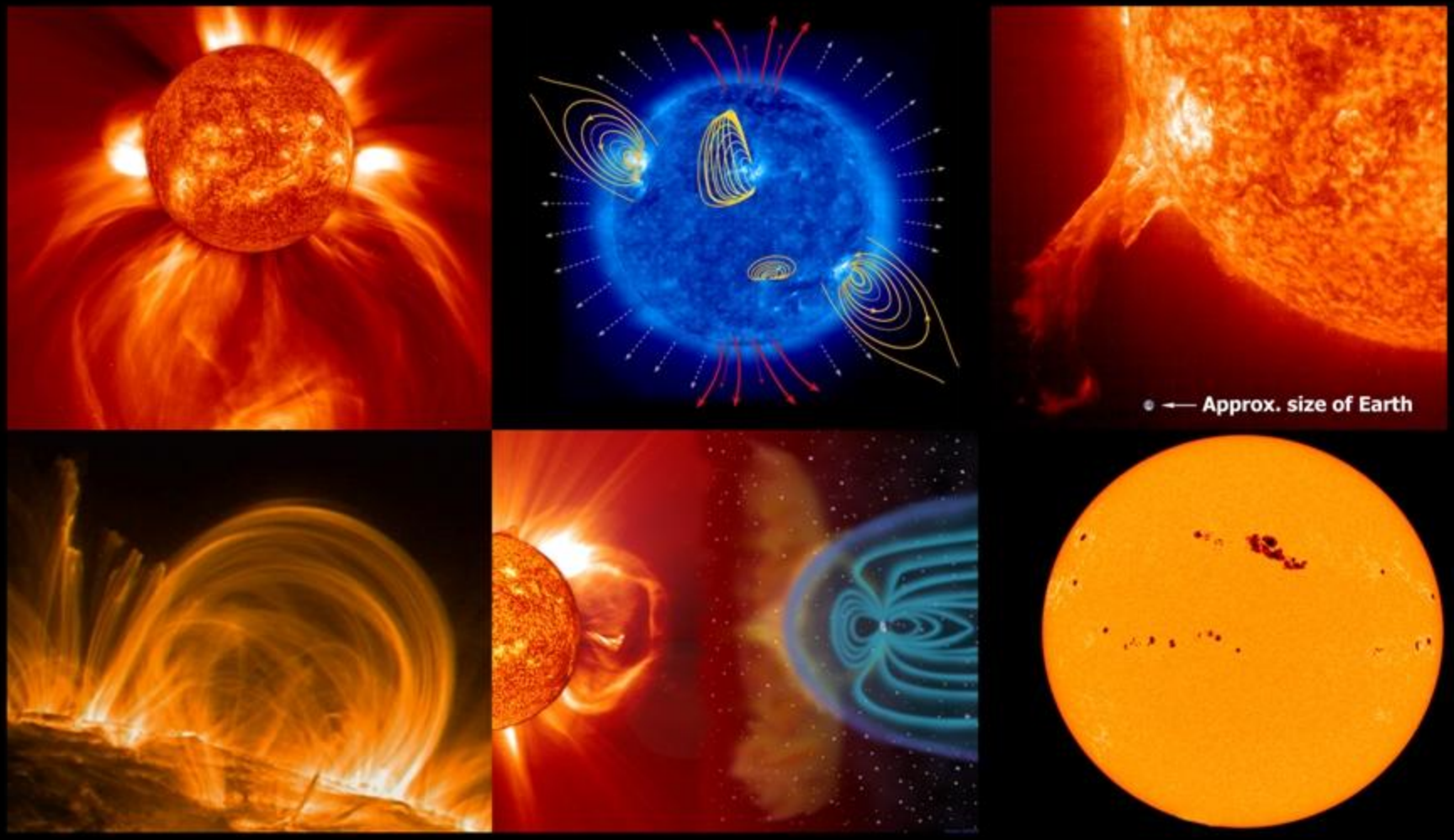
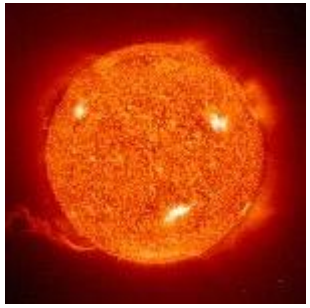
GÜNEŞ LEKE GÖZLEMLERİ GÜNEŞ'İN MANYETİK ETKİNLİĞİ



Yrd. Doç Dr. Özgür BAŞTÜRK
Ankara Üniversitesi Kreiken Rasathanesi

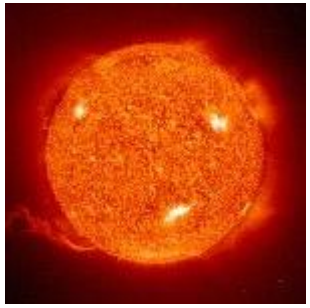
Güneş



Yer'e uzaklık	Ortalama	1 AB	149600000 km
	Maksimum		152000000 km
	Minimum		147000000 km
Güneş Işığının Yer'e ulaşma zamanı			8^{dk} 19.2^{sn}
Ortalama açısal çapı			32'
Yarıçap			696000 km (109 $R_{\oplus}$)
Kütle			1.9891×10^{30} kg
Kimyasal kompozisyon		kütlece	%74 H, %25 He, %1 Z
Kimyasal kompozisyon		atom	%92.1 H, %7.8 He, %0.1 Z
Ortalama yoğunluk			1410 kg / m^3
Ortalama sıcaklık		yüzey	5800 K
		merkez	1.55×10^7 K

Freedman R.A., Kaufmann W.J., *"Universe"*, 6th ed., 2002

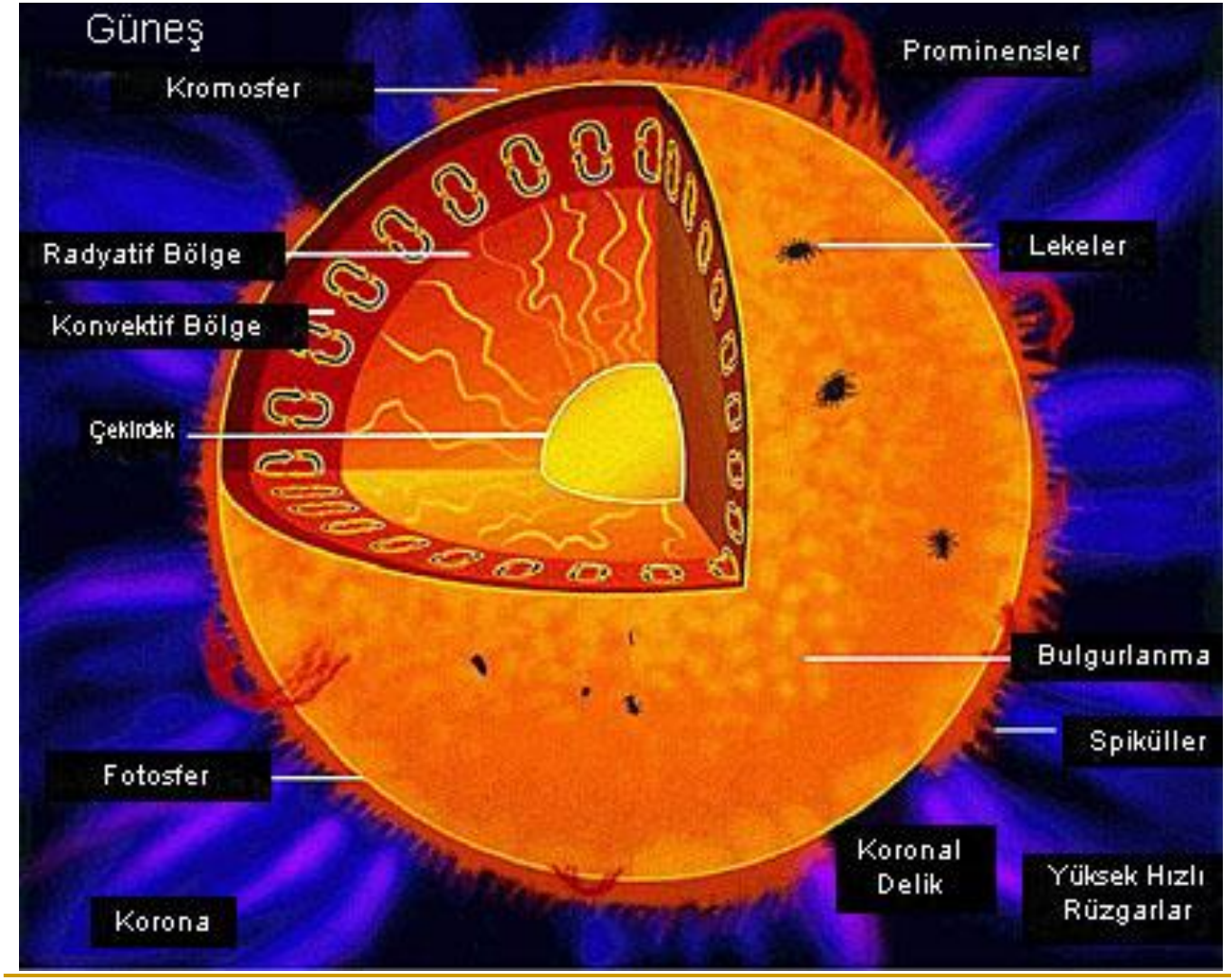
Güneş



Işınım Gücü	3.86×10^{26} watt/s
Gökadanın merkezinden uzaklığı	8000 pc (26000 ly)
Gökada merkezi etrafındaki dönemi	220 milyon yıl
Gökada merkezi etrafındaki hızı	220 km/s
Görünen görsel parlaklık	$-26^{m}.74$
Mutlak görsel parlaklık	$4^{m}.83$
Yüzeyden kaçış hızı	617.7 km/s
Ekvatoryal dönme hızı	7284 km/sa
Dönme dönemi (16° enlem)	25.38 gün
Dönme dönemi (ekvator)	25.05 gün
Dönme dönemi (kutuplar)	34.3 gün

