

ASTRONOMİ TARİHİ

6. Bölüm
Uzay Çağından Önceki
20. Yüzyıl

Serdar Evren
2013

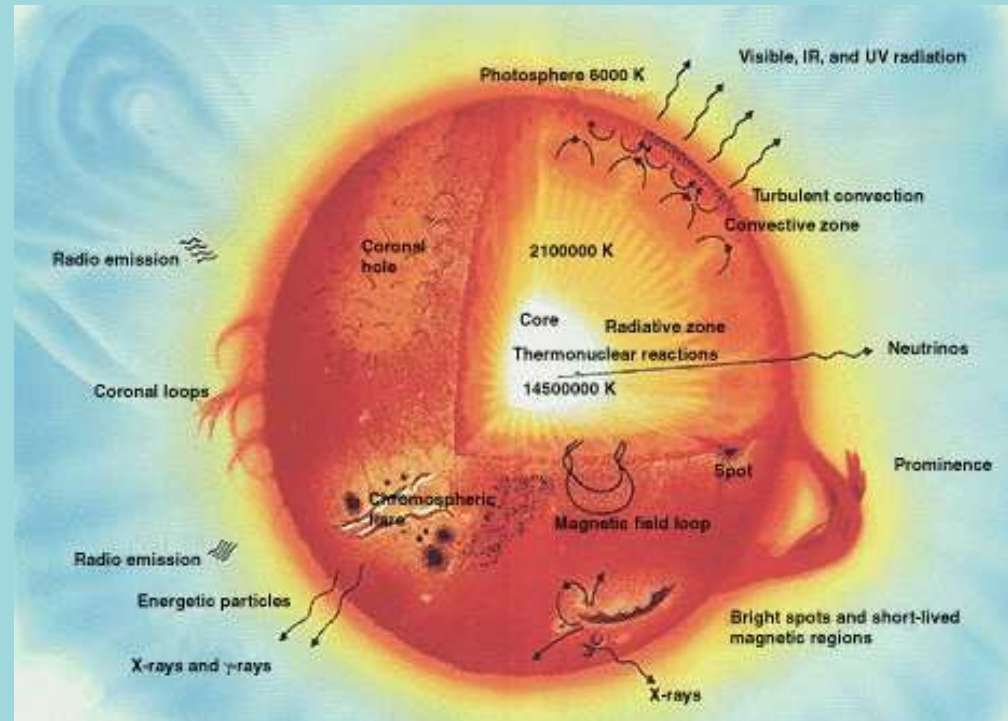
Fotoğraf: Eski Yunan mitolojisinde sırtında gök küresini taşıyan astronomi tanrısı, ATLAS.



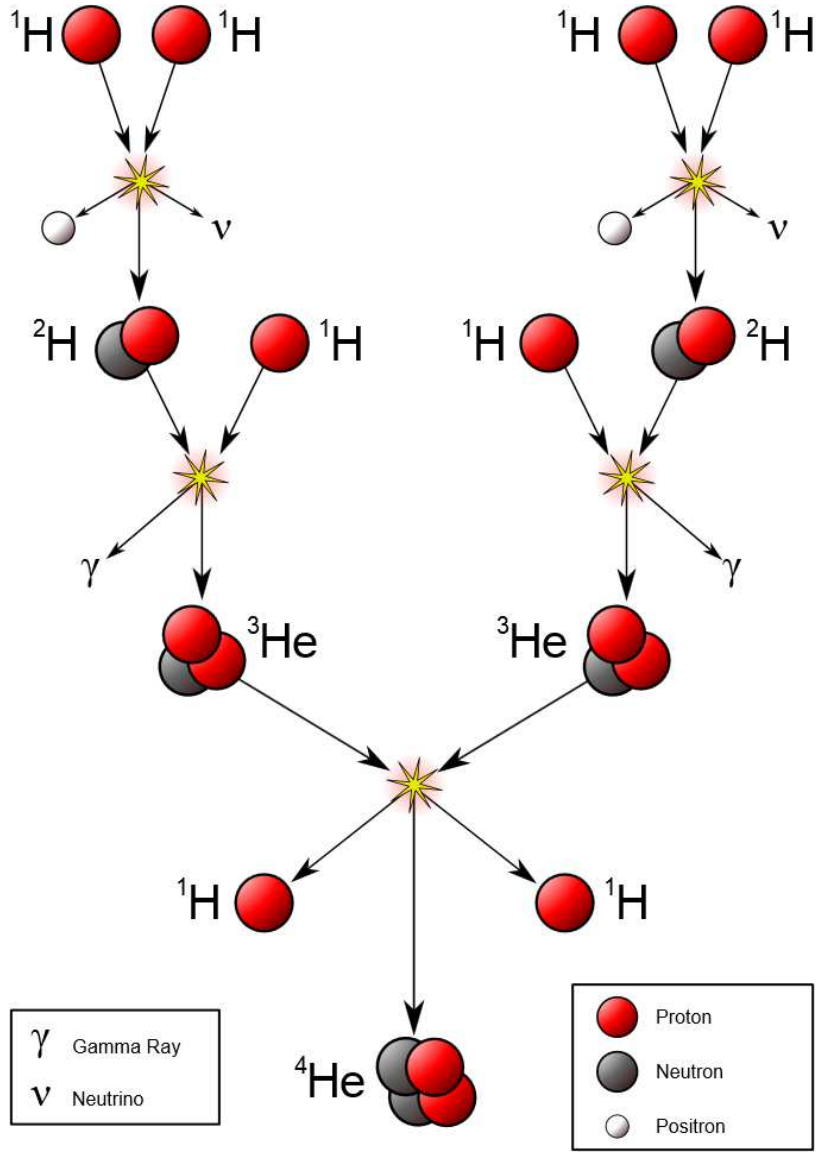
Güneş Sistemi

- 19. yüzyılda çoğu fizikçi Güneş'in içinden ısı aktarımının konveksiyon yoluyla olduğunu düşünmüştü.
- Fakat, 1894 yılında Ralph A. Sampson güneş atmosferindeki ısı aktarımı için temel mekanizmanın ışınım olduğunu önerdi.
- Arthur Eddington, ışınım aktarımı fikrini Güneş'in tamamına genişletti ve 1926'da 39 milyon Kelvin derecelik merkezi bir sıcaklık hesapladı.

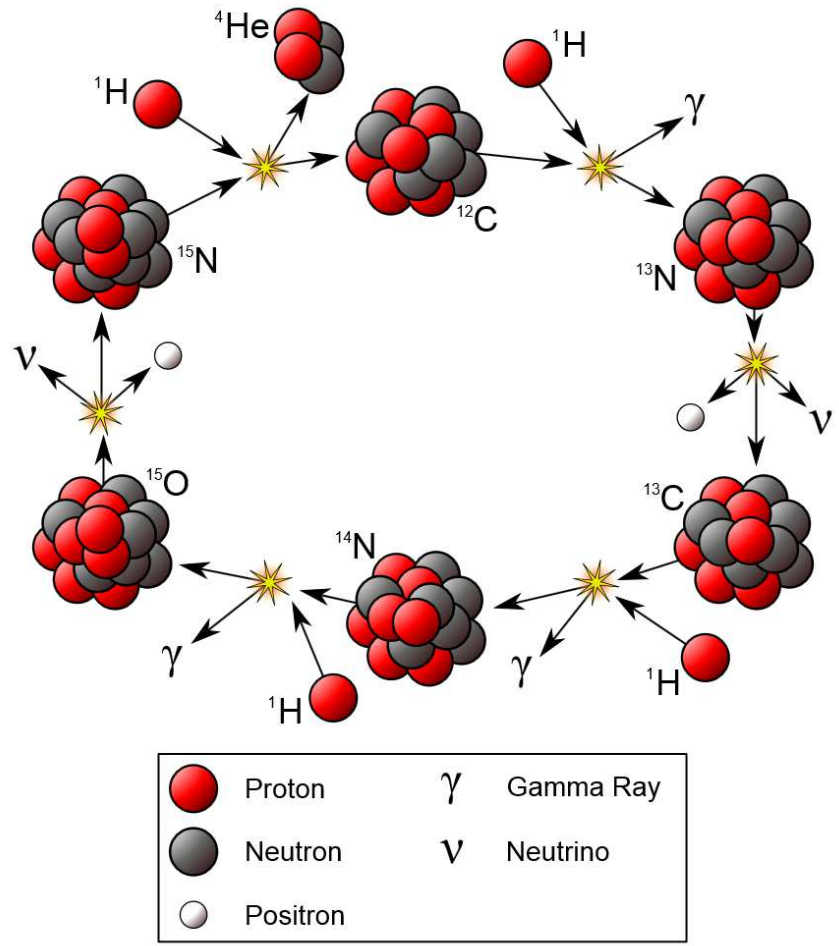
- Aynı zamanda, Cecilia Payne, güneş atmosferinde en bol bulunan elementlerin hidrojen ve helyum olduğunu gösterdi.
- Eddington, sonradan güneşin içi için de aynı bollukların olacağını kabul edip, merkez sıcaklığını 19 milyon K'e indirdi. Eddington'un hesaplarında güneş ısısının nasıl üretildiğine ilişkin bir varsayım yoktur.



- 1938’de yıldızlarda potansiyel erke üretim yöntemlerinin ana hatları Charles Critchfield tarafından oluşturuldu ve proton-proton (p-p) çevrimi tanımlandı.
- Daha sonra Hans Bethe ve Carl von Weizsäcker birbirlerinden bağımsız olarak karbon çevrimini buldular.
- Başlangıçta, güneş erkesinin karbon çevrimiyle üretildiği düşünülüyse de 1950’li yıllara Güneş’in aslında p-p çevrimini kullandığı sonucuna ulaşıldı. 1.5 güneş kütesinden daha büyük yıldızlar karbon çevrimini kullanıyordu.

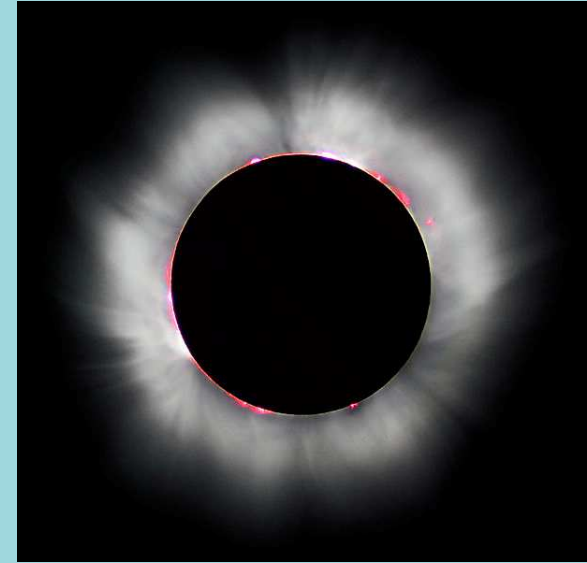
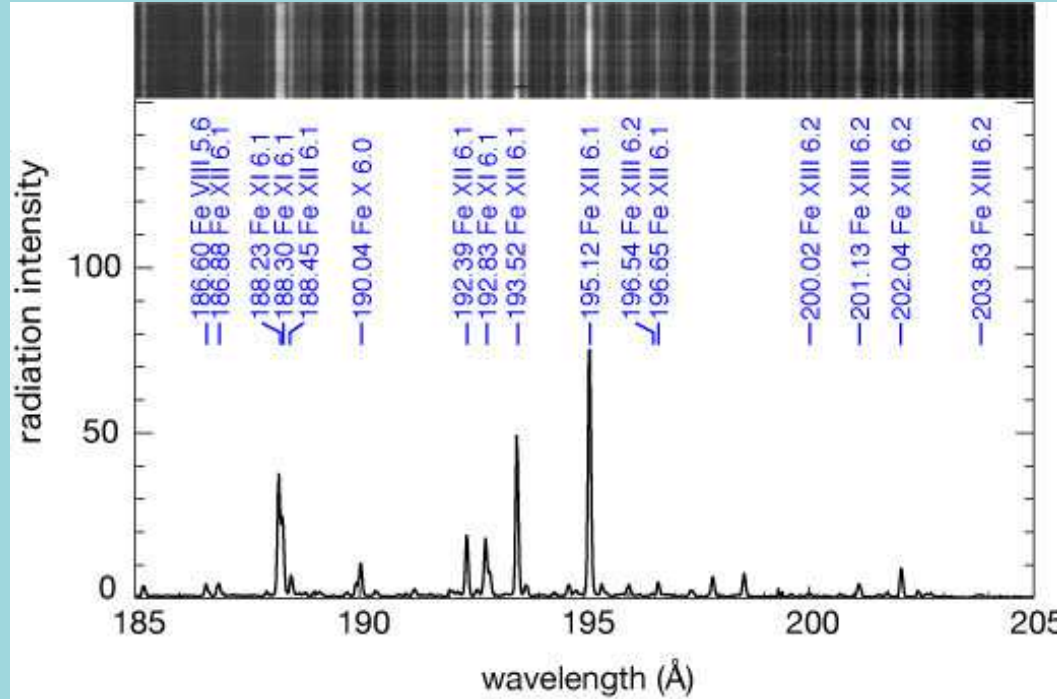


p-p çevrimi



CNO çevrimi

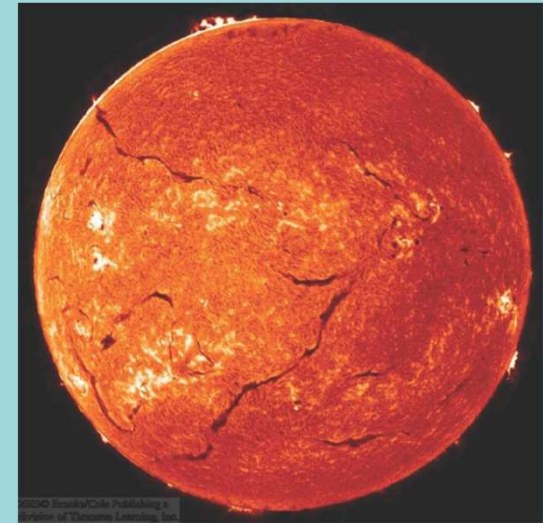
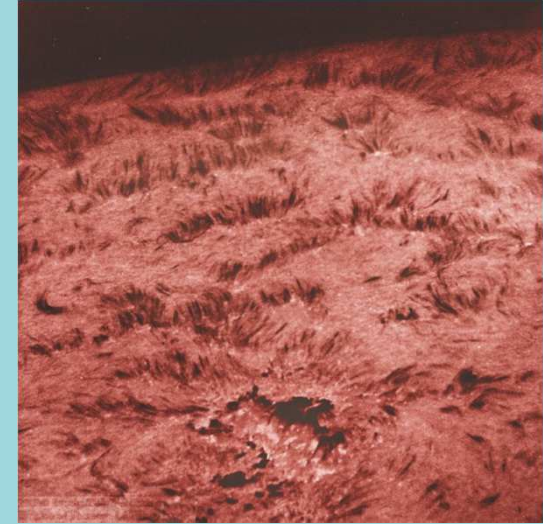
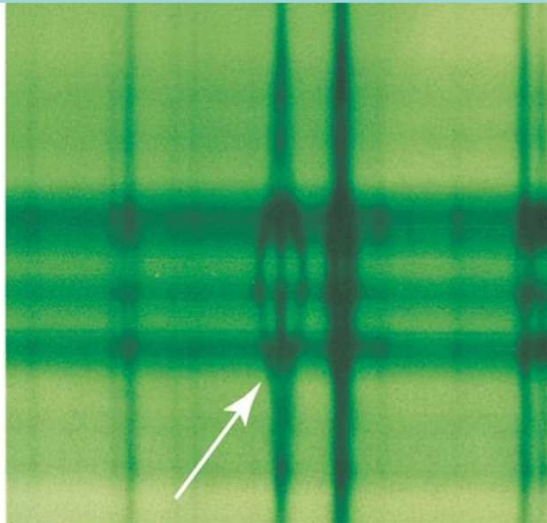
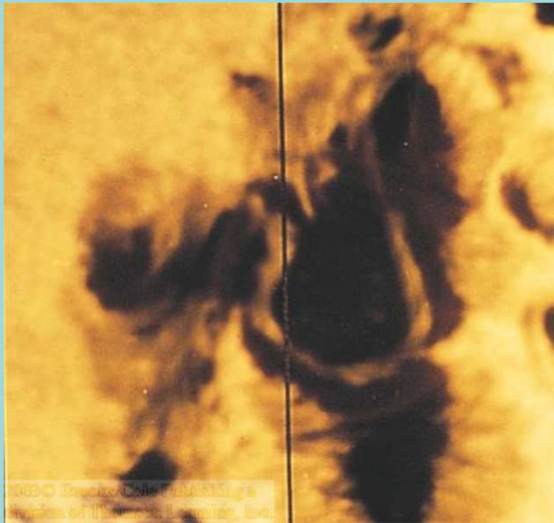
- Güneş koronası 19. yy'da sönük sürekli zemin üzerinde birçok parlak salma çizgisini görünmesiyle bulundu.



