

ASTRONOMİ TARİHİ

5. Bölüm Yüzyıllara Genel Bakış 17, 18 ve 19'uncu Yüzyıllar

Serdar Evren
2013

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

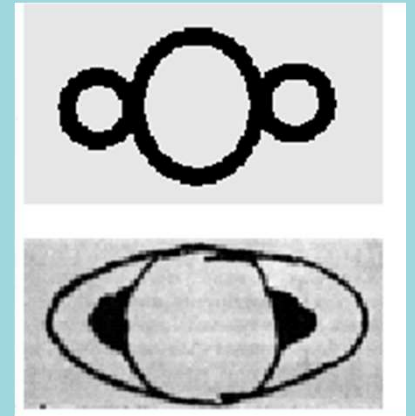


Yüzyıllara Genel Bakış

17. YÜZYIL

- Astronomi, **teleskobun keşfi** ve **fizikteki gelişmelerin** yardımıyla değişti.
- **Kepler** ve **Galileo**, yüzyılın başında bu gelişmelerde anahtar kişi oldular.
- Diğerleri; Huygens, Descartes ve Newton.

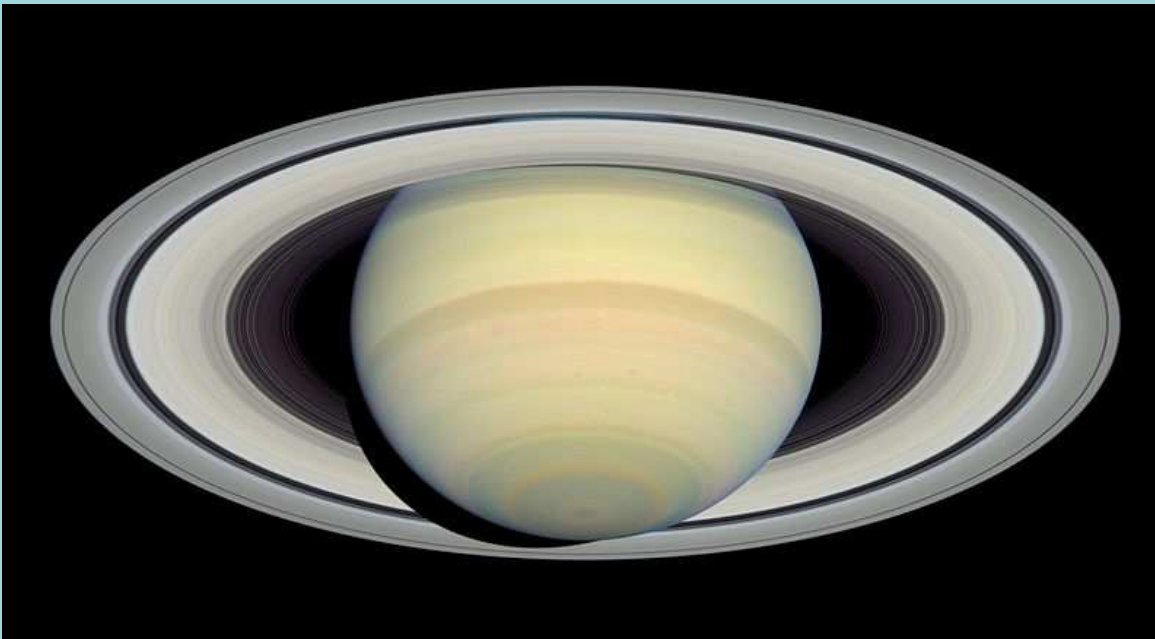
- Huygens: Satürn'ün ilk uydusu **Titan**'ı buldu (*De Saturni*'de duyurdu, 1656).
- Galileo tarafından gözlenen iki uydunun sırrını çözdü. Bunların uydu değil, ince, katı ve düz bir halka olduğunu, tutuluma göre eğik durduğunu ve zamanla değiştiğini söyledi (1659).



- J. D. Cassini, 1675’de Satürn’ün halkasının bir karanlık çizgiyle ikiye bölündüğünü gözledi. (**Cassini Boşluğu**). Halkanın katı olmadığını ve küçük uydular topluluğu olduğunu önerdi.



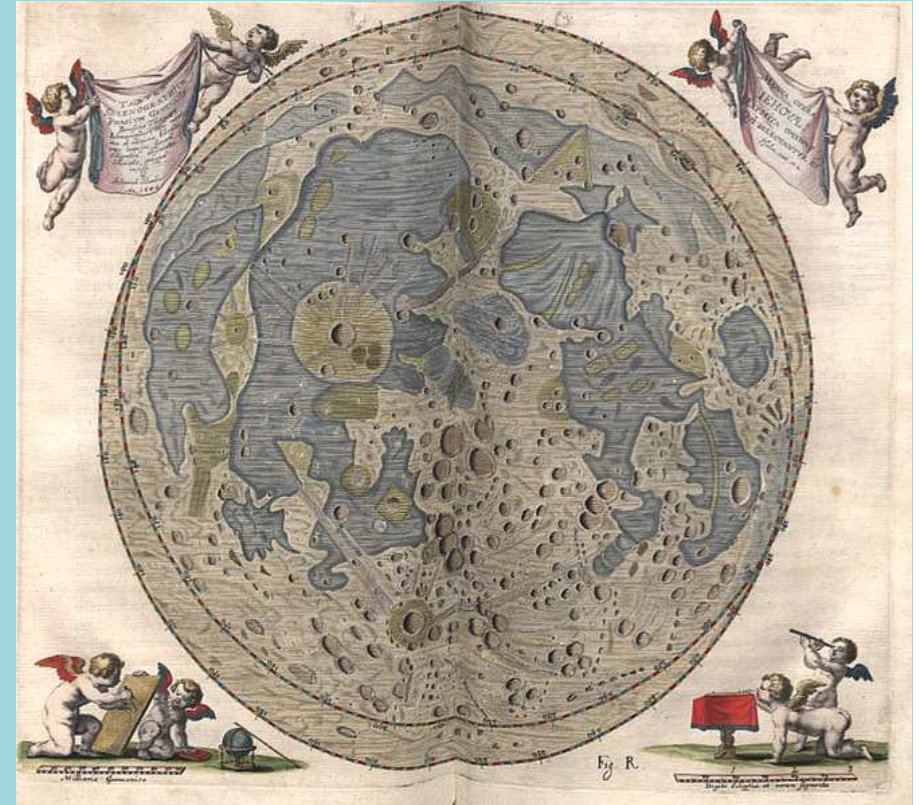
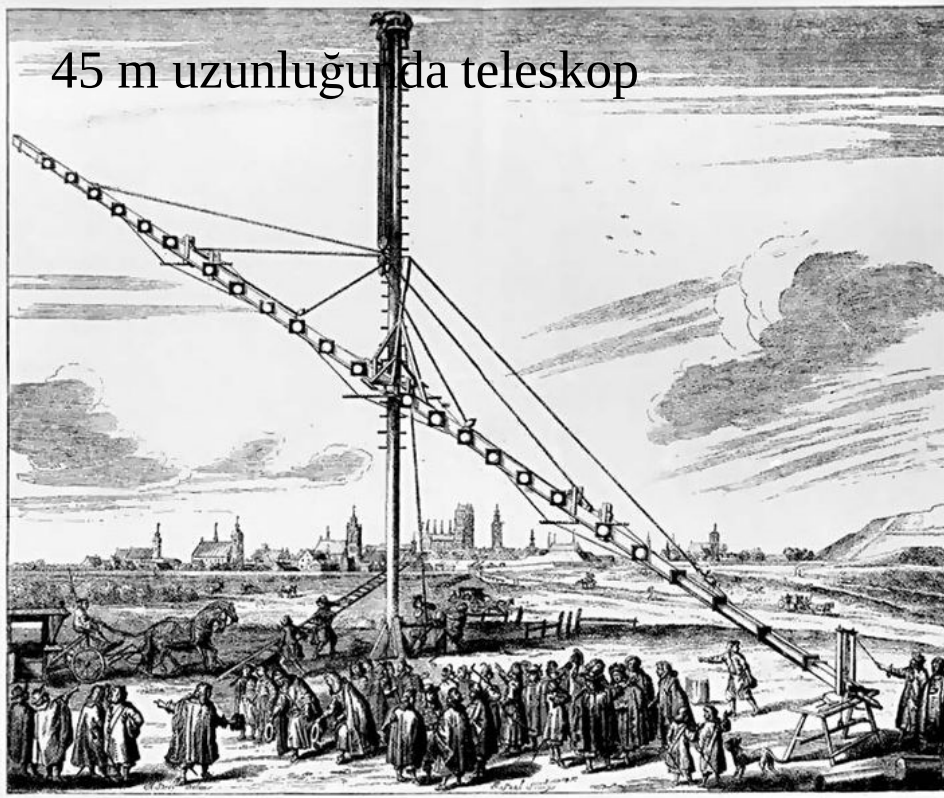
Jean Dominique Cassini
(Giovanni Domenico
olarak da bilinir)



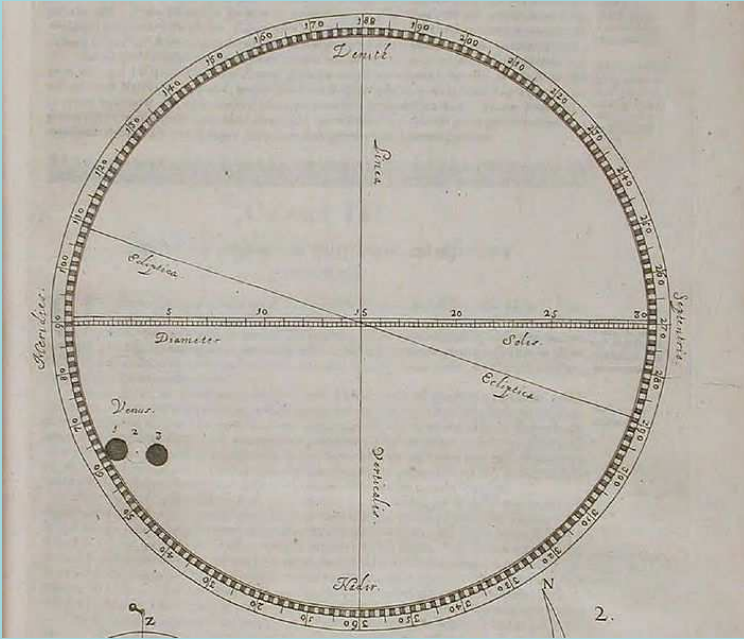
Satürn

17. yy içindeki anahtar buluşlar ve gözlemler

- 1647 Hevelius tarafından yayınlanan ilk ayrıntılı Ay haritası.



- 1631 Gassendi, Remus ve Cysat.
Merkür'ün ilk transit gözlemi.
- 1639 Horrocks ve Crabtree.
Venüs'ün ilk transit gözlemi.



CRABTREE WATCHING THE TRANSIT OF VENUS · A · D · 1639



Venus transit, 1639.

18. Yüzyıl

- Halley Kuyruklu Yıldızı

Edmond Halley, 1337-1698 yılları arasında gözlenmiş 24 kuyruklu yıldızın Newton'un çekim kuramını kullanarak yörünge öğelerini hesapladı.

Synopsis of the Astronomy of Comets, 1705.

- Hiç birinin yörüngesi hiperbolik olmadığından güneş sisteminin kalıcı üyesi olmalıydılar.

- 1531, 1607 ve 1682 de geçen ky'ın aynı olması gerektiğini savundu. Çünkü, yörünge öğeleri birbirine çok benziyordu. Zaman aralıklarındaki farklılığın Jüpiter'in etkisinden kaynaklanabileceğini önerdi.
- Şimdi, Halley ky olarak adlandırılan bu cismin 1758 sonunda veya 1759 başında geri döneceğini söyledi.



8 Mart 1986

Bir sonraki geçiş 28 Temmuz 2061

Newton Dinamiğinin Başarısı:

Halley'in geri dönüşünün tahmini

- A. Clairaut, Halley ky'ın bir sonraki geçişini daha doğru hesaplamaya girişti.
- Gezegenlerin etkisini de kapsayacak şekilde üç cisim problemine uygun yeni bir yaklaşım-çözüm kullandı. Bu çözüme göre ky Jüpiter'in etkisinden dolayı 518 gün, Satürn'ün etkisinden dolayı 100 gün gecikmeyle en beriye ulaşacaktı.
- 1758 Kasım diye önerilen tarihi 15 Nisan 1759 $\pm$ 1 ay olarak değiştirdi. Halley, enberiye 1 Mart 1759'da ulaştı.



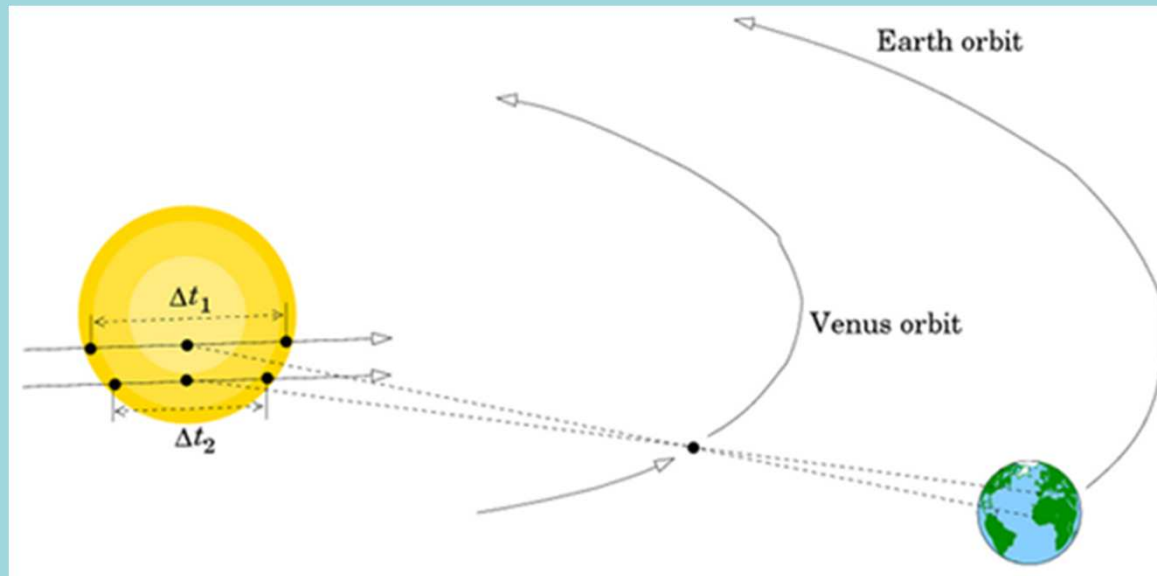
Ingiltere, 1066.