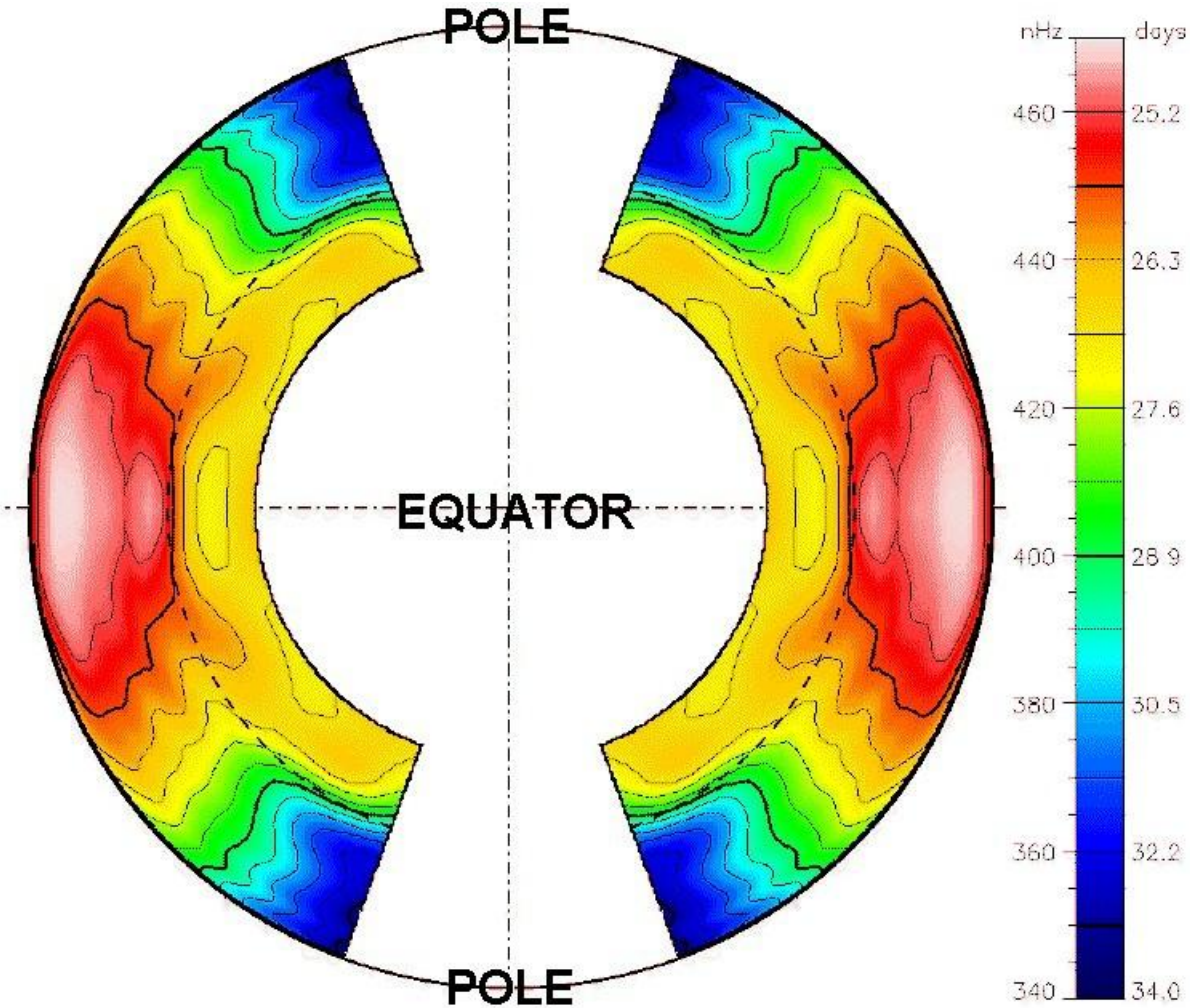
Freedman R.A., Kaufmann W.J., *"Universe"*, 6th ed., 2002

Güneş'in Katmanları



http://www.adlerplanetarium.org

Diferansiyel Dönme, Ω

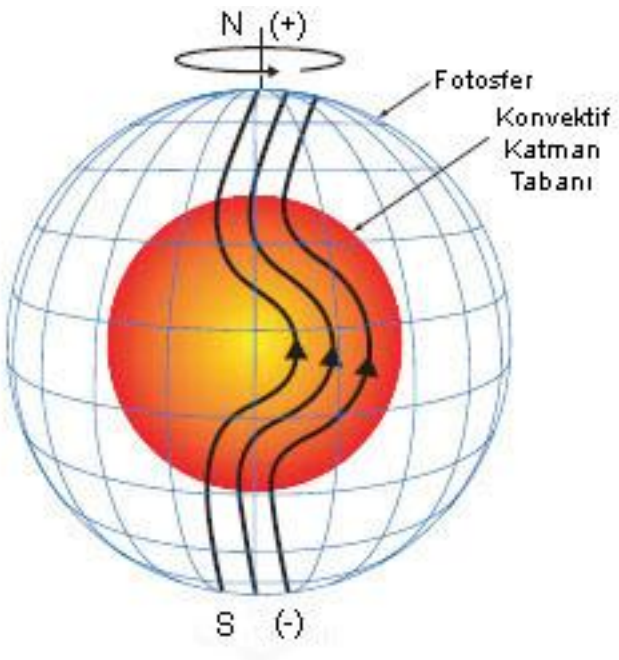


Güneş'in manyetik etkinliği

Dinamo teorisi (H.W.Babcock, 1961; ApJ; 153, 572)

- DURUM 1

  Dönme eksenine göre simetrik iki kutuplu (bipolar) manyetik alan çizgileri ± 55° enlemlerinden Güneş yüzeyi dışına çıkarken Güneş'in içinde konvektif katmanın tabanına kadar girerek bu derinlikteki (0.1 $R_{\odot}$) küre yüzeyi boyunca uzanır.



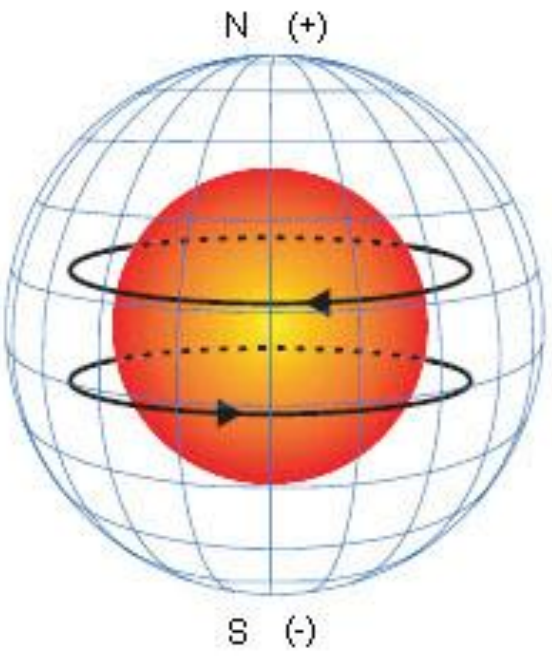
Dikpati and Gilman, *"Global solar dynamo models"*, 2007

Güneş'in manyetik etkinliği

Dinamo teorisi (H.W.Babcock, 1961; ApJ; 153, 572)

- DURUM 2

  Diferansiyel dönme, boylamsal manyetik alan çizgilerini ekvatora paralel hale getirilinceye kadar konvektif katmanın tabanına sarar ve zayıflatır. Konveksiyon bu manyetik alanı yerel aktif bölgeler oluşturacak şekilde yüzeye taşır.



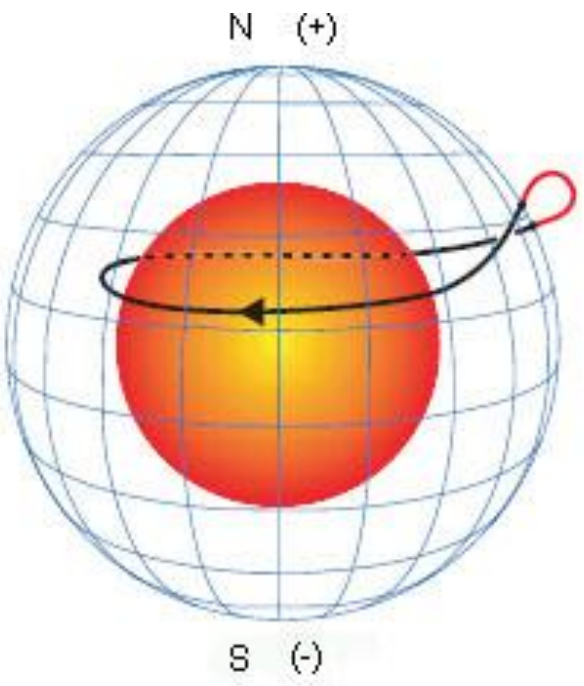
Dikpati and Gilman, *"Global solar dynamo models"*, 2007

Güneş'in manyetik etkinliği

Dinamo teorisi (H.W.Babcock, 1961; ApJ; 153, 572)

- DURUM 3

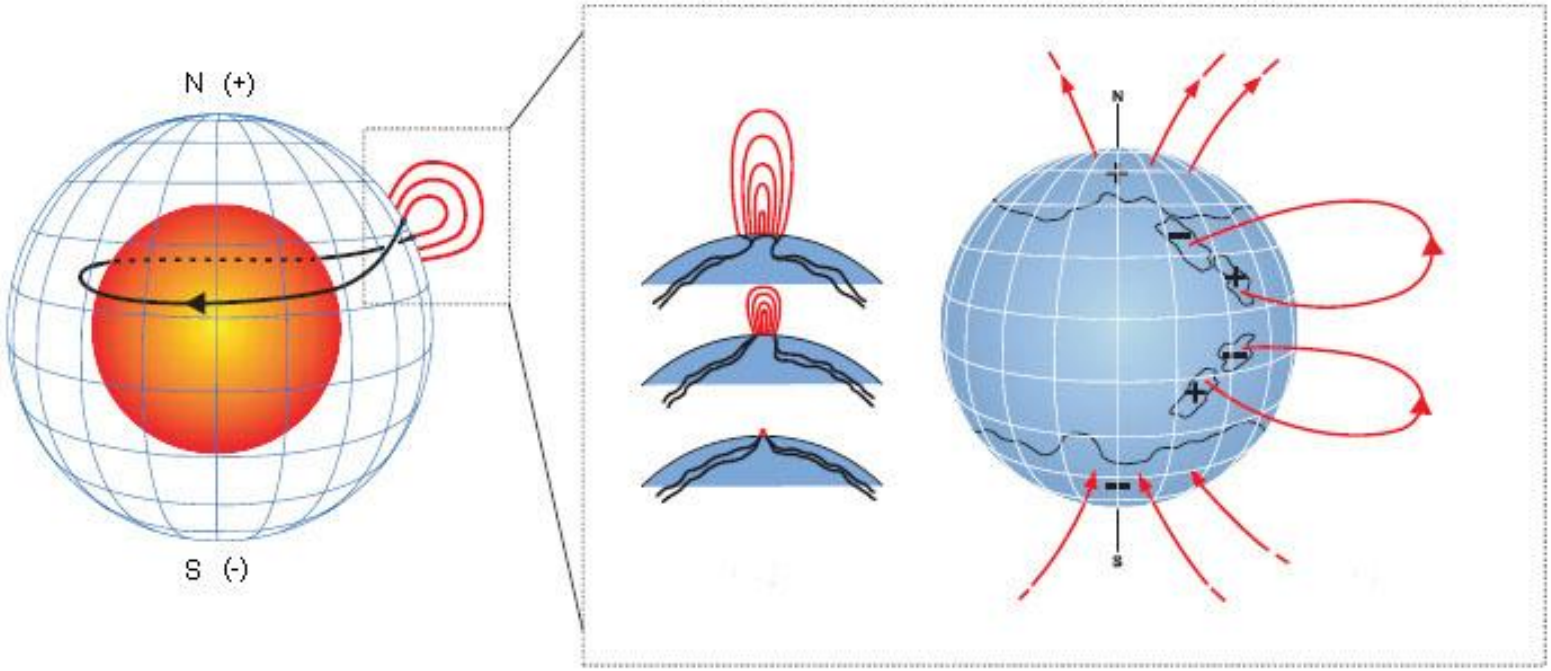
  Çift kutuplu bu yapılar yüzeyde öncü ve artçı leke bölgelerini oluşturur. Bu süre boyunca Güneş'in yüzeyi çok sayıda aktif bölge ile kaplanır ve leke çevriminin maksimumuna ulaşılır.Yükselerek genişleyen aktif bölgeler Coriolis kuvvetlerinin etkisi altında burulur.



