



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

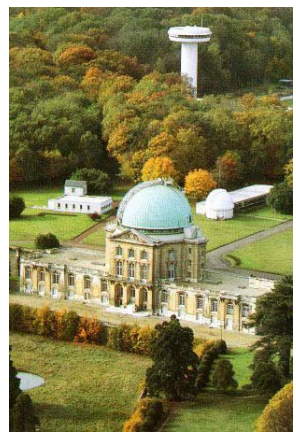
მზის ტელესკოპები:



Sacramento Peak,
152 სმ, 1969-



GREGOR, 150 სმ
ტენეტიფე, 2012

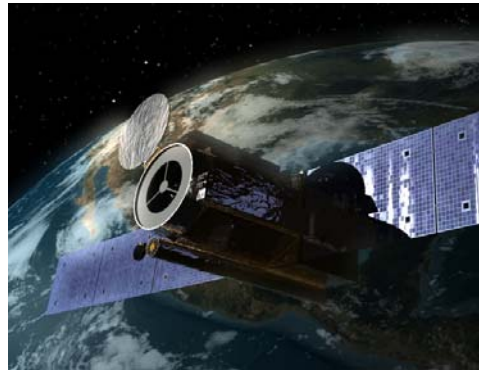


პარიზის ობსერვატორია
კორონოგრაფი 60სმ,
1968–

დაკვირვებები

თანამედროვე სატელიტური დაკვირვებები

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

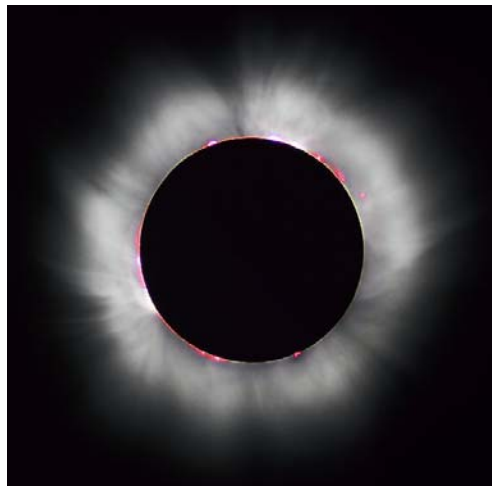


HINODE

დაკვირვებები

მზის სრული დაბნელება:

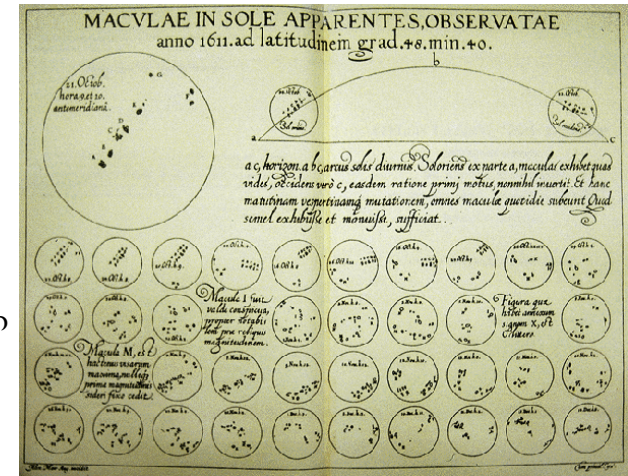
თვალით
ხილვადი
მზის
გვირგვინი
(კორონა)



დაკვირვებები

მზის
ლაქები

გალილე
(1611)

