

Anul Heliofizic International extinde frontiera de expertiza IGY la granitele Heliosferei.

Cinci teme majore de studiu:

- Evolutia si generarea structurilor magnetice solare si a tranzientilor coronali
- Transferul de energie si cuplarea proceselor
- Curgeri si circulatii ale plasmei
- Granite si interfete
- Studii sinoptice in trei dimensiuni ale sistemului Soare-Planeta-Heliosfera



Soarele, steaua de langa noi

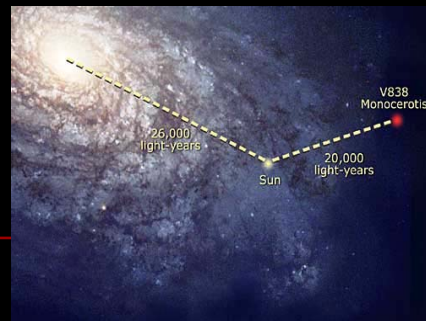


Programul Anul Heliofizic International (IHY) celebreaza 50 de ani de la Anul Geofizic International (IGY), 50 de ani de la inceputul erei cosmice.

IHY Romania: www.astro.ro/~ihy

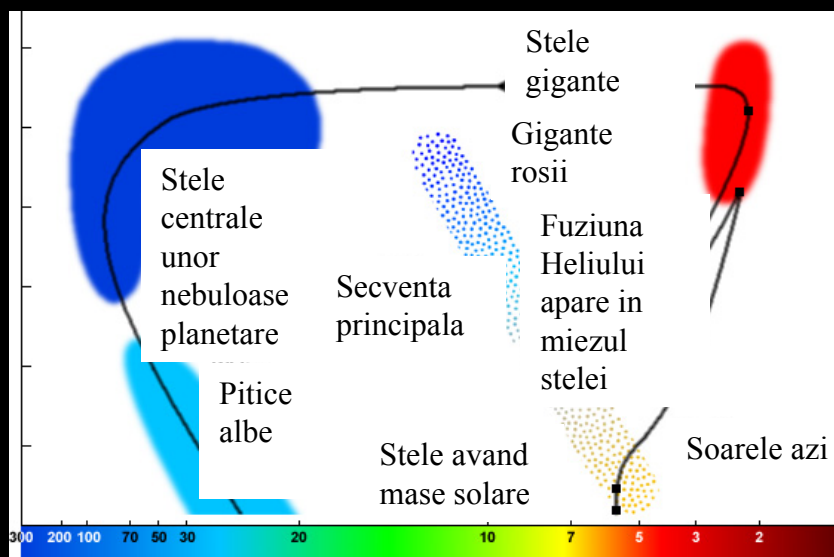
Soarele, steaua de langa noi

Calea Lactee reprezinta Galaxia noastra, unde se găseste Sistemul nostru solar. Sistemul solar are ca stea centrală Soarele, o stea obișnuită din secvența principală, de clasă spectrală G2. Printre sute de miliarde de stele ale Căii Lactee, Soarele se află la 28000 ani lumină de centrul Galaxiei noastre, plasându-se pe unul dintre brațele spirale ale acesteia.



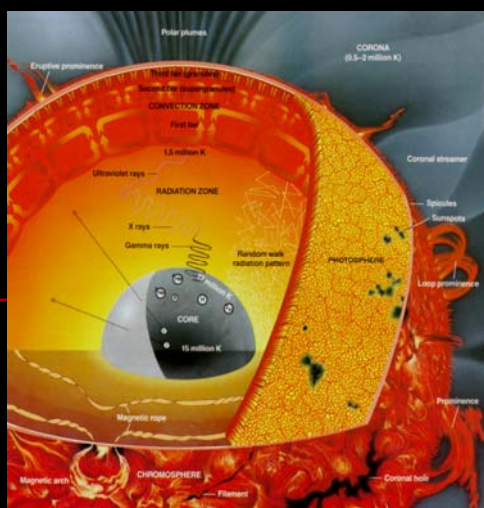
Acum mai bine de 4,5 miliarde ani, un nor de gaz cu un diametru de aproximativ 480×10^{12} km a devenit soare. Pe măsură ce norul protostelar se concentra, temperatura internă a crescut până ce s-au declanșat reacții termonucleare prin care deuteriul arde în heliu.

Acum Soarele se află cam la jumătatea vieții sale din secvența principală. Cu cât înaintează în vârstă, heliul este colectat în centrul său, iar peste aproximativ alte 4,5 miliarde ani, echilibrul dintre presiunea gazului și forța gravitațională va înceta. Atunci fuziunea nucleară se va muta spre straturile superioare unde încă mai există hidrogen.



Soarele va părăsi secvența principală, devenind gigantă roșie. După arderea completă a heliului în carbon și oxigen (care poate dura aproximativ 12 miliarde ani), trecând prin stadiul de gigantă, Soarele va ajunge să își expulzeze straturile exterioare, devenind supergigantă roșie. Miezul stelei va continua să se răcească și să se micșoreze, Soarele devenind stea centrală a unei nebuloase planetare și apoi pitică albă. Stadiul final al Soarelui va fi acela de pitică neagră. Își va continua călătoria prin galaxie, răcindu-se mereu, până când va întâlni un alt nor gazos gigant și va fi implicat în nașterea unei noi stele.

Structura Soarelui



Raza = 696 000 Km = 109 raze terestre
Volum = $1,412 \times 10^{33} \text{ cm}^3$
Masa = $1,991 \times 10^{33} \text{ g}$
Densitatea medie = $1,410 \text{ g/cm}^3$
G = $2,74 \times 10^4 \text{ cm/s}^2$
Luminozitatea = $3,86 \times 10^{33} \text{ erg/s}$
Distanța Pământ Soare = $1,496 \times 10^{13} \text{ cm}$
 = 214,9 Rs

Regiunea	Raza	Temperatura
fuziune-nucleu	0,3 raze solare	$15 \times 10^6 \text{ K}$
stratul radiativ	0,3-0,6 raze solare	$6 \times 10^6 \text{ K}$
stratul convectiv	0,6-1,0 raze solare	$1 \times 10^6 \text{ K}$
fotosfera	100 km	6000 K
cromosfera	2000 km	30000 K
coroana	10^6 km	$1 \times 10^6 \text{ K}$

Structura Soarelui este determinata de 5 probleme fizice:

Echilibrul hidrostatic - presiunea balanseaza gravitatiea

Echilibrul termic – cantitatea de energie generata este egala cu cea radiata

Opacitatea – rezistenta invlisisului solar la curgerea fotonilor (determina viteza cu care energia este eliberata in afara astrului)

Transportul energiei- modul in care aceasta este transportata din miezul astrului spre fotosfera

Producerea energiei – fuziunea termonucleara

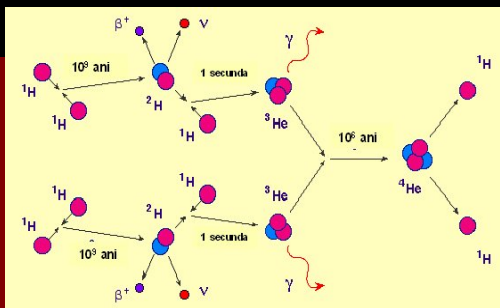
Interiorul solar are patru zone:

Miezul – sediul producerii reactiilor termonucleare

Zona radiativa – transportul prin radiatie al energiei

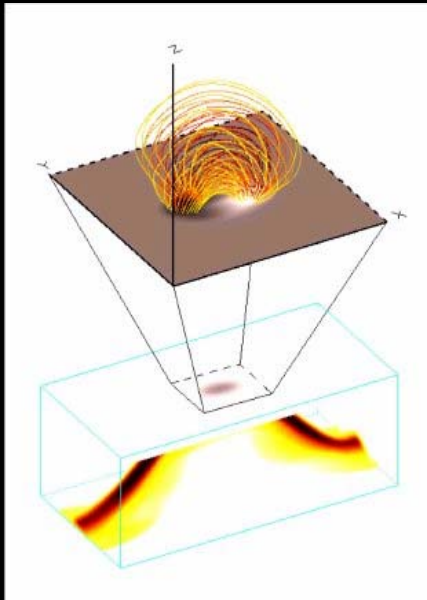
Tahoclina – stratul subtire unde se formeaza campul magnetic prin actiunea dinamului solar

Zona convectiva – energia si campul magnetic sunt aduse la suprafata astrului prin convecție



Campul magnetic din regiunile active solare

Regiunile active solare se formeaza in zonele unde sunt concentrate campuri magnetice bipolare foarte puternice. Majoritatea evenimentelor activitatii solare (pete solare, protuberante, eruptii, ejectii coronale de masa) sunt asociate cu regiunile active.