Dikpati and Gilman, *"Global solar dynamo models"*, 2007

Güneş'in manyetik etkinliği

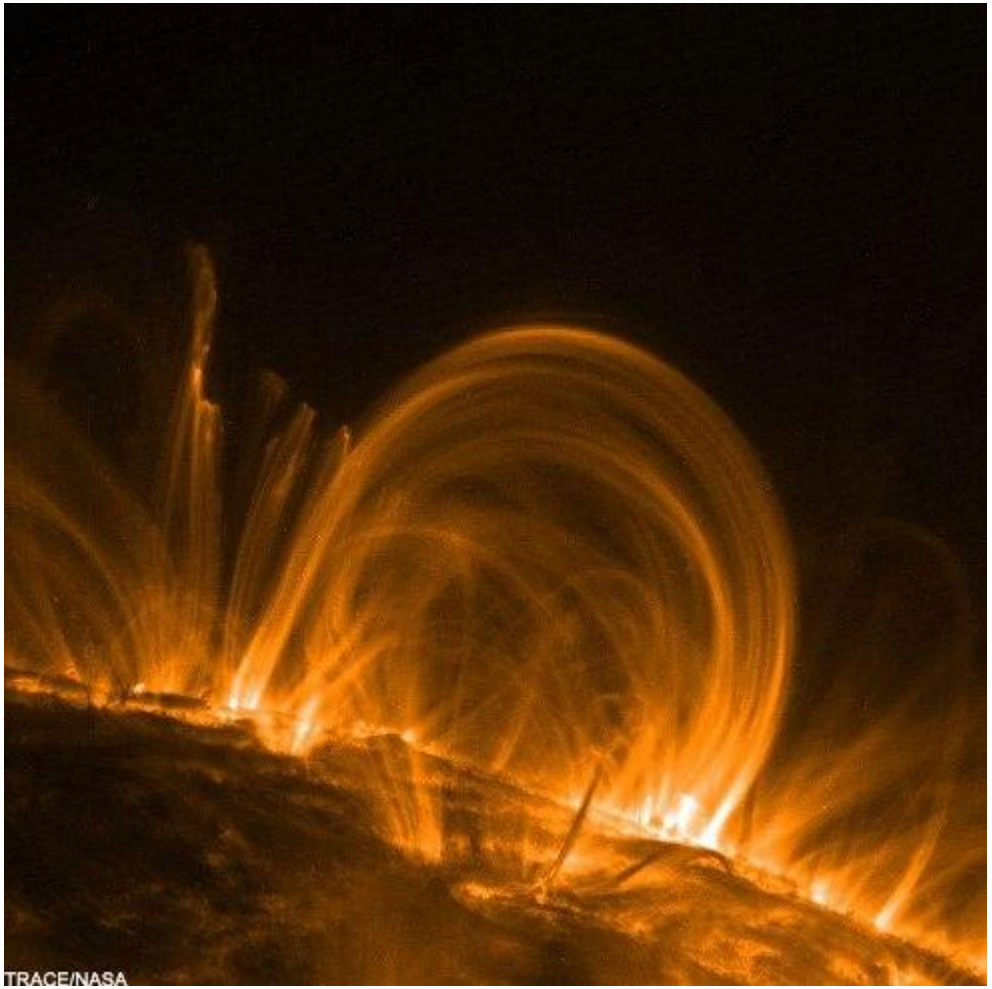
Dinamo teorisi (H.W.Babcock, 1961; ApJ; 153, 572)

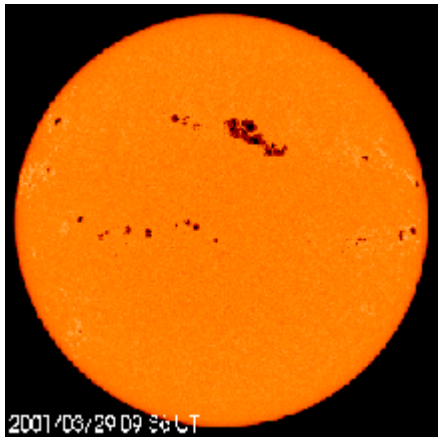


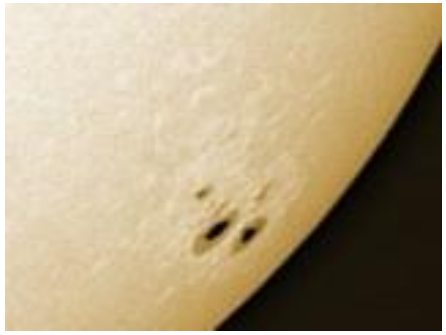
Dikpati and Gilman, *"Global solar dynamo models"*, 2007

Güneş'in manyetik etkinliği

Dinamo teorisi (H.W.Babcock, 1961; ApJ; 153, 572)







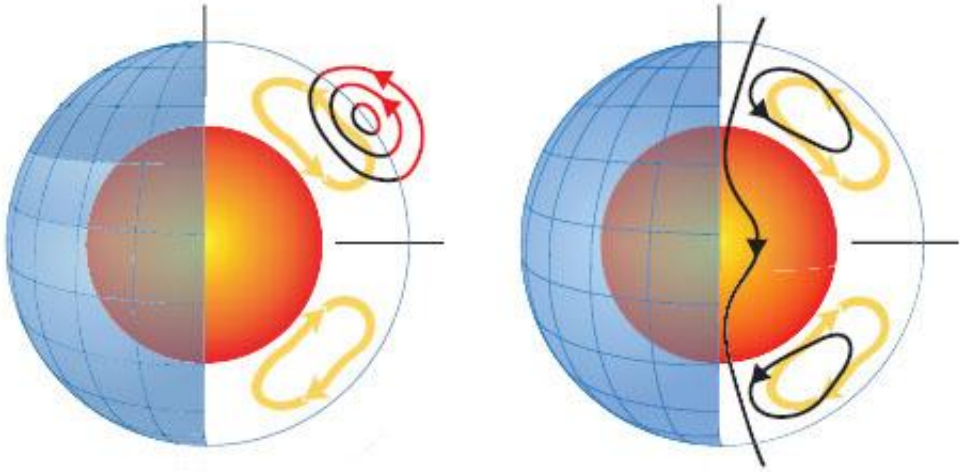
http://www.gsfc.nasa.gov/

Güneş'in manyetik etkinliği

Dinamo teorisi (H.W.Babcock, 1961; ApJ; 153, 572)

- DURUM 4

  Meridyonel hareketlerle enlemsel manyetik alan tekrar boylamsal manyetik alana dönüşür. Ancak yeni oluşan bu manyetik alan başlangıçtakiyle zıt kutupludur. Bu yolla leke çevriminin sonuna yaklaşılır.

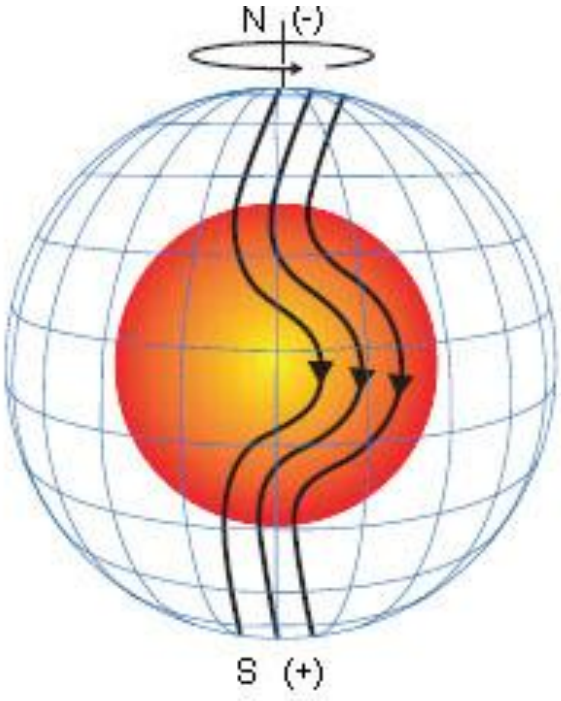


Dikpati and Gilman, *"Global solar dynamo models"*, 2007

Güneş'in manyetik etkinliği

Dinamo teorisi (H.W.Babcock, 1961; ApJ; 153, 572)

