

Spektrum a polarizace záření Slunce



Základní pojmy Sluneční spektrum Polarizace

Pavel Kotrč
Astronomický ústav
AV ČR, v.v.i. Ondřejov



PROGRAM
CEZHRANIČNEJ
SPOLUPRÁCE
SLOVENSKÁ REPUBLIKA
ČESKÁ REPUBLIKA



EURÓPSKA ÚNIA
EURÓPSKY FOND
REGIONÁLNEHO ROZVOJA
SPOLOČNE BEZ HRANÍC



FOND MIKROPROJEKTŮ

Prezentace na 1. česko-slovenském semináři pozorovatelů Slunce, Valašské Meziříčí, 6. 10. 2013

Význam slov

Spektrum – spektrum barev = škála barev, paleta barev, rozdělení něčeho (záření) dle nějaké vlastnosti (energie, frekvence, vlnové délky).

Záření Slunce - elektromagnetické vlnění (nebo fotonové částice) mající původ ve Slunci. Záření přímé, nebo transformované prostředím.

Polarizace záření – přirozená vlastnost odlišující dva extrémní (polarizované) stavy. Podle dohodnuté konvence je polarizace záření popsána určením orientace vektoru elektrického pole elmag záření.

DUHA

Co nám říká sluneční záření?

Postupné luštění informací obsažených ve spektru

Veškeré ověření hypotéz o vesmírných objektech se děje pomocí analýzy spekter

Vedlejší duha 51°

Lom a dvojitý odraz v kapce vody
Opačné řazení barev, slabší,
proč?

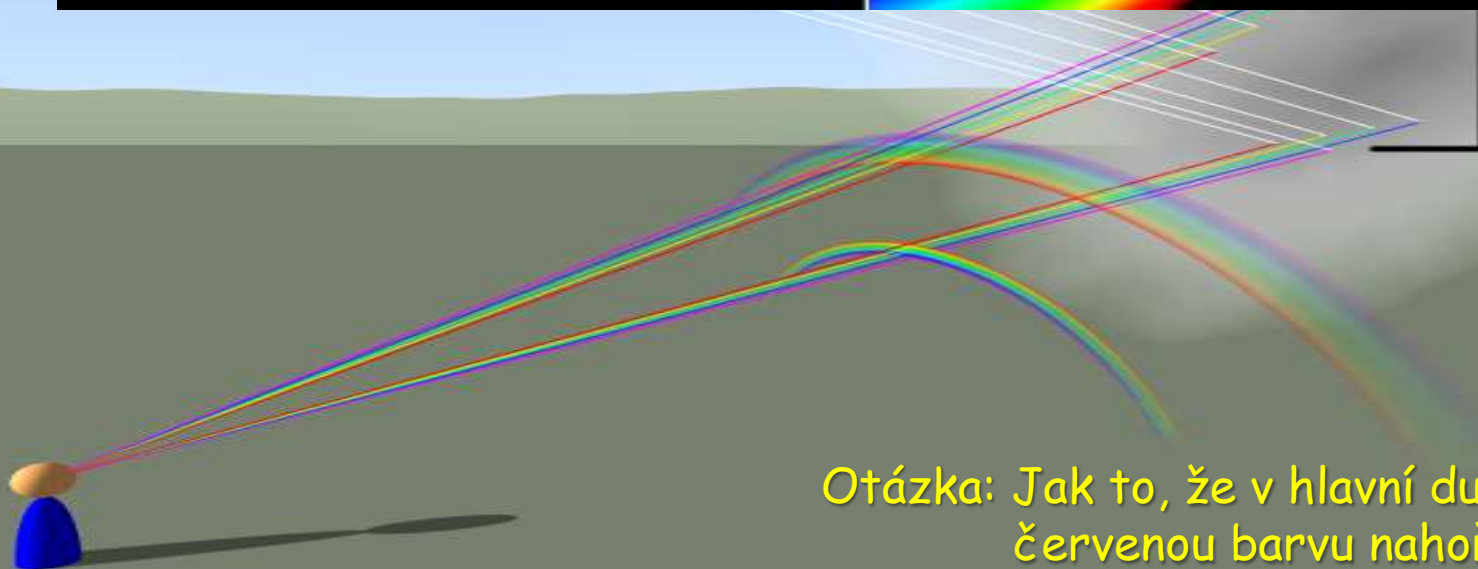
Hlavní duha 42°

Lom a jednoduchý odraz
Proč je pod hlavní duhou jasno?

Vedlejší duha



Hlavní duha



Otázka: Jak to, že v hlavní duze vidíme červenou barvu nahoře a ne dole?

2007-06-28 18:28-19:50 UTC
1h22m, 200x ($\Delta T=10$ s) Martin Setvák



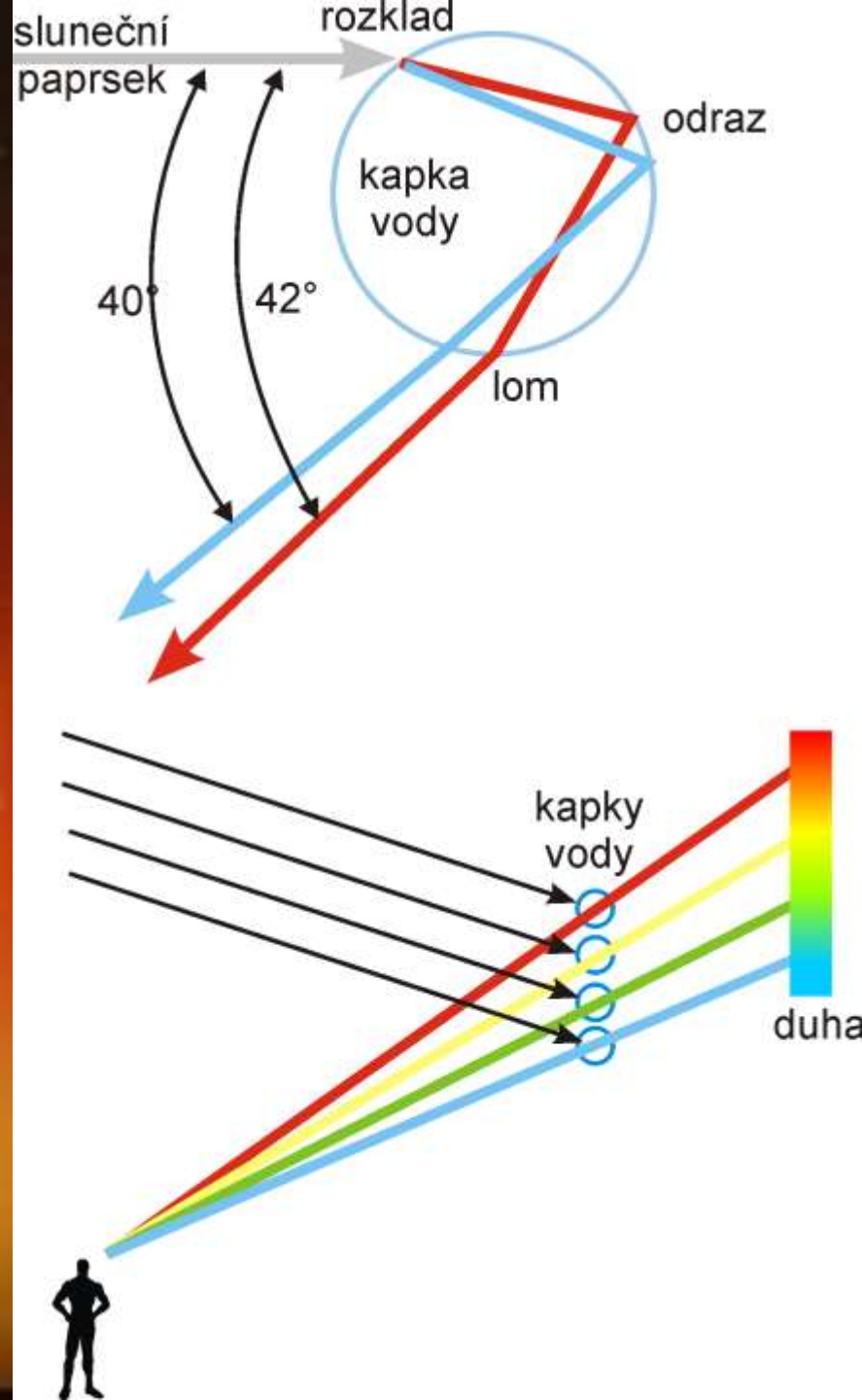
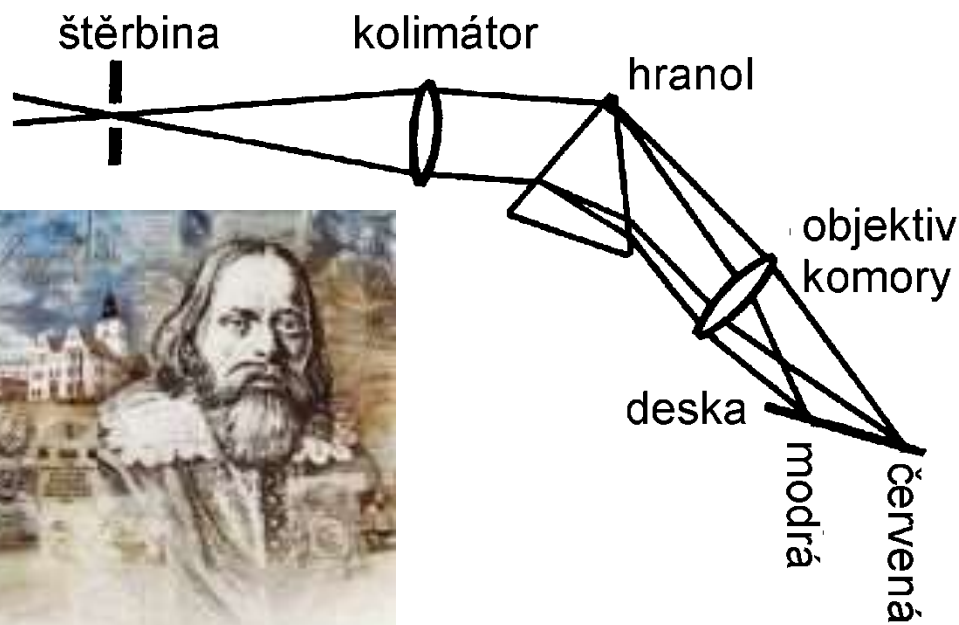
Disperze světla refrakcí (Rozklad světla lomem)

Jan Marcus Marci,

1595-1667

"O duze a barvách těles"

Publikováno 1666





Isaac Newton

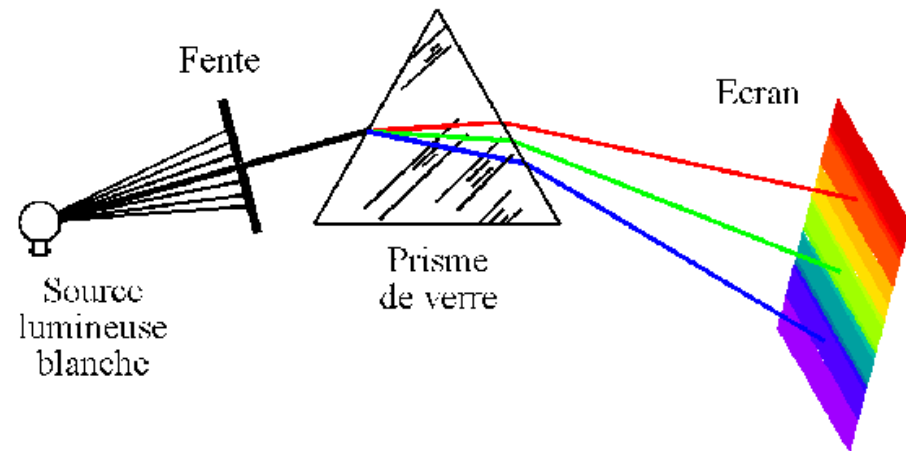
1642 - 1727

Zakladatel klasické mechaniky

1688 - 1671

konstrukce zrcadlového dalekohledu
Disperze světla ve spektrum popsána v:

Optics, principles, 1704

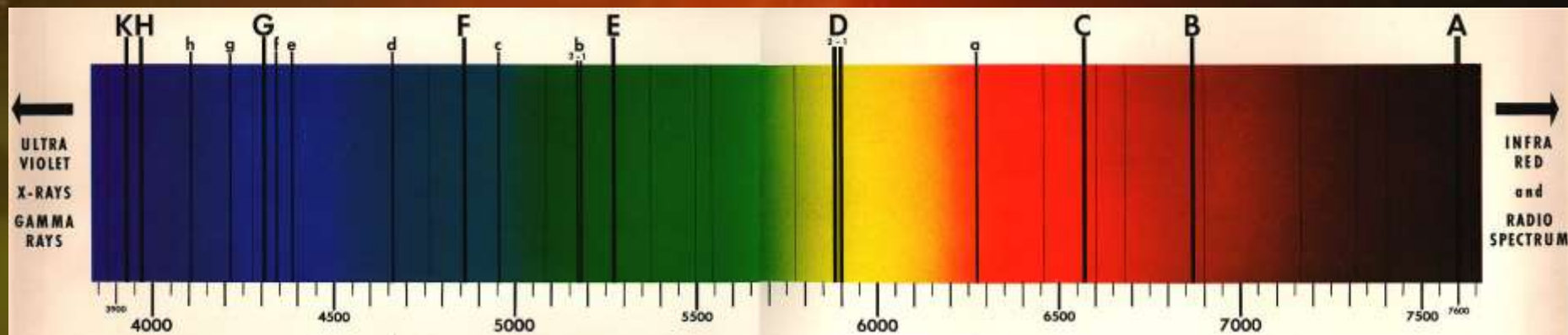




Povzdech filozofa: 1825 - August Comte: "Chemické složení hvězd je typickým neřešitelným problémem pro lidstvo".

Ale už v r. 1814:

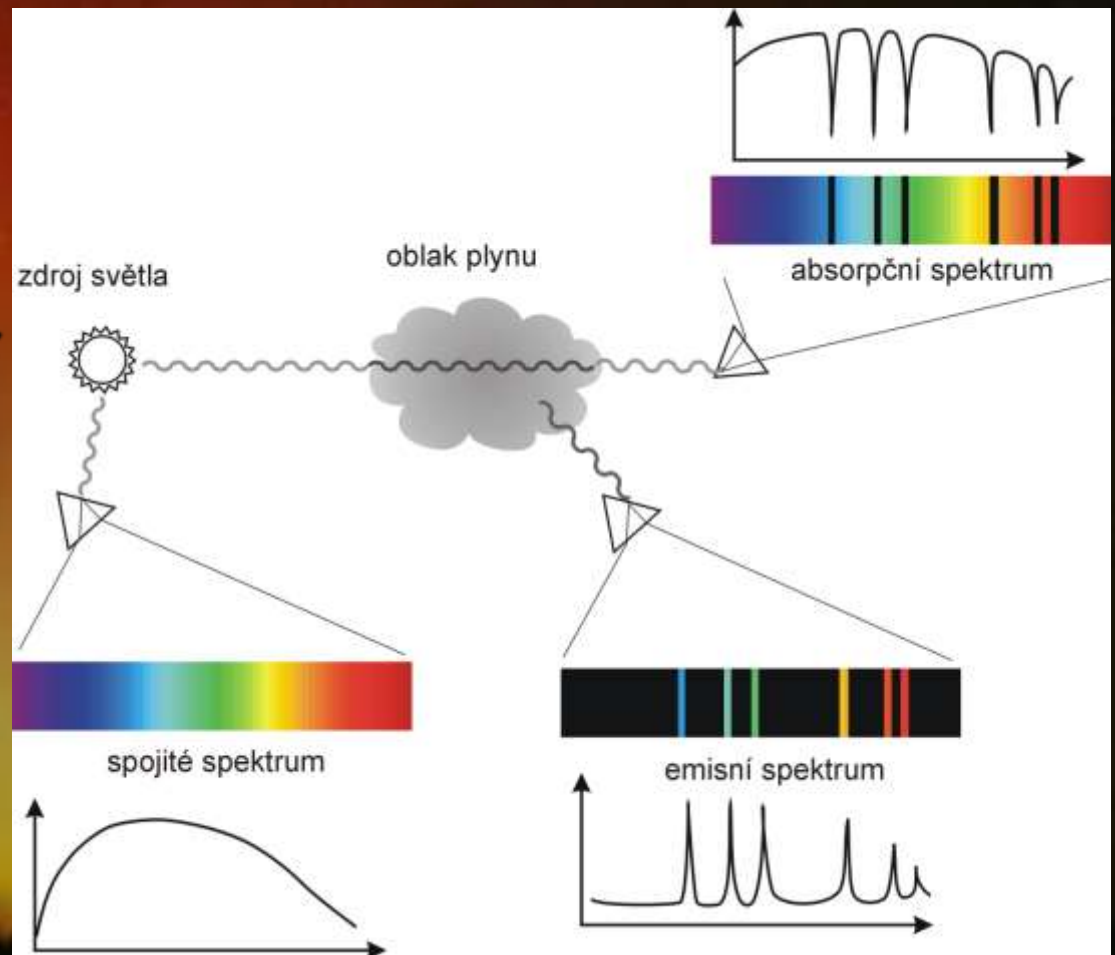
J. Fraunhofer ve slunečním spektru rozlišil několik tisíc tmavých čar různé šířky a intenzity, vytvořil první mapu slunečního spektra, 324 čar, nejsilnější proměřil a pojmenoval: A, B, C, ... H, K. Fraunhofer zemřel 1826 na TBC, nedozvěděl se, že čáry náleží jednotlivým chemickým prvkům.



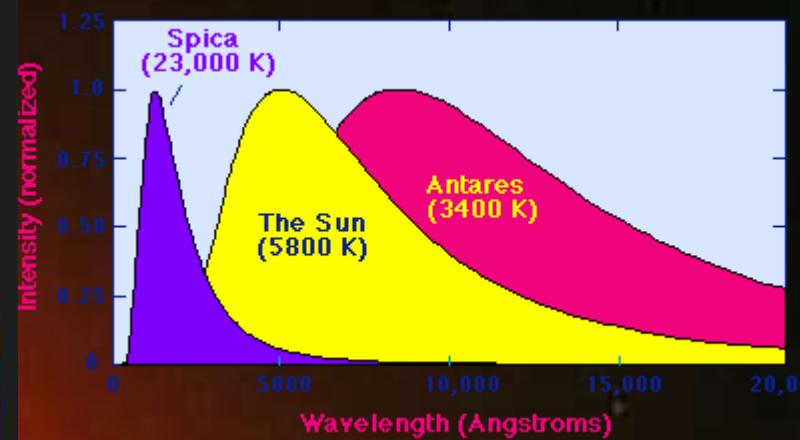
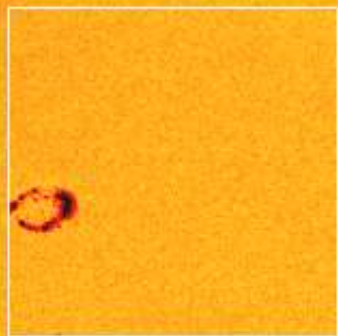
A, kyslík, 7621 Å, B, kyslík 6870 Å, C vodík, 6563 Å (H α), D (D1, D2) sodík, 5896, 5890 Å, D3 helium 5876 Å, G (pás kovových čar, 4308 Å), H a K CaII 3969 a 3934 Å. (Fraunhoferovské spektrum).

Gustav Kirchhof a Robert Bunsen, 1859, čáry přísluší chemickým prvkům, každý má charakteristické rozložení čar. Každá látka pohlcuje světlo na těch vlnových délkách, na nichž sama vyzařuje. Objev, že na Slunci jsou Na, Fe, Ca, Cr, ...

Chemické složení
zdroje záření i
prostředí, jímž
prochází

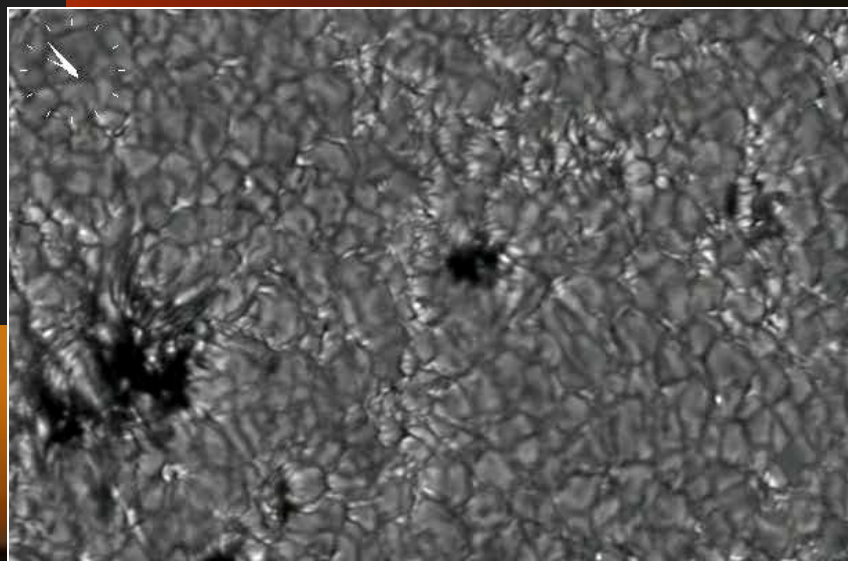


Fotosféra

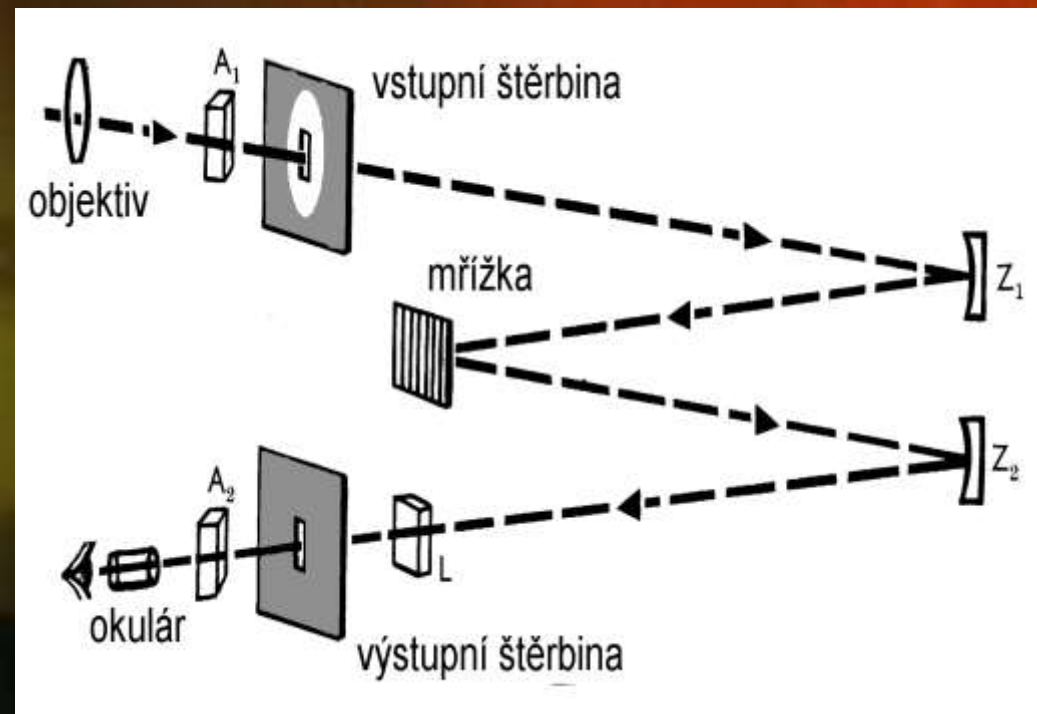
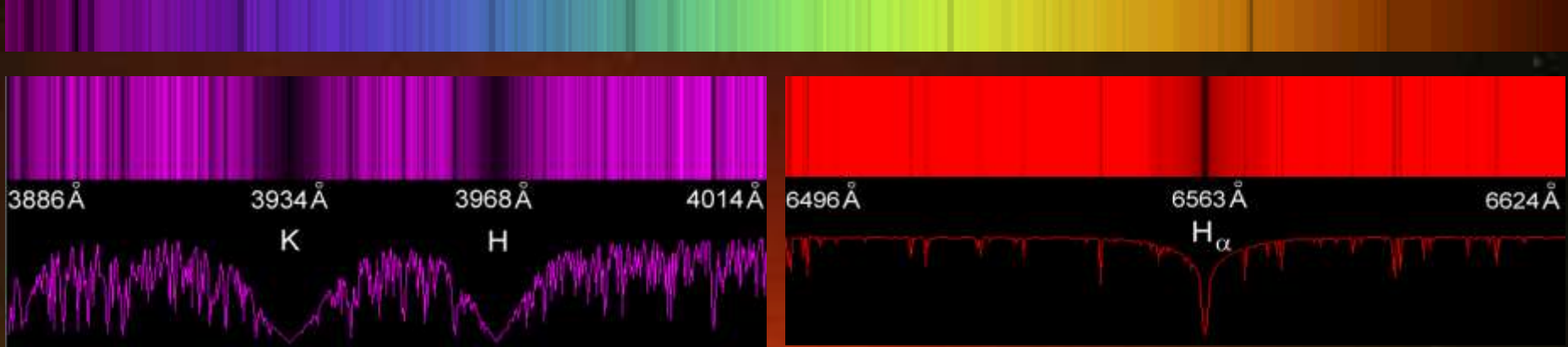


SoHO / MDI

27 oct 03

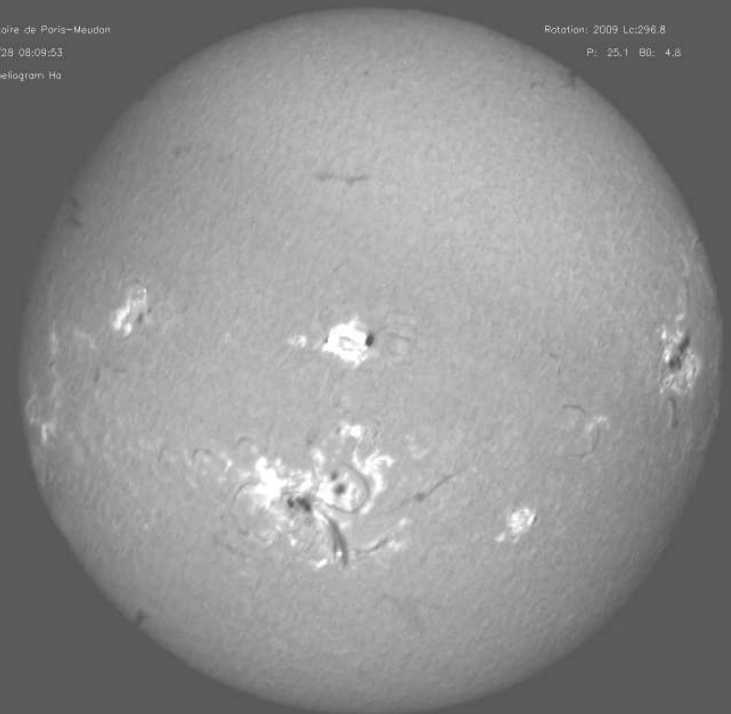


Sluneční spektrum je spojité, odpovídá spektru absolutně černého tělesa o teplotě 5780 K. Jsou v něm patrné absorpční čáry (objevené Fraunhoferem v roce 1814). Nejvýraznější z nich jsou čáry $H\alpha$, $H\beta$ Balmerovy série vodíku, sodíkového dubletu D, H a K Ca II a také telurické čáry vznikající při průchodu záření atmosférou Země.

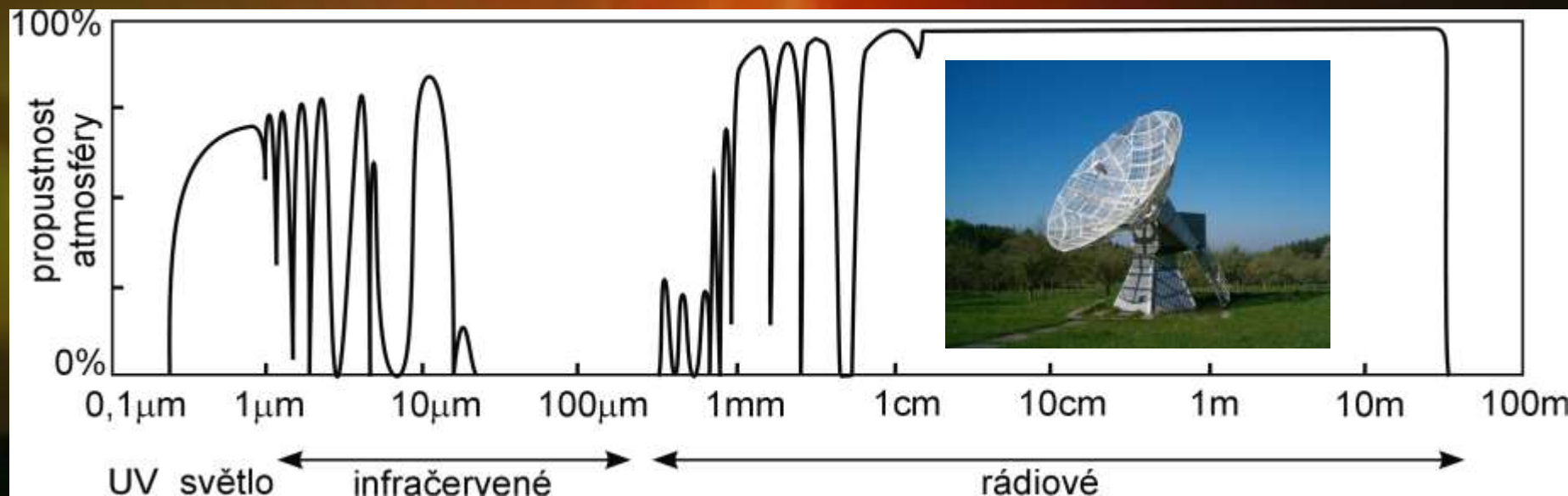
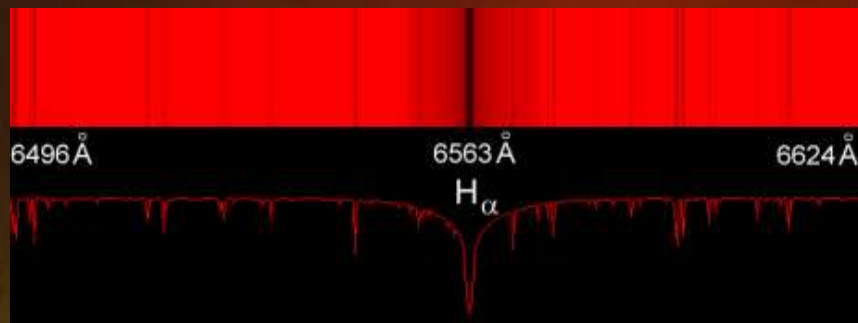


Observatoire de Paris-Meudon
03/Oct/29 08:09:53
Spectroheliogram H α

Rotation: 2009 Lc296.8
P: 25.1 B0: 4.8



Sluneční spektrum je spojité, odpovídá spektru absolutně černého tělesa o teplotě 5780 K. Jsou v něm patrné absorpční čáry (objevené Fraunhoferem v roce 1814). Nejvýraznější z nich jsou čáry $H\alpha$, $H\beta$ Balmerovy série vodíku, sodíkového dubletu D, H a K Ca II a také telurické čáry vznikající při průchodu záření atmosférou Země. V UV části spektra dominují čáry magnézia a Lymanovy série vodíku, v IR oboru pak Paschenovy série. Slunce září též v rentgenovém, gama a radiovém oboru.



