



## სამყაროს ევოლუცია

### ლექცია 4

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

### მზე

დედამიწის უახლოესი ვარსკვლავი  
დედამიწაზე სიცოცხლის არსებობისა და  
ენერჯის ძირითადი წყარო

(helios)–მზე

ადამიანის სწრაფვა მზის  
შემეცნებისაკენ

ბერძნული მითოლოგია:  
იკარუსი



### წინა ლექციაში

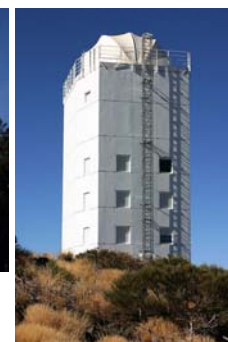
- მზის სისტემა
- პლანეტები
- მზის სისტემის მცირე სხეულები
- პლანეტების წარმოშობა

### დაკვირვებები

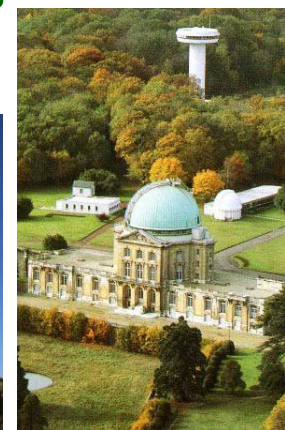
მზის ტელესკოპები:



Sacramento Peak,  
152 სმ, 1969-



GREGOR, 150 სმ  
ტენეტიფე, 2012

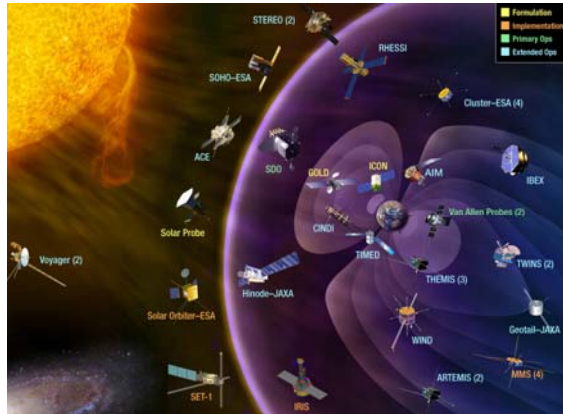


პარიზის ობსერვატორია  
კორონოგრაფი 60სმ,  
1968–

### დაკვირვებები

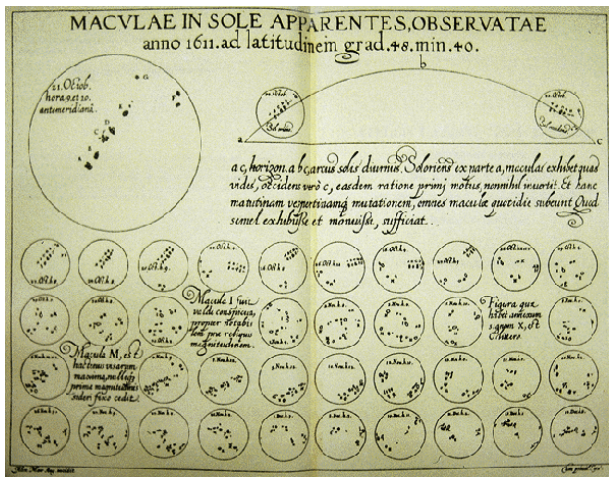
თანამედროვე სატელიტური დაკვირვებები

- Ulysses (1990/00/08)
- Yohkoh (1991)
- SOHO (1995)
- TRACE (1998)
- Hinode (2006)
- STEREO A/B (2006)
- SDO (2010)



### დაკვირვებები

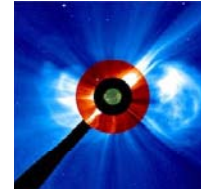
მზის  
ლაქები



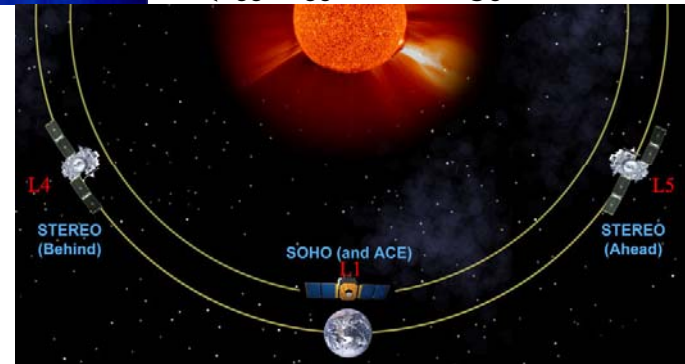
გალილეი  
(1611)

