



O aktywności słonecznej i zorzach polarnych

część I

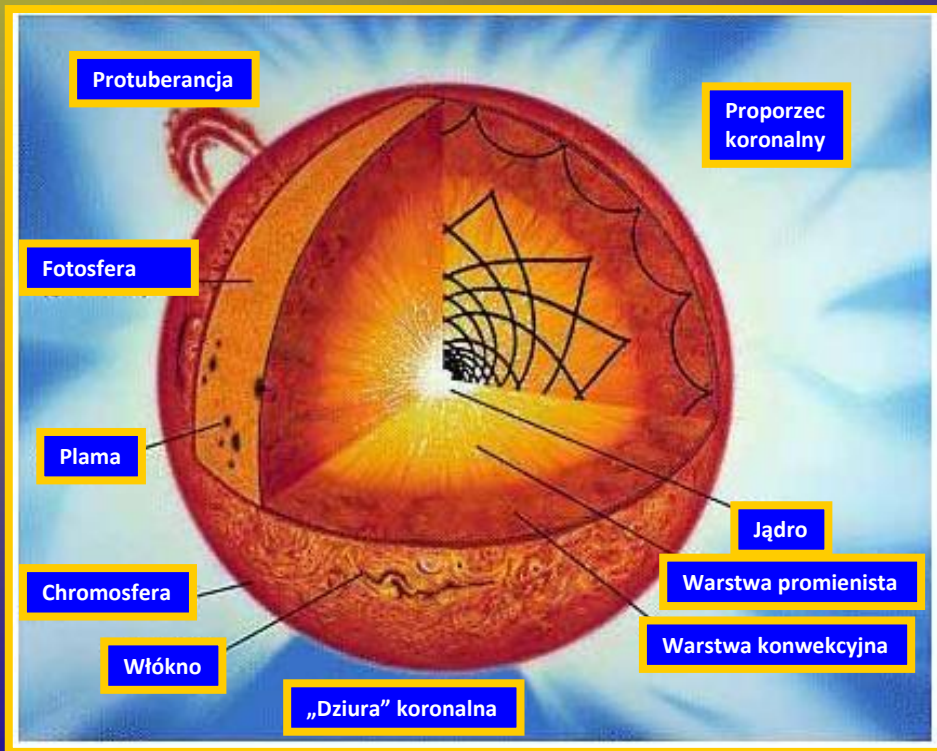
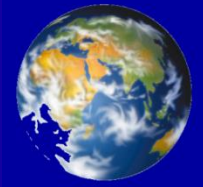
dr Tomasz Mrozek

Instytut Astronomiczny

Uniwersytet Wrocławski



Słońce



Promień
696 000 km (109 promieni ziemskich)

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

Temperatura powierzchni
5 800 K (średnia)

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

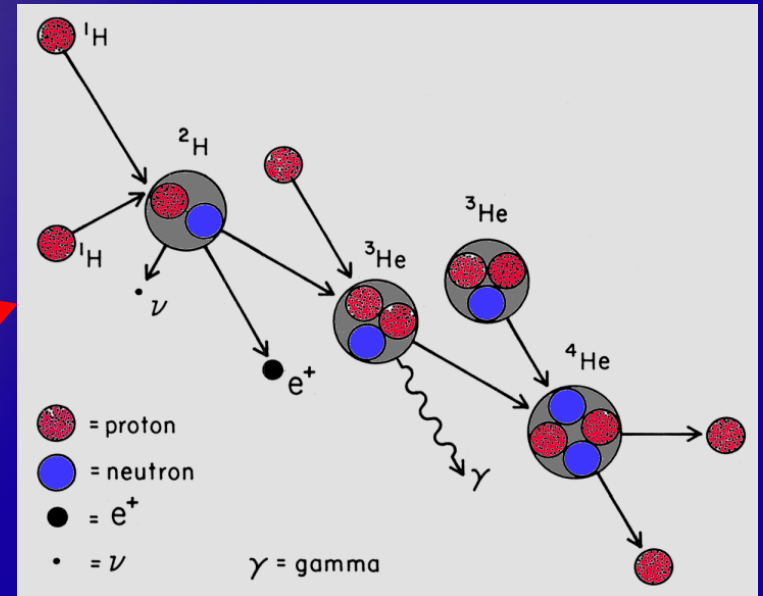
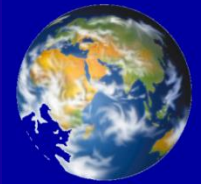
Skład chemiczny
70% wodór, 28% hel, 2% inne

Temperatura w centrum
15 milionów K

Wiek
5 miliardów lat



Źródło energii słonecznej



$T=15\,000\,000\text{ K}$, $\rho=153\,000\text{ kg/m}^3$
600 mln ton wodoru zamienia się w hel w każdej sekundzie

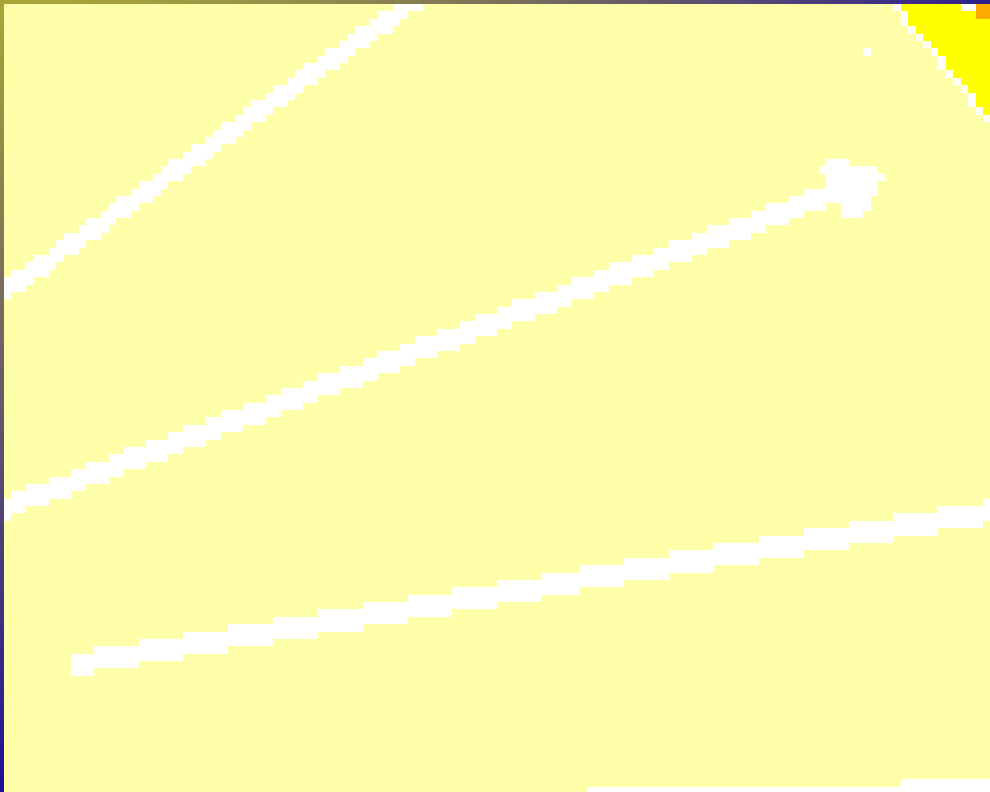
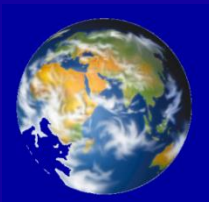
z tego 4 mln ton jest przekształcane w energię: $E=mc^2=3.6 \cdot 10^{26}\text{ W}$

Moc produkowana przez wszystkie ziemskie elektrownie: $2.5 \cdot 10^{12}\text{ W}$

Wystarczyłoby na 3 mln lat!



Warstwa promienista

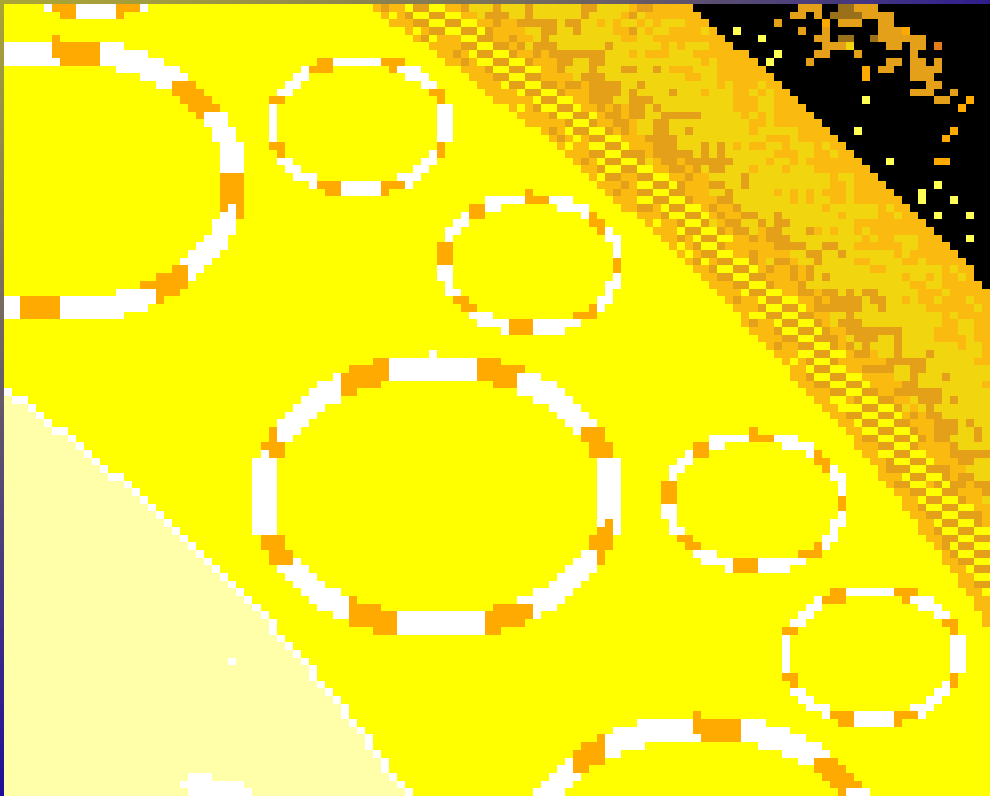
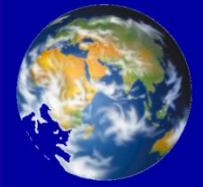


Ciągłe rozpraszanie, pochłanianie i emisja – coraz mniejsze energie kwantów

**Bardzo powolna wędrówka:
200 000 lat zamiast 2.7 sekundy**



Warstwa konwekcyjna

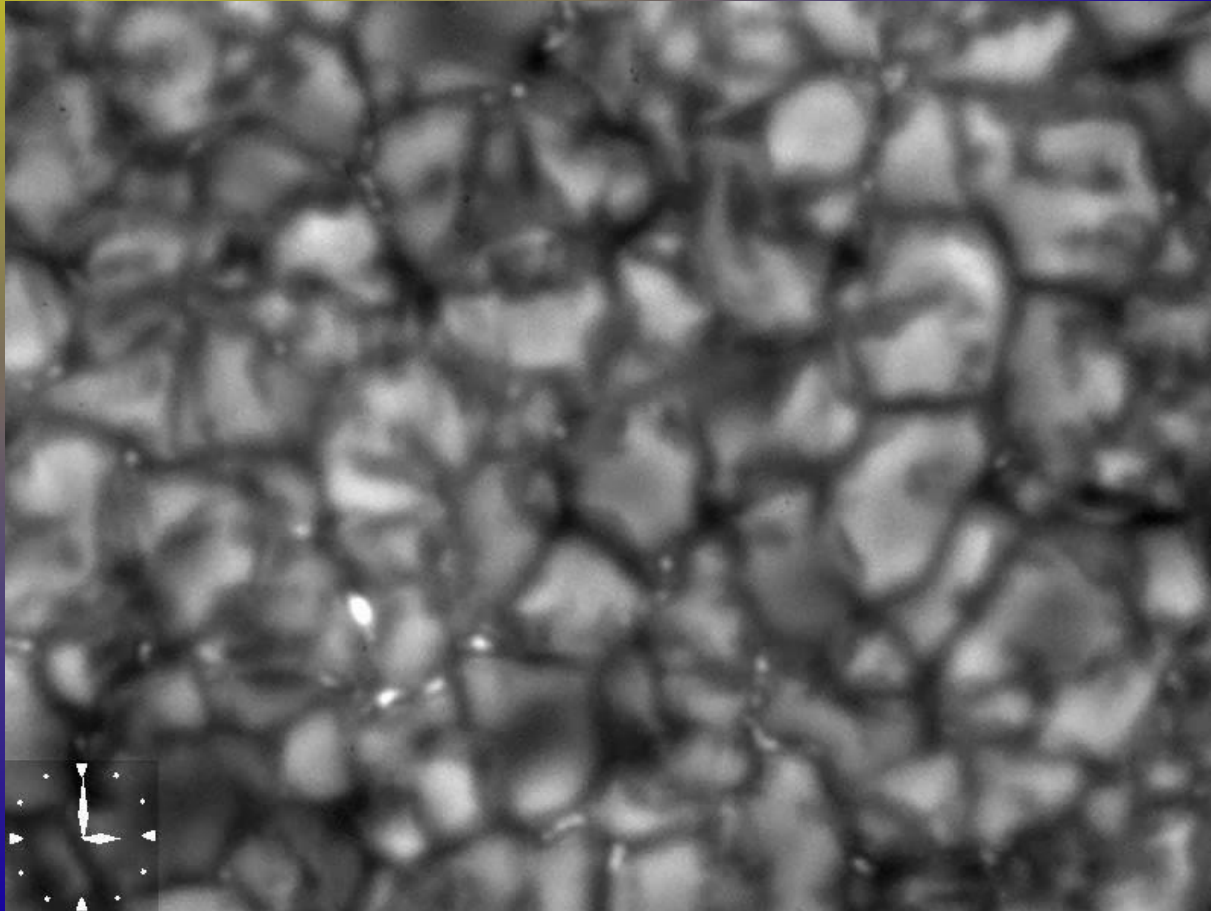
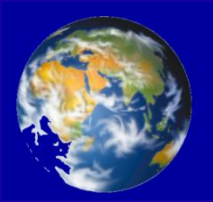


Transport promienisty jest utrudniony, ale energia musi zostać przetransportowana do powierzchni.

