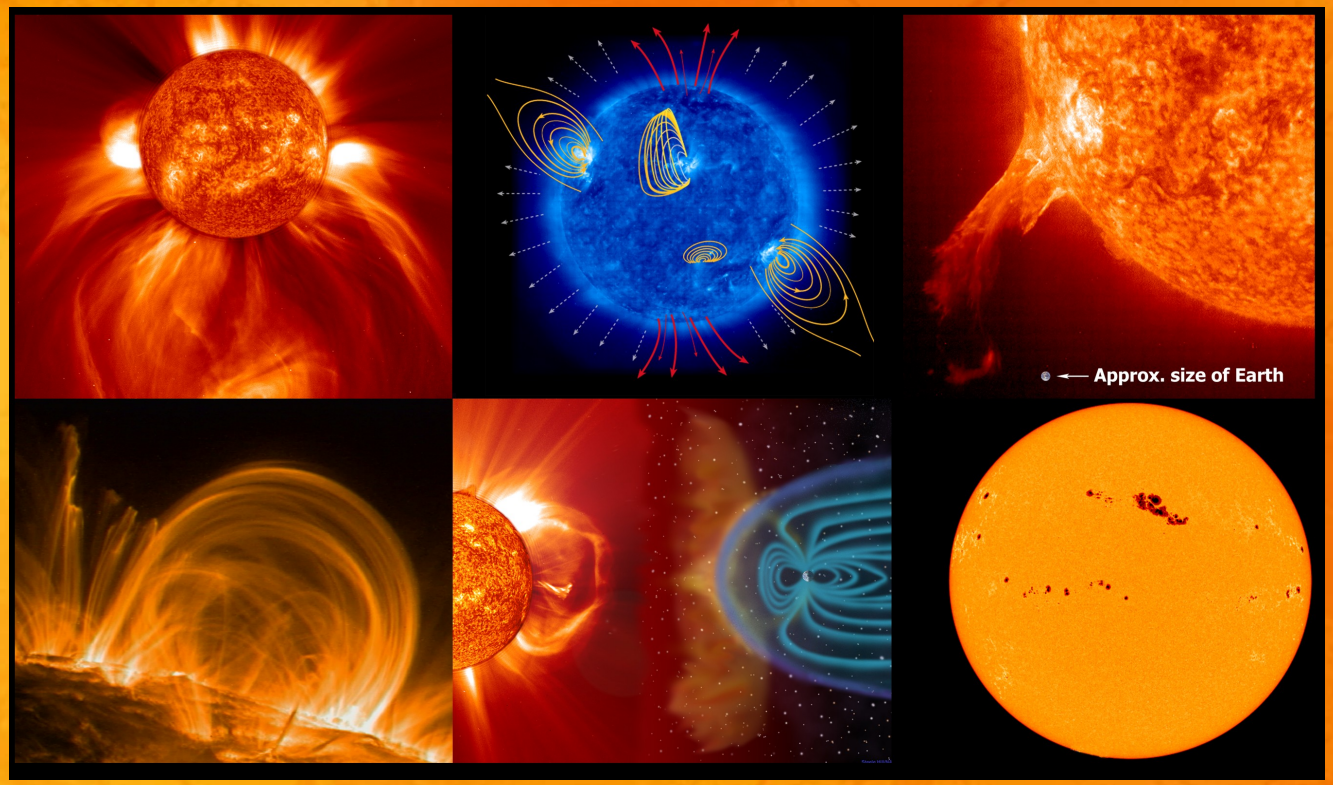
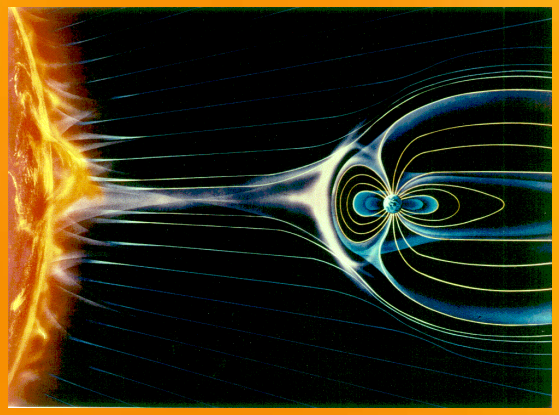
Słońce i jego miejsce we Wszechświecie

Urszula Bąk-Stęślicka, Marek Stęślicki
Instytut Astronomiczny Uniwersytetu Wrocławskiego



Dlaczego badamy Słońce?

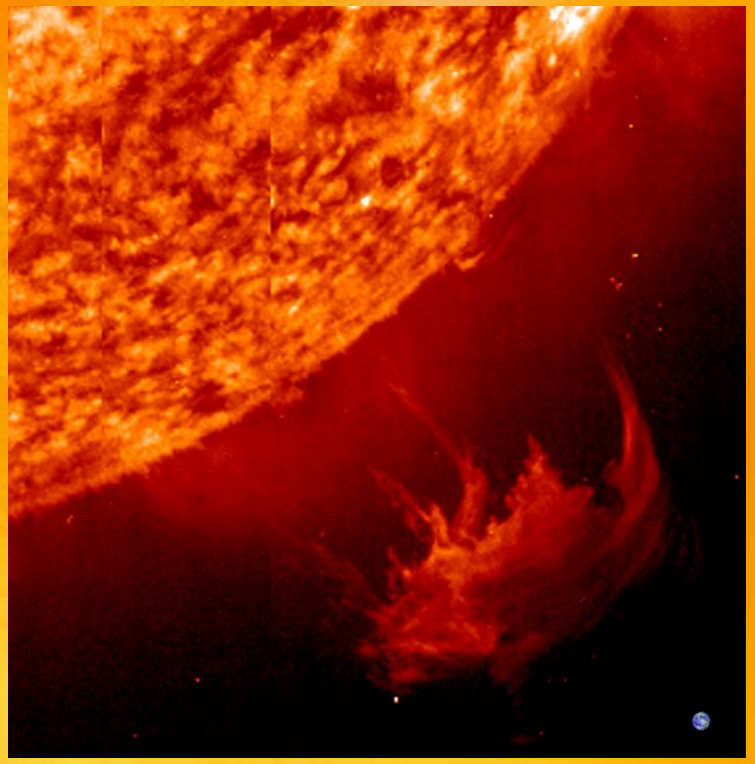
Wpływ Słońca na klimat



Pogoda kosmiczna

Słońce jako gwiazda

Słońce jako laboratorium fizyczne



Słońce, centralne ciało naszego układu Słonecznego zawierające 99,9% jego masy, to wielka kula rozżarzonej plazmy złożonej głównie z wodoru i helu.

Promień Słońca ~ 700 000 km,
Odległość ~ 149 600 000 km.

(podróż samochodem z prędkością 80 km/h zajęłaby 176 lat, podróż samolotem już „tylko” 26 lat !)

Masa Słońca – ponad 300 000 razy większa od masy Ziemi

Struktura Słońca

Jądro

temperatura ~ **15 mln°C**

gęstość ~ **150 g/cm³**
(12 × większa od gęstości ołowiu)

grubość ~ **175 tys. km**

600 mln ton wodoru zamienia się w hel w każdej sekundzie,

z tego 4 mln ton jest przekształcane w energię: $E=mc^2=3.6*10^{26}$ W

Moc produkowana przez wszystkie ziemskie elektrownie: $2.5*10^{12}$ W

Wystarczyłoby na 3 mln lat!

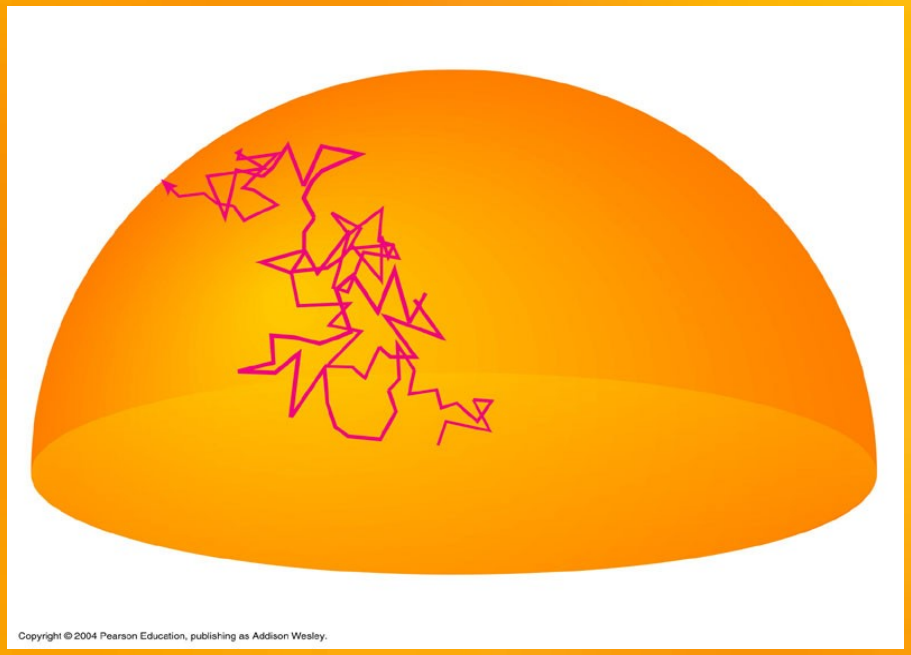
Struktura Słońca

Warstwa promienista

temperatura ~ **kilka mln °C**

gęstość ~ **10 g/cm³**
(tyle co gęstość ołowiu)

grubość ~ **315 000 km**



Ciągłe rozpraszanie, pochłanianie i emisja –
coraz mniejsze energie kwantów

Bardzo powolna wędrówka: **200 000 lat** zamiast 2,7 sekundy

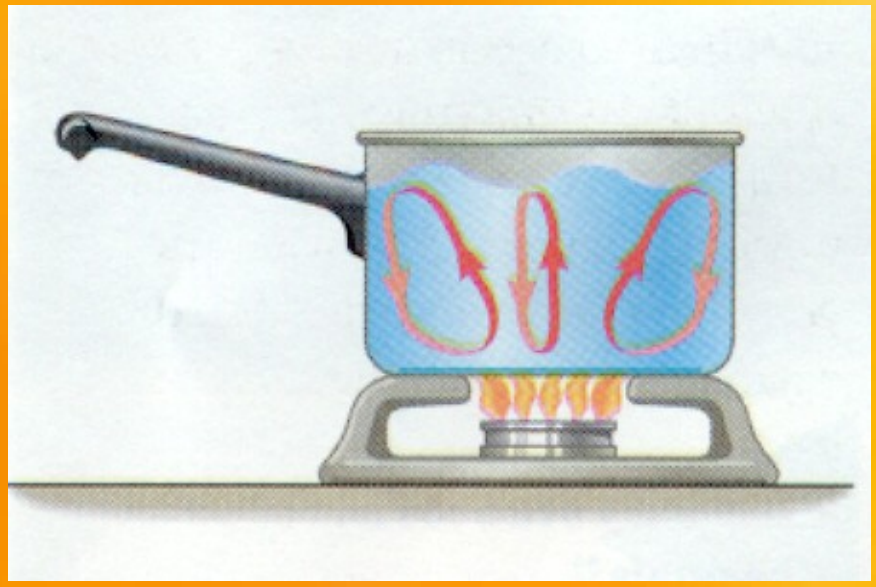
Struktura Słońca

Warstwa konwektywna

temperatura od **2 mln** do **5,5 tys.°C**

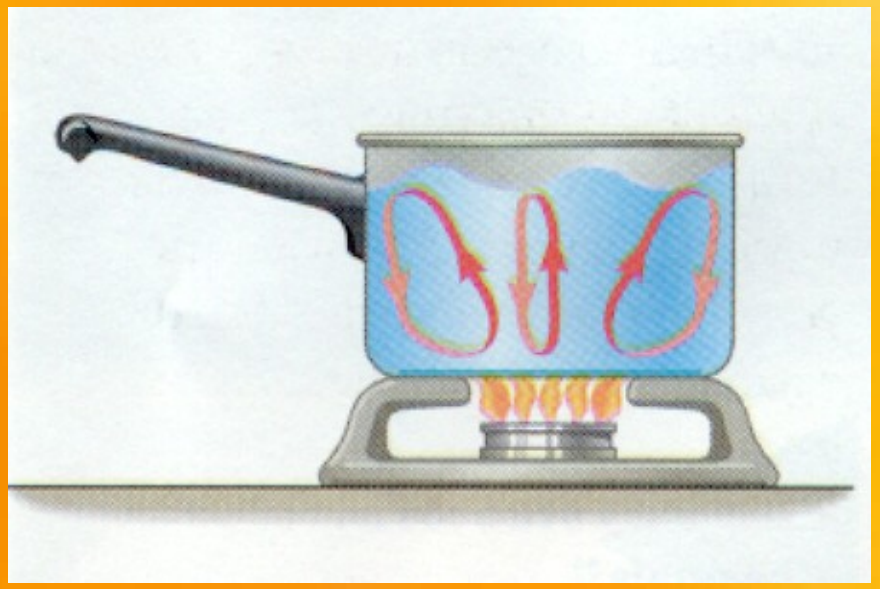
gęstość od **0.2** do **0.0000002 g/cm³**

grubość ~ **200 000 km**



Struktura Słońca

Warstwa konwektywna



temperatura od **2 mln** do **5,5 tys.°C**

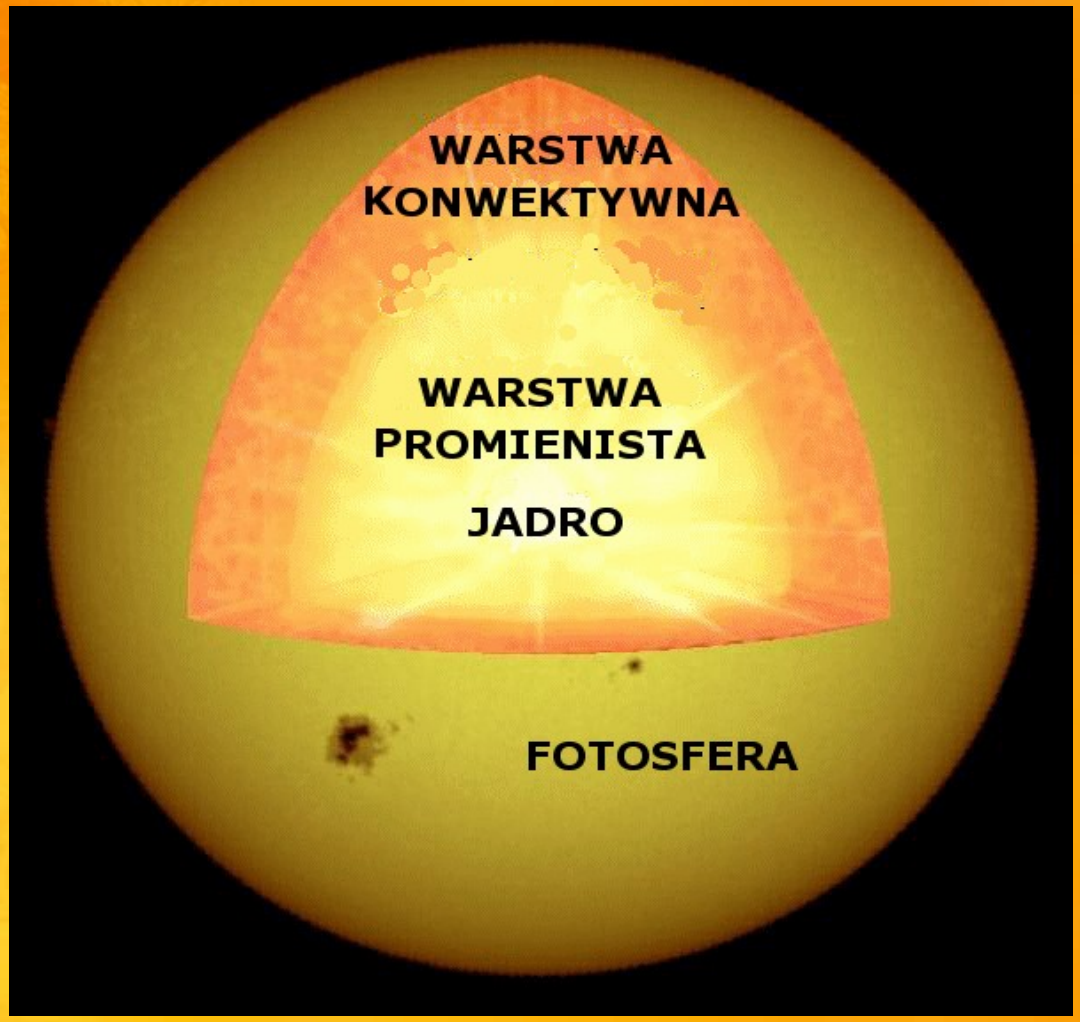
gęstość od **0.2** do **0.0000002 g/cm³**

grubość ~ **200 000 km**

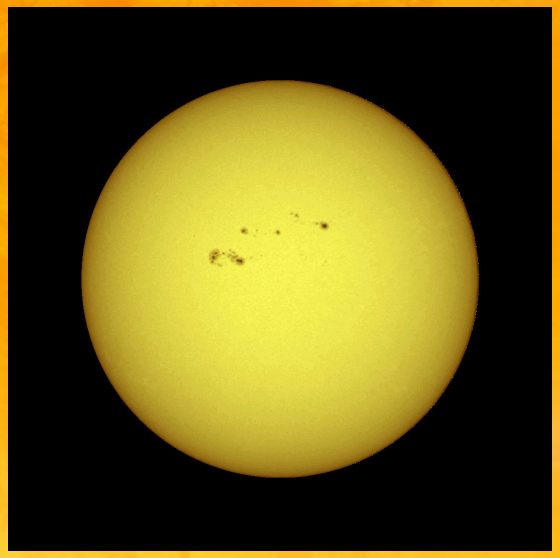
granulacja

średnica ~ 1500 km,
t~ 10 minut

Struktura Słońca

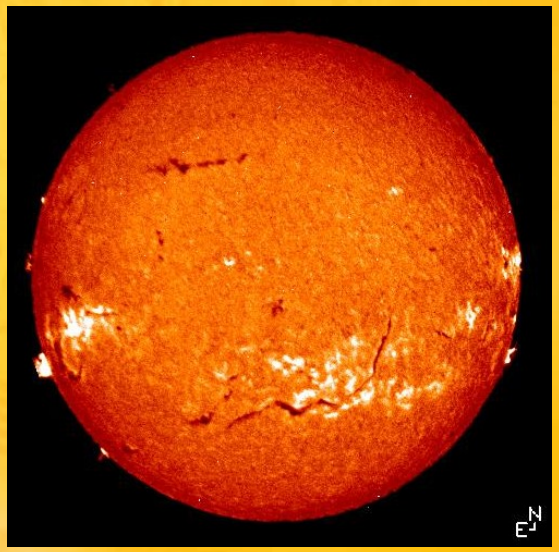


Fotosfera i Chromosfera



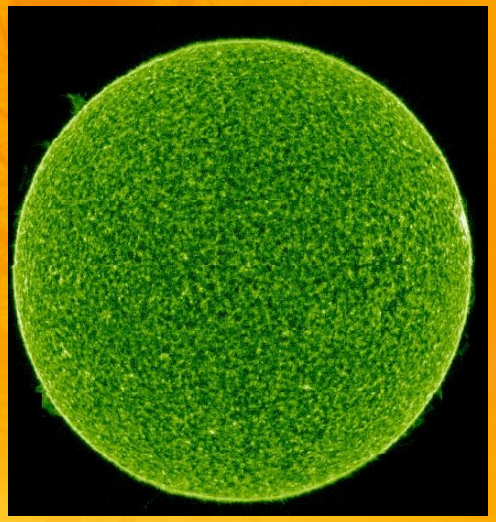
Fotosfera – obserwowana „powierzchnia” Słońca o grubości około 300 km. i temperaturze ~ **5 500°C**.

