

Keyifli Okumalar Dileriz

Binlerce kategoride milyonlarca PDF e-kitap, ders kitapları, dergiler ve romanlara platformumuz üzerinden ücretsiz ulaşabilirsiniz.

RESMİ WEB SİTEMİZ

<https://rantey.org>

Yedek ve Duyuru Kanallarımız

Sitemize erişim engeli gelmesi veya adres değişikliği durumunda aşağıdaki kanallardan güncel giriş adresine erişebilirsiniz:

- Telegram: <https://t.me/birkitapbir>
- WhatsApp Kanalımız : <https://whatsapp.com/channel/0029VbDHv8uE50Us4lvMoc0Y>

ASTRONOMİ ATLASI

Güneş Sisteminden
Gökadalara

Serdar EVREN

“Serdar Evren’den Popüler Astronomi”

facebook sayfasını takip eden arkadaşlarıma
acil durumlarda başvurabilecekleri kaynak kitapçık

Serdar Evren, Prof. Dr.
Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü,
35100, Bornova, İzmir

Arka Kapak: Atbaşı Bulutsusu
Aralık 2014

ASTRONOMİ ATLASI

Güneş Sisteminden Gökadalara

Serdar EVREN

ÖNSÖZ

Kuramsal ve gözlemsel sonuçların birleştirilmesi sonucunda evrenin yaklaşık 13 milyar yıl, güneş sisteminin ise 4.5 milyar yıl yaşında olduğunu biliyoruz. İnsan ömrüyle karşılaştırılamayacak kadar büyük olan bu zaman dilimi içinde bugüne kadar bulunabilen en eski astronomi dökümanları günümüzden ancak 30000 yıl öncesine kadar uzanıyor. Binlerce yıldır insanlar gökyüzünü ve gökcisimlerini merak etmişler, onları anlamaya çalışmışlar, zaman zaman korkmuşlar ve tapmışlardır. Son 2500 yıldır çıplak gözle yapılan gözlemler sayesinde bir takım sonuçlara ulaşılsa da 1609 yılında Galileo Galilei'nin teleskobu astronomik amaçlı kullanmaya başlamasıyla bilmece çözüldü. Kopernik tarafından orataya konan Güneş merkezli model, Kepler'in yasalarıyla güçlendi ve Galileo'nun gözlemleriyle onay aldı. Bu yüzden 2009 yılı Dünya Astronomi Yılı olarak ilan edildi.

Teleskobun gökyüzüne çevrilişinin üzerinden 400 yıl geçti. Bu süre içinde değişik amaçlar için farklı tasarımlarda teleskoplar ve ışıkölçerler geliştirilerek, binlerce yeni gökcismi bulundu. Yer atmosferinin sönükleştirici etkisinden kurtulmak için atmosfer dışına uydu teleskoplar yerleştirildi. Dolayısıyla daha sönük cisimler gözlenir oldu. Uzay araçlarıyla güneş sistemi içindeki cisimlerin yakınına kadar gidildi ve bazılarının üzerine inilerek yüzey örnekleri yerinde analiz edildi. On beş yıl öncesine kadar yalnız güneşimizin etrafında gezegenlerin varlığını bilinirken şimdi yaklaşık 500 güneş benzeri yıldızın Jüpiter benzeri gezegenlere sahip olduğunu biliyoruz.

Elinizdeki atlasın içinde yer alan gökcisimlerinin bir çoğunun gizemi tam olarak çözülemese de genel yapıları ortaya çıkartıldı. Uzayın derinliklerinde bulunan gökcisimlerini araştırmaya ve anlamaya devam ederken, güneş sisteminin içinde bile şaşırtıcı sonuçlarla karşılaştığımız oluyor. Evren içinde yapacağımız bu kozmik yolculukta keşfedilmeyi bekleyen her bir gökcismi, bizim uzak limanlarımız sayılır.

Bulutsuz ve karanlık gökyüzü dileklerimle.

Serdar EVREN, Aralık 2014

İÇİNDEKİLER

Çıplak Gözle Astronomi	02	Güneş: Yapısı ve Evrimi	58
Takımyıldızlar	04	Güneş: Atmosferi	60
Günlük ve Yıllık Hareket	06	Yıldızların Oluşumu	62
Güneş Tutulması	08	İlkel Gezegenimsi Sistemler	64
Ay Tutulması	10	Cüce Yıldızlar	66
Gezegenlerin Hareketi	12	Devler ve Süperdevler	68
Galilei'nin Gözlemleri	14	Gezegenimsi Bulutsular	70
Teleskoplar	16	Beyaz Cüceler	72
Teleskopların Kullanımı	18	Novalar	74
Uzay Araçları	20	Süpernovalar	76
Güneş Sisteminin Oluşumu	22	Nötron Yıldızları	78
Merkür	24	Kara Delikler	80
Venüs	26	Çift Yıldızlar	82
Yer	28	Açık Yıldız Kümeleri	84
Uydumuz Ay	30	Küresel Kümeler	86
Mars	32	Yıldızlararası Ortam	88
Jüpiter	34	Gaz Bulutsular	90
Galileo Uyduları	36	Gökadamız Samanyolu	92
Satürn	38	Evren	94
Satürn'ün Halkaları	40	İçindekiler	96
Satürn'ün Uydusu Titan	42	Resimler İçin Kaynaklar	97
Uranüs	44		
Neptün	46		
Cüce Gezegenler	48		
Asteroid Kuşağı	50		
Kuiper Kuşağı	52		
Kuyruklu Yıldızlar	54		
Göktaşları	56		

ÇIPLAK GÖZLE ASTRONOMİ

Şehir ışıklarından uzakta aysız, karanlık, bulutsuz bir gecede gökyüzüne baktığınızda görebileceğiniz yıldızların hepsi Samanyolu olarak adlandırdığımız gökadamız içinde yer alır. Farklı parlaklıkta binlerce yıldız gökyüzüne saçılmış gibi durur.

Eğer, yerlerini biliyorsanız aslında Venüs, Mars, Jüpiter veya Satürn gibi gezegenlerden bir veya bir kaçını da çıplak gözle görme şansınız vardır. Gezegenlerin yanı sıra gökadamız içinde yeralan bulutsular ve yıldız kümeleri de ışık pırıltıları içinde bulunur. Evrende bizim gökadamız gibi milyarlarca olduğu tahmin edilen gökadalardan en parlak olanlarını da bu parlayan yıldızlar arasında seçebilirsiniz. Bunların yerlerini belirleyebilmek için elinizde basit bir gök atlasının olması yeterlidir.

Bizim kendi gökadamız içinde yaklaşık 200 milyar yıldız olduğunu düşünürseniz tüm gökadalardaki yıldız sayısını tahmin etmek için basit çarpma işlemleri sonucunda kaşımıza çıkan sayıları söylemekte zorlanırsınız. Gökyüzüne bakarak evrenin nasıl

oluştüğünü; Dünya, Ay ve Güneş'in nereden geldiğini; gezegenlerin ve yıldızların yapı taşının ne olduğunu; başka bir "dünya"nın olup olmadığını düşünmemek olanaksızdır.

Astronomi, zengin bir kültürel mirasa ve mitolojik öykülere sahip ender bilim dallarından biridir. Binlerce yıl öncesinden itibaren insanlar gökyüzündeki cisimleri merak etmişler; onların şaşırtıcı hareketlerini ve gök olaylarını anlamaya çalışmışlardır. Açıklanamayan olaylar karşısında çaresiz kalan topluluklar birçok gökcismini tanrılaştırarak onlara tapmaya başlamışlardır.



Stonehenge-İngiltere



Sanyolu

Binlerce yıl 6ncesinden itibaren her uygarlıkta g6ky6z6nde G6neş'in ve Ay'ın hareketlerine bakılarak takvim ve zaman kavramı geliştirilmiştir.

G6n6m6zde bir6ok 6lkenin toprakları i6inde Stonehenge gibi mutlaka arkeoastronomik bir kalıntıya ulaşmak olasıdır.

TAKIMYILDIZLAR

Eski insanlar yıldızların yerlerini kolayca akılda tutabilmek için yaklaşık 6000 yıldızın oluşturduğu yıldız gruplarını hayvan, cisim ve mitolojik karakterlere benzetmişlerdir. Farklı kültürlerden gelen insanlar genellikle kendi yerel mitolojik kahramanlarına göre farklı desenler oluşturmuşlardır. Bildiğimiz meşhur takımyıldızların çoğu MÖ 420 yıllarındaki tarihi kayıtlardan çıkarılmıştır.

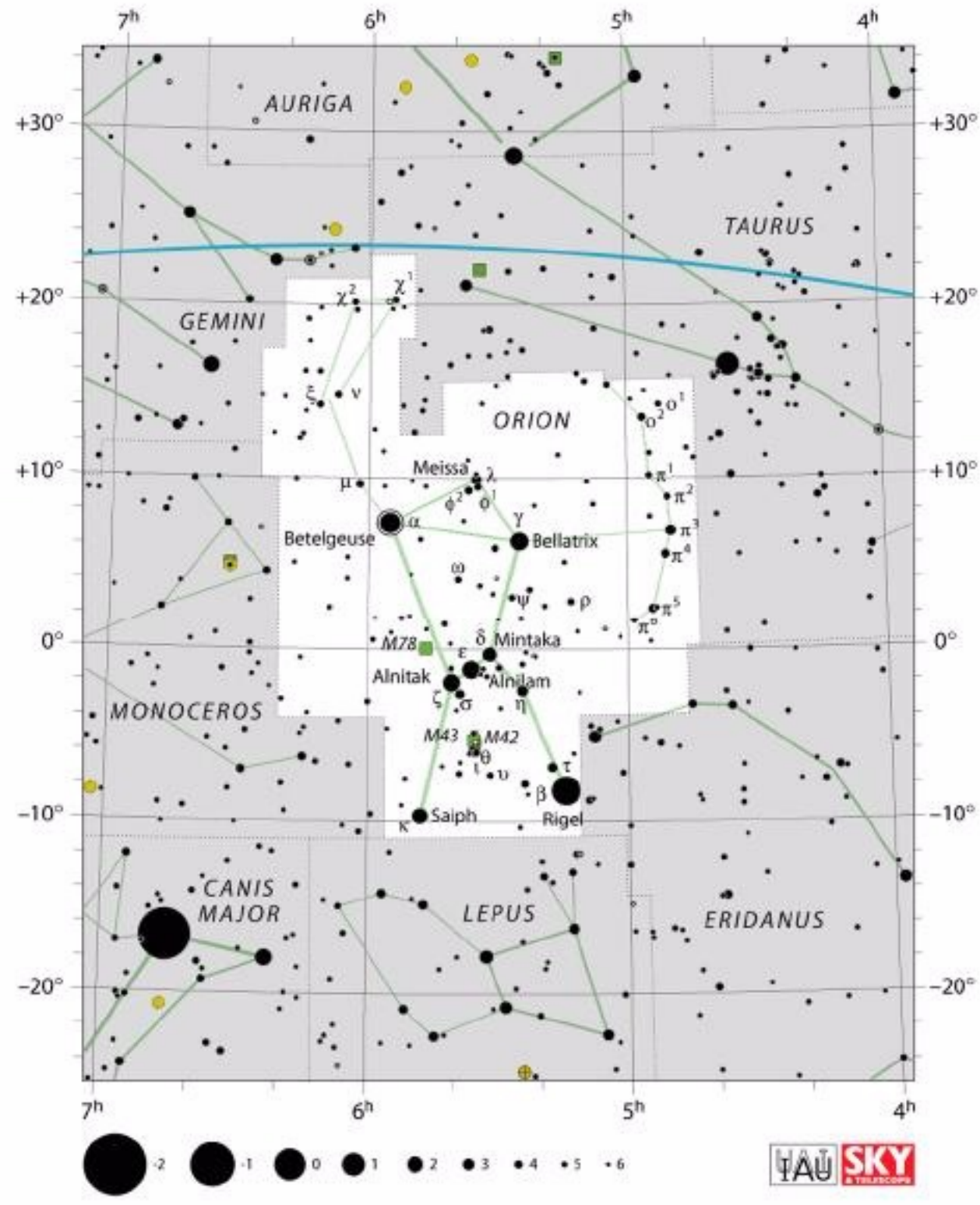
Aslında bu şekilleri oluşturan yıldızların uzayın derinliği içinde birbirleriyle hiçbir ilgisi yoktur. Gökyüzü düzlemi bir izdüşüm düzlemi olduğu için farklı uzaklıklarda bulunan yıldızların parlaklıklarına bakarak hangi yıldızın ne kadar uzakta olduğu hakkında bir fikir sahibi olamayız. Gökyüzünde yanyana duran iki yıldız birbirlerinden çok farklı uzaklıklarda bulunabilir. Latince “yıldız grubu” olarak bilinen bir sözcükle “takımyıldız” olarak adlandırılan bu grupların isimleri günümüze kadar taşınmıştır.

Modern yıldız haritalarında tüm gökyüzü 88 takımyıldız bölgesine ayrılmıştır. Bunlardan 44 tanesi kuzey

yarımküre gökyüzünde görünür. “Büyük Ayı” takımyıldız bölgesi en büyük alana sahip takımyıldızlardan biridir. Popüler gök atlaslarında bulunan parlak yıldızların bir çoğunun Arapça ismi vardır. Örneğin, “koltukaltı” anlamına gelen “Betelgeuse” isimli yıldız, Orion (Avcı) takımyıldızının en parlak yıldızı olup Yunan alfabesinin ilk harfi olan alpha ile beraber “ α Orionis” olarak da adlandırılır.



Orion takımyıldızının mitolojik görüntüsü.



Orion takımyıldızının Uluslararası Astronomi Birliği tarafından belirlenmiş yıldız haritası.

GÜNLÜK ve YILLIK HAREKET

Verilen bir an için Yer'in Güneş'e dönük yarıküresi gündüz olurken diğer yarıküre gecedir. Yer, kendi eksenini etrafında bir tam dönüşünü 24 saatte tamamlar. Gökyüzünde takımyıldızları rahatça görebildiğimiz bir yerden yıldızları birkaç saat süreyle izlediğimizde, onların gökyüzünde hareket ettiğini görürüz.

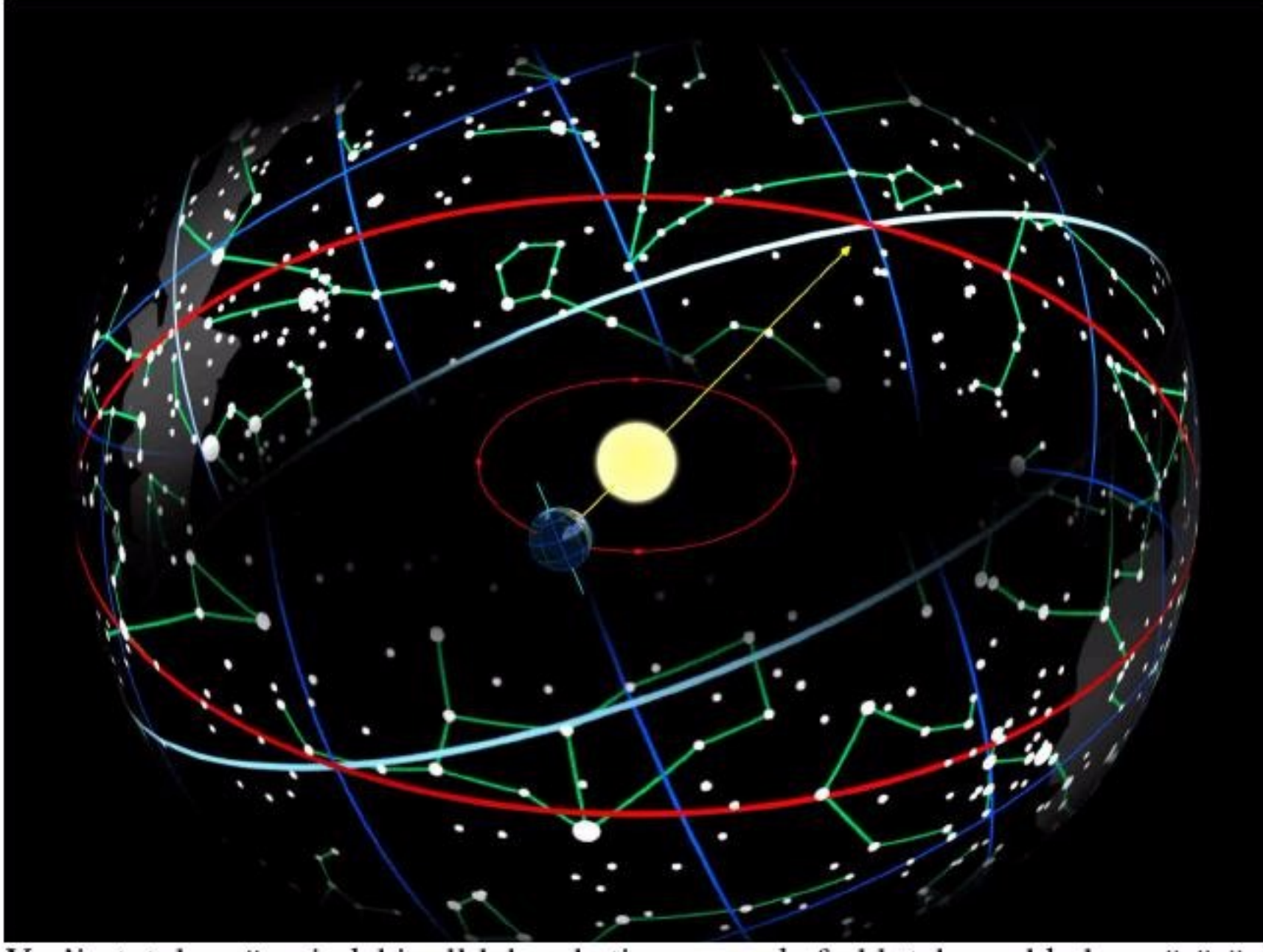
Aslında dünyanın kendi eksenini etrafında batıdan doğuya doğru dönmesinden dolayı gökyüzündeki tüm cisimler doğudan batıya doğru hareket ediyormuş gibi görünür. Bu yüzden ilerleyen saatlerde batıdan bazı takımyıldızlar batarken doğudan yenileri doğar. Bu hareket yıldızların "günlük hareketi"dir ve "görünürdeki hareket"tir.

Dünyanın dönme eksenini kuzey yarımküre gökyüzünde Kutup Yıldızı'nı gösterir. Dünya döndükçe tüm yıldızlar kutup yıldızının etrafında daireler çizerek hareket ederler. Bir fotoğraf makinesiyle kutup yıldızı etrafındaki yıldızların fotoğrafı yaklaşık 1 saatlik poz süresiyle çekilirse, yıldızlar yaylar çizerek kutup noktası etrafında hareket ettiği görülebilir.

Gökyüzünün günlük hareketine ek olarak, gece gökyüzünde görülen takımyıldızların bir yıl içinde yavaşça değiştiği görülür. Bunun nedeni Yer'in, Güneş etrafındaki bir yörünge dolanmasıdır. Yer, tutulum olarak adlandırılan bu yörünge üzerinde "yıllık dolanım hareketini" yaparken, Yer'in gece tarafında kalan kısmı derece derece uzayın farklı bir bölgesine düşen gökyüzü ile karşılaşır.



Yıldızların güney kutup noktası etrafındaki günlük hareketi. Güney Gemini Gözlemevi (Şili).



Yer'in tutulum üzerindeki yıllık hareketi sonucunda farklı takımyıldızları görürüz

Kış aylarında gördüğümüz gökyüzü ile yaz aylarında gördüğümüz gökyüzü birbirinden tamamen farklıdır.

Güneş'in görünürdeki hareketini çizdiği tutulum üzerine denk gelen takımyıldızlar "burç" olarak adlandırılır.

GÜNEŞ TUTULMASI

Tutulmalar hakkında iki önemli şeyi hep akılda tutmalıyız: (1) Tutulmalar, bir gökcisminin gölgesi diğerinin üzerine düştüğü zaman olur ve (2) Tutulmaları görebilmeniz için gölgeye göre konumunuz uygun olmalıdır.

Yer'den bakan gözlemciler iki tutulma türü görürler: Ay ve Güneş Tutulmaları. Güneş tutulmalarının olabilmesi için Ay'ın Yer ile Güneş arasından geçmesi gerekir. Ay, Yer etrafındaki dolanımını 29.5 günde tamamlar. Güneş, Ay tarafından tamamen örtülüyorsa, "Tam Güneş Tutulması"; eğer Ay, Güneş'i tam merkezden değil de, bir kısmını örtüyorsa "Parçalı Güneş Tutulması" olur.

Bir raslantı sonucu Ay ve Güneş'in açısal boyutları (yaklaşık 0.5 derece) aynıdır. Bundan dolayı, Ay genelde bir Güneş tutulması boyunca Güneş'i tam olarak örter. Fakat Ay bazen yörüngesi üzerinde en uzak konumda bulunur ve normal açısal boyutlarından daha küçük görünür. Bu durumda Ay, Güneş'i tam olarak örtemez. Bu tür tutulmalara "Halkalı Güneş Tutulması" denir ve gözlemciler tutulmayı bir ışık halkası

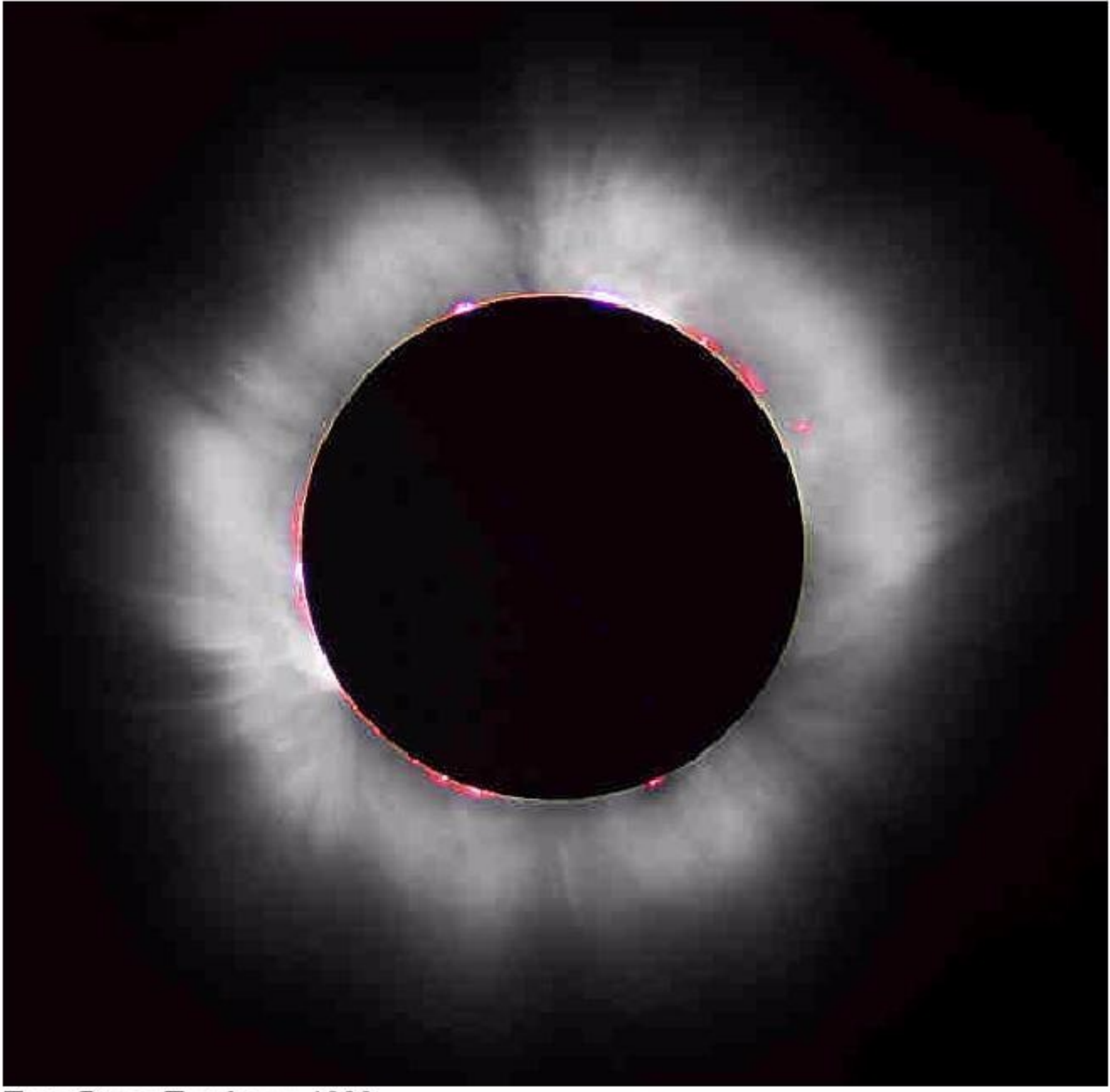
şeklinde görür (Ay'ın çevresinde Güneş'in kenarı).

Güneş ve Ay tutulmalarında, Yer'in ve Ay'ın gölgeleri tam olarak belirlenemez. Güneş, Yer'den bakıldığında nokta kaynak yerine 0.5 derecelik açısal boyutlu bir kaynak olarak görüldüğünden, güneş ışığı bir miktar yayılır ve ışınlar bir miktar farklı doğrultulardan gelir. Gölgelerin iç alanı tam gölgeli, dış alanı yarı gölgeli olur. Tam gölgede bulunan bir gözlemci Güneş'i tamamen karanlık olarak görürken; yarı gölgeli alanda bulunan bir gözlemci Güneş'in bir kısmını karanlık olarak görür.

Tam ve yarı gölgenin göreceli boyutları, gölgeyi oluşturan cisim ile gölgenin düştüğü yüzey arasındaki uzaklığa bağlıdır.



Halkalı Güneş Tutulması



Tam Güneş Tutulması-1999.

AY TUTULMASI

Ay Tutulmalarının olabilmesi için, Ay'ın Güneş'e göre Yer'in diğer tarafında belli bir noktada olması gerekir. Bu nokta Yer tarafından oluşturulan gölge konisi içinde kalır. Ay, bu gölge içinde birkaç saat kalır ve Ay'a ulaşan güneş ışığının Yer atmosferinden geçerken kırılmasından dolayı kırmızımsı bir renk alır.

Bir Ay Tutulması sırasında, Yer'in Ay üzerindeki gölgesi Ay'ın çapının bir kaç katı büyüklüğüne sahip olduğundan Tam Ay Tutulması birkaç saat sürebilir.

Diğer bir şekilde, Ay'ın Yer üzerindeki tam gölgesinin çapı 267 km den daha büyük değildir. Bu gölgenin Yer üstündeki hareketinden dolayı, Tam Güneş Tutulmaları 7.5 dakikadan daha fazla süremez. Halkalı Tutulma'da Ay, bir tam gölge oluşturabilmesi için çok uzakta kalır ve gerçek bir Tam Tutulma oluşamaz.

Birçok uygarlık tarafından tutulan tutulma kayıtlarına göre tutulmalar düzenli zaman aralıklarında tekrarlanır. Binlerce yıl önce ortaya çıkarılan bu dönemli olay, gizemli gök olaylarındaki sırrı açığa çıkarmadaki en büyük gelişmelerden biridir.

Bu dönemli olaya Saros Çevrimi denir. Süresi 18 yıl 11 gündür. Eski astronomların bulduğuna göre belli bir yılda herhangi bir tutulma oluyorsa, benzer tutulma bir çevrim sonra görülebilecektir.

Ay'ın Yer üzerindeki tam gölgesi çok küçük olduğundan, sabit bir gözlemci herhangi bir güneş tutulmasını şans eseri görebilir. Fakat, Yer'in tam gölgesi büyüktür ve Ay, Yer'in gece yarım küresinin her yerinden görülebilir. Yer'in yarısı her Ay tutulmasını hava bulutlu olmadığı sürece görebilir. Tam Ay Tutulması bundan dolayı her gözlemci için ortak bir konudur ve eski astronomlar tarafından güneş tutulmalarından daha kolay olarak tahmin edilebilmiştir. Günümüz astronomları bilgisayarlar ve yörünge kuramları yardımıyla tüm tutulmaları doğru olarak önceden hesaplayabilirler.

Belli bir yerden, ortalama olarak hemen hemen her yıl bir Ay Tutulması ve hemen hemen her iki yılda bir ise Parçalı Güneş Tutulması görülebilir. Fakat, aynı özelliklere sahip Tam Güneş Tutulması dört yüz yılda bir görülebilir.



Tam Ay Tutulması

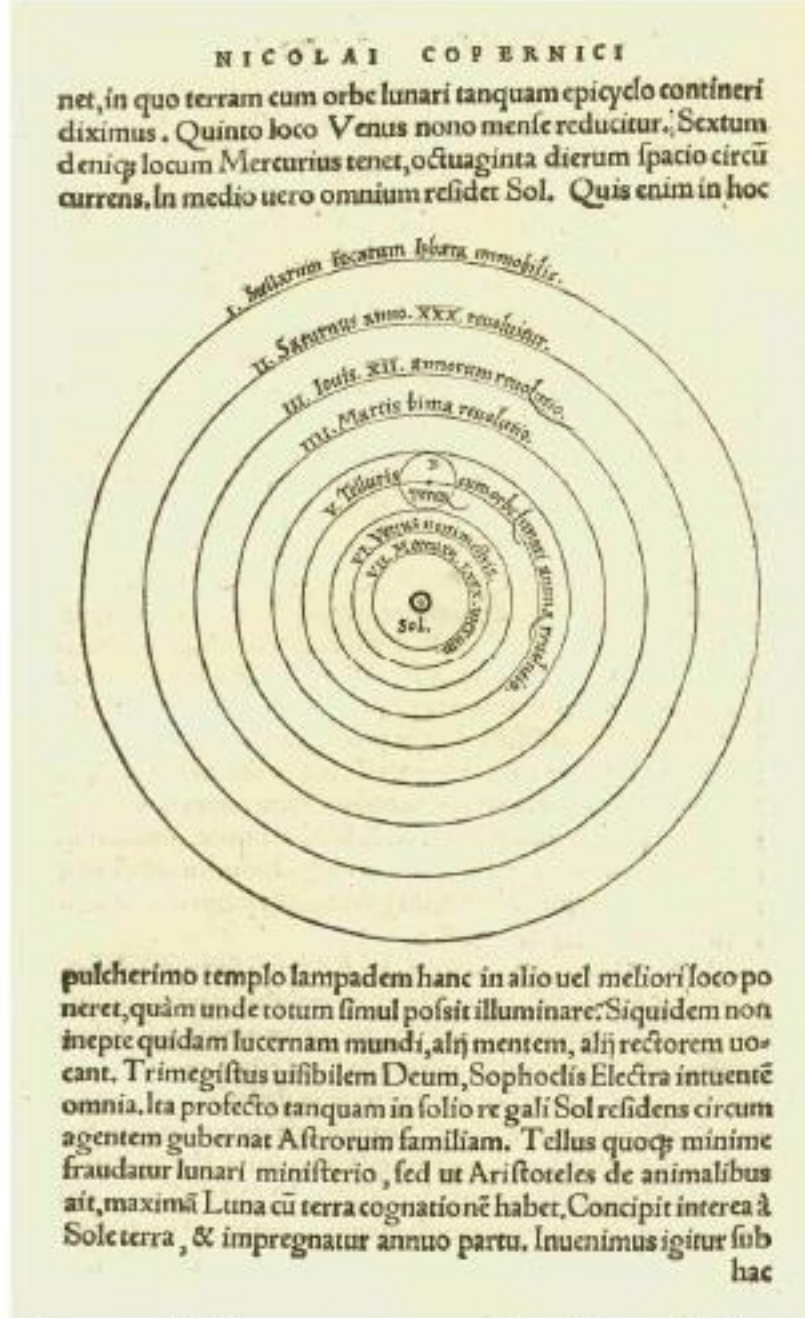
GEZEĞENLERİN HAREKETİ

Gezegeler 1500 yılına kadar yıldızlar arasında hareket eden cisimler olarak bilinir ve gökyüzündeki şaşırtıcı hareketleri ortaya konan kuramlarla bir türlü açıklanamazdı. Çünkü, her kuramın merkezinde Yer bulunur, Güneş dahil, Ay ve gezegenlerin Yer etrafında döndüğü varsayılırdı.