### დაკვირვებები

დაკვირვებები სხვადასხვა დიაპაზონში



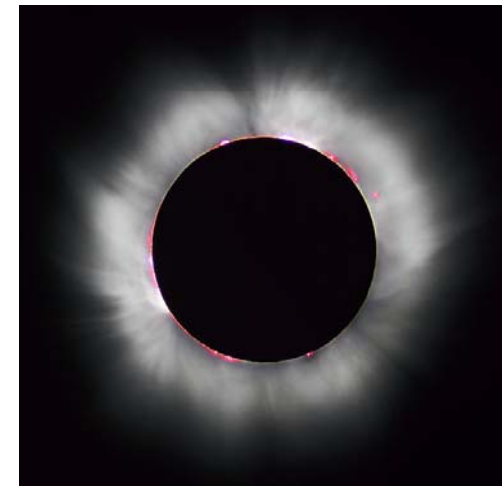
დაკვირვების ორბიტები



### 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*

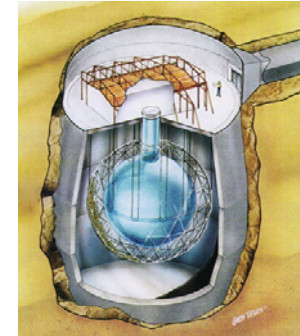


### დაკვირვებები

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 10<sup>6</sup> კმ (1AU)**  
(8.3 სინათლის წუთი)

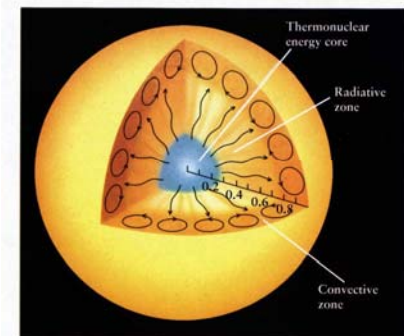
დიამეტრი: **109** დედამიწის დიამეტრი  
მასა: **333 000** დედამიწის მასა

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

### მზის სტრუქტურა

თერმობირთვული ენერჯის წყარო ვარსკვლავის ცენტრში: ენერჯის გადატანა ცენტრიდან გარეთ

- გული
- რადიაციული ზონა
- კონვექციური ზონა
- ატმოსფერო



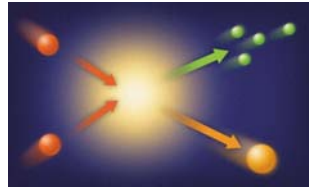


### გული

ცენტრალური ნაწილი: **0-0.25 მზის რადიუსი**  
 სიმკვრივე: ~150 000 კგ/მ<sup>3</sup>  
 ტემპერატურა ~13 600 000 K

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

წყალბადის ბირთვების  
 შეერთება და ჰელიუმის  
 სინთეზი

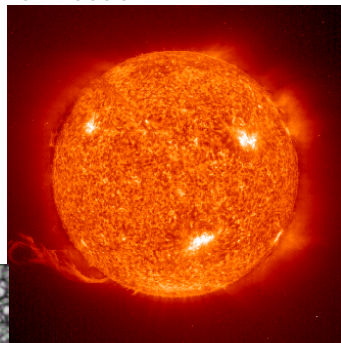
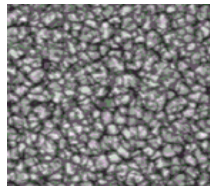
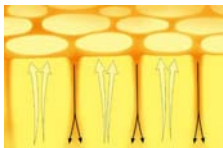


### კონვექციური ზონა

ენერჯის გადატანა: სითბური კონვექცია  
 (ანალოგი: წყლის დუღილი)

სიმკვრივე <200 კგ/მ<sup>3</sup>  
 ტემპერატურა 5 700 K

მზის ზედაპირის  
 “გრანულაცია”

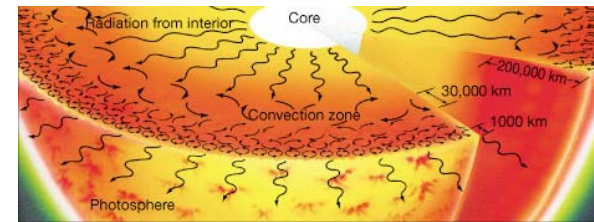


### რადიაციული ზონა

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

სიმკვრივე: 20 000 – 200 კგ/მ<sup>3</sup>  
 ტემპერატურა: 7 10<sup>6</sup> – 2 10<sup>6</sup> K

მზის  
 მაგნიტური  
 ველის  
 გენერაცია;



### ატმოსფერო

– ფოტოსფერო:

მზის ხილული (ოპტიკური) ზედაპირი.