Można na niej zaobserwować m. in plamy słoneczne, pola pochodni i granulację.



Chromosfera jest warstwą o grubości 2000-3000 km, leżącą powyżej fotosfery, w której temperatura zmienia się od około **6 000°C** do **20 000°C**.

Warstwa przejściowa i Korona



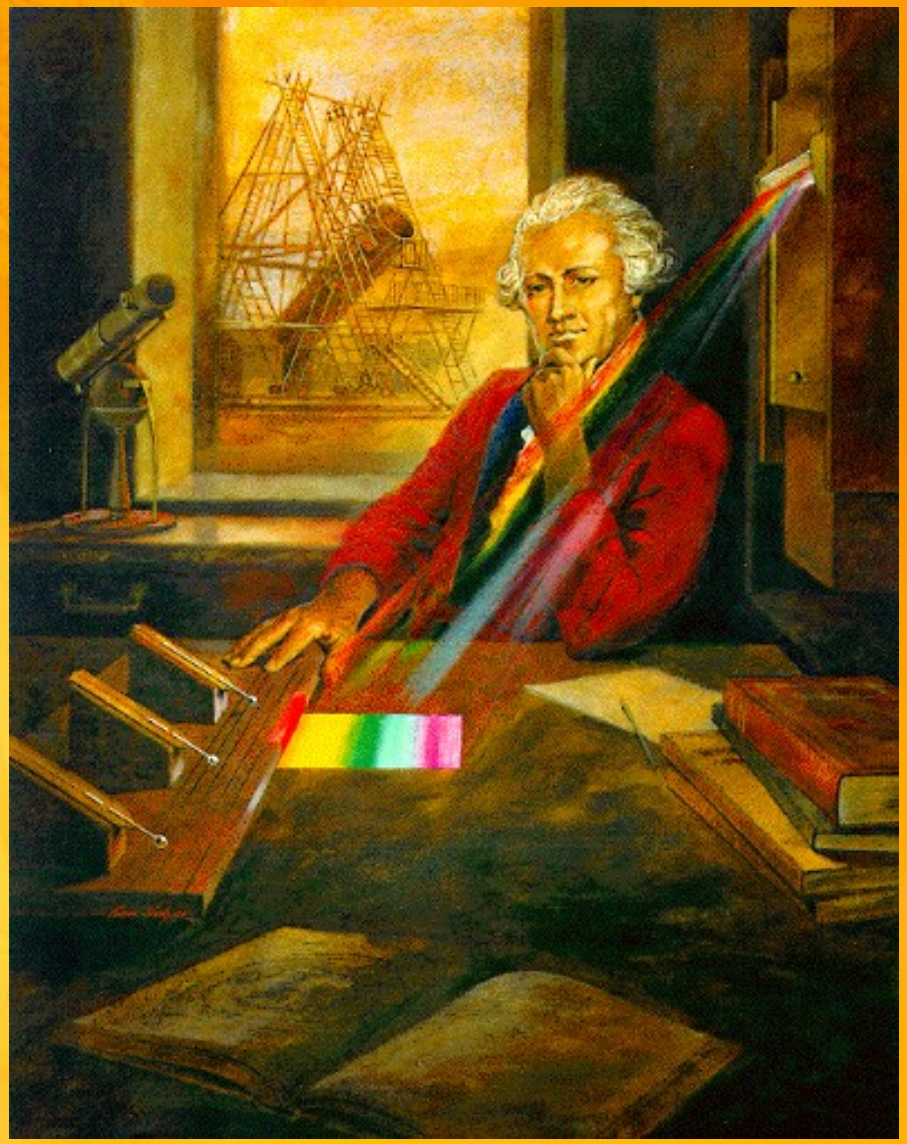
Warstwa przejściowa – cienka i nieregularna warstwa, leżąca pomiędzy chromosferą i koroną słoneczną.

T ~ **20 tys.°C** – **1 mln°C**

Korona – zewnętrzna warstwa atmosfery słonecznej.

T > **1 mln °C**

Nie tylko światło widzialne

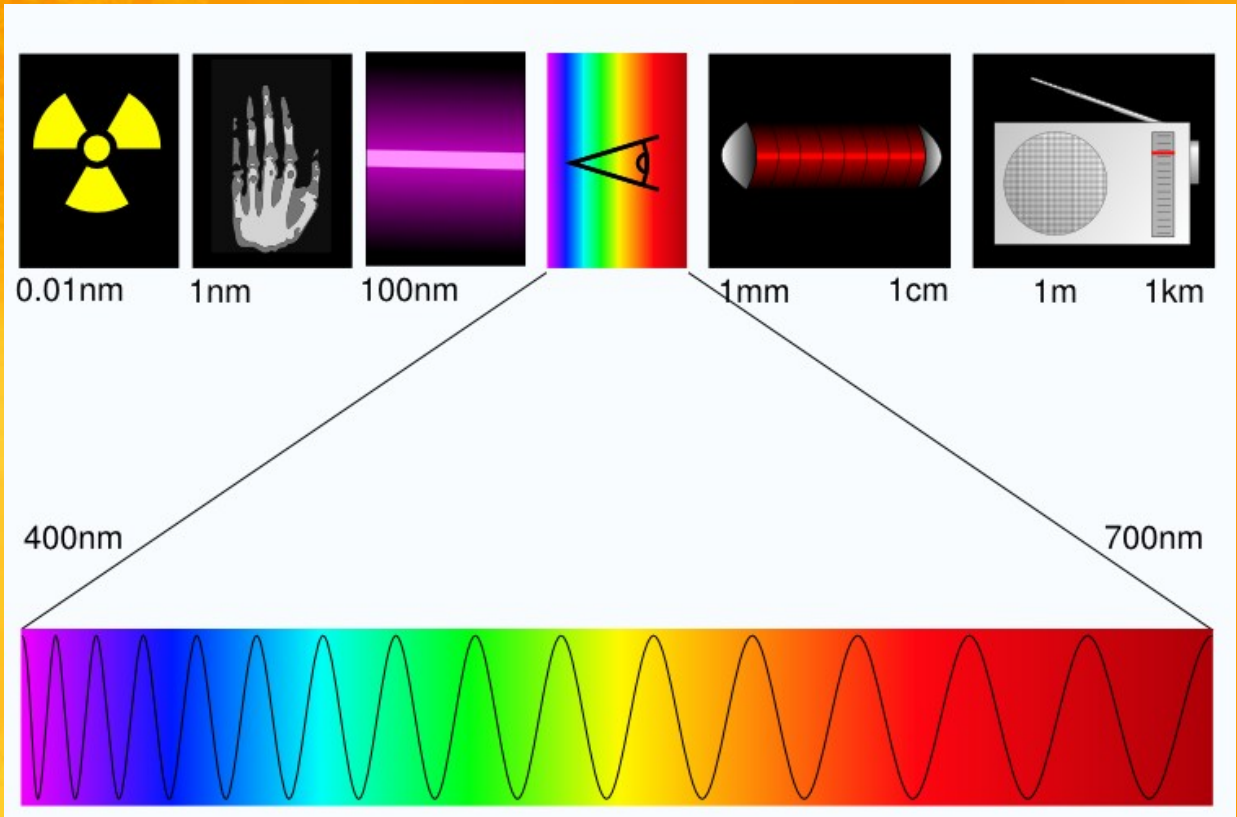


podczerwień

sir William Herschel
ok. 1800

Promieniowanie Słońca

Słońce emituje promieniowanie we wszystkich długościach fal.

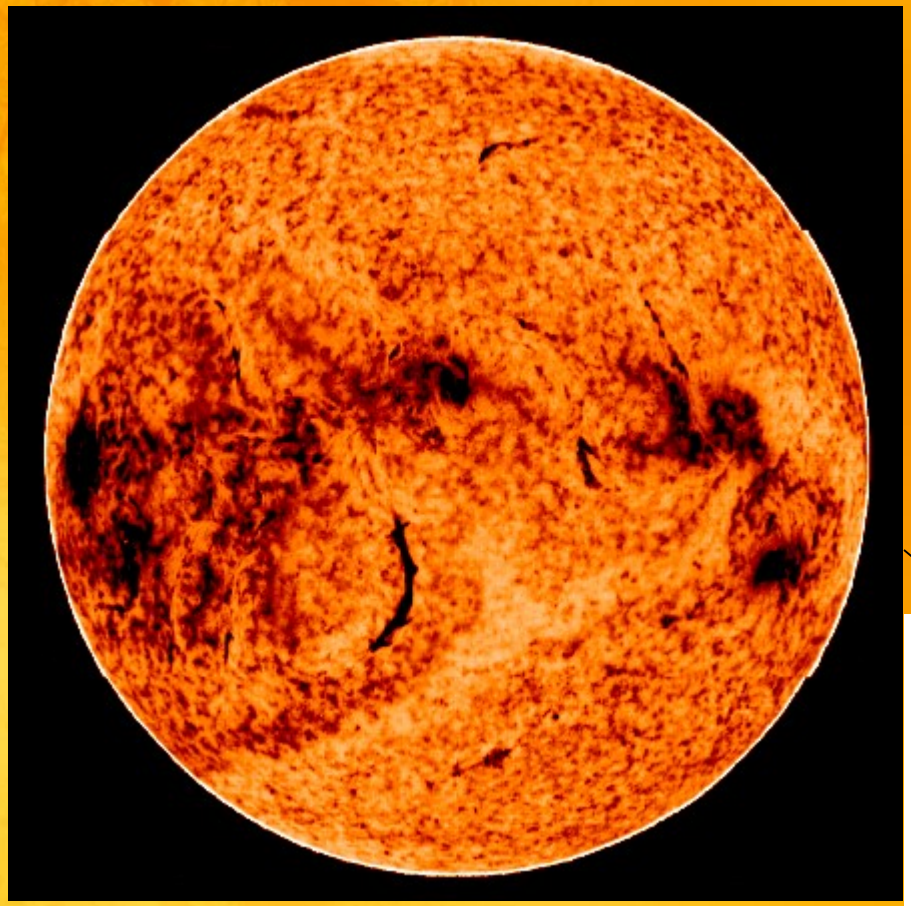


Obserwacje Słońca:
w zakresie mikrofalowym i radiowym

Nobeyama Radio Observatory, Japan

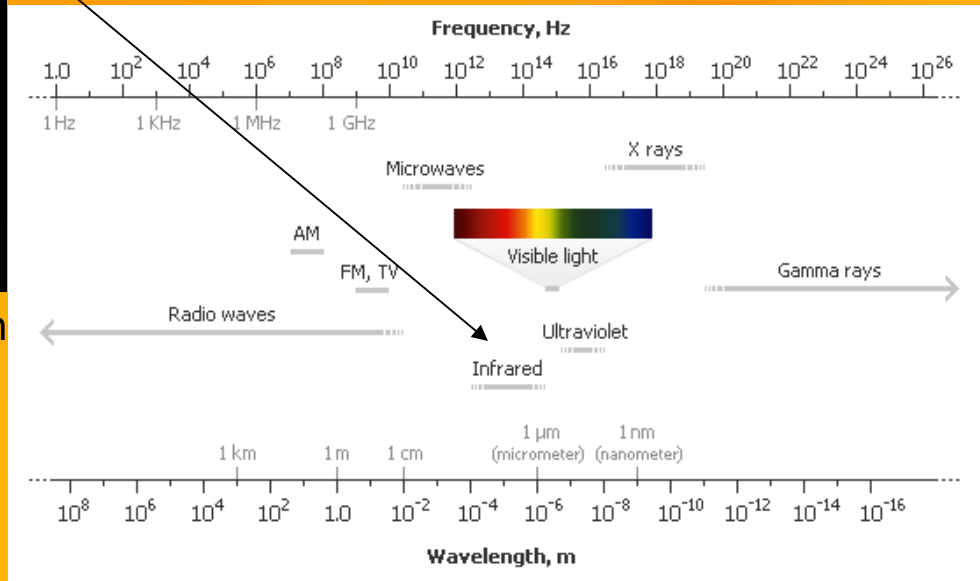
- λ ~ 1 mm – 10 m.
- Słońce jest najsilniejszym źródłem promieniowania radiowego.
- obserwacje chromosfery,warstwy przejściowej i korony.
- λ ~ 1.7 cm – obserwacje warstwy przejściowej (ok. 2000-2200 km powyżej fotosfery).

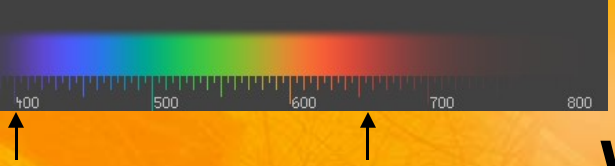
Obserwacje Słońca:
w zakresie podczerwonym



National Solar Observatory at Kitt Peak, Arizon

λ = 1083 nm

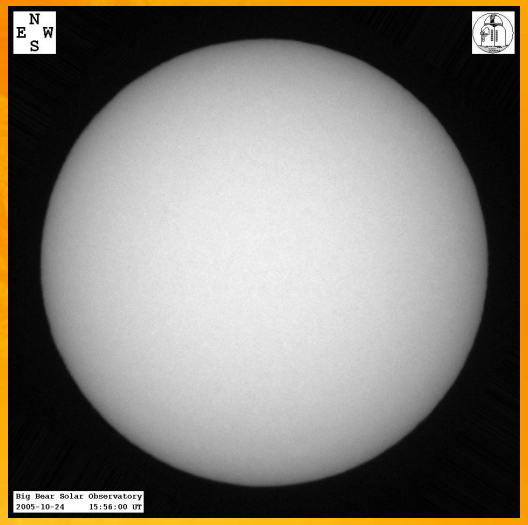


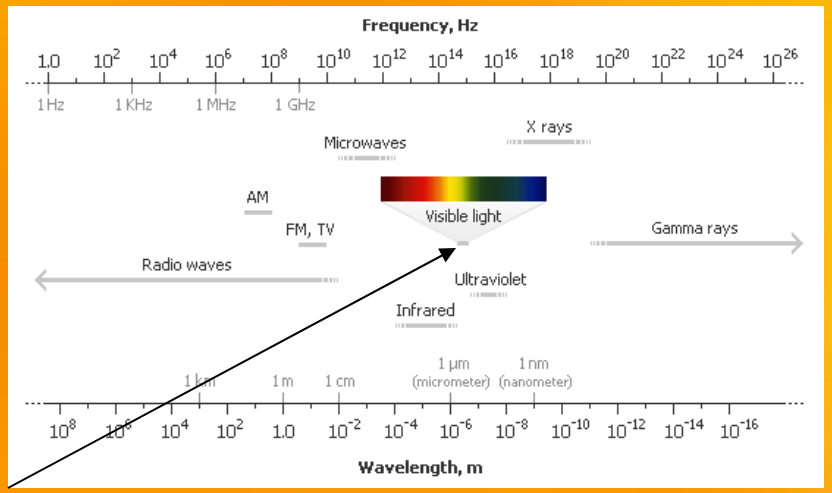


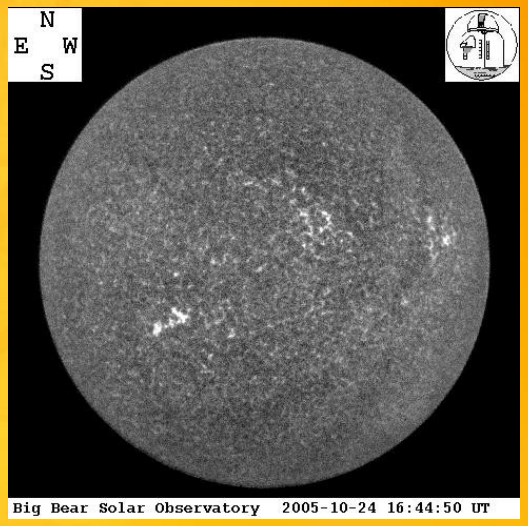
Obserwacje Słońca:

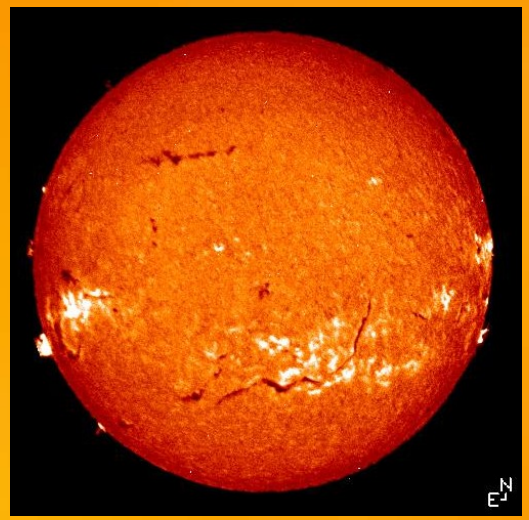
w zakresie widzialnym

światło białe







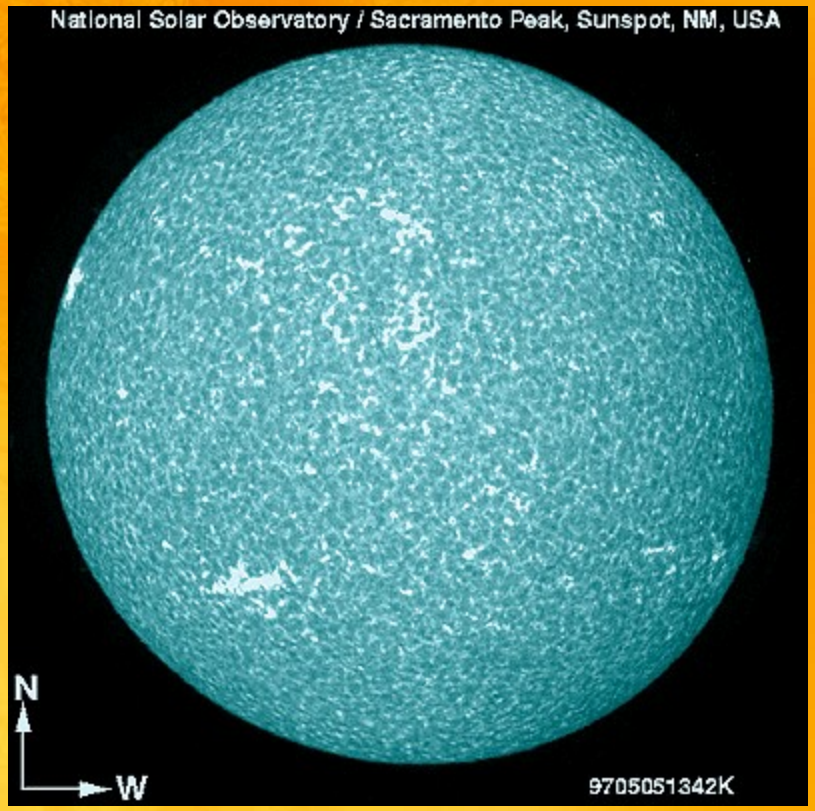


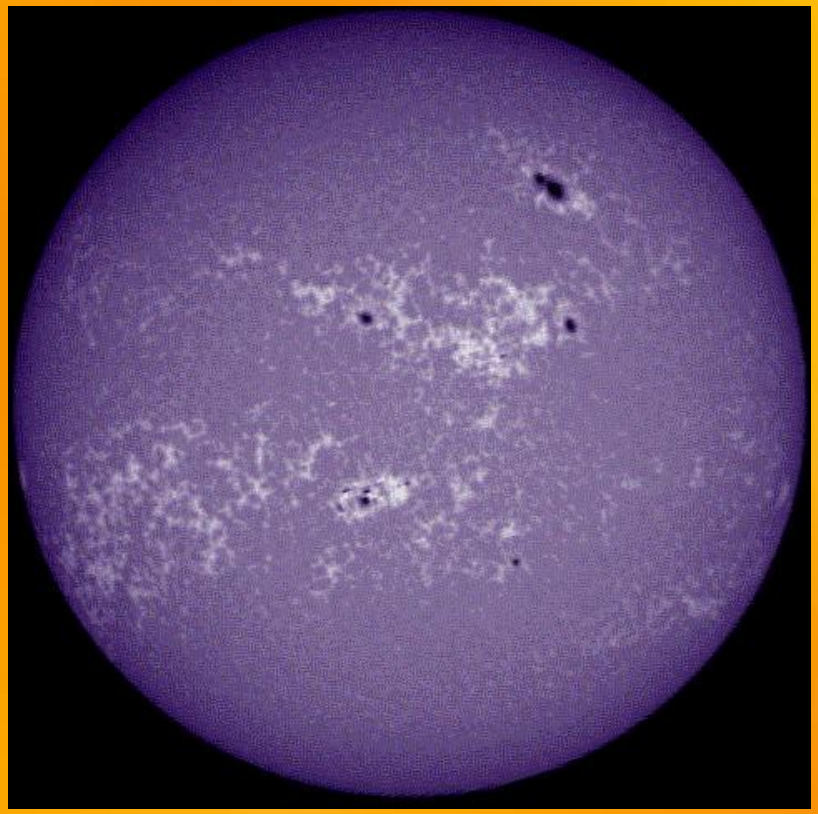
linia Ca II, 393.4 nm

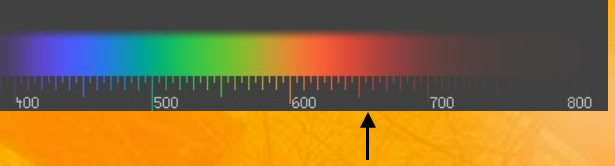
linia wodoru (Hα), 656.3 nm

Obserwacje korony w świetle widzialnym

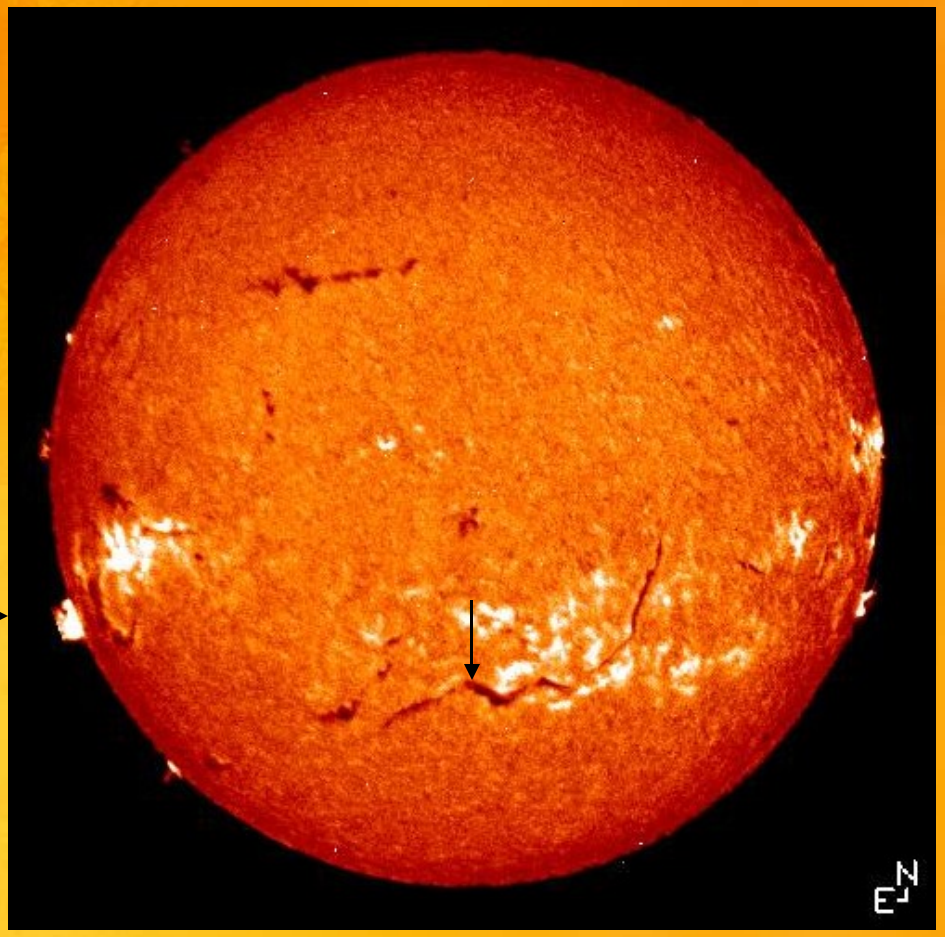
Obserwacje chromosfery:
w linii wapnia (Ca II)



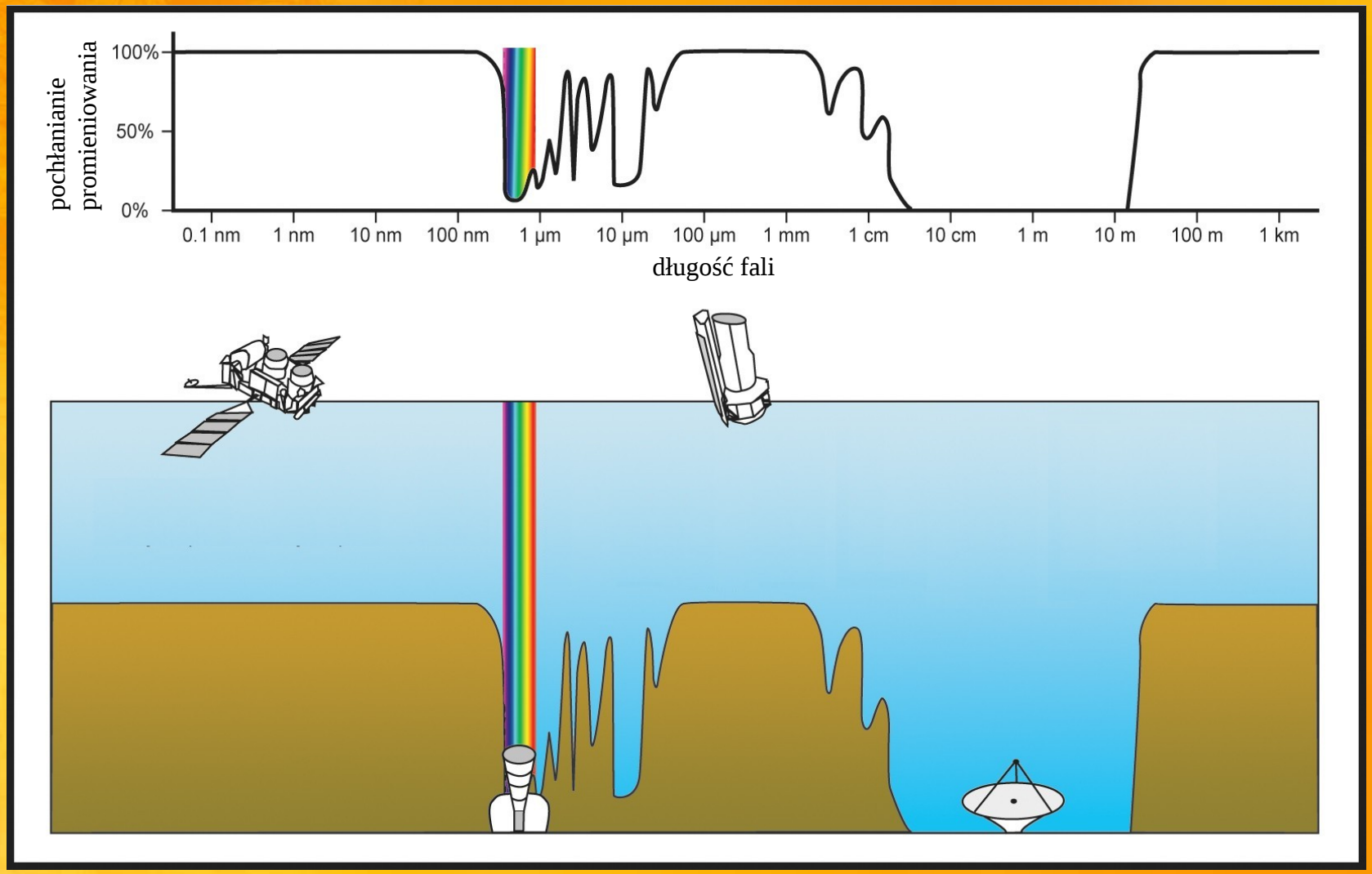




Obserwacje chromosfery:
w linii wodoru (H_α)



Obserwacje Słońca:
w zakresie ultrafioletowym

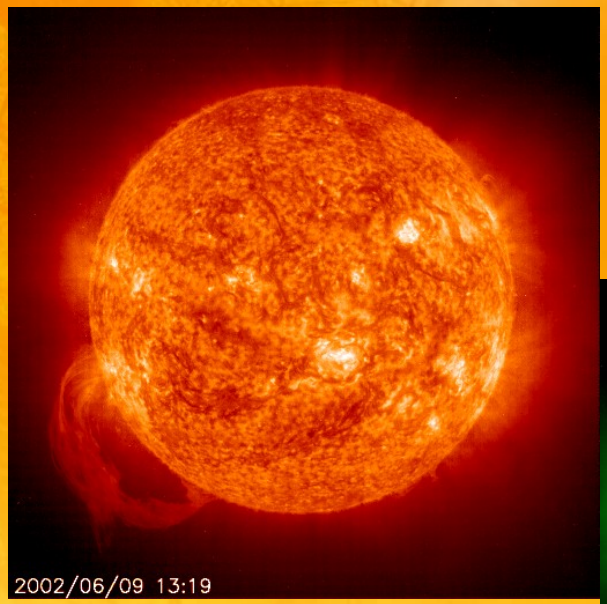


Solar Maximum Mission (SMM)

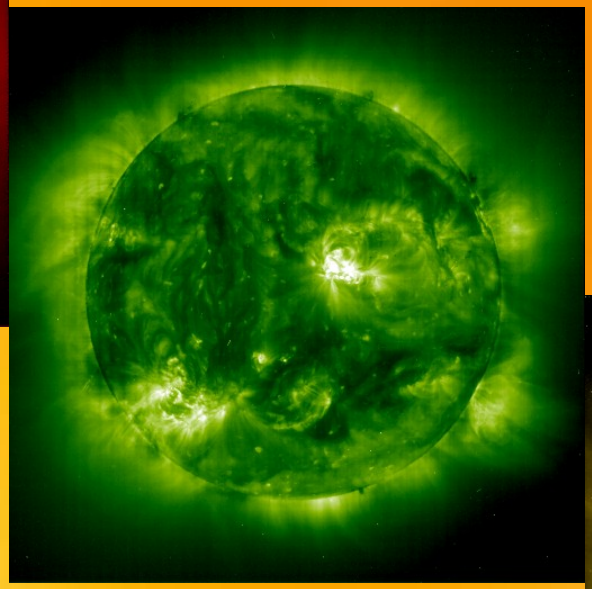
Solar and Heliospheric Observatory (SOHO)

The Transition Region and Coronal Explorer (TRACE)

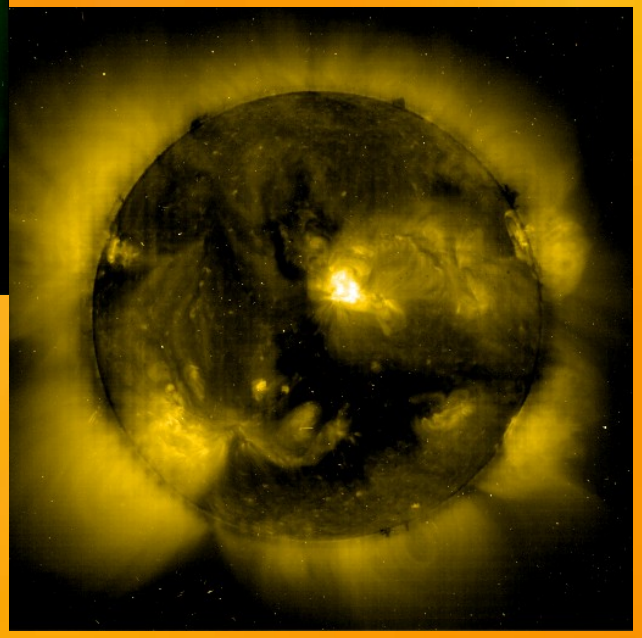
Obserwacje Słońca:
w zakresie ultrafioletowym



