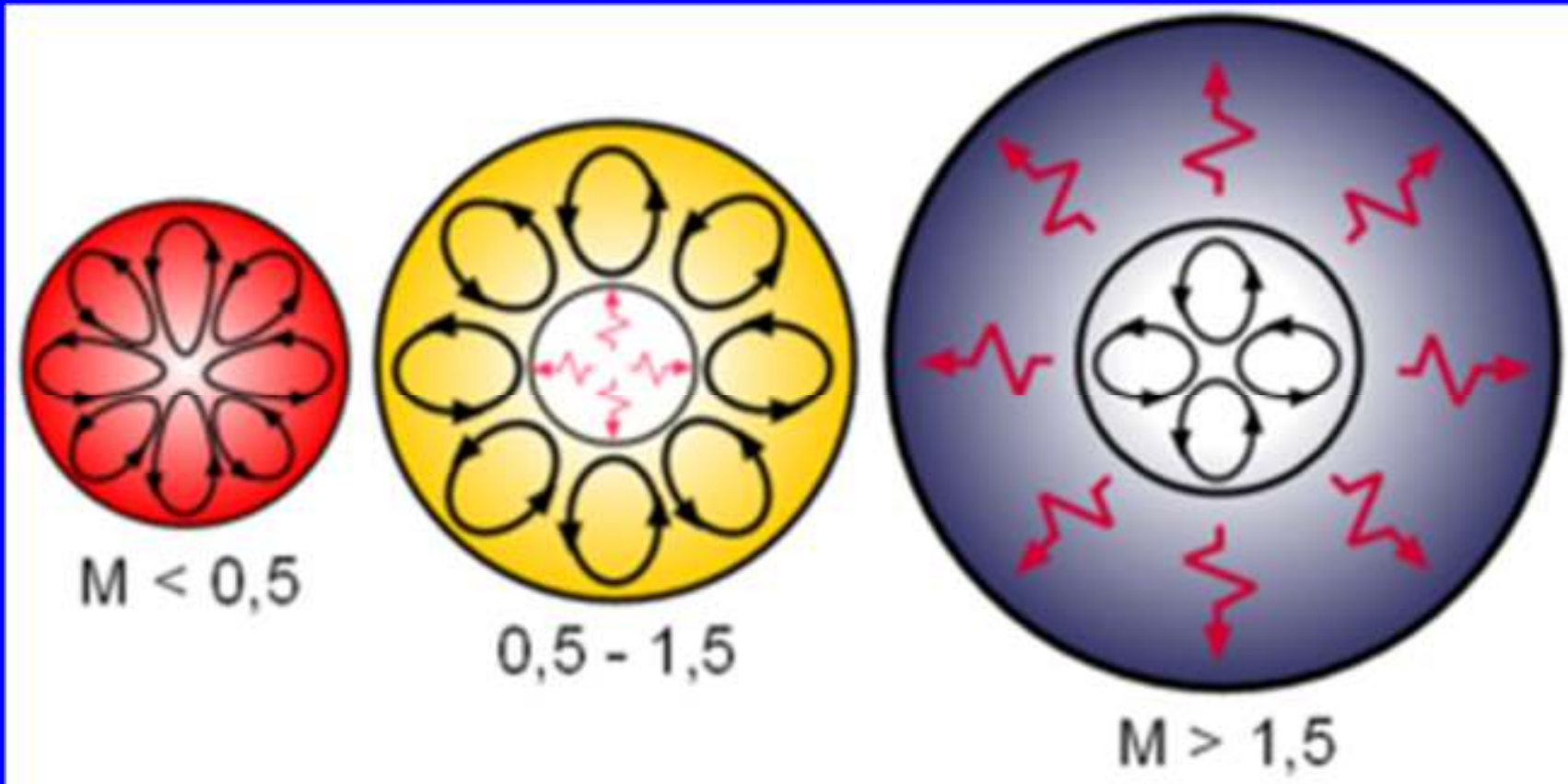


Enerji Üretimi

Yıldızların atmosfer kimyasal yapıları yaklaşık aynıdır.:
Yaklaşık her 100 atomun 90'ı hidrojen, 9'u helyum, 1 'i diğer daha ağır elementlerdir. Helyumdan daha ağır elementlerin toplam kütlesi, yıldız kütlelerinin % 3 ünden fazla değildir.

Yıldızlar fiziğinde iyi bilinen bir teoreme ve gözlemlere göre, yıldızın bütün özelliklerini kütlesi ve kimyasal yapısı belirler. Kimyasal yapıları yaklaşık aynı olduğuna göre, bir yıldızın iç yapısını, büyüklüğünü, sıcaklığını, ışıyım gücünü, evrimini, ömrünü ve geleceğini yalnız kütlesi belirler.

- a) *Küçük kütleli yıldızlar*: Kütlesi $0.08 - 0.8 M_{\odot}$ arasında olanlar. Bunlar, ana kolda 10 milyar yıldan daha uzun yaşarlar; şimdiye kadar oluşanların hepsi hala ana koldadır. Toplam cücelerin, yani ana kol yıldızlarının % 90' ını oluştururlar. Geleceğin kırmızı devleri, beyaz cüceleridirler.
- b) *Orta kütleli yıldızlar*: Kütlesi $0.8 - 8 M_{\odot}$ arasında olanlar. Güneşin de içinde olduğu bu grup, toplam cücelerin % 10'unu oluşturur. Geleceğin kırmızı devleri, üstdevleri, sefeidleri, Mira yıldızları, novaları ve beyaz cüceleridirler.
- c) *Büyük kütleli yıldızlar*: Kütlesi $> 8 M_{\odot}$ olanlar. Toplam sayı ancak % 1 kadardır. Geleceğin üst devleri, sefeidleri, süpernovaları, nötron yıldızları, karadelikleri (?) dirler. Yani geleceğin en görkemli olaylarını bu yıldızlar oluşturacaktır. Ayrıca belirtmek gerekir ki gözlenen yıldızların hemen hepsinin kütlesi 70 güneş kütlesinden küçüktür; gözlenen en büyük kütle 150 güneş kütlesi olmuştur (Büyük Macellan Bulutunda).



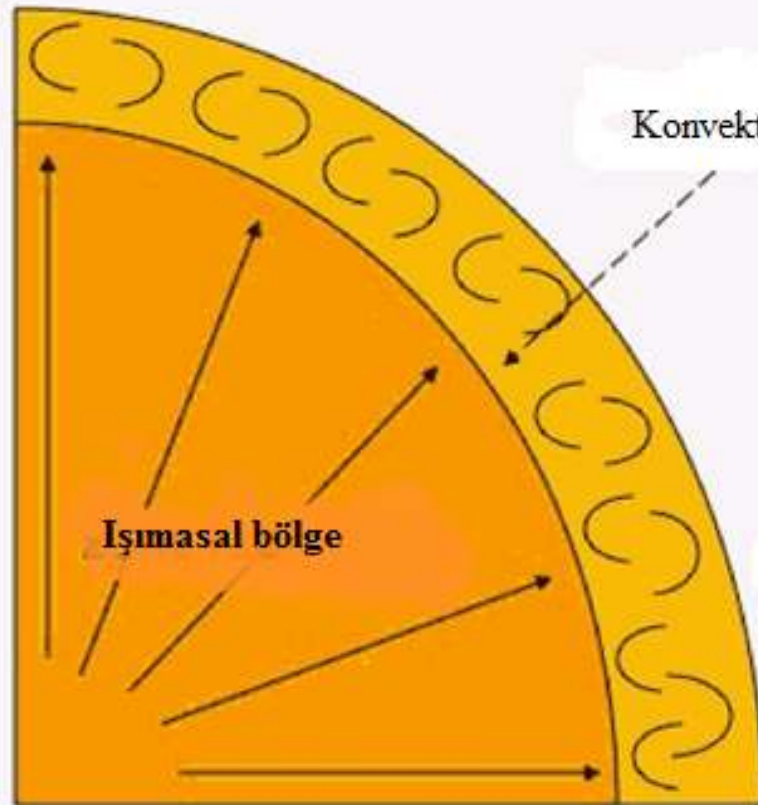
Tam konvektif

Özek konvektif zarf ısıtmamasal

Özek ısıtmasal, zarf konvektif

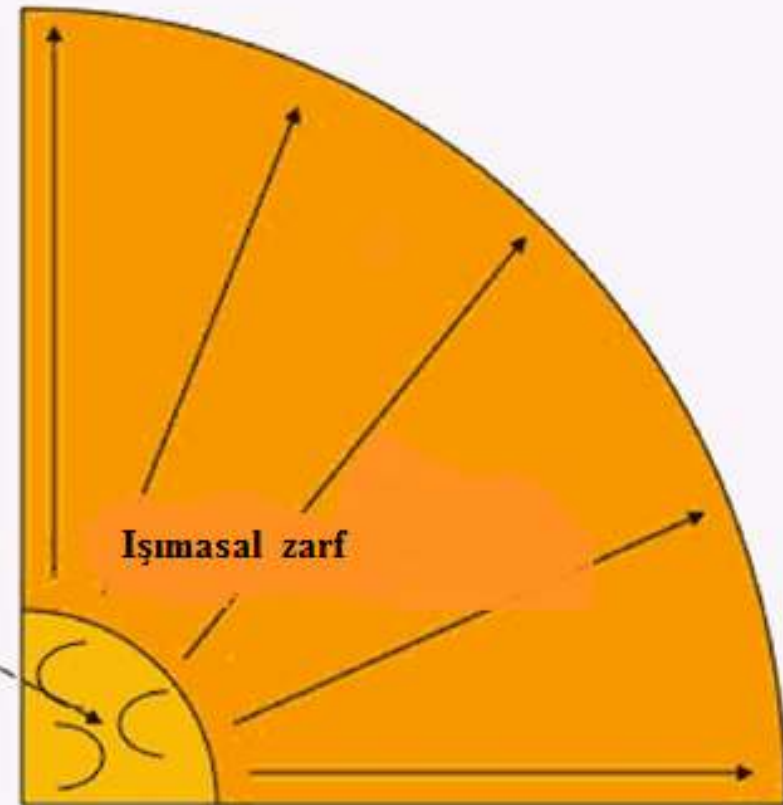
1 M_☉

9 M_☉



Konvektif zarf

Işımsal bölge

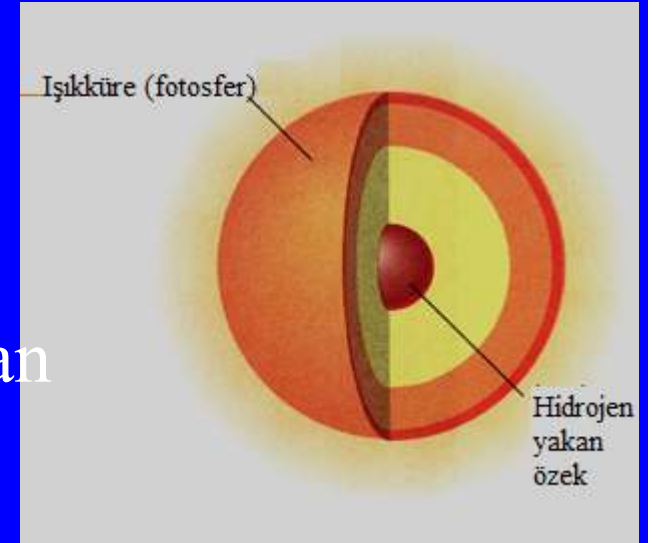


Konvektif özek

Işımsal zarf

R=0	180000	539000	696000 km	R=0	553000	1 500 000	2 540 000 km
	(0.52M _☉)	(0.98M _☉)			(0.97M _☉)		
T _e =15.5	7.5	1.5	T=5800K	T _e =30.5	21	5.3	T=24000K
ρ=160	19	0.09	g.cm ⁻³	ρ=10.1	5.4	0.08	g.cm ⁻³

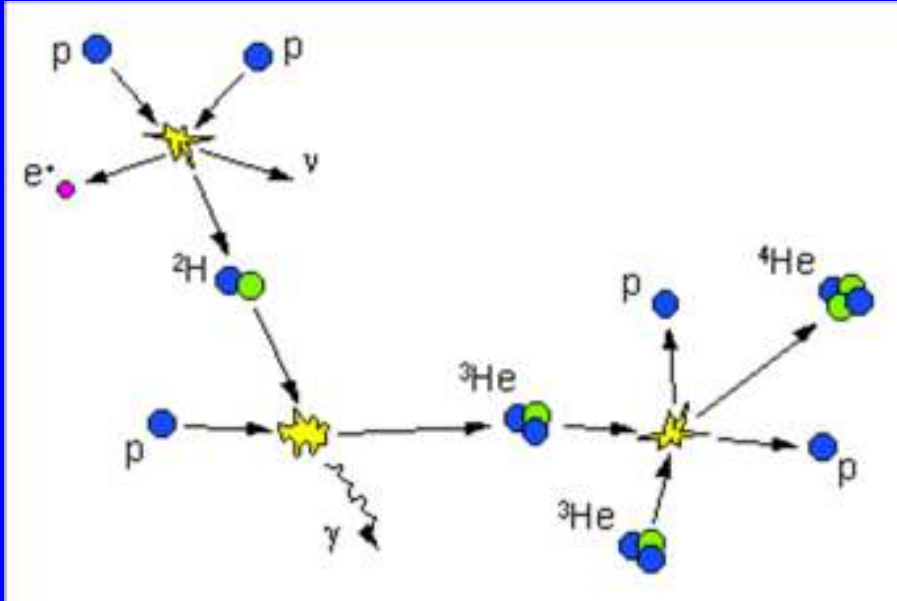
Anakol yıldızları yüzeyden saldıkları ışınımı, öteklerinde çekirdek tepkimeleriyle, hidrojeni helyuma çevirerek karşılayan yıldızlardır. Yani anakol eğrisi, öteklerinde hidrojen yakan yıldızların “geometrik yeri”dir.



Bu tepkime, kütlesi yaklaşık 0.1 < Mgüneş < 1.2 aralığında olan yıldızlarda proton-proton (P-P) zinciri ile, Mgüneş > 1.2 olan yıldızlarda karbon-azot-oksijen (CNO) çevrimi ile olur.