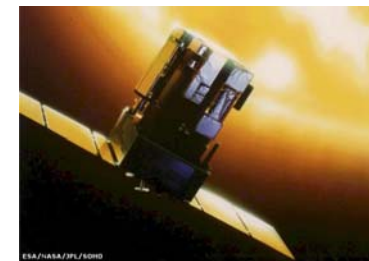


დაკვირვებები

მზის ზედაპირის სეისმოლოგია:
ჰელიოსეისმოლოგია

მზის შიდა აგებულების შესწავლა ზედაპირის რხევებზე დაკვირვებით

Solar and
Heliospheric
Observatory

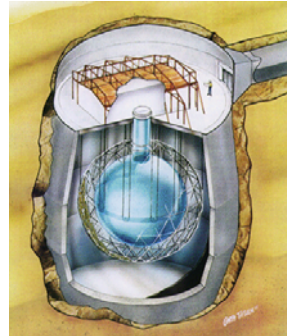


დაკვირვებები

ნეიტრინული ასტრონომია



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

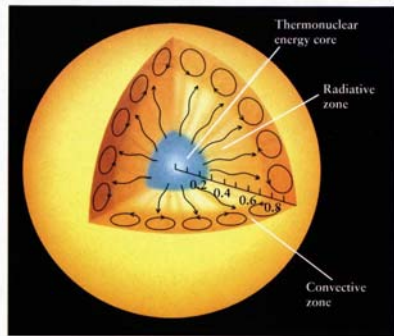


Sudbury ნეიტრინოების ობსერვატორია, კანადა ანტარქტიკა 1999, (სიღრმე 2 კმ)

მზის სტრუქტურა

თერმობირთვული ენერჯის წყარო ვარსკვლავის ცენტრში: ენერჯის გადატანა ცენტრიდან გარეთ

- გული
- რადიაციული ზონა
- კონვექციური ზონა
- ატმოსფერო



მზე: ფიზიკური თვისებები

მანძილი დედამიწამდე: **150 10⁶ კმ (1AU)**
(8.3 სინათლის წუთი)

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

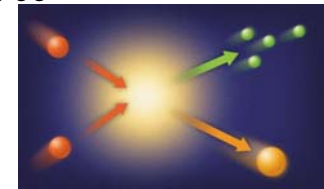
ბრუნვის პერიოდი: **25.38 დღე**
შემადგენლობა: **წყალბადი (73%)**
ჰელიუმი (24.8%)
ჟანგბადი (0.77%) + ...

გული

ცენტრალური ნაწილი: **0-0.25 მზის რადიუსი**
სიმკვრივე: **~150 000 კგ/მ³**
ტემპერატურა: **~13 600 000 K**

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

წყალბადის ბირთვების
შეერთება და ჰელიუმის
სინთეზი



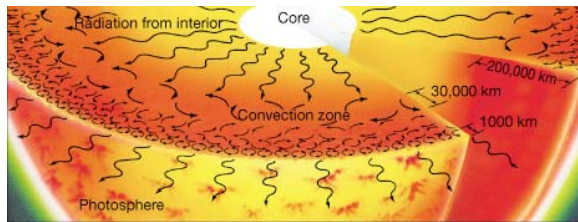
რადიაციული ზონა

ენერჯის გადატანა
გამოსხივებით:

0.25–0.7 მზის რადიუსი

სიმკვრივე: 20 000 – 200 კგ/მ³
ტემპერატურა: 7 10⁶ – 2 10⁶ K

მზის
მაგნიტური
ველის
გენერაცია;



ატმოსფერო

– ფოტოსფერო:

მზის ხილული (ოპტიკური) ზედაპირი.

შავი სხეულის

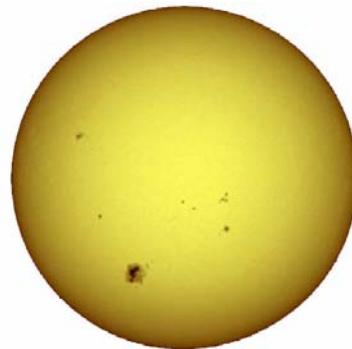
გამოსხივების მოდელი:

~5,500 °C

(ეფექტური ტემპერატურა)

– ქრომოსფერო

– გვირგვინი (კორონა)



კონვექციური ზონა

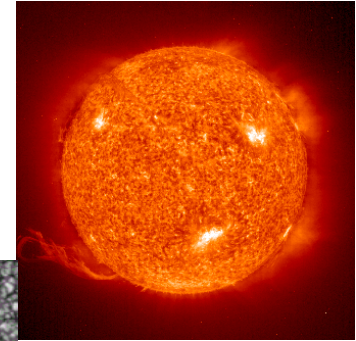
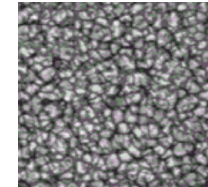
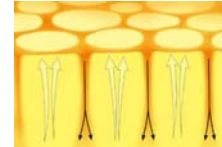
ენერჯის გადატანა: სითბური კონვექცია
(ანალოგი: წყლის დუღილი)

