

# *AST310 GÜNEŞ FİZİĞİ*

**2016 - 2017 Bahar Dönemi (Z, UK:3, AKTS:5)**

**7. Kısım**

**Doç. Dr. Kutluay YÜCE**

**Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi  
Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü**

Kutluay Yüce: "Ders amaçlı notlar; çoğaltılamaz."

# Güneş Lekeleri & Diferansiyel Dönme Hareketi

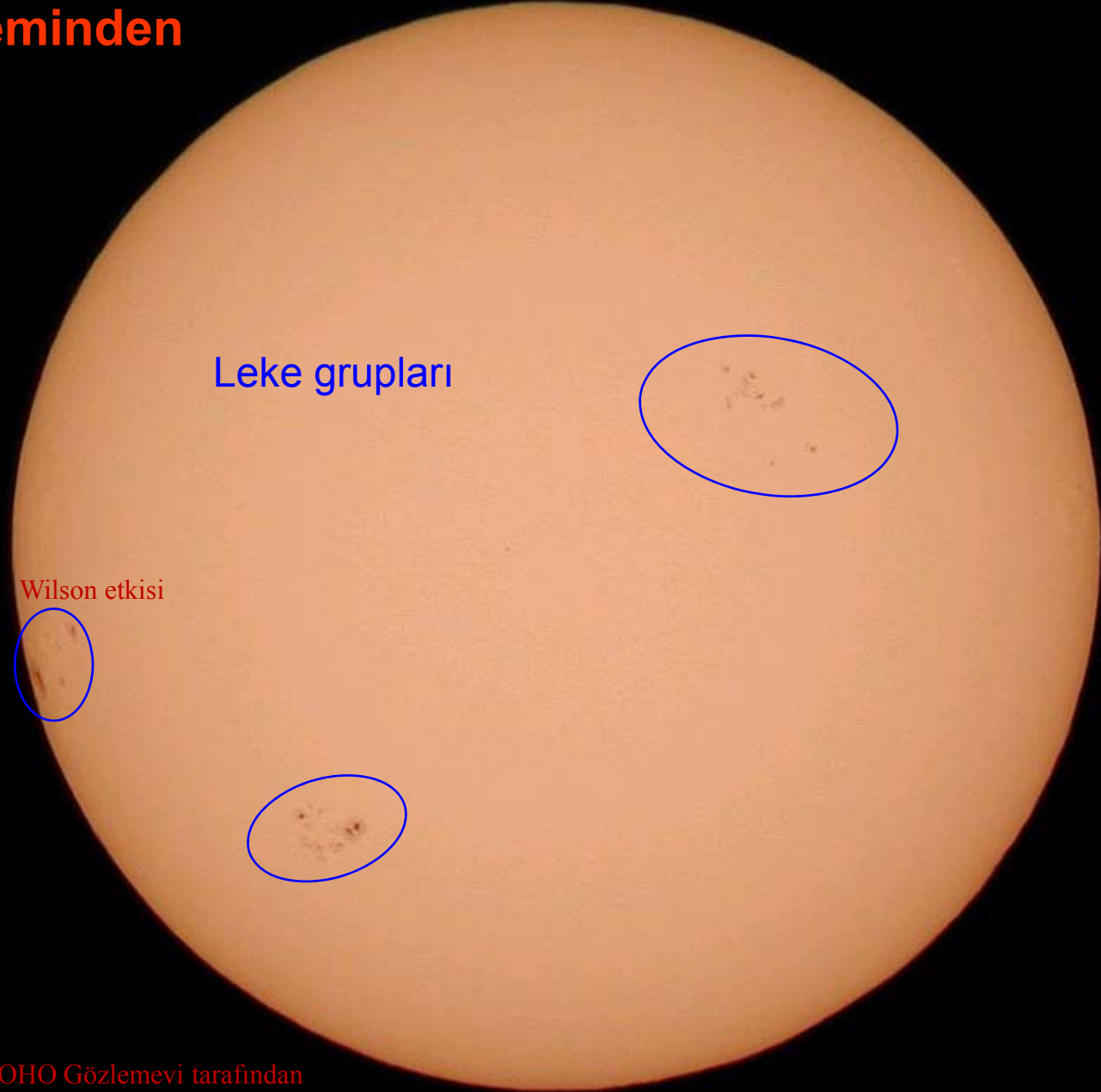
## Fotosferde Güneş Faaliyeti (devam)

### Güneş'in Dönme Hareketi

Fotosfer'de Güneş faaliyetinden maksat, Güneş lekeleri ve zamanla değişim olgusudur. Görünür dalgaboyu aralığında algılanan yüzeyi olan Güneş fotosfer katmanı, iç yapının en dış bölgesi olan konvektif bölge üzerinde yer alır. Yaklaşık 500 km kalınlığa sahip olduğundan, Astronomlar tarafından bir elmanın (ince) kabuğuna benzetilmektedir.

Güneş'e göz ile doğrudan bakmak, göz merceği tarafından toplanan Güneş ışınlarının gözün retina tabakası üzerinde meydana getirdiği Güneş görüntüsü söz konusu 'sinir' tabakanın hasar görmesine (yanmasına) sebep olacağından sakıncalıdır.

**17 Eylül 2000 tarihli  
SOHO gözleminde**



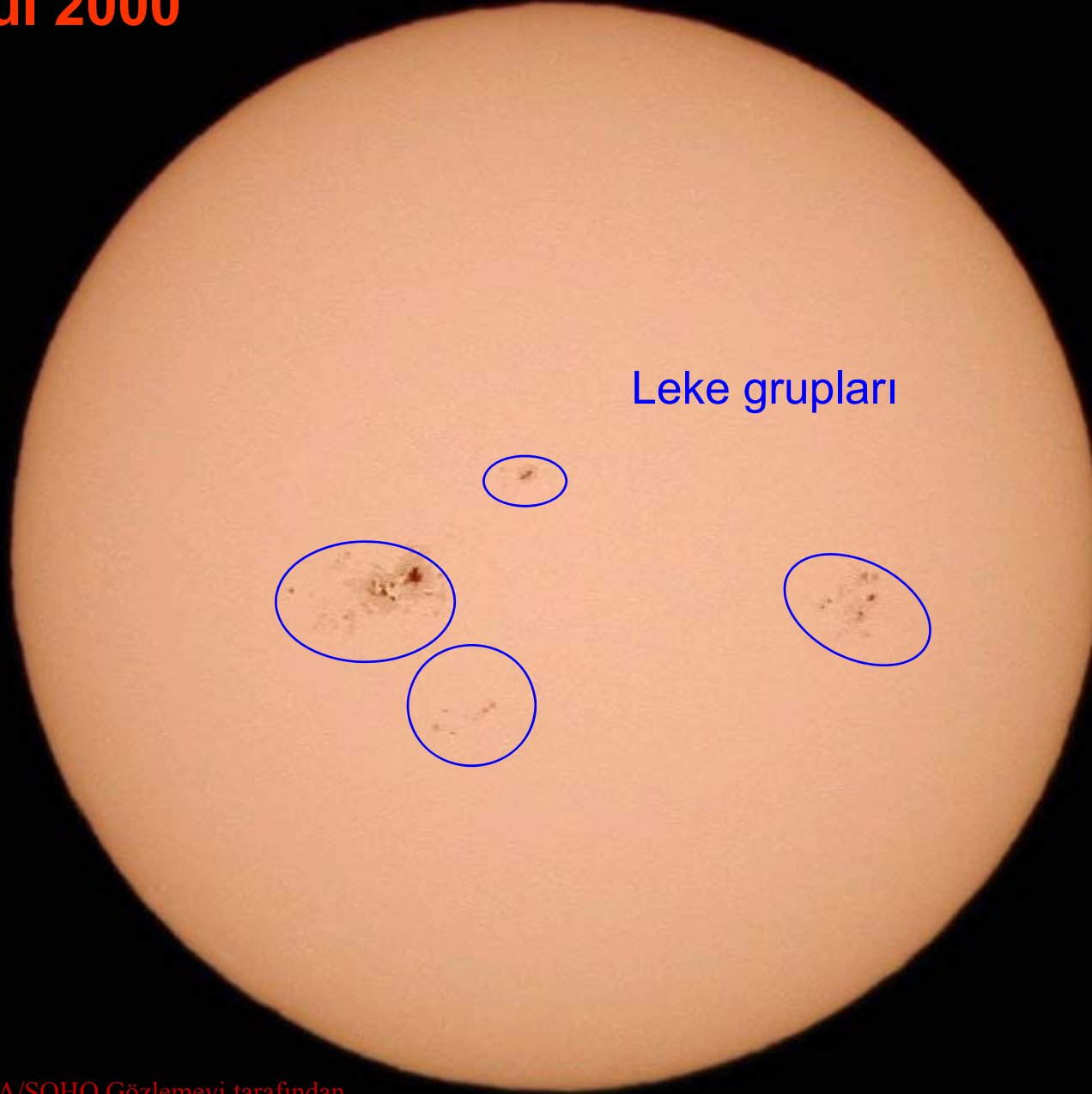
Wilson etkisi

Leke grupları

Görüntü: NASA-ESA/SOHO Gözlemevi tarafından

Kutluay Yüce: "Ders amaçlı notlar; çoğaltılamaz."

22 Eylül 2000

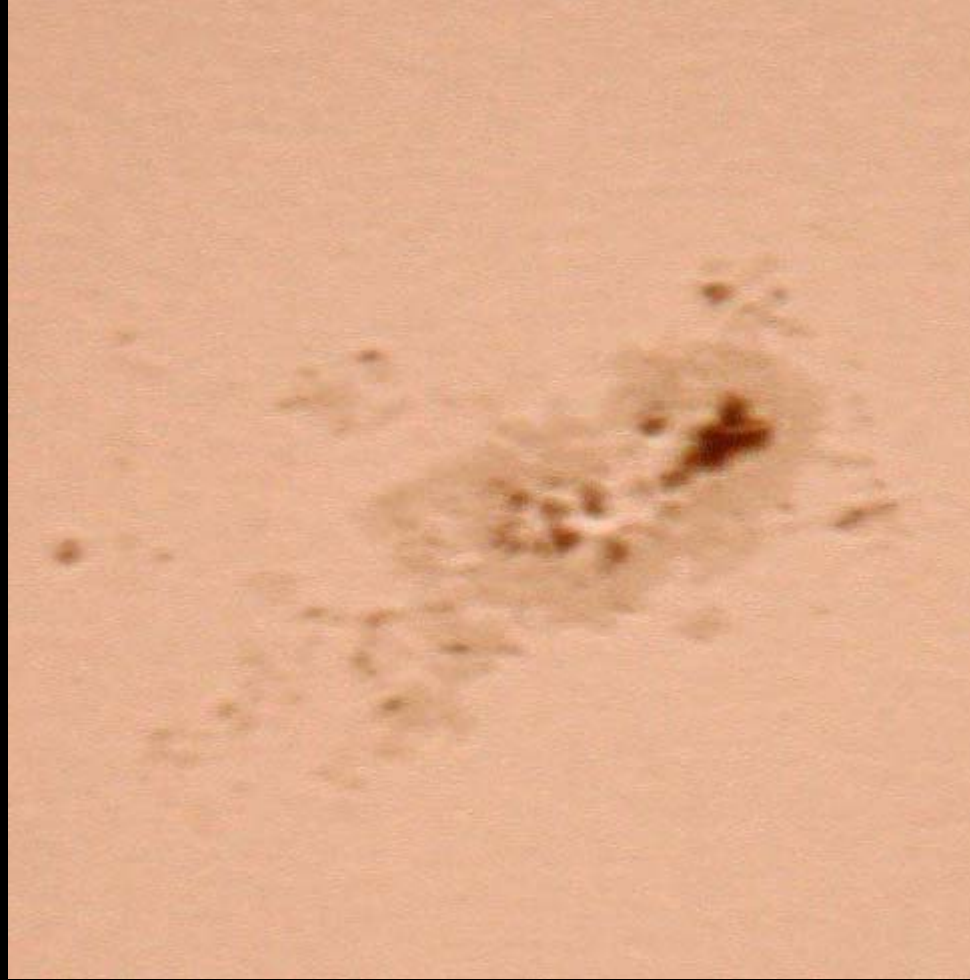


Leke grupları

Görüntü: NASA-ESA/SOHO Gözlemevi tarafından

Kutluay Yüce: "Ders amaçlı notlar; çoğaltılamaz."

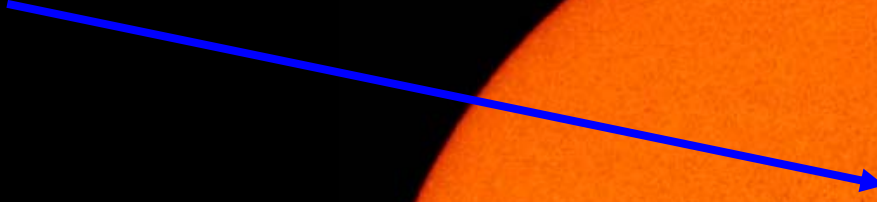
23 Eylül 2000



Görüntü: NASA-ESA/SOHO Gözlemevi tarafından

Kutluay Yüce: "Ders amaçlı notlar; çoğaltılamaz."