1305

Venüs'ün Örtmesi (Transit)

- Halley 1678'de güneşin paralaksını ve dolayısıyla Yer'in Güneş'ten olan uzaklığını ölçebilecek olası bir yöntem önerdi: Venüs transit.
- Eğer, bu gök olayı dünyanın birbirinden oldukça uzak farklı iki noktasından gözlenebilirse sonuca ulaşılabilirdi.



Ne yazık ki Venüs transit 100 yıl sonra 1761 ve 1769'da gözlenebilecekti.

(7)
[1]

Dr. HALLEY's
DISSERTATION
On the METHOD of Determining the
PARALLAX of the SUN
BY THE
TRANSIT of VENUS, JUNE 6. 1761.

N. B. This Dissertation was delivered to the Royal Society, and published in their Transactions, N^o 343.

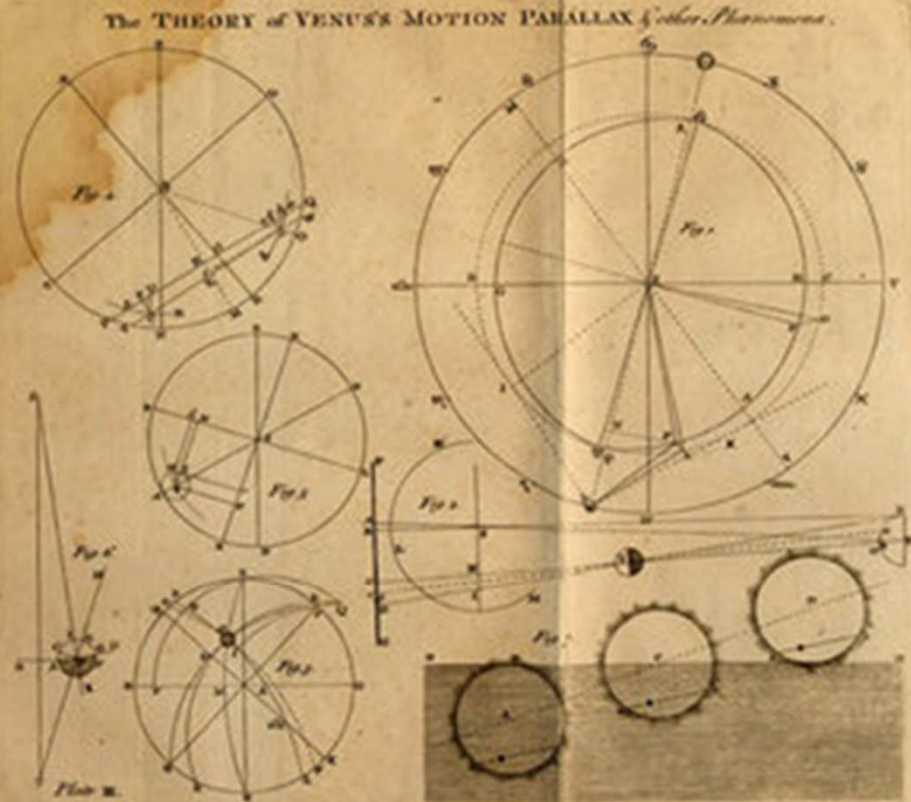
NO Problem seems of a more difficult Nature than that which is proposed, to determine the Distance of the Sun from the Earth near the Truth; which yet, from proper Observations *, obtained at particular Times and Places, may be solved without much Labour; and what I now propose to this Society is, to shew our † young Astronomers (who may live to make those Observations) a Method ‡, by which they may measure the

* The Observations here referred to are those which are to be made on the Transit of Venus over the Face of the Sun, in the Year 1761, at the East Indies on one Part, and in Hudson's Bay on the other, as is more fully delivered in the sequel of this Dissertation.

† The Doctor had Reason to mention young Astronomers, because at the Time he wrote this, which was about the Year 1715, the Transit of Venus was at the Distance of 43 Years.

‡ The Method proposed by the Doctor for this Purpose is the Subject of this Dissertation, viz. The Difference of the Times of the Transit of Venus over the Sun's Disk, observed from the two distant Parts of the Earth before-mentioned. The Doctor, who is on all hands allowed to be the greatest Judge in such Things, has given very good

Reasons

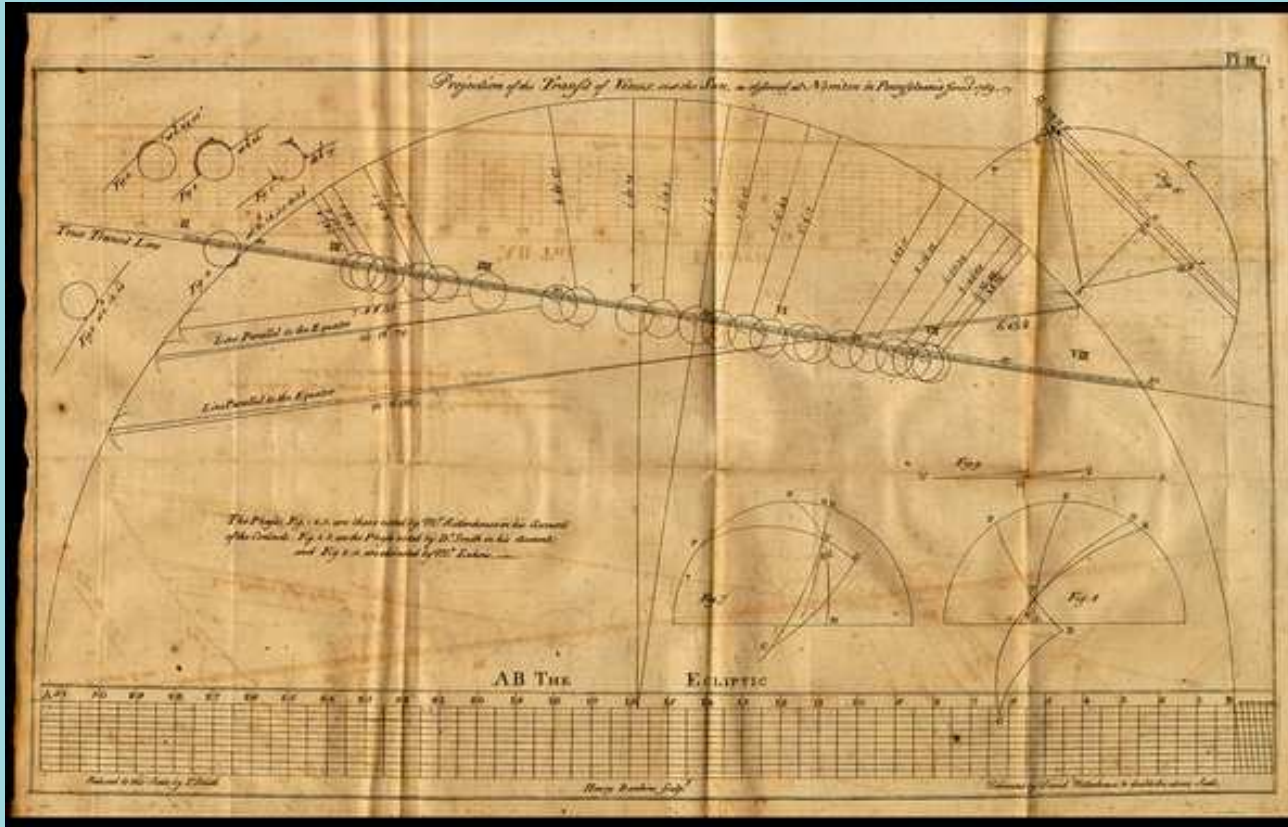


- Joseph Delisle, 1761 gözlemini organize etti.
- Fransızlar Viyana, Sibirya, Hindistan ve Hint Okyanusu'nda bir adaya; diğer ülke gözlemcileri ise Yunanistan, Endonezya ve Norveç'e gitti.
- Ne yazık ki değme anını saptamak kolay olmadı. Dolayısıyla paralaks $8''.3$ ile $10''.6$ arasında ölçüldü.

-
- The image contains eight geometric diagrams, each labeled with a figure number and various points and lines:
- Fig. 1.** A large circle with points A, B, C, and S. A line segment L is drawn from point S.
 - Fig. 2.** A circle with points C, S, R, L, D, and X. A line segment L is drawn from point X.
 - Fig. 3.** A circle with points L, m, m, and S. A line segment L is drawn from point S.
 - Fig. 4.** A circle with points m, m, and S. A line segment L is drawn from point S.
 - Fig. 5.** A circle with points L, n, n, and S. A line segment L is drawn from point S.
 - Fig. 6.** A circle with points L, P, P, and S. A line segment L is drawn from point S.
 - Fig. 7.** A circle with points m, n, n, c, h, and a. A line segment L is drawn from point a.
 - Fig. 8.** A circle with points c, p, p, and a. A line segment L is drawn from point a.

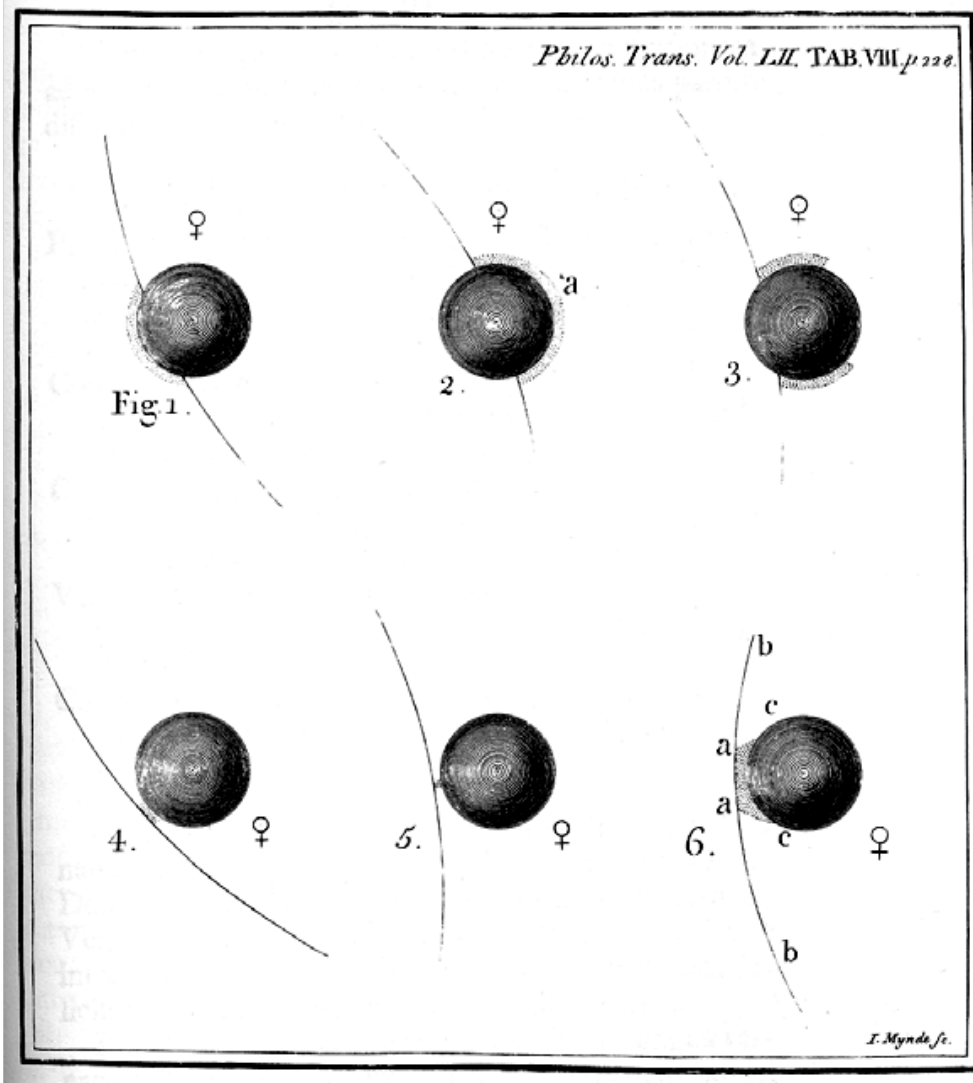
Mikhail Lomonosov'dan diyagramlar.
Güneş üzerinde Venüs'ün görünüşü, 26 Mayıs
1761'de St. Petersburg Imperial Academy of
Sciences'de gözlendi.

- 1761 örtmesinden alınan dersler 1769 gözleminde kullanıldı. 70 farklı yerden gözlem yapıldı. En iyi paralaks için $8''.571 \pm 0''.037$ değeri ölçüldü.
- Bu da Yer-Güneş uzaklığı için $153.5 \pm 0.7 \times 10^6$ km. idi. Bu değer, doğru değerın %2.5'u içindedir.

