



სამყაროს ევოლუცია

ლექცია 4

მზე, ატმოსფერო, მაგნიტური ველი,
მზის ქარი, მზის ევოლუცია

„სამყაროს ევოლუცია“ / ალ. თევზაძე / 2017

ლექცია: 4 გვერდი: 2

წინა ლექციაში

- მზის სისტემა
- პლანეტები
- მზის სისტემის მცირე სხეულები
- პლანეტების წარმოშობა

„სამყაროს ევოლუცია“ / ალ. თევზაძე / 2017

ლექცია: 4 გვერდი: 3

მზე

დედამიწის უახლოესი ვარსკვლავი
დედამიწაზე სიცოცხლის არსებობისა და
ენერგიის ძირითადი წყარო

(helios)–მზე

ადამიანის სწრაფვა მზის
შემეცნებისაკენ

ბერძნული მითოლოგია:
იკარუსი



„სამყაროს ევოლუცია“ / ალ. თევზაძე / 2017

ლექცია: 4 გვერდი: 4

დაკვირვებები

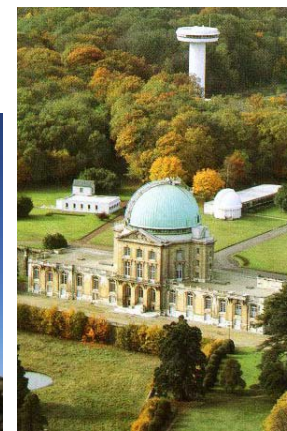
მზის ტელესკოპები:



Sacramento Peak,
152 სმ, 1969-



GREGOR, 150 სმ
ტენეტიფე, 2012



პარიზის ობსერვატორია
კორონოგრაფი 60სმ,
1968–

დაკვირვებები

თანამედროვე სატელიტური დაკვირვებები

Ulysses

(1990/00/08)

Yohkoh (1991)

SOHO (1995)

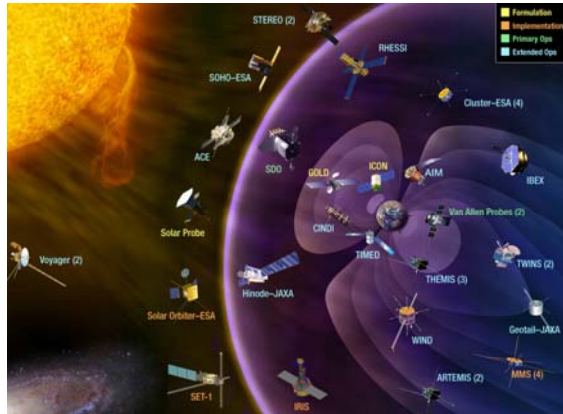
TRACE (1998)

Hinode (2006)

STEREO A/B

(2006)

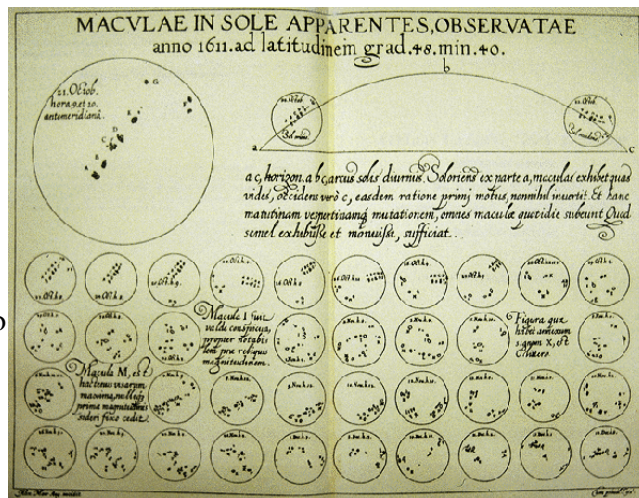
SDO (2010)



დაკვირვებები

მზის
ლაქები

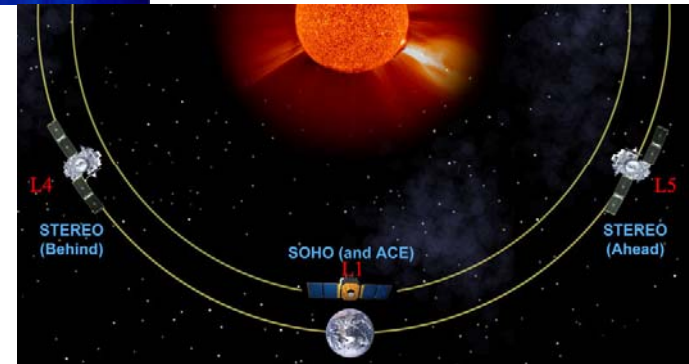
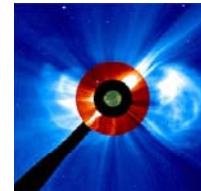
გალილეი
(1611)