Güneş Lekesi: por  
14.03.2006



2006/03/13 10:30

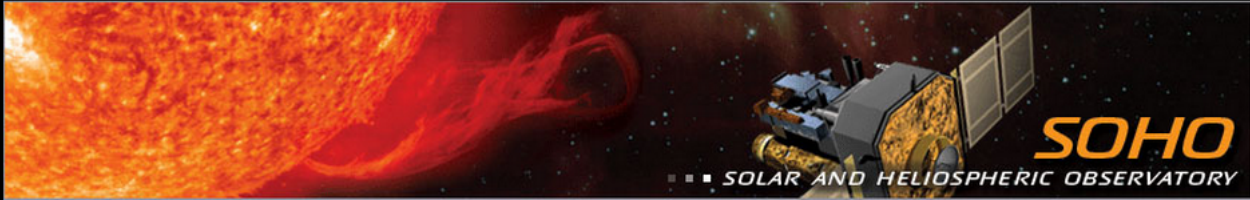
Görüntü: NASA-ESA/SOHO Gözlemevi tarafından

Kutluay Yüce: "Ders amaçlı notlar; çoğaltılamaz."

Güneş; (4 Mayıs 2015)

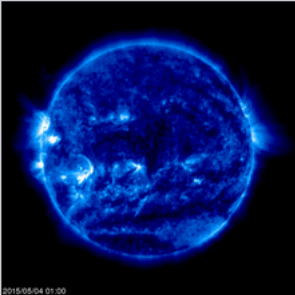
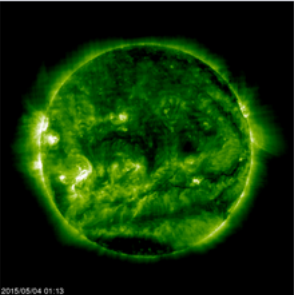
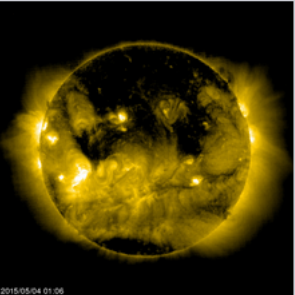
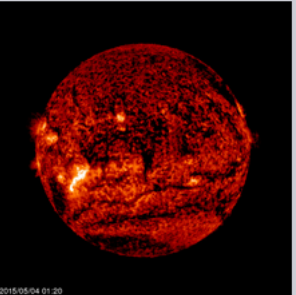
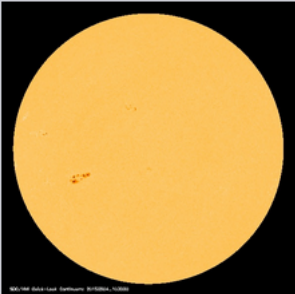
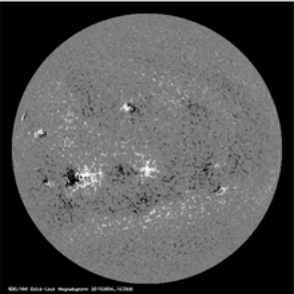
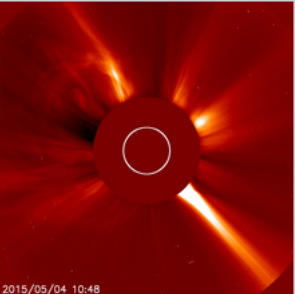
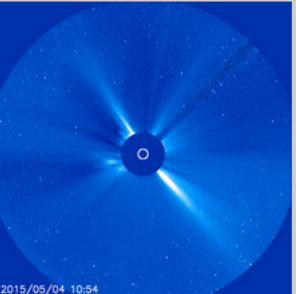
NASA-ESA/SOHO Gözlemevi

04 May 2015 - Mission Day: 7094 - DOY: 124 [About us](#)





[home](#) [about](#) [gallery](#) [data/archive](#) [operations](#) [publications](#) [newsroom](#) [classroom](#) [community](#)

[Search and Download Images](#)  
[About these images](#)

EIT 171	EIT 195	EIT 284	EIT 304
 2015/05/04 01:00	 2015/05/04 01:13	 2015/05/04 01:06	 2015/05/04 01:20
SDO/HMI Continuum	SDO/HMI Magnetogram	LASCO C2	LASCO C3
 SDO/HMI Continuum 04/05/2015_10:54	 SDO/HMI Magnetogram 04/05/2015_10:54	 2015/05/04 10:48	 2015/05/04 10:54

[Smaller page](#) - Full screen: [1280x1024](#) and [1600x1200](#) [Click on the images to enlarge them](#)

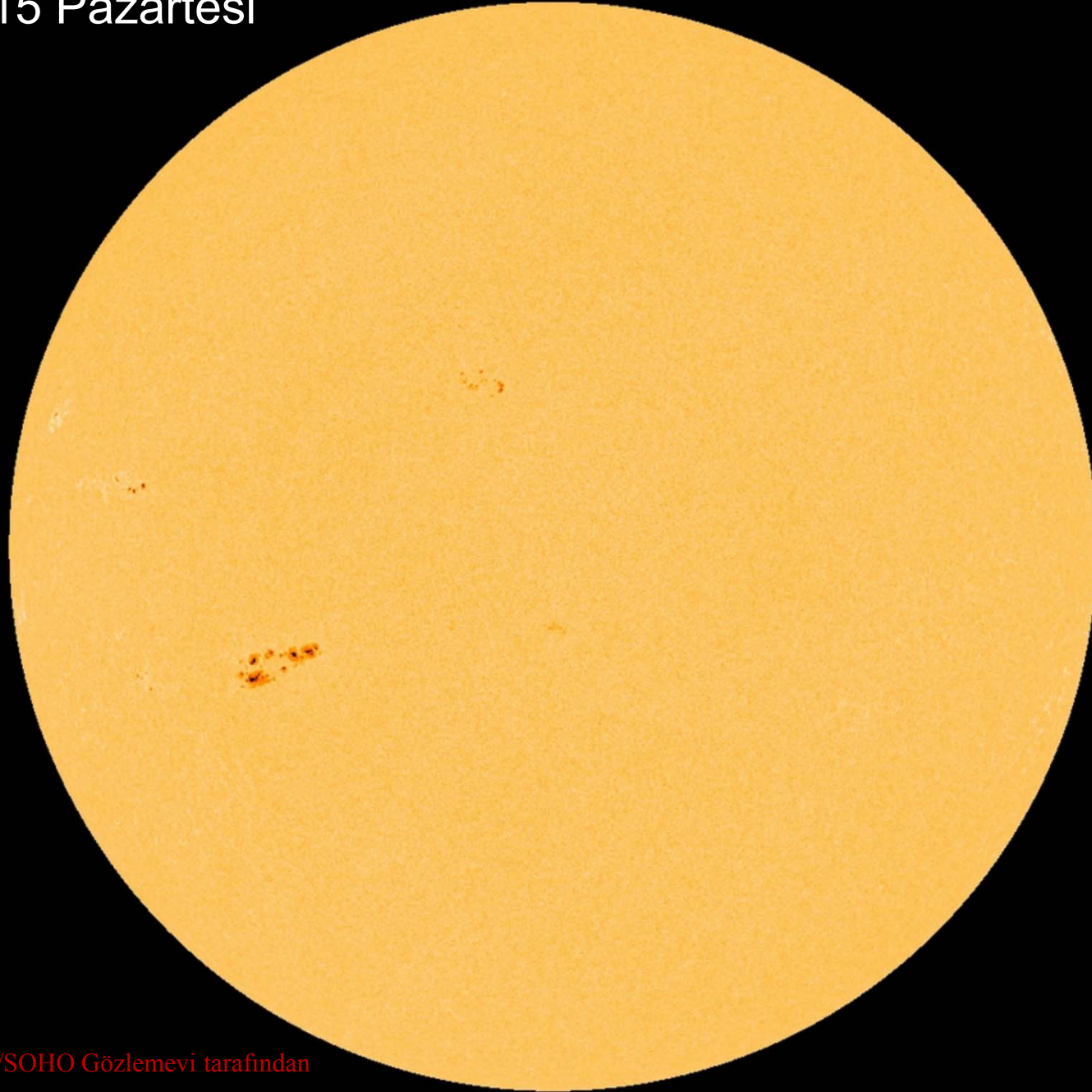
• [European Site](#) • [US Site](#)  
Feedback & Comments: [SOHO Webmaster](#)  
Last modification:

SOHO is a project of international cooperation between  [esa](#) and  [NASA](#)

Kutluay Yüce: “Ders amaçlı notlar; çoğaltılamaz.”



4 Mayıs 2015 Pazartesi

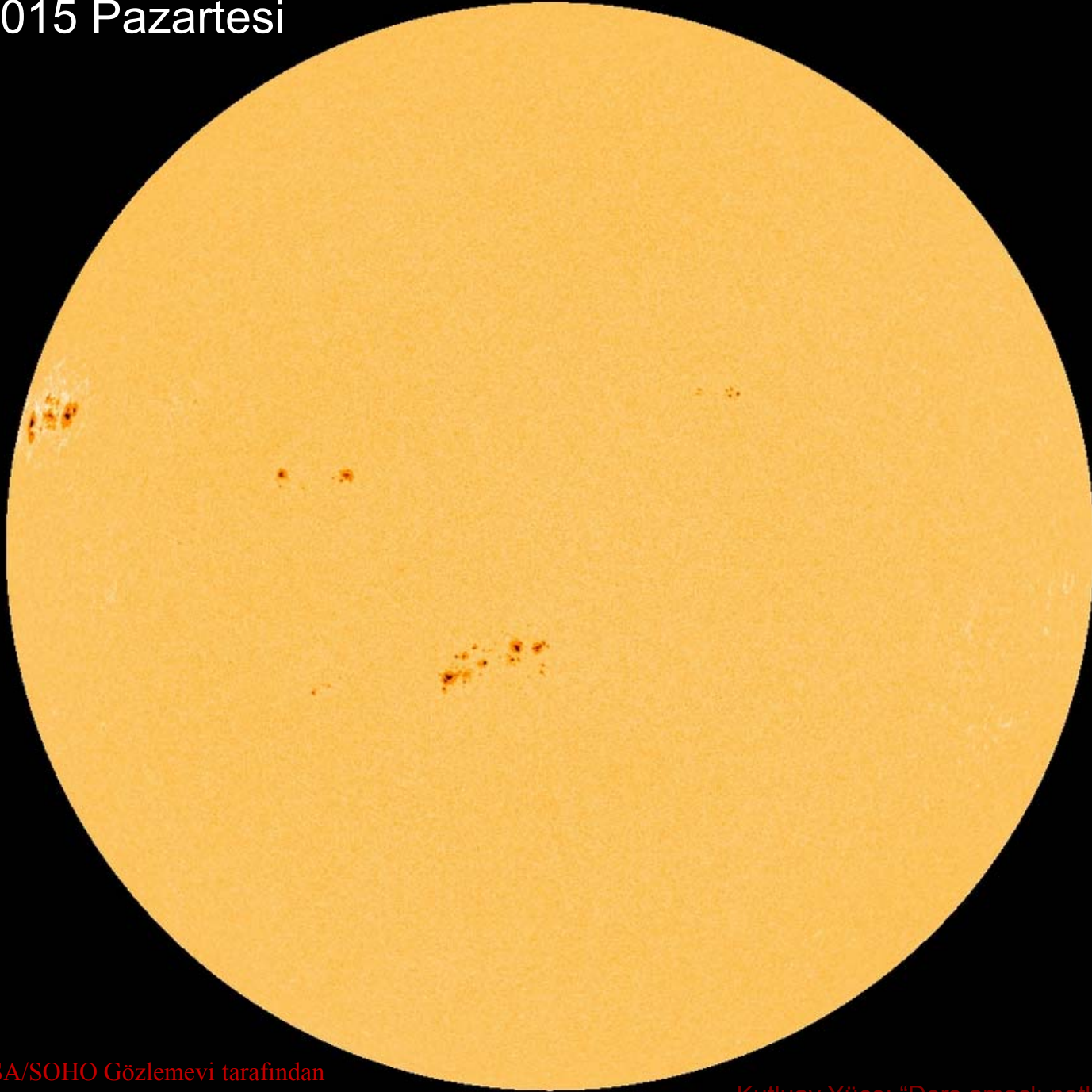


Görüntü: NASA-ESA/SOHO Gözlemevi tarafından

SDO/HMI Quick-Look Continuum: 20150504\_103000

Kutluay Yüce: "Ders amaçlı notlar; çoğaltılamaz."