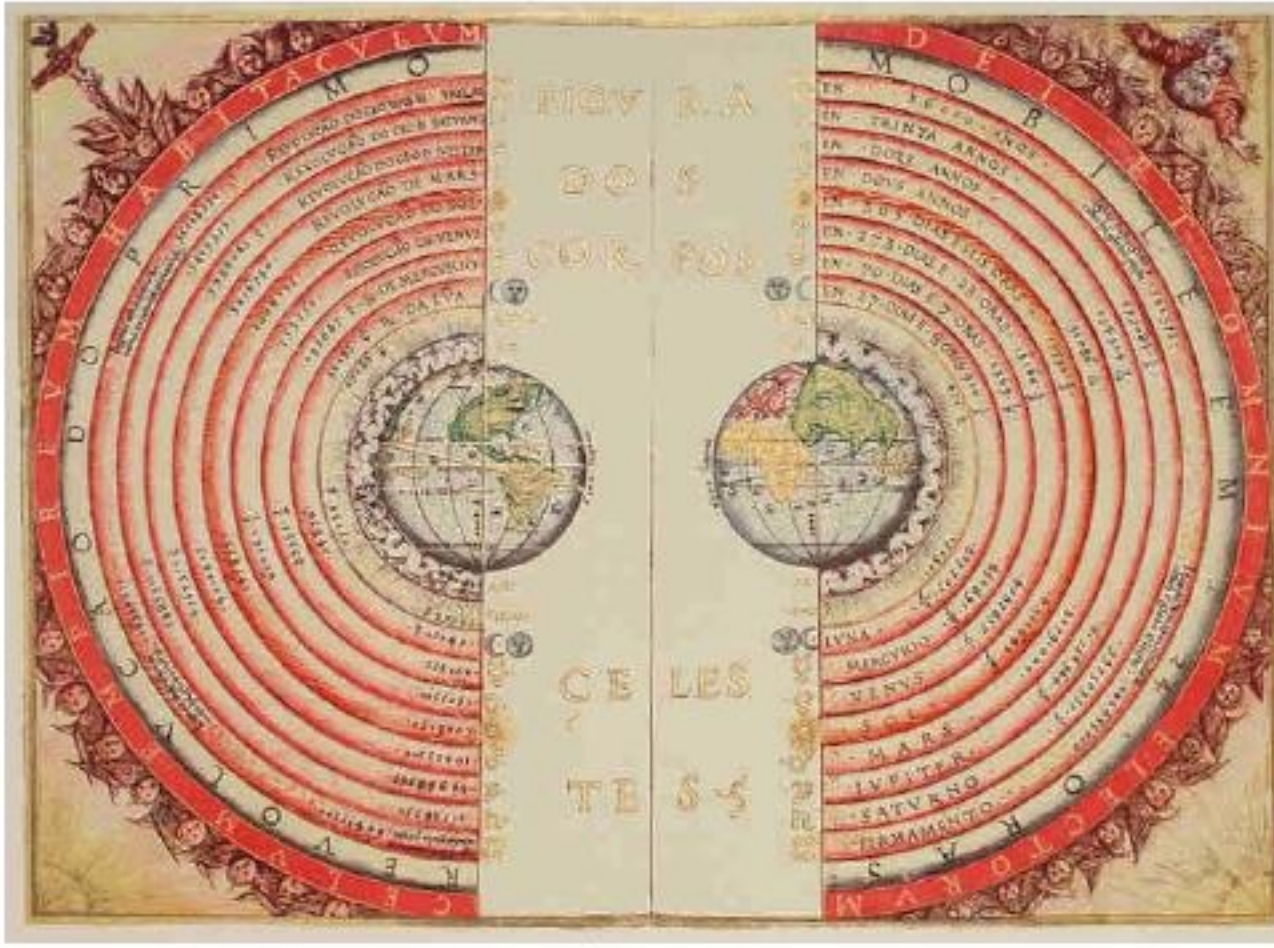
Yer-merkezli eski kuramları yıkan Kopernik Devrimi 1540-1690 yılları arasında yaklaşık 150 yıllık bir süre içinde geliştirilmiştir. Bu dönem içinde çok meşhur beş bilimci yetişmiştir: Kopernik, Tycho, Kepler, Galileo ve Newton. Bu değişimin sonucunda, güneş sisteminin yeni şekli kavrandı: “Merkezde Güneş ve etrafında dolanan gezegenler”.

Kopernik, çok ender rastlanan bir gök olayı olan gezegenlerin bir hizaya gelmesi olayını 31 yaşında gözlemiştir. Ptolemy’nin sistemine benzer klasik alternatiflerle, merkeze Güneş’i koymak, Yer ve gezegenleri onun etrafında dolandırmakla güneş sisteminin daha basitleştirileceğini ve gezegen konumlarının daha kolay bulunabileceğini gösterdi (1512).

Yaşamının sonunda, bütün çalışmalarını *De Revolutionibus* (On Revolutions, 1543) adlı kitapta topladı.



Kopernik’in güneş merkezli modeli



Yer merkezli Ptolemik Model

Artık kargaşayla dolu bir dönem başlamıştı. Kiliseler ve birçok düşünür, o yıllarda Yer merkezli modeli benimsiyordu. Tycho Brahe, çıplak gözle yaptığı gözlemlerle yıldız ve gezegen konumlarını veren kataloglar hazırladı. Yıldızlar ve gezegenlerin Ay'dan çok uzakta olduğunu gösterdi. Bu buluşlar Kopernik öncesi kuramları altüst etmiştir.

Kepler, Tycho'nun verileriyle önce Mars'ın yörüngesi üzerinde çalışmaya başladı. Mars'ın hareketleri

Ptolemy'den beri gökbilimcilerin baş belasıydı ve şaşırtıcı bazı sonuçlar buldu: Yüzyıllar boyunca tartışılan dairesel yörüngelerden sonra, Mars'ın hareketlerine en uygun yörünge biçimi elips olarak çıktıyordu. Kepler, Mars'ın yörüngesini elips biçimli olarak buldu. Aslında bu buluş her gezegen için geçerliydi.

Kepler daha sonra konuyla ilgili iki prensip daha buldu ve *gezegen hareketinin üç yasası* olarak iki kitapta yayınladı. Kepler Yasaları gezegenlerin nasıl hareket ettiğini (bu hareketi etkileyen genel fizik yasalarından bağımsız olarak) tanımlar, Güneş'in merkezi cisim olduğunu gösterir ve gezegenlerin konumlarını doğru belirlemede yardımcı olur.

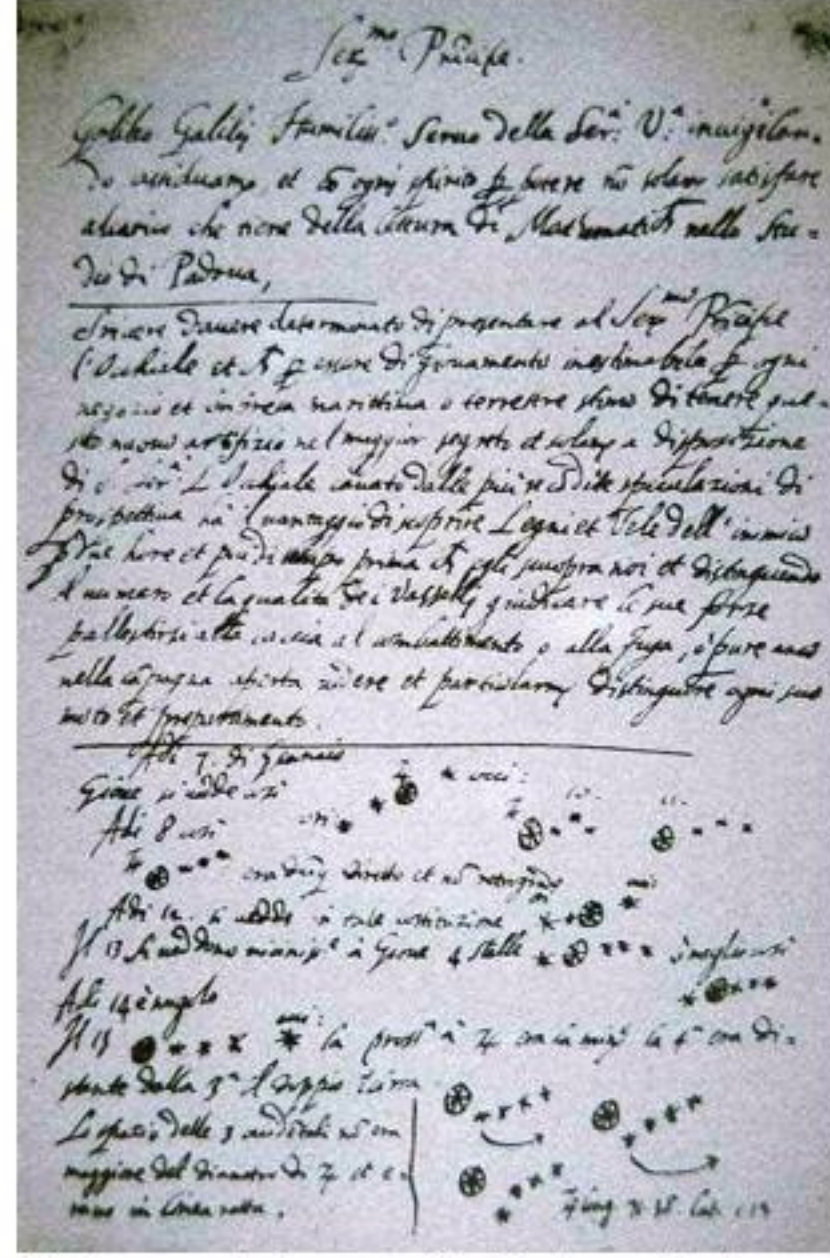
GALILEI'NİN GÖZLEMLERİ

Galileo Galilei 1609 yılında teleskobu ilk defa astronomik amaçlı kullanmasaydı Kopernik'in güneş merkezli modelinin ve Kepler Yasaları'nın o kadar önemi olmayacaktı. Galilei, 1610 yılında en önemli gözlem sonuçlarını elde etti. Jüpiter'in 4 uydusunu bularak ilk defa Yer etrafında dolanmayan gök cisimlerinin varlığını ispat etmiş oldu. Bu uydular Ganymede, Callisto, Europa ve Io'dur ve "Galileo Uyduları" olarak bilinir.

Bundan başka, Galilei'nin teleskobu Venüs gezegeninin hilal evresinden başlayan ve Dolun Venüs'e yakın bir evreye kadar değişik evreler gösteren gökolarlarına tanık oldu. Ayrıca, Galilei, Ay üzerindeki dağları gördü ve Ay'ında Yer benzeri jeolojik özellikleri olan bir "dünya" olduğunu ısrarla vurguladı. Bu buluşlar Avrupalı düşünürleri heyecanlandırdı.

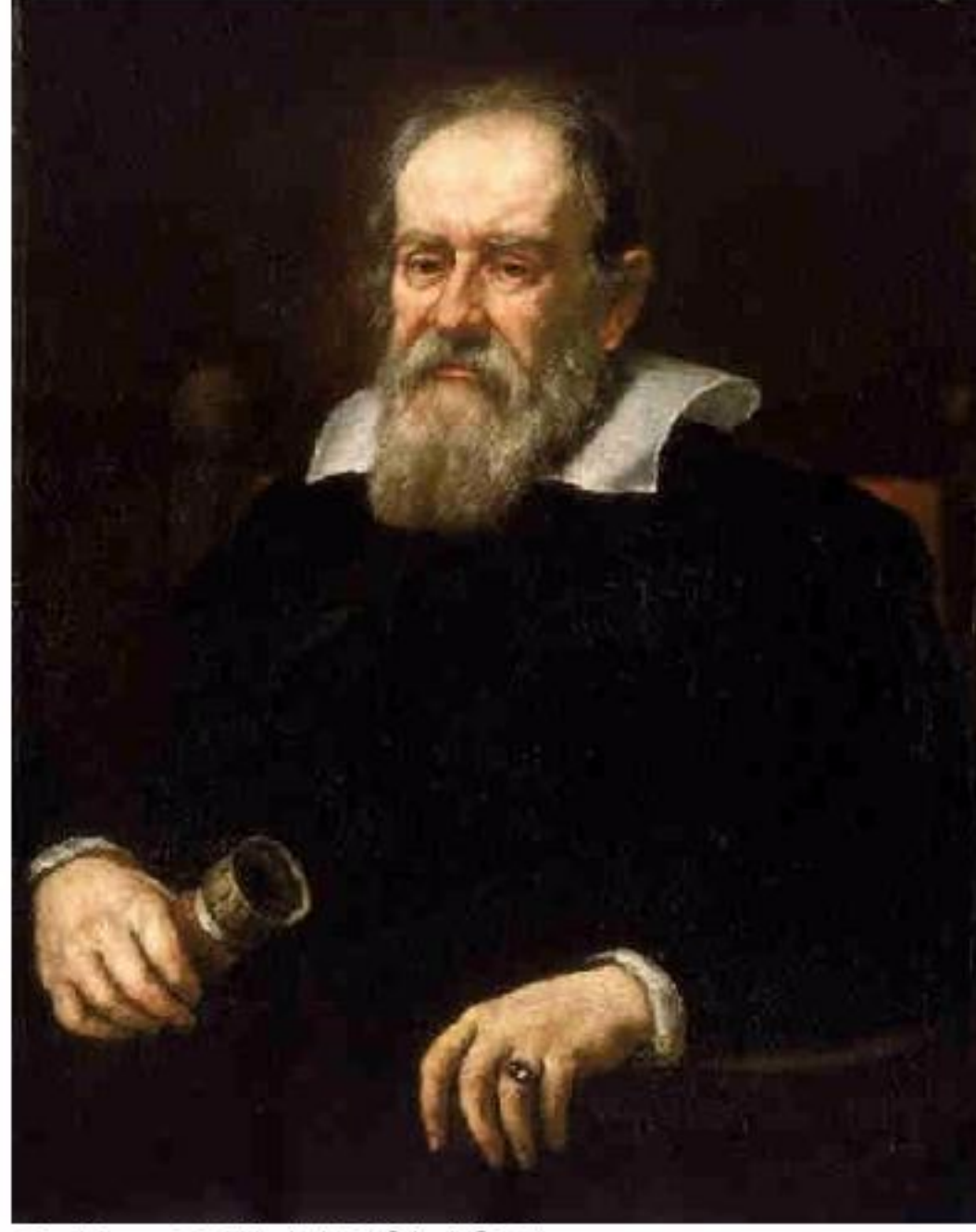
Galilei, Latince'den çok İtalyancayı kullandığı için ünü üniversite dışına da taşıdı. Akademisyenler ve kilise üyeleri onda bir tehdit sezdim ve Galilei'yi kısa zamanda dışladılar. 1613'den 1633'e kadar Galilei sık sık kilise

yönetimiyle ilişki kurdu. 1616 yılında bir kardinal, Galilei'yi Kopernik modelini savunmamasını söyledi. 1632'de Galileo'nun büyük kitabı basıldı. Bu kitapta Kopernik ve Ptolemik düşünce arasındaki tartışma bir roman şeklinde anlatılmıştır.



Jüpiter uydularının Galilei tarafından çizimi

Uluslararası Astronomi Birliği 2009 yılını, Galileo Galilei'nin 1609 yılında teleskopla ilk astronomik gözlemleri yapışının 400'ncü yılı olması nedeniyle "Evren Sizi Bekliyor" teması altında "Dünya Astronomi Yılı" olarak ilan etti. Uluslararası Astronomi Birliği'nin çok anlamlı bu çağrısına UNESCO'nun destek vermesiyle Birleşmiş Milletler 2009 yılını Dünya Astronomi Yılı olarak kabul etti.



Galileo Galilei (1564-1642)

TELESKOPLAR

Teleskop üç fonksiyonlu bir alettir. Birincisi ve en önemlisi, cisimleri görüntüsünü bizim çıplak gözle algılayabildiğimizden daha büyük açısal boyuta kadar büyütür. Büyütme terimi görsel gözlemler için dizayn edilmiş bir teleskop için kullanılır; büyütme, çıplak gözle görülen açısal boyuta göre, göz merceğinden bakıldığında uzak bir cismin görünürdeki açısal boyutudur. Eğer, bir teleskop 10 kat daha büyük gösteriyorsa onun büyütmesi için 10X terimini kullanırız. İkinci fonksiyon ayırma gücüdür, yani ince ayrıntıları görebilme yeteneği. İnsan gözü yalnız birkaç yay dakikası çapındaki cisimleri ayırtedebilse de bir teleskop birkaç yay saniyesi açısal boyuta inebilir. Teleskobun üçüncü fonksiyonu ışık toplama gücüdür, yani ışık toplama yeteneği ve çıplak gözün görebildiğinden daha sönük cisimlere inebilme özelliği.

İlk teleskoplar tamamen gözlemcilerin bakması için dizayn edilmişti. Modern profesyonel teleskoplarda, insan gözü yerine daha

keskin ölçümler yapabilecek alıcılar konulmuştur. Bu yüzden modern astronomlar büyük teleskoplarla gözlem yaparlar.

Teleskoplar için iki temel dizayn kullanılır. Mercekli teleskoplarda bir mercek kullanılır ve kırılan ışık bir odağa ulaşır. Galilei 1609 yılında bu tür bir teleskop kullanmıştır. İkinci tür teleskop aynalı teleskoptur ve ışığı odağa yansıtan, eğrilmiş yüzölçümlü aynalar kullanır. İlk aynalı teleskobu 1668 yılında Newton yapmıştır. Bugüne kadar birçok aynalı teleskop dizaynı yapılmıştır. Bunlardan en basiti Newtonian türü teleskop olarak adlandırılan Newton'un teleskobudur.

Son yıllarda mercek ve aynaları beraber kullanan teleskoplar da yapılmıştır. Bu teleskoplar çok derli toplu ve kolay taşınabilir teleskoplardır. Bir teleskobun ana merceği ve aynası objektif olarak adlandırılır. Objektiften görüntünün oluştuğu (odaklandığı) yere kadar olan uzaklık, objektifin odak uzaklığıdır. Objektifin çapı ise açıklık olarak tanımlanır.



Keck I, Keck II ve Subaru (sol) Gözlemevleri, Hawaii. Keck teleskopları 10 metre çapa sahip dünyanın en büyük ikiz teleskoplarıdır. Subaru teleskobunun çapı ise 8.2 metredir. Bu gözlemevleri 4145 metre yüksekliğindeki Mauna Kea dağının tepesinde kurulmuştur.

TELESKOPLARIN KULLANIMI

Optik teleskoplar, cisimleri görerek gözlem yapmakta kullanılır. Bu yüzden görsel teleskop olarak adlandırılırlar. Teleskoplara bir gözmerceği eklenerek basit bir görsel teleskop oluşturulabilir. Gözmerceği basit bir mercek veya mercek sistemidir. Görevi görüntüyü büyütmeektir.

En çok sorulan sorulardan biri “Bir teleskopla ne kadar uzağı görebilirsiniz?” dir. Bu soru çok yanlış sorulmaktadır. Çünkü, hiçbir teleskop uzaklık ile sınırlı değildir. Her optik sistem çok uzaktaki bir cismi bile daha büyük veya daha parlak olarak görebilir. Hem çıplak göz hem de 5 metrelik Palomar Teleskobu da, Andromeda Gökadası’nı aynı uzaklıkta görür. Ancak, teleskop, gökcisminin daha sönük bölgelerini daha ayrıntılı olarak gösterir.

Bir teleskop kullanırken teleskobun üç fonksiyonunu da dikkate almamız gerekir. Büyütme gücü seçilen gözmerceği tarafından kontrol edilir. Örneğin, büyütme gücü 100X ise Jüpiter’in açısal boyutu (gökyüzünde 1 yay dakikası) gözmerceğinden 100 yay dakikası (yaklaşık 2°) olarak görülür.

Pratikte, 400X den daha büyük büyütme gücü pek kullanılmaz. Çünkü, atmosferin etkisi görüntüyü bozar. Bu hava kalitesine atmosferik görüş denir ve geceden geceye değişir.

İkinci foksiyon, ayırma gücü tamamıyla teleskobun açıklığına bağlıdır. Daha büyük açıklık, daha ayrıntı görmemize neden olur. Astronomlar, atmosferin bozucu etkisinden kurtulmak için Hubble Uzay Teleskobu gibi teleskopları uzaya yerleştirirler.

Teleskobun üçüncü fonksiyonu, açıklığa doğrudan bağlı olan ışık toplama gücüdür. Daha büyük açıklık daha büyük görüntü demektir. Görsel gözlemlerin çekiciliği daha büyük açıklıklı teleskopların kullanılmasıyla daha da artar. Herhangi bir görsel teleskopla gökyüzü gözlemleri yapılabilir. Ay ve gezegen gözlemlerinde büyütme çok önemli bir fonksiyondur. Çünkü, ayrıntılı görmek için daha büyük görüntü gerekir.

Gözlemciler, Ay üzerindeki kraterleri, Venüs’ün evrelerini, Jüpiter’in uydularını, Satürn’ün uydularını ve halkalarını, Jüpiter üzerindeki bulut kuşaklarını, Satürn’ün



Optik teleskop kullanımı, Ege Üniversitesi Gözlemevi

halkalarındaki bölümleri, Mars'ın uçlak bölgelerindeki buzul başlıklarını görebilirler. 5 cm açıklıklı bir teleskop ile ilk beş madde görülebilirken 25 cm lik bir teleskop listedeki her maddeyi görebilir.

BİR TELESKOPLA GÜNEŞ'E ASLA BAKILMAMALIDIR. Gözümüz hemen kör olabilir. Çünkü, objektif dev bir mercek vazifesi görerek güneş ışığını toplar ve gözmerceğine tek bir noktada ulaştırır. Güneş gözlemleri için özel teleskoplar tasarlanmıştır.

UZAY ARAÇLARI

Yüzyıllar içinde uzaya açılma fikri bilimadamlarını etkilemiş ve düşsel olarak çeşitli projeler bile geliştirilmiştir. Roketlerle başlayan ilk denemelerin kayıtları 1200 yıllarında yaşayan Çinliler ve Avrupalılar tarafından tutulmuştur.

4 Ekim 1957'de Sovyetler Birliği 83 kg ağırlığında küresel şekilli bir yapma uyduyu fırlatarak herkesi şaşırttı. Bu uyduya Sputnik I adı verildi. Kasım ayında da biyolojik testlerde kullanılmak üzere içinde bir köpek bulunan Sputnik II fırlatıldı.

Ay'ın diğer yüzünün ilk fotoğrafları, 1959 yılında çekildi. 12 Nisan 1961'de 27 yaşındaki Rus, Yuri Gagarin, Yer yörüngesinde 108 dk dolanan ilk insan oldu.

İlk Amerikan insanlı roket uçuşları birkaç ay içinde başladı. 1957 ile 1961 yılları arasında Ay'a yolculuğun planlarını ve uçuş çizelgelerini hazırlayan Amerikalılar, Apollo programını uygulamaya başladılar. Daha sonra ise dört uzay mekiği içeren bir program düzenleyerek yörüngeye farklı amaçlı uydu taşımayı gerçekleştirdiler. Bugün bile devam

eden bu uçuşlara birçok Avrupa ülkesinden de araştırmacı astronot katılmaktadır. 1988'de Sovyetler başarılı bir şekilde kendi uzay mekiklerini fırlattılar ve büyük uzay istasyonu olan Mir ile kenetlendirdiler.

Günümüzde ise güneş sistemimiz içinde yeralan her bir gökcismi için özel amaçlı uydular fırlatılır. Genel astronominin çok önemli konularını araştıran Hubble Uzay Teleskobu 1991'de fırlatıldı. Gönderdiği veri ve görüntülerden birçok yeni buluşlar yapıldı ve hala



Hubble Uzay Teleskobu



Columbia Uzay Mekiği

yapılmaktadır. Magellan uydusu Venüs'ün atmosferini çalıştı ve atmosfer altını görüntüleyerek Venüs'ün yüzey haritası çıkardı. Galileo uzay aracı Jüpiter ve uyduları hakkında çok önemli bilgiler gönderdi. Sonunda Jüpiter'in atmosferine girdi, atmosfer bileşimi çalışması yaparak yokoldu. Mars Observer, Spirit,

Opportunity, Mars Express uzay araçları ise Mars'ı hedef aldı. Messenger, Merkür'e gitti.

Bu arada Cassini uzay aracı, Satürn'ün uydusu Titan'ı araştırmak üzere gönderildi. En son alınan bululara göre Titan yüzeyinde metan denizleri bulunmaktadır.

GÜNEŞ SİSTEMİNİN OLUŞUMU

Güneş varolmadan önce, güneş maddesi yıldızlararası uzayda bugün gördüğümüz yıldızlararası bulut benzeri büyük bir buluta dağılmış olmalıdır. Sistem 4.6 milyar yıldan biraz daha uzun zaman önce bu buluttan oluşmaya başladı. Bu anda içe doğru olan çekim kuvvetleri dışa doğru olan basınç kuvvetlerinden daha fazladır. Basınç kuvvetlerini doğuran şey bulut içindeki gaz atomları ve moleküllerinin hareketleridir. Bu yüzden bulut büzölmeye başladı. Bulutun kütlesi merkeze doğru toplandıkça bulut daha hızlı dönmeye başlar ve basıklaşır. Bu arada materyal daha hızlı yoğunlaşarak merkezde Güneş'i dış kısımlarda ise gezegenleri oluşturur.

Uzayda bulunan bir gaz ve toz buluta, bulutsu (nebula) adı verilir. Büzölmekte olan Güneş'i çevreleyen disk şekilli bulutsu ise güneş bulutsusudur.

Güneş sisteminin iç kısmında, gezegenimsi yapılar arasındaki çarpışmalar yerbenzeri gezegenler oluşuncaya kadar devam etmiştir. Bu bölgedeki gezegenimsi yapıların çoğu silikatlı kaya materyal içeriyordu. Bu

yüzden bütün yerbenzeri gezegenler bu materyallerden oluştu. Geriye kalan gaz ve çok küçük toz parçaları yeni oluşan Güneş'in ışımasından dolayı dışarı doğru fırlatıldı.

Dev gezegenler de yerbenzeri gezegenler gibi toplanan madde tarafından aynı yolla oluştu. Dev gezegen bölgesinde daha fazla materyal vardı. Ancak, buzlar soğuk bölgede yoğunlaştı ve gezegenimsi yapıların kütlelerini arttırdı. Bu yüzden Jüpiter, Satürn, Uranüs ve Neptün'ün "ilkel gezegenleri" oluştu.

Zamanla Yer boyutlarından daha büyük boyutlara kadar büyüdüler. Büyük çekim kuvvetine sahip olmalarından dolayı, güneş bulutsusundan gaz çekmeye başladılar. Bu yüzden gezegenimsi yapıların oluşturduğu katı/sıvı gezegen yapıdan başka, bulutsudan alınan gazla hemen hemen aynı yapıda olan bir atmosfere sahip oldular.

Yerbenzeri gezegenler hidrojen zengin bulutsu gazını içeren bu dev atmosferlere asla sahip olmadı. Çünkü onlar bulutsu gazını çekebilecek yeterli kütleye sahip değillerdi.



Güneş sisteminin oluşumu

Bu senaryoyu desteklemek için, yerbenzeri gezegenlerle dev gezegenlerin ve güneş bulutsusunun kimyasal yapısını karşılaştırabiliriz. Şu anda bulutsuya ait örnekler bulamasak bile, Güneş'in şu andaki kimyasal yapısını saptayabiliriz. Bu yapının güneşi oluşturan bulutsu yapıyla aynı olduğuna inanılmaktadır.

Güneş bulutsusu gazı, dört dev gezegenin herbiri tarafından çekildikçe herbir gezegen etrafında "Minyatür

Güneş Bulutsuları" oluştu. Disk şekilli bu gaz ve toz bulut içinde tekrar toplanma işlemleri yinelendi. Herbir gezegen güneş sistemine benzer yapıya büründü. Gezegenler gibi, herbir gezegenin uyduları oluştu. Bu minyatür gezegen sistemleri içinde, en bol bulunan madde, buz ve koyu karbonlu maddelerdi. Bu yüzden gezegenlerin uyduları kirli-buzlu yüzeylere sahiptir.

MERKÜR

Merkür, güneş sistemi içindeki ikinci en küçük gezegendir. Yer çapının yalnız %40'ı kadar bir çapa sahiptir. 1974 ve 1975'de Amerikan uzay aracı Mariner 10, Merkür'ün yakınından geçerek bize bilgi gönderdi. Yüzeyde kraterler, lav akıntıları, dev havzalar olduğu bulundu. Görünüşte atmosfer yoktu.

Merkür'ün kendi eksenini etrafındaki dönüşü ve Güneş etrafındaki dolanması arasında garip bir ilişki vardır. Karmaşık yörünge ve çekimsel etkilerden dolayı dönme dönemi 59 günlük bir döneme kilitlenmiştir. Bu değer onun 88 günlük yörünge dolanım döneminin üçte ikisine eşittir. Bu iki hızın birleşiminden dolayı, Merkür gökyüzünde Güneş, çok yavaş hareket eder (yaklaşık 176 gün, iki Merkür yılı).

Merkür'ün yörünge hareketleri Kepler ve Newton'un yasalarına uymamaktadır: Enberi noktası (Güneş'e en yakın olan nokta) yıldan yıla Güneş etrafında yavaşça hareket etmektedir. Bu hareket yörünge presesyonu olarak adlandırılır. Bu presesyon Newton'un yasalarından tahmin edilmiştir.

Gözlemciler de her yüzyıl için 43 saniyelik bir kayma bulmuşlardır. Bu kayma yörünge üzerine çalışan kuramcıları oldukça şaşırtmıştır.

1915 yılında Albert Einstein, Güneş'in büyük kütlelerinin Newton yasalarından çıkarılamayacak oranda yakınındaki gezegenlerin yörüngelerini bozabileceğini göstermiştir. Bu yüzden Einstein'ın Merkür'ün presesyon bilmeceğini çözmeye katkısı onun relativite kuramının kabul edilmesinde büyük rol oynamıştır.

Merkür, Güneş'e çok yakın olduğundan gündüzleri, yüzeyi Yer'den çok daha sıcaktır. Yüzey, Ay'ın pürüzlü yapısına benzer. Kraterlerin çokluğu ve boyutları Ay'dakilere çok benzer. Merkür üzerinde görülen çarpma kraterleri ve lav akıntıları, Ay'da olduğu gibi 3.5-4.5 milyar yıl önce oluşmuştur. Bu buluştan yola çıkarak çoğu araştırmacı bütün gezegenlerin oluşum zamanlarında yoğun bir şekilde gezegenlerarası cisimlerin bombardımanına uğradığını söyler.



Merkür gezegenin Messenger uzay aracından 14 Ocak 2008’de alınan görüntüsü.

VENÜS

Venüs gezegeni boyut olarak Yer'e benzediğinden Yer'in kızkardeşi olarak adlandırılır. Yer'e diğer gezegenlerden daha yakın olduğundan en iyi gözlenebilen gökcisimlerinden biri olarak düşünülebilir. Uzay araçları Venüs'e gönderilinceye kadar onun yüzeyi bütün gizemini korumuştur. Ancak, Venüs tamamen bulutlarla kaplıdır. Gerçekten, parlak sarımsı-beyaz renkli, bulutlu Venüs, amatörlerin ilgisini çeken ilk gökcismidir.

Yer'den Venüs'e gönderilen radar sinyalleri Venüs'ün Merkür, Yer ve Mars'ın dönüşüne benzemeyen bir dönüşe sahip olduğunu ortaya koymuştur. Bu gezegenlerin hepsi ileri doğru (batıdan doğuya doğru) dönmektedirler. Venüs'ün dönüşü çok yavaştır. Eksenini etrafında bir tam dönüşünü 243 günde tamamlar. Bu özellikler 1962'de bulunmuştur. Ters dönüşün nedeni olarak güneş sisteminin oluşumu zamanında, Venüs'ün Ay'dan daha büyük bir cisimle çarpışması gösterilir.

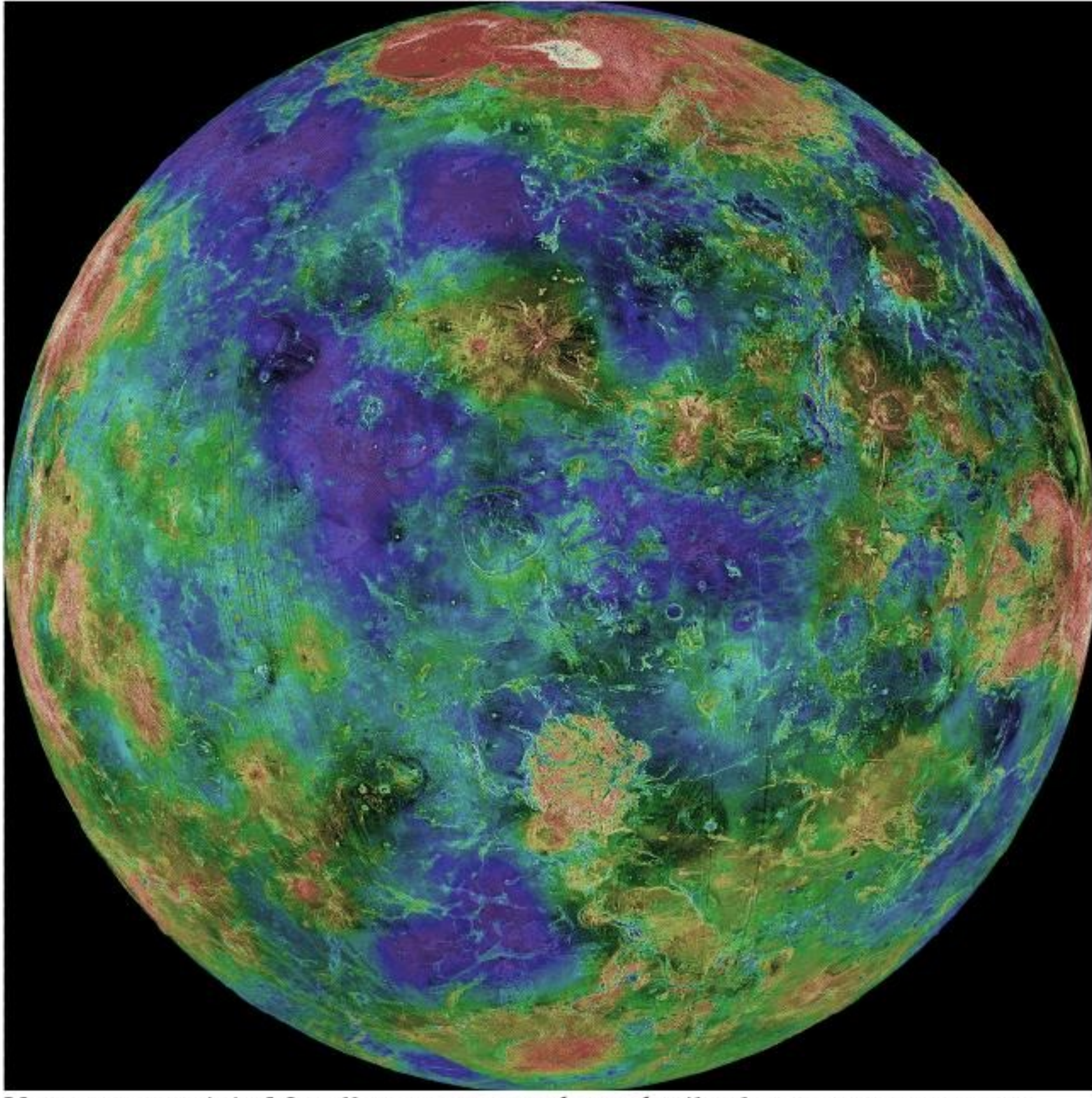
Venüs'ün atmosferi, bulunuşundan sonra iki yüzyıl boyunca

araştırmacıların merakını uyandırmıştır. 1932'de Mt. Wilson astronomları Venüs'ün tayfını aldılar ve olağandışı miktarda karbondioksit (%96) buldular.