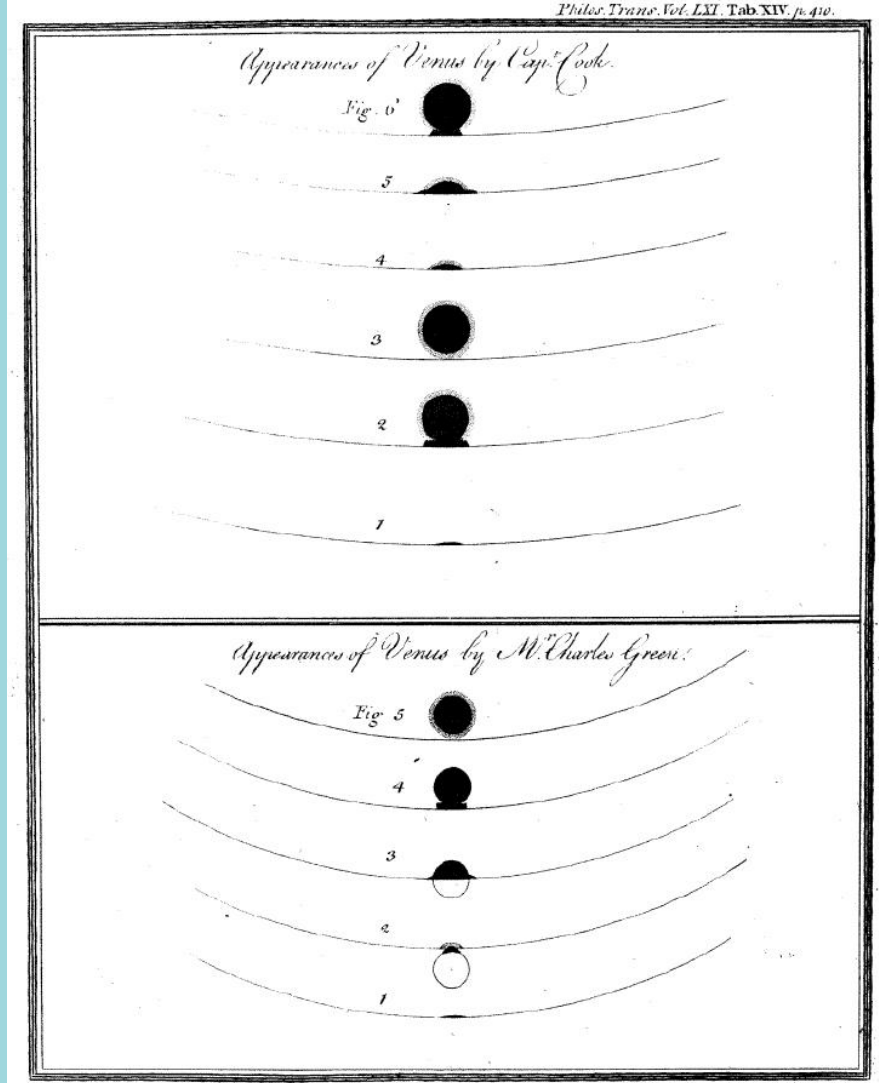


David
Rittenhouse,
1769 gözlem
diyagramı.

Torbern Bergman tarafından
1761 transit gözlemine ait «kara
damla» etkisi çizimleri



Kaptan James Cook ve Charles
Green'nin 1769 transit gözlemine
ait «kara damla» çizimleri





8 Haziran 2004-Venüs Transit
Kara Damla 07:44



8 Haziran 2004-Venüs Transit
Kara Damla'dan 5 dakika sonra
07:49

Ay'ın Sürekli Hızlanması

- Halley (1687) 2500 yıl önceki kayıtları inceleyerek Ay'ın yörüngesindeki konumları karşılaştırdı ve daha hızlı hareket ettiğini gördü.
- Bu sürekli hızlanma R. Dunthorne (1749) tarafından onaylandı ve değerini $10''/\text{yüzyıl}^2$ olarak hesapladı.
- Daha sonra T. Mayer (1770) $9''/\text{yüzyıl}^2$ olarak düzelitti. Bu gibi bir hızlanmanın doğal sonucu olarak Ay'ın yörüngesi küçülüyor olmalı ve eğer devam ederse Yer ile çarpışmalıdır.
- P. Laplace (1787), Ay'ın yörüngesinde hızlanması yerine, belki de Yer'in dönme hızı derece derece yavaşlıyor diye önerdi. Çünkü, gezegenlerin etkileri Yer yörüngesinin basıklığında uzun yıllar içinde değişim yapabilirdi.

- Bu durumda, Yer Güneş'ten bir miktar uzaklaşır, Güneş'in Ay'ın yörüngesine etkisinden dolayı o da azalabilir ve Ay, daha küçük bir yörüngede daha hızlı dolanabilirdi. Laplace etkinin büyüklüğünü $10''.2/\text{yüzyıl}^2$ olarak hesapladı ve bu da gözlemlerle uyuşuyordu.
- Tekrar karşımıza Newton'un Evrensel Çekim Kuramı'nın başarısı çıkıyordu. Güneş sistemi içindeki karışık hareketler bu kuramı kullanarak açıklanabiliyordu.
- Laplace 1799-1825 yılları arasında Ay ve gezegen hareketlerinin kuramsal analizini 5 cilt halinde yayımladı.
(*Traité de Mécanique Céleste*)



- Bu çalışmasında, Ay'ın ve gezegenlerin binlerce yıl üzerinden yörüngelerindeki basıklık, eğim, enberi ve enöte noktaları ve düğüm noktalarının tedirginliklerini hesapladı.
- İşlemler sonucunda güneş sisteminin kararlı bir yapıya/harekete sahip olduğunu gösterdi. Yani, sistem önceden belirlenebilir ve tamamen düzgün bir şekilde hareket ediyordu.
- Ay'ın yörüngesi üzerindeki bu parametrelerin etkisinden giderek, Yer'in basıklığını $1/305$ ve güneşin paralaks değerini de $8''.6$ olarak verdi.

Uranüs'ün Bulunuşu

- W. Herschel, 13 Mart 1781. Çift yıldızlar için araştırma yaparken bir ky bulduğunu düşündü. Dört gün sonra cisim yerinden belirgin hareket etmişti.
- Birkaç hafta sonra birçok astronom bu cismi defalarca gözledi ve yörüngesinin çembere yakın olduğunu buldu. Bu yüzden bu cismin ky yerine bir gezegen olması gerekiyordu ve adı Uranüs kondu.
- Uranüs, ilk zamanlardan beri bulunmuş ilk gezegen oluyordu. Onun bulunuşu astronomi dünyası için çok derin bir anlam taşıyordu. O halde güneş sisteminde keşfedilmemiş başka gezegenler de olabilirdi.



W. Herschel'in
Uranüs'ü bulduğu
teleskop

- W. Herschel, 1787. Uranüs'ün iki uydusunu buldu.

Titania



Oberon.



Yörüngeleri tutuluma yaklaşık 90 dereceydi. Bunlar geri hareket yaptığı bilinen ilk uydulardır.

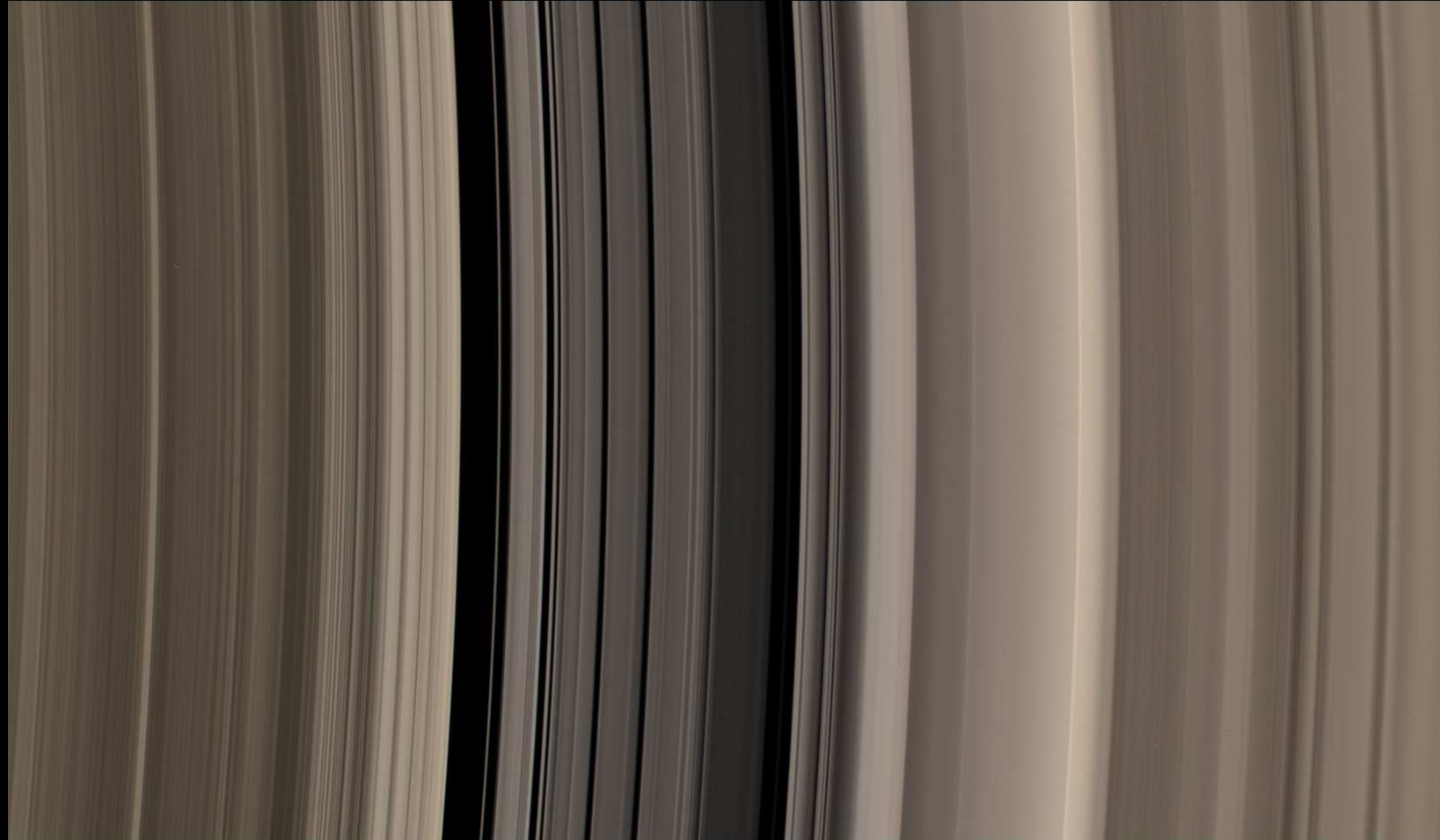
Uyduların yörünge dönemlerini kullanarak Uranüs'ün kütlelerinin Jüpiter ve Satürn bir tarafta Yer diğer tarafta kalmak üzere, bunların kütleleri arasında bir değerde olması gerektiğini söyledi.

Satürn'ün Halkaları

- Cassini, 1705 yılında Saturn'un halka içeriğinin küçük uydular olabileceğini önermişti. 10 yıl sonra oğlu Jacques de aynı sonuca ulaşmasına rağmen birçok astronom hala halka yapısının katı olduğunu düşünüyordu.
- 1785 Laplace bir veya iki katı halkalı bir sistemin matematiksel olarak sabit kararlı bir yapıya sahip olamayacağını gösterdi. Hatta halkaların birden fazla iç içe Satürn'e yakın ve etrafında dönen yapı topluluğu olması gerektiğini belirtti.

Satürn'ün halkaları arasındaki boşluklar

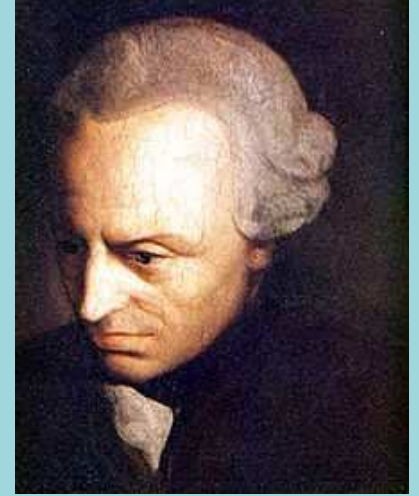
Huygens Herschel Russell Jeffreys Kuiper Laplace Bessel Barnard



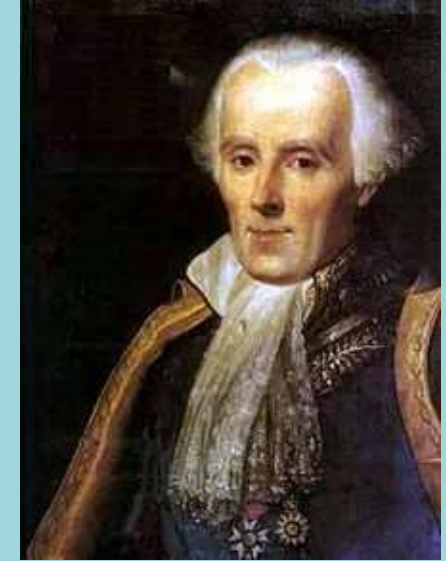
— B Ring — | Cassini Division | — A Ring —
117,580 km 122,200 km

Güneş Sisteminin Kökeni

- Immanuel Kant, güneş sisteminin kökeni üzerine yaptığı kuramı ana hatlarıyla belirledi ve 1755 yılında *Universal Natural History* kitabında yayımladı.
- Kuramına göre sistem gaz halindeki bir bulutsudan yoğunlaşarak ve büzüldükçe dönmekte olan düz bir diske dönüşmüştür.
- Büzülme devam ettikçe dönme daha da hızlanmış ve gaz maddenin fırlatılmasıyla gezegenler oluşmuştur. Ancak, Kant gelişi güzel iç hareketlere sahip bir bulutsunun dönmeye nasıl başladığını göstermenin güç olduğunu belirtmiştir.



- 40 yıl sonra Laplace bağımsız bir yoldan benzer ama daha ayrıntılı bir kuram üretti, (*Exposition du Syst me du Monde*).
- Bu kurama göre, gaz daha b z lmeye başlamadan önce dönüyordu. B z ld k e, hızlandı ve dış kenardan halka materyali ayrıldı ve yoğunlaşarak, gezegenleri oluşturdu.
- Gezegenlerin uyduları da benzer yolla; yani ilkel gezegen bulutunun dış halkasının ayrılıp yoğunlaşmasından oluştu.
- Satürn'ün halkaları ise ona çok yakın olduğundan bir uyduyu oluşturan yoğunlaşma değildir.