6 Mayıs 2015 Pazartesi

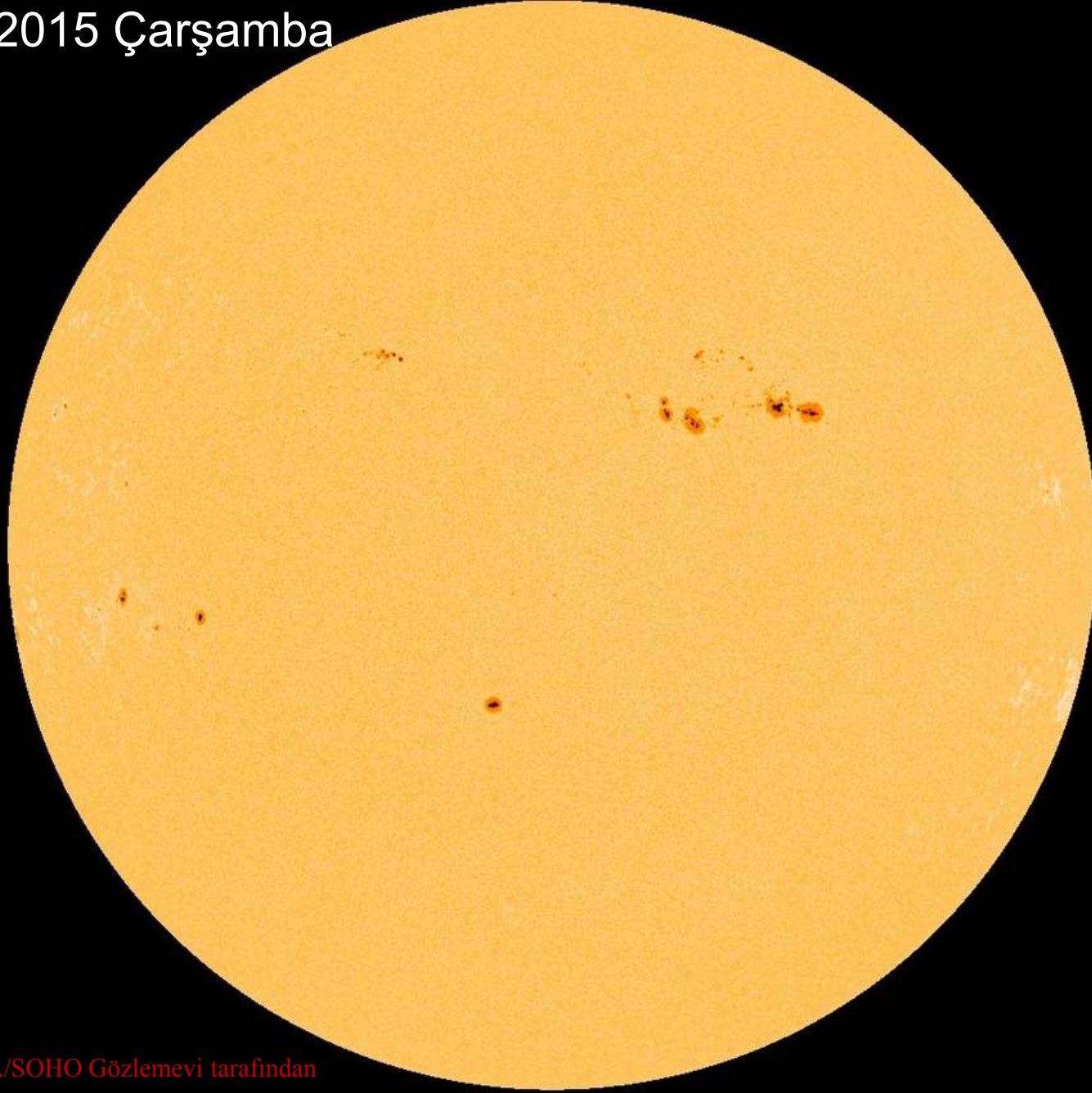


Görüntü: NASA-ESA/SOHO Gözlemevi tarafından

SDO/HMI Quick-Look Continuum: 20150506\_073000

Kutluay Yüce: "Ders amaçlı notlar; çoğaltılamaz."

13 Mayıs 2015 Çarşamba

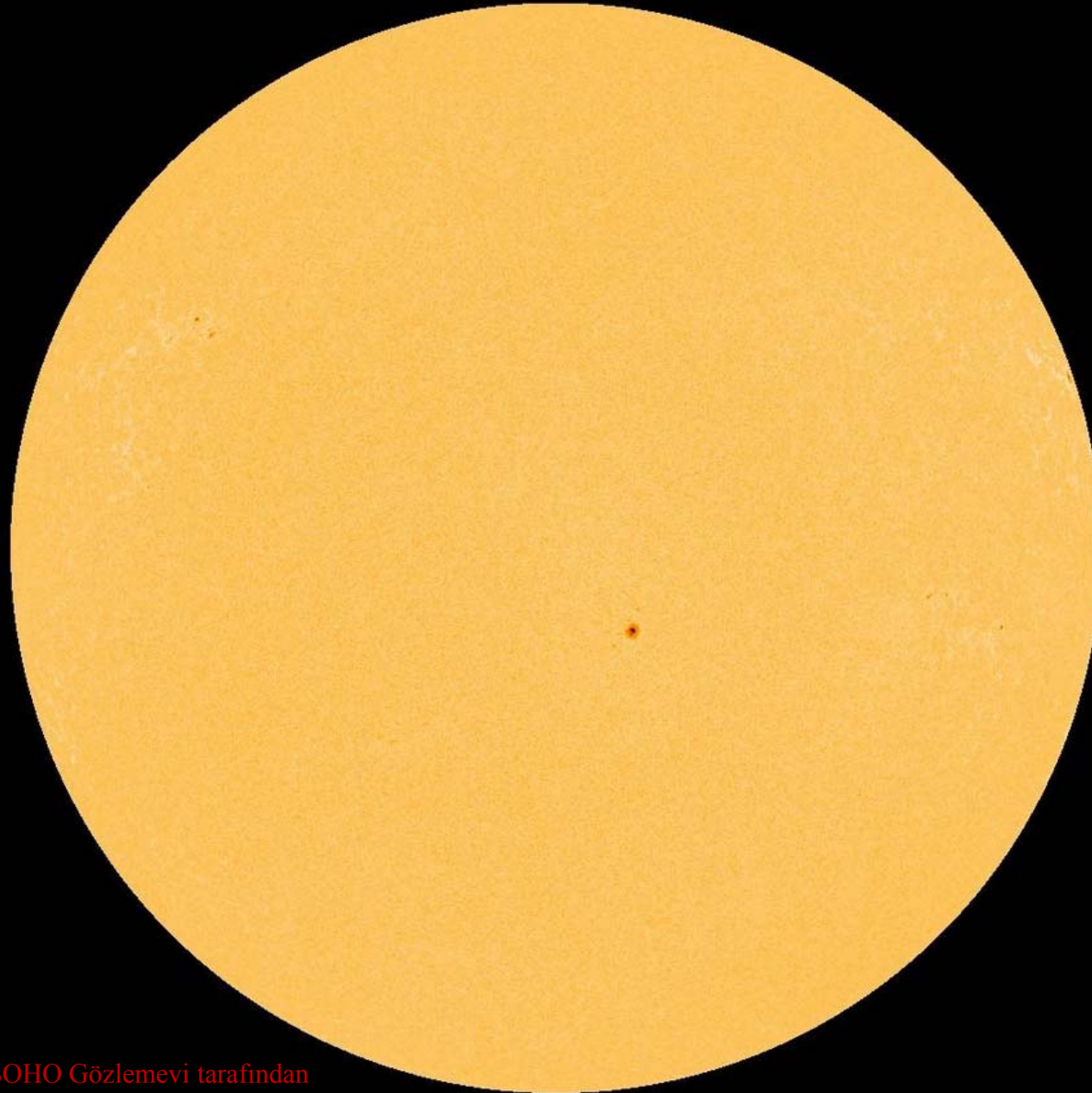


Görüntü: NASA-ESA/SOHO Gözlemevi tarafından

SDO/HMI Quick-Look Continuum: 20150513\_030000

Kutluay Yüce: "Ders amaçlı notlar; çoğaltılamaz."

20 Mayıs 2015 Çarşamba



Görüntü: NASA-ESA/SOHO Gözlemevi tarafından

SDO/HMI Quick-Look Continuum: 20150520\_080000

Kutluay Yüce: "Ders amaçlı notlar; çoğaltılamaz."

18 Nisan 2016 Pazartesi

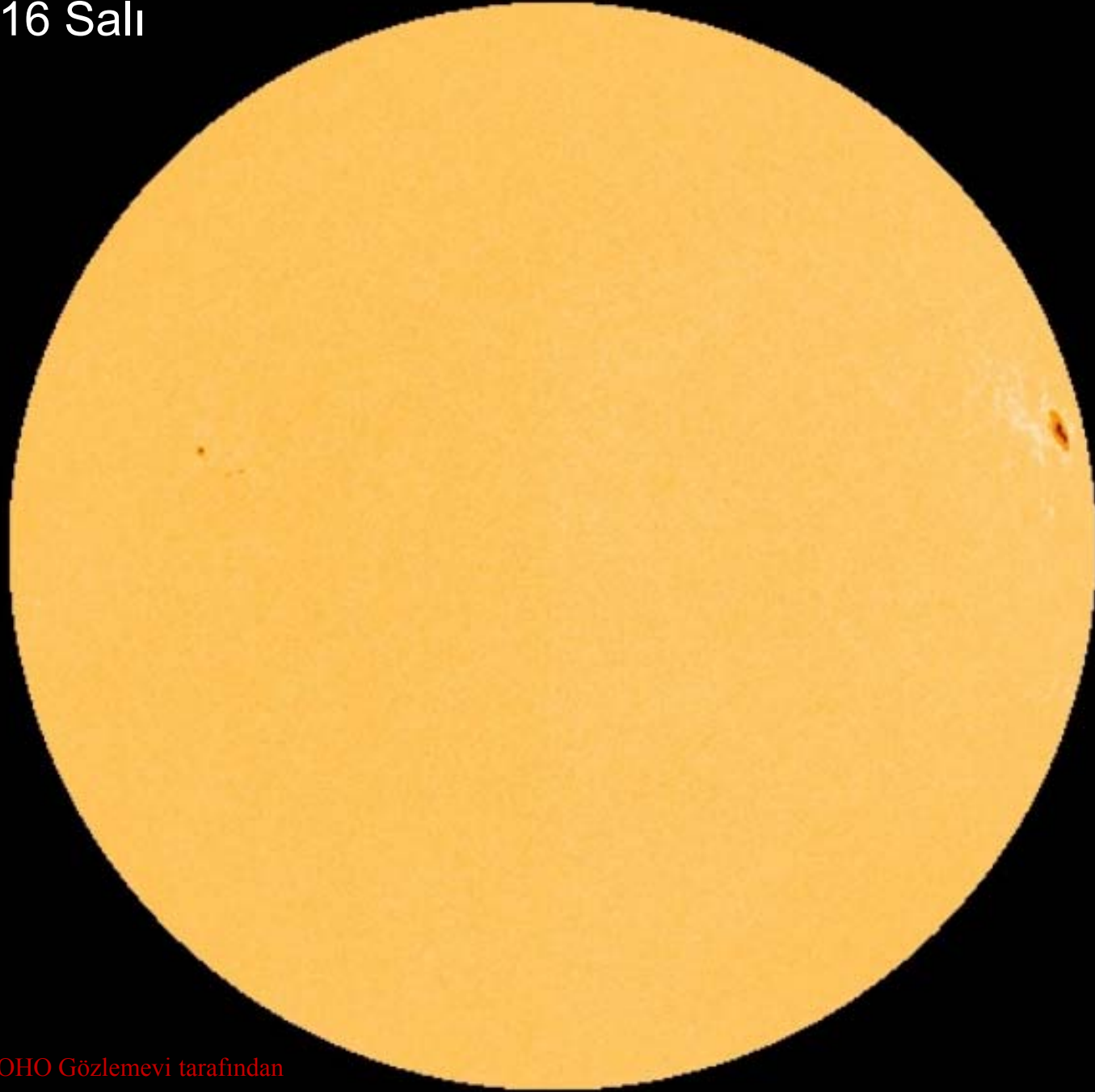


Görüntü: NASA-ESA/SOHO Gözlemevi tarafından

SDO/HMI Quick-Look Continuum 20160418\_030000

Kutluay Yüce: "Ders amaçlı notlar; çoğaltılamaz."

19 Nisan 2016 Salı



Görüntü: NASA-ESA/SOHO Gözlemevi tarafından

SDO/HMI Outok-Loop Continuum 20160419\_030000

Kutluay Yüce: "Ders amaçlı notlar; çoğaltılamaz."