Neden Venüs çok sıcaktır? Gezegenler güneş ışığını soğurur ve kızılöte ışıktaki salarlar. Gezegenin yüzey sıcaklığı soğurduğu güneş ışığı miktarı ile saldığı kızılöte ışık arasındaki denge yardımıyla saptanır. Eğer her saniye soğurulan güneş enerjisi, her saniye salınan kızılöte enerjisinden daha büyükse gezegen ısınır. Eğer giren miktar çıkan miktardan daha az ise gezegen soğur.

Aslında, CO₂ ve H₂O gazları dışa kaçan kızılöte ışınımın bir miktarını soğurur, bu yüzden atmosfere enerji eklenir ve biraz daha ısınır. Isınma atmosferin üstünden kaçan kızılöte enerji içeri giren güneş enerjisine eşit oluncaya kadar devam eder. Bu ısınma sera etkisi olarak adlandırılır.

Amerikalıların Venüs'e 1978 yılında gönderdiği Pioneer uydusu Venüs üzerinden radar tekniğiyle yüzeyin haritasını çıkardı. 1990 yılında ise Magellan'ı Venüs'e ulaştırdılar ve tüm gezegenin ayrıntılı haritasını çıkardılar.



Venüs gezegeninin Magellan uzay aracından radar ile alınan yüzey görüntüsü.

YER

Elde edilen delillere göre Yer'in, yeni oluşan Güneş etrafında dolanan parçacıklardan 4.6 milyar yıl önce oluştuğu bilinir. Bilinen en eski Yer kayası 3.9 milyar yıl önce oluşmuş ve Greenland'da bulunmuştur. Kayalar uzun süre yaşayabilirler. Bu yüzden Yer 3.9 milyar yıldan daha yaşlıdır.

Depremler Yer içinde dalgalar üretir ve bu dalgalar yalnız deprem hakkında değil Yer'in içindeki materyal hakkında da bilgi ulaştırır. Yer içinden geçip gelen dalgalara sismik dalgalar denir. Bazıları yüzey boyunca yayılırken bazıları Yer'in içinden dikine olarak yayılır. Dalgaların hızı ve karakteristiği kayaların veya erimiş materyalinin türüne bağlıdır.

Sismik ve diğer veriler, Yer'in nikel-demirden oluşmuş bir çekirdeğe sahip olduğunu gösterir. Çekirdeğin yarıçapı yaklaşık 3500 km dir. Yer'in yarıçapının yarısına kadar olan bölümünü kaplar. Çekirdek yoğun bir kaya olan manto ile sarılmıştır, yüzeye kadar devam eder. Yüzeye yakın yerde, kayaların yoğunluğu düşer. Kabuk olarak adlandırılan bu bölge oldukça ince, düşük yoğunluklu kayalardan

oluşmuştur. Okyanuslar altında yaklaşık 5 km, kıtalar altında 30 km kalınlığa ulaşır.

Yer'in orjinal atmosferi belki de hidrojen bileşikleriyle doluydu (metan, amonyak ve su gibi). Çünkü, güneş sisteminin ilk yıllarında hidrojen daha baskın bir gazdı. Bu ilkel atmosfer günümüz atmosferinden daha az oksijene sahipti. Tortular bunun kanıtıdır. 2.5 milyar yıl önceki tortular günümüz tortularından daha az oksitlenmiştir. Bu da havada oksijenin daha az olduğunu gösterir.

Aslında Yer'in şu andaki havasının çoğu, orjinal karışımdan uzak ikinci atmosfer olarak geçmektedir. Günümüz atmosferine Yer'in içinden gelen gazlar eklenmiştir. Bu gibi volkanik gazlar su buharı, karbon dioksit ve azot ile zengindir. Bugünkü atmosfer bileşiminde %76 azot ve %23 oksijen vardır.

Araştırmacılara göre okyanuslar ve atmosfer volkanik gazlardan dolayı bir gelişim içindedir. Örneğin, daha önceki volkanik hareketlerden salınan su buharı sıvı su olarak yoğunlaşmış ve okyanusları oluşturmuştur. Yer, geniş su kaynaklarına sahip tek gezegendir.



Apollo 17'den alınan Yer görüntüsü.

UYDUMUZ AY

Ay, Yer'in tek doğal uydusudur. Çapı 3476 km olup Yer'in çapının yaklaşık dörtte birine eşittir. Geçmişte üstüne çarpmış göktaşı patlamalarından oluşan kraterleri ve lav akıntıları taşıyan koyu gri renkli kaya yapılı bir gökcismidir.

Astronotların deneylerinden orada hava, bulut ve yaşam olmadığını biliyoruz. Ay'ın hareketinin kendine has özelliğinden dolayı Yer etrafında dolanırken Yer'e hep aynı yüzünü gösterir. Bu şekildeki bir cismin dönmesine eş dönme denir ve uydunun dolanma dönemine eşittir.

Popüler inanışların bazılarında büyük hatalar yapılır. Örneğin, bize görünmeyen yüz hep karanlıktır demek hatalıdır. Uzak taraf, yakın taraf gibi aydınlık ve karanlık olabilir.

Galileo'nun yüzeyde gördüğü koyu gri alanlar herne kadar onun tarafından denizler olarak adlandırıldıysa da, bugün onların lavlarla dolu geniş düzlükler olduğunu biliyoruz.

1969 yılından itibaren yapılan insanlı Ay'a inişler, astronotların birçok kaya-taş örnekleri toplamasına ve değişik ölçümler yapmasına neden olmuştur. Toplanan kaya örnekleri Ay

yüzeyinin çok yaşlı olduğunu ortaya çıkarmıştır. Kayalardan elde edilen kimyasal deliller Ay'ın 4.5 milyar yıl önce Yer ile aynı tarihlerde oluştuğunu gösterir.

Ay'ın kökeni kuramcıları uzun süre uğraştırmıştır. Apollo uçuşlarından önce, astronomlar çeşitli kuramlar üzerine tartışmalar yapmışlar, fakat hiçbirisi gözlemleri açıklayamamıştır. Apollo çalışmaları yeni bilgiler sağlamıştır. Özellikle, Ay'ın içindeki materyalin genelde Yer'in mantosuyla aynı olmasının bulunması önemlidir.

1984 yılında, uluslararası bir toplantıda çarpma-patlama varsayımı isimli yeni bir kuram ortaya atılmıştır. Bu kurama göre Yer'in oluşumu sırasında, Yer'e çok büyük bir gezegenlerarası cisim (Mars büyüklüğünde) çarpmıştır. Çarpma sırasında Yer ve çarpan cismin üst mantosundan sıcak bir parça kopmuştur. Bu kalıntı parça, demirce zayıftır ve çarpma sırasında çıkan ısıdan dolayı uçucu maddeler azalmıştır. Bu kuram, Ay'ın manto benzeri yapısını, küçük demir miktarını, daha az uçucu maddeyi ve yer benzeri oksijen izotop oranlarını açıklar.



Uydumuz Ay.

MARS

Mars, Yer'e en çok benzeyen bir gezegen olarak ve üzerindeki yaşam olanaklarıyla tarih boyunca sürekli gündemde kalan en heyecan verici bir gezegendir. En yakın konumunda Yer'e 56 milyon km kadar yaklaşan Mars, Venüs' ten sonra Yer'e en yakın olan gezegendir.

En yakın olduğu zaman, küçük bir teleskopla bile kırmızımsı yüzey özellikleri, uçlaklardaki buzul alanları ve bulutları görülebilir. Mars, Yer'deki gibi mevsimlere sahip olmasına rağmen herbir mevsim iki kat daha uzun sürer. Çünkü, bir Mars yılı bizimkinin hemen hemen iki katıdır. 1700 ve 1800' lü yıllarda yapılan teleskopik gözlemlerle Mars'ın mevsimsel değişiklikler gösterdiği

bulunmuştur. Mars'ın bir yarıküresinde görülen yaz mevsiminde, gezegen daha parlak, beyaz uçlak başlıkları daha küçülmüş ve bazen görüş alanından kaybolmuş olarak görünür. Bazı kayalar

koyu gri, yer benzeri lavlar gibi görülmektedir. Kayaların ve toprağın üstü pas gibi kırmızımsı demir oksit mineralleriyle örtülüdür. Venüs gibi Mars da çoğunlukla CO₂'den oluşmuş bir atmosfere sahiptir. Bu gaz belki de gezegenin volkanik aktiviteleri sonucunda açığa çıkmıştır. Yer ve Venüs tartışmalarında olduğu gibi volkanik gazlar içerideki CO₂ ce zengin kayaların erimesi sonucunda üretilmektedir. Venüs' e karşıt olarak, Mars ince bir atmosfere sahiptir. Yüzey özellikleri arasında özellikle büyük Mars volkanları çok ilgi çekicidir. En yükseği **Olympus Dağı**'dır. Etrafındaki çölden 24 km yükseğe kadar çıkmaktadır. Tabanı çok geniş olup 500 km çapındadır.



Yer benzeri gezegenler: Merkür, Venüs, Yer ve Mars



Mars gezegeninin Hubble Uzay Teleskobu ile alınan görüntüsü.

JÜPİTER

Dış güneş sisteminde dört dev gezegen (Jüpiter, Satürn, Uranüs ve Neptün) bulunur. En büyük gezegen olan Jüpiter, gezegenlerin toplam kütlelerinin %71'ini içinde bulundurur. Jüpiter'in çapı, Yer çapının 10 katından biraz büyüktür.

Bir haftalık gözlemler boyunca bir amatör teleskopla bile Jüpiter'in bulut desenlerinin değişimi farkedilebilir. En belirgin desenler, Jüpiter'in ekvatoruna paralel karanlık ve aydınlık bulut bantlarının oluşturduğuur. Bu kuşaklar içinde çok zayıf lekeler ve yollar oluşur, gelişir ve yok olur. Bu yapılar küçük gibi görünse de, bunlardan bazıları Yer'den bile büyüktür! Daha küçük olanlar gün mertebesinde gelişmelerine rağmen daha büyük olanlar birkaç ay veya yılda kaybolurlar. Karanlık bulutlar gelişerek birkaç ay veya yıl içinde tüm parlak bölgeleri karartırlar.

Bulutların amonyak, amonyum hidrosülfid buz kristalleri ve donmuş buz yapılardan oluştuğu bilinir. Kuşaklar genelde kahverengi, kırmızımsı veya hatta yeşilimsi görülürlerken, bazı bölgeler açık

kahverengi, beyazımsı veya sarımsı görülürler. Alacalı renkler küçük ölçekli bulutların yapısını ortaya koyar. Jüpiter'de ise gaz, daha ziyade hidrojen ve helyum ile amonyak, su buharı ve diğer küçük bileşiklerden oluşmuş yoğun bulutlarla kaplıdır. Jüpiter atmosferinin kimyasal yapısı incelendiğinde kütlelerin beşte dördünün hidrojenden, beşte birinin ise helyumdan oluştuğu görülür. Bu karışım, bizim azot/oksijen dolu atmosferimizden çok farklıdır.

Jüpiter atmosferinde varolan büyük fırtınalar sonucunda, güney tropikal bölge içinde çok büyük oval biçimli kırmızımsı bir leke yapı ortaya çıkar. Bu lekenin varlığı 1887 yılında kesinleşmiş ve Büyük Kırmızı Leke adı verilmiştir

Kırmızı Leke'nin boyutları 40000 km'ye ulaşır. Bu ve benzer lekelerin hepsi atmosferde varolan fırtına sistemleridir. Kırmızı Leke'ye yaklaşan küçük bulutlar bir girdaba yakalanıp saatin dönme yönünün ters yönünde dönerler. Gezegenin kendi eksenini etrafındaki dönme dönemi yaklaşık 10 saattir.



Jüpiter'in Cassini uzay aracından alınan görüntüsü.

GALILEO UYDULARI

İsimleri Ganymede, Callisto, Europa ve Io olan dört büyük uydu 1610 yılında Galileo ve Alman astronom Marius tarafından birbirini izleyen iki gece içinde yeni bulunan teleskopla birbirlerinden bağımsız olarak bulunmuştur. Daha sonra bu gök cisimlerine Galileo uyduları adı verilmiştir. Astronomi tarihini anımsayacak olursak bu buluş, Ptolemik görüşü reddetmekte, Kopernik kuramını desteklemekteydi. Çünkü Galileo'ya göre bu uydular Jüpiter'in etrafında dolanmaktaydı. Bütün cisimlerin Yer etrafında dolandığını (Ptolemik Model) desteklemiyordu. Şu andaki bilgilerimize göre bu uydular tarihsel olduğu kadar jeolojik olarak da ilginçtirler. Jüpiter ile aynı anda oluşmuşlardır.

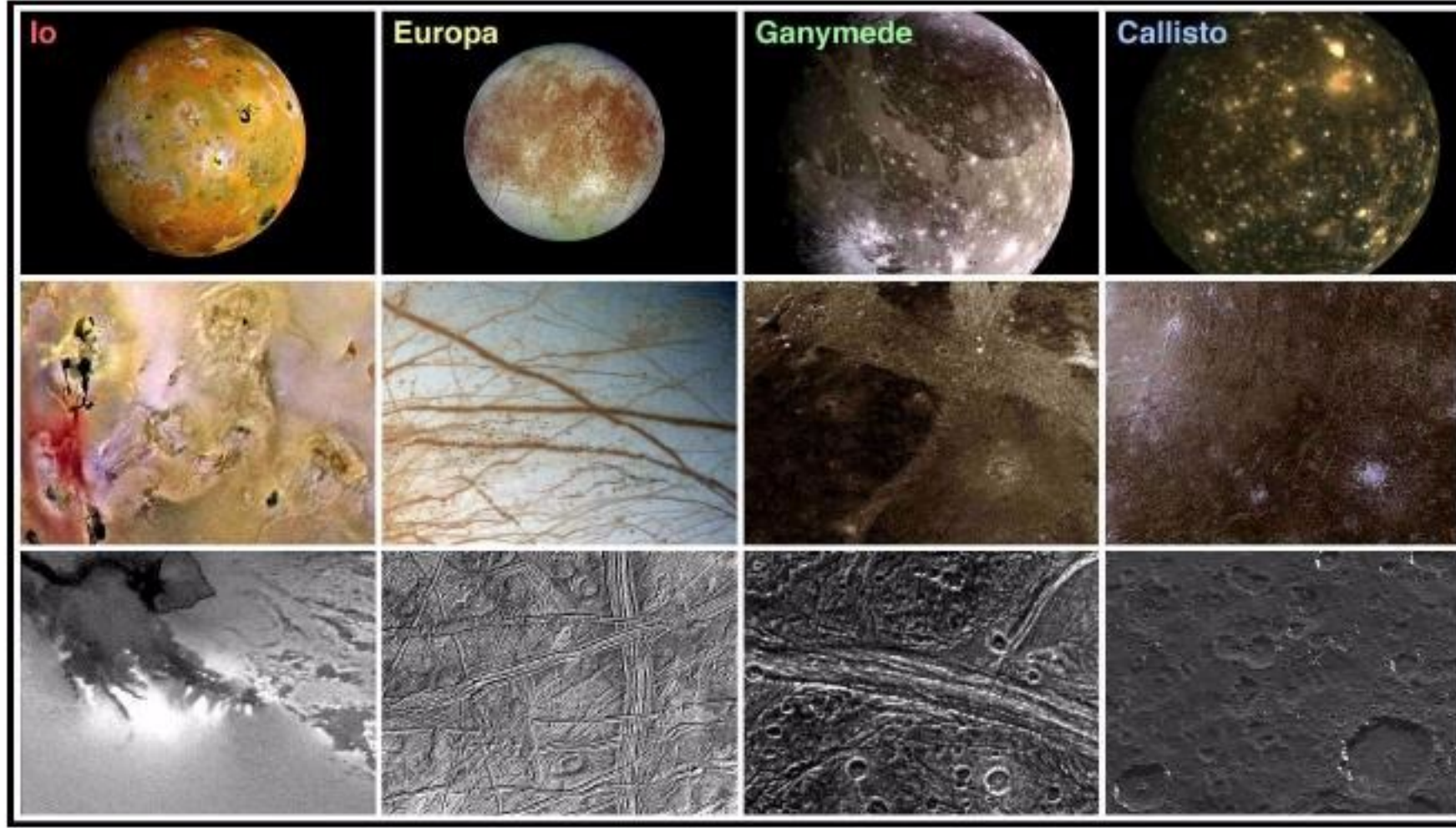
Jüpiter'e en uzakta Callisto vardır. Jüpiter'in ikinci büyük uydusudur. Callisto, iç yapıya ilişkin jeolojik aktivite işaretleri gösteren ilkel bir gökcismidir. Göktaşı çarpma kraterlerinin oluşturduğu desenler ana yüzey yapısını oluşturur.

Ganymede hem Jüpiter' in hem de güneş sisteminin en büyük uydusudur.

Callisto'nun buz-kaya yapısına benzer bir yapı sergiler. Donmuş su buzundan oluşmuş ince bir kutup başlığı vardır. Bu başlık, içeriden salınan su buharının ani soğumasından oluşmuştur. Ganymede, Callisto'dan daha büyük bir jeolojik evrim geçirmiştir.



Galileo uyduları ve Jüpiter'in kırmızı lekesi



Galileo uydularının yüzey özellikleri

Europa, daha küçük ve daha farklı olan, iç uydulardan biridir. Yaklaşık bizim uydumuz Ay ile aynı boyuttadır. Yüzeye daha fazla su fışkırtılmış ve yüzeyde donmuştur. Yaşlı, karanlık ve kraterli yüzeylere sahip Ganymede ve Callisto'dan farklı olarak ince bir buz katmanla kaplıdır.

En içeride yeralan Io da büyük ısınma etkileri görünür. Bu özelliğinden dolayı Io, güneş sistemindeki en garip

uydudur. Sarı, turuncu ve beyaz sülfürlü bir yüzeye sahiptir. Voyager uzay aracı, tüm yüzeyde aktif volkanlar bulmuştur. Bunların püskürttüleri 100 km'ye kadar yükseliyordu. Io üstündeki ısınma etkileri görünüşe göre çok kuvvetlidir. Başlangıçta bulunan suyu tamamen eritmiş ve buharlaştırarak uydudan uzaklaştırmıştır.

SATÜRN

Halkalarıyla meşhur olan Satürn, halkaları Yer-konuşlu teleskoplarla kolayca görülebilen tek gezegendir. Satürn'ün ortalama yoğunluğu bütün gezegenlerinkinden ve hatta suyun yoğunluğundan bile daha azdır. Satürn'ün sığabileceği banyo küveti bulabilsek, yüzer.

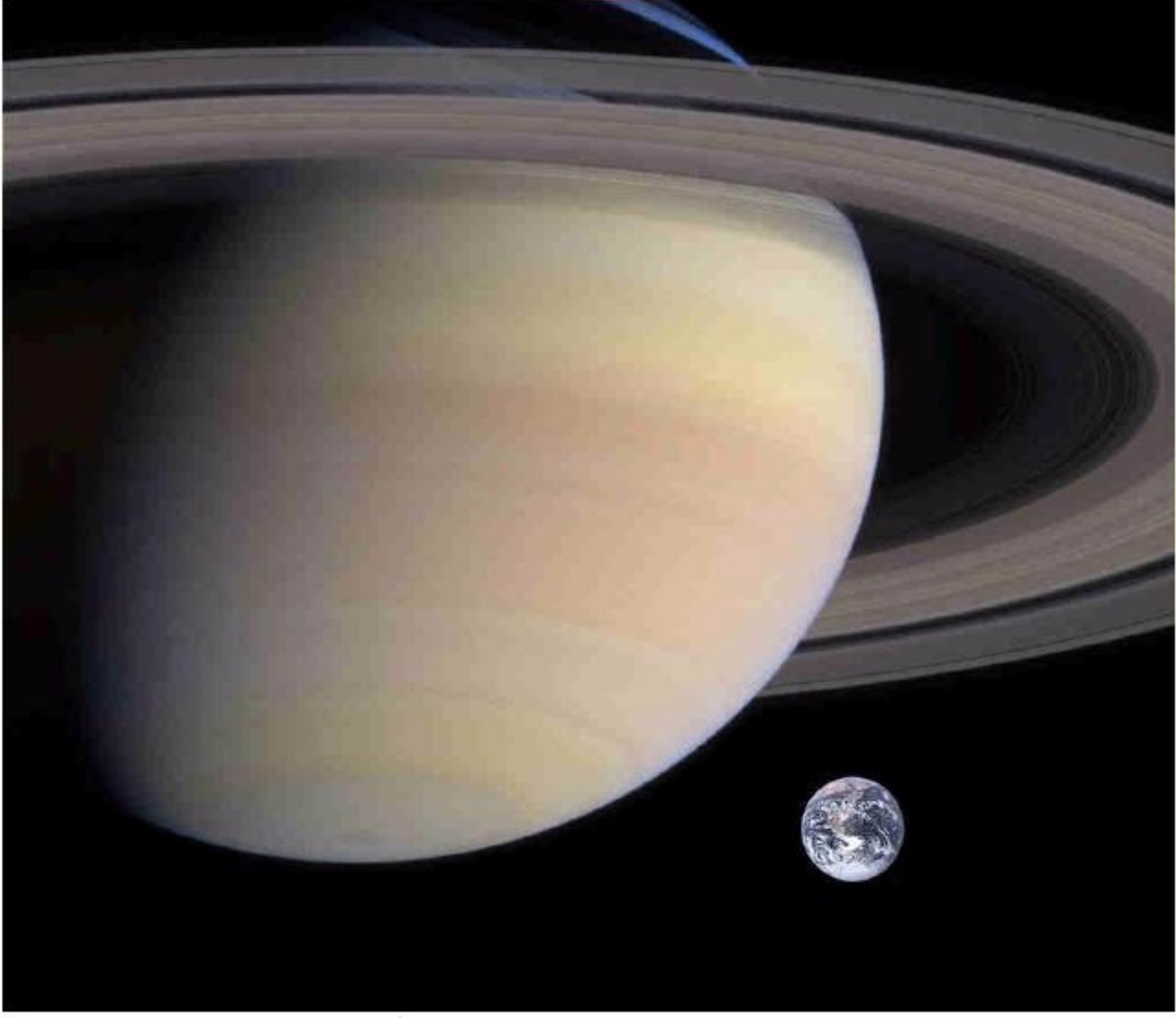
Satürn, kaya materyalli, küçük bir çekirdeğe sahiptir. Atmosfer renkleri sarımsı ve açık kahverengidir. Renklerin ayrımı Jüpiter'deki kadar iyi yapılamaz. Çünkü, Satürn Jüpiter'e göre Güneş'ten iki kat daha uzaktadır ve daha soğuktur. Bu fark renklerin daha donuk görülmesini açıklar. Çünkü, bulutların üstündeki sıcaklık 100 K civarındadır. Bu sıcaklıkta renkli organik bileşiklerin oluşumu daha azdır. Karışmış renklere rağmen, Satürn'ün atmosfer yapısı Jüpiter'inkine benzer. Genelde hidrojen, helyum, az miktarda metan ve diğer gazlar bulunur.

Jüpiter'in üstünde olduğu gibi, atmosferik sirkülasyon enleme bağlı olarak değişir.

Ekvatora yakın yerlerdeki dönme dönemi yaklaşık 10 saattir. Işığın bazı dalgaboylarını soğuran yüksek katmanlardaki metan sisi, Satürn'ün bulut şekilleri arasındaki kontrastlığın çıkmasına neden olur. Atmosferde doğuya doğru giden jet akıntılarına rastlanmıştır. Bu jet akıntılar eşlek boyunca 450 km/s'e varan hızlarla hareket ediyordu. Yalnız daha büyük yapılar Yer'den görülebilmekte ve haftalarca izlenebilmektedir. Satürn'ün merkezinde kaya bileşiklere sahip bir çekirdek bulunur. Bunlar yerbenzeri bir gezegenin bileşikleri gibidir. Fakat Yer'in kütesinden 15 kat daha büyüktür.



Satürn gezegeninin Cassini uzay aracından alınan görüntüsü.



Satürn gezegeninin Yer ile boyutlarının karşılaştırması

SATÜRN'ÜN HALKALARI

Galileo, 1610 yılında Satürn'e ilk baktığında ilginç bir görüntü ile karşılaşmıştı: bulanık bir cismin her iki tarafında bulanık bir disk yapı. Galileo bu cismi üçlü bir cisim olarak çizdi. 1655 yılında Huygens gezegeni çevreleyen bir halka sistemi buldu. Küçük modern bir teleskopla güneş sisteminin bu en büyük halka sistemi kolayca görülebilir.

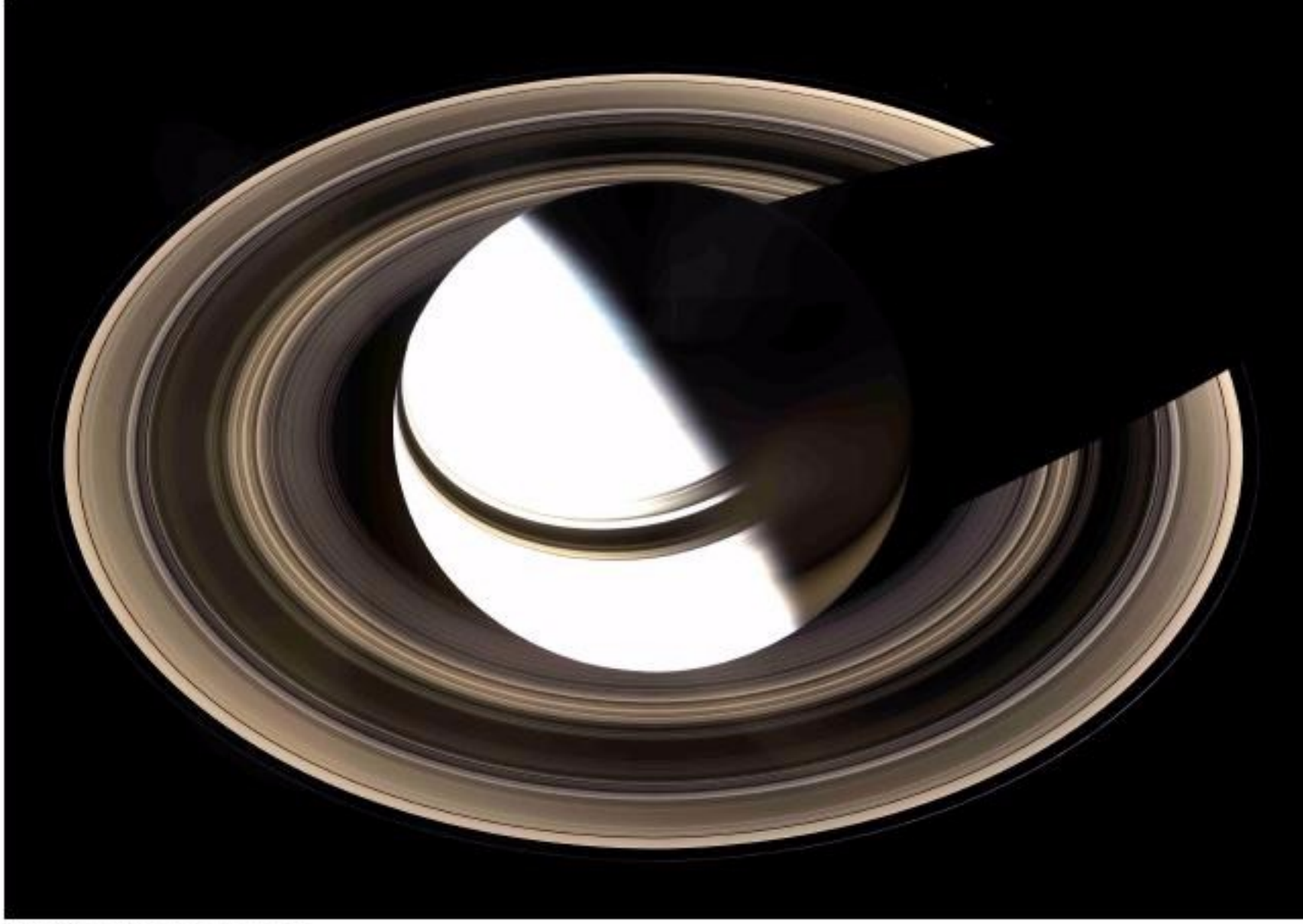
Halkaların boyutları şaşırtıcıdır. Uçtan uca 274 000 km gelir. Kalınlığı ise 100 m den daha azdır! Halkaların kalınlığı çok az olduğundan her 15 yılda bir, bir süre Yer'den bakan gözlemciler halkaları göremez. Bu olay halka düzleminin bakış doğrultumuzla çakışmasından kaynaklanır.

Satürn'ün halkaları milyarlarca küçük parçacıkların birleşiminden oluşmuştur. 1895 yılında İskoç fizikçi Maxwell halkaların katı bir disk olamayacağını gösterdi. Bu halka Satürn'e Roche limiti olarak isimlendirilen belli bir uzaklıktan daha yakındı. Bu sınırlı uzaklık içinde, bir disk küçük parçacıklara ayrılmalıdır. 1895 yılında Amerikan astronom James Kepler halkaların farklı kısımlarının

Satürn etrafında belli yörüngelerde farklı hızlarda hareket ettiğini tayfsal olarak onayladı. Halkalara ait modern bir delil de uzay araçlarının çektiği fotoğraflardan alındı. Halkaların bir kısmı katı değildi. 1970 yılında Amerikalı astronomlar halka parçacıklarının donmuş su bileşikleri olduğunu tayfsal olarak belirlediler.

Yer'den ve Voyager'dan yapılan değişik ölçümler halkalardaki parçacıkların tenis topundan ev boyutlarına kadar değiştiğini gösterdi. Daha büyük ve daha küçük boyutlu parçacıklar da vardır. Halkalar arasında bazı boşluklar bulunmaktadır. En büyüğü, 1675 yılında Cassini tarafından bulunduktan sonra Cassini boşluğu olarak adlandırılmıştır. Cassini boşluğunun dış tarafındaki koyu karanlık halka bölgesi A halkası, iç tarafındaki daha parlak bölge B halkası olarak adlandırılır. Diğer halkalar ve daha ince boşluklar teleskopik gözlemlerle haritalanmıştır.

Gezegenin halka yapısı içinde birkaç büyük boşluğun dışında binlerce ince yapı boşluk ve halka görünmektedir. Bu gibi bir ince yapıyı oluşturan şey neydi? Bir kurama göre görünmeyen



Satürn'ün halkaları.

uyducuklar halka parçacıkları arasından geçerek bu parçacıkları kenarlara savurmuştur. Bu kuramı destekleyen yönde uzay araçları iki tane 200 km çapında uyducuk bulmuştur. Bu uydulara "kılavuz uydu" denilir.