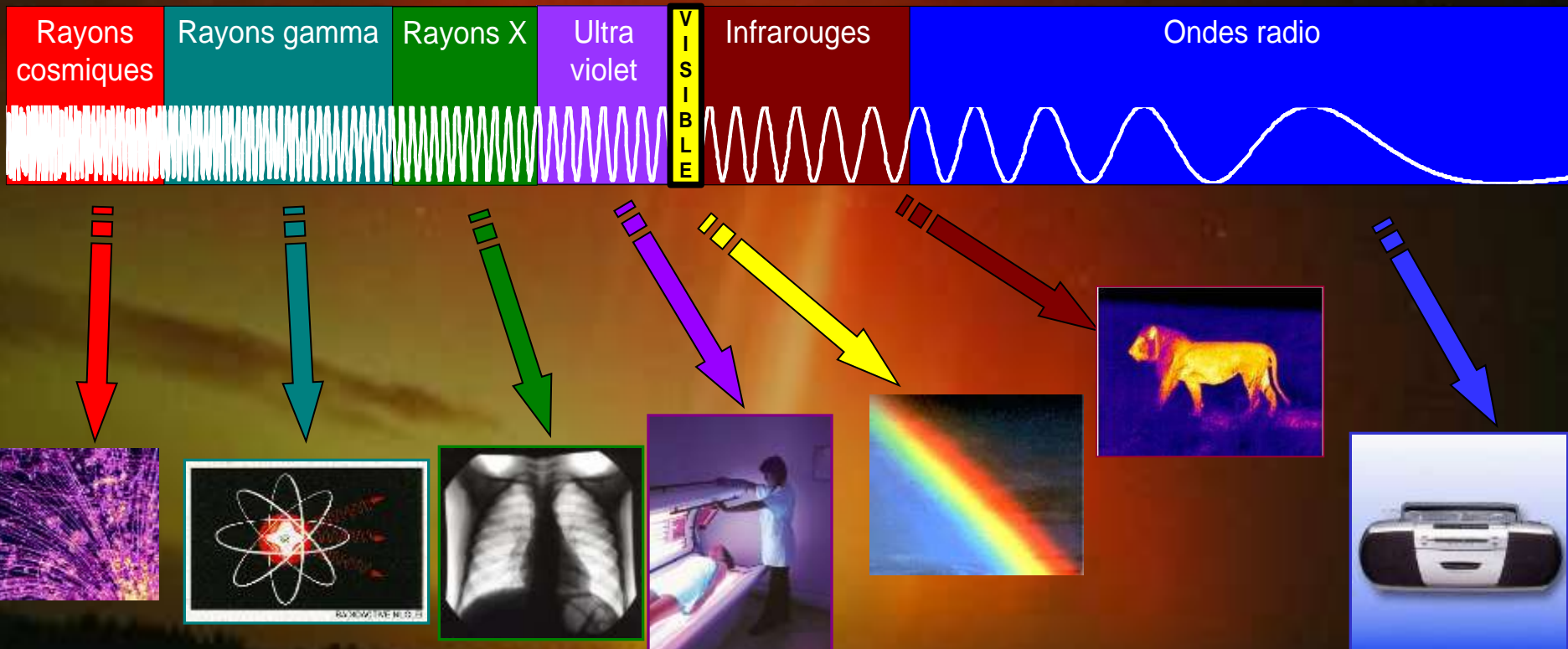
Electromagnetické spektrum

Fréquence (herz)

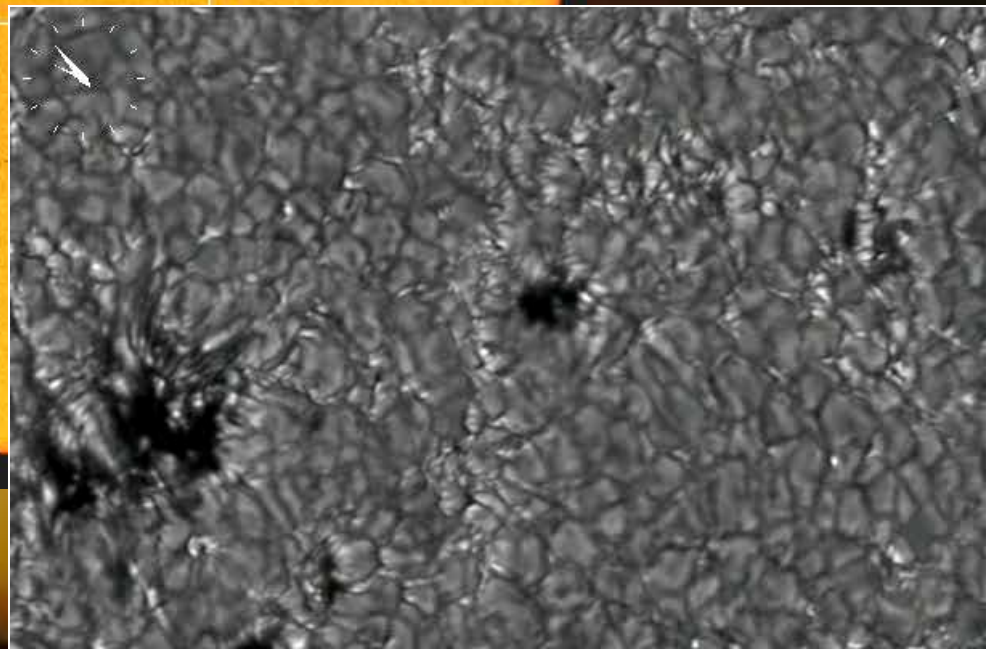
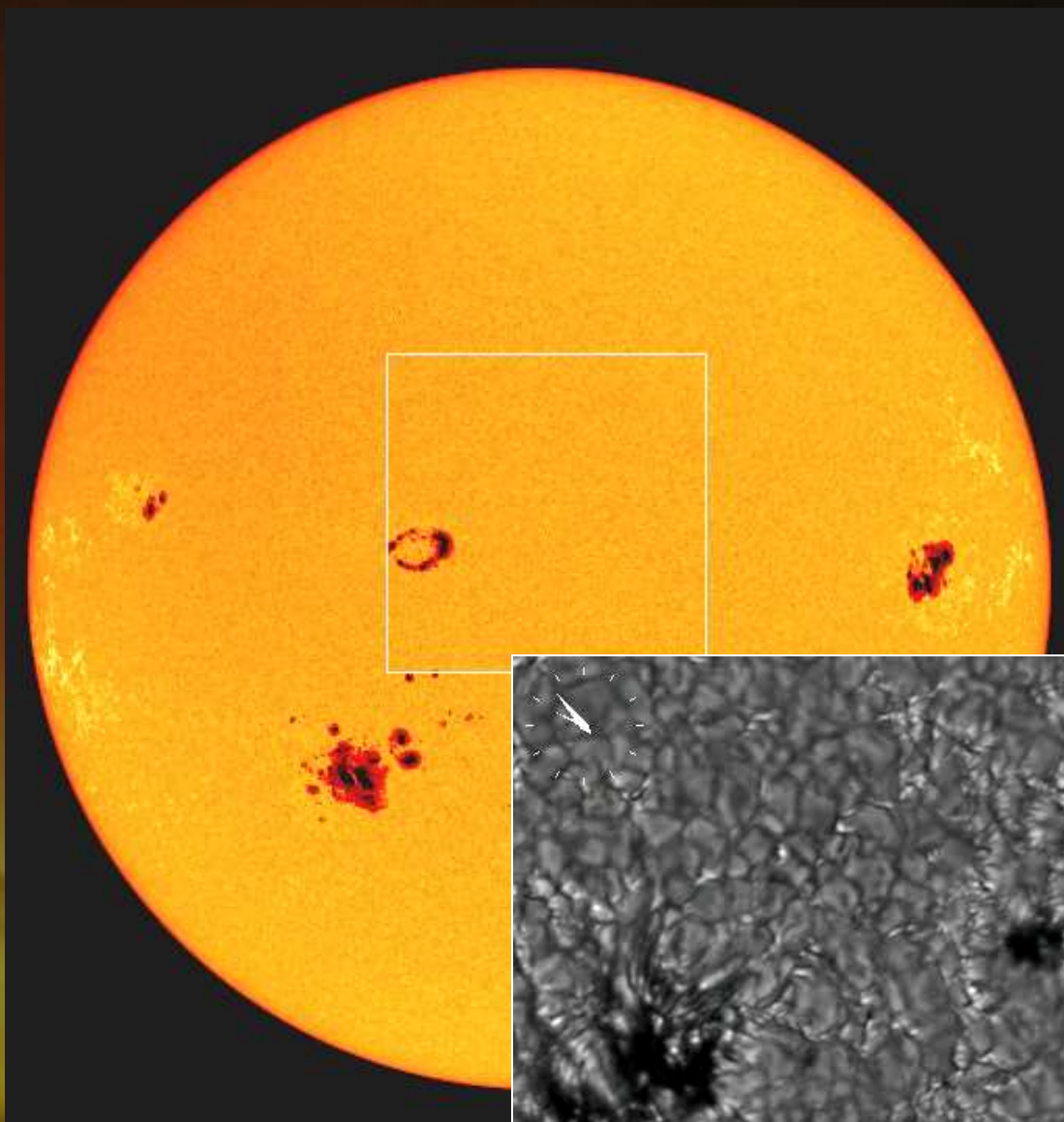
3.10^{21} 3.10^{20} 3.10^{19} 3.10^{18} 3.10^{17} 3.10^{16} 3.10^{15} 3.10^{14} 3.10^{13} 3.10^{12} 3.10^{11} 3.10^{10} 3.10^9 3.10^8 3.10^7 3.10^6 3.10^5 3.10^4 3.10^3

10^{-4} nm 10^{-3} nm 10^{-2} nm 0.1nm 1nm 10nm 100nm 1nm 10nm 100nm 1mm 10mm 100mm 1m 10m 100m 1km 10km 100km

Longueur d'onde



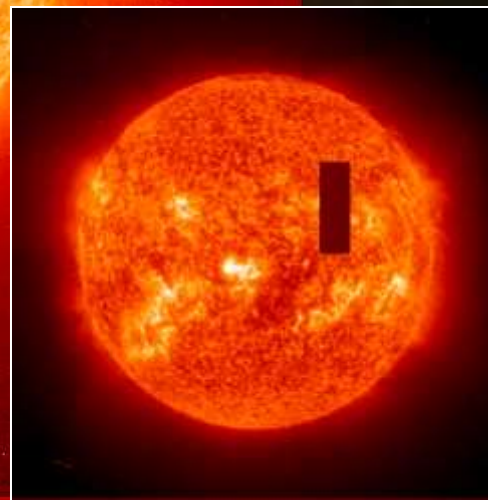
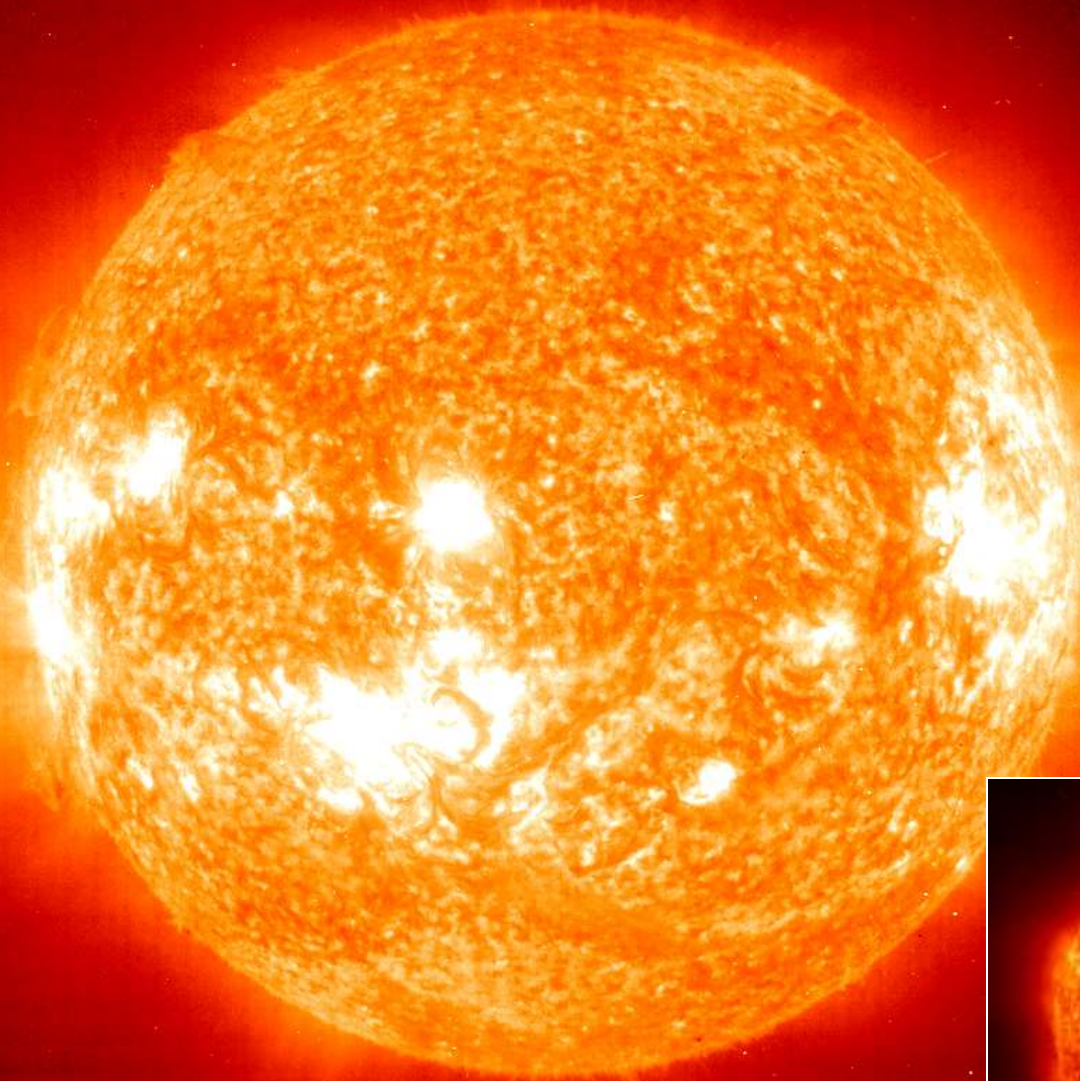
Fotosféra



SoHO / MDI

27 oct 03

Chromosféra



SoHO / EIT

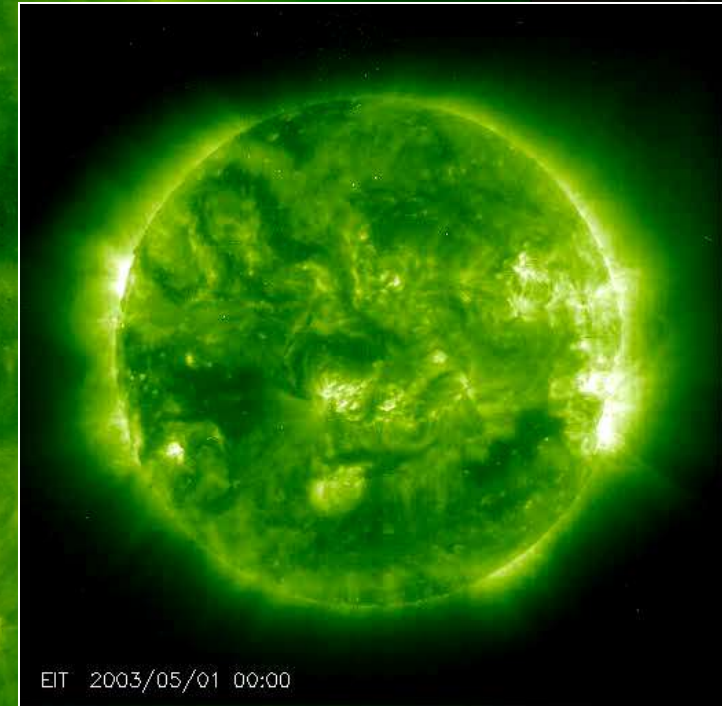
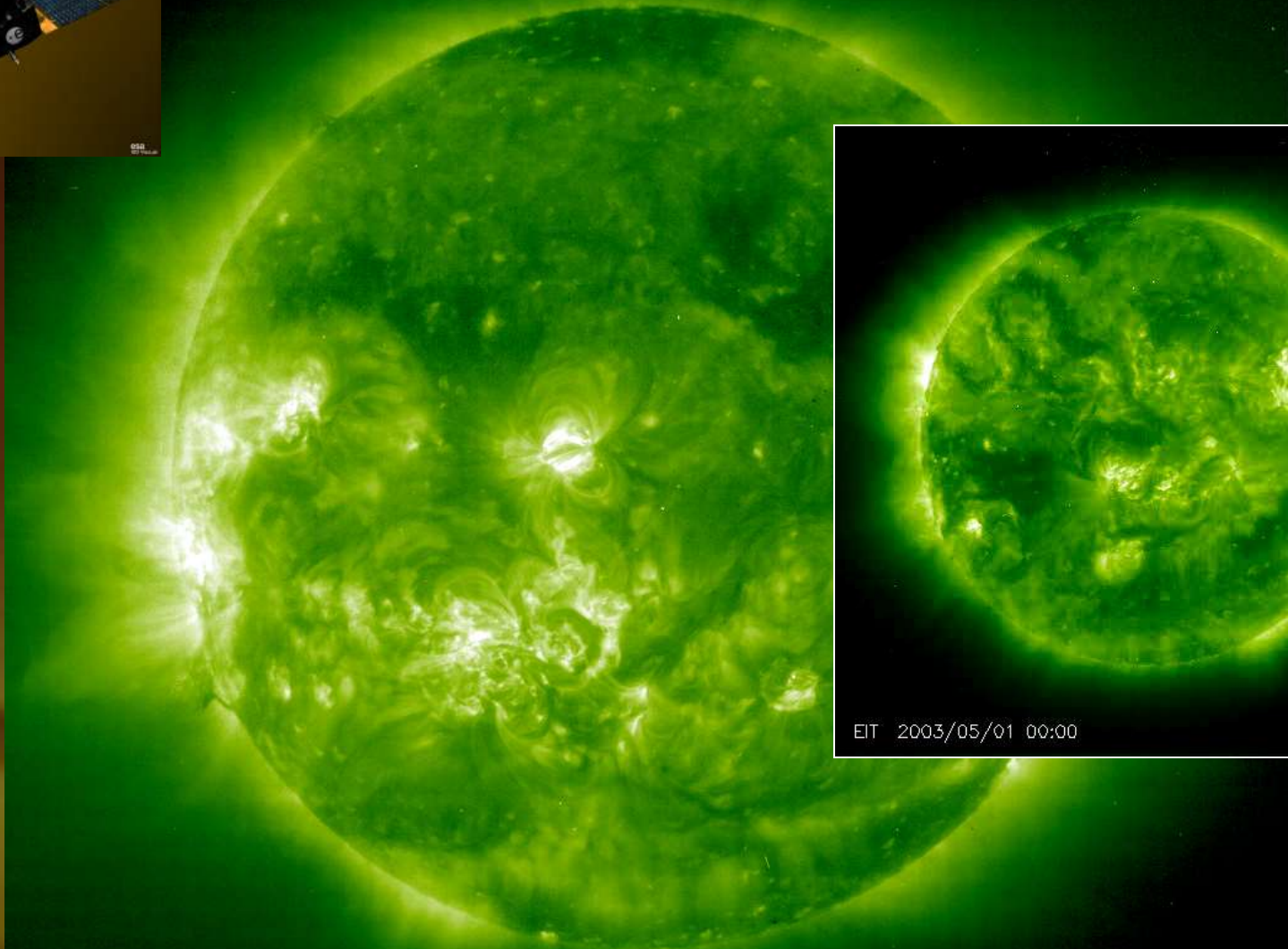
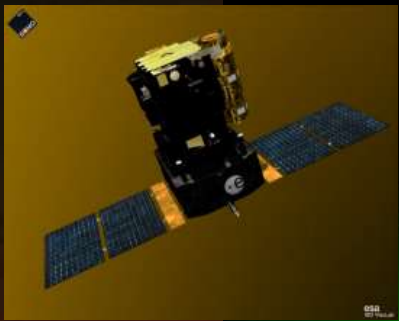
27 oct 03

2003/10/27 19:19:37 UT

He II

T = 20,000 K

Horká a řídká sluneční koróna:



EIT 2003/05/01 00:00

SoHO / EIT
27 oct 03

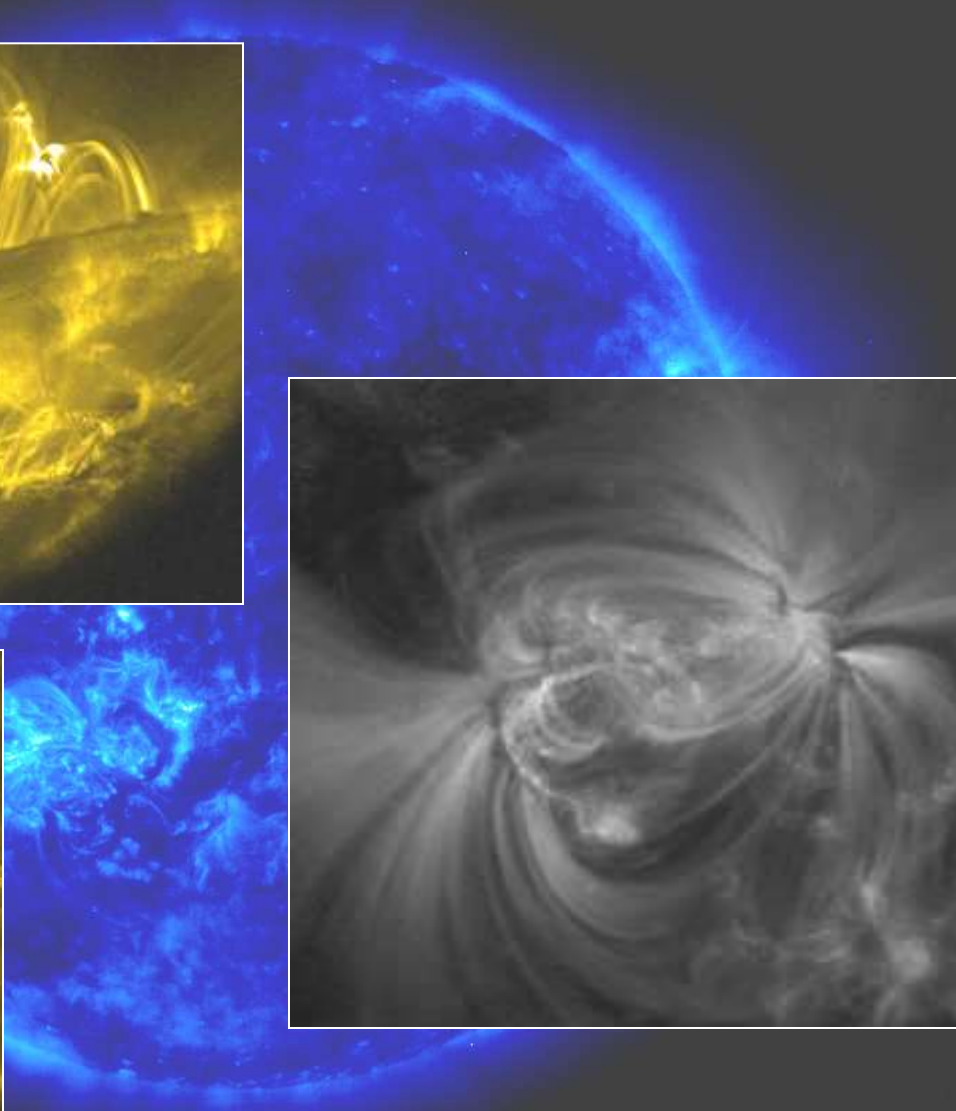
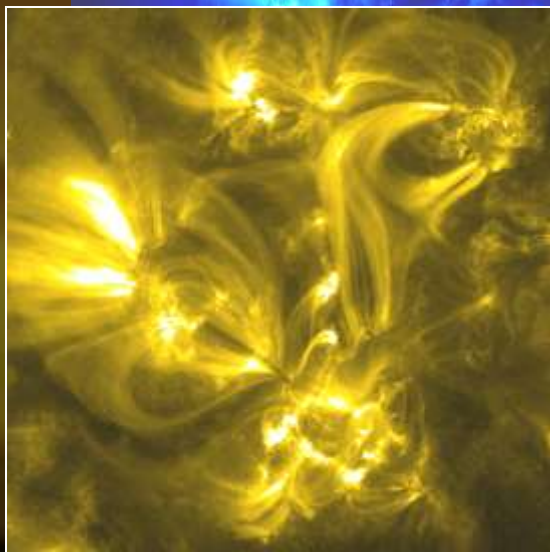
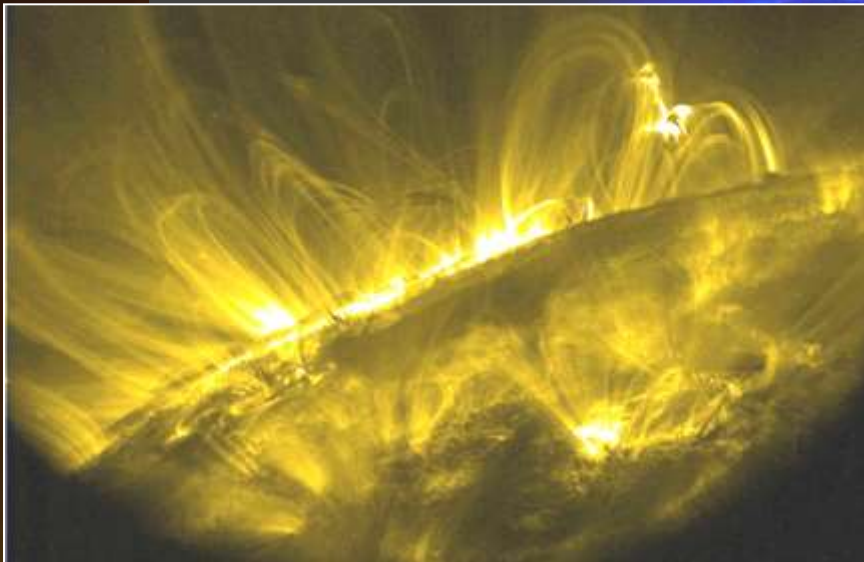
Fe XII

2003/10/27 22:12:11 UT

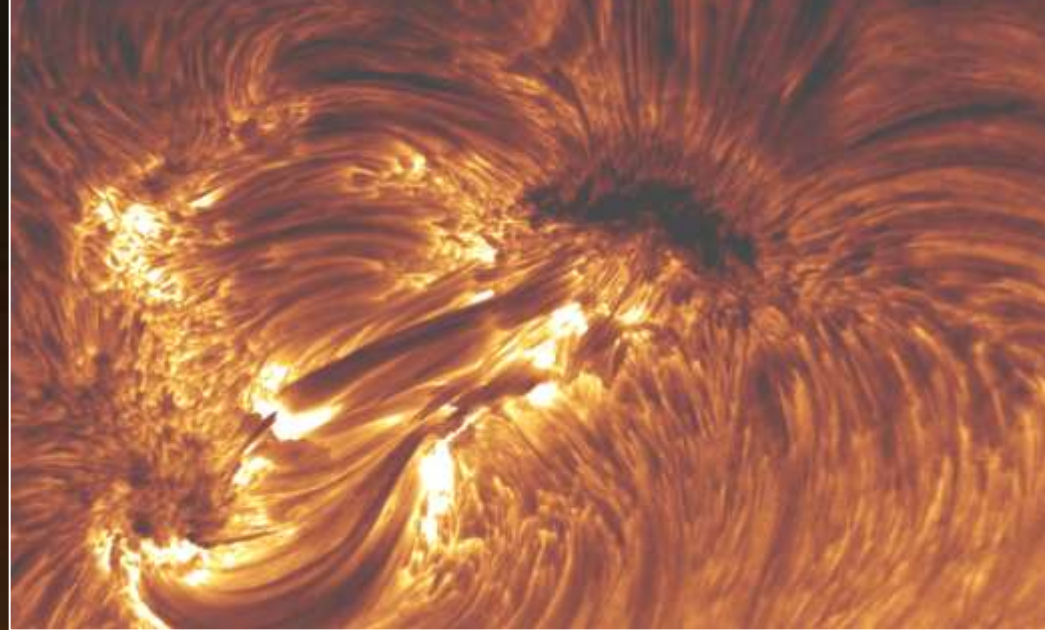
$T = 1,200,000 \text{ K}$

Explozivní jevy v koróně

TRACE



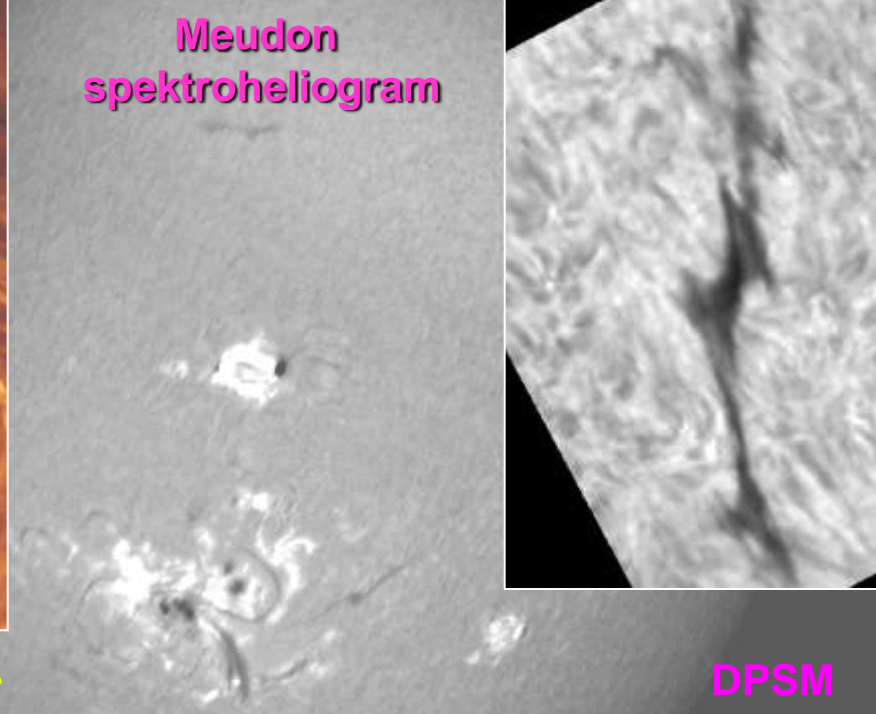
Fe X



Detaily chromosféry a protuberanci - H-alfa

DOT

Meudon
spektroheliogram



DPSM

Transition Region And Coronal Explorer



Movie VIIa

Fine Structure in Filament

Fe IX, X 171

27 July 1998

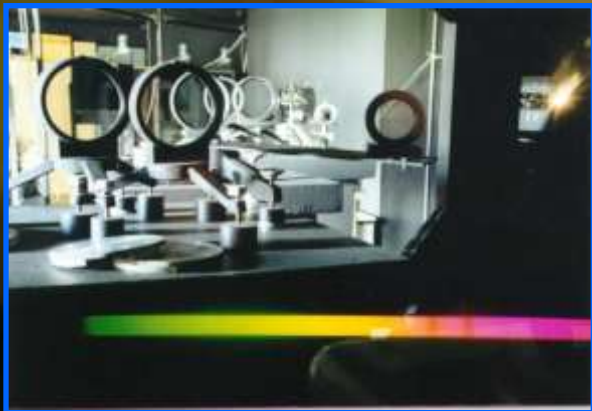
TRACE Fe X

MFS (mnohokamerový erupční spektrograf)

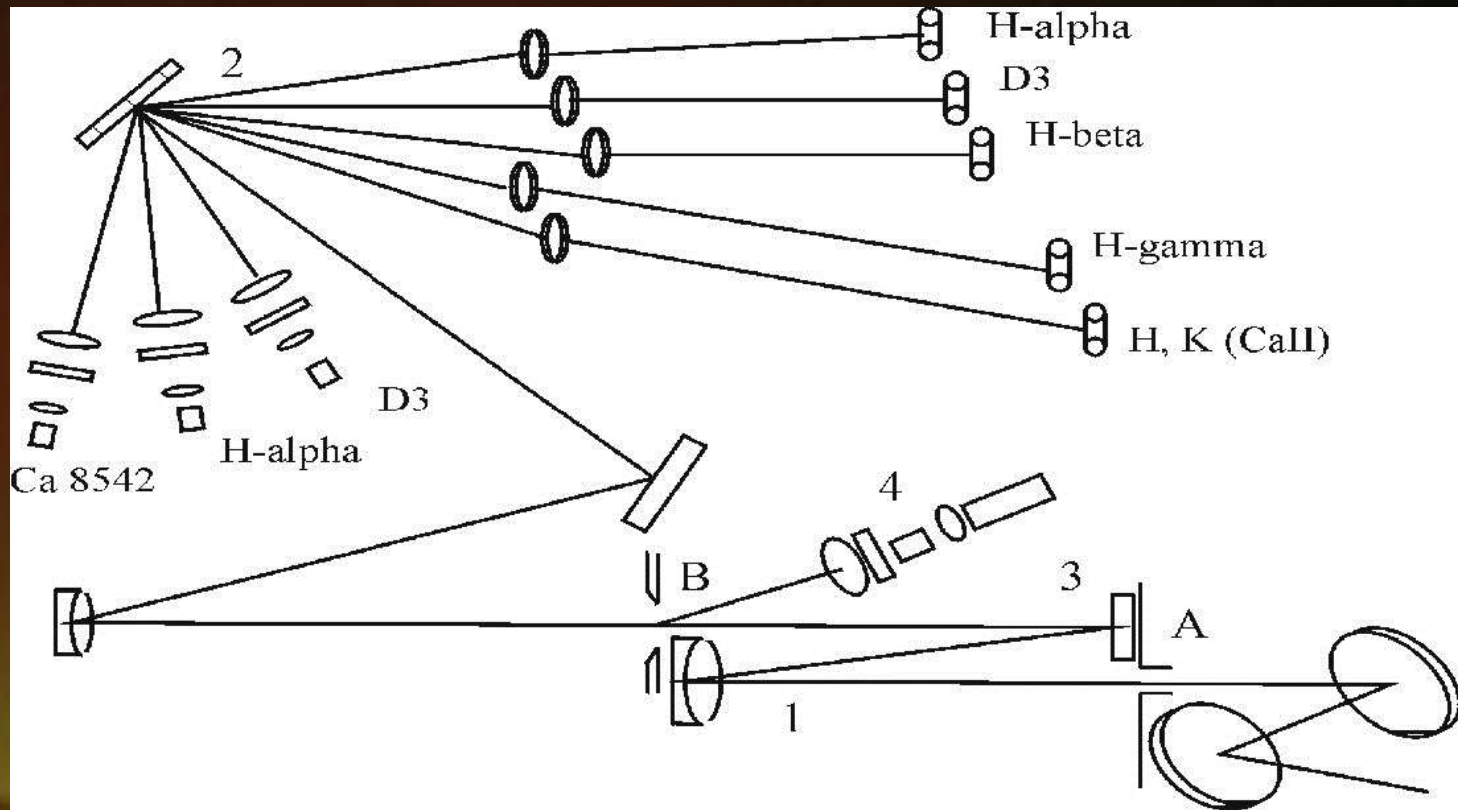
Constructed by Valníček, Švestka, Letfus et. al in 1958



Main Objective 230mm/1350 cm, Grating 600l/mm, 90 × 100 mm, Resolution 120 000 in the 2th order, photographic plates (films), linear dispersion 1 Å/mm, in H-alpha, H-beta, H-gamma, D-lines, Ca H & K (simultaneous) up to the Balmer limit