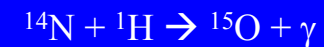
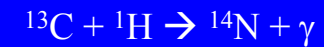
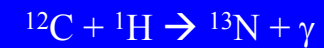
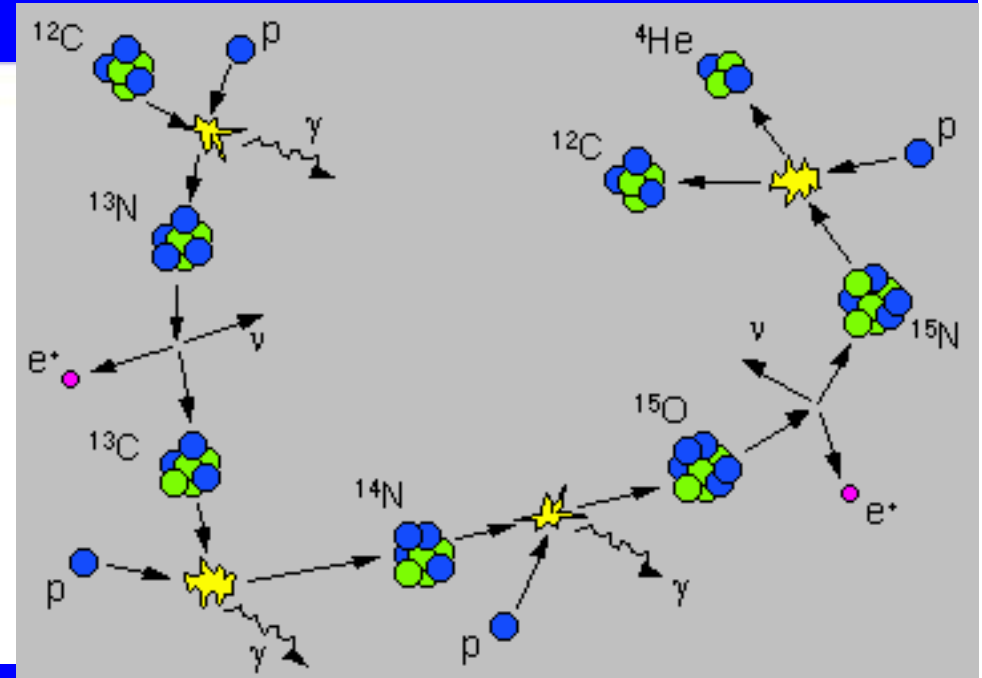
Tepkime süreçleri

P-P zinciri



Sonuçta 2 proton ve 2 nötron
1 Helyum-4 çekirdeğine
dönüşür.

CNO çevrimi



Güneşin Anakol Ömrü

$$4 \text{ H}^1 \text{ kütlesi} = 6.693 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$1 \text{ He}^4 \text{ kütlesi} = 6.645 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$\text{Aradaki kütle açığı (farkı)} = 0.048 \times 10^{-27} \text{ kg} ;$$

her He çekirdeği başına üretilen enerji

$$\begin{aligned} E = mc^2 &= 0.048 \times 10^{-27} \text{ kg} \times (3 \times 10^8 \text{ m/sn})^2 \\ &= 4.3 \times 10^{-12} \text{ Joule} \end{aligned}$$

Güneş'in enerji kapasitesi =

$E_{toplamlam} = (\text{üretlen her He çekirdeğı için hidrojen başına düşen kütle açığı}) \times (\text{özeekteki H kütlesi}) \times c^2$

$$E_{toplamlam} = 0.0071 \times (0.1 \times 2.0 \times 10^{30}) \times (9 \times 10^{16}) = 1.28 \times 10^{44} \text{ J}$$

Güneş'in gözlenen ışınlam gücü,

$$\text{yani saniye başına saldığı enerji} = 3.90 \times 10^{26} \text{ Js}^{-1}.$$

Bu kadar enerji üretmek için her saniye

$$(3.90 \times 10^{26}) / (4.3 \times 10^{-12}) = 9 \times 10^{37} \text{ adet helyum atomu}$$

üretilmelidir.

= 600 milyon ton hidrojen 596 milyon ton helyuma dönüşüyor demektir.

Güneş'in enerji kapasitesi $= E_{toplam} = 1.28 \times 10^{44} \text{ J}$

Güneş'in gözlenen ışıınım gücü, $= 3.90 \times 10^{26} \text{ Js}^{-1}$.

Bugünkü ışıınım gücünün anakol ömrü boyunca aynı olduğunu varsayarsak,

Güneş'in anakol ömrü $t = \sim 10^{10} \text{ yıl}$.

Güneş sisteminin bugünkü yaşı $\sim 5 \times 10^9$ yıldır.

Kütle – Parlaklık bağıntısı $L \sim M^{3.5}$ idi. Yıldızın enerji bütçesi onun kütlesi olduğuna göre, ömrü yaklaşık $M/L = 1/M^{2.5}$ ile orantılı olacaktır. 10 güneş kütleli bir yıldız güneşten yaklaşık 300 katı daha hızlı yaşayacaktır: “**hızlı yaşa, erken öl**”! Kütlesi 0.7 güneş kütesinden daha küçük olanların anakol ömrü evrenin yaşından fazla!.

Kütle ($M_{\text{güneş}}$)	Anakol yaşam süresi (yıl)
1	$\sim 10^{10}$
5	$\sim 10^8$
10	$\sim 10^7$

Hidrojenin helyuma dönüşmesi en etkili çekirdek yanması evresidir, dolayısıyla bir yıldız yaşamının çoğunu, belki de %90'ını anakol evresinde geçirir

Yıldız tanımından şu sonuç çıkar:

**Yüzeyinden yaydığı ışığı
kendi iç enerjisinden karşıladığına göre
fiziksel ya da kimyasal yapısında
ya da ikisinde de değişme olmalıdır.**

yıldızlar evrimleşmelidir.