Pojawia się konwekcja – ruchy pionowe plazmy – cieplejsze warstwy unoszą się do góry oddają ciepło i jako chłodniejsze opadają na dół



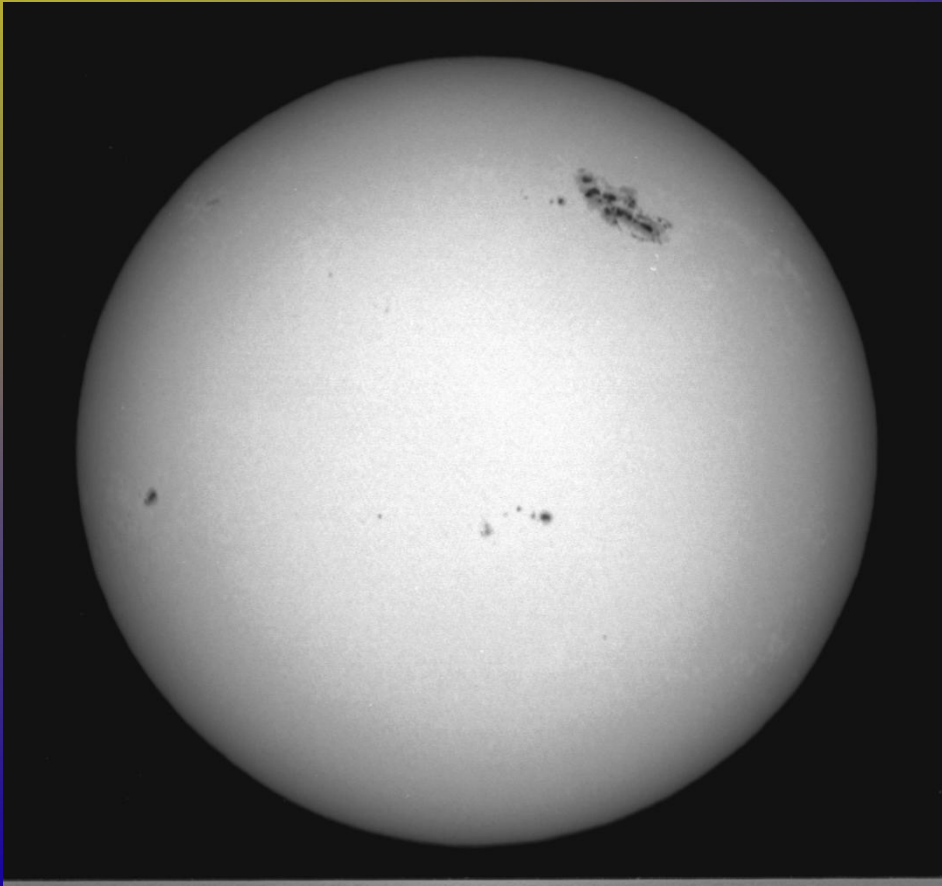
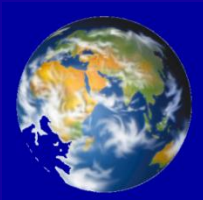
Warstwa konwekcyjna



Obserwujemy komórki konwekcyjne na powierzchni Słońca – granulacja



Fotosfera



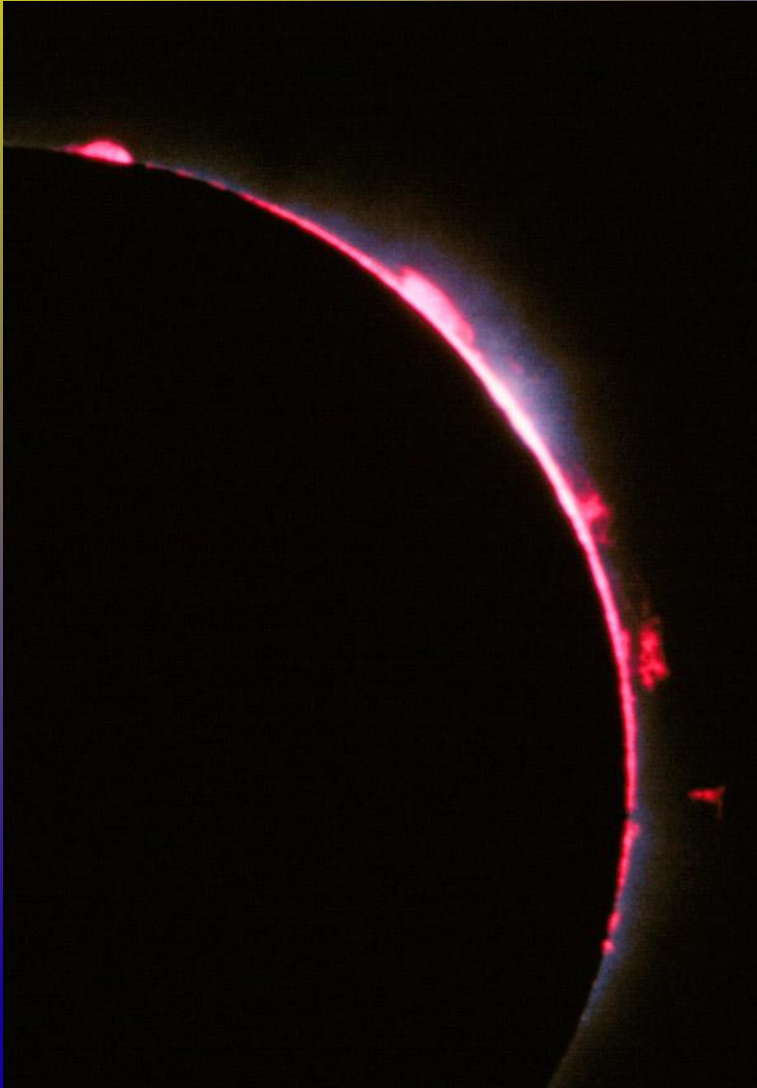
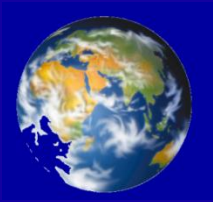
„Powierzchnia” Słońca

Temperatura około 5800 K

Widoczna granulacja i plamy



Chromosfera



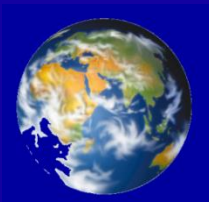
łac. *chroma* - barwa

Widoczna podczas zaćmień
jako czerwona otoczka

Niewielka grubość rzędu kilku
tysięcy kilometrów



Korona



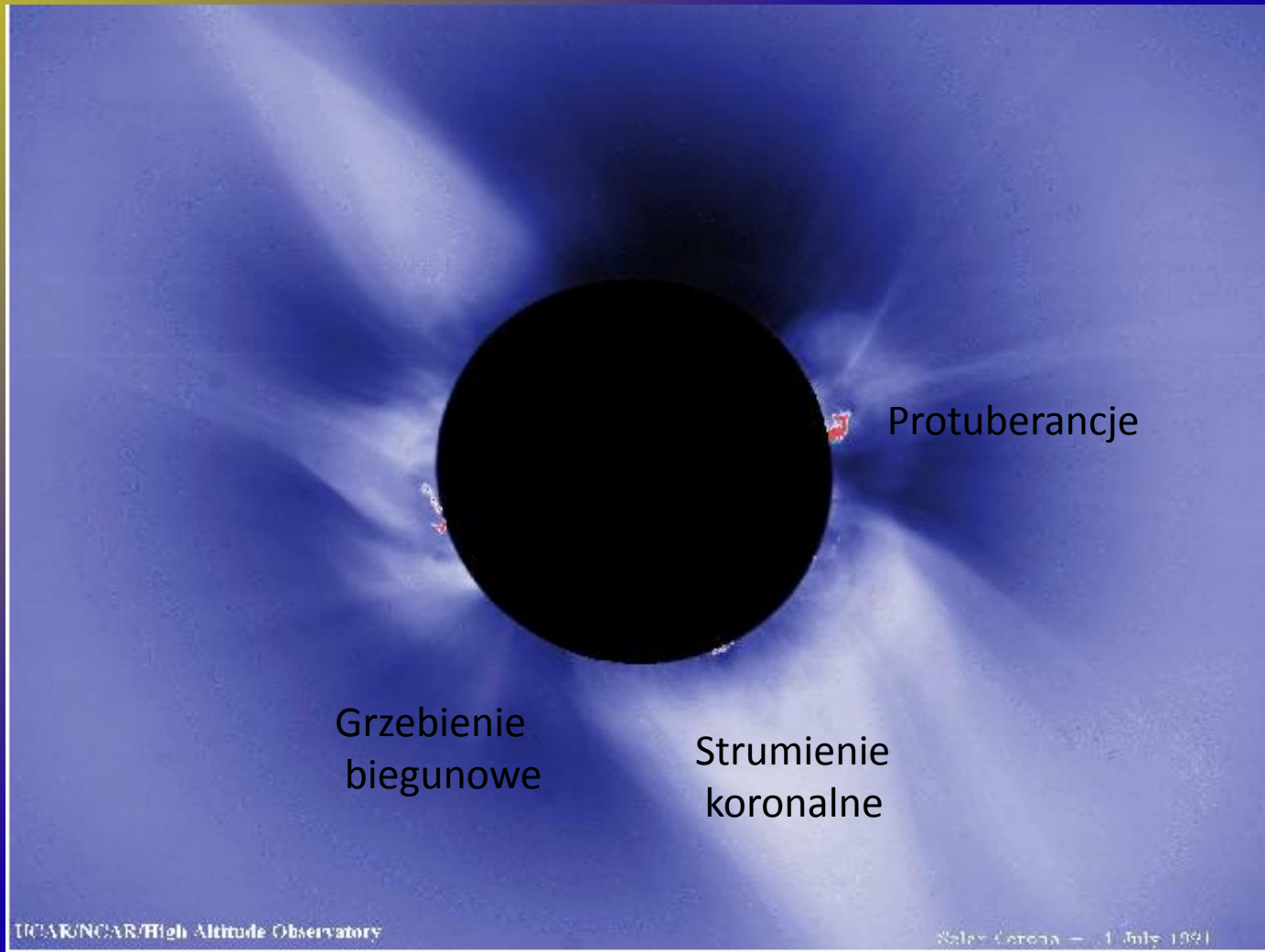
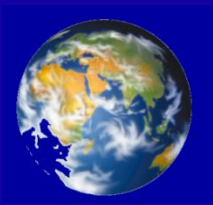
Gorąca (powyżej 1 mln K) zewnętrzna otoczka Słońca

W świetle białym widoczna podczas zaćmień lub przy użyciu koronografu.