T = 80 tysięcy °C

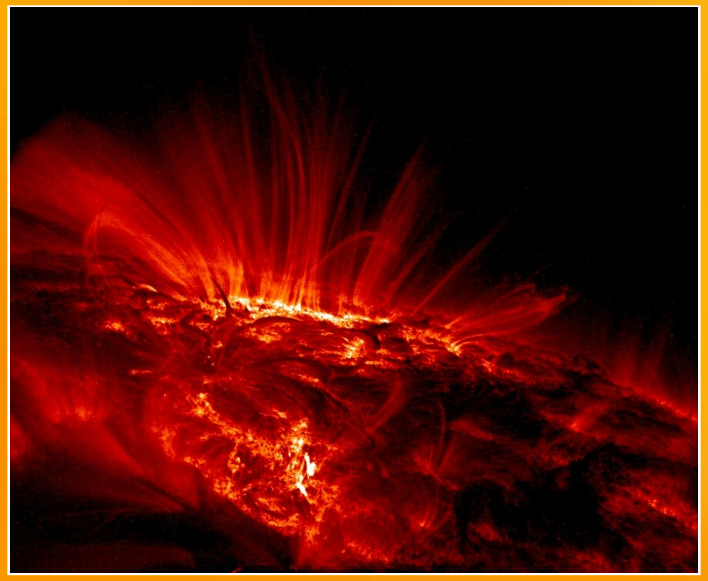


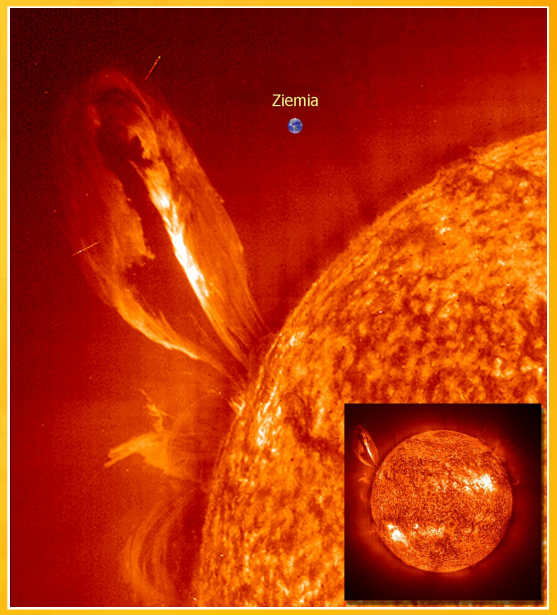
T=1,2 miliona °C

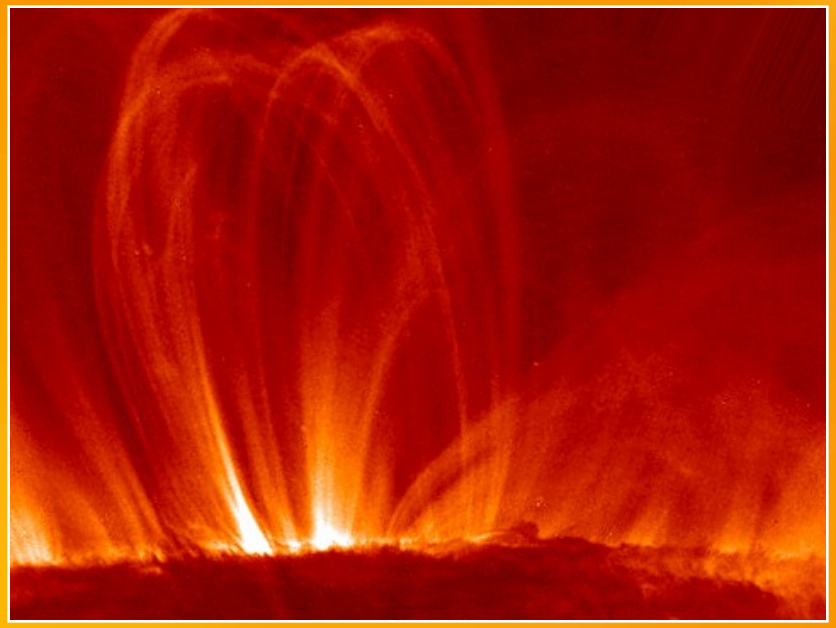


T=1,6 miliona °C

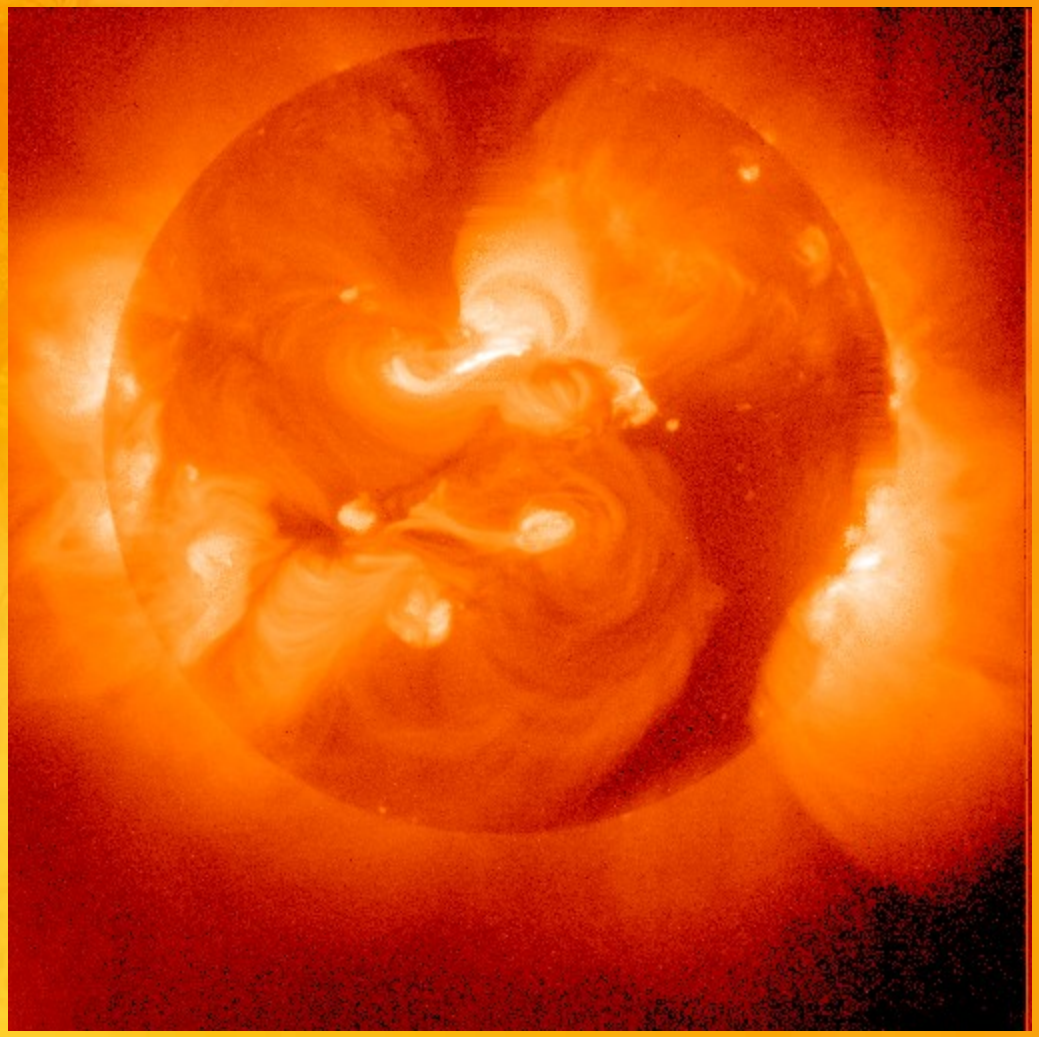
Obserwacje Słońca:
w zakresie ultrafioletowym





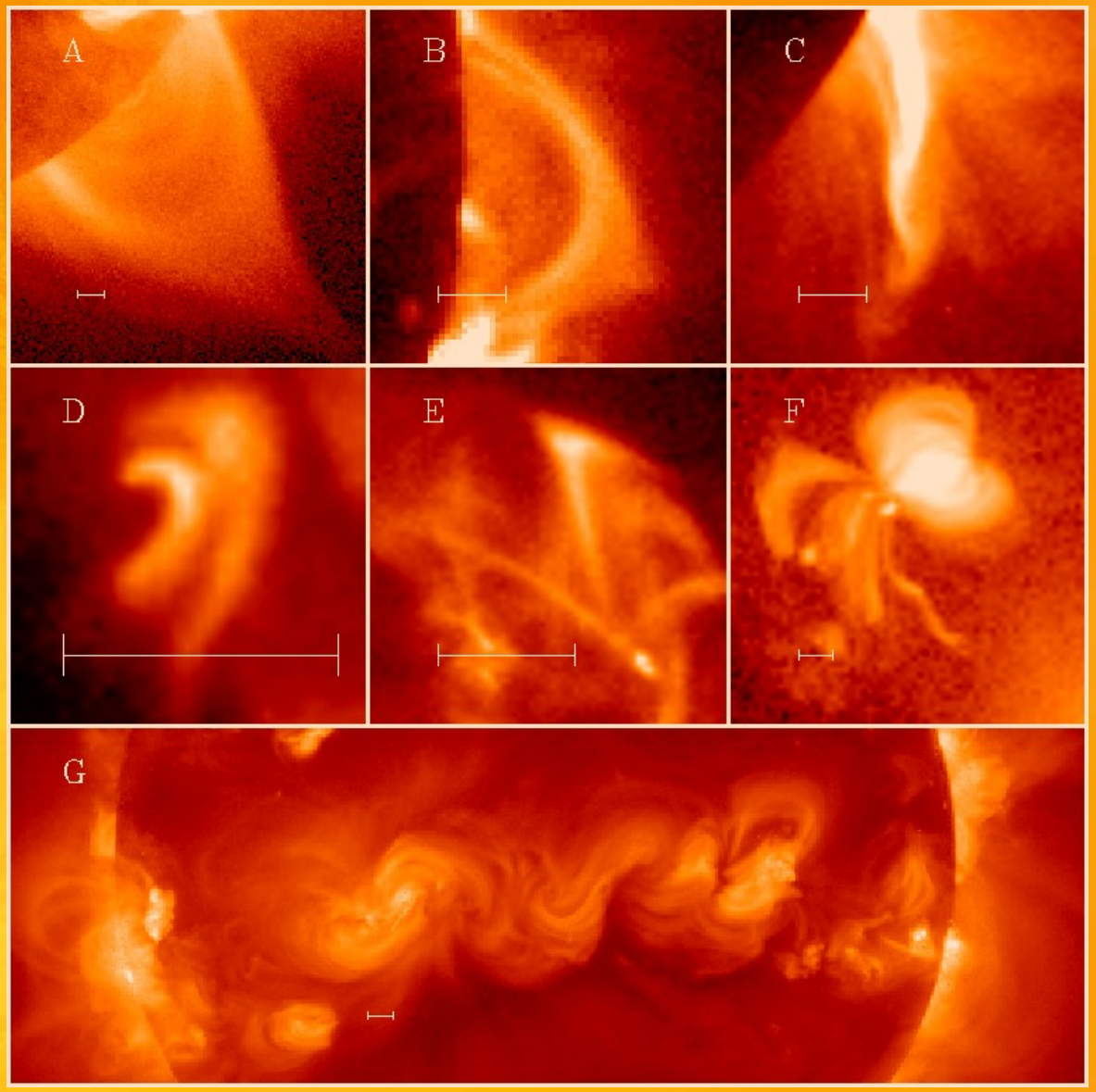


Obserwacje Słońca:
w zakresie rentgenowskim

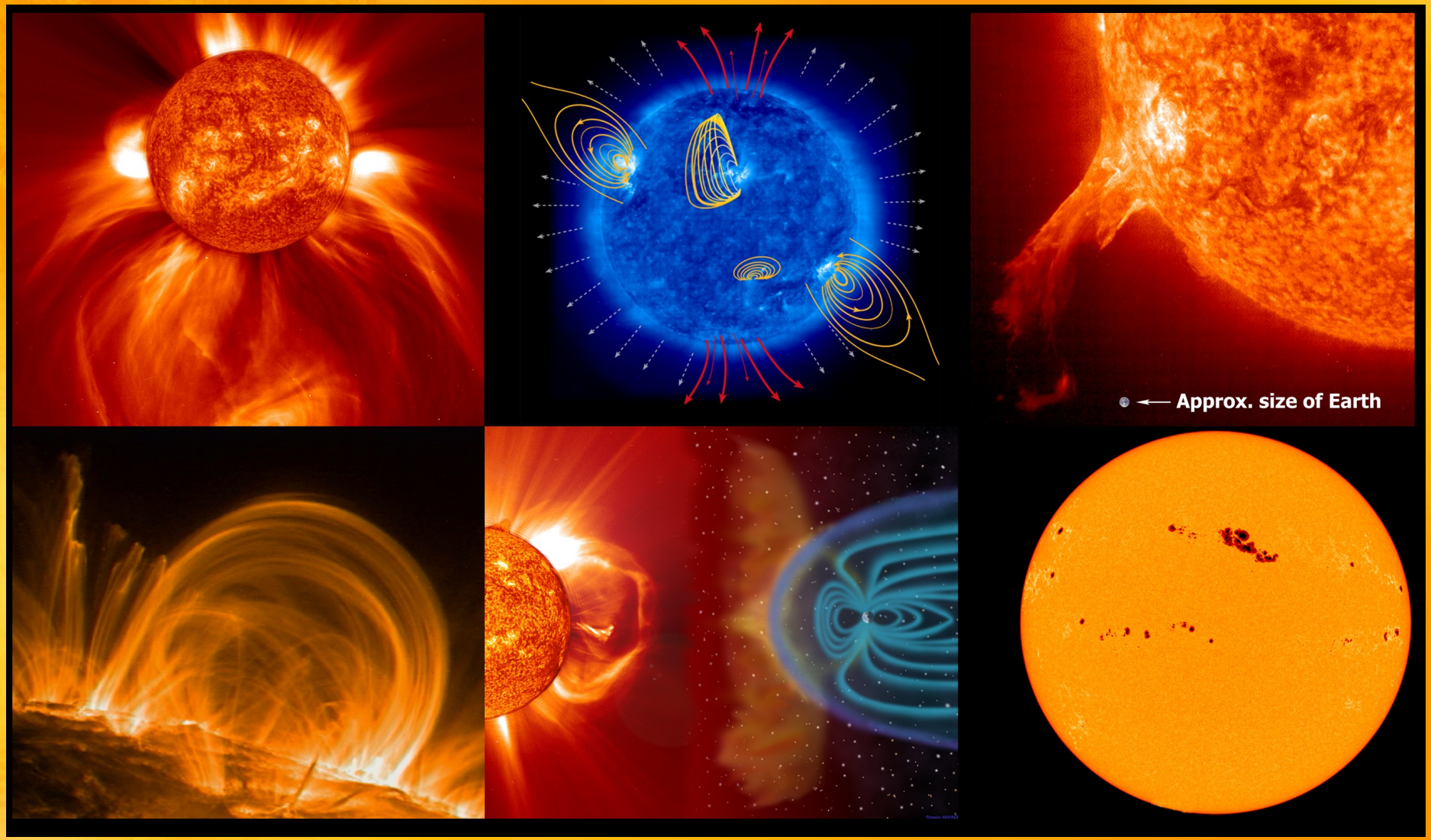


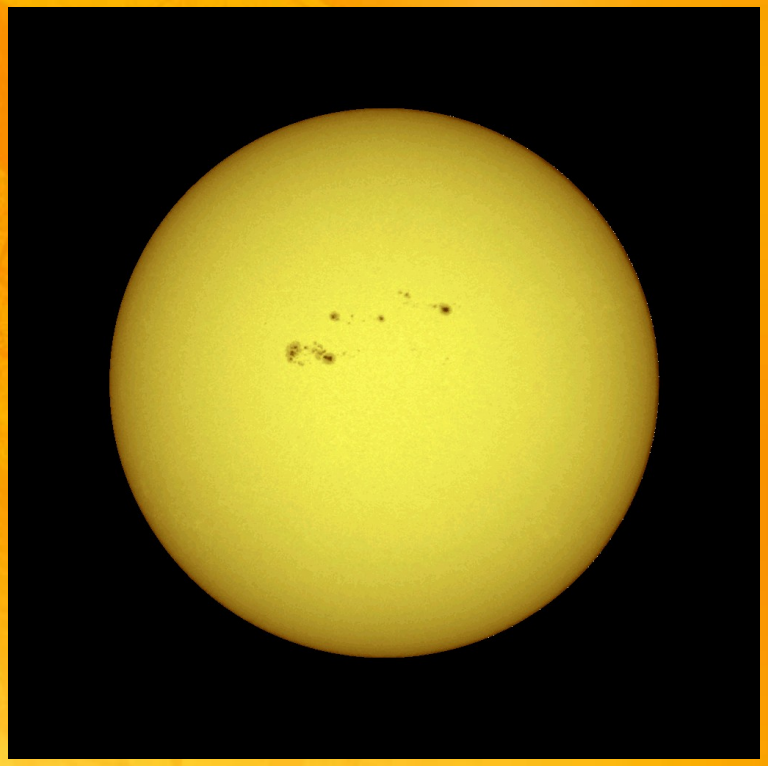
Obserwacje Słońca:

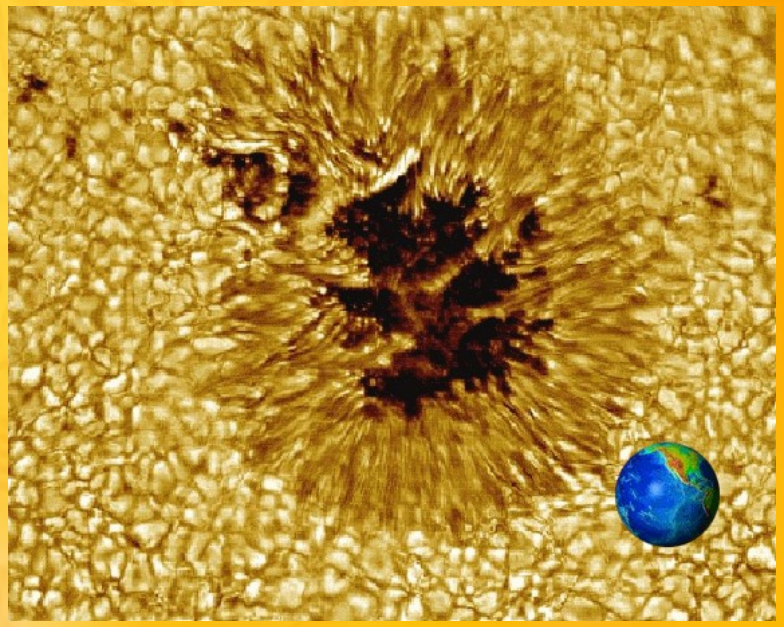
w zakresie rentgenowskim



Przejawy aktywności słonecznej







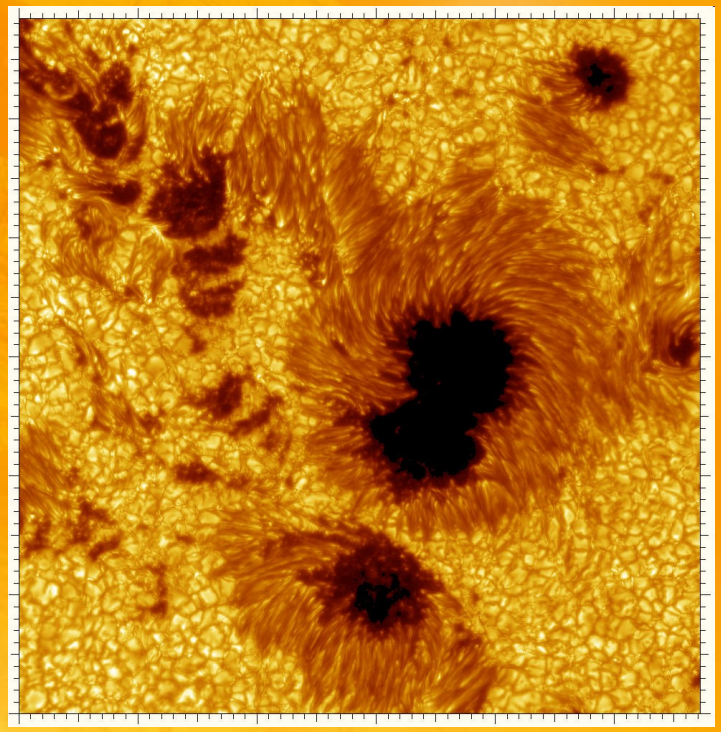
PLAMY SŁONECZNE składają się z dwóch charakterystycznych obszarów:

- centralnie położonego CIENIA, o temperaturze około 4000 K i średnicy ponad dwukrotnie mniejszej od średnicy plamy,

- jaśniejszego PÓŁCIENIA o średniej temperaturze 5300 K, tworzącego pierścień o włóknistej strukturze.

