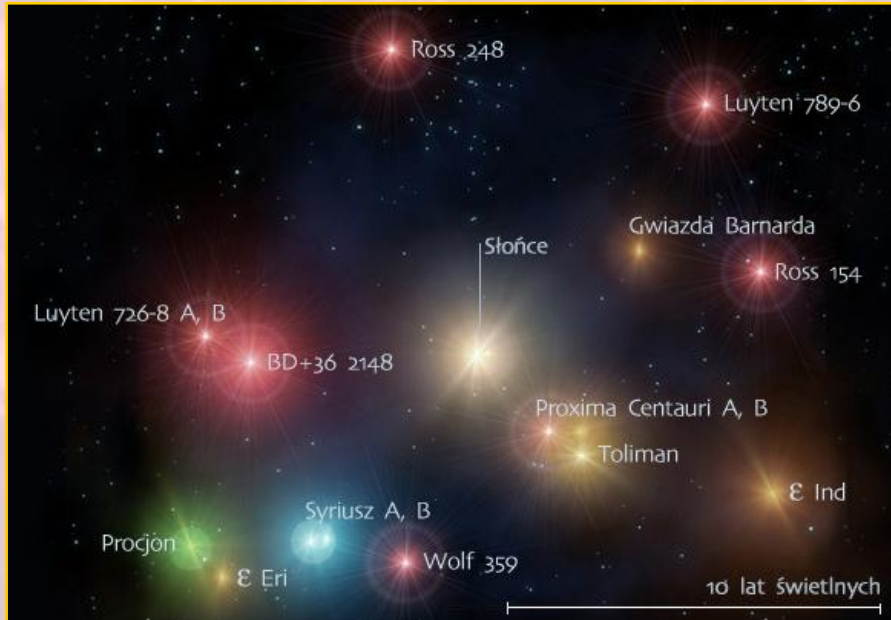
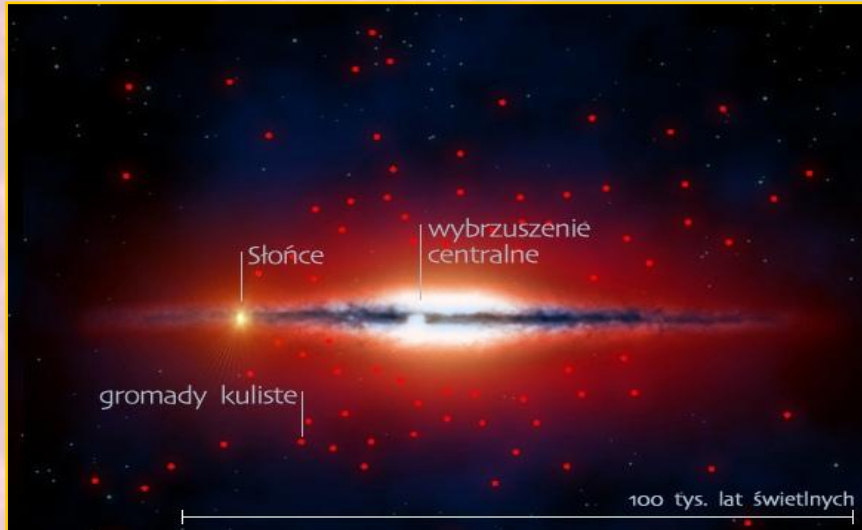




Słońce

Tomasz Mrozek
Instytut Astronomiczny UWr
Zakład Fizyki Słońca CBK PAN

Słońce - gwiazda



Promień

696 000 km (109 promieni ziemskich)

Okres obrotu

27 dni (równik) do 31 dni (okolice biegunów)

Temperatura powierzchni

5 800 K (średnia)

Masa

$2 * 10^{30}$ kg (300 000 razy więcej od masy Ziemi)

Skład chemiczny

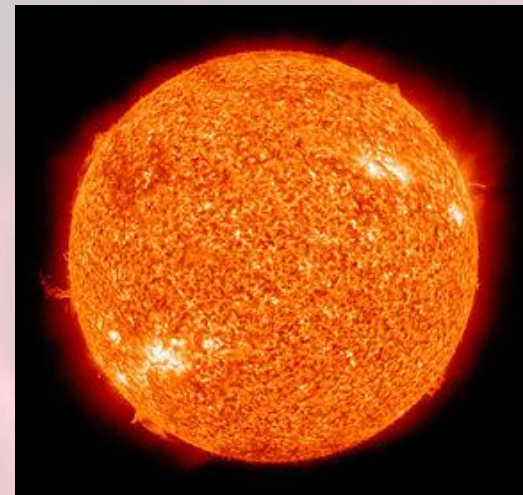
70% wodór, 28% hel, 2% inne

Temperatura w centrum

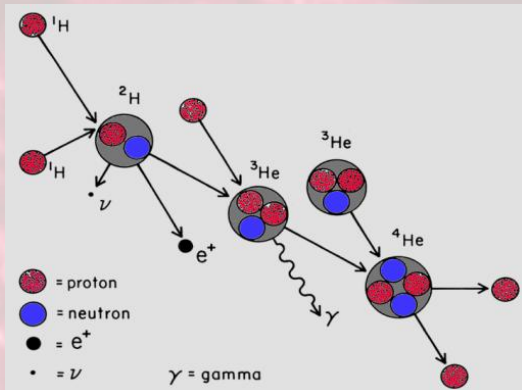
15 milionów K

Wiek

5 miliardów lat



Słońce – elektrownia termojądrowa

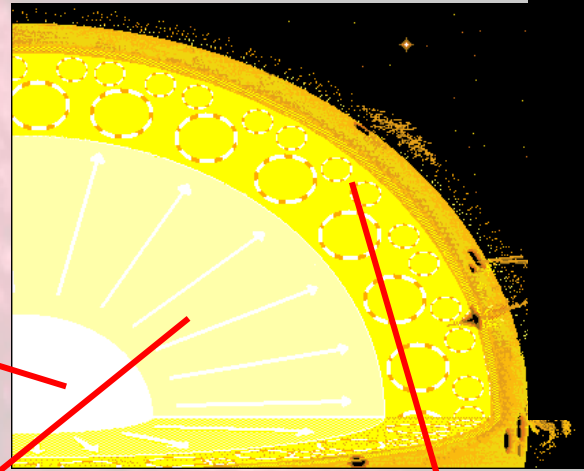


600 mln ton wodoru zamienia się w hel w każdej sekundzie

4 mln ton jest przekształcane w energię: $3.6 \cdot 10^{26}$ W

Ciągłe rozpraszanie, pochłanianie i emisja – coraz mniejsze energie kwantów

Bardzo powolna wędrówka: 200 000 lat zamiast 2.7 sekundy

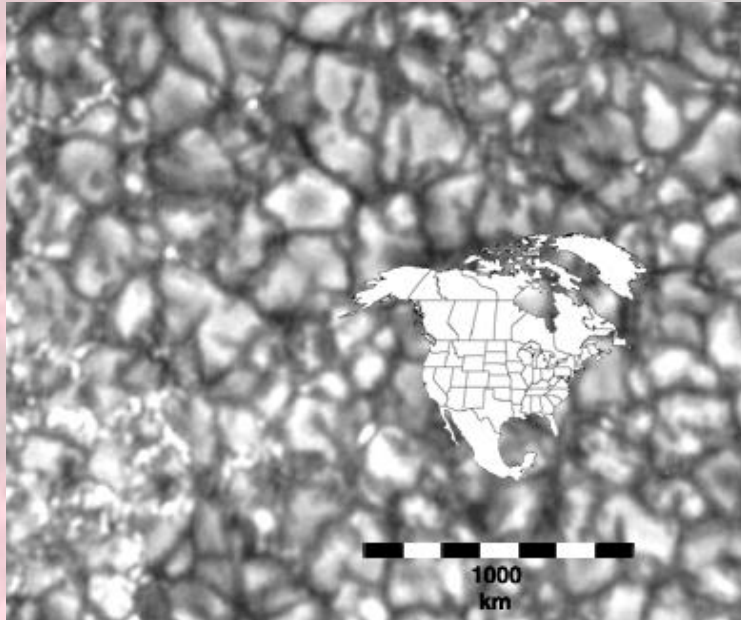


W odległości około 0.7 R od środka transport promienisty przestaje być wystarczająco efektywny

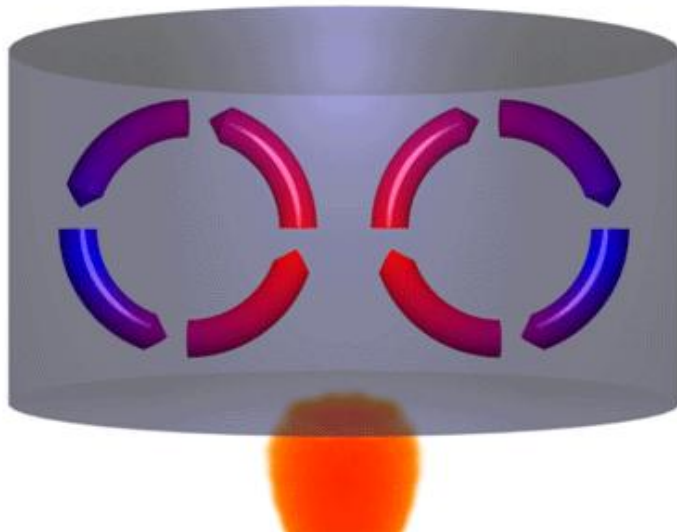
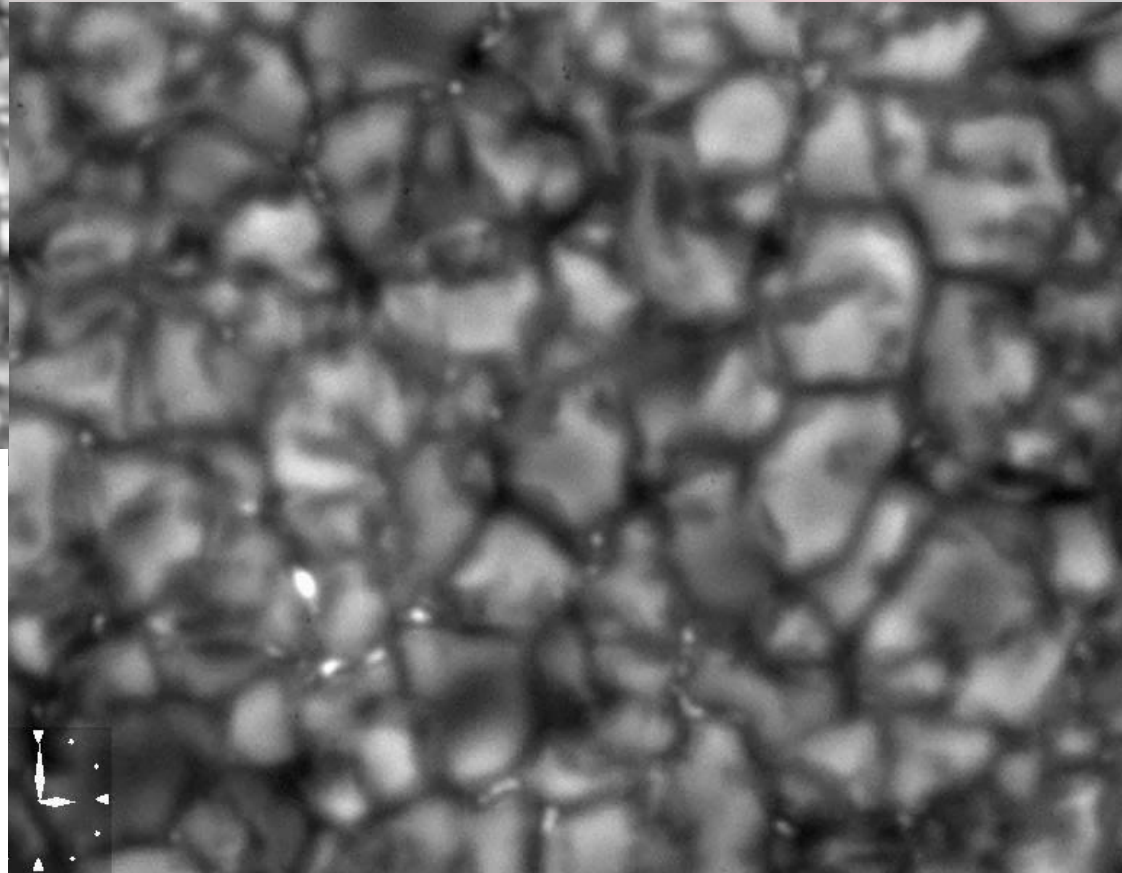
Pojawia się konwekcja

Wraz z pionowymi ruchami plazmy unoszone jest pole magnetyczne

Słońce - atmosfera

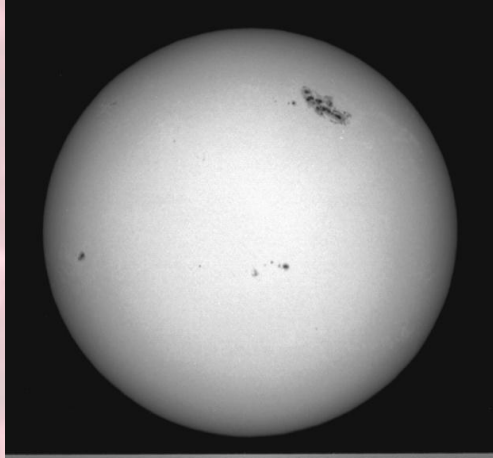


Komórki konwekcyjne na powierzchni Słońca – granulacja



HINODE/SOT

Słońce - atmosfera

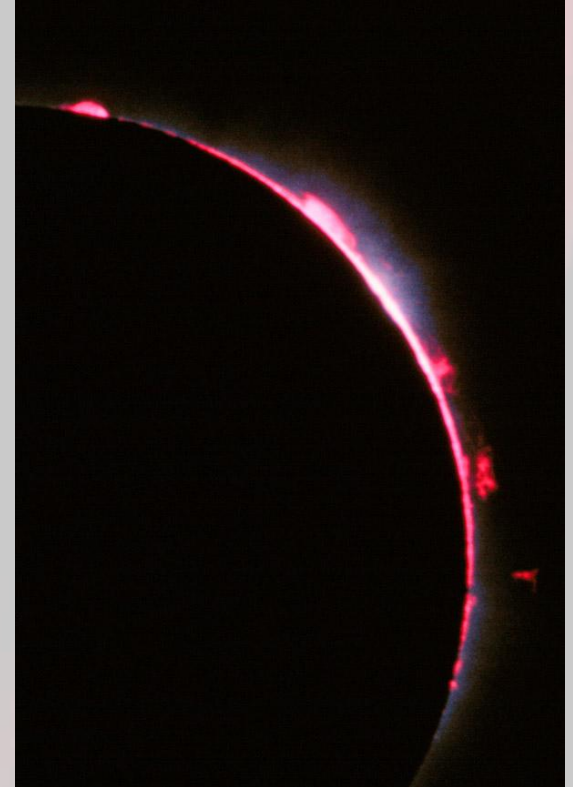


FOTOSFERA

„powierzchnia” Słońca
temperatura około 5800 K
widoczna granulacja i plamy

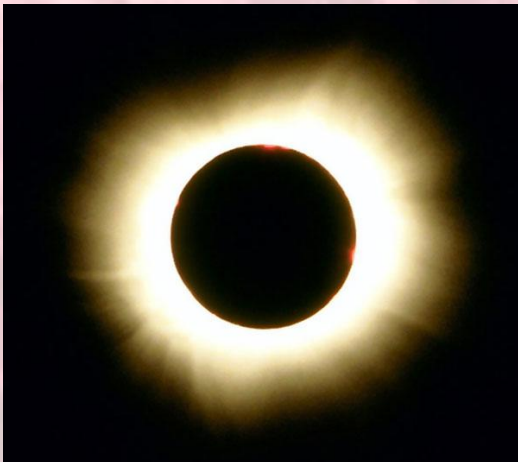
CHROMOSFERA

łac. *chroma* – barwa
widoczna podczas zaćmień jako czerwona otoczka
niewielka grubość rzędu kilku tysięcy kilometrów