სიმკვრივე <200 კგ/მ³

ტემპერატურა 5 700 K

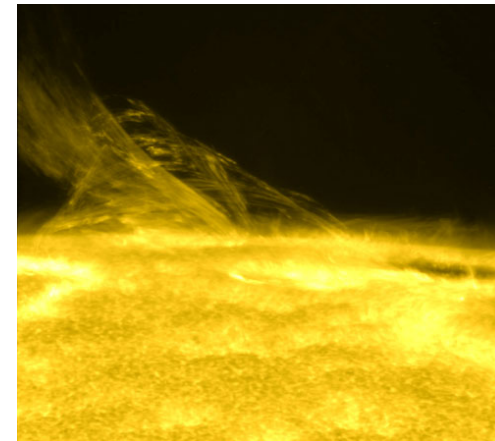
მზის ზედაპირის

“გრანულაცია”

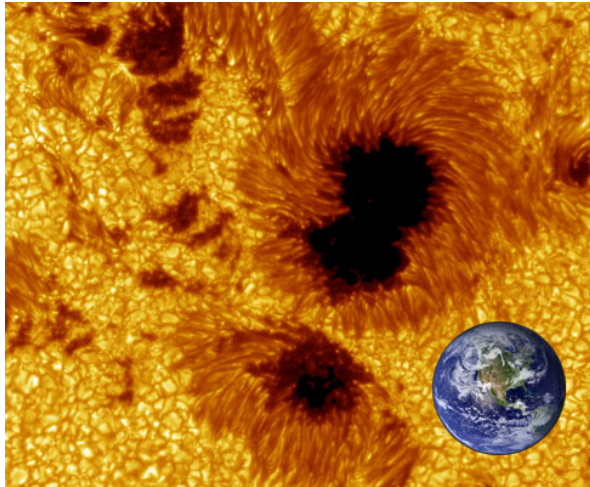


ატმოსფერო

ფოტოსფერო



მზის ლაქა



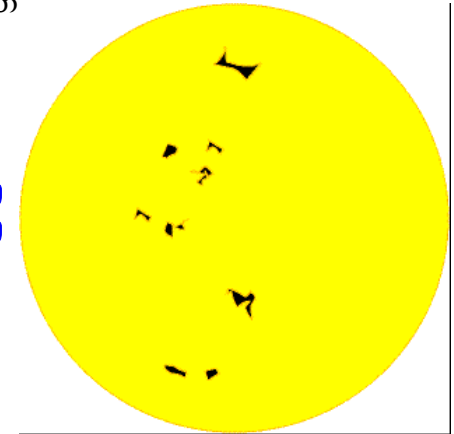
მზის ზედაპირის ბრუნვა

ლაქები მზის ხილულ ზედაპირზე საშუალებას იძლევიან დავაკვირდეთ ზედაპირის ბრუნვას

ბრუნვის პერიოდი

ეკვატორთან: 25 დღე
პოლუსებთან: 34 დღე

დიფერენციალური
(არა-მყარტანოვანი)
ბრუნვა

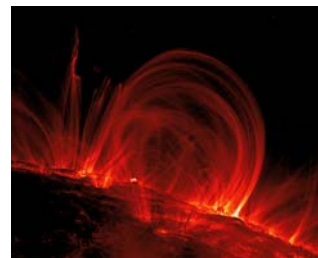


ქრომოსფერო

მაგნიტური სტრუქტურები

მაგნიტური
“თაღები”
“მარყუჟები”

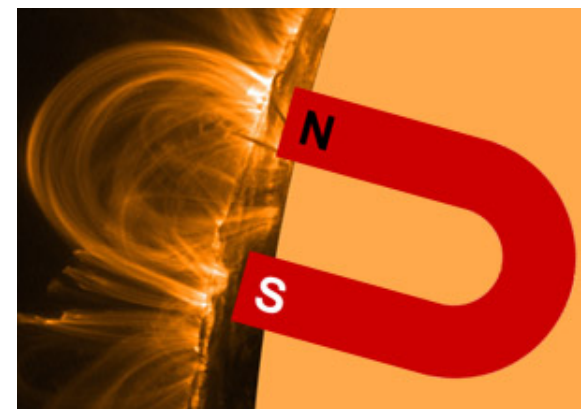
სტრუქტურების
სწრაფი ცვალებადობა
(რხევები, აფეთქებები, ...)