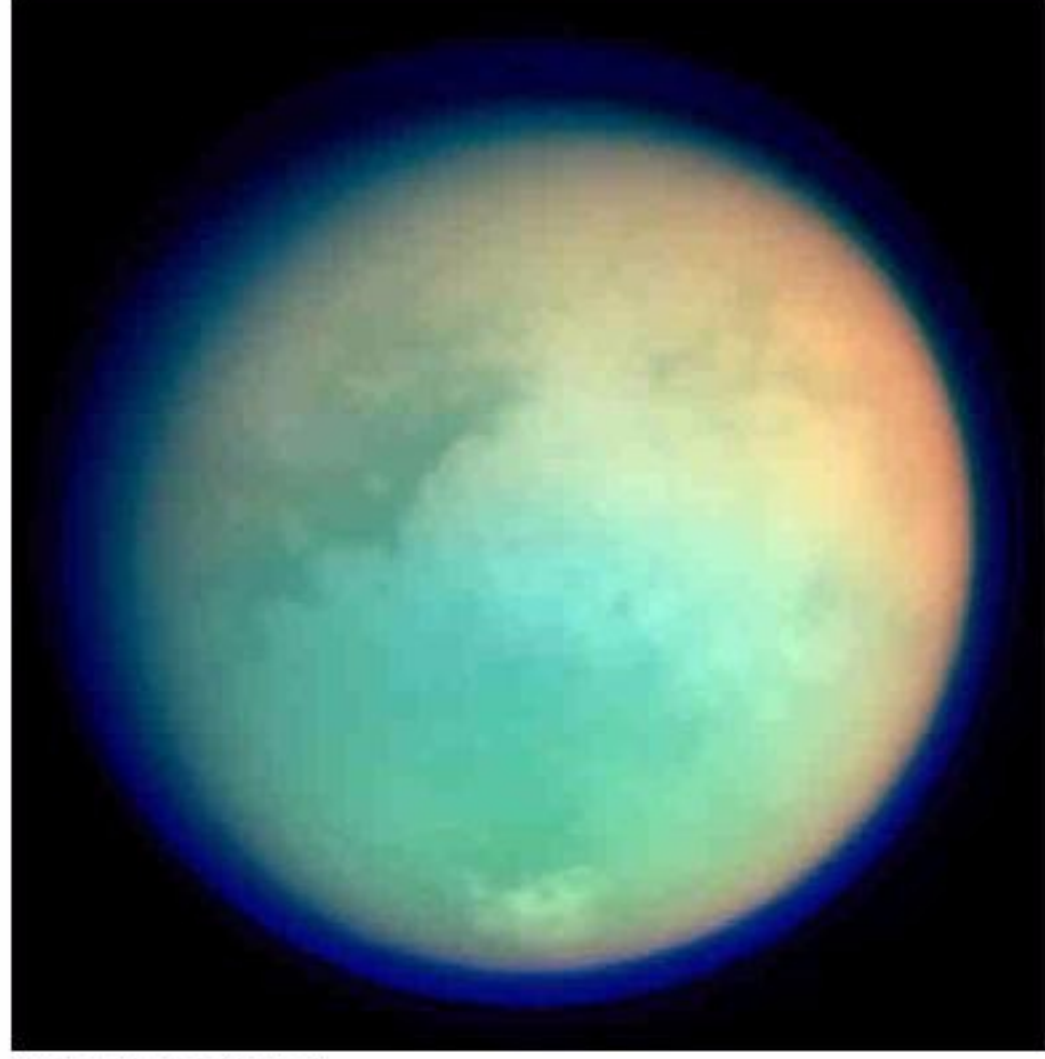
Herşeye rağmen halkaların, bilinmeyen uyduların ve hala görülemeyen uyducukların neden olduğu çekim etkilerinden kaynaklanan toplanmalardan oluştuğuna inanılır.

Satürn'ün Uydusu TITAN

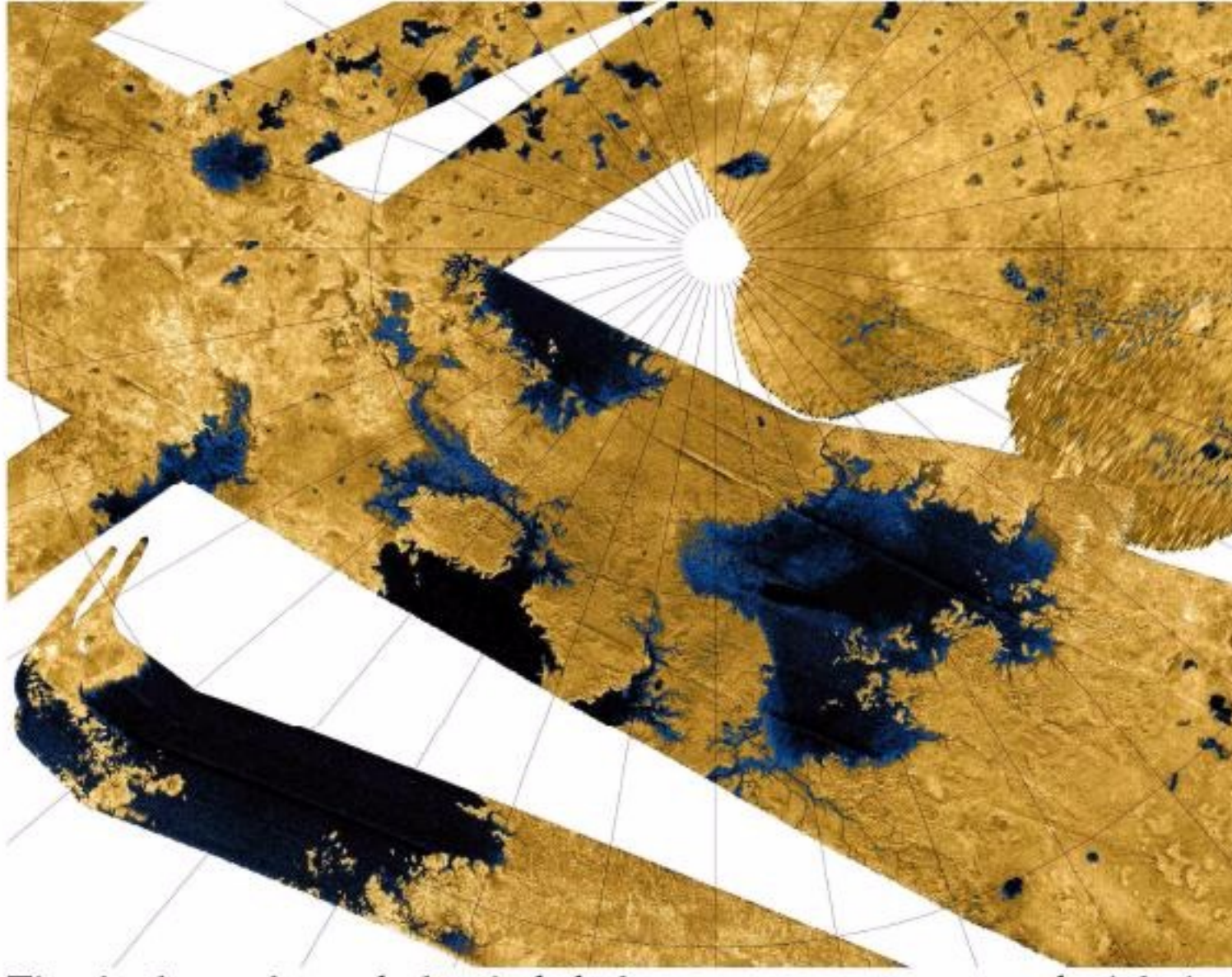
Satürn'ün en büyük uydusu olan Titan, 5150 km lik çapıyla güneş sisteminin ikinci büyük ve kalın atmosfere sahip tek uydusudur. Titan'ın atmosferinin varlığı 1944 yılında tayfında metan gazının görülmesiyle bulunmuştur. 1973 yılında yapılan gözlemlerde atmosfer açık olarak belli değildi fakat kırmızımsı bir sis görüntü hakimdi. Bu sis güneş ışığıyla metan ve diğer bileşiklerin reaksiyonları sonucunda üretilen bir fotokimyasal sisdi.

Yer'deki hava daha ziyade azot olmasına rağmen, Titan'ın atmosferi Yer'in ilkel atmosferine benziyordu. Temel fark Titan'ın çok soğuk olmasıdır. Titan'ın yüzeyindeki sıcaklık ve basınç ölçümleri temel alındığında dramatik hava koşullarıyla karşılaşılıyor. Metan yalnız gaz olarak değil, yağmur bulutları ve kar veya buz olarak da bulunuyor. Yani, Yer

üstünde bulunan suyun gaz, sıvı ve buz haline benzer yapıları gösteriyor. Meteorologlara göre atmosferde metana ek olarak etan da bulunuyor. Bu yüzden Titan'ın yüzeyi, kalınlığı 1 km olduğu tahmin edilen soğuk sıvı metan ve etan denizleri ile kaplıdır. Birçok karmaşık yapılar yanında asetilen ve etilen yağmur bulutları içinde bulunur.



Titan'ın yüzeyi



Titan'ın kuzey kutup bölgesinde bulunan sıvı etan ve metan denizleri.

Araştırmacılara göre bu organik moleküller arasında biokimyasal reaksiyonlar olabilir ve Titan'ın soğuk atmosferinde ilkel biokimyasal bir yaşam başlayabilir. Gerçekten Titan, Yer üstündeki ilkel biokimyasal evrimin araştırılmasına uygun bir doğal laboratuvar olabilir!

2004 yılının sonlarına doğru Satürn'e varan Cassini uzay aracı Titan'ın gizemini çözmeye çalışıyor. Cassini'den çıkan paraşütlü Huygens alıcısı Titan'ın kalın atmosferine girdi ve bize veriler gönderdi.

URANÜS

1781 yılında W. Herscell tarafından bulunmuştur. Basit bir teleskopla görülemeyecek kadar Yer' den çok uzaktadır. Voyager 2, 1986 yılında Uranüs yakınından geçerken onun mavimsi sisli görüntülerini yollamış, karanlık halkalarını ve umulmayacak kadar değişik uydularını bulmuştur.

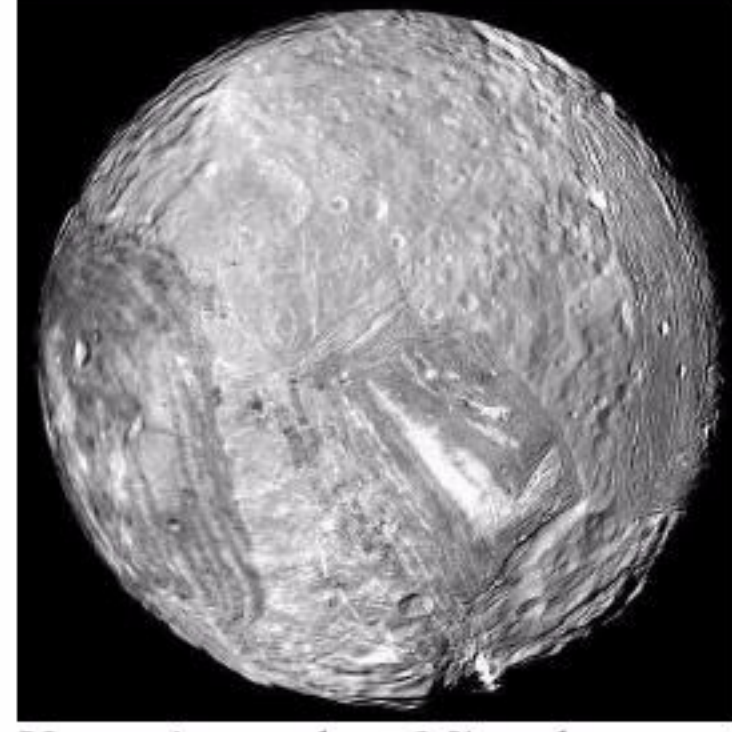
Yörünge eğikliği 98 derece olduğundan yörüngesi üzerinde dolanırken diğer gezegenlerden farklı olarak yuvarlanma hareketi yapar. Gezegenin bulutlar altındaki dönme dönemi 17.2 saattir.

Yörüngesindeki yuvarlanma hareketinden dolayı Uranüs tek bir mevsime sahiptir. Kuzey kutup noktası Güneş'e doğru olduğu zaman güney yarımküre uzun süren karanlık bir kış geçirir ve gezegenin 84 yıllık dolanımının yaklaşık dörtte biri boyunca sürer. 21 yıl sonra güney kutup kış, kuzey kutup yaz olur ve Güneş ekvator bölgeleri üzerinde parlar. Artık gezegen üstündeki her nokta 17 saatlik bir dönüş içinde bir gündüz bir gecede kalır. Bir 21 yıl daha sonra güney kutup noktası Güneş'e doğru yönelir ve güney

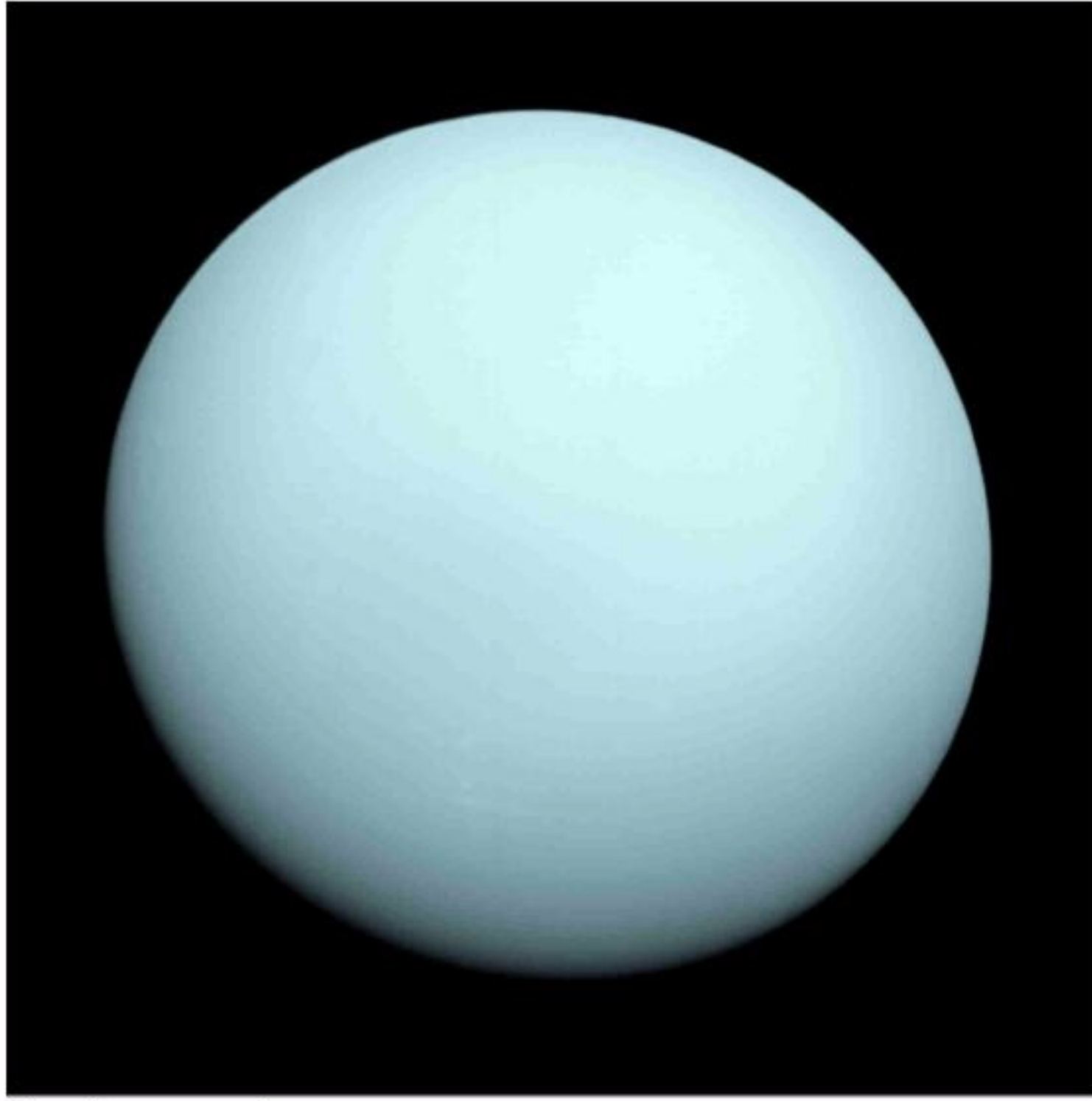
yarımküre 21 yıl boyunca yaz mevsimini sürdürür.

Uranüs atmosferi derin bir bulut tabakasının üstüne binmiş hemen hemen özelliksiz bir puslu gaz tabakasından oluşmuştur. Atmosferin kimyasal yapısı Jüpiter ve Satürn'üne benzer. Puslu tabaka çok soğuktur. Bununla beraber bulutların içine girildikçe sıcaklık yükselir. Yoğun sis içindeki metan kırmızı ışığı soğurur, mavi ışığı saçarak mavi renkli bir gökyüzünün oluşmasına neden olur.

Uranüs çok ince, belirgin bir halka sistemine sahiptir. Halkalar 1977 yılında bulunmuştur.



Uranüs'ün uydusu Miranda.



Uranüs gezegeni.

Miranda, tüm uydular içinde en kırılmış yüzey yapısına sahip uydudur. Yüzeyde renksiz yama gibi parçalar,

karmaşık oluklar, sarp uçurumlar ve oyuklar bulunur. Yüzeyde görülen bir sarp kayalık 5 km yüksekliğindedir ve dimdik yükselir.

NEPTÜN

Uranüs'ün bulunuşu Neptün'ün bulunuşuna önderlik yaptı. Bazı doğru önerilere göre Uranüs, daha uzaktaki bir gezegenin çekiminden etkileniyordu. Kuramsal hesaplar sonucunda 12 Eylül 1846'da yeni gezegenin yeri bulundu. Neptün'ün atmosferi genel olarak Uranüs'ün kimyasal yapısına benzese de Neptün daha belirgin bulut özelliklerine sahiptir. Bu bulutlar Jüpiter'in Büyük Kırmızı Leke'sine benzer oval, fırtına benzeri kara lekelerle sahiptir. Bir günlük dönem içinde bile yapı değiştirirler. Bu aktivite, Neptün'ün Uranüs'den daha büyük olan iç ısıyla ilişkili olabilir. Fakat bu iç ısının nedeni bilinmemektedir.

Yer'den yapılan gözlemlere göre bulutların bir tur dönüşü 18 saat almaktadır. Manyetik alan ölçümlerine göre bulutların altındaki dönme dönemi 16 saattir.

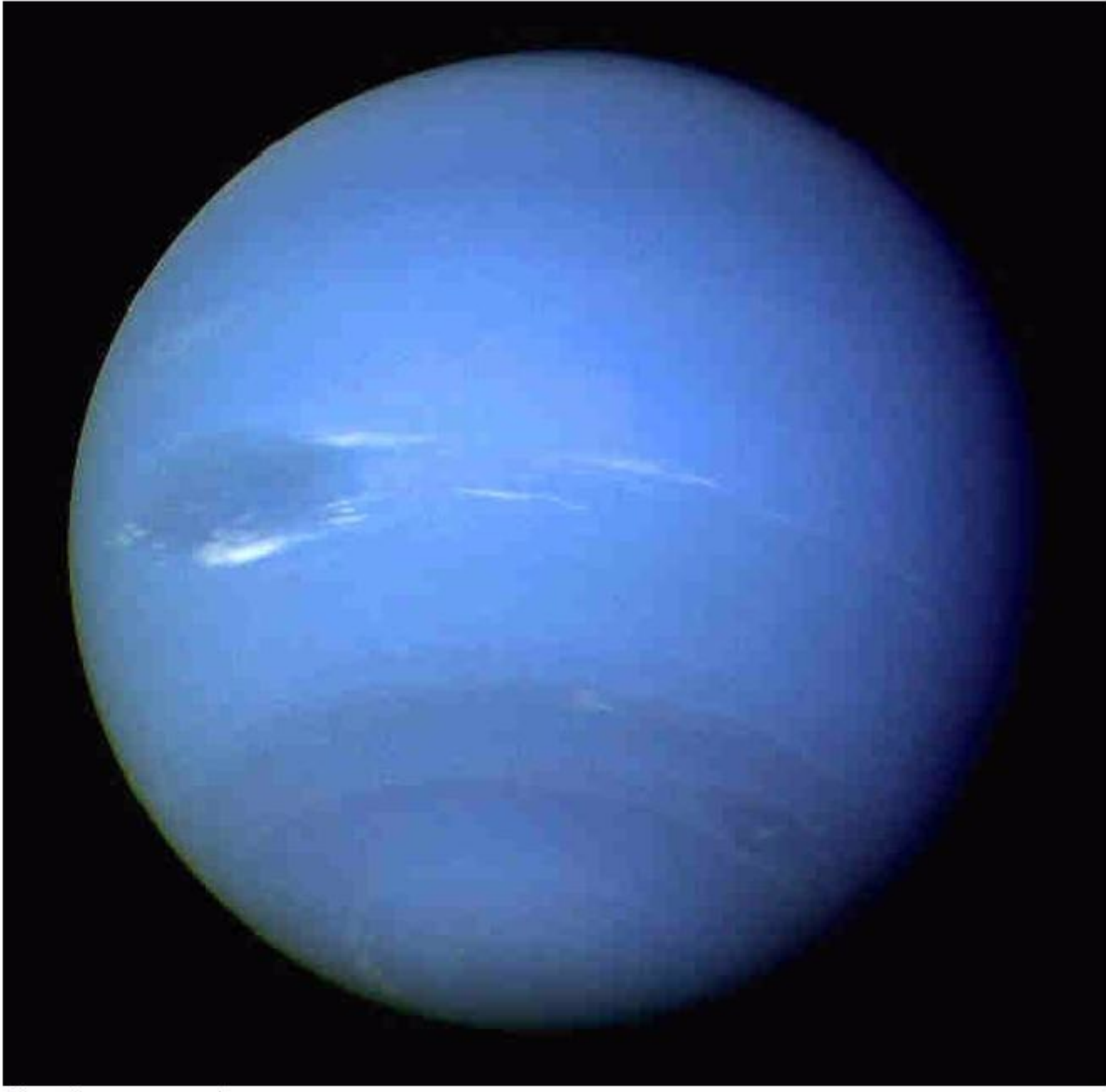
Diğer üç dev gezegen gibi, Neptün de bir halka sistemine sahiptir. 1980' li yıllarda Yer'den yapılan gözlemler Neptün etrafında eşit olmayan yoğunluklarda halkalar olduğunu

gösterdi. Bu halkalar yay benzeri yoğun parçalar halinde görülüyordu.

Neptün garip bir uydu sistemine sahiptir: En büyük uydu dairesel ancak oldukça eğik bir yörüngede geriye doğru hareket eder. Oysa ki diğer gezegenlerin büyük uyduları düşük eğim açılı yörüngelerde ileri doğru hareket ederler. Triton isimli bu uydunun çapı yaklaşık 2760 km dir ve güneş sisteminin en büyük yedinci uydusudur, atmosferinde metan gazı vardır. Triton, benzeri olmayan bir yüzeye sahiptir. Herhangi bir çarpma krateri görmek oldukça zordur.



Neptün'ün uydusu Triton



Neptün gezegeni

CÜCE GEZEĞENLER

Son yıllarda uydu ve teleskop teknolojisindeki gelişmelerden dolayı güneş sistemimiz içinde Pluto gezegeni boyutlarında bulunan gökcismi sayısında büyük artış oldu. Dolayısıyla Pluto'nun gezegen sınıflamasından çıkartılması ve yeni bir sınıflamanın yapılması gereği astronomi toplantılarında tartışılır oldu. Sonunda Uluslararası Astronomi Birliği tarafından 2006 yılında yapılan toplantıda "Cüce Gezegenler" adı altında yeni bir sınıf oluşturuldu ve Pluto, artık bir cüce gezegen oldu. Böylece gezegen sayımız dokuzdan sekize düştü.

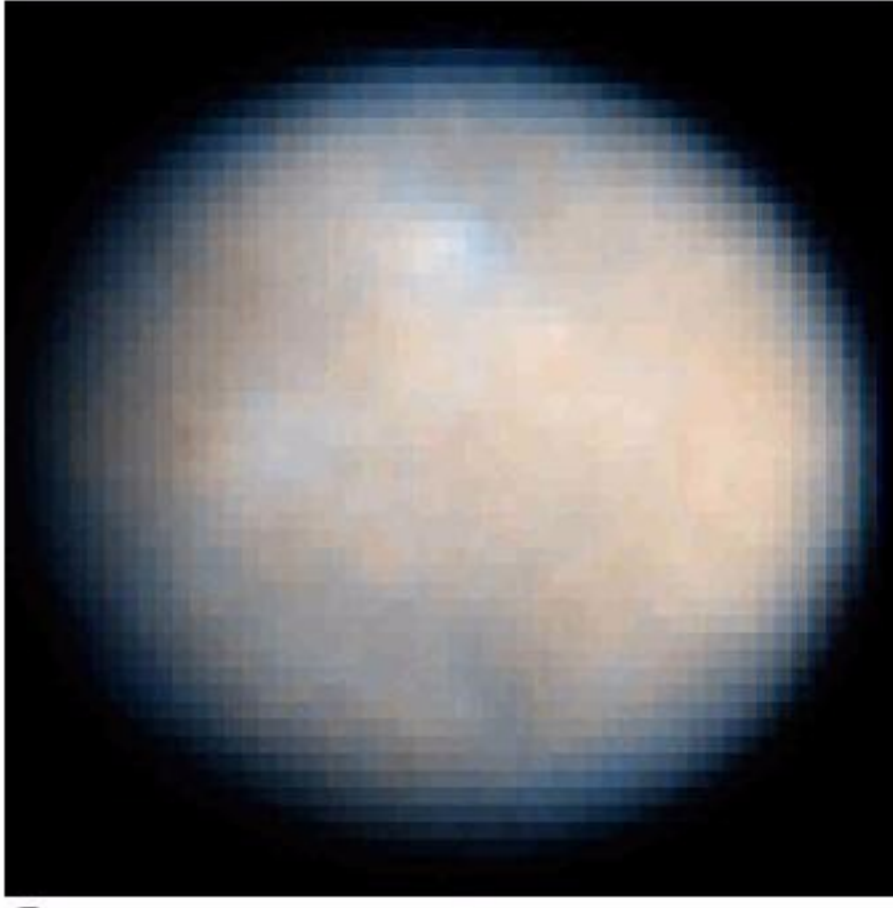
Alınan kararlar doğrultusunda yeni sınıflamaya dahil olabilecek cisimler için aranacak koşullar belirlendi. Buna göre bir gökcisminin cüce gezegen olabilmesi için; Güneş etrafında dolanmalı, kendi çekim kuvveti altında küresel yapıya sahip olabilecek yeterli kütleye sahip olmalı, yakın komşuluğundaki bölge içinde hala küçük gezegenimsi kalıntı gökcisimleri bulunmalı, başka bir gezegenin uydusu olmamalı gibi koşullar getirildi.

Şu an için bu koşullara uygun beş cüce gezegen vardır. Bunlar Ceres, Pluto, Haumea, Makemake ve Eris'tir. Ceres ve Pluto diğerlerine göre daha ayrıntılı çalışılmış cisimlerdir. Eris, Pluto'dan daha büyük kütleli olduğu için cüce gezegen olarak kabul edilmiştir.

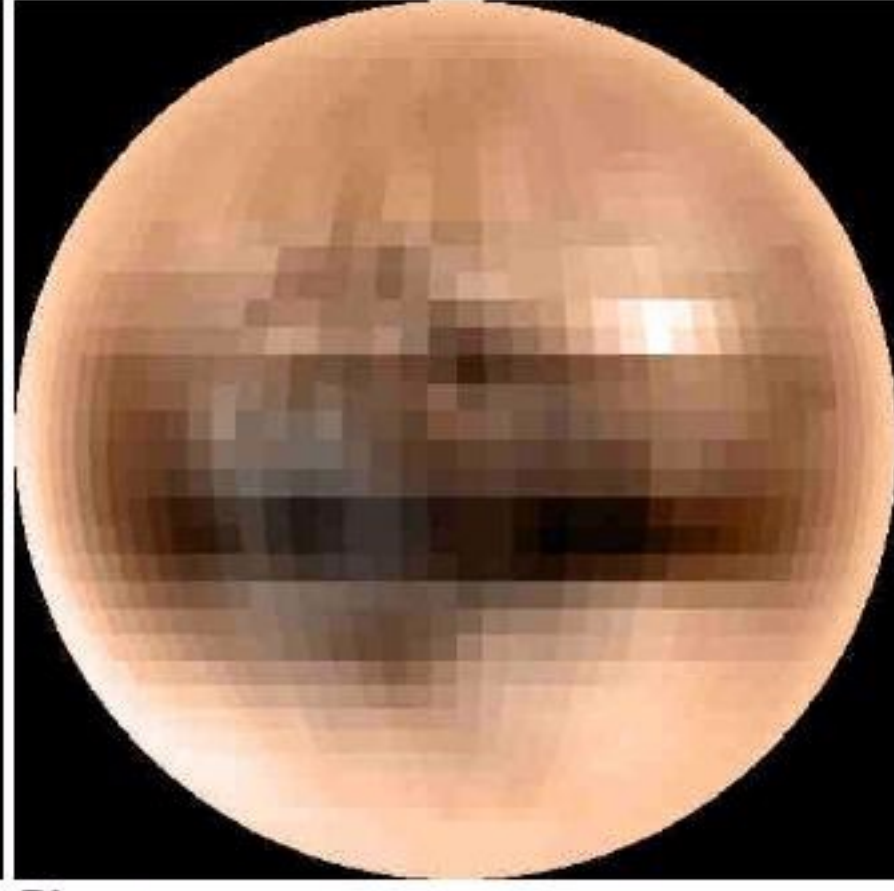
Aslında güneş sistemi içinde, Mars ile Jüpiter arasındaki asteroid kuşağında, Neptün ile Pluto arasında Kuiper kuşağında ve Pluto'nun ötesinde cüce gezegen diyebileceğimiz onlarca gökcismi daha vardır. Ama bunlar hala cüce gezegen adayları olarak bilinirler.



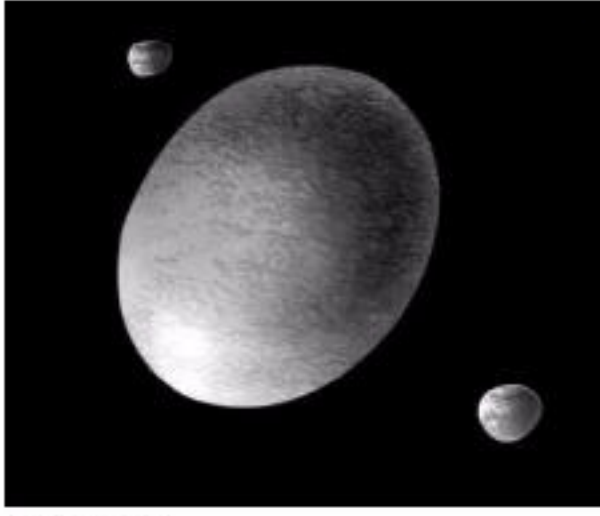
Cüce gezegen adayları



Ceres



Pluto



Haumea



Makemake



Eris

Güneş sisteminin yeni sınıfı cüce gezegenlerin beş üyesi.

ASTEROİD KUŞAĞI

Asteroidler gezegenlerarası cisimlerin en büyükleridir. Tayfsal çalışmalar az metal içerikli kaya yapılara sahip olduklarını göstermiştir. Güneş sisteminin değişik kısımlarında görülmelerine rağmen en çok Mars ile Jüpiter arasındaki asteroid kuşağında bulunurlar.Çıplak gözle görülemeyecek kadar küçük olan asteroidler 1800'den önce bilinmiyordu.

Asteroidlerin bazı ilginç altgrupları ana asteroid kuşağı dışındaki yörüngelerde dolanır. Örneğin, Apollo asteroidleri iç güneş sistemine girerler ve Yer yörüngesiyle kesişirler. Apollo'dan sonra isimlendirilmişlerdir ve bulunan ilk gruptur. 800 km kadar küçük boyutlarda onlarcası bilinmektedir. Çoğu düzensiz şekillidir ve Yer'e oldukça yaklaşırlar. Aslında Yer'e çarpan göktaşlarının Apollo cisimlerinin en küçükleri olduğu düşünülebilir!

Trojan asteroidleri Jüpiter'in yörüngesi üstünde ondan 60° geride olmak üzere iki bölgede toplanmışlardır. Bu iki bölgedeki asteroidler, Jüpiter ve Güneş'in çekim kuvvetlerinin etkisi altındadırlar.