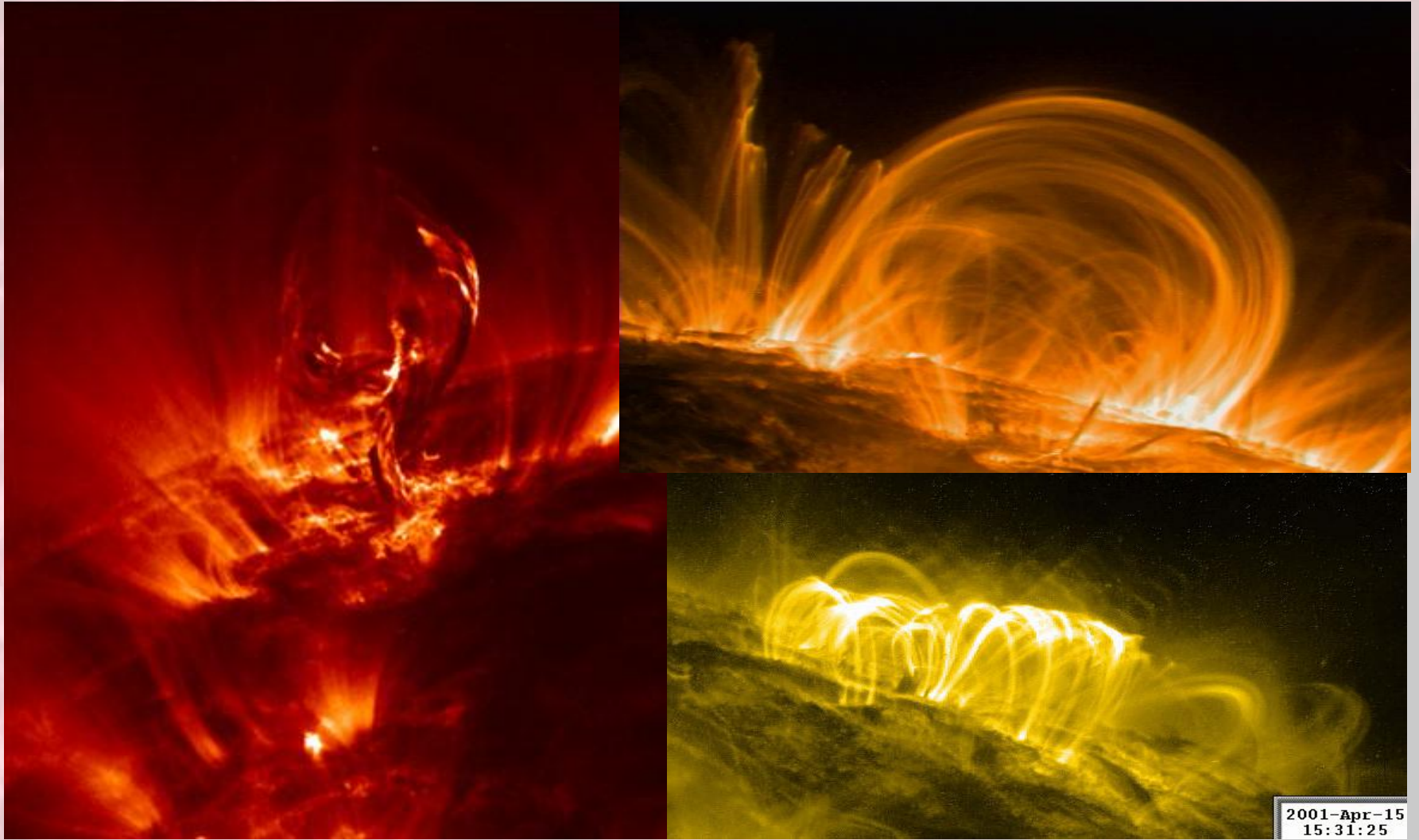


KORONA

powyżej 1 mln K
w świetle białym widoczna podczas zaćmień lub przy użyciu
koronografu
w zakresie UV i X jest najjaśniejszą warstwą atmosfery Słońca

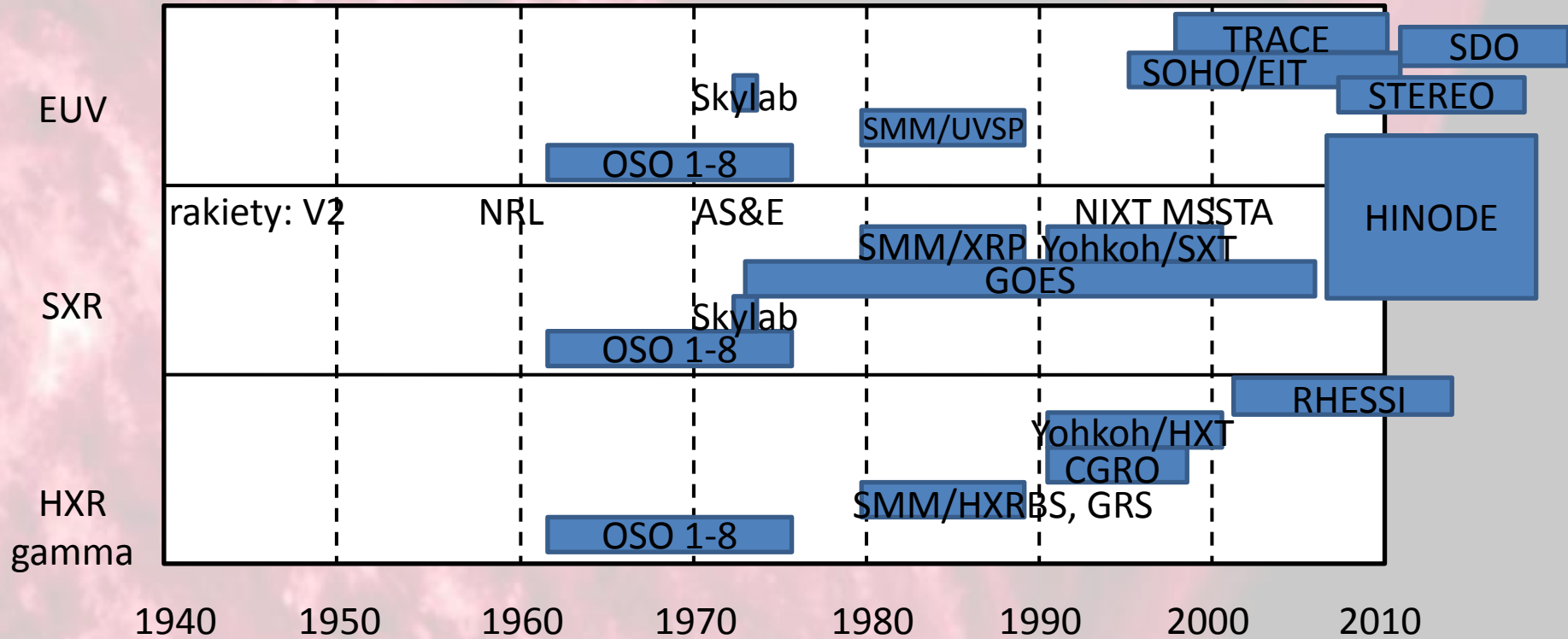
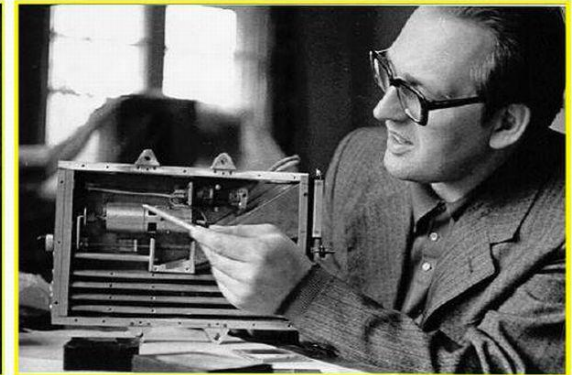
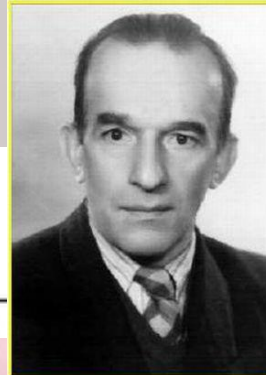
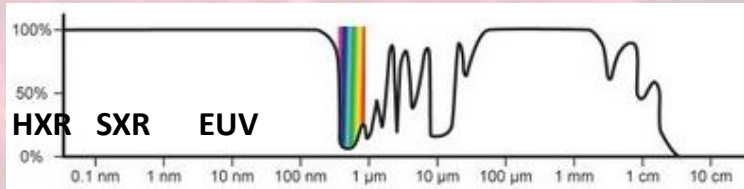


Pole magnetyczne w koronie

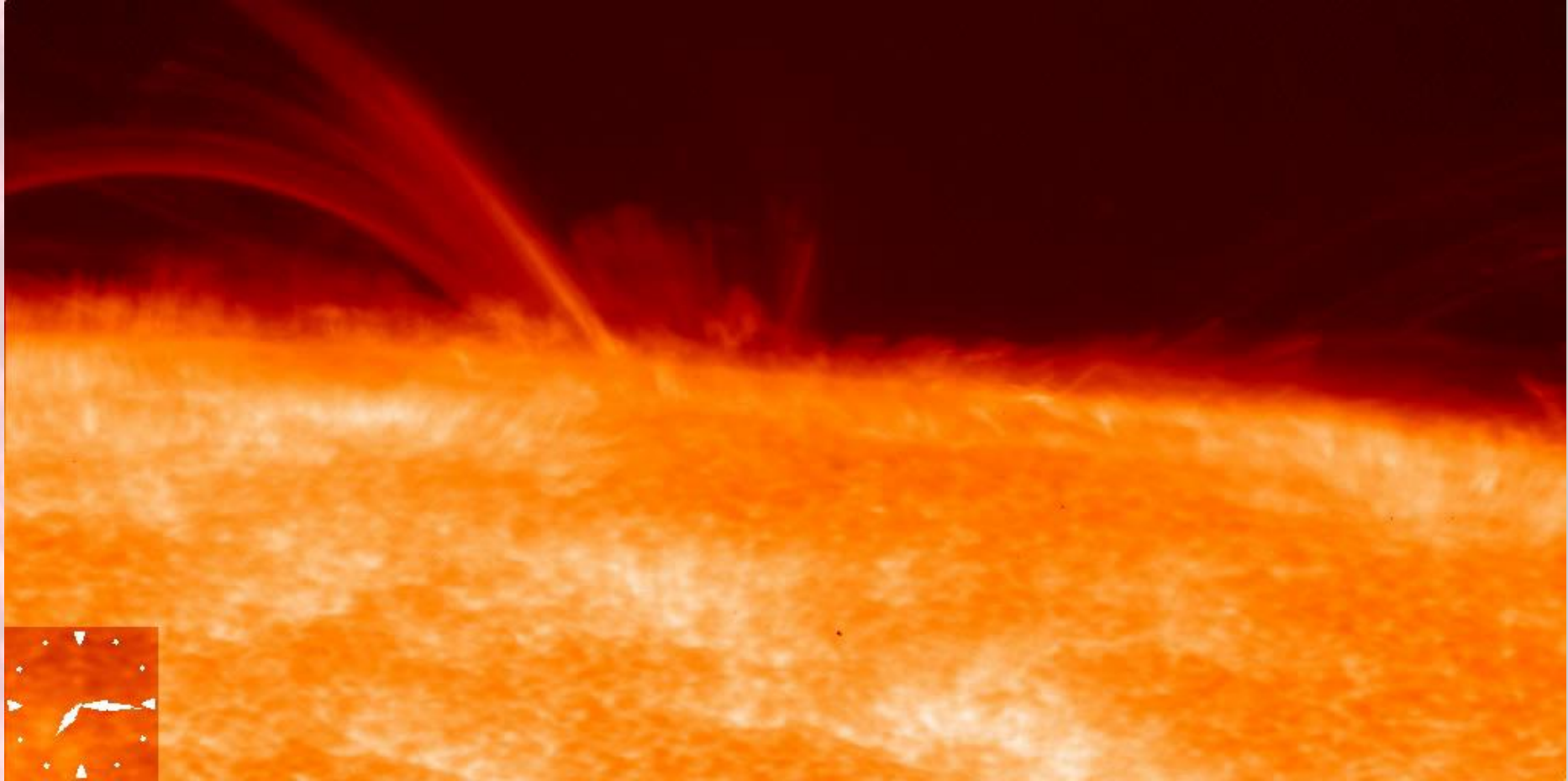


Korona jest gorąca (>1 MK) najlepiej widoczna w zakresach UV i X – potrzebne obserwacje można wykonać tylko spoza atmosfery ziemskiej

Obserwacje satelitarne



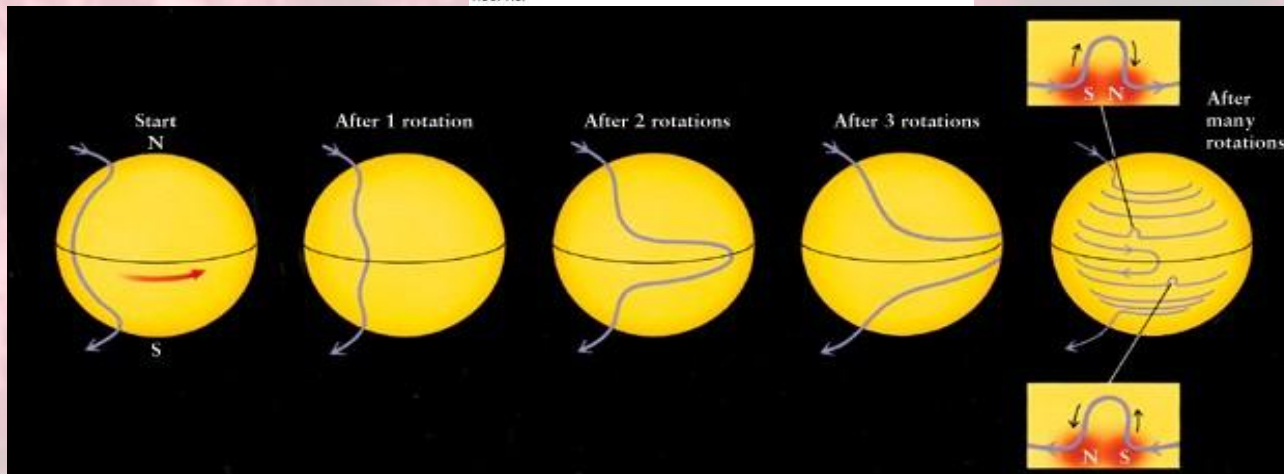
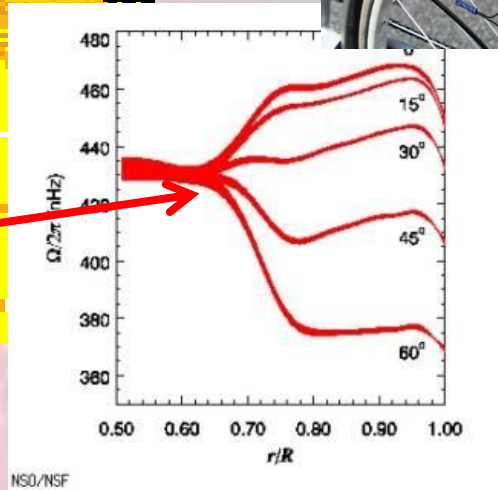
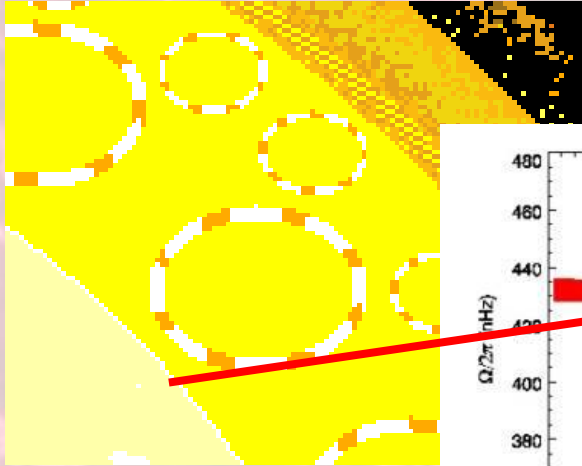
Pole magnetyczne w koronie



HINODE

Skąd pochodzi słoneczne pole magnetyczne?