შავი სხეულის

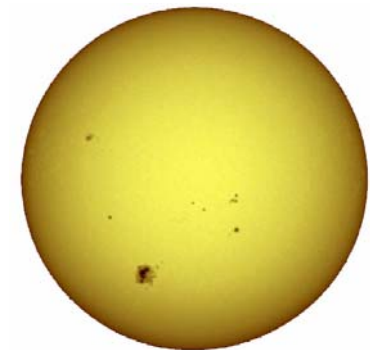
გამოსხივების მოდელი:

~5,500 °C

(ეფექტური ტემპერატურა)

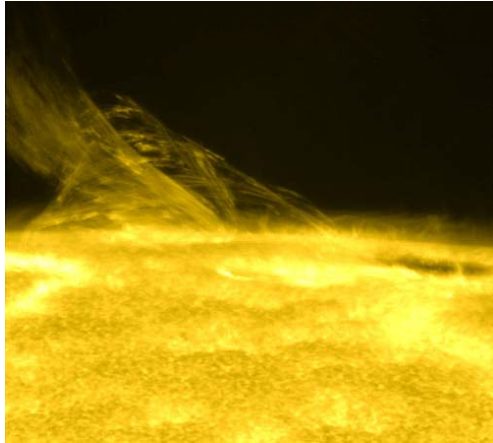
– ქრომოსფერო

– გვირგვინი (კორონა)

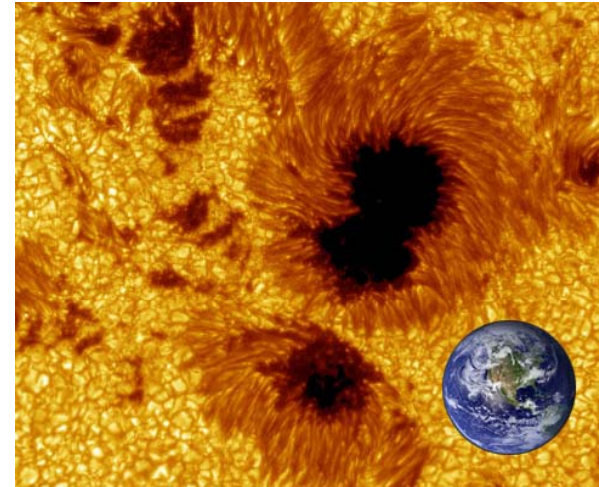


### ატმოსფერო

ფოტოსფერო



### მზის ლაქა



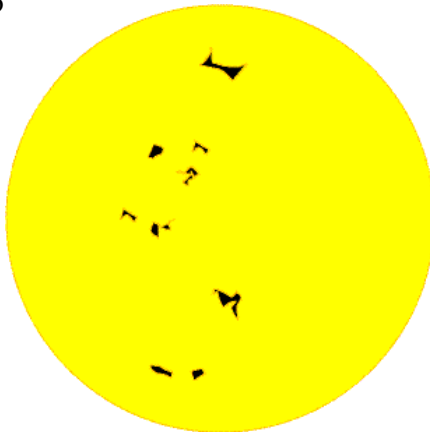
### მზის ზედაპირის ბრუნვა

ლაქები მზის ხილულ ზედაპირზე საშუალებას იძლევიან დავაკვირდეთ ზედაპირის ბრუნვას

ბრუნვის პერიოდი

ეკვატორთან: 25 დღე  
პოლუსებთან: 34 დღე

დიფერენციალური (არა-მყარტანოვანი) ბრუნვა

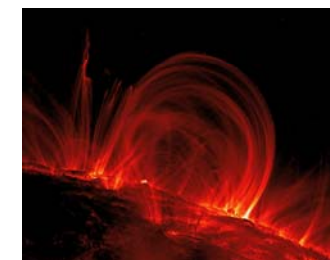


### ქრომოსფერო

მაგნიტური სტრუქტურები

მაგნიტური  
“თაღები”  
“მარყუჟები”

სტრუქტურების  
სწრაფი ცვალებადობა  
(რხევები, აფეთქებები, ...)