დაკვირვებები

დაკვირვებები სხვადასხვა დიაპაზონში

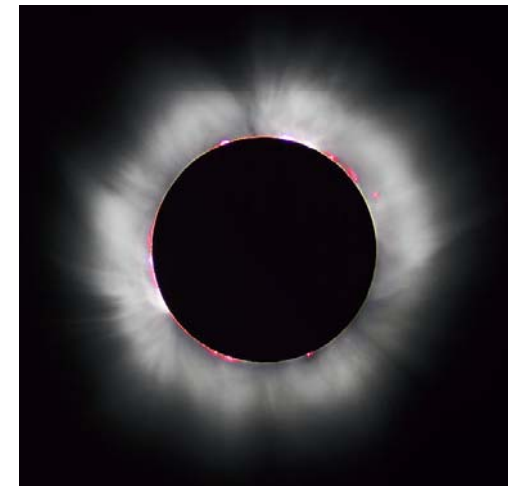
დაკვირვების ორბიტები



დაკვირვებები

მზის სრული
დაბნელება:

თვალით
ხილვადი
მზის
გვირგვინი
(კორონა)



დაკვირვებები

მზის ზედაპირის სეისმოლოგია:

ჰელიოსეისმოლოგია

მზის შიდა აგებულების შესწავლა ზედაპირის რხევებზე დაკვირვებით

*Solar and
Heliospheric
Observatory*

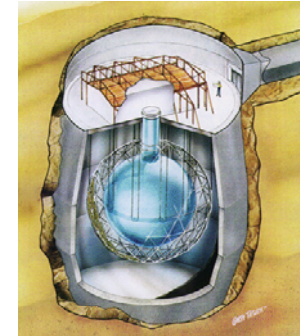


დაკვირვებები

ნეიტრინული ასტრონომია



ICE cube ობსერვატორია, ანტარქტიკა
2010, (დეტექტორების სიღრმე 2,4 კმ)



Sudbury ნეიტრინოების
ობსერვატორია, კანადა
ანტარქტიკა
1999, (სიღრმე 2 კმ)

მზე: ფიზიკური თვისებები

მანძილი დედამიწამდე: **$150 \cdot 10^6$ კმ** (1AU)
(8.3 სინათლის წუთი)

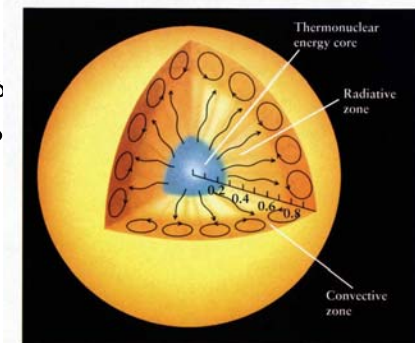
დiameterი: **109** დედამიწის diameterი
მასა: **333 000** დედამიწის მასა

ბრუნვის პერიოდი: **25.38 დღე**
შემაღგენლობა: **წყალბადი (73%)**
ჰელიუმი (24.8%)
ჟანგბადი (0.77%) + ...

მზის სტრუქტურა

თერმობირთვული ენერგიის წყარო ვარსკვლავის ცენტრში: **ენერგიის გადატანა ცენტრიდან გარეთ**

- გული
- რადიაციული ზონა
- კონვექციური ზონა
- ატმოსფერო

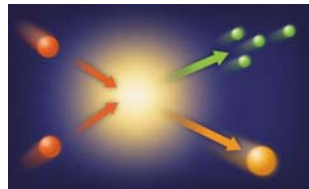


გული

ცენტრალური ნაწილი: **0-0.25 მზის რადიუსი**
 სიმკვრივე: $\sim 150\,000\text{ კგ/მ}^3$
 ტემპერატურა $\sim 13\,600\,000\text{ K}$

თერმობირთვული რეაქციები
 პროტონ-პროტონული (p-p) ჯაჭვი;

წყალბადის ბირთვების
 შეერთება და ჰელიუმის
 სინთეზი

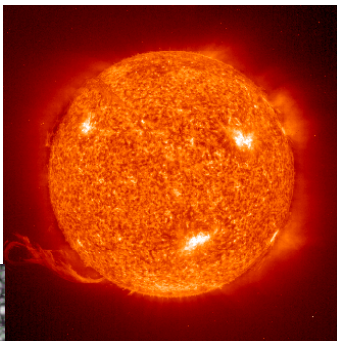
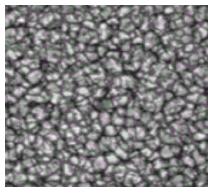
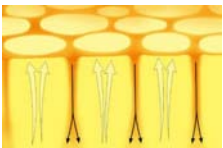


კონვექციური ზონა

ენერგიის გადატანა: სითბური კონვექცია
 (ანალოგი: წყლის დუღილი)

სიმკვრივე $< 200\text{ კგ/მ}^3$
 ტემპერატურა $5\,700\text{ K}$

მზის ზედაპირის
 “გრანულაცია”