20 Nisan 2016 arşamba yani geçen hafta  
BUGÜN SABAH

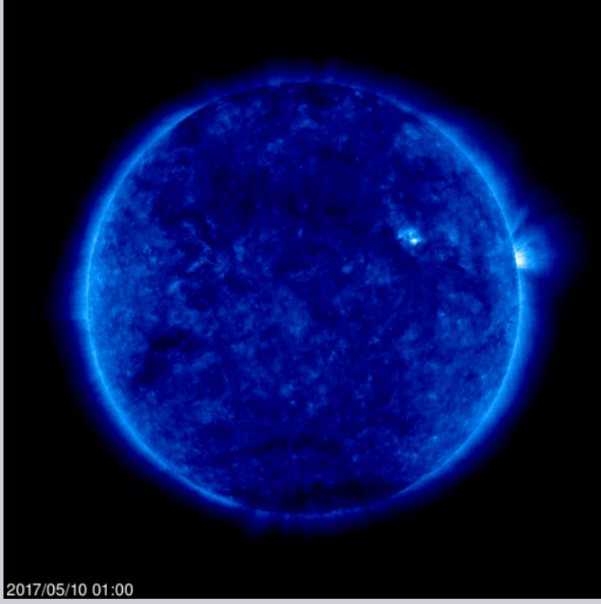


Görüntü: NASA-ESA/SOHO Gözlemevi tarafından

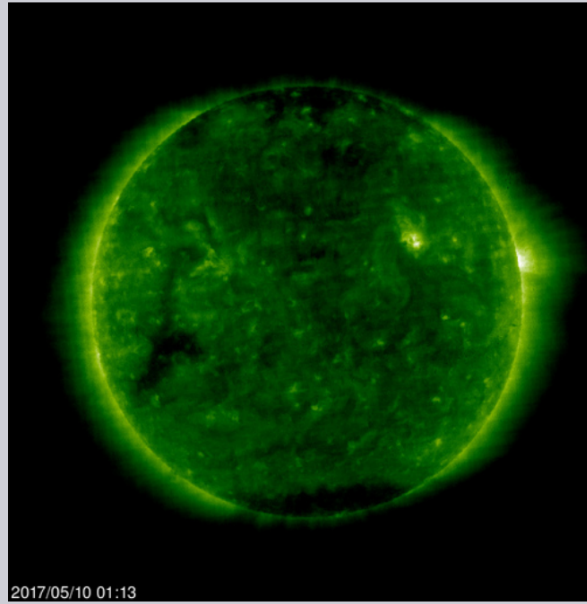
SDO/HMI Çufek-Leak Çartlınuurme 20180420\_030000

Kutluay Yüce: "Ders amalı notlar; oğaltılamaz."

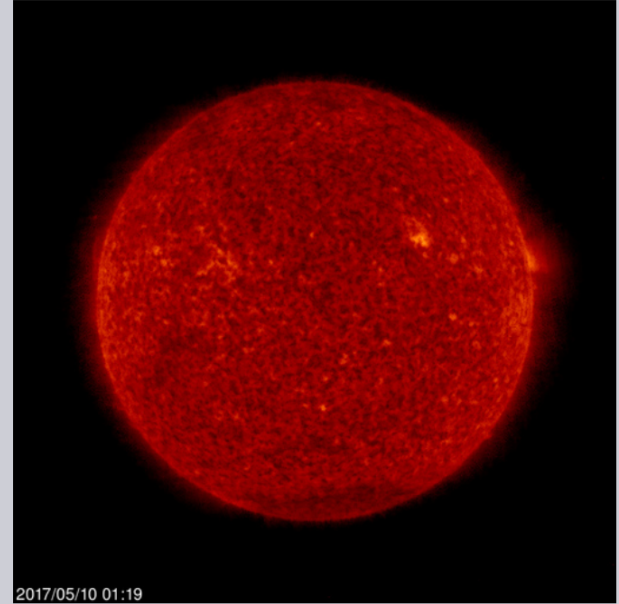
SOHO EIT 171 Latest Image



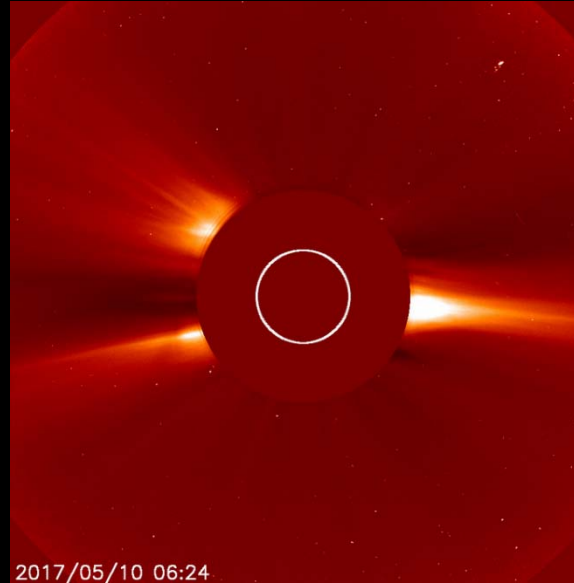
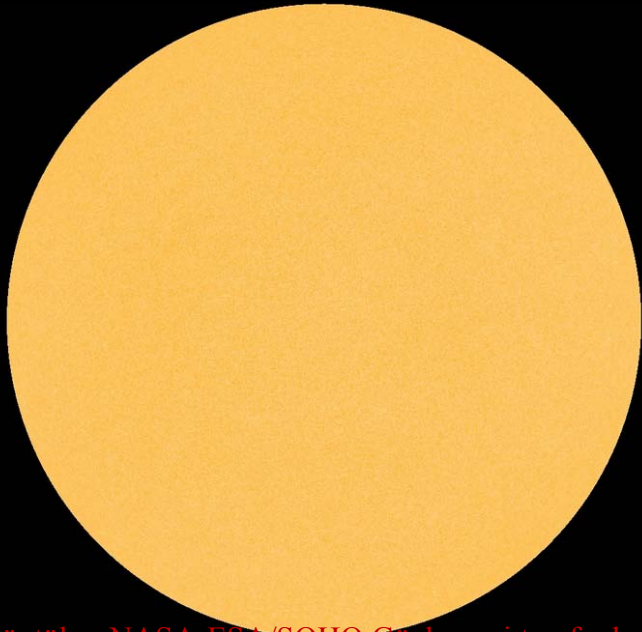
SOHO EIT 195 Latest Image



SOHO EIT 304 Latest Image



## 10 Mayıs 2017 Çarşamba BUGÜN SABAH

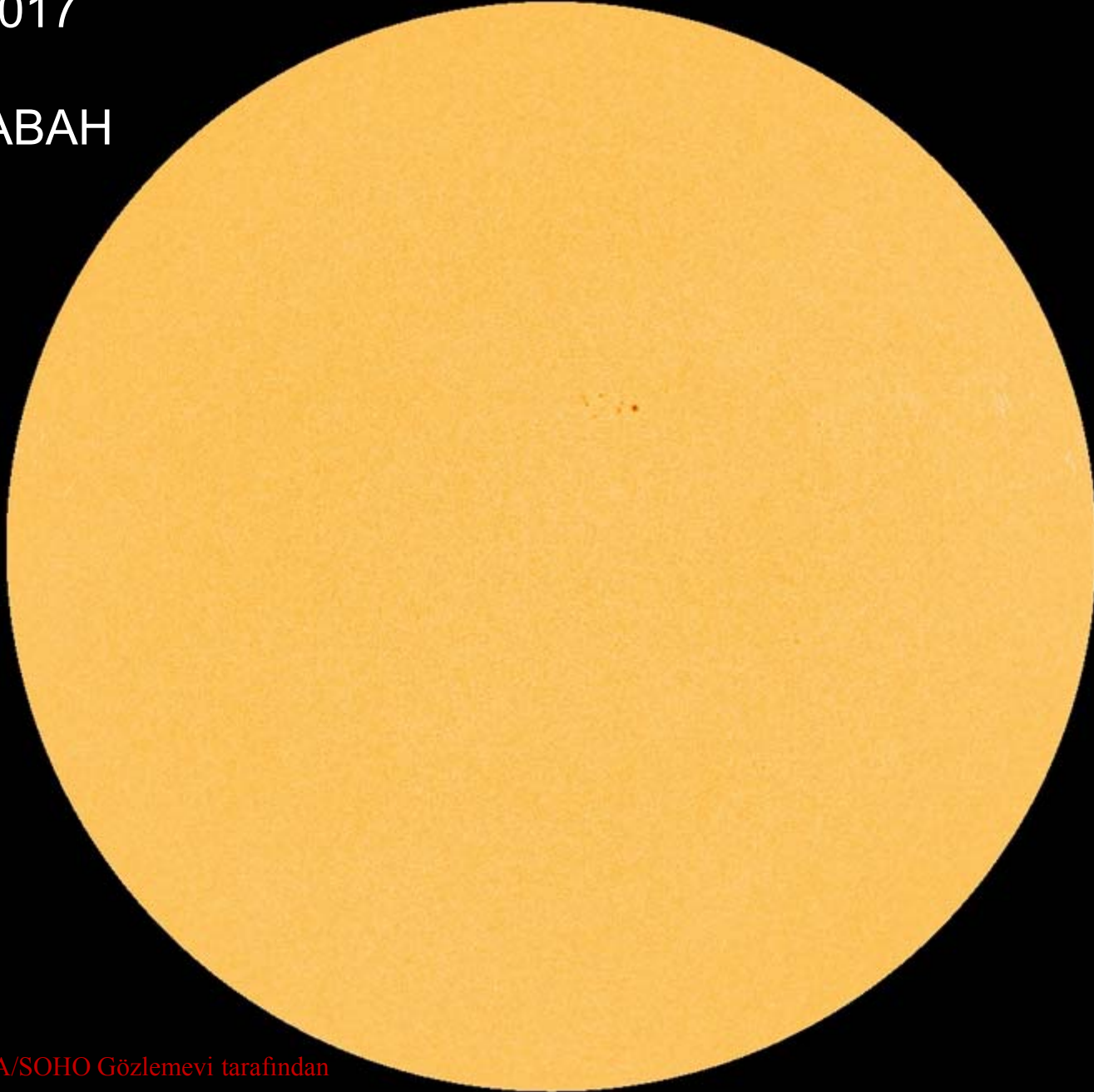


Güneş'in aynı zamanlı farklı elektromanyetik pencereden sergilediği farklı faaliyet bölgeleri



23 Mayıs 2017  
Çarşamba  
BUGÜN SABAH

Fotosfer



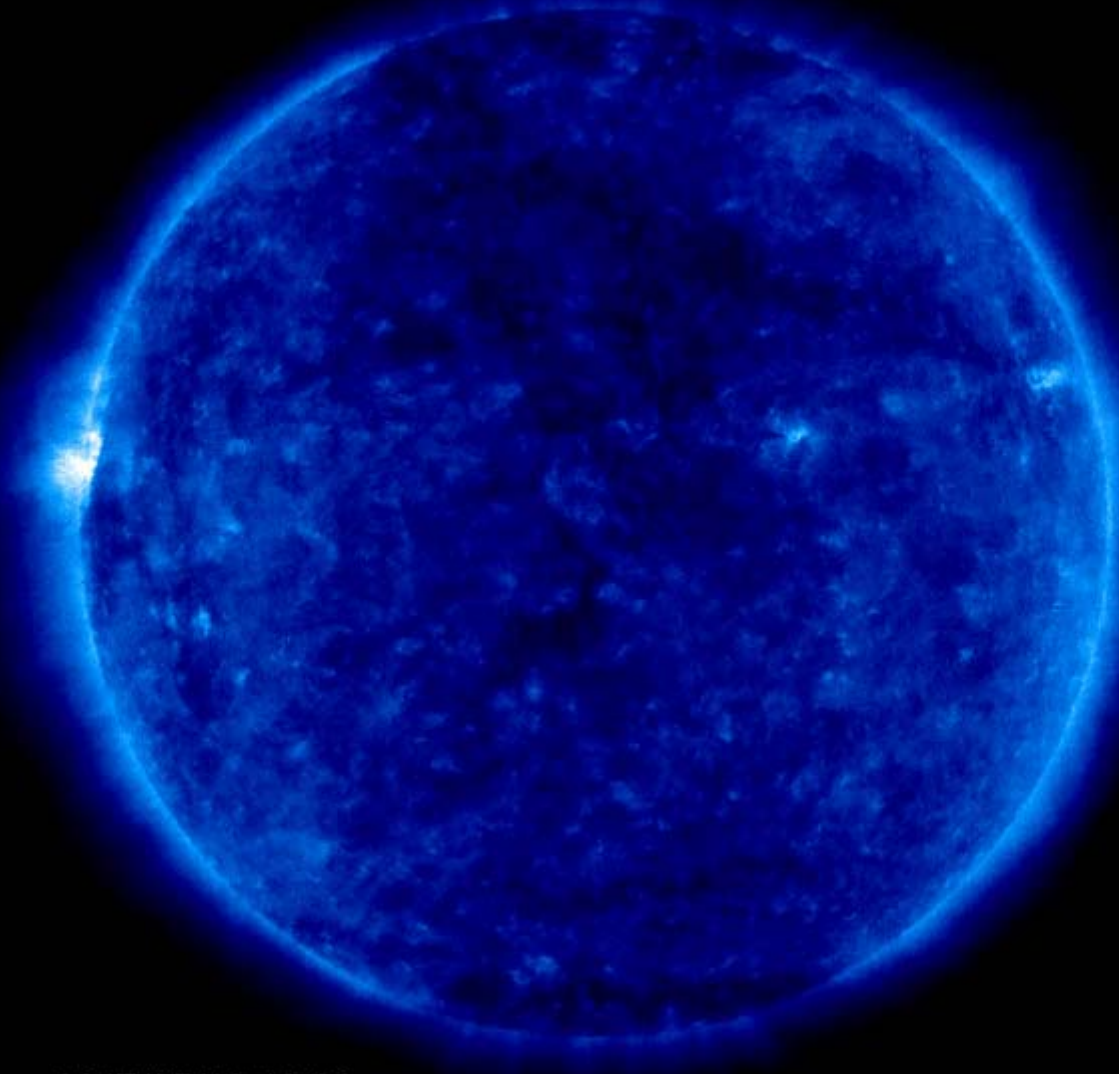
Görüntü: NASA-ESA/SOHO Gözlemevi tarafından

SDO/HMI Dulck-Loop Continuum: 20170524\_043000

Kutluay Yüce: "Ders amaçlı notlar; çoğaltılamaz."