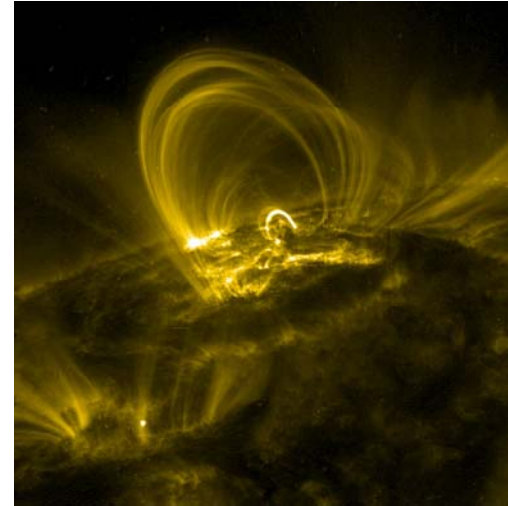
### მაგნიტური ველი

მაგნიტური  
თაღები

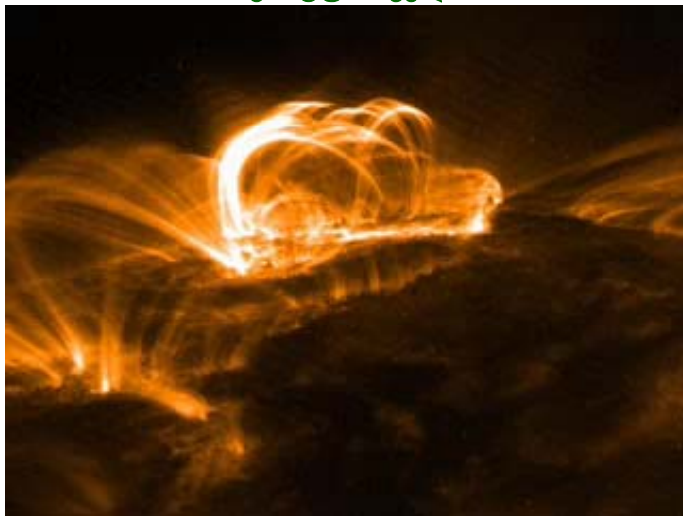
ლოკალური  
მაგნიტური  
პოლუსები



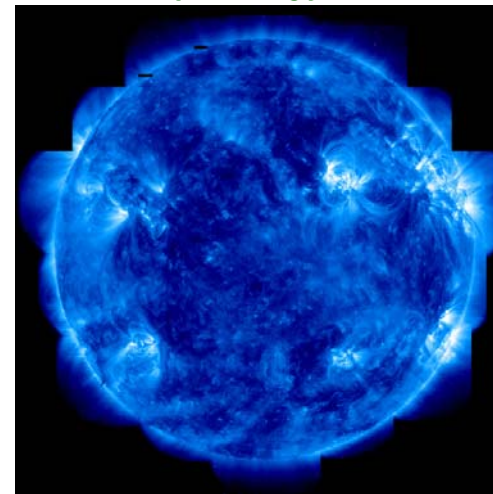
### მაგნიტური ველი



### მაგნიტური ველი



### ქრომოსფერო



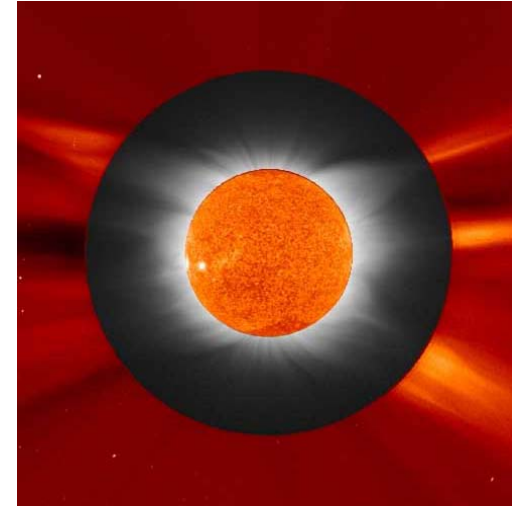
### მზის გვირგვინი (კორონა)

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)



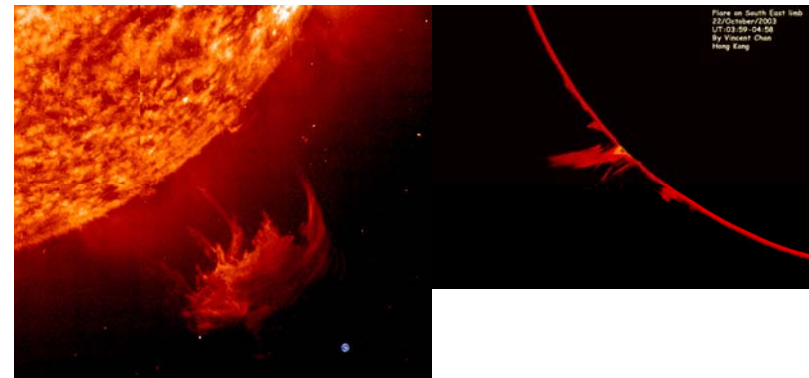
### მზის გვირგვინი (კორონა)