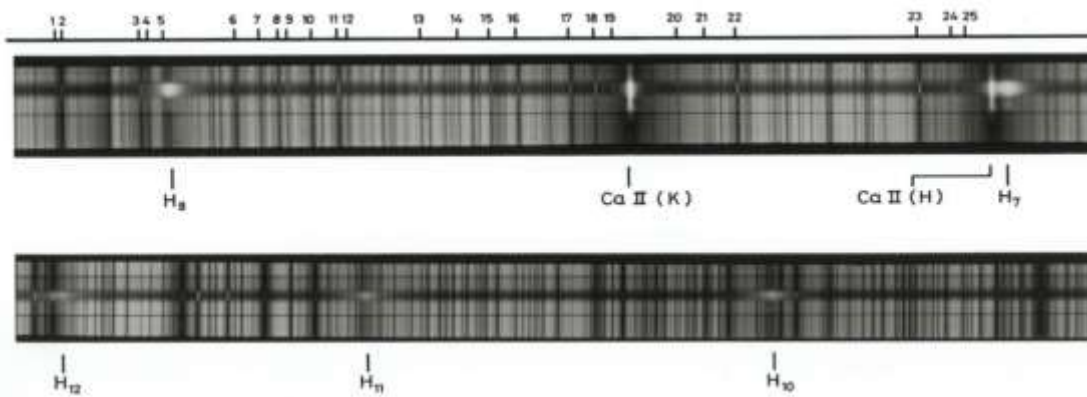


Optical Schemas of the MFS



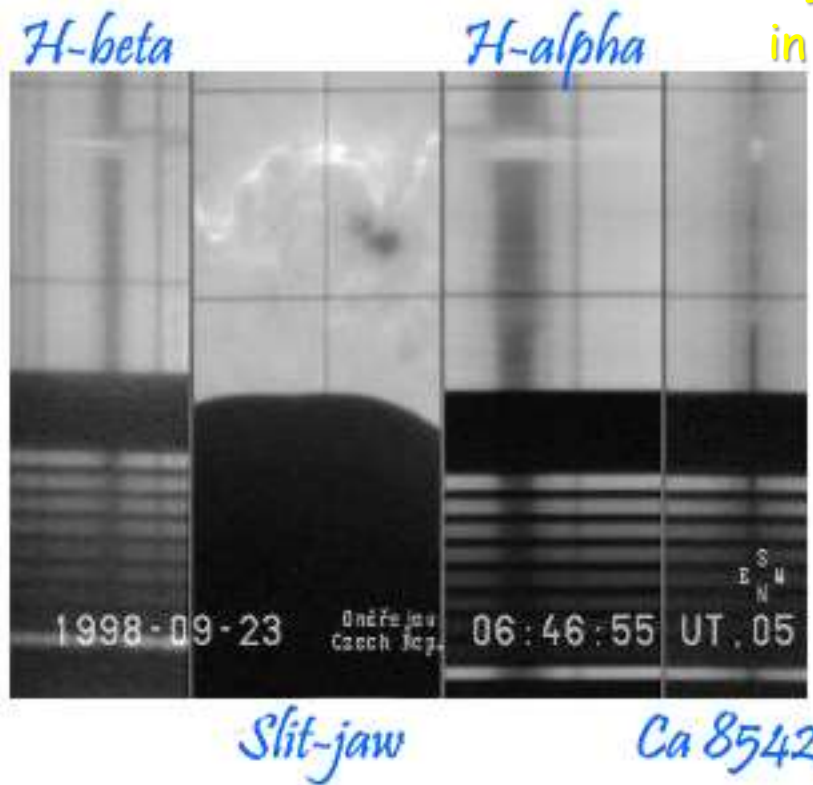
... originally 2nd right order, 5 cameras, photographic plates 13 x 18 cm then
2 other cameras added - H-delta and Balmer higher lines, then
a photocamera taking H-alpha slit-jaw images added in 80's, then
5 plate cameras replaced by 5 film cameras plus slit jaw, photography became expensive
then in 90's : video cameras in the left orders with a high cadency 25 frames/s (however
in 8 bits only, therefore concentration on bright and eruptive events)

MFS parameters, comparison



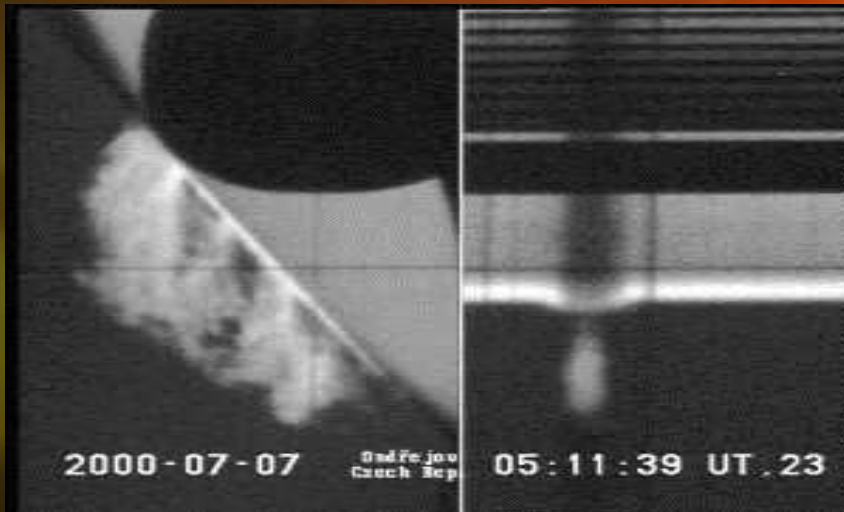
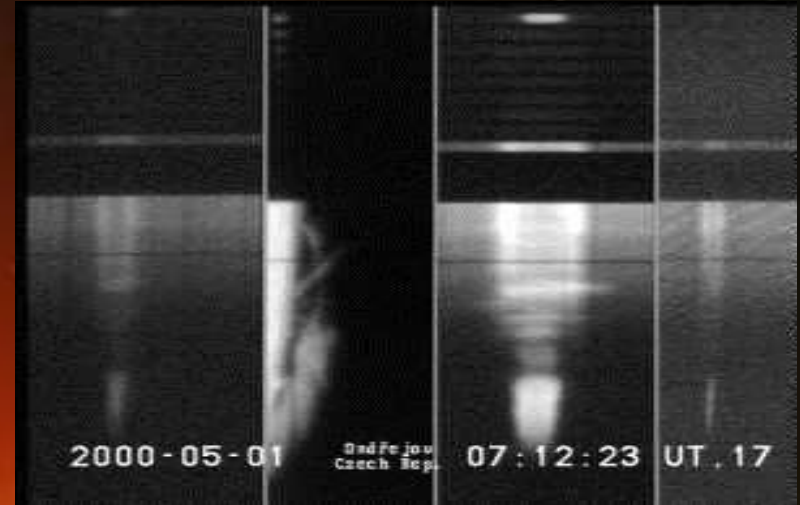
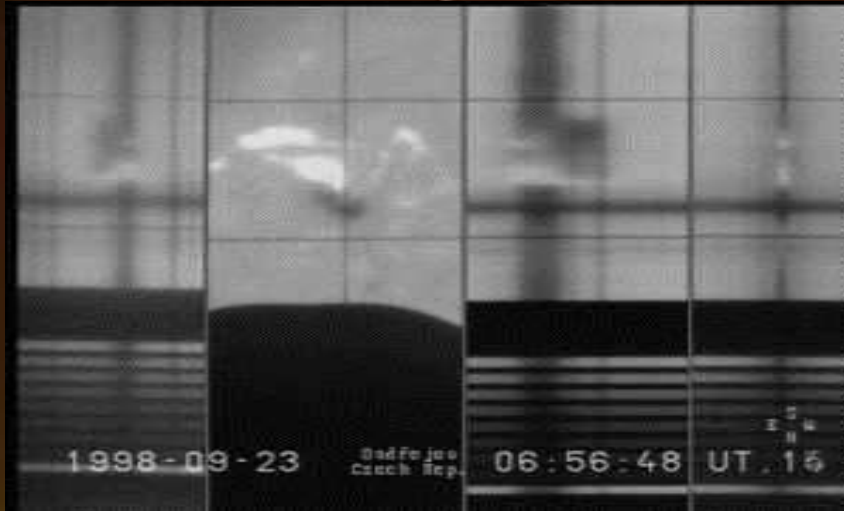
Two strips of flare spectrum from the photoplate era of the MFS
 Large detectors, 13 x 18 cm
 Large field of view of 80 - 120
 Exposure times tenths of sec
 Maximum 12 spectra in a series
 Then developing of photoemulsion

Intermezzo: Film strips - maximum of 50 spectra in a series, then developing, digitization, 12 - 16 bit



Composed videosignal from 4 videocameras,
 Analogue medium, cheap (important in 90ies)
 Small detectors, 1/3", small objectives
 => aberrations, small field of view ~ 4
 ~ Å
 Short exposure times < 40ms, low signal but a
 frequent saturation, small S/N
 Digitization game grabber, 8 bits, complicated and tedious calibration,

Video Spectra and H α filtergrams



H α + H β , Ca8542 A in flares, eruptive/quiescent prominences,
H α linear polarization, archive asu.cas.cz/~pkotrc/index5.html

MFS advantages x disadvantages

A good luminosity (lens rapidity) 0.17, compare to 0.14 for the HSFA,
A large team of users and observers at the beginning,
the main instrument of the department
A fast accessibility and rapid connection to the the patrol allerts

but:

Horizontal system, seeing influenced by a large building,
Pillars for optics connected to the strong floor and the building, vibrations,
overcrowded location, spectrograph was a walking through room,
i.e. dust & vibrations,
the observer was operating next to the telescope focus, i.e. heating & dust.
Small cadency of spectra in the series,
no exact detection of the time on the observation data

A continuous improvement had its fundamental limits

Multichannel Flare Spectrograph - studied topics

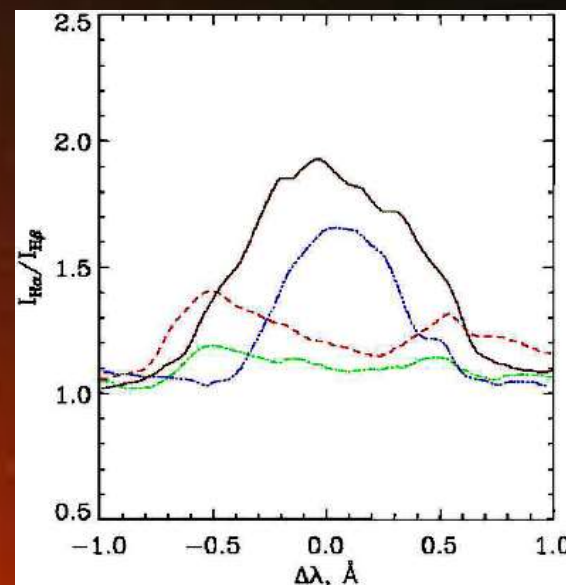
- photographic era:

- ... flares: asymmetry of spectral line profiles (plasma flows during flares), (Švestka 1962)
- ... from intensity in wings of lower Balmer lines - optical depth in flaring plasma; from width and shape of higher Balmer lines - electron density of flares
- ... prominences – flow of plasma, rotation

- CCD video-cameras (25 frames/s) era:

- ... flares – fast processes: velocity fields, line asymmetry, diagnostics of accelerated particle beams (Heinzel 1994, Prosecký...)
- ... bright prominences/filaments, surges: velocity fields and their kinematic models (Karlický et al., 2001)

MFS participated in joint international observing campaigns

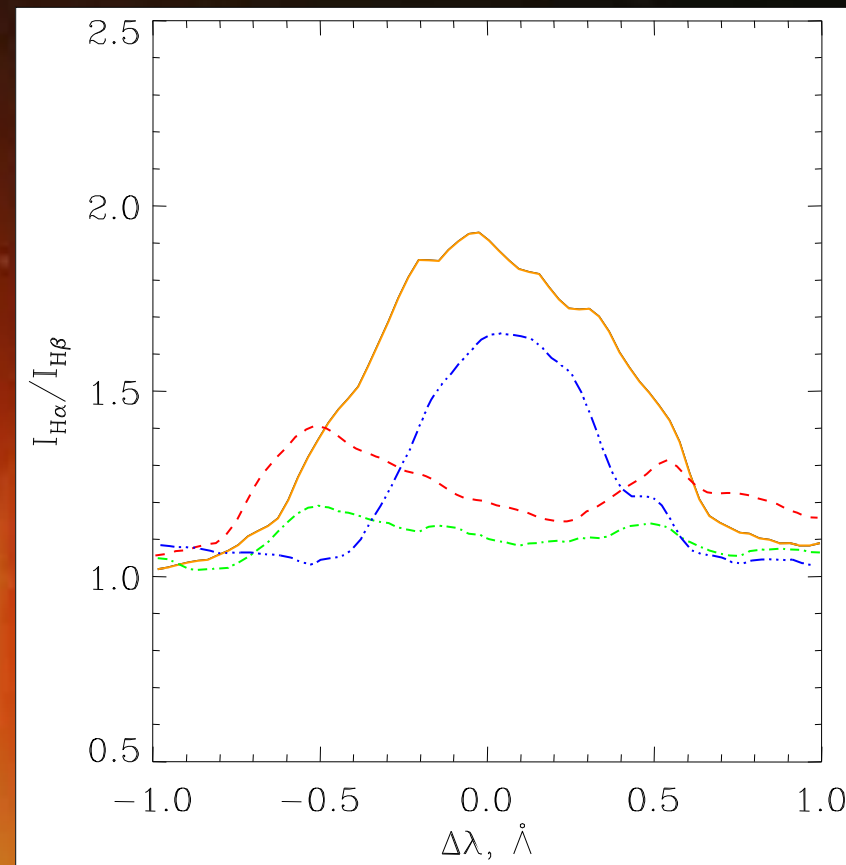
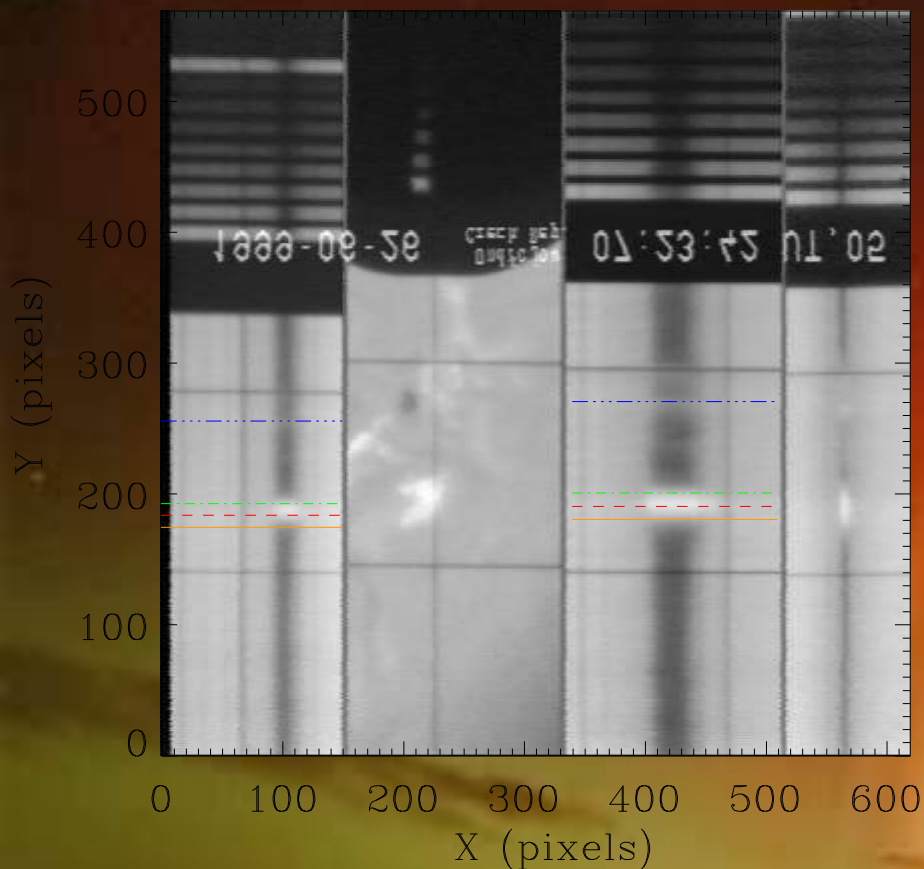


Kashapova et al., 2008

June 2004 - MFS reduced to one-way experimental spectrograph

Observation of solar optical spectra moved into modernized HSFA2 spectrograph

Flare kernel analysis



Left: Composed spectrograms of H α (right), H β (left) lines and H α slit-jaw filtergram (center) taken by MFS at 07:23:42 UT (the second flare phase). Right: The ratios of the H α to H β intensity profiles. A color corresponds to a scan position as marked on the spectra panels.

Flare spectra x accelerated particles

- We found at least two other flare spectra where the ratio of the $H\alpha/H\beta$ line profiles coincides in time and position nearby HXR sources and resembles the predicted shape.

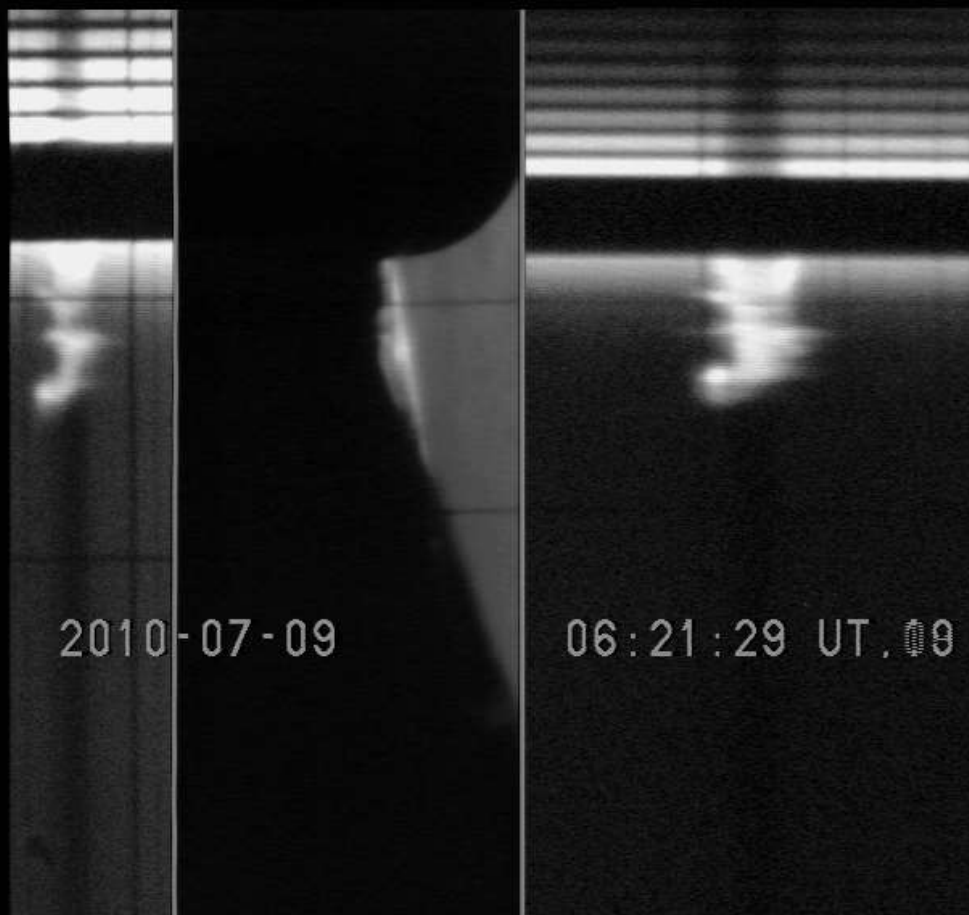
Shape of the profile ratio is almost symmetric according to λ_0

- Bumps were found at position $\lambda_0 \pm 0.5 \text{ \AA}$, while predicted at $\lambda_0 \pm 0.7 \text{ \AA}$
- Profile ration with bumps were not found at other positions anad times then those connected to the HXR sources occurrence.
- When the causal connection would be confirmed then this effect can be used for diagnostics of the accelerated particle beams

We need more statistics for analysis of the effect.

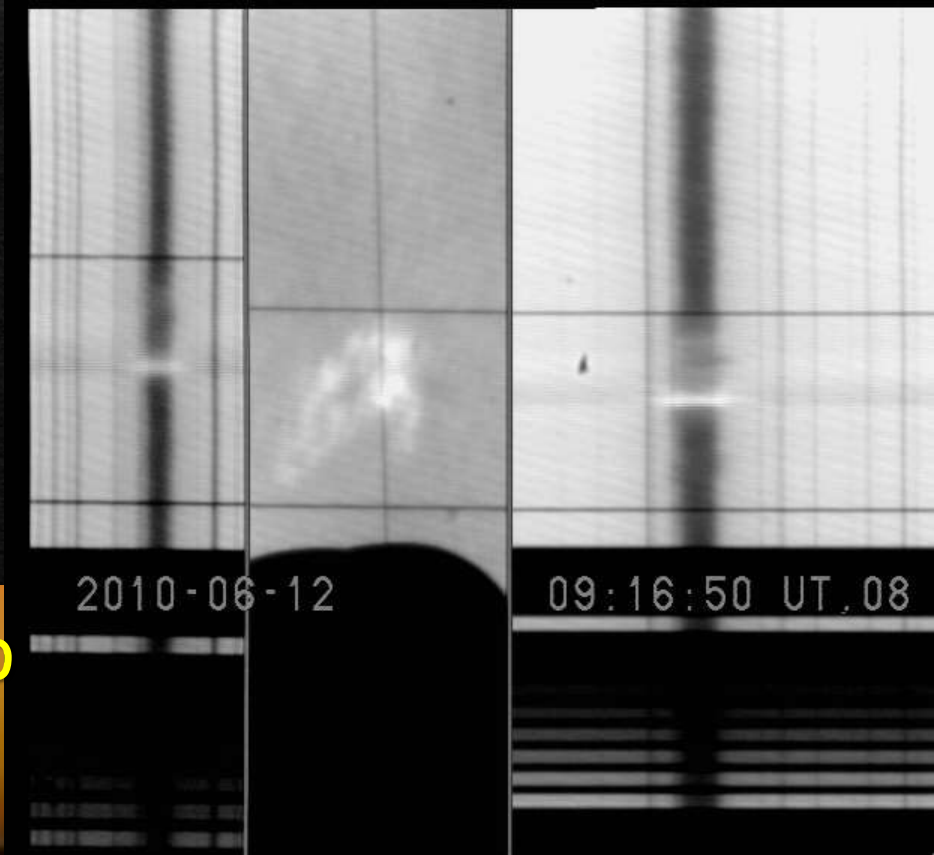
To understand this effect we need to use numerical simulations.

Recent observations of the ,MFS‘



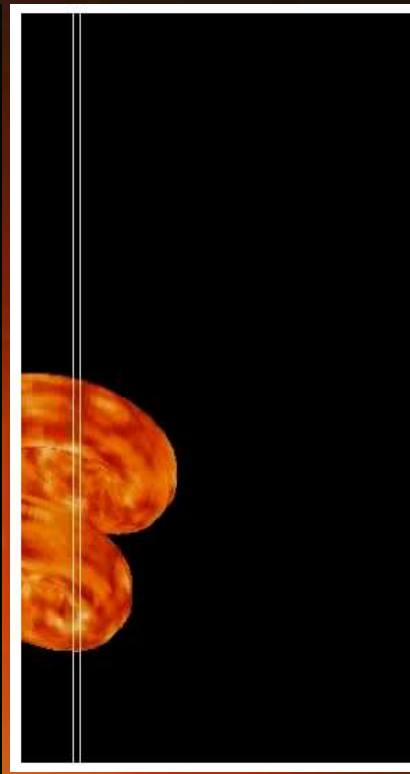
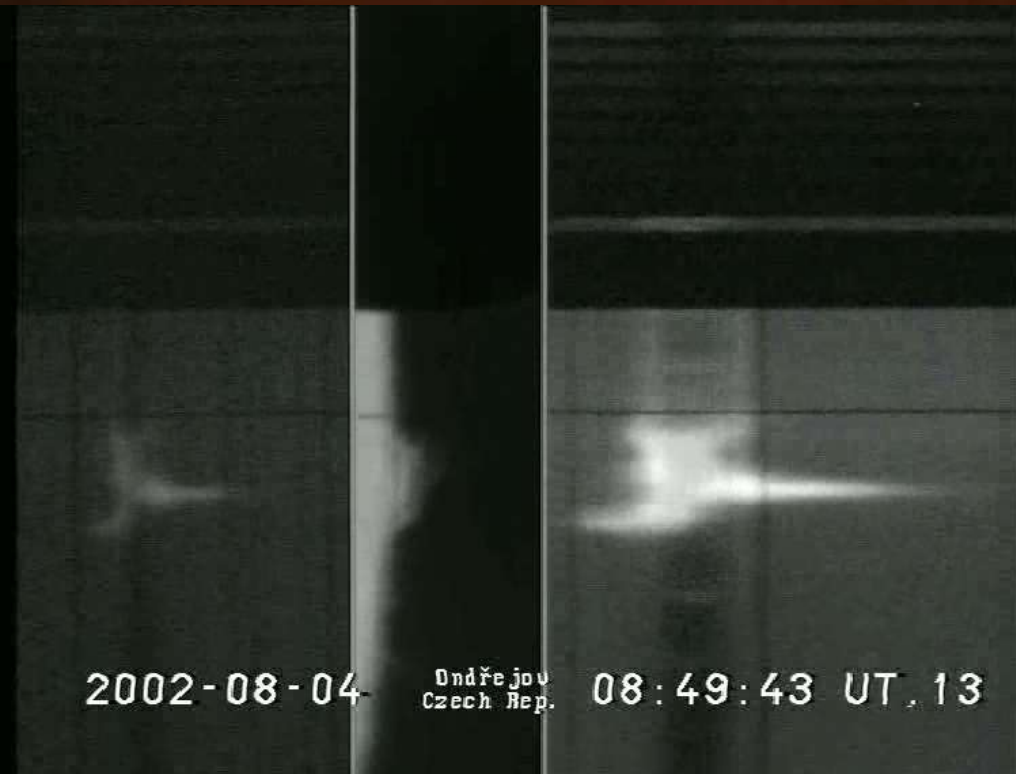
↑ prominence on July 9, 2010

A flare on June 12, 2010

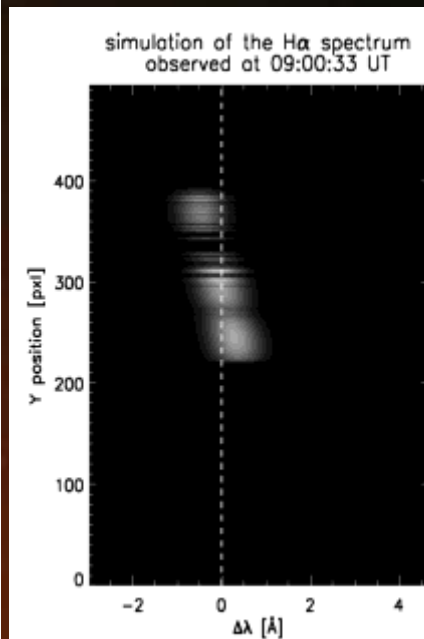


Recent work on 2002 August 8 limb flare

Kotrč P., Bárta M., Schwartz P. and Kupryakov Yu. A.



Kinematic model



MFS data archives

**Photographic era: glass plates – digitilization
films – digitilization**

Video, both analog and digital. Archive at:
http://www.asu.cas.cz/~sos/archive_mfs.html

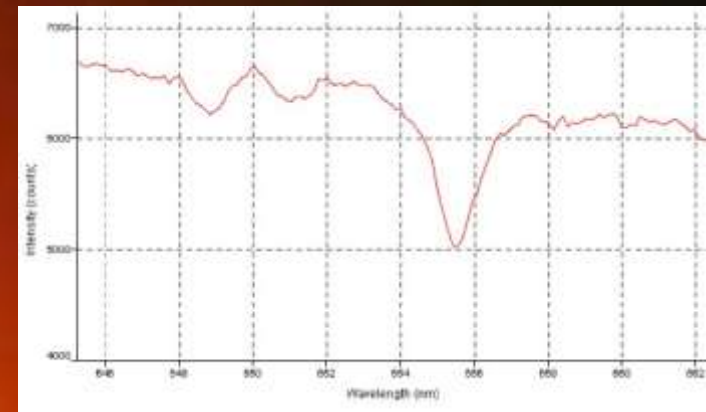
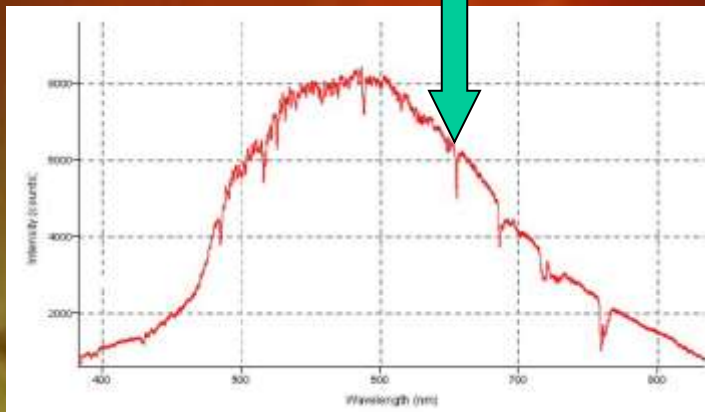
**Data stored at tapes, disks, at the server
Radegast disk field**

A test of LFS & HR4000 spectrometer



The HR4000 Spectrometer is a high-resolution spectrometer with a 3648-element CCD-array detector from Toshiba that enables optical resolution as precise as 0.02 nm (FWHM). It is responsive from 200-1100 nm, but the specific range and resolution depends on the grating and entrance slit choices.

H α



Slit jaw in H α
Condensing lens
Fiber cable
Spectrometer

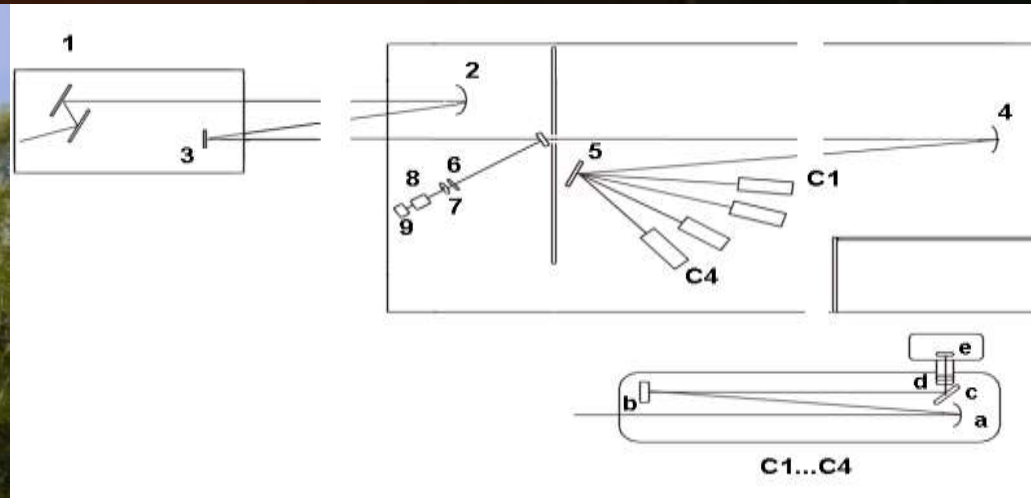
Solar spectrum along the slit
Exposure time ~ 50 - 100 ms

A detail in H α range
resolution 5 px/Å

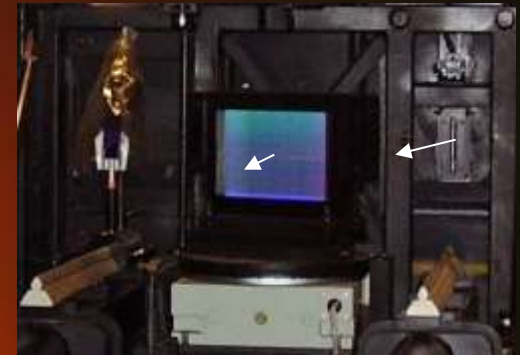
HSFA2 – modernized recently



Jensch type coelostat 4 – 6 m
above ground, sliding shelter,
 \varnothing of mirrors 60 cm,
M1 \varnothing 50 cm, f 35 m.



1 – Jensch coelostat, 2 – main objective,
3 – flat mirror, 4 – collimator, 5 –
grating,
6 – thermal filter, 7 – slit-jaw
objective,
8 – H α filter, 9 – CCD camera
C1.....C4 (- C5) spectral camera
objectives + CCD cameras,
a,b,c,d,e – folded optical system of
cameras, correction of astigmatism and
coma



Light beams in the telescope and spectrograph

Main missions of the HSFA2

Advantages: flexibility and availability

The only limitations:
weather and season

Solar active phenomena observations (flares, prominences, filaments, spicules, dark mottles etc.)