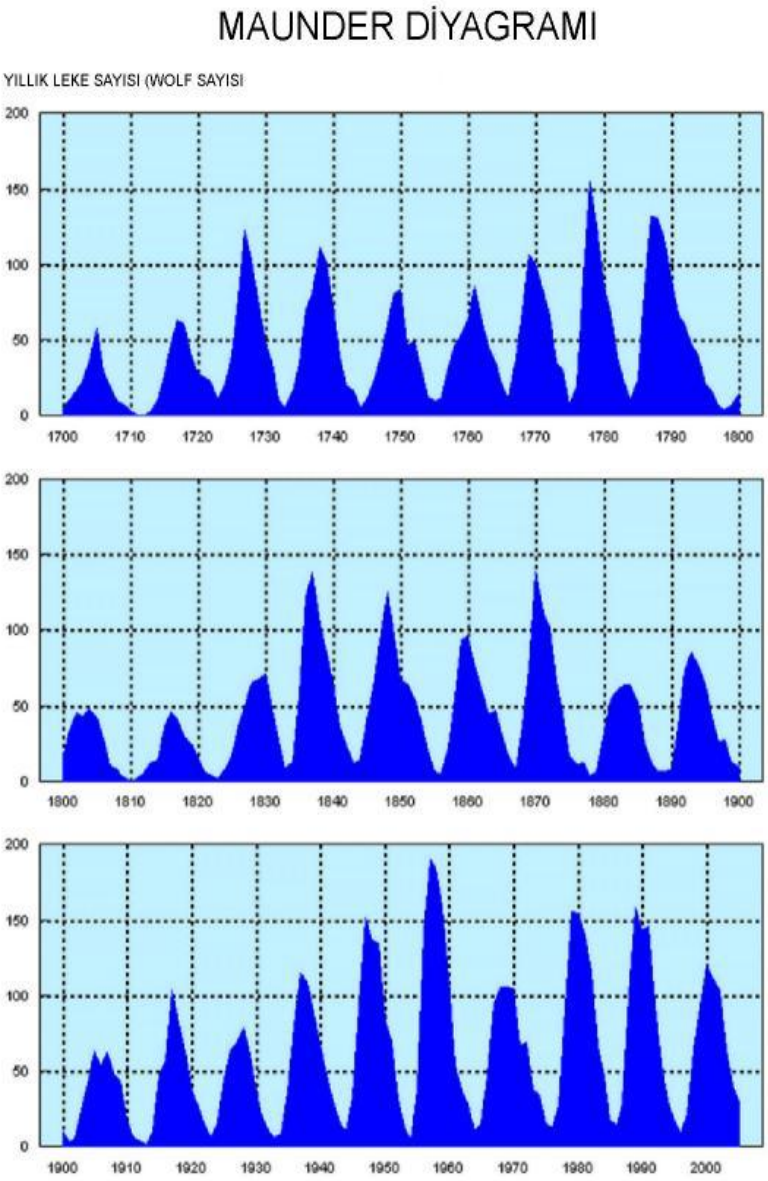
Böylece başlangıçtaki boylamsal manyetik alan tamamen sönümlenmiş ve buna zıt polaritede bir boylamsal manyetik alan oluşturulmuştur. Bu aşama bir sonraki leke çevriminin başlangıcıdır. "Manyetik dinamo" çevriminin yarısı tamamlanmış olur. Bu aşamayı takip eden ikinci leke çevrimi tamamlanıp boylamsal manyetik polarite tekrar başlangıçtaki haline dönünce "manyetik alan çevrimi" de tamamlanmış olur.



Dikpati and Gilman, *"Global solar dynamo models"*, 2007

Maunder Diyagramı

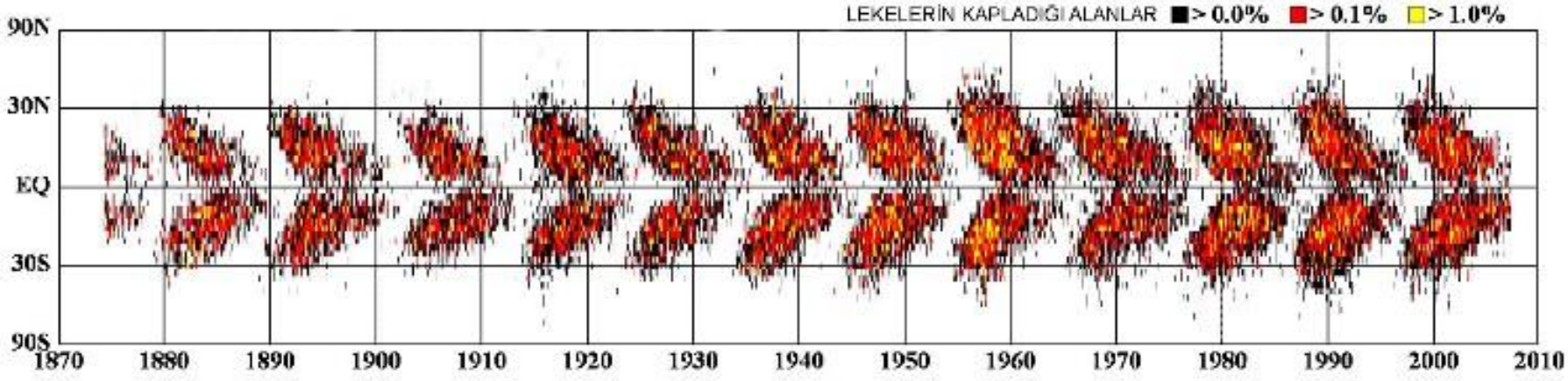
- Her gün gözlenen leke sayıları yıllık ortalamalara çevrilir
- Wolf sayısı
- Wolf sayısı, matematiksel bir bağıntı ile standart hale getirilir
- Standart hale getirilmiş Wolf sayısı zamana göre grafiğe geçirilir
- Yıllık ortalama leke sayılarının 11 yıllık aralıklarla birbirini takip eden maksimum ve minimumlar verdiği görülür



http://www.ngdc.noaa.gov

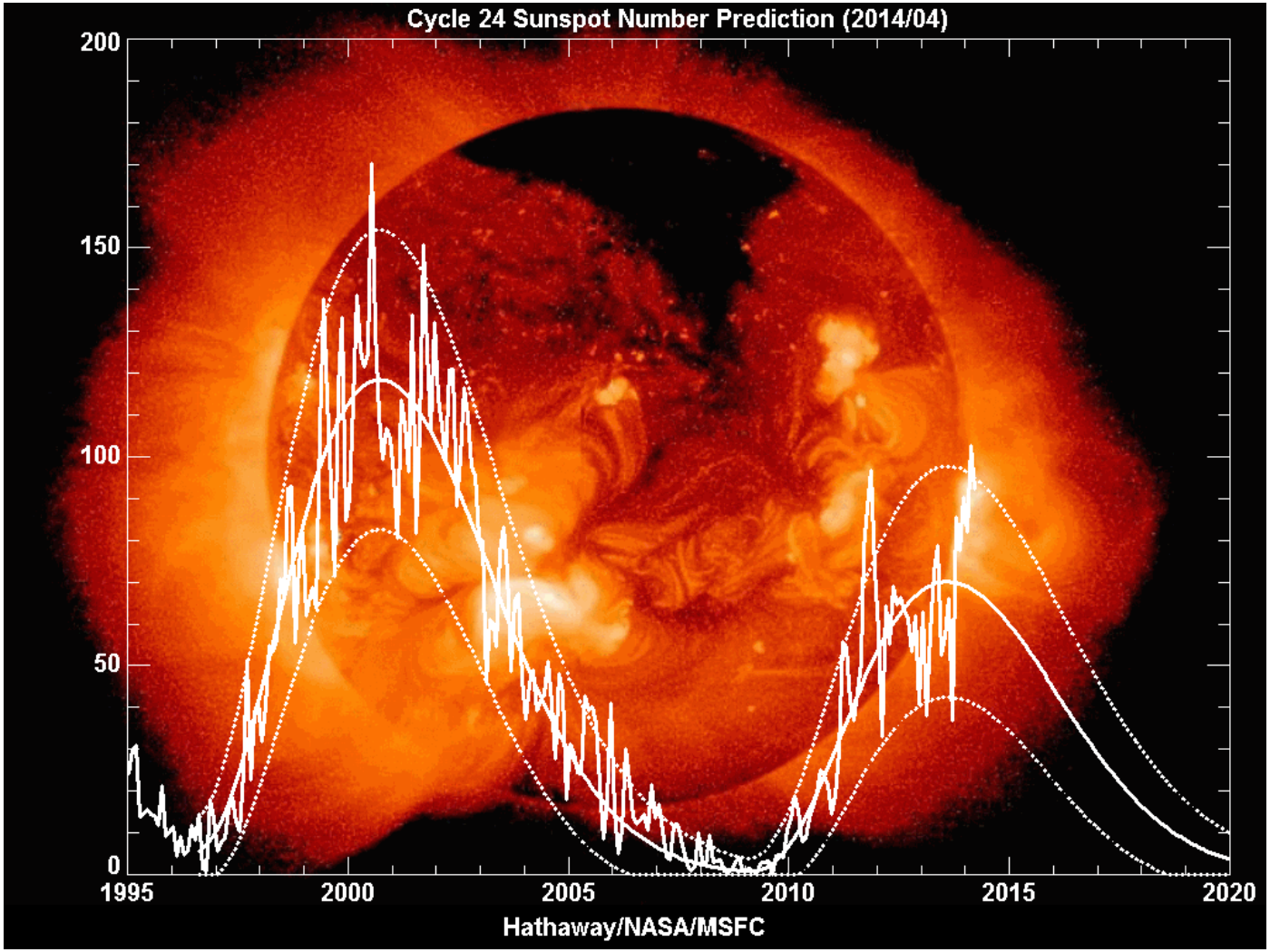
Kelebek Diyagramı

- Her leke grubu dikey 1°'lik simgelerle noktalanmıştır.
- Lekelerin tercihli enlemleri açısından belirgin bir sınır vardır.
- Lekeler ± 45° enlemlerinden daha üst enlemlerde oluşmamaktadır
- Lekeler ilk oluşum bölgesi açısından ± 30 - 40° enlemler arasını tercih etmektedir.
- Güneş'in diferansiyel dönme etkisi altında bir çevrim boyunca evrimleşen manyetik alanla, leke oluşum ve görünme bölgeleri ekvatora doğru kaymaktadır.



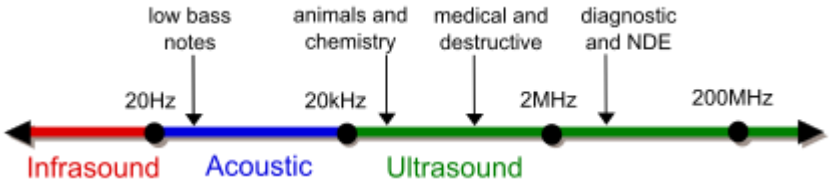
David Hathaway, NASA Marshall Space Flight Center

Leke Sayısı Tahminleri



http://sohowww.nascom.nasa.gov

Ses Dalgaları ile "Görmek" : Heliosismoloji



Ses Dalgaları

Ses dalgası bir basınç dalgasıdır. Gaz içerisinde onu sıkıştırarak ve seyrelterek yayılır. Isı kaybının olmadığı (adiyabatik) süreçlerde yayılma hızı

$$v_s = \sqrt{\Gamma_1 p/\rho} \quad (1)$$

İdeal gaz için

$$p = \rho k_B T/\mu m_u \quad (2)$$

(2)'yi (1)'de yerine koyarsak;

$$v_s = \sqrt{\Gamma_1 k_B T/\mu m_u} \quad (3)$$

Ses hızı yayıldığı ortamın (gazın) sıcaklığı ve kimyasal yapısına bağlıdır
Basınçtaki değişime sıcaklık ve yoğunluk da eşlik eder!

Ses Dalgaları ile Güneş'in Ne Alakası Var?