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



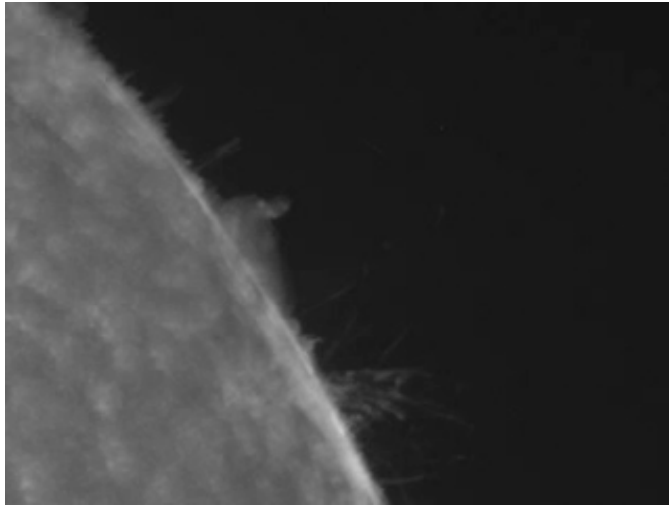
### მზის ამოფრქვევები (flares)

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



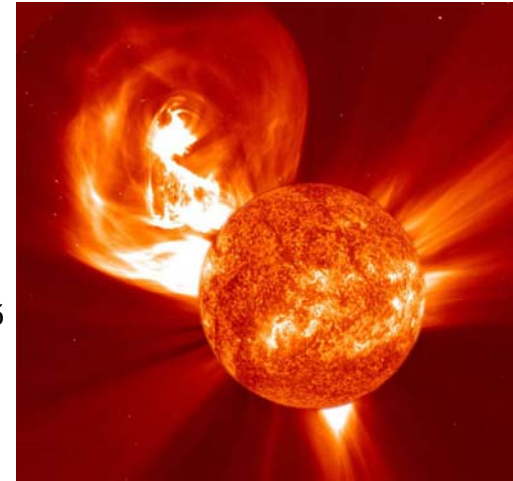


### მზის ამოფრქვევები

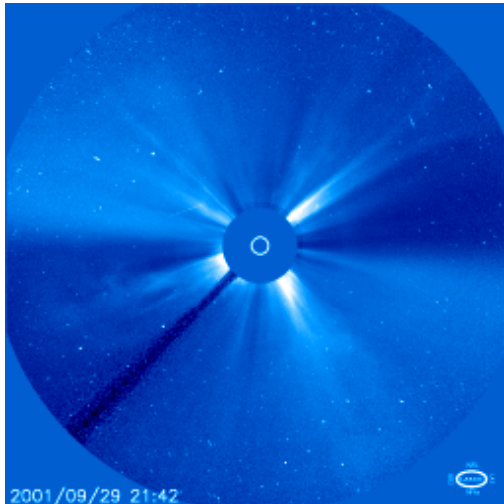


### კორონალური მასის ამოფრქვევა (CME)

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



### კორონალური მასის ამოფრქვევა



### 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)

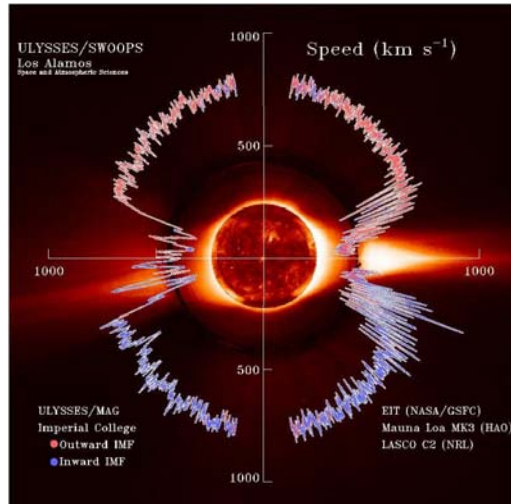


### მზის ქარი

“სწრაფი” და  
“ნელი” მზის  
ქარი

სწრაფი ქარი:  
პოლარული  
უბნებიდან

ნელი ქარი:  
ეკვატორიული  
უბნებიდან



### მზის ქარი

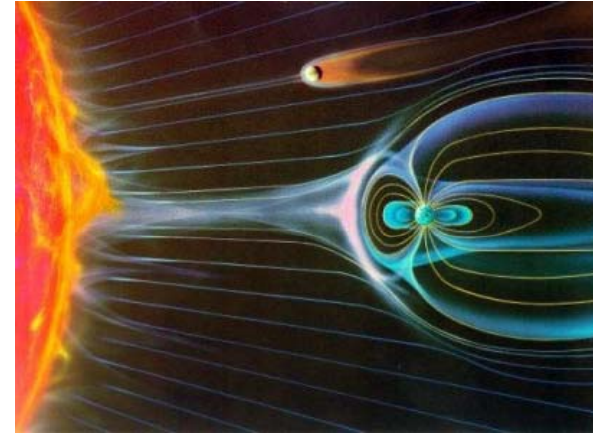