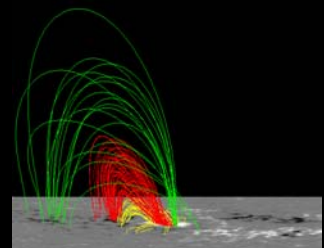
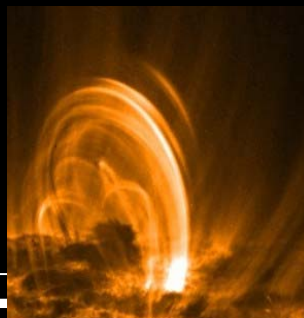
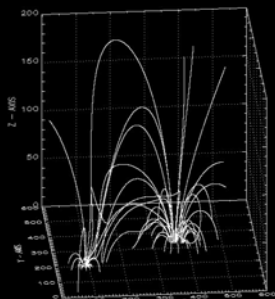


Campurile magnetice sunt sursa activitatii solare. Campul magnetic al Soarelui a fost descoperit in 1908 de catre E. Hale.

Campul magnetic pe care il observam la suprafata solara este guvernat de fortele ce actioneaza asupra structurilor magnetice la nivelul fotosferei si sub aceasta, in interiorul Soarelui.

Evolutia campului magnetic din regiunile active, de la suprafata solara pana in coroana, prezinta un important interes, avand implicatii majore in ejectiile coronale de masa, ca, de altfel, in toate fenomenele activitatii solare.

Se cunosc destul de putine despre campul magnetic solar din coroana, reconstituit prin extrapolare din cel fotosferic, sau prin folosirea observatiilor de microunde pentru a forma harta structurilor magnetice din regiunile active.



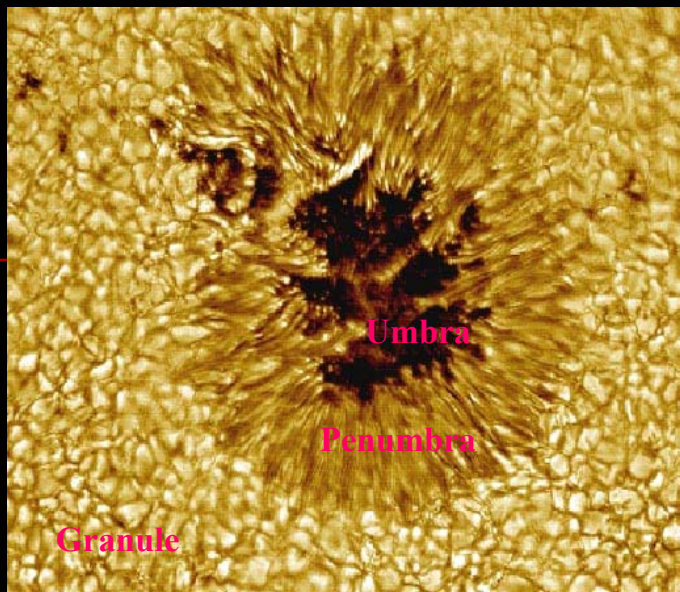
Petele solare – sunt observabile in fotosfera

Petele solare si grupurile de pete solare sunt formatiuni fotosferice in continua evolutie.

Au un camp magnetic intens, ceea ce inhiba convectiona, formand suprafete de temperatura mai joasa.

Toate petele solare au o regiune centrala intunecata numita umbra si toate, cu exceptia celor mici, sunt inconjurate de o structura filamentara, mai putin intunecata, numita penumbra. Aceasta poate avea valori ale diametrului cuprinse intre 1000 si 100 000 km.

Soarele “calm” este reprezentat de granulatatie, care are aspectul unor boabe de orez fierband.

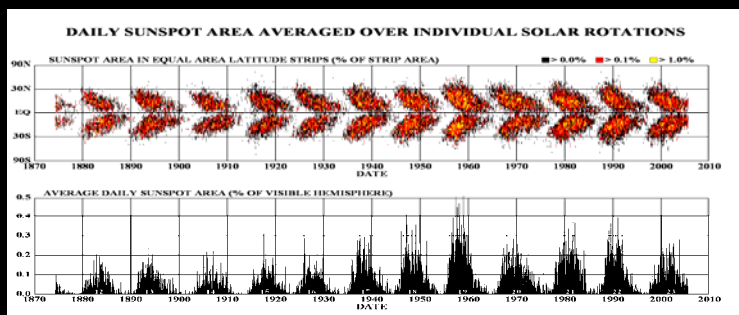


Caracteristici observabile ale regiunilor active:

Regiunile active se gasesc sub forma unor benzi simetrice aflate la anumite latitudini, paralele cu ecuatorul solar.

Acestea apar la latitudini de aproximativ 35 grade la inceputul ciclului si migreaza spre ecuator in decursul celor 11 ani. Aceasta comportare da aspectul diagramei fluture.

Pata conducatoare (in sensul rotatiei Soarelui) are polaritatea magnetica a emisferei in



Soarele prezinta un ciclu de 11 ani, timp in care numarul de pete solare creste pana la un punct de maxim, iar apoi scade pana la minim. In perioada de minim de activitate solara numarul petelor de pe suprafata solara poate fi chiar zero. Ciclul de 11 ani este doar jumatate dintr-un ciclu mai mare, de 22 de ani, care tine cont de inversarea polaritatii si aranjarii campului magnetic in interiorul petelor.

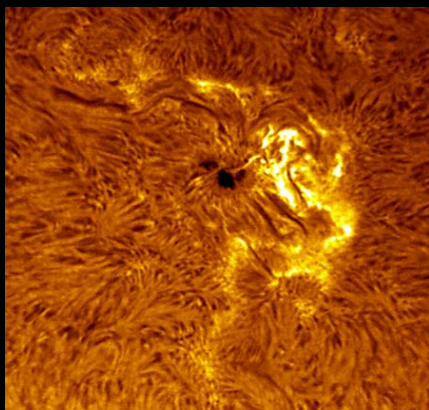
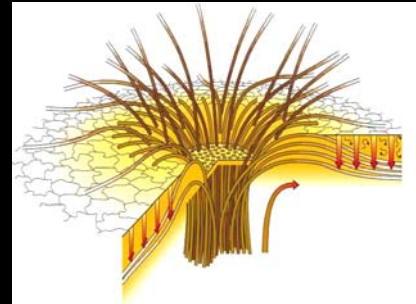
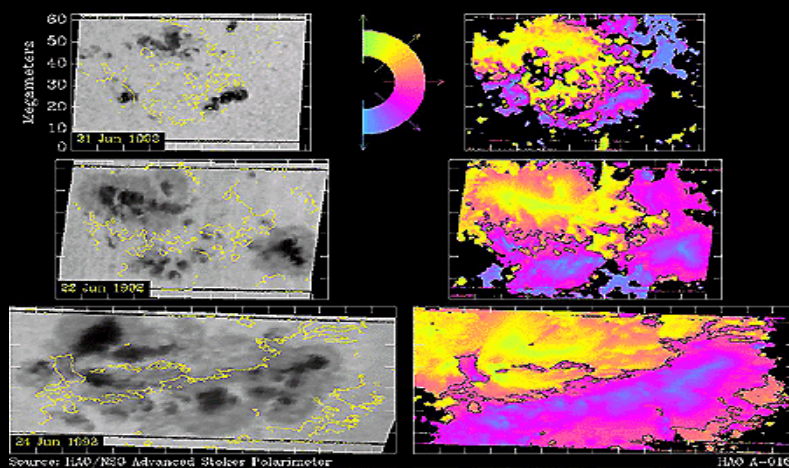
Emergenta fluxului magnetic in regiunile active

Zone ale campului magnetic din interiorul Soarelui ajung intr-un punct de instabilitate (datorat miscarii de rotatie diferentiale a Soarelui) dand posibilitatea liniilor de camp sa urce catre zona convectiva.