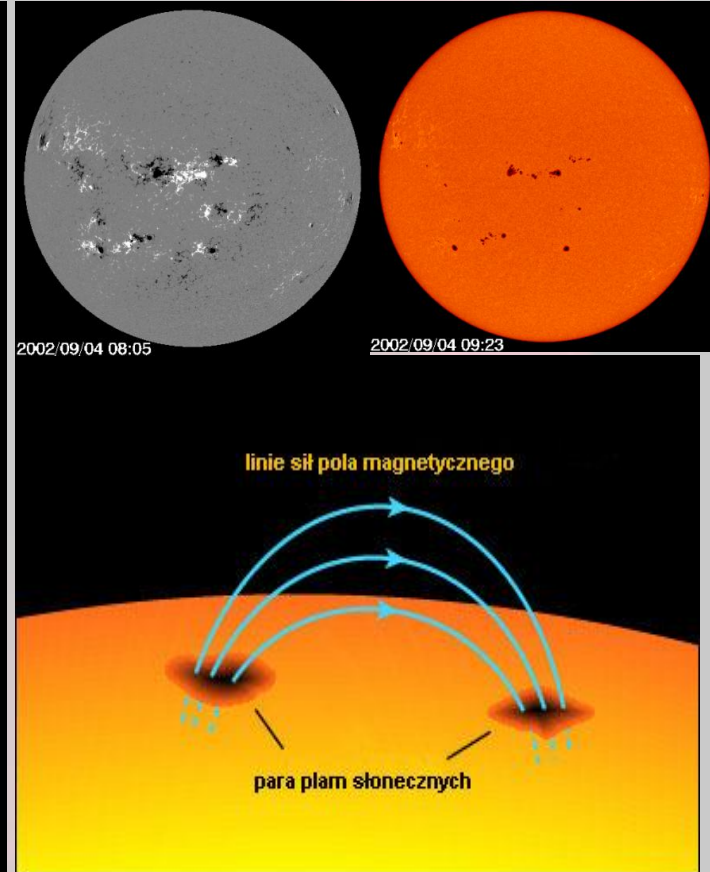
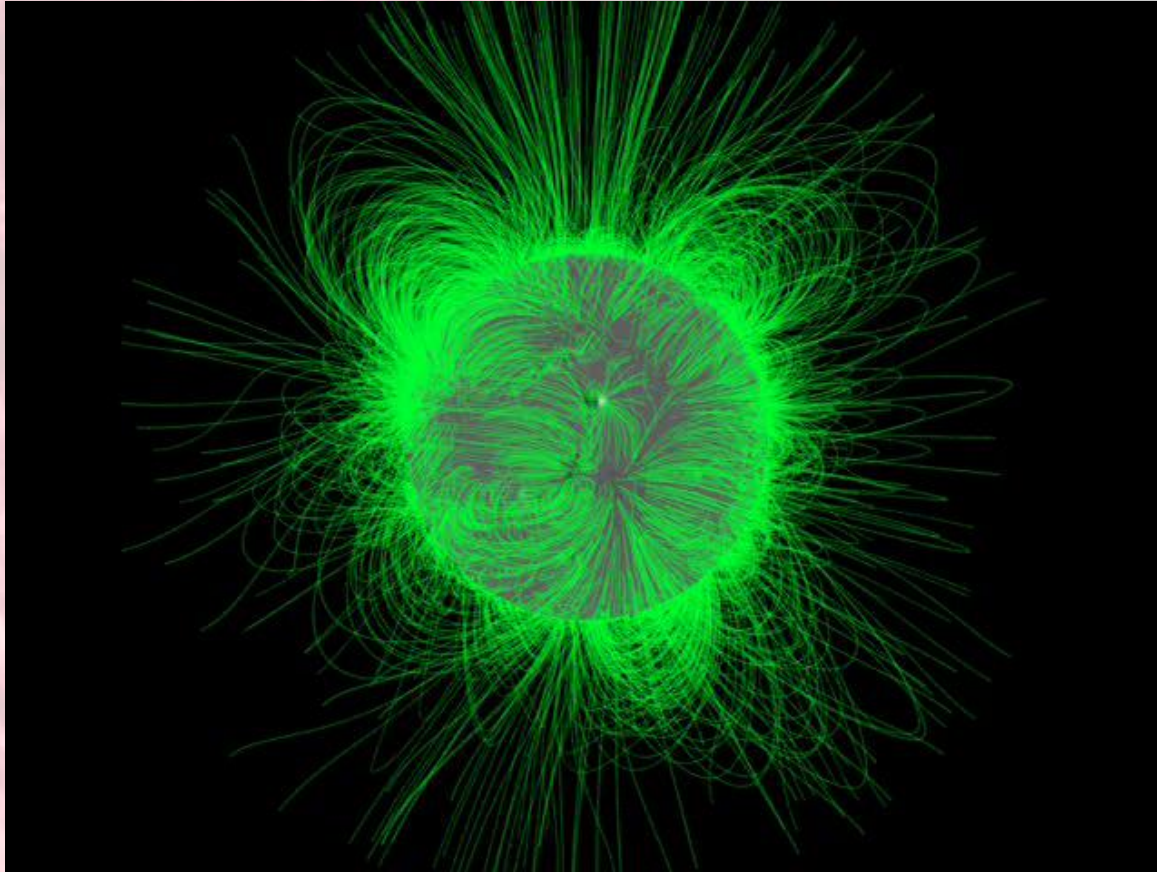
Dynamo słoneczne



**Rotacja różnicowa Słońca
wzmacnia pole
magnetyczne wewnątrz,
a komórki konwekcyjne
wynoszą na powierzchnię**

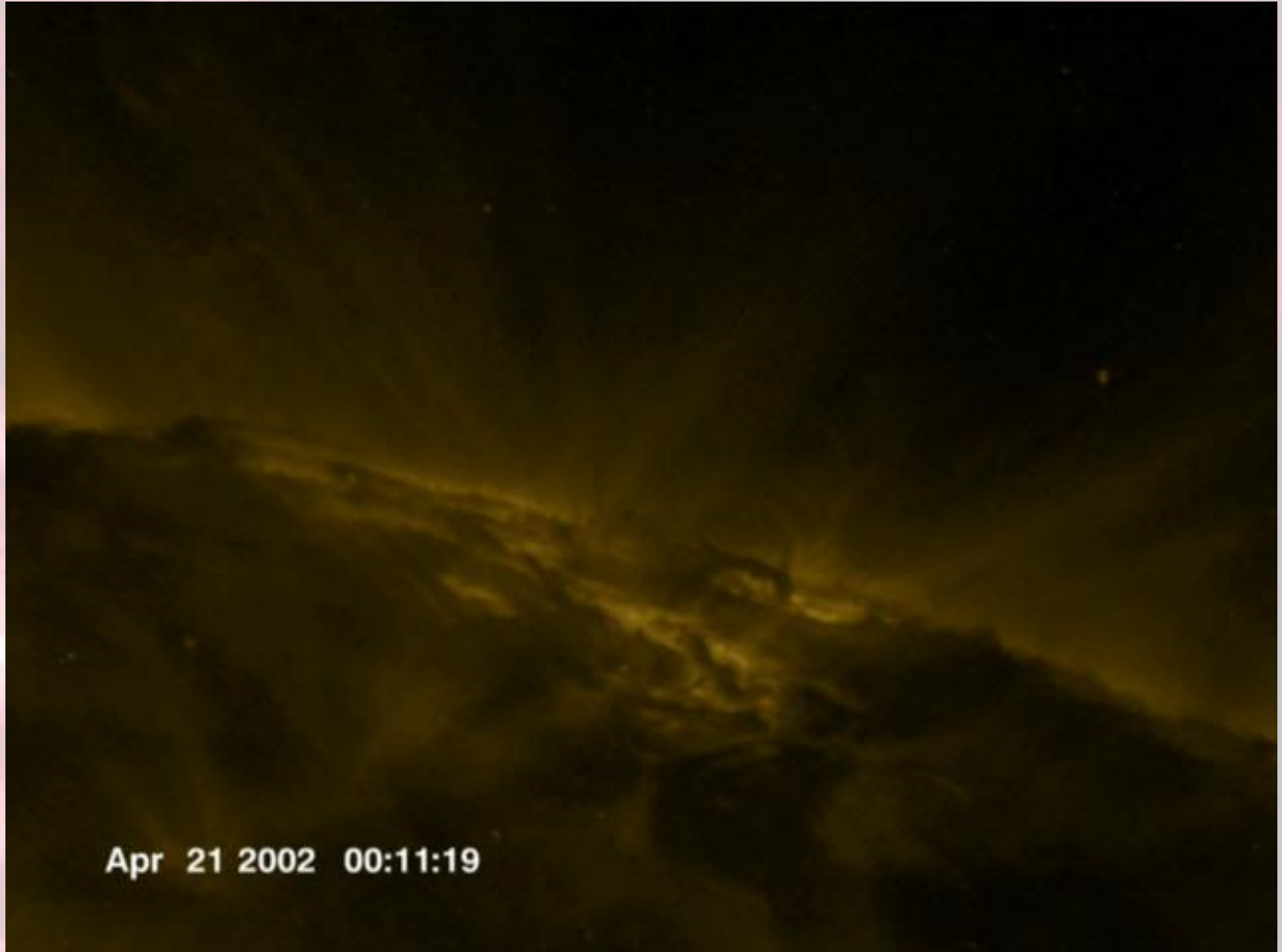
**W miejscach wypływu
pola magnetycznego
obserwowane są plamy.**

Pole magnetyczne w koronie



Plazma koronalna może poruszać się tylko wzdłuż linii sił pola magnetycznego – dzięki temu jesteśmy w stanie śledzić jego układ

Pole magnetyczne w koronie



Plamy słoneczne

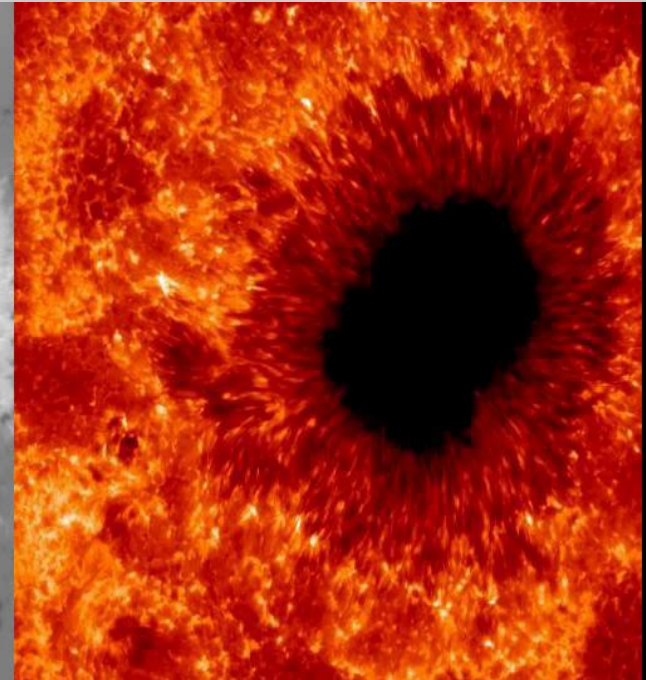
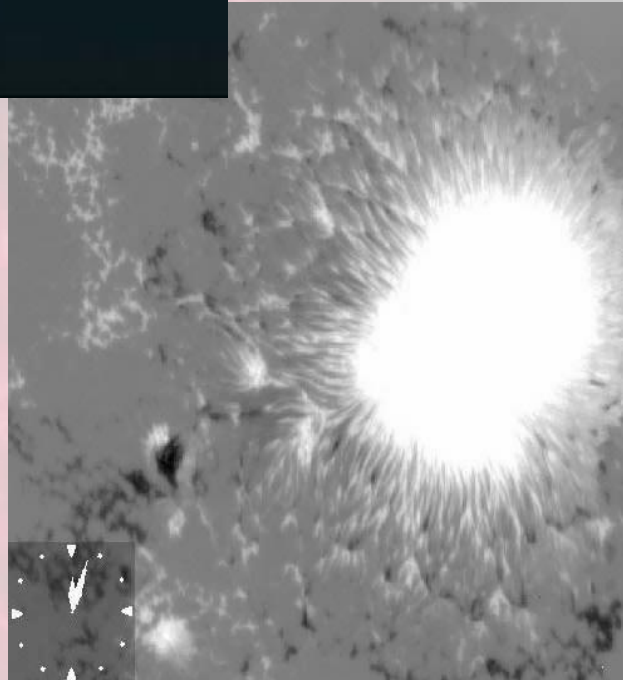
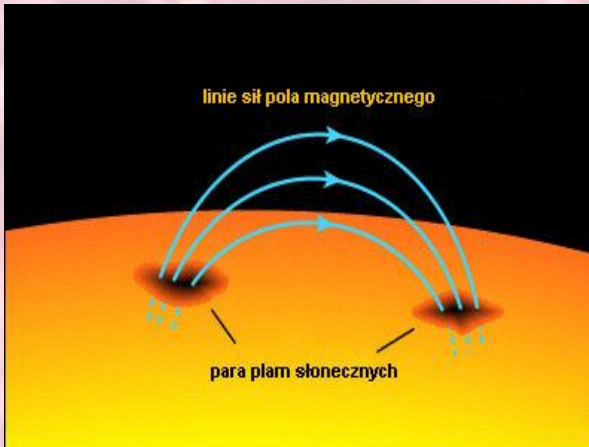