ავრორალური ნათება (პოლარული ციალი)

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

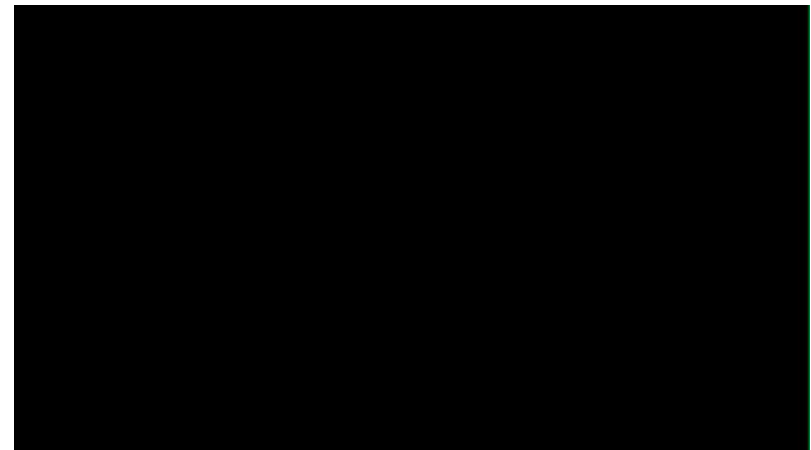


### მზის ქარი

ზემოქმედება დედამიწის მაგნიტოსფეროზე



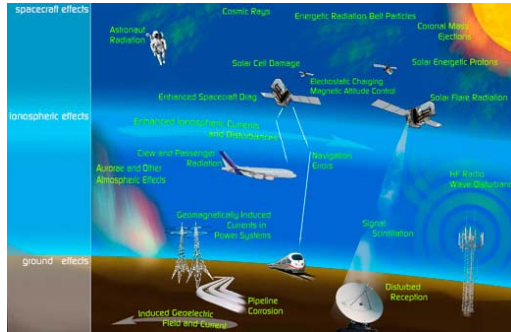
ჩრდილოეთ პოლარული ნათება  
(aurora borealis)



### კოსმოსური ამინდი

მზის ქარის და კორონალური მასის ამოფრქვევების ეფექტი დედამიწაზე. ზემოქმედება:

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



### მაგნიტური ველი

მზის ლაქები:

მაგნიტური ანომალიები მზის ოპტიკურ ზედაპირზე

მზის მაგნიტური ველი:

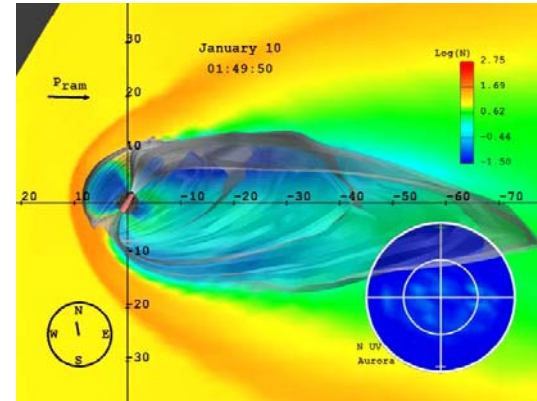
- მცირე მასშტაბოვანი ქაოსური კომპონენტები;
- დიდმასშტაბოვანი რეგულარული კომპონენტი;