Cooperation with other ground based telescopes (optical and radio)

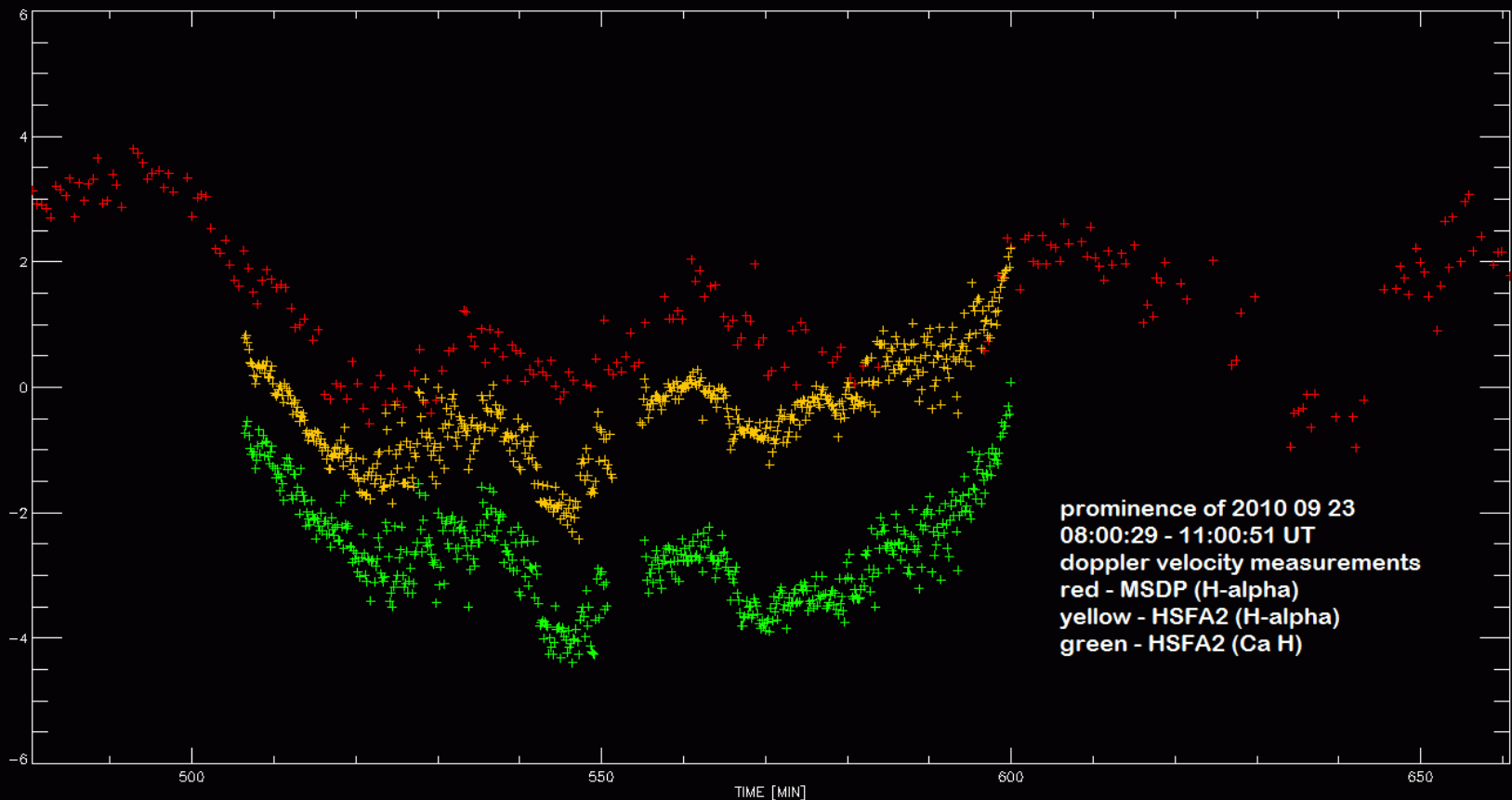
Support of space born devices

Spectral diagnostics and modeling of phenomena

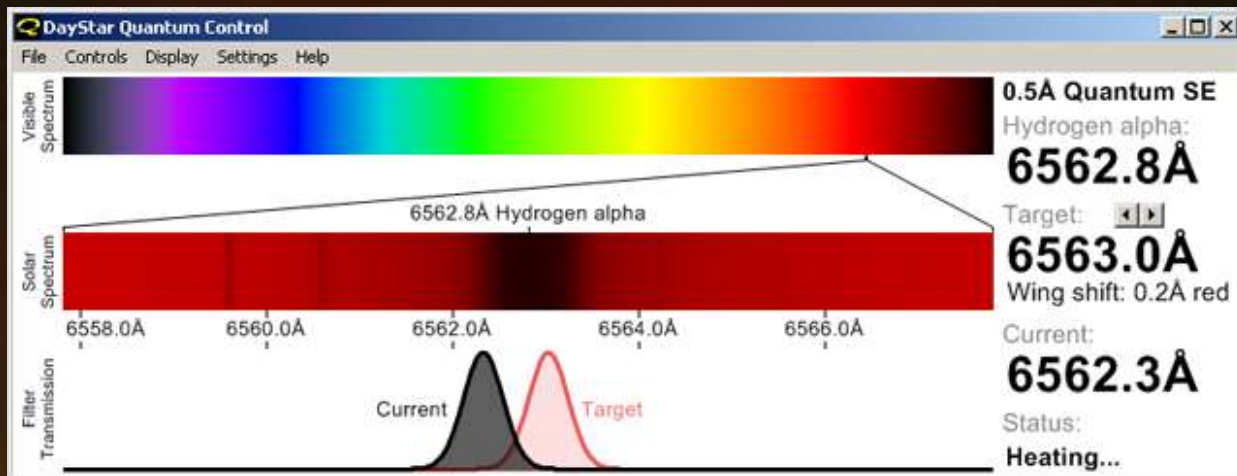
Education and practical training of students

Results

2 Papers published (ApJ – prominences),
SP – oscillations in prominences

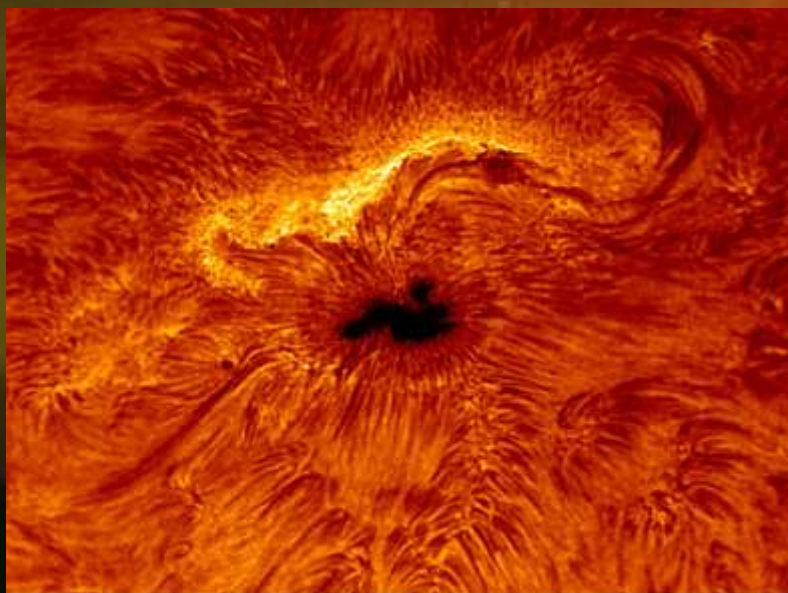


Interferenční filtry – propouštějí jen žádoucí část spektra



Úzkopásmový filtr – vysoký kontrast chromosféry

Protuberance širší filtr – zachytí i záření posunuté dopplerovsky od středu čáry
 1 \AA pro H α odpovídá cca 47 km/s



Snímky „úzkopásmovým“ H-alfa filtrem



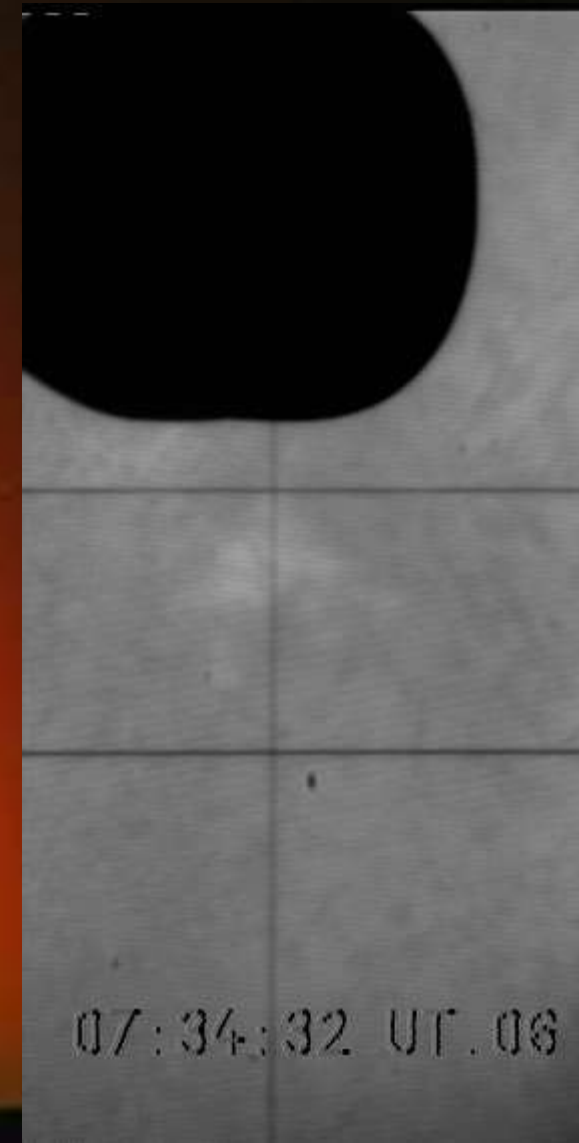
?

Day Star,
?? 0,3 Angstromu ??,
Slit-jaw

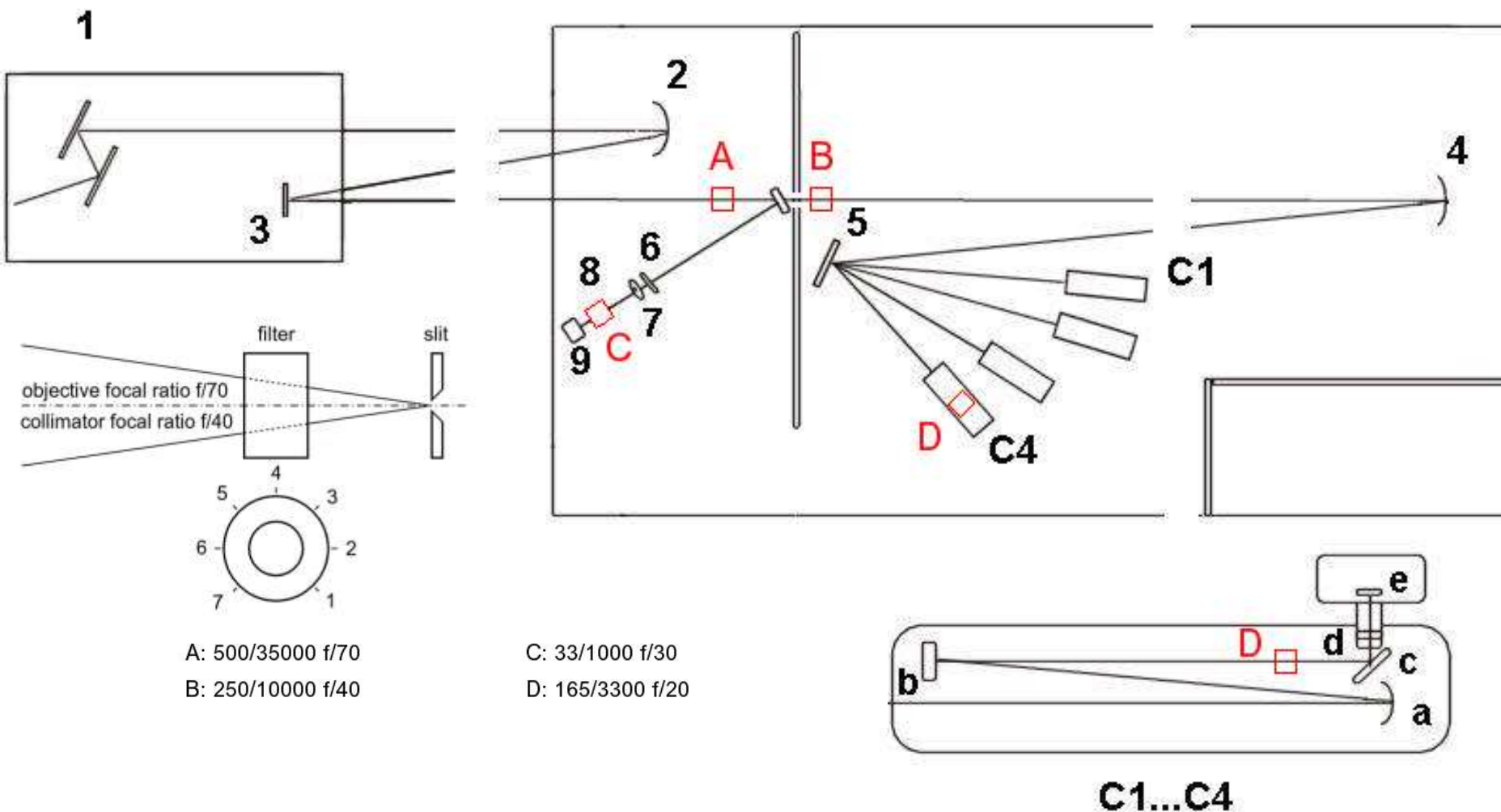
Coronado 0,7 Angstromu,
slit-jaw

Z těchto snímků lze udělat
jen relativní srovnání,
závisí na kvalitě seeingu

Potřeba proměřit profil
propustnosti filtru
na spektrografu

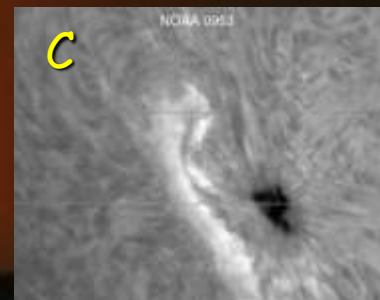


Proměřování propustnosti filtru ve třech místech spektrografu HSFA2

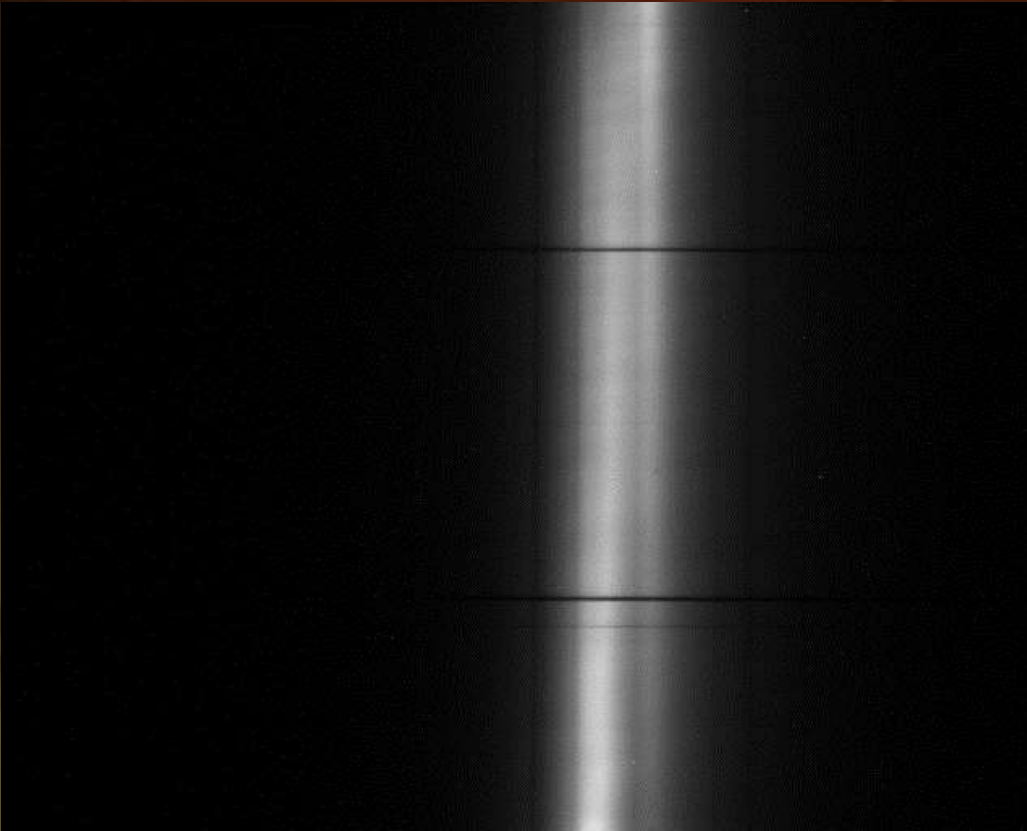


Sbíhavost svazku
 musí být menší nebo rovna $f/30$
 Podmínku splňují polohy A, B a C.

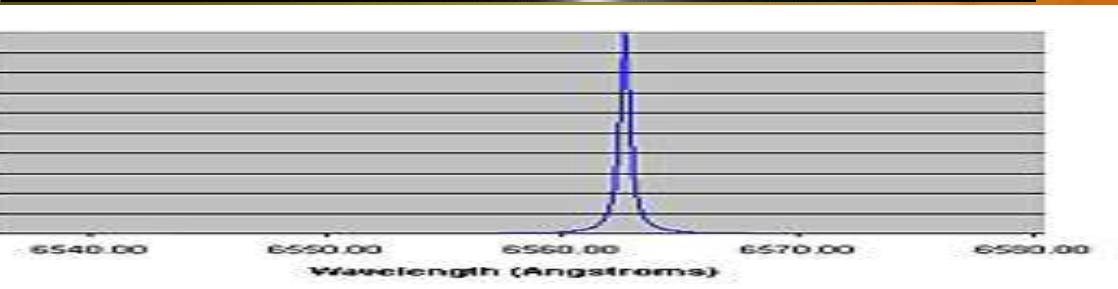
C - jiný filtr
 DayStar 0.7 A



Naměřený tvar spektrální čáry za filtrem



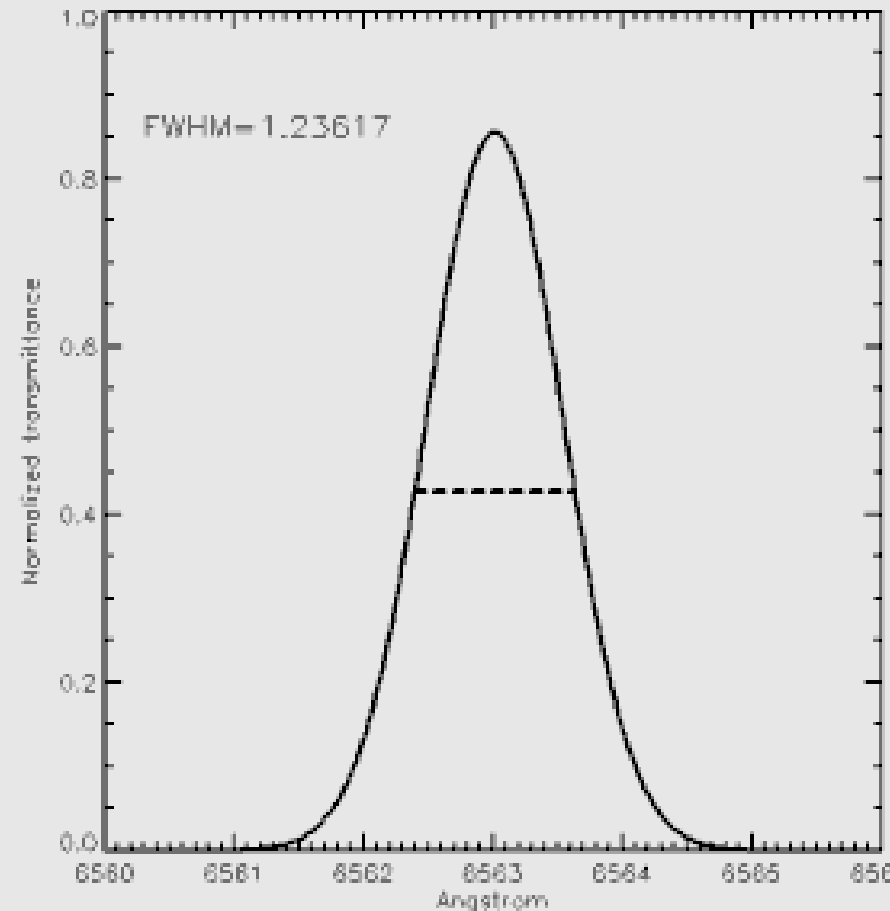
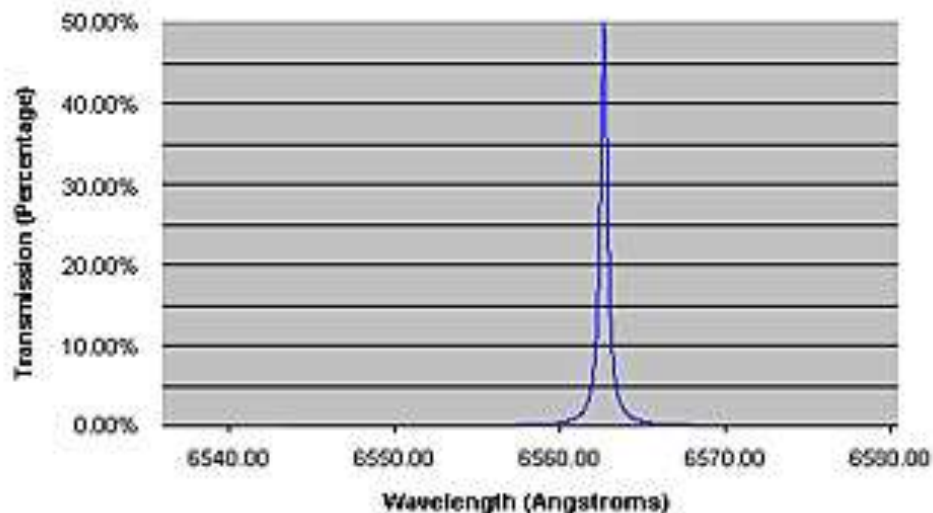
Profily propustnosti jsou podstatně širší a liší se v různých místech filtru. Spektrální mění sklon a tvar při pootočení filtru a zachování souososti.



Střet údajů výrobce/autorizovaného zástupce se změřenou realitou:

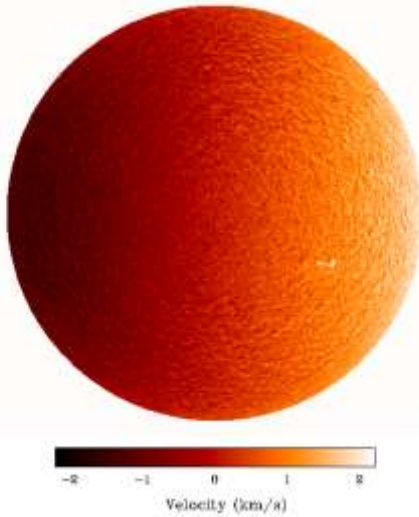
Výrobce:

DayStar Filters LLC, Warrensburg, USA

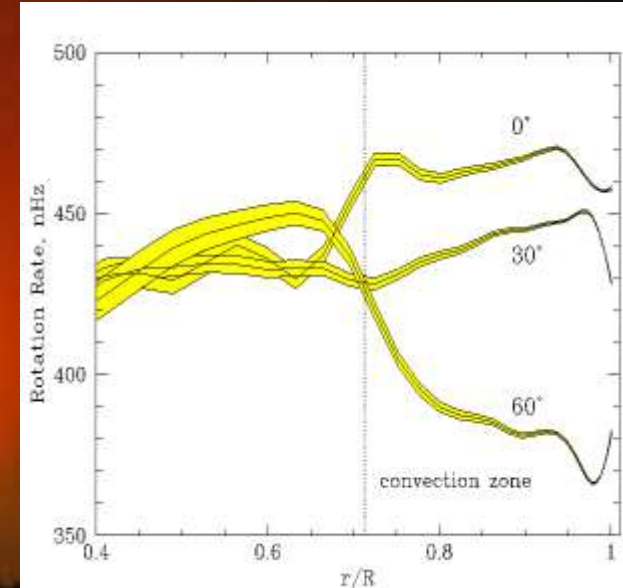
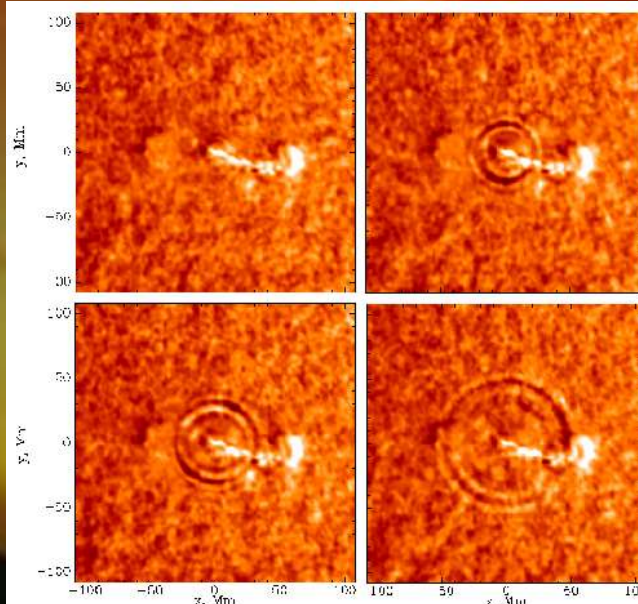
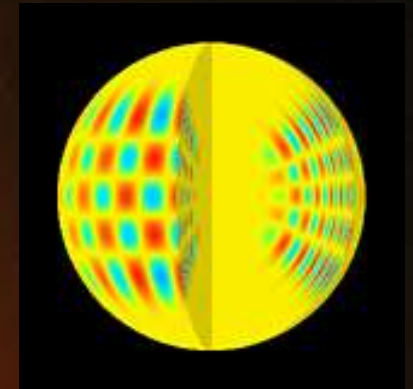
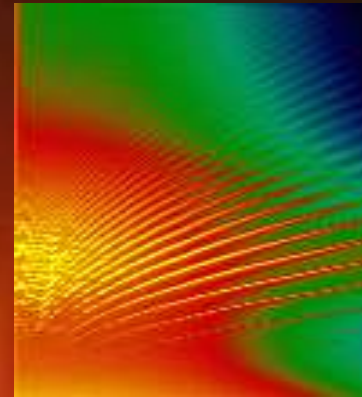
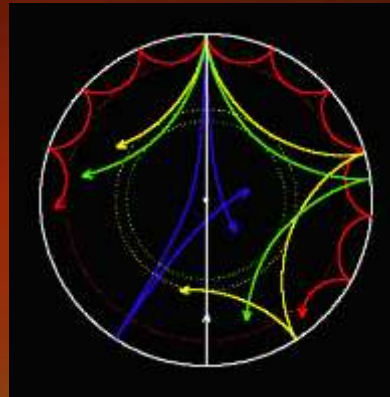


Helioseizmologie

Full-disk Dopplergram
9 July 1996, 9:00:00



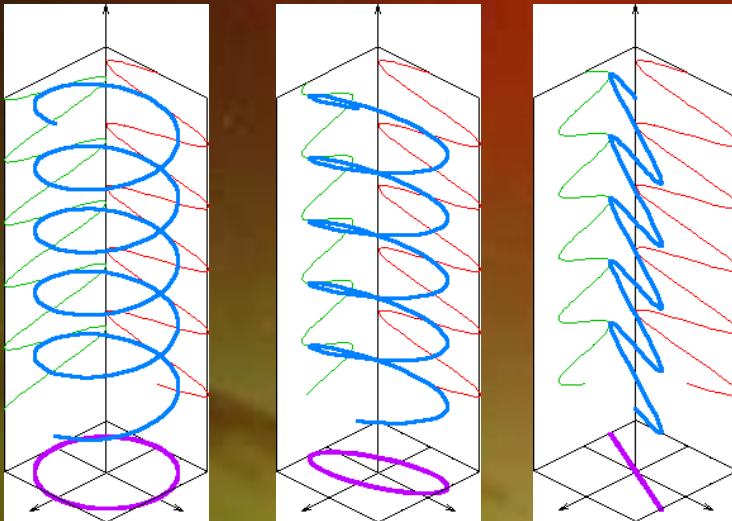
p-módy (změna tlaku) - detekovány, zdroj informací
g- módy (tíhové vlnění) - dosud neidentifikovány



What is light polarization?

Classical image:

Electromagnetic waves are **transversal** → can be polarized in the plane perpendicular to the direction of propagation.



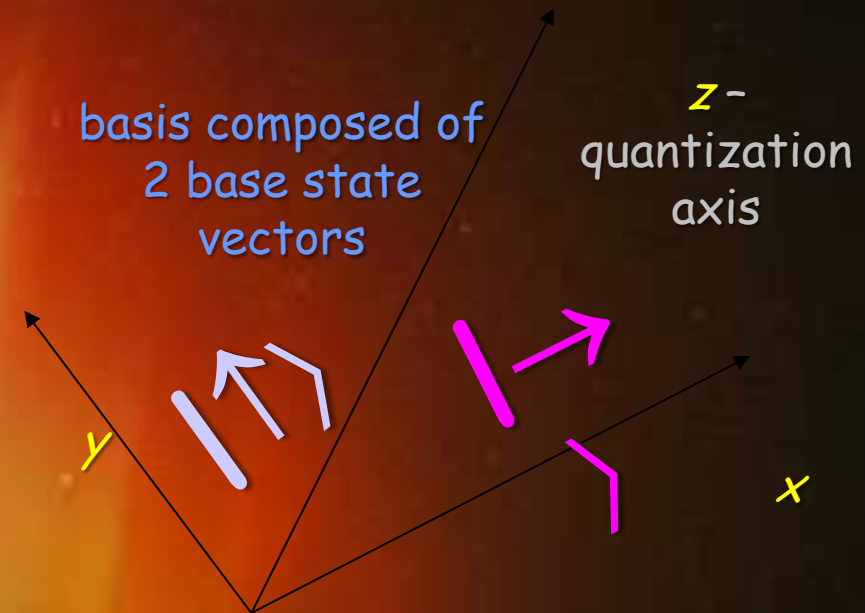
circular

elliptic

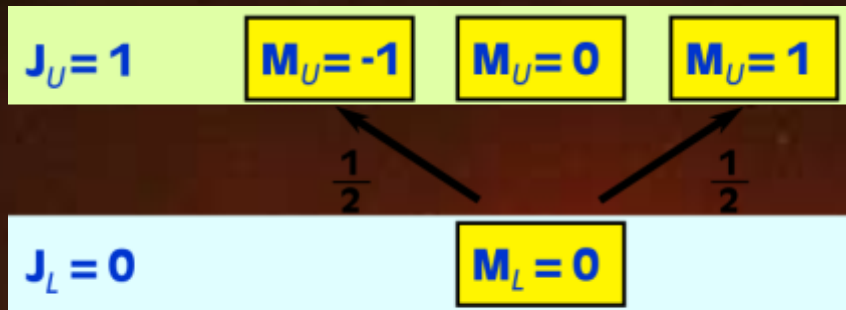
linear

Quantum image:

Photons are particles with **spin 1** oriented in the direction of propagation → statistical correlation of these spins may lead to measurable polarization.



Two-level atom, normal Zeeman triplet, anisotropic irradiation



Irradiation by anisotropic unpolarized radiation leads to Zeeman sublevels population imbalance. We say that upper level is **polarized**.



Irradiation in direction of quantization axis populates $M_U = -1$ and $M_U = +1$ Zeeman sublevels of upper level.

The density matrix can be used to describe upper level population and polarization:

population

$$\rho_0^0 = \frac{1}{\sqrt{3}} (n_{M=-1} + n_{M=0} + n_{M=+1})$$

alignment

$$\rho_0^2 = \frac{1}{\sqrt{6}} (n_{M=-1} - 2n_{M=0} + n_{M=+1})$$

How does look the radiation emitted by atom under these conditions?



Polarizace: rovinná, eliptická, kruhová, pravotočivá, levotočivá



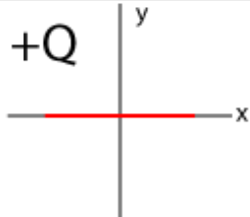
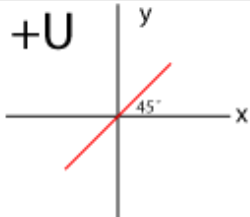
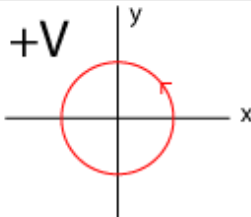
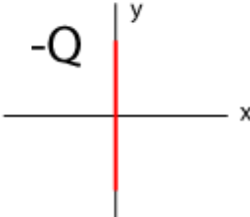
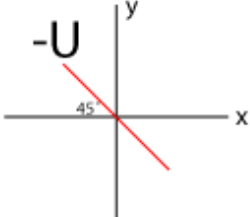
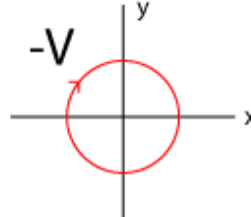
Stokesovy parametry

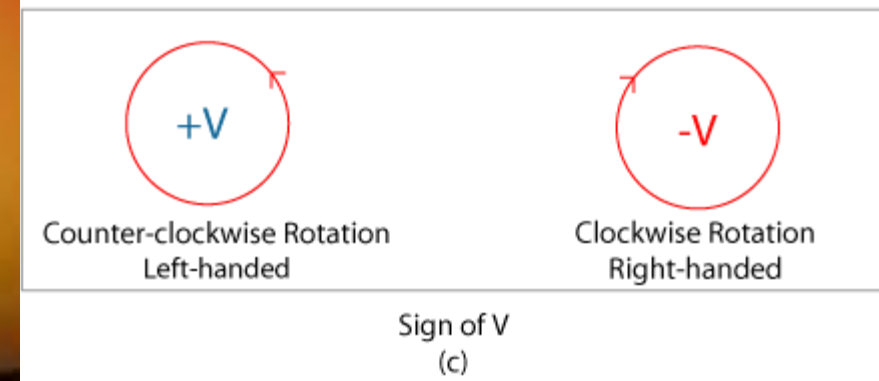
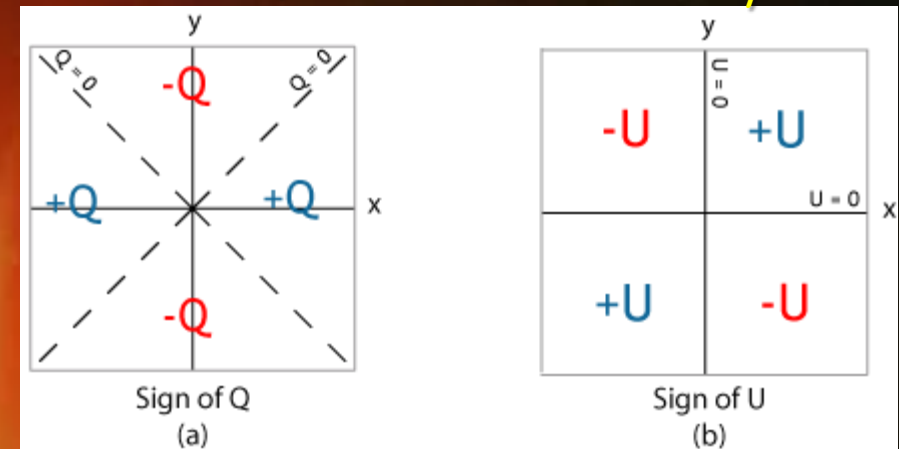
$$\begin{aligned}
 I &= |E_x|^2 + |E_y|^2, \\
 Q &= |E_x|^2 - |E_y|^2, \\
 U &= 2\text{Re}(E_x E_y^*), \\
 V &= -2\text{Im}(E_x E_y^*),
 \end{aligned}$$

$$Q^2 + U^2 + V^2 \leq I^2$$

$$Q^2 + U^2 + V^2 = I_p^2$$

$$\text{Míra polarizace} = I_p/I$$

| 100% Q | 100% U | 100% V |
|---|--|--|
| <p>+Q</p>  <p>$Q > 0; U = 0; V = 0$ (a)</p> | <p>+U</p>  <p>$Q = 0; U > 0; V = 0$ (c)</p> | <p>+V</p>  <p>$Q = 0; U = 0; V > 0$ (e)</p> |
| <p>-Q</p>  <p>$Q < 0; U = 0; V = 0$ (b)</p> | <p>-U</p>  <p>$Q = 0; U < 0; V = 0$ (d)</p> | <p>-V</p>  <p>$Q = 0; U = 0; V < 0$ (f)</p> |



Vznik polarizace světla

z nepolarizovaného světla

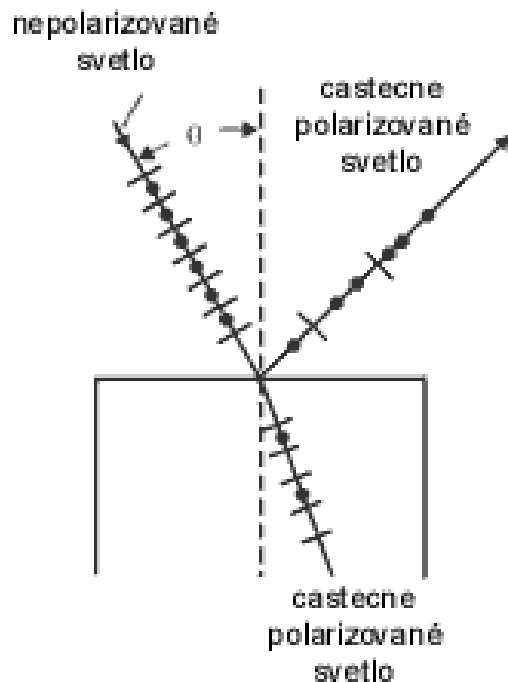
. K polarizaci světla dochází:

- průchodem světla polarizujícím materiálem,
- odrazem světla od nekovového lesklého povrchu,
- lomem světla,
- rozptylem světla na částicích.