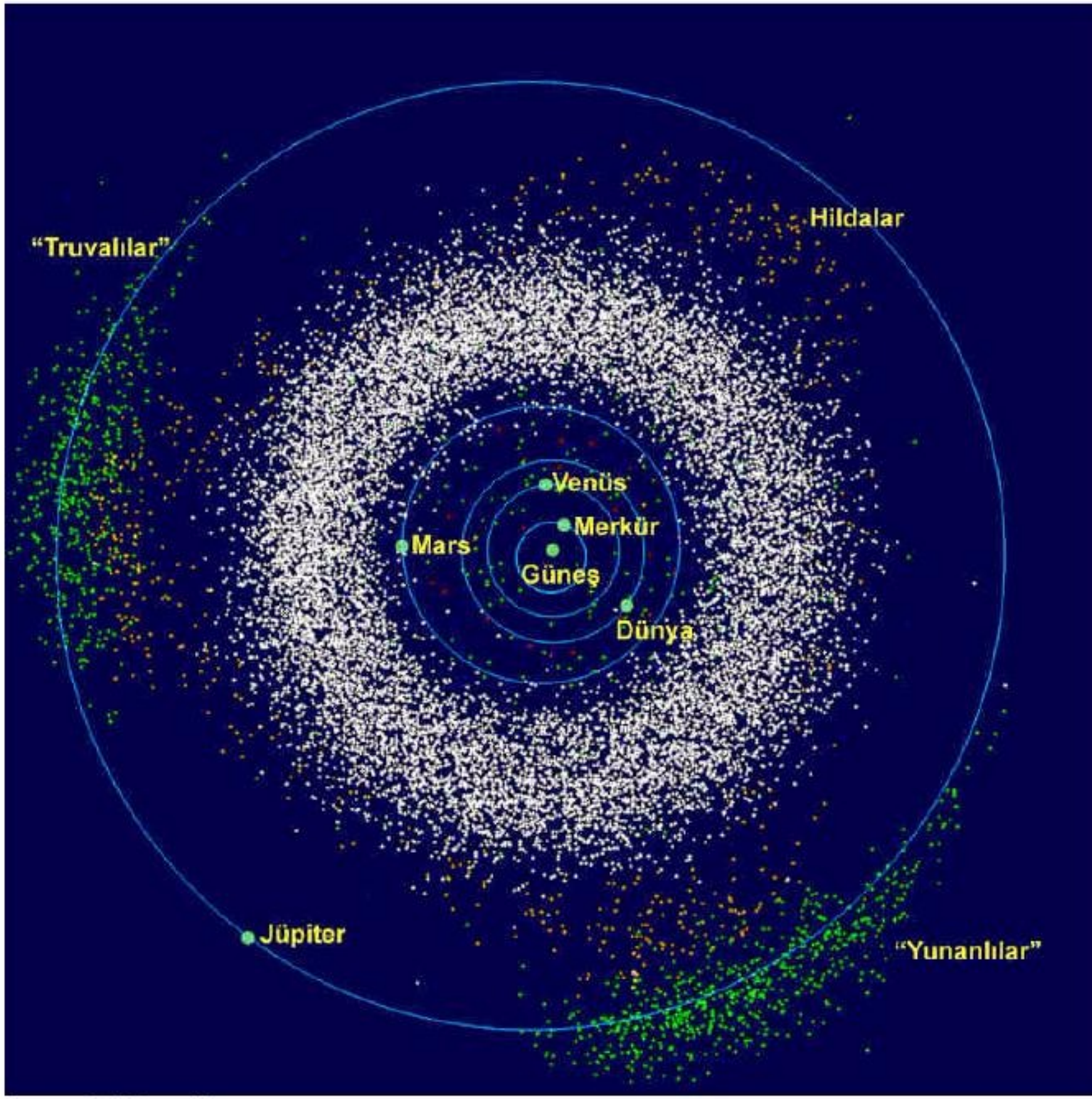
Gözlemcilere göre gözlenebilir yaklaşık 700 Trojan asteroidi vardır. En büyük Trojan asteroidi Hektor'dur.

Asteroidler belki de bir gezegen üstüne birikmemiş ilkel gezegenimsi yapılardır. Jüpiter yakınından geçerken dağılmış olabilirler ve bazıları gezegenle birleşmek için hızla gezegene çarparlar. Bu çarpışmalar sırasında binlerce parçaya ayrılırlar. Ana kuşaktaki birçok küçük asteroid bu gibi parçalardır.

Bazı asteroidler faydalı minerallere ve metallere sahip olduklarından ve yere çok yakın geçtiklerinden birgün ekonomik açıdan değerlendirilebilirler.



Asteroid Gaspra



Asteroid Kuşağı

KUIPER KUŞAĞI

Kuiper kuşağı güneş sisteminin dış kenarında Neptün'den uzaklara doğru yayılan bölge içinde yer alır. Neptün'ün Güneş'e olan uzaklığı Yer-Güneş uzaklığının (1 astronomik birim, AB) 30 katı kadardır. Kuşağın 50-70 AB uzaklara kadar ilerlediği sanılır.

Asteroid kuşağına benzese de ondan 20 kat daha geniş ve 20-200 kat daha büyük kütlelidir. Kuşak içindeki cisimler asteroid kuşağı cisimleri gibi güneş sisteminin oluşumundan geri kalan küçük yapılardır. Ancak, asteroidlerin kaya ve metal yapılı oldukları bilinirken, bu cisimlerin yapısında çoğunlukla metan, amonyak ve su gibi uçucu maddelerin donmuş halleri vardır.

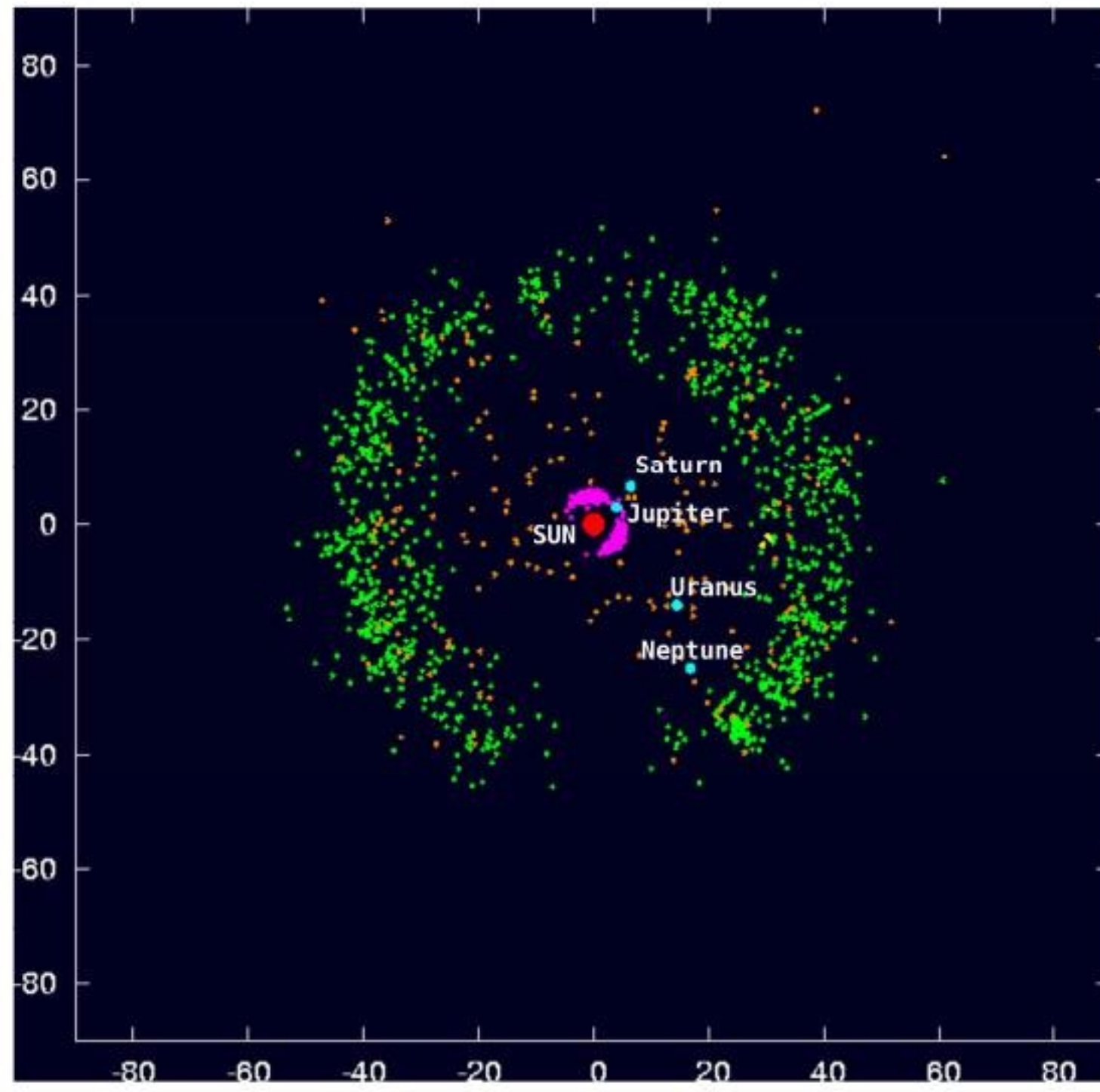
Kuiper kuşağı cisimleri 1992 yılında bulunduklarından beri sayıları hızla arttı. Şu anda binden fazla cisim bulunmaktadır. 100 km çaplı 70 000 cisim olduğu tahmin ediliyor. 1990' lardan itibaren bu kuşağın kalıcı bir kuşak olduğu bulundu. 4.5 milyar yıl önce Neptün'ün dışa doğru hareketinden dolayı aktif dinamik bir bölge olarak kaldı.

Eris gibi güneş sisteminin saçılmış disk cisimleri, Güneş'ten 100AB uzakta yer alırken, Centaurs'lar gaz dev gezegenlerin arasında oluşmuştur. Neptün'ün uydusu Triton'un yakalanmış bir Kuiper kuşağı cismi olabileceği sanılır. Cüce gezegen Pluto, bu kuşağın en büyük cisimidir.

Kuiper kuşağı bin kat daha uzaktaki Oort Bulutu'yla karıştırılmamalıdır. 1951 yılında Gerard Kuiper tarafından güneş sisteminin oluşumundan geriye kalan cisimlerin olması gerektiği söylene de 40 yıl bu cisimlerin varlığından bahsedilmemiş ve 1992'de kuşağın ilk cismi bulunmuştur.



Quaoar. Yeni bulunan gezegenimsi yapılar.



Kuiper kuşağı içindeki cisimler yeşil, saçılmış cisimler turuncu renklidir. Dört dış gezegen mavi renkle işaretlenmiştir. Jüpiter'in Truva asteroidleri pembedir. Ortadaki kırmızı işaret Güneş'tir.

Güneş ile Kuiper kuşağı arasındaki saçılmış cisimlerin adı Centaurs'tur. Eksenlerin birimi Astronomik Birim (AB)'dir. $1AB = 149\,600\,000$ km olan ortalama Yer-Güneş uzaklığıdır.

KUYRUKLUYILDIZLAR

Güneş sistemindeki küçük cisimler arasında en iyi tanınanları kuyruklu yıldızlardır. Yer yakınından geçerlerken gece gökyüzünde yıldızlar arasında sürükleniyormuş gibi yer değiştirirler.

Kuyruklu yıldızlar birkaç kısımdan oluşmuşlardır. En parlak kısım kuyruklu yıldızın başıdır. Kuyruk kısmı ise daha sönük ışımaya yapar ve Güneş'in aksi tarafına doğru baş bölgesinden çıkan uzantı yapısıdır. Tipik bir kuyruklu yıldızın kuyruğu çıplak gözle ancak 1-2 derecelik bir alana yayılmış görünse de, dürbün kullanıldığında veya uzun poz süreli fotoğraflar alındığında kuyruğun 10 derecelik bir alan kapladığı farkedilir. Bir teleskopla bakıldığında yıldız benzeri parlak bir ışık yoğunlaşması görülür. Bu parlak yoğunlaşmanın merkezine kuyruklu yıldızın çekirdeği denir. Burası, kuyruklu yıldızın katı bölgesidir. Yer üstündeki teleskoplarla çözümlemek için oldukça küçük kalır.

Kuyruklu yıldızın baş ve kuyruğunu oluşturan gaz ve toz yapı çekirdekten salınan materyaldir. Çekirdek iç güneş sistemine doğru hareket ettikçe, güneş ışınları onu ısıtır. Buz, uzay boşluğunda

eriyerek sıvı hale geçmeden doğrudan gaza dönüşür. Bu gaz çekirdekten çıkan mikroskopik toz parçacıkları ile birlikte, Güneş'ten gelen ışınım basıncının yardımıyla ters yöne doğru yayılır. Hareket eden bu gaza güneş rüzgarı denir.



West kuyruklu yıldızı



Hyakutake kuyrukluyıldızı

Kuyrukluyıldızların kökeni için güneş sisteminin ilkel bulutsusu olarak kabul edilen Oort Bulutu gösterilir. Materyal olarak Pluto'nun ötesinde

Oort bulutunun iç kenarında bir gezegen oluşturamayan materyal olabilir. Bu yüzden, kuyrukluyıldızlar gezegenlerin yapı taşları olarak görülürler.

GÖKTAŞLARI

Göktaşları, kuyrukluyıldızlarla ilişkisi olmayan gökyüzünde ani olarak görülen ışık parlamalarıyla bağlantılıdır. Yılın bazı günlerinde bir saat içinde 60'dan fazla göktaşı sayılabilir ve bunların hepsi de gökyüzünün aynı noktasından saçılıyorlar gibi görünürler. Bu tür olaylara göktaşı yağmurları adı verilir.

En iyi bilinen örnek Perseid yağmurudur. Her yıl 12 Ağustos civarında Perseus takımyıldızı doğrultusundan birkaç dakikada parlak göktaşları atmosfere girer. (Göktaşı yağmuru gökyüzünde saçılma noktasının bulunduğu alandaki takımyıldızın ismiyle adlandırılır.) Göktaşı yağmurları çok seyrek olarak sağanak halinde yağarlar.

Bazı göktaşları 75-100 km yüksekliklerde yanarak yere kadar ulaşırlar. Bunların en büyüklerine ateş topu denir ve çok parlak olurlar. Genelde yere çarpmadan havada patlarlar.

Göktaşı yağmurlarıyla kuyruklu yıldızlar arasında olası bir ilişkinin varlığı 1862 yılında bulunmuştur. Yer'in bir kuyrukluyıldız kalıntısı

içinden geçerken görülen göktaşı sayısı artmıştır. O halde Perseid'ler kuyruklu yıldızın yörüngesi içinde bulunuyor olmalıdır. Bundan dolayı, birçok göktaşı kuyrukluyıldızlardan saçılan kalıntıların küçük parçaları olmalıdır.

1960'lı yıllardan beri yüksek atmosferde araştırma yapan roketler ve balonlar, kuyrukluyıldızlar ve asteroidlerden geldiğine inanılan birçok mikroskobik parça toplamıştır. Bu parçacıklar Halley kuyruklu yıldızında ve yere çarpan göktaşlarında bulunan birçok materyale benzer karbonlu bileşikler içerir.



Dünya üzerinde bulunan en büyük göktaşı, yaklaşık ağırlığı 53 tondur. Grootfontein- Kuzey Namibya.



Dünya üzerindeki en büyük çarpma krateri. Barringer Krateri, Arizona.

1980’li yıllarda Kızılöte Astronomi Uydusu tüm gökcisimlerinden gelen kızılöte ışınları kullanarak gökyüzünün bir kızılöte haritasını çıkardı. Araştırmacılar, asteroidler, bulutsular ve diğer kaynaklar arasında aktif kuyruklu yıldızların yörüngelerine toplanmış tozların izlerine rastladılar.

Güneş sistemi aktif kuyruklu yıldızların yüzeylerinden fırlatılan mikroskobik parçacıkların toz yığınlarıyla çevrelenmişti. Görülebilen göktaşları bu yığınlardaki büyük parçalardı. Bu toz halka diğer yıldızların etrafında bulunan toz halkalarla ilişkili olabilir.

GÜNEŞ: Yapısı ve Evrimi

Güneş, gökadamız içindeki yüz milyarlarca yıldızdan biridir. Merkezindeki sıcaklık ve yoğunluk nükleer reaksiyonları başlatmaya yeterli olan yaklaşık 700 000 km yarıçaplı sıcak bir gaz küredir.

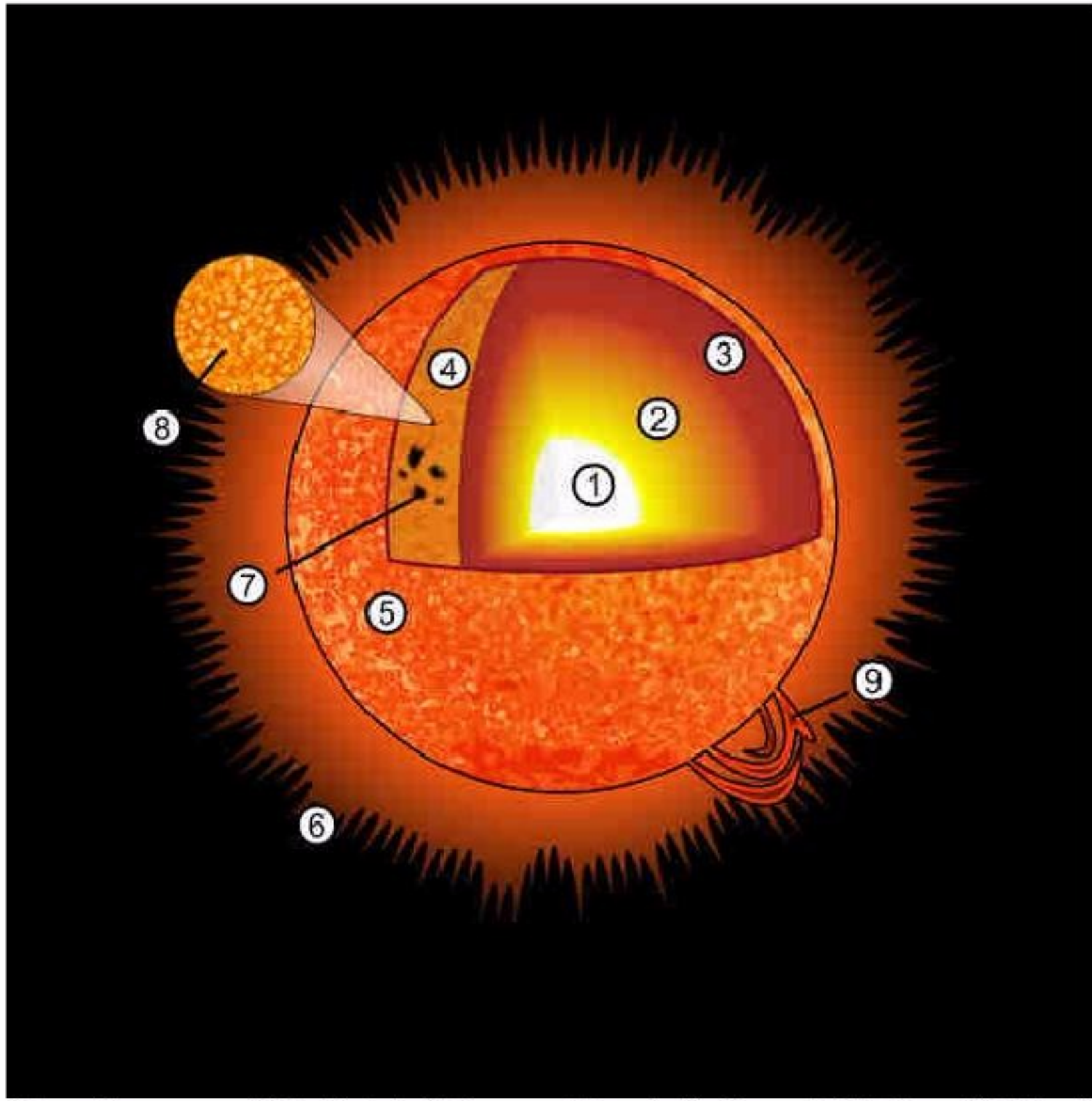
Güneş' in enerji kaynağı hidrojenidir. Füzyon işlemleriyle hidrojen çekirdeği helyum çekirdeğine dönüşür. Bundan dolayı, hidrojen çekirdeklerinin sayısı merkezine doğru azalır. Güneş yarıçapının dörtte birinden sonra hidrojen, helyum ve daha ağır elementlerin karışım değerlerinde düzgün bir dağılım vardır.

Güneş bir gaz yapı olduğundan keskin sınırları yoktur. Hatta Güneş'in merkezinde yoğunluk bir metalin yoğunluğundan 10 kat daha büyük ve sıcaklık 15 milyon derece olsa bile madde hala gaz halindedir. Pratikte güneş ışığının hepsi fotosfer olarak adlandırılan ince bir katmandan salınır. Fotosferin hemen üzerinde 2000 km kalınlığında kromosfer bulunur. En dış katman ise koronadır. Fotosfer, kromosfer ve korona katmanlarının hepsine Güneş' in atmosferi denir.

Güneş'in yıldızlararası ortamda bulunan gaz ve toz bulutundan oluştuğuna inanılır. Bulut belli koşullar altında çökerek ilkel yıldızı oluşturur. Zamanla gaz ısınır ve yaklaşık 100 milyon yıl sonra merkezinde hidrojeni yakmaya başlar. Bu evre Güneş'te yaklaşık 4.5 milyar yıl önce başlamış ve yaklaşık 5 milyar yıl sonra bitecektir.

Güneş'in hidrojen kaynağı tükendiğinde, çekirdek yalnız helyum içerecek ve çekirdek büzüldükçe dış katmanlar genişleyecek ve rengi kırmızılaşarak, yarıçapını arttıracak ve dev yıldız olacaktır. Kırmızı dev evresine girdiğinde, yarıçapı Mars'ın yörüngesine kadar artacak ve kütesinin bir miktarını kaybedecektir. Özellikle bu evreden sonra Güneş'in yaşamı daha kararsız bir yapıda olacaktır. Son evrede ise dış katmanlarını uzaya fırlatarak gezegenimsi bulutsu olacaktır.

Yıldızın geri kalan çekirdeğini oluşturan madde beyaz cüce oluncaya kadar yavaşça soğur. Güneş'in şu andaki kütesinin yarısına sahip olan bir beyaz cüce olacağı tahmin edilir. Daha sonra beyaz cüce parlamayı durduracak ve bir kara cüce olacaktır.



Güneş'in yapısı. 1) Çekirdek, 2) Işınım bölgesi, 3) Konvektif bölge, 4) Fotosfer, 5) Kromosfer, 6) Korona, 7) Güneş lekesi, 8) Bulgurlanma, 9) Dev alev

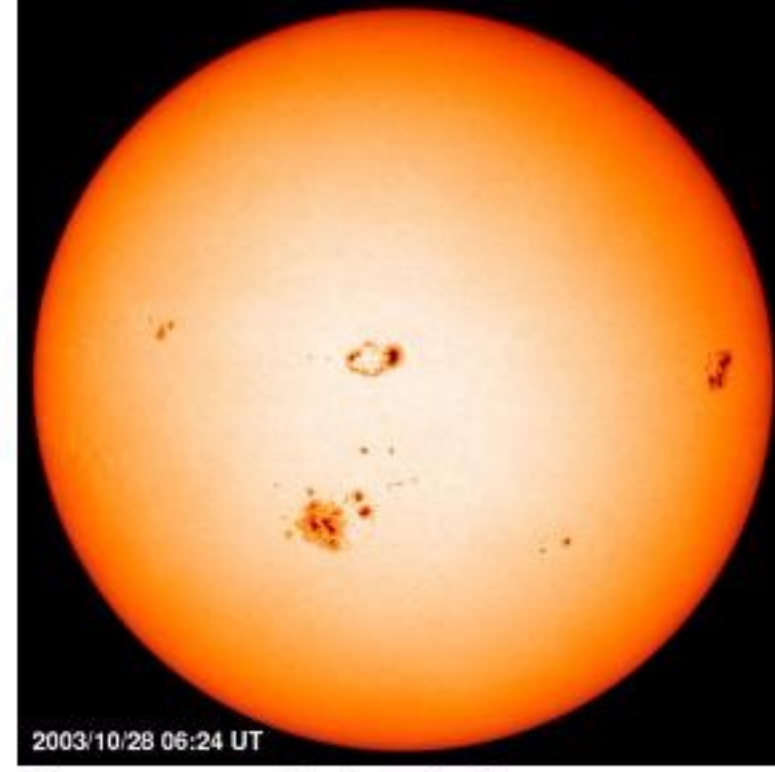
GÜNEŞ: Atmosferi

Güneş beyaz-ışıkta alınan fotoğrafta, merkezden kenara doğru parlaklığı azalan keskin sınırlı dairesel bir disk şeklinde görülür. Merkez bölgelerde nükleer reaksiyonlarla üretilen enerji dışa doğru özellikle ışınım yoluyla olmak üzere değişik yollarla taşınır.

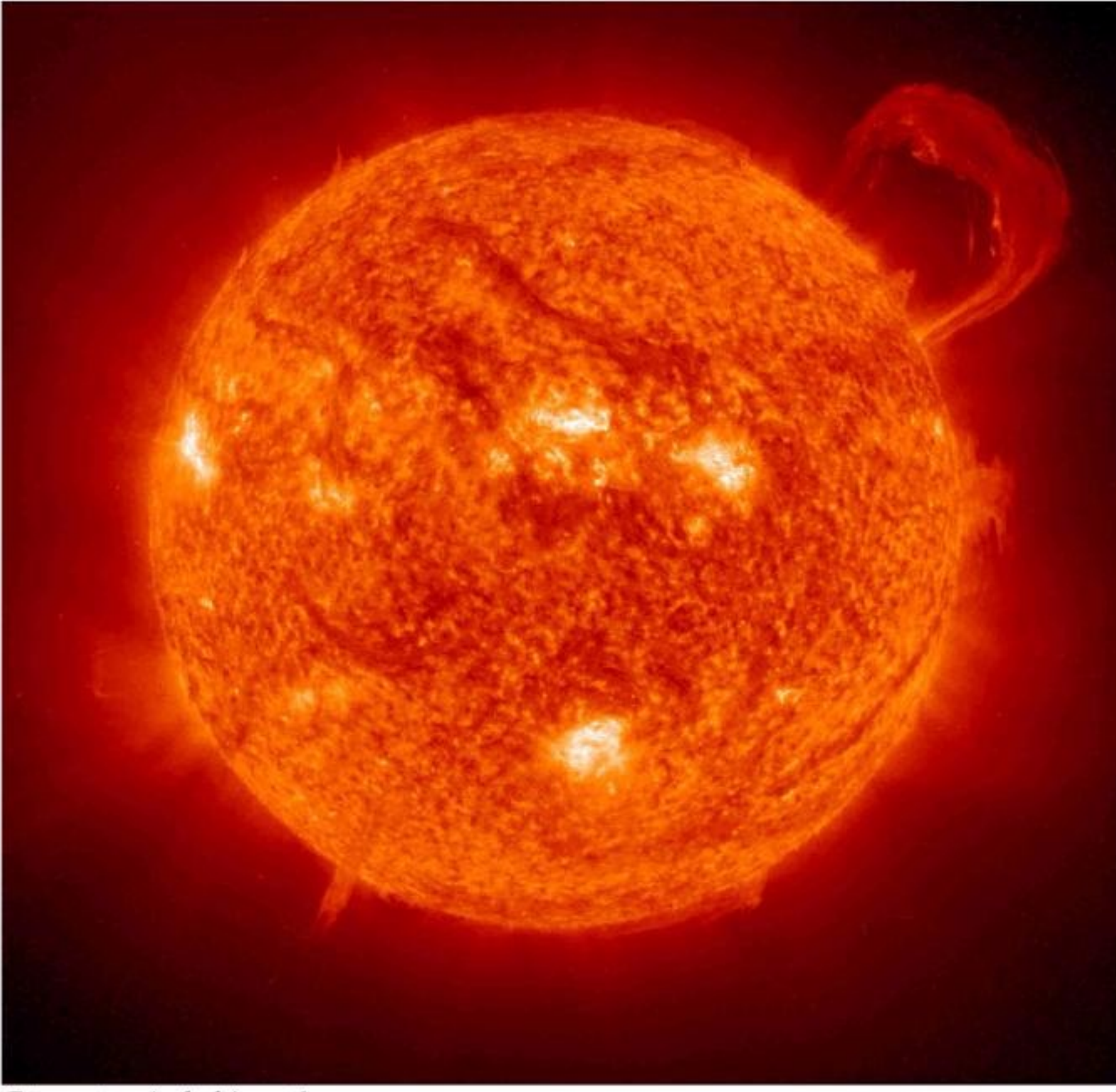
Işınımın görüldüğü son katmana fotosfer adı verilir. Çünkü, fotosfer parlak ve dairesel olarak görünür. Güneş'in yüzeyinde görülen bulgurlar 1000-2000km boyutlarına sahiptir. Yaşam süreleri ise 10 dakikadır. Yaklaşık 11 yıllık bir çevrimle sayıları artıp azalan güneş lekeleri de burada bulunur. Genelde 1 hafta içinde yok olup, aynı yerde tekrar oluşurlar.

Ay'ın kenarı, parlak fotosferi tam olarak örttüğünde, Ay renkli bir ışık halkası ile çevrelenmiş gibi görünür. Aslında, bu katman Güneş'in renk küresi olarak bilinen kromosferdir. Manyetik alan kromosferdeki yapıların saptanmasında önemli rol oynar. Disk kenarında özel filtrelerde görülen dev alevler manyetik yapılardır. Sıcaklık fotosferde 5800 derece iken kromosferde 10 000 dereceye ulaşır.

Korona, tam güneş tutulması anında Güneş'in etrafında görülen beyaz ışık halosudur. İç korona, diskin kenarından iki güneş yarıçapına kadar uzanır ve çok uzaklara kadar genişlemiş olan dış koronadan ayırtedilebilir. Disk kenarından 100 000 km uzaklara varan ipliksi sistemlerle düzgün olmayan bir yapı sergiler. Sürekli korona gözlemleri koronanın aydan aya değil saatten saate bile değişim gösterdiğini ortaya koyar. Dev alevler ise birkaç on saat kadar sürer. Genelde güneşin aktivitesiyle ilişkili olan bu yapılar evrimlerini manyetik alanlara göre ayarlar.



Güneş yüzeyinde lekeler.



Güneş üzerinde bir patlama.

YILDIZLARIN OLUŞUMU

Gökadamızdaki yıldızlar geniş bir yaş aralığına sahiptirler. En yaşlı yıldızlar küresel kümeler içinde bulunur ve yaklaşık 12 milyar yıl yaşındadırlar. İyonlaşmış hidrojen bulutsuları (H II bölgeleri) içindeki yıldızlar ise yaklaşık 10-20 milyon yıl yaşındadır. Bunlar en genç yıldızlardır.

Gökadamızdaki yıldızlararası ortamın ortalama yoğunluğu santimetre küpte (cm^3) yaklaşık 1 atomdur. Bir yıldızın oluşabilmesi için yerel yoğunluğun 10^{24}atom/cm^3 olması gerekir. Yalnız, çekim kuvveti büyük bir toplayıcı faktör olabilir. Çekim kuvveti büyük uzaklıklarda bile etkindir ve bu ortamda önemli rol oynar. Öte yandan moleküllerin ısısal hareketi ve yıldızlararası gazın çalkantılı hareketleri çekim kuvvetine karşı bir basınç üretir.

Çekim kuvvetinin büyüklüğü karşısında bu denge bozulduğu anda bir yıldız veya bir yıldız grubu oluşabilir. Çok genel anlamda söylenecek olursa, yıldızlararası gaz bulutunun kütlesi belli bir kritik kütleyi aşarsa yıldız oluşumu görülür.

Çok soğuk dev moleküler yapılar yıldız oluşum yerleridir. Kütleleri milyon güneş kütlesine varacak kadar çok büyüktür ve düzgün olmayan yapıya sahiptirler.

Yeni oluşan veya çok genç yıldızların gözlemi yıldız oluşum kuramlarına büyük katkı sağlar. Yıldızların oluşumu moleküler bulutun evrimiyle doğrudan ilişkilidir. Yıldız oluşumları hakkında bilgi edinmenin bir yolu da yakın gökadalardaki bu tür yapıları araştırmaktır.



Cepheus takımıyıldızında yıldız oluşum bölgesi.



Yıldız oluşum bölgesi, Triangulum Bulutsusu.

İLKEL GEZEĞENİMSİ SİSTEMLER

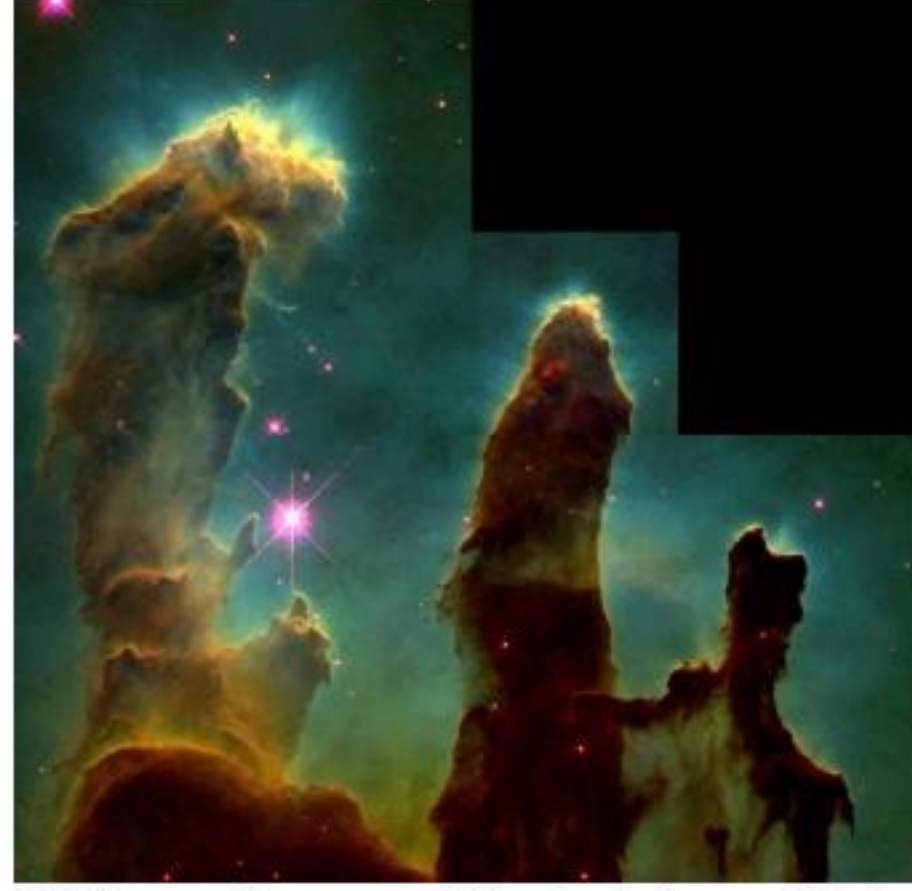
Astrofizik gezegenli yıldızların araştırılmasında büyük ilerleme kaydetmiştir. Kozmogoni olarak adlandırılan bu alan gezegen sistemlerinin oluşumunu araştırır. Yıllarca bu alanda görülen durgunluk gezegenli sistemlerinin kolay gözlenememesinden kaynaklanır.