Güneş sisteminin oluşumu



Bulutsu

- Yayılmış cisimler veya bulutsular teleskobun keşfinden itibaren gözlenmeye başlamıştır. 1781 yılında Charles Messier, kuyruklu yıldızlarla karışmaması için bir bulutsu kataloğu yaptı.
- İki yıl sonra, W. Herschel kendi teleskobuyla görünen 2500'den fazla yıldız olmayan cismi listelemeye karar verdi ve 20 yıl boyunca bunları gözleyip grupladı.
- Kant, başlangıçta bulutsuların Samanyolu gibi yıldız toplulukları olduğunu önerdi. Herschel önce bu açıklamayı benimsemiş olsa da 1790 Kasım'ında gözlediği, merkezinde yıldızı olan bir gezegenimsi bulutsu (NGC 1514), onun fikrinin değişmesine neden oldu.
- Buradan giderek bazı bulutsuların yıldızları oluşturan materyale sahip olduğu sonucunu çıkardı.

NGC 1514, Gezegenimsi Bulutsu

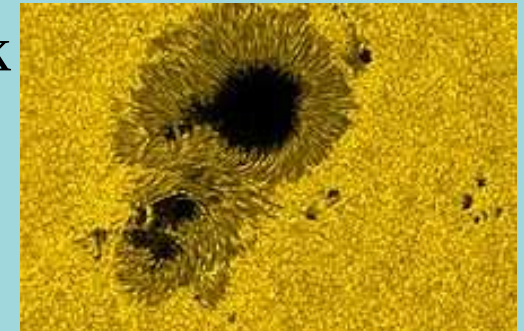


19. Yüzyıl

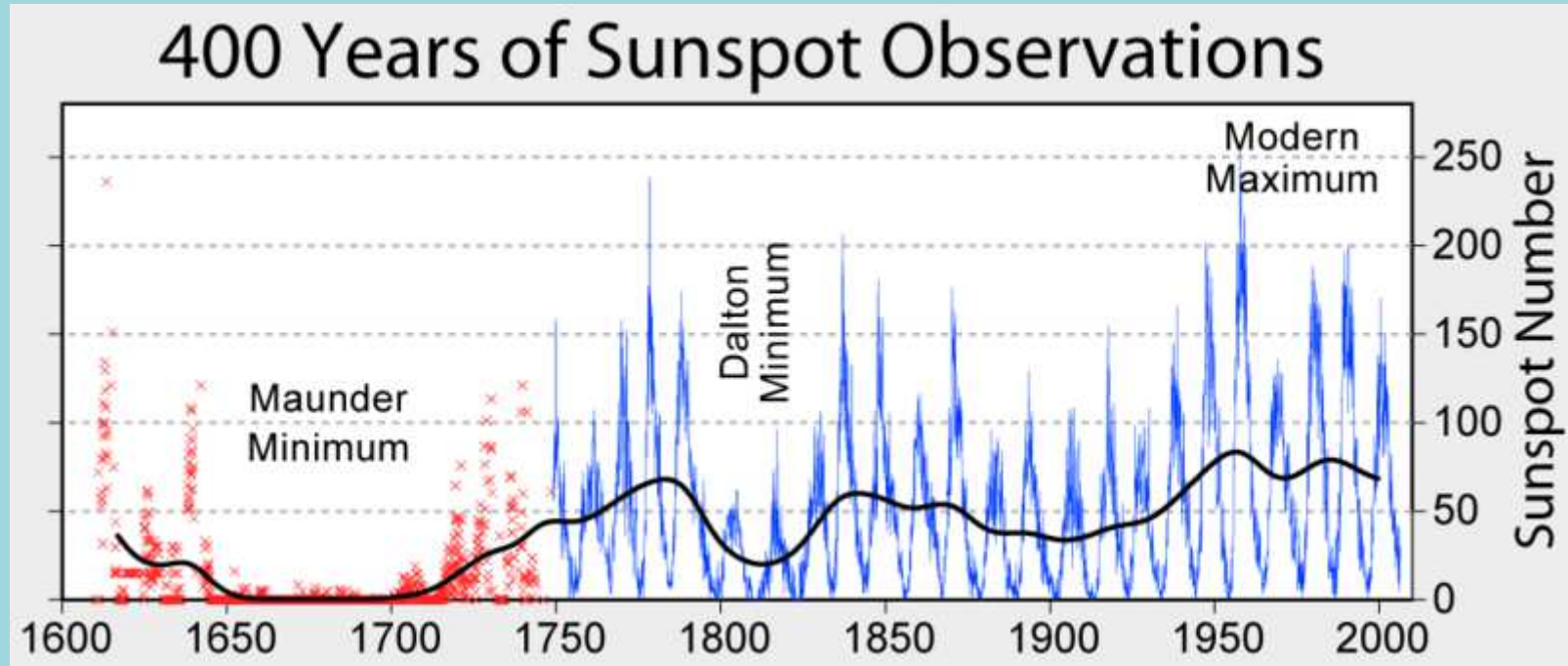
- 19. yüzyılın teknolojik ve endüstriyel devrimi astronomideki gelişmeleri olumlu yönde etkiledi. Fotoğrafçılık ve tayfbilimde yeni ilerlemeler getirdi.
- Buna bağlı olarak üniversitelerdeki eğitim-öğretim gelişti ve parlak bilim insanları yetişti.

Güneş Sistemi

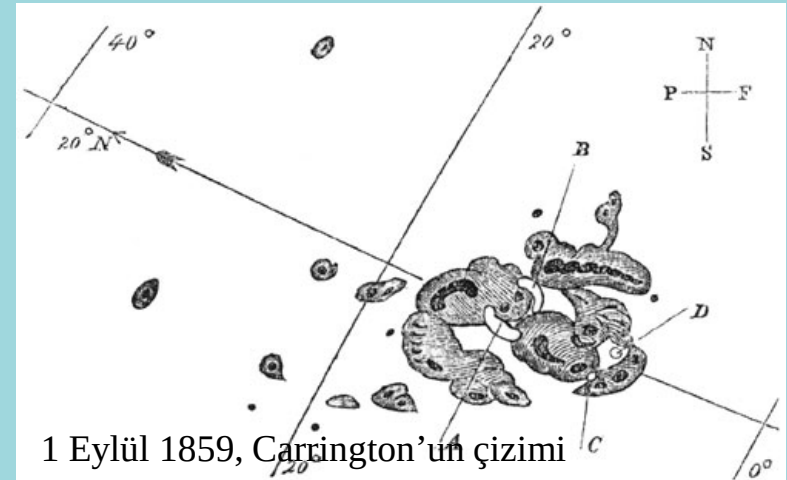
- 19 yy başında güneş lekelerinin gizemi hala sürüyordu. Herschel daha öncekiler gibi lekelerin güneş atmosferindeki delikler olduğunu düşünüyor ve onun için daha karanlık görüyoruz diyordu.
- Ama diğer bazı astronomlar ise eğer daha alt katmanlarsa, daha sıcak olacaklarından daha parlak görmemiz gerektiğini söylüyorlardı.
- Angelo Secchi 1872'de güneş lekelerinin doğası üzerine onların neden karanlık görüldüğünü açıklayan yeni bir kuram önerdi. Önerisine göre, madde bir lekenin kenarlarında Güneş'in yüzeyinden fırlatılıyor, bu madde soğuyup tekrar lekenin merkezine doğru düşüyor, onun için de karanlık görünüyordu.



- Heinrich Schwabe 1843’de güneş lekesi sayılarının yaklaşık 10 yıllık dönemle değiştiğini buldu. Yüzyılın sonlarında Walter Maunder leke sayılarının 1645 ile 1715 yılları arasında yokluğuna dikkat çekti. Bu durum günümüzde **Maunder Minimum** olarak bilinir.



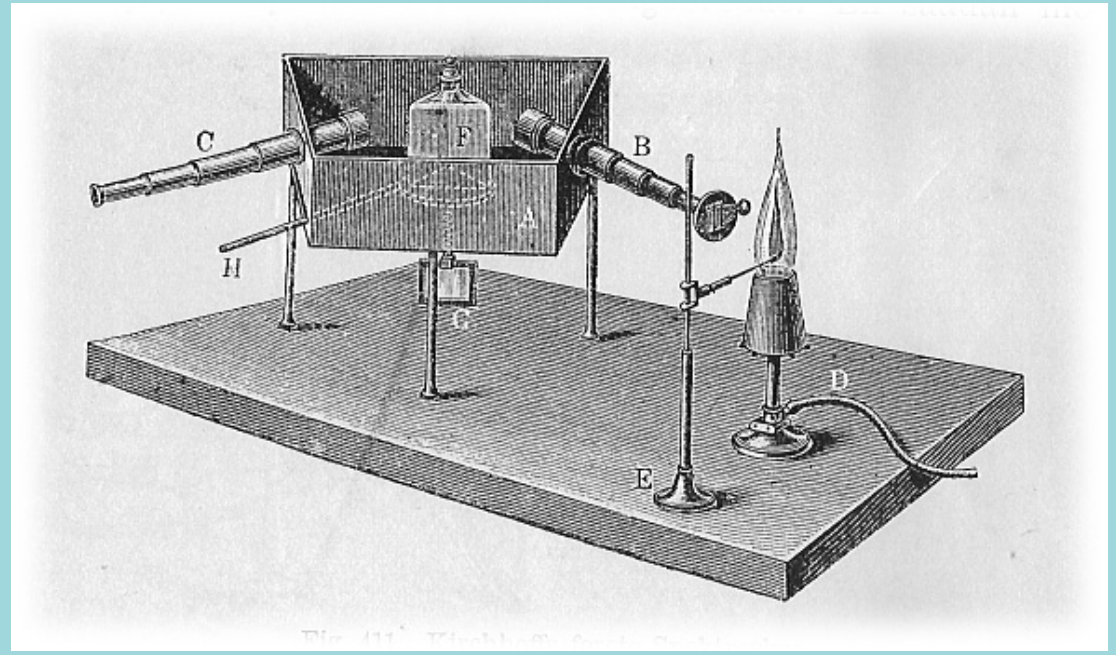
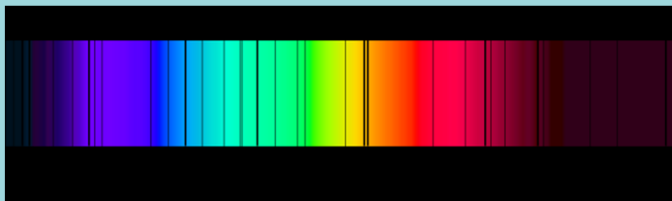
- Richard Carrington 1858'de lekelerin enleminin çevrim boyunca değiştiğini hemen izleyen yıl içinde de eşleğe yakın lekelerin daha üst enlemlerdekinden daha hızlı hareket ettiğini buldu.
- O halde, Güneş katı bir cisim değildi. Bu durum Secchi'ye, Güneş'in gaz yapı olduğu sonucunu çıkarmaya yol gösterdi.
- Carrington ve Hodgson bağımsız olarak 1 Eylül 1859 tarihinde güneş yüzeyinde büyük bir lekenin üzerinde ilk defa hareket eden iki beyaz-ışık flaresi gördüler.
- 36 saat sonra büyük bir geomagnetik fırtına gözlendi.



- 1859'da Kirchhoff ve Bunsen'in tayfbilim üzerine araştırmalarının başlamasıyla astronomlar ilk defa gök cisimlerinin kimyasal yapısını belirlemeye başladı.
- Kirchhoff güneş tayfında binlerce karanlık Fraunhofer  izgisi  l t  ve sodyum ile demir çizgilerini belirledi. Yüzyılın sonunda Güneş üzerinde yaklaşık 40 farklı elementin varlığı saptanmıştı.

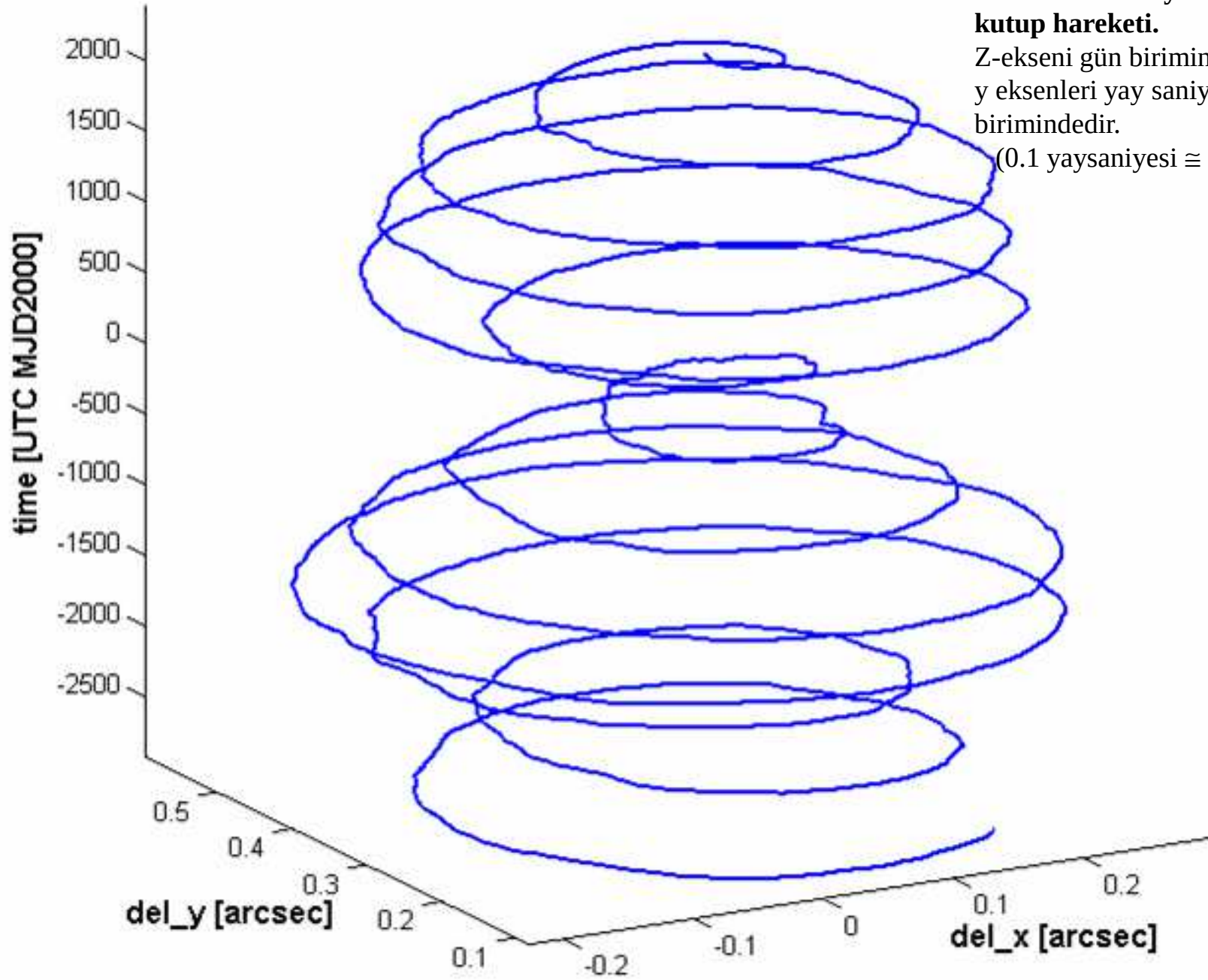


Kirchhoff ve Bunsen



- Merkür'ün diski üzerinde izler saptadılar ve buradan giderek dönme döneminin 24 saat olabileceği sonucunu çıkardılar.
- Kirckwood, Merkür gezegeninin Güneş'e çok yakın olmasından dolayı, çekim kuvvetleri yardımıyla senkronize dönmeye sahip olabileceğini açıkladı.
- 1880'de Giovanni Schiaparelli, senkronize dönmeyi gözlemsel olarak onayladı ve 1897'de Pervical Lowell aynı sonucu buldu.
- Laplace 1787'de Ay'ın hızlanmasını $10''/\text{yüzyıl}^2$ olarak belirlemiş ve bunu da gezegenlerin tedirginliklerine bağlamıştı. Fakat, 1853'de John Couch Adams, hesaplara Laplace'ın bazı ikinci terimlerini ekleyerek bu değeri $6''/\text{yüzyıl}^2$ 'ye kadar indirdi. Charles Delaunay bu kayıp miktarın belki de Yer üzerindeki gelgit etkisinden kaynaklanabileceğini belirtti.