Naopak k depolarizaci polarizovaného světla dochází: například při difúzi světla při odrazu na texturovaném, matném povrchu nebo při průchodu průsvitným, mléčně zabarveným materiálem.

Vznik polarizace lomem a odrazem

Obecný úhel dopadu θ



$$\theta_B = \arctan(n_2 / n_1)$$

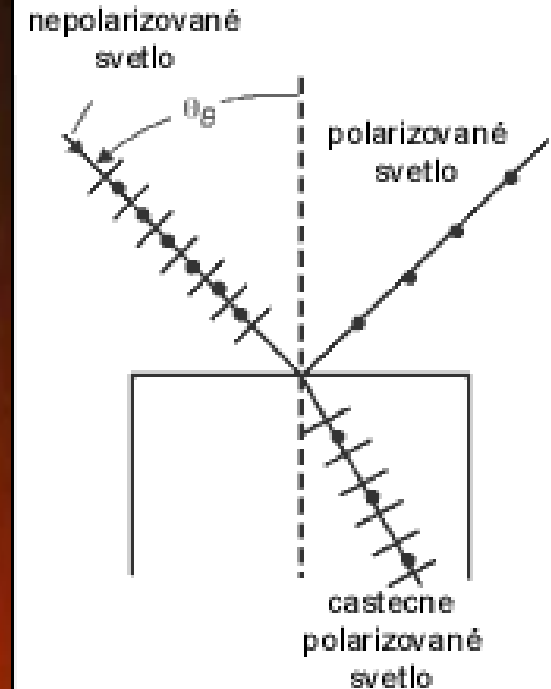
n_2 je index lomu materiálu, od kterého se světlo odráží a n_1 je index lomu média, kterým se světlo šíří.

Např. pro skleněnou desku: $n_2 = 1.52$, pro vzduch je $n_1 = 1.00$.

Brewsterův úhel je 56.7° .
Rozhraní vzduch-voda cca 55°



Brewsterův úhel dopadu θ_B



Polarizace světla rozptylem na částicích

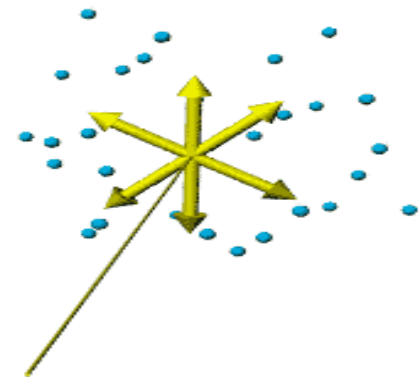
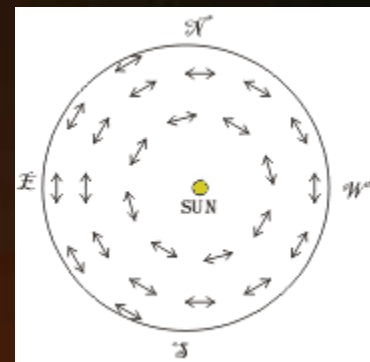
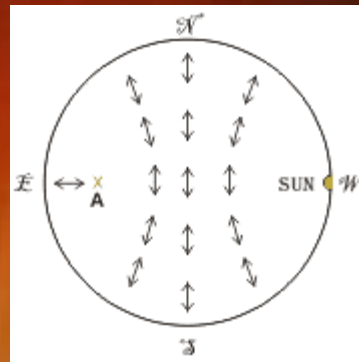
Rayleighův rozptyl

Úměrný $1/\lambda^4$ - modrá obloha

Elmag. vlna (foton se pružně srazí) rozkmitá částici.

Rozptýlený foton má stejnou (náhodnou) polarizaci pokud pokračuje v původním směru.

V jiném směru bude polarizován částečně. Při úhlu rozptylu 90° je plně polarizován.



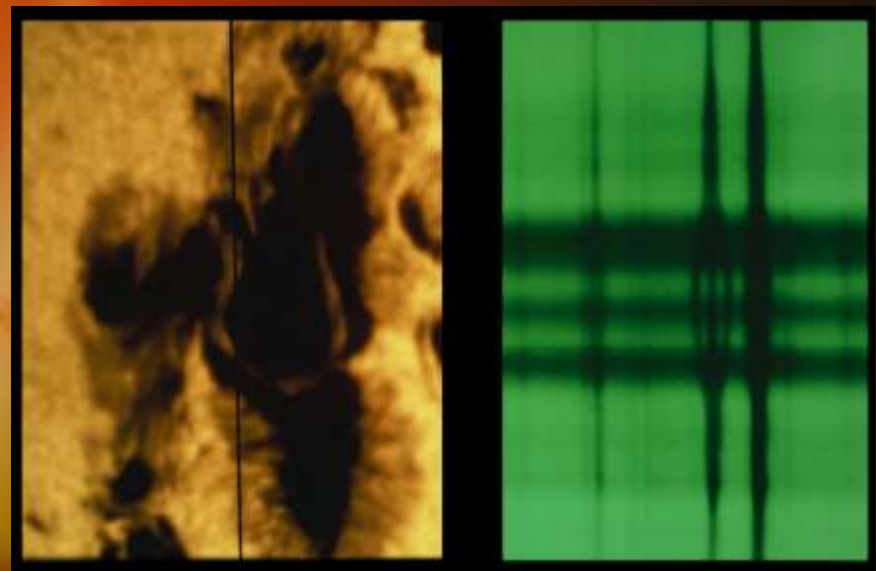
Vznik polarizovaného fotonu –
sejmutí degenerace hladin v atomu
aplikace magnetického nebo
elektrického pole.

Obecně: vliv neizotropního prostředí

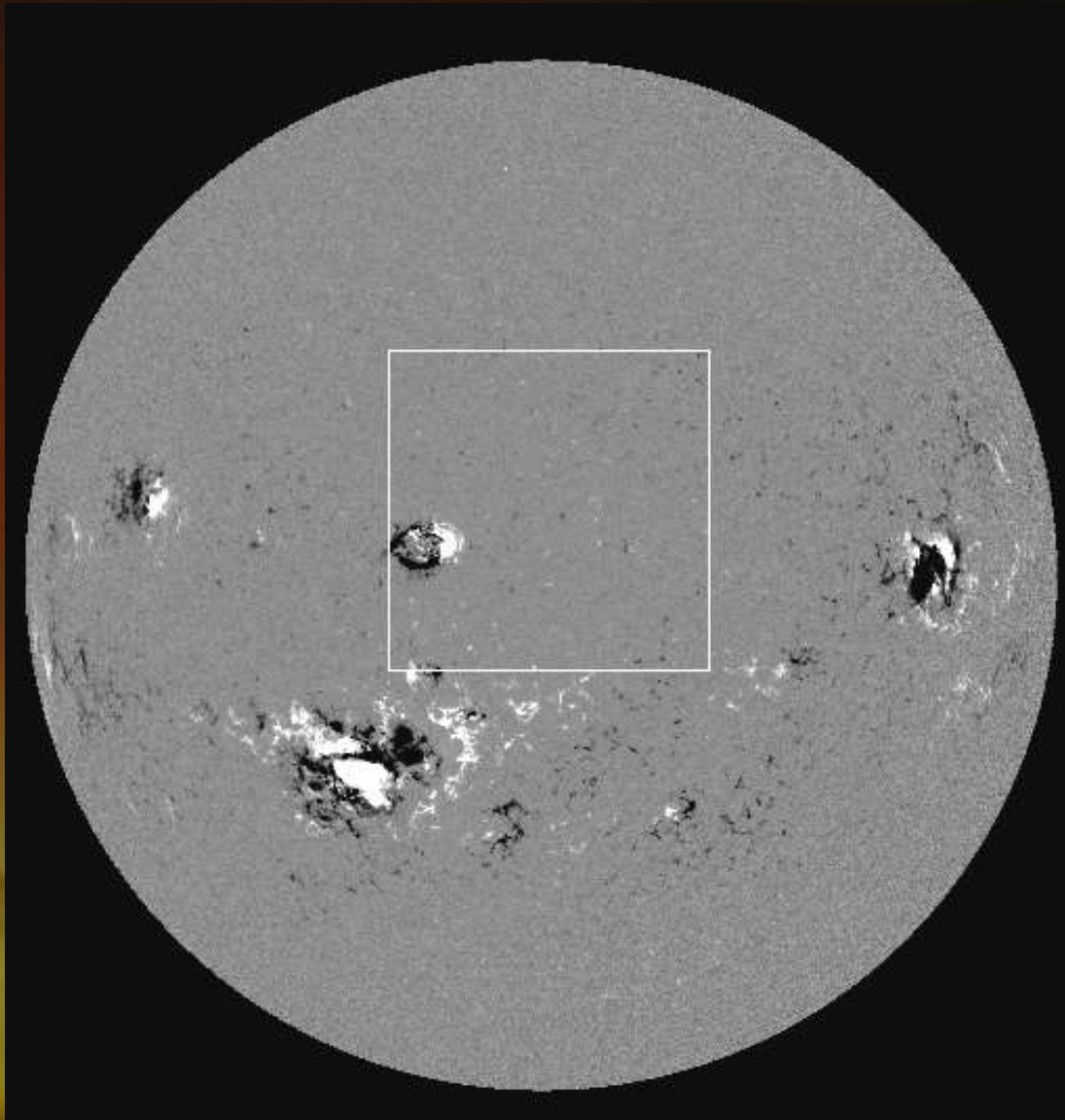
Silné vnější pole (el. mag. ...)
snímá degenaraci hladin v atomu,
(rozšíření, rozštěpení čar.,

Sluneční skvrna, silné magnetické pole
Zeemanův rozštěp spektrální čáry
(viditelný v polarizovaném záření)

Podobně Starkův jev –
detekce elektrického pole



Měření pomocí úzkopásmového filtru



SoHO / MDI

27 oct 03

Rozdíl obrazů ve dvou komponentách

Měření magnetického a elektrického pole je založeno na měření polarizace

Magnetické pole: Zeemanův jev rozštěp čáry v magneticky citlivých čarách (velký faktor Landé, úzké čáry kovů, silná pole)

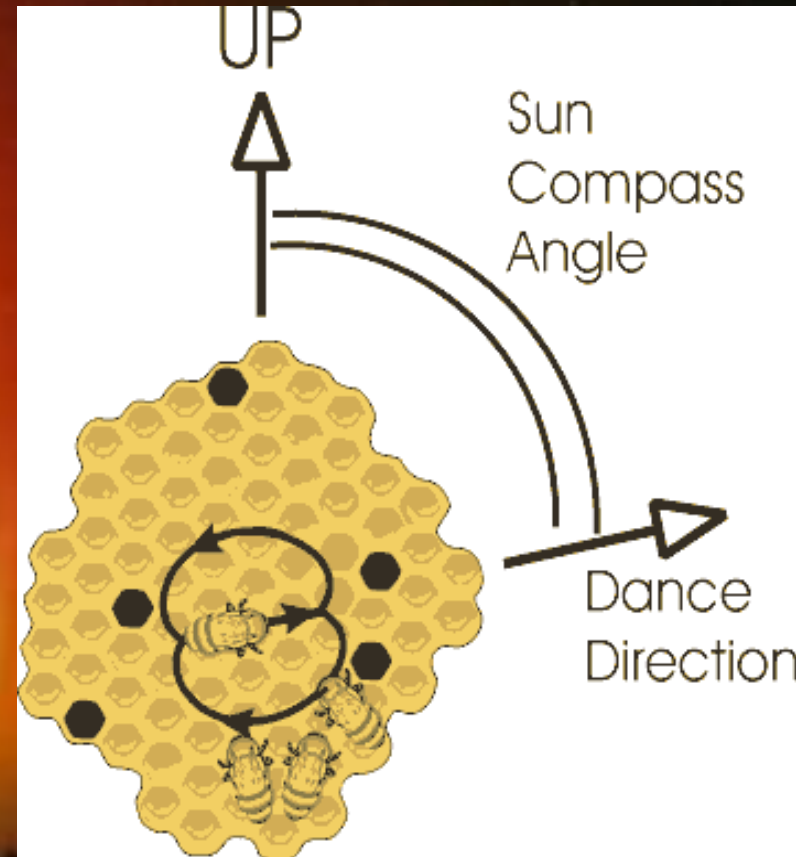
Hanleův jev slabá pole (protuberance, korona, depolarizace)

Elektrická pole – elektrograf, poměry profilů čar stejné vodíkové série. Balmer Paschen - Starkův jev. Makroskopické pole nenaměřeno spolehlivě. Vodivé prostředí vyrovnává rozdíl elektrických potenciálů.

Polarizace v praxi

Navigace – Vikingové
Orientace včel, ptáků, ryb
Fotografie
3D filmy – IMAX
LCD
Elasticimetrie, defektoskopie
Polarizační brýle, rybaření

Karl von Frisch Nobelovská cena
Tanec včel na plástu –
polarizované světlo oblohy



Děkuji za pozornost



MFS history

Constructed by Valníček, Švestka, Letfus et. al in 1958



Main Objective 230mm/1350 cm,

Grating 600l/mm, 90 x 100

Resolution 120 000

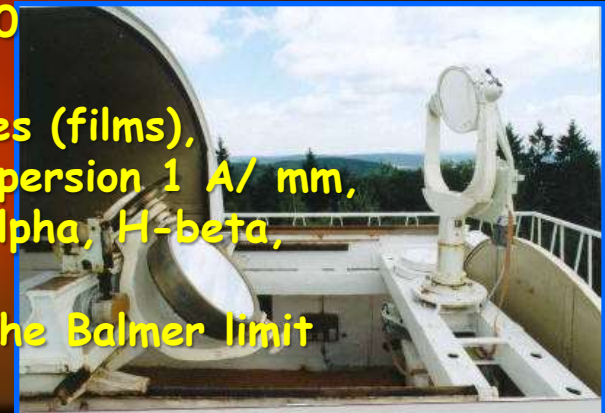
in the 2th orphotographic plates (films),

linear dispersion 1 Å/ mm,

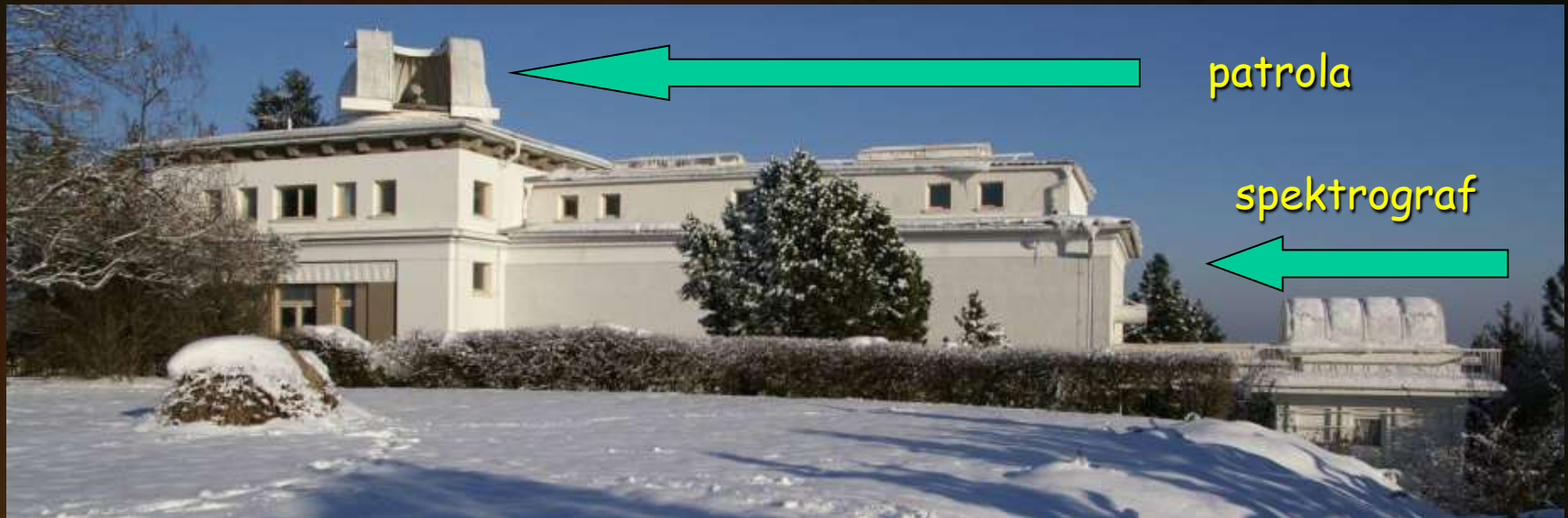
in H-alpha, H-beta,

H-gamma, D-lines, Ca H & K

up to the Balmer limit

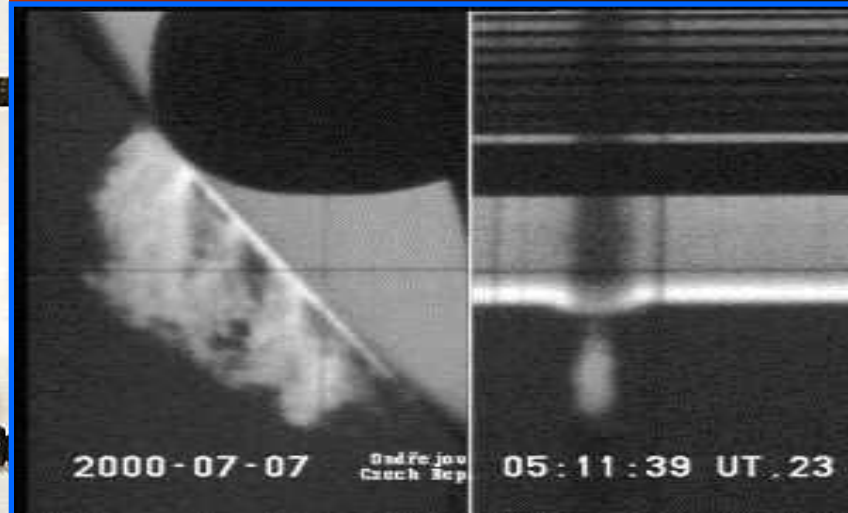
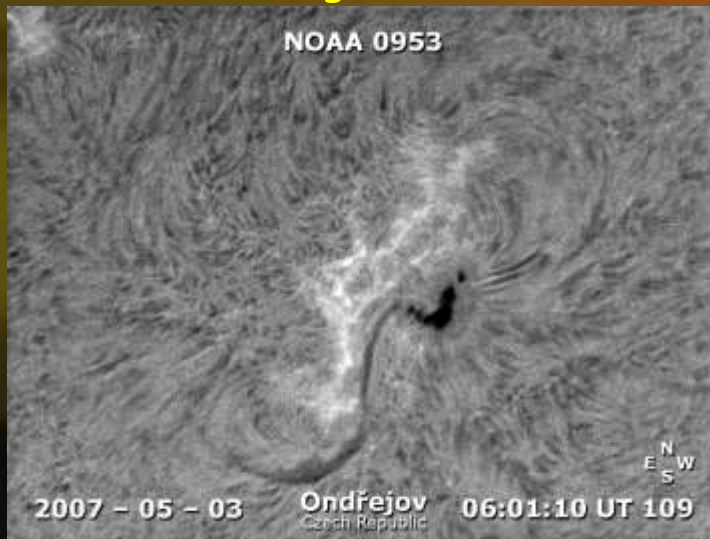


Sluneční oddělení Asů Ondřejov



Zeiss 21cm/341 cm
- Ha filtr Day Star
FWHM 0.7 Angstrom

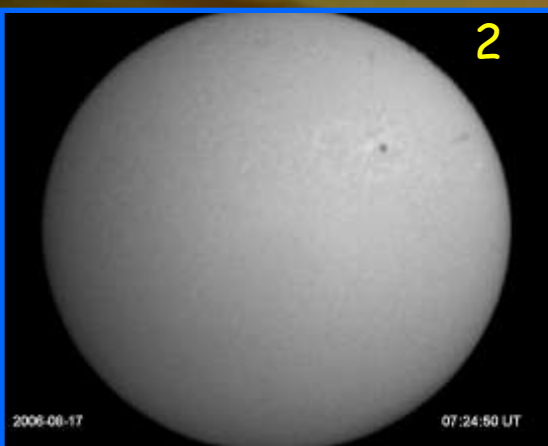
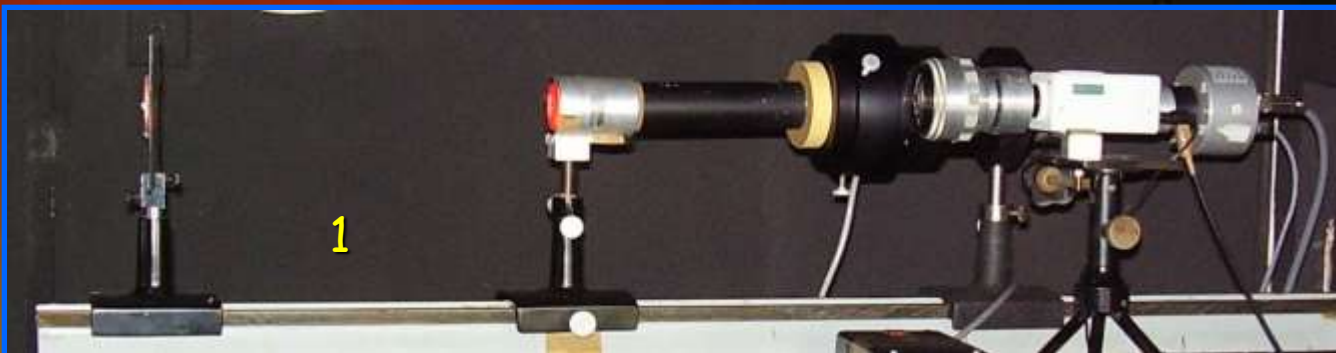
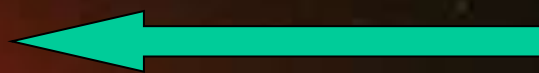
Slit-jaw snímek a H-alfa spektrum
- Ha filtr Day Star FWHM 0.7 Angstrom



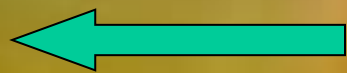
Horizontální dalekohled HSFA2 v Ondřejově



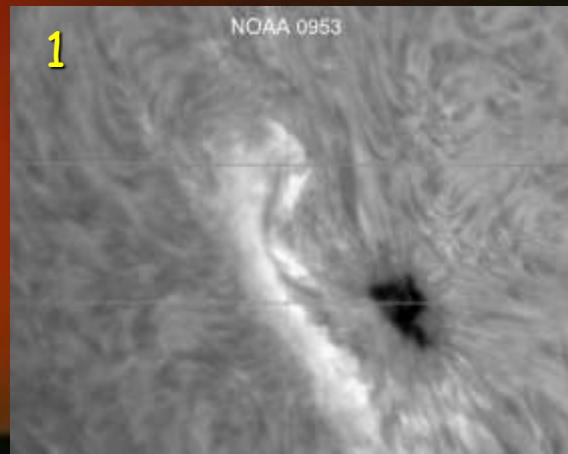
Na HSFA2: 2 úzkopásmové filtry
1 Slit-jaw dalekohled pro detaily
2 Celodiskový dalekohled



Day Star, FWHM 0.7 Angstrom
Detail AO 0953 na slit-jaw snímku



Filtr Coronado, 0.7 Angstromu
Celý disk Slunce



Ondřejovský robotický sluneční dalekohled SORT



Filtry DayStar: úzkopásmové
H α - FWHM $\sim 0.3 \text{ \AA}$
Ca II H - FWHM $\sim ?? \text{ \AA}$



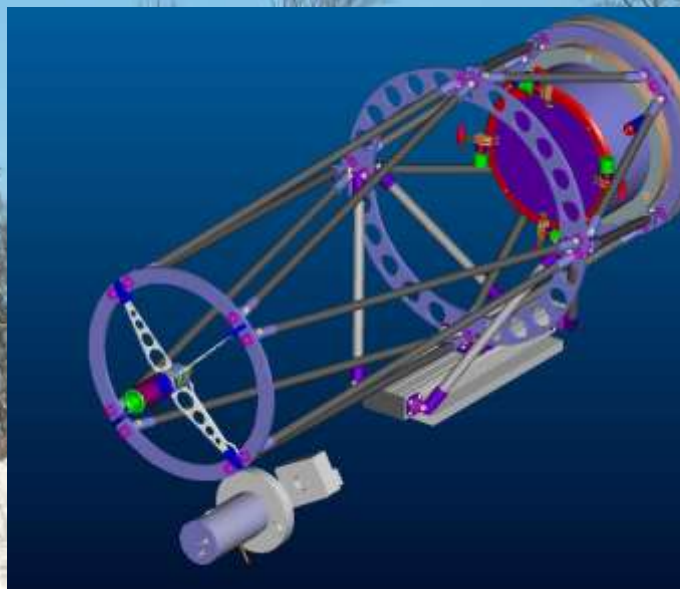
Paramount ME, německá montáž
hmotnost: 68 kg, ovládání z PC



?!
!?



kopule Astro Haven $\varnothing 3660 \text{ mm}$
hmotnost: $\sim 200 \text{ kg}$, ovládání z PC



Reflektor s otevřeným tubusem
M1 d=280 mm (opt.) a f=1400
F=5.6 f/11 2700

Popis měření a zpracování dat

Filtr DayStar byl vložen před ohnisko $f/70$ horizontálního dalekohledu a současně před vstupní štěrbinu spektrografu a byly pořízeny snímky CCD kamerou při různých úhlech natočení filtru.

„Spektrum“ bylo zpracováno flat-fieldem, v každém pixelu podél štěrbiny byl vypočten profil propustnosti. Tyto profily byly redukovány na pozadí DF a každým profilem redukováným byla proložen Gaussův profil metodou nejmenších čtverců.

Pološířka Gaussovy křivky je považována za FWHM propustnosti profilu v dané pozici filtru.

Z profilů podél štěrbiny je vytvořena animace, kde se ukazuje šířka profilu. Podle údajů výrobce měla činit 0,3 Angstromu, podle autorizovaného zástupce pak měla být ještě lepší ~ 0.25 Angstromu.

Výsledek měření je vidět na následujícím snímku.

Z webových stránek autorizovaného zástupce COMES TRADING

DayStar Filters L.L.C., DayStar Filters LLC/USA, je firma s dlouholetou tradicí, se kterou B. Reichmann navázal kontakt jako amatérský pozorovatel sluneční chromosféry již v roce 1982. Společně s původním majitelem DayStar, panem Deel Wood zajišťoval koncem devadesátých let první dodávky chromosférických filtrů pro sluneční teleskopy „Comes“ do hvězdáren v Praze/Petřín, v Brně, Hradci Králové, Valašském Meziříčí a v Teplicích. V roce 2006 zakoupil firmu nový majitel, pod jehož vedením došlo k rozšíření nabídky filtrů a zajištění oprav a údržby všech typů (i starších) filtrů DayStar. Od března 2007 je Comes Trading - Astrotechnika autorizovaný zástupce firmy DayStar Filters pro Česko, Slovensko, Polsko a Holandsko.

Závěry

Pro dokončení projektu SORT potřebujeme kvalitní a lehký úzkopásmový H-alfa filtr.

Co dále ?

Filtry Day Star mají záruční dobu 10 let.

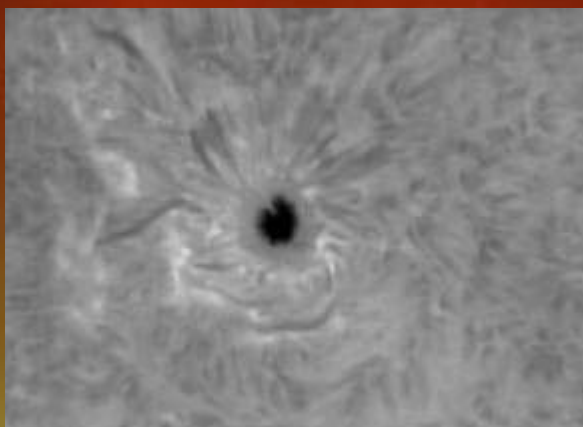
Proměříme CaII H filtr Day Star a další filtry

Budeme požadovat opravu nebo výměnu filtru H-alfa a vůči výrobcí i autorizovanému zástupci uplatníme všechny nároky a případně i nezbytné právní úkony.

Děkuji za pozornost

Pavel Kotrč Astronomický ústav AV ČR, v.v.i., Ondřejov

<http://www.asu.cas.cz/~sos/>

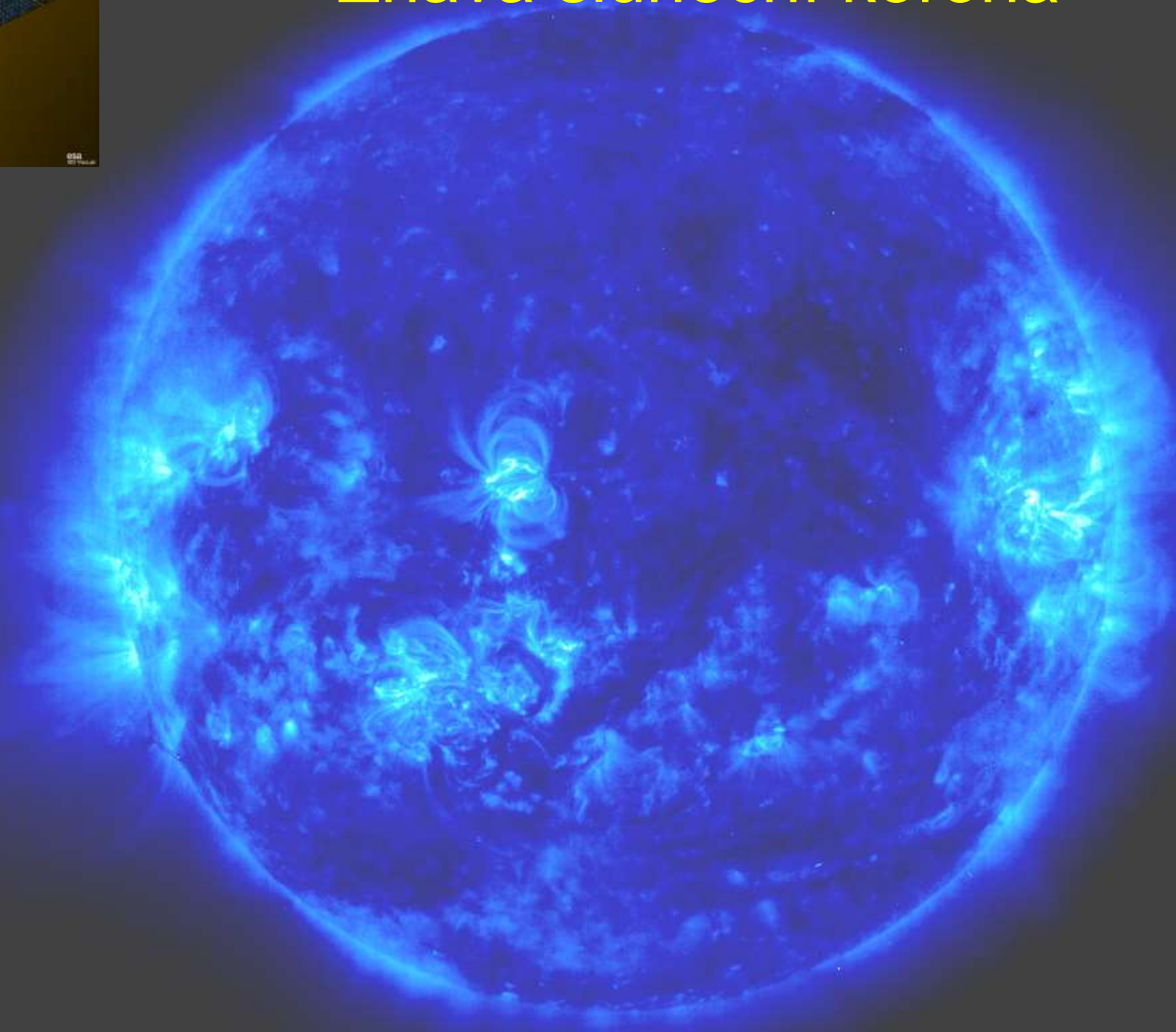
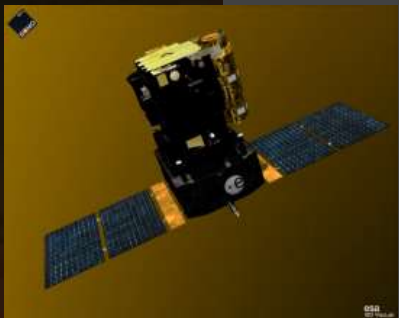


???