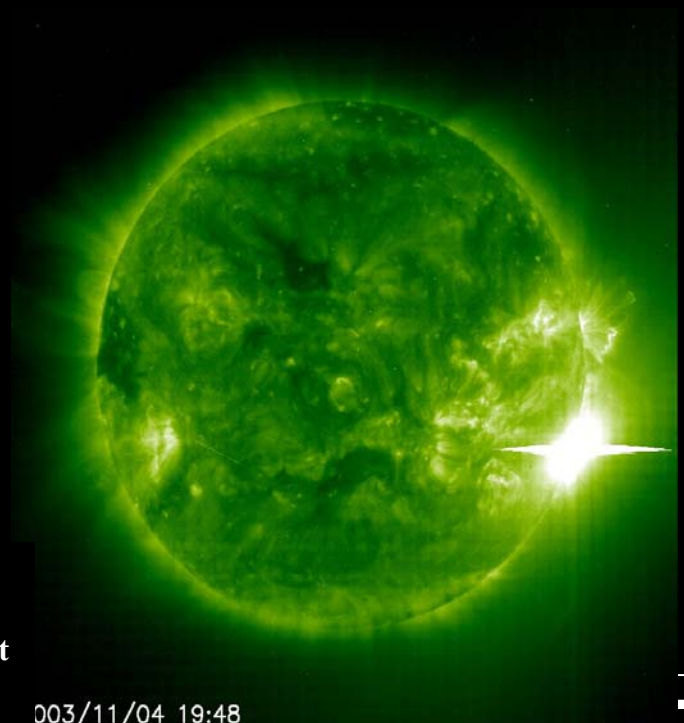
Tuburi de flux magnetic urca astfel catre suprafata solara, iesind in fotosfera, continuand sa evolueze catre straturile cromosferice si coronale.

La minimul de activitate solara campul magnetic la scara larga este bipolar, cu o topologie relativ simpla.

La maxim, in schimb, majoritatea liniilor de camp sunt concentrate in regiunile active, topologia campului devenind mult mai complexa.

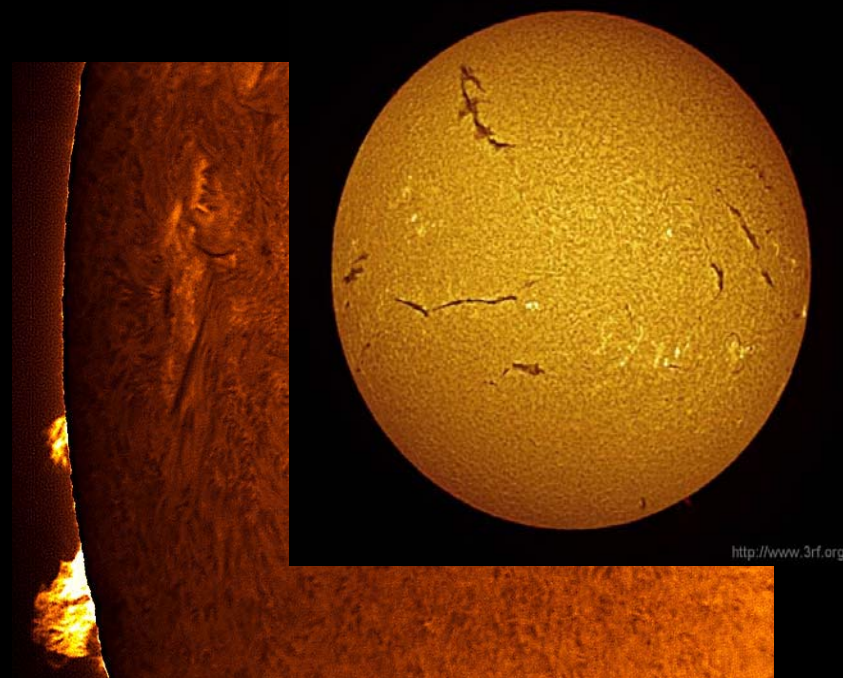


Eruptiile puternice sunt asociate cu emergenta de flux magnetic in fotosfera. Eruptiile apar in cromosfera, stratul imediat urmator al atmosferei solare si sunt observabile in cateva lungimi de unda.

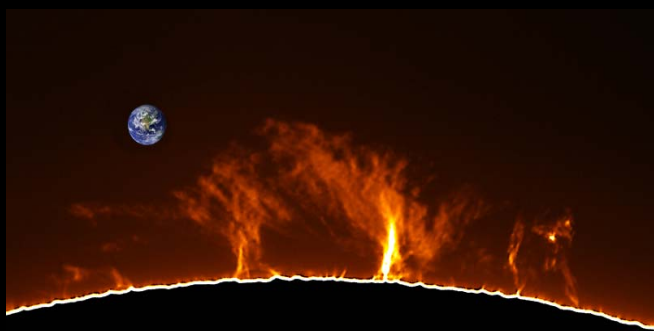


003/11/04 19:48

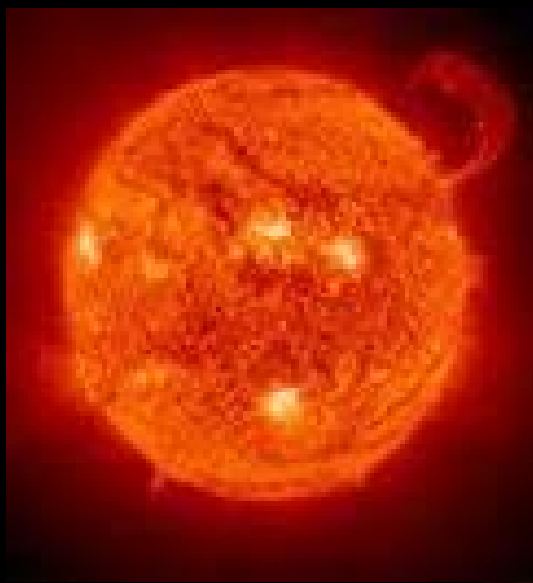
Protuberante – observabile în cromosfera și coroana



Formațiunile cromosferei se pot distinge pe fotografiile monocromatice în H α . Dintre acestea se remarcă și filamentele - porțiuni întunecate, care la marginea discului devin formațiuni luminoase numite protuberante.



Protuberanțele sau filamentele sunt straturi de materie rece ($T \sim 7000$ K) suspendate în coroana solară fierbinte ($T \sim 10^6$ K). Ele sunt de o sută de ori mai dense decât mediul coronal, fiind susținute contra greutateii de câmpul magnetic. Procesele fizice care au loc în aceste formațiuni active ale atmosferei solare implică probleme de fizica plasmei, magnetohidrodinamică și transfer radiativ. Balanța de energie de milioane de grade din coroană implică lanțuri de evenimente, parte din ele fiind încă insuficient înțelese.



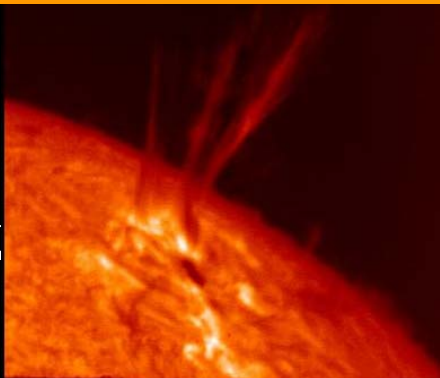
Protuberantele solare sunt mase usiase de plasma racita si suspendata in atmosfera Soarelui de catre campul magnetic. Arcade magnetice uriase sau bucle coronale, ancorate in zona convectiva si alungite pana in coroana solara, pot fi sediul de formare a protuberantelor (filamentelor).

Protuberanțele sunt ancorate în fotosferă adânc prin piloni de susținere (picioarele protuberanței) situați la o distanță de aproximativ 30 000 km (ceea ce reprezintă ordinul de mărime al dimensiunii granulelor solare).

Acești piloni fac legătura între cele trei straturi ale atmosferei solare, fotosfera, cromosfera și coroana, fiind conectați în chiar zona convectivă, ceea ce face ca studiul protuberanțelor să fie complex și să implice abordarea unor probleme fundamentale de fizică solară.

Protuberantele pot fi calme, active sau eruptive.