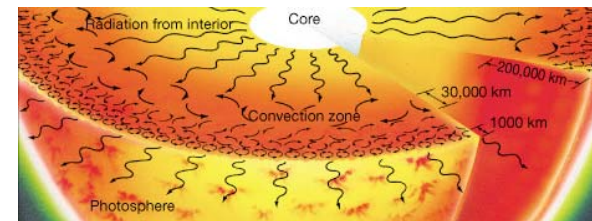


რადიაციული ზონა

ენერგიის გადატანა
 გამოსხივებით: **0.25-0.7 მზის რადიუსი**

სიმკვრივე: $20\,000 - 200\text{ კგ/მ}^3$
 ტემპერატურა: $7 \cdot 10^6 - 2 \cdot 10^6\text{ K}$

მზის
 მაგნიტური
 ველის
 გენერაცია;



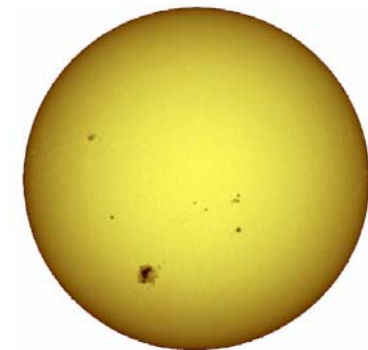
ატმოსფერო

– **ფოტოსფერო:**

მზის ხილული (ოპტიკური) ზედაპირი.
 შავი სხეულის
 გამოსხივების მოდელი:
 $\sim 5,500\text{ }^{\circ}\text{C}$
 (ეფექტური ტემპერატურა)

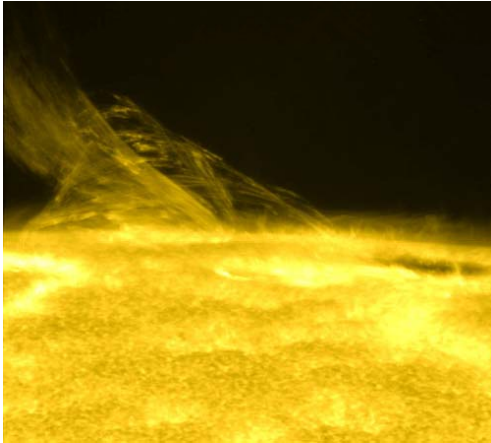
– **ქრომოსფერო**

– **გვირგვინი (კორონა)**



ატმოსფერო

ფოტოსფერო



მზის ზედაპირის ბრუნვა

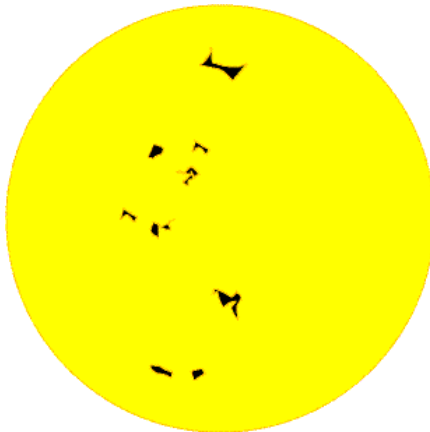
ლაქები მზის ხილულ ზედაპირზე საშუალებას
იძლევიან დავაკვირდეთ
ზედაპირის ბრუნვას

ბრუნვის პერიოდი

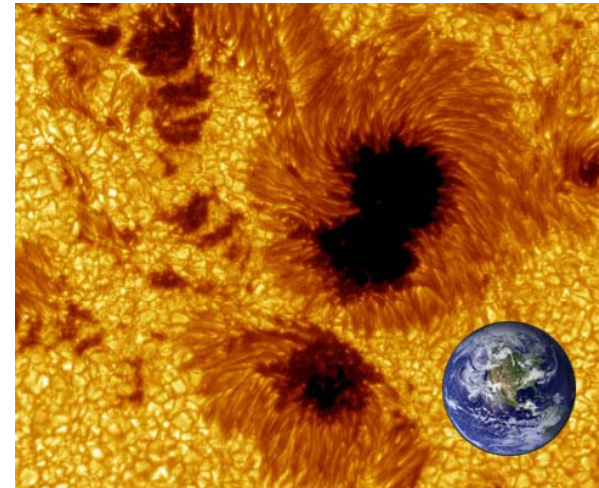
ეკვატორთან: **25 დღე**

პოლუსებთან: **34 დღე**

დიფერენციალური
(არა-მყარტანოვანი)
ბრუნვა



მზის ლაქა



ქრომოსფერო

მაგნიტური სტრუქტურები

მაგნიტური

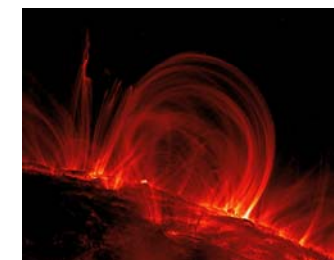
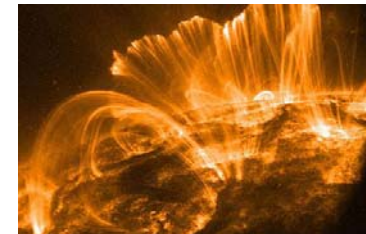
“თაღები”

“მარყუქები”

სტრუქტურების

სწრაფი ცვალებადობა

(რხევები, აფეთქებები, ...)