დიპოლური ველი: მაგნიტური პოლუსები

პერიოდულობა: 22 წელი

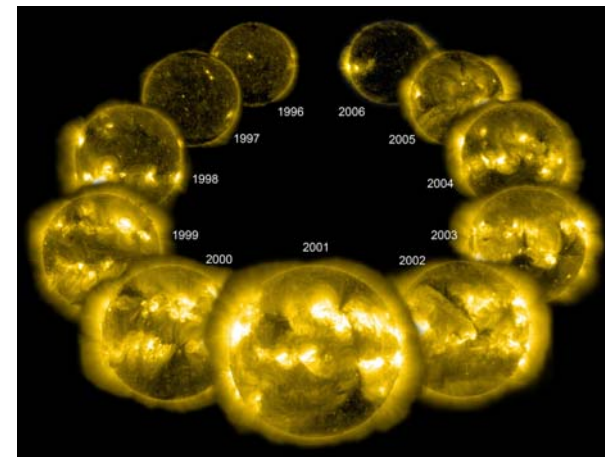
### კორონალური მასის ამოფრქვევა (CME)

ურთიერთქმედება დედამიწის მაგნიტურ ველთან: მაგნიტური ქარიშხალი

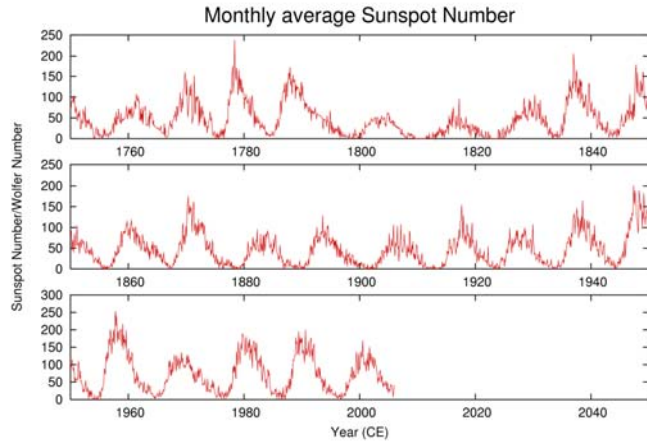


### მზის მაგნიტური ციკლი

მზის ლაქების ცვალებადობა: 22 წლიანი ციკლი



### მზის მაგნიტური ციკლი



### მზის სუპერ ქარიშხალი

ზემძლავრი კორონალური მასის ამოფრქვევა და შედეგად სუპერ ქარიშხალი:

კარინგტონის მოვლენა

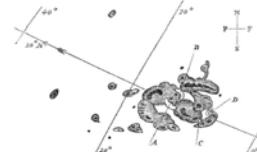
1859 (28 აგვისტო-3 სექტემბერი)

ელ.მაგ. ზემოქმედება:

ტელეგრაფი;

ავრორალური ნათება

კარიბის კუნძულებზე



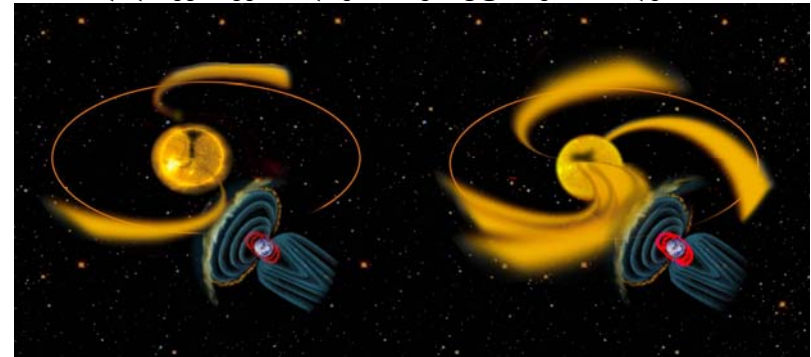
მზის (სუპერ) ლაქები (კარინგტონი 1859)



რა შედეგები მოყვება ასეთ მოვლენას დღეს?

### მზის აქტივობის ზემოქმედება დედამიწაზე

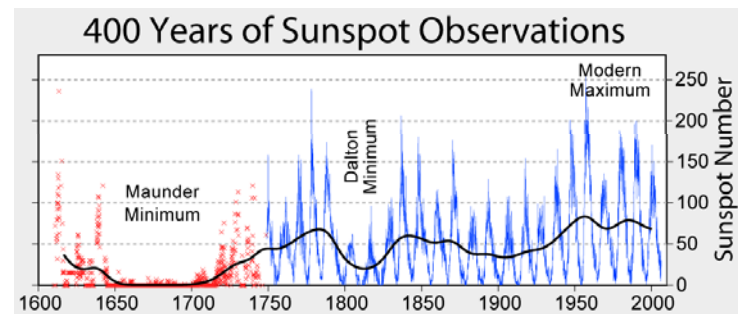
მზის აქტივობის მაქსიმუმში მზის ზედაპირზე მატულობს ლაქების რიცხვი, საიდანაც ხშირად გამოიტყორცნება გავარვარებული პლაზმა. მაქსიმუმის დროს დედამიწაზე უფრო ხშირად დაიკვირვება ძლიერი მაგნიტური ქარიშხლები.