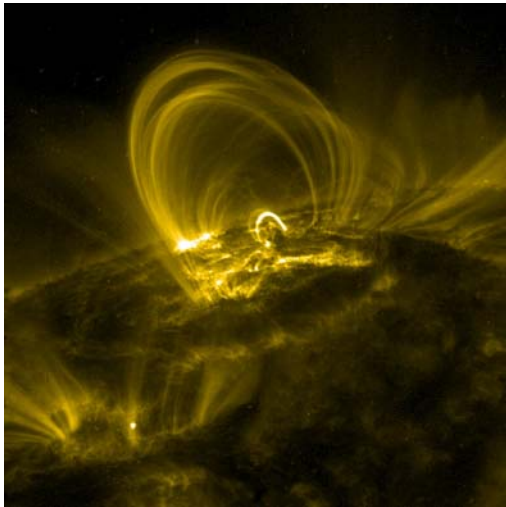
მაგნიტური ველი

მაგნიტური
თაღები

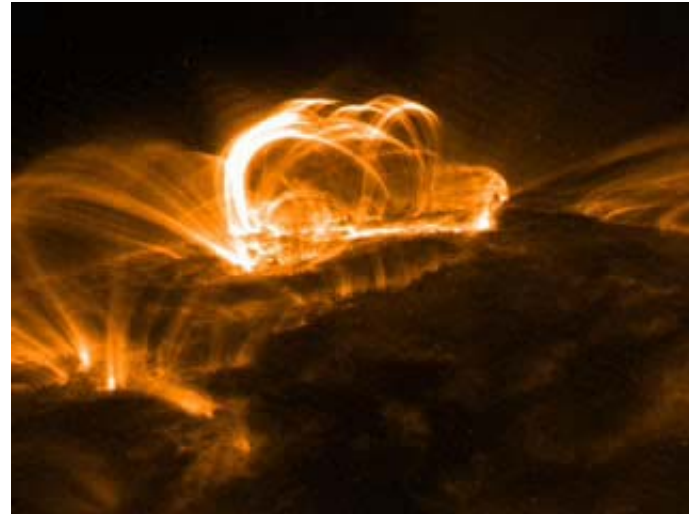
ლოკალური
მაგნიტური
პოლუსები



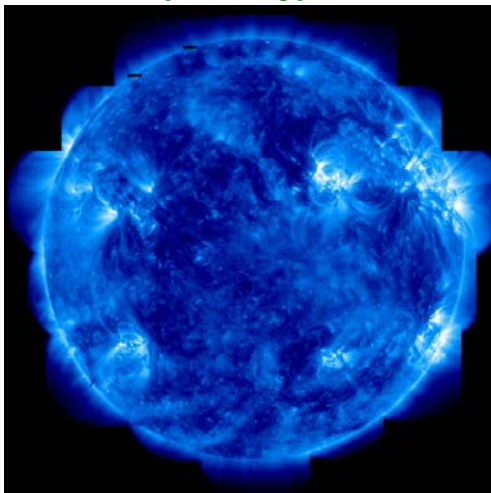
მაგნიტური ველი



მაგნიტური ველი



ქრომოსფერო



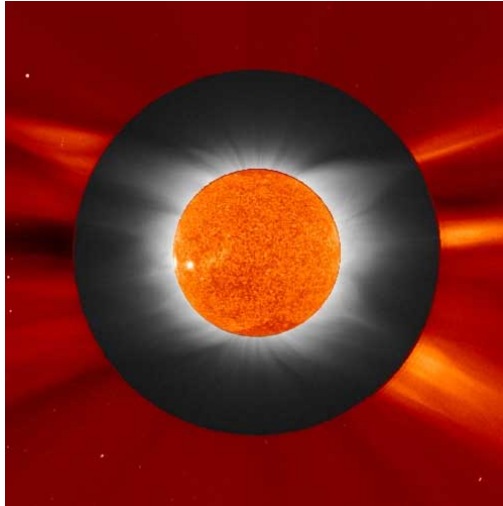
მზის გვირგვინი (კორონა)

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)