Yıldız tanımından

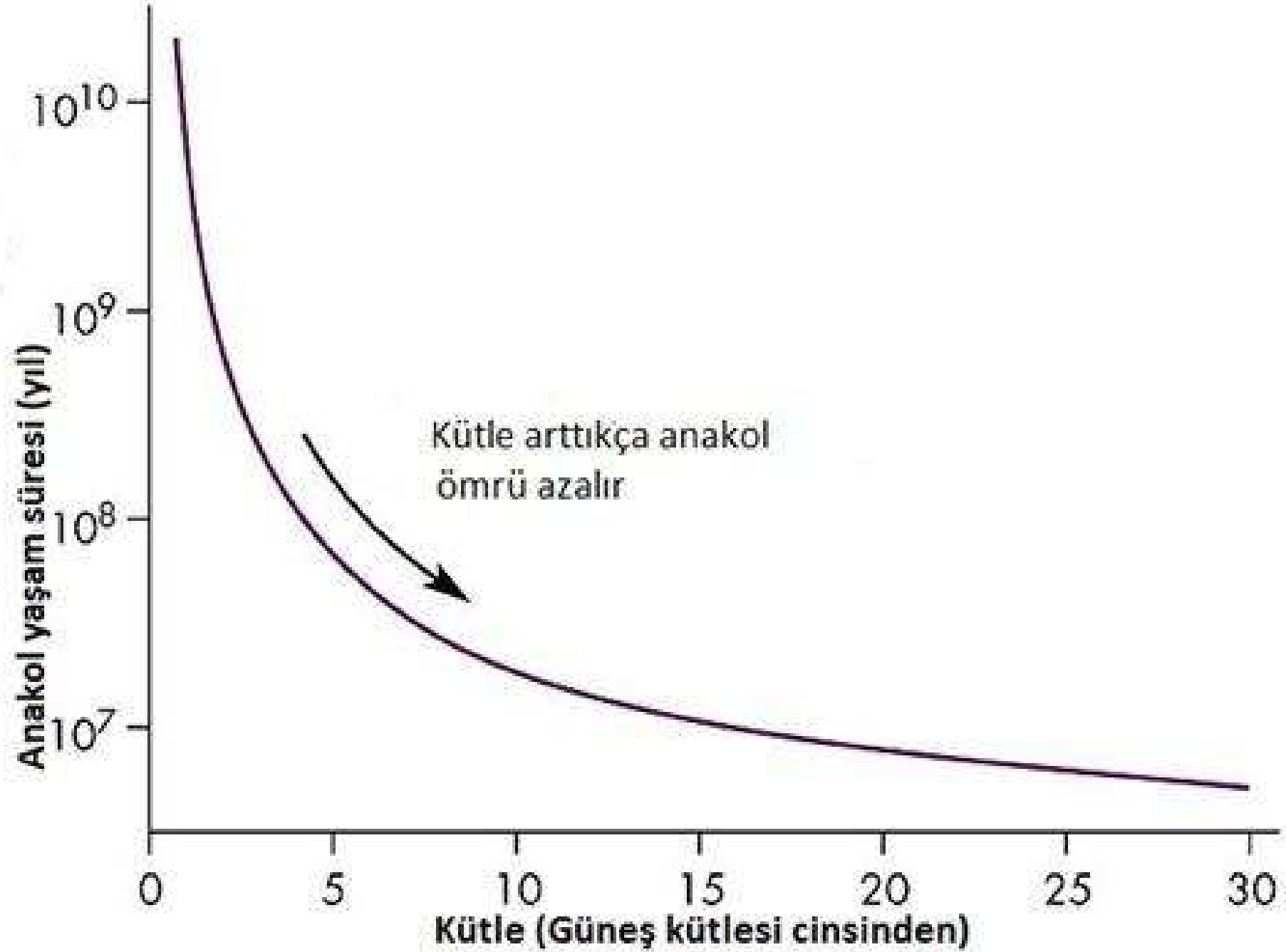
ölüm biçimi

birinci koşulun bozulması

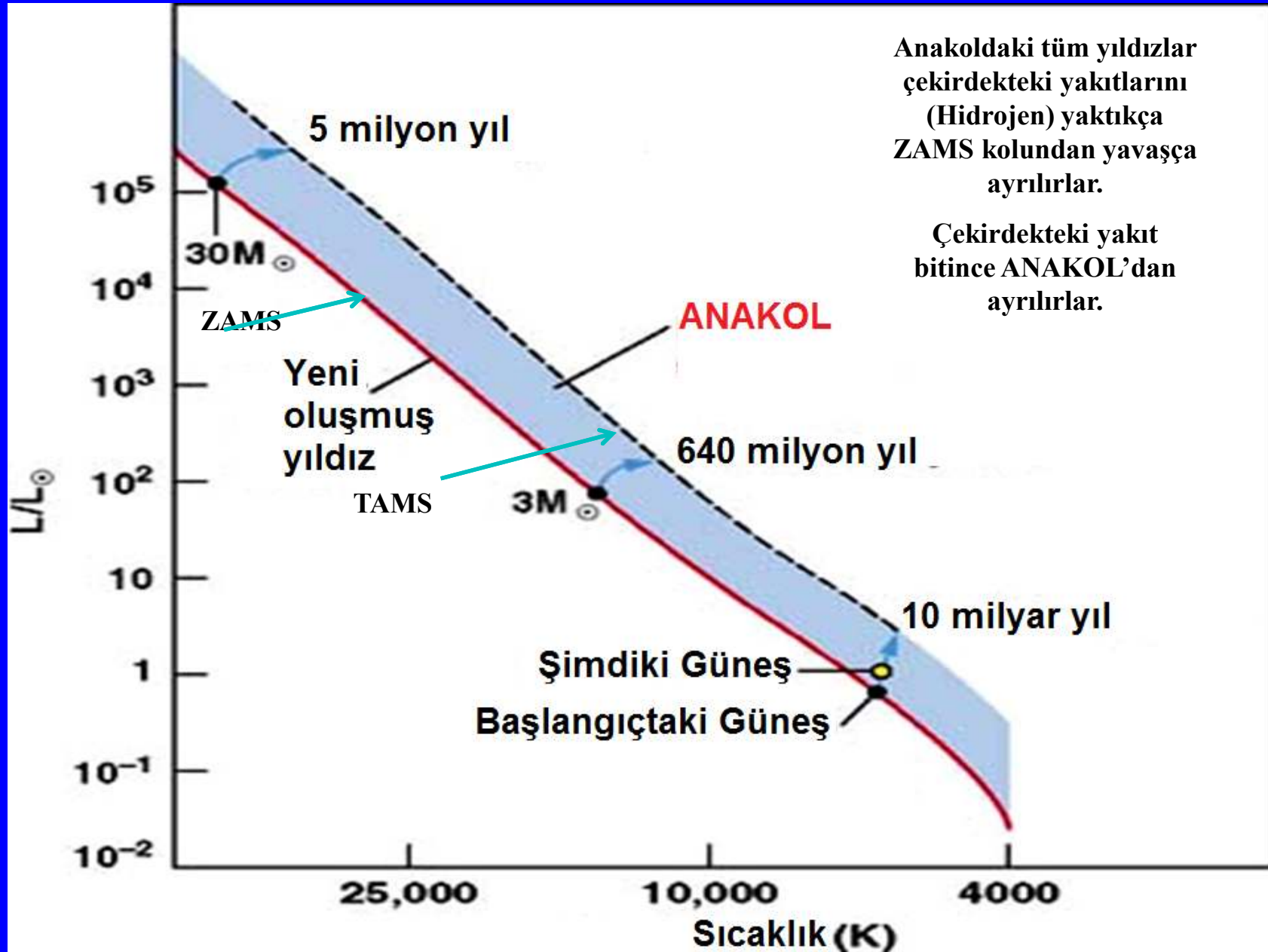
ikinci koşulun bozulması

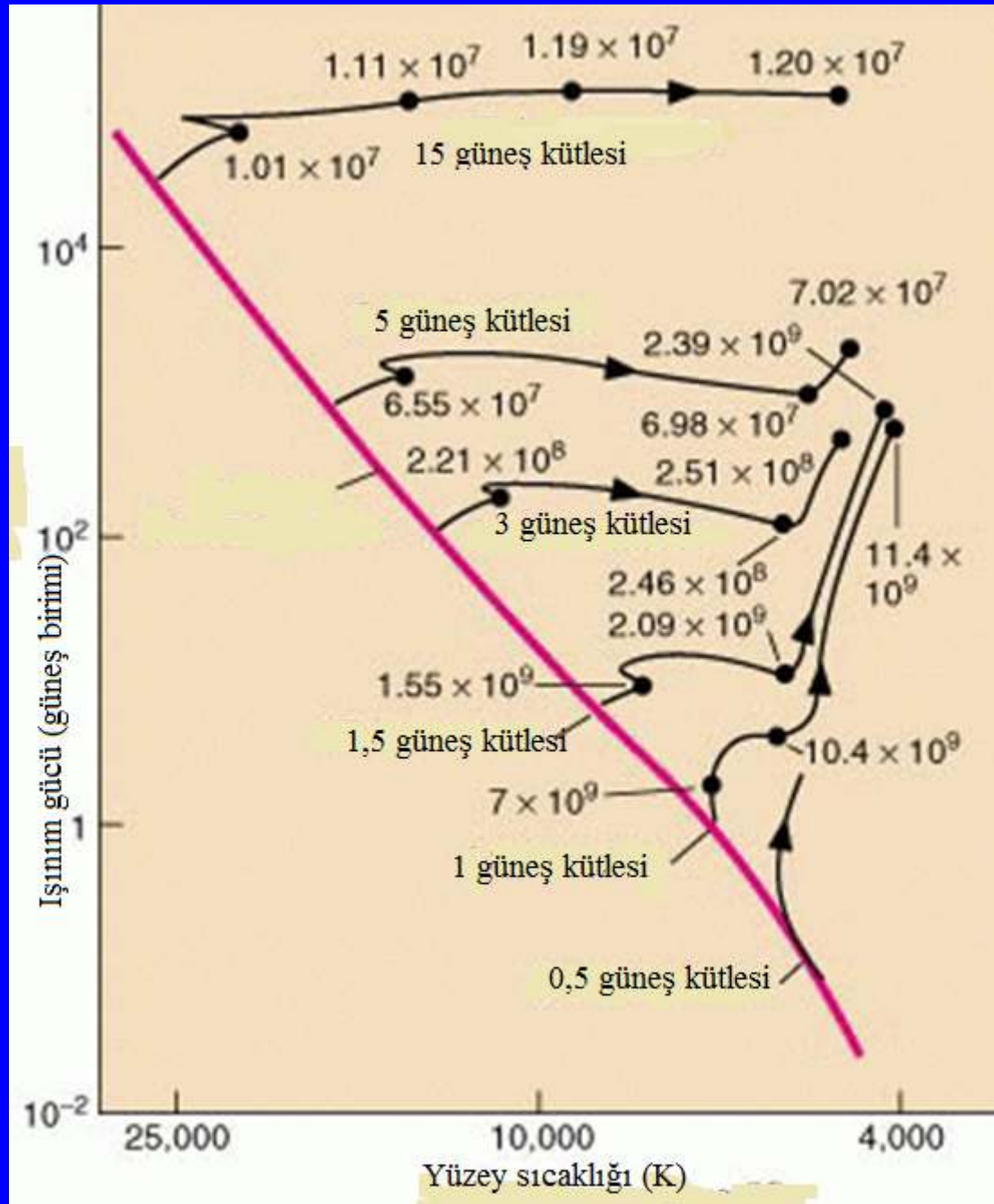
ölü yıldız

Gözlemler ölüm biçiminin bu iki sürecin birleşimi biçiminde olduğunu gösteriyor



Anakol Sonrası Evrim

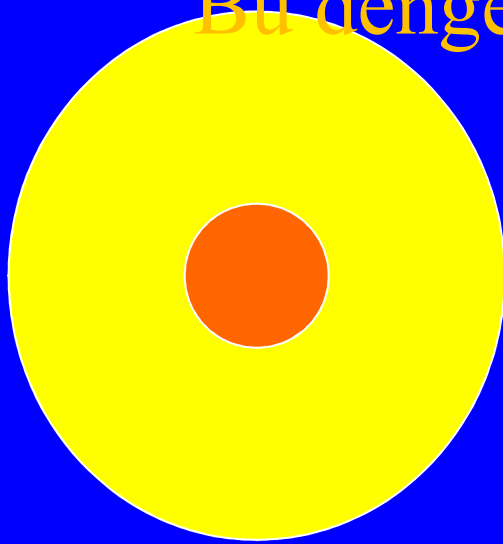




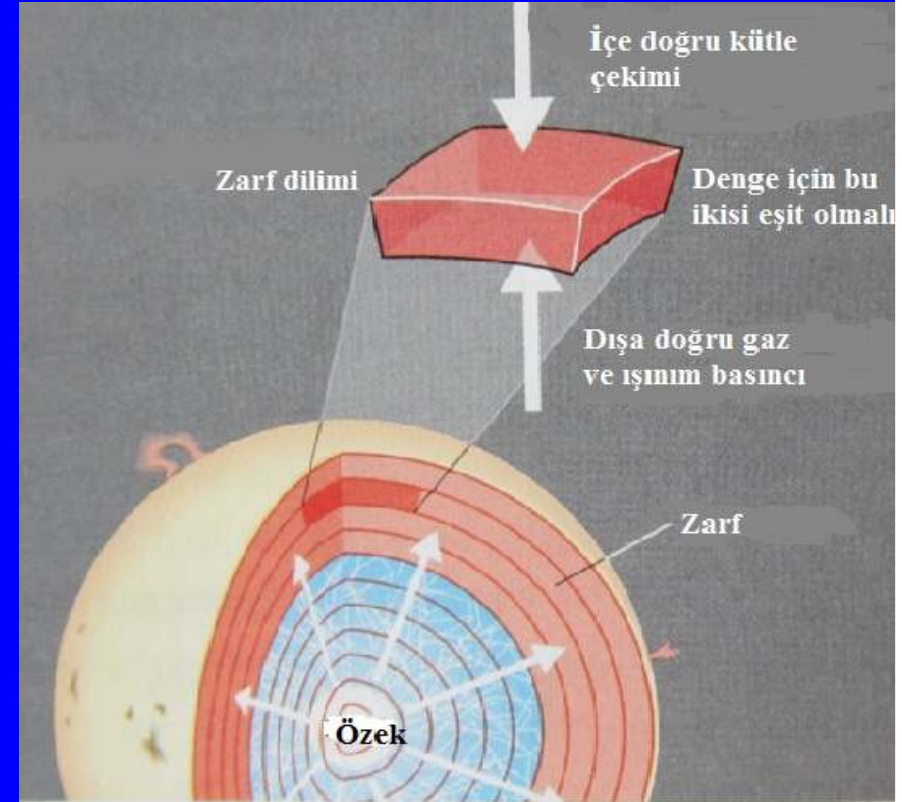
Küçük Kütleli Yıldızların Evrimi

Yıldızın yapısını, merkezine doğru olan kütle çekimi ile dışa doğru etkiyen ısısal gaz (+ışınım) basıncı arasındaki denge belirler.

Bu denge bozulunca evrim hızlanır:



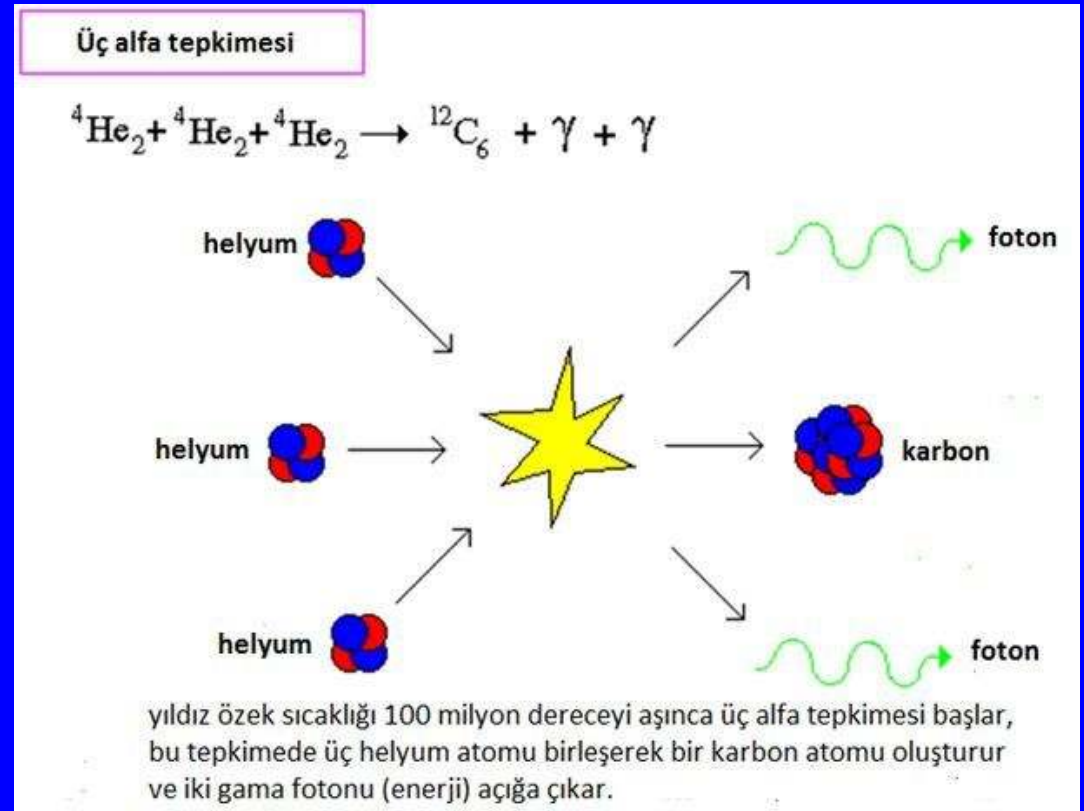
- Özekte $H \rightarrow He$ dönüşümü sonunda enerji üretimi olmadığı için denge bozulur.
- Özek çökmeye başlar



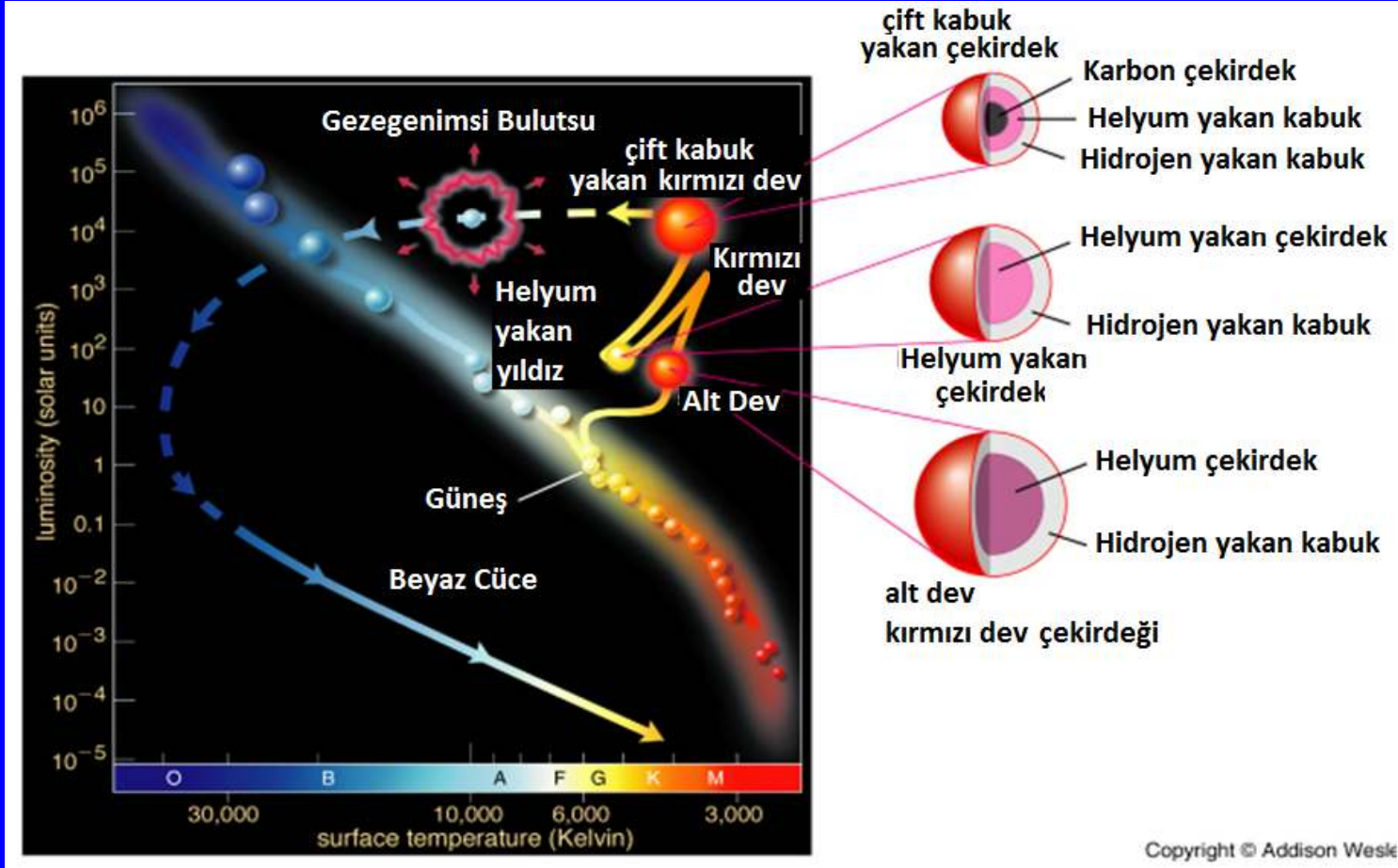
Helyum Parlaması

Özekteki çökme merkez basıncının ve sonunda sıcaklığın yükselmesine neden olur.

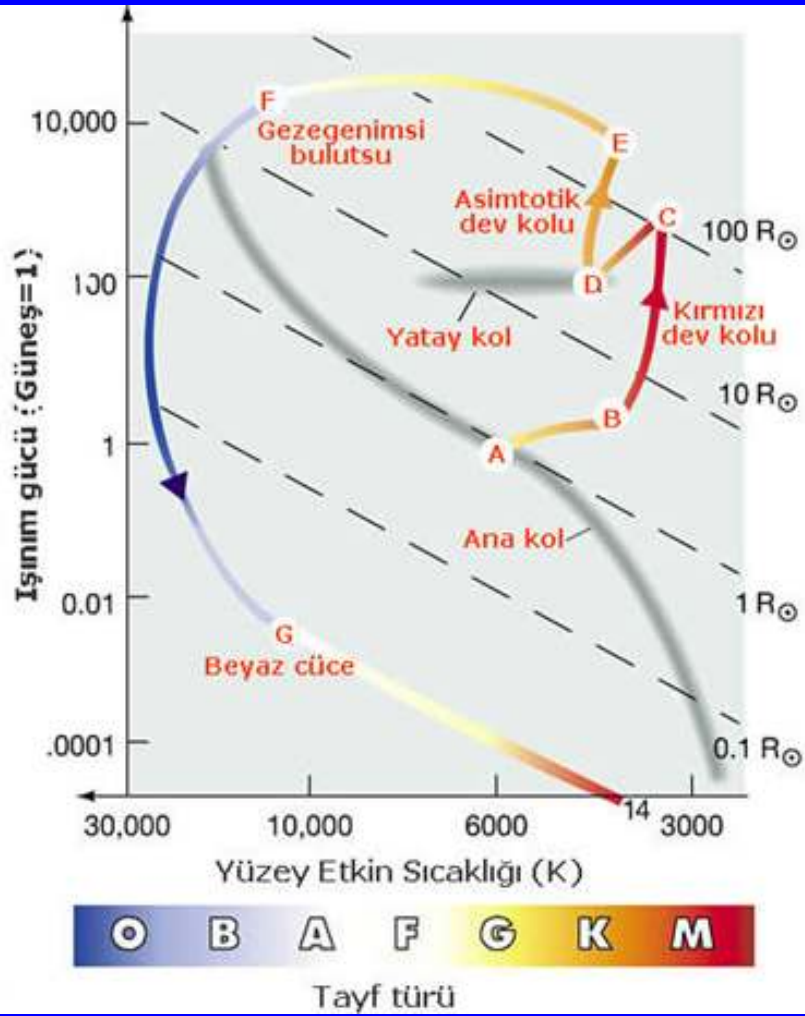
Eğer sıcaklık 100 000 000 dereceye yükselince özekte helyum bir anda ateşlenir (yani helyumu karbona dönüştüren nükleer tepkimeler başlar).