W zakresie ultrafioletowym i rentgenowskim jest najjaśniejszą warstwą atmosfery Słońca

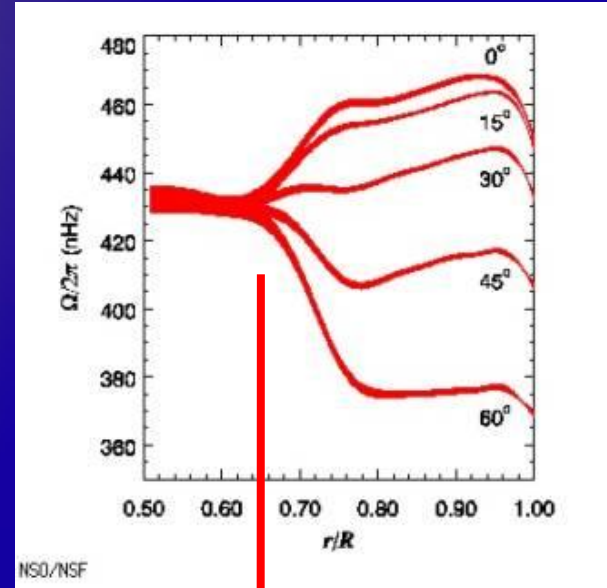
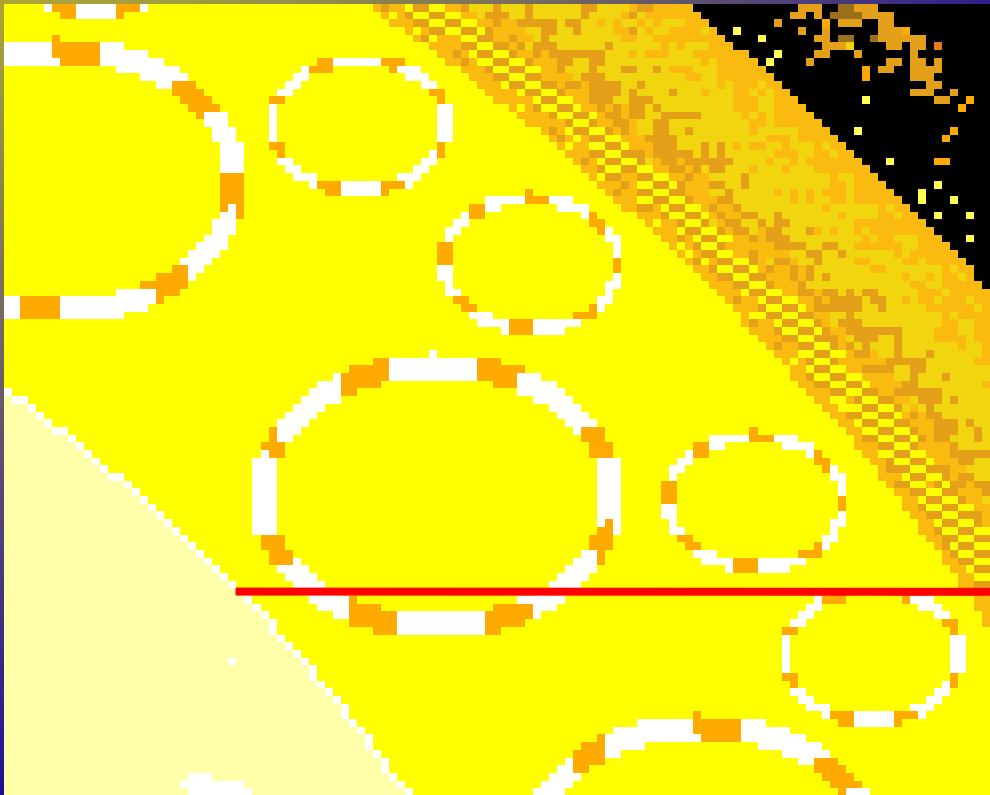
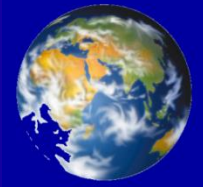


Korona





Tachoklina



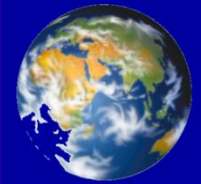
NSO/NSF



Ogromna zmiana warunków fizycznych pomiędzy warstwą promienistą i konwekcyjną



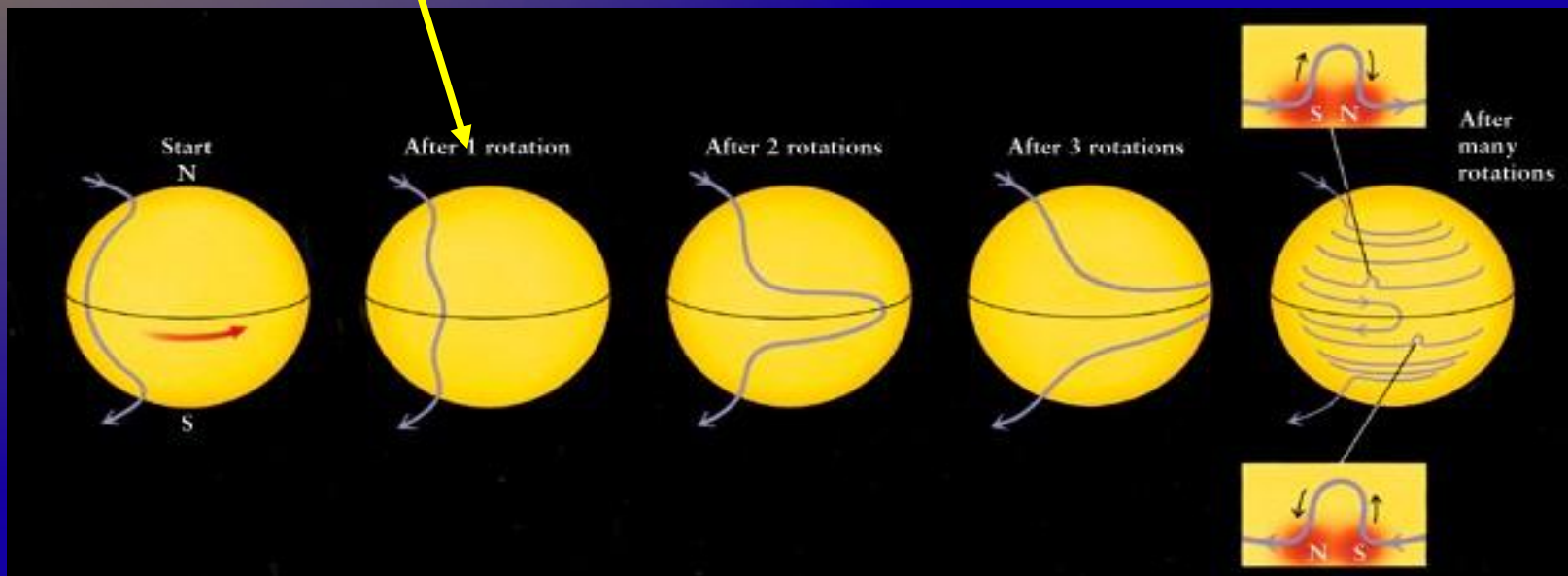
Dynamo słoneczne



Gaz budujący Słońce jest zjonizowany – składa się z elektronów (ładunki ujemne) i jąder atomowych (ładunki dodatnie).

W poruszającej się plazmie generowane są pola magnetyczne.

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

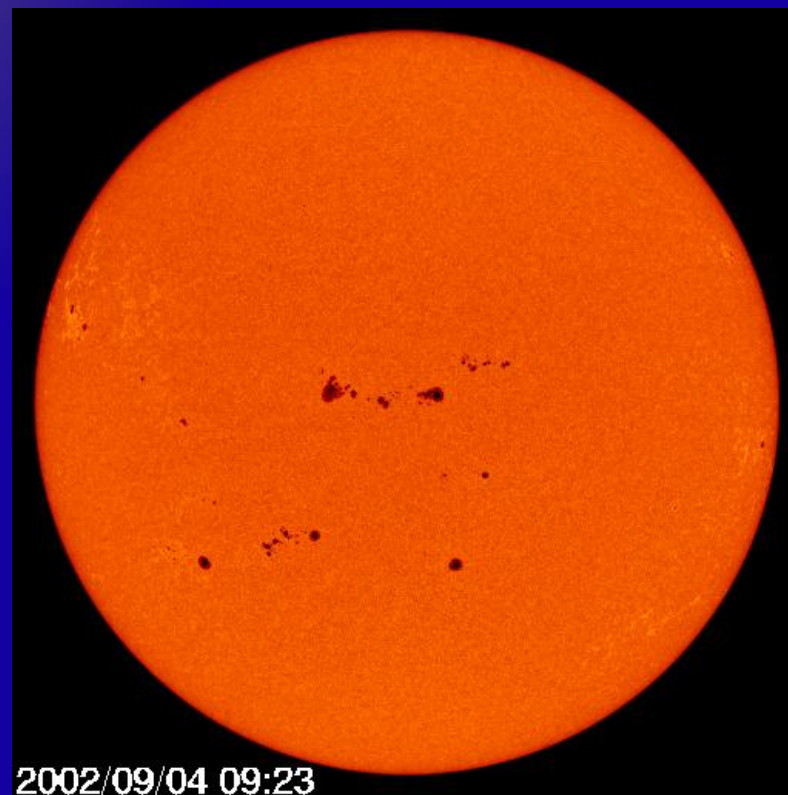
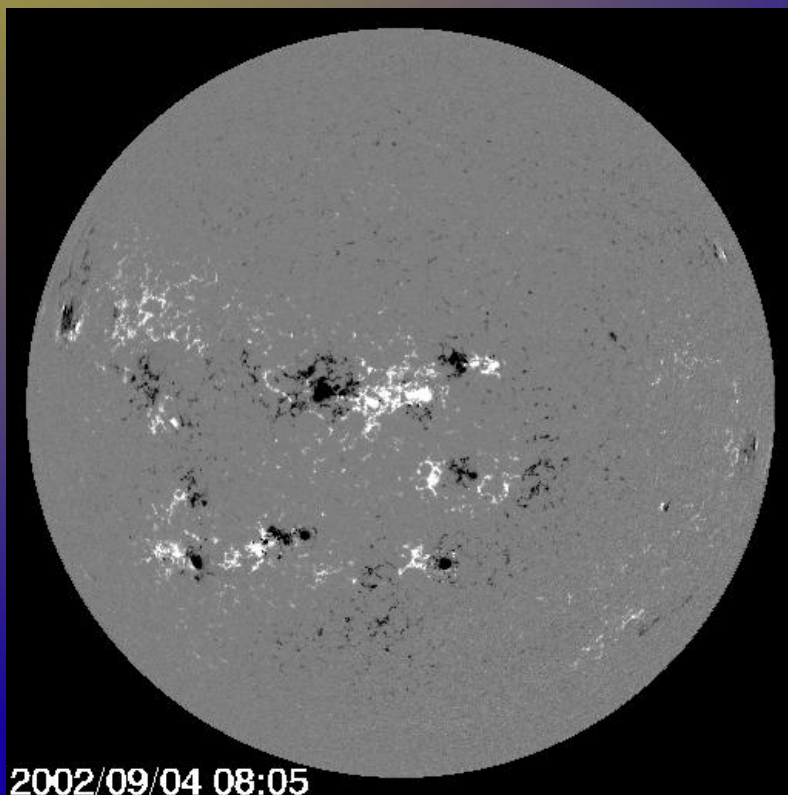




Pole magnetyczne w koronie

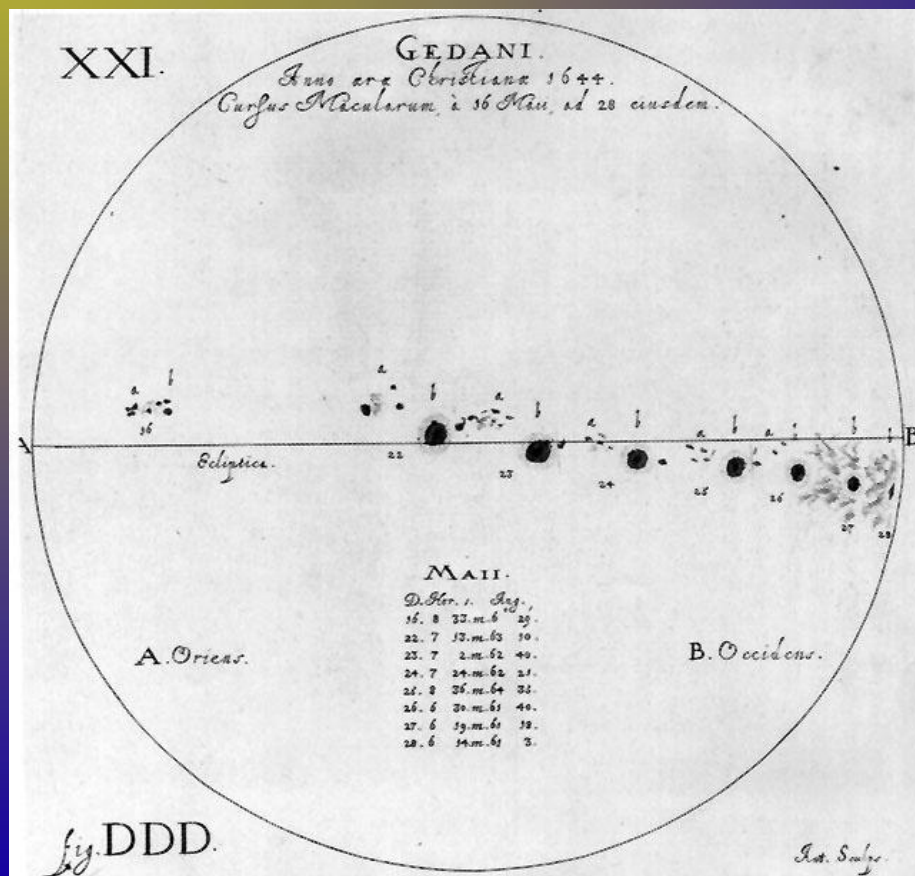
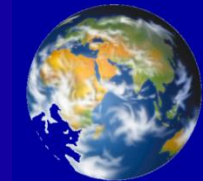


W miejscach wyływu pola magnetycznego obserwowane są plamy.