### მაუნდერის მინიმუმი

მაგნიტური ციკლის “ჩავარდნა” (1650–1700)

მზის მაგნიტური დინამო მექანიზმის პრობლემა



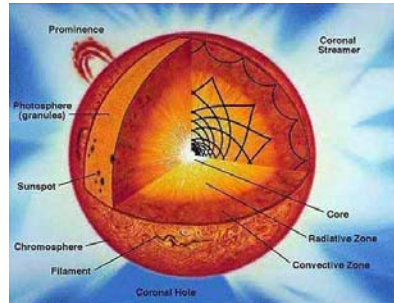


### ჰელიოსისმოლოგია

მზის ზედაპირის სეისმოლოგია



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

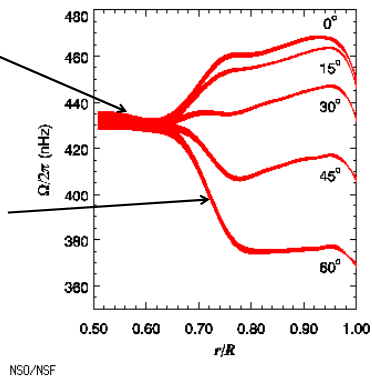


### დიფერენციური ბრუნვა

სიღრმისეული ფენების დიფერენციული ბრუნვა

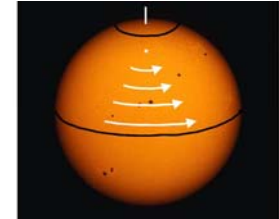
მზის ბირთვის სწრაფი მყარტანოვანი ბრუნვა;

მზის კონვექციური გარსის დიფერენციული ბრუნვა;

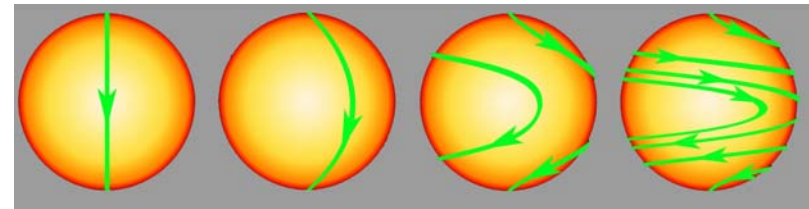


### დიფერენციური ბრუნვა

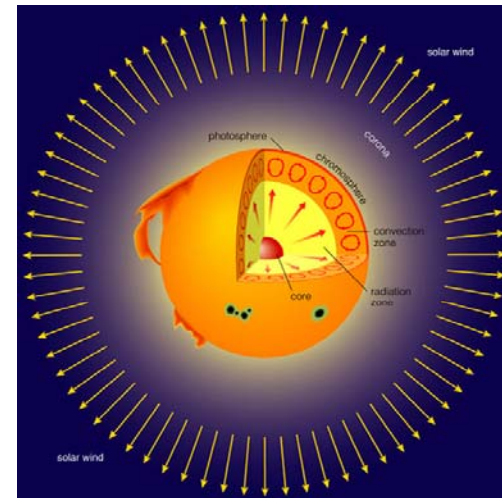
ზედაპირის დიფერენციული ბრუნვა



მაგნიტური ველის და სხვა სტრუქტურების მერიდიონალური დეფორმაცია

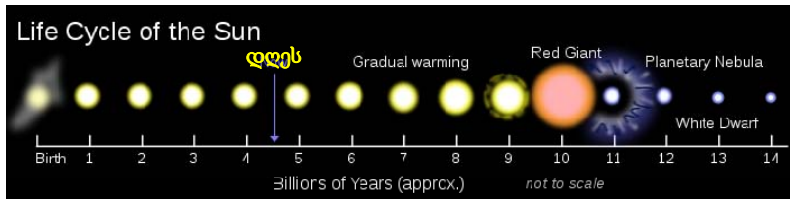


### მზის სტრუქტურა



## 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/universe2014](http://www.tevza.org/home/course/universe2014)

J. Hester, B. Smith, G. Blumenthal, L. Kay, H. Voss,  
"21<sup>st</sup> 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: ~13.7 მილიარდი წელიწადი

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

მეორე თაობა: პირველი თაობის დაღუპვის შემდეგ  
გაჩენილი ვარსკვლავები;

მზე: "მესამე თაობის ვარსკვლავი"