1 Güneş kütleli bir yıldızın anakoldan beyaz cüceye kadar evrim yolu



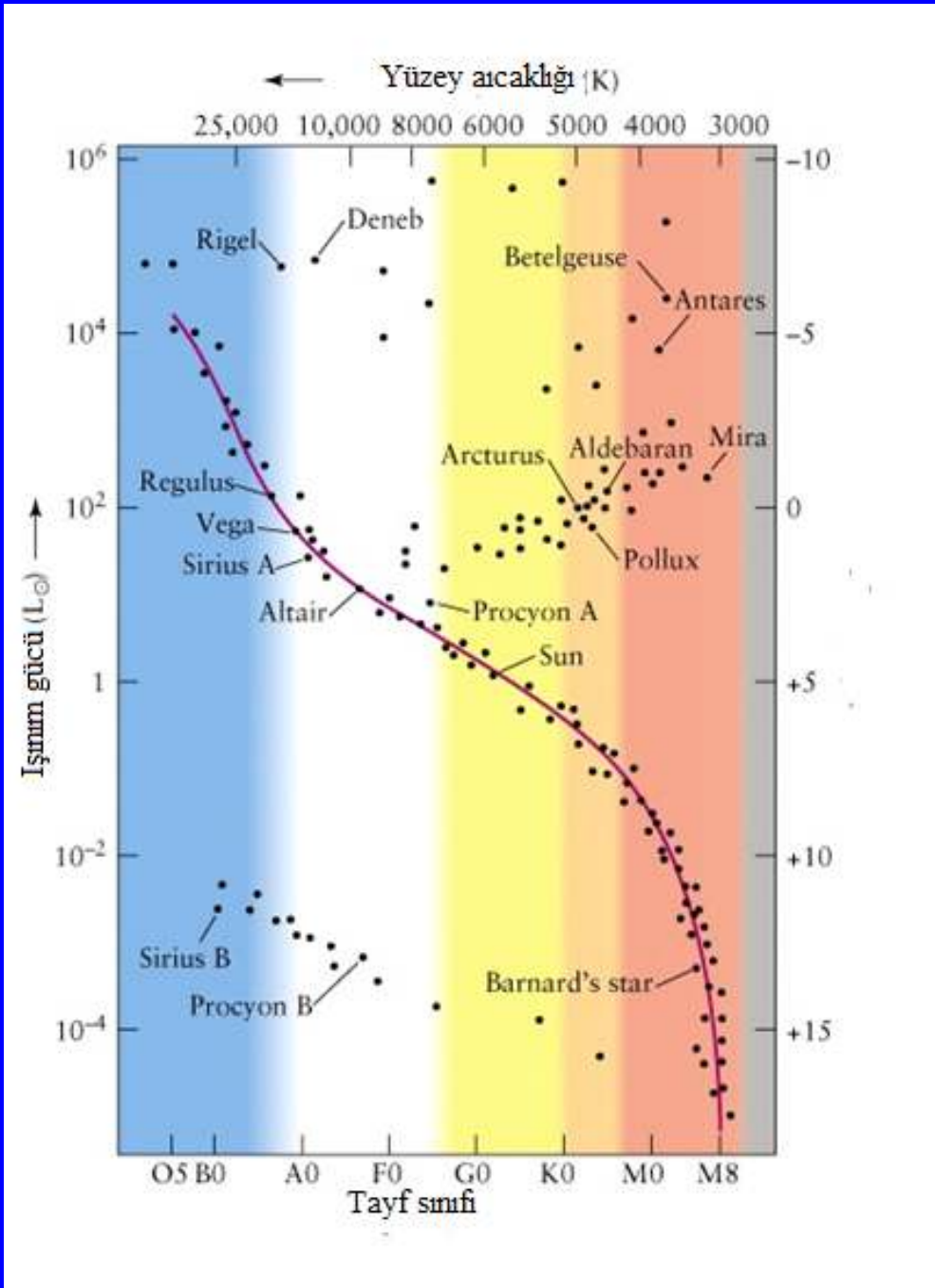
Güneş kütleli bir yıldızın H-R diyagramındaki evrimi
Evrin sırasında hangi yakıtları yakarak yaşamını sürdürdüğü yandaki
şekilde görülmektedir



Yıldız Evriminin Zaman Tablosu

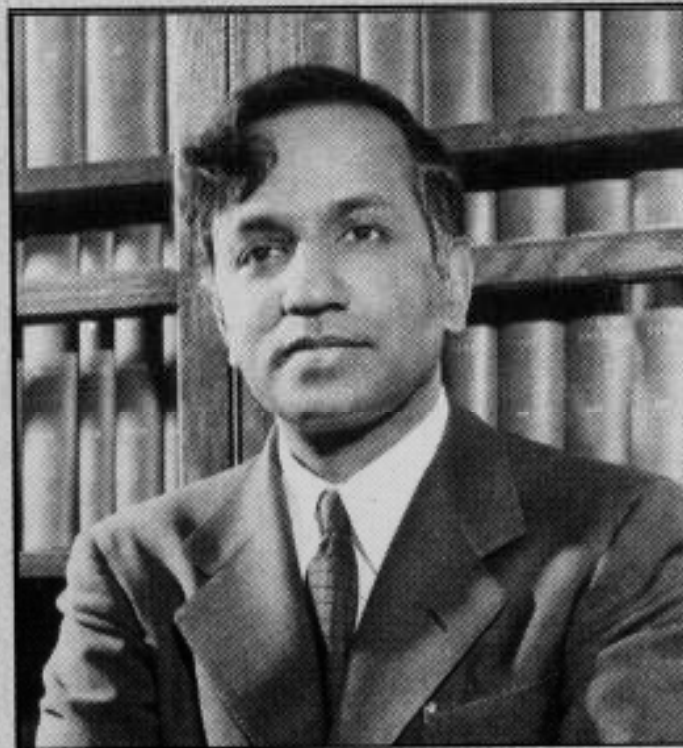
Kütle ($M_{\text{güneş}}$)	Oluşum (yıl)	Anakol (yıl)	Dev Evresi (yıl)
1	1×10^8	9×10^9	10^9
5	5×10^6	6×10^7	10^7
10	6×10^5	1×10^7	10^6





Chandrasekhar Smriti

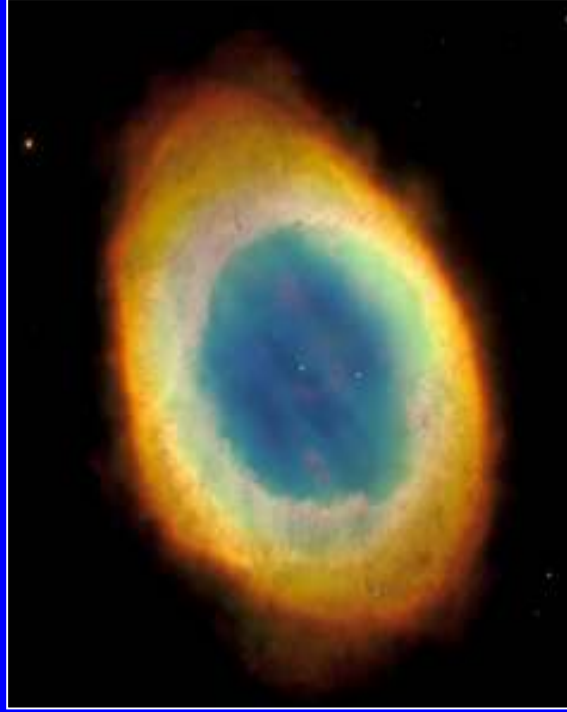
Subrahmanyan Chandrasekhar



S. Chandrasekhar (1910–1995) *(Courtesy of
Emilio Segrè Visual Archives, Physics Today Collection)*



Kum saati bulutsusu



Halka bulutsusu

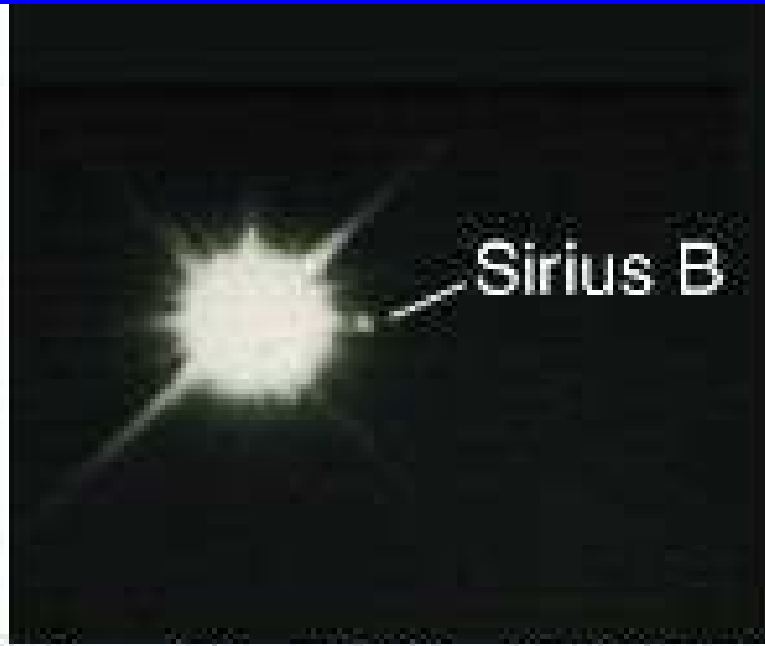


Kedi gözü bulutsusu

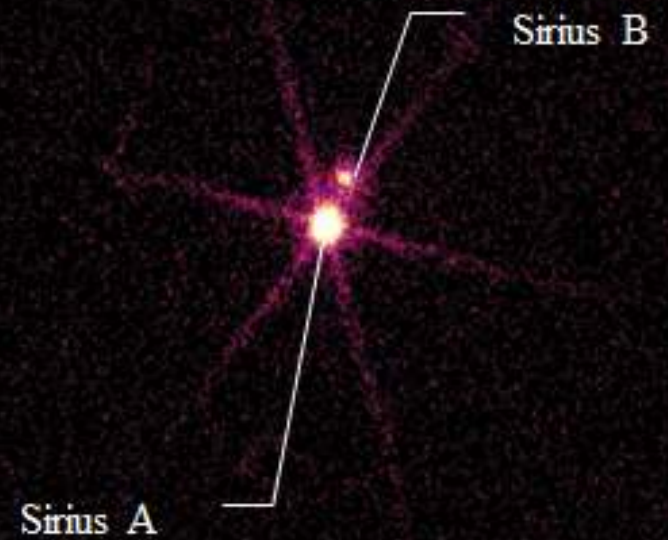


M2-9: Bir Kelebek Bulutsunun kanatları

beyaz cüce



X-ışının bölgesinde Sirius A ve Sirius B

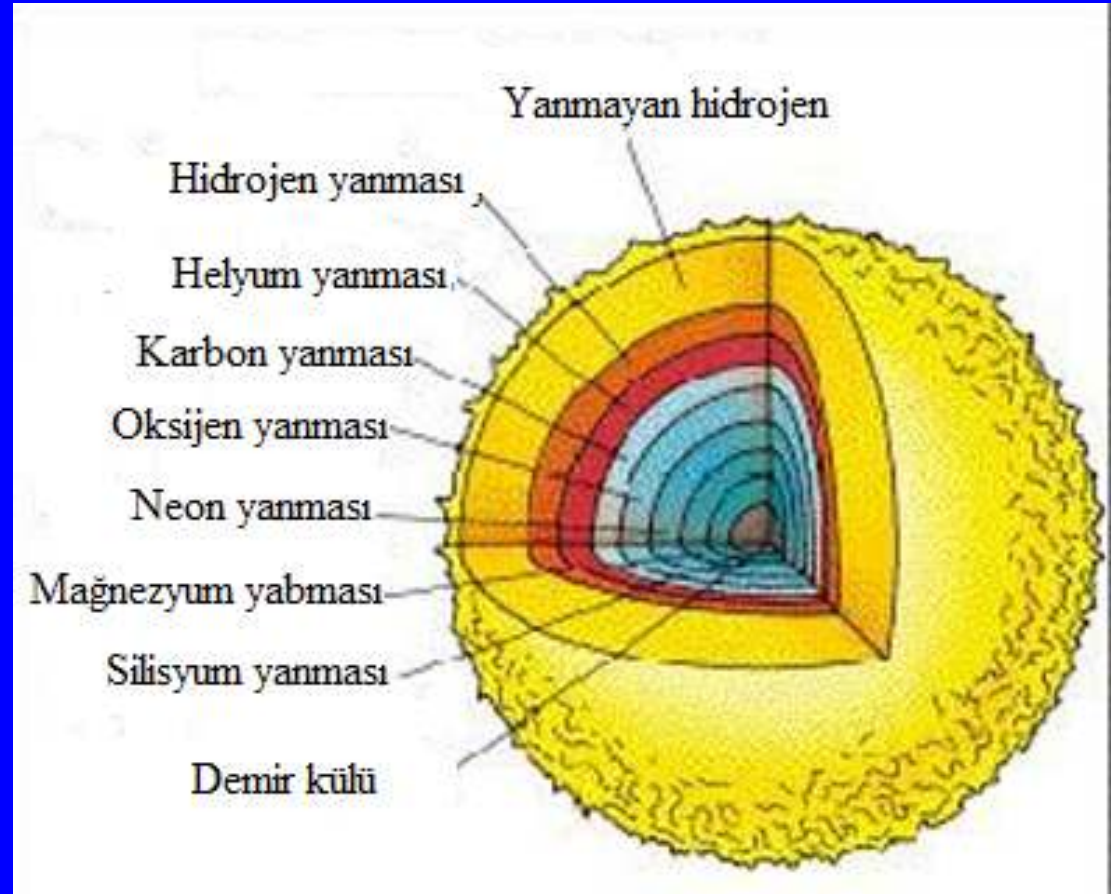
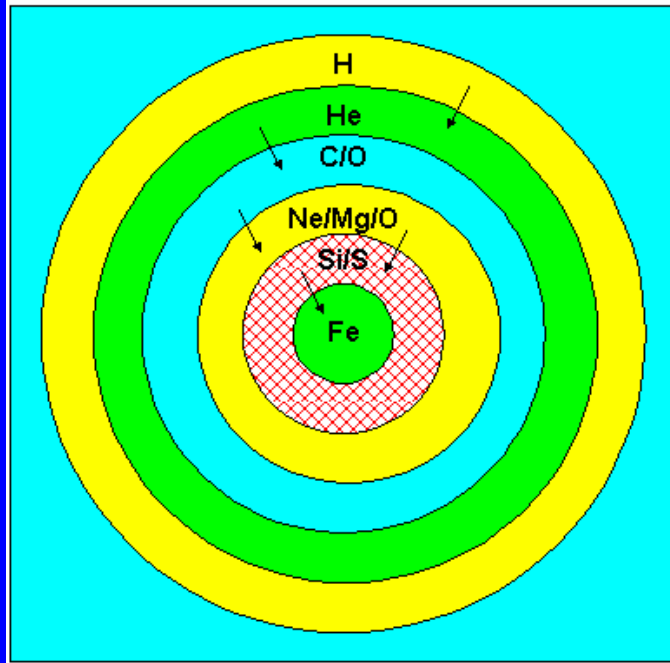