Plamy Słoneczne



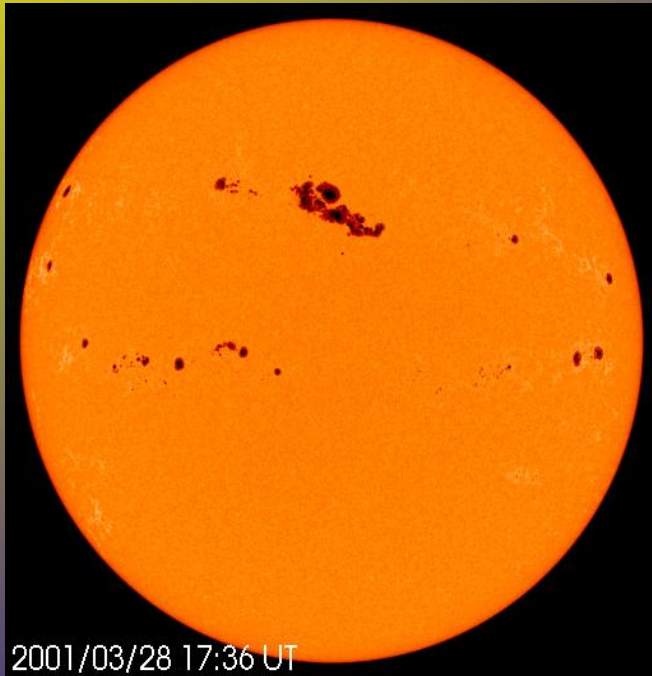
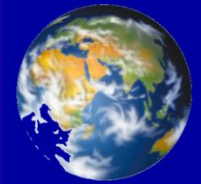
Obserwowane przez starożytnych Chińczyków

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

ok. 1610 pierwsze obserwacje za pomocą lunety



Plamy Słoneczne

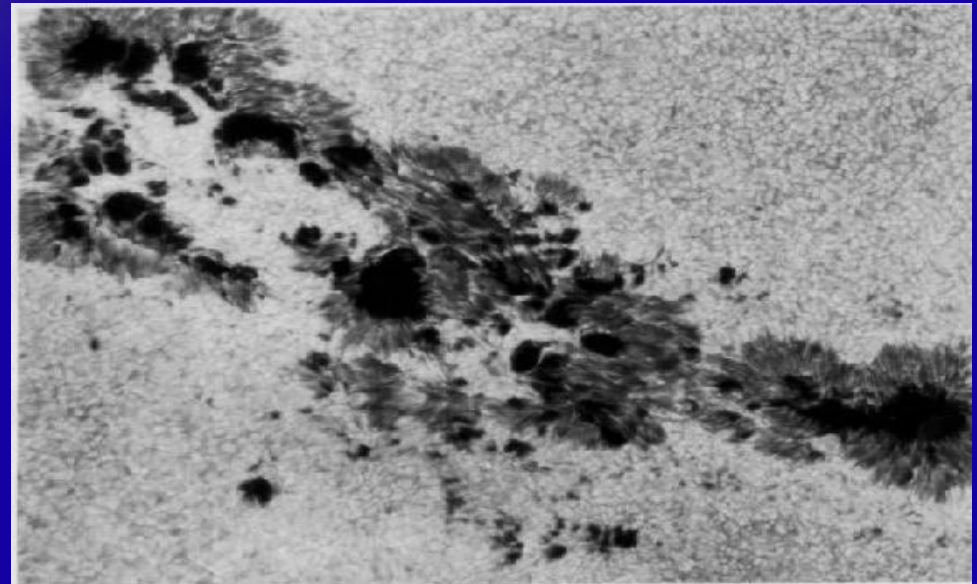
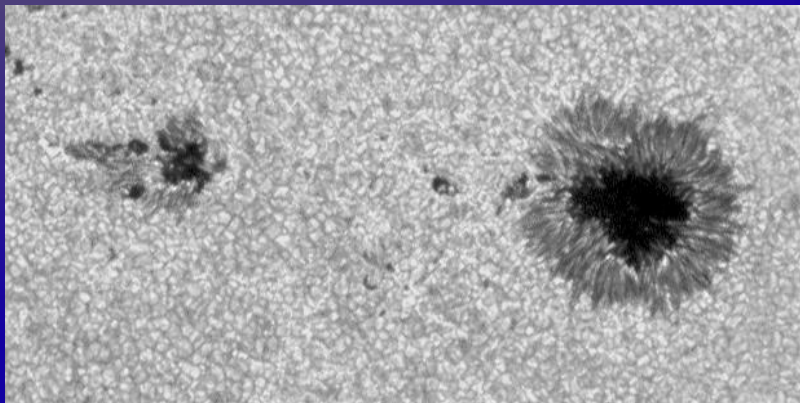


Typowe rozmiary plamy: średnica od 4 000 km do 30 000 km (czasem nawet 60 000 km).

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

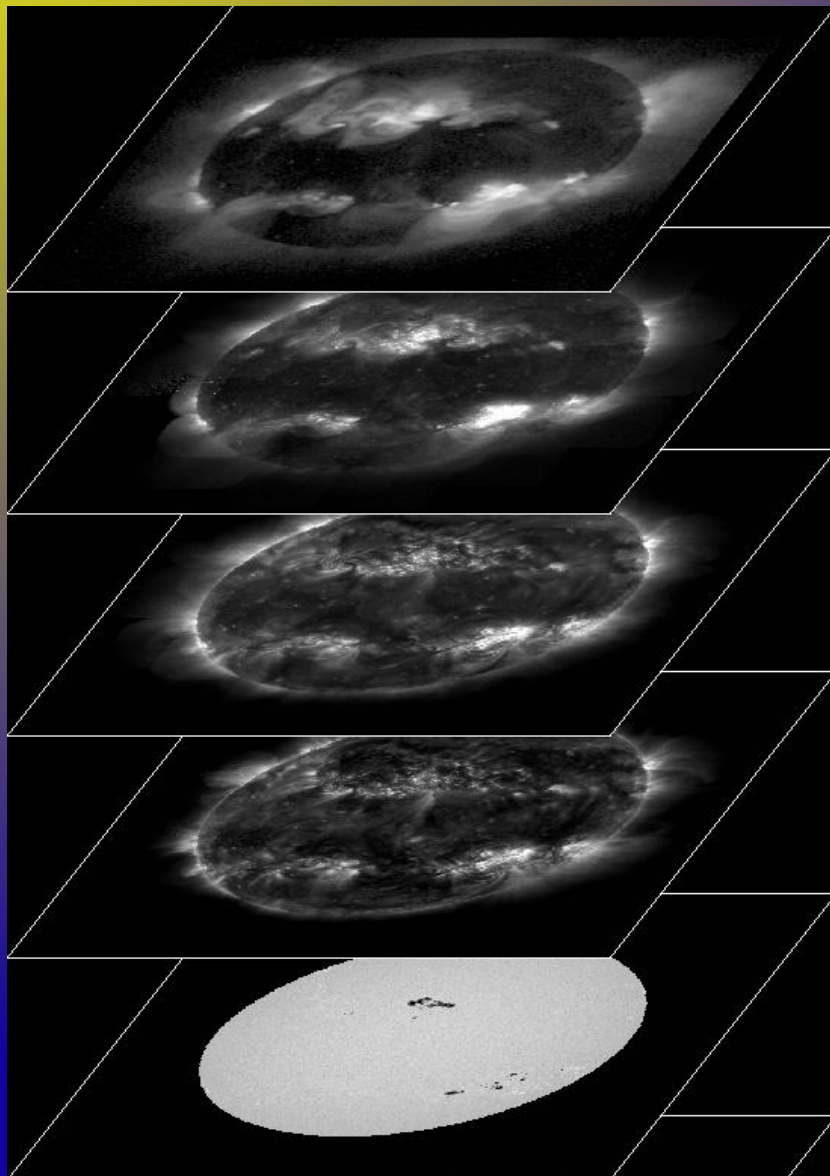
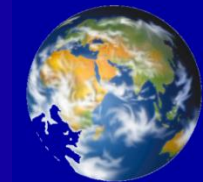
Typowy czas życia: od kilku dni do kilku miesięcy

Pole magnetyczne: od 250 Gs do 5000 Gs





Obszar aktywny



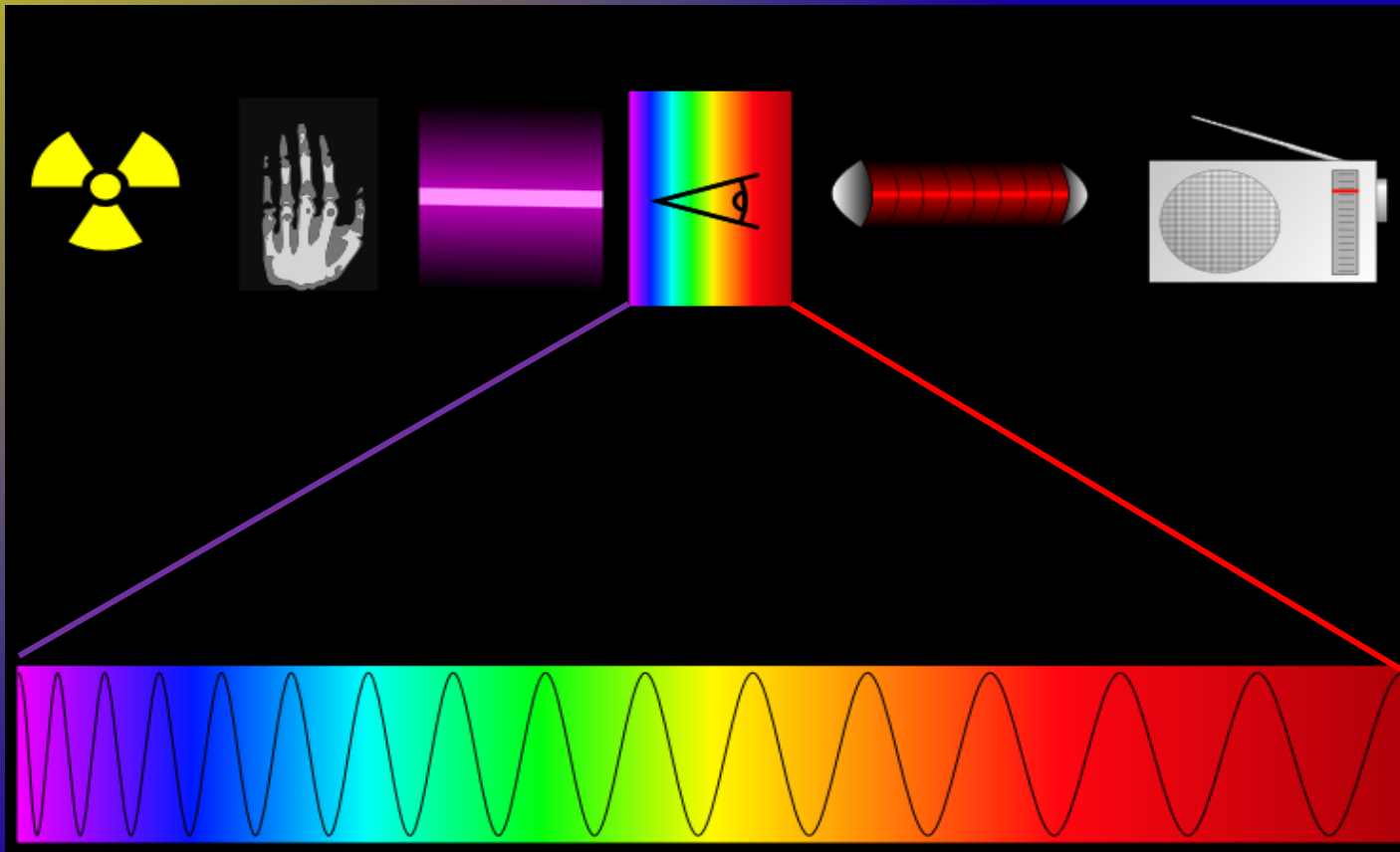
Miejsce w atmosferze słonecznej obserwowane w okolicach plam

Wygląda inaczej w różnych zakresach fal elektromagnetycznych – duży rozrzut temperatur