Typowe rozmiary plamy: średnica od 4 000 km do 30 000 km (czasem nawet 60 000 km)

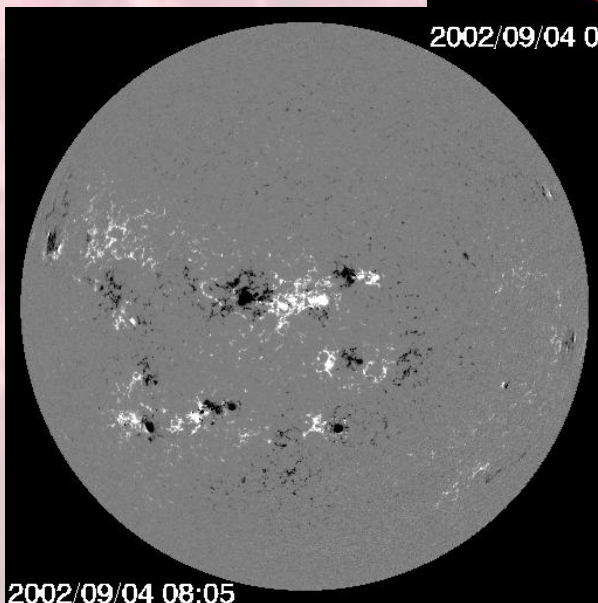
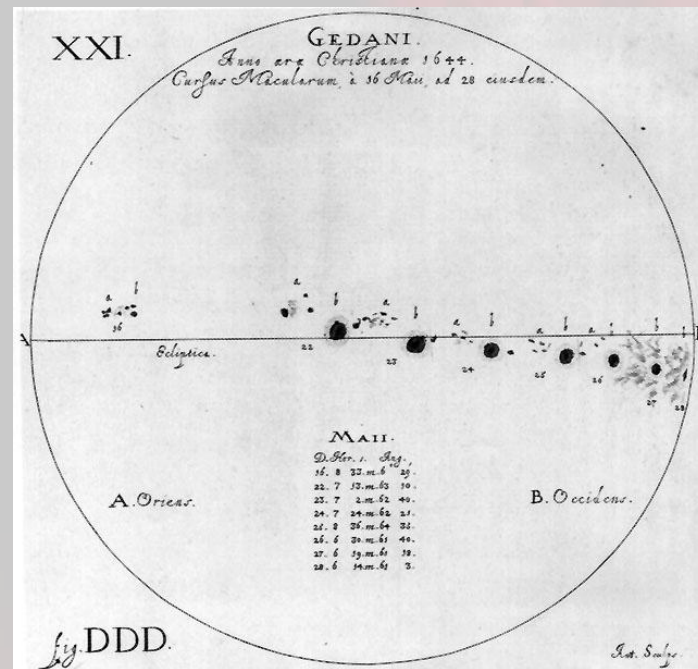
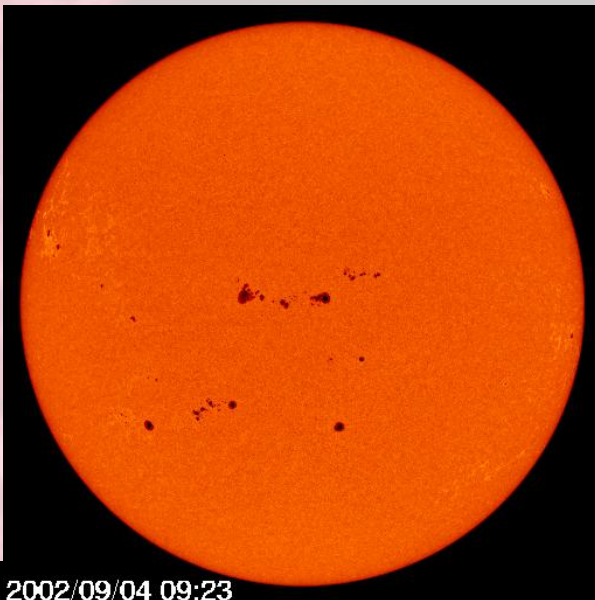
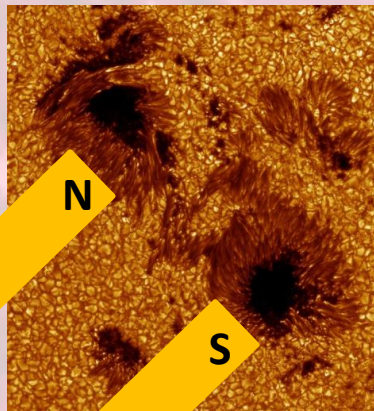
Temperatura: o 1000-1500 K niższa od temperatury powierzchni Słońca (5778 K)

Typowy czas życia: od kilku dni do kilku miesięcy

Pole magnetyczne: od 250 Gs do 5000 Gs



Plamy słoneczne



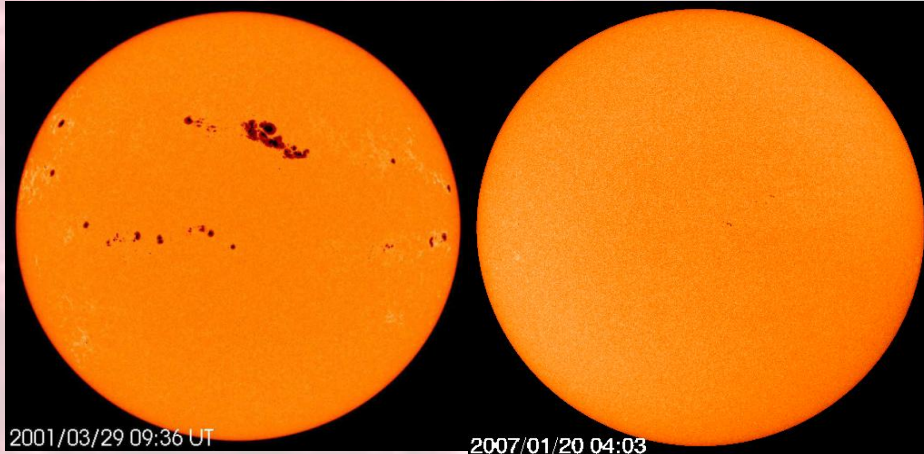
Obserwowane przez starożytnych Chińczyków

Kilka obserwacji plam wykonanych ok. 1000 – 1200 r.
– okres wyjątkowo silnej aktywności Słońca

ok. 1610 pierwsze obserwacje za pomocą lunety

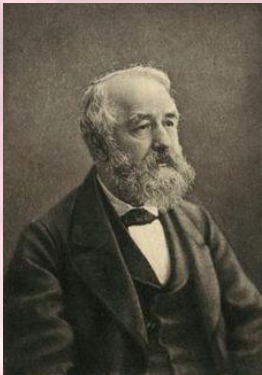
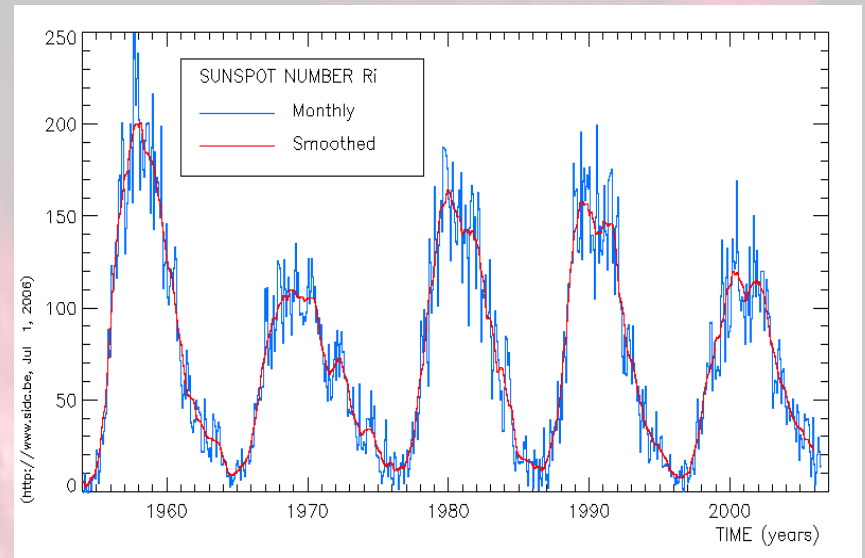
Systematyczne obserwacje pokazały cykliczność
pojawiania się plam

Cykl aktywności



Aktywne Słońce to Słońce zaplamione

Zaplamienie zmienia się w ciągu około 11 lat

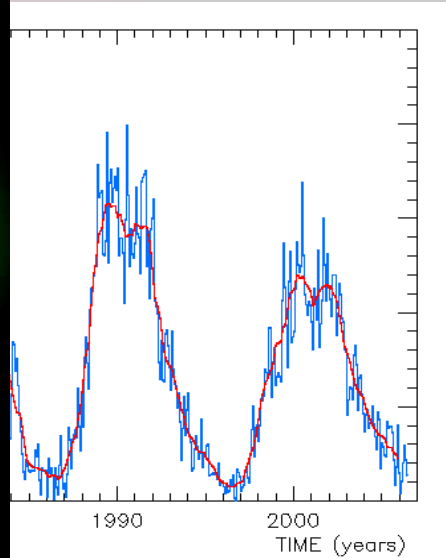
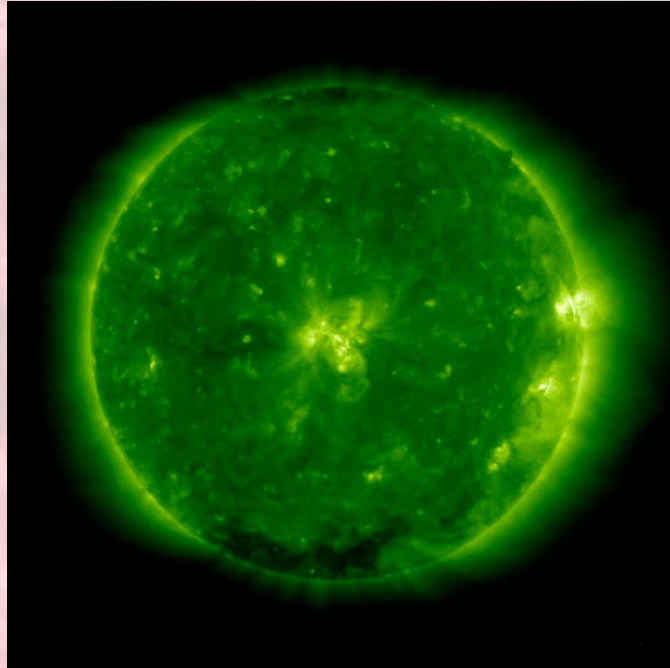


**Rudolf Wolf
(1816-1893)**
proponuje metodę
liczenia plam
słonecznych

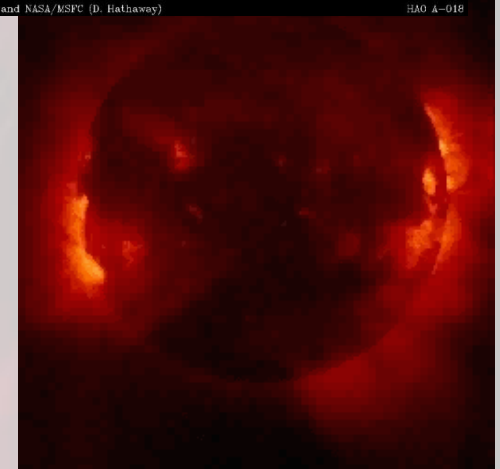
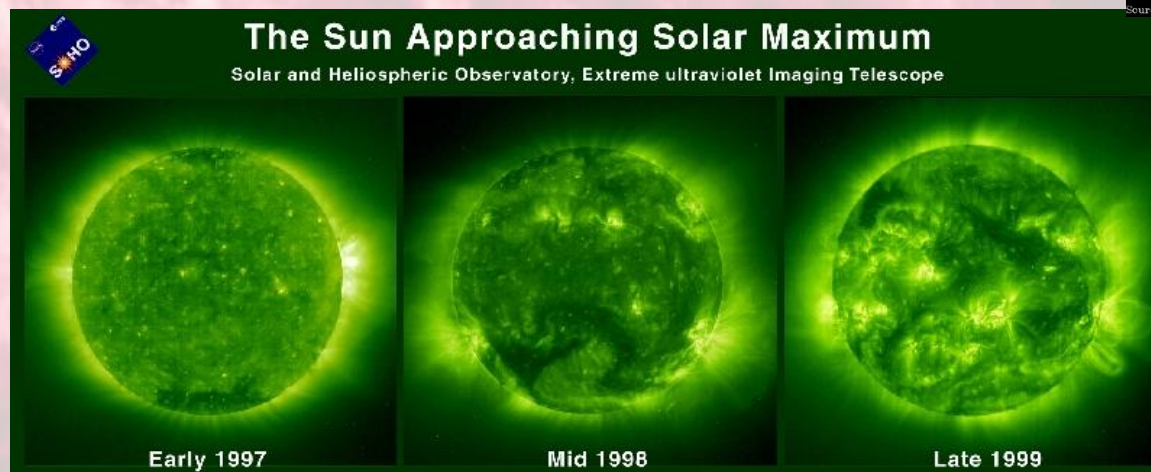
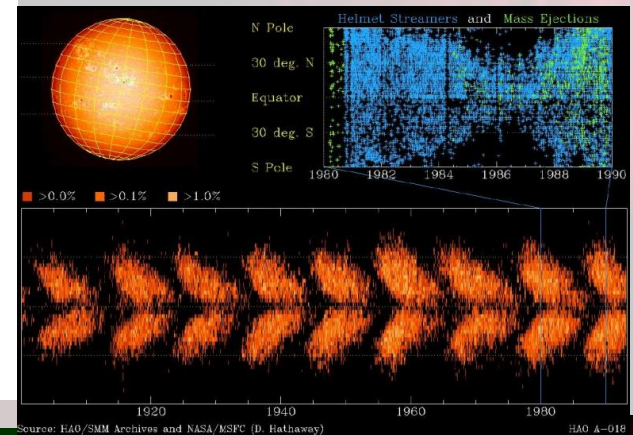


**Samuel Heinrich Schwabe
(1789-1875) – odkrywa
cykliczność pojawiania
się plam słonecznych**

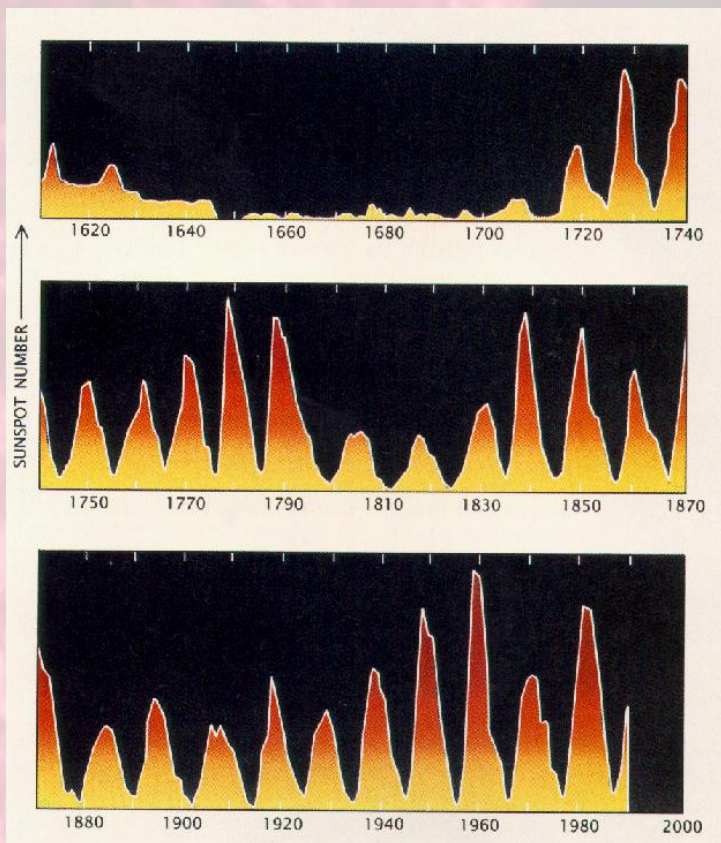
Cykl aktywności



W cyklu 11-sto letnim zmienia się ilość obszarów aktywnych widocznych w zakresach UV i X.