Yüksek Kütleli Yıldızların Evrimi

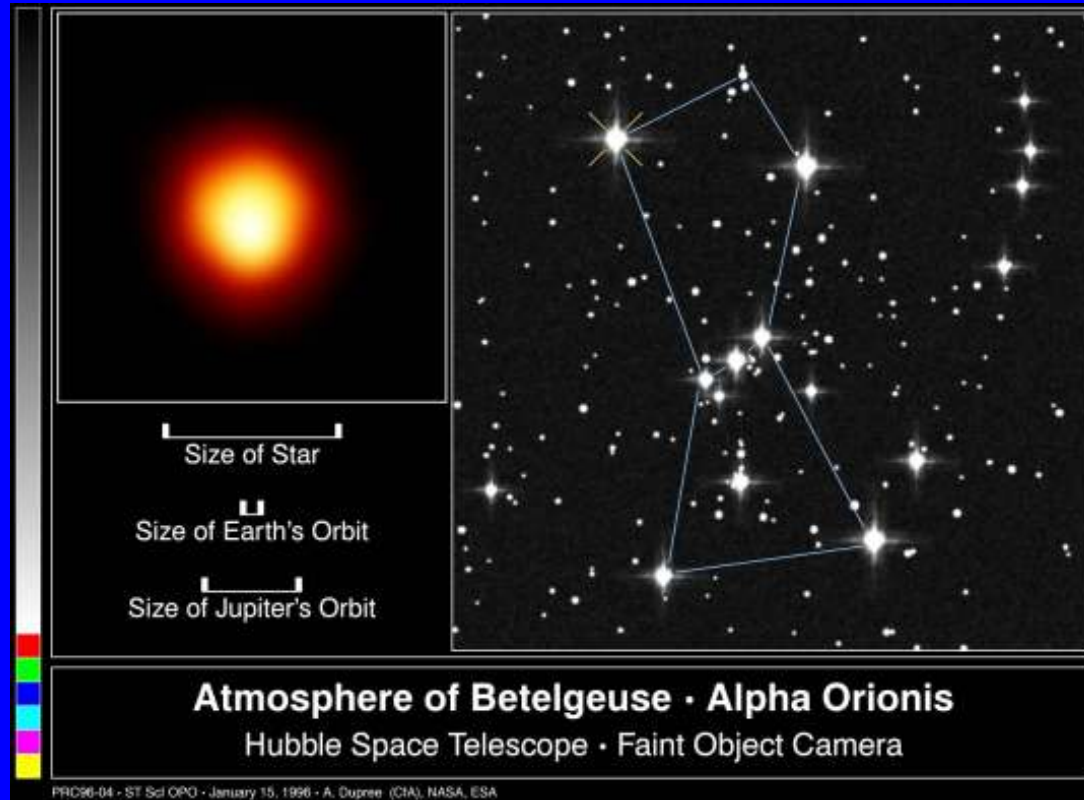
Yüksek Kütleli Yıldızlar

Özekte bir yakıt bitince özek çöker, sıcaklık yükselir,
bir sonraki yakıt ateşlenir.

“Soğan yapısı” modeli

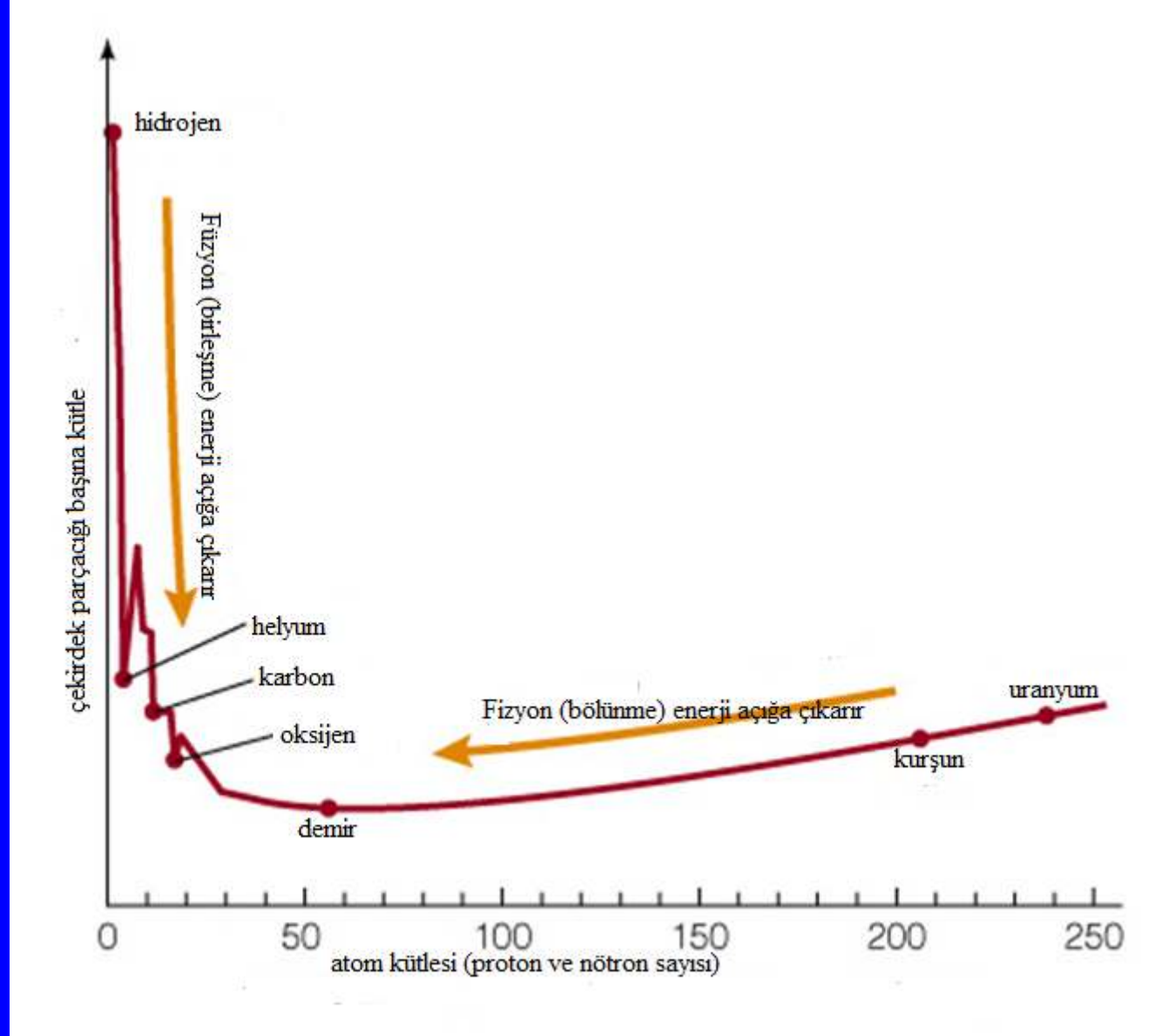


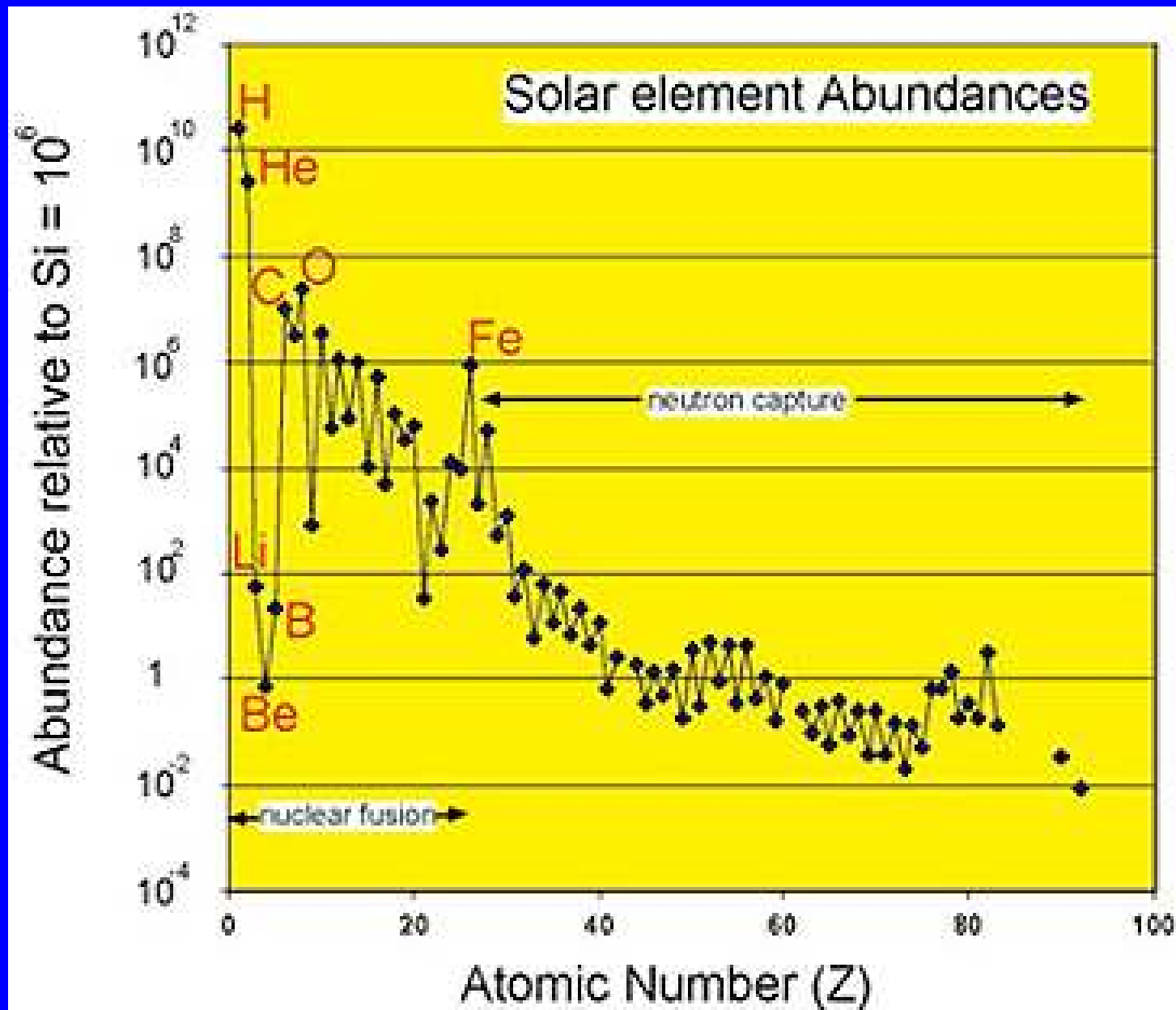
Nötron yıldızlarının çoğunlukla süpernova patlamasıyla oluştuğuna inanılmaktadır. Özekte çekirdek tepkimeleriyle Fe daha ağır elementlere dönüşemez ve merkez soğuyup çöker.



Orion takım yıldızı ve içindeki Betelgeuse üst devinin ve Jüpiter yörüngesinin boyutu

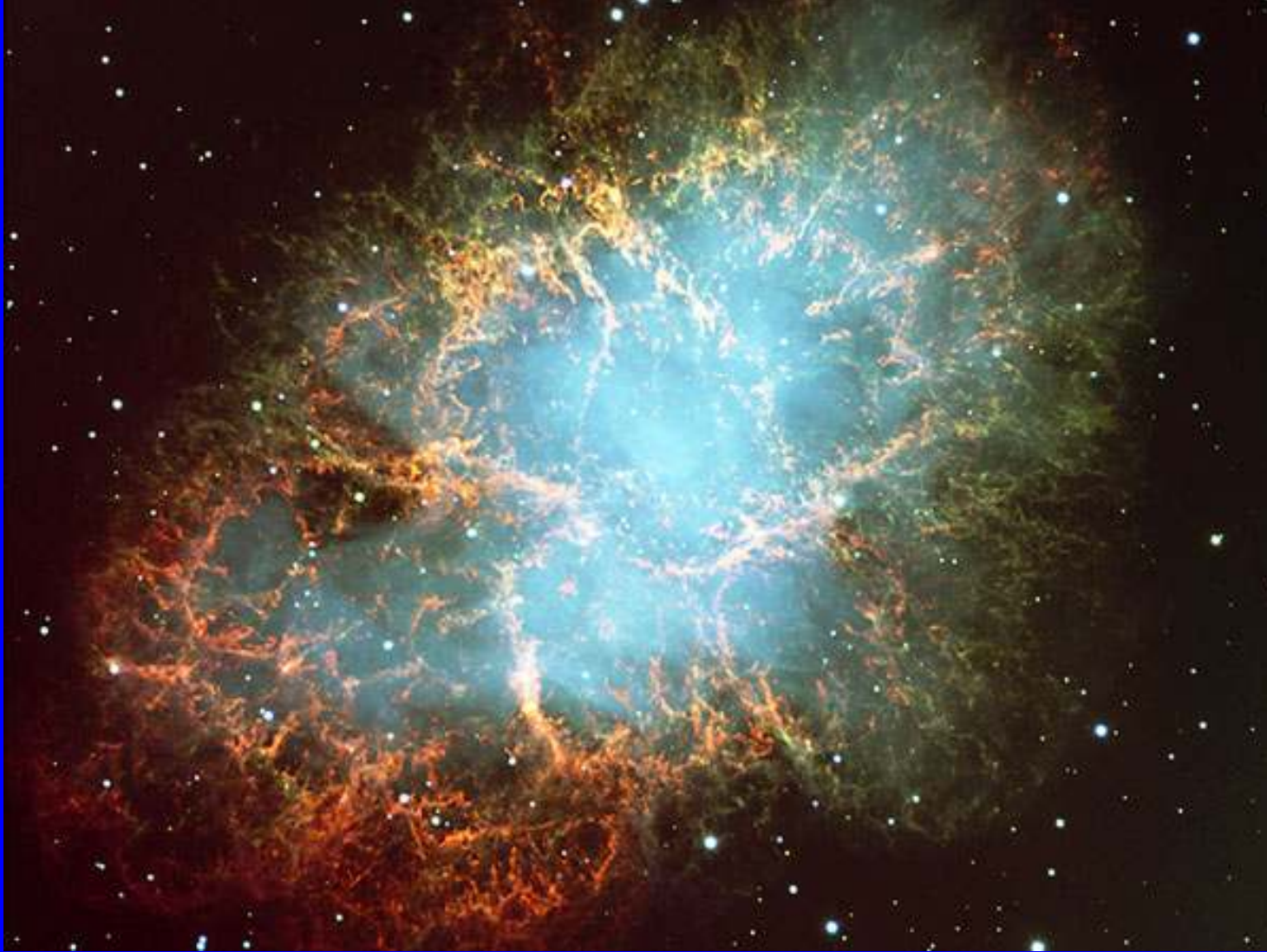
Füzyon (birleşme) tepkimeleri demirde durur





<http://rst.gsfc.nasa.gov/Sect20/elements.jpg>

Yengeç Bulutsusu: 1054 yılında
Çinlilerin kaydettiği “yeni yıldız”