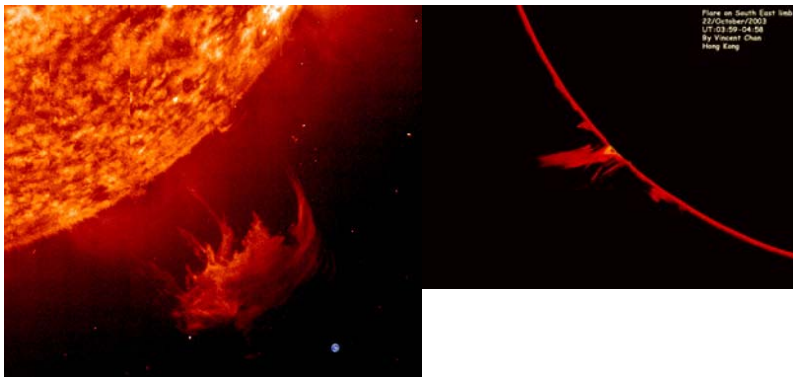
მზის გვირგვინი (კორონა)

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

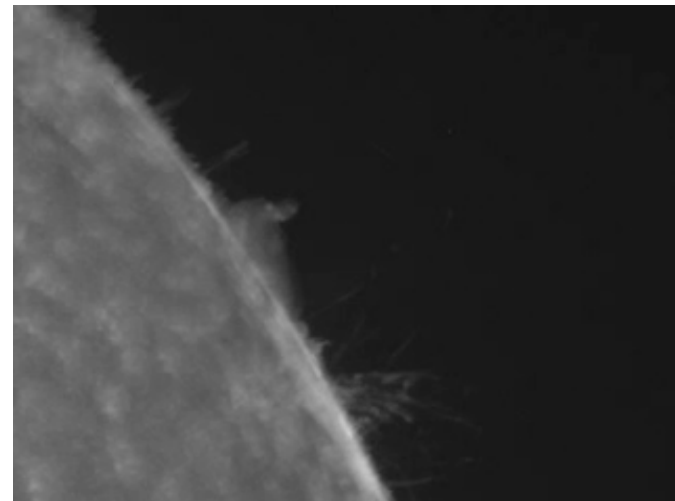


მზის ამოფრქვევები (flares)

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

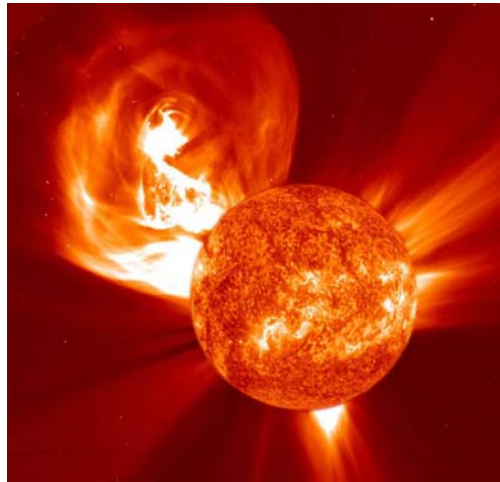


მზის ამოფრქვევები

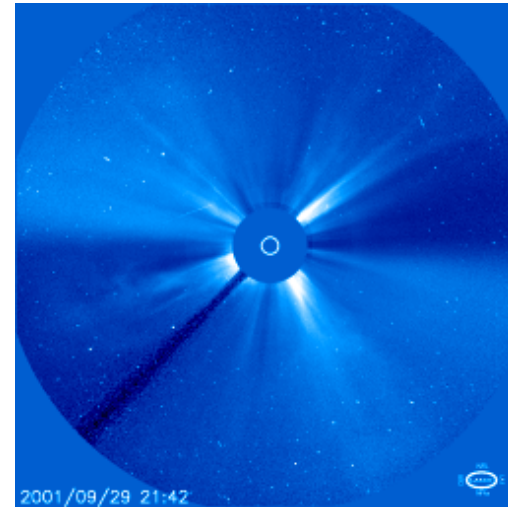


კორონალური მასის ამოფრქვევა (CME)

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;