Eğer güneş sisteminin 4.5 milyar yıl önce nasıl oluştuğunu anlamak istiyorsak ya bu sistemin tüm elemanlarının yapısına ilişkin ipuçlarını bulmalıyız ya da evrimlerinin farklı evrelerindeki diğer gezegen sistemlerini gözlemeliyiz. Bu yolla bir gezegen sisteminin oluşum tarihini yeniden oluşturmayı deneyebiliriz.

Örneğin, bu çalışmalar yıldızlar için yapılır. Bir yıldızı evrimi boyunca milyonlarca yıl gözlemektense, farklı evrim basamaklarında olan milyonlarca yıldızı aynı anda gözlemek daha faydalıdır. Gözlemlerle kuramları karşılaştırdığımızda bir yıldızın yaşamı ortaya konur. Bundan başka, bir gezegen sistemi oluşumunun olasılığı bilinmelidir. Genelde kabul edilen yıldız oluşum kuramları, gezegenler için de önerilir. Gezegenler, genç

yıldızlar etrafında yoğunlaşan bir yıldızlararası ortamdan oluşur. Eğer bu kuram doğruysa, gezegen sistemleri birçok yıldızın etrafında olmalıdır.

Kabul edilen en iyi senaryo: gezegen sistemi yıldızla aynı zamanda, bir yıldızlararası buluttan oluşur. Birçok araştırma son büzülme evresini gözlemeyi amaçlar. Bu evrede büyük bir gaz ve toz disk üretilir.



Yıldız oluşum bölgelerinden Eagle (Kartal) Bulutsusu.



Yıldız oluşum bölgelerinden Orion (Avcı) Bulutsusu.

CÜCE YILDIZLAR

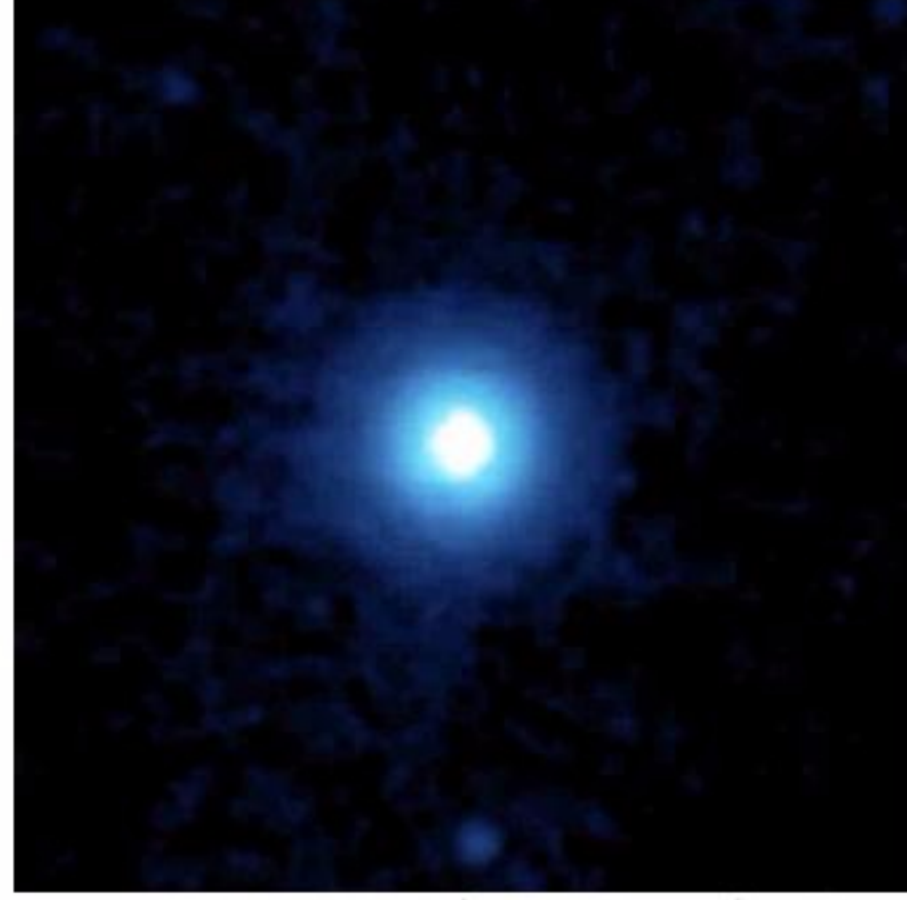
Yıldız, yaşamı boyunca, çekim ve basınç kuvvetlerini dengelemeye çalışır. Yıldız ortamının donukluğu ışıınım enerjisinin aktarılmasında temel bir rol oynar. Eğer, ortam geçirgense, enerji hızla kaçar; donuksa, enerjinin kaçması büyük zaman alır. Dolayısıyla, donukluk ortamın enerji akışını ve bu yüzden ışıınım gücünü kontrol eder.

Varsayalım ki, nükleer reaksiyonlar yıldızın dışarıya yaydığı ışıınımdan daha fazlasını üretsinsin. O zaman çekim ve basınç arasındaki denge bozulacak ve yıldız genişleyecektir. Bu durumda yıldızın dış katmanlarının donukluğu düşecek ve fotonlar kolayca yıldızı terk edeceklerdir. Bu genişleme merkez bölgelerini de etkiler. Burada sıcaklık düşer, nükleer reaksiyonların hızı azalır ve sistem kararlı bir duruma geçer.

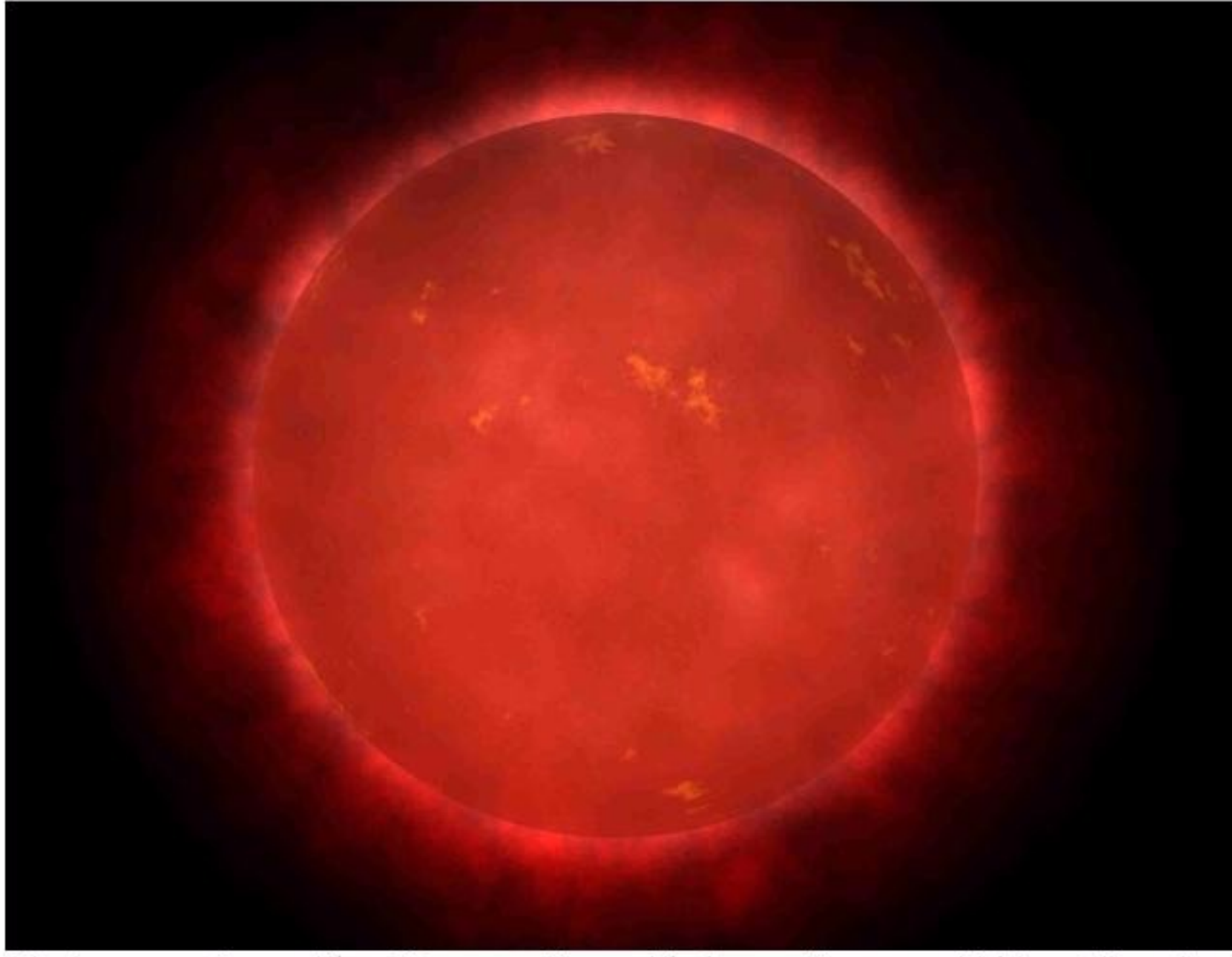
Öte yandan varsayalım ki, nükleer reaksiyonlar çok küçük enerji üretsinsin: o zaman yıldız büzölmeye başlayacaktır. Gazın sıcaklığı yükselecek, termonükleer reaksiyonlardan çıkan enerji akışı hızlanacak ve denge yeniden kurulacaktır.

Nükleer reaksiyonlar büzölmeye evresinin sonuna hidrojen yakarak

başlar. Yıldızın enerjisinin tümü nükleer reaksiyonlardan sağlandığı anda yıldız cüce yıldız demektir. Bir yıldız cüce ise, çekirdeğindeki tüm hidrojeni tüketinceye kadar cüce olarak adlandırılır. Yıldızın cüce olarak yaşam süresi başlangıç parametreleri olan kütle ve kimyasal yapıya bağlıdır. Kimyasal yapı çok değişmediğinden önemli bir rol oynamaz. Ancak, bu durum kütle için geçerli değildir.



Güneş'ten 2.5 kat daha kütleli bir cüce yıldız olan Vega'nın etrafındaki olası kalıntı disk yapının kızılöte görüntüsü.



Bir kırmızı cüce yıldız. Kırmızı cüce yıldızların yüzey sıcaklıkları Güneş'ten daha soğuk olup, yaklaşık 4500 ile 3000 derece arasında değişir. Bu yıldızlar Güneş'e göre aynı zamanda daha küçük yarıçaplı ve daha küçük kütleli de olurlar. Yüzeylerinde genelde Güneş fotosferinde görülen soğuk yıldız lekelerine rastlanır ve zaman zaman ani parlamalar gösterirler. Bu tür yıldızlar Flare yıldızları olarak adlandırılır. Merkezlerindeki nükleer tepkimeleri çok yavaş sürdürdüklerinden evrimleri Güneş'e göre uzun zaman alır. Güneş'e en yakın yıldız olan Proxima Centauri, bir kırmızı cüce yıldızdır.

DEVLER ve SÜPERDEVLER

Bir yıldız çekirdeğinde hidrojeni tükettiği anda cüce yıldız tanımı kalkar. Çekimsel büzülme dönemi başlar ve hidrojen, çekirdeği saran katmanda yanmaya devam eder. Büzülme, yıldıza ekstra bir enerji kaynağı kazandırır ve onun ışıınım gücünü artırır. Işıınım basıncı artar ve zarfı dışarı doğru iter. Yıldızın yarıçapı başlangıç değerinin 50 katı kadar artabilir. Bu yüzden, yıldızın yüzey alanı artar. Işıınım gücü artmasına rağmen, birim yüzeyden çıkan enerji azalacağından sıcaklığı düşer. Salınan ışık cüce yıldızdan çıkandan daha kırmızı olacağından yıldız artık bir kırmızı dev olmuştur.

Yıldız kırmızı dev evresindeyken, kütle kayıpları artar. Yıldızlararası ortama atılan bu fırlatmanın nedeni henüz tam olarak anlaşılamamıştır. Genel düşünce, ışıınım basıncının dış katmanlardaki çekim kuvvetinden daha fazla olmasıdır. Diğer bir varsayıma göre, fırlatmanın nedeni çalkantılı hareketlerdir.

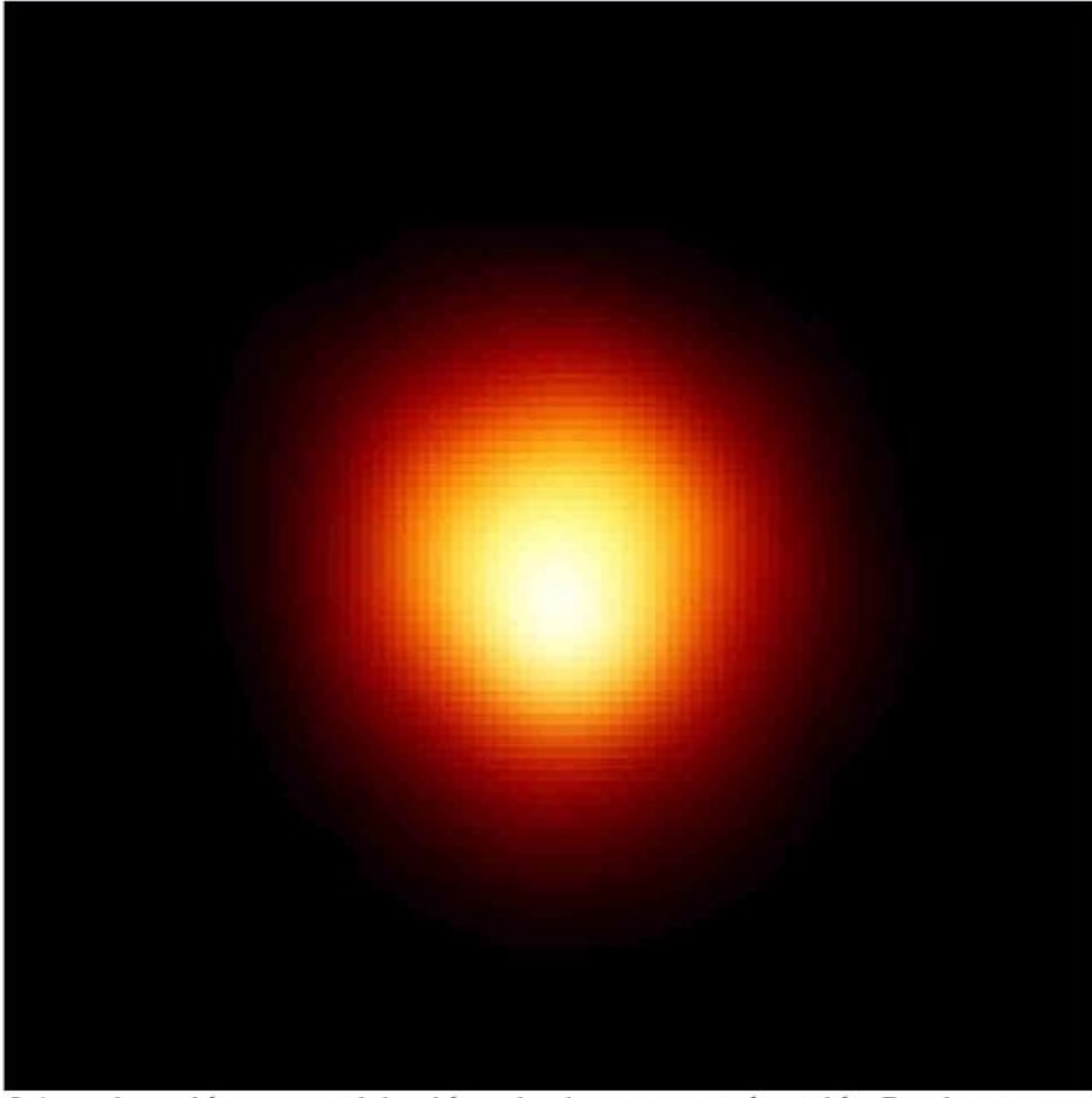
Güneş'ten yaklaşık 8 kat ve üzeri daha büyük kütleyle sahip olan cüce yıldızların hepsi evrimleri sonuna doğru süperdev yıldız olur. En büyük kütleli

yıldızların hepsi nükleer yakıtlarını çok çabuk tüketirler. Birkaç milyon yıl içinde tüm evrelerden geçebilirler. Büyük kütleli bir yıldızın ışıınım gücü onun evrim yolu içinde çok az değişir. Öte yandan, yarıçap güneşin 1000 katı fazlasına kadar ulaşır ve bu yıldızlar süperdev bölgesinde bulunur.

Bu yıldızlarda hidrojen ve helyumdan sonra karbon yanmaya başlar. Daha sonra ise oksijen, silikon ve magnezyum gibi ağır elementler oluşur. Eğer, yıldızın kütlesi yeterince büyükse; reaksiyonlar demire kadar devam eder. Bu evre, nükleer reaksiyonların son ürünüdür. En dış katmanlarda hidrojen bulunurken, içeri doğru ayrı ayrı katmanlarda helyum, karbon, oksijen, silikon yanar.



Yer-Güneş uzaklığından bakıldığında mavi süperdev yıldız Rigel.



Orion takımyıldızının en parlak yıldızı olan kırmızı süperdev yıldız Betelgeuse.

GEZEENİMSİ BULUTSULAR

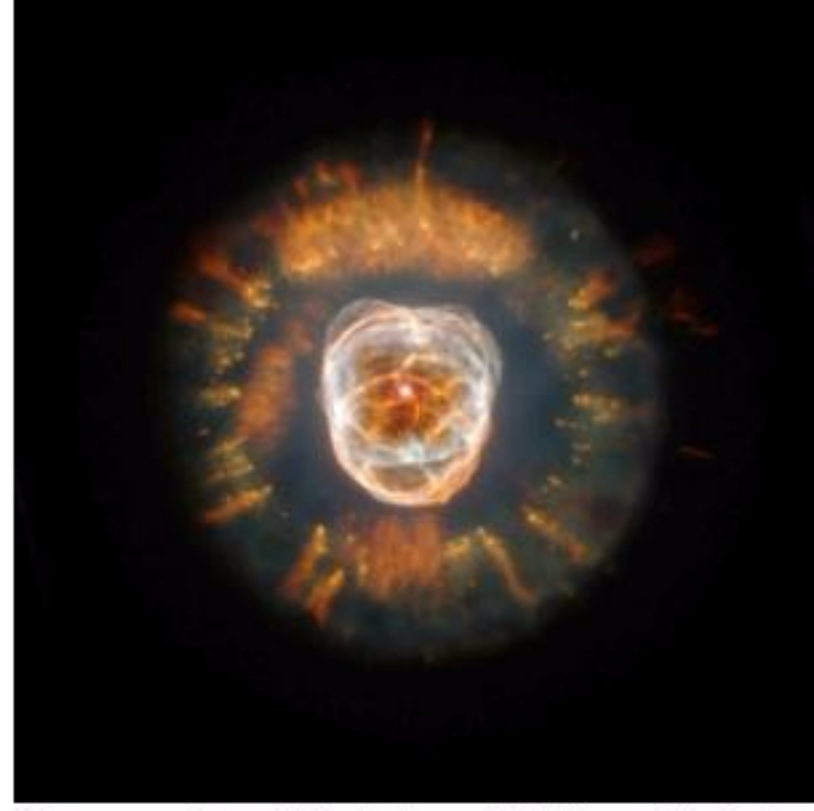
Gezeenimsi bulutsular sıcak yıldızları çevreleyen daha çok dairesel şekilli gaz yapılarıdır. Gezen benzeri disk yapılı görüntülerinden dolayı 18. yy'da W. Herschel tarafından bu isim verilmiştir. Merkezdeki yıldızdan çıkan ışıının etraftaki gaz zarfı uyartır ve parlak bir bulutsu olarak görünmesini sağlar. Zarfın atomları yıldızdan gelen moröte ışıınınını soğurur ve görünür, kızılöte ve radyo ışık olarak yeniden salar.

Merkezdeki yıldızın etkin sıcaklığı morötesi akısından dolayı çok sıcaktır. Genelde 30 000 derecedir ve bazen 100 000 dereceye ulaşır. Öte yandan, bu yıldızların ışıının gücü yüksek değildir (Güneş' ten biraz daha fazla ışıının salarlar). Bu durum, onların çok küçük yarıçaplara sahip olduğunu açıklar. Büyük çoğunluğu beyaz cüce olarak görünür.

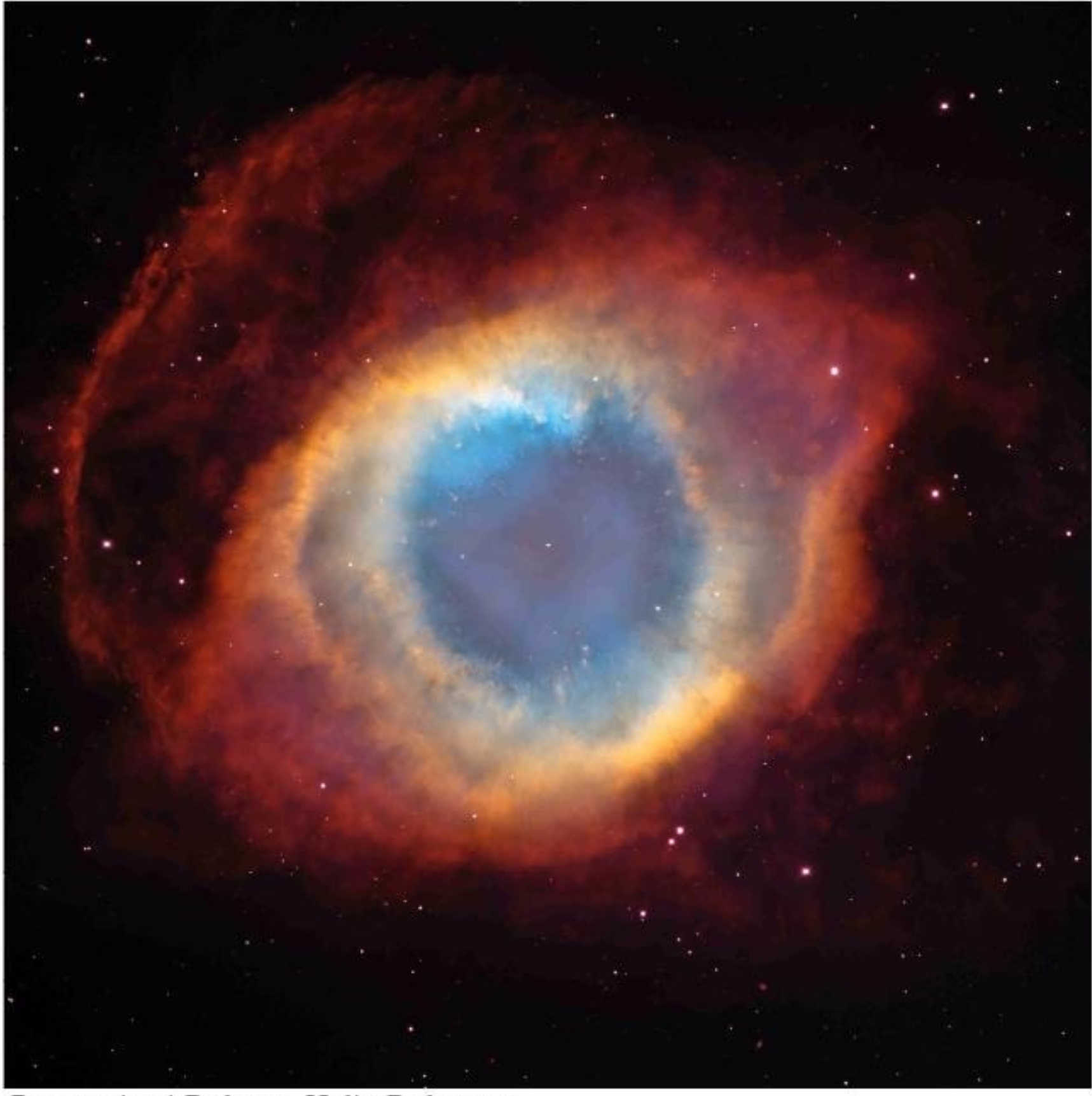
Bulutsuların kütlesi güneş kütlesinin 0.1 ile 0.2 katı arasında değişir. Gazın yoğunluğu çok düşüktür. Yapılar içinde toz da görülür. Zarf, saniyede birkaç on km. hızla genişler. Bulutsunun gerçek boyutunu belirlemek çok zordur. Açısal boyutları nispeten kolay ölçülmesine

rağmen, salt boyutlarını belirleyebilmek için önce uzaklıkların bilinmesi gereklidir.

Merkezdeki yıldız aslında garip bir özelliğe sahiptir. Gezeenimsi bulutsunun uzaklığı; ancak, o bir yıldız kümenin üyesi ise elde edilebilir. Bazı durumlar için yarıçaplarının 0.5 ile 1 ışık yılı arasında değiştiği bulunmuştur. Gezeenimsi bulutsunun gazı sürekli olarak yıldız tarafından desteklenmediğinden, genişleme yıldızlararası ortama yayılarak 100000 yılda tamamlanır. Hemen hemen bin tane gezeenimsi bulutsu bilinmektedir.



Gezeenimsi Bulutsu, Eskimo Bulutsusu.



Gezegenimsi Bulutsu, Helix Bulutsusu

BEYAZ CÜCELER

Fizikçiler güneş sisteminde gözlenen yoğunluklardan daha yoğun bir maddenin fiziksel oluşumunun olasılığını yirminci yüzyılın başlarına kadar düşünemediler. 1920'li yıllarda kuantum mekaniği maddenin daha iyi anlaşılmasını sağladı.

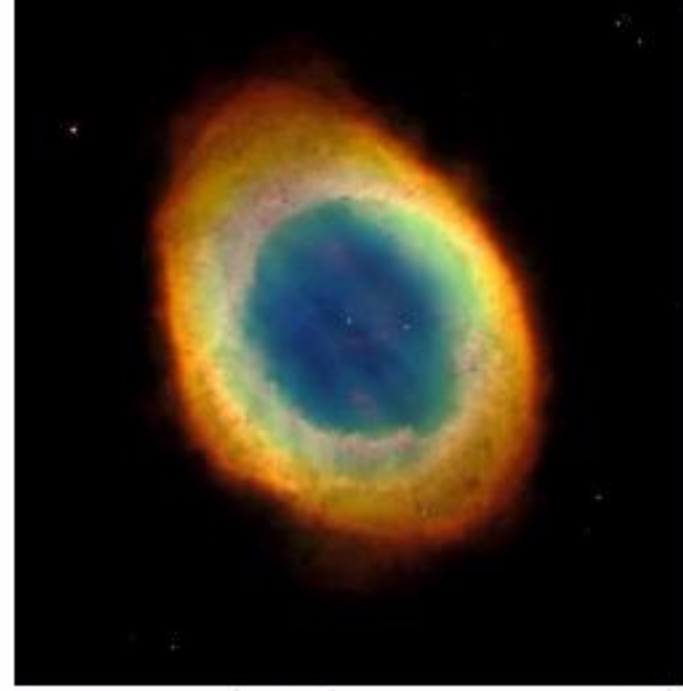
Büyük kütleli bir gökcisminin çekim kuvveti, kendi maddesini elektronları yoğunlaşmış bir duruma sıkıştırabilir. Bu durum beyaz cüce olarak adlandırılan yıldızlarda görülür. Bir beyaz cücenin içi "soğuktur" (sıcaklık aslında bir milyon dereceye ulaşsa bile).

Beyaz cüceler için bir kuram geliştiren Chandrasekhar, kütlelerin 1.4 güneş kütlelerinden daha büyük olamayacağını önermiştir. Bu değer üstünde, elektronlar ışık hızına yakın hızlara sahip olurlar ve çekim kuvvetini dengeleyecek yeterince yüksek basınca sahip olamazlardı.

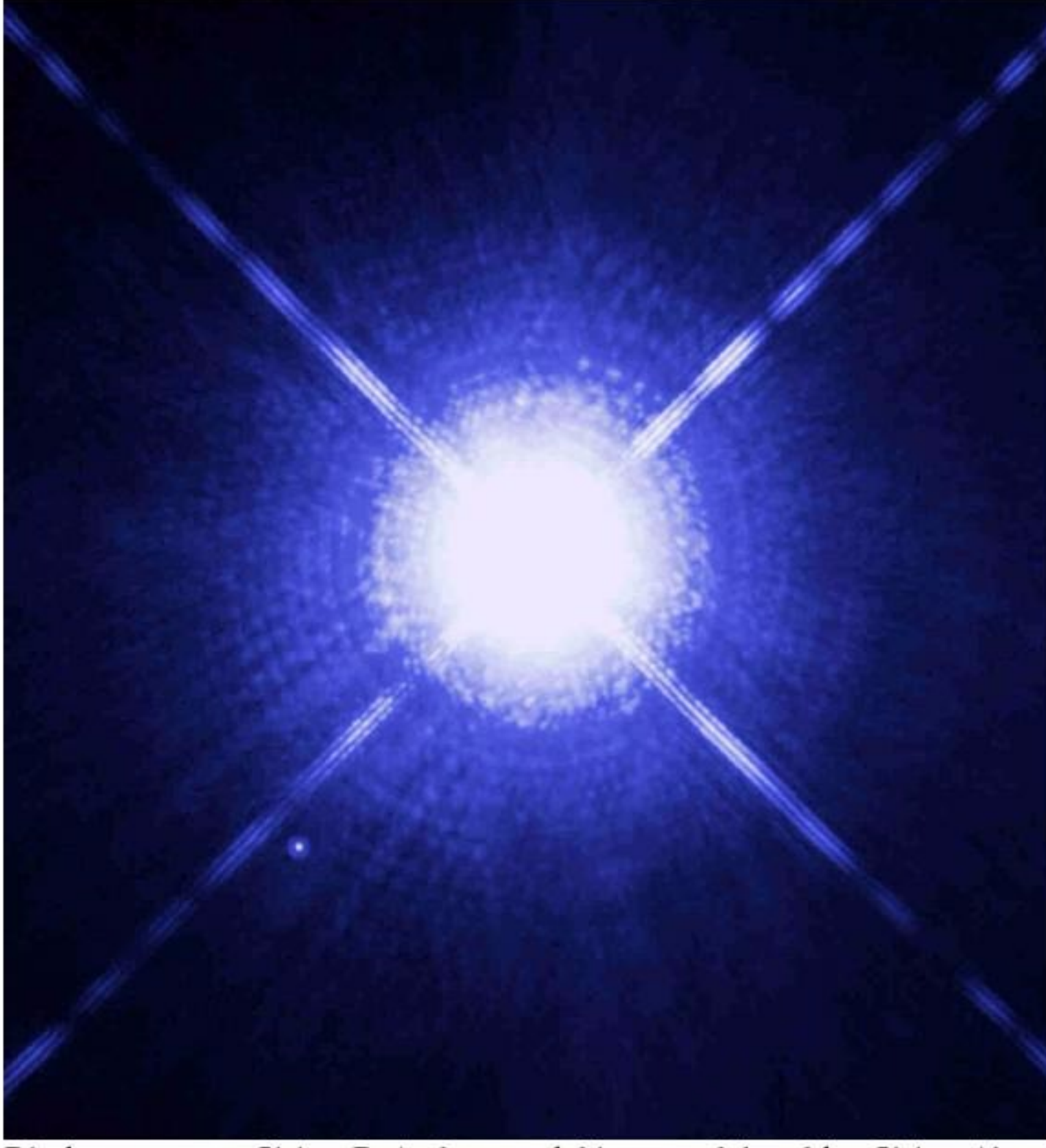
Beyaz cüceler 1910 yılında gözlenmiş olmalarına rağmen, onların kökeni anlaşılamamıştır. Renkleri (veya yüzey sıcaklıkları) ile görünür parlaklıkları arasında bir ilişki kurulabilir. Bu tür cisimlerin varlığı

hızla onaylandı ve 1917'de yeni bir örnek bulundu: Sirius B. Bilinen beyaz cüceler listesi her gün kabarmaktadır. Bugün, birkaç yüz tanesinin kimlikleri saptanmıştır. Daha binlerce yıldız adaydır. Gökadamızdaki yıldızların %10'unun beyaz cüce olduğu tahmin edilmektedir.

Bir beyaz cücenin merkez sıcaklığı 1milyon dereceden az olsa da, atmosferi normal bir yıldızınkinden daha sıcaktır. Bu yıldızların bünyesel ışıyım güçleri çok düşük olduğundan yalnız güneş sistemine çok yakın olanlar gözlenebilir.



Merkezinde beyaz cüce bulunan gezegenimsi bulutsu, Ring Bulutsusu.



Bir beyaz cüce, Sirius B (gökyüzündeki en parlak yıldız Sirius A'nın bileşeni).

NOVALAR

Novalar, parlaklığında ani büyük artış gösteren yıldızlardır. Nova ismi, Latince'de yeni yıldız "nova stella" anlamına gelir. Parlaklık daha sonra yavaşça azalır. Süpernova durumunda olduğu gibi novalar patlamalı yıldızlardır. Ancak, novalar süpernovalardan kolayca ayırt edilebilirler, saldıkları enerji miktarı çok daha azdır.