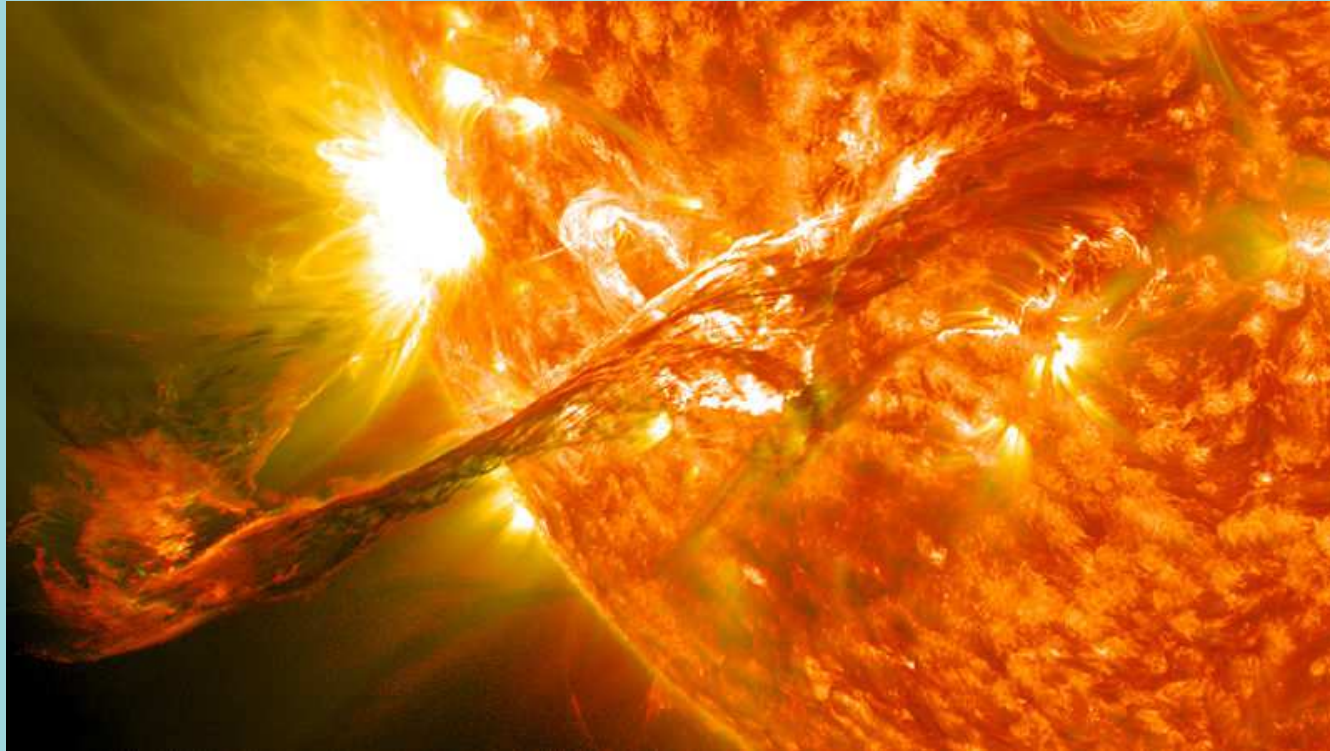
- Bunlardan biri daha sonra coronium olarak adlandırılan yeni bir elementin çok parlak yeşil bir salma çizgisiydi. 1869 yılındaki güneş tutulması sırasında bulundu.

- 20. yy'ın başlarında Güneş'in ve koronanın sıcaklığının merkezden dışa doğru azaldığı sanılıyordu. 1934'de Walter Grotrian korona tayfını analiz etti ve sıcaklığının yaklaşık 350000 K olması gerektiği sonucunu çıkardı. Hatta, fotosferin sıcaklığı yalnız 6000 K kadar olmalıydı.
- Birkaç yıl sonra Bengt Edlén, koronal salma çizgilerinin, bir milyondan daha sıcak yüksek sıcaklıklarda yüksek dereceden iyonlaşmış elementler tarafından üretildiğini gösterdi.
- G.E. Hale ve W. Adams 1908 yılında Güneş'in 6563Å ($H\alpha$) dalgaboylu ışıktaki fotoğrafını aldı; fotoğrafta bir manyetik alan içinde eğelenmiş demir talaşı gibi görüntü vardı.

- Hale, daha sonra yüksek çözömlümelı leke tayfını çalıştı ve Zeeman yarılması sergilediğini gördü.
- Lekelerin manyetik alanı 3000 G'luk bir manyetik alan řiddetine sahipti.

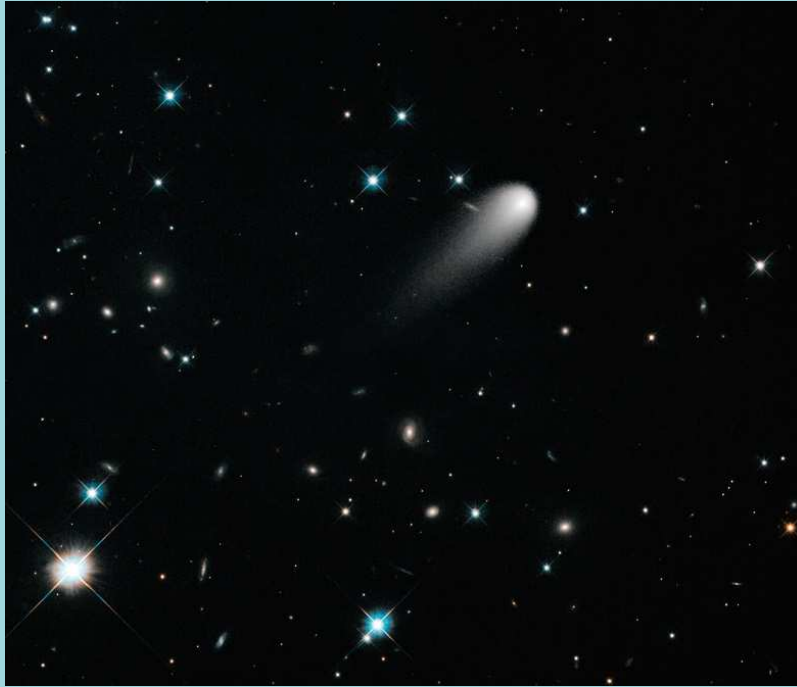


- Aynı zamanlarda, Walter Maunder güneş diskinin merkezinden geçen büyük bir lekenin görünmesinden yaklaşık 30 saat sonra Yer üzerinde büyük manyetik fırtınalar olduğunu buldu.
- Daha sonra lekelerle ilişkisi olmayan daha küçük fırtınalara da rastlandı. "*Flare fırtınaları*" olarak adlandırılan bu olayların Güneş'ten fırlatılan parçacıkların neden olduğu kabul edildi.



31 Ağustos 2012

- 1951 yılında Ludwig Biermann güneş ışınım basıncının bir kuyruklu yıldızın kuyruk davranışını açıklamaya yetmeyeceğini hesapladı. Onun yerine, kuyruk Güneş'ten sürekli salınan yüklü parçacık akımlarından oluşmalıydı.

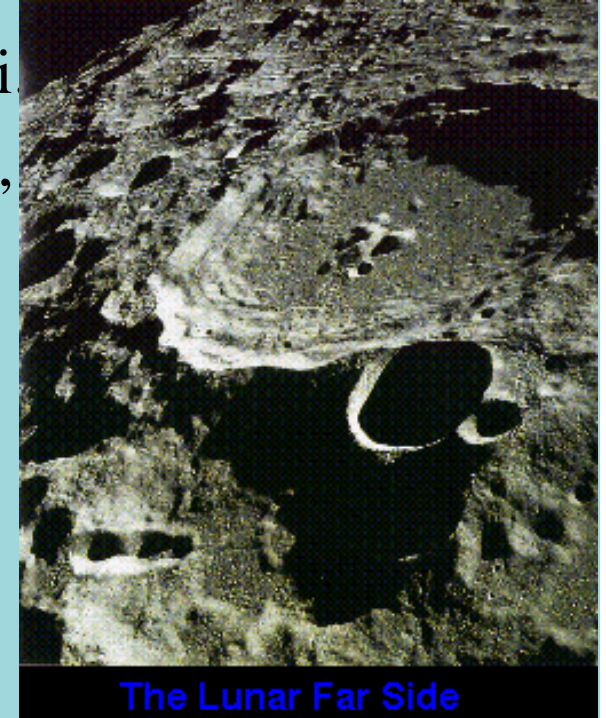


ISON ky. 30 Ağustos 2013.



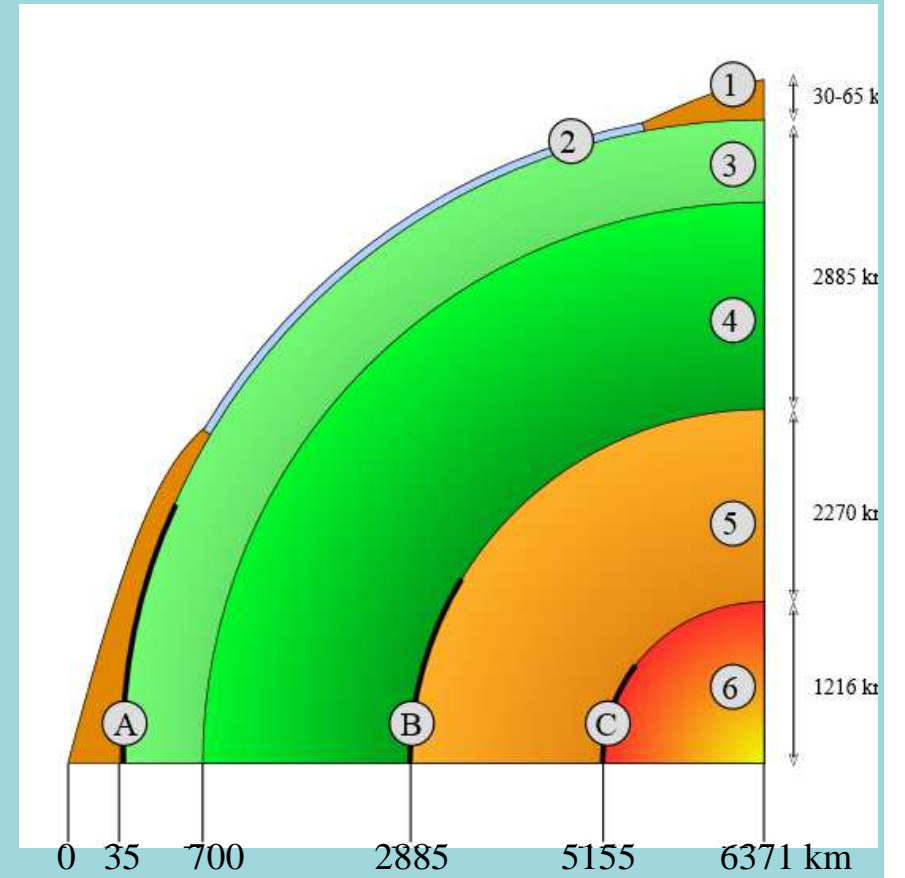
Hale Bopp ky.

- 19 yy.'ın sonunda Ay kraterlerinin oluşumuna yönelik, çarpma kuramına itiraz geldi. Kraterler genelde dairesel görünüyordu. Eliptik görünenlerin ise kaynağı dik olmayan çarpmalardan olmalıydı.
- Fakat, Birinci Dünya Savaşı'ndan sonra Ay kraterlerinin şeklinin kabuklu krater benzediği anlaşıldı. Kraterler şok dalgaları sonucunda oluşmuştu. Dolayısıyla dik olmayan bir çarpma da dairesel krater oluşturabilirdi.
- Kraterlerin hepsi aynı görüntüye sahip değildi. Uzay çağının başında volkanik hareketlerden, göktaşı çarpmalarından hangisi tarafından oluştuğuna yönelik konu hala açıklığa kavuşmamıştı.



The Lunar Far Side

- 1897 yılında Emil Wiechert, Yer'in genelde demirden oluşan yoğun metalik bir çekirdek ve onu saran, daha hafif bir kaya kabuğa sahip olduğunu önerdi.
- Kısa süre sonra Richard Oldham deprem verisinden giderek çekirdeğin varlığına ilişkin delil elde etti.
- 1914'de Beno Gutenberg kabuk ve çekirdek arasında bir ara katmanın bulunduğunu önerdi. Günümüzde bu katman **Wiechert-Gutenberg Süreksizliği** olarak adlandırılır ve yüzeyden yaklaşık 2900 km. ($=0.545 R_{yer}$) aşağıdadır.

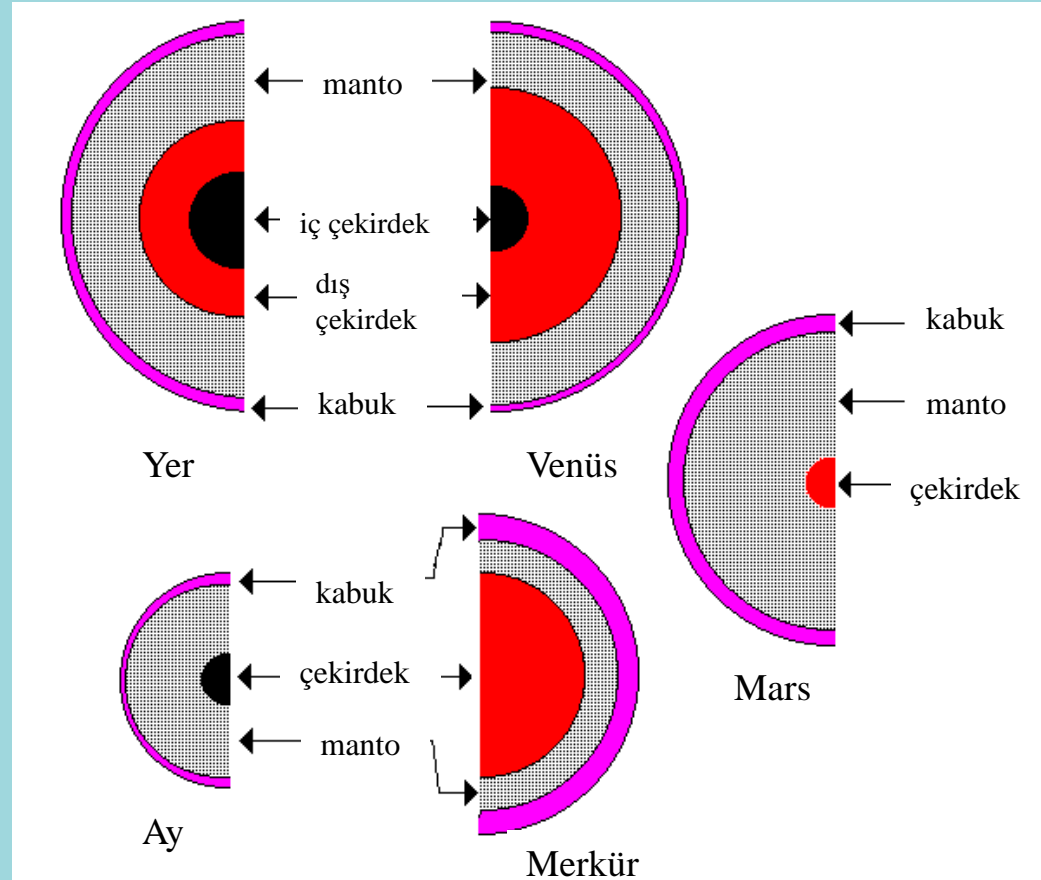


Yer'in iç yapısının şematik gösterimi:

1. Kıtaların yer aldığı kabuk
 2. Okyanusların bulunduğu kabuk
 3. Üst manto
 4. Alt manto
 5. Dış çekirdek
 6. İç çekirdek
- A. Mohorovičić Süreksizliği
 B. Çekirdek-Manto sınırı (Wiechert-Gutenberg Süreksizliği)
 C. İç çekirdek sınırı

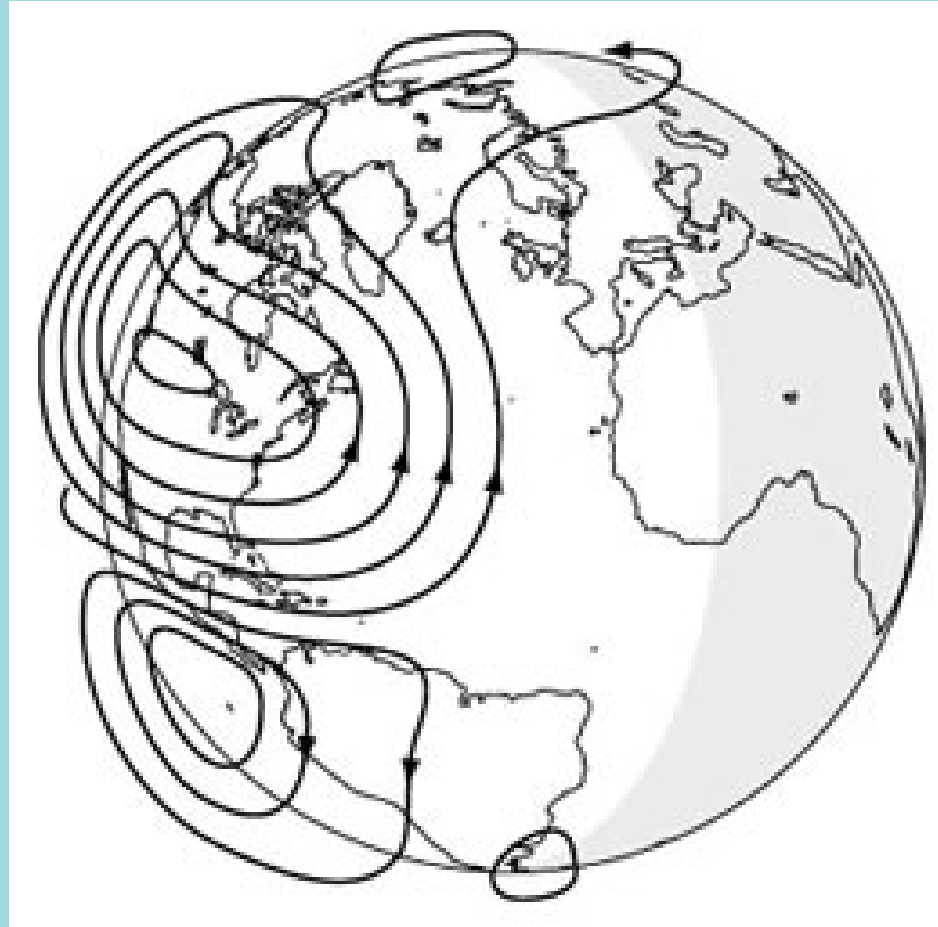
- Yer'in, yer benzeri gezegenlerin ve Ay'ın iç yapısını açıklamak için birçok kuram önerildi. 20 yy. başlarında anlaşıldı ki bu cisimleri boyutu arttıkça yoğunluğu da artıyordu. Bu durumda Yer en yoğun ve Ay en az yoğun oluyordu.
- 1934'de Harold Jeffreys, tüm yer benzeri gezegenler ve Ay için bir kuram önerdi. Bu kurama göre, cisimler genelde demir olmak üzere sıvı metal çekirdekle beraber silikat bir mantoya sahiptiler. Fakat, kuram en küçük çekirdekli bu gezegenlerin, mantolarında daha hafif materyal yüzdesine nasıl sahip olduklarını açıklayamıyordu.

- 1948’de William Ramsey sorunu çözdü: Yer benzeri gezegenlerin hepsinin iç yapısı silikattı; ancak, daha büyük gezegenlerdeki iç basınç silikatların merkeze yakın yerlerde sıvılaşmasına neden oluyordu. Bundan dolayı, daha küçük gezegenlerin daha az yoğun ve daha küçük çekirdeği ve orantılı olarak da daha büyük mantoları vardı.
- Fakat, bu kuram 1950’de geçersiz kaldı. Eugene Rabe, Merkür’ün yoğunluğunun orjinalinden daha fazla olduğunu buldu. Hatta, daha büyük gezegenler olan Venüs ve Mars’inkinden bile daha büyüktü.



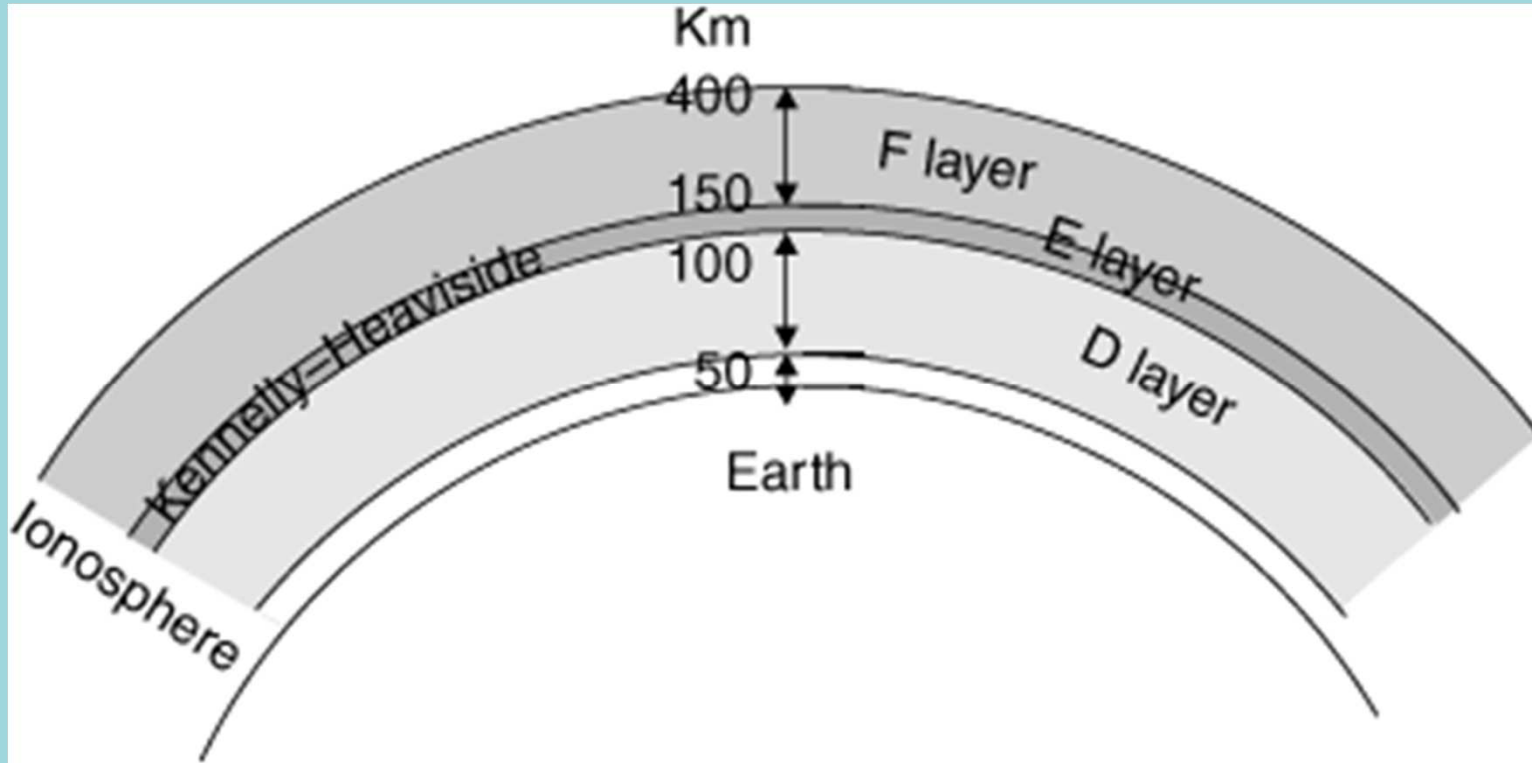
- 20 yy. ortalarında astronomların çoğu gezegenlerin güneş sisteminden ilk oluştukları anda sıcak olduklarına inanırdı. Ancak, 1949'da Harold Urey güneş bulutsusunun soğuk olduğunu önerdi. Yer-Ay ikilisi için yaptığı öneriye göre, ilkel Yer daha kütleli olduğuna göre, ilkel Yer güneş bulutsusundan demir gibi daha ağır elementlerin çoğunu toplayarak ilkel Ay'dan daha büyük kütleli oldu.
- Fakat, radyoaktif bozulmalardan dolayı her iki cisim de sürekli ısındı. Demir ve diğer elementler çekirdeğe doğru hareketlendikçe Yer'in içinde konveksiyon başladı. Ancak, daha küçük olan Ay'da böyle bir hareketlenme olmadı. Bundan dolayı, Ay daha düzgün yapılı kaldı.

- Düz bir hat boyunca yayıldığı düşünölen radyo dalgalarının 1902 yılında Atlas Okyanus'unu rahatlıkla geçtiği göröldükten sonra, bu dalgaların üst atmosferde elektriksel olarak iletken bir katman tarafından yansıtılmış olabileceği düşünöldü.

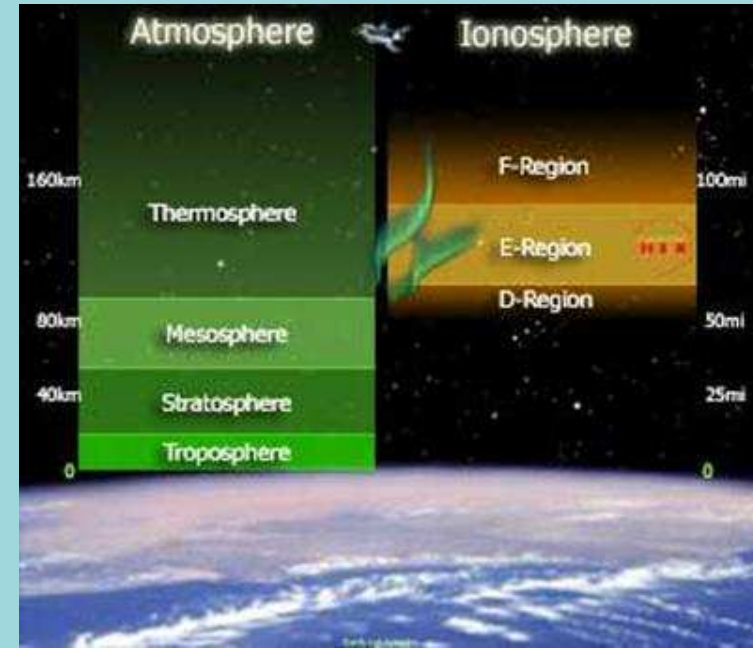
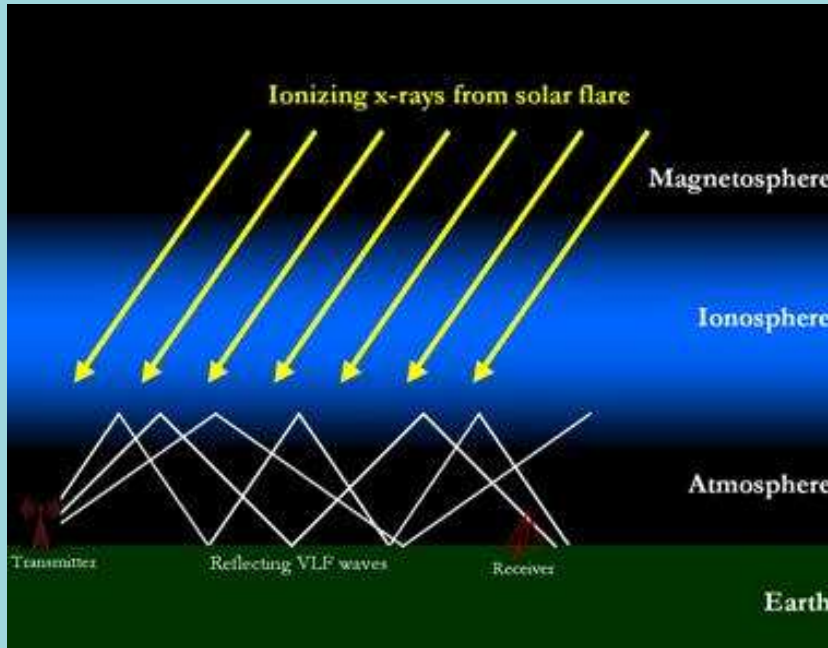


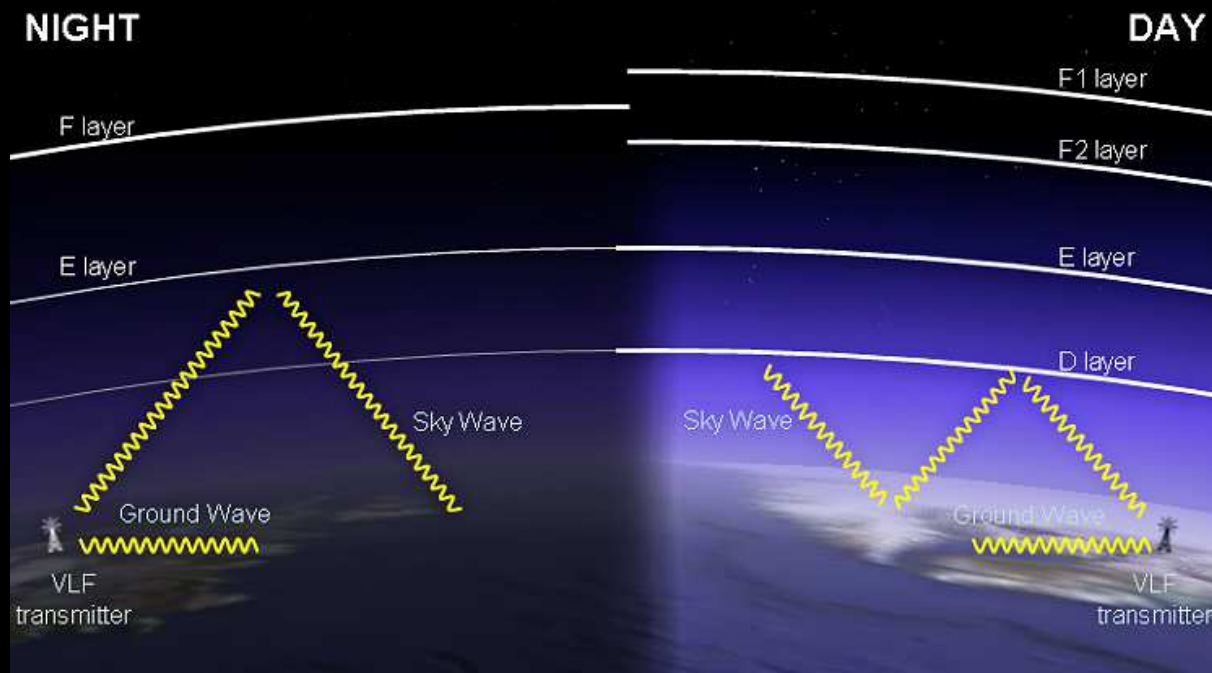
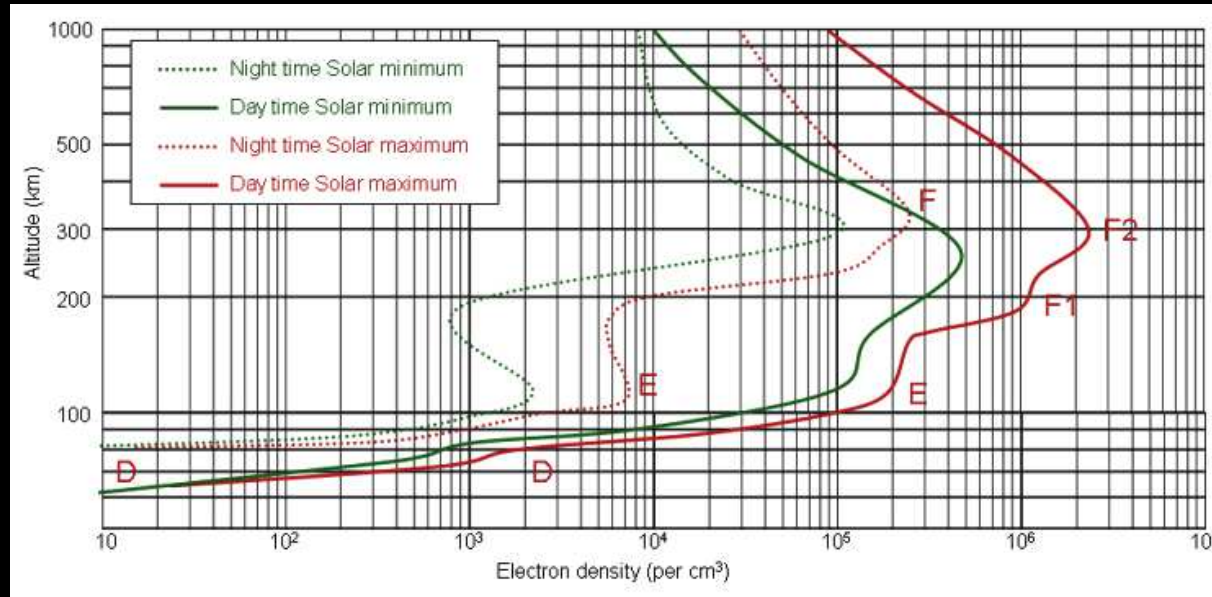
Yer atmosferinin Güneş'e bakan yöndeki iyonosferde üretilen elektrik akımı diagramı.