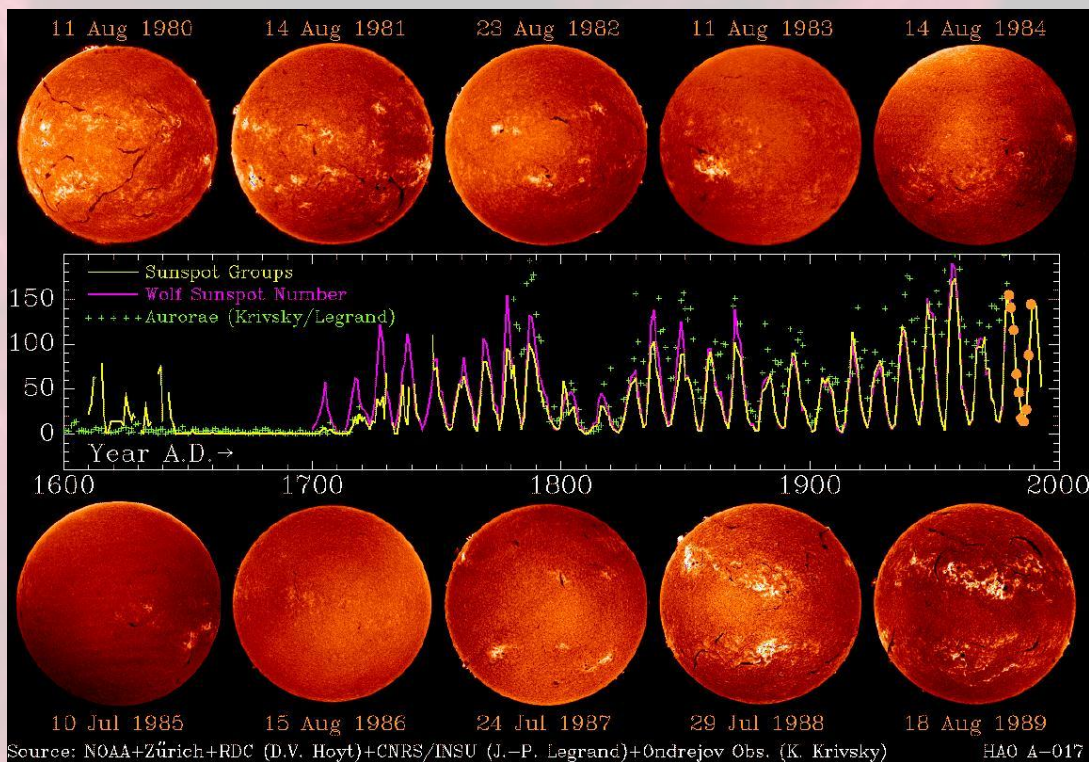
Cykl aktywności



Istnieje wyraźny związek między ilością plam a średnią temperaturą na Ziemi

Każde maksimum cyklu jest inne

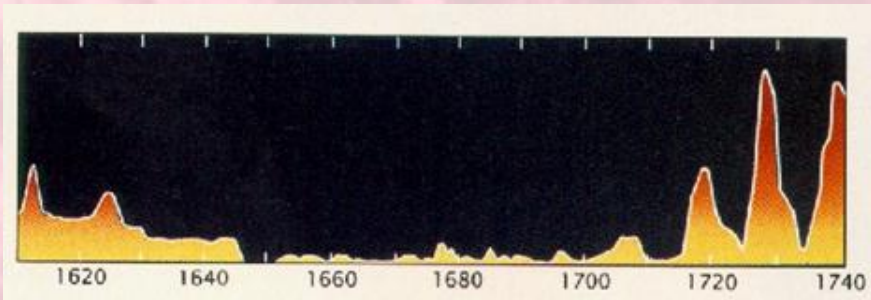
Były w przeszłości długie okresy gdy na Słońcu nie obserwowano plam



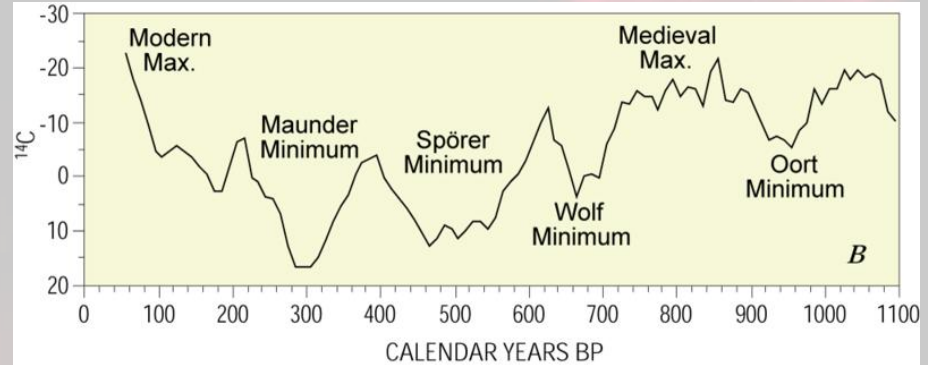
Source: NOAA+Zürich+RDC (D.V. Hoyt)+CNRS/INSU (J.-P. Legrand)+Ondrejov Obs. (K. Krivsky) HAO A-017

Cykl aktywności

Targ na zamrożniętej Tamizie



Druga połowa XVII w. – tzw. minimum Maundera



Zamarzający Bałtyk – regularne „połączenie” ze Szwecją

Hetman Czarniecki „rzuca się przez morze” (cieśninę Allsund)

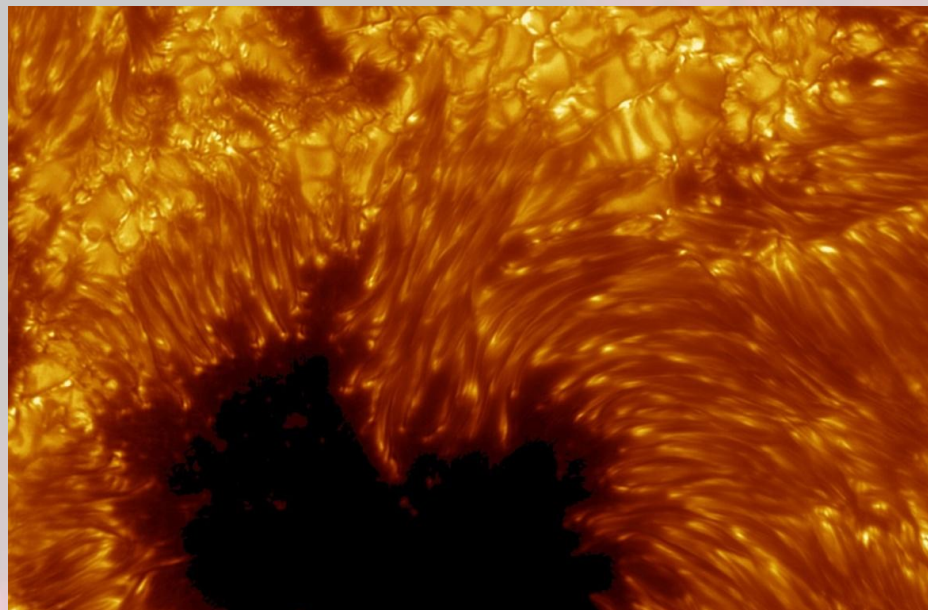
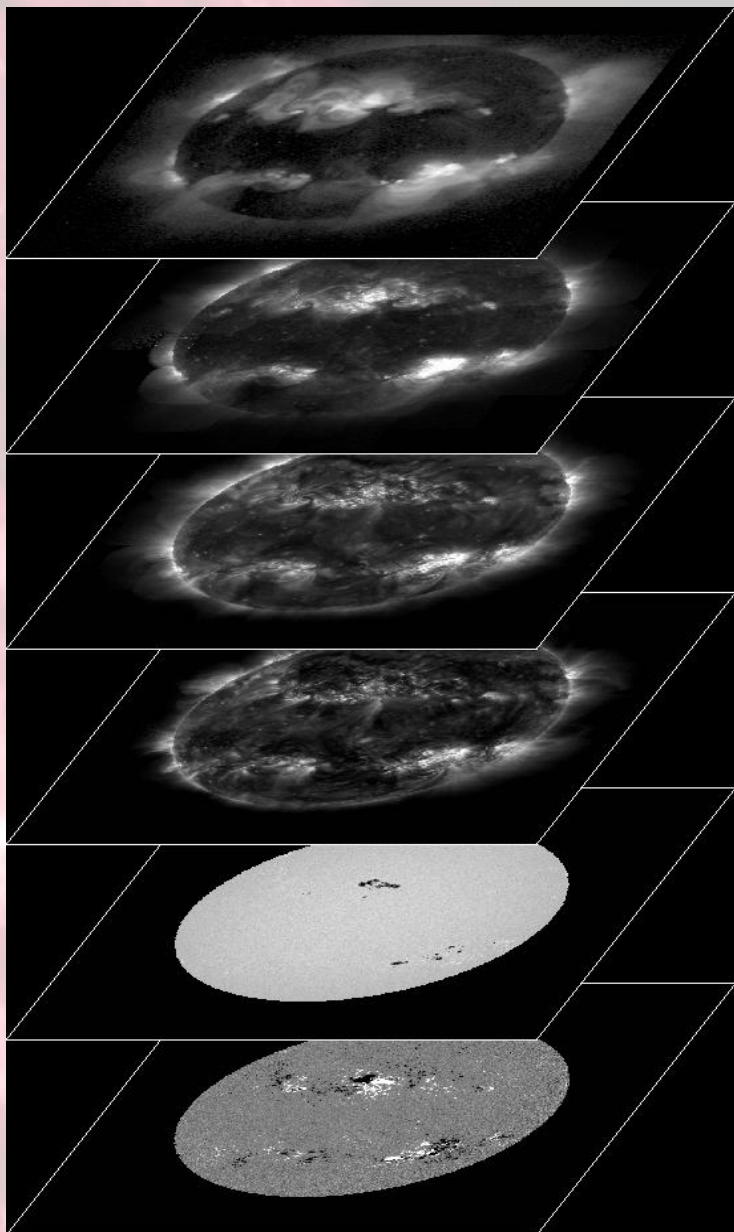
400 lat wcześniej Grenlandia była zieloną wyspą i została zasiedlona

Słońce aktywne



Apr 17 2002 23:59:32

Obszar aktywny

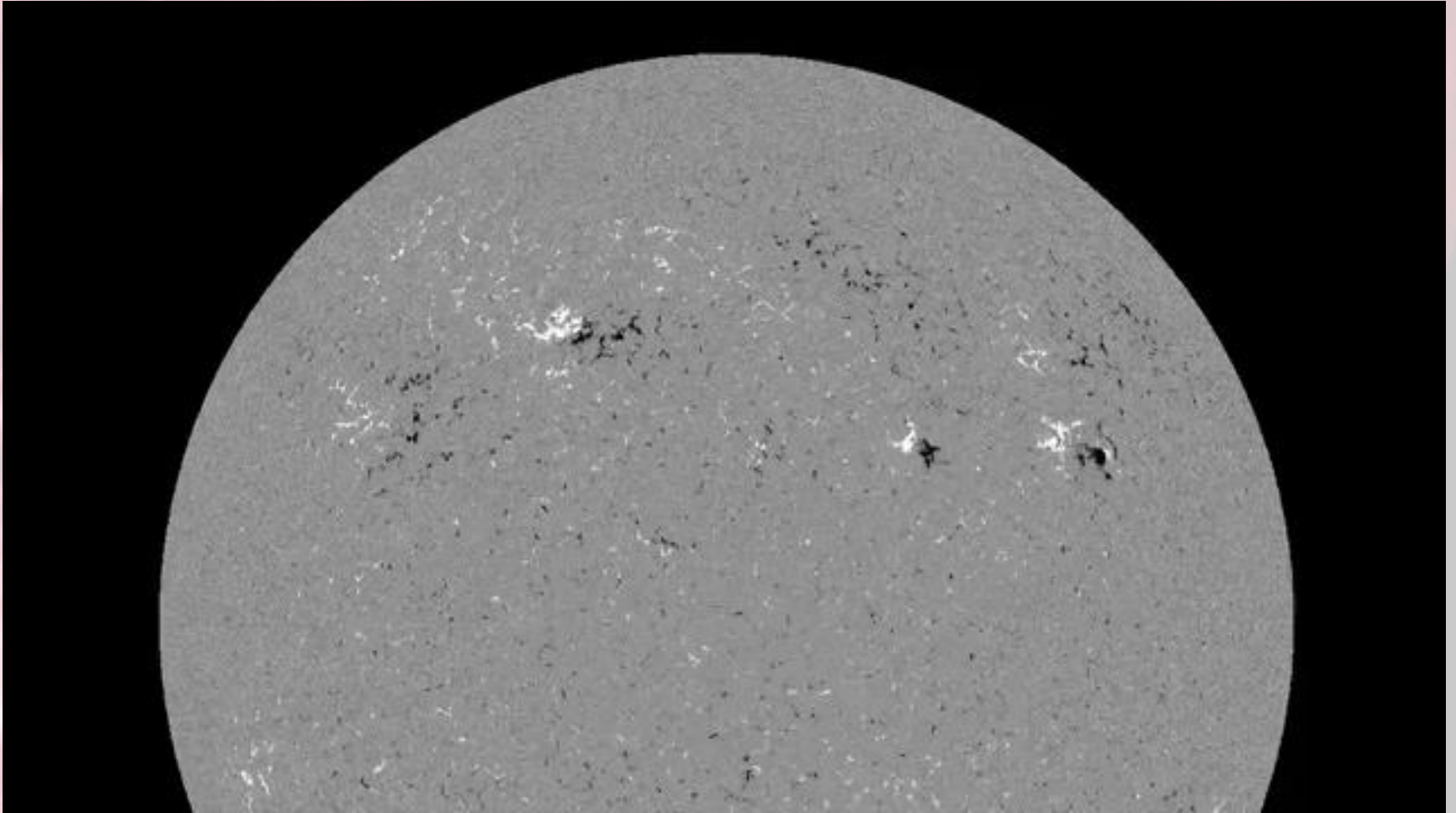


Miejsce w atmosferze słonecznej obserwowane w okolicach plam

Wygląda inaczej w różnych zakresach fal elektromagnetycznych – duży rozrzut temperatur