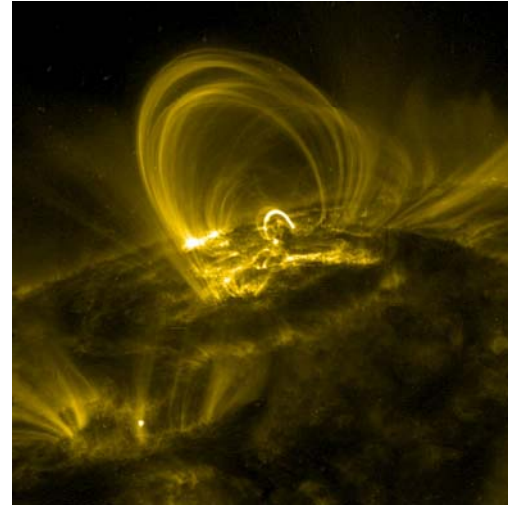
მაგნიტური ველი

მაგნიტური
თაღები

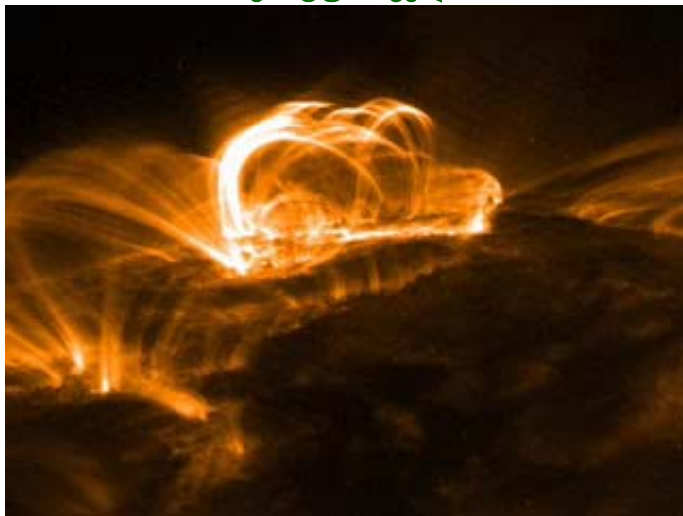
ლოკალური
მაგნიტური
პოლუსები



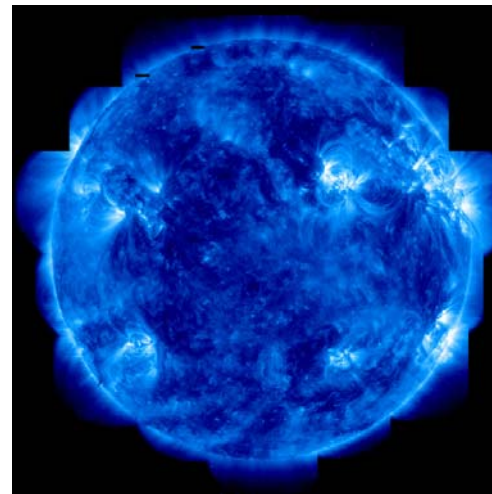
მაგნიტური ველი



მაგნიტური ველი



ქრომოსფერო



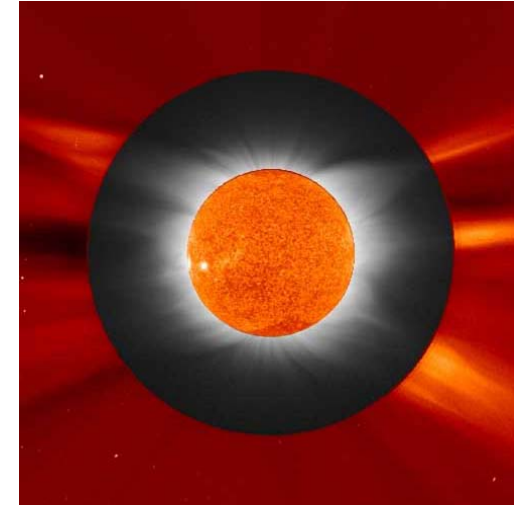
მზის გვირგვინი (კორონა)

მზის ატმოსფეროს გარე ფენა
მოიცავს მზის სისტემას

ტემპერატურა: 1–2 მილიონი კელვინი
გამოსხივება: ოპტიკური, ულტრაიისფერი,
რენტგენი

მზის კორონის გაცხელების პრობლემა: რატომ
მატულობს ტემპერატურა ფოტოსფეროს ზედა
ფენებში? (მაგნიტოჰიდროდინამიკური მოვლენები)

მზის გვირგვინი (კორონა)