- Şu anda bu katman 120 km yükseklikte olup, bulucusunun adıyla Heaviside katmanı veya E katmanı olarak adlandırılır. 20 yıl sonra bulunan iyonosfer katmanı içinde yer alır.



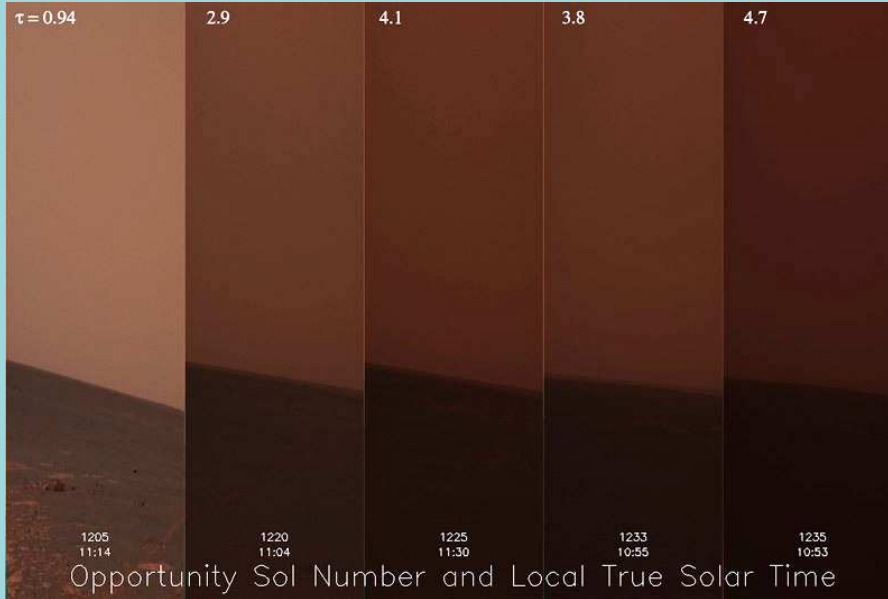
- Güneş flarelerinin iyonosfer içinde büyük bir parçalanmaya neden olduğu bulunmuştur. 1949 yılında Herbert Friedman Güneş'in X-ışın saldıgını gösterdi ve üç yıl sonra bu yeğin X-ışınlarının bu katmanın varlığına neden olduğu bulundu.
- 1956'da Yer'in iyonosfer katmanının, güneş flarelerinden salınan çok yüksek enerjili X-ışınlar tarafından parçalandığını buldu.





İyonosfer

- 1909'da George Fournier ve Eugéne Antoniandi Mars üzerinde sarı bulutlar gördüklerini bildirdiler. Daha sonra, Antoniandi, bu sarı bulutların, daha ziyade Mars yörüngesi üzerinde enberi yakınındayken olduğunu buldu.
- Bu konumda Mars, güneşten daha büyük ısı alıyor ve ısınmadan dolayı üretilen rüzgarlardan dolayı atmosfer ince toz bulutlarıyla kaplanıyordu. 30 yıl sonra bu rüzgar hızınının 60-90 km/s arasında değiştiği ölçüldü.



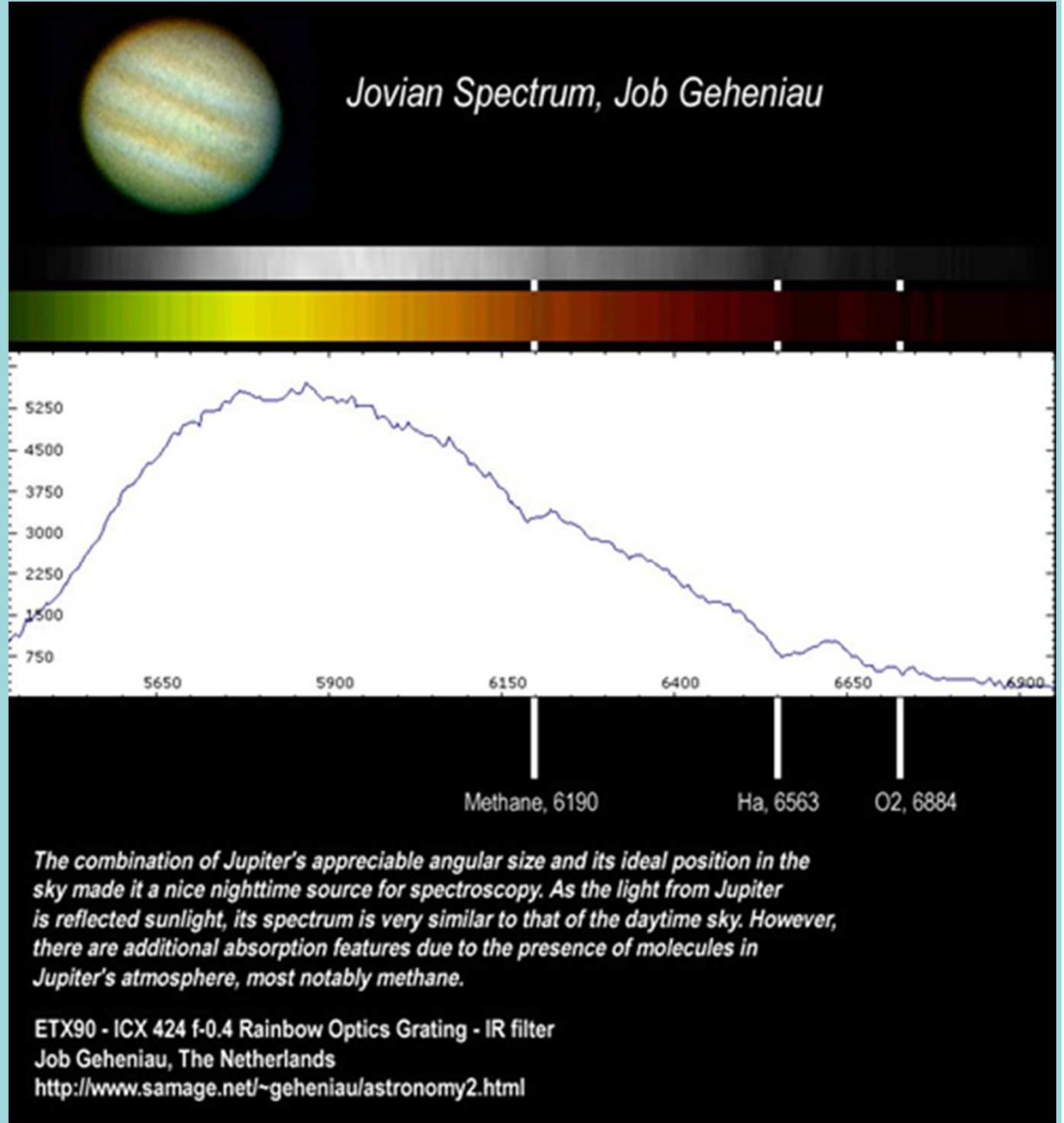
Mars yüzeyini kaplayan toz fırtınası



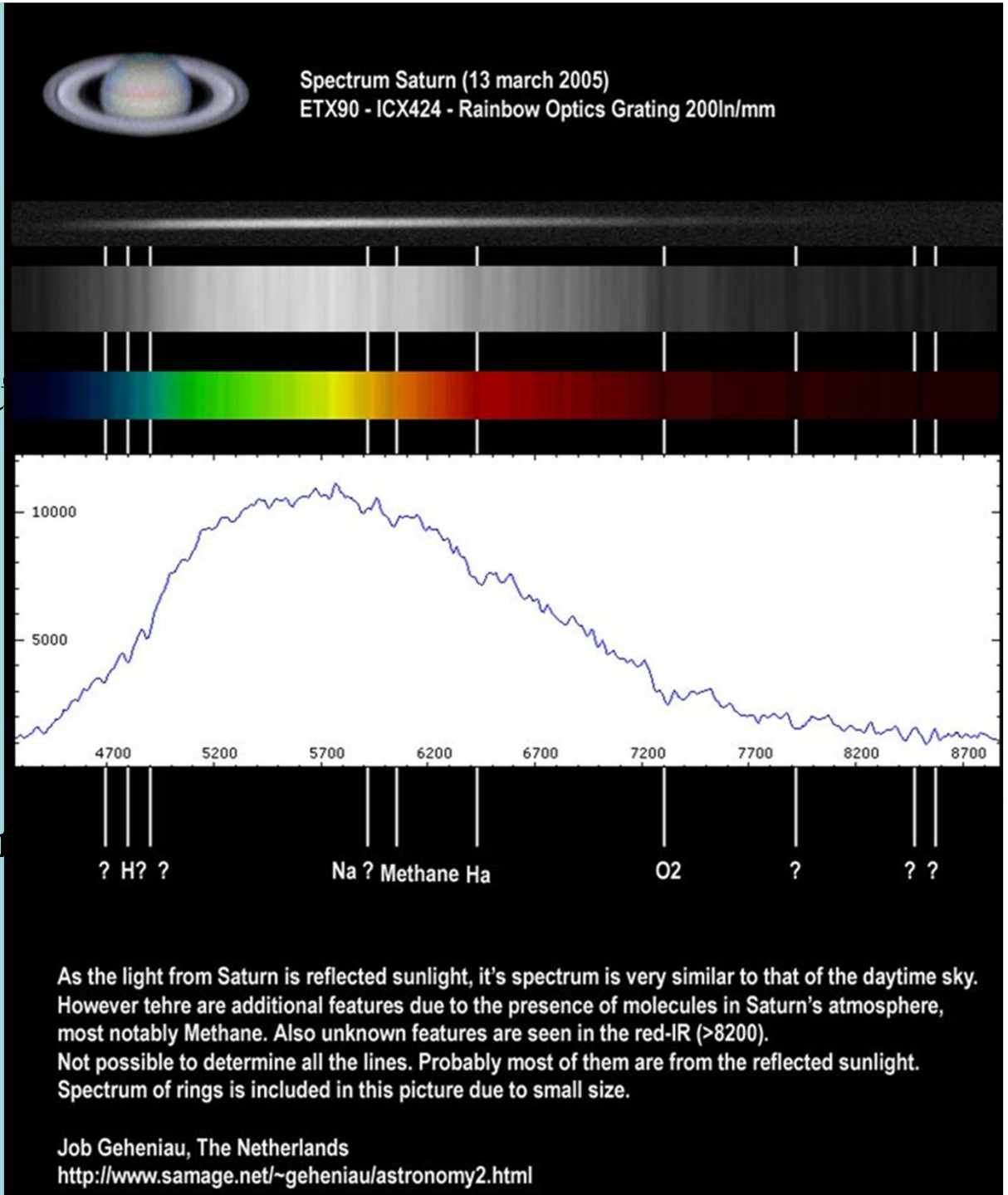
Mars üzerinde toz fırtınası

- 19 yy'da Jüpiter, Satürn, Uranüs ve Neptün'ün yoğunluklarının Güneş'inkine benzediği biliniyordu. Hatta, Jüpiter ve Satürn'ün güneş bulutsusundan oluştuğundan beri henüz çok soğumadığı düşünülüyordu.
- Bunun sonucu olarak da belki de güneşten aldıkları enerjiden daha fazlasını salıyorlardı. 1924'te Donald Menzel, bunun büyük çoğunluğunu açıklayabildi. Aksi takdirde, Jüpiter ve Satürn'ün oluşum anındaki ısıyı yok olurdu.
- 1924'de Jeffreys, Jüpiter ve Satürn'ün iç yapısını modelledi. Her birinin buz ve katı karbon dioksit bir katmanla çevrelenmiş kaya bir çekirdeğe sahip olduğunu farzettii.
- Sonuç olarak, her ikisinin atmosfer derinlikleri, kendi yarıçapları cinsinden $0.09 R_J$ ve $0.23 R_S$ olmalıydı. Atmosferlerinin temelde hidrojen, azot, oksijen, helyum ve belki metan içermesi gerektiğini düşündü.

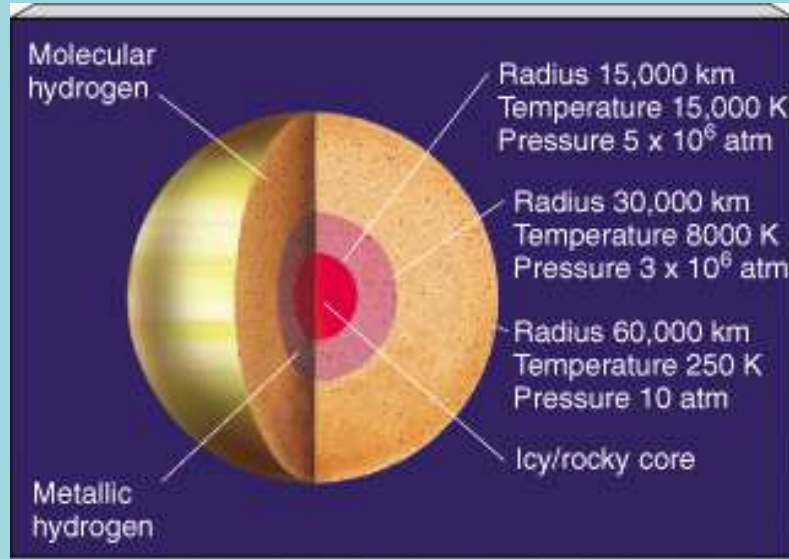
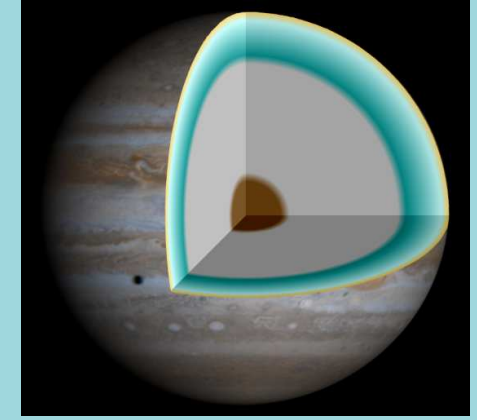
- Vestro Slipher, 20 yy'ın başlarında Jüpiter, Satürn, Uranüs ve Neptün'ün tayflarında birçok molekül bandı gözledi, fakat açıklayamadı. 1932'de bunların amonyak (NH_3) ve metan (CH_4) olduğu söylendi.