Pojawiają się w nim różnego rodzaju zjawiska dynamiczne takie jak rozbłyski czy CME

Obszar aktywny



[SDO](#)

Rozbłyski

Richard Carrington obserwuje
1 września 1859 r. gwałtowne pojaśnienie
w okolicy obserwowanych plam

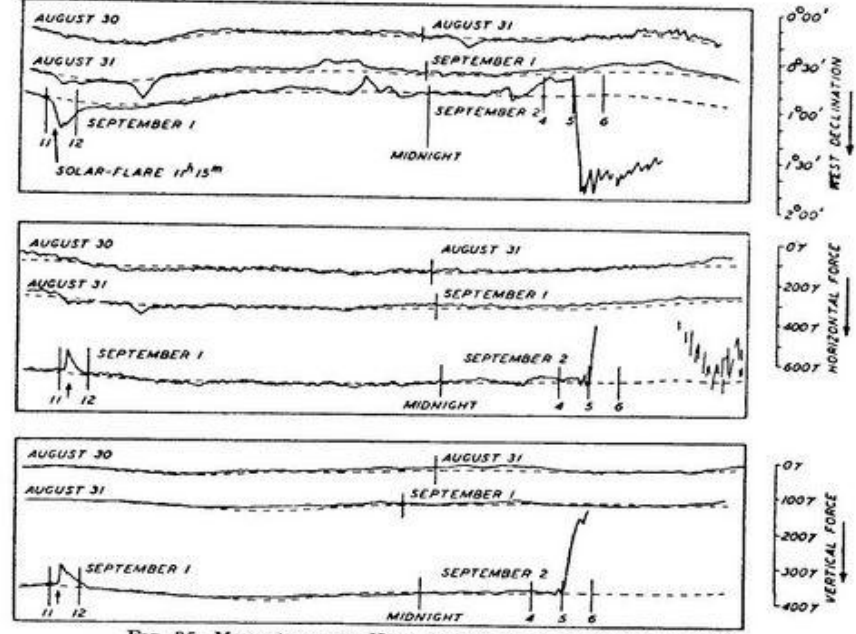
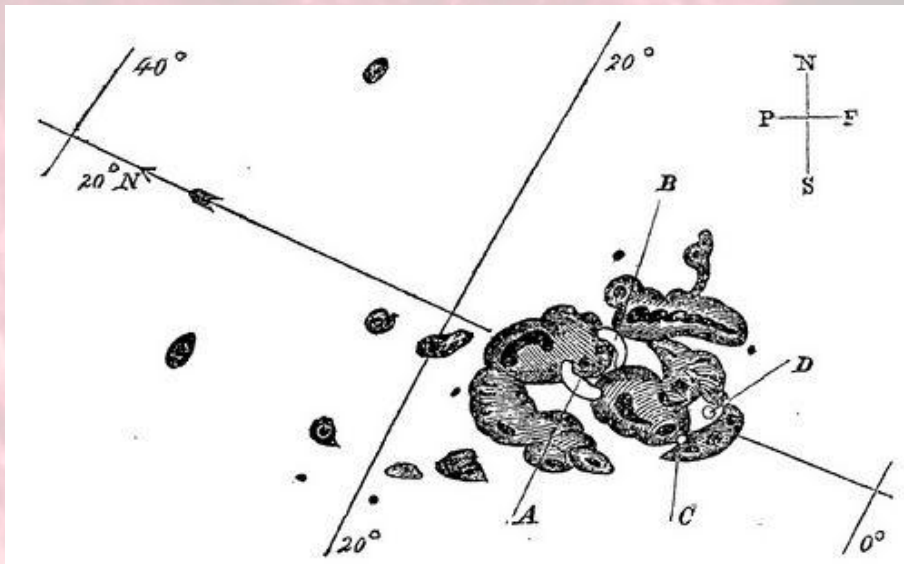
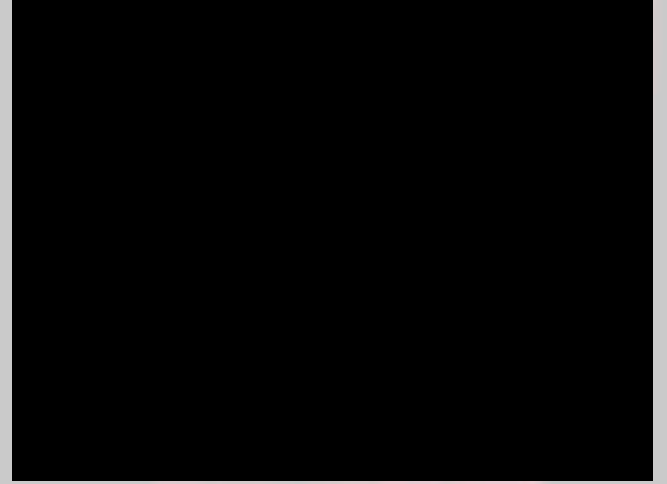
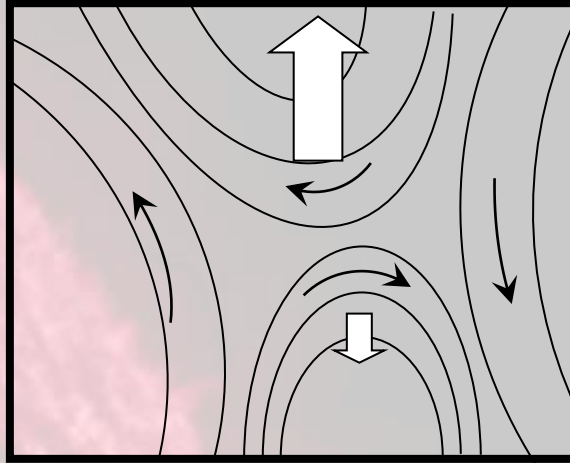
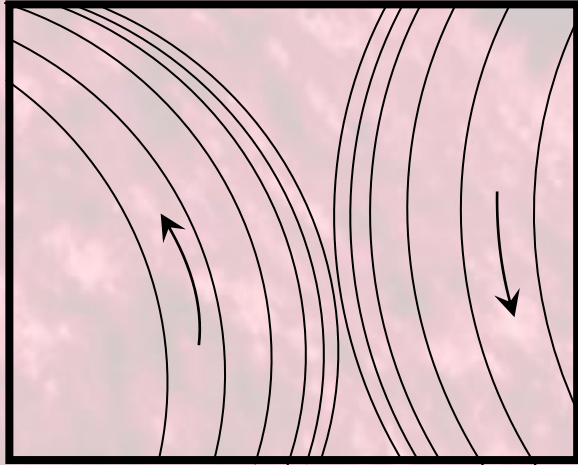


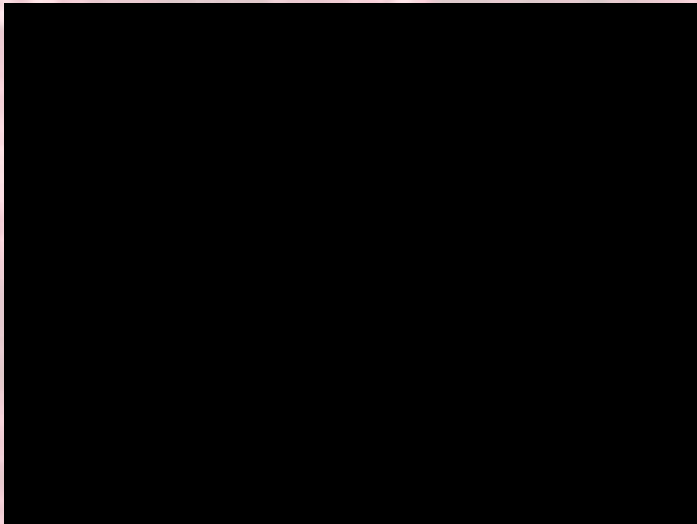
FIG. 35. Magnetograms, Kew, August 30 to September 2, 1859

Balfour Stewart, dyrektor obserwatorium
Kew Garden rejestruje gwałtowne zmiany
pola magnetycznego mierzonego za
pomocą superczułego kompasu

Rozbłyski



Przełączenie (rekoneksja) prowadzi do uwolnienia energii zgromadzonej w polu magnetycznym



Rozbłyski




10^6 J

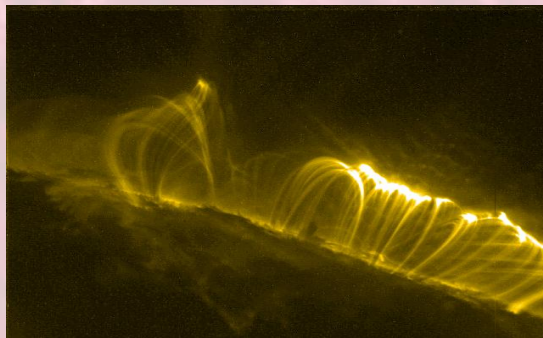


5×10^{15} J

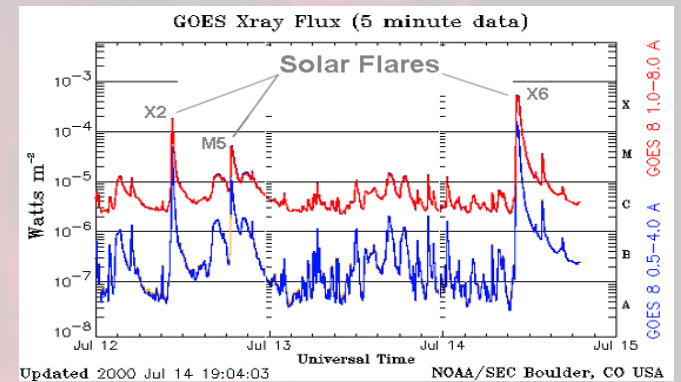
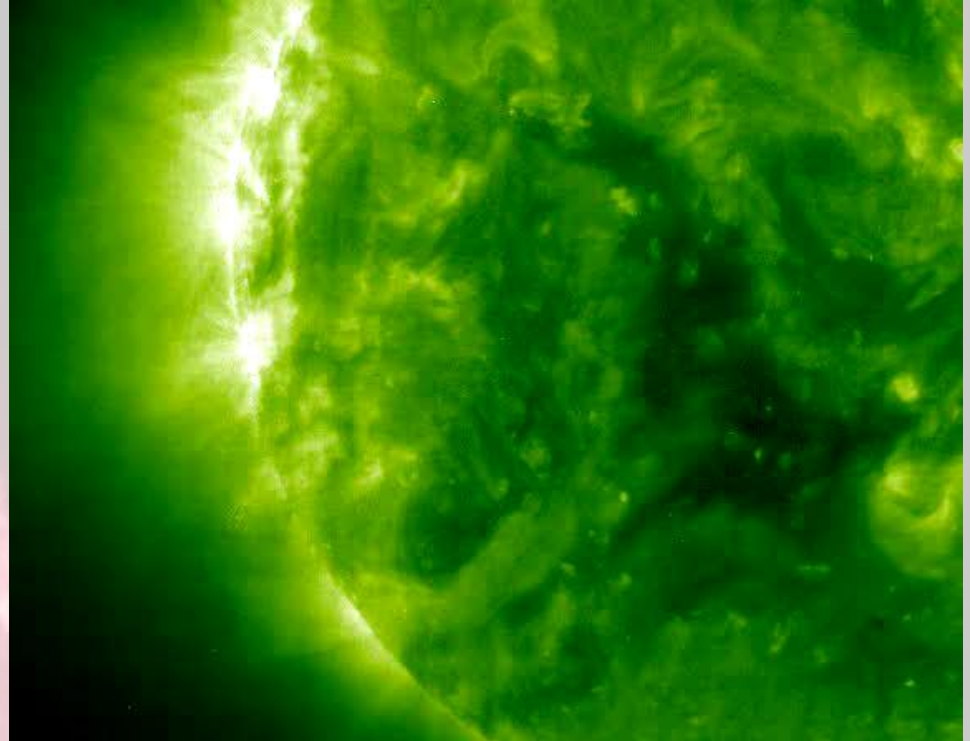