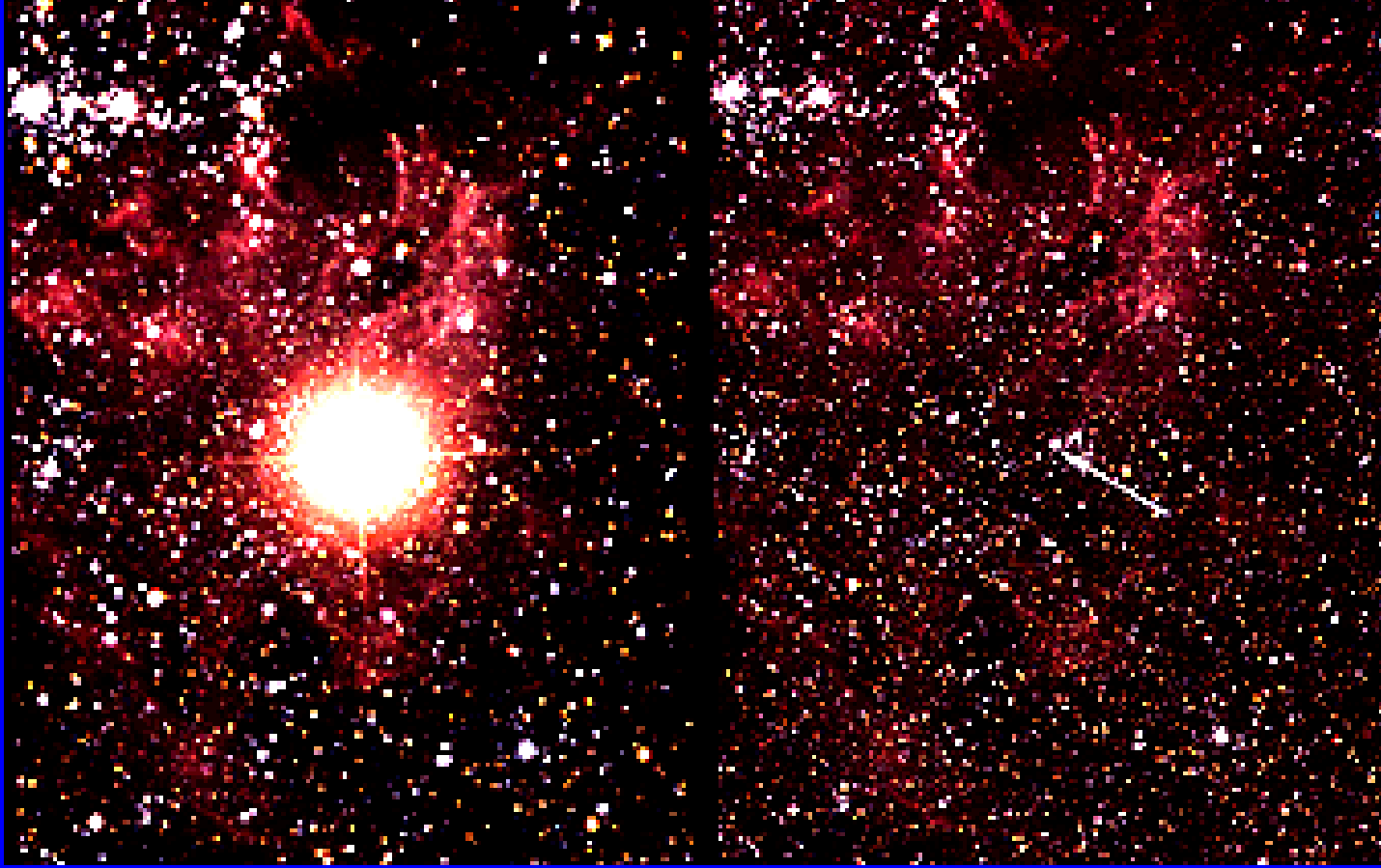


Hubble Uzay teleskopu 2005



<http://www.astronomidiyari.com/yazi/bes-teleskop-esliginde-yengec-bulutsusu/>

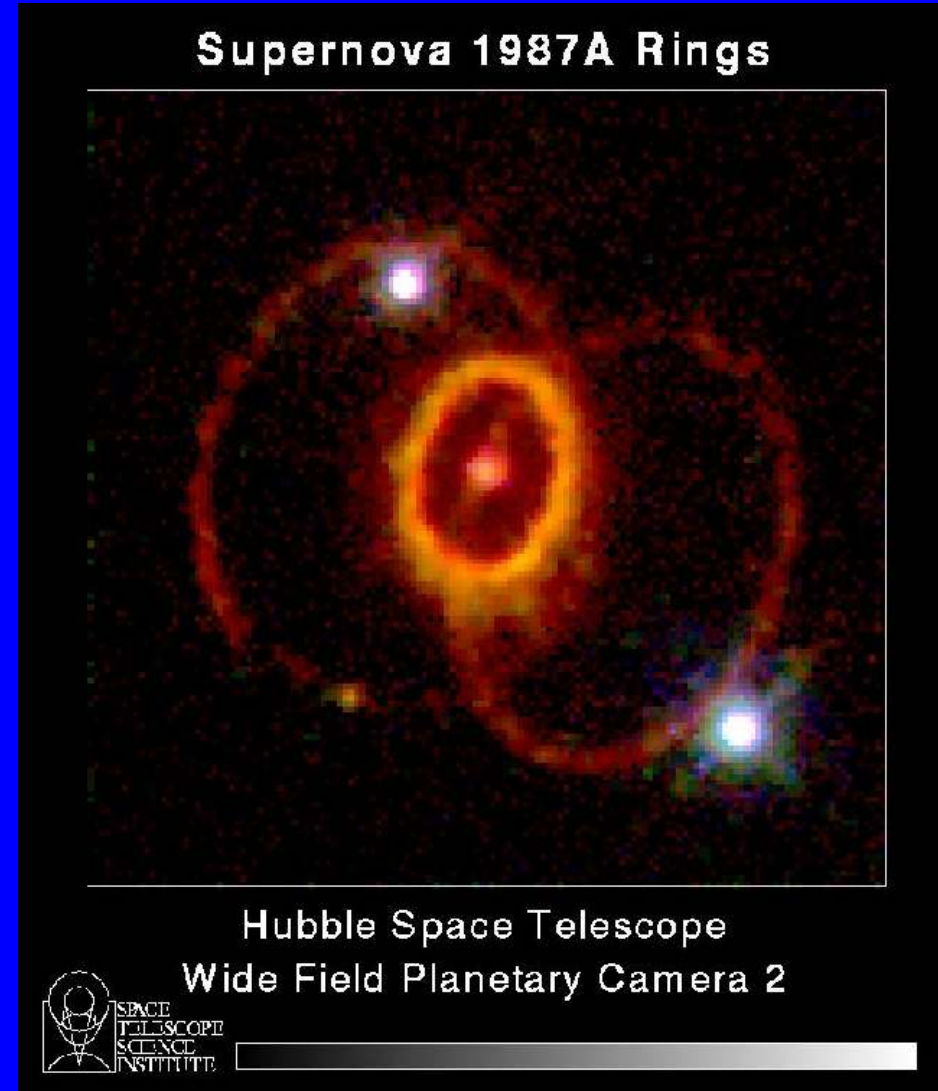
SN 1987 A



Güney yarım küreden görülebilen Büyük Magellan Bulutunda 1987 yılında patlayan yıldızın patlamadan önceki ve sonraki durumu. Yıldızın patlamadan önceki yapısının “soğan yapısı”nda olduğuna inanılmaktadır.

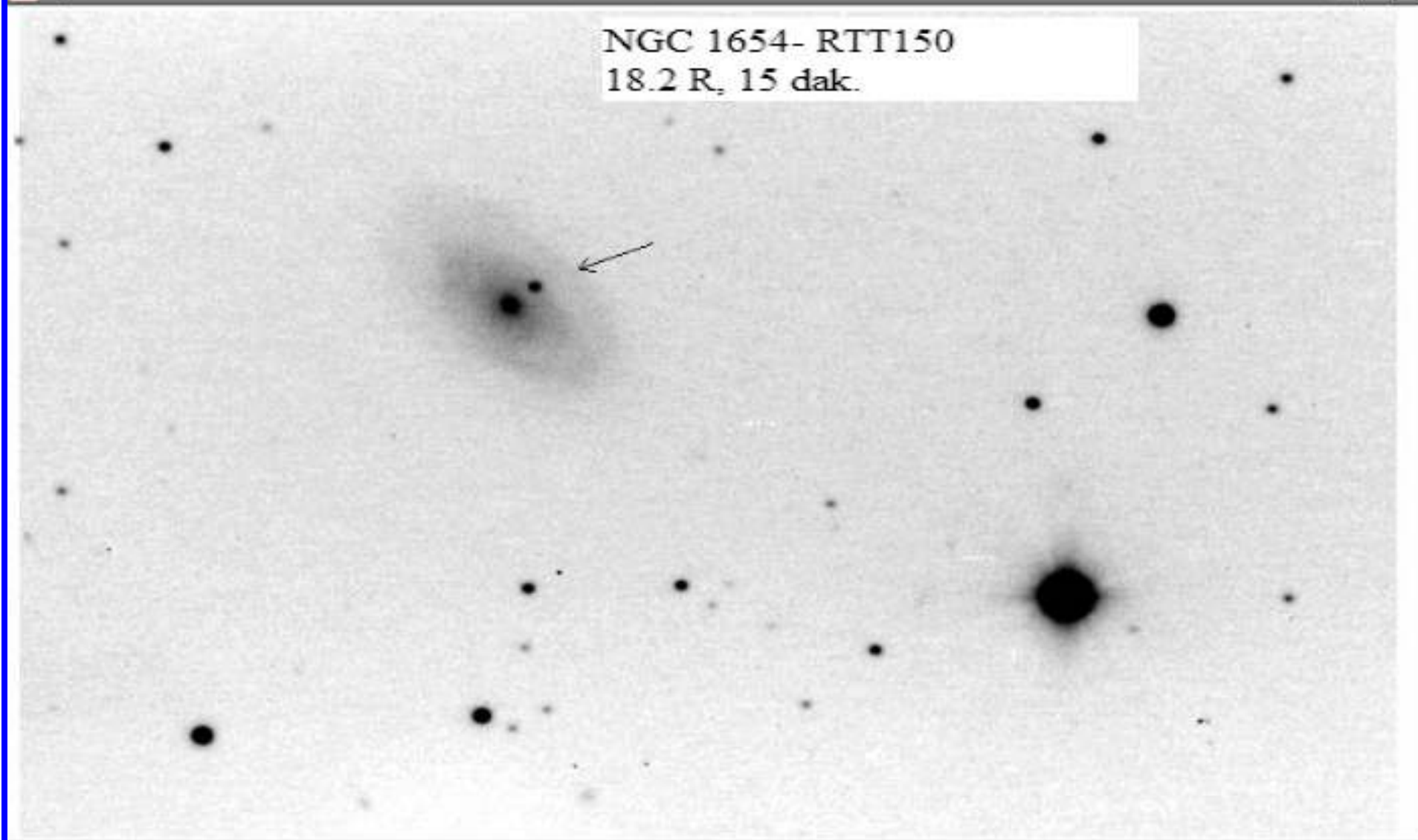
Süpernova Nova 1987A Halkaları

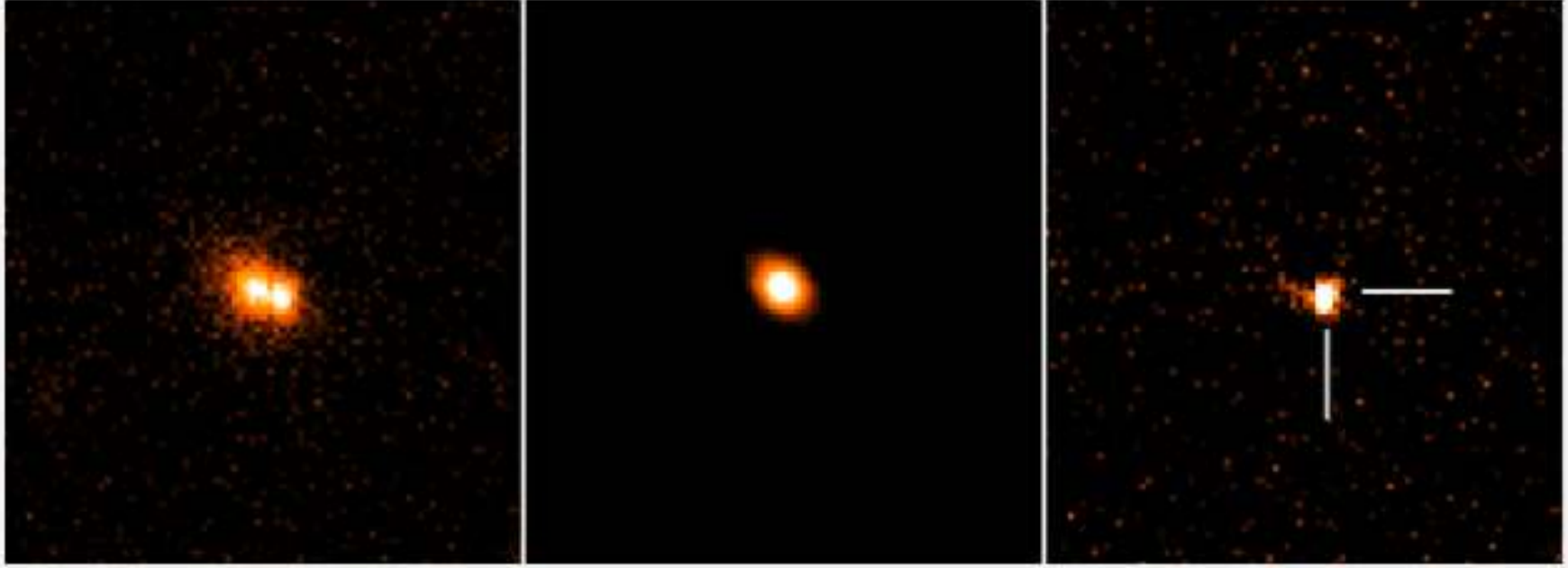
Son yıllarda meydana gelen bu en parlak süpernova patlaması 1987 de Büyük Magellan Bulutunda meydana geldi. Resmin ortasındaki nesne güçlü yıldız patlamasının kalıntısının merkezidir. Halkaların kökeni henüz iyi bilinmemektedir, yıldızın üstdev evresinde iken attığı ve süpernova patlaması tarafından aydınlatılan madde olduğu belirtilmektedir.