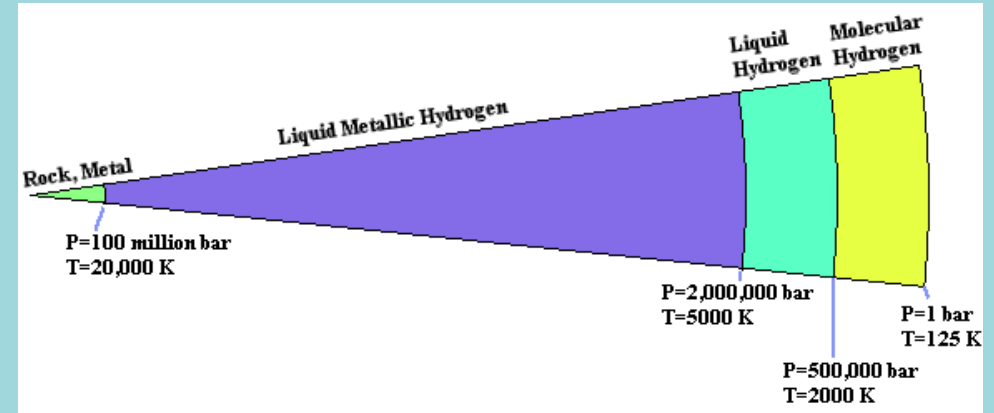
- Daha sonra bu bilginin doğru olmadığı ve amonyakın Uranüs ve Neptün’de görülmediği belirtildi. Amonyak düşü sıcaklıklarda donmuş olarak görülmelidir açıklaması geldi. Metan yoğunlaşmasının da Neptün’den Jüpiter’e doğru gittikçe azaldığı görüldü (Adel ve Slipher)



- 1950'li yılların başlarında Ramsey, gezegenlerin yapısına ilişkin kendi kuramını geliştirdi ve dev gezegenlerin hidrojenden yapılmış olduğunu farzetti. Daha sonra helyum ve diğer karışımları ekledi. Buna göre, Jüpiter'in %76 ve Satürn'ün %62'si hidrojen ile dolu ve merkezdeki basınca ($P_J=32 \times 10^6$ bar ve $P_S=6 \times 10^6$ bar) uygun olarak hidrojenin çoğu metalik formda olmalıydı.

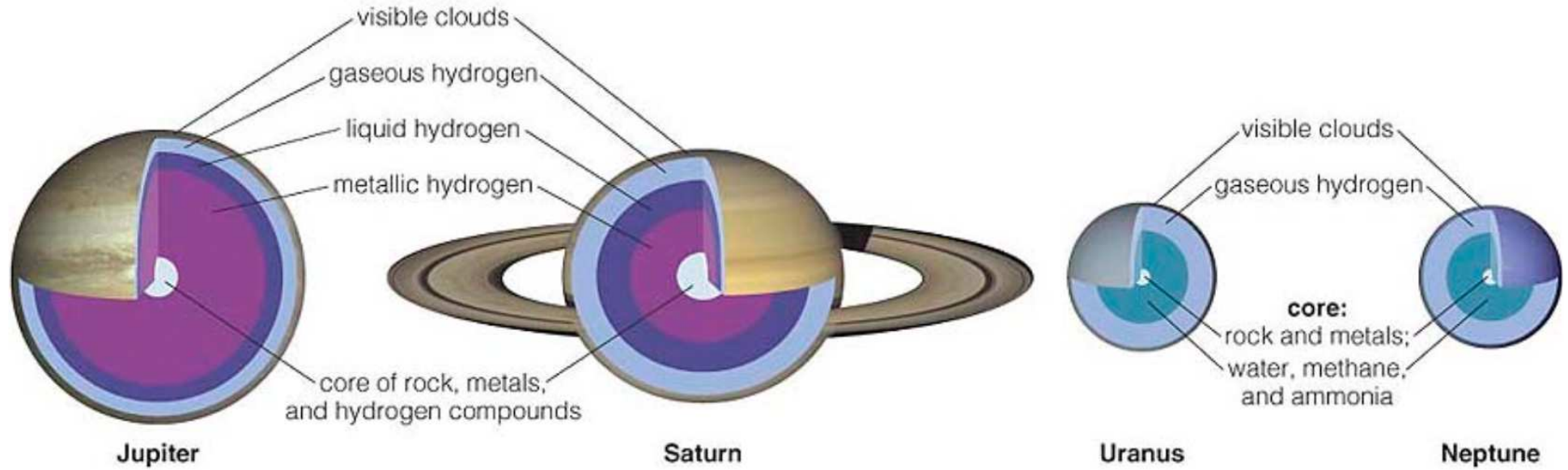


Satürn'ün iç yapısı

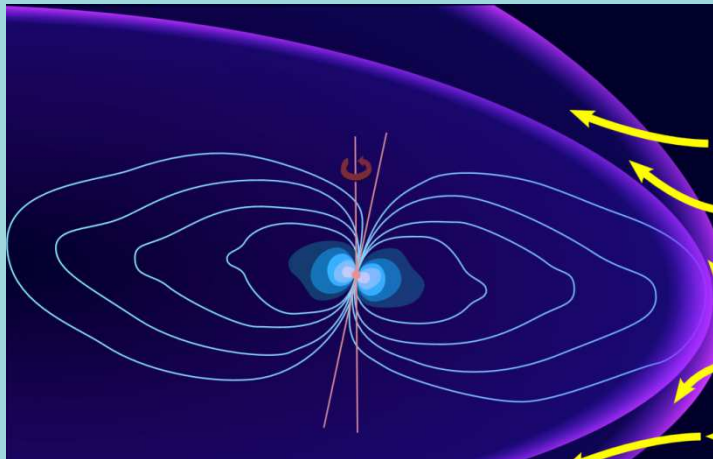


Jüpiter'in iç yapısı

Dev Gaz Gezegenlerin İç Yapılarının Karşılaştırılması

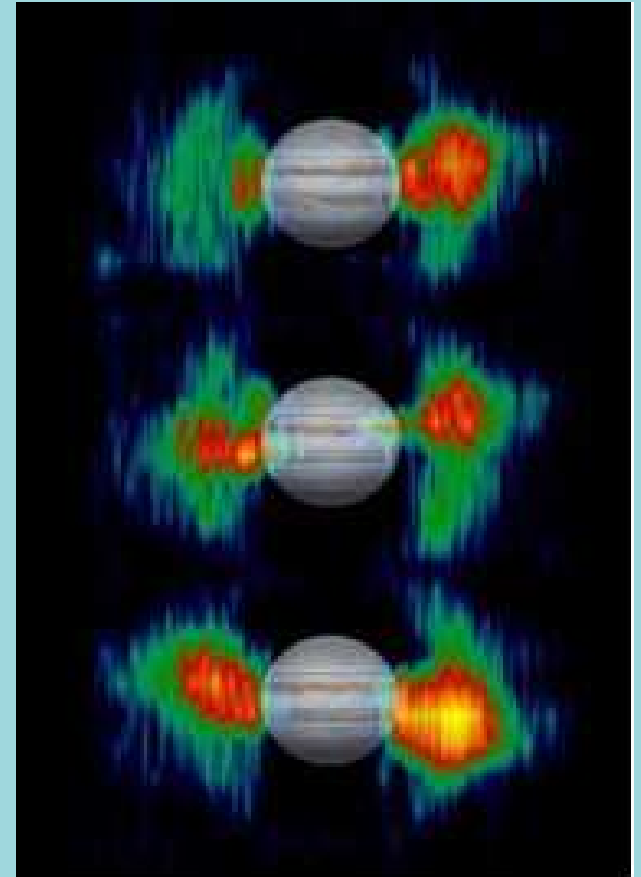


- 1955 yılında Bernard Burke ve Kenneth Franklin şaşırtıcı bir buluşa imza attılar. Jüpiter'in 22.2 MHz'de radyo salması yaptığını buldular.
- Aslında Jüpiter birçok radyo frekansında salma yapıyordu. Bazıları 145 K etkin sıcaklıklı iç ısıyla ilgiliydi. Ama bazılarının kaynağı ısısal değildi.
- Daha sonra, Jüpiter'in yeğin bir manyetik alana sahip olduğu ve Yer'in etrafındaki gibi ışınım kuşaklarının olduğuna işaret edildi.

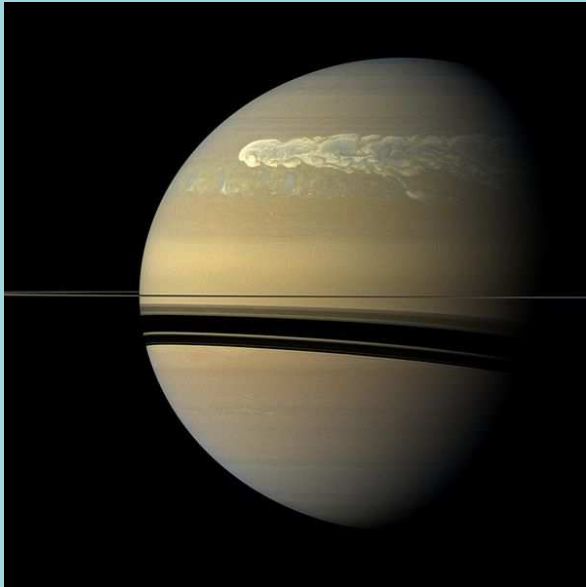


Jüpiter'in manyetosferi

Jüpiter'in değişen ışınım kuşakları (Cassini uzay aracından, 2001)

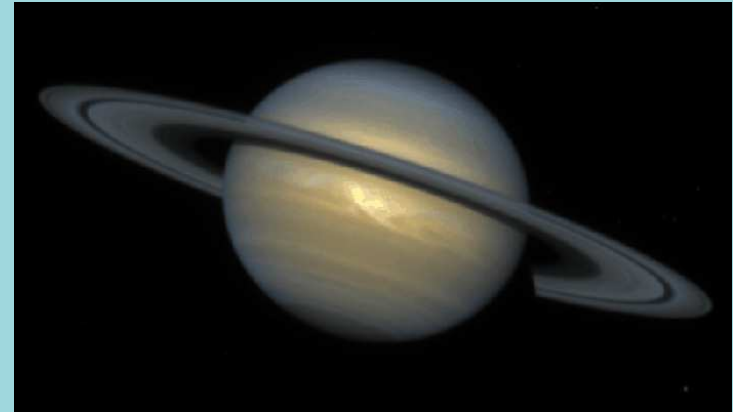


- 1876 yılından beri Satürn üzerinde birçok beyaz leke gözlenmişti. Bu lekelerin hızlara sahip olması, Satürn üzerinde Jüpiter'dekine benzer eşlek akıntıları olduğunu gösteriyordu.
- Fakat, Satürn üzerindeki 1400 km/h'lik hıza sahipti. Bu değer, Jüpiter'de 400 km/h kadardı. Satürn, Güneş'e daha uzak olmasına rağmen neden daha yüksek hızlı eşlek akıntularına sahipti?



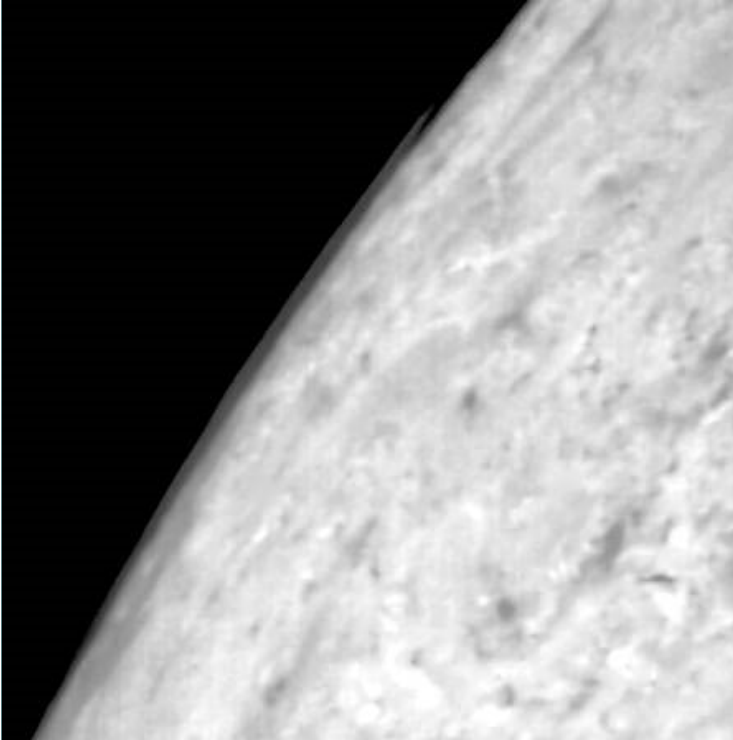
Satürn üzerinde
büyük beyaz leke,
Cassini 2012.

Eşlek bölgesine yakın,
12000 km uzunluğunda beyaz leke, 1994.



- Gerard Kuiper 1943-44 yıllarında güneş sistemindeki en büyük 10 uydunun tayfını aldı ve Titan'ın bir atmosferi olduğuna dair delil buldu. Belki Triton'da da olabilir.
- Ancak, Jüpiter'in Galileo uyduları için bu sonuca ulaşamadı.

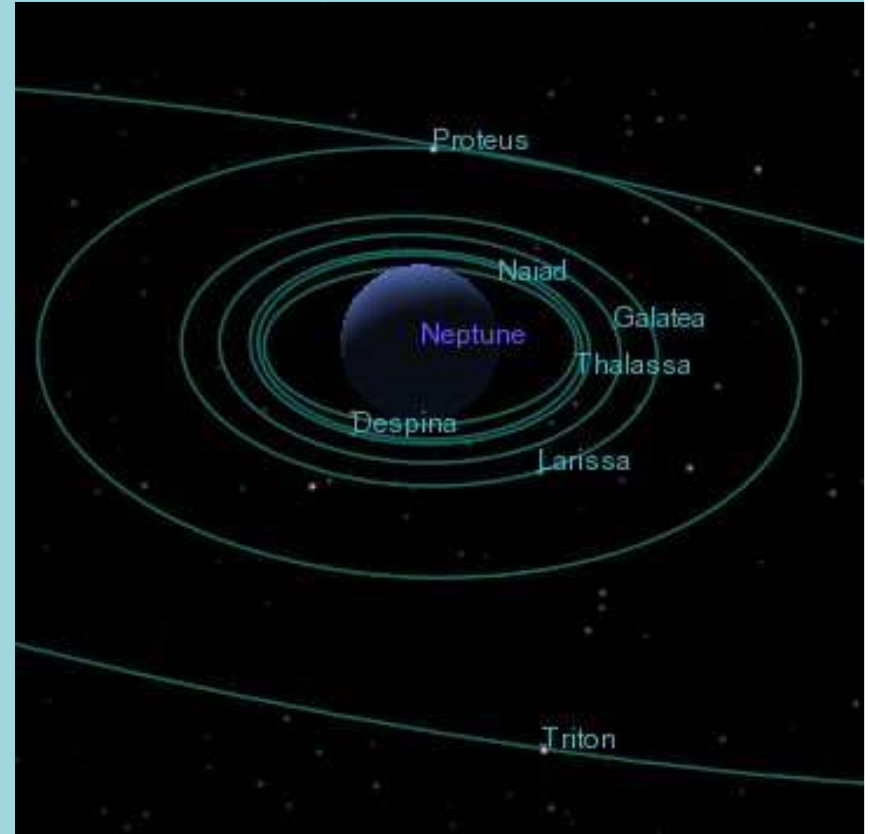
Triton'un kenarında gözlenen ince bulut tabakası



Titan'ın atmosferindeki sis tabakası

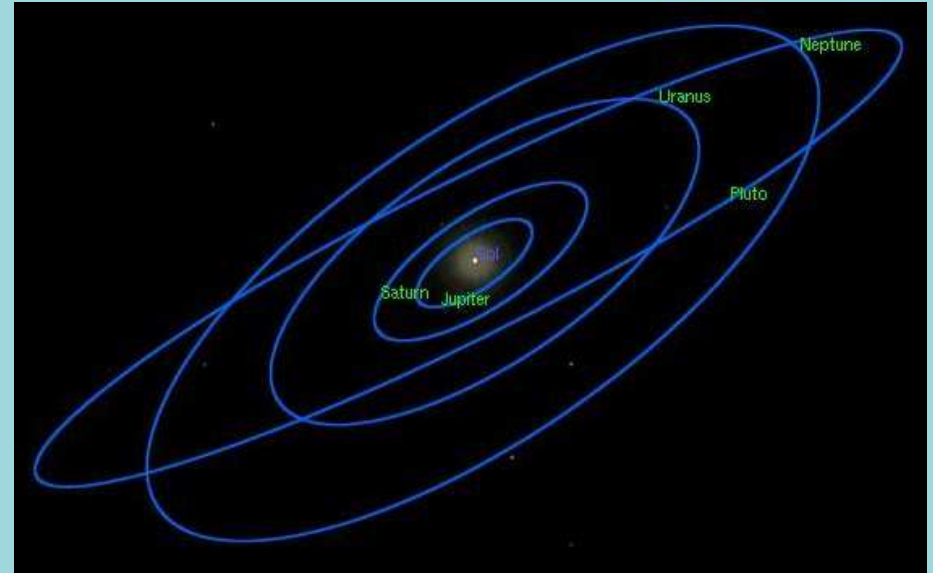


- 19 yy'da Triton'un Neptün etrafında geri hareket yaparak dolandığı bulunmuş olmasına rağmen nedeni bilinmiyordu. Bu durum da Neptün de dönme hareketini ileri mi yoksa geriye doğru mu yapıyordu?
- 1928'de Joseph Moore ve Donald Menzel, Neptün'ün tayf çizgilerindeki Doppler kaymasını gözleyerek, dönmesinin ileri doğru olduğunu buldular.
- Böylece, Triton'un, yörüngesi üzerinde gezegeninin dönme yönüne ters yönde dolandığı kesinleşti.
- Bu durum güneş sistemi içinde büyük bir uydu için ilk defa gözlenmiş oldu.