Prezentace na semináři Člověk ve svém pozemském a kosmickém prostředí, Úpice, 18. 5. 2010

Nad Sluncem: Žhavá sluneční koróna



SoHO / EIT

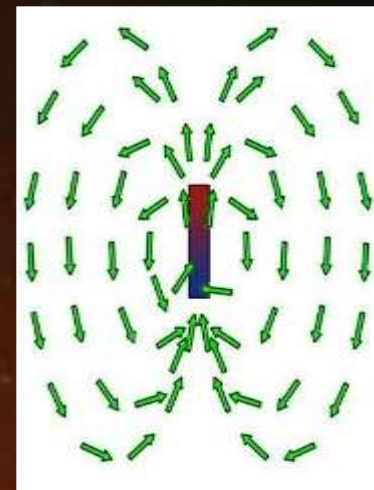
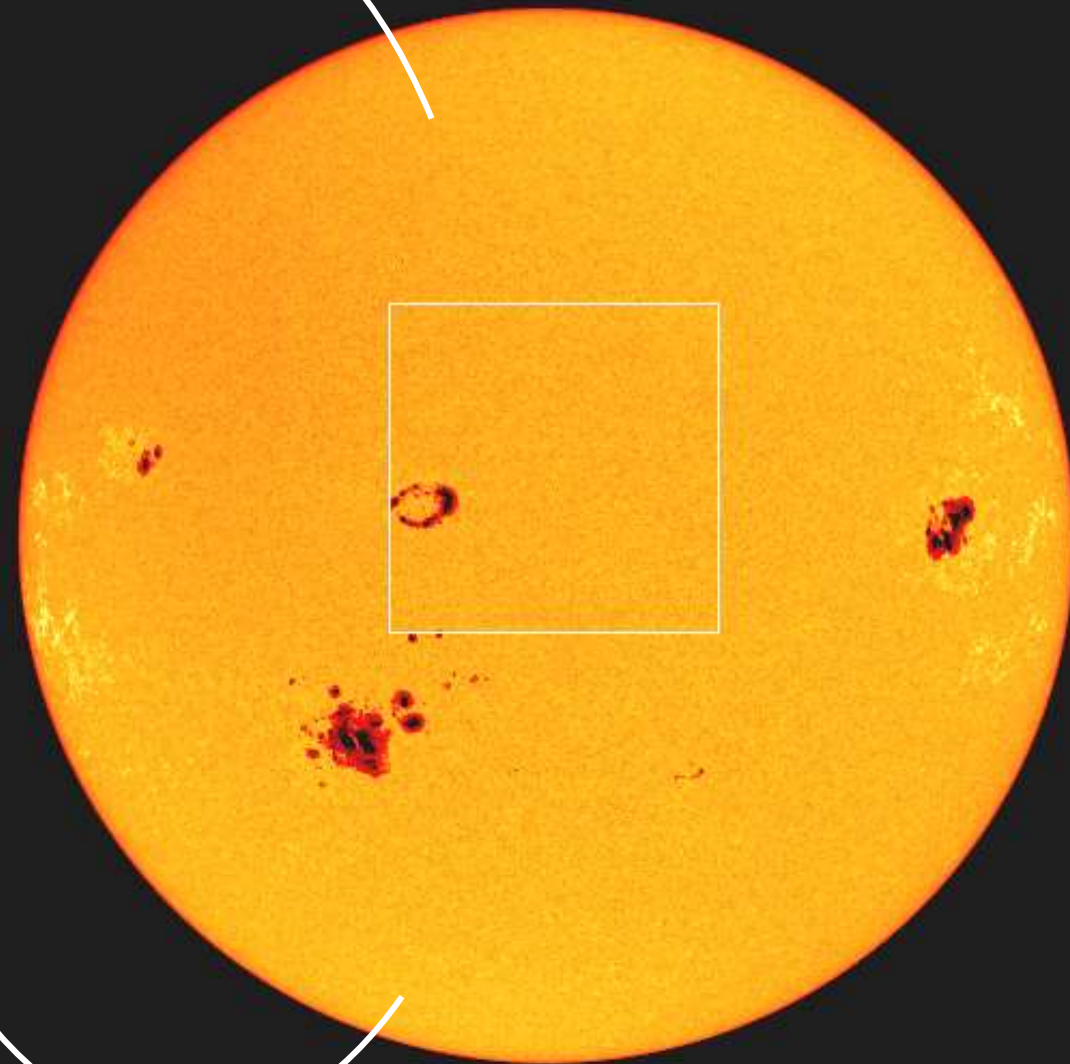
27 oct 03

Fe X

2003/10/27 19:00:14 UT

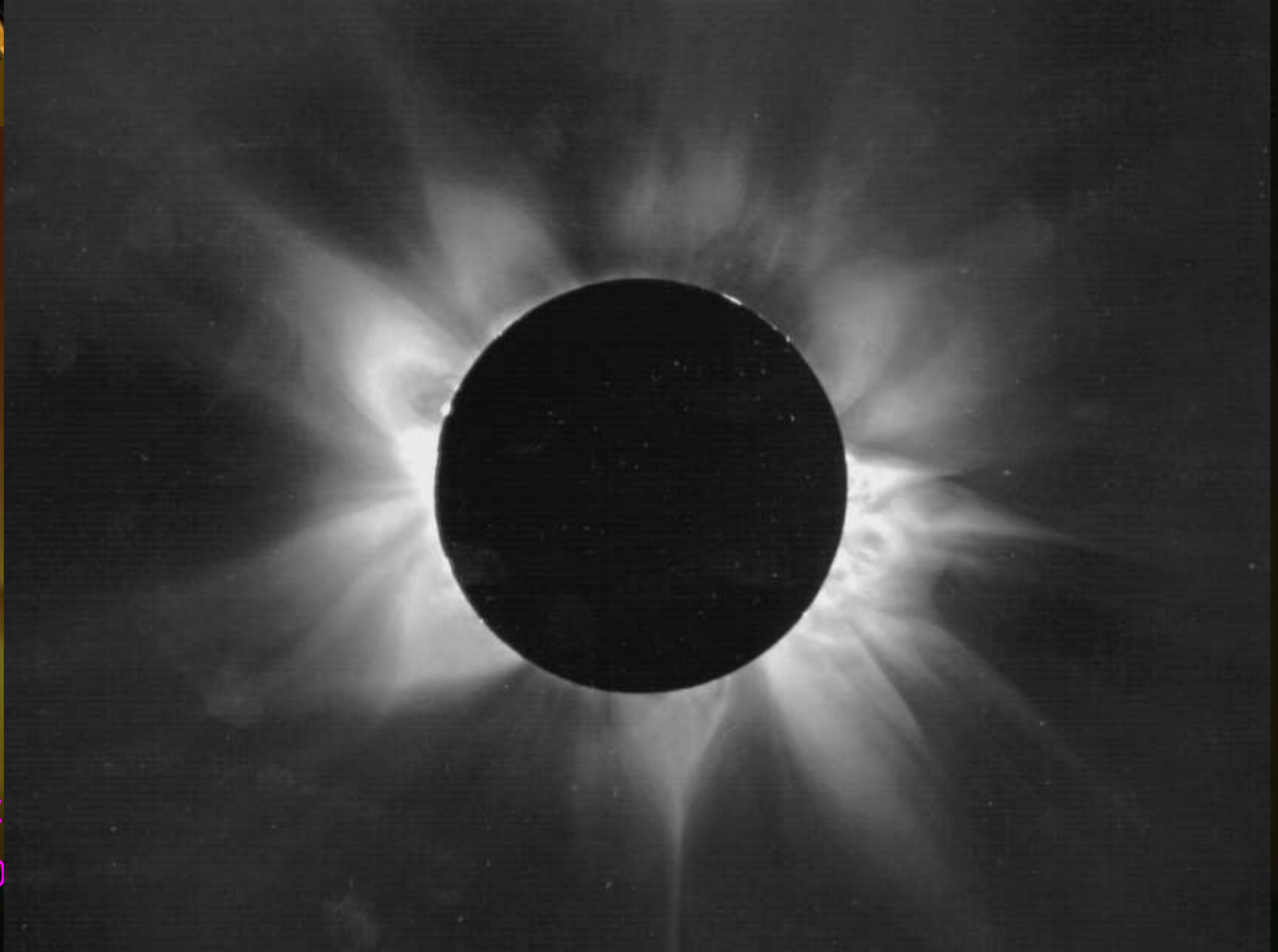
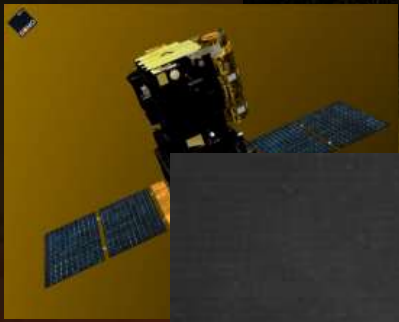
T = 1,000,000 K

Slunce je obrovský magnet



SoHO / MDI

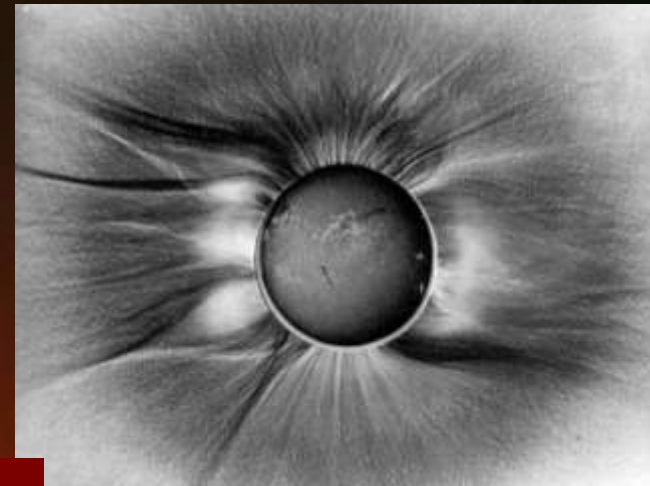
Nejvyšší část atmosféry Slunce Koróna



SoHO / E

27 oct 0

Jedinečnost koróny při úplných zatměních Slunce



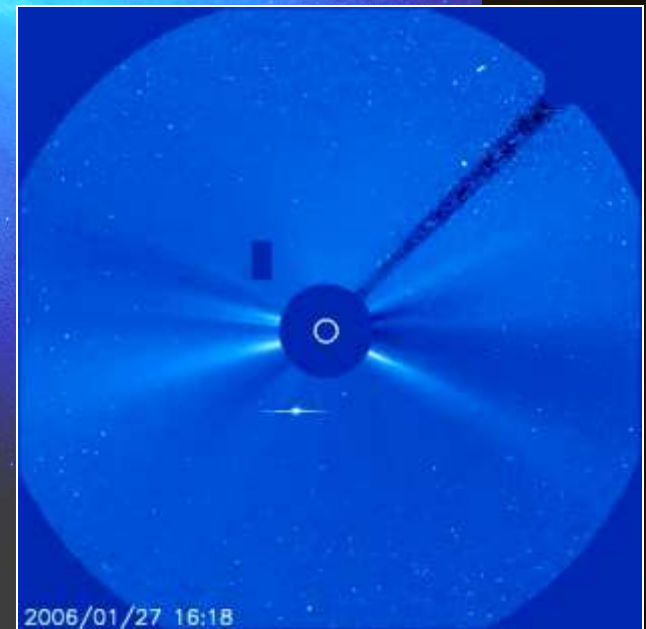
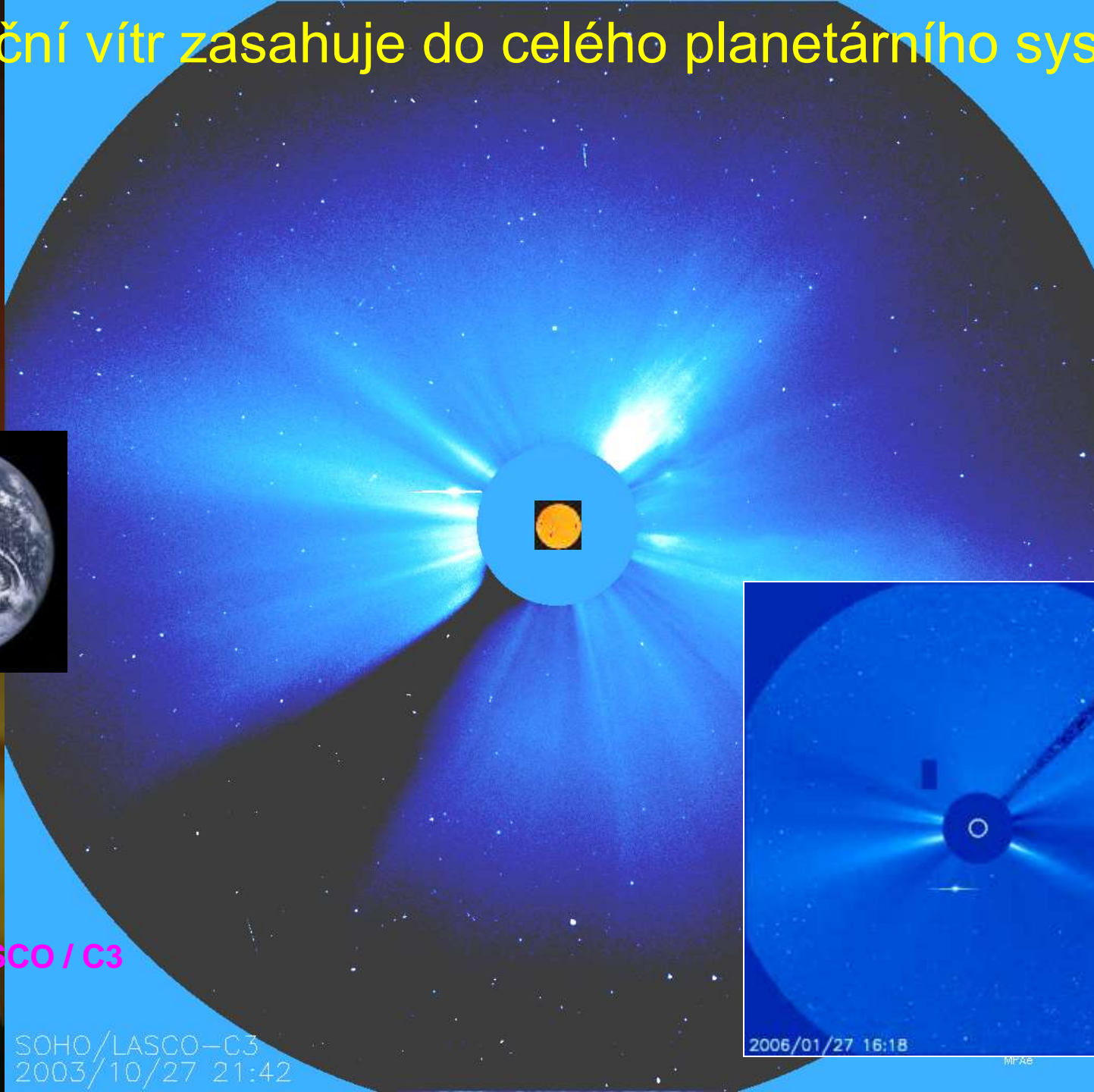
29.3.2006



Slunce není zdaleka tak jednotvárné jak se zdá!



Sluneční vítr zasahuje do celého planetárního systému



SoHO / LASCO / C3

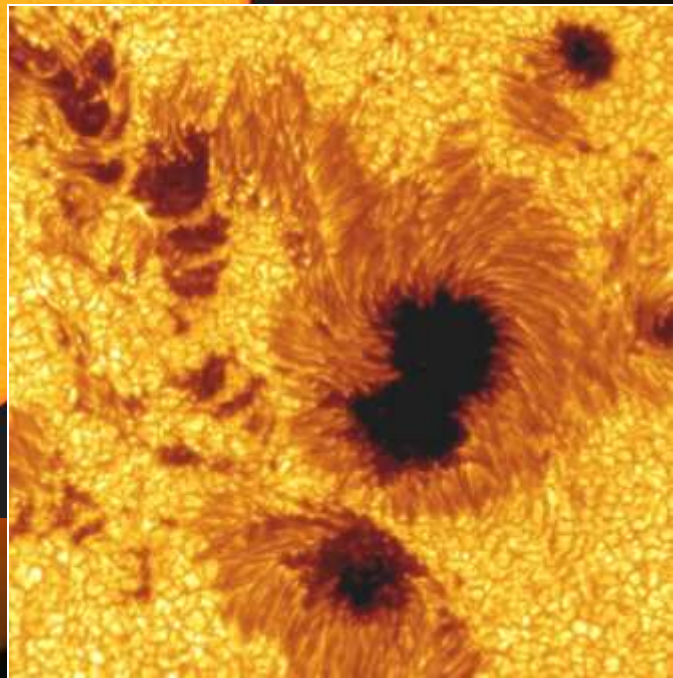
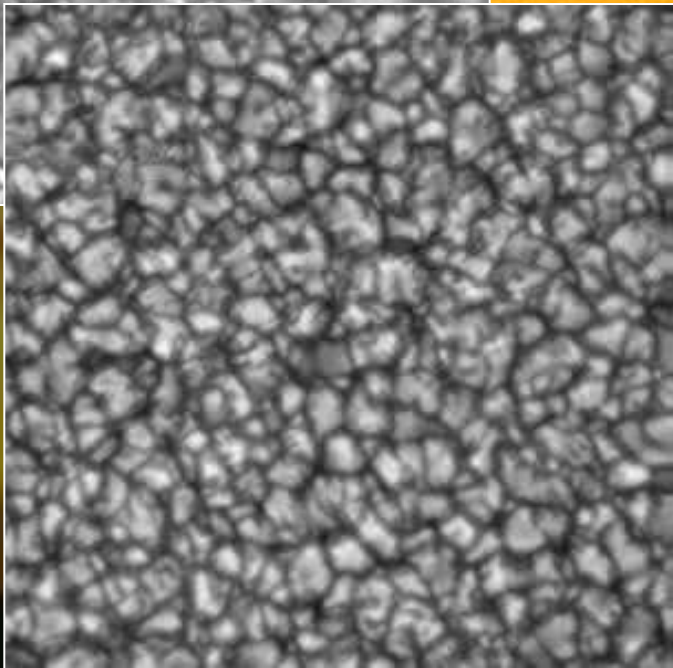
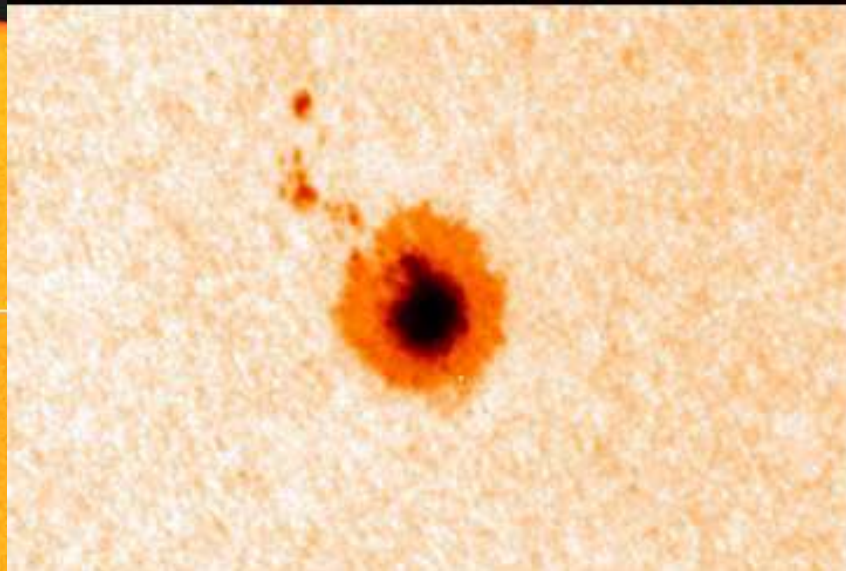
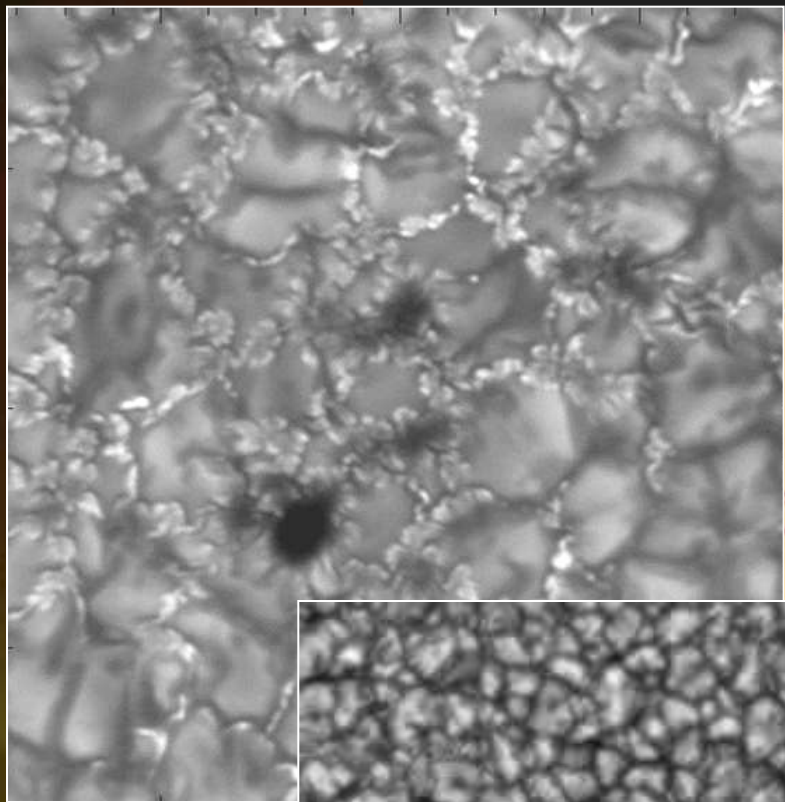
27 oct 03

SOHO/LASCO-C3
2003/10/27 21:42

2006/01/27 16:18

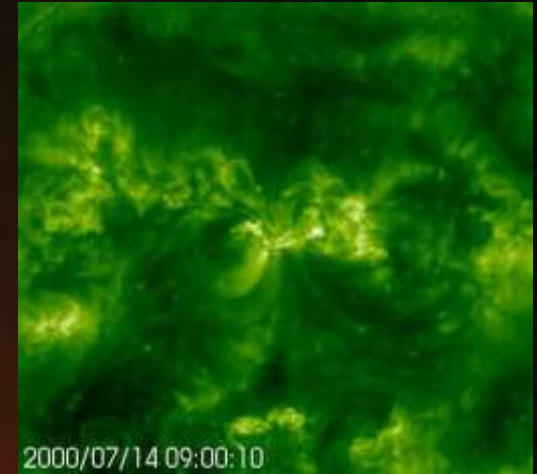
MPAe

Sluneční skvrny a granule



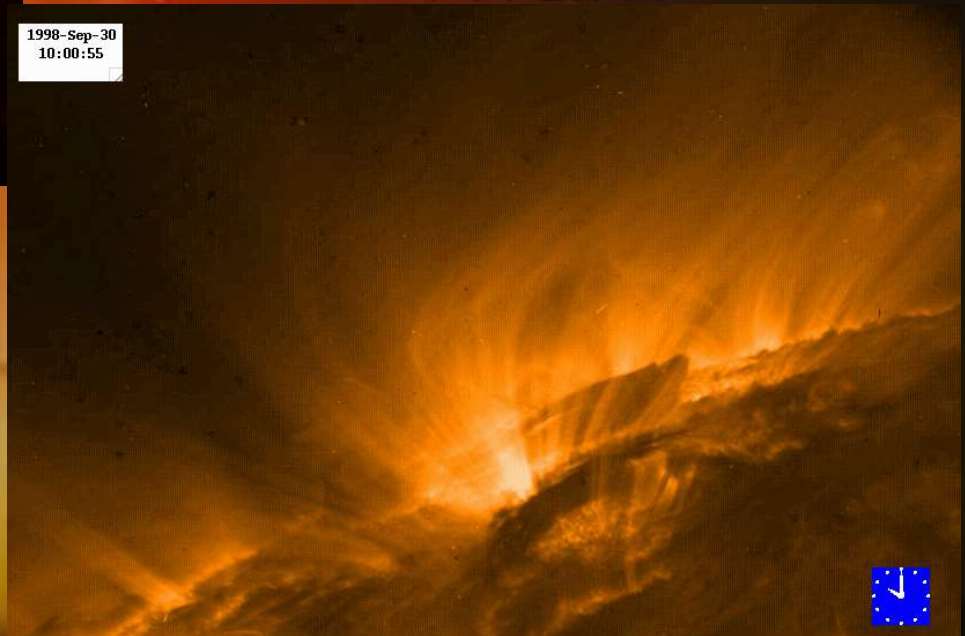
Sluneční erupce

Sluneční explozivní jevy mají trvání několik sekund, minut, ale velký výdaj energie



Exploze pozorovaná
v UV záření

1998-Sep-30
10:00:55



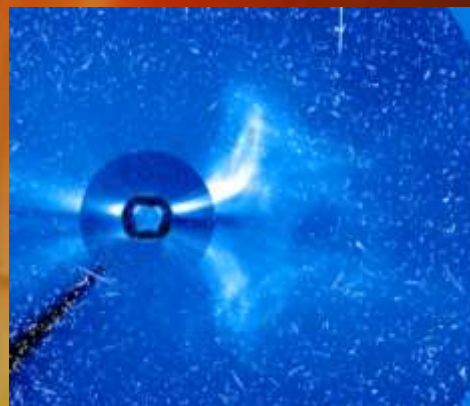
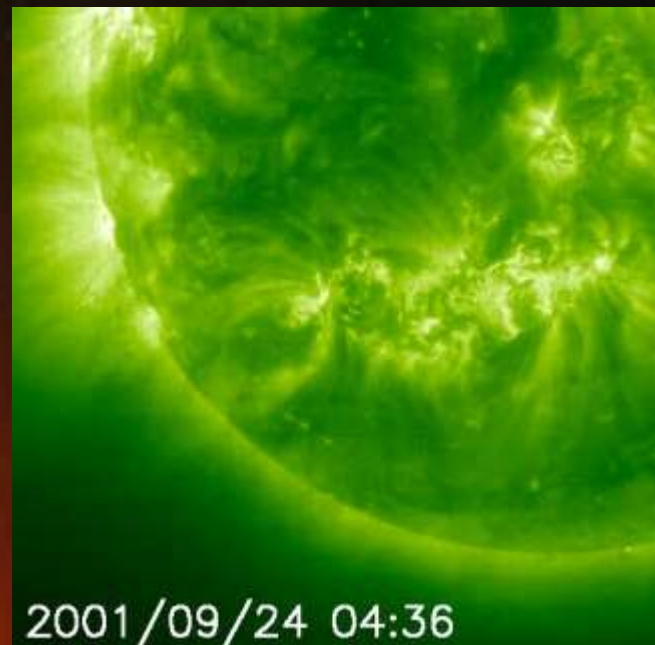
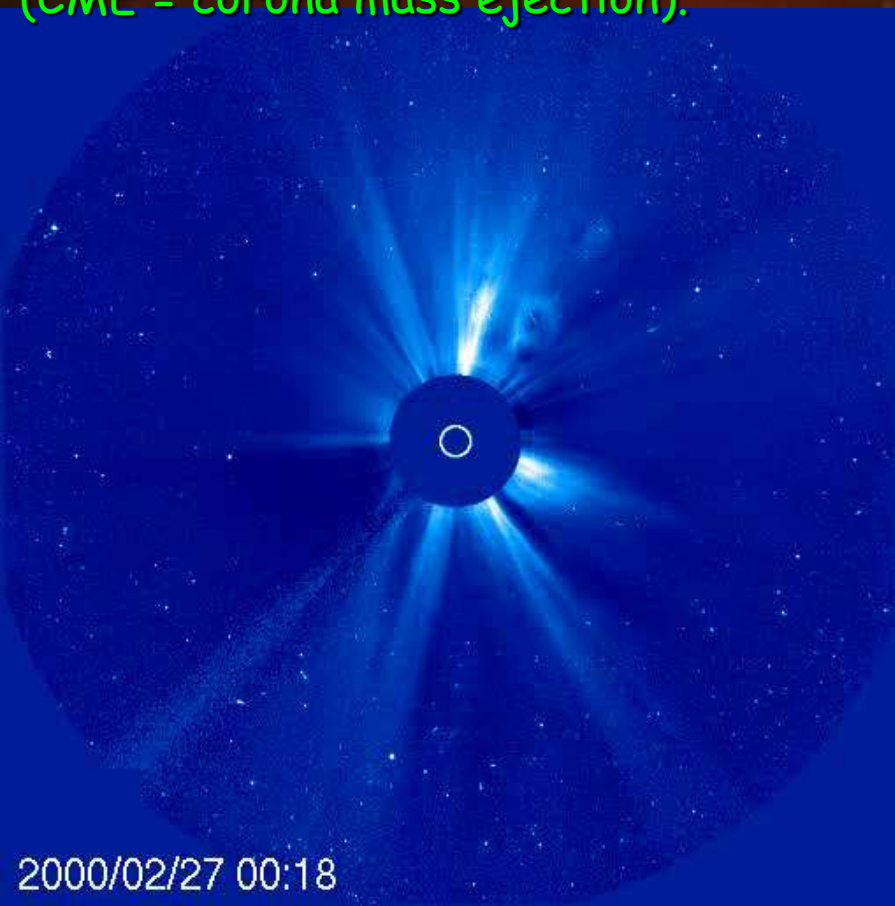
Energie erupce $\sim 10^{25}$ J

Vodíková bomba $\sim 10^{16}$ J



Velkoškálové sluneční exploze

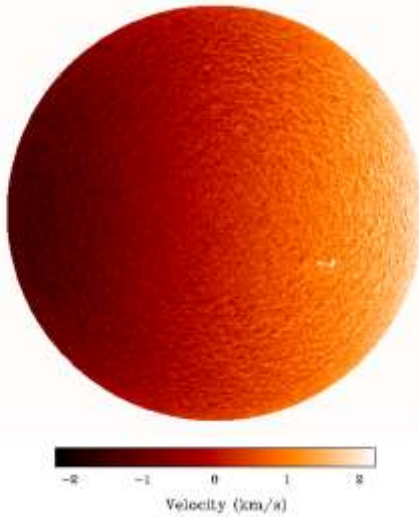
Obrovské eruptivní protuberance, škála několika hodin dosah několik poloměrů Slunce. Výrony koronální hmoty (CME = corona mass ejection).



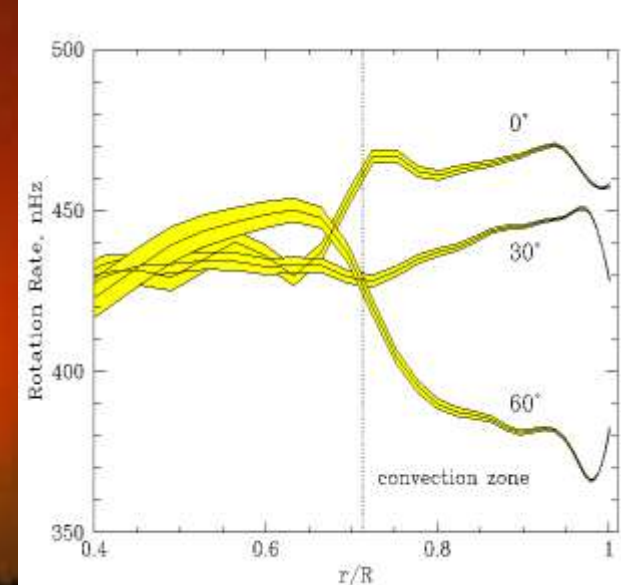
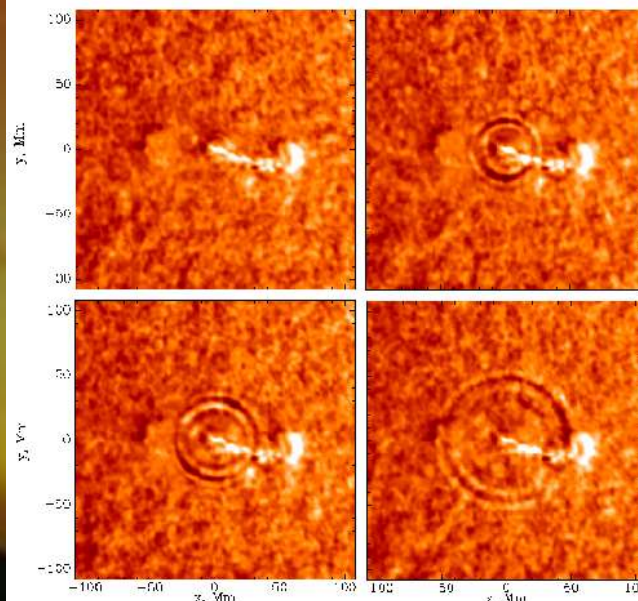
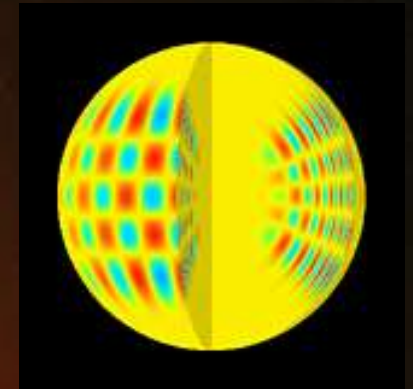
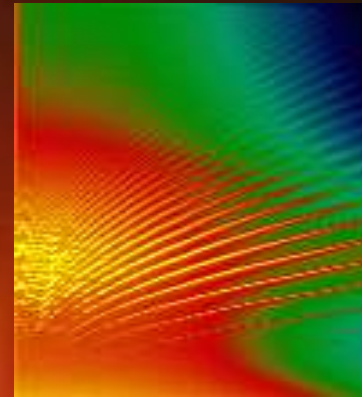
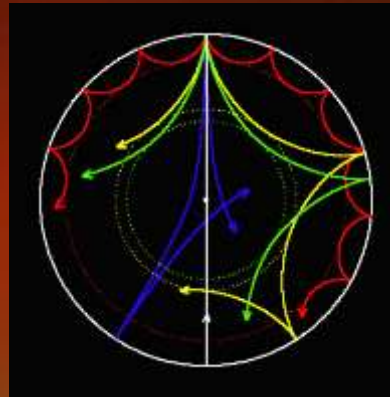
Snímky pořízeny koronografem na sondě SOHO. Koronograf vytváří snímky tím, že zastiňuje záření od slunečního disku (bílá kružnice) a případně i jeho okolí.