ugc1654sn.fit

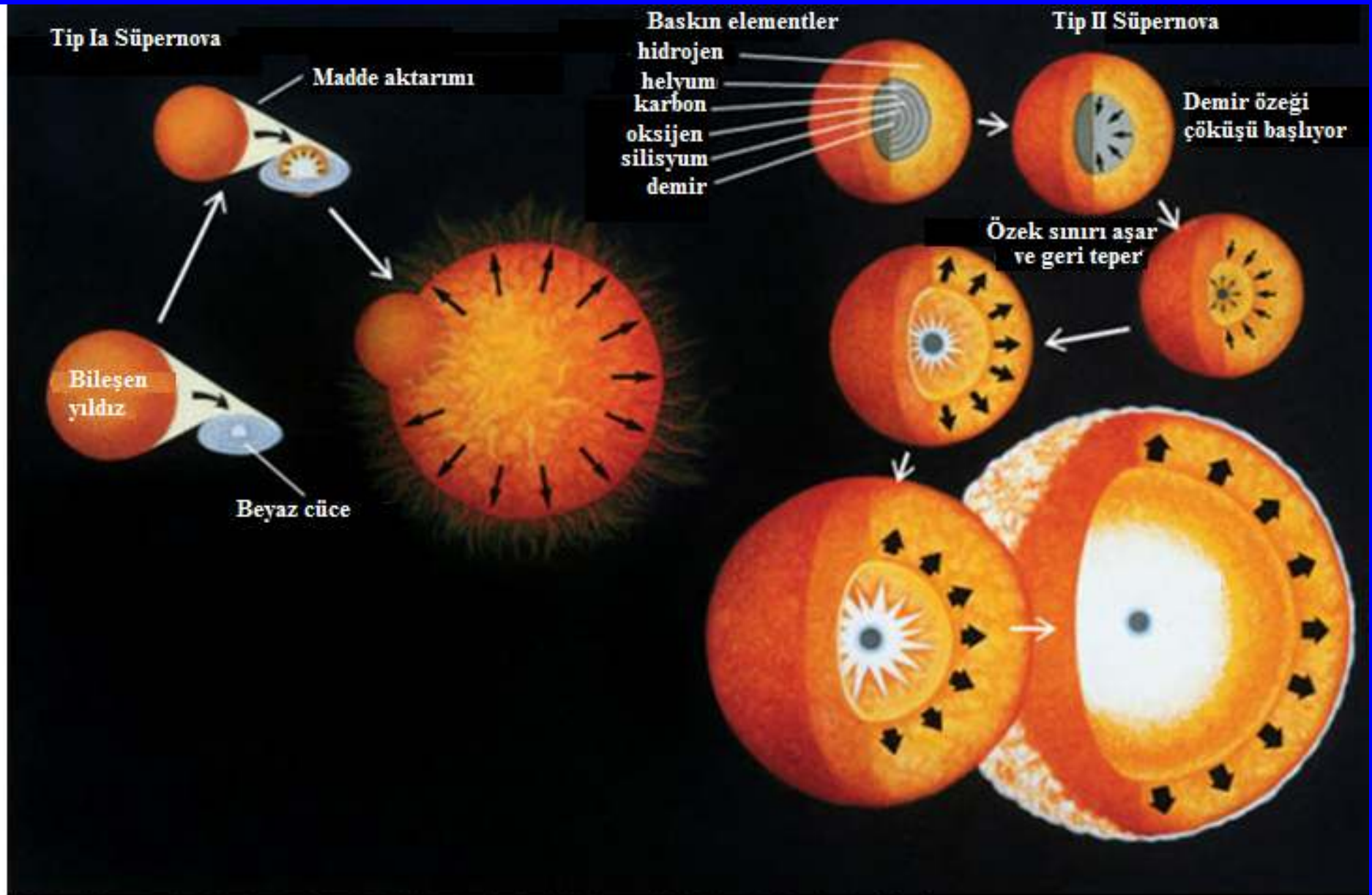
NGC 1654- RTT150
18.2 R, 15 dak.





500 milyon ışık yılı uzaklıktaki SDSS J132102.26+453223.8 gökadasında Gaia'nın farketdiği süpernovanın görüntüsü (sol ve sağda). Soldaki görüntü Liverpool Teleskopu ile alınmıştır ve gökada merkezi ile neredeyse onun kadar parlak süpernovayı göstermektedir. Ortadaki görsel birkaç yıl önce Sloan Sayısallaştırılmış Gökyüzü Tarayıcısı ile alınmıştır. Sağdaki ise iki görüntünün birbirinden çıkarılmasıyla elde kalan süpernovayı gösterir (M. Fraser/S. Hodgkin/L. Wyrzykowski/H. Campbell/N. Blagorodnova/Z. Kostrzewa-Rutkowska/Liverpool Telescope/SDSS).

Süpernova Modelleri



Süpernova patlamasından arta kalan merkezdeki yıldızın geleceği onun kütesine bağlıdır. Özek kütesi 3 güneş kütesinden küçükse nötron yıldızı olur.

Nötron yıldızının saldığı ışıını karşılayacak artık yeni enerji kaynağı yoktur, yavaş yavaş soğuyarak ölür.

Eğer nötron yıldızları gerçekten süpernova patlamasından arta kalan nesne iseler, yakınlarında süpernova kalıntısı bulunmalıdır.



Yengeç atarcasıdır (pulsar), bu patlamış yıldızın nötron yıldızı kalıntısıdır. Yarıçapı 10 km dir. Yoğunluğu o kadar yüksektir ki bir kaşıkmaddesi 10 milyon ton gelir.

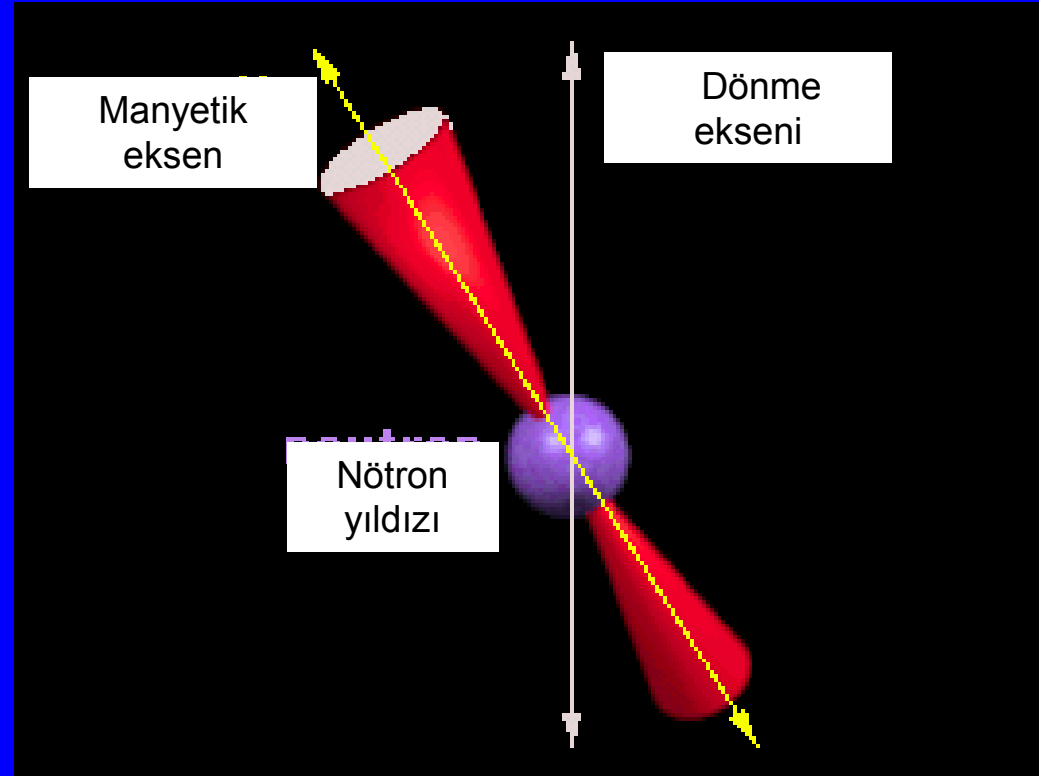


10 000 yıl önce patlamış
Vela Süpernova kalıntısı ve atarcası.

Chandra Uydu gözlemevinin
x-ışını görüntüsü

NÖTRON YILDIZLARI VE ATARCA (PULSAR)

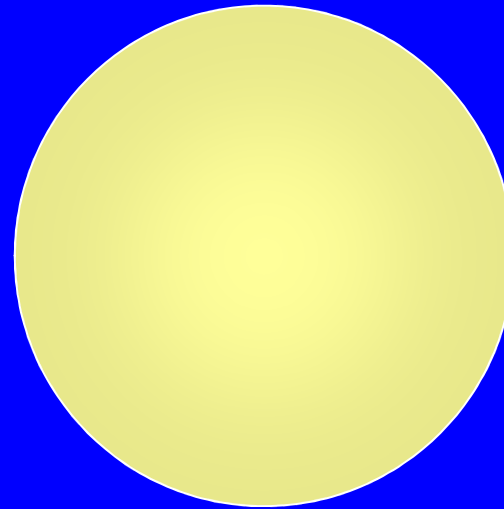
- 1934 yılı başlarında, kuramcılar kuantum mekaniğini kullanarak bir nötron yıldızının olabileceğini öngördüler.
- Çekim çok kuvvetli olursa, elektronlar atomik çekirdeklerin içine doğru itilir, protonlar nötrona dönüşür. Nötronlar tamamen yozlaştığında, iç basınç çökmeyi durdurur.



Görelî Boyutlar



Yer



Beyaz Cüce

Yoğunluk 10^6 g/cm³.



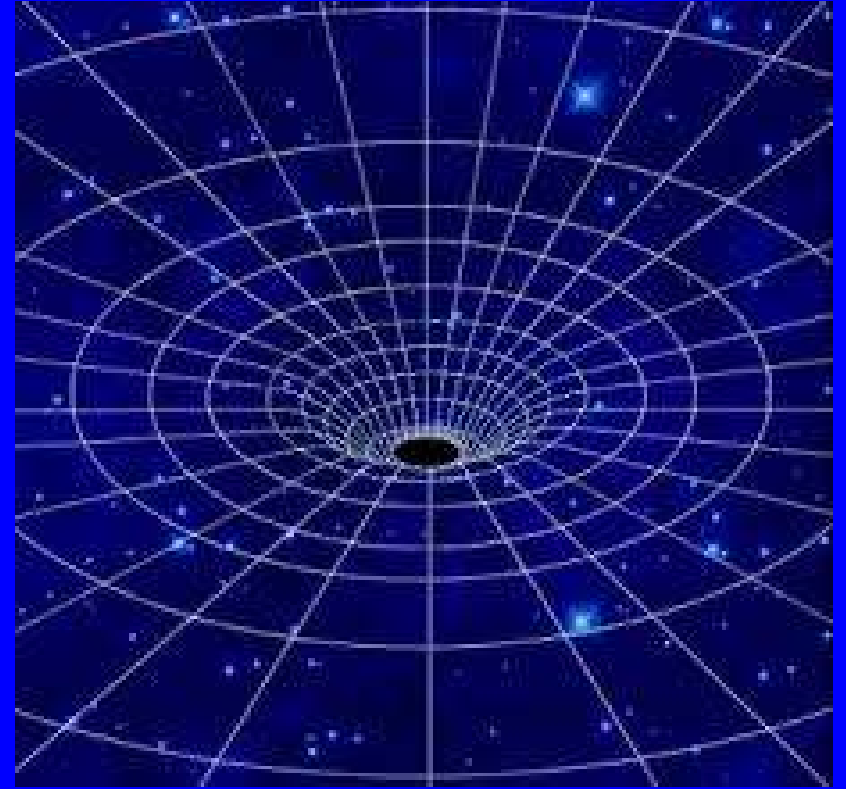
Nötron Yıldızı

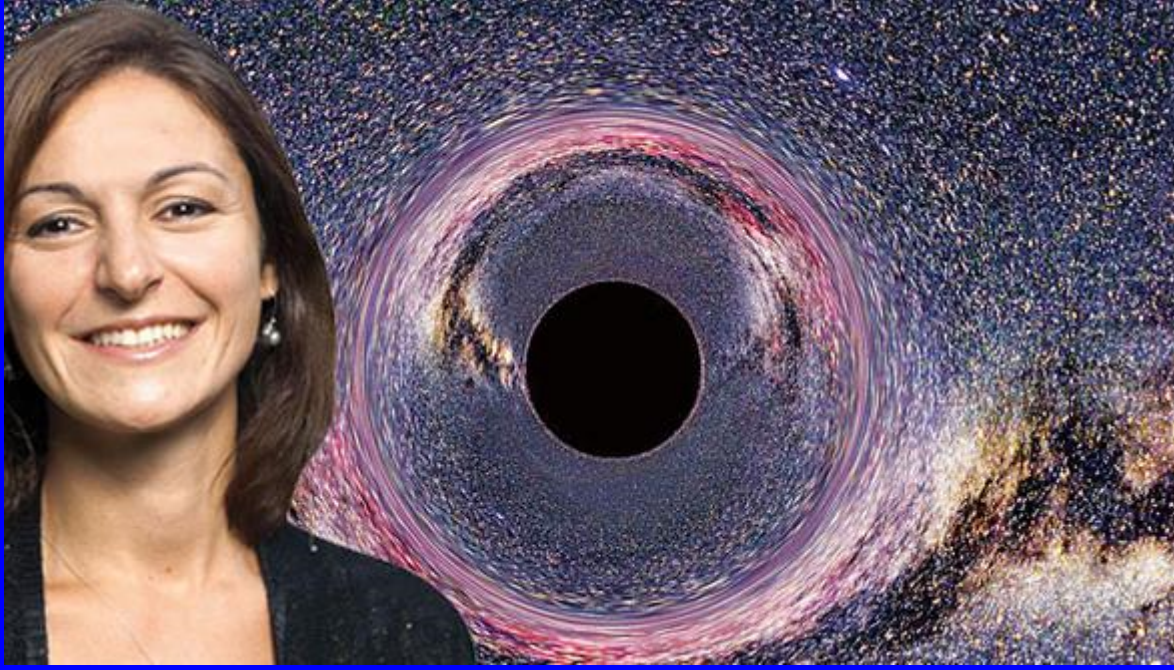
Yoğunluk $\sim 10^{18}$ kg/m³;
1 cm³ 'te 100 milyon kg!

Karadelikler

Yıldızın özek kütlesi 3 Güneş kütlesinden büyük ise, nötron gazı yıldızın kütle çekimini dengeleyemez ve çökmeye devam eder. Bunun sonucu bir karadeliktir.

Bir karadeliğin kütle çekimi ve yoğunluğu o kadar yüksektir ki ondan hiçbir şey kaçamaz, ışık dahil.





NASA'da çalışan astrofizikçi Prof. Dr. Feryal Özel, 2020 yılında hayata geçecek olan Uzay Teleskopu projesini yürütüyor. Prof. Dr. Özel, "Bir karadeliği görüntüleyeceğiz Uzay Ufku Teleskopu projesi de bitmek üzere. Nisanda gözleme başlıyoruz" diyor. 7 Mart 2017

Bir karadelik nasıl anlaşılır?



Kuğu takım yıldızında
X-ışını kaynağı

Cygnus X-1.