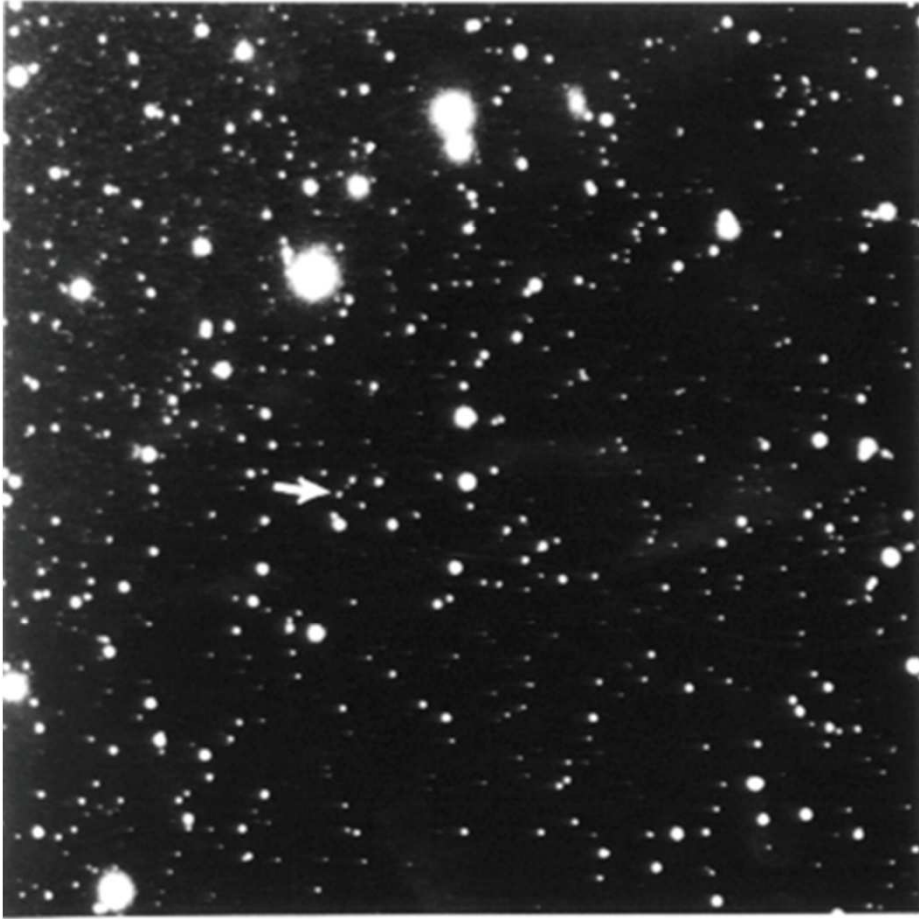


- Uranüs ve Neptün'ün bulunuşları astronomları Güneş'ten daha da uzakta gezegenlerin olabileceği fikrine itti. 1846'da Neptün keşfedildiğinde yalnız gözlemi yapılmış ve yörüngesinde çok yavaş hareket ettiğinden yörüngesi tam olarak belirlenememişti.
- Ancak, Uranüs'ün yörüngesi hakkında daha çok bilgi vardı. Yörüngeden sapmalar olup olmadığına dair yeniden araştırmalar yapıldı. Eğer, sapmalar görülürse bu durum yeni bir gezegenin varlığını işaret edebilecekti.
- Bu gibi sapmalar gözlenmiş ve yeni gezegen için birçok astronom tarafından olası konumlar belirlenmişti.

- Yeni gezegen için Lowell Gözlemevi'nde bir fotoğrafik araştırma başladı. Ancak, Percival Lowell'ın 1916'da ölmesi üzerine araştırma yarıda kaldı.
- 1930 yılında Clyde Tombaugh, Pluto'yu keşfetti.
- Yörüngesi hayli basık ve bir gezegen için yörünge eğikliği oldukça fazlaydı.
- 1955'de Merle Walker ve Robert Hardie, Pluto'nun yeğinliğindeki düzenli değişimlerden giderek dönme döneminin $6^d 9^h 17^m$ olduğunu buldular.



Pluto Gezeninin Keşfi

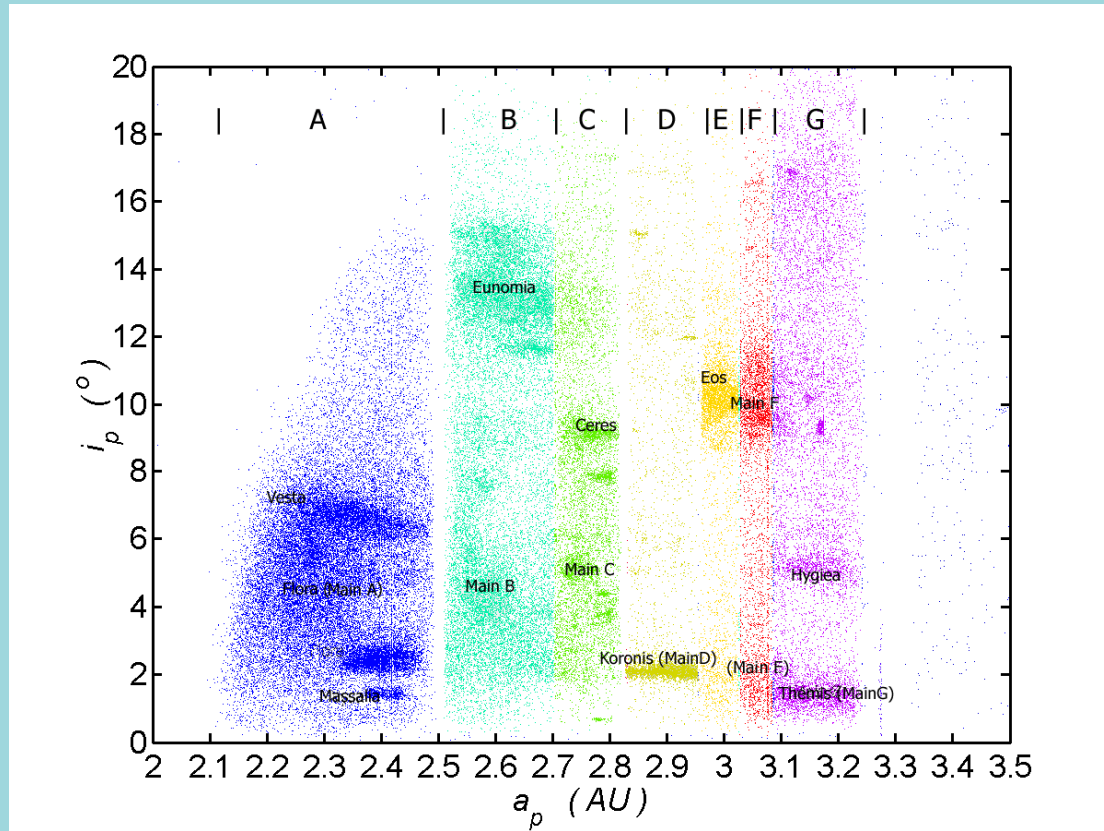


23 Ocak 1930



29 Ocak 1930

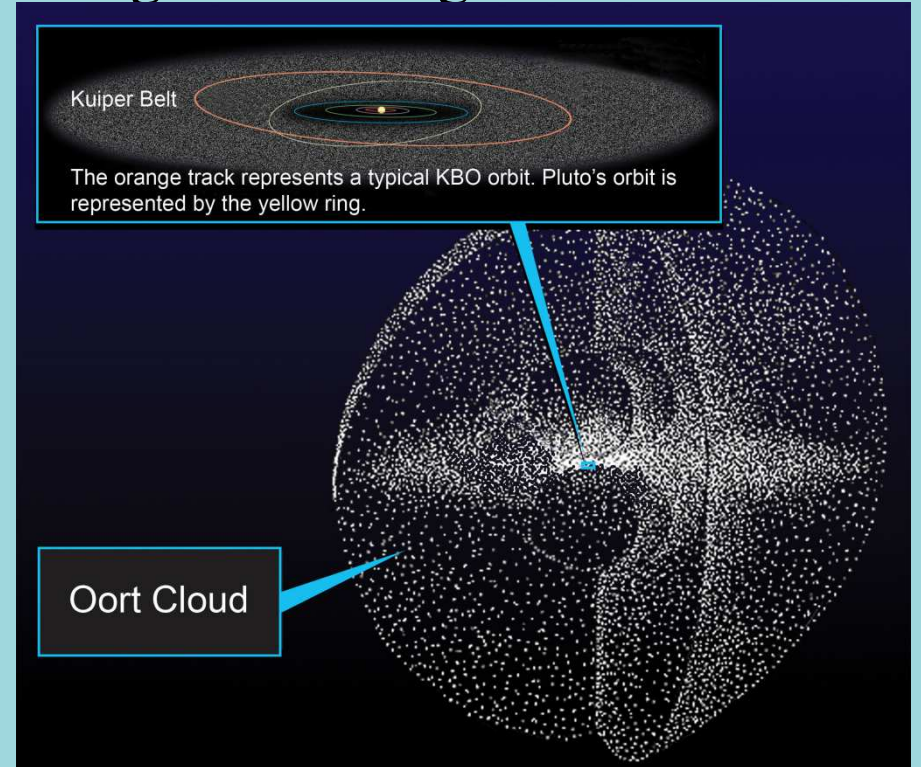
- 1918'de Kiyotsugu Hirayama, yörünge yarıçapları (yarı-büyük eksen uzunlukları), yörünge basıklık ve eğikliklerine göre üç asteroit ailesi belirledi. Önerisine göre, bu üç ailenin üyeleri daha büyük bir asteroidin parçalanması sonucunda oluşmuş kalıntılardı. Daha sonraki bir kurama göre de Mars ile Jüpiter arasındaki bir gezegenin parçalanmasından geri kalan parçalardı.



- 1950'li yılların ortasında ky başlarında karbon, hidrojen, oksijen ve azotlu bileşiklere rastlandı. Bu arada ky'ların kuyruk bölgesinde de iyonlaşmış CO^+ ve iyonlaşmış N_2^+ 'ye rastlandı.
- 1930'da Karl Wurm, ky'larda bulunan birçok molekülün kimyasal olarak çok aktif olduğunu ve bu yüzden çok uzun süre varlığını sürdüremediğini buldu.
- 1948'de ky'ların Güneş tarafından ısıtılmadan önce içlerinde buz formlarında olmak üzere, su, metan, amonyak (NH_3), moleküler azot (N_2), karbon monoksit ve karbon dioksit bulundurdukları bulundu.
- 1950-51'de Fred Whipple "*kirli kartopu*" olarak bilinen modeli ve çekirdeklerinde göktaşlarına ilişkin materyalin gömülü olarak bulunduğunu önerdi.



- 1930'lu yıllarda Ernst Öpik yıldızlara ait tedirginlik analizinden giderek ky'ların Güneş'e 10^6 AB'ye kadar uzaklıkta bağlı kalabileceği sonucunu çıkarttı.
- 1950'den sonra Jan Oort, enöte noktaları yaklaşık 100 000 AB uzaklıkta olan, yakın parabolik yörüngeli 10 ky saptadı. Bunun sonucunda, bütün uzun dönemli ky'ların kökenlerinin Güneş'ten 50 000 - 150 000 AB uzaklıklı bir bölge olabileceğini önerdi.
- Bu bölge, günümüzde **Oort Bulutu** olarak adlandırılır.



Daha Geniş Evren

- 1890'ların Harvard yıldız sınıflaması, ilk tayfsal çift yıldızları bulan E. Pickering tarafından, en sıcaktan en soğuk yıldızlara doğru evrim sürecindeki değişik yıldızların yerini göstermek için tasarlanmıştı.
- Aynı zamanda, Pickering alfabetik olarak A-türü yıldızların en genç, sonra B-türü ve daha sonra da O-türü yıldızların en yaşlı olduğunu düşündü.
- Fakat, 1897'de Antonia Maury, evrim yolunun B-türü yıldızlarla başlayıp A-türü yıldızlarla devam etmesi gerektiğini söyledi. Sınıflamaya ayrı bir boyut katarak tayf çizgilerinin keskinliğini a , b ve c gibi harflerle belirtti.
- Dört yıl sonra, Annie Cannon, O-türü yıldızları B-türünün önüne yerleştirdi.

Pickering ve çalışma grubu (13 Mayıs 1913)



Soldan sağa arka sıra: Margaret Harwood, Mollie O'Reilly, Edward C. Pickering, Edith Gill, Annie Jump Cannon, Evelyn Leland, Florence Cushman, Marion Whyte, Grace Brooks.

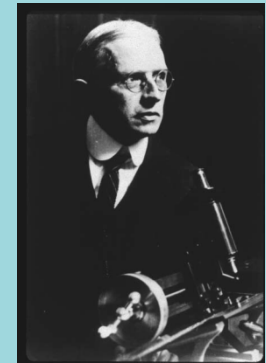
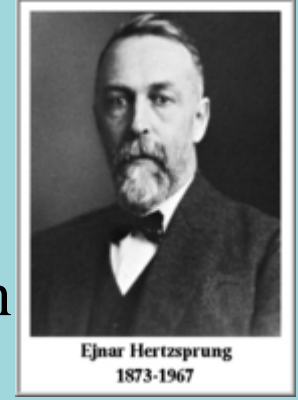
Ön sıra: Arville Walker, bilinmiyor (belki Johanna Mackie), Alta Carpenter, Mabel Gill, Ida Woods.