23 Mayıs 2017  
Çarşamba  
BUGÜN SABAH

Güneş'in en  
sıcak ve  
dış atmosfer  
katmanı



2017/05/12 13:00

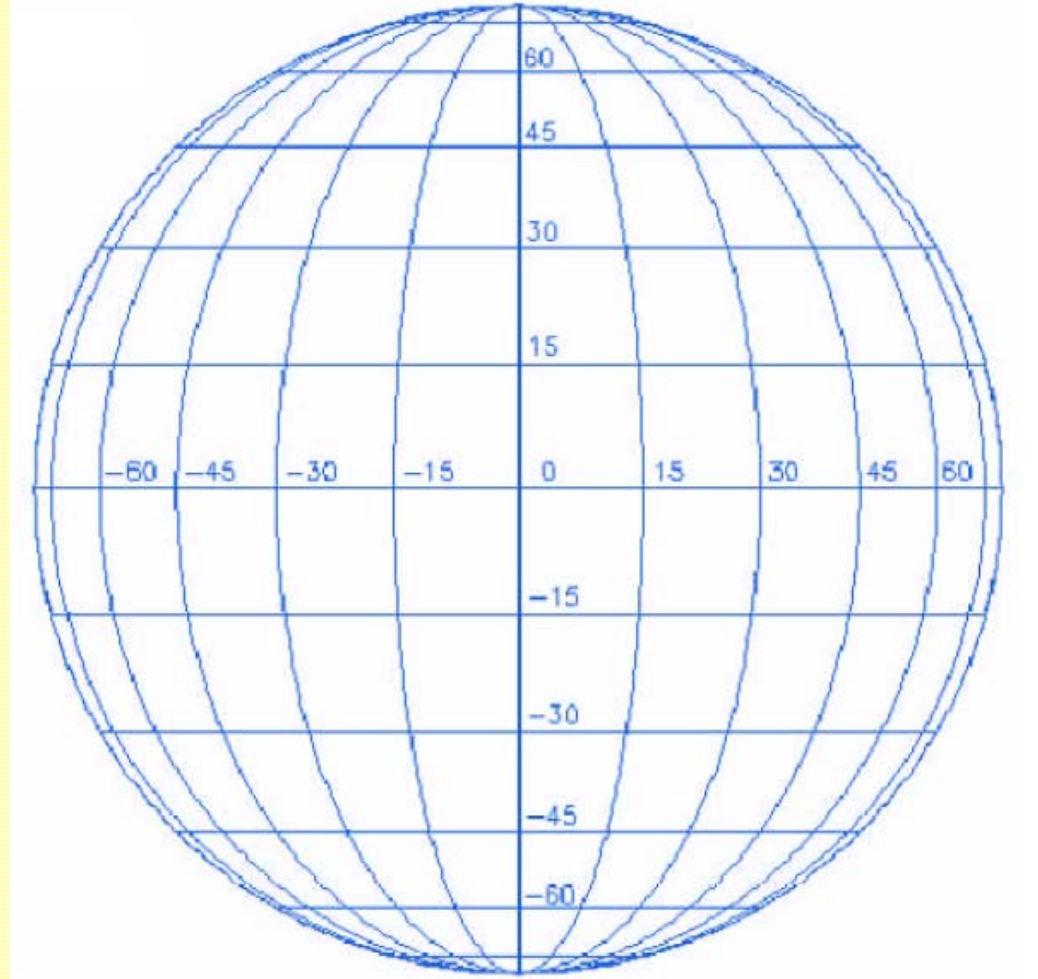
Görüntü: NASA-ESA/SOHO Gözlemevi tarafından

Kutluay Yüce: "Ders amaçlı notlar; çoğaltılamaz."

‘Güneş Lekeleri’nin uzun süreli gözlemlerine dayalı gerçekleştirilen araştırma ve incelemelerle izlenen temel hususlar

- ✓ Güneş’in dönme hareketi
- ✓ Güneş leke evrimi
- ✓ Güneş leke bolluğunun değişim karakteri

# Güneş Leke Gözlemi



# SİNOPTİK TAKVİM / SYNOPTIC ARCHIVES

## Güneş Lekesi Çizimleri / Kandilli Sunspot Drawings

2010

Kandilli Rasathanesi Güneş  
Leke Gözlem Arşivi'nden

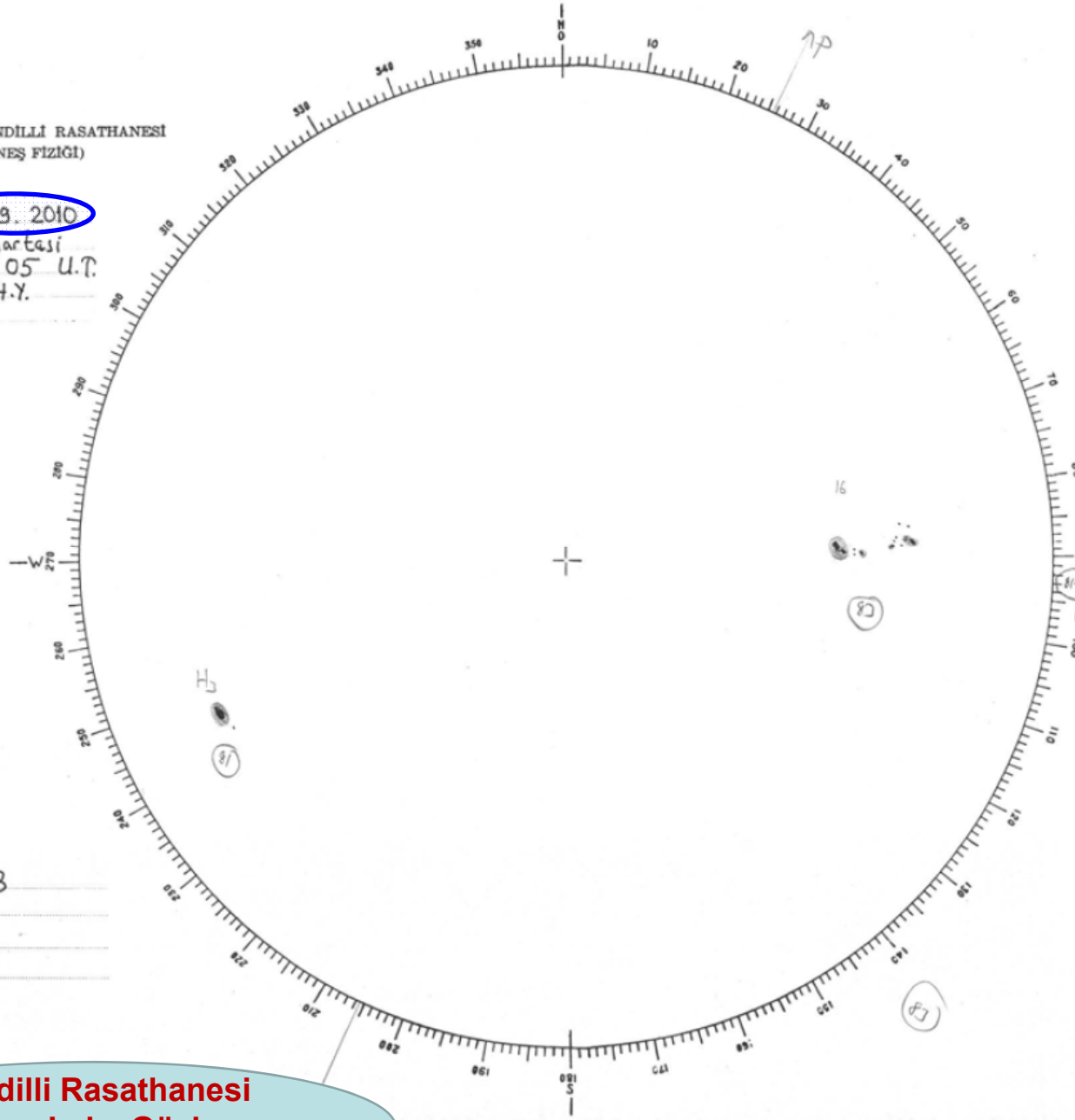
Görüntülemek istediğiniz günü seçiniz / Click on day to browse																															
Ocak	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Şubat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28			
Mart	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Nisan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
Mayıs	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Haziran	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
Temmuz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Ağustos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Eylül	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
Ekim	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Kasım	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
Aralık	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31

İSTANBUL KANDILLİ RASATHANESİ  
(GÜNEŞ FİZİĞİ)

Tarih: 25.9.2010  
Gün: Cumartesi  
Saat: 08:05 U.T.  
Gözlemci: H.Y.  
 $\Delta p$ : \_\_\_\_\_

q: 3  
Açıklama: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Kandilli Rasathanesi  
Güneş Leke Gözlem  
arşivinden**



No. 216  
P +25.43  
Bo +6.97  
Lo 102.83

- 81) S21W27, 140, HH7, 5
- 82) N22E38, 65, FK04, 13
- 83) \_\_\_\_\_
- 84) \_\_\_\_\_
- 85) \_\_\_\_\_
- 86) \_\_\_\_\_
- 87) \_\_\_\_\_
- 88) \_\_\_\_\_
- 89) \_\_\_\_\_
- 90) \_\_\_\_\_
- 91) SWPC
- 92) S21W56, 140, HH2, 4
- 93) N22E27, 67, EH17, 1, P-8
- 94) \_\_\_\_\_
- 95) \_\_\_\_\_
- 96) \_\_\_\_\_
- 97) \_\_\_\_\_
- 98) \_\_\_\_\_
- 99) \_\_\_\_\_
- 100) \_\_\_\_\_

9 f  
Grup Sayısı N 1 16  
Leke Sayısı S 1 3  
R C 0 0  
k R = 39

Kutluay Yüce: "Ders amaçlı notlar; çoğaltılamaz."

ISTANBUL KANDILLI RASATHANESİ  
(GÜNEŞ FIZIĞI)

Tarih: 26.9.2010  
Gün: Pazar  
Saat: 09:45 U.T.  
Gözlemci: H.B.  
 $\Delta p$ : \_\_\_\_\_

$\phi$ : 3  
Açıklama: Bulutlu

No. 217  
P +25.53  
Bo +6.94  
Lo 88.64

(81) SDDVSD, 138, HH, 4  
(82) N22E24, 65, EST16, 13  
(84) N20E03, 86, AX2, 1

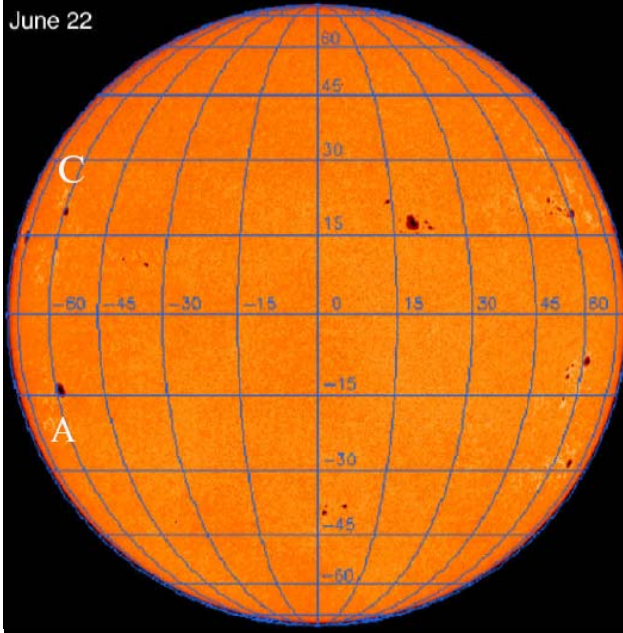
4 \_\_\_\_\_  
5 \_\_\_\_\_  
6 \_\_\_\_\_  
7 \_\_\_\_\_  
8 \_\_\_\_\_  
9 \_\_\_\_\_  
10 \_\_\_\_\_  
11 SWPC  
12 S21W58, 140, HSX2, 2  
13 N21E14, 66, EST22, 11  
14 N19W05, 85, AX2, 2  
15 \_\_\_\_\_  
16 \_\_\_\_\_  
17 \_\_\_\_\_  
18 \_\_\_\_\_  
19 \_\_\_\_\_  
20 \_\_\_\_\_

g f  
Grup Sayısı N 2 18  
Leke Sayısı S 1 1  
R C 2 18  
k R = 49

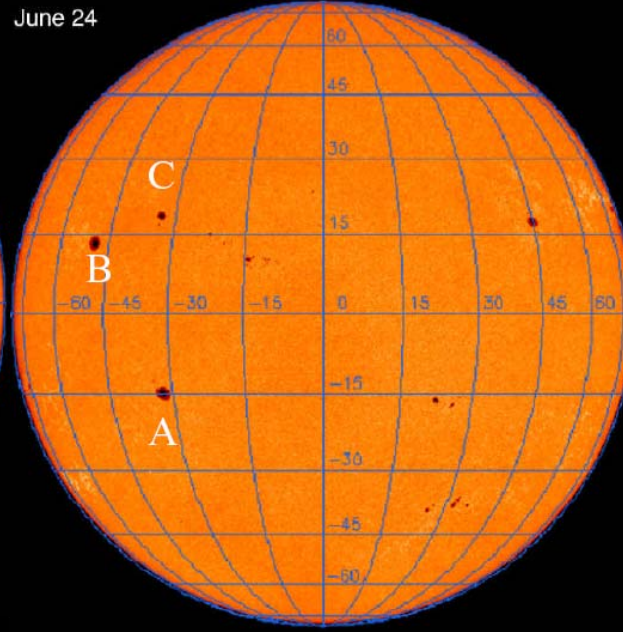
**Kandilli Rasathanesi  
Güneş Leke Gözlem  
arşivinden**

Kutluay Yüce: "Ders amaçlı notlar; çoğaltılamaz."