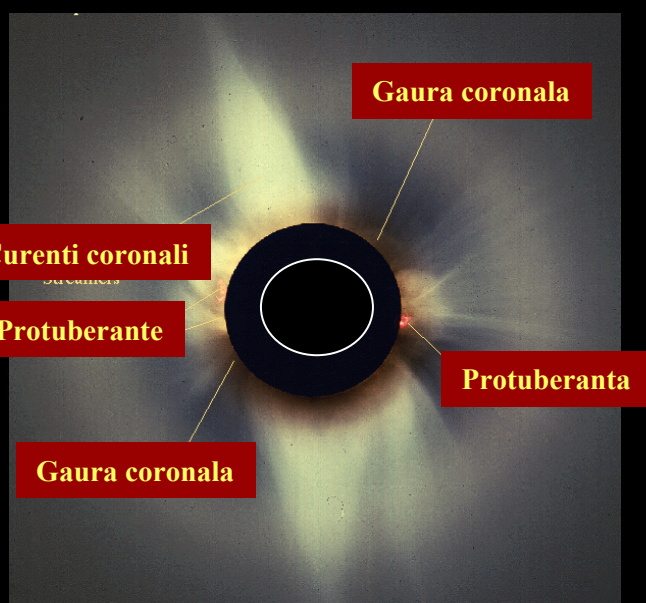
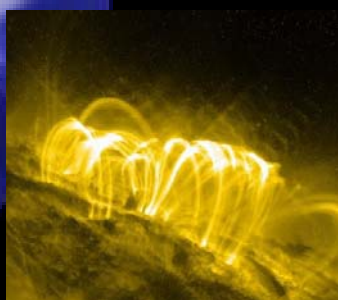
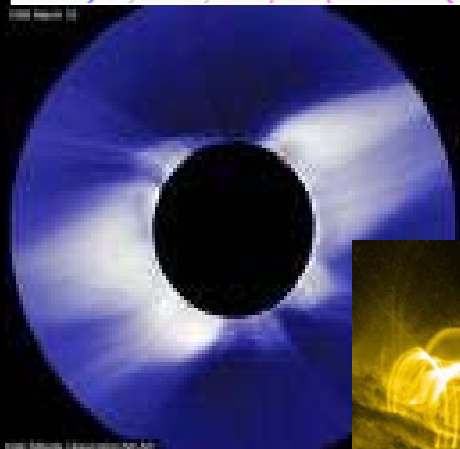
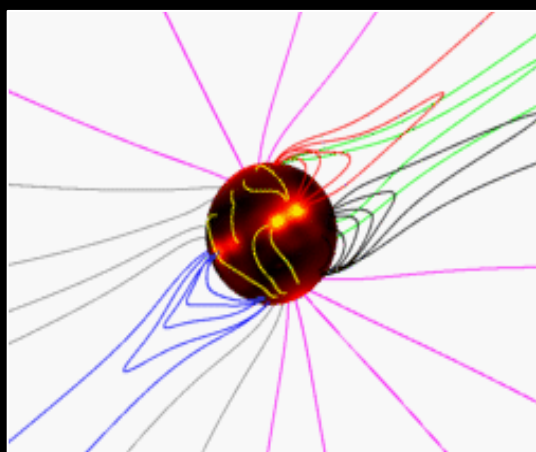
Surge-urile fac parte din categoria protuberantelor active.



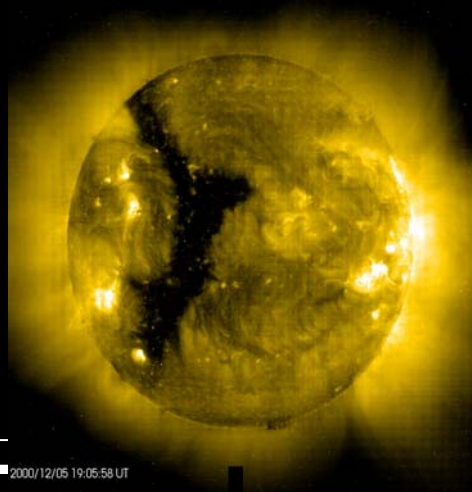
COROANA SOLARA

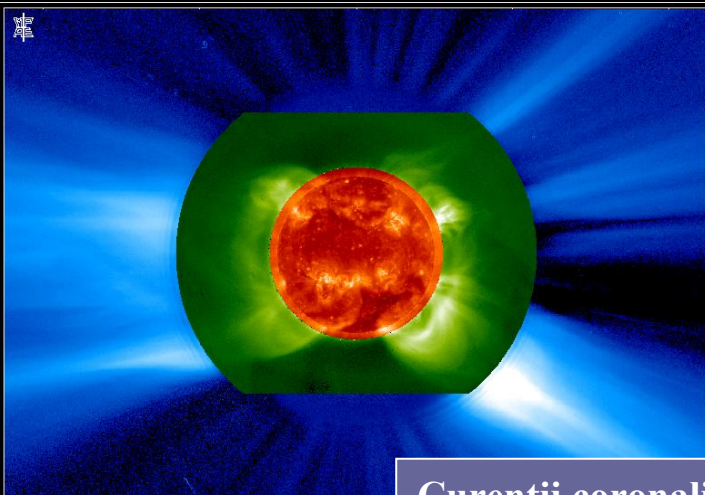
Coroana solara nu are o structura omogena, ea prezentand raze si jeturi de diferite lungimi (*curentii coronali*) sau arcade (bucle) si nori izolati (condensarile coronale) ale caror forma si marime se schimba in corelatie cu fenomenele din straturile mai joase (cromosfera si fotosfera) ale atmosferei solare.

Coroana se observa la eclipse sau cu ajutorul coronografelor.

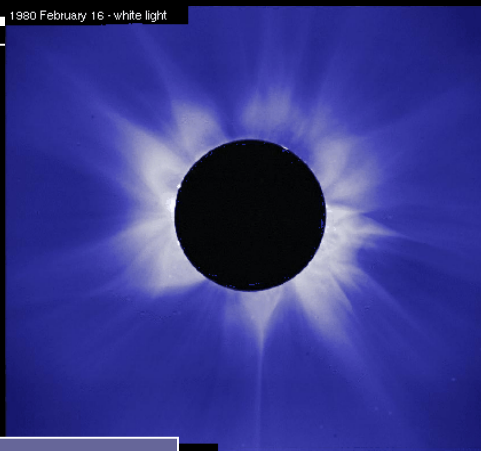


Pe fotografiile în radiație X s-au pus în evidență niste regiuni întunecate, denumite *gauri coronale*, care din punct de vedere magnetic sunt structuri "deschise" ca și regiunile din jurul polilor solari, liniile de câmp magnetic formând un sistem divergent de "o singură polaritate" și de slabă intensitate.

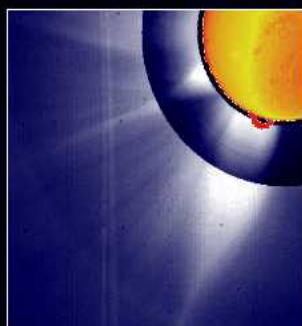




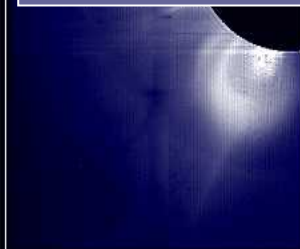
1980 February 16 - white light



Curentii coronali sunt structuri magnetice extinse, ce pot avea la baza lor cate o protuberanta. Campul lor magnetic se imparte in: zona de camp magnetic inchis ce se afla la baza si zona de camp magnetic deschis, separate de un strat de curent. Adesea, curentii coronali au aspectul unui coif.