Helioseizmologie

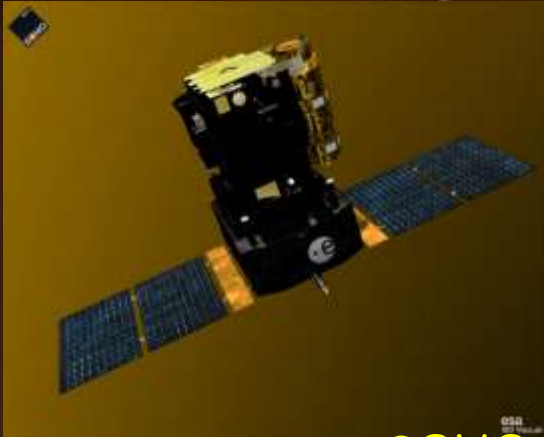
Full-disk Dopplergram
9 July 1996, 9:00:00



p-módy (změna tlaku) - detekovány, zdroj informací
g- módy (tíhové vlnění) - dosud neidentifikovány



Sluneční dalekohledy ve světě 2007



SOHO (1996...)

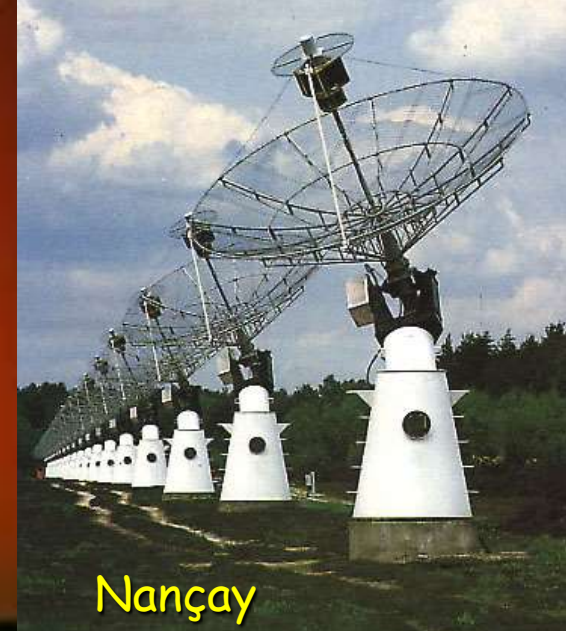


Solar B 22/09/06

SOLAR-B



Tenerife

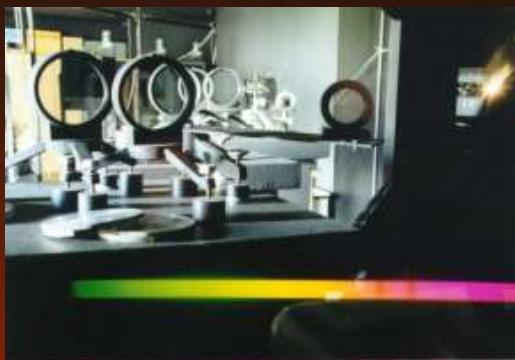


Nançay

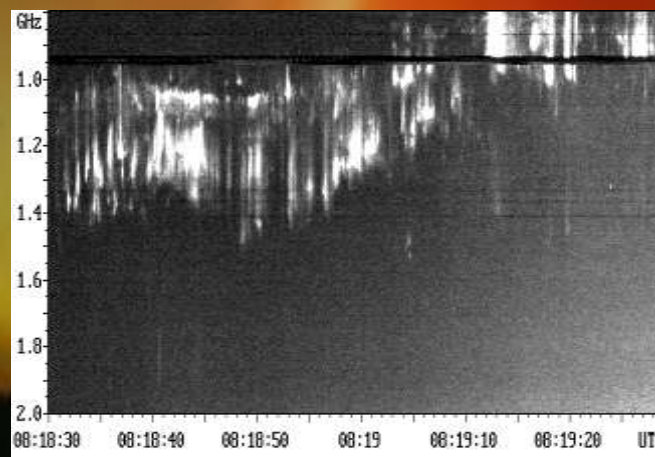
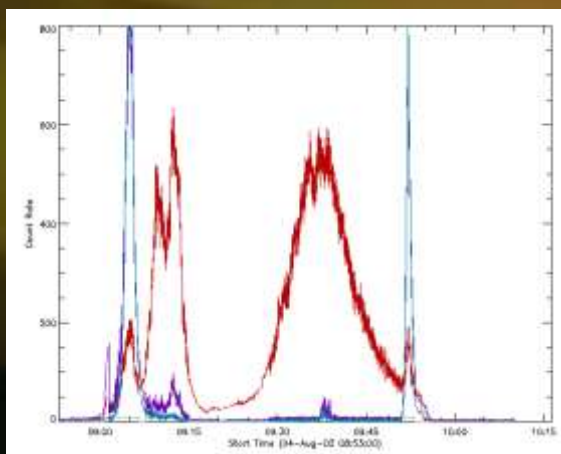
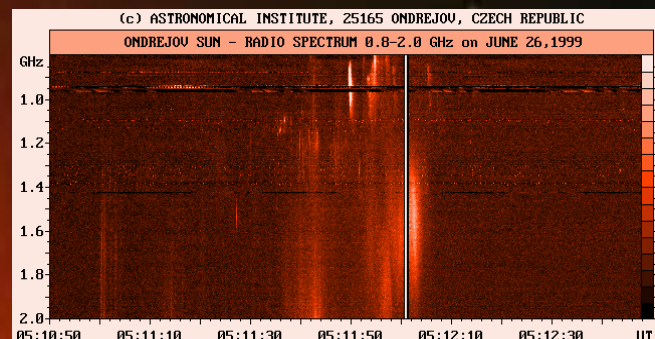
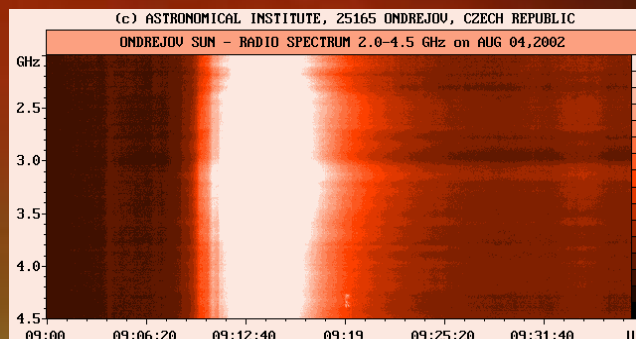
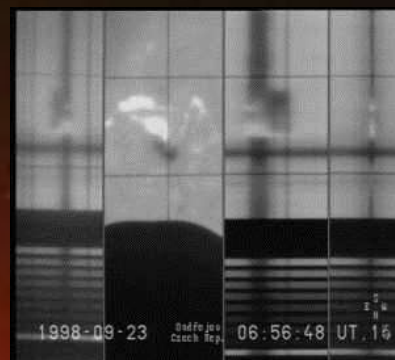
Sluneční oddělení v Ondřejově



Plasmové procesy ve slunečních erupcích a protuberancích



Struktura a dynamika sluneční atmosféry



Na jaké otázky hledáme odpovědi ze spekter a modelování ?

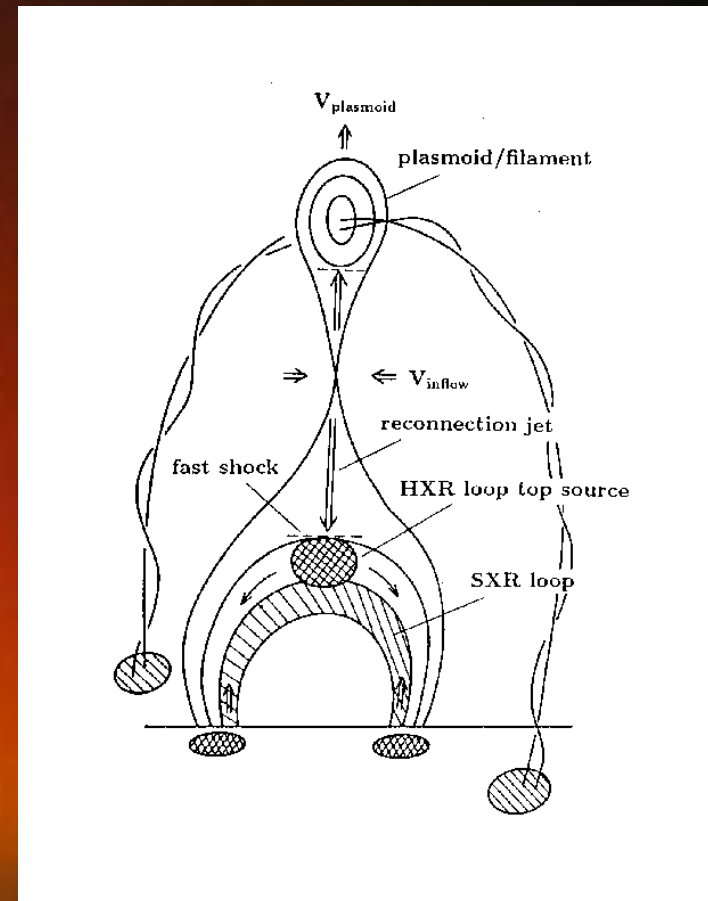
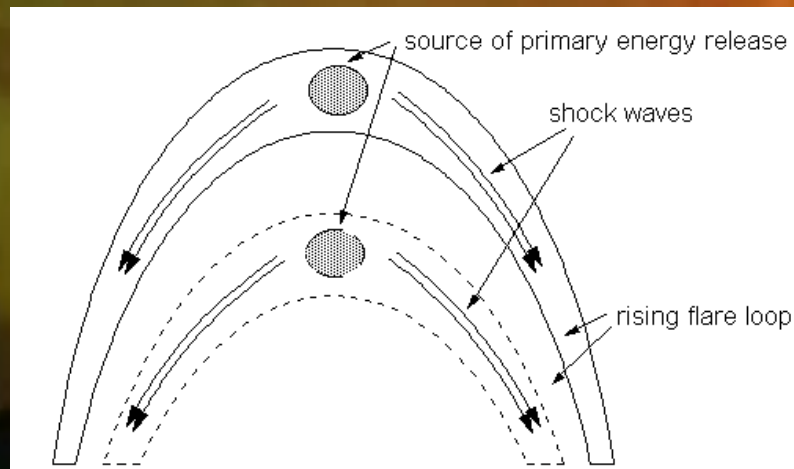
Co a jakým způsobem probíhá v slunečních erupcích?

Jak je ohřívána koróna?

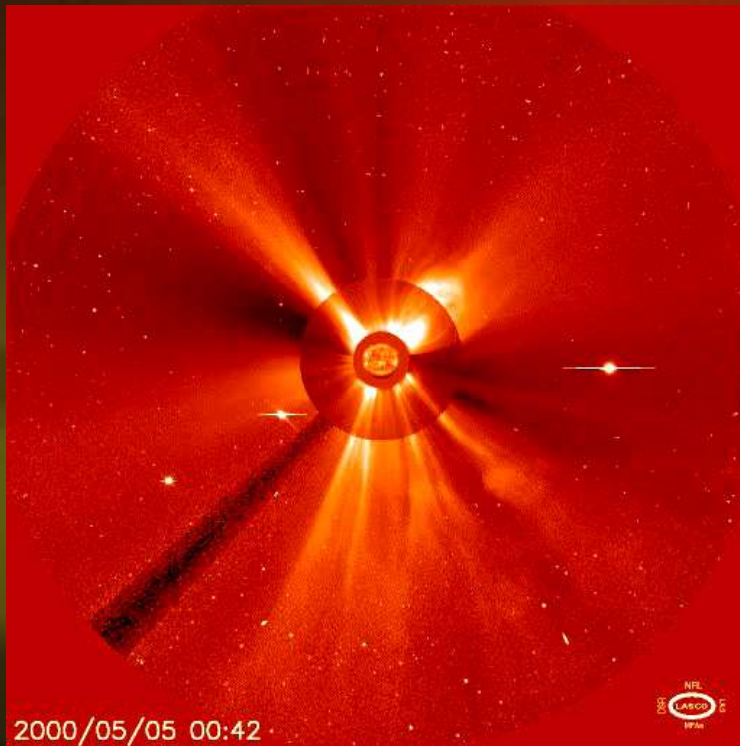
Jaký je mechanismus vzniku CME? Jak jsou CME urychlovány? Dají se předpovídat?

Co urychluje sluneční vítr?

Jak jsou urychlovány částice (elektrony, protony) ve sluneční koróně?



Slunce je zdrojem záření i částic, zárukou podmínek pro život na Zemi, objektem studia fyzikálních procesů



Sluneční oddělení
Ondřejov:
16 vědců
4 PhD studenti
x diplomantů
5 techniků

Počítačový cluster
paralelní programování
numerické modelování
magnetické rekonexe
pohybu plasmoidů...

Konec presentace



What is doing the Sun ? What is the Solar Wind ?



SoHO / LASCO / C2

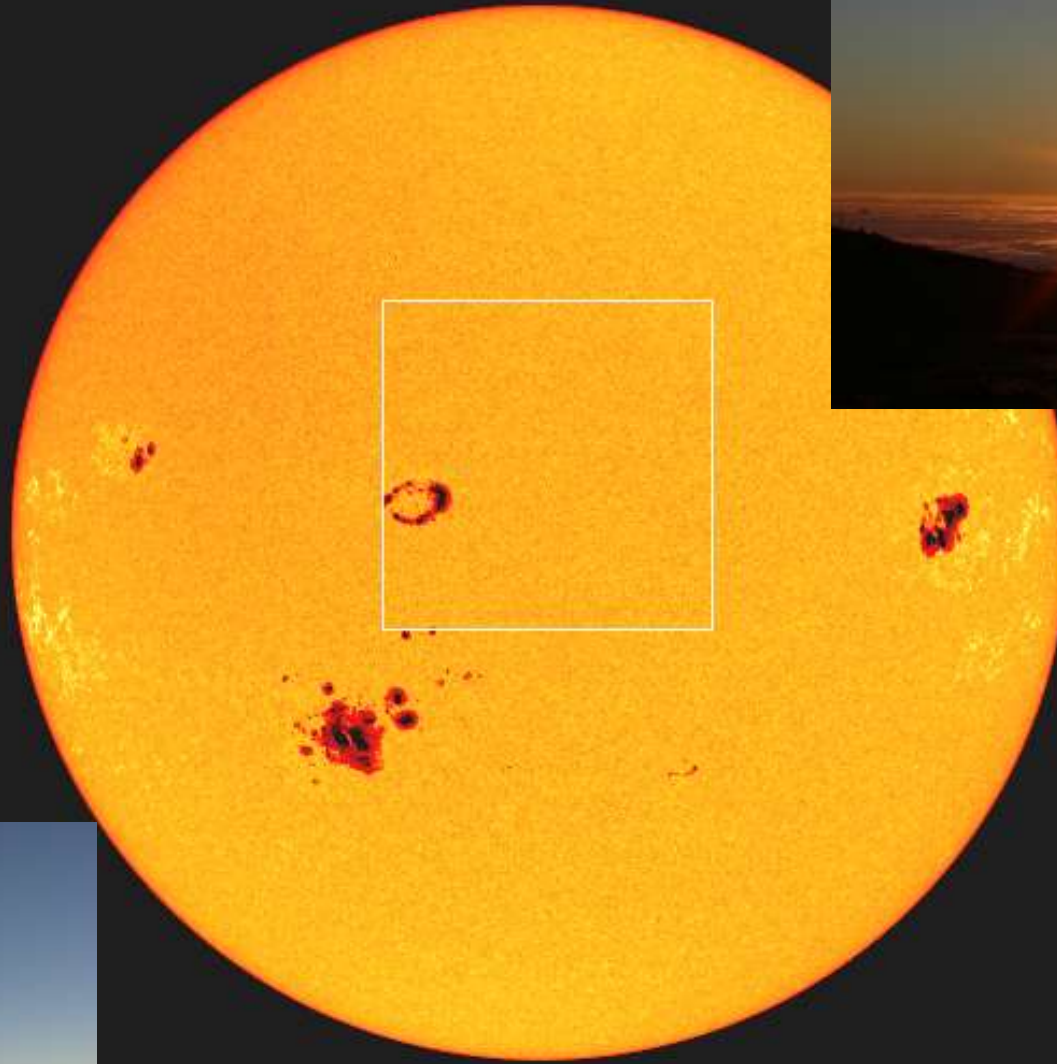
27 oct 03

SOHO/LASCO-C2
2003/10/27 21:54

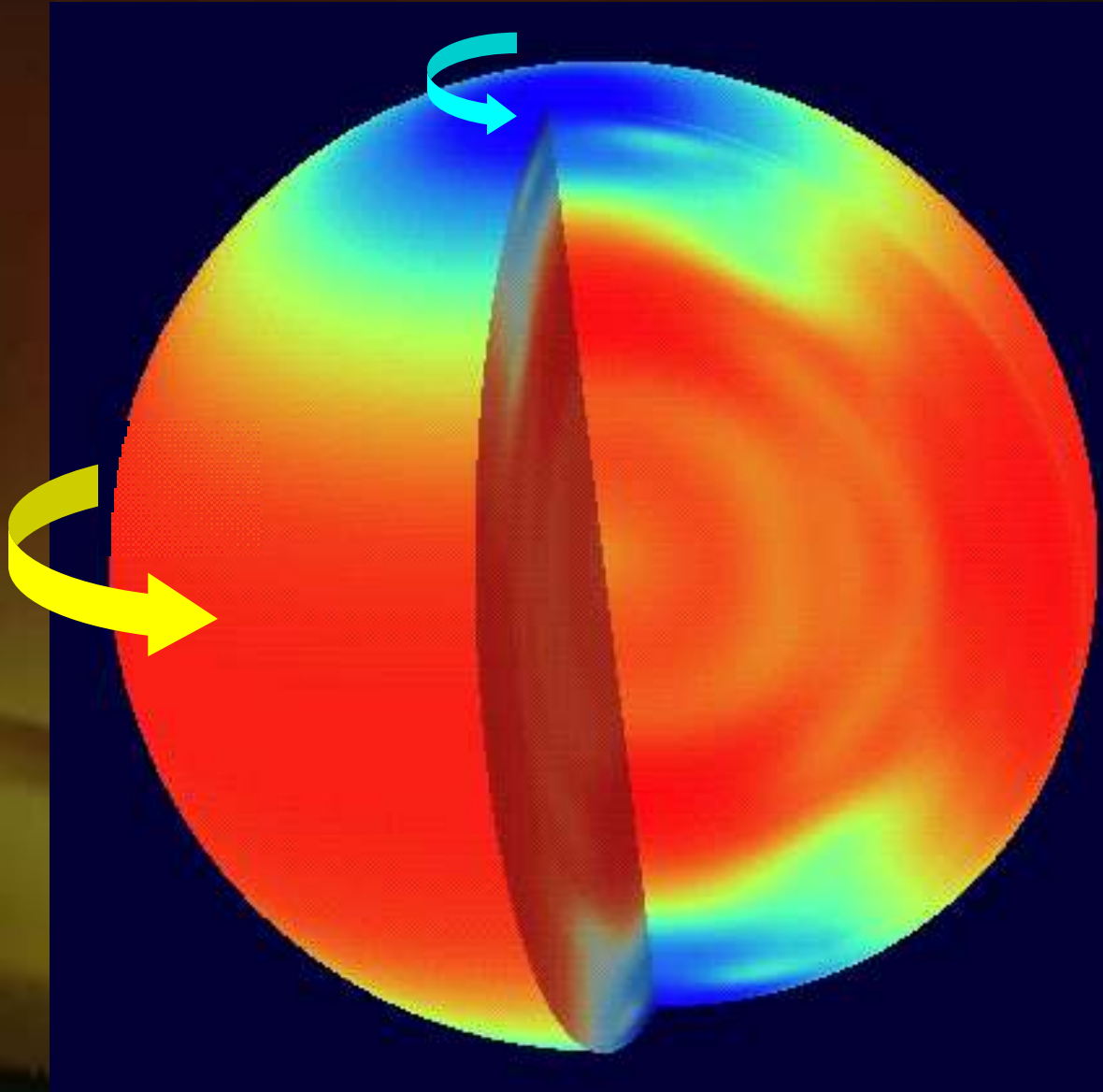
Different states for the matter:

1. Solid
2. Liquid
3. Gas
4. Plasma (the atoms are cut into electrons and protons)

Our daily Sun as we like it !

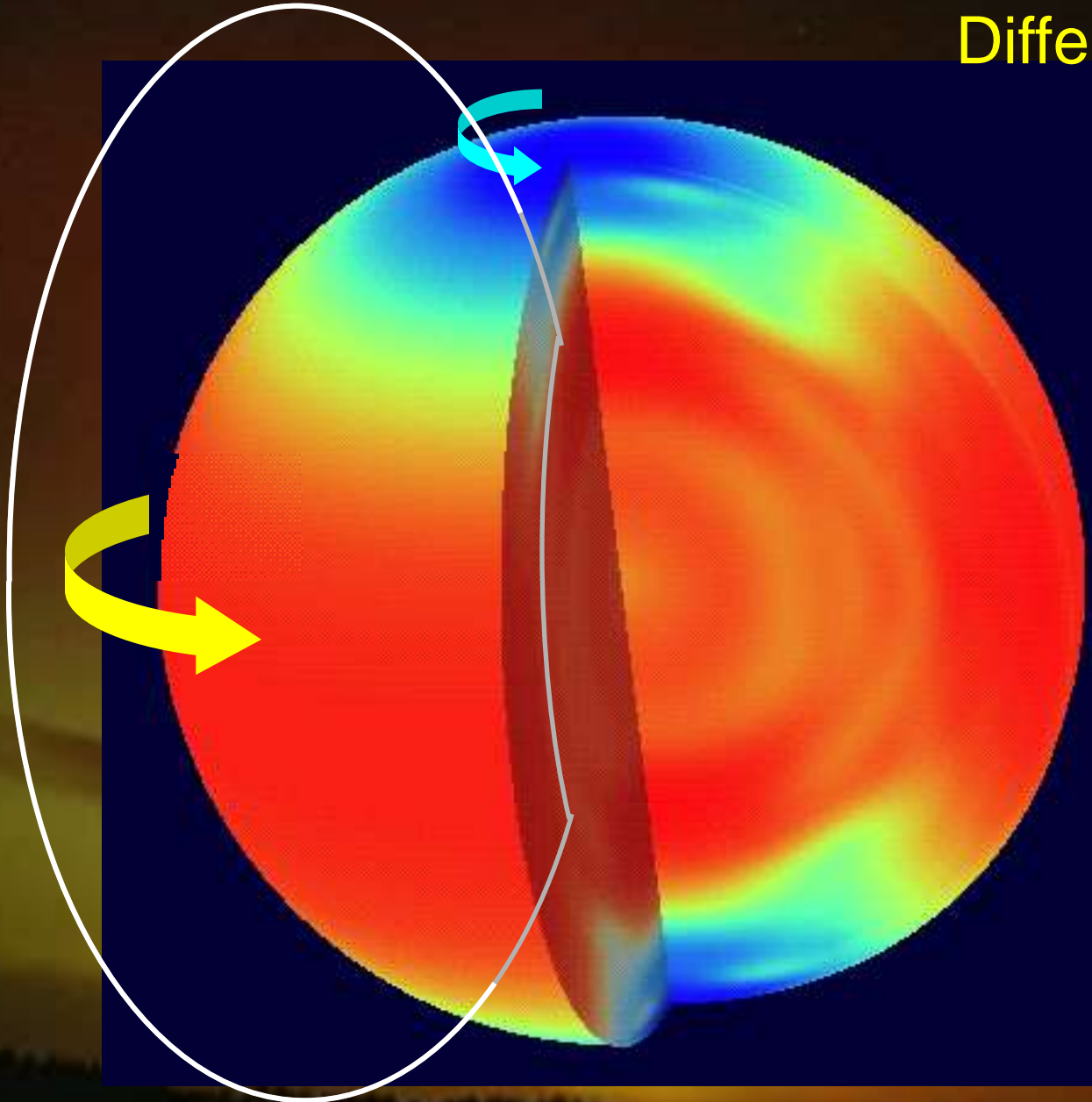


How is generated the magnetic field?
Differential rotation



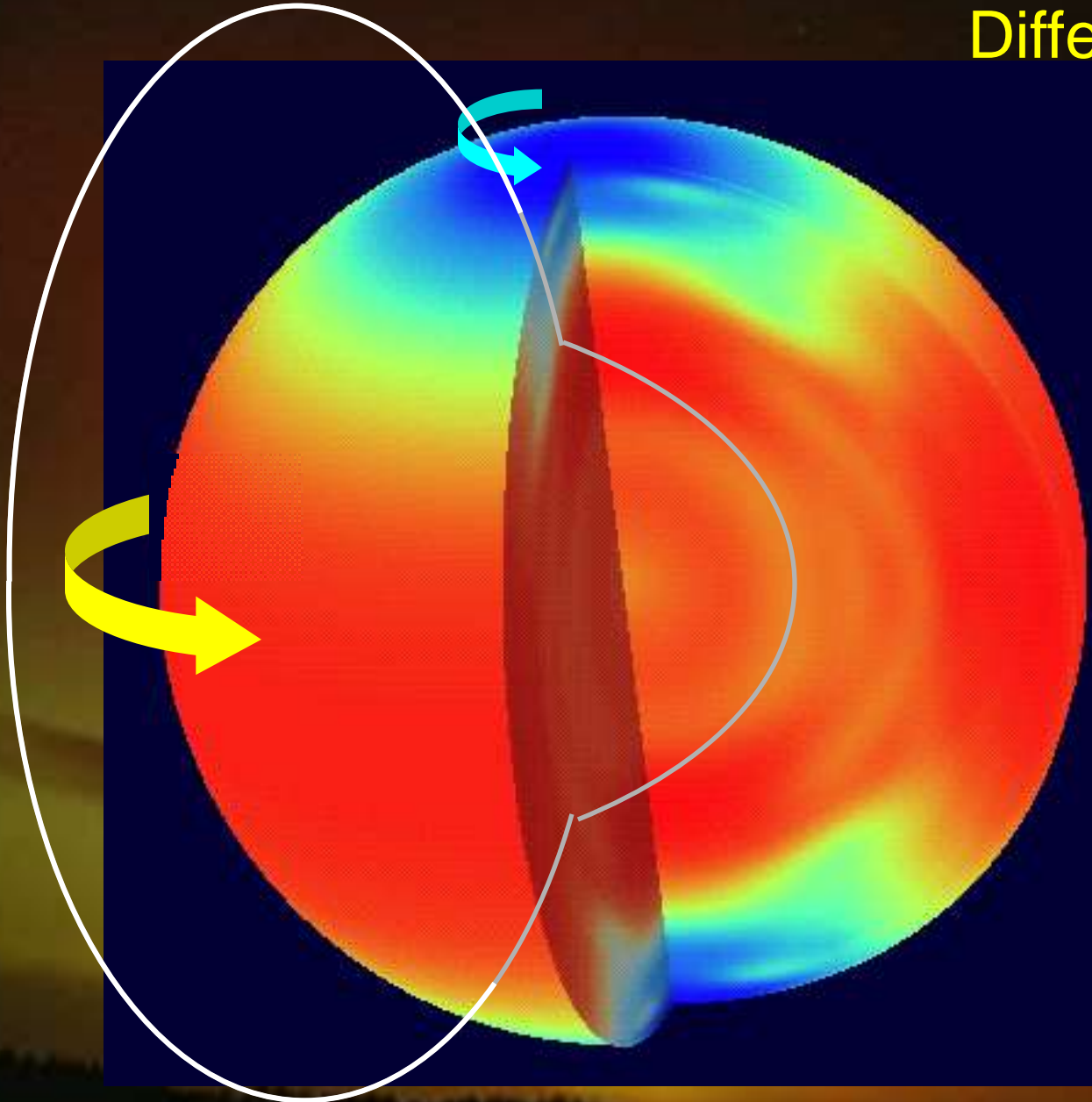
SoHO / MDI

How is generated the magnetic field?
Differential rotation



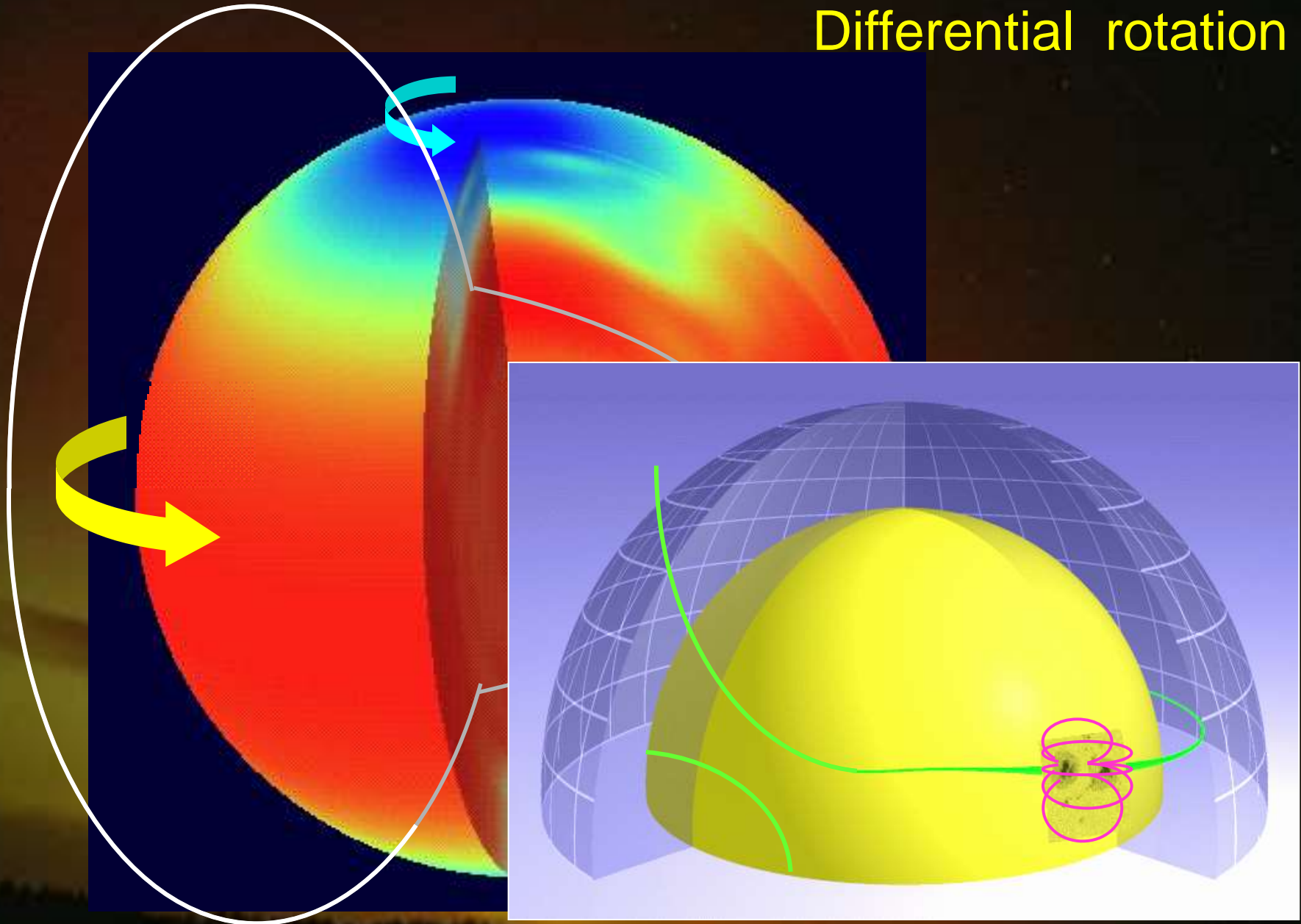
SoHO / MDI

How is generated the magnetic field?
Differential rotation



SoHO / MDI

How is generated the magnetic field? Differential rotation

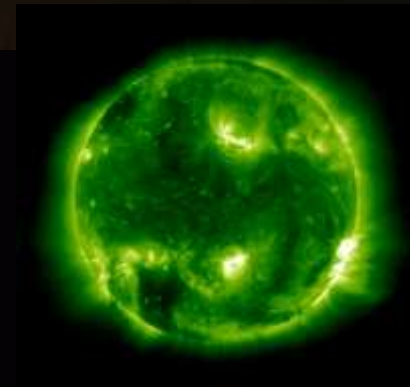
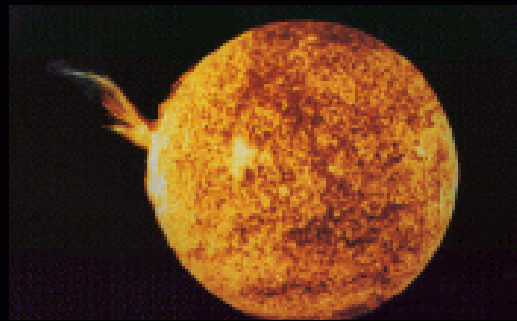
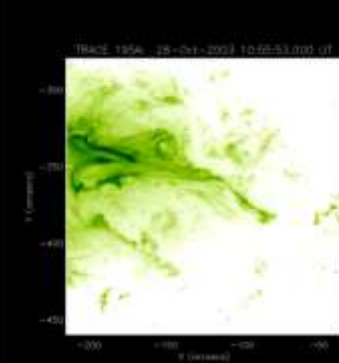