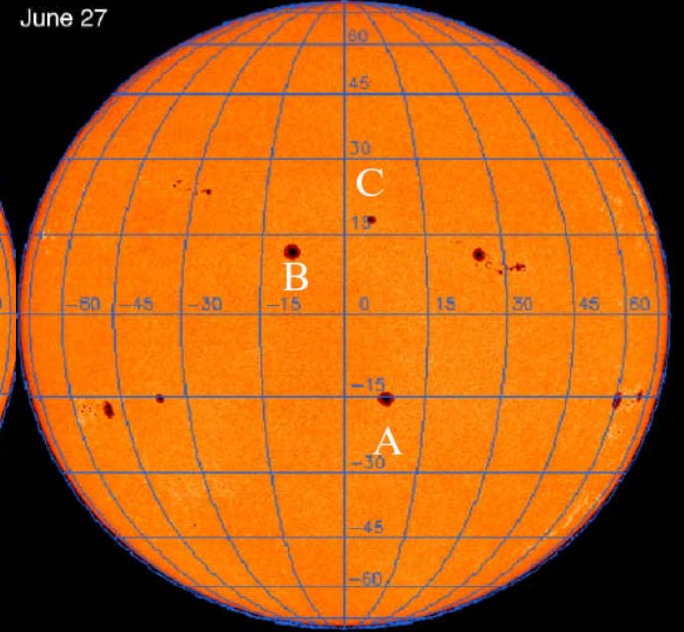
June 22



June 24

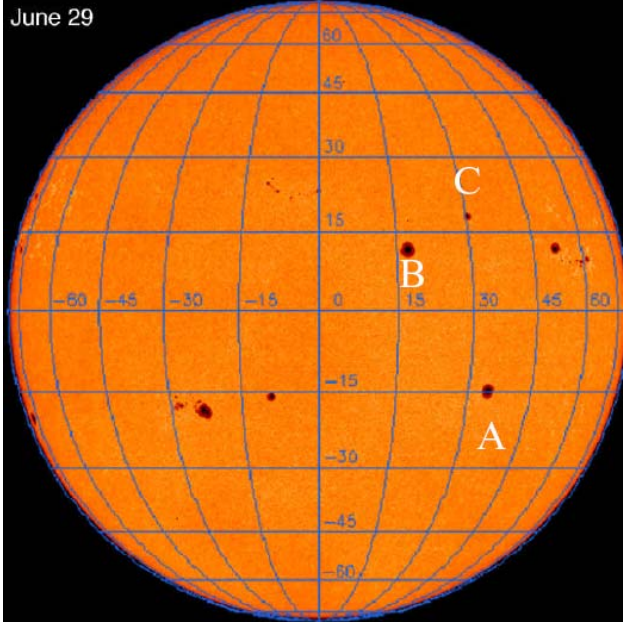


June 27

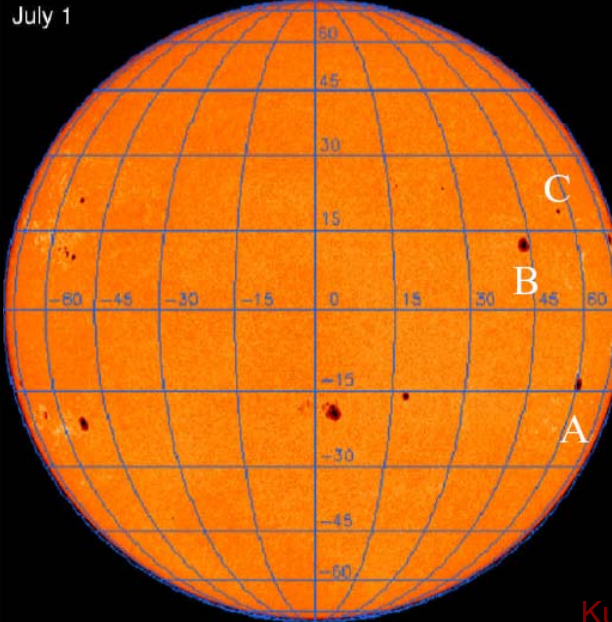


NASA-ESA/SOHO Gözlemevi

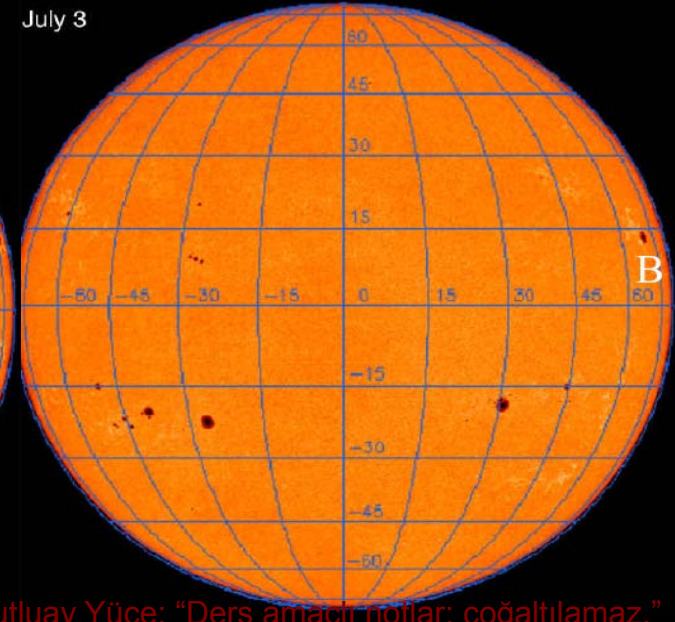
June 29



July 1



July 3



Kutluay Yüce: "Ders amaçlı notlar; çoğaltılamaz."



## Fotosferde Güneş Faaliyeti (devam)

### Güneş'in Dönme Hareketi

Güneş iyonize olmuş gazdan (plazmadan) oluştuğu için, farklı enlem bölgelerindeki dönüş hızı farklıdır. Güneş'in görünür yüzeyinin hangi hızla döndüğü fotosfer tabakasında görülen Güneş lekelerinin gözlenmesiyle hesaplanmıştır.

Farklı helyografik enlemlerde gözlenen Güneş lekelerinin hareket hızları aynı değildir.

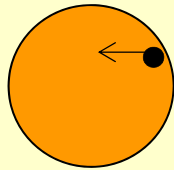
Ekvator'dan kutup bölgelerine gidildikçe dönüş hızı azalıyor. Yani enlem derecesi arttıkça dönüş hızı azalmaktadır.

**“Diferansiyel dönme hareketi” & enleme bağlı dönme hareketi**

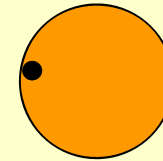
**- Güneş'in katı cisim olmadığının bir kanıtı -**

# Fotosferde Güneş Faaliyeti

## Güneş'in Dönme Hareketi (devam)



Ör: 13 - 13.5 gün sonra



## Fotosferde Güneş Faaliyetleri (devam)

$$\text{Diferansiyel Dönme Denklemi : } \varepsilon \text{ (°/gün)} = 14^\circ.38 - 2.96.\sin^2 \varphi$$

$\varphi = 0^\circ$  EKVATOR bölgesinin **günlük açısal hızı** ;  $\varepsilon = 14.38$  °/gün

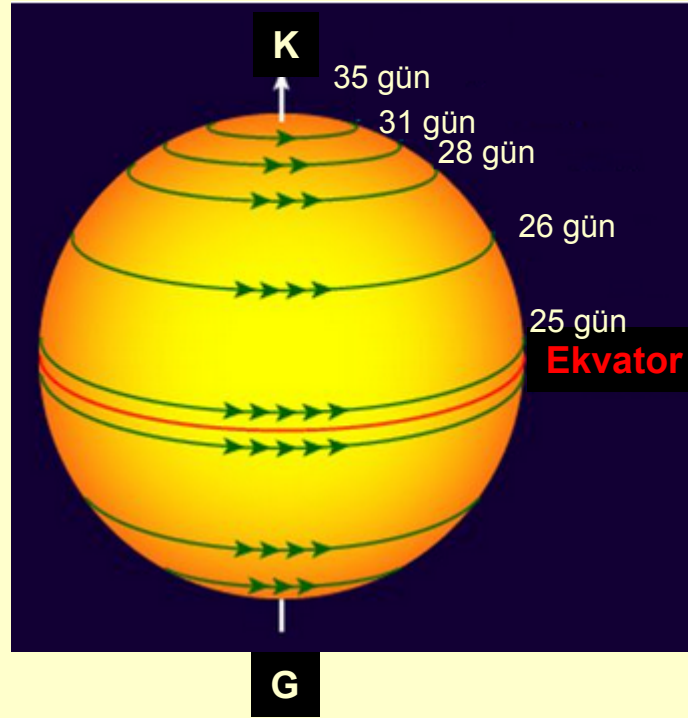
$\varphi = \pm 90^\circ$  KUTUP bölgeleri **günlük açısal hızı** ;  $\varepsilon = 11.4$  °/gün

Ekvator bölgesinin **dönme dönemi** ;  $P = 360^\circ / \varepsilon = 25$  gün

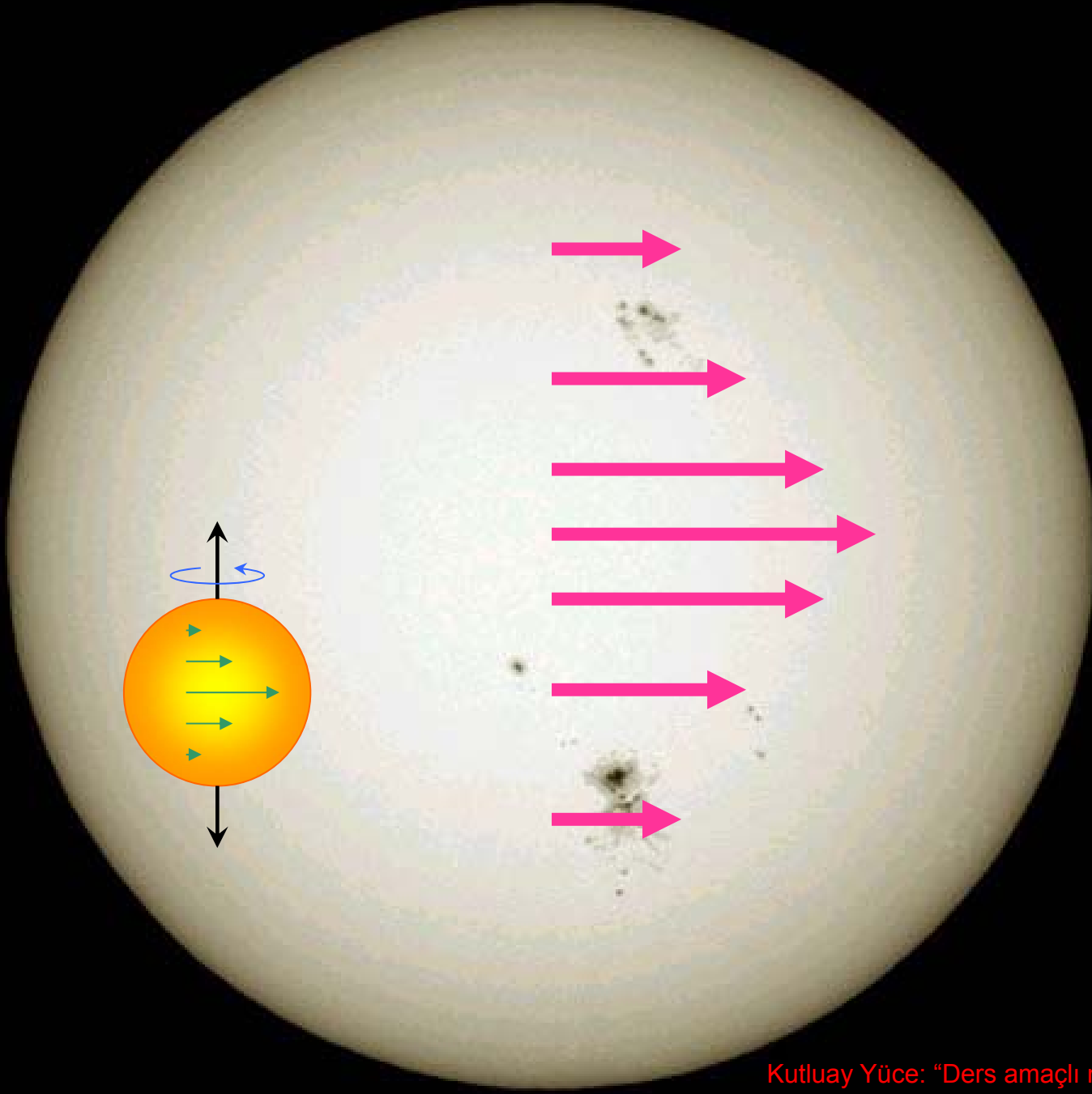
Kutup bölgelerinde **dönme dönemi** ;  $P = 360^\circ / \varepsilon = 34$  gün

# Fotosferde Güneş Faaliyeti

## Güneş'in Dönme Hareketi (devam)



Güneş'in diferansiyel dönme hareketi şematik gösterim



Kutluay Yüce: "Ders amaçlı notlar; çoğaltılamaz."