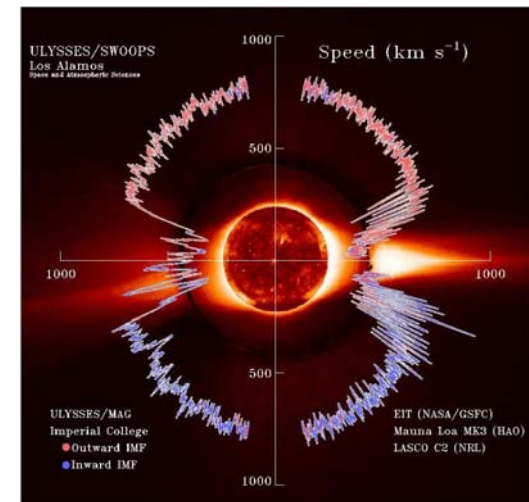
მზის ქარის იალქანი (თეორიული კონცეფცია)

მზის ქარი

“სწრაფი” და “ნელი” მზის ქარი

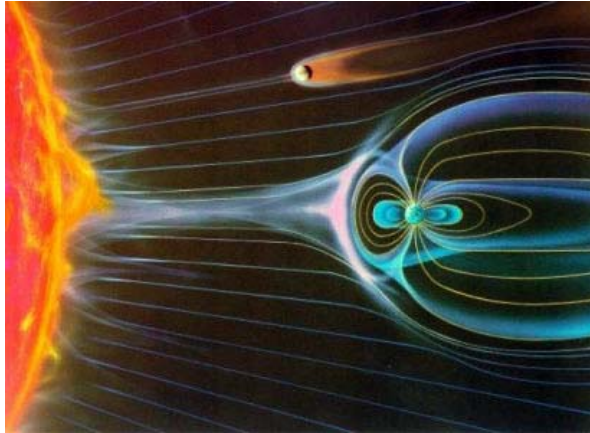
სწრაფი ქარი: პოლარული უბნებიდან

ნელი ქარი: ეკვატორიული უბნებიდან

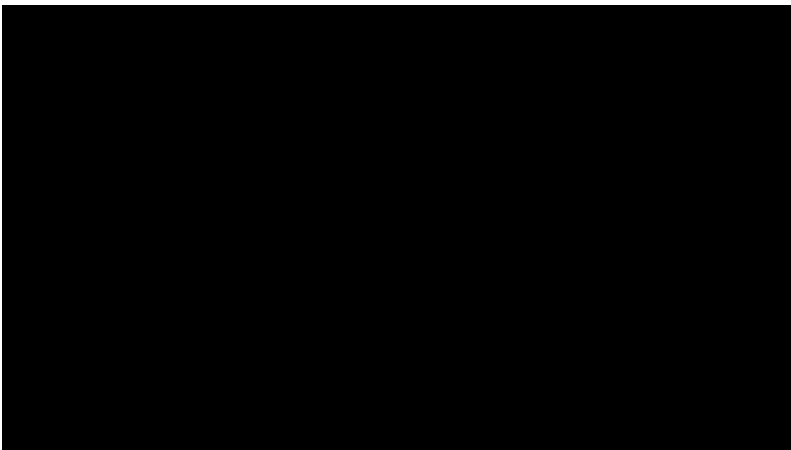


მზის ქარი

ზემოქმედება დედამიწის მაგნიტოსფეროზე



ჩრდილოეთ პოლარული ნათება (aurora borealis)



მზის ქარი

ავრორალური ნათება (პოლარული ციალი)

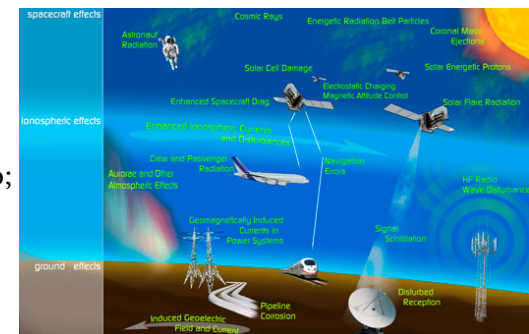
მზის ქარის დამუხტული ნაწილაკები დედამიწის მაგნიტურ პოლუსებთან ახლოს აღწევენ ატმოსფეროში და იწვევენ ატმოსფეროს ზედა ფენების იონიზაციას და ნათებას