Najmniejsze plamy, zwane porami, są pozbawione cienia

1826 - 1843 r.– Samuel SCHWABE na podstawie długoletnich obserwacji odkrył okresowość występowania plam. i ustalił długość cyklu słonecznego na około 11 lat.



Czas życia plam waha się od 1 dnia do kilku tygodni.
Średnica plam ~ 7 - 40 tysięcy km.

Plamy słoneczne powstają w miejscach gdzie przez powierzchnię fotosfery przebija się bardzo silny strumień pola magnetycznego, o indukcji sięgającej 0,3-0,4 T czyli 3-4 tys. Gs
(pole magnetyczne Ziemi jest rzędu 0,5 Gs).

POCHODNIE FOTOSFERYCZNE

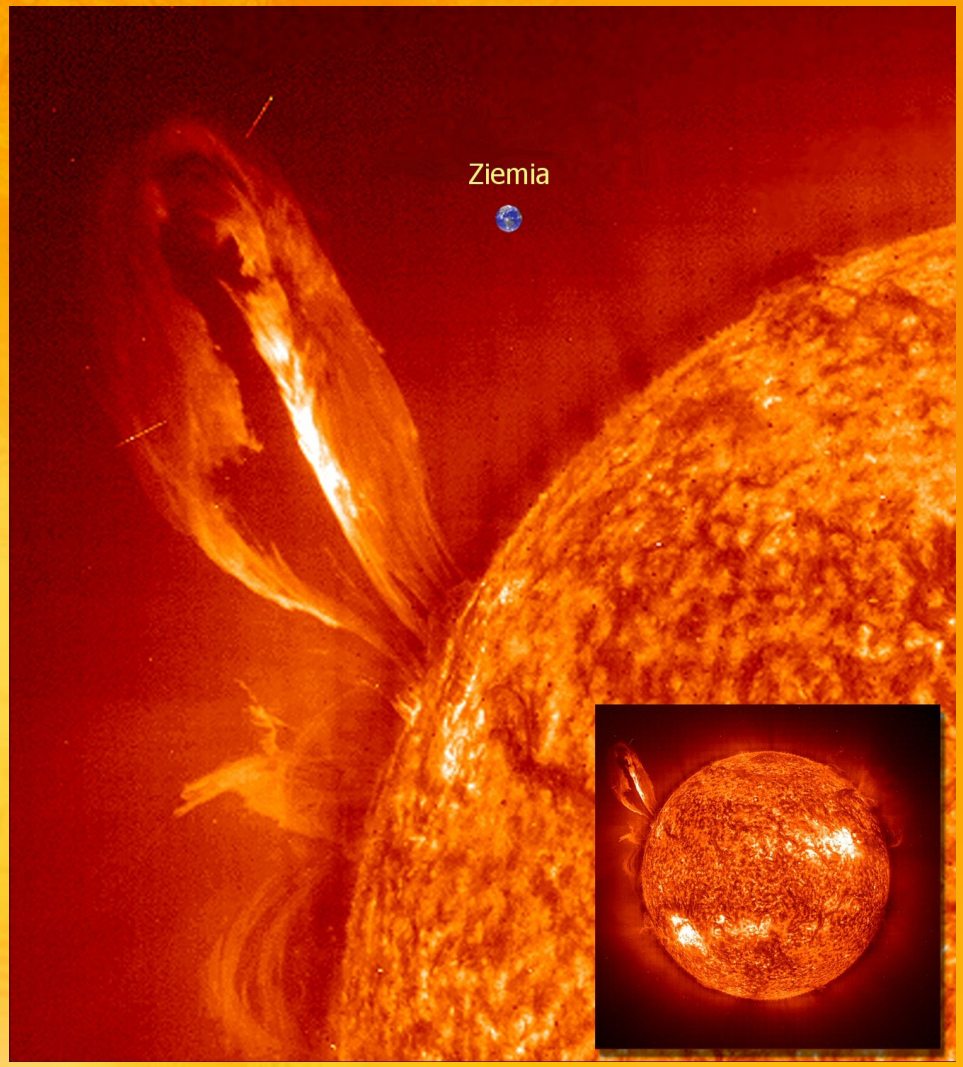
Są to obszary nieco jaśniejsze i około 300 K gorętsze niż otaczająca je fotosfera.

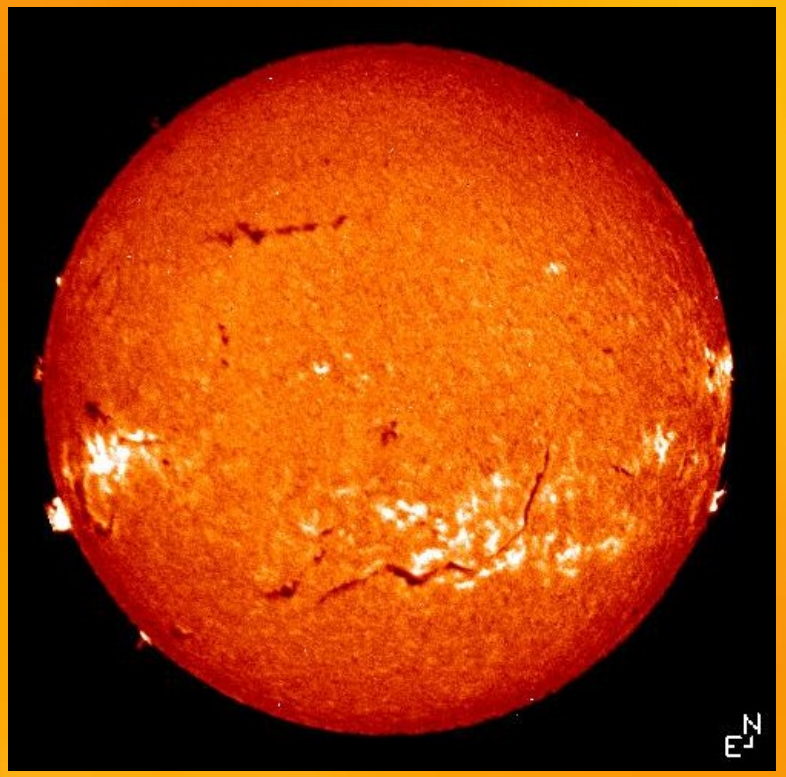
Łatwo je dostrzec w pobliżu brzegów tarczy słonecznej.

Pochodnie fotosferyczne często pojawiają się przed powstaniem pierwszych plam w obszarze aktywnym i zanikają dopiero po zaniku w nim plam.

Protuberancje słoneczne

... można podzielić na spokojne i aktywne.





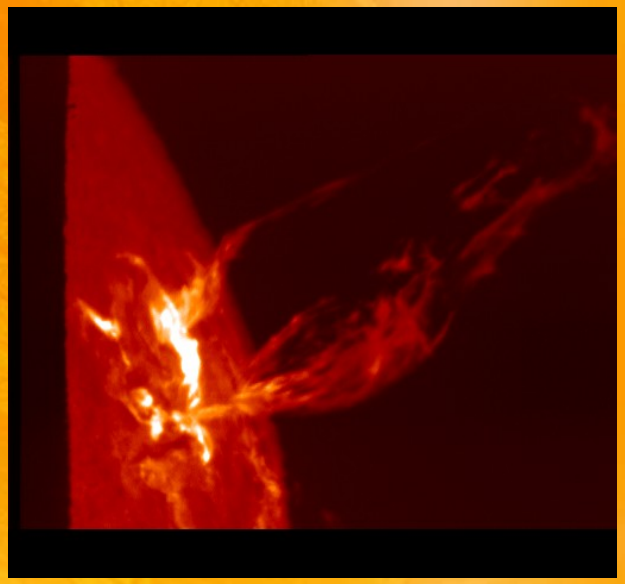
Protuberancje słoneczne

... można podzielić na spokojne i aktywne.

Pierwsze powstają z dala od obszarów aktywnych zawierających plamy, gdzie zmiany układu pola magnetycznego są najbardziej dynamiczne. Ich czas życia zależy od rozmiarów i wynosi od kilku dni do kilku miesięcy. Zmiany zachodzą w nich powoli - materia porusza się z prędkością nie przekraczającą kilku km/s

Protuberancje słoneczne

... można podzielić na spokojne i aktywne.



Czas życia protuberancji aktywnych wynosi od kilku minut do kilku godzin. Protuberancje takie na ogół towarzyszą rozbłyskom i mają postać gwałtownych wyrzutów materii

Protuberancje słoneczne

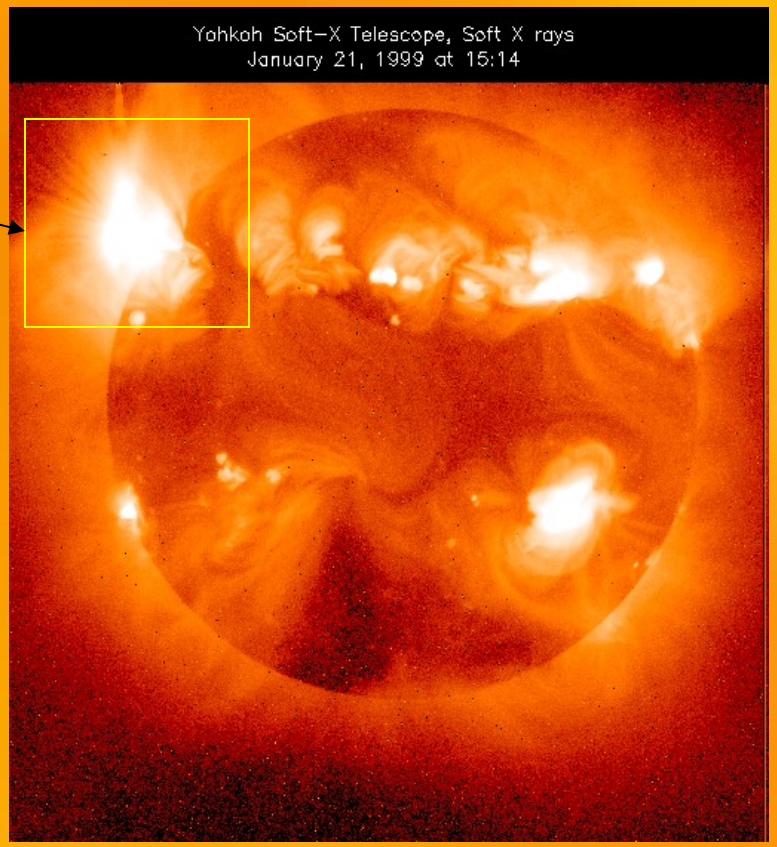
Rozbłyski słoneczne

najbardziej dynamicznym zjawiskiem w atmosferze Słońca, związanym z aktywnością magnetyczną, są rozbłyski.

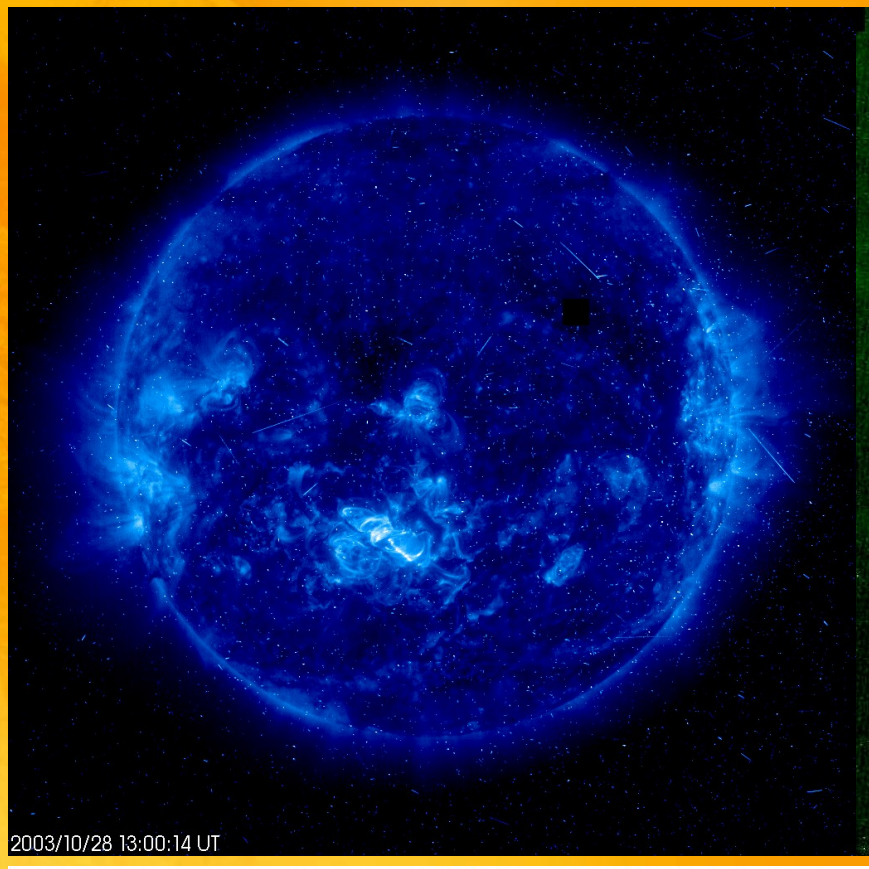
Czas trwania rozbłysku ~ kilkanaście minut dla najsłabszych zjawisk , kilka-kilkanaście godzin dla najsilniejszych.

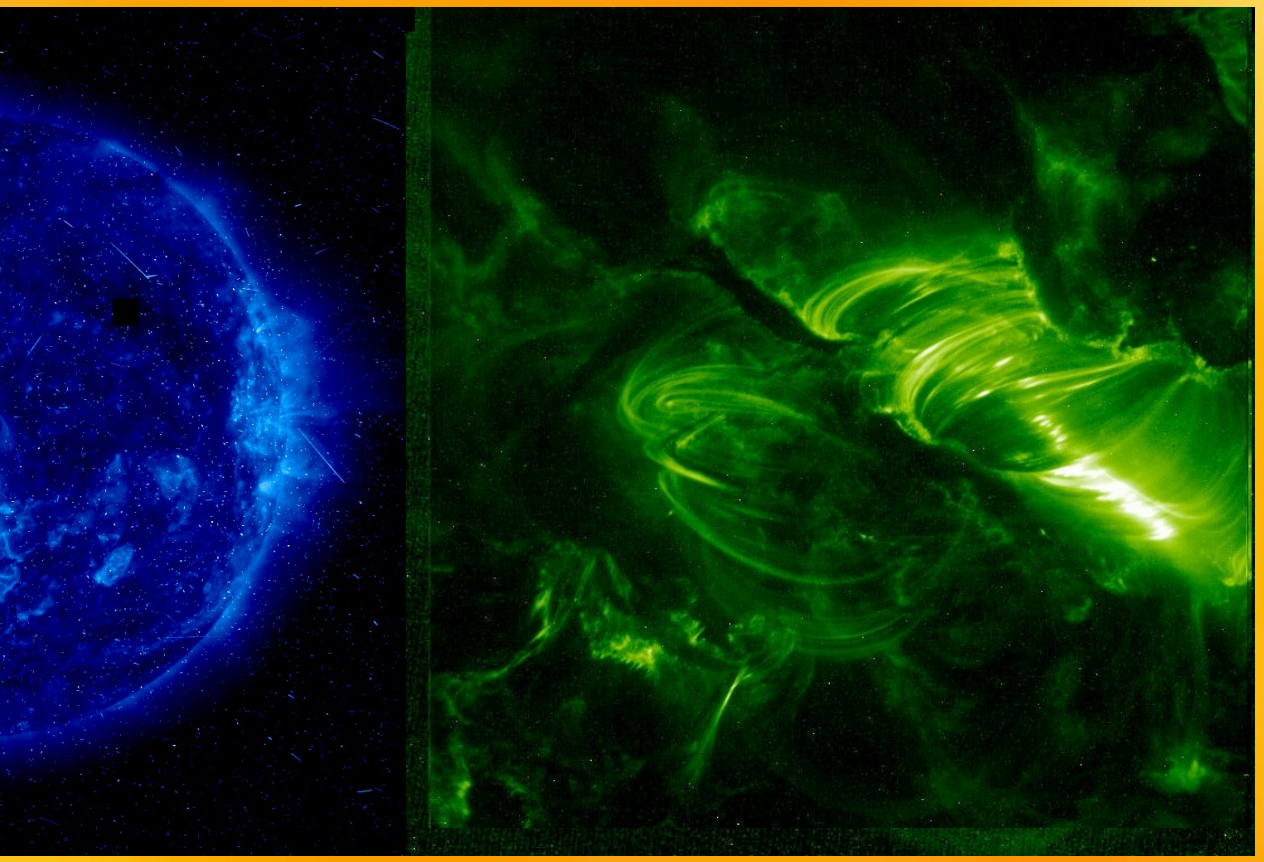
Zjawiska przebiegają we wszystkich warstwach atmosfery słonecznej, a nawet częściowo w fotosferze.

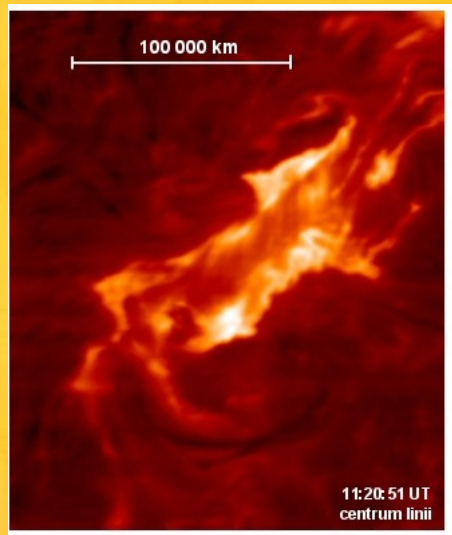
E ~ 10^{27} erg/s (w dużych rozbłyskach 10^{32}erg/s - czyli 10 milionów razy więcej od energii uwalnianej podczas erupcji wulkanu)

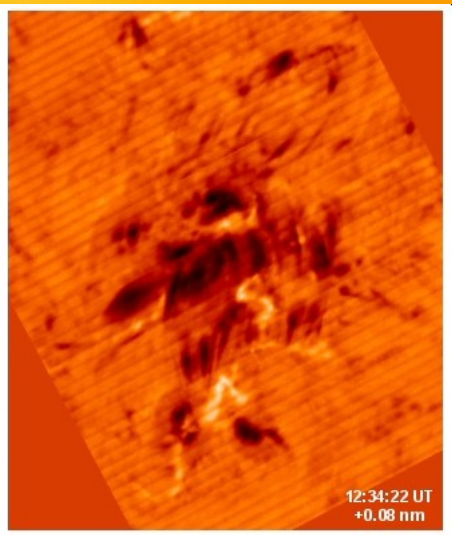


Pierwszy zaobserwowany rozbłysk – Richard C. Carrington i Richard Hodgson (1.IX.1859 r.)