17 AUG 1980 22:47 GREEN



18 AUG 1980 11:54 GREEN



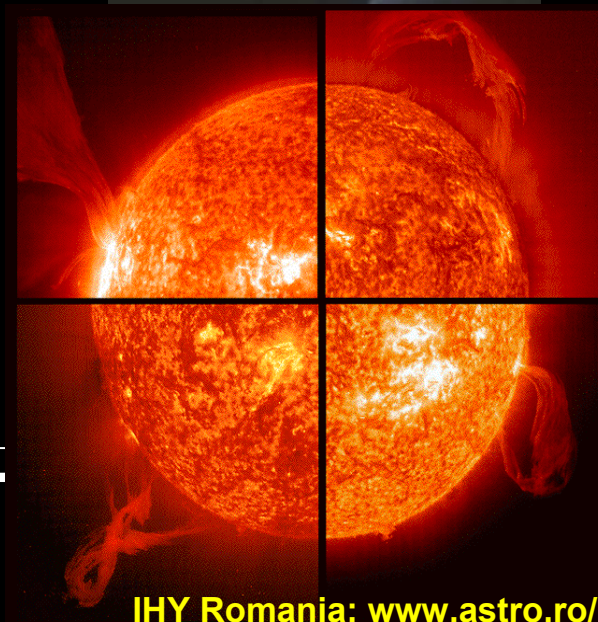
18 AUG 1980 12:15 GREEN



18 AUG 1980 13:09 GREEN



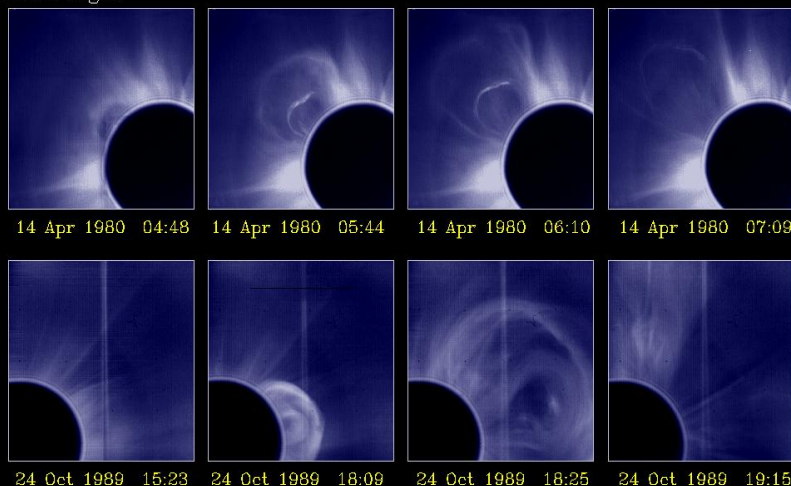
Protuberantele si curentii coronali pot erupe, prin deschiderea liniilor de camp magnetic spre spatiul interplanetar, dand ejectiile coronale de masa.



Ejectiile Coronale de Masa

Ejectiile coronale de masa (CME) sunt nori masivi de plasma si camp magnetic expulzati din straturile joase ale atmosferei solare in straturile superioare si in spatiul interplanetar. Au fost descoperite in anii 1970 cu ajutorul coronografelor de pe misiunile spatiale OSO-7 si Skylab.

White Light



Source: High Altitude Observatory/Solar Maximum Mission Archives

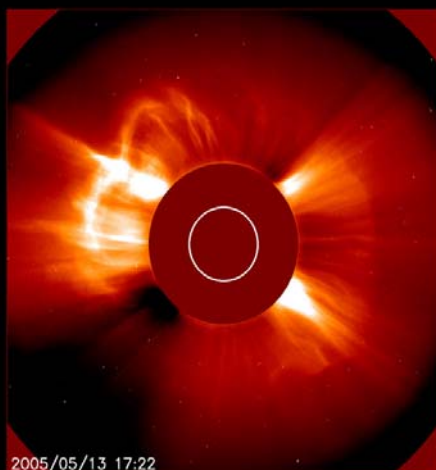
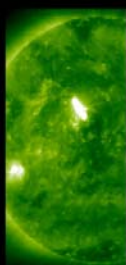
HAO A-014

← Pamantul comparat cu marimea unei protuberante eruptive.

Proprietati:

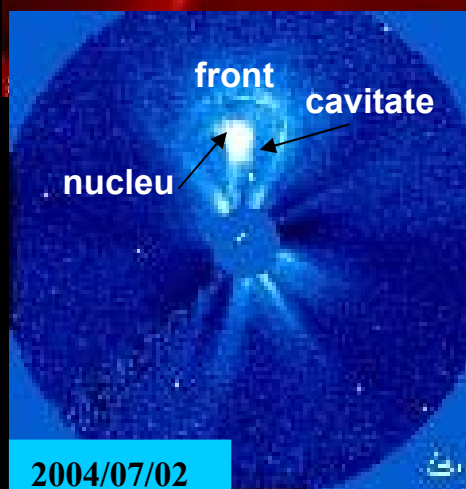
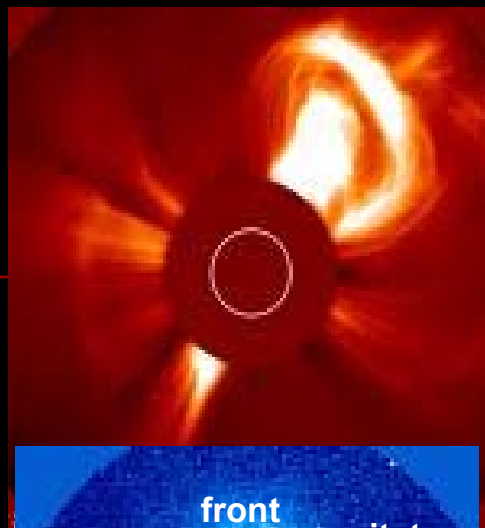
- masa expulzata: pana la $2 \cdot 10^{13}$ kg
- rata de masa expulzata: 10^8 kg/s ($\sim 10\%$ din masa pierduta prin vantul solar)
- viteze medii: ~ 400 km/s (pot atinge si viteze mai mici decat 100 km/s si mai mari decat 2000 km/s)
- energie cinetica medie: $10^{23} - 10^{24}$ J
- largime unghiulara medie: $24^\circ - 72^\circ$
- locatia: la minim de activitate – in apropiere de ecuator
la maxim de activitate – acopera toate latitudinile
- frecventa: la minim de activitate: 0.5/zi
la maxim de activitate: >6 /zi
- asociate cu: pete solare
protuberante eruptive
eruptii coronale; sigmoizi in radiatie X etc.

Tipuri de ejectii de masa



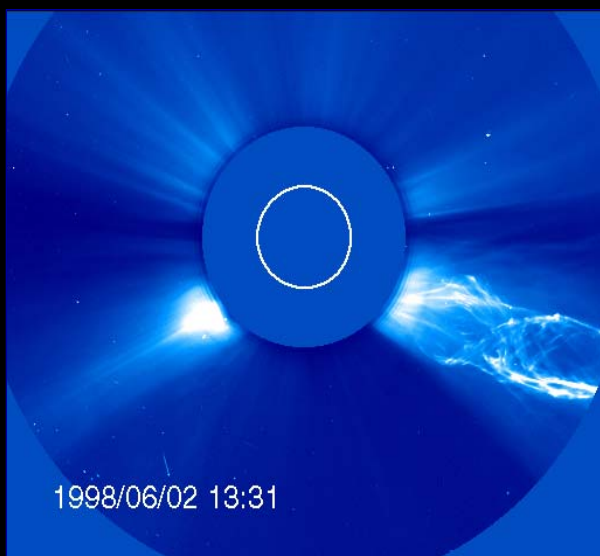
2005/05/13 17:22

CME de tip 'halo' – vizibila in jurul discului solar.



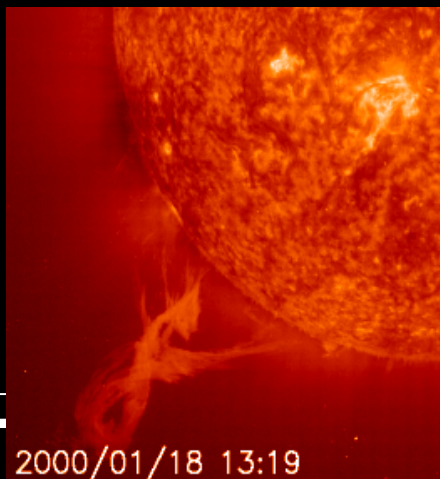
2004/07/02

CME 'clasica' – este formata din 3 parti: nucleu (protuberanta eruptiva), cavitate si front luminos.