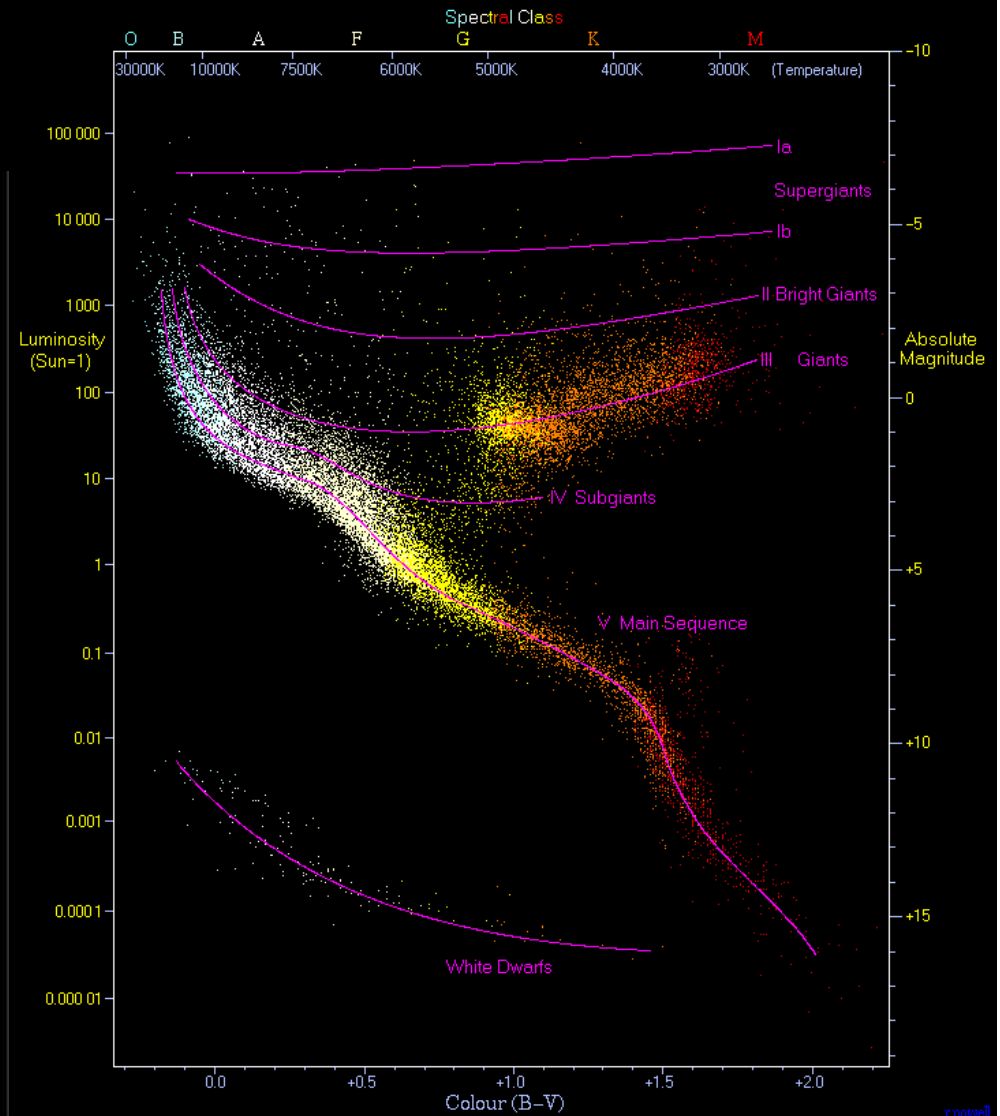
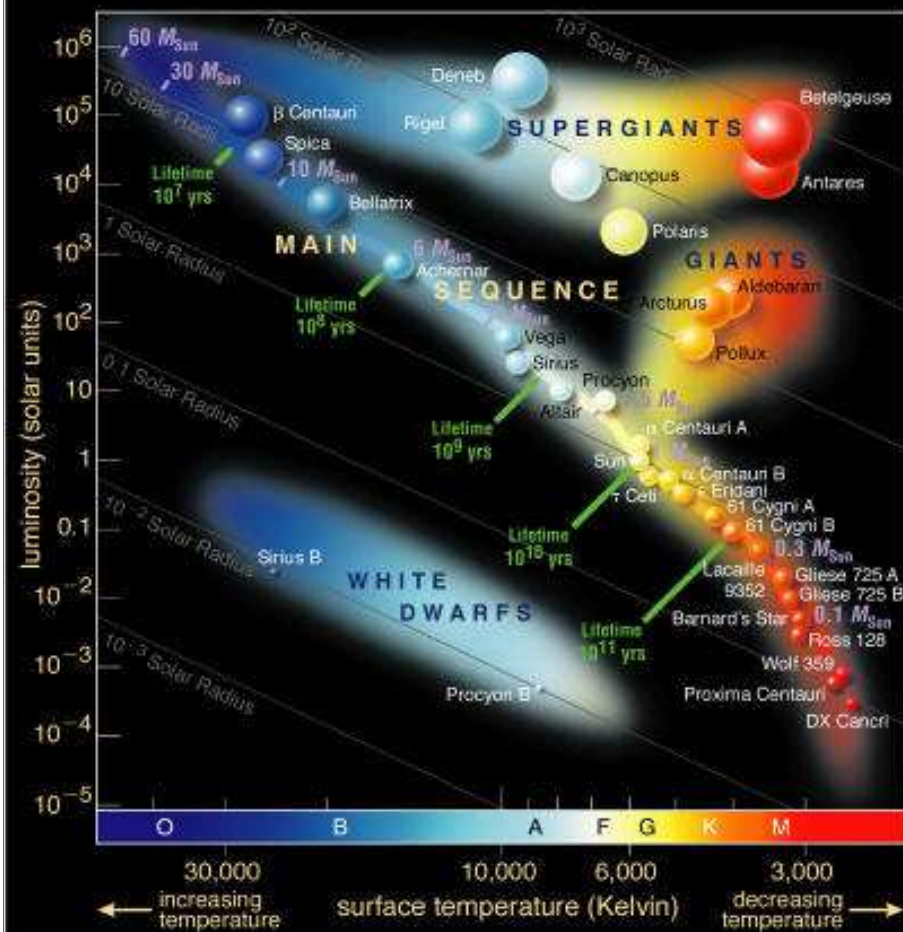
Harvard College Gözlemevi'nde 1892 yılında alınmış bir fotoğraf. W. Fileming (önde oturan) ve A.J. Cannon (sağ arkada oturan, göz merceğinden bakıyor).

- Pickering 1896'da O-türü yıldız ζ Puppis'in tayfında biraz daha farklı tayf çizgi setine rastladı. Sonradan, diğer O-türü yıldızların da benzer özellikleri gösterdiğini gördü ve bunların hidrojenin değişik bir formundan kaynaklandığını düşündü.
- Fakat, 1913'de Niels Bohr, kendisine ait yeni atomik yapı kuramını kullanarak, onların iyonlaşmış helyum çizgileri olduğunu gösterdi. B-türü yıldızlar iyonlaşmamış helyuma sahipti.
- Bu durumda, O-yıldızları Maury'nin şüphelendiği gibi B-türü yıldızlardan daha sıcak oluyordu.

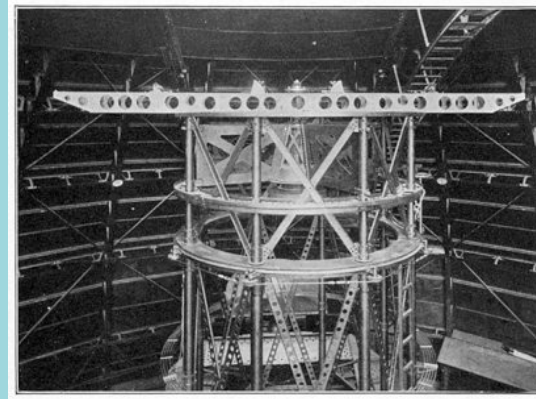
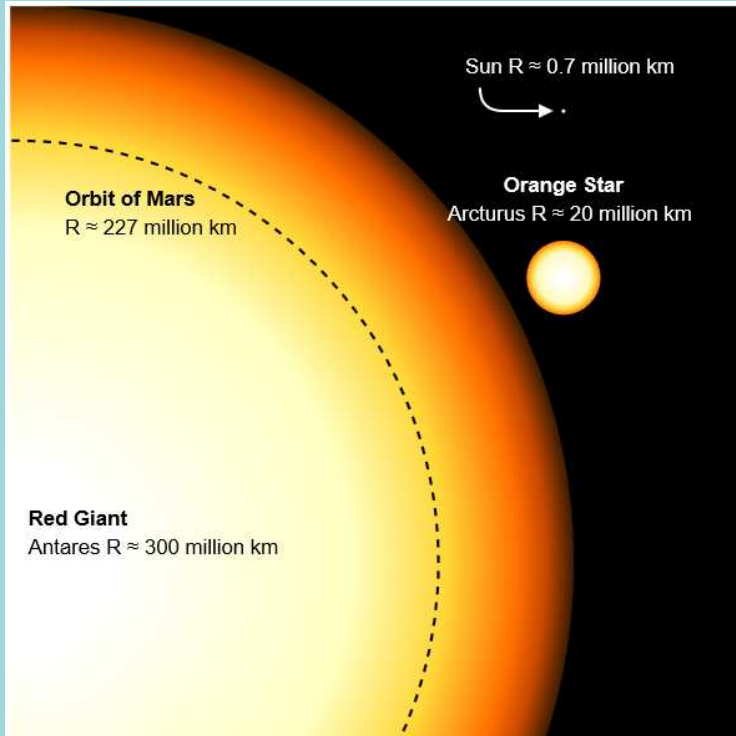
- Ejnar Hertzsprung 1905-1907 yıllarında, Maury'nin *c*-türü yıldızlarının aynı renkteki diğer yıldızlarla karşılaştırıldığında çok küçük öz hareketlere sahip olduğunu buldu.
- Bu sonucu kullanarak, *c*-türü yıldızların, *c*-türü olmayan yıldızların ışıtmalarından daha yüksek ışıtmalara sahip olduğunu ve dolayısıyla daha büyük yüzey alanına sahip olmaları gerektiği buldu.
- Yüksek ve düşük ışıtmalı iki yıldız topluluğu. "Devler" ve "cüceler" olarak adlandırdı.
- 1910 yılında Henry Norris Russell, Hertzsprung'un çalışmasından haberi olmadan aynı renge sahip yıldızların, daha parlak ve daha sönük olmak üzere iki farklı grupta toplandıklarını gördü. 4 yıl sonra bu çalışmasını, cüce yıldızların anakolu ve devler kolu olarak gösteren renk-parlaklık veya Russell diagramı adıyla yayımladı.



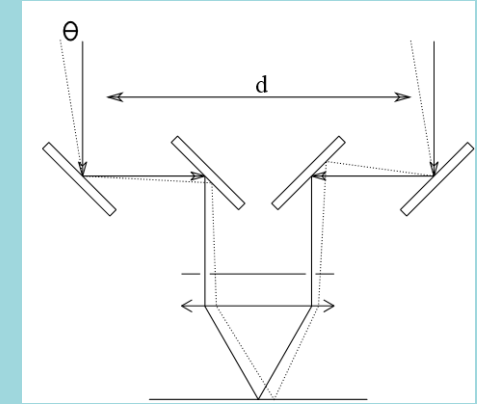
Daha sonra bu diagram
Hertzsprung-Russell Diagramı
 olarak adlandırıldı.



- 1920 yılında Michelson, Pease ve Anderson, Michelson Girişimölçeri'ni kullanarak ilk defa yıldızların çaplarını ölçmeyi başardılar. Bu sonuçlar, dev yıldızların çok büyük boyutları olduğunu açıkça gösterdi.



6 m lik bir Michelson girişimölçeri Hoker Teleskobu'nun arkasına bağlanmış, 1920.



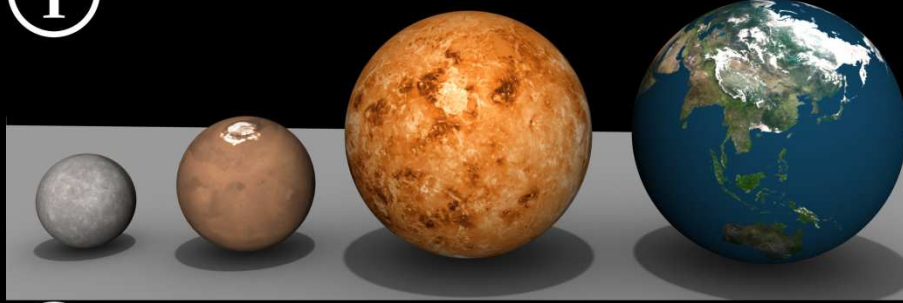
Michelson Girişimölçeri'nin şematik gösterimi.

Örneğin, Antares'in Güneş'ten 450 kat daha büyük olduğu bulundu.

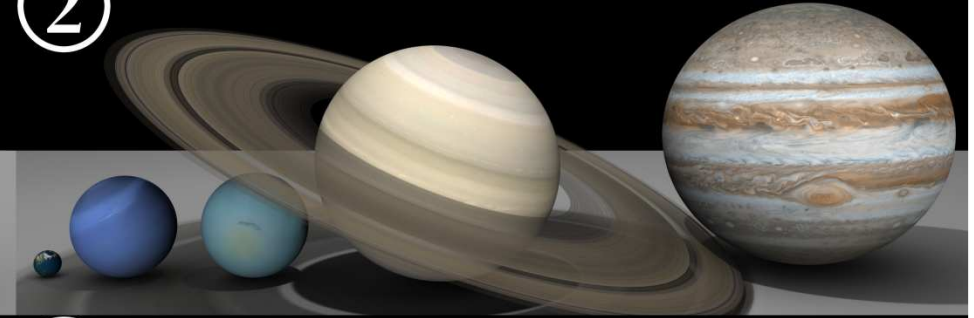
$$R_{\text{Antares}} = 3 \times 10^6 \text{ km.}$$

Boyut karşılaştırması

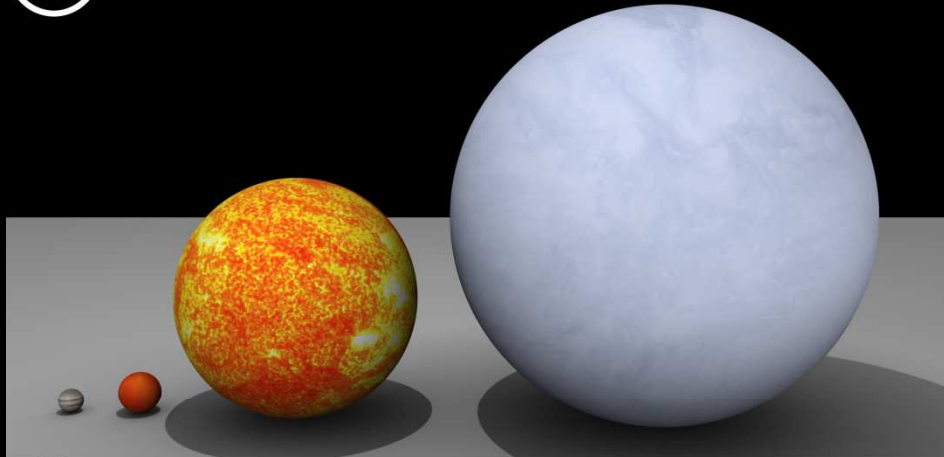
① Mercury < Mars < Venus < Earth



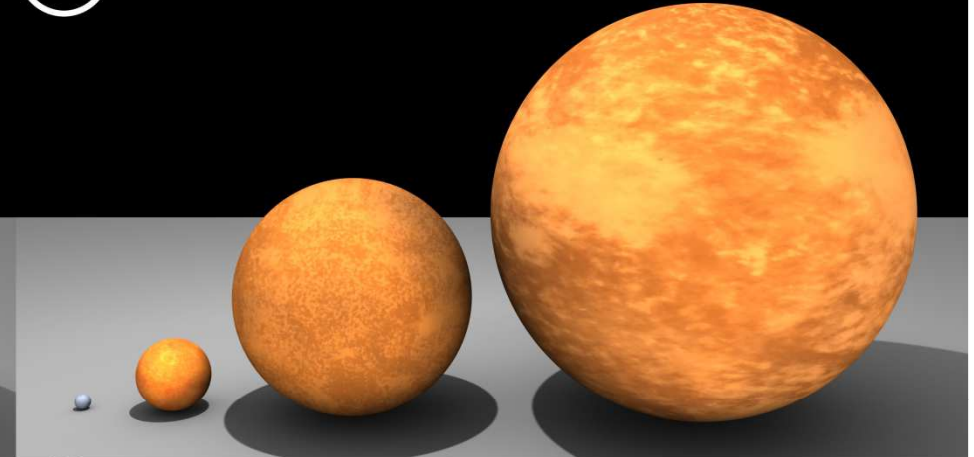
② Earth < Neptune < Uranus < Saturn < Jupiter