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



Widmo elektromagnetyczne



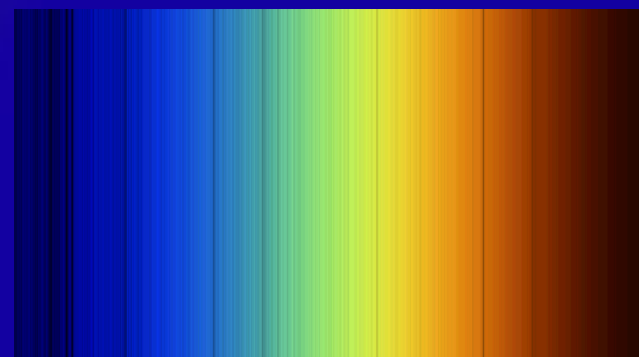


Odkrycie niewidzialnego



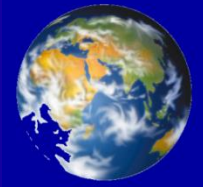
podczerwień

sir William Herschel ok. 1800

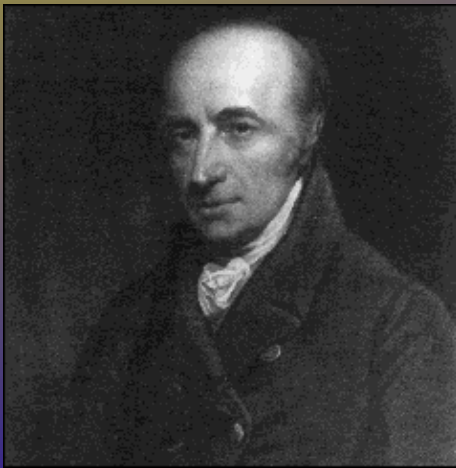




Odkrycie niewidzialnego



Promieniowanie UV 1801



William Hyde Wollaston



Johann Wilhelm Ritter

Promienie X 1895

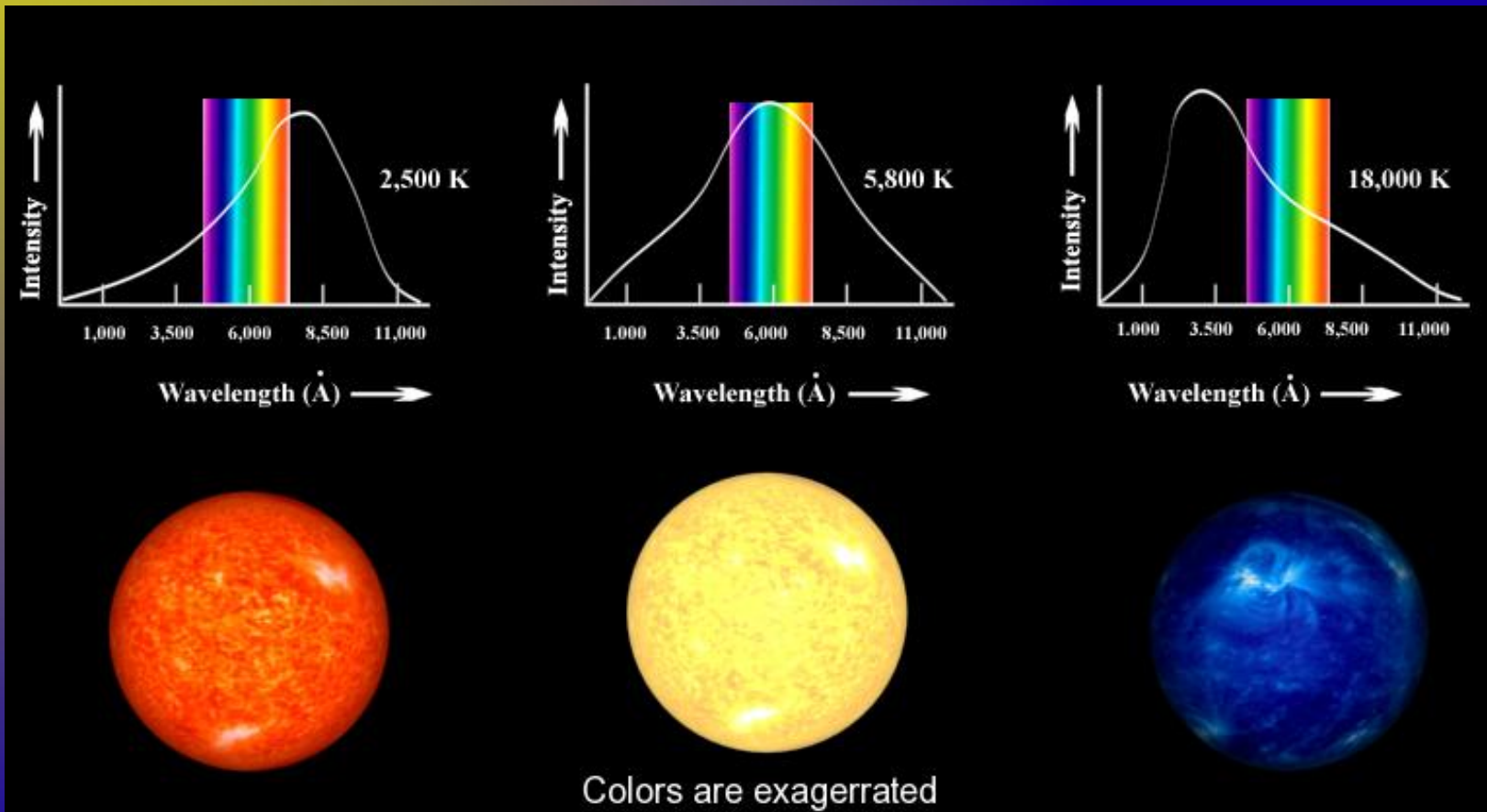


Wilhelm Conrad Röntgen



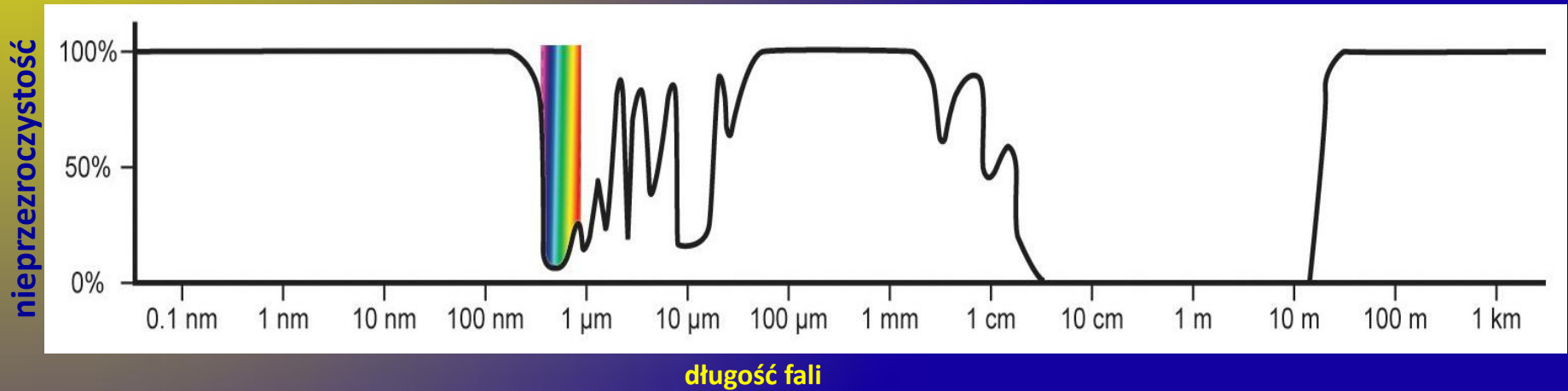


Różne zakresy widma = różne temperatury





Pozaziemskie obserwatoria



Zakres X:

- RHESSI
- HINODE

Zakres UV:

- SOHO
- TRACE
- STEREO
- HINODE



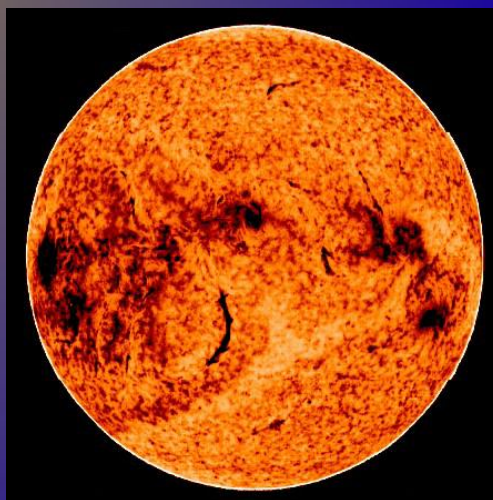
Słońce w różnych zakresach widma



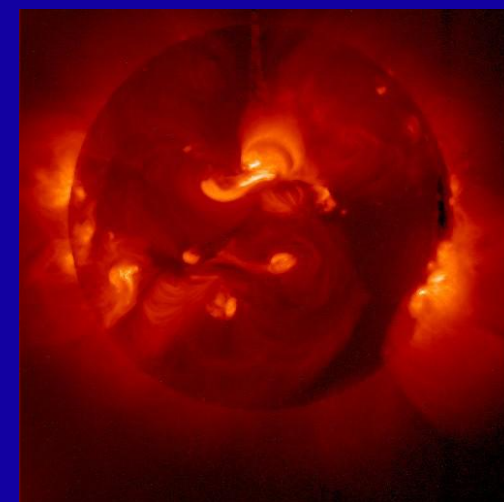
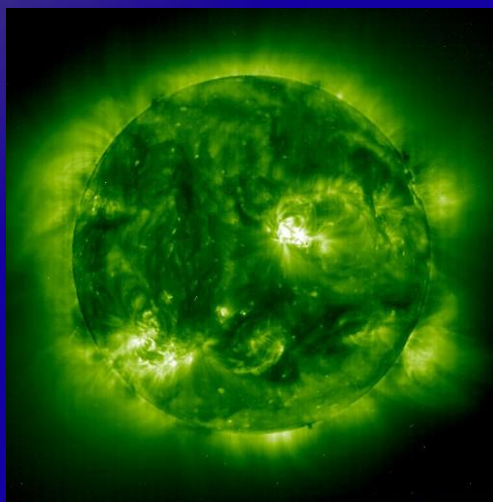
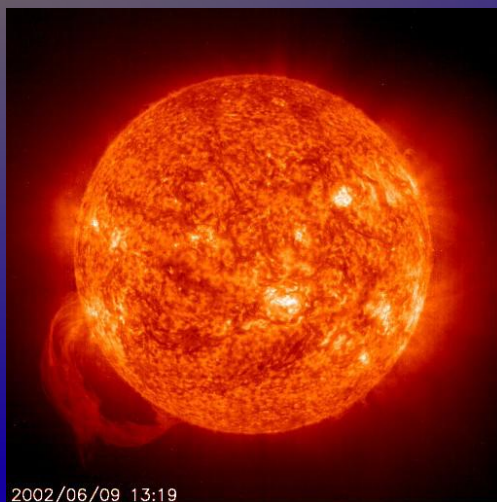
mikrofale



podczerwień



widzialne



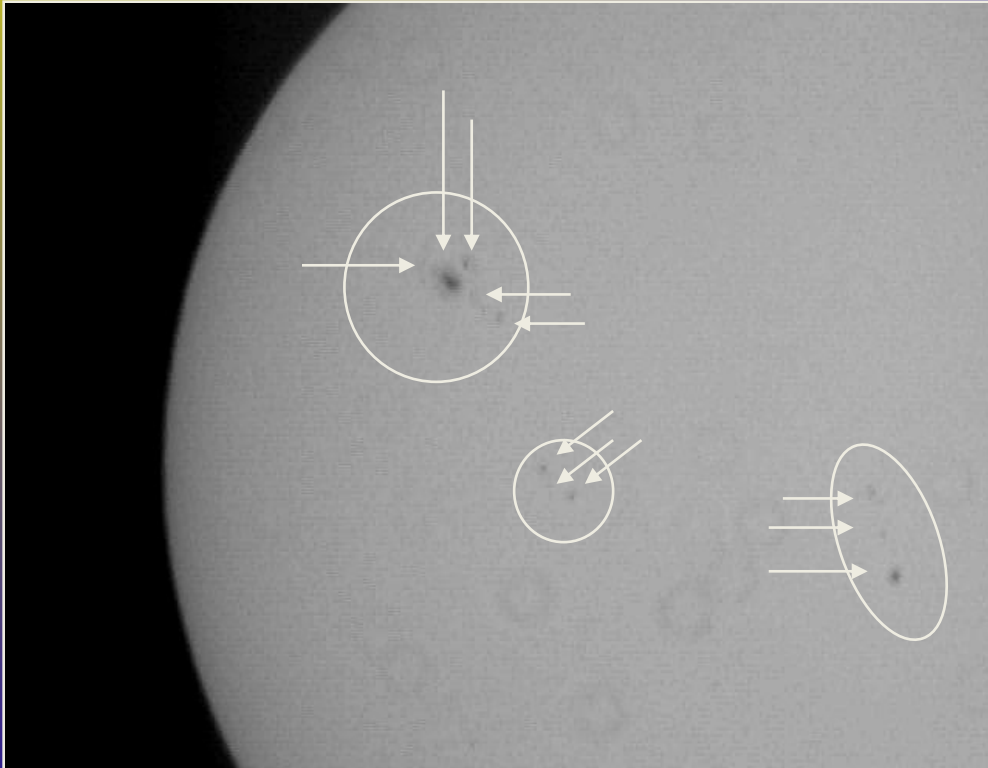
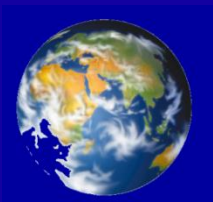
UV