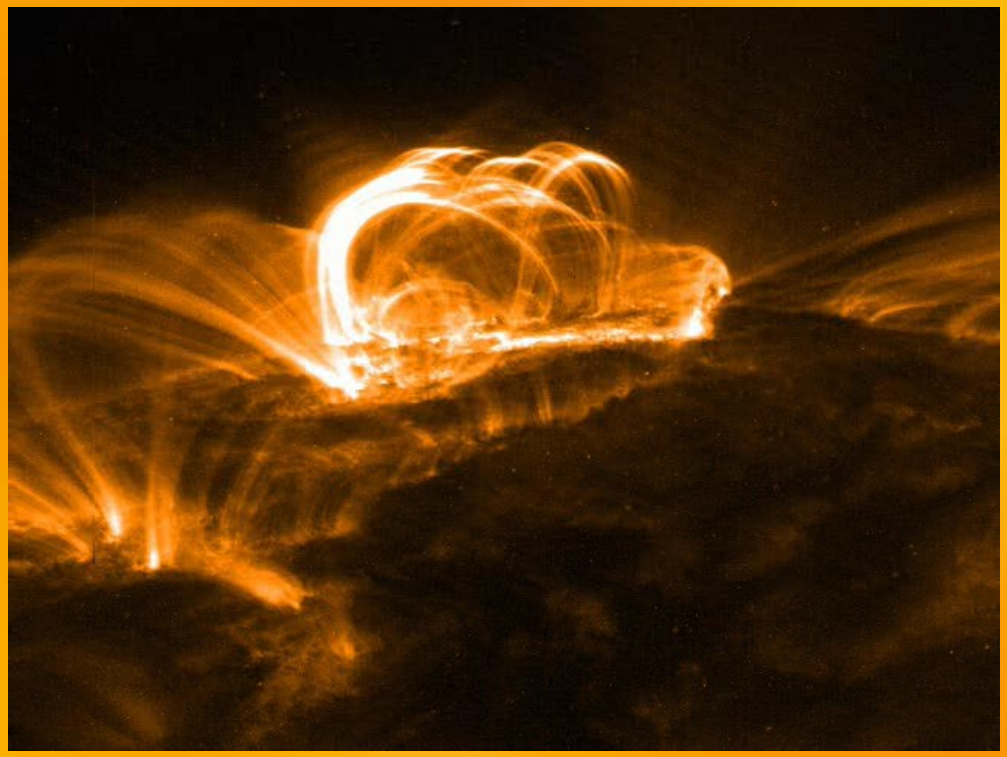




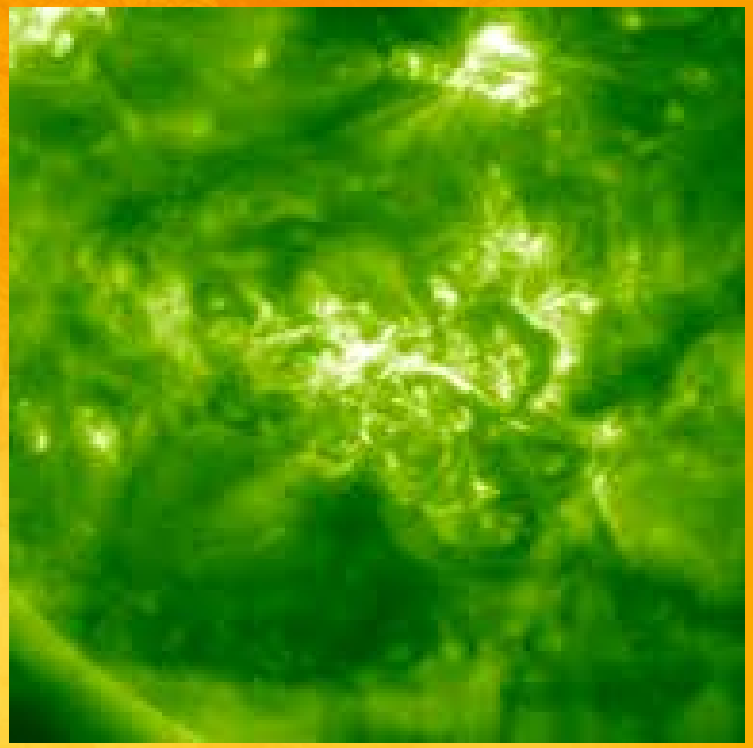
Temperatura plazmy koronalnej, emitujacej miękkie promieniowanie rentgenowskie dochodzi do 20 mln K.

Rozbłysk obserwowany w promieniowaniu widzialnym widać jako bardzo jasne, często ogromne pojaśnienia chromosfery.

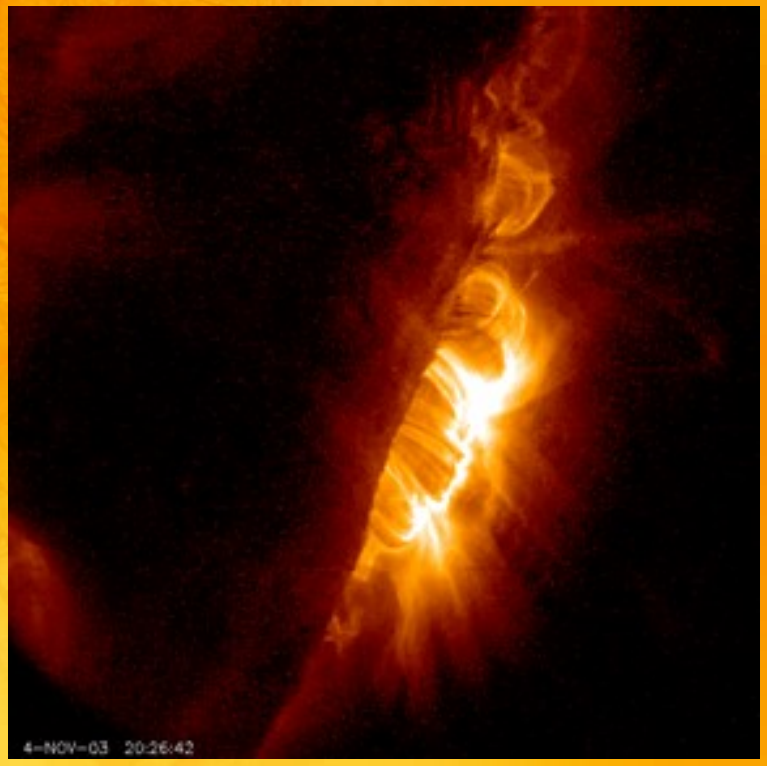
Rozbłyski słoneczne



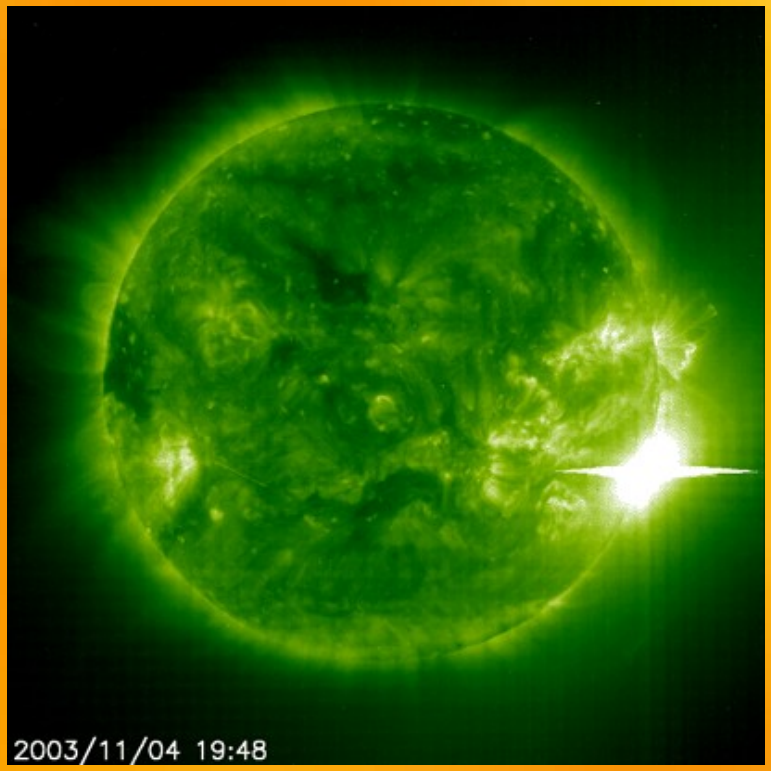
Rozbłyski słoneczne



Najsilniejszy obserwowany rozbłysk 4.11.2003



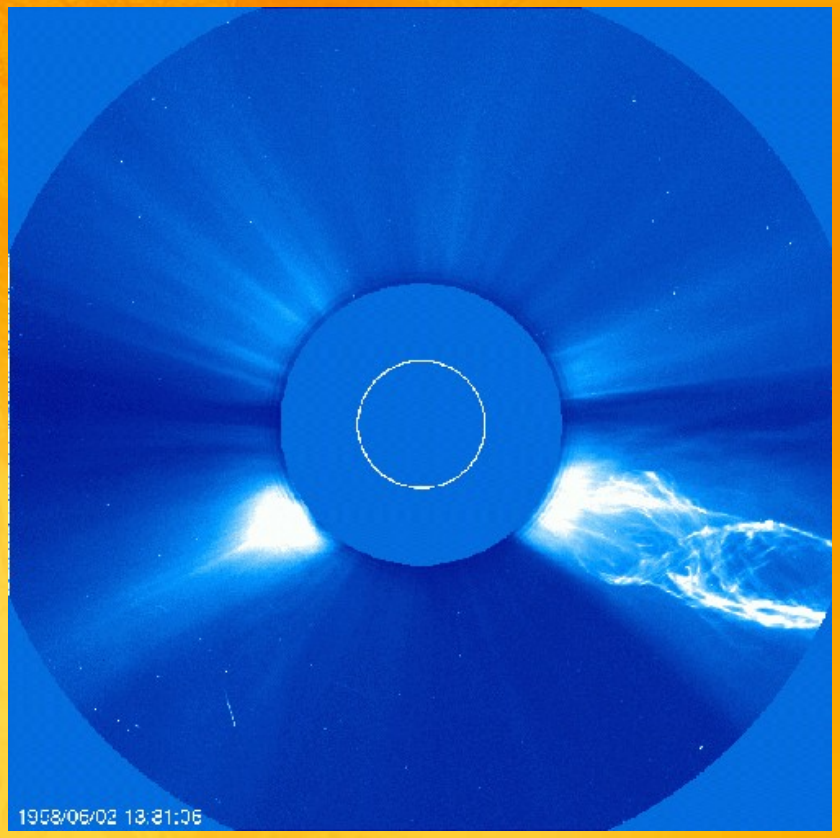
Obraz wykonany przez satelitę TRACE w linii 195 Å (4.XI., godz. 20:26 UT)

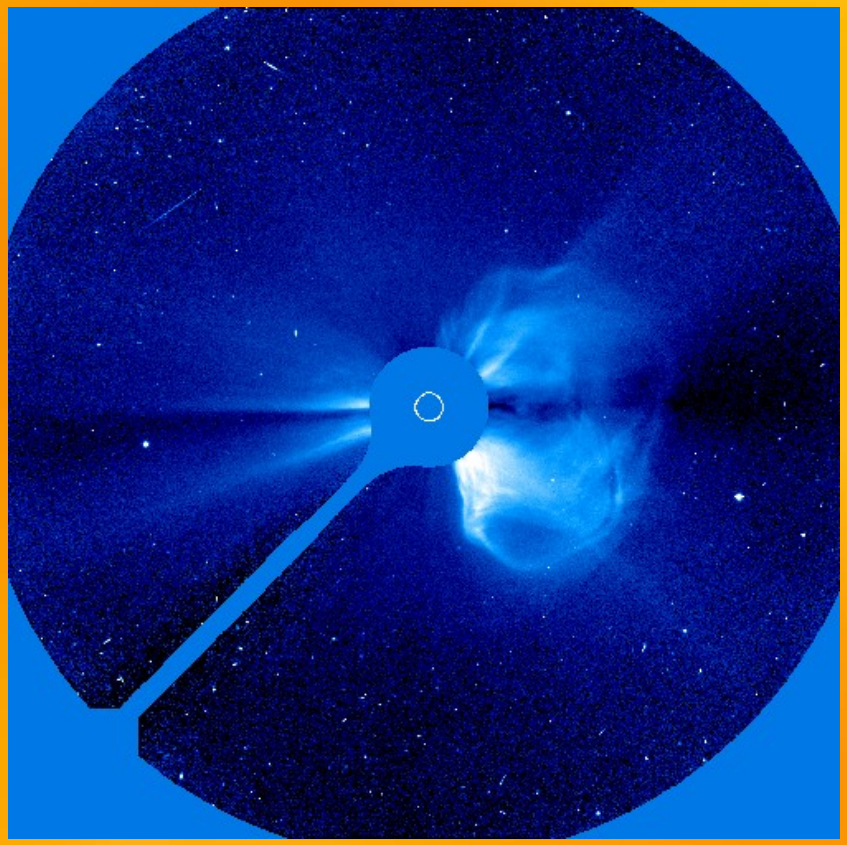


Obraz wykonany przez instrument EIT (SOHO) w UV

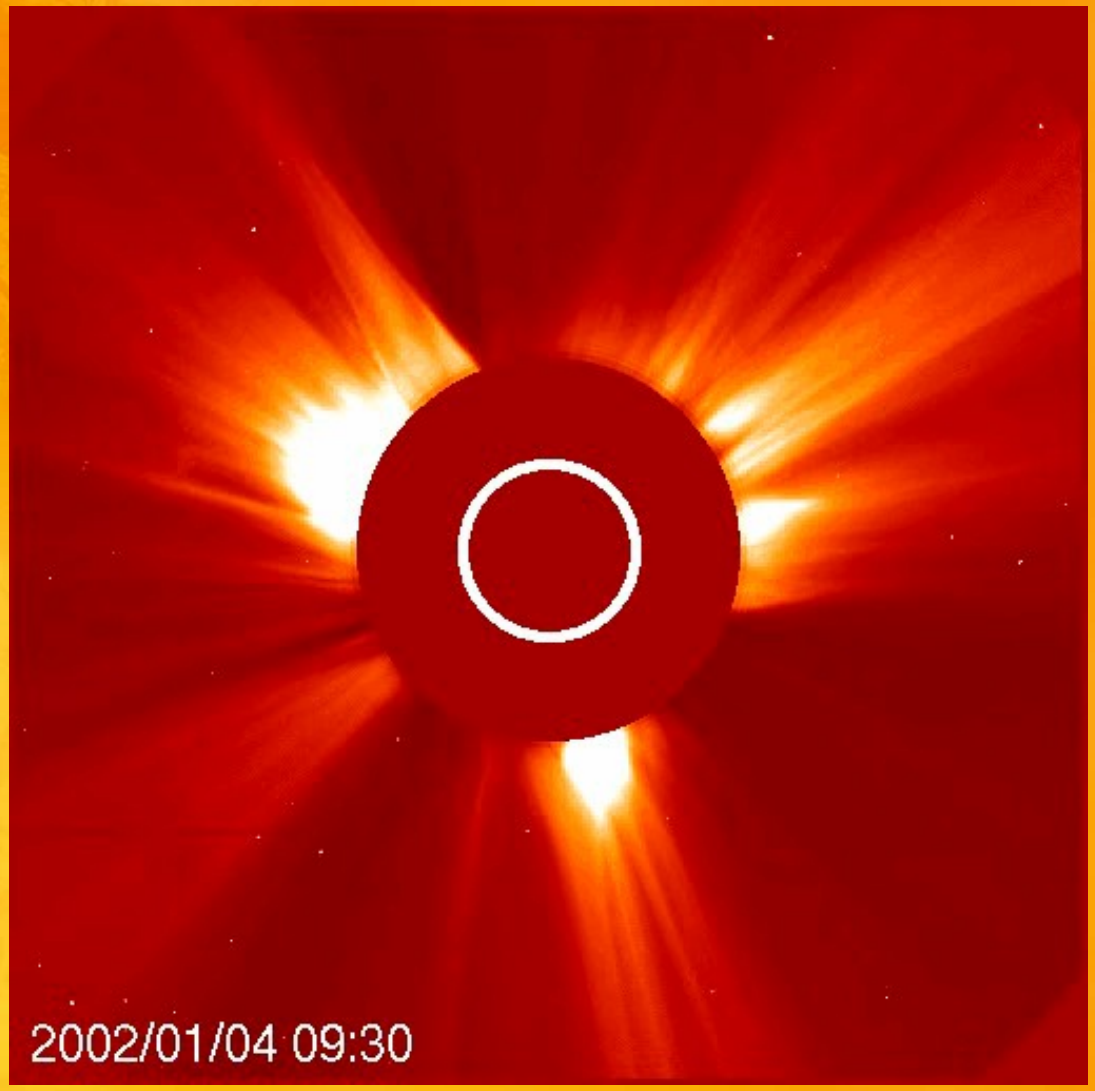
Koronalne wyrzuty materii

CORONAL MASS EJECTION (CME)