SoHO / MDI

Formation of the loops in the corona



Consequences on the EARTH of the solar explosions



Expulsions of electrons and protons

ELECTROMAGNETIC RADIATION

ARRIVAL: IMMEDIATELY
DURATION: 1-2 HOURS

**X-RAYS, EUV,
RADIO BURSTS**

SATCOM INTERFERENCE
RADAR INTERFERENCE
SHORTWAVE RADIO FADES

HIGH ENERGY PARTICLES

ARRIVAL: 15 MIN TO FEW HOURS
DURATION: DAYS

PROTON EVENTS

SATELLITE DISORIENTATION
FALSE SENSOR READINGS
SPACECRAFT DAMAGE
LAUNCH PAYLOAD FAILURE
HIGH ALTITUDE AIRCRAFT RADIATION
SHORTWAVE RADIO FADES

LOW-MEDIUM ENERGY PARTICLES

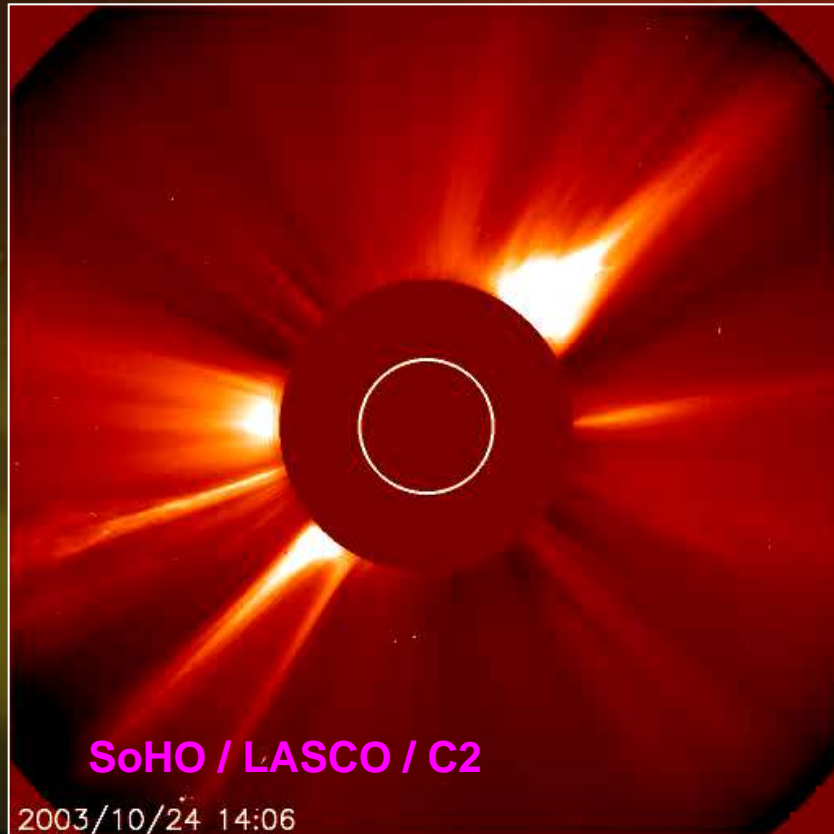
ARRIVAL: 2-4 DAYS
DURATION: DAYS

GEOMAGNETIC STORMS

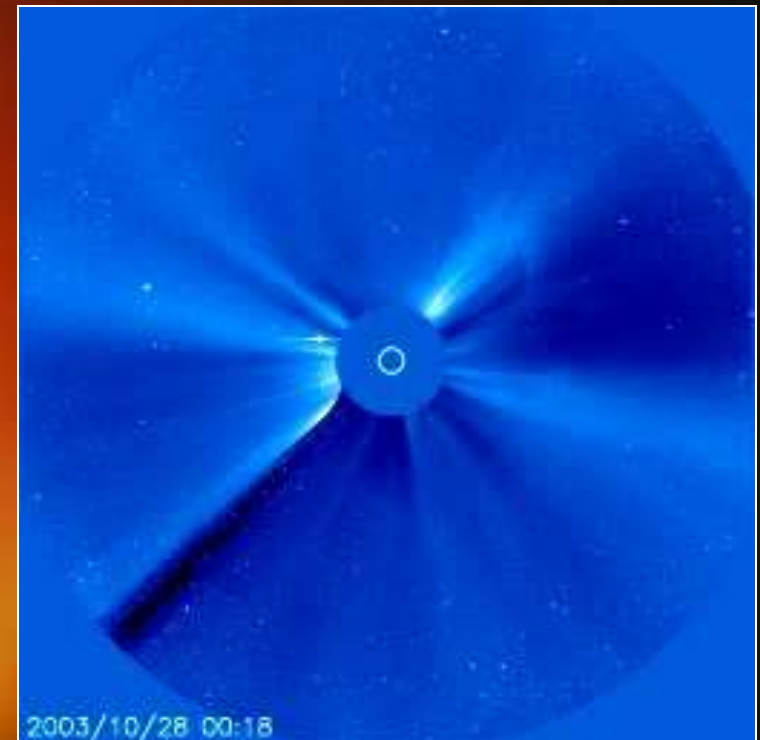
SPACECRAFT CHARGING & DRAG
SPACETRACK ERRORS
LAUNCH TRAJECTORY ERRORS
RADAR INTERFERENCE
RADIO PROPAGATION ANOMALIES
POWER BLACKOUTS

Coronal Mass Ejections & High energy Particles

A coronal mass ejection (CME) is an observable change in coronal structure that occurs on a time scale of a few minutes and several hours and involves the appearance (and outward motion, RS) of a new, discrete, bright, white-light feature in the coronagraph field of view."



SoHO / LASCO / C3



28 oct 03

2. High energy particles from flares and CME shocks

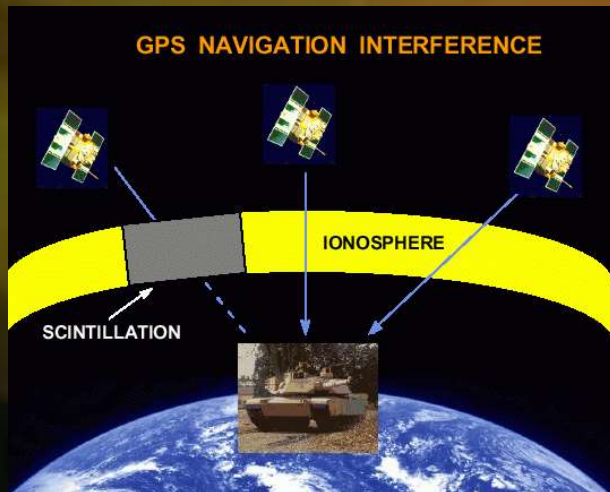
Electrons, protons and other ions with energies of few 100 MeV, at times several GeV

Effects:

- * Heating and ionization of the Earth's upper atmosphere,
- * Electrification of the upper stratosphere.

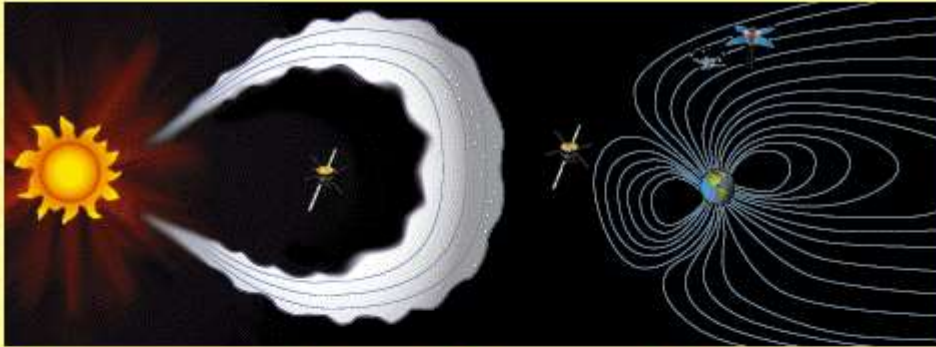
Impacts:

- * Radio communications disturbed,
- * Damage to solid state devices, leading to malfunctions, single event upsets, latch-ups etc. in satellite electronics,
- * Blinding of CCD cameras in Earth orbit,
- * Enhanced radiation doses for astronauts

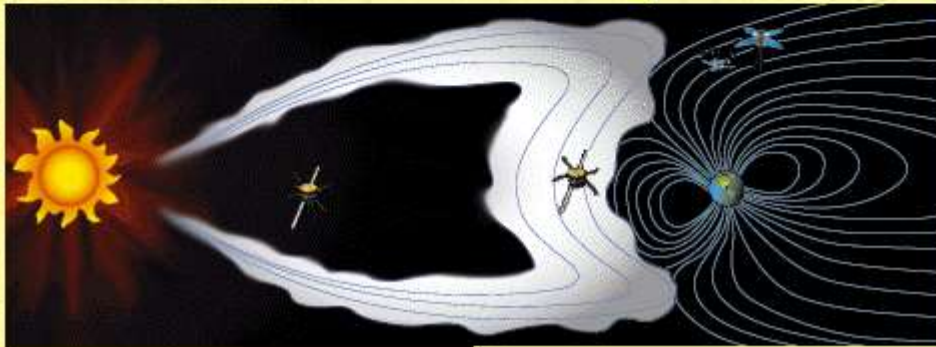


Arrival of the magnetic clouds close to the Earth

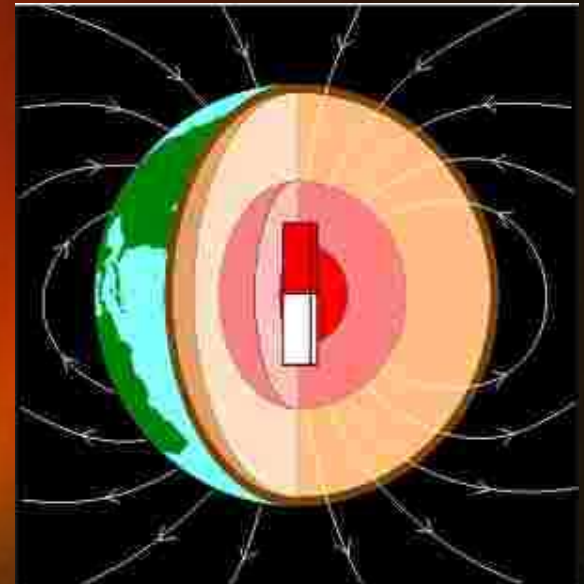
It is generally accepted that CMEs involve fluxrope structures with strong non radial fields



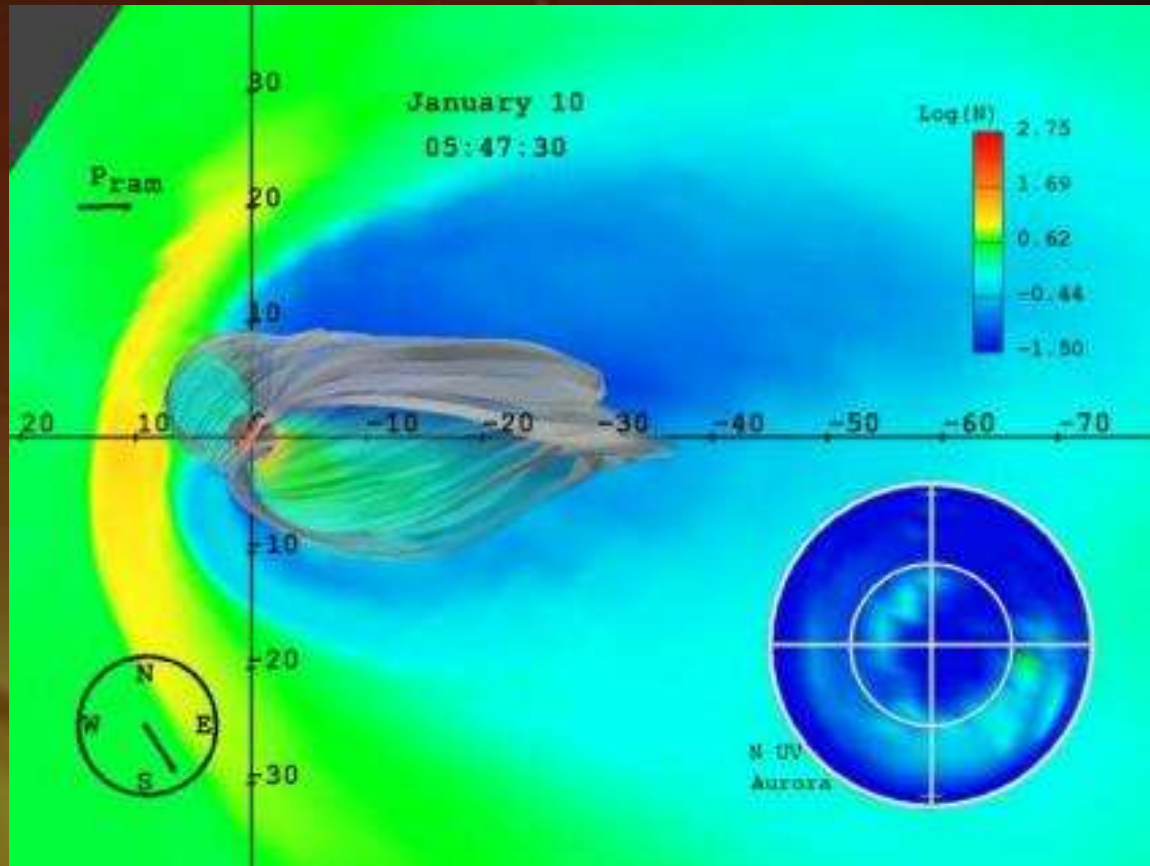
Magnetic Cloud Event October 18-20, 1995



The Earth : a magnet



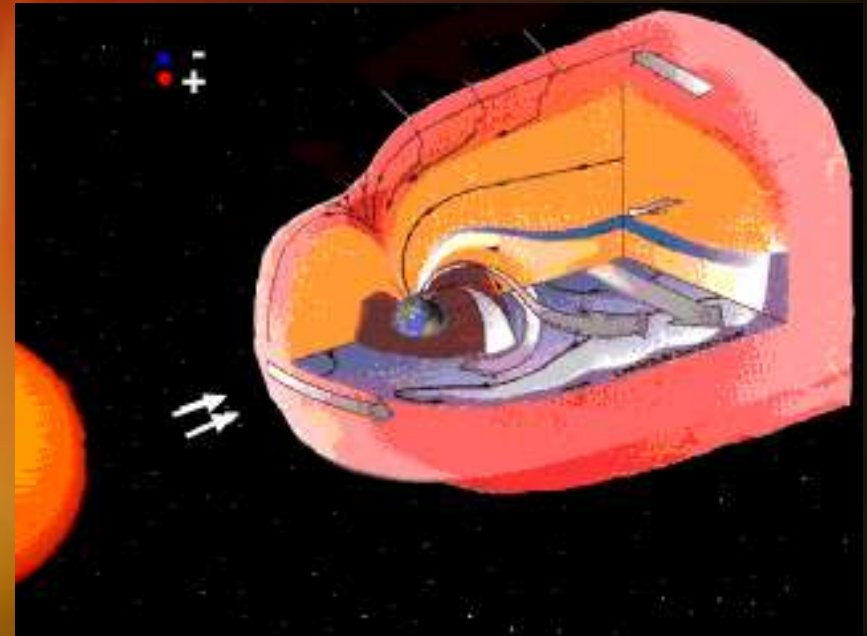
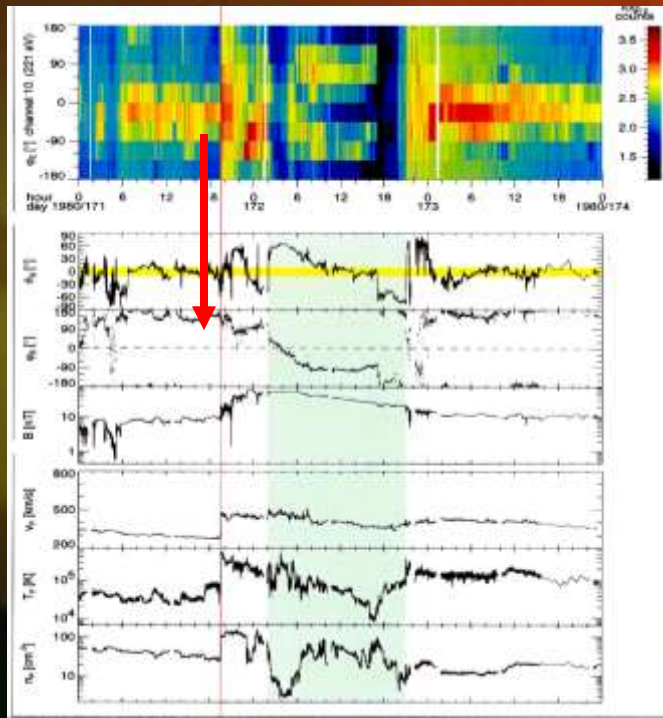
The magnetosphere



3. Low to medium-energy particles, plasma clouds

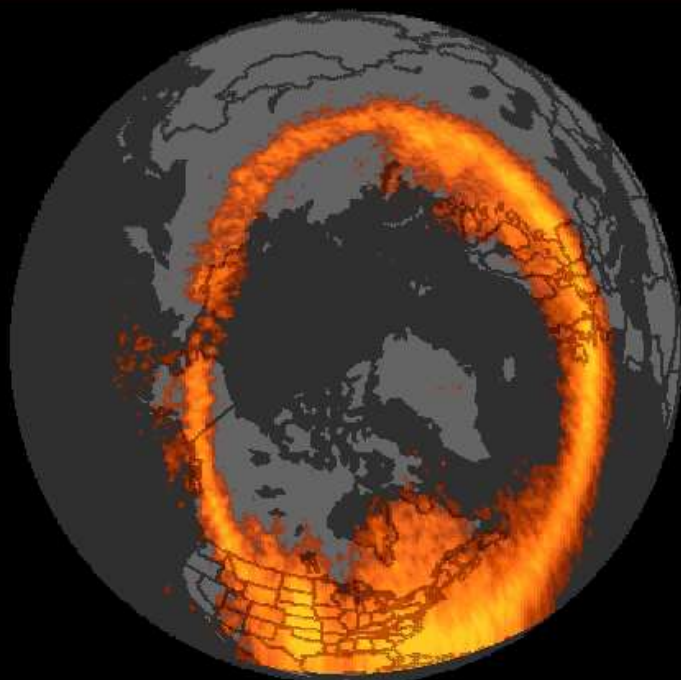
Effects:

- * Sudden compression of the Earth's magnetosphere,
- * Distortion and depletion of the radiation belts, leading to release of large fluxes of energetic particles,
- * Injection of plasma from magnetotail into polar magnetosphere/ionosphere, thus causing aurorae,
- * Severe disturbances of ring currents, i.e. geomagnetic storms,
- * Heating of ionosphere and upper atmosphere,

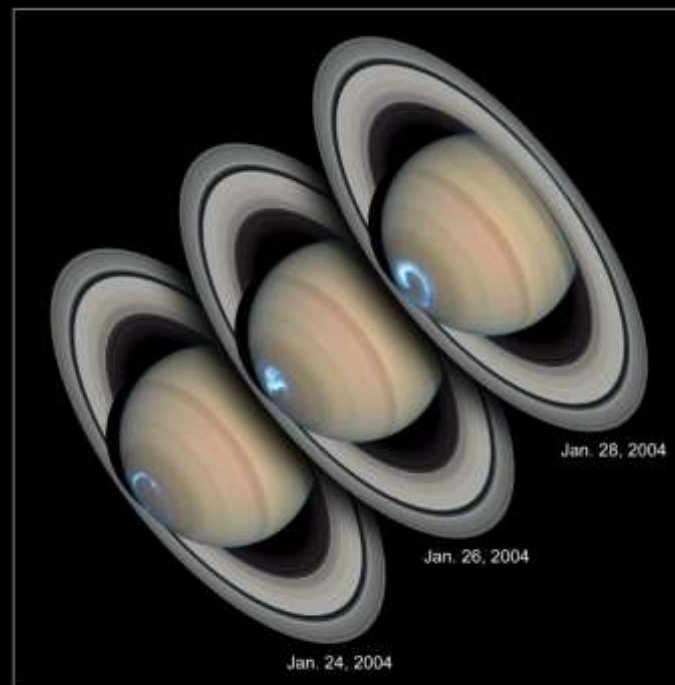


3. Low to medium-energy particles, plasma clouds

- Impacts:
- * Bright aurorae, even at low latitudes,
 - * Strong fluctuations of geomagnetic field,
 - * Radio communications disturbed,
 - * Sudden satellite drag due to heating of the upper atmosphere,
 - * Charge-up of satellite surfaces due to high fluxes of energetic electrons.



16 JUL 2000, 00:01



Saturn Aurora
Hubble Space Telescope • ACS • STIS

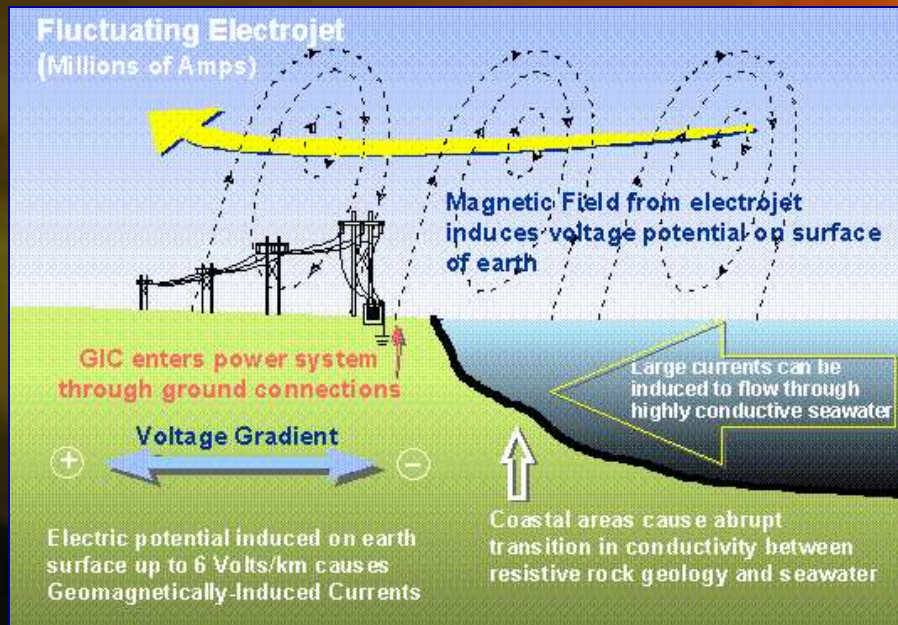
NASA, ESA and J. Clarke (Boston University)

STScI-PRC05-06a

3. Low to medium-energy particles, plasma clouds

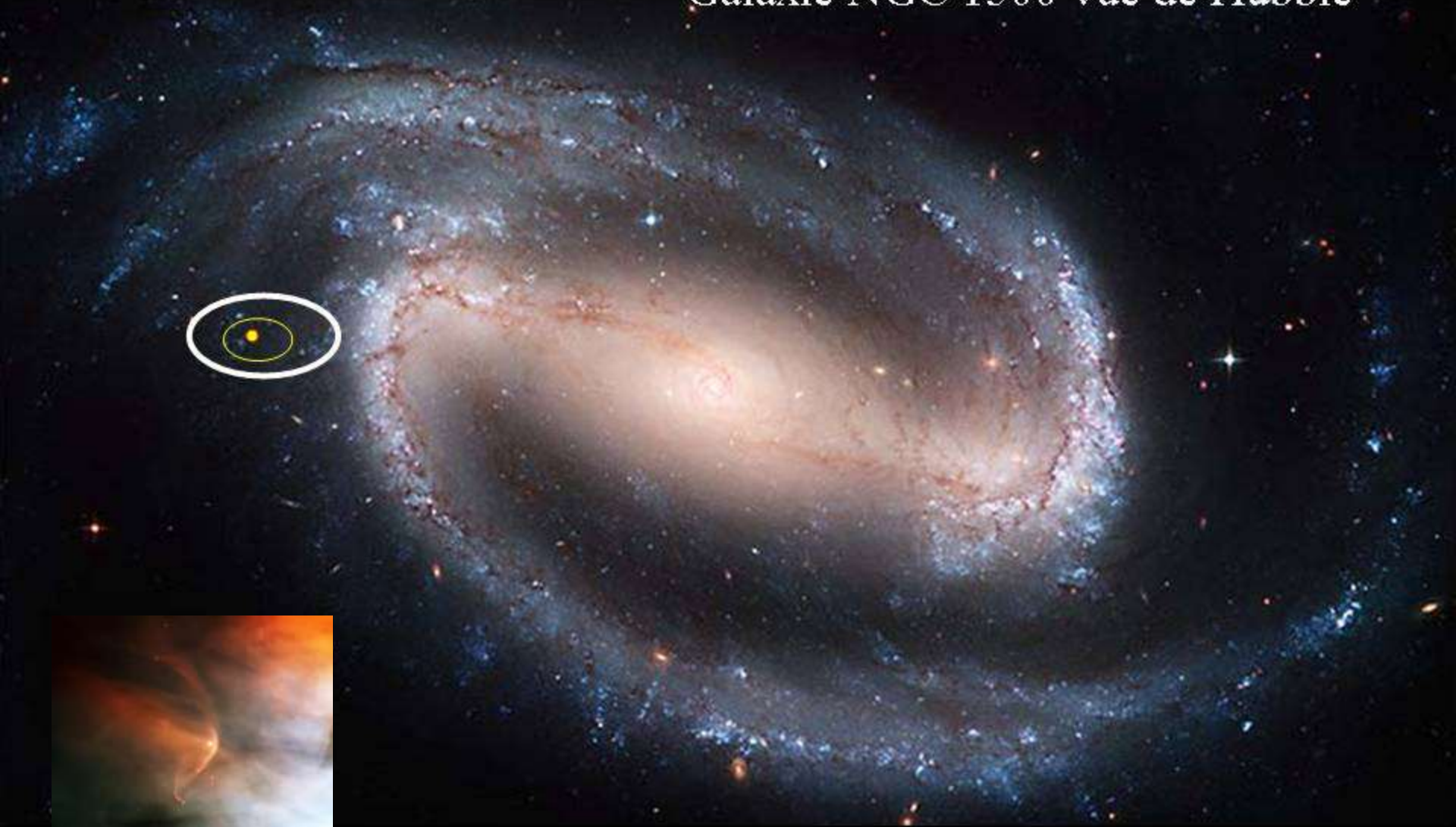
Impacts:

- * Satellite damages from penetrating energetic particles,
- * Satellite disorientation due to magnetic field distortion,
- * GICs endangering power distribution nets, pipelines, telecommunication lines etc,
- * Effects on biological systems.



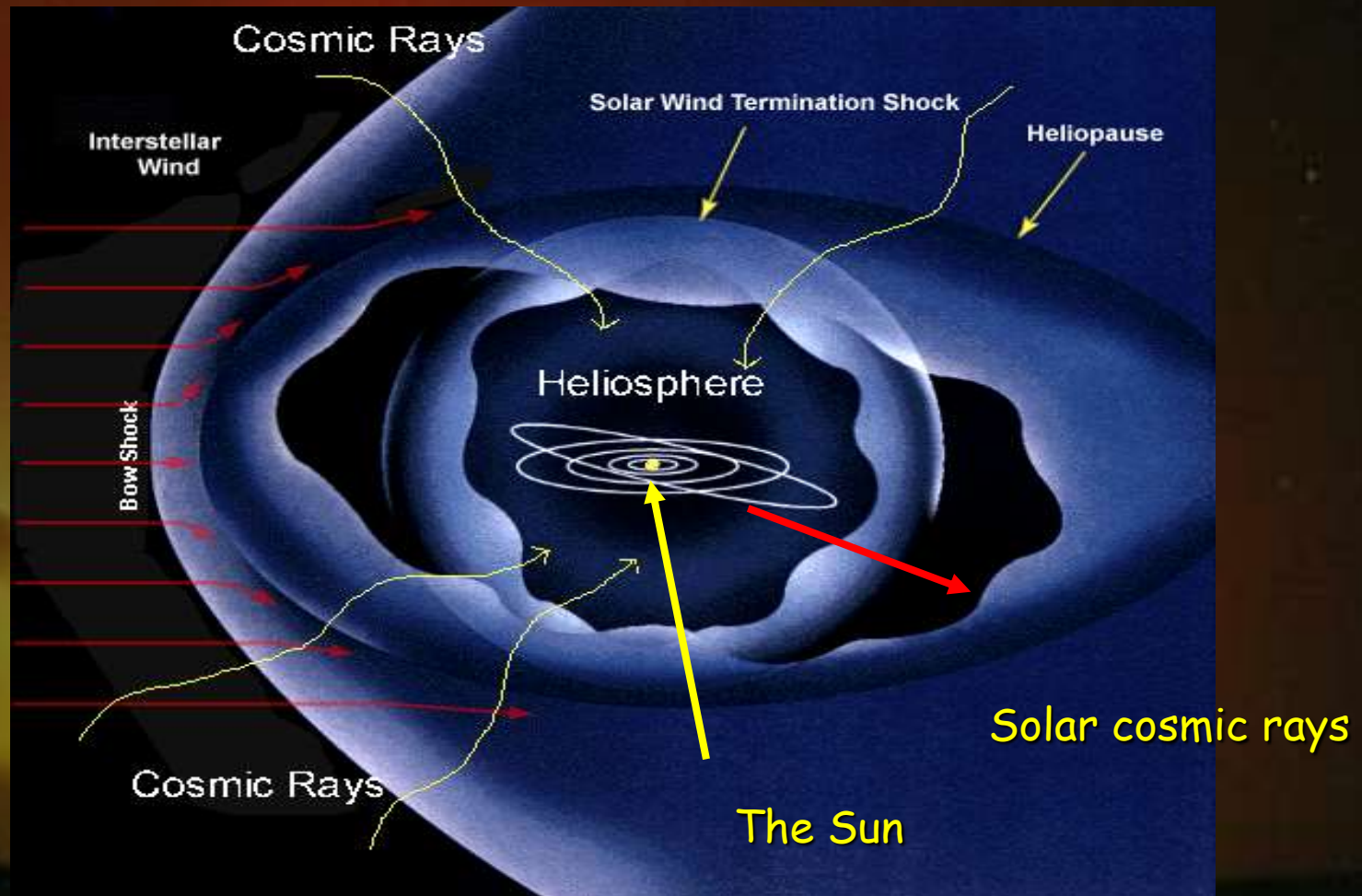
The Sun -Earth system in the Universe

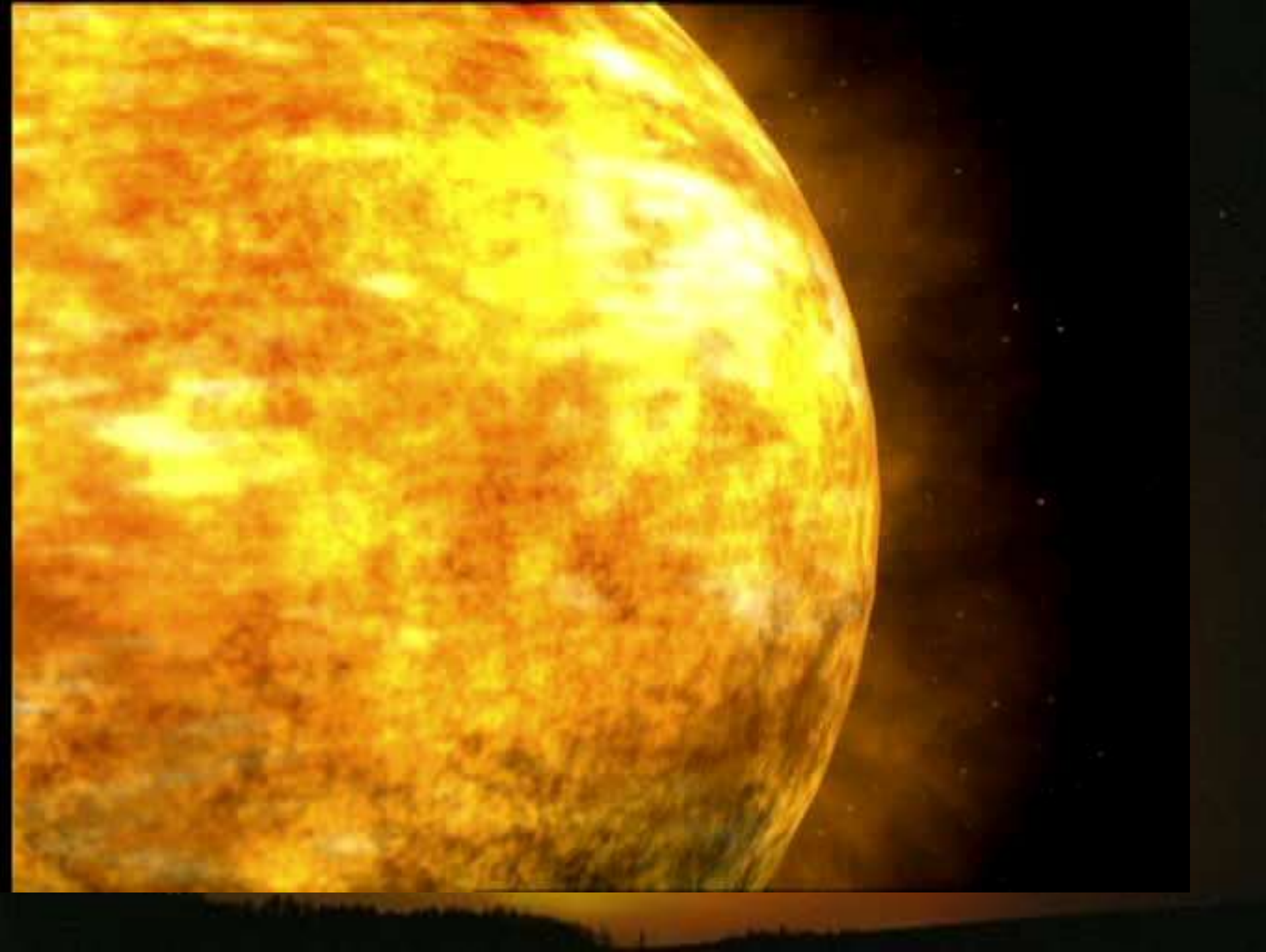
Galaxie NGC 1300 vue de Hubble



Around the Sun and the planets : the heliosphere

The heliosphere protects us from the cosmic rays coming from the galaxies







The Magic Sun