EUV

X



Liczba Wolfa

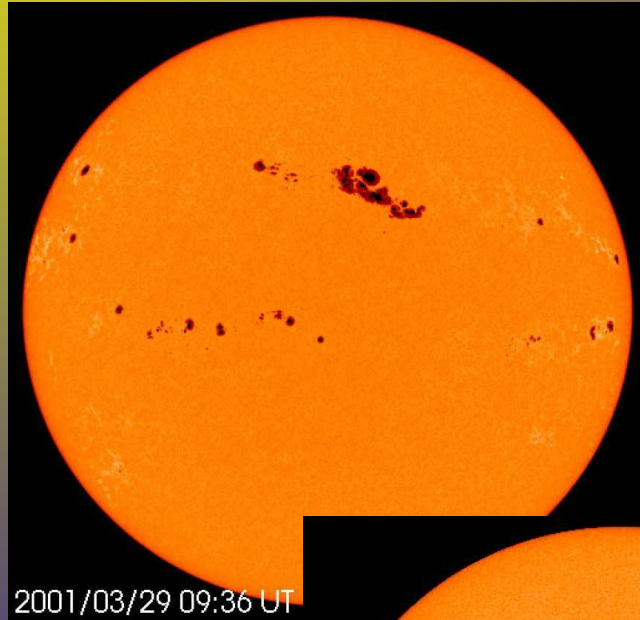
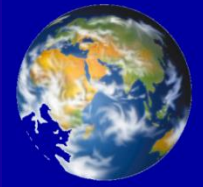


- liczba Wolfa: $W = 10g + p$
(g – liczba grup,
 p – liczba plam)
- samotna plama też
stanowi grupę
- służy do badania
aktywności słonecznej

$g = 3$ $p = 11$ $w = 41$



Cykl aktywności



2001/03/29 09:36 UT



2007/01/20 04:03

Aktywne Słońce to Słońce zaplamione

Zaplamienie zmienia się w ciągu około 11 lat

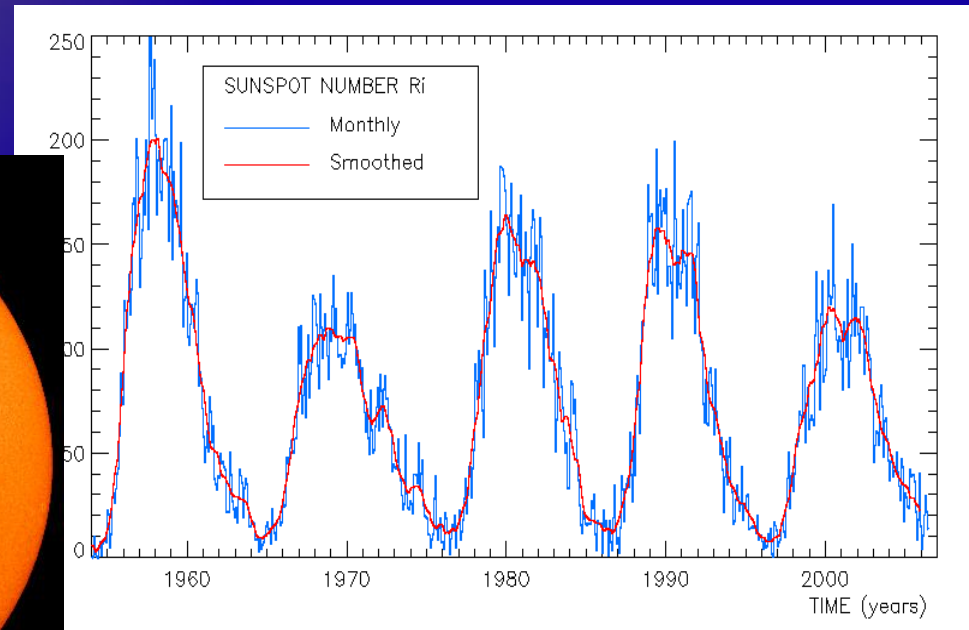
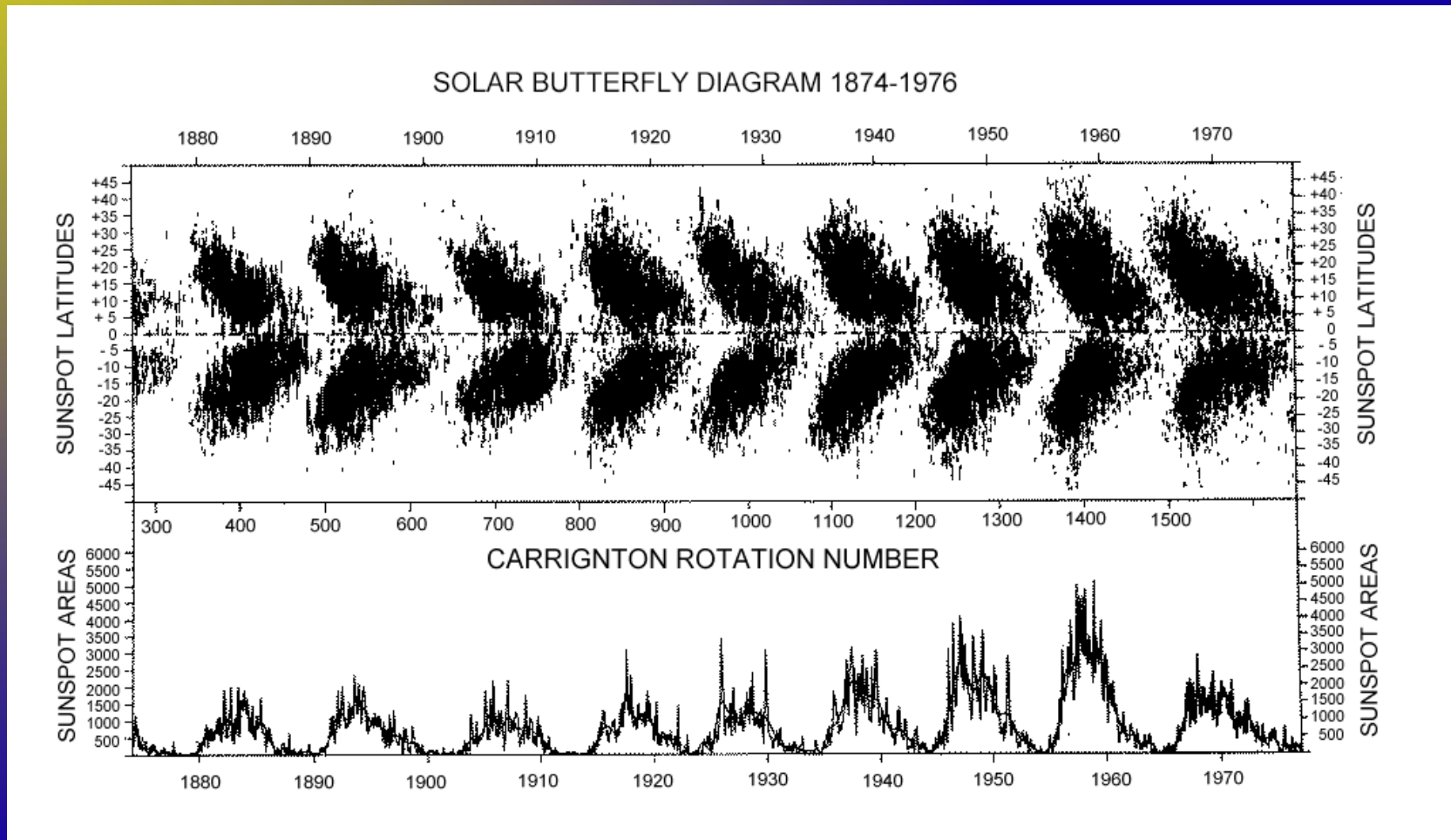
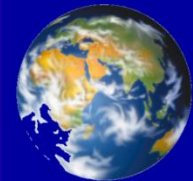


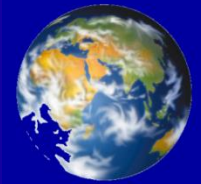


Diagram motylkowy





Cykl aktywności



11 Aug 1980

14 Aug 1981

23 Aug 1982

11 Aug 1983

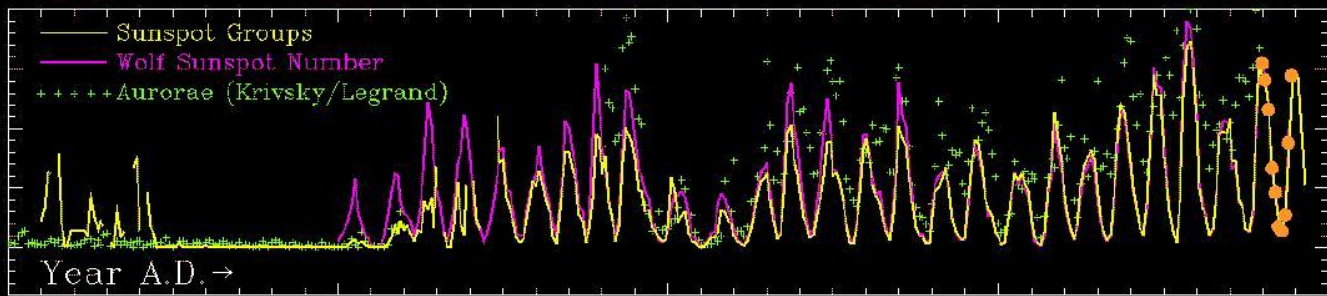
14 Aug 1984



Każde maksimum cyklu jest inne

Były w przeszłości okresy gdy na Słońcu nie obserwowano plam

Czy to wpływa na Ziemię?



1600 1700 1800 1900 2000



10 Jul 1985

15 Aug 1986

24 Jul 1987

29 Jul 1988

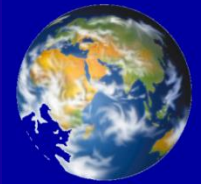
18 Aug 1989

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

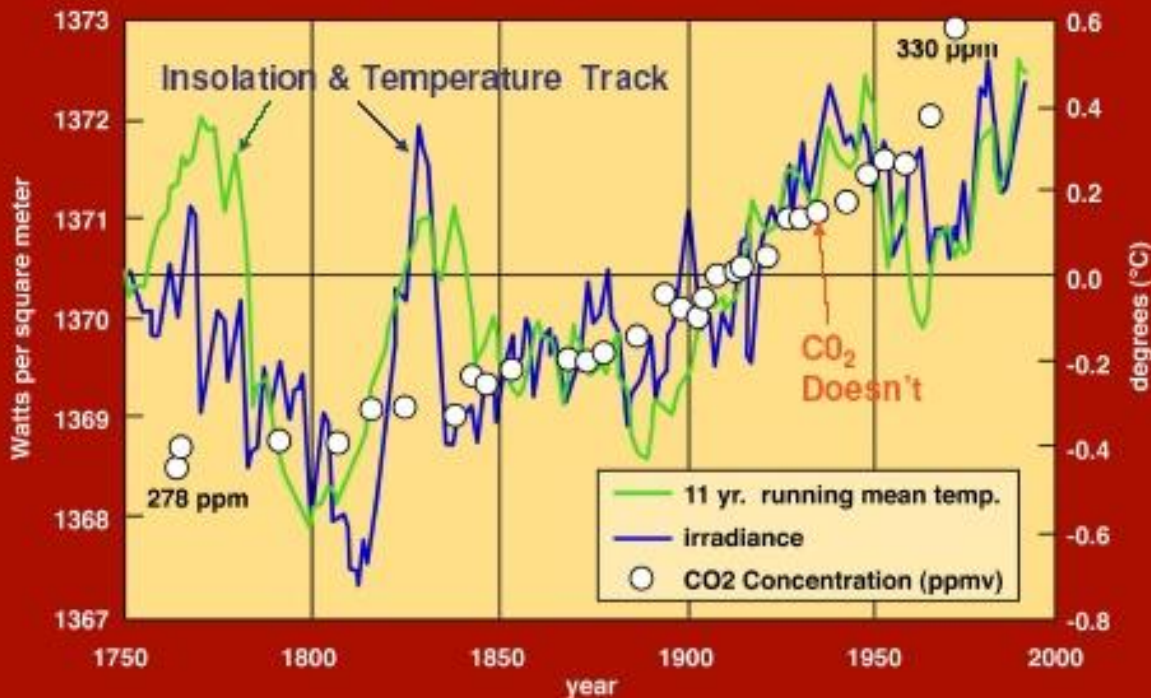
HAO A-017



Wpływ na ziemski klimat



Northern Hemisphere Temperature VS. Solar Irradiance



adapted from Hoyt and Schatten, 1997

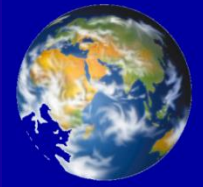
Duża korelacja między aktywnością Słońca a średnimi temperaturami na Ziemi