Koronalne wyrzuty materii



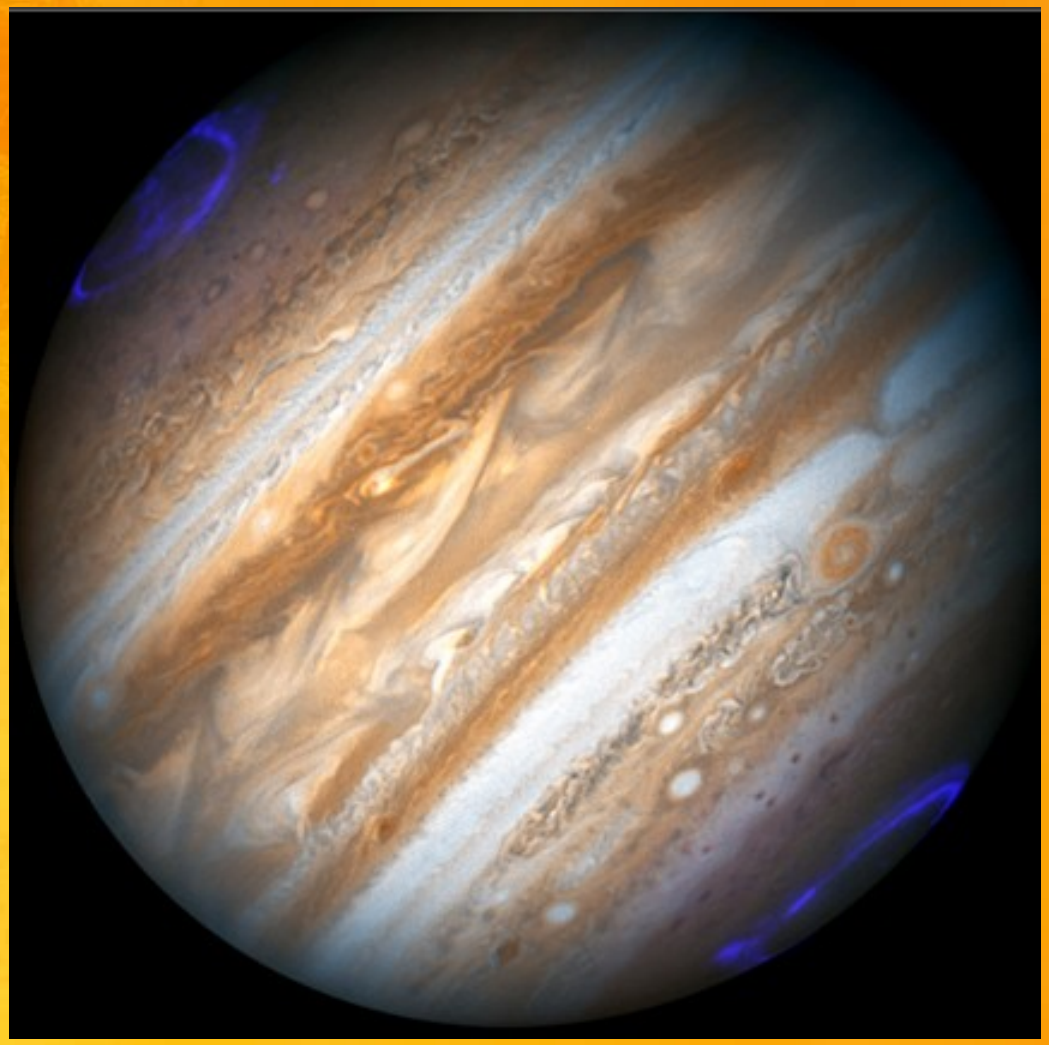
Koronalne wyrzuty materii

Koronalne wyrzuty materii

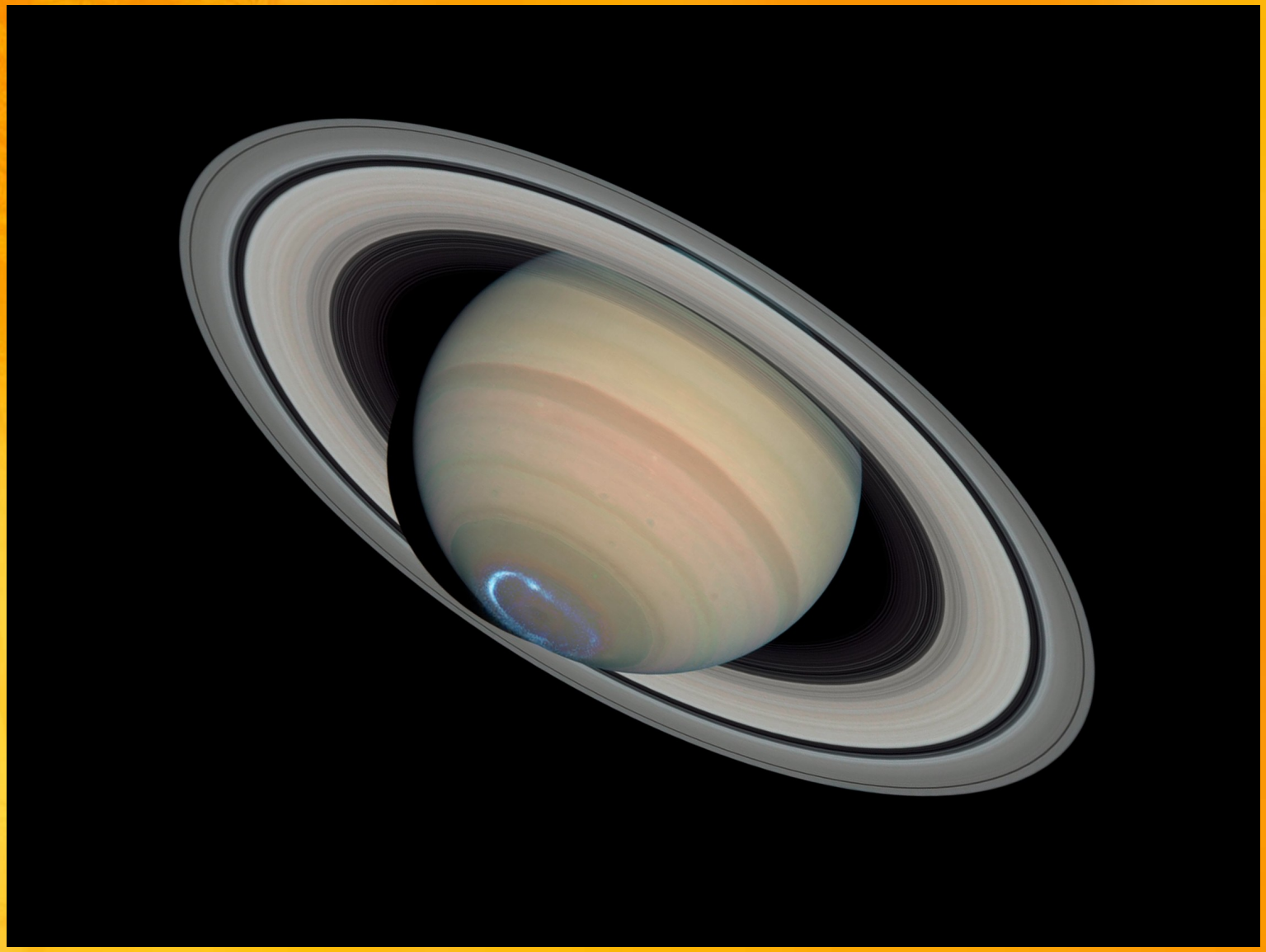
CME-zorze polarne

CME-zorze polarne

CME-zorze polarne

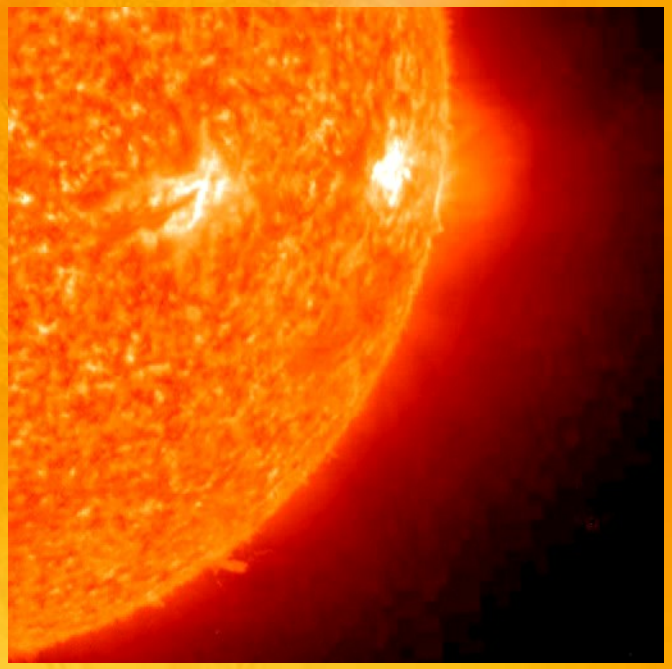


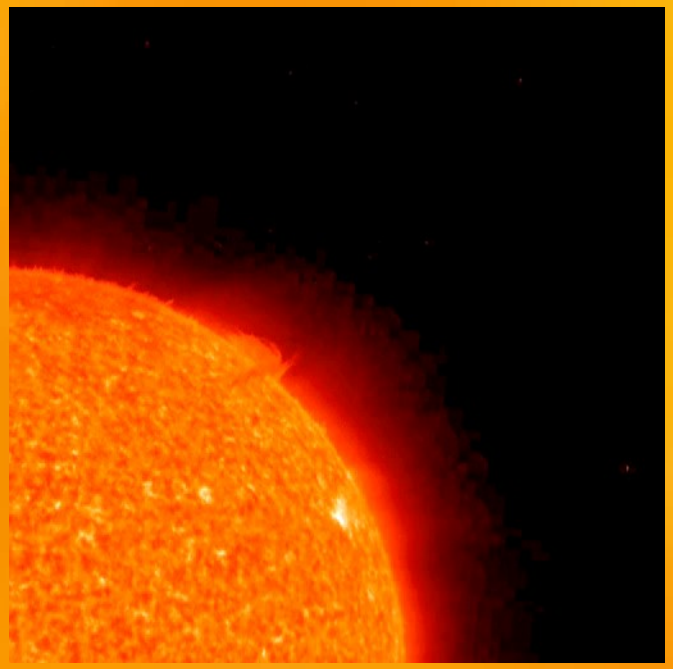
CME-zorze polarne



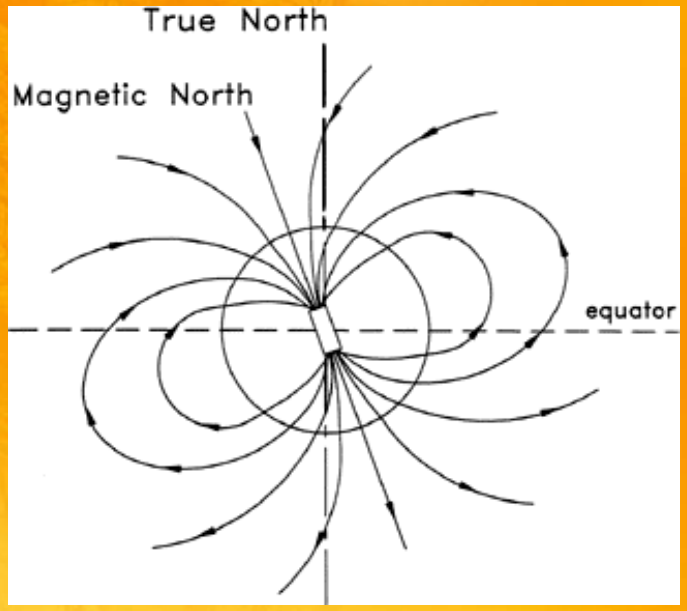
Obserwacje w różnych długościach fali

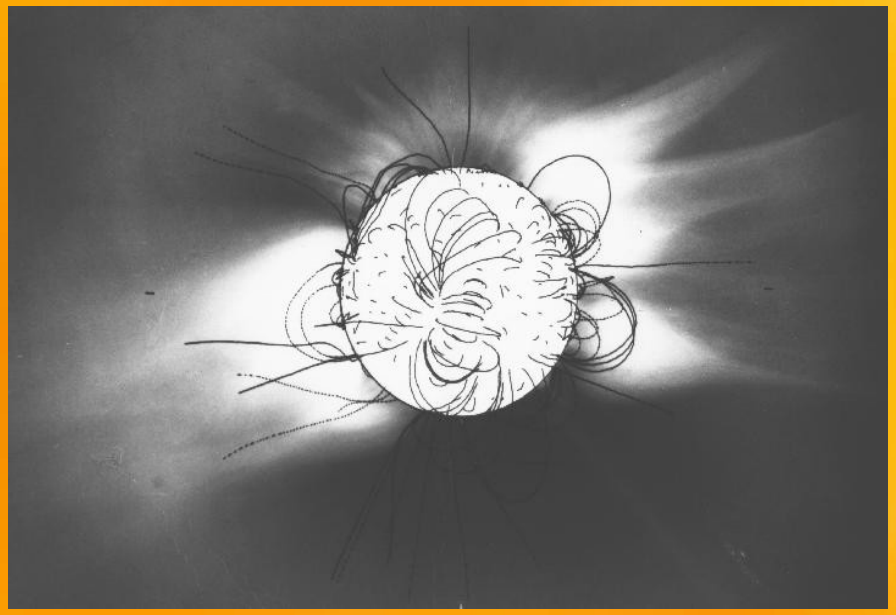
Najnowsze obserwacje

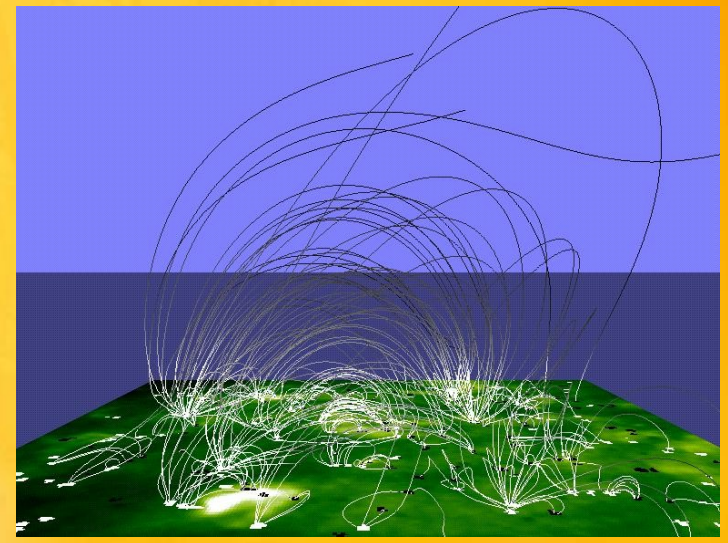




Pole magnetyczne na Słońcu

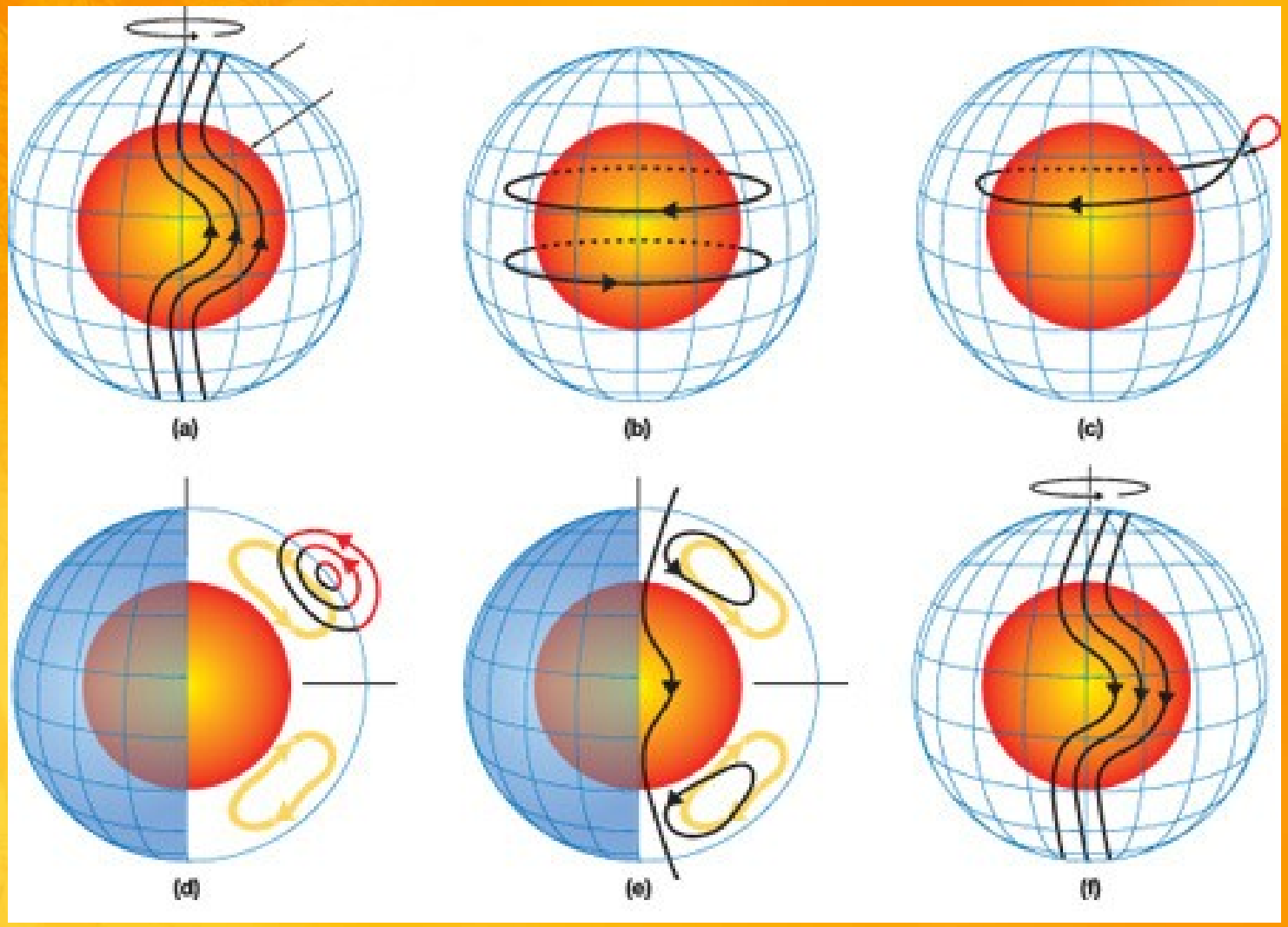






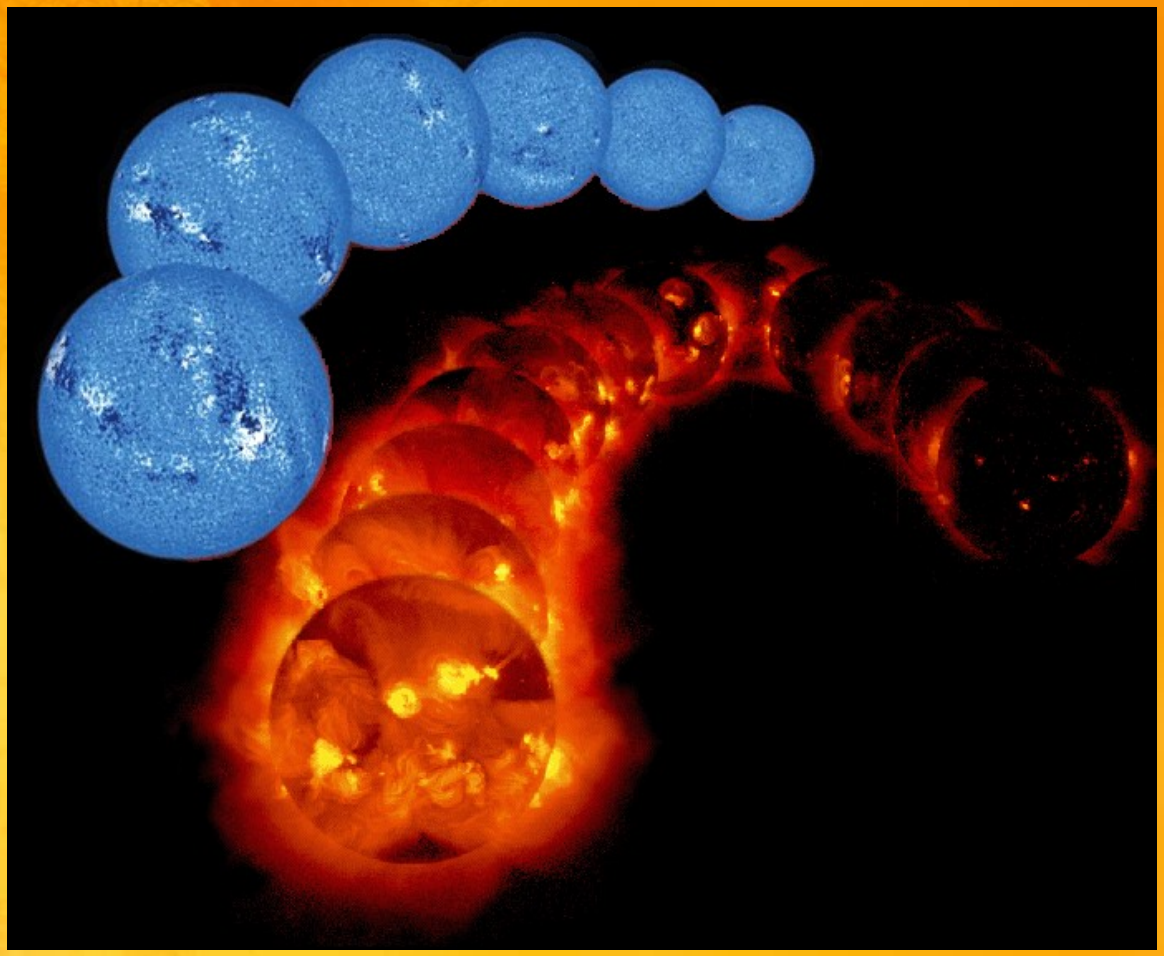
Pole magnetyczne na Słońcu

Dynamo słoneczne



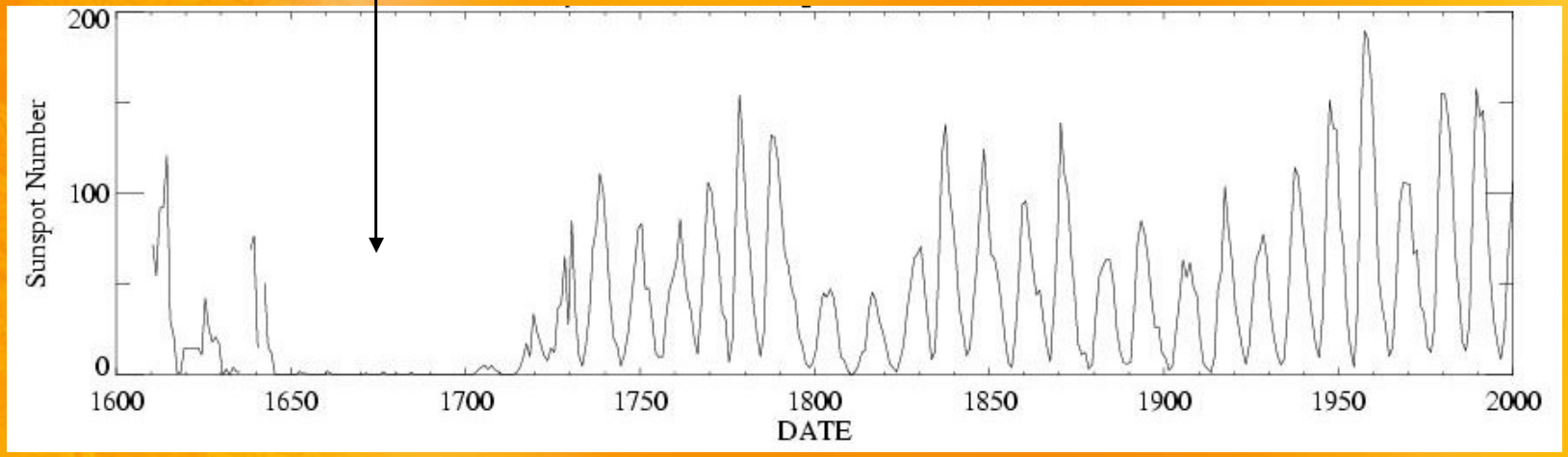