Cüce novalar bir kaç ayda bir tekrarlayan patlama gösterirler. Ancak, bu patlamalar süpernovalarda olduğu gibi yıldızın hayatını etkileyecek cinsten değildir. Nova Cygni benzeri novalar bilinen geçmişleri içinde yalnız bir kere patlama göstermişlerdir. Ancak, her on bin yıl ya da yüz bin yılda bir patlayacakları sanılır.

Tekrarlı novalar daha az enerjik patlamalarını her on ile yüz yıl arasında gösteren novalardır. Bir gökada da her yıl bir kaç düzine kadar nova gözlenirken bir süpernova olayına 30-50 yılda bir rastlanır.

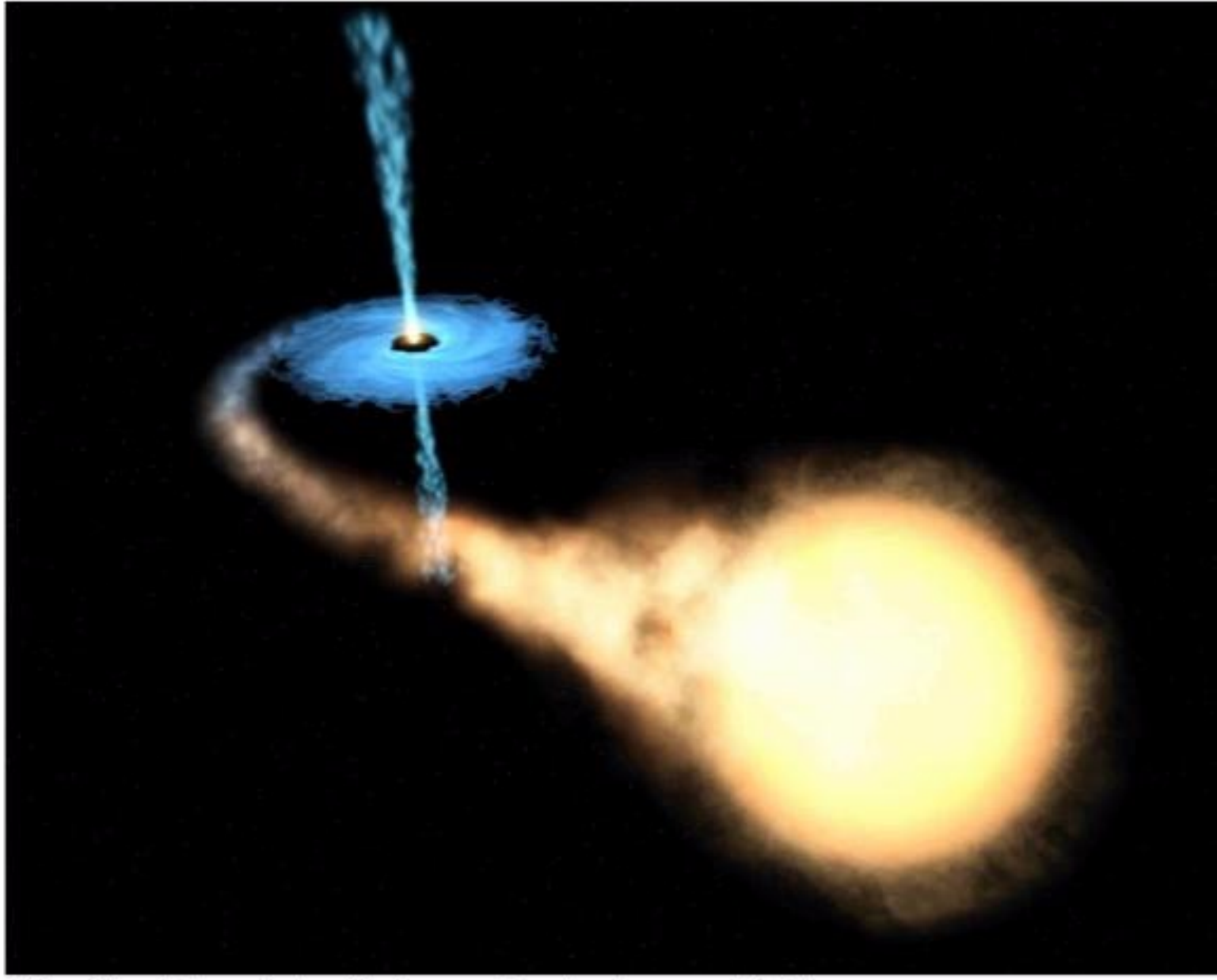
Novalar süpernovalardan daha fazla sayıda olsalar bile, novalardan salınan toplam enerji miktarı daha azdır. Bir süpernova patlaması ortalama olarak bir

nova patlamasından bir milyon kat daha fazla enerji üretir.

Bir nova patlaması sırasında yıldızın yalnız dış katmanlarının etkilendiği görülmüştür. Novalar aslında tamamen farklı cisimler içermelerine rağmen hepsinin tek bir ortak özelliği, yakın çift yıldız sistemlerinin üyeleri olmalarıdır. Bu durum patlama mekanizmasını açıklayan nedenlerden biri olarak kabul edilir.

Bir çift sistem evrim basamağı içinde bileşenlerinden biri beyaz cüce ve bir soğuk yıldız olan bir nova sistemi içerebilir. Soğuk yıldızın dış katmanları belli bir yarıçapı geçtiği zaman beyaz cüceye doğru çekilir. Bu olay beyaz cüce etrafında bir toplanma diski oluşturur.

Bu disk, yüksek sıcaklığından dolayı tayfın moröte ve X-ışın bölgelerinde gözlenir. Bir yıldızdan diğerine madde aktarımı olağan bir şekilde sürmez. Aktarılan madde çok yüksek hızlara ulaştığından sıcaklığı çok yüksektir. Patlama mekanizması en genel olarak aşağıdaki biçimde tanımlanabilir: çoğunluğu hidrojenden ve helyumdan oluşan soğuk yıldızdan gelen madde beyaz cücenin dış katmanları üstüne



Bir çift yıldız sisteminde yeralan toplanma diski.

düşer. Yüzey üstünde yeterli madde toplandığında, katmanın tabanı sıkışır ve ısınır. Bu durum, beyaz cücenin dış katmanları ve düşen madde arasında karbon-azot-oksijen çevrimi reaksiyonlarını başlatır. bu çevrimin başlayabilmesi için sıcaklığın 100 milyon

dereceye ulaşması gerekir. Bu gibi yüksek sıcaklıklarda hidrojen, helyum, karbon, azot ve oksijen içeren patlamalı nükleer reaksiyonlar ateşlenir; bir saatlik kısa zaman içinde dış katmanları patlatacak yeterli enerji üretilir.

SÜPERNOVALAR

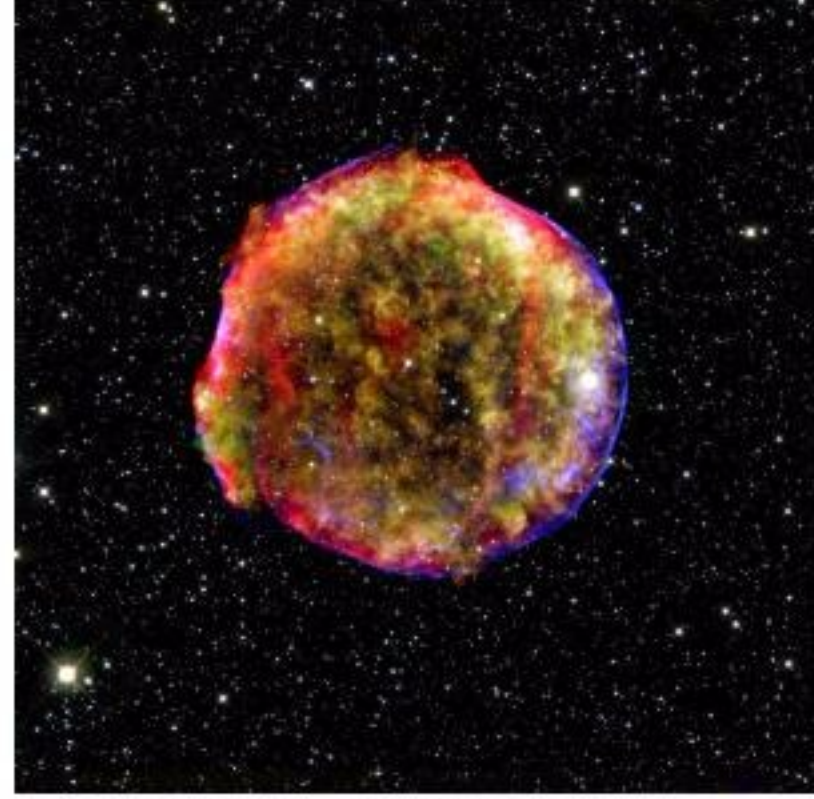
Süpernova, bir yıldızda bulunan tüm maddenin uzaya yayıldığı patlama olayıdır. Bazı yıldızların evriminin son basamağını işaret eder. Böyle bir olay bizim gökadamızda otuz yılda bir olur. Gökadamızdaki çoğu süpernova patlamaları yıldızlararası toz yüzünden saptanamaz.

Bir yıldızın evrimi onun kütesine ve kimyasal yapısına bağlıdır. İki tür süpernova vardır; Tür I süpernovalar, nispeten küçük kütleli yaşlı yıldızların; Tür II süpernovalar ise büyük kütleli genç yıldızların patlamasından kaynaklanır. Tür I süpernovalar maksimum ışıpta Tür II süpernovalardan yaklaşık üç kat daha fazla ışıyım gücüne sahiptirler. Işıyım gücü, maksimuma ulaştıktan sonra ilk bir kaç ay içinde azalır.

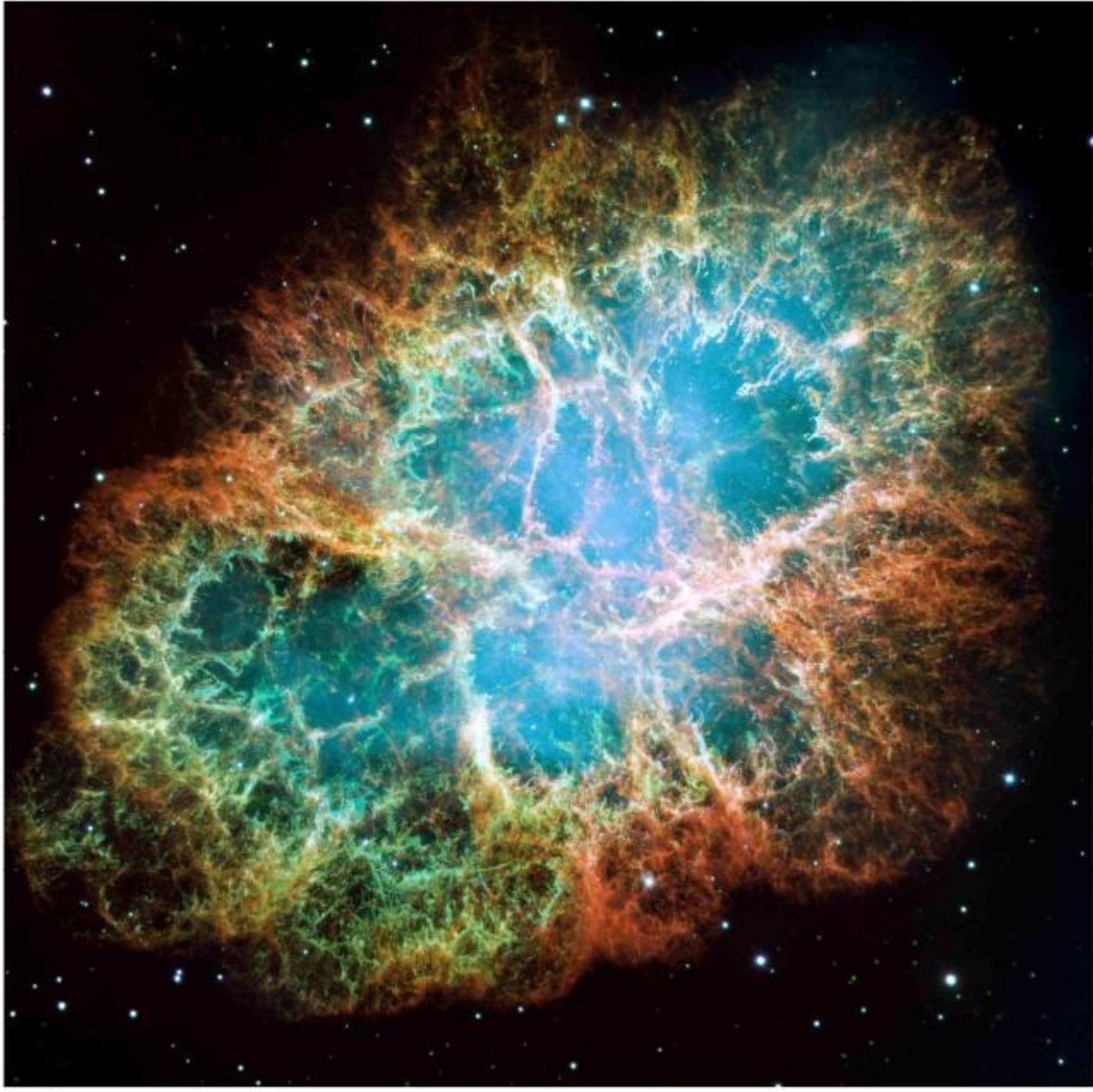
Patlamanın ilk anı içinde serbest kalan enerji, inanılmaz bir enerji olup Güneş'in 9 milyar yıl (Güneş yaklaşık 4.5 milyar yıl yaşında) içinde yaydığı toplam ışıyımına karşılık gelir. Türe bağlı olarak 1-10 güneş kütesinde gaz açığa çıkarırlar. Bu kütle, süpernova öncesi toplam kütleye karşılık gelir. Yani, patlamadan sonra geriye hiç bir şey

kalmıyor. Ancak, biliyoruz ki 1968 yılında pulsarlar (hızlı dönen nötron yıldızları) bulunduğundan beri, patlamadan sonra geriye çok yoğun bir cisim kalmaktadır. Bir yıldızın çekirdeği olan bu cisim, birbirine değen nötronlardan oluşmuştur.

Süpernova patlamalarına önerilen mekanizma bugün hala tartışılmaktadır. Çoğu kuramlarda enerji nükleer kökenlidir. Kuramlar yoğun bir çekirdeğin (pulsar) nasıl oluştuğunu ve nükleer enerjinin yıldızın dış katmanlarını uzaya fırlatacak kinetik enerjiye nasıl dönüştüğünü açıklayabilmelidir.



Tycho süpernova kalıntısı



Crab (Yengeç) Bulutsusu, süpernova kalıntısı.

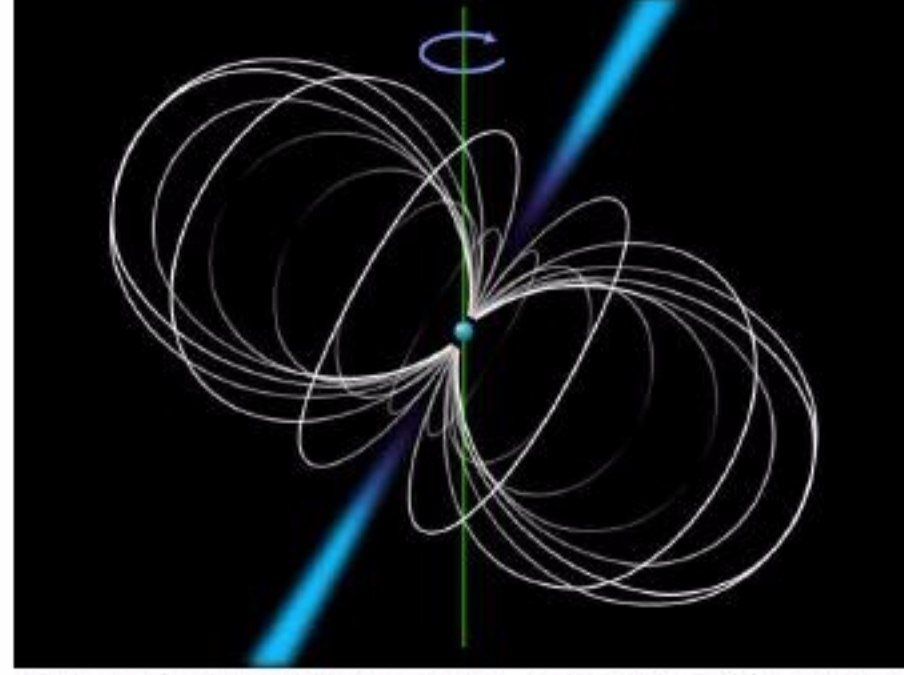
NÖTRON YILDIZLARI

Büyük kütleli bir yıldız termonükleer yakıtını tükettiği zaman, kendi çekim kuvveti altında çökerek bir süpernova patlaması yapar. Eğer, büzülen madde 1.4 güneş kütesinden daha küçükse, çökme yozlaşmış elektron basıncı yardımıyla durur ve son evrede beyaz cüce kalır. Ancak, daha büyük kütleli bir yıldızın çekimsel büzülmesi sonucunda ne olur?

Çekim çok kuvvetli olursa, elektronlar atomik çekirdeklerin içine doğru itilir, protonlar nötrona dönüşür. Nötronlar tamamen yozlaştığında, iç basınç çökmeyi durdurur.

Nötron yıldızı bir beyaz cücenin uç örneğidir. Yaklaşık aynı kütleli bir nötron yıldızı daha küçük bir yarıçapa sahiptir (~15km). Dolayısıyla yoğunluk daha fazladır. Bir nötron yıldızının sıcaklığı yaklaşık 10 milyon derecedir. Fakat, çok küçük boyutu yüzünden, böyle bir cismi optik olarak kaydetmek olanaksızdır. Bir nötron yıldızının kütlesi 3 güneş kütesini aşamaz. Bu değer in üstünde, çekim yozlaşmış nötron basıncına karşı gelir ve sonuçta yalnız kara delik olur.

Bu çok yoğun yıldızların iki önemli özelliği, onların hızlı dönmesi ve kuvvetli manyetik alanlarıdır. Biliyoruz ki, yıldızların büyük çoğunluğu yavaş olmak üzere, hepsi döner. Yıldız çöktükçe dönme hızı artar. Bu yüzden bir nötron yıldızı saniyede bir çok kez dönebilir. Buna benzer olarak Yer’de de olduğu gibi tüm yıldızların zayıf bir manyetik alanı vardır. Yıldız çöktükçe, alan şiddeti artar, çünkü manyetik alan daha küçük yüzey üzerinde yoğunlaşır. Bu iki özellik nötron yıldızlarının bir pulsar olarak saptanmasını sağlar.



Bir pulsarın (atarcanın) şematik gösterimi. Ortadaki küre, nötron yıldızını temsil ederken, etraftaki eğrisel çizgiler, manyetik alan çizgileridir.



Crab (Yengeç) Pulsarı, en hızlı dönen pulsarlardan biri olarak bilinir. Saniyede 33 kere döner. Bir pulsarın dönme hızı zamanla azalır. Bundan dolayı, genç pulsarlar yaşlılardan daha hızlı dönerler.

KARA DELİKLER

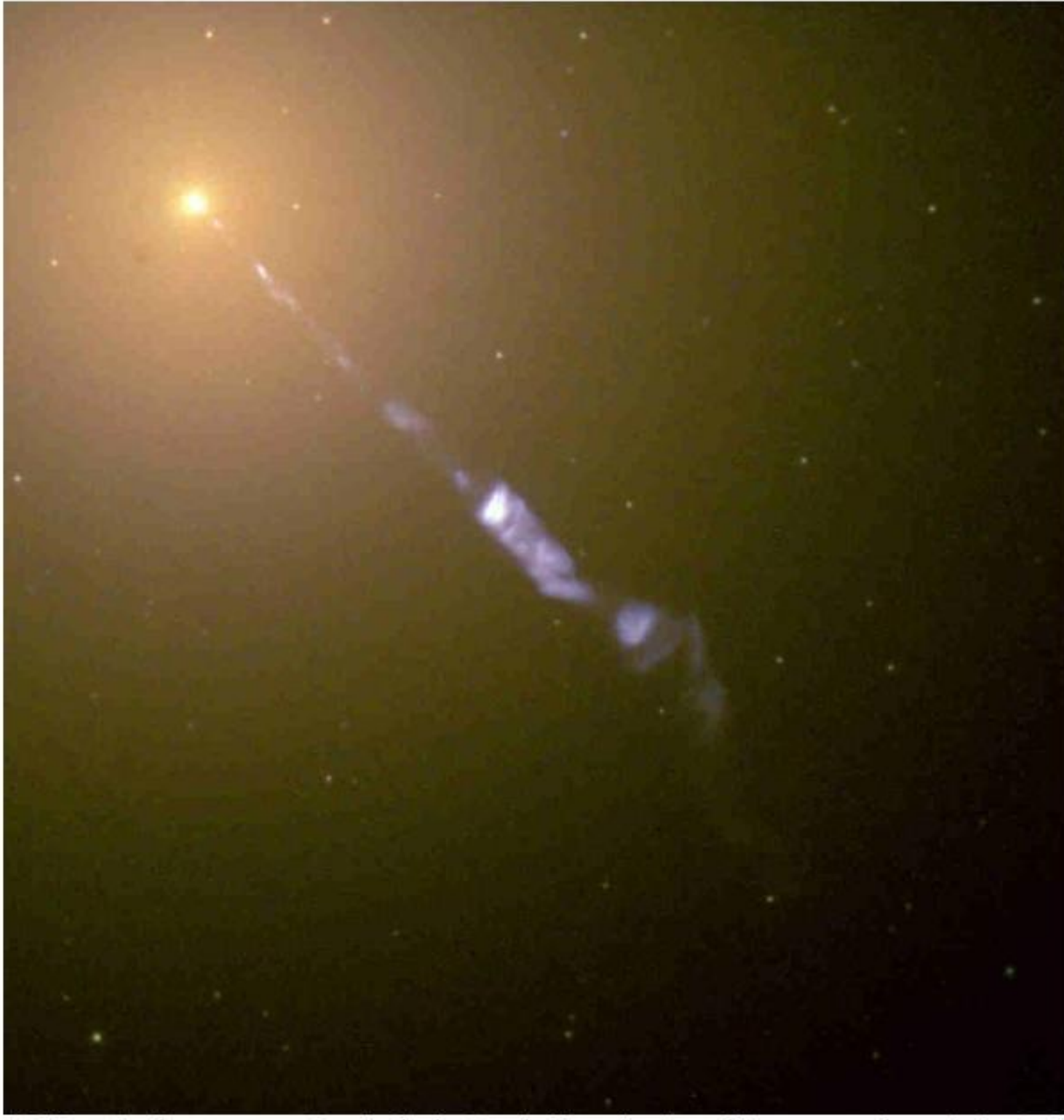
Hidrojen ve helyum gibi termonükleer yakıtın tamamı yıldızın çekirdeğinde tüketildiği zaman, çekirdek çekimsel büzölmeye uğrar ve yıldızın evrimi çok yoğun sıkışık bir cismin oluşumuyla son bulur. Beyaz cüceler ve nötron yıldızları bu tür cisimlere örnektir. Fakat, beyaz cücelerın kütleleri 1.44 güneş kütlelerini, nötron yıldızların kütleleri ise 3 güneş kütlelerini aşamaz. Daha büyük kütleler için, çekimsel büzölme elektronların veya yozlaşmış nötronların itme kuvvetlerinden dolayı daha uzun süre sıkışmaya devam edemez. Fakat, madde kendi üstündeki ezilmeyi sürdürerek kara deliğı oluşturur.

1915’de Einstein tarafından genel relativite kuramı yayınlandığından beri, çekimin uzayı bozduğu bilinir. Bu bozulma, çekimsel kuyu olarak görselleştirilir. Ortamda bulunan daha büyük kütleli ve daha yoğun cismin çekimsel kuyusu daha derin olur.

Çekimsel çökmenin final evresi olan kara delik, içinden hiç bir şeyin (ne parçacık ne ışık) kaçamadığı derin bir kuyu ile karakterize edilir. Kara deliğın kuyusu içine düşen tüm madde

gözlenebilir evren içinde gözlenemez duruma gelir. Maddenin bu kadar yoğun hali henüz doğrudan gözlenememiş olsa bile kara deliklerin varlığına dair kuvvetli deliller vardır.

Kara delikler İngiliz John Mitchell ve Laplace tarafından 18. yy’ın sonunda düşünülmüştür. Astronomlar bu kavramla ancak, 1960’lı yıllarda çok enerjik olayların gözlenmeye başlanmasıyla ilgilenir oldular. Bu çok enerjik olaylar, yıldızlar bazında incelenirse X-ışın çiftleri, gökada dışı kaynaklar bazında araştırılırsa aktif gökada çekirdekleri ve kuazarlar olmalıdır. X-ışın çiftleri, bir bileşeni çok sıkışık ve optik olarak görölmeyen, X-ışın salmaları yapan bir çift sistemdir. Daha büyük ölçekli incelemelerde, Seyfert, kuazar ve BL Lac gibi süperaktif gökadalara gözlenir. Bunlar normal gökadalardan çok daha büyük enerjiyi tüm dalgaboylarda salarlar. Önemli nokta; bu dehşetli olayların hepsi çok sıkışık cisimlerin varlığı ile ilişkilidir: örneğın, aktif gökada çekirdeklerindeki çok büyük kütleli yıldızlar veya dev kara delikler, X-ışın çiftlerinde nötron yıldızları veya kara delikler.



M87 gökadasının merkezinde bulunduğu tahmin edilen süper büyük kütleli bir kara delikten çıkan jet akıntısı.

ÇİFT YILDIZLAR

İki yıldız gökyüzünde birbirlerine çok yakın görünüyorsa ya bunlar aynı doğrultuya denk gelen aslında birbirlerinden çok uzak iki yıldız olabilir ya da gerçekten uzayda aynı yerde bulunan iki yıldızdır. İlk tür yıldızlara optik çiftler denir. Sayıları çok değildir.

Çift görülen çoğu yıldızın gerçekten fiziksel bağımlılıkları vardır, bunlar gerçek çift yıldızlardır. Herbir yıldız diğerinin etrafında elips yörüngede dolar. Optik çifti oluşturan yıldızların hareketleri ilişkisizdir. Birbirlerine yakın iki yıldız gözlediğimizde, onların hareketlerinin özellikleri bu yıldızların optik çift mi yoksa gerçek çift yıldız mı olduklarına karar vermemizi sağlar.

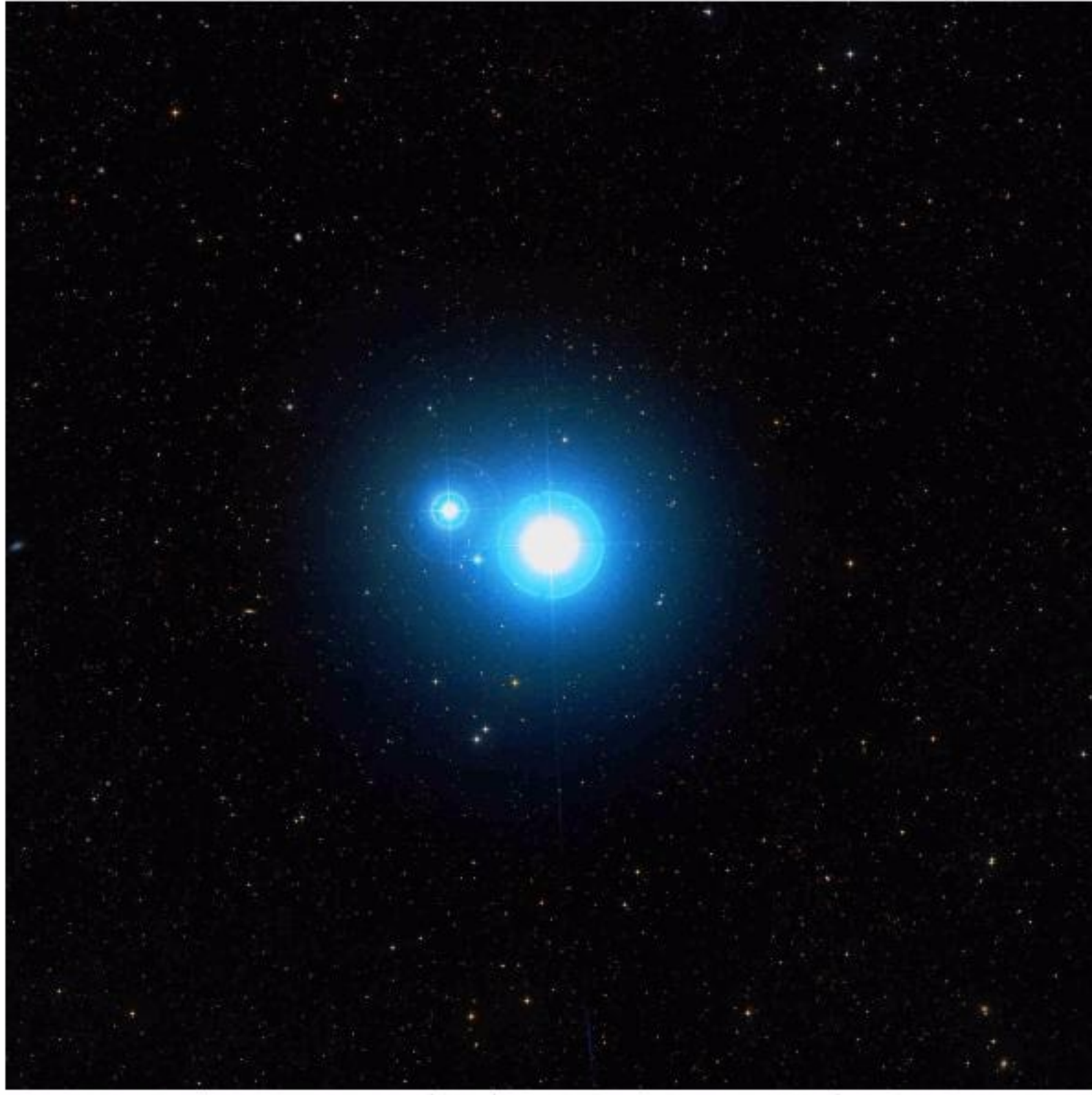
Ayrıca, en az üç yıldızlı çoklu sistemler de vardır. Karşılıklı çekim kuvvetleri diğer çekim kuvvetlerine baskın çıkar. Çift yıldızlar değişik gözlemler yoluyla saptanabilir. Bundan dolayı sınıflama saptama tekniklerine göre yapılır. Bu yüzden çift yıldızları üç sınıfta toplayabiliriz: görsel çiftler, astrometrik çiftler, tayfsal çiftler.

Eğer, bir görsel çift yıldızın uzaklığı biliniyorsa, yıldızlardan birinin

diğerine göre görelî yörüngesi ve yörünge dönemi, iki bileşenin kütlelerinin toplamını hesaplamak için kullanılabilir. Eğer, bu bileşenlerin herbirinin hareketi, sistemin çekim merkezine göre saptanabiliyorsa, herbir bileşenin kütlesini saptayabiliriz.

Tayfsal çift yıldızlar büyük teleskoplarla bile tek bir yıldız olarak görünür. Fakat, tayf çizgilerinin konumunda dönemli kaymalara rastlanır. Bu da iki yıldızın varolduğunu kanıtlar.

Bir çift yıldızın yörüngesine tam kenardan veya çok büyük bir açıyla bakıldığı zaman yıldızlardan biri dönemli olarak gözlemcinin bakış doğrultusuyla diğer yıldızın arasına girer. Böyle bir durumda tutulmalar veya örtülmeler görülür. Örtülmeler yıldızların görelî çapları ve yörünge düzleminin bakış doğrultusuna olan eğikliğine göre parçalı veya tam tutulma olabilir. Bu çift yıldızlar sistemin görünür parlaklığındaki dönemli değişimlerden saptanabilir. Bu tür yıldızlar örten çift yıldızlar olarak adlandırılır.



Alcor ve Mizar (görüntüde daha parlak olan yıldız), Büyük Ayı takımyıldızında çıplak gözle de görülebilen bir optik çift yıldızdır. Mizar'ın kendisi ise ancak teleskopla görülebilen bir görsel çift yıldızdır.

AÇIK YILDIZ KÜMELERİ

Gökadamızdaki yıldızların çoğu uzayda gelişigüzel dağılmışlardır. Ancak, bazı yıldız gruplarının kökeni ortaktır. Örneğin, bunlardan en iyi bilineni Ülker (Pleiades)'dir. Bu kümeler ayırt edilebilir bir kaç yüz genç yıldız içerir. Bu nedenle, genç yıldız kümelerine, açık yıldız kümeleri denir.

Açık küme yıldızlarının öz hareket çalışmaları, küme yıldızlarının hepsinin beraber hareket ettiğini gösterir. Bu da bize bu yıldızların bir fiziksel grup oluşturduklarını anlatır. Perspektiflik yüzünden, öz hareketlerinin doğrultusu gök küresinde belli bir noktaya doğrudur.