Brak podobnych korelacji w przypadku dwutlenku węgla

Głównym czynnikiem cieplarnianym jest para wodna (zachmurzenie)

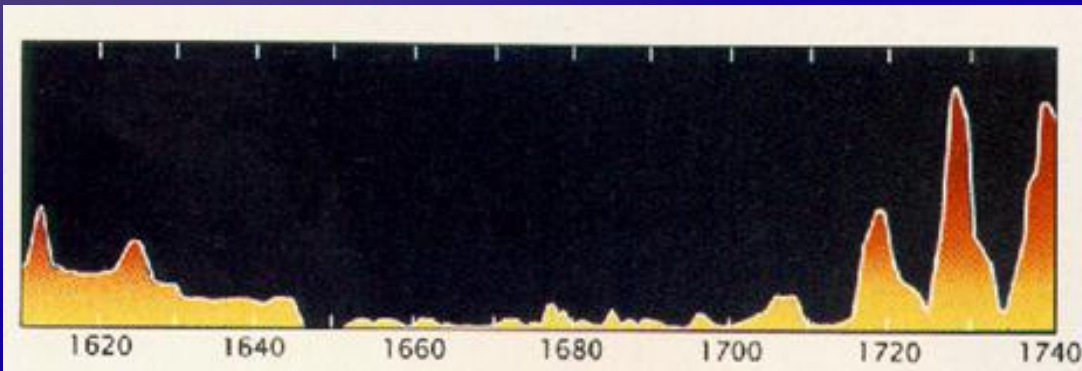


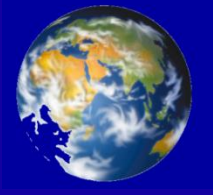
Minimum Maundera



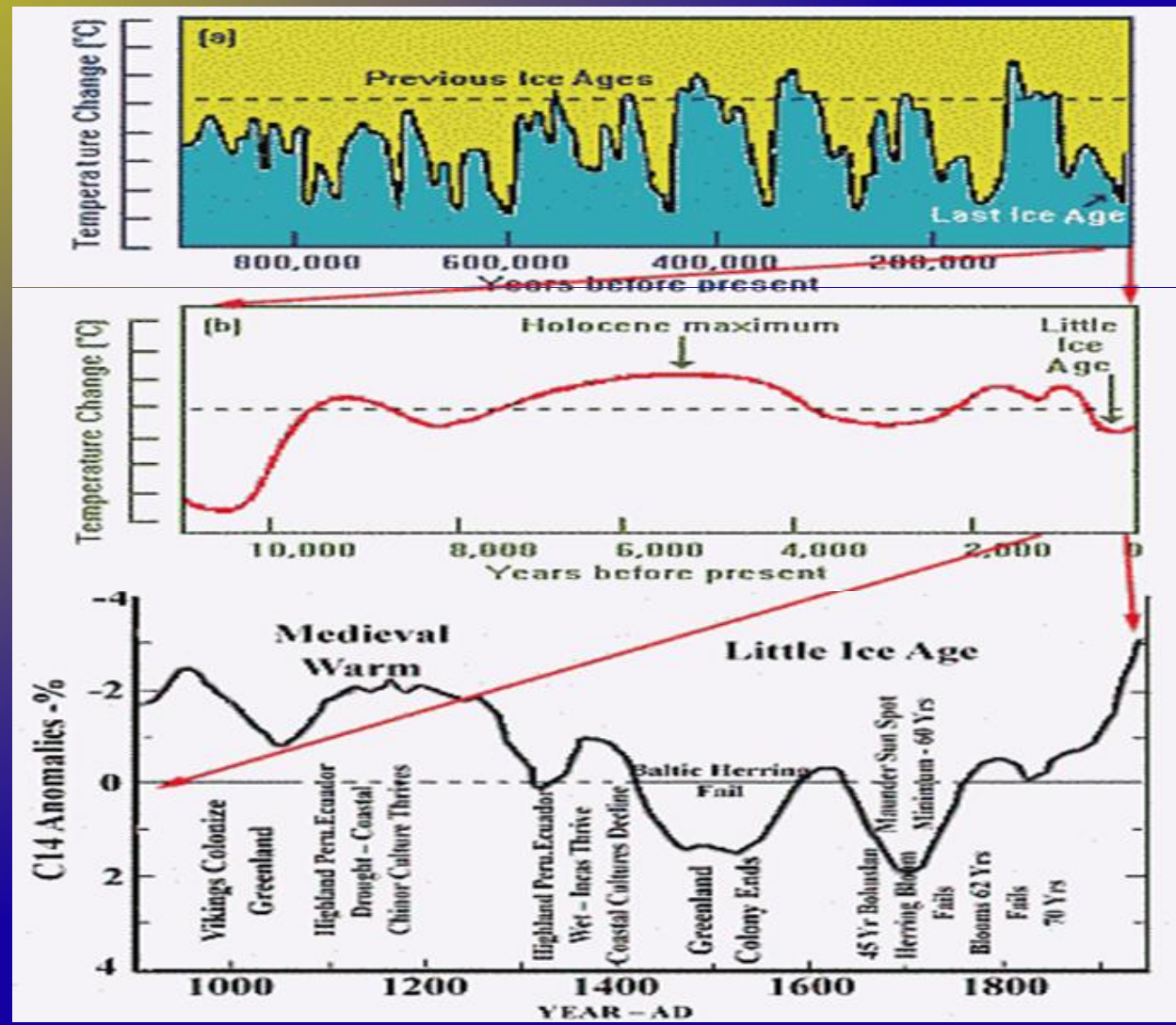
Targ na zamrożonej Tamizie

Zamarzający Bałtyk – regularne „połączenie” ze Szwecją



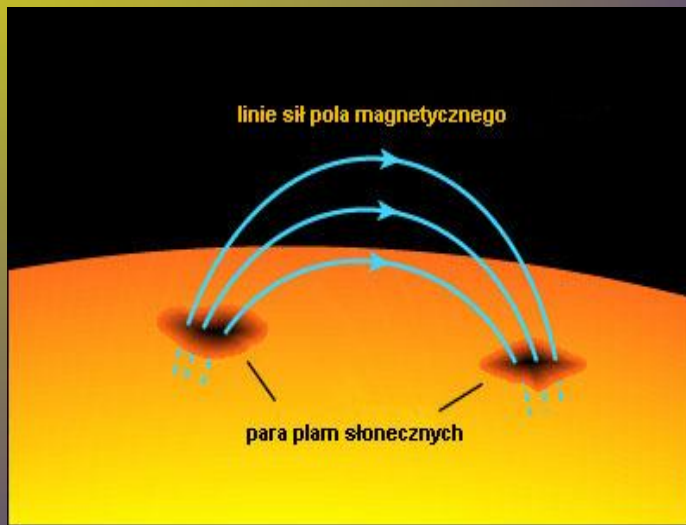
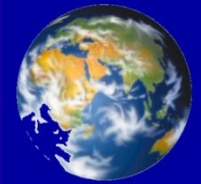


Cykl aktywności



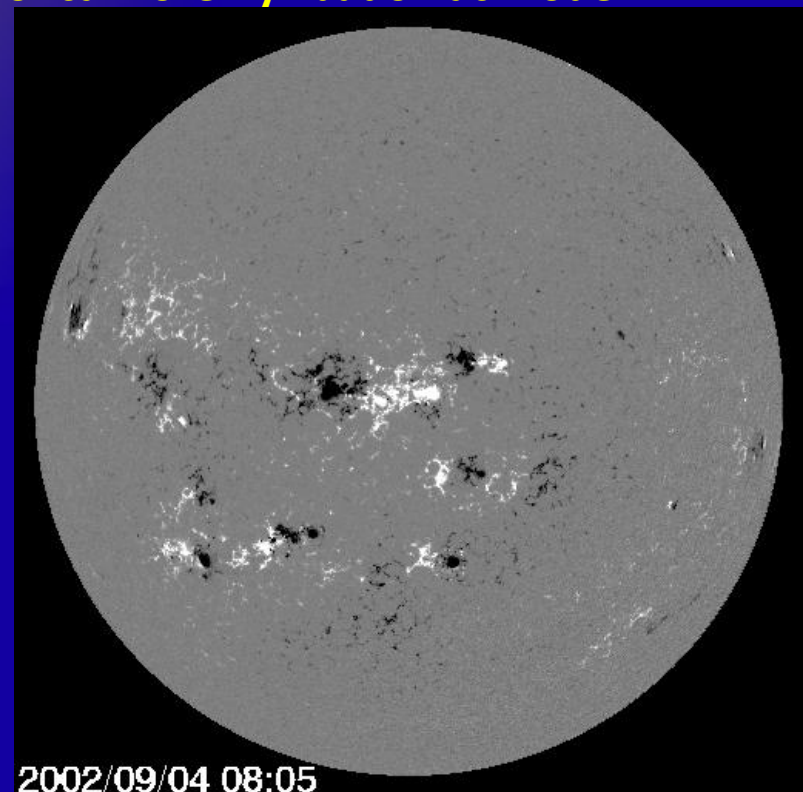
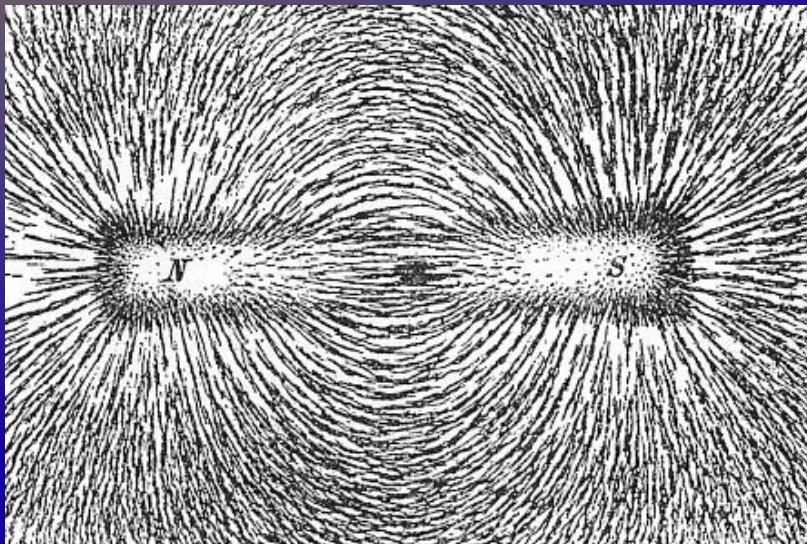