კოსმოსური ამინდი

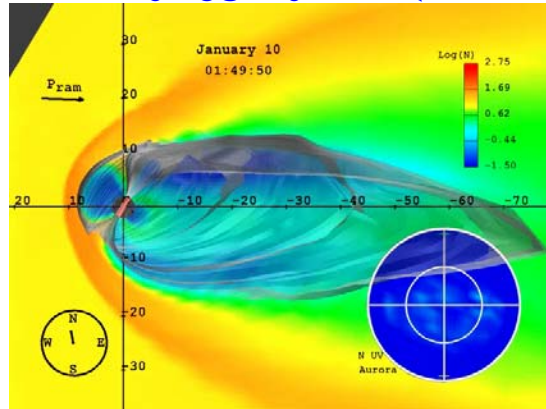
მზის ქარის და კორონალური მასის ამოფრქვევების ეფექტი დედამიწაზე. ზემოქმედება:

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



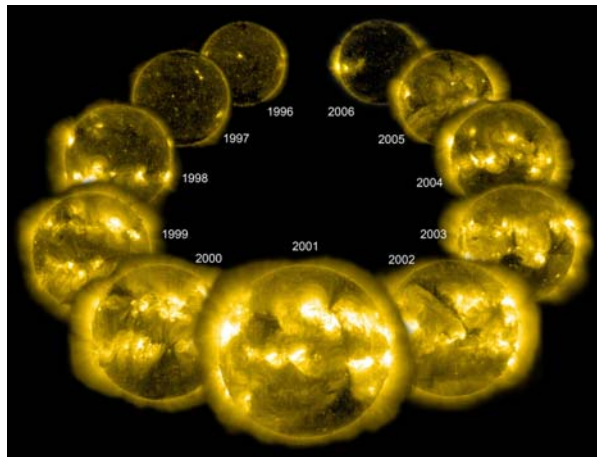
კორონალური მასის ამოფრქვევა (CME)

ურთიერთქმედება დედამიწის მაგნიტურ ველთან:
მაგნიტური ქარიშხალი



მზის მაგნიტური ციკლი

მზის ლაქების ცვალებადობა: 22 წლიანი ციკლი



მაგნიტური ველი

მზის ლაქები:

მაგნიტური ანომალიები მზის ოპტიკურ ზედაპირზე

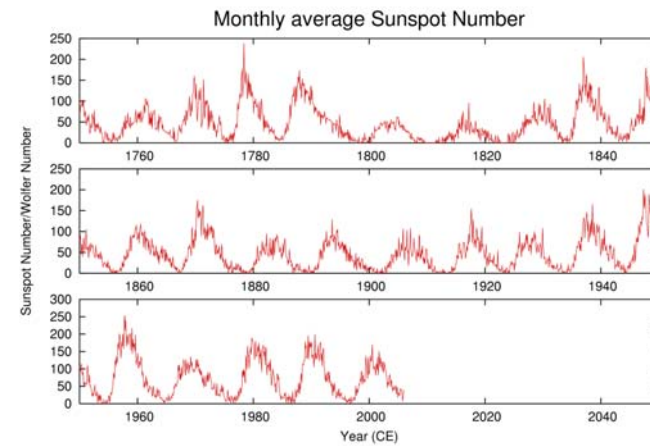
მზის მაგნიტური ველი:

- მცირე მასშტაბოვანი ქაოსური კომპონენტები;
- დიდმასშტაბოვანი რეგულარული კომპონენტი;