## Fotosferde Güneş Faaliyeti (devam)

### Güneş'in Dönme Hareketi (devam)

- ✓ Güneş bir katı cisim gibi dönmez. Diferansiyel dönme adı verilen bir harekete sahiptir. Aslında hem enlemde (ekvator kutba göre daha hızlıdır) hem derinlikte karmaşık yapıya sahiptir.
- ✓ Güneş dönmesinin standart değeri: Carrington dönme dönemi: 27.2753 gün (Güneş koordinat sisteminin bir kez dönmesi için gerekli zaman).
- ✓ Güneş'in dönme eksenini Dünya'nın yörünge eksenine göre 7.1 derece eğiktir. Yani Güneş ekvatoru, tutulma düzlemine göre 7.1 derece eğiktir.

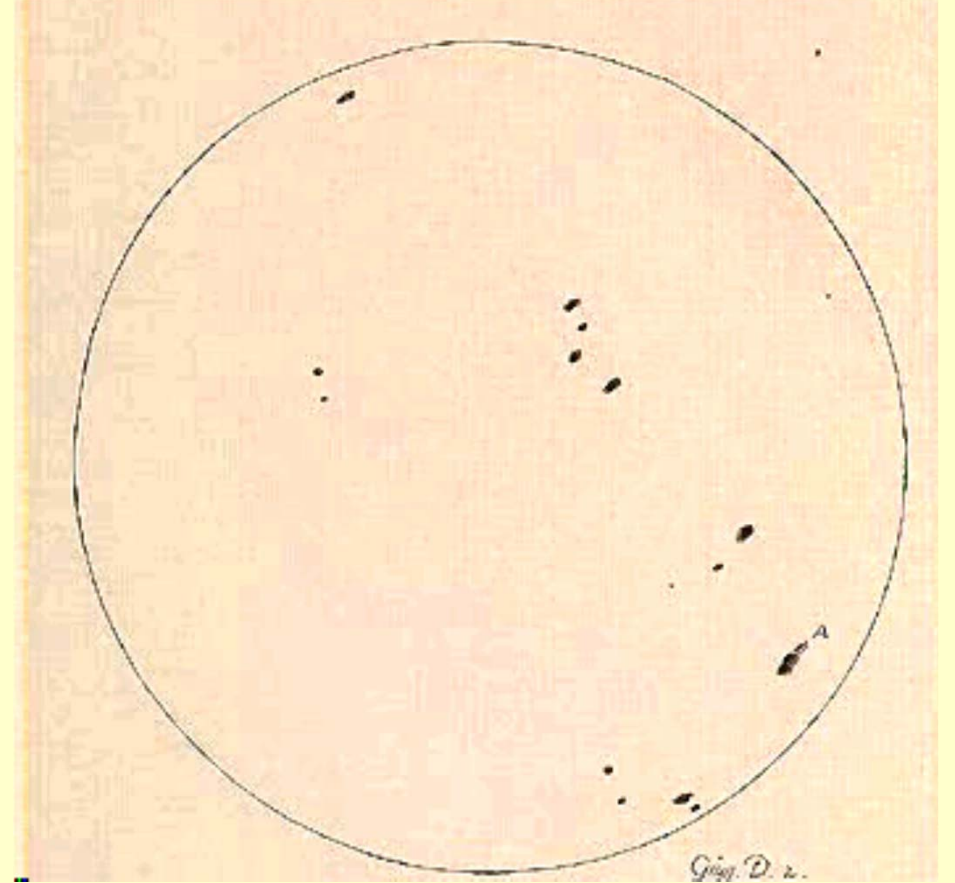
## Güneş'in Dönme Hareketi – Kısa Tarihçe

Galileo Galilei ve Christoph Scheiner her ikisinde lekelerin Güneş diskinin bir kenarından diğerine yol katettiğini gözlemişlerdi.

→ Güneş dönen bir küre

Bir çok video vardır lekelerin nasıl hareket ettiği konusunda.

NASA-ESA SOHO Observatory



Kutup bölgeleri, ekvatordan daha yavaş döner.

Yüzeydeki bu diferansiyel dönme hareketi,

- ❖ Güneş lekelerini veya yüzeydeki bir manyetik alan elementini izleyerek.
- ❖ Gazın Doppler kayması ölçümlerinden elde edilir.

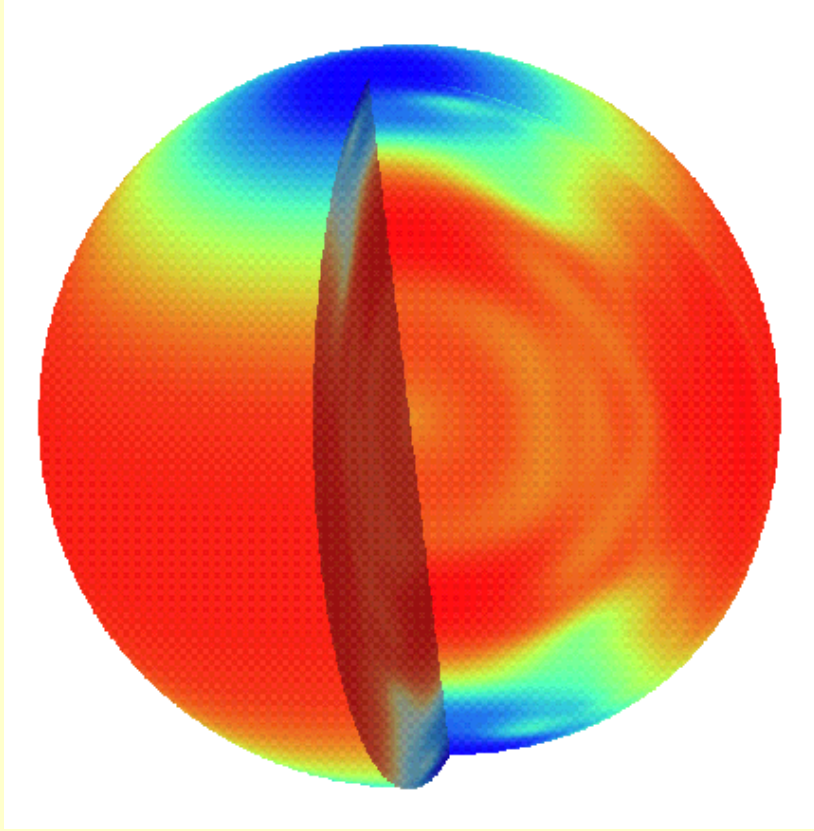


## İç yapıdaki Diferansiyel Dönme Hareketi

Yöntem: Helyosismik arařtırmalar

MDI verilerinden çıkarılan içerdeki dönmenin yapısı

(Konvektif Bölgesindeki diferansiyel dönme katı cisme uyumlu)

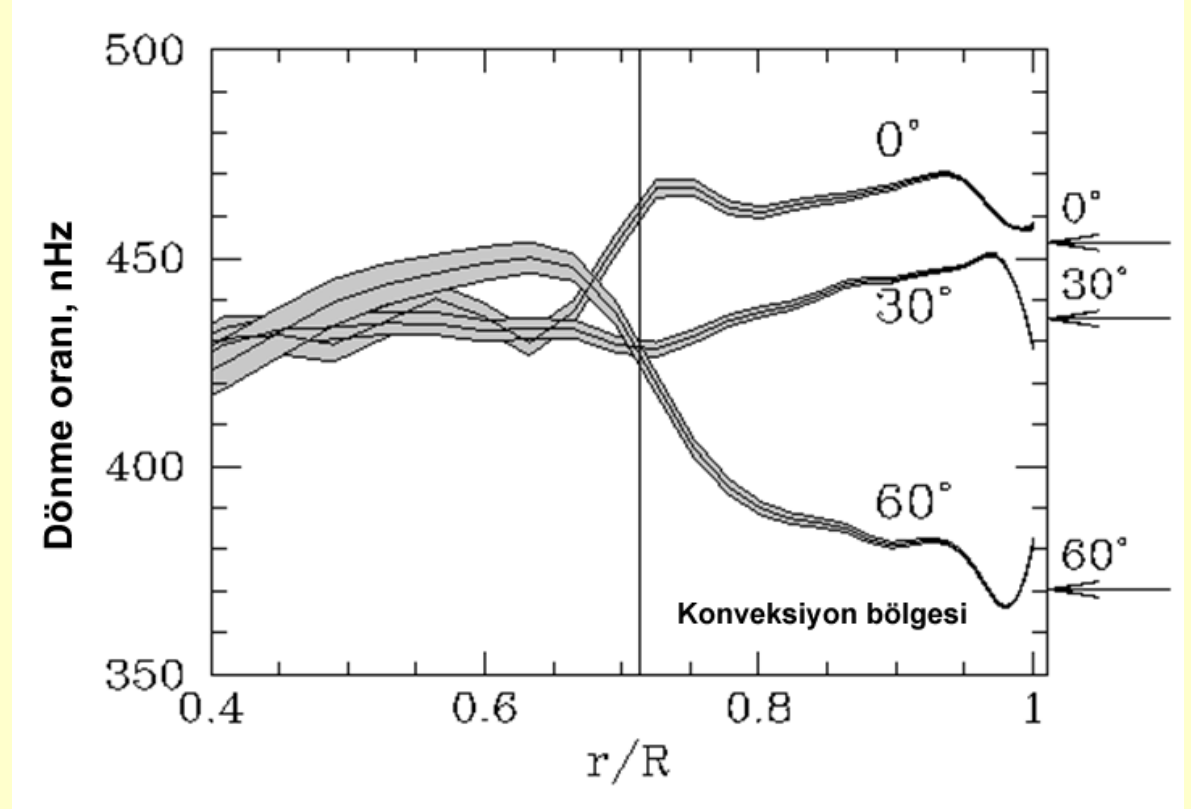


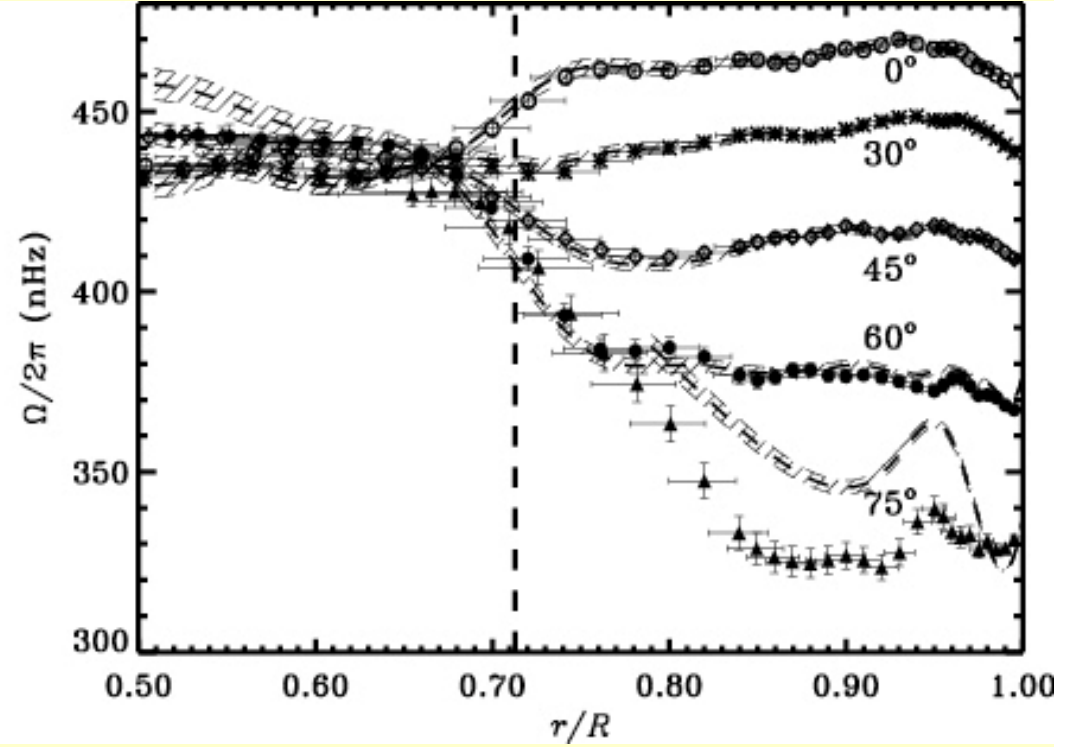
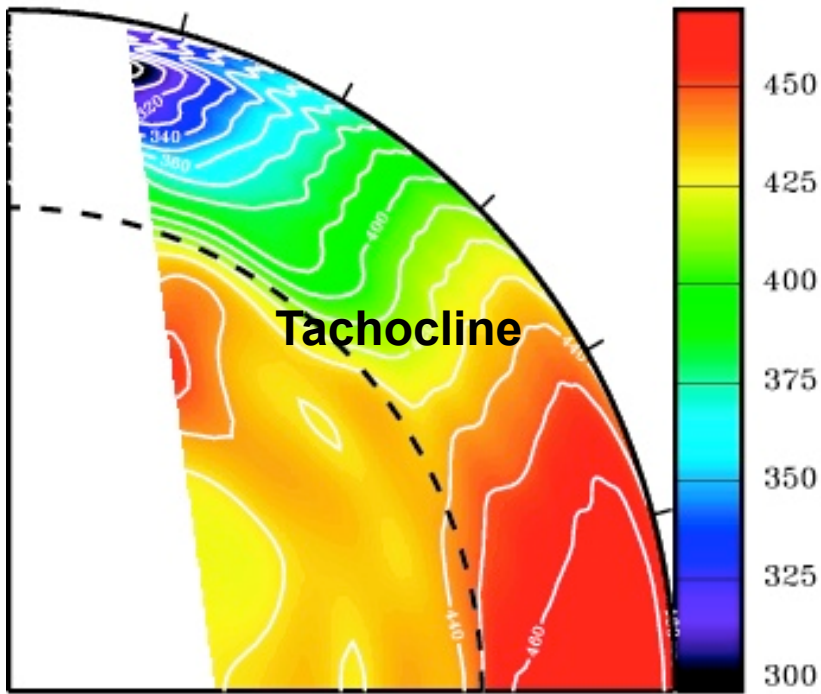
Güneş yapısının simülasyonu: Michelson Doppler Imager - Stanford University

Kutluay Yüce: "Ders amaçlı notlar; çoğaltılamaz."