Pole magnetyczne w koronie



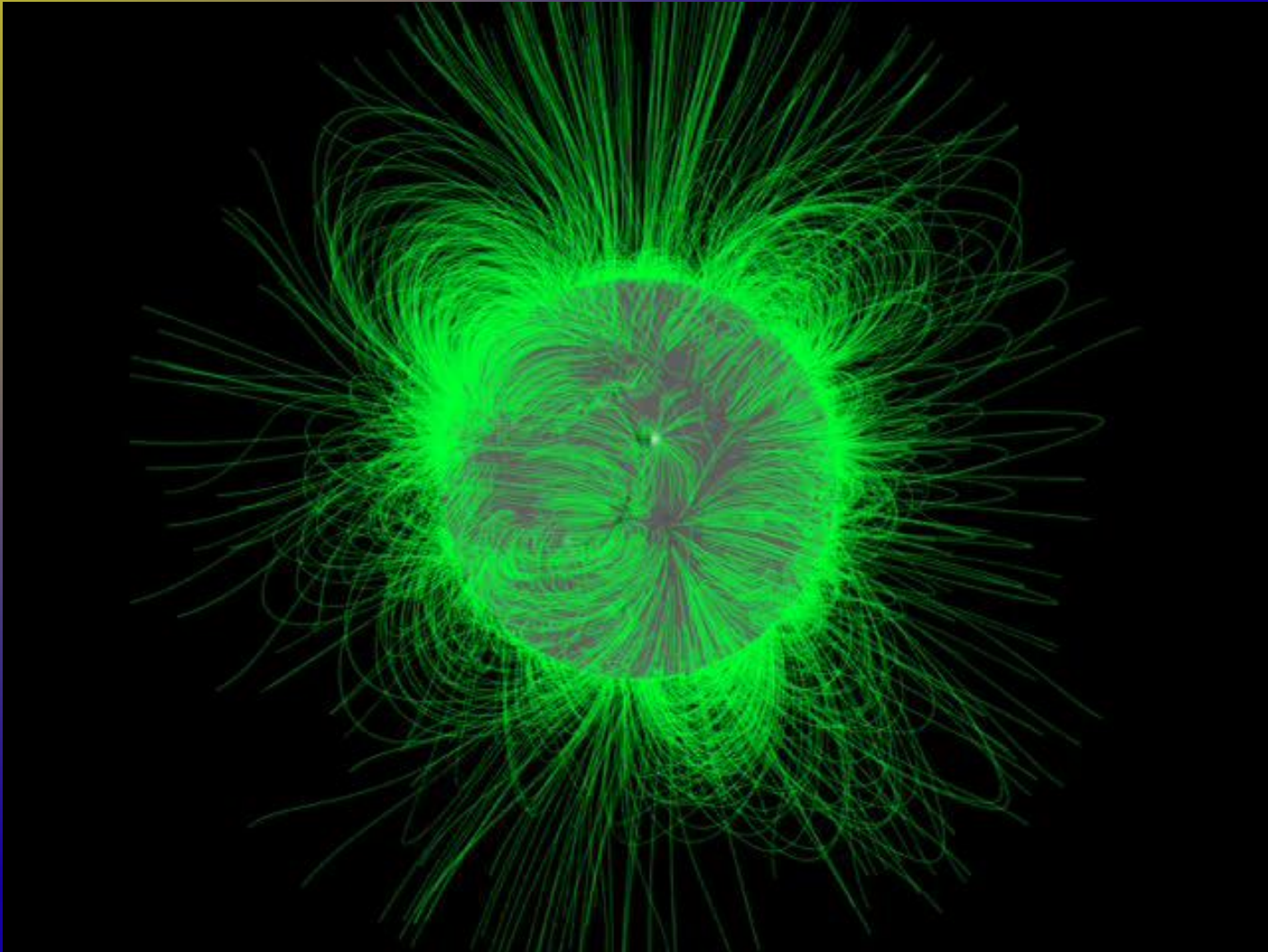
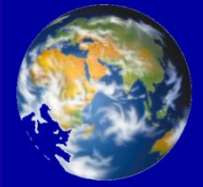
W miejscach wypływu pola obserwowane są plamy.

Mierząc pole magnetyczne na powierzchni Słońca możemy zbudować model



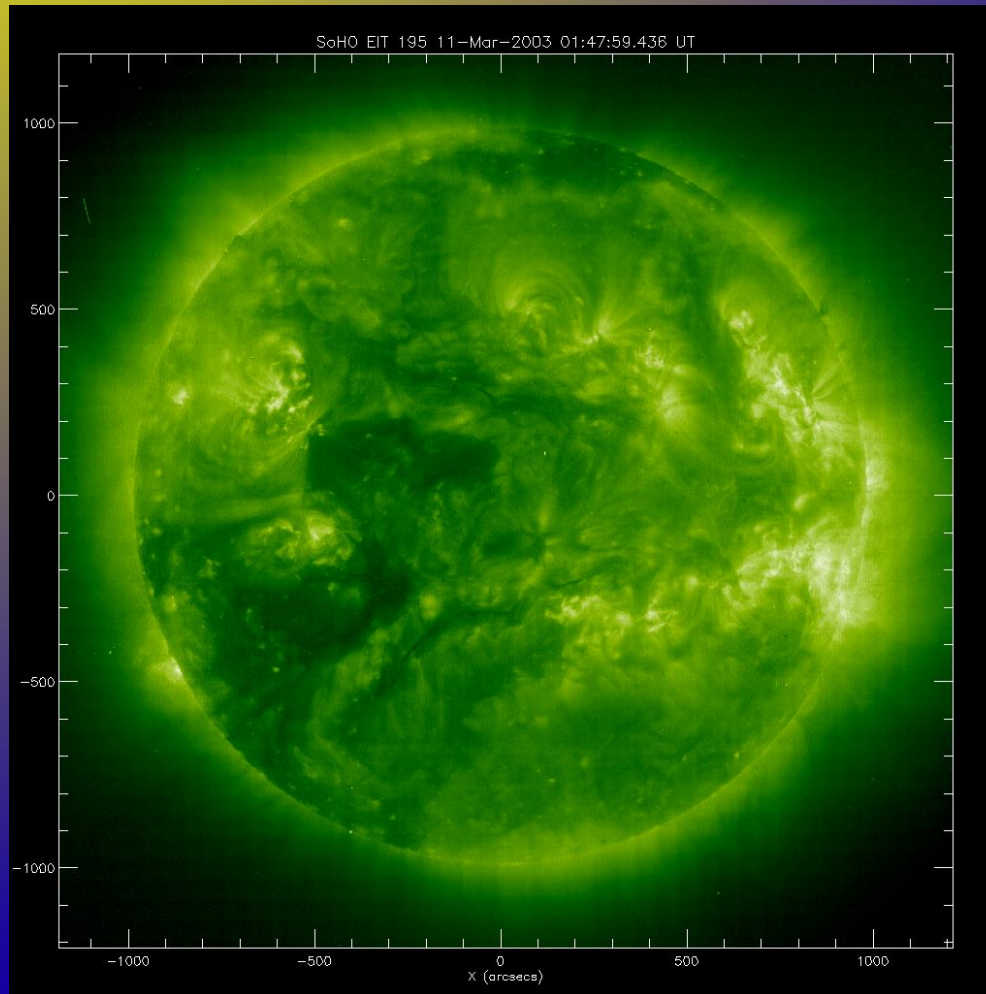
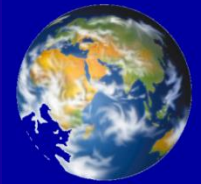


Pole magnetyczne w koronie





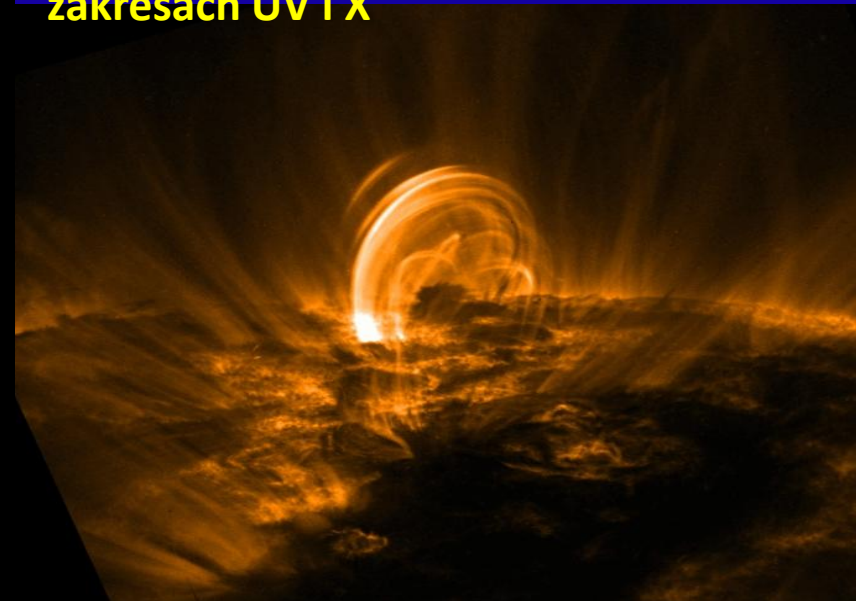
Pole magnetyczne w koronie



W koronie słonecznej plazma może poruszać się tylko wzdłuż linii sił pola magnetycznego.

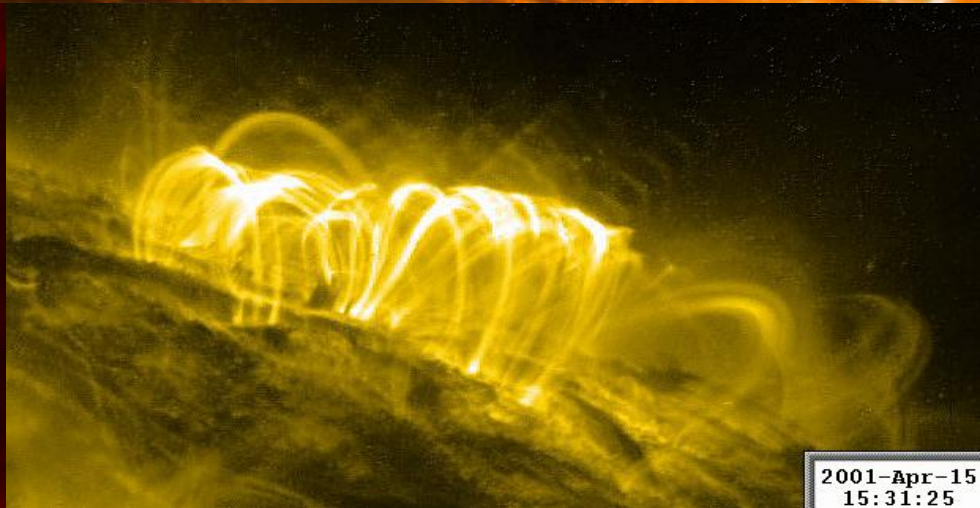
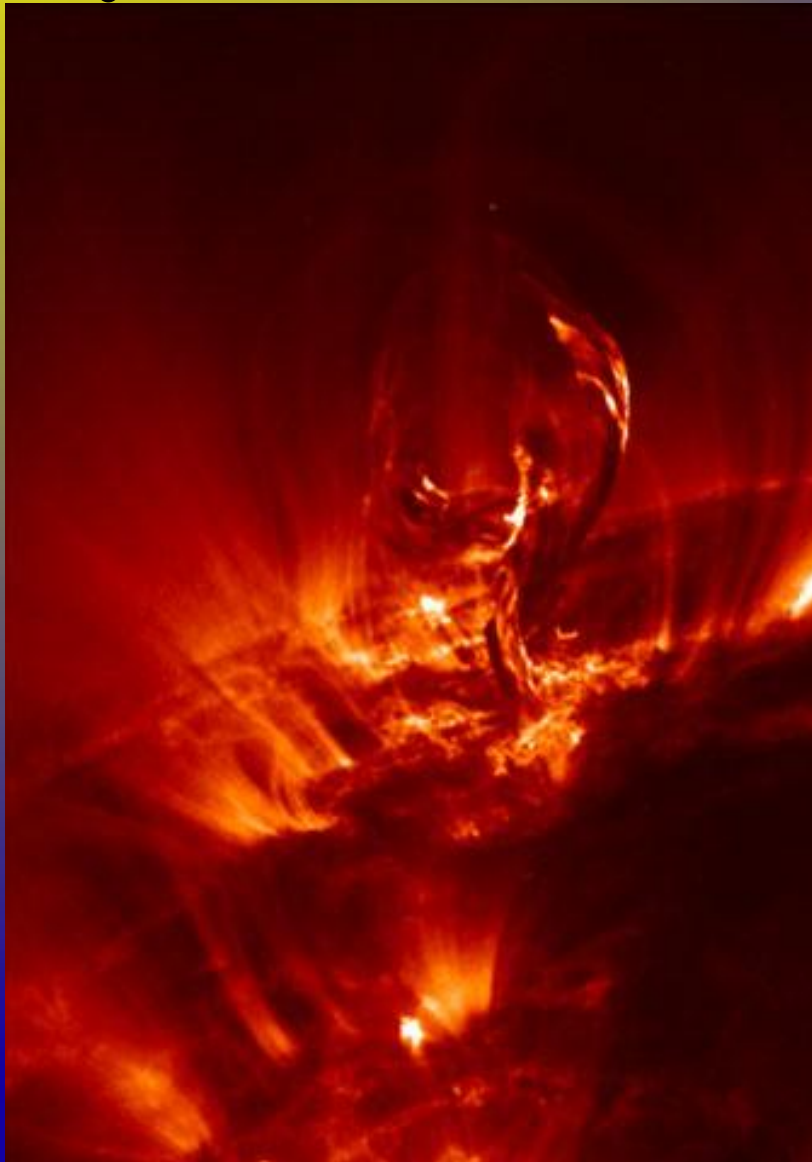
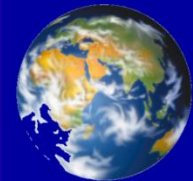
Kiedy pętle magnetyczne są wypełnione plazmą to jesteśmy w stanie je zobaczyć

Tyle, że potrzebujemy specjalnych instrumentów obserwujących Słońce w zakresach UV i X





Słońce w ultrafiolecie



2001-Apr-15
15:31:25



Słońce w ultrafiolecie