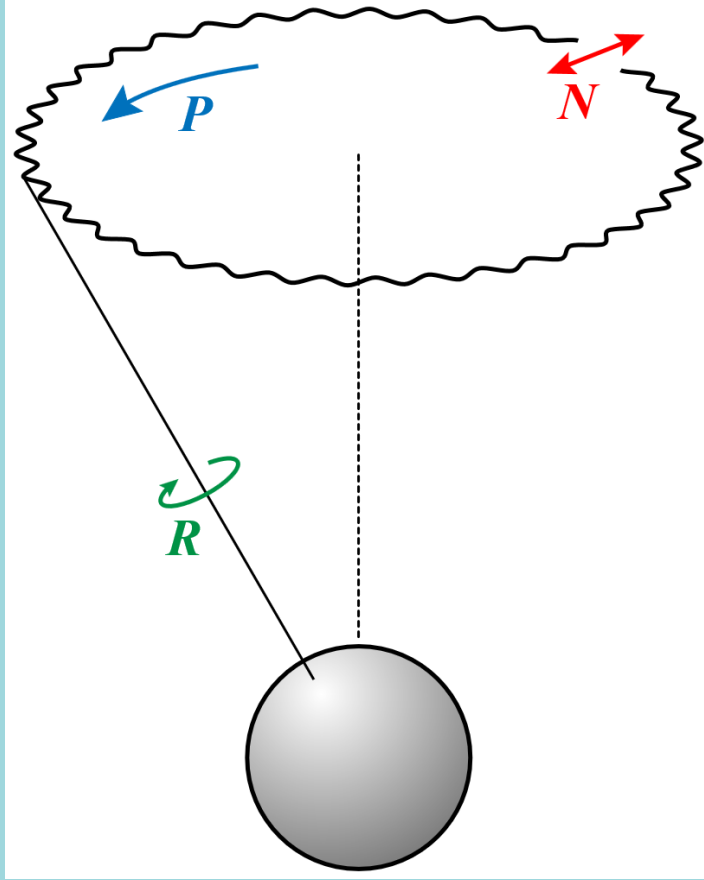
- 1879'da George Darwin Ay'ın kökeni kuramını geliştirdi. Bu kurama göre, ilkel Yer zamanla büzüldü ve soğudukça dönme hızını arttırdı. Daha sonra, dönme hızı 3-5 saate ulaştığında, Yer ve Ay olarak eşit olmayan iki parçaya bölündü. Bölünmeden sonra karşılıklı çekim kuvvetleri Yer'in dönme hızını yavaşlatırken Ay'ın da yörüngesini yavaş yavaş arttırdı.
- 1884 ve 1885'de Karl Friedrich Küstner, Berlin Gözlemevi'den bazı yıldızların kesin konum ölçümlerini yaptı. Analizleri sonucunda gözlemevi enleminin değiştiğini buldu.
- Bu etkinin nedenini bulmak üzere, dünyanın farklı yerlerinden birçok seri gözlemin yapılması için Uluslararası Jeodezi Komisyonu'na çağırıda bulundu. Sonuçta, yerin dönme ekseninin, yeryüzeyine göre, 12-13 aylık dönemle hareket ettiğini gösterdi.



**Zamanın fonksiyonu olarak
kutup hareketi.**

Z-ekseni gün biriminde, x ve
y eksenleri yay saniyesi
birimindedir.

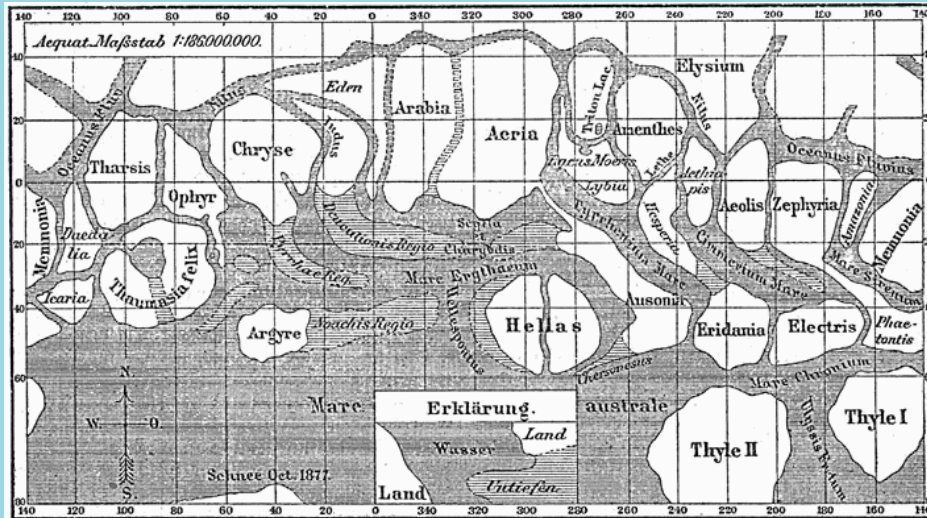
(0.1 yaysaniyesi $\cong$ 3 metre.)



Presesyon (P) ve Nutasyon (N)

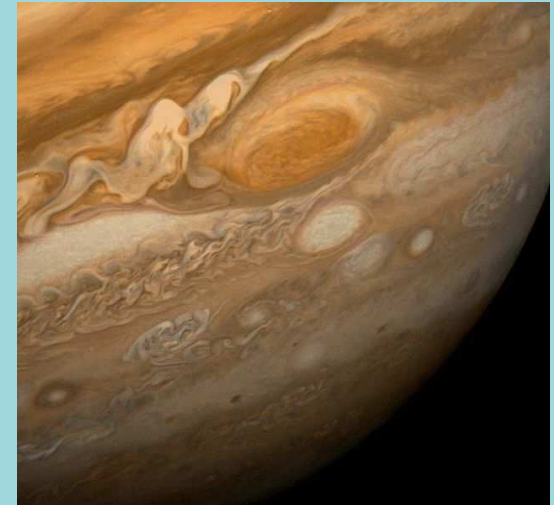
- Daha sonra Seth Chandler, Harvard College Gözlemevi'nin enlemindeki küçük değişikliklere dikkat çekti. Kendi ölçümlerini ve diğer ölçümleri birleştirerek gözlenen etkinin iki bileşeni olduğunu buldu.
- Biri, dönemi 14 ay olan ve Yer'in tam katı cisim olmamasından kaynaklanıyordu.
- Diğeri, bir yıllık döneme sahip olan, su ve havanın mevsimsel olarak bir yarıküreden diğer yarıküreye hareketinden kaynaklanıyordu. Bu hareket sonucunda dönme ekseninin yeri 9 m. yer değiştiriyordu.

- Astronomların bir çoğu 19 yy. ortalarında Mars üzerinde bir yaşam biçimi olduğuna inanıyordu. Gezegenin bir atmosferi olduğuna ve mevsimsel etkileri sergileyen bir yüzeyinin varlığına inanılıyordu.
- Kutup başlıkları buz veya kardan yapılmış görünüyordu ve yüzeyde belki de denizler olan karanlık alanlar vardı.
- Schiaparelli 1877 yılında Mars'ın karşı konumda olduğu zamanda bir harita yaptı. Haritada bir ağ gibi örülmüş kanallar yer alıyordu.

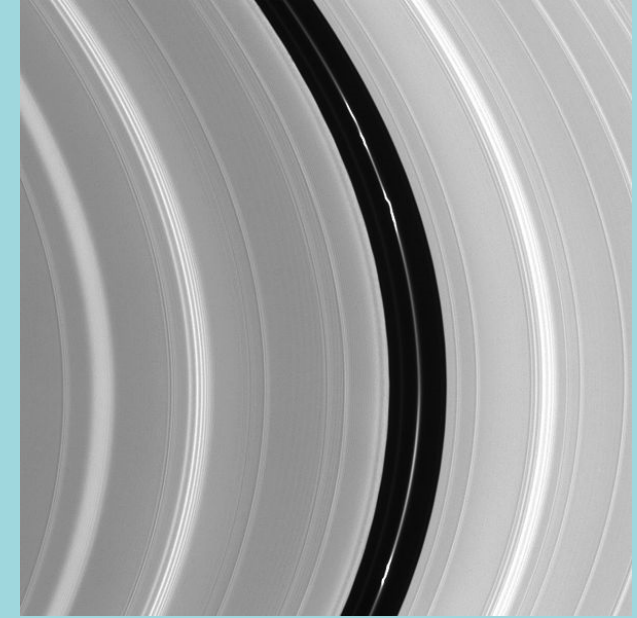
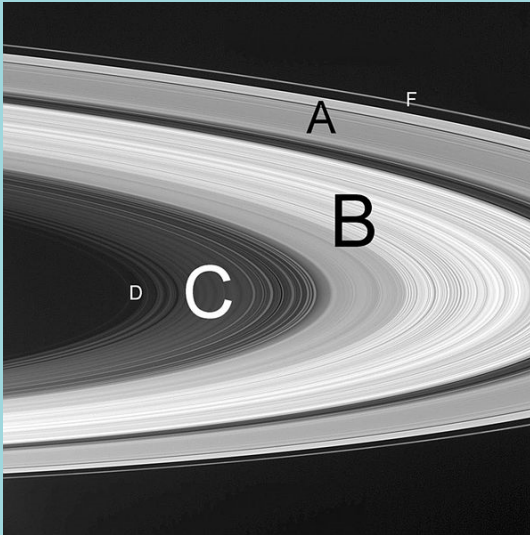


- Aslında her iki kutup başlığında da yerel yaz mevsiminde erimeler gözlenmişti. Fakat, hesaplar eğer başlıklarda su buzu ve kar olsaydı Mars sıcaklığının çok düşük olması gerektiğini gösteriyordu.
- Ranyard ve Stoney 1898 yılında bu yapıların donmuş karbon dioksitten yapılmış olabileceğini önerdi. Ancak, baharda başlıkların kenarında bir erime bandı olduğu görülüyordu. Henüz, Mars üzerinde katıdan gaza geçmiş bir karbon dioksit gazına doğrudan rastlanmamıştı.

- Jüpiter'in Büyük Kırmızı Lekesi (BKL) ilk defa açıkça 1870'de gözlemlendi. Daha sonra 1880'de parlak oval lekesi görüldü. Bu leke, Jüpiter'in etrafında BKL'den 5 dakika daha hızlı dönüyordu. Bu durum yaklaşık 400 km/sa'lık bir diferansiyel dönmenin varlığını işaret ediyordu. Fakat, her ikisinin de dönme hızları sabit değildi.
- Bunların dışında bulut olduğu sanılan karanlık ve beyaz lekeler vardı ve bunlar bir görülüyor bir kayboluyordu.
- BKL daha farklıydı. Onun görüntüsü ve boyutu zamanla değişiyordu. Bu uzun ömürlülük gerçek bir bulut sisteminin olabileceğini gösteriyordu.

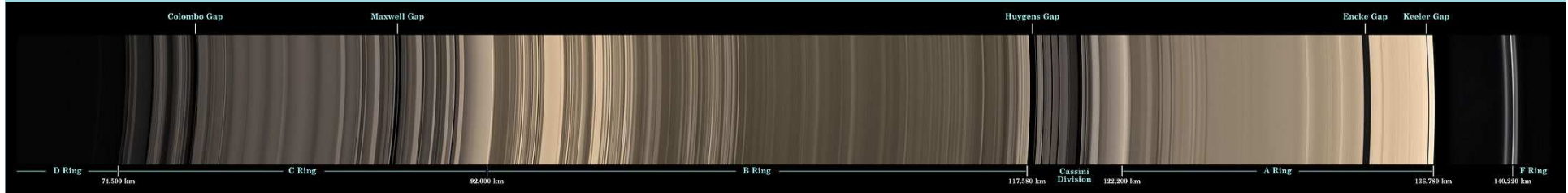
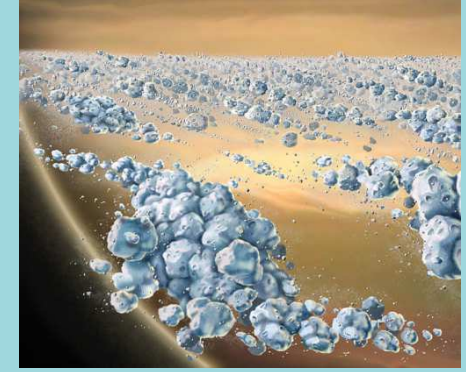


- Johann Encke 1837’de Satürn’ün A halkasının bir boşlukla ikiye bölündüğünü buldu (Encke Boşluğu).
- On yıl sonra B halkası içinde üçüncü bir halka (C halkası) bulundu. Yeni halka, karanlık ve kısmen geçirgendi.