- Bir gazın içerisinde yayılan *sesin hızını ölçebilirseniz* gazın *basıncı* ve *yoğunluğu* hakkında bilgi sahibi olabilirsiniz!
- **Denge denklemi** olarak bilinen (3) numaralı denklemi kullanarak *sıcaklık* ve *kimyasal bileşimi* hakkında da bilgi sahibi olabilirsiniz!
- *Yıldızlar devasa gaz küreleridir* ve ses onların içinde de oluşmakta ve yol almaktadır.
- Öyleyse bu sesin *frekans*, *genlik* ve *evresini* çalışarak içinde bulunduğu gazın yani **yıldızın yapısı** hakkında fikir edinebiliriz!
- Astrosismolojinin amaçlarından biri yıldızın içindeki sesin hızını ölçerek yıldızın yapısına dair ***temel parametreleri*** elde etmektir!
- Bunun için *fotometrik ve spektroskopik gözlemler* yaparak ses dalgalarının *yüzeydeki* frekans, genlik ve evrelerini ölçeriz.
- Güneş'in 5 dakikalık salınımı konveksiyon kaynaklıdır (stokastik) ve Güneş'in iç yapısı hakkında önemli bilgiler edinmemizi sağlamıştır.

Kürelerin Müziği…

- **İnsan kulağı 10 oktav** dahilindeki (16 Hz – 16000 Hz) sesleri duyabilir.
- **Yıldızlardaki ses dalgaları** ise tüm yıldızlar düşünüldüğünde **20 oktav**lık bir aralık içerisinde yer alır
- Yıldızlardaki en “tiz” ses dahi insan sesinin duyabileceği en pes “do” dan **15 oktav daha “pes”**, yani daha düşük frekansa sahiptir.
- Yıldızlardaki ses dalgalarının frekansları **insan sesinin algılayabileceği oktav aralığına transfer** edildiğinde, yıldızların “sesini duymamız” mümkün olur.
- Yıldızlardaki ses dalgaları müzik enstrümanlarında olduğu gibi bir temel tonun (fundamental tone) harmonikleri (tam frekans katları) ile birlikte çalınmasıyla **oluşmadığı** için hoş birer “armoni” ‘ye sahip değildir!
- Duyduğunuz bu müzikteki enstrümanlar HR1217; HR3831; GD358; θ Tuc; R Scuti ve Güneş!
- Böylece Pisagor’un “kürelerin müziği” kavramı bir anlamda astronomiye girmiş oluyor.

- Kaynak: Stellar acoustics as input for music composition, Zoltán Kolláth & Jeno Keuler, https://www.konkoly.hu/staff/kollath/stellarmusic/

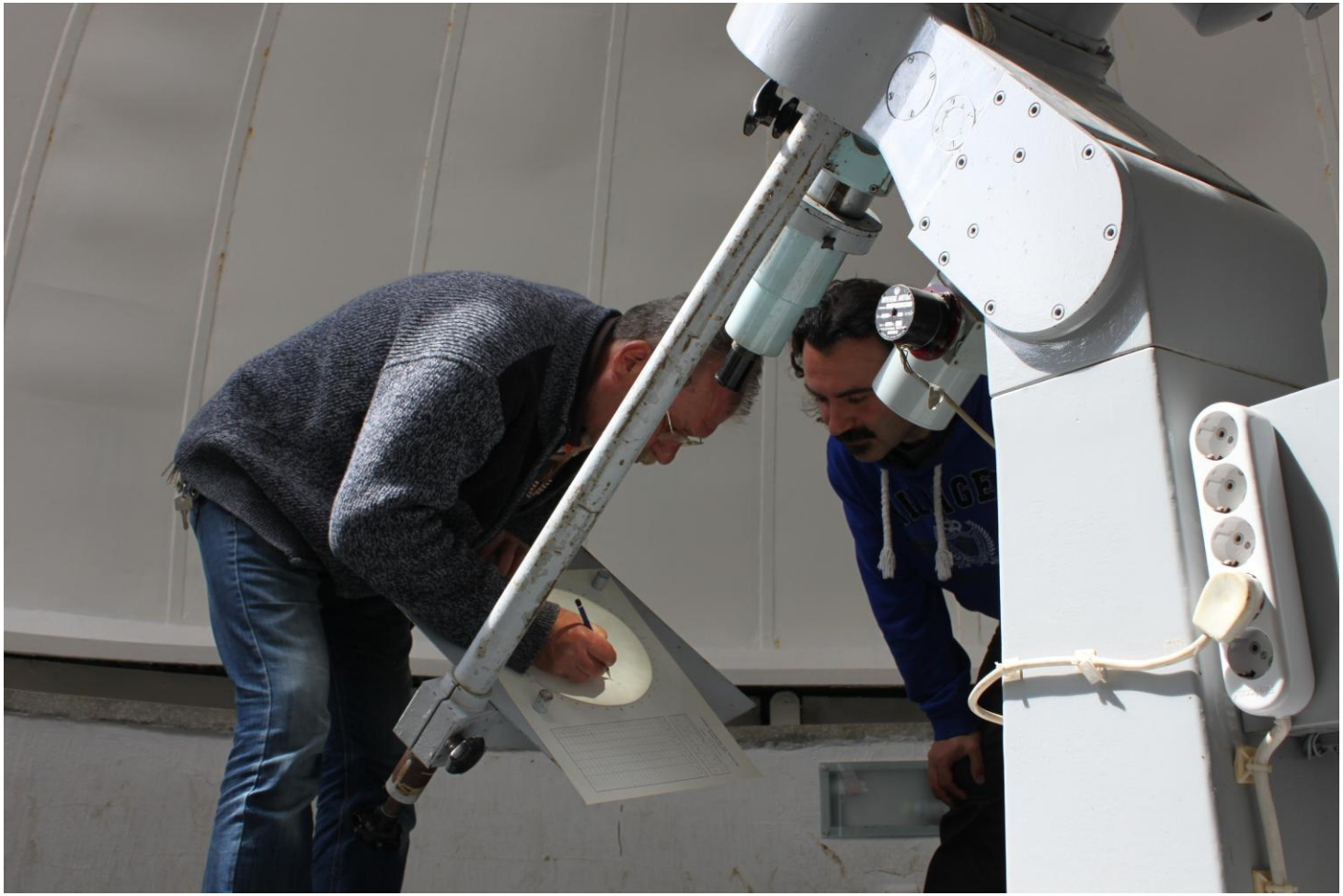
Güneş'in Dönme Dönemi

- Yıldızıl Dönem: Güneş'in sabit bir yıldıza göre dönme dönemidir (ekvatorda 24.47 gün).
- Sinodik Dönem: Güneş üzerindeki bir lekenin Dünya'dan görüldüğü konuma iki kez gelmesi arasında geçen süredir (ekvatorda 26.24 gün).
- Carrington Dönemi: Fakat ekvatordaki dönem yerine sinodik dönem mantığıyla aynı şekilde çalışan ancak lekelerin sık gözlendiği 26º'deki dönem kullanılır (27.2753 gün).
- Bartels Dönme Sayısı: 1. günü keyfi olarak Julius Bartels tarafından 8 Şubat 1832 olarak seçilmiş ve ondan sonra geçen her 27. günün sonunda bir arttırılan bir sayıdır.

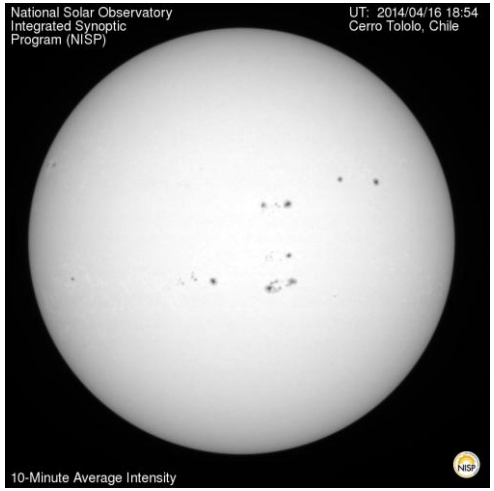
Leke Gözlemleri ile Güneş'in Dönme Döneminin Belirlenmesi

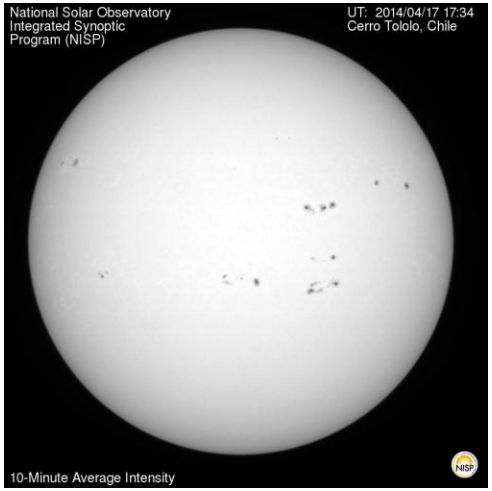
- Galileo Galilei (1609) Güneş üzerinde lekelerin varlığını farkeden ilk kişidir.
- Lekelerin takip gözlemlerinden bu lekelerin düzenli olarak aynı yönde ve sürekli hareket ettiğini Galilei belirlemiş. (hatta bu gözlemlerin gözüne ciddi zarar verdiği söylenir)
- Bizim rasathanemiz gibi pek çok rasathanede de bu lekelerin takip gözlemleri gerçekleştirilmiş ve leke evrimi anlaşılmaya çalışılımıştır.