1998/06/02 13:31

CME 'ne-clasice' – pot avea diverse forme



2000/01/18 13:19

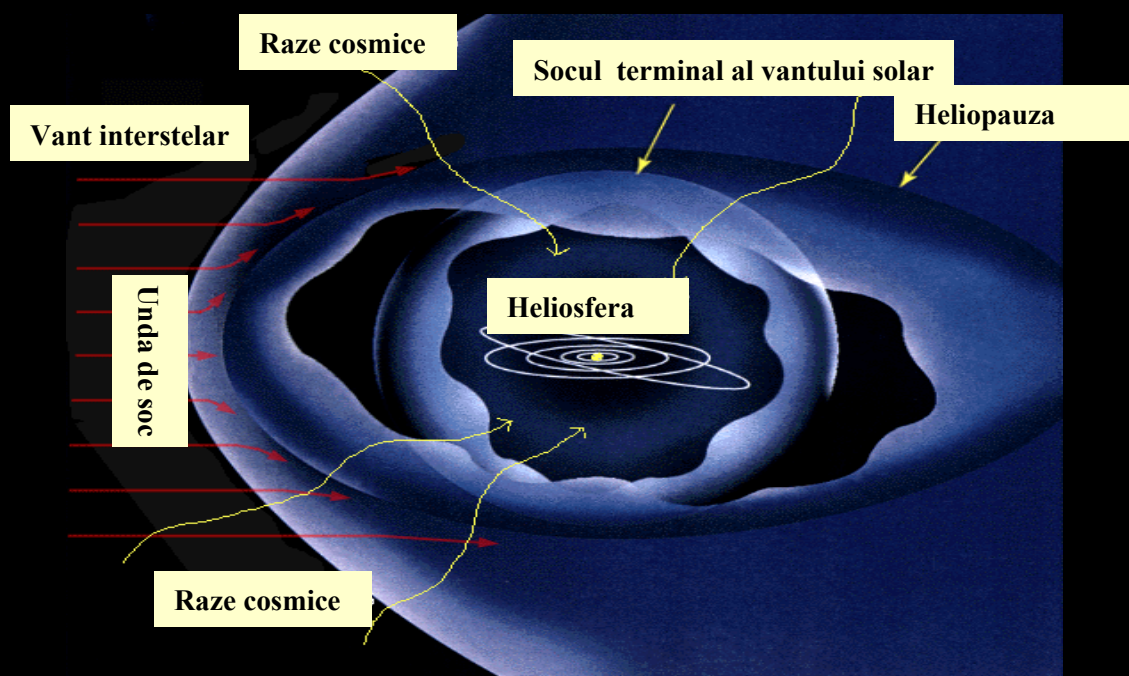
Heliosfera

Heliosfera este zona din spatiu influentata de catre Soare si de campul sau magnetic.

Campul magnetic al Soarelui este “transportat” prin spatiu de catre vantul solar.

Acest camp magnetic “impinge” campul magnetic al mediului interstelar formandu-se o cavitare (sau bula) in care se afla cuprins intreg sistemul solar.

Limita dintre spatiul dominat de catre Soare si mediul interstelar poarta numele de heliopauza.



Campul magnetic al Soarelui este inmagazinat in vantul solar. Vantul solar este un flux continuu de particule (plasma), format in principal din protoni si electroni. Coliziunea dintre vantul solar si comete duce la producerea cozii acestora din urma.

Se crede ca socul terminal, format datorita trecerii vantului solar in regim subsonic, se situeaza la o distanta de aproximativ 200 UA. Pentru a intelege adevarata dimensiune a Heliosferei, este de mentionat ca distanta pana la Pluto, este de 39 UA.

Datorita structurii magnetice a Heliosferei, numai o mica parte din radiatia cosmica galactica patrunde in sistemul solar. Cu alte cuvinte, Heliosfera joaca rolul unui scut.

Daca activitatea solara ar fi constanta atunci si fluxul de radiatie cosmica observat pe Pamant ar fi constant. Dar, deoarece activitatea magnetica a Soarelui variaza in decursul unui ciclu solar (la fiecare 11 ani polaritatea campului Soarelui se inverseaza, ceea ce inseamna ca ciclul solar dureaza 22 ani), va varia si fluxul de radiatie cosmica galactica. Atunci cand Soarele este activ, campul magnetic este mai intens si, deci, si “scutul”, pe Pamant ajungand mai putine particule din radiatia cosmica.

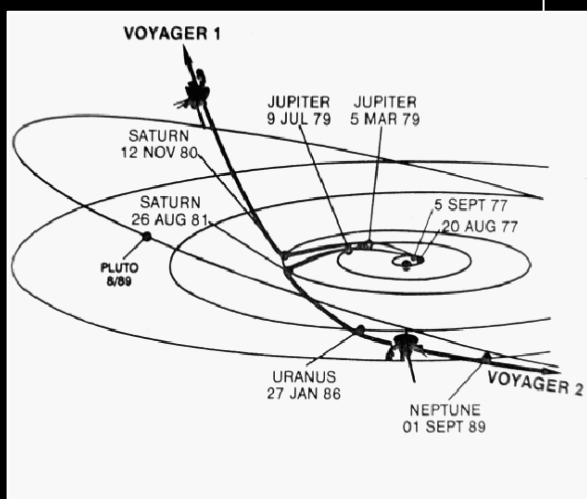
Misiuni spatiale in Heliosfera



Voyager 2 a fost lansat pe 20 august 1977, fiind urmat de Voyager 1 la 5 septembrie. Voyager 1 s-a intalnit cu Jupiter in 1979, iar cu Saturn in 1980 in vreme ce, Voyager 2 a ajuns la Jupiter in 1979, la Saturn in 1981, la Uranus in 1986 si la Neptun in 1989.



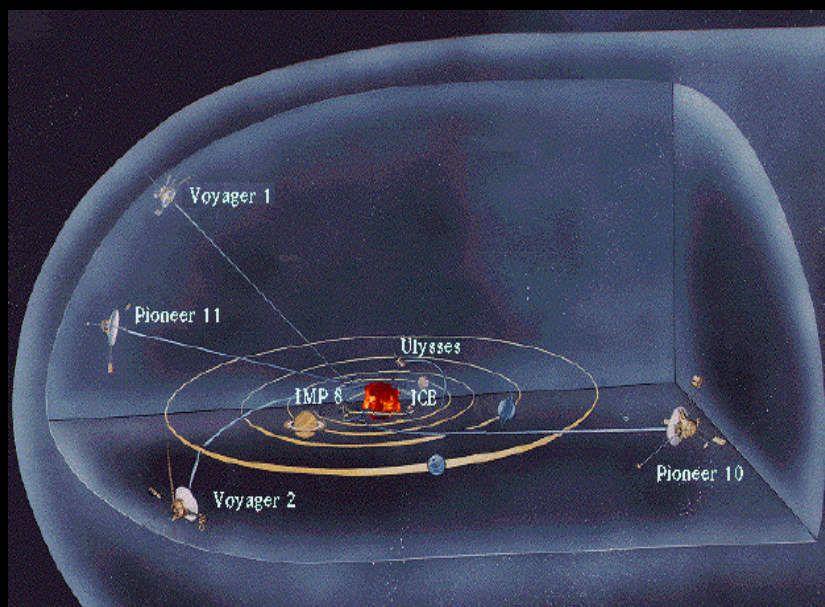
Intalnirea cu Jupiter din 1979 a adus nenumarate fotografii si informatii noi cu privire la lunile lui Jupiter. Cu aceasta ocazie s-a ajuns la concluzia ca Marea Pata Rosie a lui Jupiter este intr-adevar o furtuna complexa si ca Io, unul dintre satelitii lui Jupiter este un corp ceresc vulcanic. Vulcanismul lui Io este cauzat de fortele mareice exercitate asupra sa de Jupiter si celelalte luni ale acestuia.



Voyager 1 a ajuns la Saturn in noiembrie 1980, urmata de Voyager 2 in august 1981. Aici ele au studiat compozitia atmosferei lui Titan, despre care se crede ca este similara cu cea a Pamantului timpuriu. De asemenea s-a ajuns la concluzia ca inelele lui Saturn s-au format din fragmentele rupte din lunile sale de catre comete si meteoriti.

Voyager 2 s-a indreptat apoi catre Uranus si Neptun. A fost prima data cand am avut posibilitatea de a vedea de aproape aceste planete si de a observa forma neobisnuita a magnetosferei lui Uranus, cauzata de inclinarea axei acestuia in raport cu planul ecliptic.

Misiunile Voyager au descoperit 21 de noi sateliti si au furnizat informatii care au adus schimbari importante in domeniul stiintei spatiale. Cele doua sonde vor continua sa emita si sa transmita informatii catre Pamant pentru inca 20 ani, pana cand generatoarele nucleare nu vor mai putea furniza energie. La inceputul lui 2004, Voyager 1 se afla la 91 UA iar Voyager 2 la 73 UA de Soare. Voyager 1 a fost in apropierea soclului terminal in 2003, pe o perioada de 6 luni, inainte ca acesta sa se deplaseze catre exterior. In prezent, Voyager 1 si 2 preiau informatii de vant solar.