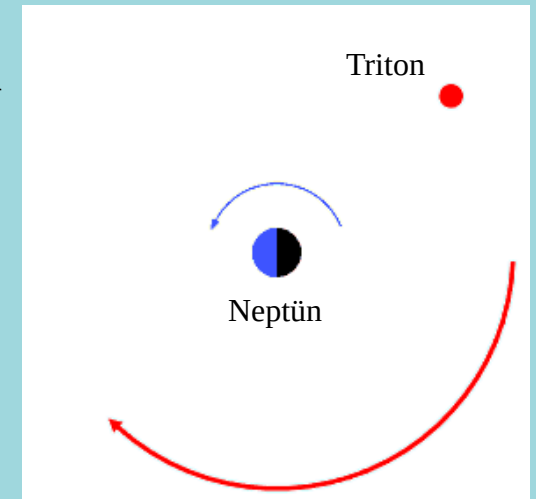
Halkaların en dış kenarındaki A halkası içinde Encke Boşluğu (300 km genişliğinde) ve boşluk içinde küçük uydu Pan (çapı 20 km).

- J.C. Maxwell 1857’de halkaların matematiksel olarak katı veya sıvı olamayacağını gösterdi. Birçok küçük parçacıktan oluşmalıydı.
- On yıl sonra Kirkwood, Satürn’ün bazı büyük uyduları ve Cassini Boşluğu’ndaki parçacıklar arasında yörünge rezonansları olduğunu buldu.



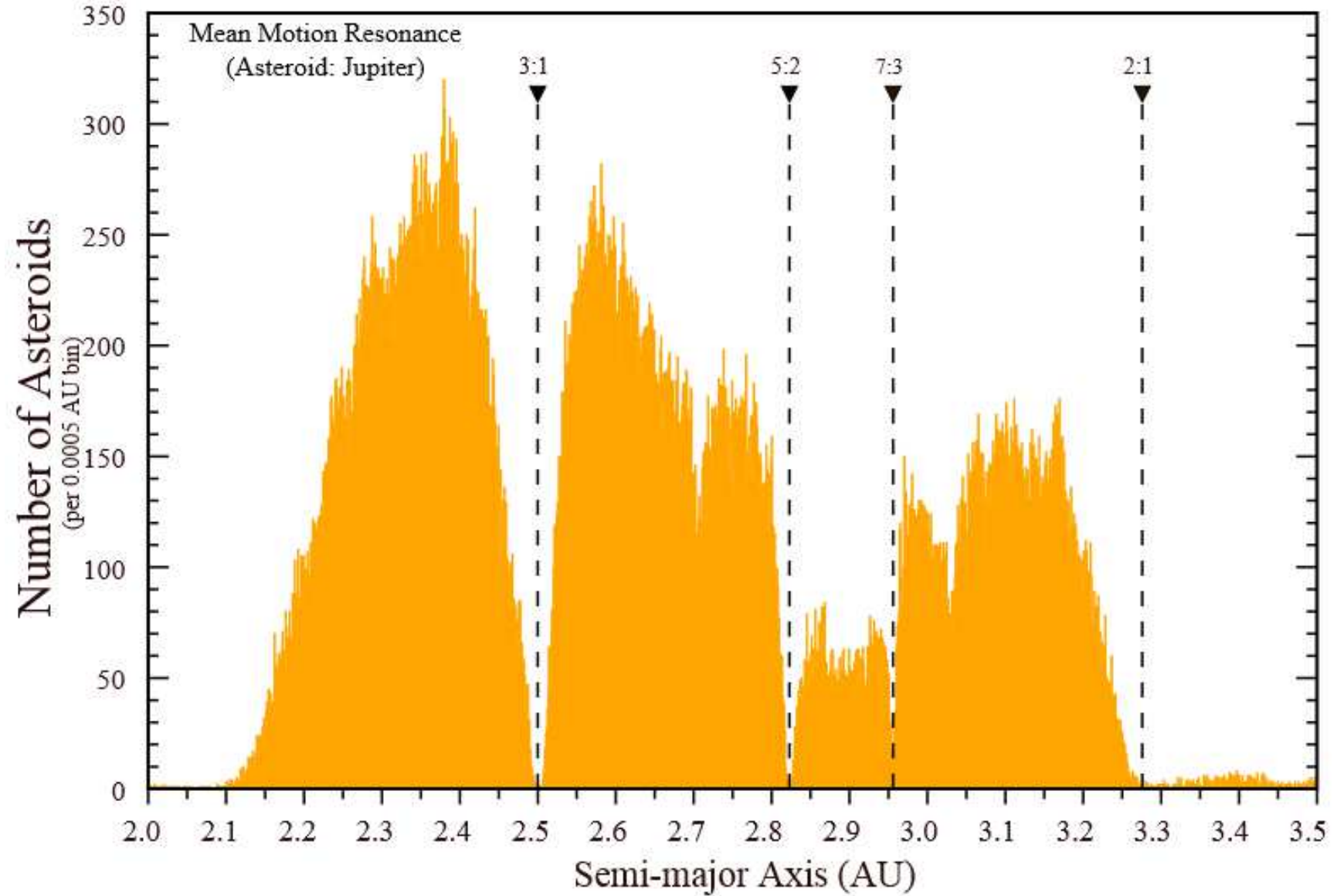
- Alexis Bouvard 1821’de Uranüs için, keşif öncesi ve keşif sonrası gözlemlerin her ikisini de kullanarak bir yörünge bulmanın olanaksız olduğunu buldu. Belki de en iyisi keşif sonrası gözlemleri kullanmak olacaktı.
- Fakat, ne yazık ki, Uranüs sonunda bu yörüngeden de sapıyordu. Belki de henüz bulunmamış diğer bir gezegen tarafından tedirgin ediliyordu!
- John Couch Adams ve Urbain Le Verrier 1840 yılında birbirlerinden bağımsız olarak Uranüs’ün yörüngesini tedirgin eden gezegenin yörüngesini hesapladılar.
- Le Verrier sonucunu 1846’da yayımladı ve Berlin Gözlemevi’nden Johann Galle’e bunun için teleskopla bir araştırma yapıp yapamayacağını sordu.

- Galle ve asistanı d'Arrest 23 Eylül 1846'da şu anda **Neptün** olarak bilinen gezegeni buldular. Ancak, Neptün'ün gerçek yörüngesi daha önce tahmin edilenden tamamen farklıydı.
- Dolayısıyla, Neptün'ün bulunuşu bir derece rastlantı olmuştur.
- W. Lassell, gezegenin bulunuşundan bir aydan daha kısa süre içinde Neptün'e çok yakın bir cisim gözledi ve uydusu olabileceğini düşündü.
- Şu anda **Triton** olarak bilinen Neptün'ün bu ilk uydusunun onay alması uzun sürdü.
- Daha sonra, Triton'un geri hareketle dolanan ve tutulumla yaklaşık 30 derece açı yapan bir yörüngede dolandığı bulundu.



- 19. yy'da Güneş etrafında Mars ile Jüpiter arasındaki bir yörüngede dolanan ve W. Herschel'in asteroitler olarak adlandırdığı birçok küçük cisim bulundu.
- İlki, Ceres (şu anda bir cüce gezegen olarak yeniden sınıflandırıldı) 1801 yılında Giuseppe Piazzi tarafından bulunmuştur.
- Fakat, daha sonra 1845'e kadar ancak 5 tane bulunabildi. Sonra bulunuş hızında birden artış oldu ve yüzyılın sonuna kadar sayıları 500'e vardı.
- Kirkwood, asteroitlerin sayıları arttıkça Jüpiter'in yörünge döneminin değişik kesirsel dönemlerinde hiç asteroit görülmediğine dikkat etti. Bunun nedeninin Jüpiter ile rezonans etkileşmesi olabileceğini düşündü.

Asteroid Kuşağındaki Dağılım, Kirkwood Boşlukları



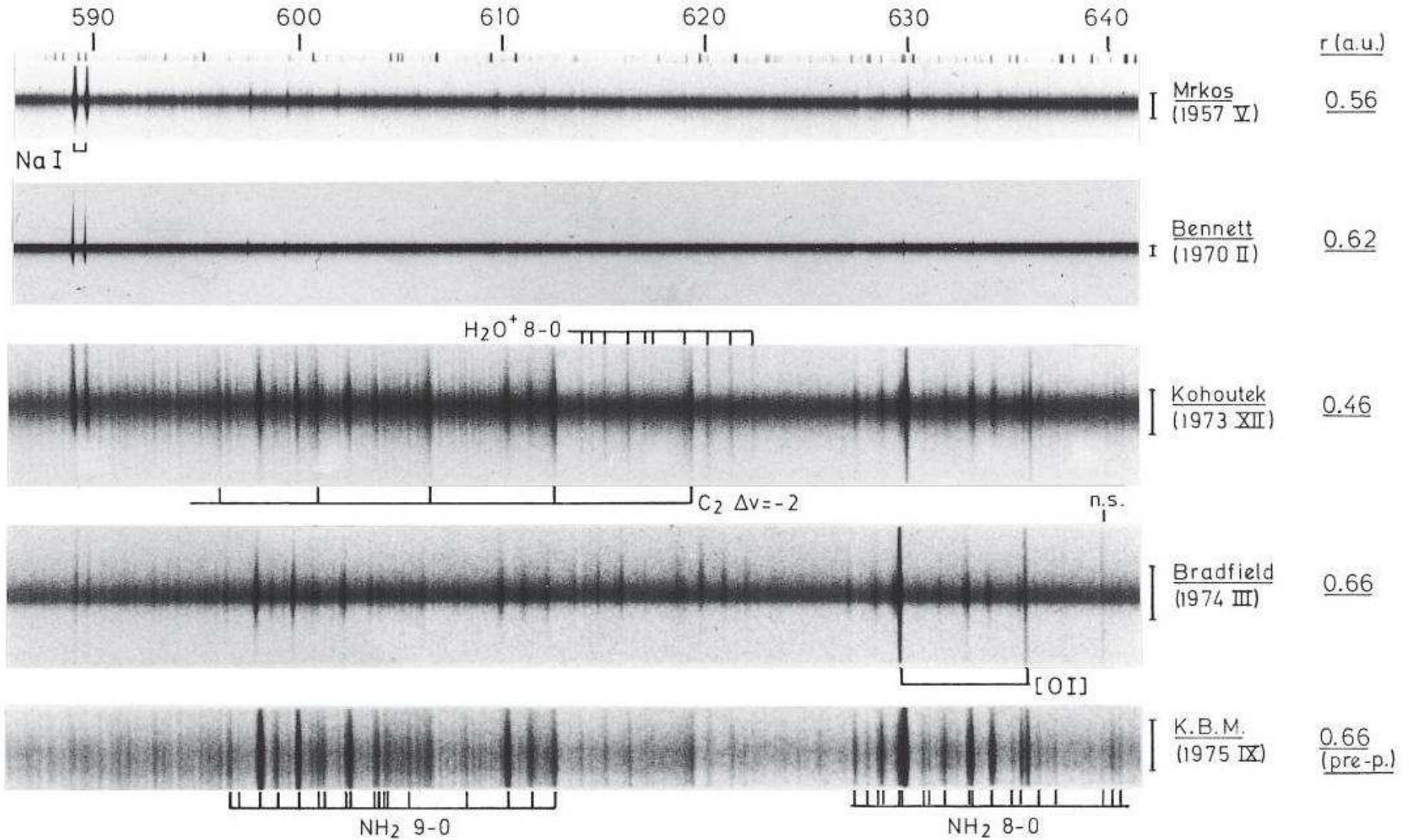
- J.L. Pons, 1818'de bir kuyruklu yıldız (ky) buldu. Daha sonraki araştırmalar bu ky'ın daha önce g nberi noktası yakınından geçtiğini gösteriyordu.
- Sonraki yıl içinde J. Encke bu ky'nin Merkür' n yörüngesi içinde kaldığını gösterdi (Encke kuyruklu yıldızı).
- 1822'de geri geldi. Ancak, geçiş anında farklılık vardı ve Güneş'e yakın dirençli ortamdan etkilenebileceğini önerdi.
- 1882'de Güneş'e daha da yakın geçti, böylece Encke'nin belirttiğı ortam etkisi görülmedi.
- Daha sonraki yüzyıl içinde bu anormalliğın ky'ın çekirdeğinden çıkan jet akıntılardan kaynaklandığı belirlendi.



- İlk başarılı kuyrukluyıldız tayf gözlemi Giovanni Donati tarafından 1864 yılında yapıldı. Genelde Güneş'inkine benzeyen geniş bir sürekli tayf görülüyordu. Daha sonra bunun saçılmış güneş ışığından kaynaklandığı sonucuna ulaşıldı.
- Ky'lar Güneş'e yaklaştıkça hidrokarbon bantları ve sodyum ile demir çizgileri daha kuvvetli olarak görünüyordu.