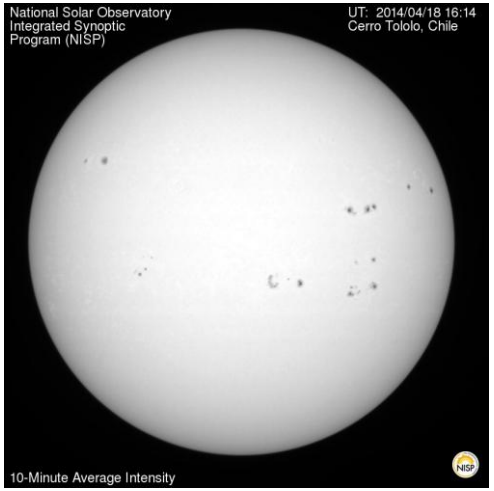
Leke Gözlemleri ile Güneş'in Dönme Döneminin Belirlenmesi

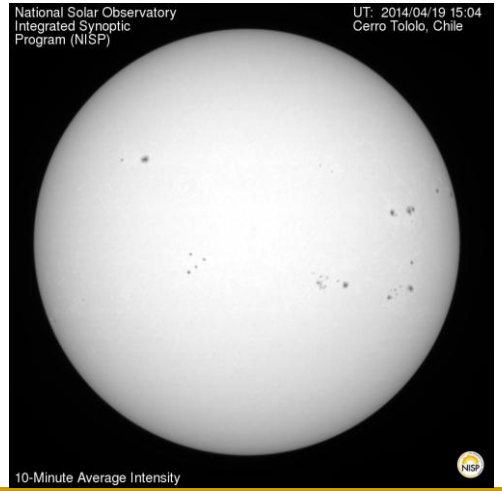


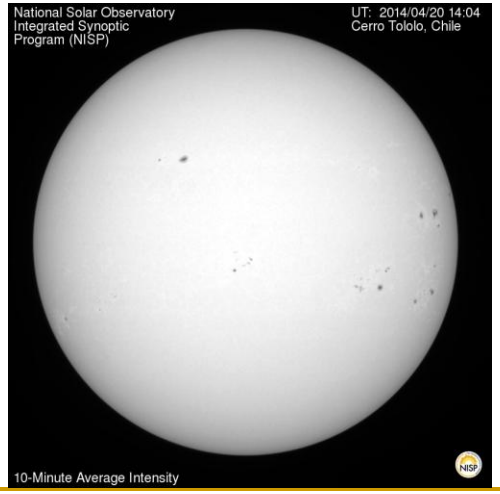
Leke Gözlemleri ile Güneş'in Dönme Döneminin Belirlenmesi

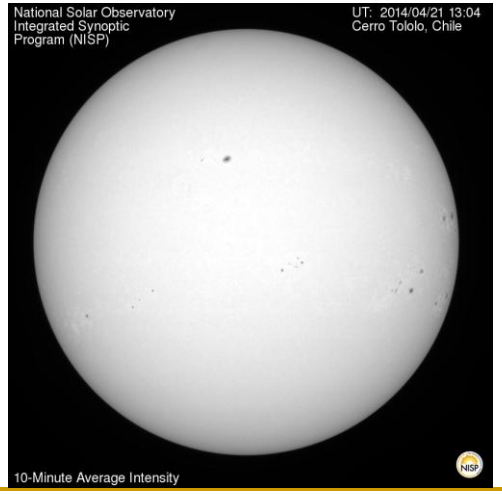






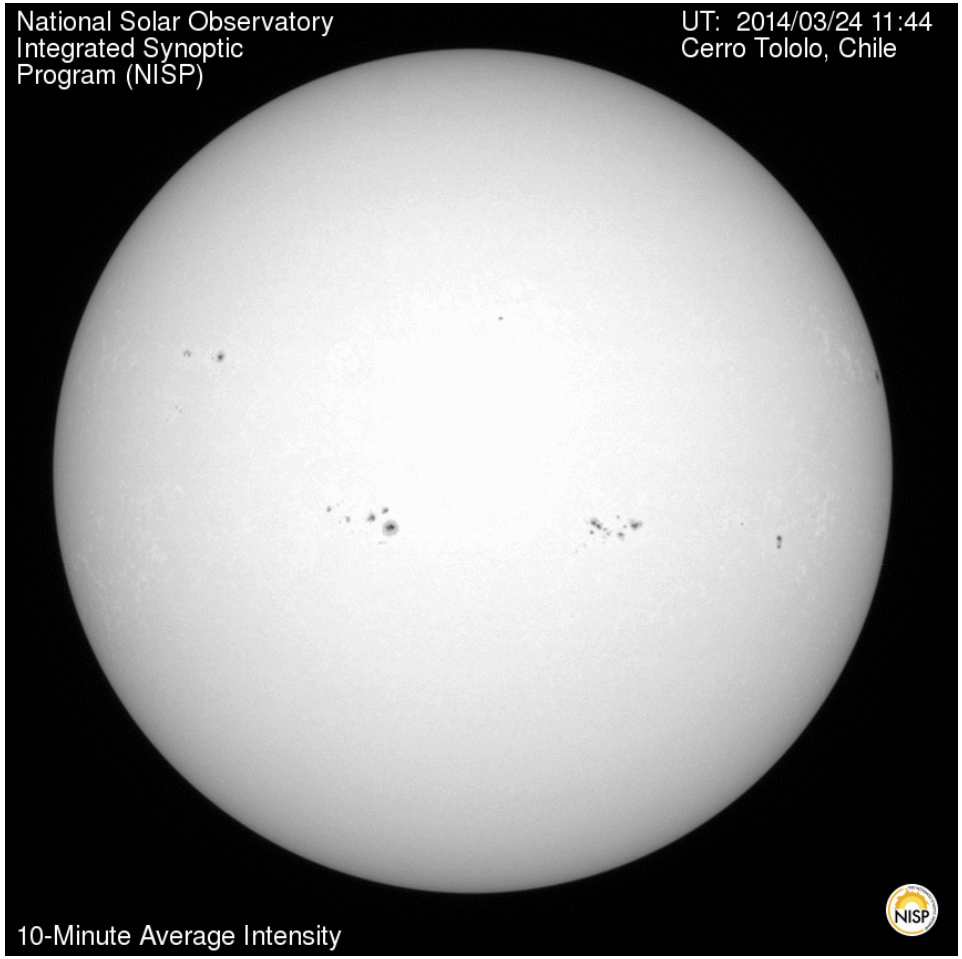






16-21 Nisan 2014 arasında Big Bear, CA'daki GONG teleskobuyla yapılan leke gözlemleri

Leke Gözlemleri ile Güneş'in Dönme Döneminin Belirlenmesi

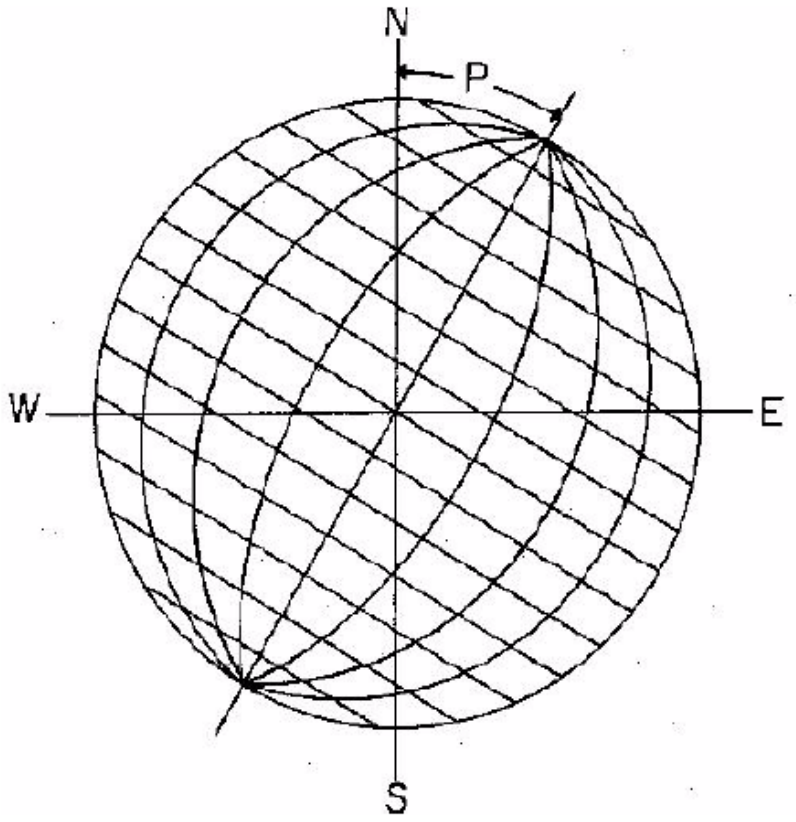


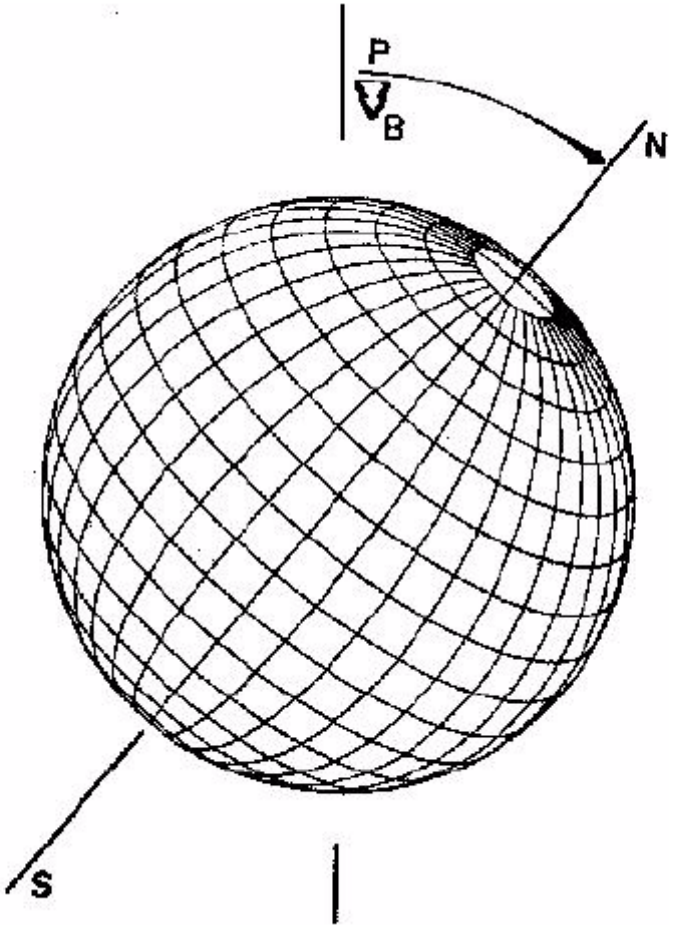
24 Mart - 24 Nisan 2014 arasında Cerro Tololo, Şili'deki GONG teleskobuyla yapılan leke gözlemleri

Leke Gözlemleri ile Güneş'in Dönme Döneminin Belirlenmesi

- Her ne kadar gözlemlerde Güneş'in izini kağıt üzerine düşürdüğümüzde bir "disk" şeklinde gözlüyorsak da biliyoruz ki Güneş bir "küre" şeklindedir.
- Bu nedenle gözlemlerimizi analiz ederken çizgisel değil, gerçek hızları ölçebilmek için küresel geometriden faydalanılmalıdır.
- Bunun için Güneş üzerine yerleştirilen bir küresel koordinat sistemi kullanılır (heliyografik koordinat sistemi).

Leke Gözlemleri ile Güneş'in Dönme Döneminin Belirlenmesi





Konum açısı (P): Görünen diskin kuzeyi ile Güneş'in Kuzey kutbu arasındaki açı

Güneş Enlemi (B_0): Güneş ekvatoru ile ekliptik arasındaki açı

Leke Gözlemleri ile Güneş'in Dönme Döneminin Belirlenmesi

İşin kötü tarafı bu iki açıda günden güne değişim gösterir. Çünkü Dünya Güneş'in etrafında dolanmaktadır! Ancak bu açıların ne şekilde değiştiğini bir almanaktan öğrenebiliriz.