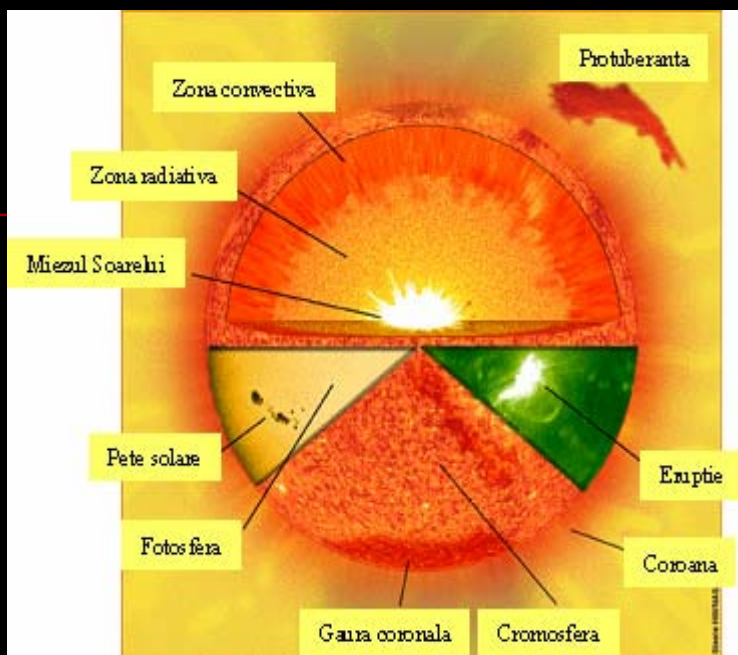


Sondele spatiale Voyager 1 si Voyager 2 au trecut de orbita planetei Pluto, in prezent apropiindu-se de heliopauza, continuind sa trimita date cu privire la mediul strabatut. Pentru a trece de heliopauza si a intra in spatiul interstelar, cele doua sonde spatiale trebuie sa treaca mai intai prin soclul terminal, urmand ca, pana in 2008, ele sa paraseasca heliosfera.

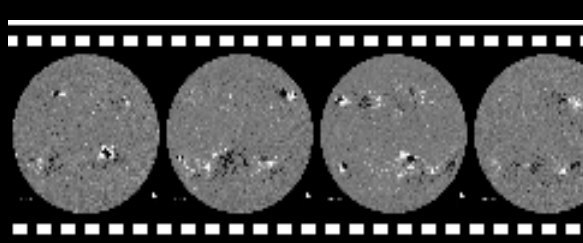
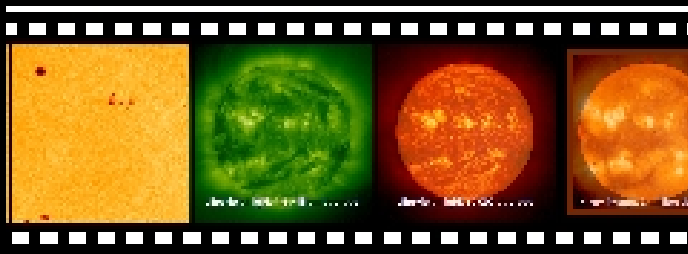


SOHO este un proiect international de colaborare ESA si NASA pentru studiul Soarelui.

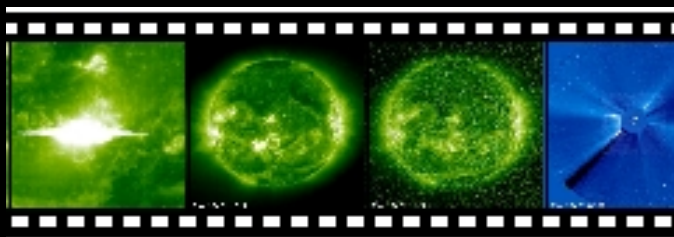
SOHO este un satelit solar cu 12 instrumente la bord, utile in studiul interiorului solar, al atmosferei solare precum si al originii vantului solar. Satelitul a fost lansat in 1995 si a avut ca rezultat schimbarea completa a imaginii Soarelui in conceptia umana.



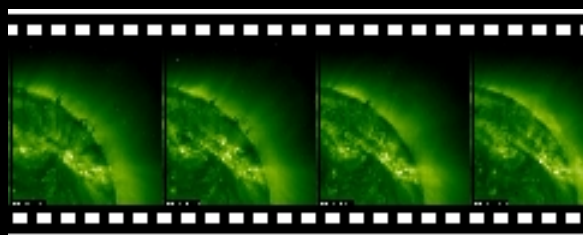
Regiune activa in diferite lungimi de unda.



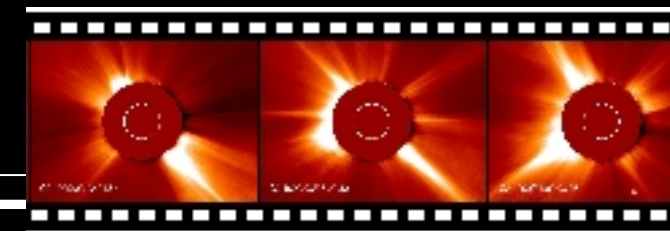
Magnetograma discului solar



Eruptie in radiatie X si CME



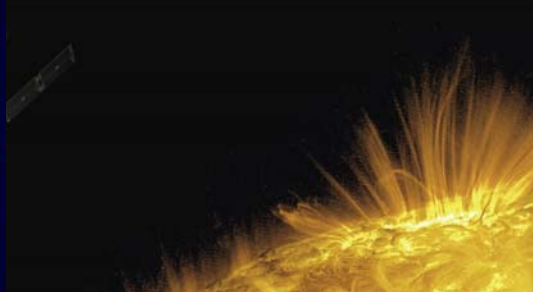
Protuberante



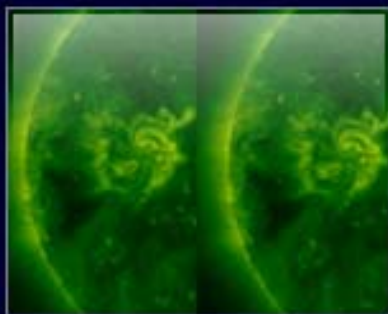
Curenti coronali

O nouă frontieră în cercetarea solară: Soarele în 3-D

Misiunea STEREO, prevăzută pentru a opera pe durata a doi ani, folosește două platforme spațiale aproape identice pentru a obține pentru prima dată imagini stereoscopice ale Soarelui. Principalul lor obiectiv este studierea ejecțiilor coronale de masă, evenimente solare cu implicații majore asupra misiunilor spațiale periterestre iar uneori și asupra unor activități umane.



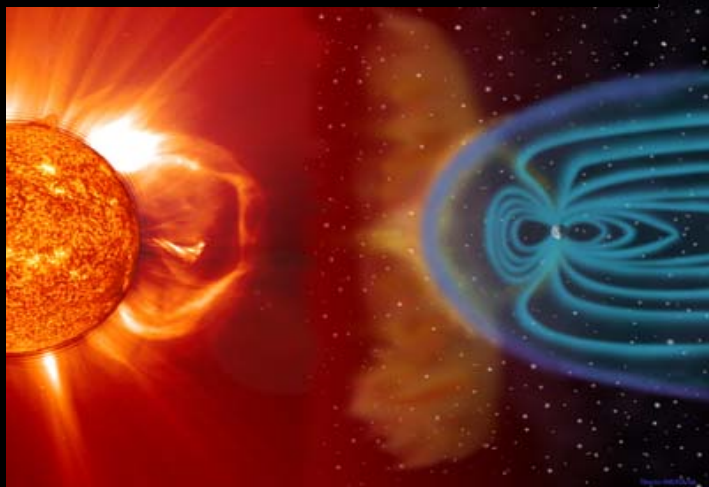
Cele două observatoare spațiale sunt plasate aproximativ pe aceeași orbită cu cea a Pământului, rotindu-se sincron cu acesta în jurul Soarelui. Un fapt demn de menționat este acela că ambii sateliți au fost lansati simultan de către aceeași rachetă, plasarea lor pe orbitele corespunzătoare făcându-se cu ajutorul gravitației lunare ceea ce a contribuit la diminuarea cheltuielilor.



Misiunea a adus în spațiu un total de 16 instrumente destinate urmării formării și propagării ejecțiilor coronale de masă. SECCHI (Sun Earth Connection Coronal and Heliospheric) studiază evoluția tri-dimensională a ejecțiilor de masă coronală de la formarea lor pe suprafața Soarelui până la întâlnirea lor cu Pământul. PLASTIC (PLAsma and SupraThermal Ion and Composition) studiază vântul solar și procesele ce au loc în Heliosferă. IMPACT (In situ Measurements of PArticles and CME) măsoară proprietățile ionilor și electronilor accelerați în CME-uri și erupții solare. S/WAVES (STEREO/WAVES) urmărește generarea și propagarea perturbațiilor radio de la Soare până la Pământ.