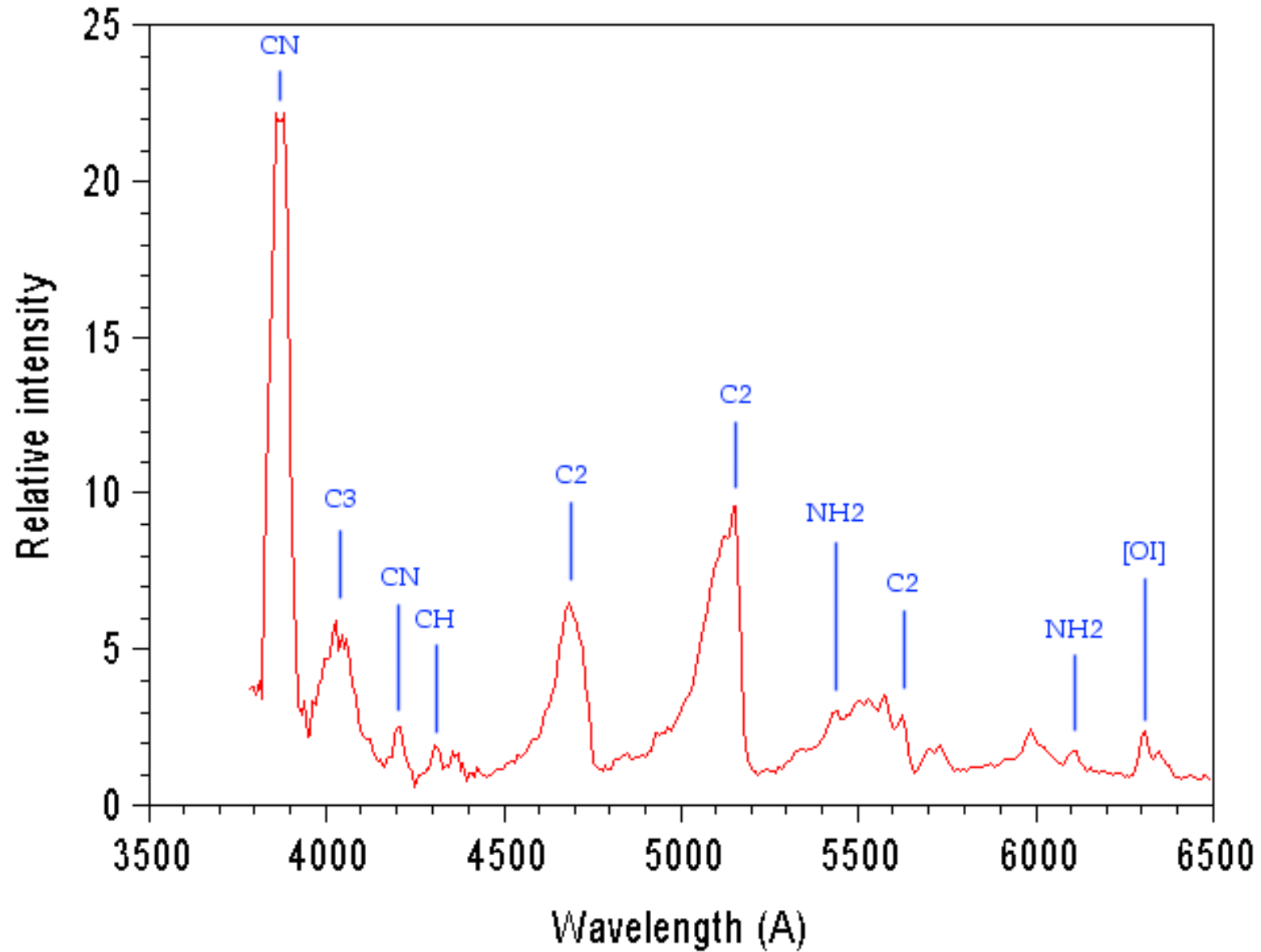
Kuyrukluyıldızların Tayf Atlası

<http://wela.astro.ulg.ac.be/themes/solar/Comets/atlas.html>

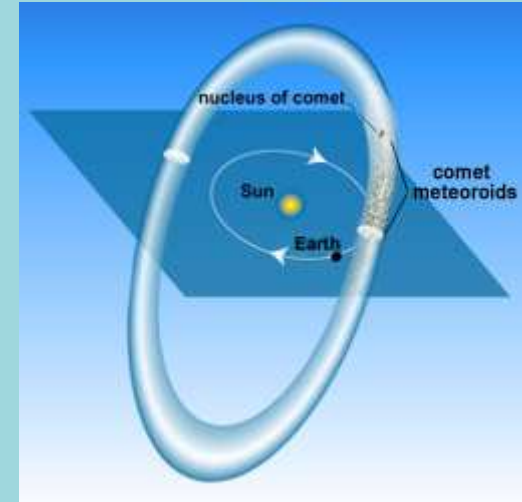


Kuyruklu yıldız
tayf profilinden
bir kesit

C/20001 A2 (LINEAR) - 11 July 2001 - 00H40 UT
FSQ-106 + Spectraude (8 Å/pixel)

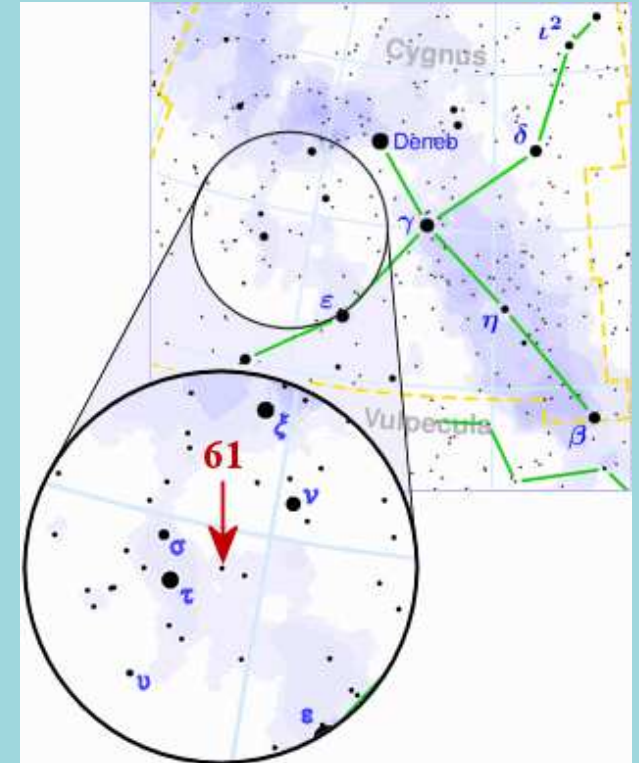


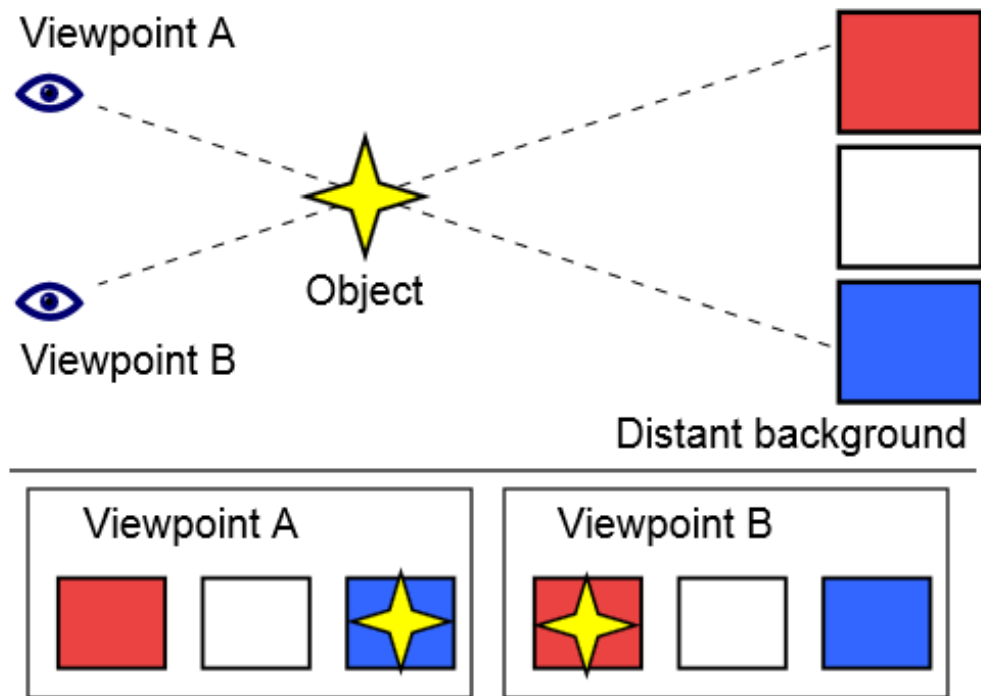
- Adolf Erman 1839 yılında Leonid ve Perseid göktaşı yağmurlarının her ikisinin de Yer'in yörüngesi üzerinde küçük parçacıklar topluluğu içinden geçerken oluştuğunu önerdi.
- J. C. Adams 33.25 yıllık bir dönemle Leonidlerin yoğunluğunun değiştiğini buldu. Leonidlerin yörünge düğüm noktaları yılda 52" kayma gösteriyordu.
- Carl Peters 1867 yılında Leonid göktaşı yağmuru kaynağının Tempel-Tuttle isimli dönemli bir ky olduğunu buldu.
- Kısa bir süre sonra Schiaparelli, Perseid göktaşı yağmurunu diğer bir dönemli ky Swift-Tuttle ile ilişkilendirdi.



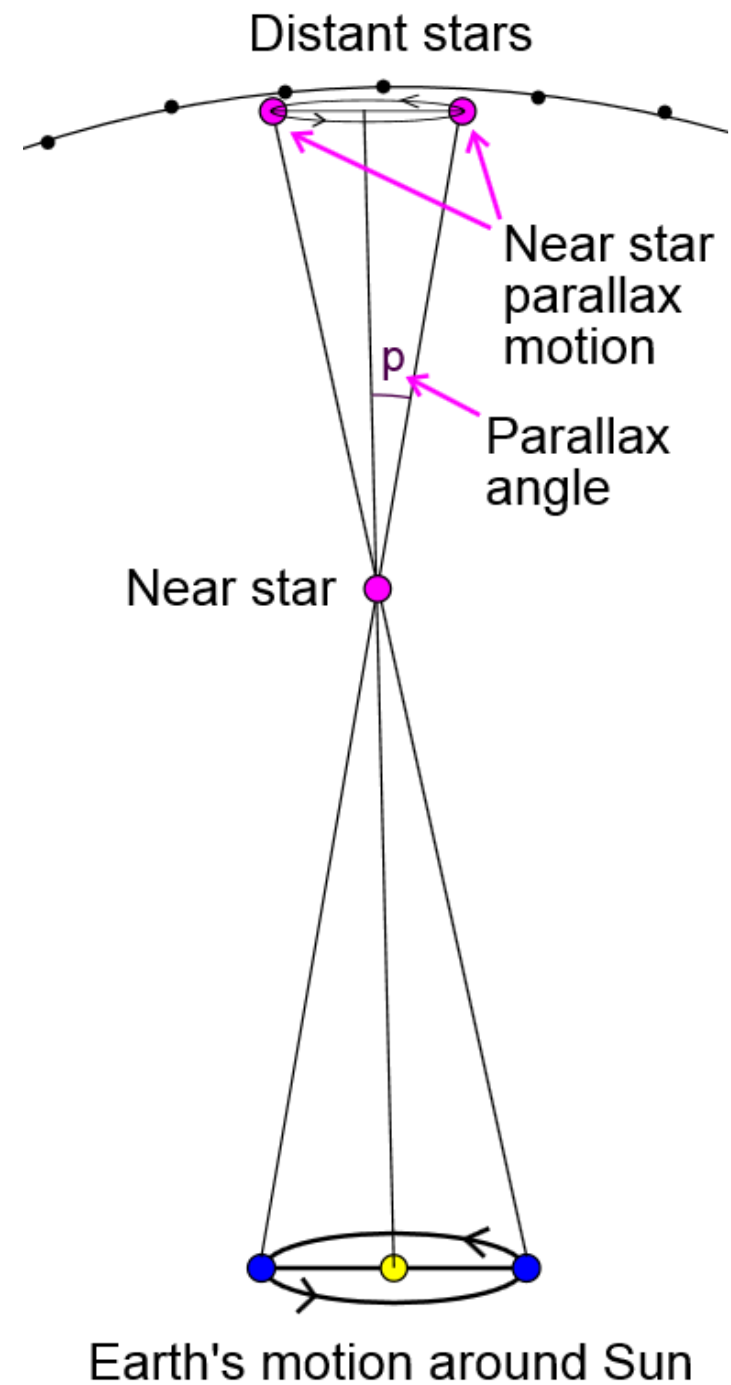
Daha Geniş Bir Evren

- Astronomlar yüzyıllardır yıldızların uzaklıklarını bulmak için onların paralakslarını ölçmeyi başaramadılar. İlk başarılı ölçümler 1838'de Friedrich Bessel tarafından 61 Cygni yıldızı için yapılmış ve değeri 0".31 (doğru değeri 0".29) olarak bulunmuştur. Buna karşılık gelen uzaklık değeri 10.4 ışık yılı (ıy)'dır.
- İzleyen yıl içinde Thomas Henderson α Centauri yıldızının paralaksını 0".93 (doğru değeri 0".75) olarak bulmuştur. Eşdeğeri uzaklığı 3.5 ıy'dir.

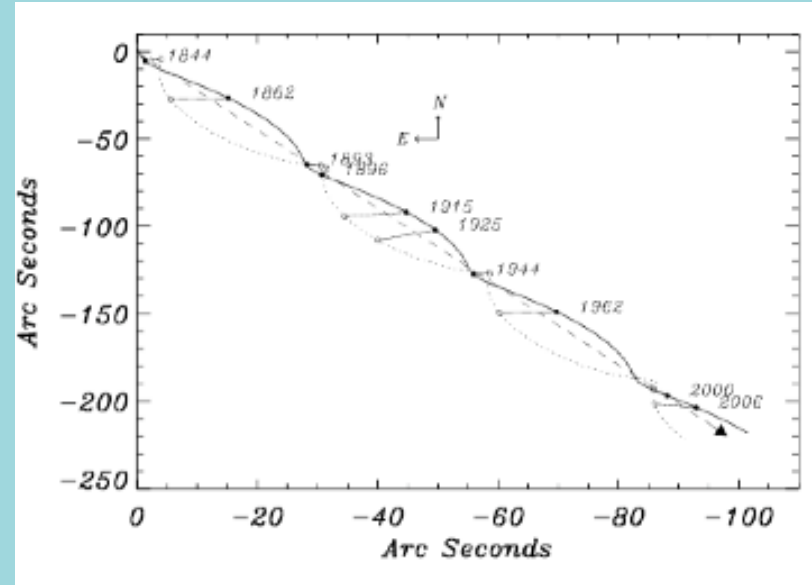
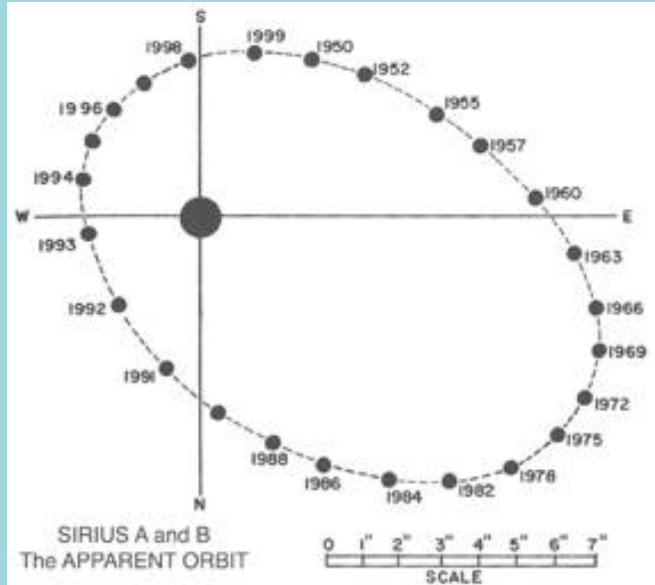




PARALAKS



- 1844 yılında Bessel, Sirius ve Procyon yıldızlarının konumlarında bir salınım buldu ve bunu görünmeyen bileşenlerinin belirteci olarak gösterdi.