## İç yapıdaki Diferansiyel Dönme : Tachocline

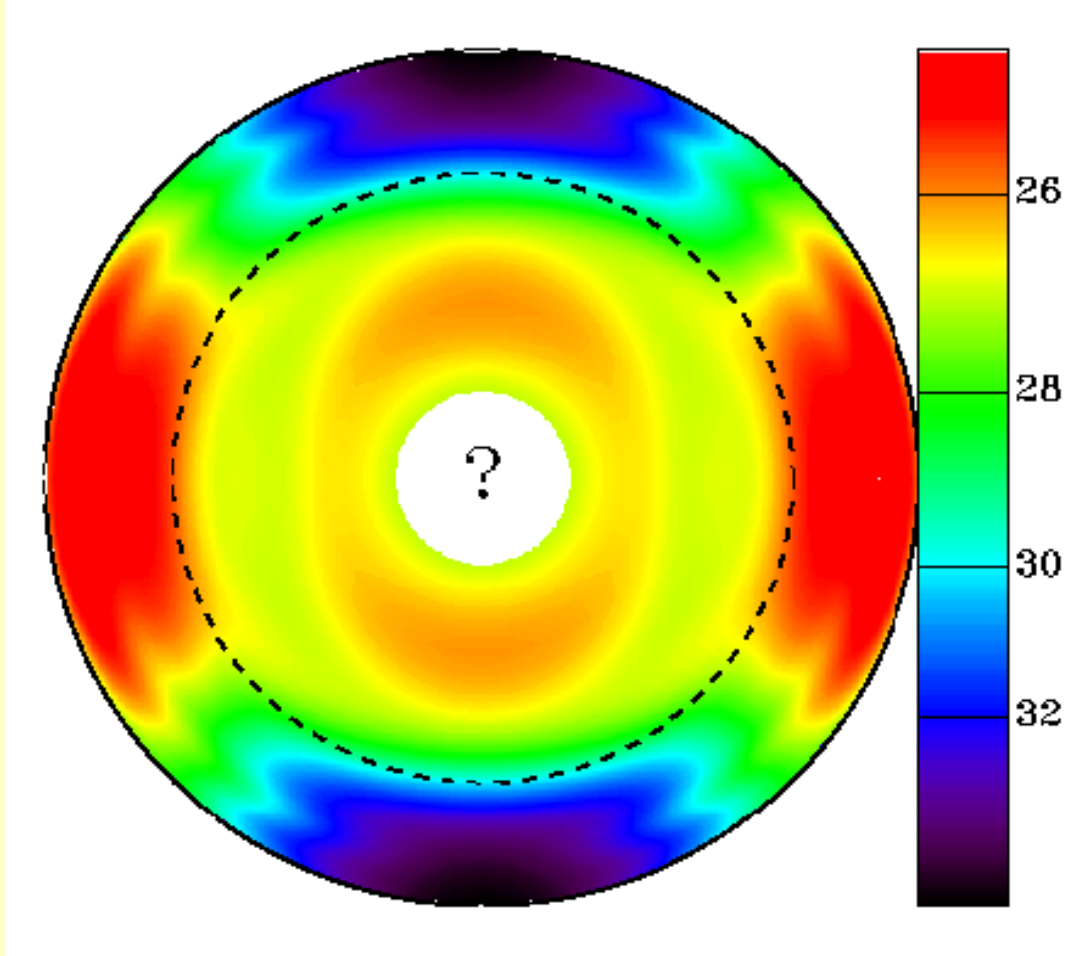
Konvektif Bölgenin hemen altında (tachocline) dönme oranında görülen büyük radyal gradyent. Fakat yüzeyin hemen altında anlaşılmaz yine büyük bir radyal gradyent.





Güneş'in iç yapısı boyunca dönme profili

# Çekirdeğin Dönmesi Hakkında Ne Biliyoruz?



Güneş'in dönme hareketini gösteren bir kesit  
Renk kodlaması sağdaki ölçeğe göre dönme süresini gün cinsinden verir.  
(Kaynak: Jørgen Christensen-Dalsgaard and collaborators, University of Aarhus)

Çekirdeğin dönmesini saptamak kolay olmadı.

Uzun zaman çekirdeğin ışımasal (radyatif) bölgeye nazaran daha yavaş döndüğü sanılıyordu.

Son yıllarda SOHO uydu gözlemleri çekirdeğin daha hızlı döndüğünü ortaya çıkardı.

Güneşin dönmesi onun kutuplarından basık olmasına yol açar. Yani ekvator yarıçapı kutup yarıçapından daha büyüktür.

Eğer gerçekten çekirdek yüzeydeki dönmeden daha hızlı ise o zaman kutuplardaki basıklığın daha fazla olması beklenir.

**Basıklık Oranı** =  $\Delta R/R_{\odot}$

Doğrudan ölçümler:  $\Delta R/R_{\odot} \approx 10^{-5}$

- ❑ Çok hileli bir sonuç çünkü bu  $10^{-5}$  basıklık değeri  $\Delta R = 14$  km'ye karşılık gelir, halbuki en iyi ayırma gücü: 100 km.
- ❑ Düşük enlemlerdeki manyetik etkinliğin yoğunlaşmasında sistematik hatalar doğar. → bu ise güneş çapını ölçmemizi etkiler çünkü kenarın şekli bozulmuştur.
- ❑ Dicke & Goldenberg (1967)'in ilk ölçümleri  $\Delta R/R_{\odot} \approx 5 \times 10^{-5}$  verir. → Merkürü'nin enberi noktasının hareketi için genel görecelik kuramının değiştirilmesini gerektirir. Fakat Brans-Dicke'nin çekim kuramı ile tutarlıdır.

Helyosismik ölçümler güneşin akustik yarıçapını verir, öyleki optik yarıçap ile aynı değildir ama benzerdir:

$\Delta R/R_{\odot} \approx 10^{-5}$  (Redouane Mecheri)

## Güneş Dönmesinin Evrimi

Genç yıldızların Güneş'ten 100 kez daha hızlı döndükleri saptanmıştır.

Güneş genç iken bugünkünden daha hızlı mı dönüyordu?

Skumanich yasası:  $\Omega \sim t^{-1/2}$ , burada  $t$  yıldızın yaşıdır.  
Bu yasa farklı yaştaki küme yıldızlarından bulunmuştur.

Güneş benzeri yıldızlar için  $P = 0.21 t_6^{0.57}$  gün

→ Güneş de genç iken hızlı dönüyordu.

## Güneş Dönmesinin Evrimi II

O halde bu yok olan açısal momentum nereye gitti?

**Güneş rüzgarı!** Güneş rüzgarı kendisi ile birlikte açısal momentumu da taşır. Manyetik alan olmaksızın güneş rüzgarları ile sarfedilen açısal momentumun değişme oranı,  $j$ , (torque,):

$$j = \Omega R_{\odot} dm/dt$$

Burada  $dm/dt$  güneşin kütle kayıp oranıdır, yani güneş rüzgarı ile uzaklara taşınan kütledir.

Problem: Güneş'in dönmesini önemli derecede frenlemek için  $j$  2-3 merteye küçüktür!



## Güneş Dönmesinin Evrimi III

### Manyetik alan!

Güneş rüzgarı Alfven yarıçapına ( $R_A$ ) kadar manyetik alan tarafından taşınır. Alfven yarıçapı güneş rüzgarının hızı Alfven hızından büyük olduğu nokta. Rüzgar o yarıçapa kadar güneş yüzeyi ile beraber döner. Yani sadece  $R_A$  'nın dışına çıktığı zaman momentumu taşır. O nedenle tork için özel ifade:

$$j = \Omega R_A dm/dt$$

$R_A$ , tipik olarak  $R_\odot$  'den 10-20 kez daha büyüktür.

## Güneş Dönmesinin Evrimi IV

$$j = \Omega R_A dm/dt \sim \Omega$$

$$P = 0.21 t_6^{0.57} \text{ gün}$$

Yıldız ne kadar hızlı dönerse, daha hızlı olarak yavaşlar.

Bazı düzeltmeler:

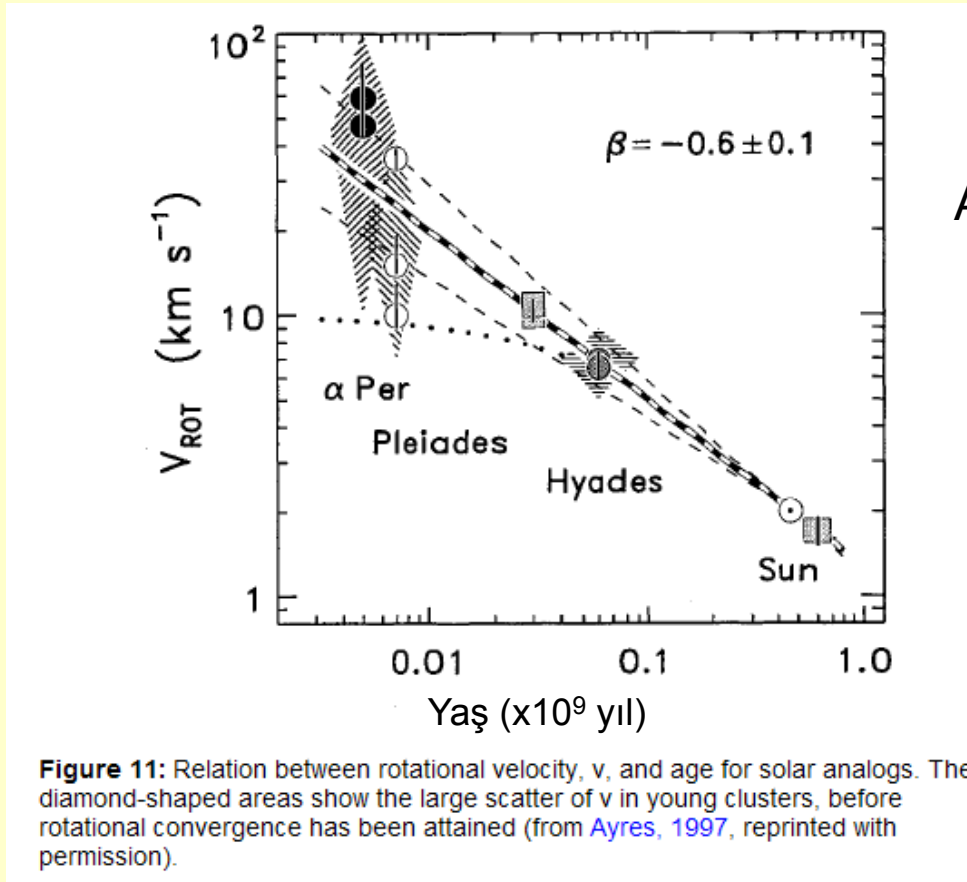
- $dm/dt$ ,  $\Omega$ 'ya bağlıdır, hızlı dönen yıldızların manyetik alanları daha kuvvetlidir, manyetik alan kuvvetli olduğunda daha sıcak bir korona ve daha büyük  $dm/dt$
- $R_A$ ,  $\Omega$ 'ya doğrudan olmasa da bağlıdır: daha hızlı dönen yıldızlar daha kuvvetli manyetik alana sahiptir, fakat yoğunluk ve rüzgar hızı daha büyüktür.

• Genel olarak  $j = k\Omega^\alpha$ , burada  $\alpha$ 'nın tipik değeri  $> 1$ , bununla beraber çok büyük  $\Omega$ 'lar için  $\alpha$  değeri küçülür yani doyma meydana gelir.

# Alfven Dalgaları

Alfven dalgalarının hızı: Burada  $n_i$ , parçacık yoğunluğu,  $m_i$  ise iyon kütesidir.

$$v_A = \frac{B}{\sqrt{4\pi n_i m_i}}$$



Açısal Hız=Yörünge Hızı / Uzaklık