Mavi üstdev görülmeyen
bir nesne etrafında

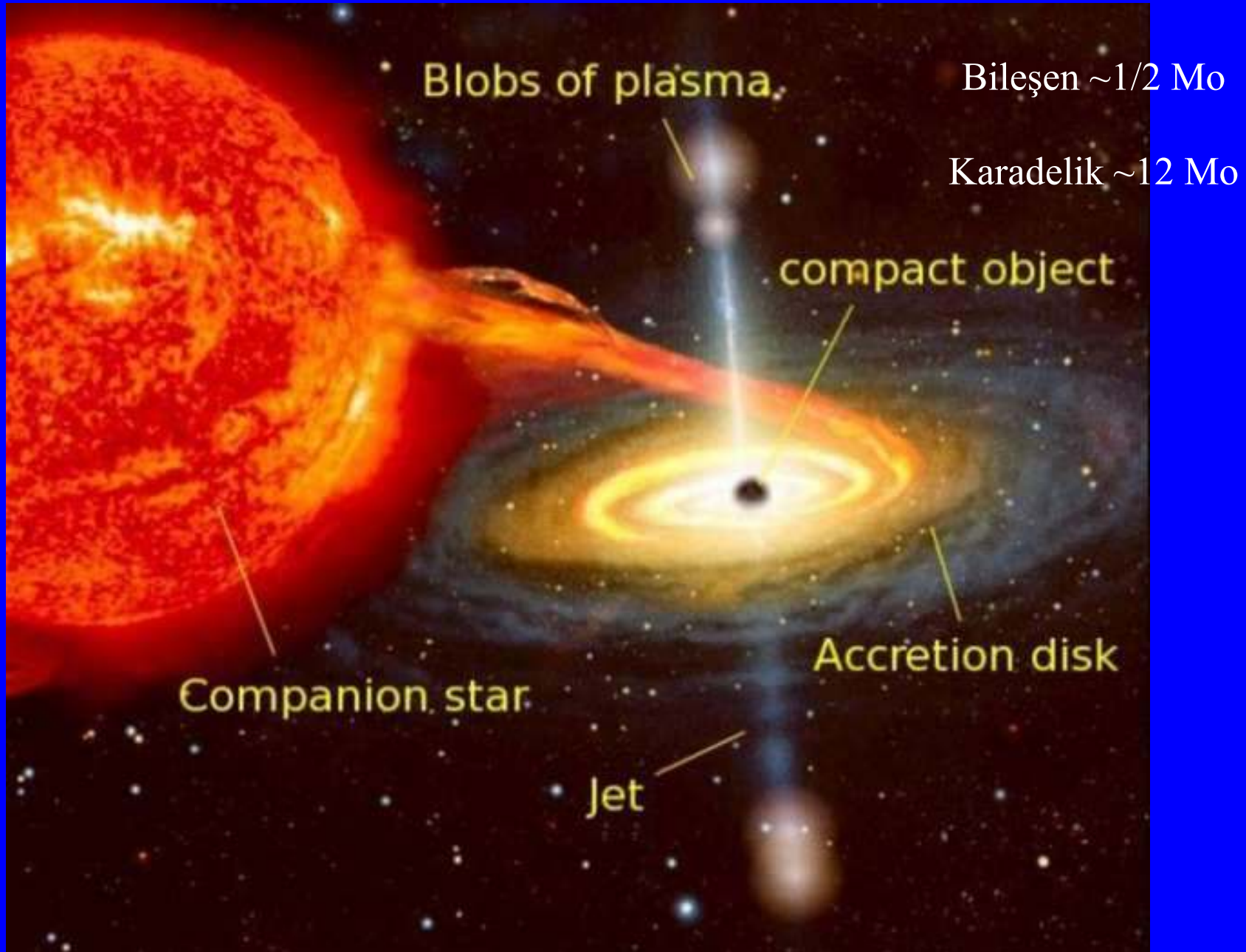
5,6 günde bir dolanır.

Kütlesi~10 güneş

Cygnus X-1 modeli



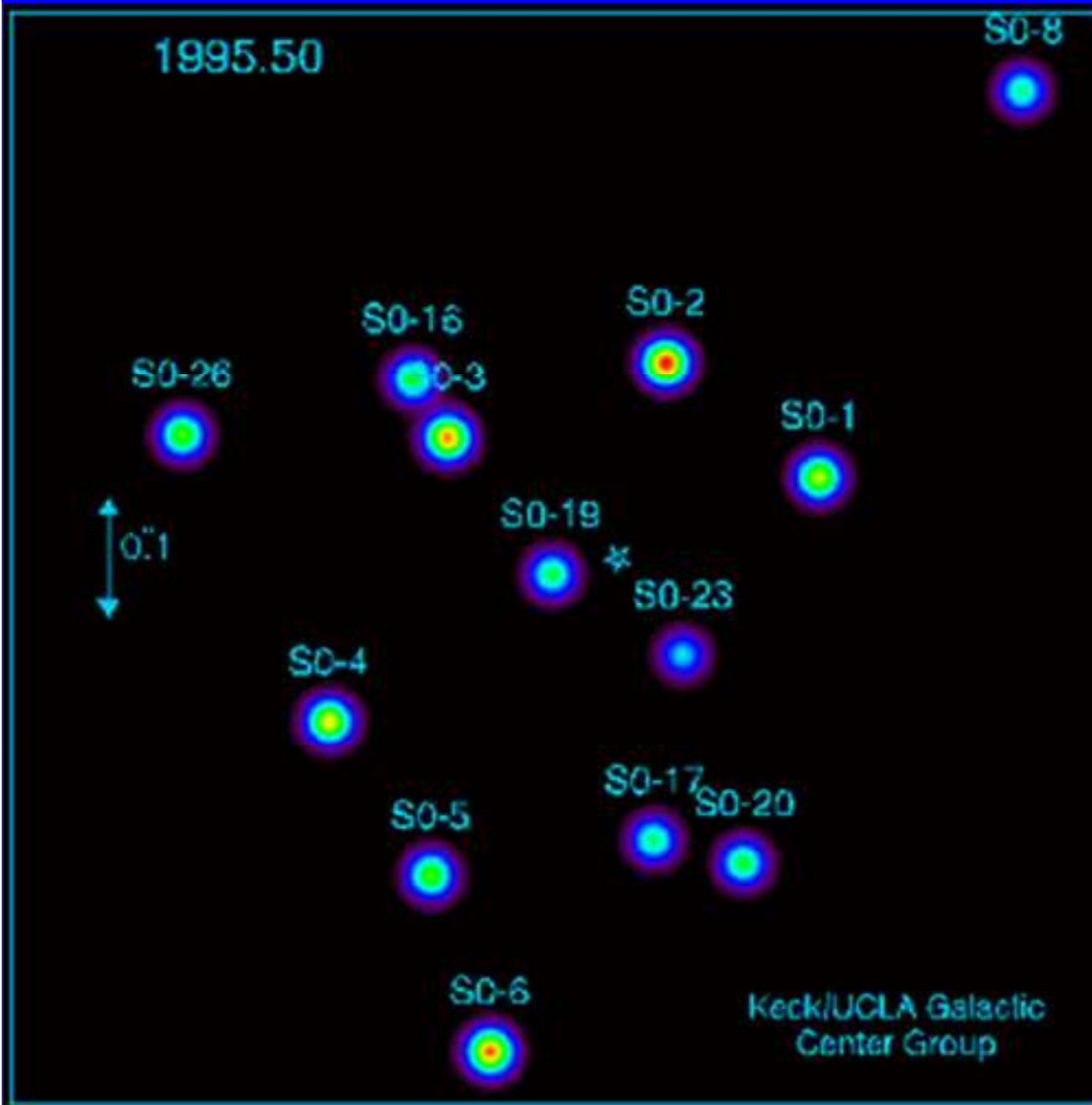
V404 Cygni : birbiri etrafında dolanan karadelik ve bileşeni



Bütün gökadalarn merkezlerinde karadelik olduğu düşünülüyor.



Sarmal gökada M81 merkezinde karadeliğin Chandra görüntüsü Credit: X-ray: NASA/CXC/Wisconsin/D.Pooley & CfA/A.Zezas; ...



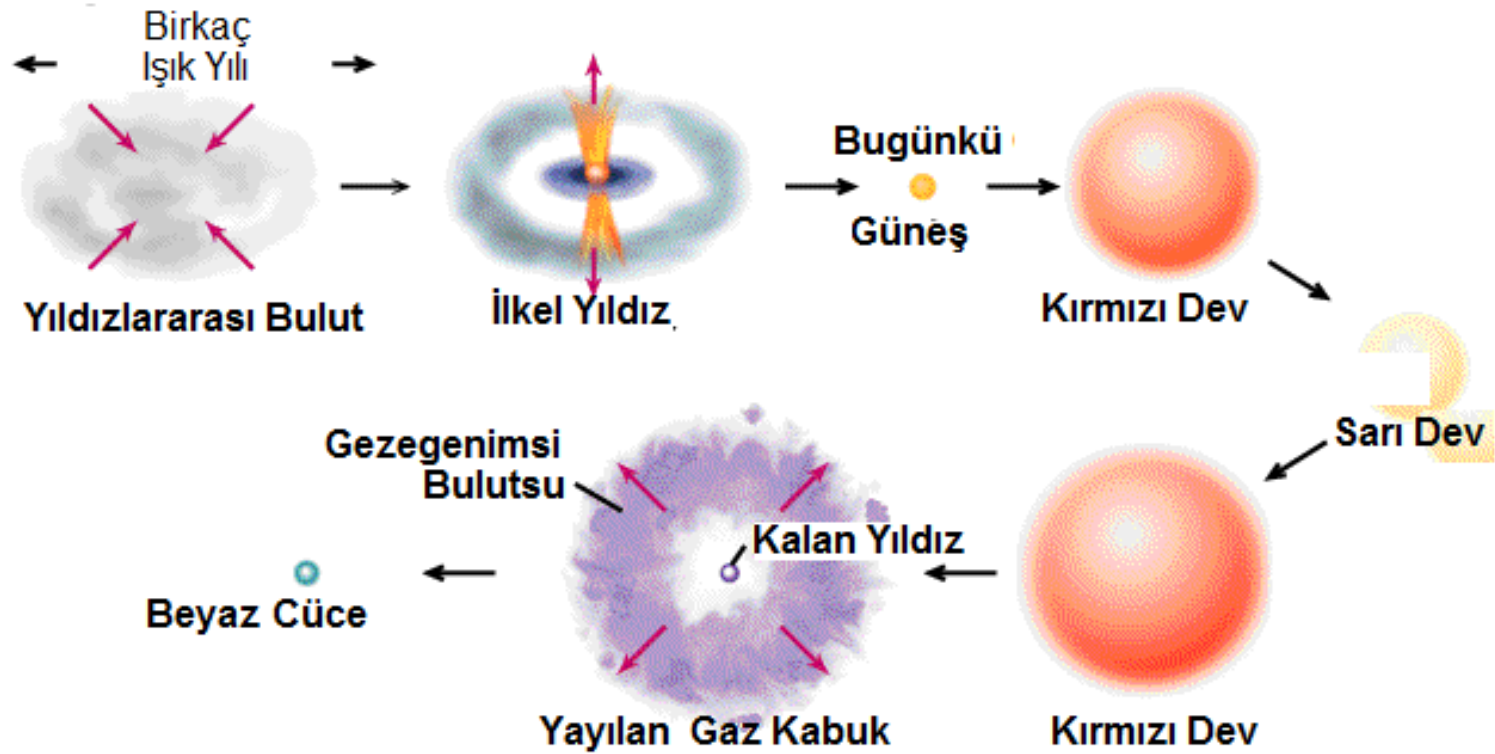
Kızılötesi ile yapılan gözlemler sonucu Gökada merkezindeki yıldızların 3 Milyon Güneş kütleli tek bir merkez etrafında döndüğü biliniyor!

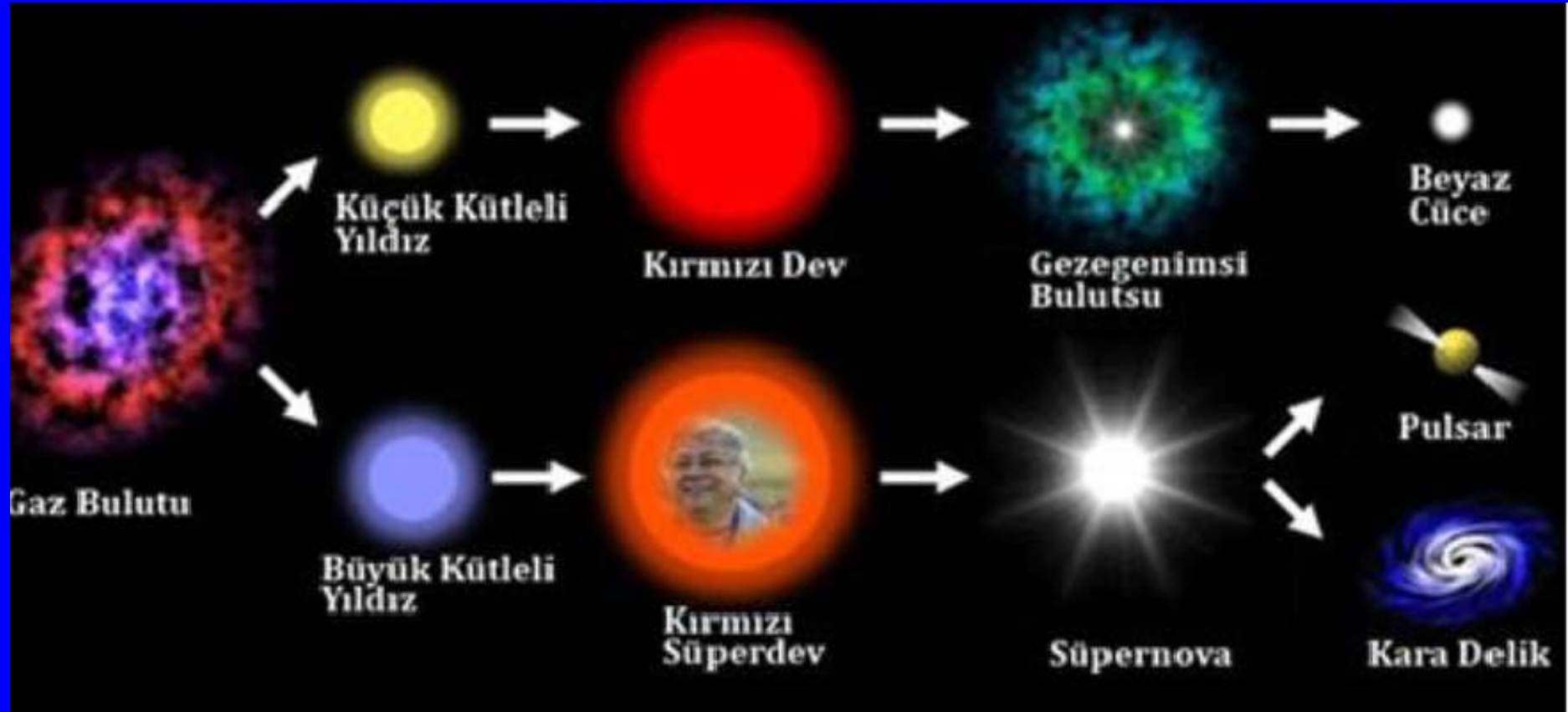
Radyo gözlemleri sonucu o merkezin küçük olması gerektiği biliniyor:

KARA DELİK!

Sonuçlar

GÜNEŞ'İN YAŞAMI





Dikkat: Kırmızı Süperdev!

Yıldızlar doğar, yaşar ve ölür!

Helyumdan ve daha ağır elementler, çekirdek tepkimeleriyle yıldızların içinde sentezlenirler.

Yer ve sakinleri çok önceden ölmüş olan yıldızların atomlarından olmuşlardır!

**DNA'mızdaki nitrojen,
dişlerimizdeki kalsiyum,
kanımızdaki demir, içtiğimiz
sudaki oksijen kendi içine
çökmüş bir yıldızda yapılmıştır.
Bu da bizi yıldız tozu yapar.**

Carl Sagan



TEŞEKKÜRLER ...