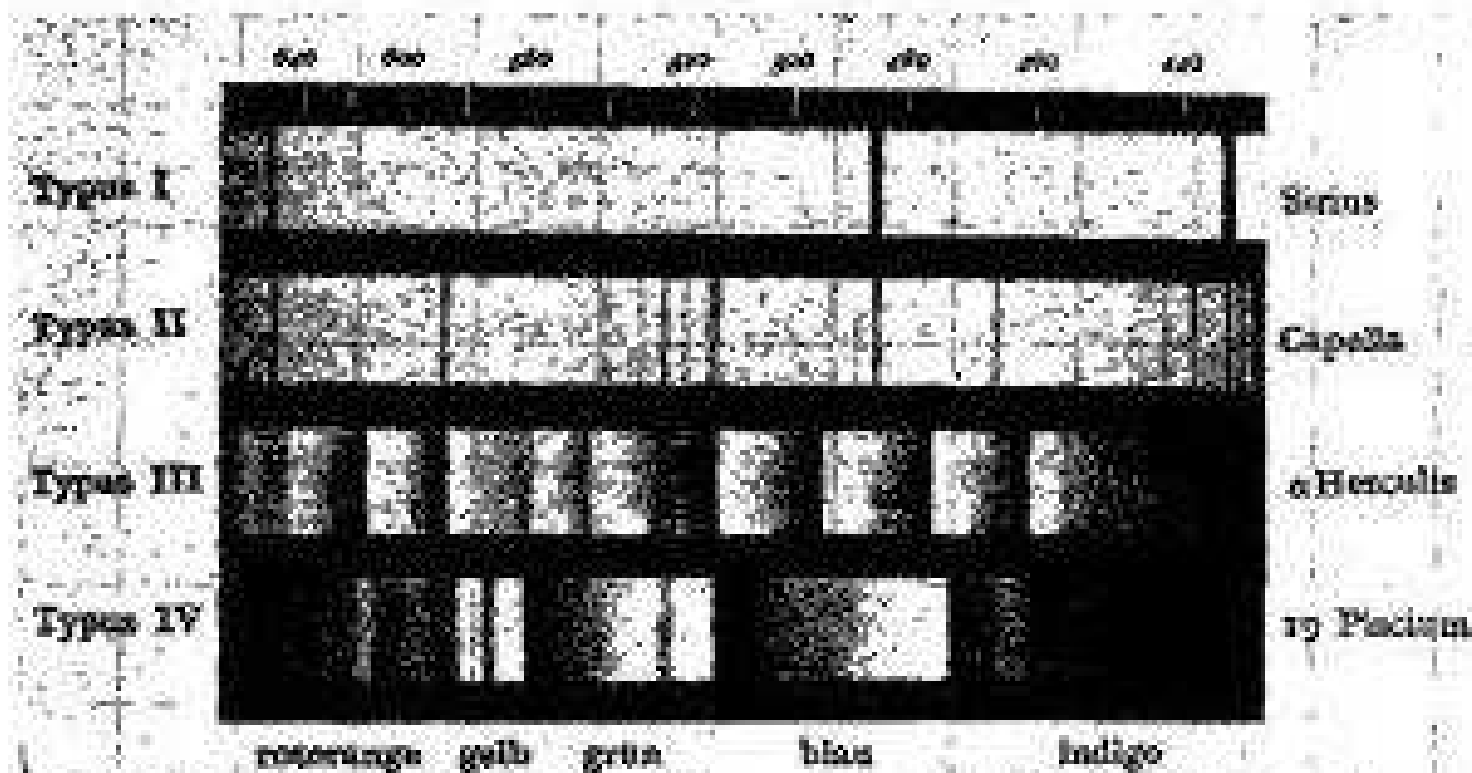
Sirius'un ve bileşeninin öz hareketi. Daha koyu sinüs eğrisi, Sirius'un hareket yolu; noktalı eğri, bileşen yıldız Sirius B'ye aittir.

- 1850 yılında Christian Peters, Sirius çiftinin dolanma dönemini belirledi. Sirius A ve B adlandırması 50 yıl sonra yapıldı.

- 12 yıl sonra Alvan Clark ve Alvan Graham Clark, yeni bir teleskobun test gözlemlerini yaparken rastlantı olarak Sirius B'yi gözlediler.
- Sirius B'nin yeğirliğı Sirius'un yeğirliğinin on binde biri kadardı. Böylece o zamana kadar ki görüşe karşı, yıldız yeğirliklerinin bu kadar geniş bir aralığa dağılmış olabileceğı ortaya konmuş oldu.
- 1890'da Sirius çiftinin uzaklığı ölçüldü ve bileşenlerin kütleleri tek tek bulunmuş oldu. Sirius A ve B için kütleler güneş kütlesi biriminde olmak üzere sırasıyla 2 ve 1 olarak bulundu.
- Böylece, Sirius A nispeten normal bir yıldız olarak kabul görürken, Sirius B kütlesine göre beklenenden çok daha karanlıktı.



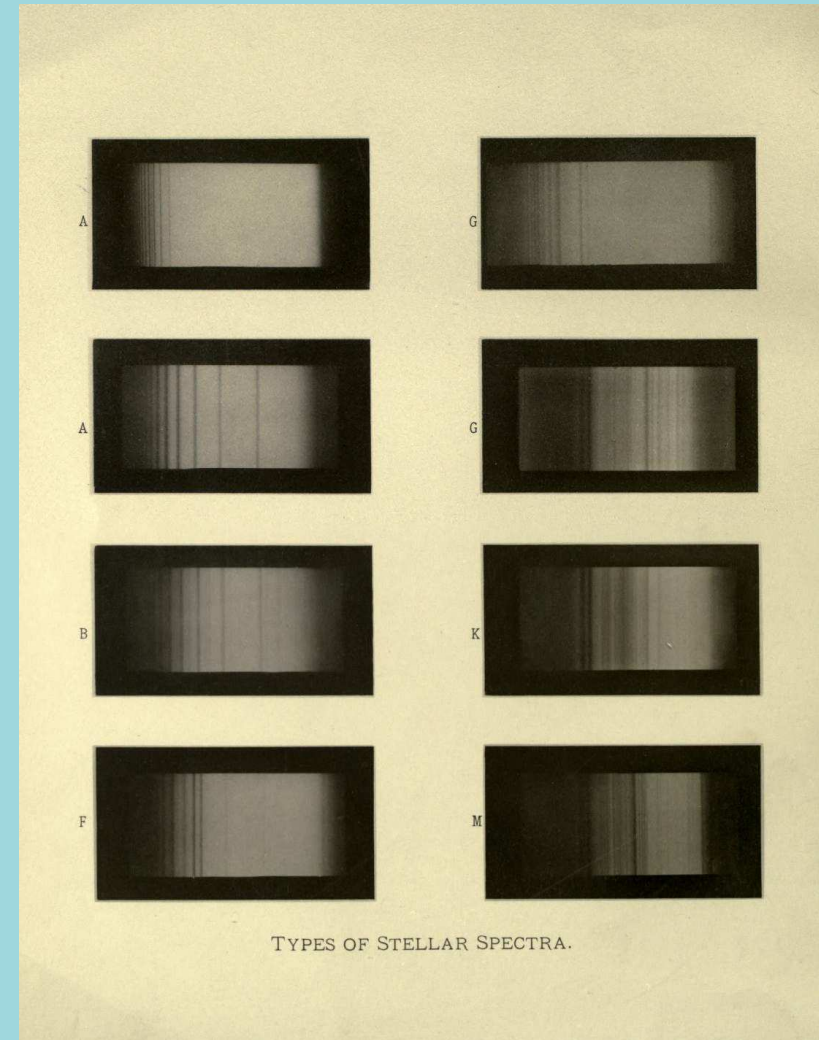
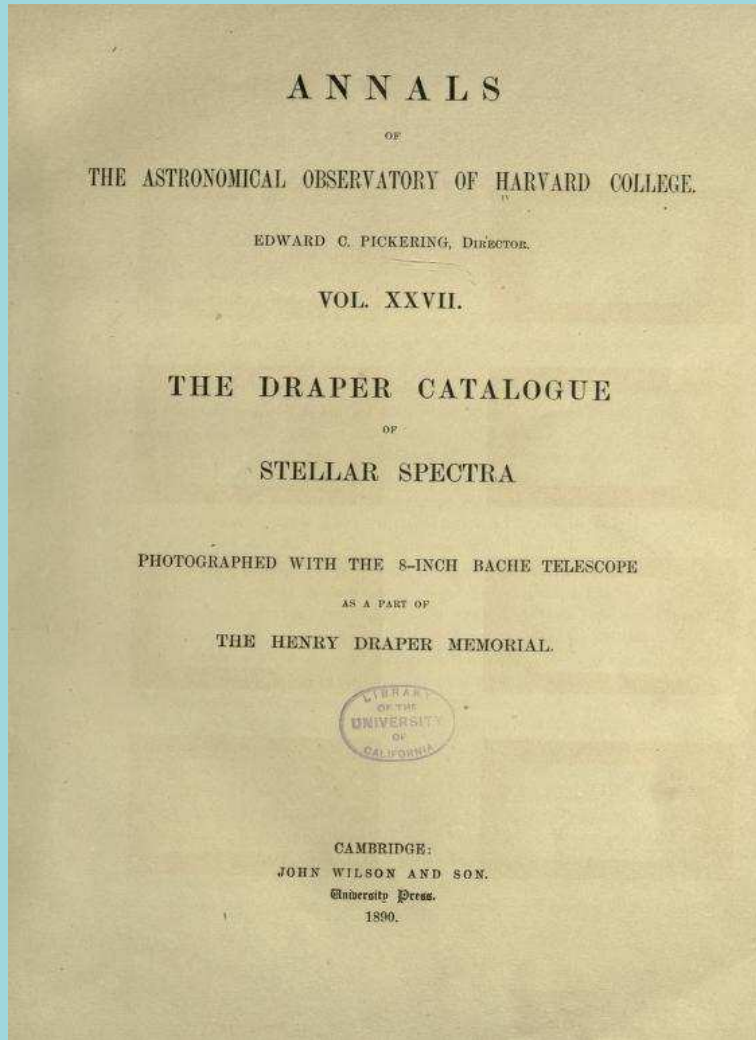
- Yıldızlara ilişkin tayf çalışmalarında 1863 yılında Secchi yıldızların tayflarını temel alan bir sınıflama sistemi üretti. 1867'de ise 400 yıldızın tayfını analiz etti.
- Secchi görsel yıldız tayflarını 5 ayrı gruba böldü.
- I. Sınıf: Sürekli zemin üzerinde baskın hidrojen çizgileri olan ve metal çizgileri zayıf veya olmayan beyaz ve mavi yıldızlar. (Sirius, Vega).
- II. Sınıf: Hidrojen çizgileri daha az baskın ve metal çizgileri daha kuvvetli sarı yıldızlar. (Güneş, Capella).
- III. Sınıf: Tayfın mavi tarafına doğru daha karanlık bantlar gösteren kırmızı veya turuncu yıldızlar. (Antares, Betelgeuse).
- IV. Sınıf: III. sınıfa benzer ama tayfın kırmızı yönüne doğru daha karanlık bantlar gösteren kırmızı yıldızlar.
- V. Sınıf: Soğurma çizgilerinin yeriyile çakışan parlak çizgili tayflar gösteren yıldızlar.



*Fig. 1 — Secchi's four types of stellar spectra.
(From Graff, Grundriss der Astrophysik).*

Secchi'nin tayf sınıflaması

- Yıldızların tayf sınıflaması için diğ er bir yaklaşım 1890 yılında Edward Pickering'den geldi. *Draper Memorial Catalogue*'de 10351 yıldızın tayfı yer alıyordu.



- 1866 yılında Huggins ve Miller ilk defa kendi gözledikleri bir novanın (T Corona Borealis) tayfını çalıştılar. Tayfta parlak hidrojen çizgileri vardı.
- 10 yıl sonra Nova Cygni'nin benzer bir tayfa sahip olduğu bulundu. Ama izleyen yıl içinde tamamen farklı, **tek parlak yeşil salma çizgili** bir gezegenimsi bulutsunun tayfı alındı.
- 1892'de Nova T Aurigae'nın tayfında sürekli zemin üzerinde karanlık soğurma çizgileri ve parlak hidrojen, helyum ve sodyum çizgileri gözlemlendi.
- 6 ay sonra patlama geçirdikten sonra alınan tayfında kuvvetli bir **yeşil salma çizgisi** ve gezegenimsi bulutsuların diğer salma çizgileri görünüyordu. Yeşil çizginin azotla ilgili olduğu sanılıyordu. Sonradan bunun yeni bir element olan nebulium'dan kaynaklandığı anlaşıldı.
- Bu durum, novalarla gezegenimsi bulutsular arasında evrimsel bir ilişki olabileceğini ortaya koydu.