ALPO Solar Section — 2014 Solar Ephemeris

Ephemeris Computed by Brad Timerson, A.L.P.O. Solar Section

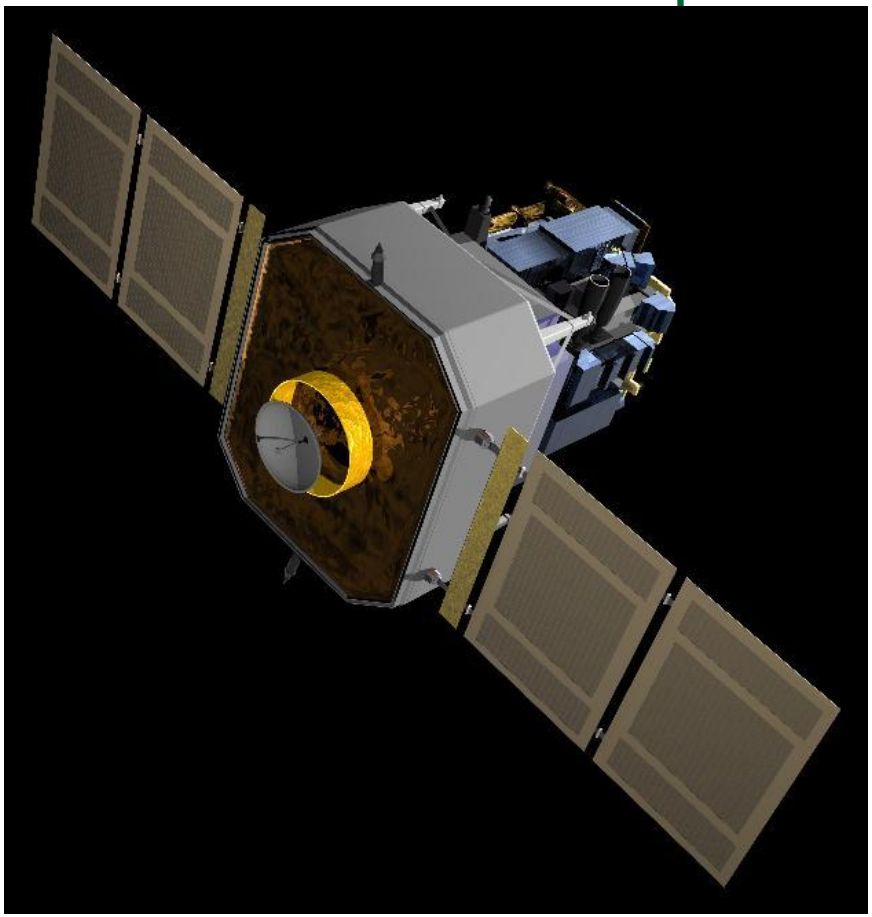
CALENDAR DATE	JULIAN DATE	ROTATION NUMBER	HELIOGRAPHIC Lo	Bo	Po	DIAMETER (arcmin)	RA (HH:MM)	DEC (deg)
12/30/2013	2456656.5	2145	215.78	-2.77	3.05	32.530	18:37.3	-23.17
12/31/2013	2456657.5	2145	202.60	-2.89	2.57	32.530	18:41.7	-23.10
1/ 1/2014	2456658.5	2145	189.43	-3.00	2.08	32.531	18:46.1	-23.03
1/ 2/2014	2456659.5	2145	176.25	-3.12	1.60	32.531	18:50.5	-22.94
1/ 3/2014	2456660.5	2145	163.08	-3.24	1.11	32.531	18:54.9	-22.85
1/ 4/2014	2456661.5	2145	149.90	-3.35	0.63	32.531	18:59.3	-22.75
1/ 5/2014	2456662.5	2145	136.73	-3.46	0.15	32.531	19: 3.7	-22.64
1/ 6/2014	2456663.5	2145	123.62	-3.58	-0.34	32.531	19: 8.1	-22.53
1/ 7/2014	2456664.5	2145	110.45	-3.69	-0.82	32.530	19:12.5	-22.41
1/ 8/2014	2456665.5	2145	97.28	-3.80	-1.30	32.529	19:16.9	-22.28
1/ 9/2014	2456666.5	2145	84.10	-3.91	-1.78	32.529	19:21.2	-22.14
1/10/2014	2456667.5	2145	70.93	-4.02	-2.26	32.528	19:25.6	-22.00
1/11/2014	2456668.5	2145	57.76	-4.12	-2.74	32.526	19:29.9	-21.85
1/12/2014	2456669.5	2145	44.59	-4.23	-3.21	32.525	19:34.3	-21.69
1/13/2014	2456670.5	2145	31.41	-4.33	-3.69	32.523	19:38.6	-21.53
1/14/2014	2456671.5	2145	18.24	-4.43	-4.16	32.522	19:42.9	-21.36

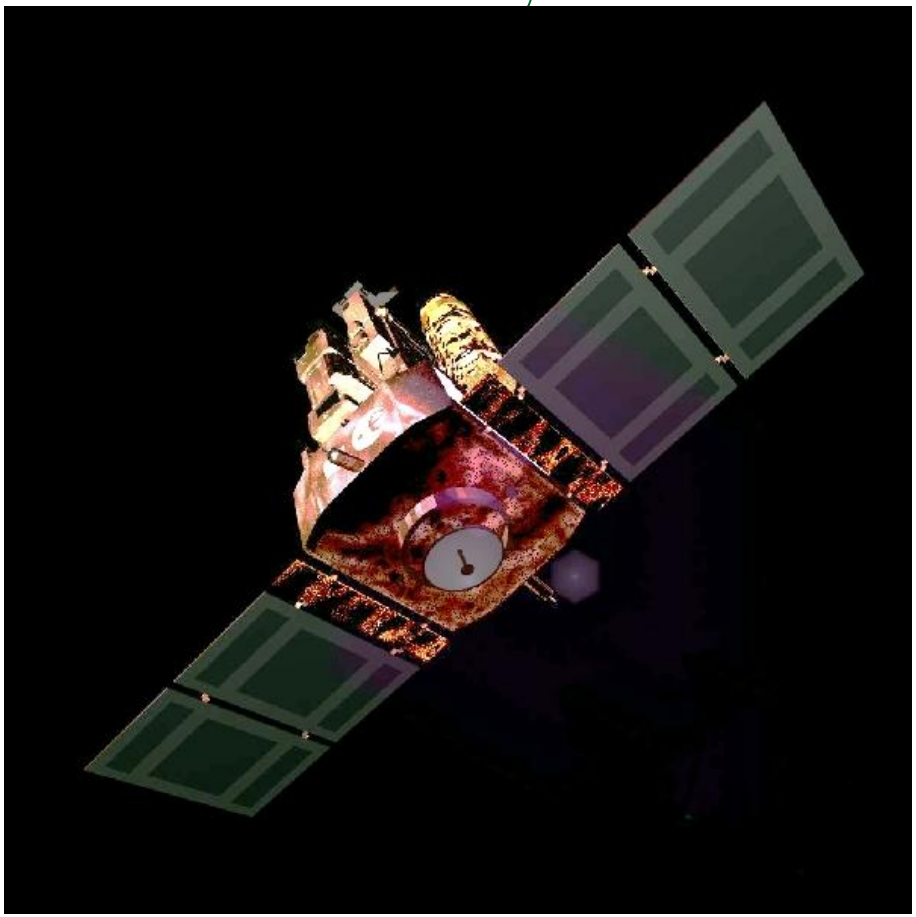
Burada L_0, Güneş diskinin heliografik boylamı; B_0, Güneş diskinin heliografik enlemi P_0, Görünen diskin kuzeyi ile Güneş'in Kuzey kutbu arasındaki açı

Leke Gözlemleri ile Güneş'in Dönme Döneminin Belirlenmesi

- Gözlem yapılan her bir gün için leke grupları belirlenir, isimlendirilir ve gözlem kağıtlarına yazılır.
- Güneş koordinat sistemi parametreleri (L_0, B_0, P) her bir gün için gözlem kağıtlarına yazılır.
- Bu parametrelerin gözlem yapılan an için değerleri (L, B, P) bulunur.
- B_0 için uygun transparan disk (Sonyhurst diski) seçilerek leke haritası üzerine yerleştirilir ve lekelerin koordinatları saptanıp gözlem kağıtlarına aktarılır.
- Leke koordinatları zamana karşılık (farklı enlemlerdeki lekeler farklı renk ve işaretlerle gösterilerek) çizdirilir.
- Farklı leke grupları için elde edilen grafiklere en iyi doğru uyumlamaları yapılır. Bu doğruların eğimlerinden farklı enlemlerdeki dönme hızları ve dönme dönemleri hesaplanır.
- Diferansiyel dönme etkisini görebilmek için en az iki leke çevrimini kapsayan uzun dönemli gözlemlere ihtiyaç duyulur, zira kısa zaman aralıklı gözlemlerde hep aynı enlemlerde bulunan lekeler gözlenmiş olur.