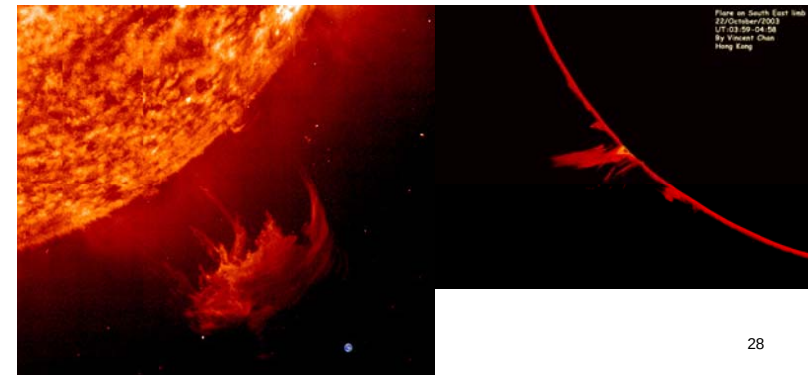
მზის გვირგვინი (კორონა)

მზის სრული დაბნელების დროს მთვარე ფარავს
მზის დისკოს და მოჩანს მხოლოდ მზის ატმოსფეროს
გარე ფენა – მზის გვირგვინი

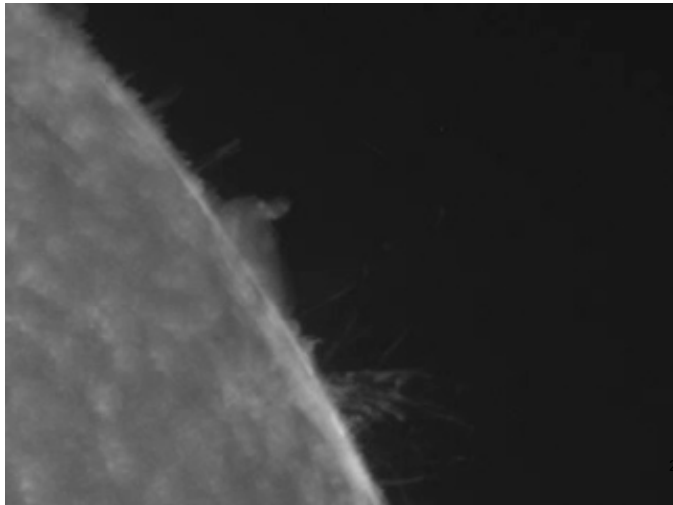


მზის ამოფრქვევები (flares)

დამაგნიტებული პლაზმის “აფეთქებები” მზის
ლაქების მახლობლობაში – “Flare”



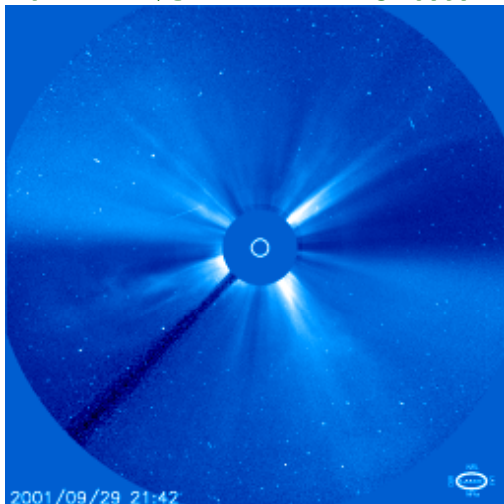
მზის ამოფრქვევები



„სამყაროს ევოლუცია“ / ალ. თევზაძე / 2017

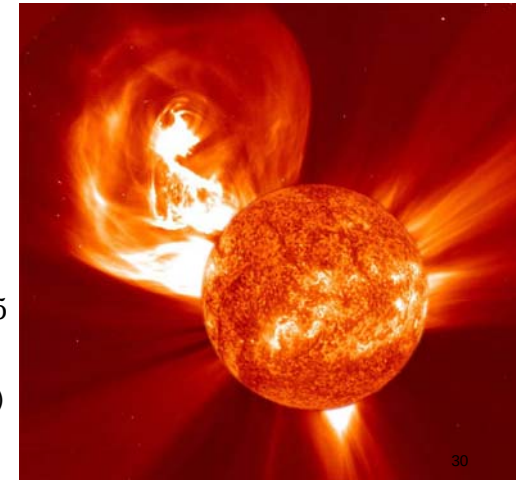
ლექცია: 4 გვერდი: 31

კორონალური მასის ამოფრქვევა



კორონალური მასის ამოფრქვევა (CME)

მზის პლაზმის
ამოფრქვევები
რომლებიც
მოწყდებიან
მზის
მიზიდულობას
და ვრცელდებიან
ღია კოსმოსში
(მზის სისტემაში)



„სამყაროს ევოლუცია“ / ალ. თევზაძე / 2017

ლექცია: 4 გვერდი: 32

მზის ქარი

მზის ქარი წარმოადგენს მზის ზედაპირიდან მაღალი
სიჩქარით გამოტყორცნილ დამუხტული
ნაწილაკების ნაკადს (მსუბუქი იონები, H, He, ...).