10^{18} J

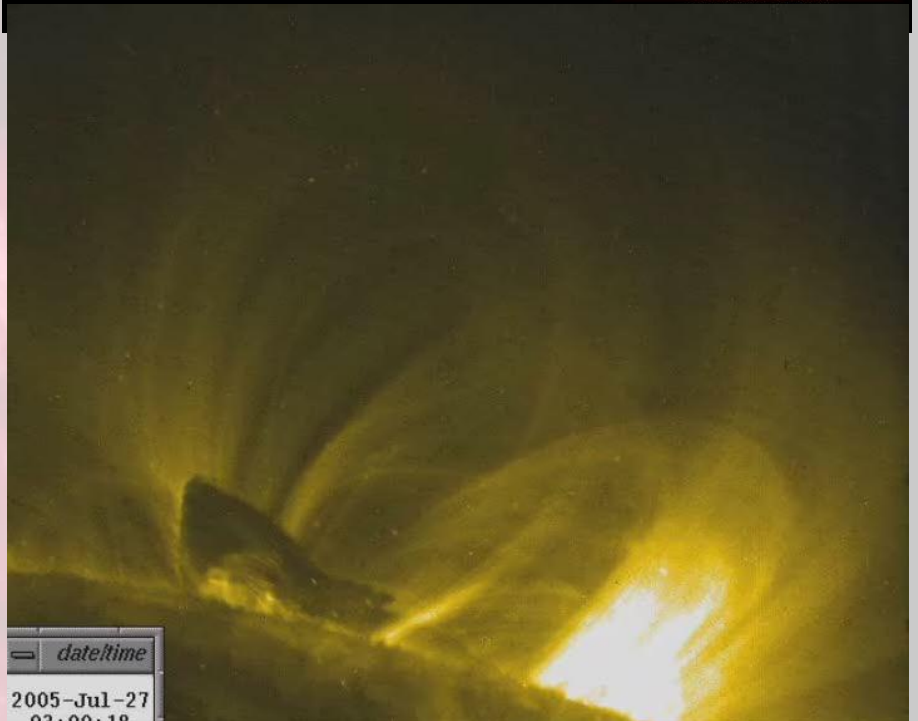
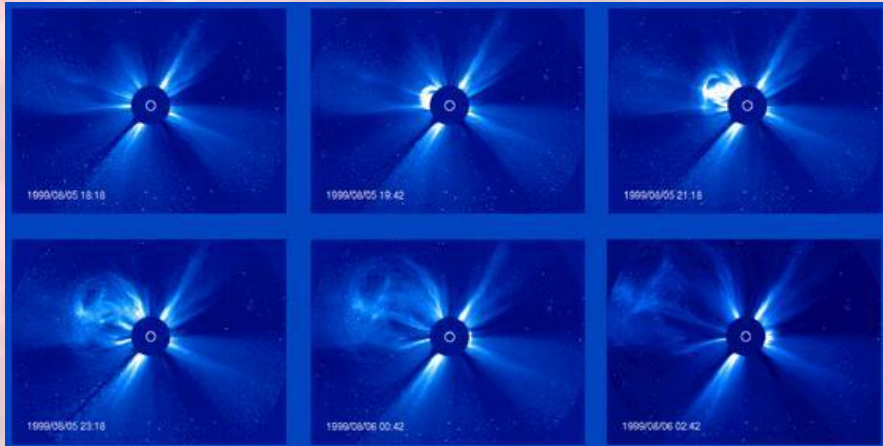
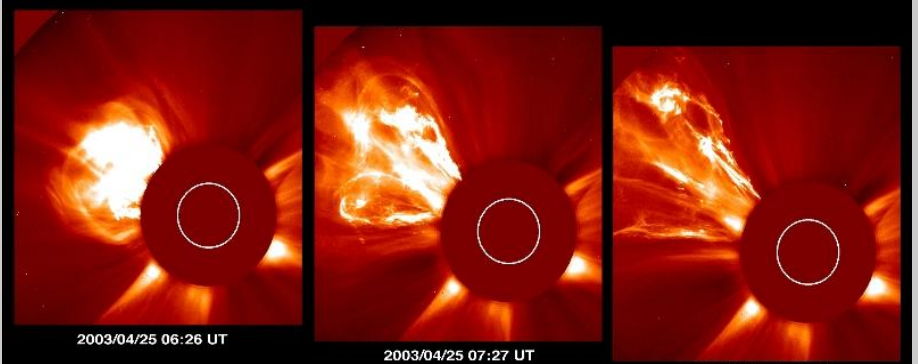
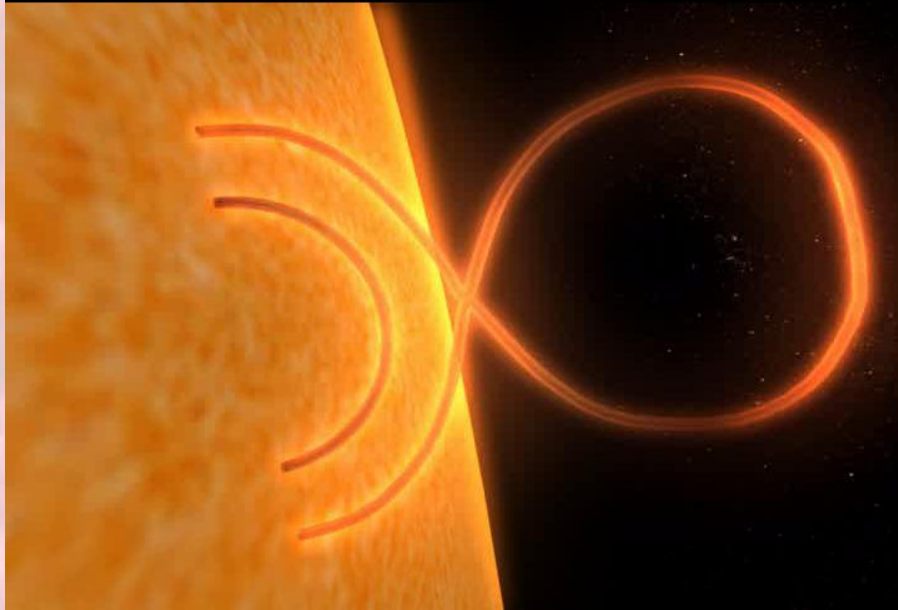
19 Dec 2000, 6:56:56 (19 Dec 2000, 12:56:56 GMT) 



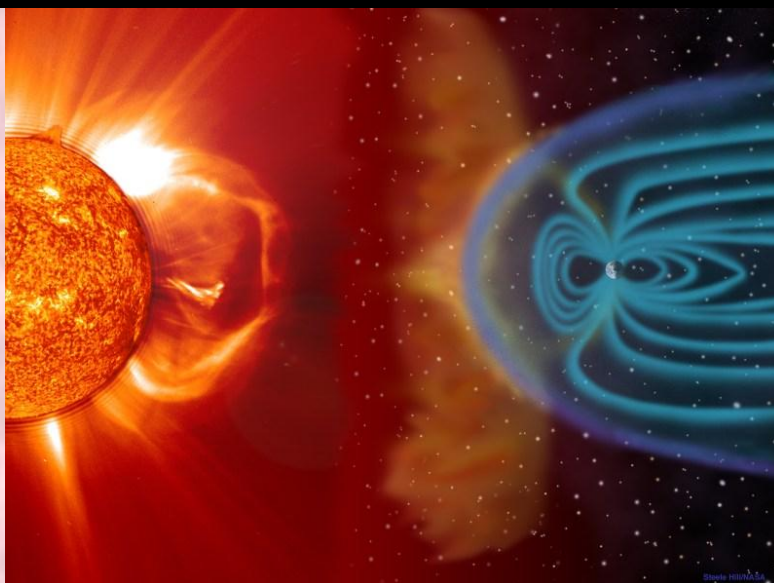
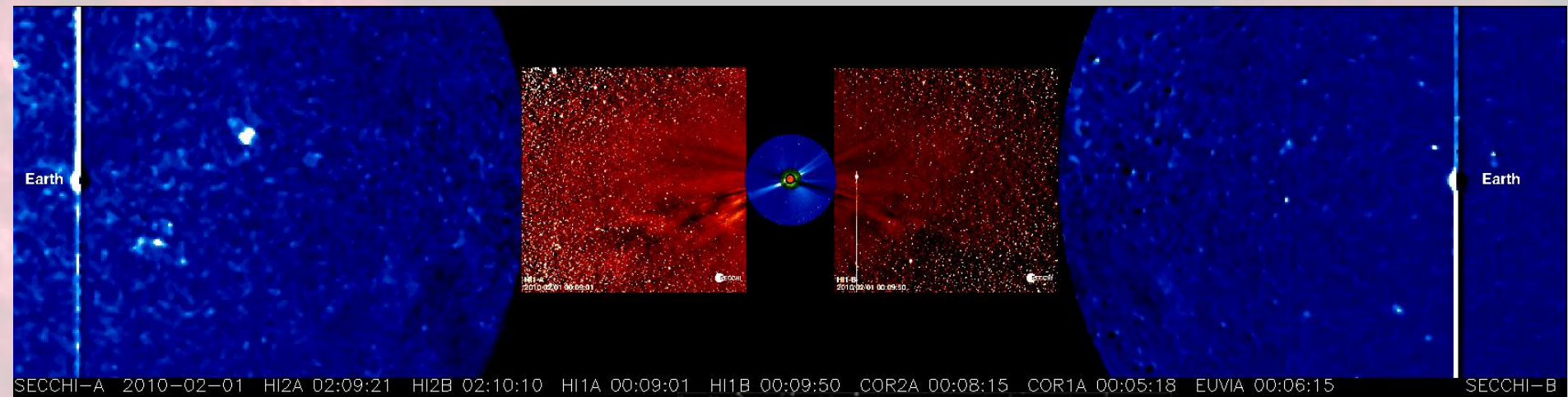
10^{26} J



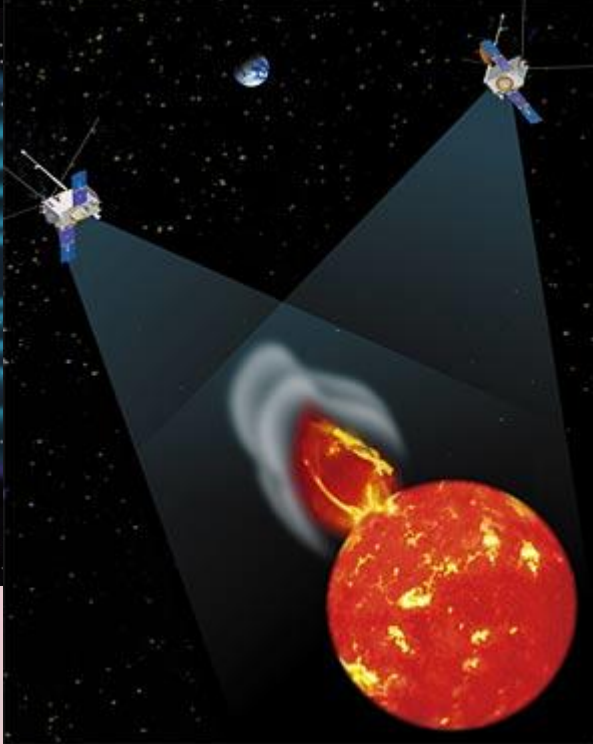
Rozbłyски i CME



CME - Ziemia

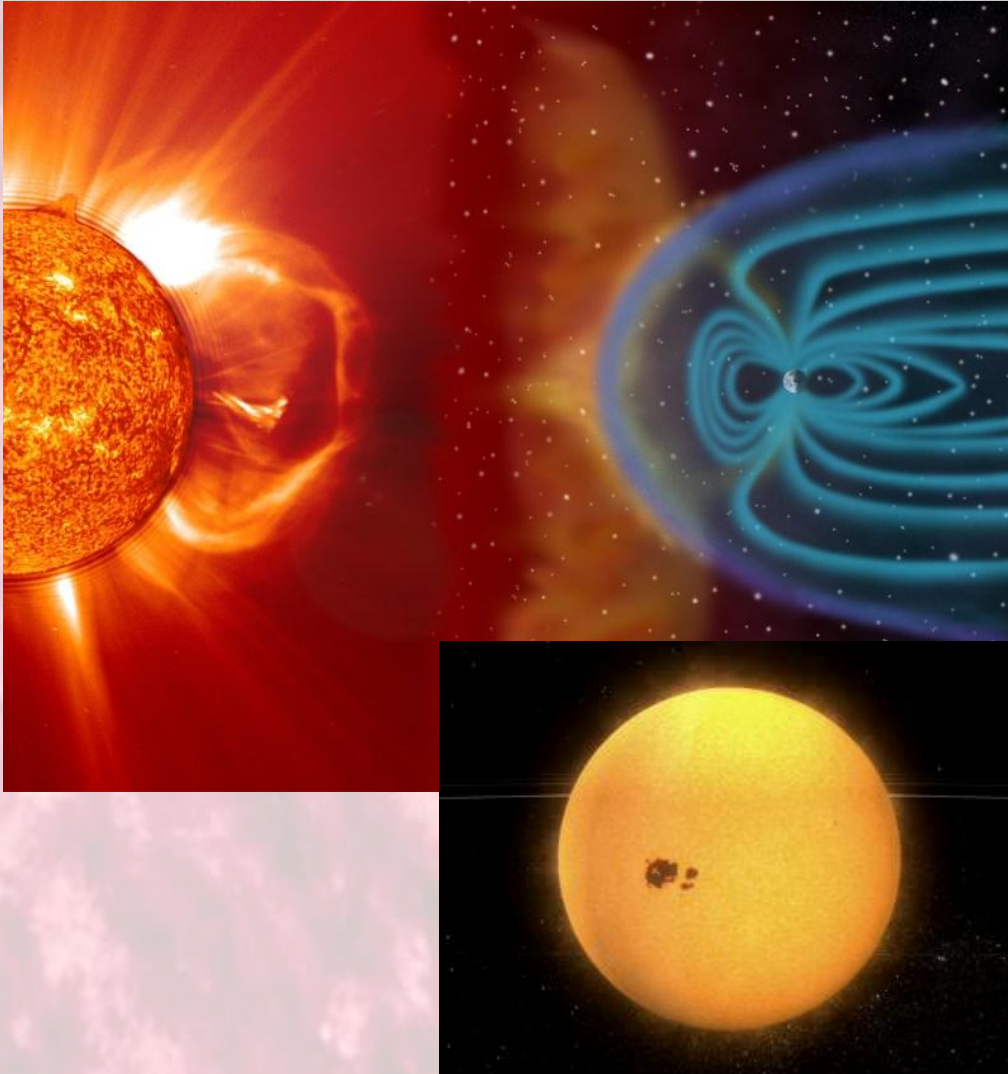


**CME mogą dolatywać w okolice Ziemi
(a nawet dalej)**



STEREO – misja złożona z dwóch satelitów obserwujących Słońce z dwóch różnych miejsc

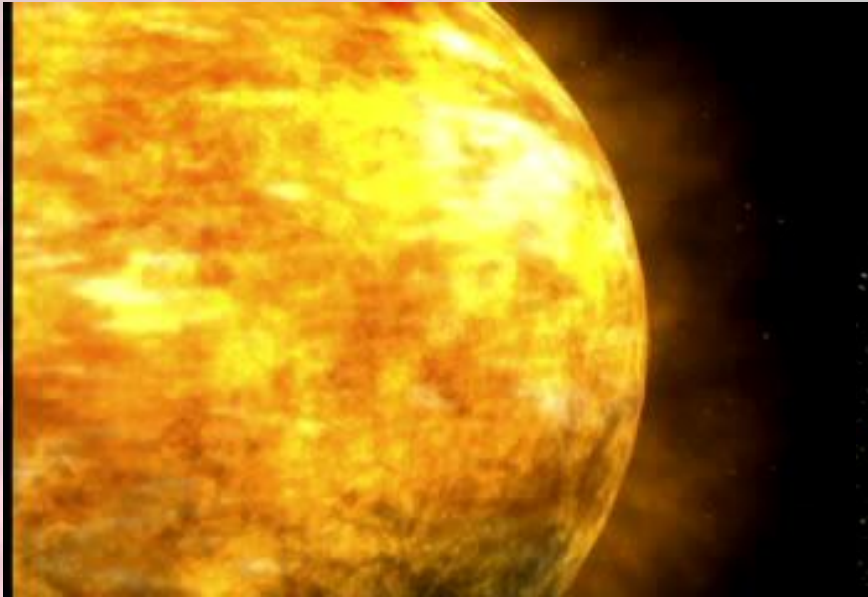
Kosmiczna prognoza pogody



CME mogą docierać w okolice Ziemi i mogą być niebezpieczne:

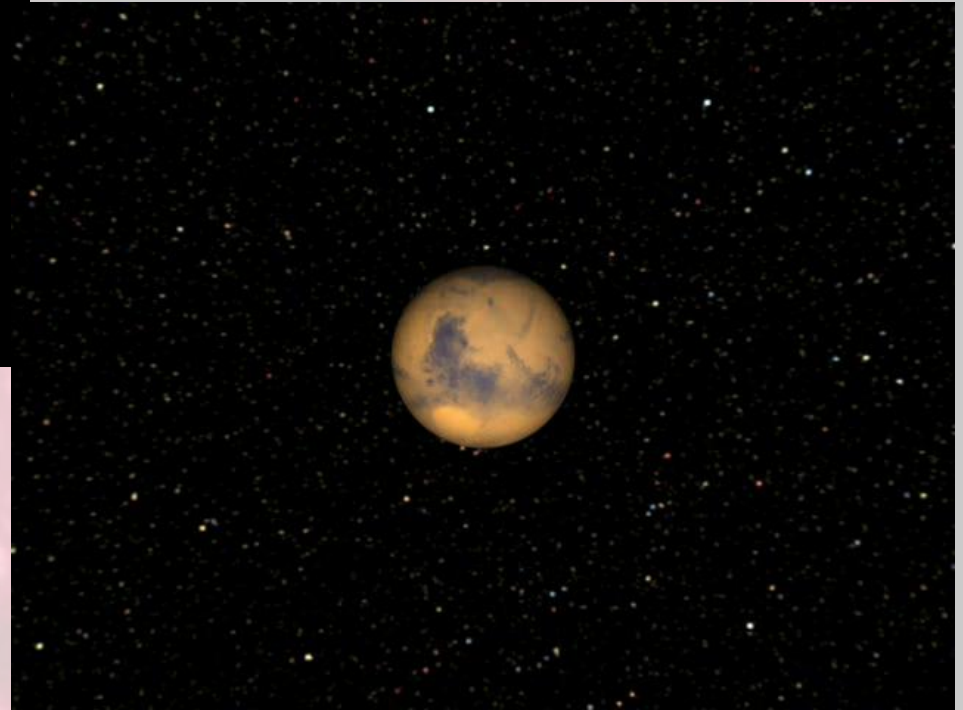
- astronauta (loty międzyplanetarne, stacje kosmiczne, itp.)
- pasażerowie samolotów
- stacje transformatorowe
- rurociągi
- sztuczne satelity
- łączność radiowa i satelitarna
- zorze, zorze, zorze...