Açık kümeler, yıldızlararası maddenin ve genç yıldızlarının bulunduğu gökada diskinde yoğunlaşmışlardır. Bu nedenle açık kümeler bazen galaktik (gökadaya ait) kümeler olarak adlandırılırlar. Güneş'ten 3 kpc (kiloparsek) uzaklık içinde binden fazla açık küme olduğu bilinir. Daha büyük uzaklıklardaki kümeleri, artan gökada yoğunluğuna karşın ayırt etmek zordur. Açık kümelerin en yakınlarından biri Ursa Major Kümesidir. Gökada düzleminde uzakta

birkaç açık küme bulunmuştur. Bu özellik gökada düzlemimizin konumunu belirlememizde kullanılır.

Gökadamız içinde ortak uzay hareketlerine sahip diğer yıldız grupları da bulunmaktadır. O veya B yıldızları içeren bu gruplara OB oymakları denir. Bunlar hemen hemen yıldızlararası gaz ve toz yapıların yakınlarında bulunurlar.

Kümeler ve oymaklar, aynı yaşa ve aynı kökene sahip yıldızlarının gözlemini sağladıklarından astronomide büyük öneme sahiptirler.



Tarantula Bulutsusu'nda birkaç milyon yıl yaşında açık yıldız kümesi (sağ altta).



En meşhur açık yıldız kümelerinden biri olan Ülker (Pleiades, Yedi Kız Kardeş) Açık Yıldız Kümesi. Kış aylarında çıplak gözle bile görülebilir.

Bunların, aynı kimyasal yapıya sahip, homojen bir gaz buluttan oluştuklarına inanılır. Böylece, yıldızların evrim basamağını belirleyen üç bağımsız parametreden (yaş, orjinal kimyasal yapı ve kütle) ikisi

sabitleştirilmiş olur. Dolayısıyla aynı kimyasal yapıya ve aynı yaşa sahip yıldızların evrimine farklı kütlelerin nasıl etki yaptığı gözlenmiş olur.

KÜRESEL KÜMELER

Küresel kümeler isimlerini küresel yapıları görüntülerinden alırlar. M13 Herkül takımyıldızında çıplak gözle görülebilen bir küresel kümedir, ancak tek tek yıldızlarını görebilmek için büyük bir teleskoba gereksinim vardır.

Tipik bir küresel küme yüzbin ile bir milyon arasında yıldız içerir. Yıldızlar karşılıklı çekim kuvvetlerinden dolayı uzayda topluca dururlar. Birim hacimdeki yıldız sayısı kümenin dış bölgelerinden merkeze doğru artar.

Bizim gökadamızla ilişkili kümeler merkez etrafında küresel olarak dağılmışlardır. Şu anda yaklaşık 200 küresel kümenin olduğu bilinir. Herbir küme 200 milyon yıllık bir dönemle merkez etrafında basık bir yörüngede dolanır.

Gökadamızın küresel kümeleri çok yaşlıdır. Bunların yaşı kuramsal yıldız evrim modelleri temel alınarak hesaplatılan diagramlarla karşılaştırarak saptanmıştır. Küme yıldızları olup aynı kimyasal yapıları farklı kütleli yıldızların kuramsal evrimleri, kümelerin renk-parlaklık diagramlarıyla eşleştirilerek yapılır. Kararsızlıkların tümüne yanıt veren

yaşlar 10-15 milyar yıl arasındadır. Küresel kümelerin hepsi aynı ağır element bolluğuna sahip değildir. Ancak, hepsi en yaşlı açık kümelerden ağır elementçe daha fakirdir. Çünkü, küresel kümeler gökadamızda ilk oluşan yapılar olduklarından süpernova patlamaları ve nükleosentez işlemleri sonucunda üretilen yıldızlararası maddeyi içermezler veya çok az içerirler. Küresel kümelerin yaklaşık üçte ikisi, Güneş'ten yüz kat daha az ağır elemente sahiptir.

Bizim gökadamızdaki küresel kümelerin nasıl oluştuğuna ait genel görüş, ilkel gökada bulutunun parçalanması biçimindedir.



47 Tucane küresel kümesi



Büyük Herkül Küresel Kümesi

YILDIZLARARASI ORTAM

Gökadamızda yıldızlar arasında ortalama 2-3 parsek uzaklık vardır. Yıldızlar arasındaki uzay, yayılmış madde ile doludur. Bu maddenin kütlesi kendi gökadamız için, yıldızların toplam kütlesinin onda biri kadardır. Yıldızlararası ortam (YAO) ve yıldızlar birbirinden çok ayrı iki bölge gibi düşünülemez. Çünkü, yıldızlar bu ortam içinde doğar ve evrimleşir.

YAO bir yerden bir yere değişir ve bir çok biçimde gözlenir. Gözle görülmeyen karanlık bulutlar parlak Samanyolu arasında ancak belli olur. Gökyüzünün bu bölgelerinde yoğun yıldız bulutlarını görmemizi engelleyen büyük gaz ve toz kütleleri bulunur.

Uzun bir süredir bilinen gaz bulutsular yıldızlararası gazın diğer bir görünüşüdür. Burada genelde sıcak yıldızlar bulunur. Bu yıldızlardan çıkan ışınım, gazı iyonlaştırır veya ortamdaki tozun parlamasına yol açar (Yansıma Bulutsusu). Gözlemler, yıldızlararası gazın çoğu yerde yıldızlararası bulut formunda yoğunlaştığını ve çalkantılı hareketler gösterdiğini ortaya koymuştur.

YAO üzerine en iyi bilgi edinmenin bir yolu da gaz tarafından salınan radyo dalgalarının gözlemidir. Hidrojen, düşük sıcaklık ve yoğunluklarda ışınım salar. Uzayda her yüz atomdan doksanı hidrojen atomudur. Hidrojenin saldığı ışınımın gözlemleri gökadamızın hidrojenle zengin bölgelerinin haritasını çıkarmamıza olanak tanır. Bu gözlemler sonucunda hidrojenin, gökadanın diski yerine merkez bölgede ve dört sarmal kolda yoğunlaştığı görülmüştür.



Rosetta Bulutsusu



Orion (Avcı) takımyıldızı içinde Atbaşı Bulutsusu.

GAZ BULUTSULAR

Bulutsular, yıldızlararası uzaydaki maddenin varlığını gösteren en açık işaretlerdir. Gökadamızda yüzlercesi sayılmıştır. Gökada diskimizin yakınlarına dağılmışlardır. Yıldızlararası maddenin çoğu burada toplanmıştır. Birbirlerinden ayrılan dört tür bulutsu vardır: HII bölgeleri olarak adlandırılan iyonlaşmış hidrojen bölgeleri, yansıma bulutsuları, gezegenimsi bulutsular ve süpernova kalıntıları.

HII bölgeleri, çok büyük kütleli, çok sıcak ve çok yeğin moröte ışıınımı salan O türü yıldızlar tarafından üretilir. Yeğin moröte akı gaz baloncuklarının sıcaklığını 10000 dereceye kadar yükselterek ısıtır ve iyonlaştırır. Bulutun kalbinde bulunan bu sıkışık HII bölgeleri başlangıçta kendini göstermez. Genellikle sıcak tozdan salınan kızılöte ve radyo dalgalarıyla saptanabilir. Daha sonra baloncukların basıncı YAO'nun basıncından daha yüksek olur ve iyonlaşmaya başlayarak optik olarak görünür.

Yansıma bulutsuları tamamen farklı bir kökene sahiptir. Bu bölgeler yıldızlararası tozca zengindir ve yakınlardaki parlak yıldızlardan gelen

ışığı yayarlar. Mavimsi renkleriyle karakterize olurlar. Mikrometrenin onda biri boyutlarına sahip toz parçacıkları mavi ışığı kırmızı ışıktan daha çok yansıtarak, daha kolay görünmelerine neden olurlar.

Gezegenimsi bulutsuların adı onların teleskoptaki disk-benzeri görüntülerinden dolayı verilmiştir. Aslında, HII bölgeleri gibi merkezlerindeki çok sıcak yıldız tarafından iyonlaştırılan gaz bulutlarıdır. Parlak gaz merkezdeki yıldızın iyonlaşmış yüzey katmanlarının fırlatılması sonucunda oluşmuştur. Gezegenimsi bulutsular HII bölgelerine karşıt olarak sarmal kollarda bulunurlar. Orta kütleli dev yıldızların evrimlerinin son basamaklarıdır.



Lagoon Bulutsusu



Kuzey Amerika Bulutsusu. Kuğu (Cygnus) takımyıldızında bir salma bulutsusu.

Süpernova kalıntısı bir yıldızın ölümcül büyük patlamasının bir sonucudur. Kalıntı terimini kullanmak aslında hatalıdır. Çünkü, ışık salan bu bölge bir yıldızın kütlesinden daha

büyük kütleli gaz içerir ve yeni yıldızların oluşumuna yarar sağlar. Patlama sonucu serbest kalan büyük enerji miktarı büyük hızlarla ilerleyen bir şok dalgası üretir.

GÖKADAMIZ SAMANYOLU

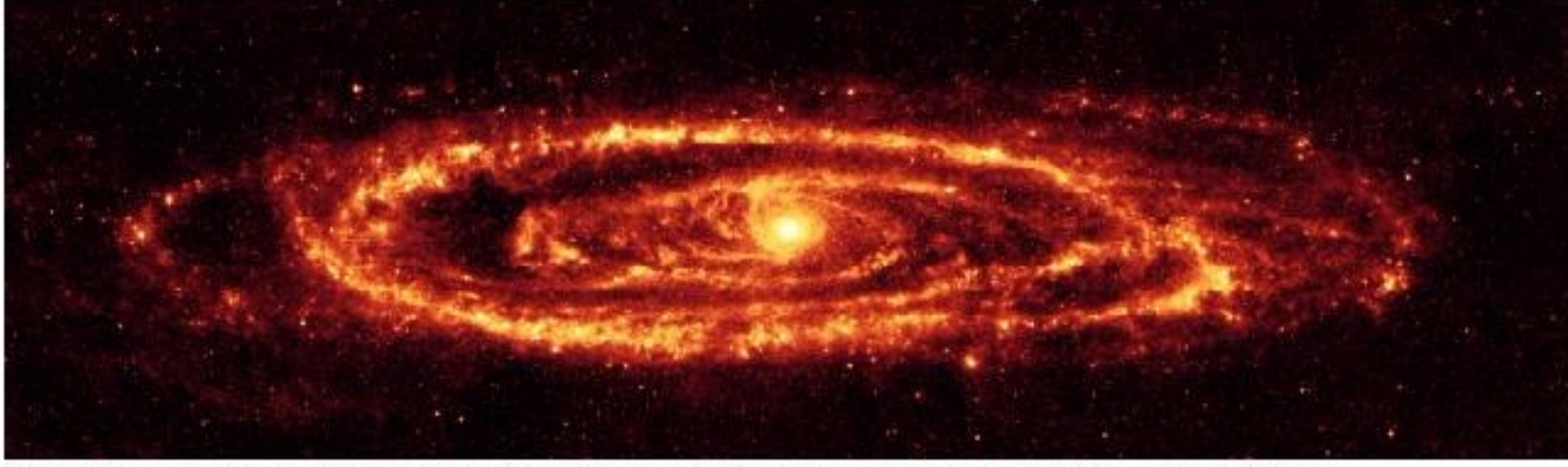
Samanyolu'nun açık ve Ay'sız bir gecede gökyüzünde görülen çok sayıda yıldızdan oluşmuş bir bant yapı olduğu Gökadamız içinde çoğunluğu güneş türü olan yaklaşık 200 milyar yıldız bulunur. Gökadamız sarmal bir gökadadır. Yandan bakıldığında iç içe kapatılmış iki çukur tabak görüntüsü verir. Bu yüzden görüntüsü, merkez bölgesi şişimli bir disk yapı şeklindedir. Merkezdeki şişimin çevresinde, küresel hacimli bir yıldız topluluğu bulunur ki adına halo denir.

Gökadamızın üç bileşeni: disk, şişim ve halodur. Bunların herbiri farklı yoğunluklu yıldızlararası ortama ve farklı türden yıldızlara sahiptir. Şişim, diske göre daha fazla sayıda yıldız

içerir.

Üç tür yıldız öbeği bilinir. Birincisi, küresel kümeler olarak bilinen yıldız kümelerindeki halo yıldızlarıdır. Halo yıldızları çok yaşlıdır. Gökada düzlemi dışında çok büyük hızlara sahiptirler. 15 milyar yıl önce oluştukları tahmin edilmektedir. İkinci olarak bilinenler, disk yıldızlarıdır. Gökada diskinde bulunurlar. Nispeten düşük hızlara sahiptirler. Bunlar, oymakları ve açık yıldız kümelerini oluştururlar. En genç disk yıldızları 4.5 milyar yıl yaşındadır.

Son grup, düşük kütleli şişim yıldızlarıdır. Yaşları halodakilerle karşılaştırılabilir düzeydedir. Bu yıldızlar şişimin turuncu-sarı renge bürünmesine neden olur. Yıldızlararası ortam temelde hidrojen içerir.



Samanyolu'nun Spitzer Uzay Teleskobu ile alınan kızılöte görüntüsü.



Samanyolu çekirdek bölgesinin kızılöte görüntüsü.

Aynı zamanda içinde birçok molekül bulundurur. Bunlar çok küçük katı parçacıklardır ve yıldızlararası toz olarak bilinir. Disk içinde yıldızların yoğun olarak bulunduğu sarmal kollar ve yıldızlararası gaz vardır. Bu kollar iyonlaşmış hidrojenin varlığıyla karakterize olur. Gökadamız sarmal

kolları ile birlikte gökada merkezi etrafında döner, fakat bu dönüş katı bir cisim dönüşü değildir. Güneş gökada merkezi etrafındaki dolanımını 200 milyon yılda tamamlar. Gökadamızın kimyasal yapısı da düzgün dağılmamıştır.

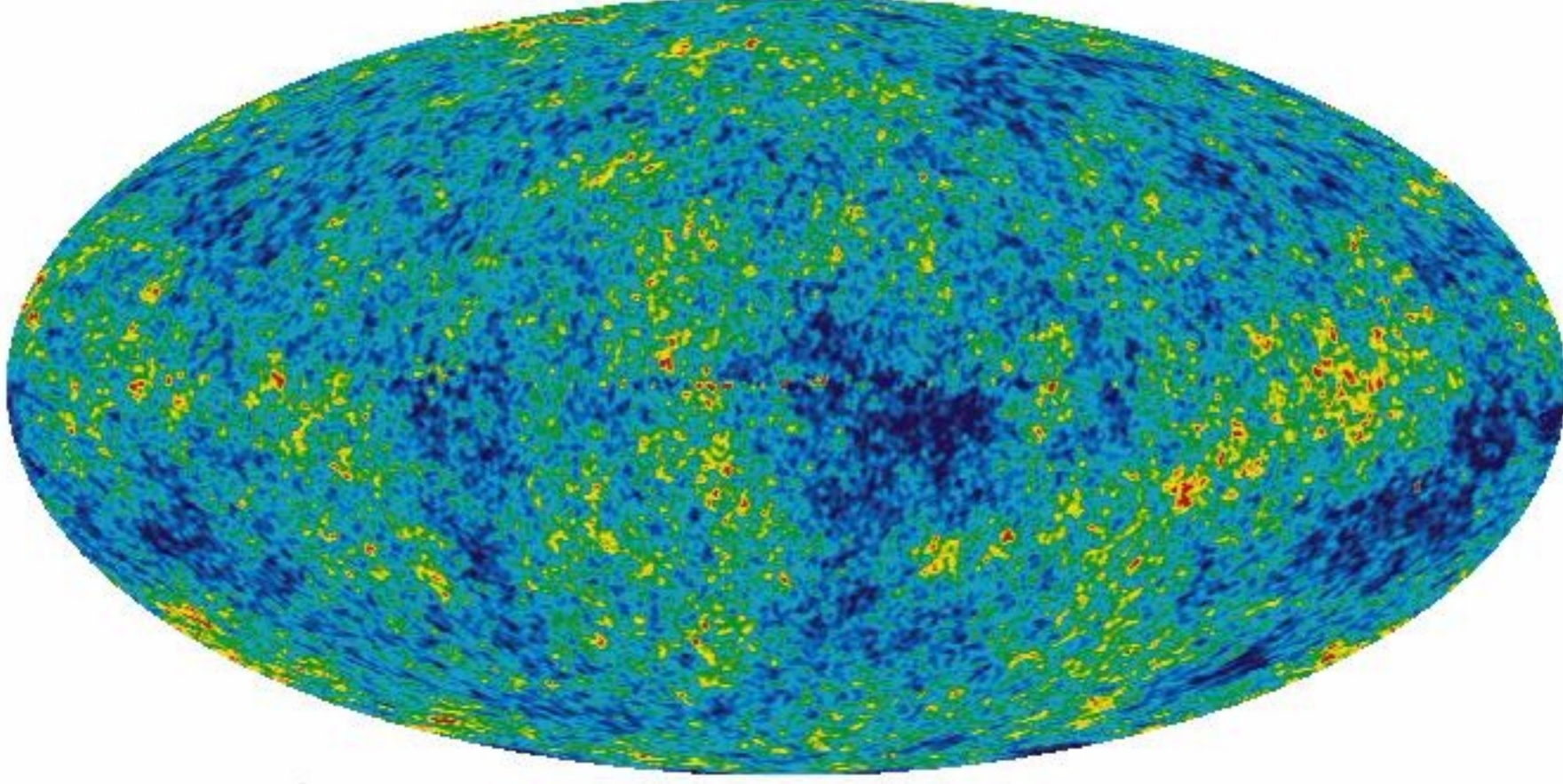
EVREN

Fiziksel kavramlarla açıklanabilen tüm gök cisimlerinin içinde yer aldığı her şeydir. Astronomik gözlemlerden çıkan sonuçlara göre evrenin yaşı yaklaşık 13.7 milyardır. Şu anda Büyük Patlama olarak bilinen bilimsel evren modeline göre, evren tek bir noktadan genişlemiş olarak kabul edilir.

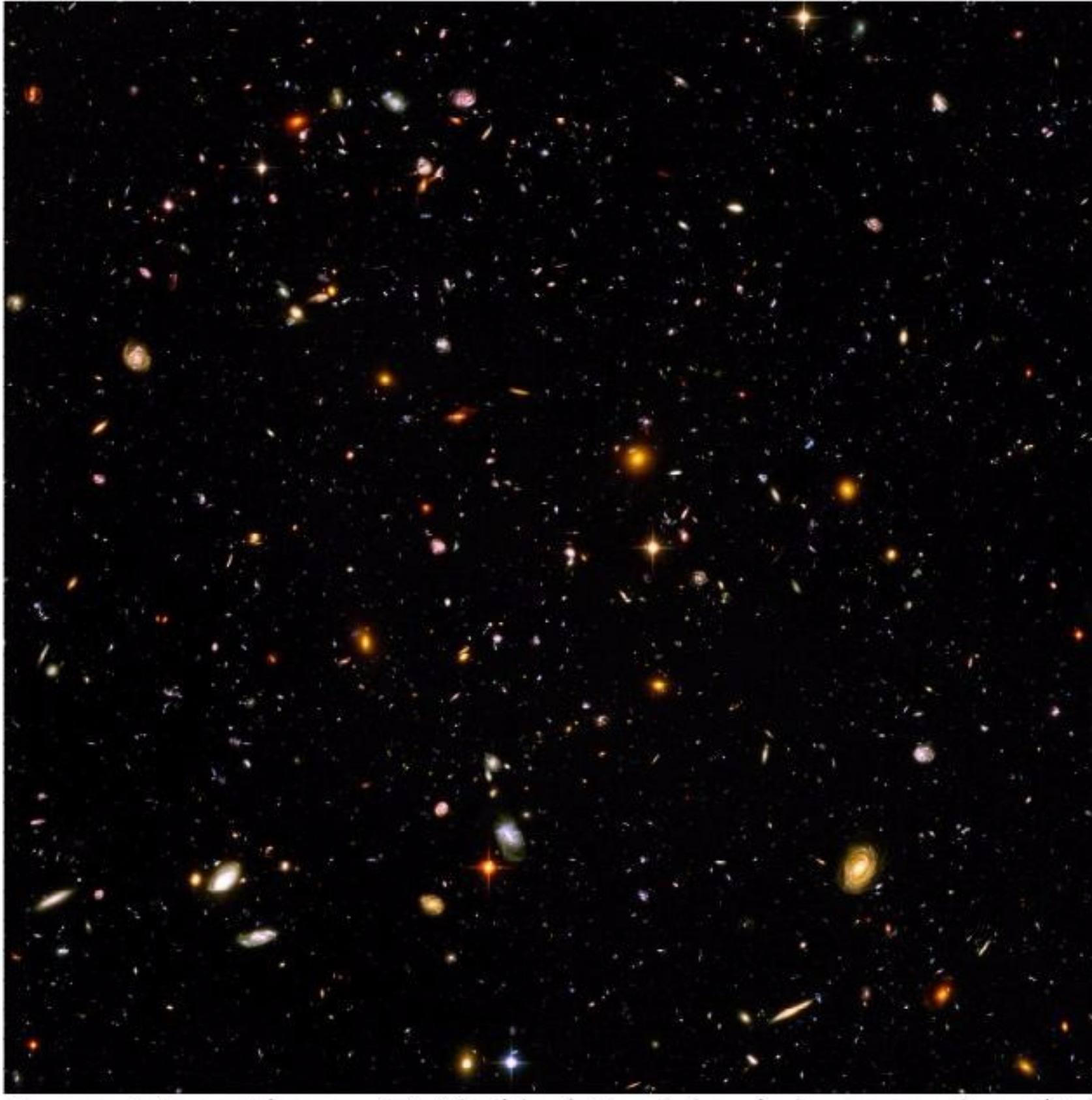
Büyük patlamanın doğrudan delili olarak uzaydan alınan mikrodalga ışınım gösterilir. Bu ışınım, evrenin başlangıcından hemen sonra tüm uzayı

dolduran bir ateş topunun sönük ışmasıdır. Evrenin bundan sonra genişleyecek mi veya kendi üzerine tekrar çökecek mi sorusuna yanıt bulabilmemiz için önce uzak geçmişte olanları anlamamız gerekir. Eğer, evren genişliyorsa ve bütün uzak gök adalar bizden uzaklaşıyorsa, o zaman biz evrenin merkezinde çok özel bir yerde olmalıyız.

Kozmoloji (Evren Bilim) tüm evrenin yapısı ve evrimiyle ilişkili bilim dalıdır.



Kozmik Mikrodalga Artalan Işınımı



Fornax takımıyıldızının küçük bir bölgesinin derin uzay alanındaki gökadalar. (Hubble Uzay Teleskobu)

RESİMLER İÇİN KAYNAKLAR

sayfa 2- Stonehenge

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/6b/Stonehenge_Total.jpg

sayfa 3- Samanyolu

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/65/Perseid_Meteor.jpg

sayfa 4- Orion takımyıldızı mitolojik

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/4/49/Uranometria_orion.jpg

sayfa 5- Orion takımyıldız bölgesi yıldız haritası

<http://www.iau.org/static/themes/constellations/pdf/ORI.pdf>

sayfa 6- Günlük hareket

http://www.astronet.ru/db/xware/msg/1215984/gemstartrails_schulz_f.jpg.html

sayfa 7- Yıllık hareket

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/de/Ecliptic_path.jpg

sayfa 8- Halkalı Güneş Tutulması

<http://en.wikipedia.org/wiki/File:RingfoermigeSonnenfinsternis.jpg>

sayfa 9- Tam Güneş Tutulması

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4d/Solar_eclips_1999_4.jpg

sayfa 11- Tam Ay Tutulması

http://en.wikipedia.org/wiki/File:February_2008_total_lunar_eclipse_John_Buonomo.jpg

sayfa 12- Kopernik'in güneş sistemi modeli

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/ac/Copernican_heliocentrism.jpg

sayfa 13- Ptolemik model (yer merkezli model)

http://en.wikipedia.org/wiki/File:Bartolomeu_Velho_1568.jpg

sayfa 14- Jüpiter uydularının Galileo tarafından çizimi

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/87/Galileo.script.arp.600pix.jpg>

sayfa 15- Galileo Galilei
<http://www.wvu.edu/depts/skywise/history/galileo.jpg>
sayfa 15- DAY2009
sayfa 17- Keck I, II ve Subaru Gözlemevleri
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/08/Subaru_and_Keck_telescopes_at_sunset.jpg
sayfa 19- Optik teleskop kullanımı
Fotoğraf: Serdar Evren
sayfa 20-Hubble uzay teleskobu
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fe/STS-103_Hubble_EVA.jpg
sayfa 21- Columbia Uzay Mekiği
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/21/STS-73_landing.jpg
sayfa 23- Güneş sisteminin oluşumu
<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/71/Protoplanetary-disk.jpg>
sayfa 25- Merkür
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/30/Mercury_in_color_-_Prockter07_centered.jpg
sayfa 27-Venüs
http://en.wikipedia.org/wiki/File:Venus2_mag_big.png
sayfa 29- Yer
http://en.wikipedia.org/wiki/File:The_Earth_seen_from_Apollo_17.jpg
sayfa 31- Ay
http://en.wikipedia.org/wiki/File:Full_Moon_Luc_Viatour.jpg
sayfa 32- Yerbenzeri gezegenler
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b9/Terrestrial_planet_size_comparisons.jpg
sayfa 33- Mars
http://en.wikipedia.org/wiki/File:Mars_Hubble.jpg
sayfa 35- Jüpiter
<http://www.solarviews.com/raw/pia/PIA04866.jpg>

sayfa 36- Galileo uyduları

<http://en.wikipedia.org/wiki/File:Jupitermoon.jpg>

sayfa 37- Galileo uyduları yüzey özellikleri

<http://en.wikipedia.org/wiki/File:Jupiter.moons1.jpg>

sayfa 38- Satürn

[http://en.wikipedia.org/wiki/File:Saturn_from_Cassini_Orbiter_\(2004-10-06\).jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Saturn_from_Cassini_Orbiter_(2004-10-06).jpg)

sayfa 39- Saturn Yer karşılaştırması

http://en.wikipedia.org/wiki/File:Saturn,_Earth_size_comparison.jpg

sayfa 41- Satürn'ün halkaları

[http://en.wikipedia.org/wiki/File:Saturn_from_Cassini_Orbiter_\(2007-01-19\).jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Saturn_from_Cassini_Orbiter_(2007-01-19).jpg)

sayfa 42- Titan'ın yüzeyi

http://en.wikipedia.org/wiki/File:Titan_multi_spectral_overlay.jpg

sayfa 43- Titan'ın gölleri

http://en.wikipedia.org/wiki/File:PIA10008_Seas_and_Lakes_on_Titan.jpg

sayfa 44- Miranda

<http://en.wikipedia.org/wiki/File:Miranda.jpg>

sayfa 45- Uranüs

<http://en.wikipedia.org/wiki/File:Uranus2.jpg>

sayfa 46- Triton

[http://en.wikipedia.org/wiki/File:Triton_moon_mosaic_Voyager_2_\(large\).jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Triton_moon_mosaic_Voyager_2_(large).jpg)

sayfa 47- Neptun

<http://en.wikipedia.org/wiki/File:Neptune.jpg>

sayfa 48- Cüce gezegen adayları

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/72/Iau_dozen.jpg

sayfa 49a- Ceres

http://en.wikipedia.org/wiki/File:Ceres_optimized.jpg

sayfa 49b- Pluto

<http://en.wikipedia.org/wiki/File:Pluto.jpg>

sayfa 49c- Haumea

<http://en.wikipedia.org/wiki/File:2003EL61art.jpg>

sayfa 49d- Makemake

<http://en.wikipedia.org/wiki/File:2005FY9art.jpg>

sayfa 49e- Eris

http://en.wikipedia.org/wiki/File:Eris_and_dysnomia2.jpg

sayfa 50- Gaspra

http://en.wikipedia.org/wiki/File:951_Gaspra.jpg

sayfa 51- Asteroid kuşağı

<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:InnerSolarSystem-tr.png>

sayfa 52- Quaoar

<http://solarsystem.nasa.gov/multimedia/gallery/quaoar.jpg>

sayfa 53- Kuiper kuşağı

http://en.wikipedia.org/wiki/File:Outersolarsystem_objectpositions_labels_comp.png

sayfa 54- West kuyruklu yıldızı

<http://en.wikipedia.org/wiki/File:W-preview.jpg>

sayfa 55- Hyakutake kuyruklu yıldızı

<http://en.wikipedia.org/wiki/File:060227comet.jpg>

sayfa 56- En büyük göktaşı

<http://www.omniplan.hu/2004-SA/Day11-Tsumeb-Hoba-Okavango/P1060308-HobaMeteorite.JPG>

sayfa 57- Arizona krateri

http://en.wikipedia.org/wiki/File:Barringer_Meteorite_Crater.jpg

sayfa 58-Güneş yüzeyinde lekeler

<http://sohowww.nascom.nasa.gov/gallery/images/mdi20031028.html>

sayfa 59-Güneş'in kesiti

http://en.wikipedia.org/wiki/File:Sun_diagram.svg

sayfa 60-Güneş yüzeyinde lekeler

<http://sohowww.nascom.nasa.gov/gallery/images/mdi20031028.html>

sayfa 61- Güneş üzerinde patlama
<http://sohowww.nascom.nasa.gov/gallery/images/large/superprom.jpg>

sayfa 62- Yıldız oluşum bölgesi
http://ipac.jpl.nasa.gov/media_images/sig06-021a.jpg

sayfa 63- Yıldız oluşum bölgesi-Triangulum Bulutsusu
http://en.wikipedia.org/wiki/File:Triangulum_nebula.full.jpg

sayfa 64- Eagle yıldız oluşum bölgesi
http://en.wikipedia.org/wiki/File:Eagle_nebula_pillars.jpg

sayfa 65- Orion yıldız oluşum bölgesi
http://en.wikipedia.org/wiki/File:Orion_Nebula_-_Hubble_2006_mosaic_18000.jpg

sayfa 66- Vega
http://en.wikipedia.org/wiki/File:Vega_Spitzer.jpg

sayfa 67- Kırmızı cüce yıldız
<http://en.wikipedia.org/wiki/File:RedDwarfNASA.jpg>

sayfa 68- Rigel
http://en.wikipedia.org/wiki/File:Rigel_blue_supergiant.jpg

sayfa 69- Betelgeuse
[http://en.wikipedia.org/wiki/File:Betelgeuse_star_\(Hubble\).jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Betelgeuse_star_(Hubble).jpg)

sayfa 70- Eskimo Bulutsusu
<http://en.wikipedia.org/wiki/File:Ngc2392.jpg>

sayfa 71- Helix Bulutsusu
[http://en.wikipedia.org/wiki/File:NGC7293_\(2004\).jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:NGC7293_(2004).jpg)

sayfa 72- Ring bulutsusu
http://en.wikipedia.org/wiki/File:M57_The_Ring_Nebula.JPG

sayfa 73- Beyaz cüce-Sirius
http://en.wikipedia.org/wiki/File:Sirius_A_and_B_Hubble_photo.jpg

sayfa 75- Toplanma diski
http://en.wikipedia.org/wiki/File:Accretion_disk.jpg

sayfa 76- Tycho süpernova kalıntısı
http://en.wikipedia.org/wiki/File:Main_tycho_remnant_full.jpg
sayfa 77- Crab süpernova kalıntısı
http://en.wikipedia.org/wiki/File:Crab_Nebula.jpg
sayfa 78- Pulsarın şematik gösterimi
http://en.wikipedia.org/wiki/File:Pulsar_schematic.svg
sayfa 79- Crab pulsarı
<http://en.wikipedia.org/wiki/File:Chandra-crab.jpg>
sayfa 81- Kara delik M87
http://en.wikipedia.org/wiki/File:M87_jet.jpg
sayfa 83- Mizar ve Alcor
http://en.wikipedia.org/wiki/File:Mizar_and_Alcort.jpg
sayfa 84- Tarantula bulutsusunda Açık yıldız kümesi
http://en.wikipedia.org/wiki/File:Tarantula_nebula_detail.jpg
sayfa 85- Ülker kümesi
http://en.wikipedia.org/wiki/File:Pleiades_large.jpg
sayfa 86- 47 Tucane küresel kümesi
<http://www.news.wisc.edu/newsphotos/salt.html>
sayfa 87- Büyük Herkül küresel kümesi
http://en.wikipedia.org/wiki/File:Messier_13_Hubble_WikiSky.jpg
sayfa 88- Rosetta bulutsusu
<http://www.celestialimage.com/page14.html>
sayfa 89- Atbaşı bulutsusu
http://en.wikipedia.org/wiki/File:The_Horshead_Nebula.jpg
sayfa 90- Lagoon Bulutsusu
http://en.wikipedia.org/wiki/File:Lagoon_Nebula.jpg
sayfa 91- Kuzey Amerika Bulutsusu
<http://en.wikipedia.org/wiki/File:NGC7000.jpg>
sayfa 92- Samanyolu
http://en.wikipedia.org/wiki/File:Andromeda_galaxy_Ssc2005-20a1.jpg

sayfa 93- Samanyolu'nun kızılöte görüntüsü

http://en.wikipedia.org/wiki/File:Milky_Way_IR_Spitzer.jpg

sayfa 94- Kozmik mikrodalga artalan

http://en.wikipedia.org/wiki/File:WMAP_2008.png

sayfa 95- Hubble derin uzay alanı

http://en.wikipedia.org/wiki/File:Hubble_ultra_deep_field_high_rez_edit1.jpg