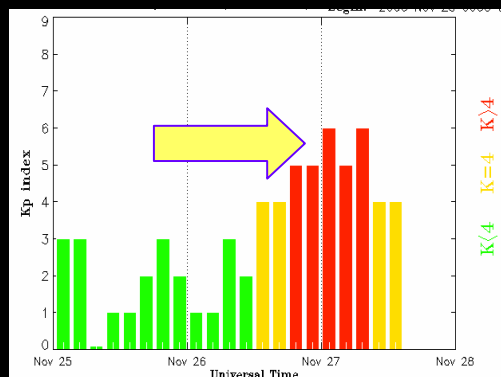
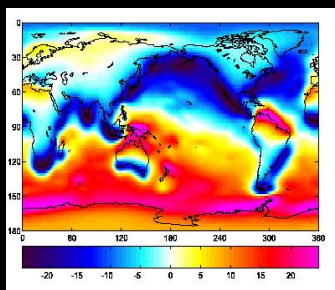
CME si meteorologia cosmica

Activitatea solara produce numeroase schimbari in plasma solara si particule energetice. Acestea sunt responsabile de conditiile meteo din spatiul interplanetar.



Ejectiile coronale de masa reprezinta unul din principalele fenomene active solare care influenteaza vremea spatiala. Norii uriasi de plasma magnetizata pot lovi Pamantul, producand furtuni geomagnetice.

Furtuni geomagnetice -> perturbarea campului magnetic terestru



Caderi ale curentului electric in retele de vasta intindere

Interferente in transmisiile radio si TV

Alterarea stratului de ozon

Aurore polare

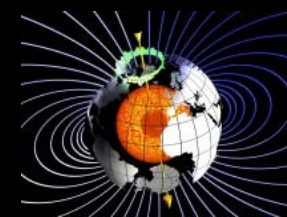


Influenta activitatii solare asupra Pamantului

Variatia activitatii solare produce schimbari asupra climatului planetei noastre. Astfel, in perioada de maxim al activitatii solare, atmosfera inalta a Pamantului isi dubleaza temperatura fata de perioada de minim.

Activitatea solară influențează grosimea stratului de ozon al planetei.

Activitatea solară influențează sistemul pluviometric.



Activitatea solară influențează activitatea geomagnetică.

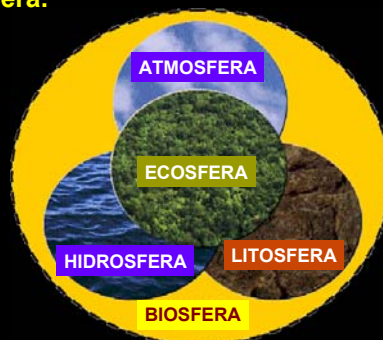
Activitatea solară influențează creșterea copacilor.



Furtunile solare care ajung la Pamant produc furtuni geomagnetice. Acestea influențează direct organismul uman, modificând calitățile sangelui (raportul elementelor ce îl compun). În timpul activității geomagnetice puternice, rata apariției infarcturilor este crescută. Furtunile geomagnetice puternice produc disfuncții la nivelul hipotalamosului și al centrilor ergo-si trofotropici. În schimb, furtunile slabe sau cele moderate au un efect stimulator asupra sistemului nervos central și al celui vegetativ.

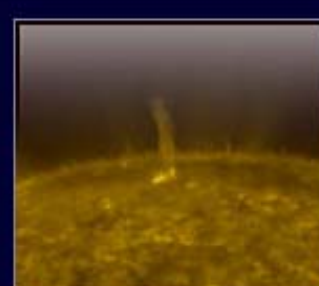
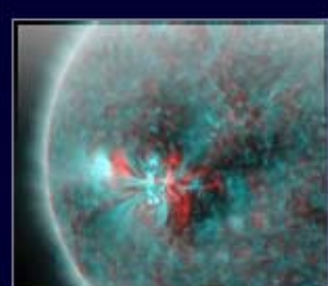
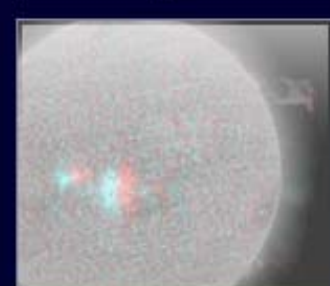
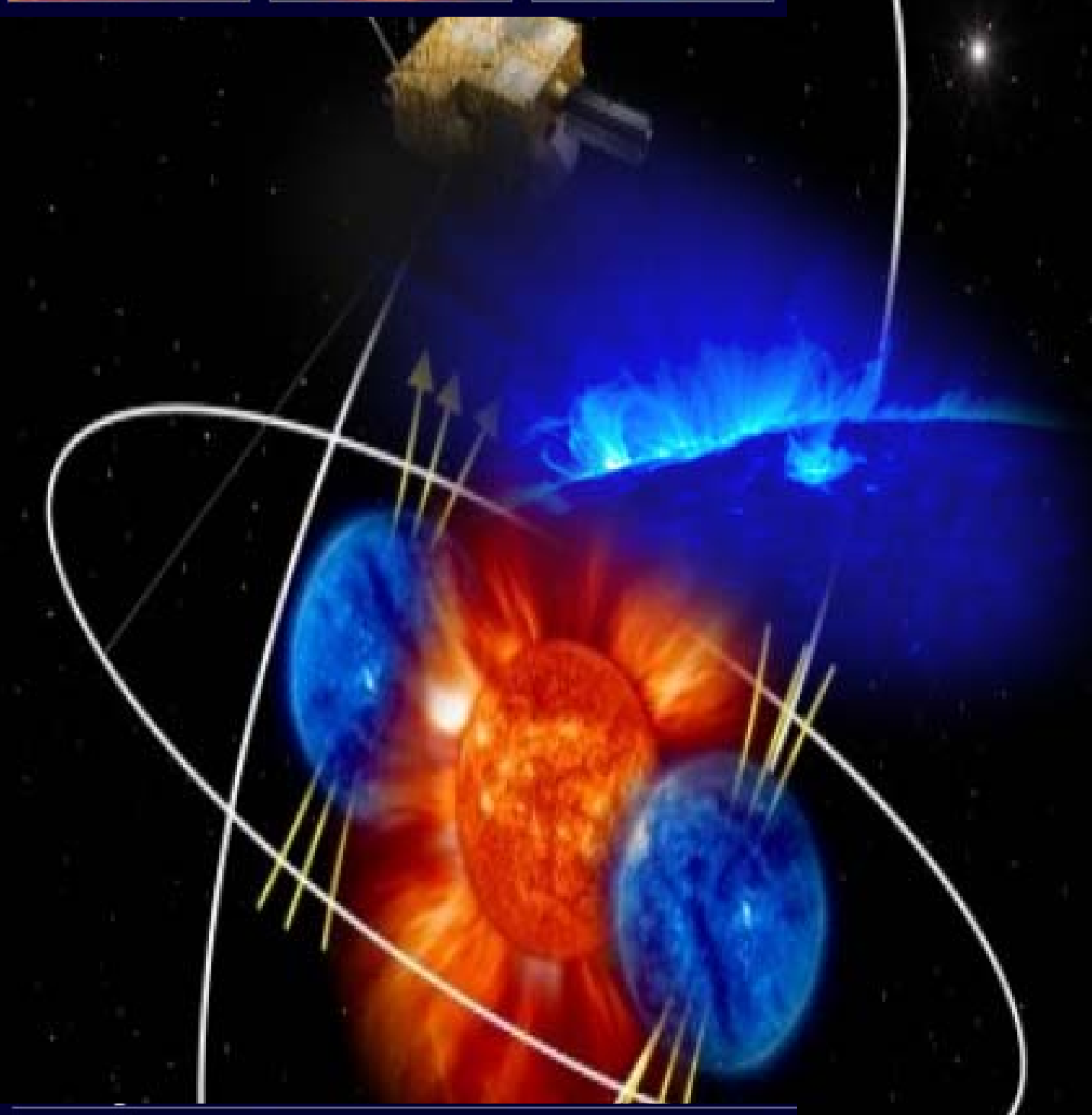


Activitatea solară influențează organismele vii, biosfera.





IHY Romania:
www.astro.ro/~ihy



Autori:
Cristiana Dumitrache
Marilena Mierla
Adrian Sabin Popescu
Constantin Oprea
Diana Constantin
Adrian Oncica