დიპოლური ველი: მაგნიტური პოლუსები

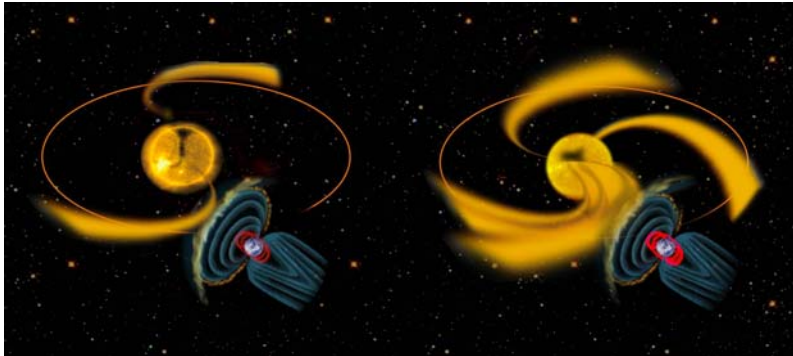
პერიოდულობა: 22 წელი

მზის მაგნიტური ციკლი



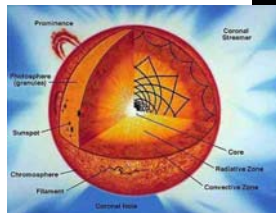
მზის აქტივობის ზემოქმედება დედამიწაზე

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



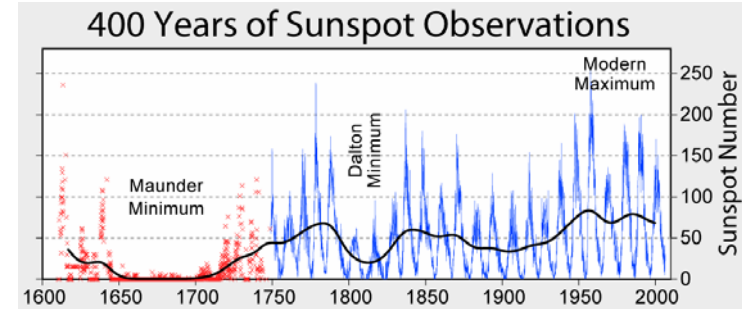
ჰელიოსეისმოლოგია

მზის ზედაპირის სეისმოლოგია წნევის ტალღების / ვიბრაციის დაკვირვება გვაძლევს იმფორმაციას მზის შიდა აგებულებაზე



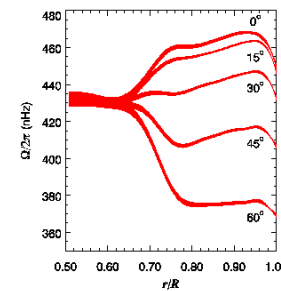
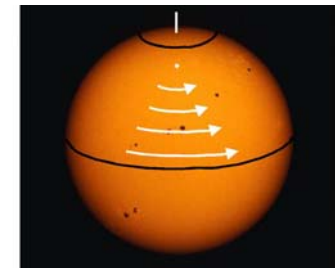
მაუნდერის მინიმუმი

მაგნიტური ციკლის “ჩავარდნა” (1650–1700) მზის მაგნიტური დინამო მექანიზმის პრობლემა



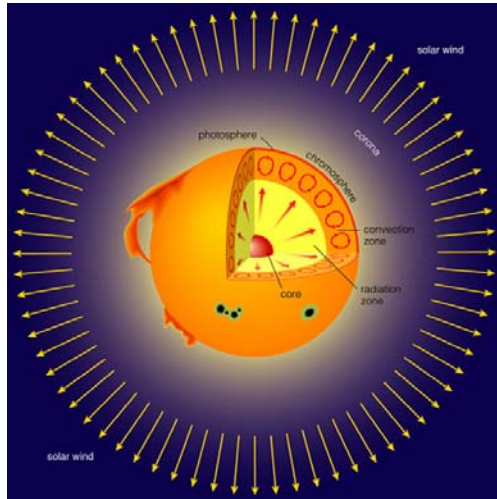
დიფერენციური ბრუნვა

ზედაპირის დიფერენციური ბრუნვა



სიღრმისეული ფენების დიფერენციური ბრუნვა

მზის სტრუქტურა



მზე და სამყარო

შეფასებები

მზის ასაკი: ~4.5 მილიარდი წელიწადი
 სამყაროს ასაკი: ~13.7 მილიარდი წელიწადი

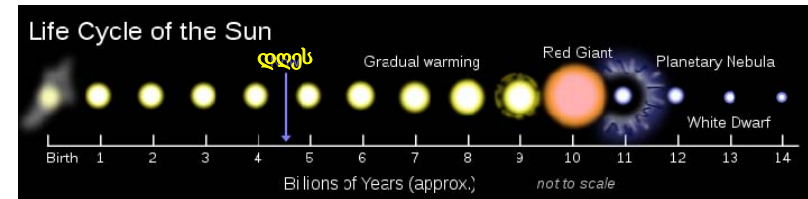
პირველი თაობა: ჩვენს სამყაროში პირველად ანთებული ვარსკვლავები (წყალბადის გიგანტები)

მეორე თაობა: პირველი თაობის დაღუპვის შემდეგ გაჩენილი ვარსკვლავები;

მზე: “მესამე თაობის ვარსკვლავი”

მზის ევოლუცია

მზე იმყოფება ევოლუციის სტაბილურ (მზა) ეტაპზე



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

www.tevza.org/home/course/universe2013

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.