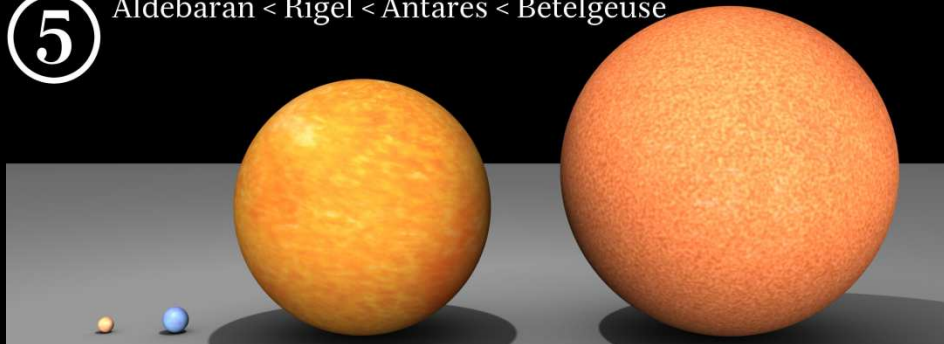
③ Jupiter < Wolf 359 < Sun < Sirius



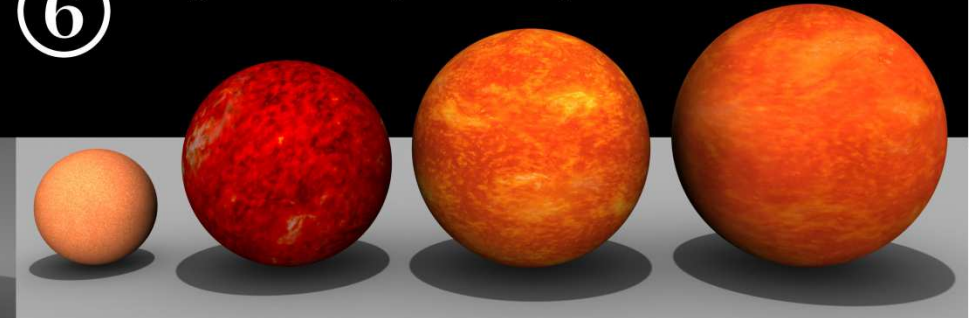
④ Sirius < Pollux < Arcturus < Aldebaran



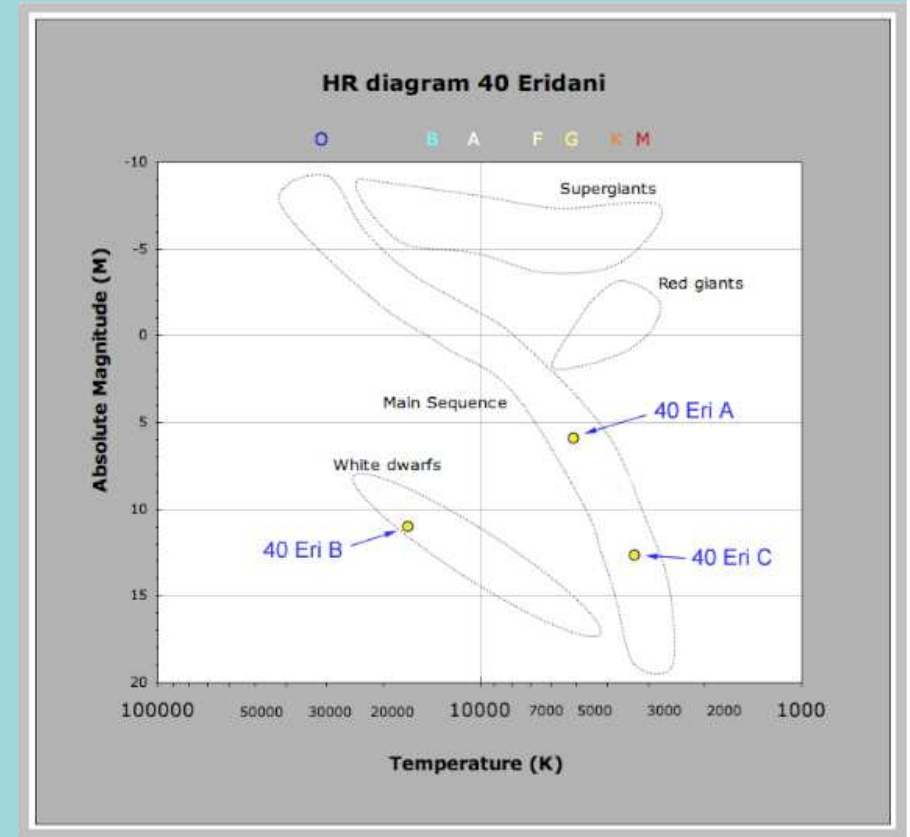
⑤ Aldebaran < Rigel < Antares < Betelgeuse



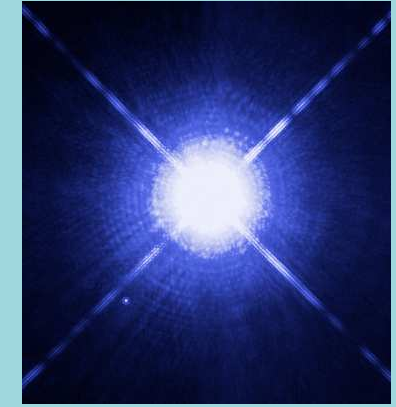
⑥ Betelgeuse < Mu Cephei < VV Cephei A < VY Canis Majoris



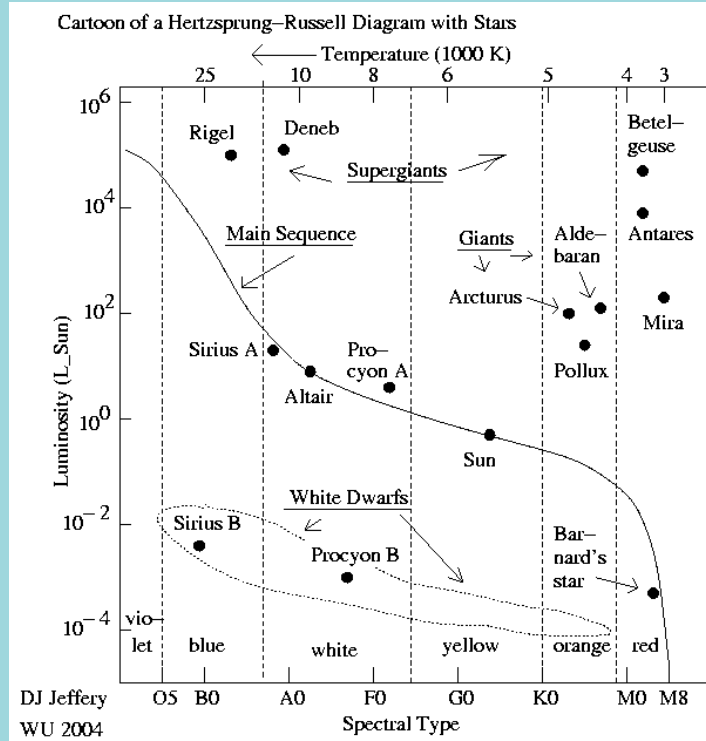
- Russell'ın başlangıç renk-parlaklık diagramında anakol ve dev yıldız kolu vardı. 40 Eri A yıldızı, bir anakol yıldızı olmasına rağmen, 1910 yılında bulunan bileşeni 40 Eri B düşük bir ışıtmaya sahipti.
- 1914 yılında Walter Adams, onun çok düşük ışıtmalı, beyaz bir yıldız olduğunu onayladı.



- W. Adams, 1915 yılında Sirius B yıldızının tayfını aldı ve sanıldığı gibi bir kırmızı M-türü yıldız olmadığı, onun yerine 40 Eridani B gibi, bir beyaz A-türü yıldız olduğunu buldu.
- Sirius B bir beyaz yıldız için çok düşük ışıtmaya sahipti.
- A-türü yıldızların yüksek ışıtmalarına rağmen, bu iki yıldızın da düşük ışıtmalı olması, yalnız boyutlarının küçük olması durumunda açıklanabilir.



Sirius A ve sol alta B (HUT).

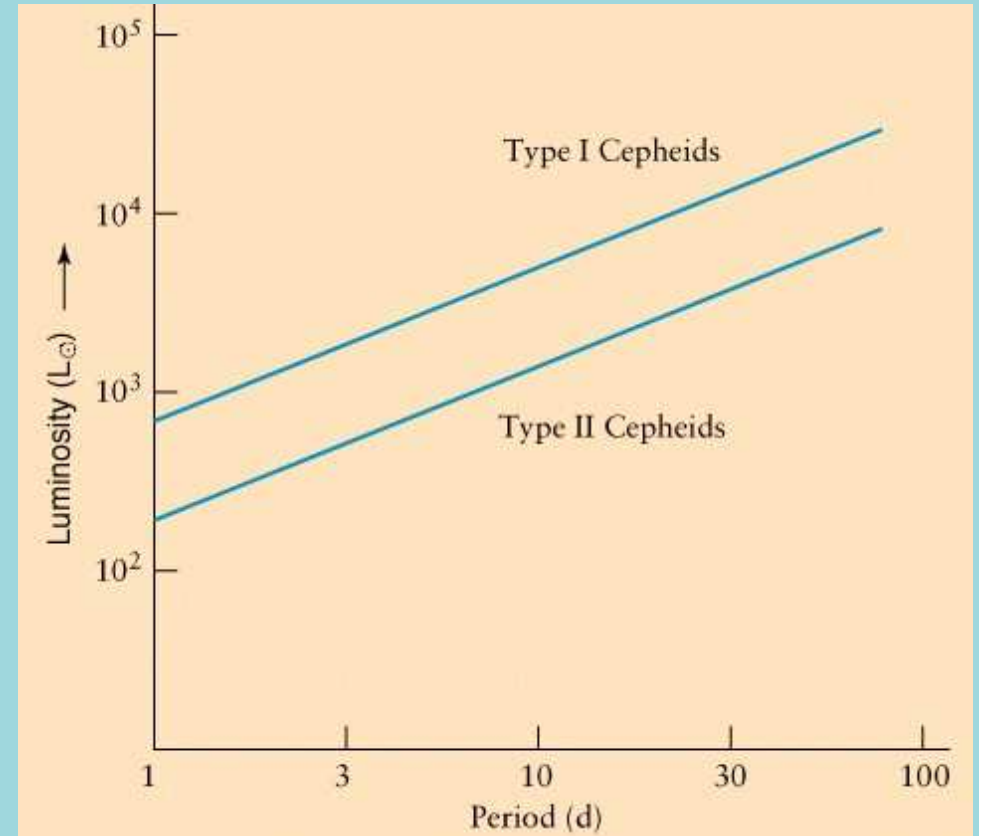


Bu yeni yıldızlar, Eddington'un adlandırmasıyla birer "*beyaz cüce*" yıldız idi.

- Henrietta Leavitt, 20.yy'ın başlarında Magellan Bulutları'nda yıldız taramasına başladı ve 1912'de Küçük Magellan Bulutu'nda 25 Cepheid değişiminin dönem ve parlaklık değişimlerini ölçerek, en parlak Cepheid'lerin en uzun döneme sahip olduğunu buldu.

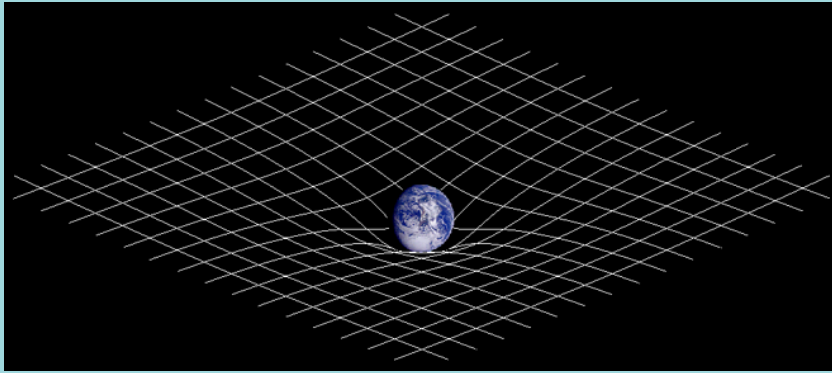


- Hertzsprung, Küçük Magellan Bulutu'nun uzaklığını hesaplamak için Leavitt'in dönem-ışıkma ilişkisini kullandı.
- Shapley ise bu ilişkiyi küresel kümelerin uzaklıklarını bulmada kullandı.



- Albert Einstein genel relativite kuramı denklemlerini çözdü ve evrenin ne genişlediği ne de büzüldüğü öngördü. Evrenin durağan olduğuna inanarak, 1917’de denklemler içine bir durağan evren oluşturacak kozmolojik sabit ekledi.

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}g_{\mu\nu} R + g_{\mu\nu} \Lambda = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu} \quad \Lambda: \text{Kozmolojik sabit}$$



- Birkaç yıl sonra, Alexander Friedmann, Einstein’ın kuramını geliştirdi ve belirli koşullar altında, evrenin genişleyebileceği veya büzülebileceğini belirleyen kritik bir yoğunluğa sahip olduğunu söyledi.

- 1912'de Vesto Slipher, Andromeda bulutsusunun tayfindan ölçüm yaptı ve beklenmedik şekilde Samanyolu'na doğru 300 km/s lik hızla yaklaştığını buldu.
- Sonraki 5 yıl içinde 25 sarmal bulutsunun dikine hızlarını ölçtü ve bunlardan 21'inin çok yüksek hızlarda Samanyolu'ndan uzaklaştığını buldu.
- O zamanlarda sarmal bulutsuların, Samanyolu'nun içinde mi veya onun gibi çok uzaktaki diğer yıldız sistemleri mi oldukları belli değildi.
- 1924'de Edwin Hubble, Cepheid değişenlerini kullanarak Andromeda ve Triangulum bulutsularının uzaklıklarını ölçtü ve bunların Samanyolu'nun dışındaki sistemler olduğunu buldu.

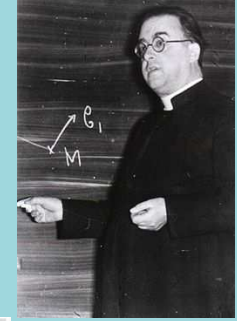


Andromeda Gökadası

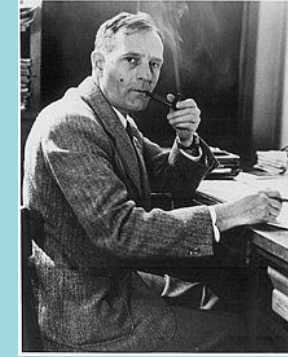


Triangulum Gökadası

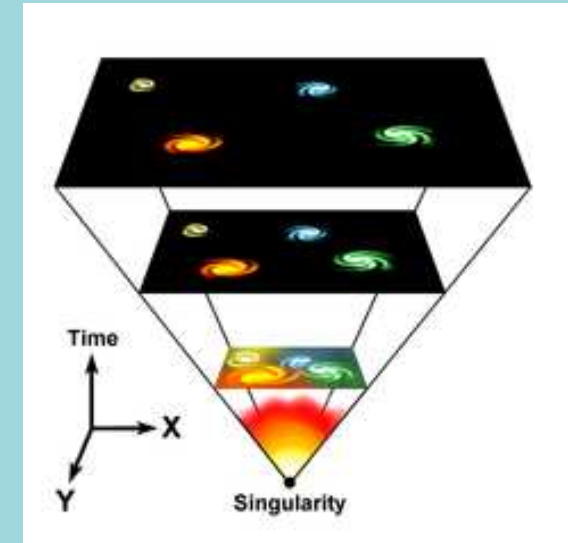
- Georges Lemaître, Slipher'ın galaktik kırmızıya kayma ölçümlerinden haberdardı ve 1927 yılında bir makale yayımlayarak, gözlenen kırmızıya kaymayla genişleyen evreni ilişkilendirdi.
- İki yıl sonra Hubble, uzak gökadalara kırmızıya kaymalarının artan uzaklıkla yaklaşık 500 km/s/Mpc hızla doğrusal olarak arttığını gösterdi.
- 1931'de Lemaître, evren tek bir noktadan patlayarak gelişti diye yorum yaptı. Bu görüş şimdi Büyük Patlama olarak adlandırılan kuramın ilk görüntüsüydü.
- Aynı yıl, Einstein denkleminde kozmolojik sabiti çıkardı ve bu benim yaptığım en büyük gaftır dedi.



Lemaître



Hubble



- Hubble, genişleme hızını dikkate alarak evrenin yaşının 2 milyar yıl olduğunu önerdi. Ancak, o zamanlar radyoaktif tarihleme kullanılarak Yer'in yaşının en az 3.35 milyar olduğu biliniyordu. Bu yüzden, büyük patlama kuramından vazgeçilmesi düşünüldü. Onun yerine Durağan Hal kuramı geliştirildi.
- 1952'de Walter Baade, Cepheid değişenlerinin iki türü olduğunu ve gökada uzaklıklarının yanlışı türün kullanılarak hesaplandığını gösterdi.
- Doğrusuyla yapılan hesapta yaş 4 milyara çıkıyordu. Ama bu değer de yeterince yüksek değildi. Böylece, 1950 yıllarda iki kozmolojik kuram olan *Büyük Patlama* ve *Durağan Hal* arasında kalındı.