Źródło: HAO

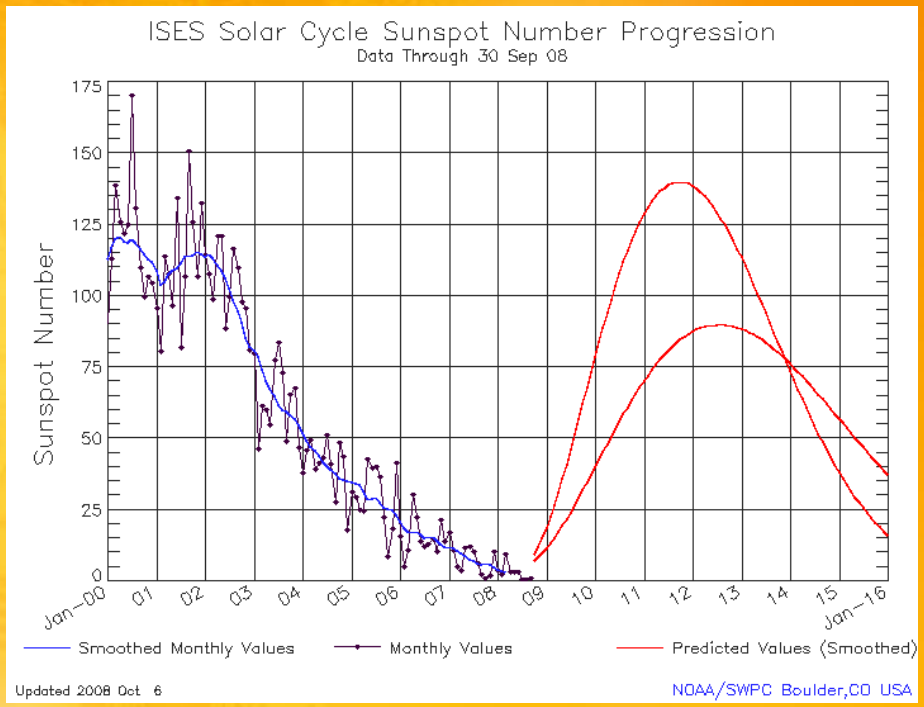
Cykl aktywności



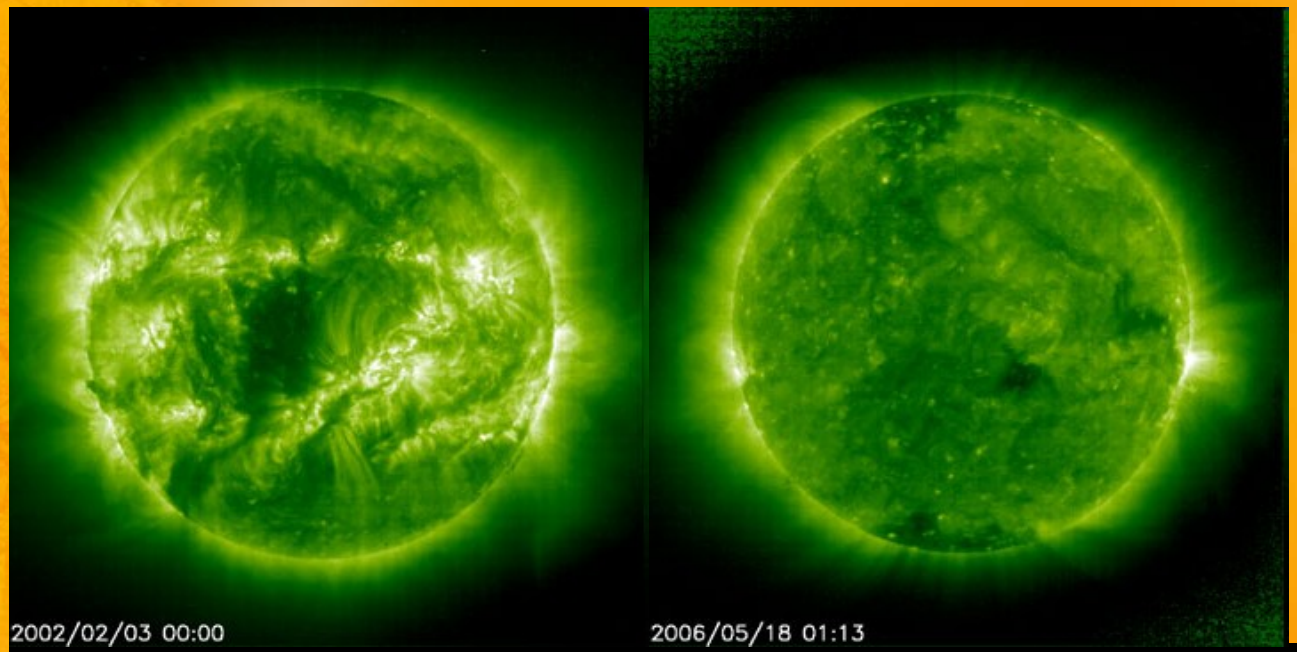
Aktywność Słońca nie jest stała w czasie. Cykl tych zmian trwa około 11 lat.

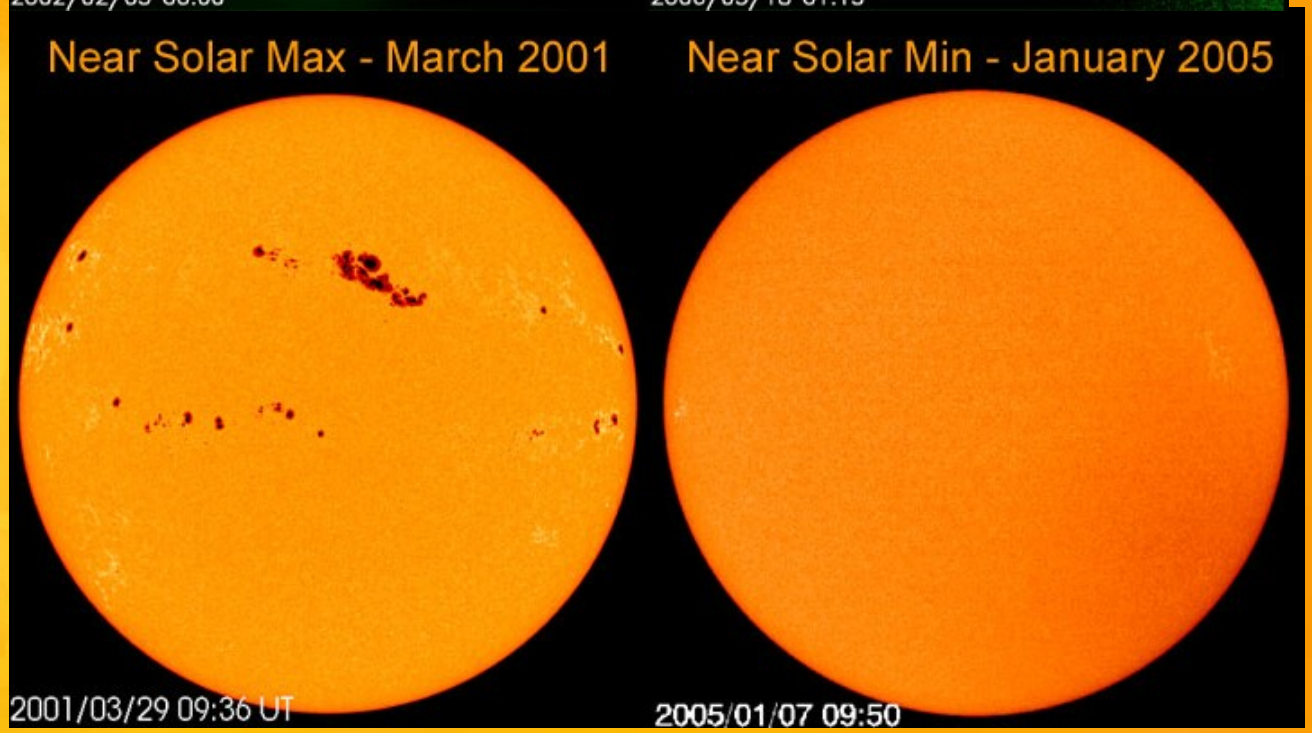
Minimum Maudera 1645-1715 (mała epoka lodowcowa)



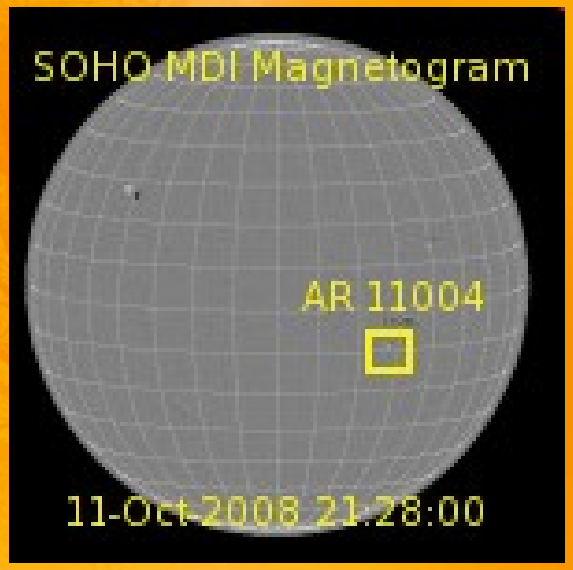


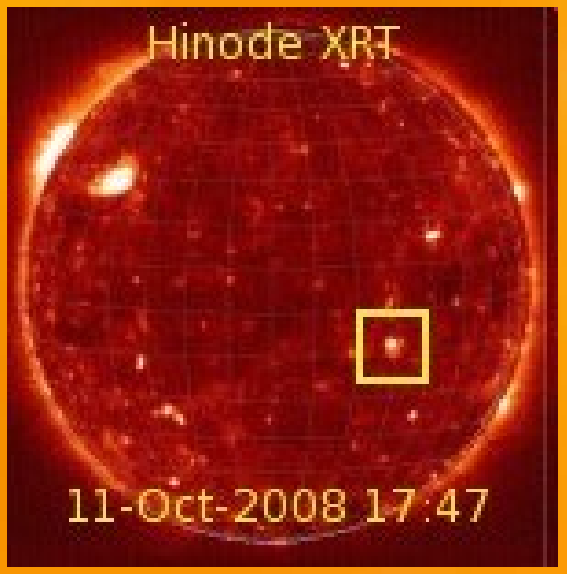
Aktywność Słońca określa tzw. liczba Wolfa (1848 r.)

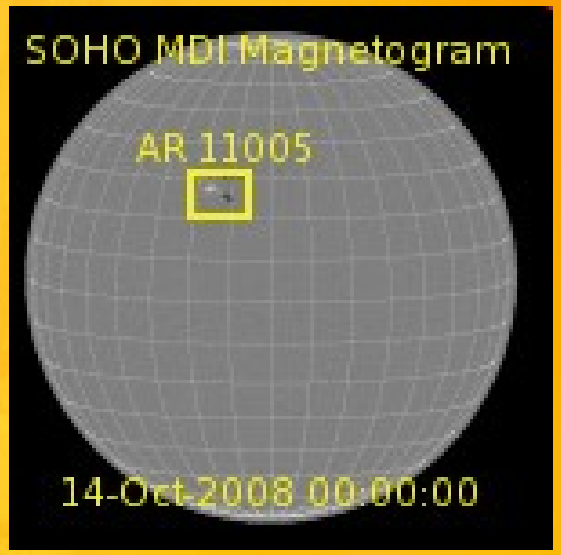

2002/02/03 00:00
2006/05/18 01:13

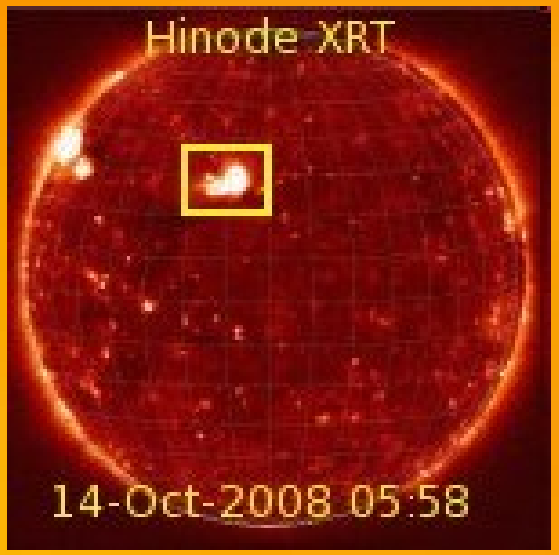

Near Solar Max - March 2001
Near Solar Min - January 2005
2001/03/29 09:36 UT
2005/01/07 09:50

Czy mamy już początek cyklu?









Koniec