SOHO
Solar and Heliospheric Observatory

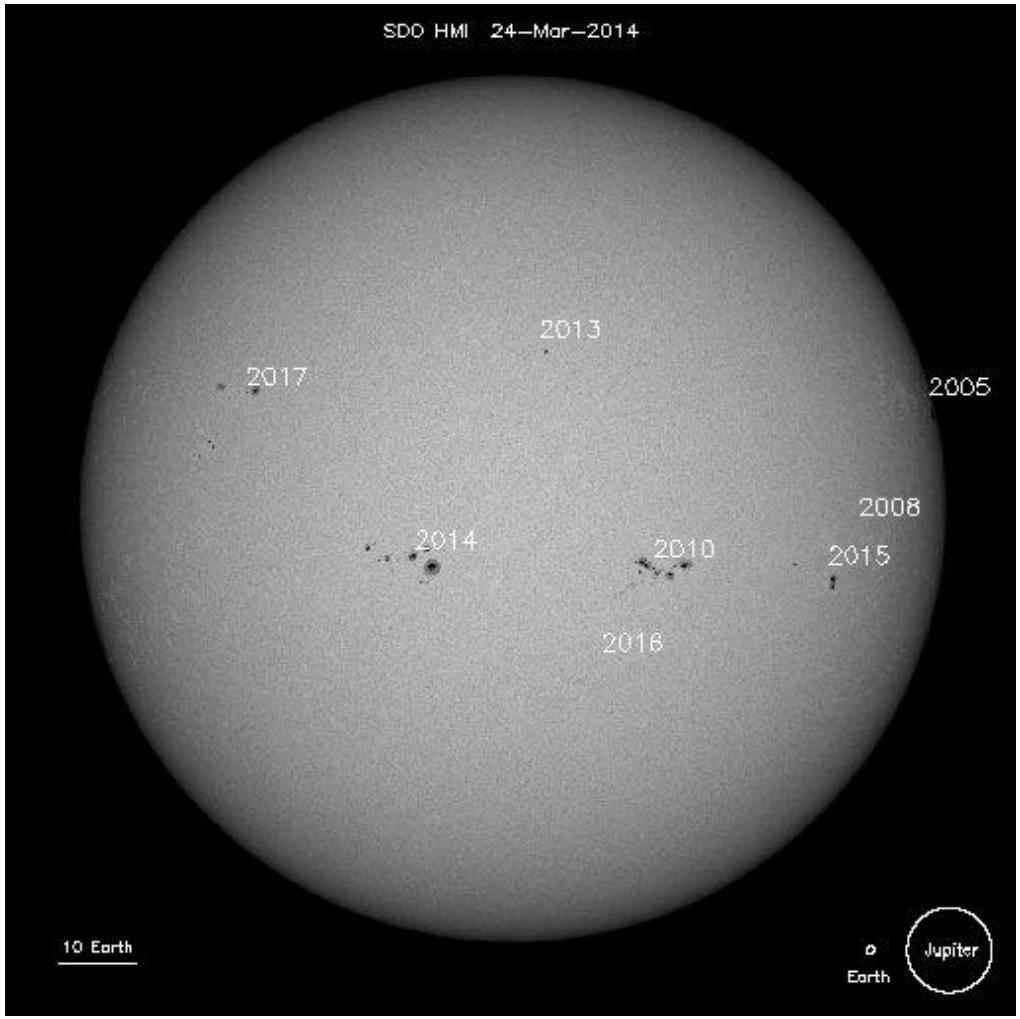




SOHO, 1995 Aralık'ında Atlas Centaur roketi ile uzaya yollandı. Mart 1996'dan itibaren Güneş gözlemlerine başladı.

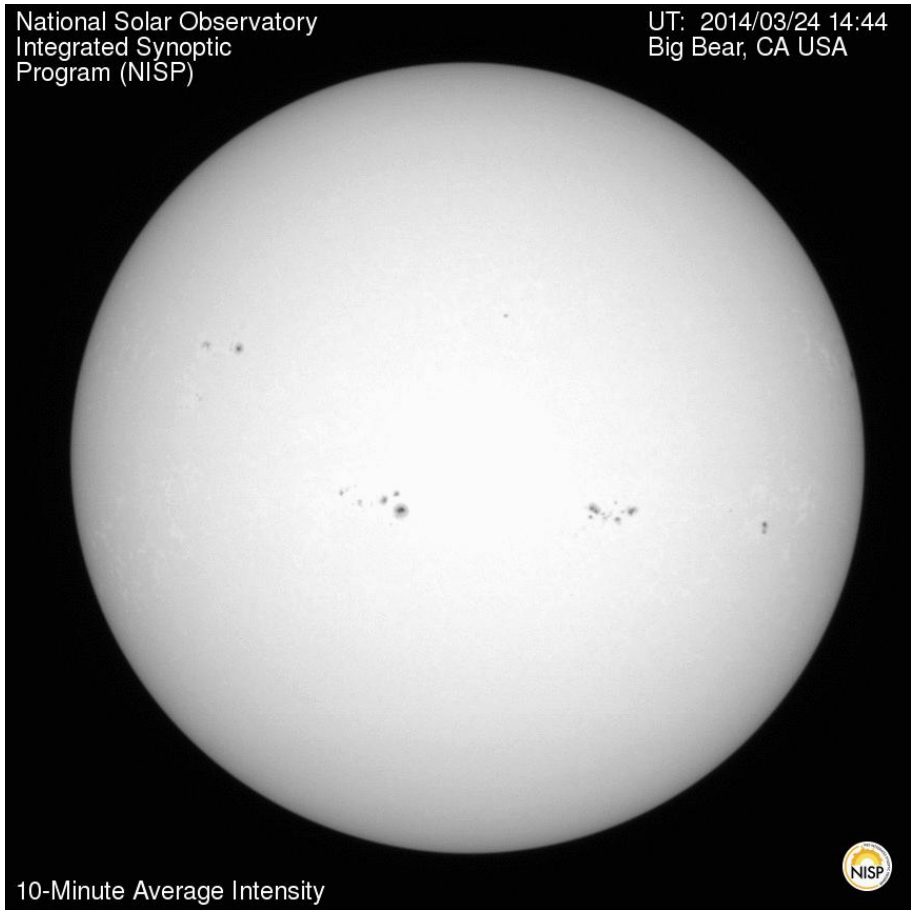
http://sohowww.nascom.nasa.gov

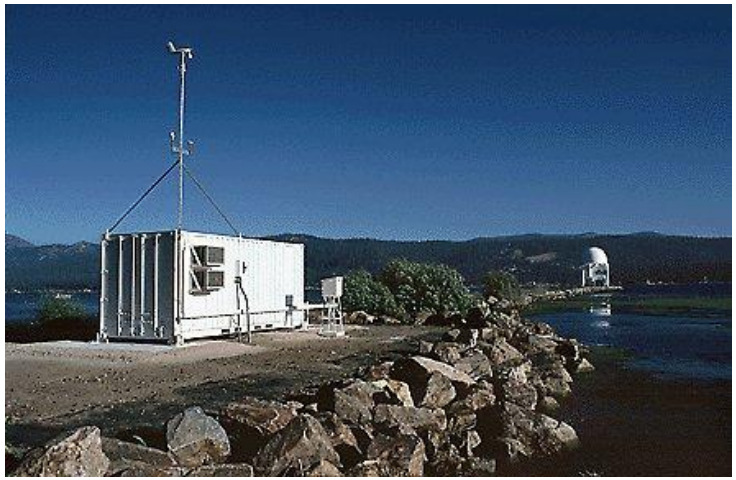
SOHO ile leke gözlemleri



24 Mart - 24 Nisan 2014 arasında SOHO uzay teleskobuyla yapılan leke gözlemleri

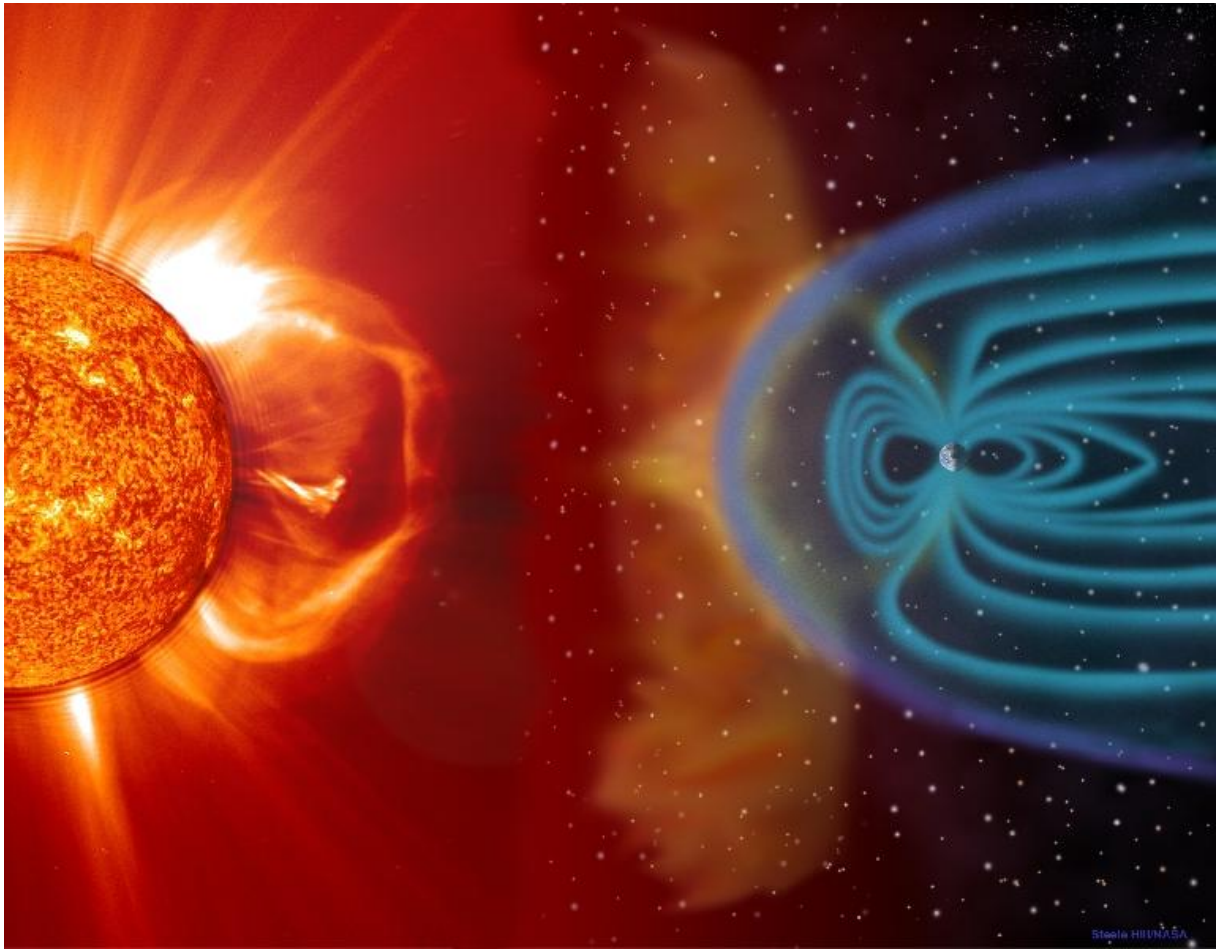
GONG ile leke gözlemleri





24 Mart - 24 Nisan 2014 arasında Big Bear, CA'daki GONG teleskobuyla yapılan leke gözlemleri

Güneş'in Manyetik Etkinliğinin Dünya'ya Etkileri



http://sohowww.nascom.nasa.gov

Güneş'in Manyetik Etkinliğinin Dünya'ya Etkileri

© Dave Parkhurst
Aurora Borrealis
Alaska, USA

Kaynaklar

- Dikpati and Gilman;*“Global solar dynamo models”*, 2007
- Korhonen, Heidi; *“Magnetic Activity in The Sun and The Stars”*, Sunum
- Babcock, H.W.; *“The Sun’s Magnetic Field”*, 1963
- Babcock, H.D.; *“The Sun’s Polar Magnetic Field”*, 1959
- Dikpati, *“Polar flux Cross Equatorial Flux and Dynamo Generated Tachocline Toroidal Flux as Predictors of Solar Cycles”,* 2007
- Freedman R.A., Kaufmann W.J., *“Universe”*, 6th ed., 2002
- Selam S.O. *“Soğuk Yıldızların Üst Atmosferleri”*, Ders Notu
- http://sohowww.nascom.nasa.gov