გავრცელება: ~50 ასტრონომიული ერთეული;

მზის ქარს მოაქვს მასში “ჩაყინული” მაგნიტური
ველები;

- კომეტის კუდები;
- კოსმოსურ ხომალდებზე ზემოქმედება;

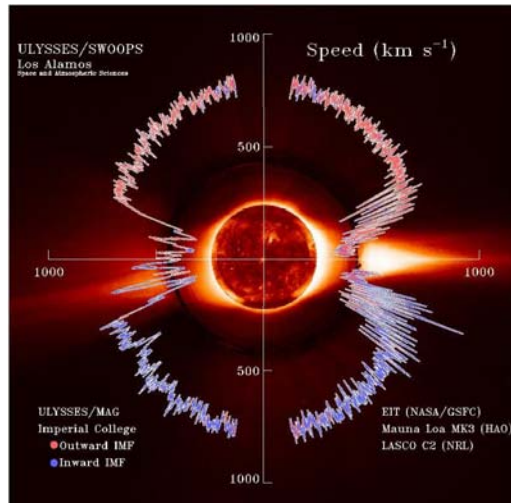
მზის ქარის იალქანი (თეორიული კონცეფცია)

მზის ქარი

“სწრაფი” და
“ნელი” მზის
ქარი

სწრაფი ქარი:
პოლარული
უბნებიდან

ნელი ქარი:
ეკვატორიული
უბნებიდან



მზის ქარი

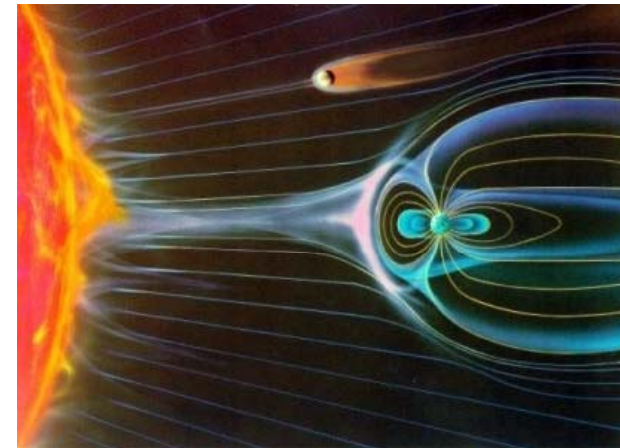
ავრორალური ნათება (პოლარული ციალი)

მზის ქარის დამუხტული
ნაწილაკები დედამიწის
მაგნიტურ პოლუსებთან
ახლოს აღწევენ
ატმოსფეროში და
იწვევენ ატმოსფეროს
ზედა ფენების
იონიზაციას და ნათებას



მზის ქარი

ზემოქმედება დედამიწის მაგნიტოსფეროზე



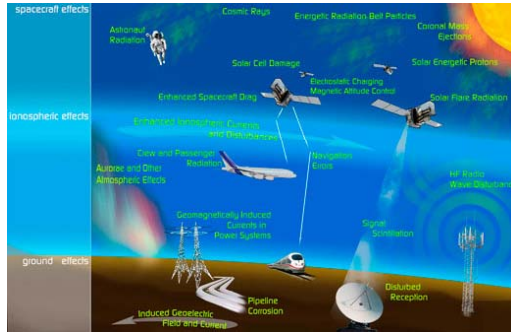
ჩრდილოეთ პოლარული ნათება
(aurora borealis)



კოსმოსური ამინდი

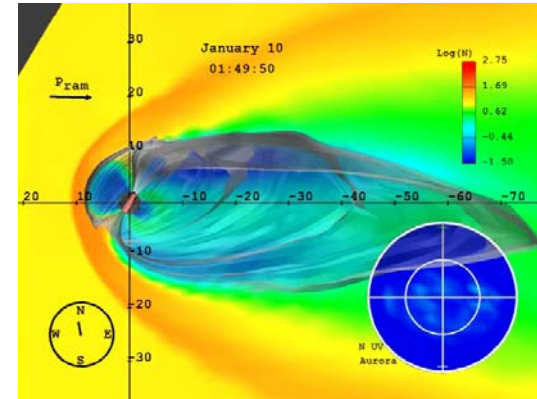
მზის ქარის და კორონალური მასის ამოფრქვევების ეფექტი დედამიწაზე. ზემოქმედება:

- სატელიტებზე;
- ნავიგაციის სისტემები;
- რადიოკავშირი;
- ელექტრო და ნავთობსადენები;
- მგზავრების დასხივება;



კორონალური მასის ამოფრქვევა (CME)

ურთიერთქმედება დედამიწის მაგნიტურ ველთან:
მაგნიტური ქარიშხალი



38

მაგნიტური ველი

მზის ლაქები:

მაგნიტური ანომალიები მზის ოპტიკურ ზედაპირზე

მზის მაგნიტური ველი:

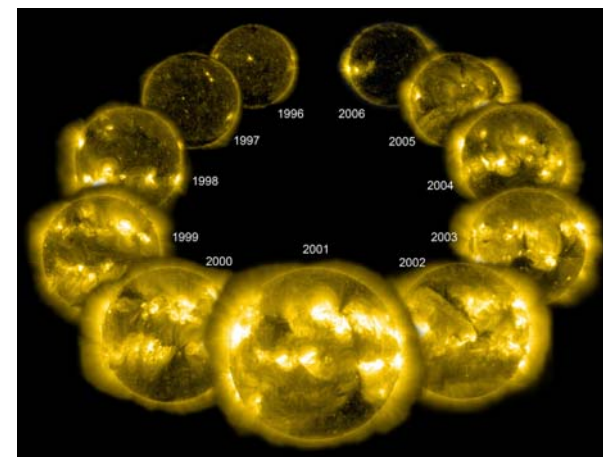
- მცირე მასშტაბოვანი ქაოსური კომპონენტები;
- დიდმასშტაბოვანი რეგულარული კომპონენტი;

დიპოლური ველი: მაგნიტური პოლუსები

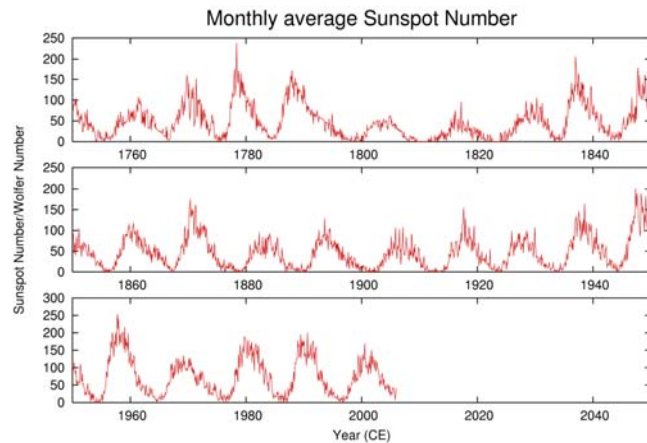
პერიოდულობა: 22 წელი

მზის მაგნიტური ციკლი

მზის ლაქების ცვალებადობა: 22 წლიანი ციკლი



მზის მაგნიტური ციკლი



მზის სუპერ ქარიშხალი

ზემძლავრი კორონალური მასის ამოფრქვევა და შედეგად სუპერ ქარიშხალი:

კარინგტონის მოვლენა

1859 (28 აგვისტო-3 სექტემბერი)

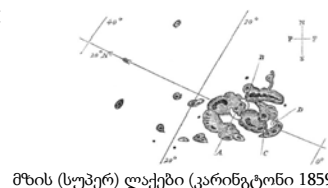
ელ.მაგ. ზემოქმედება:

ტელეგრაფი;

ავრორალური ნათება

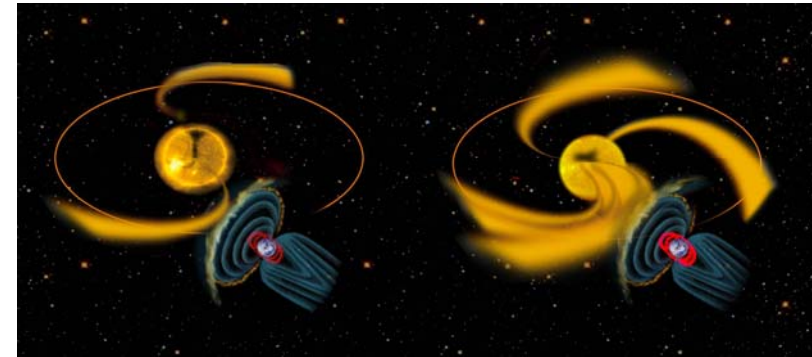
კარიბის კუნძულებზე

რა შედეგები მოყვება
ასეთ მოვლენას დღეს?



მზის აქტივობის ზემოქმედება დედამიწაზე

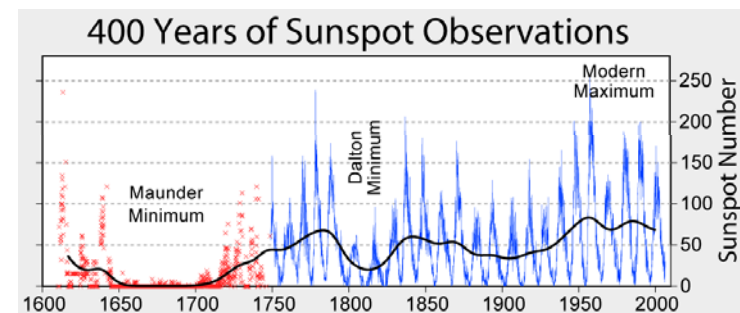
მზის აქტივობის მაქსიმუმში მზის ზედაპირზე მატულობს ლაქების რიცხვი, საიდანაც ხშირად გამოიყოფიერდება გავრვარებული პლაზმა. მაქსიმუმის დროს დედამიწაზე უფრო ხშირად დაიკვირვება ძლიერი მაგნიტური ქარიშხლები.