Burza magnetyczna



Ziemia jest otoczona polem magnetycznym – chroni nas przed naładowanymi cząstkami docierającymi ze Słońca i przestrzeni kosmicznej

Podczas burzy magnetycznej cząstki są przyspieszane w ziemskiej magnetosferze dzięki przełączaniu linii sił – ten sam mechanizm produkuje rozbłyski i CME na Słońcu



Mars nie ma takiej ochrony...

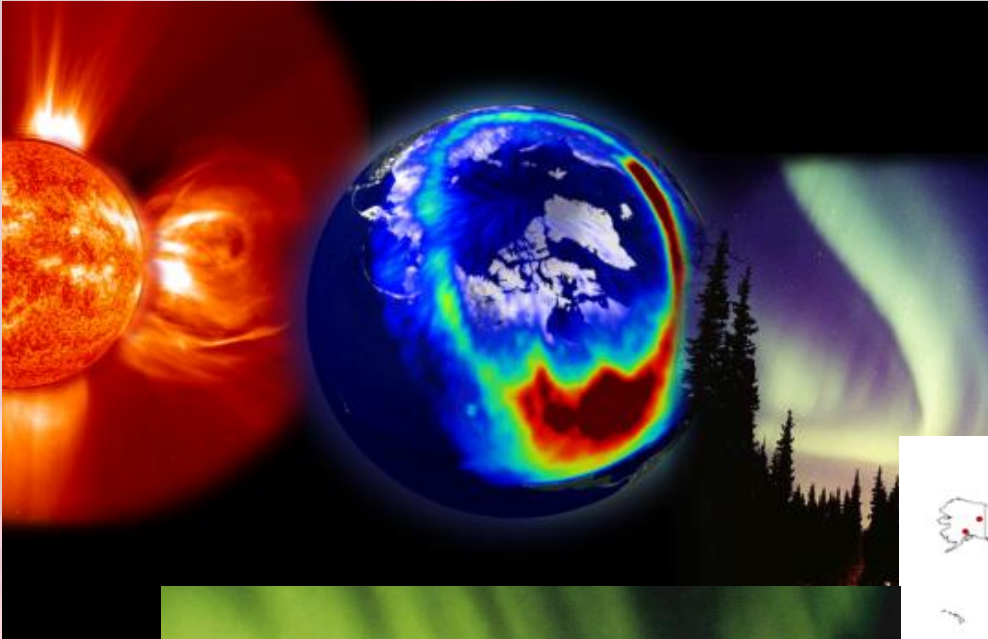
Zorze polarne



Zorze polarne

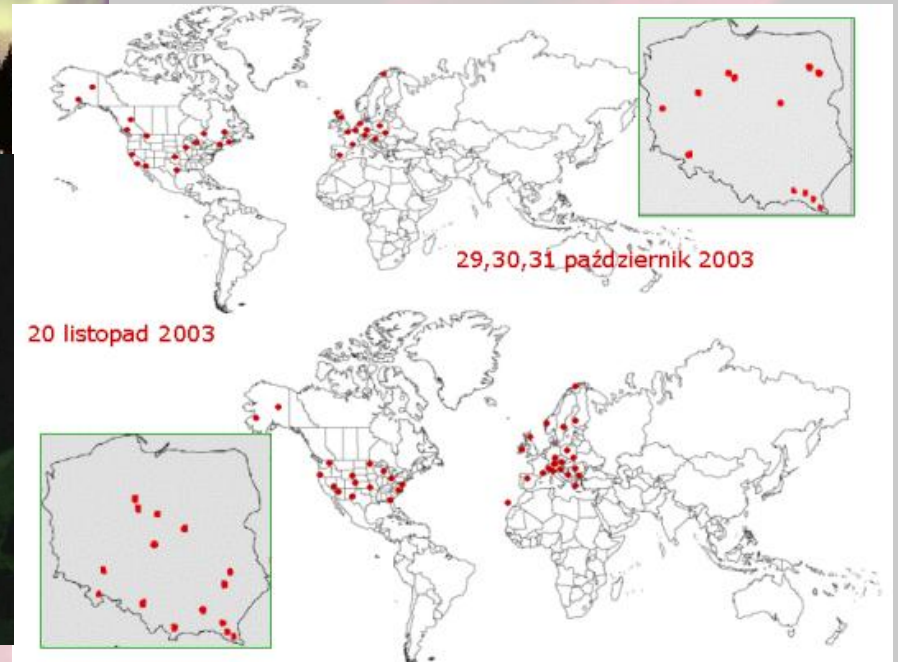


Zorze polarne



www.spaceweather.com

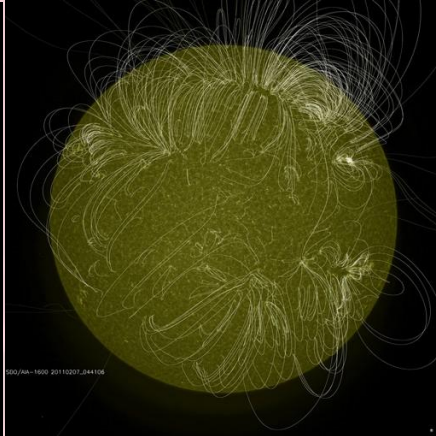
Potrzebna jest odpowiednio dobra
pogoda ziemiska i kosmiczna



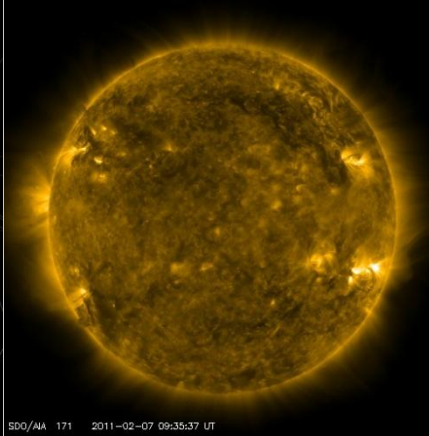
Słońce dziś



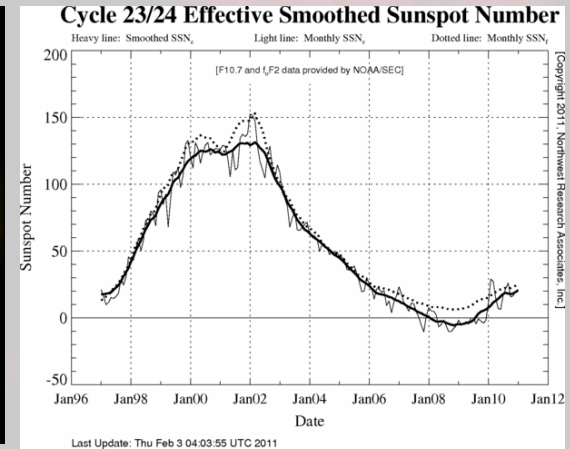
SDO/AA 4500 2011-02-07 08:00:08 UT



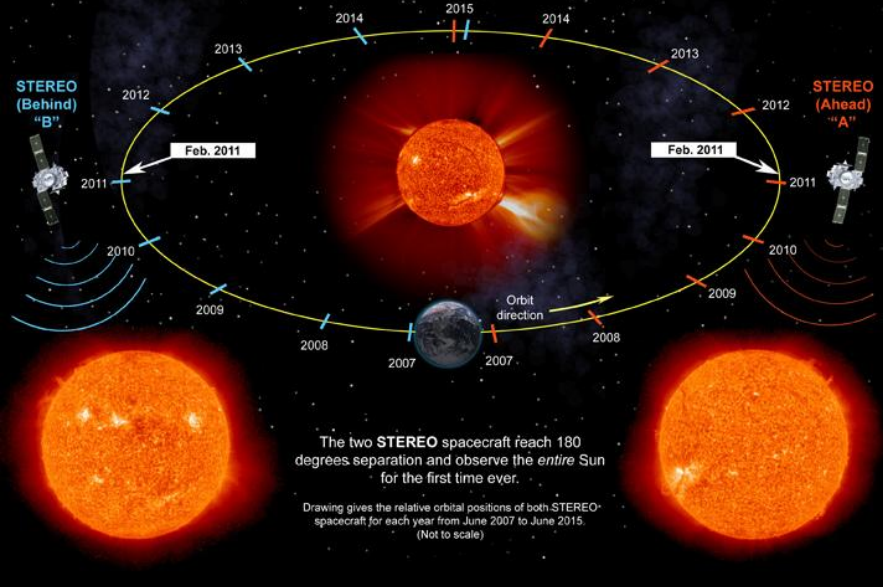
SDO/AIA-1800 20110207_044108



SDO/AA 171 2011-02-07 09:35:37 UT

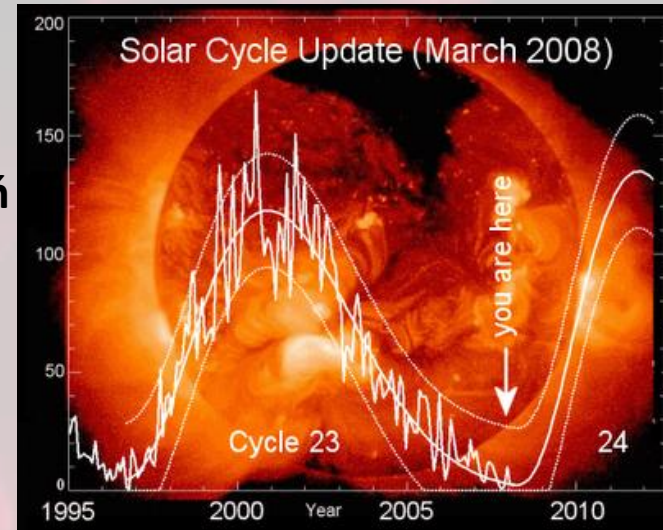


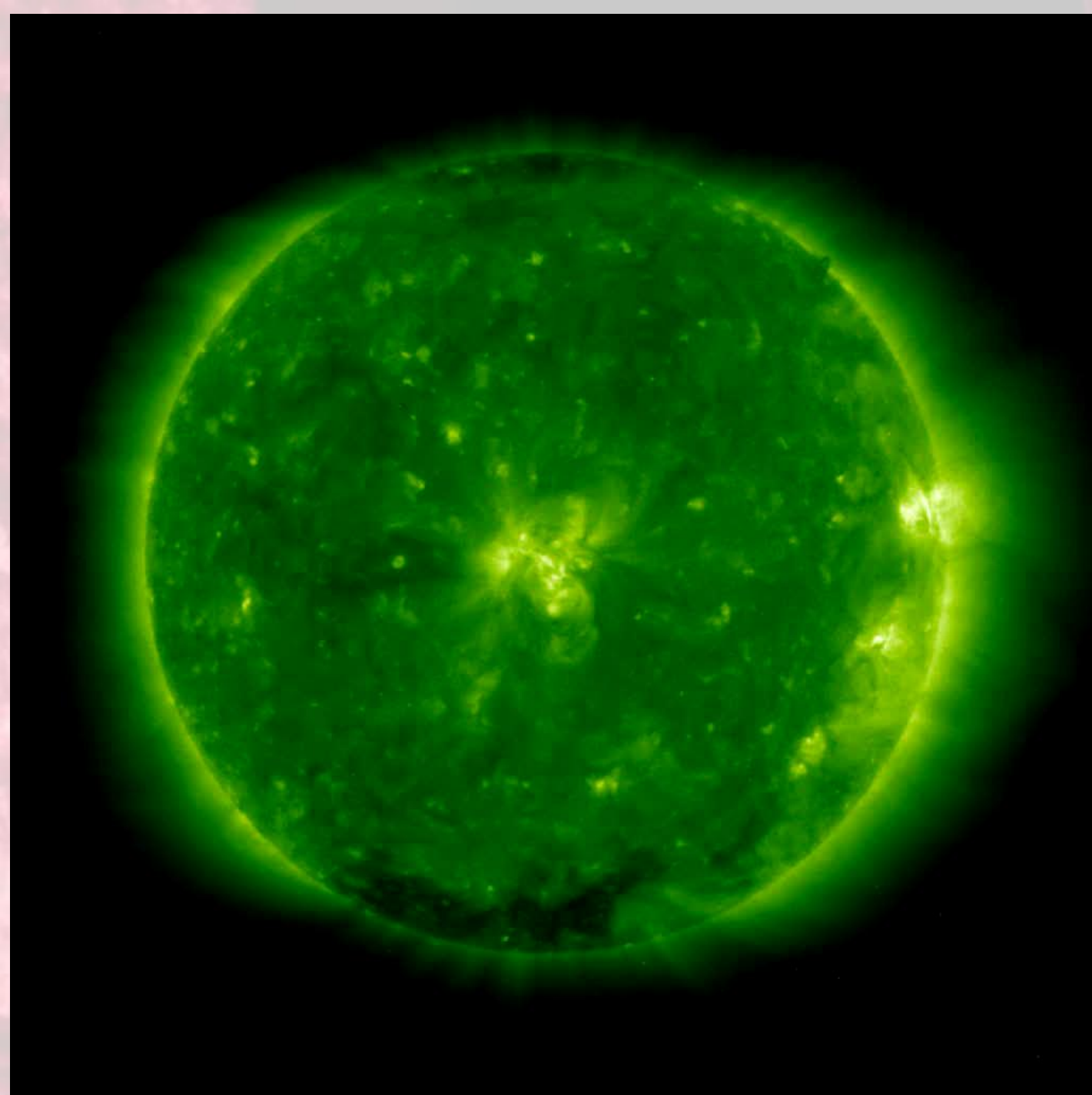
NASA's STEREO Sees the Entire Sun



Ostatnie minimum było wyjątkowo głębokie

Aktywność rośnie bardzo powoli (w tym roku powinno być maksimum według przewidywań sprzed kilku lat)





KONIEC