მაუნდერის მინიმუმი

მაგნიტური ციკლის “ჩავარდნა” (1650–1700)

მზის მაგნიტური დინამო მექანიზმის პრობლემა

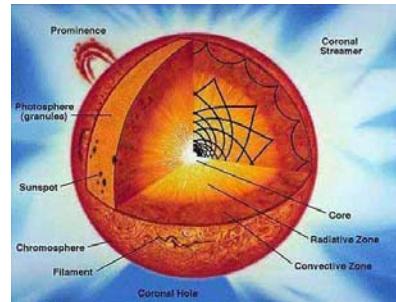


ჰელიოსეისმოლოგია

მზის ზედაპირის სეისმოლოგია



წნევის ტალღების
(ზედაპირის ვიბრაციის)
დაკვირვება გვაძლევს
იმფორმაციას მზის
შიდა აგებულებაზე

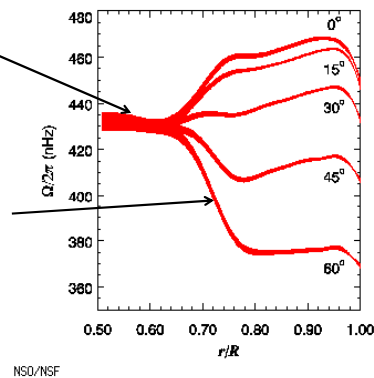


დიფერენციური ბრუნვა

სიღრმისეული ფენების დიფერენციული ბრუნვა

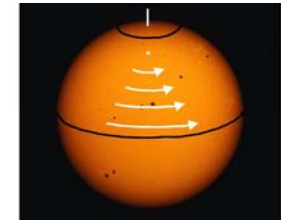
მზის ბირთვის სწრაფი
მყარტანოვანი ბრუნვა;

მზის კონვექციური
გარსის დიფერენციული
ბრუნვა;

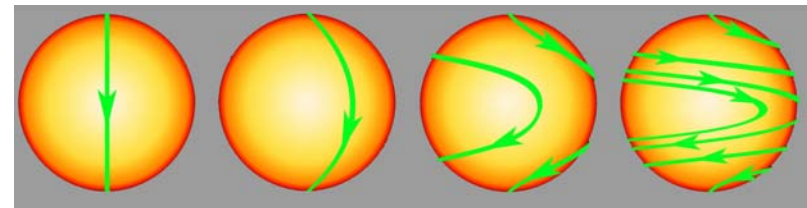


დიფერენციური ბრუნვა

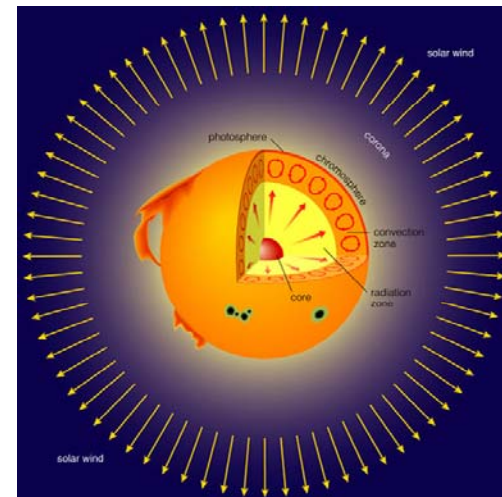
ზედაპირის დიფერენციული
ბრუნვა



მაგნიტური ველის და სხვა
სტრუქტურების მერიდიონალური დეფორმაცია

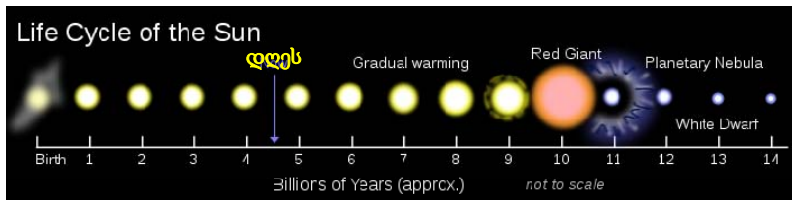


მზის სტრუქტურა



მზის ევოლუცია

მზე იმყოფება ევოლუციის სტაბილურ (შუა) ეტაპზე



სიცოცხლის ბოლოს მზე გაფართოვდება
1AU-ზე მეტ რადიუსზე ☹
ევოლუციის ბოლო ეტაპი: თეთრი ჯუჯა

www.tevza.org/home/course/universe2017

J. Hester, B. Smith, G. Blumenthal, L. Kay, H. Voss,
“21st Century Astronomy” (2010)

ქვეთავები 14.2, 14.3, 14.4,

B. W. Carroll and D. A. Ostlie, “An introduction to modern
astrophysics” (2007)

ქვეთავები 11. 1,2,3.

მზე და სამყარო

შეფასებები

მზის ასაკი: ~4.5 მილიარდი წელიწადი

სამყაროს ასაკი: ~13.8 მილიარდი წელიწადი

პირველი თაობა: ჩვენს სამყაროში პირველად
ანთებული ვარსკვლავები (წყალბადის გიგანტები)

მეორე თაობა: პირველი თაობის დაღუპვის შემდეგ
გაჩენილი ვარსკვლავები;

მზე: “მესამე თაობის ვარსკვლავი”